



UNIVERZITET U NOVOM SADU
FAKULTET TEHNIČKIH NAUKA U
NOVOM SADU



Andrija Rašeta

**ANALIZA I PROCENA SEIZMIČKIH
PERFORMANSI GREDNIH
ARMIRANOBETONSKIH MOSTOVA**

DOKTORSKA DISERTACIJA

Novi Sad, 2014. godina



КЉУЧНА ДОКУМЕНТАЦИЈСКА ИНФОРМАЦИЈА

Редни број, РБР:	
Идентификациони број, ИБР:	
Тип документације, ТД:	Монографска документација
Тип записа, ТЗ:	Текстуални штампани материјал
Врста рада, ВР:	Докторска дисертација
Аутор, АУ:	мр Андрија Рашета, дипл. грађ. инж.
Ментор, МН:	Проф. др Ђорђе Лађиновић
Наслов рада, НР:	АНАЛИЗА И ПРОЦЕНА СЕИЗМИЧКИХ ПЕРФОРМАНСИ ГРЕДНИХ АРМИРАНОБЕТОНСКИХ МОСТОВА
Језик публикације, ЈП:	Српски
Језик извода, ЈИ:	Срп. / енг.
Земља публикавања, ЗП:	Република Србија
Уже географско подручје, УГП:	Војводина
Година, ГО:	2013
Издавач, ИЗ:	Ауторски репринт
Место и адреса, МА:	21000 Нови Сад, Трг Доситеја Обрадовића 6
Физички опис рада, ФО: (поглавља/страна/цитата/табела/слика/графика/прилога)	6/238/-/122/315/-/5
Научна област, НО:	Техничке науке
Научна дисциплина, НД:	Теорија конструкција, конструкције у грађевинарству, земљотресно инж.
Предметна одредница/Кључне речи, ПО:	Грађевинарство, конструкције, сеизмичко инжењерство, МКЕ
УДК	
Чува се, ЧУ:	У библиотеци Факултета техничких наука у Новом Саду, Трг Доситеја Обрадовића 6, 21000 Нови Сад, Република Србија
Важна напомена, ВН:	
Извод, ИЗ:	У ЕН1998-1 и ЕН1998-2 су прописане методе за одређивање сеизмичких утицаја које користе линеарно-еластичне моделе у модалној анализи са спектрима одговора. За регуларне конструкције, се може применити и еквивалентна статичка метода у случају да не постоји значајан допринос виших тонова на одговор система. У ЕН1998-2 су прописане, као алтернатива линеарно-еластичним методама анализе, нелинеарна статичка анализа и нелинеарна динамичка анализа. У овом раду су примењене линеарне и нелинеарне статичке и динамичке анализе армиранобетонских гредних мостова са различитим комбинацијама дужина стубова у циљу процене сеизмичких перформанси.
Датум прихватања теме, ДП:	
Датум одбране, ДО:	
Чланови комисије, КО:	Председник: Проф. др Радомир Фолић, емеритус
	Члан: Проф. др Душан Ковачевић
	Члан: Доцент др Зоран Брујић
	Члан: Ван. проф. др Мира Петронијевић
	Члан, ментор: Проф. др Ђорђе Лађиновић
	Потпис ментора



KEY WORDS DOCUMENTATION

Accession number, ANO :	
Identification number, INO :	
Document type, DT :	Monograph documentation
Type of record, TR :	Textual printed material
Contents code, CC :	PhD Thesis
Author, AU :	Andrija Rašeta, MSc, civ.eng.
Mentor, MN :	Đorđe Lađinović, PhD, civ.eng., (full professor)
Title, TI :	ANALYSIS AND ESTIMATION OF SEISMIC PERFORMANCE OF GIRDER REINFORCED CONCRETE BRIDGES
Language of text, LT :	Serbian
Language of abstract, LA :	Eng. / srp.
Country of publication, CP :	Republic of Serbia
Locality of publication, LP :	Vojvodina
Publication year, PY :	2013
Publisher, PB :	Author's reprint
Publication place, PP :	21000 Novi Sad, Trg Dositeja Obradovića 6
Physical description, PD : <small>(chapters/pages/ref./tables/pictures/graphs/appendixes)</small>	6/238/-/122/315/-/5
Scientific field, SF :	Technical Sciences
Scientific discipline, SD :	Structural analysis, Civil Engineering, Earthquake Engineering
Subject/Key words, S/KW :	Structural analysis, Civil Engineering, FEM
UC	
Holding data, HD :	Library of the Faculty of Technical Sciences, Trg Dositeja Obradovića 6, 21000 Novi Sad, Republic of Serbia
Note, N :	
Abstract, AB :	The EN 1998-1 and EN1998-2 prescribed methods for the determination of seismic action using linear-elastic models for modal analysis with response spectrum. For regular structures, can be applied to the equivalent static method in the action that there is a significant contribution to higher modes on the response of the system. The EN1998-2 are prescribed as an alternative to linear-elastic methods of analysis, nonlinear static analysis and nonlinear dynamic analysis. This study applied linear and nonlinear static and dynamic analysis of reinforced concrete girder bridges with different combinations of length piers in order to assess the seismic performance.
Accepted by the Scientific Board on, ASB :	
Defended on, DE :	
Defended Board, DB :	President: Radomir Folić, Ph.D., Full Professor, emeritus
	Member: Dušan Kovačević, Ph.D., Full Professor
	Member: Zoran Brujić, Ph.D., Professor
	Member: Mira Petronijević, Ph.D., Professor
	Member, Mentor: Đorđe Lađinović, Ph.D., Full Professor
	Mentor's sign

SADRŽAJ

1. Uvod.....	31
1.1. Opis predmeta istraživanja	32
1.2. Pregled vladajućih stavova u području istraživanja	32
1.3. Obrazloženje o potrebama istraživanja	33
1.4. Cilj istraživanja	33
1.5. Metode istraživanja	34
1.6. Hipoteze istraživanja	34
1.7. Kratak prikaz sadržaja rada.....	35
2. Pregled stanja u oblasti aseizmičkog projektovanja grednih AB mostova.....	37
2.1. Osnovne seizmotektonske karakteristike Zemlje.....	38
2.2. Osnovni koncept aseizmičkog projektovanja grednih AB mostova	44
2.3. Osnovni elementi dispozicije grednih AB mostova.....	49
3. Seizmički proračun i dimenzionisanje grednih AB mostova.....	52
3.1. Osnovni zahtevi ponašanja pri aseizmičkom projektovanju grednih AB mostova	53
3.2. Seizmičko dejstvo i dimenzionisanje grednih AB mostova	56
3.3. Modeliranje i analiza grednih AB mostova.....	58
4. Numerička analiza nelinearnog statičkog i nelinearnog dinamičkog odgovora grednih AB mostova.....	64
4.1. Opis analiziranih konstrukcija grednih AB mostova	65
4.2. Dimenzionisanje grednih AB mostova.....	66
4.3. Modeliranje stubova grednih AB mostova za nelinearnu analizu	70
4.4. Nelinearna statička analiza	73
4.4.1. Nelinearna statička analiza za ciljno pomeranje varijante V111	81
4.4.2. Nelinearna statička analiza za ciljno pomeranje varijante V123	85
4.4.3. Nelinearna statička analiza za ciljno pomeranje varijante V222	88
4.4.4. Nelinearna statička analiza za ciljno pomeranje varijante V233	99
4.4.5. Nelinearna statička analiza za ciljno pomeranje varijante V333	103
4.4.6. Nelinearna statička analiza varijanti V222 i V333 za različite varijante poprečnih preseka stubova.....	114
4.5. Nelinearna dinamička analiza	116
4.5.1. Nelinearna dinamička analiza varijante V111	117
4.5.2. Nelinearna dinamička analiza varijante V113	119
4.5.3. Nelinearna dinamička analiza varijante V123	123
4.5.4. Nelinearna dinamička analiza varijante V222	127

4.5.5.	Nelinearna dinamička analiza varijante V233	135
4.5.6.	Uticaj vertikalne komponente ubrzanja tla na odgovor dinamičkog modela ...	138
4.5.7.	Nelinearna analiza veze moment-krivina i moment-rotacija	140
4.5.8.	Karakteristični rezultati procene zahtevane lokalne duktilnosti nelinearnom dinamičkom analizom	152
4.5.9.	Uticaj utezanja poprečnih preseka na dinamički odgovor	173
5.	Završne napomene i zaključci	177
5.1.	Opšte napomene	178
5.2.	Zaključci	180
5.3.	Pravci daljih istraživanja	183
6.	Reference	185
6.1.	Literatura	185
6.2.	Internet adrese	194
Prilog A	197
A.1.	Projektne kombinacije dejstava u stubovima grednih AB mostova	197
Prilog B	203
B.1.	Geometrijske i mehaničke karakteristike grednih AB mostova	203
Prilog C	225
C.1.	Sintetički akcelerogrami	225
C.2.	Realni akcelerogrami	226
Prilog D	227
D.1.	Karakteristični rezultati nelinearne statičke „pushover“ analize	227
Prilog E	233
E. 1.	Karakteristični rezultati nelinearne dinamičke analize relativnog horizontalnog pomeranja srednjeg čvora grede mosta	233

LISTA SLIKA

Slika 2-1. Raspored tektonskih ploča (http://eqseis.geosc.psu.edu)	38
Slika 2-2. Raspored zemljotresa magnitude > 5 od 1965. do 1995. god. (http://eqseis.geosc.psu.edu)	38
Slika 2-3. Mreža seizmoloških stanica (2006. god., http://www.bgs.ac.uk)	39
Slika 2-4. Broj zemljotresa od 1970. do 2012. god.....	39
Slika 2-5. Karta seizmičkog hazarda – osnovna stena – povratni period 475 g. (http://www.seismo.gov.rs).....	41
Slika 2-6. Karta seizmičkog hazarda – površina tla – povratni period 475 g. (http://www.seismo.gov.rs).....	42
Slika 2-7. Seizmički hazard – karta epicentara (http://www.seismo.gov.rs)	43
Slika 2-8. Smičući lom stuba grednog AB mosta usled neadekvatne poprečne armature	47
Slika 2-9. Smičući lom stuba grednog AB mosta usled neadekvatne poprečne armature	48
Slika 2-10. Smičući lom stuba grednog AB mosta usled neadekvatne poprečne armature	48
Slika 2-11. Neelastično ponašanje stuba (sila-pomeranje) u zavisnosti od poprečne armature [110]	48
Slika 2-12. Tipični poprečni preseći greda AB mostova.....	50
Slika 2-13. Tipični poprečni preseći stubova grednih AB mostova.....	50
Slika 2-14. Dispozicije stubova grednih AB mostova u poprečnom pravcu (jedan stub).....	51
Slika 2-15. Dispozicije stubova grednih AB mostova u poprečnom pravcu (više stubova)	51
Slika 3-1. Seizmičko ponašanje grednih AB mostova – EN 1998-2 (faktori ponašanja) [25]	53
Slika 3-2. Globalna veza sila-pomeranje za monotono opterećenje (A – projektno; B – elasto-plastično) [25].....	53
Slika 3-3. Sila-pomeranje (ciklusi) za AB presek (A – monotono; B – 5 ciklus) [25]	54
Slika 3-4. Rotacija tetive stuba [25]	54
Slika 3-5. Krivina – granična i na granici tečenja – EN 1998-2 [25].....	55
Slika 3-6. Procena krivine na granici tečenja – bilinearizacija veze $M-\Phi$ – EN 1998-2 [25]	55
Slika 3-7. Nepovoljna raspodela seizmičkih sila u poprečnom pravcu na stubove mosta [25].....	56
Slika 3-8. Elastični spektar odgovora za horizontalan pravac – EN 1998-1 [24]	56
Slika 3-9. Tipični primeri utezanja poprečnih preseka – EN 1998-2 [25].....	58
Slika 3-10. Uticaj P- Δ efekta na odgovor u horizontalnom pravcu stuba grednog AB mosta	59
Slika 3-11. Primeri histrezijskih modela [110]	60
Slika 3-12. Veza napon-dilatacija za neutegnuti beton – EN 1992-1-1 [23].....	60
Slika 3-13. Veza napon-dilatacija za utegnuti beton (A – utegnuto; B – neutegnuto) – EN 1998-2 [25]	60
Slika 3-14. Veza napon-dilatacija za armaturu	61

Slika 3-15. Uticaj $P-\Delta$ efekta na histerezisno ponašanje (elasto-plastična veza)	61
Slika 3-16. Plastični zglob – veza između sile i pomeranja ili momenta i rotacije (ili krivine)	61
Slika 3-17. Vlknasti model poprečnog preseka.....	62
Slika 3-18. Položaj plastičnog zgloba	62
Slika 3-19. Numerički model mosta [1]	63
Slika 3-20. Faze projektovanja i analize za obezbeđivanje i dokazivanje seizmičke sigurnosti konstrukcije.....	63
Slika 4-1. Statički i dinamički modeli analiziranih mostova	65
Slika 4-2. Poprečni presek grede.....	66
Slika 4-3. Poprečni preseki stubova	66
Slika 4-4. Elastični i projektni spektar odgovora za horizontalan pravac – EN 1998-1	67
Slika 4-5. Primer usvojene podužne i poprečne armature (varijanta V333 – srednji stub)	70
Slika 4-6. Modeliranje plastičnih zglobova stubova grednih AB mostova	70
Slika 4-7. Karakterističan oblik zavisnosti moment-krivina za plastičan zglob (SAP2000 – „Interacting P-M2-M3 Hinge“).....	71
Slika 4-8. Veza moment-krivina (V333 – srednji stub – pravougaoni presek).....	71
Slika 4-9. Veza moment-krivina (V333 – srednji stub – „I“ presek)	71
Slika 4-10. Vlknasti model – a) neutegnut i b) utegnut presek (V333 – srednji stub – pravougaoni presek)	71
Slika 4-11. Vlknasti model – a) neutegnut i b) utegnut presek (V333 – srednji stub – „I“ presek)	72
Slika 4-12. $\sigma - \epsilon$ za beton (V333 – srednji stub – pravougaoni presek – C 30/37)	72
Slika 4-13. $\sigma - \epsilon$ za beton (V333 – srednji stub – „I“ presek – C 50/60).....	72
Slika 4-14. $\sigma - \epsilon$ za armaturu (klasa C – $f_{yk} = 500\text{MPa}$)	72
Slika 4-15. Moment-krivina – podužni pravac (V333 – srednji stub – pravougaoni presek).....	73
Slika 4-16. Moment-krivina – poprečni pravac (V333 – srednji stub – pravougaoni presek).....	73
Slika 4-17. „Pushover“ krive u podužnom pravcu – izdvojeni srednji stub – V333 (pravougaoni presek).....	74
Slika 4-18. „Pushover“ krive u poprečnom pravcu – izdvojeni srednji stub – V333 (pravougaoni presek)	74
Slika 4-19. Raspored bočnog opterećenja (levo – podužni i desno – poprečni pravac).....	74
Slika 4-20. „Pushover“ krive – podužni i poprečni pravac – V111 – neutegnute pravougaoni preseki.....	75
Slika 4-21. „Pushover“ krive – podužni i poprečni pravac – V111 – utegnute pravougaoni preseki.....	75
Slika 4-22. „Pushover“ krive – podužni i poprečni pravac – V123 – neutegnute pravougaoni preseki.....	75
Slika 4-23. „Pushover“ krive – podužni i poprečni pravac – V123 – utegnute pravougaoni preseki.....	75

Slika 4-24. „Pushover“ krive – podužni i poprečni pravac – V222 – neutegnute pravougaoni preseči	76
Slika 4-25. „Pushover“ krive – podužni i poprečni pravac – V222 – utegnute pravougaoni preseči	76
Slika 4-26. „Pushover“ krive – podužni i poprečni pravac – V222 – neutegnute „I“ preseči.....	76
Slika 4-27. „Pushover“ krive – podužni i poprečni pravac – V222 – utegnute „I“ preseči	76
Slika 4-28. „Pushover“ krive – podužni i poprečni pravac – V222 – neutegnute „kombinovani“ preseči	77
Slika 4-29. „Pushover“ krive – podužni i poprečni pravac – V222 – utegnute „kombinovani“ preseči	77
Slika 4-30. „Pushover“ krive – podužni i poprečni pravac – V233 – neutegnute pravougaoni preseči	77
Slika 4-31. „Pushover“ krive – podužni i poprečni pravac – V233 – utegnute pravougaoni preseči	77
Slika 4-32. „Pushover“ krive – podužni i poprečni pravac – V333 – neutegnute pravougaoni preseči	78
Slika 4-33. „Pushover“ krive – podužni i poprečni pravac – V333 – utegnute pravougaoni preseči	78
Slika 4-34. „Pushover“ krive – podužni i poprečni pravac – V333 – neutegnute „I“ preseči.....	78
Slika 4-35. „Pushover“ krive – podužni i poprečni pravac – V333 – utegnute „I“ preseči	78
Slika 4-36. „Pushover“ krive – podužni i poprečni pravac – V333 – neutegnute „kombinovani“ preseči	79
Slika 4-37. „Pushover“ krive – podužni i poprečni pravac – V333 – utegnute „kombinovani“ preseči	79
Slika 4-38. Uticaj P- Δ efekta na vezu sila-pomeranje kod neutegnutih i utegnutih pravougaonih preseka	80
Slika 4-39. „Pushover“ krive – podužni i poprečni pravac – V111 – neutegnute pravougaoni preseči	81
Slika 4-40. Podužni pravac – raspored plastičnih zglobova – V111 – neutegnute pravougaoni preseči	81
Slika 4-41. Poprečni pravac – raspored plastičnih zglobova – V111 – neutegnute pravougaoni preseči	82
Slika 4-42. Podužni (levo) i poprečni (desno) pravac – V111 – neutegnute pravougaoni preseči (PM2M3 zglob – srednji stub)	82
Slika 4-43. Podužni pravac – V111 – neutegnute pravougaoni preseči (vlaknasti model – srednji stub).....	82
Slika 4-44. Poprečni pravac – V111 – neutegnute pravougaoni preseči (vlaknasti model – srednji stub).....	83
Slika 4-45. „Pushover“ krive – podužni i poprečni pravac – V111 – utegnute pravougaoni preseči	83

Slika 4-46. Podužni pravac – raspored plastičnih zglobova – V111 – utegnuti pravougaoni preseči	83
Slika 4-47. Poprečni pravac – raspored plastičnih zglobova – V111 – utegnuti pravougaoni preseči	83
Slika 4-48. Podužni (levo) i poprečni (desno) pravac – V111 – utegnuti pravougaoni preseči (PM2M3 zglob – srednji stub)	84
Slika 4-49. Podužni pravac – V111 – utegnuti pravougaoni preseči (vlaknasti model – srednji stub).....	84
Slika 4-50. Poprečni pravac – V111 – utegnuti pravougaoni preseči (vlaknasti model – srednji stub).....	84
Slika 4-51. „Pushover“ krive – podužni i poprečni pravac – V123 – neutegnuti pravougaoni preseči	85
Slika 4-52. Podužni pravac – raspored plastičnih zglobova – V123 – neutegnuti pravougaoni preseči	85
Slika 4-53. Poprečni pravac – raspored plastičnih zglobova – V123 – neutegnuti pravougaoni preseči.....	85
Slika 4-54. Podužni (levo) i poprečni (desno) pravac – V123 – neutegnuti pravougaoni preseči (PM2M3 zglob – levo – prvi stub i desno – drugi stub).....	86
Slika 4-55. Podužni pravac – V123 – neutegnuti pravougaoni preseči (vlaknasti model – prvi stub)	86
Slika 4-56. Poprečni pravac – V123 – neutegnuti pravougaoni preseči (vlaknasti model – drugi stub)	86
Slika 4-57. „Pushover“ krive – podužni i poprečni pravac – V123 – utegnuti pravougaoni preseči	87
Slika 4-58. Podužni pravac – raspored plastičnih zglobova – V123 – utegnuti pravougaoni preseči	87
Slika 4-59. Poprečni pravac – raspored plastičnih zglobova – V123 – utegnuti pravougaoni preseči	87
Slika 4-60. Podužni (levo) i poprečni (desno) pravac – V123 – utegnuti pravougaoni preseči (PM2M3 zglob – levo – prvi stub i desno – drugi stub).....	87
Slika 4-61. Podužni pravac – V123 – utegnuti pravougaoni preseči (vlaknasti model – prvi stub)	88
Slika 4-62. Poprečni pravac – V123 – utegnuti pravougaoni preseči (vlaknasti model – drugi stub)	88
Slika 4-63. „Pushover“ krive – podužni i poprečni pravac – V222 – neutegnuti pravougaoni preseči	89
Slika 4-64. Podužni pravac – raspored plastičnih zglobova – V222 – neutegnuti pravougaoni preseči	89
Slika 4-65. Poprečni pravac – raspored plastičnih zglobova – V222 – neutegnuti pravougaoni preseči.....	89
Slika 4-66. Podužni (levo) i poprečni (desno) pravac – V222 – neutegnuti pravougaoni preseči (PM2M3 zglob – srednji stub)	89

Slika 4-67. Podužni pravac – V222 – neutegnute pravougaone preseki (vlaknasti model – srednji stub).....	90
Slika 4-68. Poprečni pravac – V222 – neutegnute pravougaone preseki (vlaknasti model – srednji stub).....	90
Slika 4-69. „Pushover krive“ – podužni i poprečni pravac – V222 – utegnute pravougaone preseki.....	90
Slika 4-70. Podužni pravac – raspored plastičnih zglobova – V222 – utegnute pravougaone preseki.....	90
Slika 4-71. Poprečni pravac – raspored plastičnih zglobova – V222 – utegnute pravougaone preseki.....	91
Slika 4-72. Podužni (levo) i poprečni (desno) pravac – V222 – utegnute pravougaone preseki (PM2M3 zglob – srednji stub).....	91
Slika 4-73. Podužni pravac – V222 – utegnute pravougaone preseki (vlaknasti model – srednji stub).....	91
Slika 4-74. Poprečni pravac – V222 – utegnute pravougaone preseki (vlaknasti model – srednji stub).....	92
Slika 4-75. „Pushover krive“ – podužni i poprečni pravac – V222 – neutegnute „I“ preseki.....	92
Slika 4-76. Podužni pravac – raspored plastičnih zglobova – V222 – neutegnute „I“ preseki.....	92
Slika 4-77. Poprečni pravac – raspored plastičnih zglobova – V222 – neutegnute „I“ preseki.....	93
Slika 4-78. Podužni (levo) i poprečni (desno) pravac – V222 – neutegnute „I“ preseki (PM2M3 zglob – srednji stub).....	93
Slika 4-79. Podužni pravac – V222 – neutegnute „I“ preseki (vlaknasti model – srednji stub).....	93
Slika 4-80. Poprečni pravac – V222 – neutegnute „I“ preseki (vlaknasti model – srednji stub).....	94
Slika 4-81. „Pushover krive“ – podužni i poprečni pravac – V222 – utegnute „I“ preseki.....	94
Slika 4-82. Podužni pravac – raspored plastičnih zglobova – V222 – utegnute „I“ preseki.....	94
Slika 4-83. Poprečni pravac – raspored plastičnih zglobova – V222 – utegnute „I“ preseki.....	94
Slika 4-84. Podužni (levo) i poprečni (desno) pravac – V222 – utegnute „I“ preseki (PM2M3 zglob – srednji stub).....	95
Slika 4-85. Podužni pravac – V222 – utegnute „I“ preseki (vlaknasti model – srednji stub).....	95
Slika 4-86. Poprečni pravac – V222 – utegnute „I“ preseki (vlaknasti model – srednji stub).....	95
Slika 4-87. „Pushover krive“ – podužni i poprečni pravac – V222 – neutegnute „kombinovani“ preseki.....	96
Slika 4-88. Podužni pravac – raspored plastičnih zglobova – V222 – neutegnute „kombinovani“ preseki.....	96
Slika 4-89. Poprečni pravac – raspored plastičnih zglobova – V222 – neutegnute „kombinovani“ preseki.....	96
Slika 4-90. Podužni (levo) i poprečni (desno) pravac – V222 – neutegnute „kombinovani“ preseki (PM2M3 zglob – levo – prvi stub i desno – drugi stub).....	97
Slika 4-91. Podužni pravac – V222 – neutegnute „kombinovani“ preseki (vlaknasti model – prvi stub).....	97

Slika 4-92. Poprečni pravac – V222 – neutegniti „kombinovani“ presecki (vlaknasti model – srednji stub).....	97
Slika 4-93. „Pushover krive“ – podužni i poprečni pravac – V222 – utegniti „kombinovani“ presecki.....	98
Slika 4-94. Podužni pravac – raspored plastičnih zglobova – V222 – utegniti „kombinovani“ presecki	98
Slika 4-95. Poprečni pravac – raspored plastičnih zglobova – V222 – utegniti „kombinovani“ presecki	98
Slika 4-96. Podužni (levo) i poprečni (desno) pravac – V222 – utegniti „kombinovani“ presecki (PM2M3 zglob – levo – prvi stub i desno – drugi stub).....	98
Slika 4-97. Podužni pravac – V222 – utegniti „kombinovani“ presecki (vlaknasti model – prvi stub).....	99
Slika 4-98. Poprečni pravac – V222 – utegniti „kombinovani“ presecki (vlaknasti model – srednji stub).....	99
Slika 4-99. „Pushover krive“ – podužni i poprečni pravac – V233 – neutegniti pravougaoni presecki.....	100
Slika 4-100. Podužni pravac – raspored plastičnih zglobova – V233 – neutegniti pravougaoni presecki.....	100
Slika 4-101. Poprečni pravac – raspored plastičnih zglobova – V233 – neutegniti pravougaoni presecki.....	100
Slika 4-102. Podužni (levo) i poprečni (desno) pravac – V233 – neutegniti pravougaoni presecki (PM2M3 zglob – levo – prvi stub i desno – drugi stub).....	100
Slika 4-103. Podužni pravac – V233 – neutegniti pravougaoni presecki (vlaknasti model – prvi stub).....	101
Slika 4-104. Poprečni pravac – V233 – neutegniti pravougaoni presecki (vlaknasti model – srednji stub).....	101
Slika 4-105. „Pushover krive“ – podužni i poprečni pravac – V233 – utegniti pravougaoni presecki.....	101
Slika 4-106. Podužni pravac – raspored plastičnih zglobova – V233 – utegniti pravougaoni presecki.....	101
Slika 4-107. Poprečni pravac – raspored plastičnih zglobova – V233 – utegniti pravougaoni presecki.....	102
Slika 4-108. Podužni (levo) i poprečni (desno) pravac – V233 – utegniti pravougaoni presecki (PM2M3 zglob – levo – prvi stub i desno – drugi stub).....	102
Slika 4-109. Podužni pravac – V233 – utegniti pravougaoni presecki (vlaknasti model – prvi stub).....	102
Slika 4-110. Poprečni pravac – V233 – utegniti pravougaoni presecki (vlaknasti model – srednji stub).....	103
Slika 4-111. „Pushover krive“ – podužni i poprečni pravac – V333 – neutegniti pravougaoni presecki.....	104
Slika 4-112. Podužni pravac – raspored plastičnih zglobova – V333 – neutegniti pravougaoni presecki.....	104

Slika 4-113. Poprečni pravac – raspored plastičnih zglobova – V333 – neutegnute pravougaoni preseki.....	104
Slika 4-114. Podužni (levo) i poprečni (desno) pravac – V333 – neutegnute pravougaoni preseki (PM2M3 zglob – srednji stub)	104
Slika 4-115. Podužni pravac – V333 – neutegnute pravougaoni preseki (vlaknasti model – srednji stub).....	105
Slika 4-116. Poprečni pravac – V333 – neutegnute pravougaoni preseki (vlaknasti model – srednji stub).....	105
Slika 4-117. „Pushover krive“ – podužni i poprečni pravac – V333 – utegnute pravougaoni preseki.....	105
Slika 4-118. Podužni pravac – raspored plastičnih zglobova – V333 – utegnute pravougaoni preseki.....	105
Slika 4-119. Poprečni pravac – raspored plastičnih zglobova – V333 – utegnute pravougaoni preseki.....	106
Slika 4-120. Podužni (levo) i poprečni (desno) pravac – V333 – utegnute pravougaoni preseki (PM2M3 zglob – srednji stub)	106
Slika 4-121. Podužni pravac – V333 – utegnute pravougaoni preseki (vlaknasti model – srednji stub).....	106
Slika 4-122. Poprečni pravac – V333 – utegnute pravougaoni preseki (vlaknasti model – srednji stub).....	107
Slika 4-123. „Pushover krive“ – podužni i poprečni pravac – V333 – neutegnute „I“ preseki.....	107
Slika 4-124. Podužni pravac – raspored plastičnih zglobova – V333 – neutegnute „I“ preseki	107
Slika 4-125. Poprečni pravac – raspored plastičnih zglobova – V333 – neutegnute „I“ preseki.....	108
Slika 4-126. Podužni (levo) i poprečni (desno) pravac – V333 – neutegnute „I“ preseki (PM2M3 zglob – srednji stub)	108
Slika 4-127. Podužni pravac – V333 – neutegnute „I“ preseki (vlaknasti model – srednji stub).....	108
Slika 4-128. Poprečni pravac – V333 – neutegnute „I“ preseki (vlaknasti model – srednji stub).....	109
Slika 4-129. „Pushover krive“ – podužni i poprečni pravac – V333 – utegnute „I“ preseki	109
Slika 4-130. Podužni pravac – raspored plastičnih zglobova – V333 – utegnute „I“ preseki.....	109
Slika 4-131. Poprečni pravac – raspored plastičnih zglobova – V333 – utegnute „I“ preseki.....	109
Slika 4-132. Podužni (levo) i poprečni (desno) pravac – V333 – utegnute „I“ preseki (PM2M3 zglob – srednji stub)	110
Slika 4-133. Podužni pravac – V333 – utegnute „I“ preseki (vlaknasti model – srednji stub)	110
Slika 4-134. Poprečni pravac – V333 – utegnute „I“ preseki (vlaknasti model – srednji stub)	110
Slika 4-135. „Pushover krive“ – podužni i poprečni pravac – V333 – neutegnute „kombinovani“ preseki	111
Slika 4-136. Podužni pravac – raspored plastičnih zglobova – V333 – neutegnute „kombinovani“ preseki	111

Slika 4-137. Poprečni pravac – raspored plastičnih zglobova – V333 – neutegnuti „kombinovani“ preseki	111
Slika 4-138. Podužni (levo) i poprečni (desno) pravac – V333 – neutegnuti „kombinovani“ preseki (PM2M3 zglob – srednji stub)	112
Slika 4-139. Podužni pravac – V333 – neutegnuti „kombinovani“ preseki (vlaknasti model – srednji stub).....	112
Slika 4-140. Poprečni pravac – V333 – neutegnuti „kombinovani“ preseki (vlaknasti model – srednji stub).....	112
Slika 4-141. „Pushover krive“ – podužni i poprečni pravac – V333 – utegnuti „kombinovani“ preseki	113
Slika 4-142. Podužni pravac – raspored plastičnih zglobova – V333 – utegnuti „kombinovani“ preseki	113
Slika 4-143. Poprečni pravac – raspored plastičnih zglobova – V333 – utegnuti „kombinovani“ preseki	113
Slika 4-144. Podužni (levo) i poprečni (desno) pravac – V333 – utegnuti „kombinovani“ preseki (PM2M3 zglob – srednji stub)	113
Slika 4-145. Podužni pravac – V333 – utegnuti „kombinovani“ preseki (vlaknasti model – srednji stub).....	114
Slika 4-146. Poprečni pravac – V333 – utegnuti „kombinovani“ preseki (vlaknasti model – srednji stub).....	114
Slika 4-147. „Pushover krive“ – podužni i poprečni pravac – V222 – neutegnuti preseki (vlaknasti model).....	115
Slika 4-148. „Pushover krive“ – podužni i poprečni pravac – V222 – utegnuti preseki (vlaknasti model).....	115
Slika 4-149. „Pushover krive“ – podužni i poprečni pravac – V333 – neutegnuti preseki (vlaknasti model).....	115
Slika 4-150. „Pushover krive“ – podužni i poprečni pravac – V333 – utegnuti preseki (vlaknasti model).....	115
Slika 4-151. Prosečan spektar pseudoubziranja sintetičkih akcelerograma	116
Slika 4-152. Prosečan spektar pseudoubziranja realnih akcelerograma.....	116
Slika 4-153. Relativno hor. pomeranje sredine grede – sintetički akc. 2 – neutegnuti preseki – V111	117
Slika 4-154. Relativno hor. pomeranje sredine grede – sintetički akc. 2 – utegnuti preseki – V111	117
Slika 4-155. Relativno hor. pomeranje sredine grede – realni akc. 2 – neutegnuti preseki – V111	117
Slika 4-156. Relativno hor. pomeranje sredine grede – realni akc. 2 – utegnuti preseki – V111	118
Slika 4-157. Podužni (levo) i poprečni (desno) pravac – V111 – neutegnuti pravougaoni preseki (veza moment-rotacija za sintetički akc. 2 – srednji stub).....	118
Slika 4-158. Podužni (levo) i poprečni (desno) pravac – V111 – utegnuti pravougaoni preseki (veza moment-rotacija za sintetički akc. 2 – srednji stub).....	118

Slika 4-159. Podužni (levo) i poprečni (desno) pravac – V111 – neutegnuti pravougaoni preseći (veza moment-rotacija za realni akc. 2 – srednji stub)	119
Slika 4-160. Podužni (levo) i poprečni (desno) pravac – V111 – utegnuti pravougaoni preseći (veza moment-rotacija za realni akc. 2 – srednji stub)	119
Slika 4-161. Relativno hor. pomeranje sredine grede – sintetički akc. 2 – neutegnuti preseći – V113	120
Slika 4-162. Relativno hor. pomeranje sredine grede – sintetički akc. 2 – utegnuti preseći – V113	120
Slika 4-163. Relativno hor. pomeranje sredine grede – realni akc. 2 – neutegnuti preseći – V113	120
Slika 4-164. Relativno hor. pomeranje sredine grede – realni akc. 2 – utegnuti preseći – V113	120
Slika 4-165. Podužni (levo) i poprečni (desno) pravac – V113 – neutegnuti pravougaoni preseći (veza moment-rotacija za sintetički akc. 2 – srednji stub).....	121
Slika 4-166. Podužni (levo) i poprečni (desno) pravac – V113 – utegnuti pravougaoni preseći (veza moment-rotacija za sintetički akc. 2 – srednji stub).....	121
Slika 4-167. Podužni (levo) i poprečni (desno) pravac – V113 – neutegnuti pravougaoni preseći (veza moment-rotacija za realni akc. 2 – srednji stub)	121
Slika 4-168. Podužni (levo) i poprečni (desno) pravac – V113 – utegnuti pravougaoni preseći (veza moment-rotacija za realni akc. 2 – srednji stub)	122
Slika 4-169. Podužni (levo) i poprečni (desno) pravac – V113 – neutegnuti pravougaoni preseći (veza moment-rotacija za sintetički akc. 2 – treći stub)	122
Slika 4-170. Podužni (levo) i poprečni (desno) pravac – V113 – utegnuti pravougaoni preseći (veza moment-rotacija za sintetički akc. 2 – treći stub)	122
Slika 4-171. Podužni (levo) i poprečni (desno) pravac – V113 – neutegnuti pravougaoni preseći (veza moment-rotacija za realni akc. 2 – treći stub).....	123
Slika 4-172. Podužni (levo) i poprečni (desno) pravac – V113 – utegnuti pravougaoni preseći (veza moment-rotacija za realni akc. 2 – treći stub).....	123
Slika 4-173. Relativno hor. pomeranje sredine grede – sintetički akc. 2 – neutegnuti preseći – V123	124
Slika 4-174. Relativno hor. pomeranje sredine grede – sintetički akc. 2 – utegnuti preseći – V123	124
Slika 4-175. Relativno hor. pomeranje sredine grede – realni akc. 2 – neutegnuti preseći – V123	124
Slika 4-176. Relativno hor. pomeranje sredine grede – realni akc. 2 – utegnuti preseći – V123	124
Slika 4-177. Podužni (levo) i poprečni (desno) pravac – V123 – neutegnuti pravougaoni preseći (veza moment-rotacija za sintetički akc. 2: levo – prvi stub i desno – srednji stub).....	125
Slika 4-178. Podužni (levo) i poprečni (desno) pravac – V123 – utegnuti pravougaoni preseći (veza moment-rotacija za sintetički akc. 2: levo – prvi stub i desno – srednji stub).....	125

Slika 4-179. Podužni (levo) i poprečni (desno) pravac – V123 – neutegnuti pravougaoni preseći (veza moment-rotacija za realni akc. 2: levo – prvi stub i desno – srednji stub).....	125
Slika 4-180. Podužni (levo) i poprečni (desno) pravac – V123 – utegnuti pravougaoni preseći (veza moment-rotacija za realni akc. 2: levo – prvi stub i desno – srednji stub).....	126
Slika 4-181. Podužni (levo) i poprečni (desno) pravac – V123 – neutegnuti pravougaoni preseći (veza moment-rotacija za sintetički akc. 2 – treći stub)	126
Slika 4-182. Podužni (levo) i poprečni (desno) pravac – V123 – utegnuti pravougaoni preseći (veza moment-rotacija za sintetički akc. 2 – treći stub)	126
Slika 4-183. Podužni (levo) i poprečni (desno) pravac – V123 – neutegnuti pravougaoni preseći (veza moment-rotacija za realni akc. 2 – treći stub).....	127
Slika 4-184. Podužni (levo) i poprečni (desno) pravac – V123 – utegnuti pravougaoni preseći (veza moment-rotacija za realni akc. 2 – treći stub).....	127
Slika 4-185. Relativno hor. pomeranje sredine grede – sintetički akc. 2 – neutegnuti preseći – V222	128
Slika 4-186. Relativno hor. pomeranje sredine grede – sintetički akc. 2 – utegnuti preseći – V222	128
Slika 4-187. Relativno hor. pomeranje sredine grede – realni akc. 2 – neutegnuti preseći – V222	128
Slika 4-188. Relativno hor. pomeranje sredine grede – realni akc. 2 – utegnuti preseći – V222	128
Slika 4-189. Podužni (levo) i poprečni (desno) pravac – V222 – neutegnuti pravougaoni preseći (veza moment-rotacija za sintetički akc. 2 – srednji stub).....	129
Slika 4-190. Podužni (levo) i poprečni (desno) pravac – V222 – utegnuti pravougaoni preseći (veza moment-rotacija za sintetički akc. 2 – srednji stub).....	129
Slika 4-191. Podužni (levo) i poprečni (desno) pravac – V222 – neutegnuti pravougaoni preseći (veza moment-rotacija za realni akc. 2 – srednji stub)	129
Slika 4-192. Podužni (levo) i poprečni (desno) pravac – V222 – utegnuti pravougaoni preseći (veza moment-rotacija za realni akc. 2 – srednji stub)	130
Slika 4-193. Relativno hor. pomeranje sredine grede – sintetički akc. 2 – neutegnuti preseći – V222	130
Slika 4-194. Relativno hor. pomeranje sredine grede – sintetički akc. 2 – utegnuti preseći – V222	130
Slika 4-195. Relativno hor. pomeranje sredine grede – realni akc. 2 – neutegnuti preseći – V222	131
Slika 4-196. Relativno hor. pomeranje sredine grede – realni akc. 2 – utegnuti preseći – V222	131
Slika 4-197. Podužni (levo) i poprečni (desno) pravac – V222 – neutegnuti „I“ preseći (veza moment-rotacija za sintetički akc. 2 – srednji stub).....	131
Slika 4-198. Podužni (levo) i poprečni (desno) pravac – V222 – utegnuti „I“ preseći (veza moment-rotacija za sintetički akc. 2 – srednji stub).....	132

Slika 4-199. Podužni (levo) i poprečni (desno) pravac – V222 – neutegnuti „I“ preseći (veza moment-rotacija za realni akc. 2 – srednji stub).....	132
Slika 4-200. Podužni (levo) i poprečni (desno) pravac – V222 – utegnuti „I“ preseći (veza moment-rotacija za realni akc. 2 – srednji stub)	132
Slika 4-201. Relativno hor. pomeranje sredine grede – sintetički akc. 2 – neutegnuti preseći – V222	133
Slika 4-202. Relativno hor. pomeranje sredine grede – sintetički akc. 2 – utegnuti preseći – V222	133
Slika 4-203. Relativno hor. pomeranje sredine grede – realni akc. 2 – neutegnuti preseći – V222	133
Slika 4-204. Relativno hor. pomeranje sredine grede – realni akc. 2 – utegnuti preseći – V222	133
Slika 4-205. Podužni (levo) i poprečni (desno) pravac – V222 – neutegnuti „kombinovani“ preseći (veza moment-rotacija za sintetički akc. 2: levo – prvi stub i desno – srednji stub).....	134
Slika 4-206. Podužni (levo) i poprečni (desno) pravac – V222 – utegnuti „kombinovani“ preseći (veza moment-rotacija za sintetički akc. 2: levo – prvi stub i desno – srednji stub).....	134
Slika 4-207. Podužni (levo) i poprečni (desno) pravac – V222 – neutegnuti „kombinovani“ preseći (veza moment-rotacija za realni akc. 2: levo – prvi stub i desno – srednji stub).....	134
Slika 4-208. Podužni (levo) i poprečni (desno) pravac – V222 – utegnuti „kombinovani“ preseći (veza moment-rotacija za realni akc. 2: levo – prvi stub i desno – srednji stub).....	135
Slika 4-209. Relativno hor. pomeranje sredine grede – sintetički akc. 2 – neutegnuti preseći – V233	135
Slika 4-210. Relativno hor. pomeranje sredine grede – sintetički akc. 2 – utegnuti preseći – V233	135
Slika 4-211. Relativno hor. pomeranje sredine grede – realni akc. 2 – neutegnuti preseći – V233	136
Slika 4-212. Relativno hor. pomeranje sredine grede – realni akc. 2 – utegnuti preseći – V233	136
Slika 4-213. Podužni (levo) i poprečni (desno) pravac – V233 – neutegnuti pravougaoni preseći (veza moment-rotacija za sintetički akc. 2 – prvi stub).....	136
Slika 4-214. Podužni (levo) i poprečni (desno) pravac – V233 – utegnuti pravougaoni preseći (veza moment-rotacija za sintetički akc. 2 – prvi stub).....	137
Slika 4-215. Podužni (levo) i poprečni (desno) pravac – V233 – neutegnuti pravougaoni preseći (veza moment-rotacija za realni akc. 2 – prvi stub)	137
Slika 4-216. Podužni (levo) i poprečni (desno) pravac – V233 – utegnuti pravougaoni preseći (veza moment-rotacija za realni akc. 2 – prvi stub)	137
Slika 4-217. Relativno hor. pomeranje sredine grede – sintetički akc. 2 – neutegnuti preseći – V123	138

Slika 4-218. Relativno hor. pomeranje sredine grede – sintetički akc. 2 – utegnuti preseci – V123	138
Slika 4-219. Relativno hor. pomeranje sredine grede – realni akc. 2 – neutegnuti preseci – V123	138
Slika 4-220. Relativno hor. pomeranje sredine grede – realni akc. 2 – utegnuti preseci – V123	139
Slika 4-221. Relativno hor. pomeranje sredine grede – V212 – podužni pravac – neuteg. preseci – sint. akc.	171
Slika 4-222. Relativno hor. pomeranje sredine grede – V212 – poprečni pravac – neuteg. preseci – sint. akc.	172
Slika 4-223. Relativno hor. pomeranje sredine grede – V212 – podužni pravac – uteg. preseci – sint. akc.	172
Slika 4-224. Relativno hor. pomeranje sredine grede – V212 – poprečni pravac – uteg. preseci – sint. akc.	172
Slika 4-225. Relativno hor. pomeranje sredine grede – V212 – podužni pravac – neuteg. preseci – realni. akc.	172
Slika 4-226. Relativno hor. pomeranje sredine grede – V212 – poprečni pravac – neuteg. preseci – realni. akc.	172
Slika 4-227. Relativno hor. pomeranje sredine grede – V212 – podužni pravac – uteg. preseci – realni. akc.	173
Slika 4-228. Relativno hor. pomeranje sredine grede – V212 – poprečni pravac – uteg. preseci – realni. akc.	173
Slika 4-229. Moment-rotacija – projektni zemljotres – sintetički akc. 2 – stub 2 – V113 – podužni pravac	174
Slika 4-230. Moment-rotacija – „jači“ zemljotres od projektnog – stub 2 – V113 – podužni pravac.....	174
Slika 4-231. Dilatacije u pritisnutom delu betonskog neutegnutog poprečnog preseka pri rotaciji od 0,09 rad – V113 – srednji stub – podužni pravac	175
Slika 4-232. Dilatacija u armaturi (rotacija 0,09 rad) – V113 – srednji stub – podužni pravac (zategnuta ivica)	175
Slika 4-233. Dilatacije u pritisnutom delu betonskog utegnutog poprečnog preseka pri rotaciji od 0,03 rad – V113 – srednji stub – podužni pravac	176
Slika 4-234. Dilatacija u armaturi (rotacija 0,03 rad) – V113 – srednji stub – podužni pravac (zategnuta ivica)	176

PRILOG C

Slika C–1. Sintetički akceleroگرام 1 (podužni X i poprečni Y pravac)	225
Slika C–2. Sintetički akceleroگرام 2 (podužni X i poprečni Y pravac)	225
Slika C–3. Sintetički akceleroگرام 3 (podužni X i poprečni Y pravac)	225
Slika C–4. Realni akceleroگرام 1 (podužni X i poprečni Y pravac) – Irpinia-Italy	226
Slika C–5. Realni akceleroگرام 2 (podužni X i poprečni Y pravac) – Loma-Prieta.....	226

Slika C–6. Realni akcelorogram 3 (podužni X i poprečni Y pravac) – Northridge-1994	226
--	-----

PRILOG D

Slika D–1. Kombinacija V111 – „Pushover“ krive (pravougaoni poprečni preseći).....	227
Slika D–2. Kombinacija V112 – „Pushover“ krive (pravougaoni poprečni preseći).....	227
Slika D–3. Kombinacija V113 – „Pushover“ krive (pravougaoni poprečni preseći).....	227
Slika D–4. Kombinacija V121 – „Pushover“ krive (pravougaoni poprečni preseći).....	228
Slika D–5. Kombinacija V122 – „Pushover“ krive (pravougaoni poprečni preseći).....	228
Slika D–6. Kombinacija V123 – „Pushover“ krive (pravougaoni poprečni preseći).....	228
Slika D–7. Kombinacija V131 – „Pushover“ krive (pravougaoni poprečni preseći).....	228
Slika D–8. Kombinacija V132 – „Pushover“ krive (pravougaoni poprečni preseći).....	229
Slika D–9. Kombinacija V133 – „Pushover“ krive (pravougaoni poprečni preseći).....	229
Slika D–10. Kombinacija V212 – „Pushover“ krive (pravougaoni poprečni preseći).....	229
Slika D–11. Kombinacija V213 – „Pushover“ krive (pravougaoni poprečni preseći).....	229
Slika D–12. Kombinacija V222 – „Pushover“ krive (pravougaoni poprečni preseći).....	230
Slika D–13. Kombinacija V223 – „Pushover“ krive (pravougaoni poprečni preseći).....	230
Slika D–14. Kombinacija V232 – „Pushover“ krive (pravougaoni poprečni preseći).....	230
Slika D–15. Kombinacija V233 – „Pushover“ krive (pravougaoni poprečni preseći).....	230
Slika D–16. Kombinacija V313 – „Pushover“ krive (pravougaoni poprečni preseći).....	231
Slika D–17. Kombinacija V323 – „Pushover“ krive (pravougaoni poprečni preseći).....	231
Slika D–18. Kombinacija V333 – „Pushover“ krive (pravougaoni poprečni preseći).....	231
Slika D–19. Kombinacija V222 – „Pushover“ krive („I“ poprečni preseći)	231
Slika D–20. Kombinacija V222 – „Pushover“ krive („I“ poprečni preseći)	232
Slika D–21. Kombinacija V222 – „Pushover“ krive („Kombinovani“ poprečni preseći)	232
Slika D–22. Kombinacija V333 – „Pushover“ krive („Kombinovani“ poprečni preseći)	232

PRILOG E

Slika E–1. V111 – relativno horiz. pomeranje sredine grede (sintetički akc. 2) – NDA pravougaoni preseći.....	233
Slika E–2. V111 – relativno horiz. pomeranje sredine grede (realni akc. 2) – NDA pravougaoni preseći.....	233
Slika E–3. V123 – relativno horiz. pomeranje sredine grede (sintetički akc. 2) – NDA pravougaoni preseći.....	233
Slika E–4. V123 – relativno horiz. pomeranje sredine grede (realni akc. 2) – NDA pravougaoni preseći.....	234
Slika E–5. V222 – relativno horiz. pomeranje sredine grede (sintetički akc. 2) – NDA pravougaoni preseći.....	234

Slika E-6. V222 – relativno horiz. pomeranje sredine grede (realni akc. 2) – NDA pravougaoni preseki.....	234
Slika E-7. V233 – relativno horiz. pomeranje sredine grede (sintetički akc. 2) – NDA pravougaoni preseki.....	234
Slika E-8. V233 – relativno horiz. pomeranje sredine grede (realni akc. 2) – NDA pravougaoni preseki.....	235
Slika E-9. V333 – relativno horiz. pomeranje sredine grede (sintetički akc. 2) – NDA pravougaoni preseki.....	235
Slika E-10. V233 – relativno horiz. pomeranje sredine grede (realni akc. 2) – NDA pravougaoni preseki.....	235
Slika E-11. V222 – relativno horizontalno pomeranje sredine grede (sintetički akc. 2) – NDA „I” preseki.....	235
Slika E-12. V222 – relativno horiz. pomeranje sredine grede (realni akc. 2) – NDA „I” preseki.....	236
Slika E-13. V333 – relativno horiz. pomeranje sredine grede (sintetički akc. 2) – NDA „I” preseki.....	236
Slika E-14. V333 – relativno horiz pomeranje sredine grede (realni akc. 2) – NDA „I” preseki.....	236
Slika E-15. V222 – relativno horiz. pomeranje sredine grede (sintetički akc. 2) – NDA „kombinovani” preseki	236
Slika E-16. V222 – relativno horiz. pomeranje sredine grede (realni akc. 2) – NDA „kombinovani” preseki	237
Slika E-17. V333 – relativno horiz. pomeranje sredine grede (sintetički akc. 2) – NDA „kombinovani” preseki	237
Slika E-18. V333 – relativno horiz. pomeranje sredine grede (realni akc. 2) – NDA „kombinovani” preseki	237

LISTA TABELA

Tabela 3-1. Maksimalne vrednosti faktora ponašanja q – EN 1998-2	57
Tabela 4-1. Kombinacije dužina stubova analiziranih grednih AB mostova	65
Tabela 4-2. Periodi vibracija i kumulativni koeficijenti učešća efektivnih masa – pravougaoni preseći	68
Tabela 4-3. Periodi vibracija i kumulativni koeficijenti učešća efektivnih masa – „I” poprečni preseći	68
Tabela 4-4. Periodi vibracija i kumulativni koeficijenti učešća efektivnih masa – „kombinovani” preseći	69
Tabela 4-5. Ciljna pomeranja u podužnom i poprečnom pravcu (EN 1998-1 – N2 metoda).....	81
Tabela 4-6. Maksimalno relativno hor. pomeranje sredine grede – varijanta V123 – pravougaoni preseći	139
Tabela 4-7. Zahtevana maksimalna rotacija u plastičnom zglobu sa i bez vertikalnog ubrzanja tla – V123	139
Tabela 4-8. Veza moment- krivina i moment-rotacija – varijanta V111 – pravougaoni poprečni preseći	140
Tabela 4-9. Veza moment- krivina i moment-rotacija – varijanta V112 – pravougaoni poprečni preseći	141
Tabela 4-10. Veza moment- krivina i moment-rotacija – varijanta V113 – pravougaoni poprečni preseći	141
Tabela 4-11. Veza moment- krivina i moment-rotacija – varijanta V121 – pravougaoni poprečni preseći	142
Tabela 4-12. Veza moment- krivina i moment-rotacija – varijanta V122 – pravougaoni poprečni preseći	142
Tabela 4-13. Veza moment- krivina i moment-rotacija – varijanta V123 – pravougaoni poprečni preseći	143
Tabela 4-14. Veza moment- krivina i moment-rotacija – varijanta V131 – pravougaoni poprečni preseći	143
Tabela 4-15. Veza moment- krivina i moment-rotacija – varijanta V132 – pravougaoni poprečni preseći	144
Tabela 4-16. Veza moment- krivina i moment-rotacija – varijanta V133 – pravougaoni poprečni preseći	144
Tabela 4-17. Veza moment- krivina i moment-rotacija – varijanta V212 – pravougaoni poprečni preseći	145
Tabela 4-18. Veza moment- krivina i moment-rotacija – varijanta V213 – pravougaoni poprečni preseći	145
Tabela 4-19. Veza moment- krivina i moment-rotacija – varijanta V222 – pravougaoni poprečni preseći	146
Tabela 4-20. Veza moment- krivina i moment-rotacija – varijanta V223 – pravougaoni poprečni preseći	146

Tabela 4-21. Veza moment- krivina i moment-rotacija – varijanta V232 – pravougaoni poprečni preseći	147
Tabela 4-22. Veza moment- krivina i moment-rotacija – varijanta V233 – pravougaoni poprečni preseći	147
Tabela 4-23. Veza moment- krivina i moment-rotacija – varijanta V313 – pravougaoni poprečni preseći	148
Tabela 4-24. Veza moment- krivina i moment-rotacija – varijanta V323 – pravougaoni poprečni preseći	148
Tabela 4-25. Veza moment- krivina i moment-rotacija – varijanta V333 – pravougaoni poprečni preseći	149
Tabela 4-26. Veza moment- krivina i moment-rotacija – varijanta V222 – „I“ poprečni preseći	149
Tabela 4-27. Veza moment- krivina i moment-rotacija – varijanta V333 – „I“ poprečni preseći	150
Tabela 4-28. Veza moment- krivina i moment-rotacija – varijanta V222 – „kombinovani“ poprečni preseći	150
Tabela 4-29. Veza moment- krivina i moment-rotacija – varijanta V333 – „kombinovani“ poprečni preseći	151
Tabela 4-30. Raspoloživa duktilnost poprečnih preseka svih varijanti – pravougaoni preseći	151
Tabela 4-31. Raspoloživa duktilnost poprečnih preseka – „I“ preseći – V222 i V333	151
Tabela 4-32. Raspoloživa duktilnost poprečnih preseka – „kombinovani“ preseći – V222 i V333	152
Tabela 4-33. Zahtevana maksimalna rotacija u plastičnom zglobu – varijanta V111 – pravougaoni preseći	152
Tabela 4-34. Zahtevana maksimalna rotacija u plastičnom zglobu – varijanta V112 – pravougaoni preseći	153
Tabela 4-35. Zahtevana maksimalna rotacija u plastičnom zglobu – varijanta V113 – pravougaoni preseći	153
Tabela 4-36. Zahtevana maksimalna rotacija u plastičnom zglobu – varijanta V121 – pravougaoni preseći	154
Tabela 4-37. Zahtevana maksimalna rotacija u plastičnom zglobu – varijanta V122 – pravougaoni preseći	154
Tabela 4-38. Zahtevana maksimalna rotacija u plastičnom zglobu – varijanta V123 – pravougaoni preseći	155
Tabela 4-39. Zahtevana maksimalna rotacija u plastičnom zglobu – varijanta V131 – pravougaoni preseći	155
Tabela 4-40. Zahtevana maksimalna rotacija u plastičnom zglobu – varijanta V132 – pravougaoni preseći	156
Tabela 4-41. Zahtevana maksimalna rotacija u plastičnom zglobu – varijanta V133 – pravougaoni preseći	156
Tabela 4-42. Zahtevana maksimalna rotacija u plastičnom zglobu – varijanta V212 – pravougaoni preseći	157

Tabela 4-43. Zahtevana maksimalna rotacija u plastičnom zglobu – varijanta V213 – pravougaoni preseći.....	157
Tabela 4-44. Zahtevana maksimalna rotacija u plastičnom zglobu – varijanta V222 – pravougaoni preseći.....	158
Tabela 4-45. Zahtevana maksimalna rotacija u plastičnom zglobu – varijanta V223 – pravougaoni preseći.....	158
Tabela 4-46. Zahtevana maksimalna rotacija u plastičnom zglobu – varijanta V232 – pravougaoni preseći.....	159
Tabela 4-47. Zahtevana maksimalna rotacija u plastičnom zglobu – varijanta V233 – pravougaoni preseći.....	159
Tabela 4-48. Zahtevana maksimalna rotacija u plastičnom zglobu – varijanta V313 – pravougaoni preseći.....	160
Tabela 4-49. Zahtevana maksimalna rotacija u plastičnom zglobu – varijanta V323 – pravougaoni preseći.....	160
Tabela 4-50. Zahtevana maksimalna rotacija u plastičnom zglobu – varijanta V333 – pravougaoni preseći.....	161
Tabela 4-51. Zahtevana maksimalna rotacija u plastičnom zglobu – varijanta V222 – „I“ preseći.....	161
Tabela 4-52. Zahtevana maksimalna rotacija u plastičnom zglobu – varijanta V333 – „I“ preseći.....	162
Tabela 4-53. Zahtevana maksimalna rotacija u plastičnom zglobu – varijanta V222 – „kombinovani“ preseći.....	162
Tabela 4-54. Zahtevana maksimalna rotacija u plastičnom zglobu – varijanta V333 – „kombinovani“ preseći.....	163
Tabela 4-55. Maksimalne vrednosti zahtevane lokalne duktilnosti – varijanta V111 – pravougaoni preseći.....	163
Tabela 4-56. Maksimalne vrednosti zahtevane lokalne duktilnosti – varijanta V112 – pravougaoni preseći.....	164
Tabela 4-57. Maksimalne vrednosti zahtevane lokalne duktilnosti – varijanta V113 – pravougaoni preseći.....	164
Tabela 4-58. Maksimalne vrednosti zahtevane lokalne duktilnosti – varijanta V121 – pravougaoni preseći.....	164
Tabela 4-59. Maksimalne vrednosti zahtevane lokalne duktilnosti – varijanta V122 – pravougaoni preseći.....	165
Tabela 4-60. Maksimalne vrednosti zahtevane lokalne duktilnosti – varijanta V123 – pravougaoni preseći.....	165
Tabela 4-61. Maksimalne vrednosti zahtevane lokalne duktilnosti – varijanta V131 – pravougaoni preseći.....	165
Tabela 4-62. Maksimalne vrednosti zahtevane lokalne duktilnosti – varijanta V132 – pravougaoni preseći.....	166
Tabela 4-63. Maksimalne vrednosti zahtevane lokalne duktilnosti – varijanta V133 – pravougaoni preseći.....	166

Tabela 4-64. Maksimalne vrednosti zahtevane lokalne duktilnosti – variјanta V212 – pravougaoni preseči.....	166
Tabela 4-65. Maksimalne vrednosti zahtevane lokalne duktilnosti – variјanta V213 – pravougaoni preseči.....	167
Tabela 4-66. Maksimalne vrednosti zahtevane lokalne duktilnosti – variјanta V222 – pravougaoni preseči.....	167
Tabela 4-67. Maksimalne vrednosti zahtevane lokalne duktilnosti – variјanta V223 – pravougaoni preseči.....	167
Tabela 4-68. Maksimalne vrednosti zahtevane lokalne duktilnosti – variјanta V232 – pravougaoni preseči.....	168
Tabela 4-69. Maksimalne vrednosti zahtevane lokalne duktilnosti – variјanta V233 – pravougaoni preseči.....	168
Tabela 4-70. Maksimalne vrednosti zahtevane lokalne duktilnosti – variјanta V313 – pravougaoni preseči.....	168
Tabela 4-71. Maksimalne vrednosti zahtevane lokalne duktilnosti – variјanta V323 – pravougaoni preseči.....	169
Tabela 4-72. Maksimalne vrednosti zahtevane lokalne duktilnosti – variјanta V333 – pravougaoni preseči.....	169
Tabela 4-73. Maksimalne vrednosti zahtevane lokalne duktilnosti – variјanta V222 – „I“ preseči.....	169
Tabela 4-74. Maksimalne vrednosti zahtevane lokalne duktilnosti – variјanta V333 – „I“ preseči.....	170
Tabela 4-75. Maksimalne vrednosti zahtevane lokalne duktilnosti – variјanta V222 – „kombinovani“ preseči.....	170
Tabela 4-76. Maksimalne vrednosti zahtevane lokalne duktilnosti – variјanta V333 – „kombinovani“ preseči.....	170
Tabela 4-77. Maksimalne vrednosti zahtevane lokalne duktilnosti – variјanta V212 – pravougaoni preseči.....	173

PRILOG A

Tabela A–1. Kombinacija V111 – projektne seizmičke kombinacije (pravougani poprečni preseči).....	197
Tabela A–2. Kombinacija V112 – projektne seizmičke kombinacije (pravougani poprečni preseči).....	197
Tabela A–3. Kombinacija V113 – projektne seizmičke kombinacije (pravougani poprečni preseči).....	197
Tabela A–4. Kombinacija V121 – projektne seizmičke kombinacije (pravougani poprečni preseči).....	198
Tabela A–5. Kombinacija V122 – projektne seizmičke kombinacije (pravougani poprečni preseči).....	198
Tabela A–6. Kombinacija V123 – projektne seizmičke kombinacije (pravougani poprečni preseči).....	198

Tabela A–7. Kombinacija V131 – projektne seizmičke kombinacije (pravougani poprečni preseći).....	198
Tabela A–8. Kombinacija V132 – projektne seizmičke kombinacije (pravougani poprečni preseći).....	199
Tabela A–9. Kombinacija V133 – projektne seizmičke kombinacije (pravougani poprečni preseći).....	199
Tabela A–10. Kombinacija V212 – projektne seizmičke kombinacije (pravougani poprečni preseći).....	199
Tabela A–11. Kombinacija V213 – projektne seizmičke kombinacije (pravougani poprečni preseći).....	199
Tabela A–12. Kombinacija V222 – projektne seizmičke kombinacije (pravougani poprečni preseći).....	200
Tabela A–13. Kombinacija V223 – projektne seizmičke kombinacije (pravougani poprečni preseći).....	200
Tabela A–14. Kombinacija V232 – projektne seizmičke kombinacije (pravougani poprečni preseći).....	200
Tabela A–15. Kombinacija V233 – projektne seizmičke kombinacije (pravougani poprečni preseći).....	200
Tabela A–16. Kombinacija V313 – projektne seizmičke kombinacije (pravougani poprečni preseći).....	201
Tabela A–17. Kombinacija V323 – projektne seizmičke kombinacije (pravougani poprečni preseći).....	201
Tabela A–18. Kombinacija V333 – projektne seizmičke kombinacije (pravougani poprečni preseći).....	201
Tabela A–19. Kombinacija V222 – projektne seizmičke kombinacije („I” poprečni preseći)	201
Tabela A–20. Kombinacija V333 – projektne seizmičke kombinacije („I” poprečni preseći)	202
Tabela A–21. Kombinacija V222 – projektne seizmičke kombinacije („kombinovani” poprečni preseći)	202
Tabela A–22. Kombinacija V333 – projektne seizmičke kombinacije („kombinovani” poprečni preseći)	202

PRILOG B

Tabela B–1. Kombinacija V111.....	203
Tabela B–2. Kombinacija V112.....	204
Tabela B–3. Kombinacija V113.....	205
Tabela B–4. Kombinacija V121.....	206
Tabela B–5. Kombinacija V122.....	207
Tabela B–6. Kombinacija V123.....	208
Tabela B–7. Kombinacija V131.....	209
Tabela B–8. Kombinacija V132.....	210

Tabela B–9. Kombinacija V133.....	211
Tabela B–10. Kombinacija V212.....	212
Tabela B–11. Kombinacija V213.....	213
Tabela B–12. Kombinacija V222.....	214
Tabela B–13. Kombinacija V223.....	215
Tabela B–14. Kombinacija V232.....	216
Tabela B–15. Kombinacija V233.....	217
Tabela B–16. Kombinacija V313.....	218
Tabela B–17. Kombinacija V323.....	219
Tabela B–18. Kombinacija V333.....	220
Tabela B–19. Kombinacija V222 („I” poprečni presek stubova)	221
Tabela B–20. Kombinacija V333 („I” poprečni presek stubova)	222
Tabela B–21. Kombinacija V222 („kombinovani” poprečni preseći stubova)	223
Tabela B–22. Kombinacija V333 („kombinovani” poprečni preseći stubova)	224

1. UVOD

1.1. Opis predmeta istraživanja

Tokom jakih zemljotresa se očekuje pojava oštećenja u pojedinim konstrukcijskim elementima, a to ima za posledicu nelinearni odgovor sistema. Zbog ovoga postoji potreba za analizama kojima se mogu obuhvatiti nelinearni efekti u konstrukciji. Danas se koriste najčešće dve nelinearne analize. Nelinearna statička analiza (engl. „nonlinear static pushover analysis“) [1], [3], [4], [7], [17], [20], [22], [24], [25], [29], [31] [46], [48], [50], [54], [56] i [90] na jednostavan način obuhvata problem nelinearnosti na osnovu nelinearne veze sila-pomeranje i daje dobar uvid u ponašanje konstrukcije za vreme zemljotresa, ali samo za regularne sisteme [116]. Najkvalitetniji uvid u dinamički odgovor konstrukcije se može odrediti nelinearnom dinamičkom analizom (engl. „nonlinear time history analysis“) [1], [15], [16], [18], [22], [29], [48], [90], [135] i [136]. Ulazni podatak za seizmičko dejstvo kod nelinearne dinamičke analize jeste akcelerogram očekivanog zemljotresa, odnosno može se koristiti postojeći akcelerogram sa iste ili slične lokacije ili se može generisati sintetički akcelerogram.

U EN 1998-1 [24] i EN 1998-2 [25] su propisane metode za određivanje seizmičkih uticaja koje koriste linearno-elastične modele u modalnoj analizi sa spektrima odgovora. Za regularne konstrukcije se može primeniti i ekvivalentna statička metoda u slučaju da ne postoji značajan doprinos viših tonova na odgovor sistema. Kao alternative linearno-elastičnim metodama analize u EN 1998-2 su propisane nelinearna statička i nelinearna dinamička analiza.

U ovom radu su primenjene linearne i nelinearne, statičke i dinamičke, analize grednih armiranobetonskih mostova sa različitim kombinacijama dužina stubova. U svim varijantama, konstrukcija grede jeste kontinualni nosač sa četiri polja (35 m + 50 m + 50 m + 35 m). Stubovi su potpuno uklješteni u tlo sa dužinama 7 m, 14 m i 21 m. Geometrijska nelinearnost se obuhvata preko $P - \Delta$ efekta. Materijalna nelinearnost se uključuje u analize kroz plastične zglobove. Primenjeni su vlaknasti modeli plastičnih zglobova i modeli definisani na osnovu veze moment-rotacija (ili krivina) [69], [97] i [122]. Za nelinearne dinamičke analize su upotrebljeni veštački (sintetički) generisani i realni zapisi zemljotresa. Rezultati nelinearnih statičkih i dinamičkih analiza su upotrebljeni za procenu seizmičkih performansi grednih armiranobetonskih mostova, odnosno odgovor konstrukcije je procenjen preko relativnog horizontalnog pomeranja kontrolnog čvora grede mosta i plastične rotacije kritičnih poprečnih preseka u stubovima.

1.2. Pregled vladajućih stavova u području istraživanja

Zemljotres predstavlja spoljašnje dejstvo koje može biti merodavno za dimenzionisanje mnogih građevinskih konstrukcija. Zbog relativno male verovatnoće pojave jakog zemljotresa u toku životnog veka objekta (zavisno od lokacije), ekonomski je neisplativo projektovati gredne armiranobetonske mostove tako da nakon jakog zemljotresa ostanu neoštećeni. Međutim, oštećenja se moraju kontrolisati i ograničiti na meru koja neće ugroziti očuvanje osnovne funkcije mosta. Kod grednih armiranobetonskih mostova najčešće se zahteva da greda ostane u linearno-elastičnom području, a u stubovima se dopušta plastifikacija preseka, tj. pojava oštećenja.

Danas se koriste postupci za kontrolu postojećih i projektovanje novih konstrukcija koji se zasnivaju na analizi ponašanja konstrukcije (engl. „performance based seismic design“) [34], [35], [47], [65], [85] i [109]. Osnovni elementi seizmičke procene na osnovu ponašanja konstrukcije su seizmički hazard i procena seizmičkog zahteva za konstrukciju. Zahtevi mogu biti određeni primenom linearnih i nelinearnih metoda analize. Porede se izračunati seizmički zahtev sa prihvatljivim stepenom oštećenja. Zbog toga što pojava oštećenja u konstrukcijskim elementima ima za posledicu nelinearno ponašanje, potrebno je koristiti nelinearne metode analize za određivanje seizmičkih zahteva.

Metode za projektovanje objekata u seizmičkim područjima sadrže koncepte zasnovane na ponašanju konstrukcija, sa naglaskom da veću pažnju treba posvetiti kontroli oštećenja, a to je jedino moguće kvalitetno izvesti uvođenjem nelinearnih metoda analize. Procena seizmičkih zahteva primenom nelinearnih metoda analize se odnosi na procenu na globalnom i lokalnom nivou. Globalni zahtevi se najčešće odnose na maksimalno pomeranje kontrolnog čvora, tj. na odnos ukupne horizontalne sile prema pomeranju kontrolnog čvora. Lokalni zahtevi se najčešće odnose na procenu relativnih pomeranja između pojedinih tačaka konstrukcije, neelastične rotacije kritičnih poprečnih preseka i rotacije tetiva pojedinih konstrukcijskih elemenata.

1.3. Obrazloženje o potrebama istraživanja

Pri projektovanju u seizmički aktivnim područjima za postizanje seizmičke sigurnosti konstrukcija bitni su: dispozicija objekta, analiza, dimenzionisanje, konstrukcijsko oblikovanje i izvođenje. Sa aspekta aseizmičkog projektovanja neophodne su dve analize. Prvo se na osnovu linearno-elastične analize dimenzioniše konstrukcija. Kontrolisanim dopuštanjem pojave oštećenja u konstrukcijskim elementima ograničavaju se maksimalne vrednosti seizmičkih sila koje se indukuju tokom zemljotresa. Ovo se na pojednostavljen način uvodi u linearno-elastičnu analizu preko faktora ponašanja kojima se praktično smanjuju vrednosti projektnih seizmičkih sila u odnosu na one koje bi se javile pri potpuno elastičnom odgovoru konstrukcije.

Na osnovu prethodno opisanog koncepta razvijena je metoda programiranog ponašanja (engl. „capacity design method“) [1], [2], [24] i [25], koja se zasniva na tome da se unapred izaberu konstrukcijski elementi u kojima će se dopustiti pojava oštećenja, tj. neelastične deformacije, a sve u cilju kontrolisane disipacije seizmičke energije unete tokom zemljotresa. Nakon definisanja svih geometrijskih i mehaničkih karakteristika konstrukcije može se pristupiti nelinearnim analizama, na osnovu kojih se kvantitativno i kvalitativno procenjuje neelastično ponašanje konstrukcije. Najvažniji rezultat ovih analiza su deformacije i pomeranja na osnovu kojih se procenjuje stabilnost konstrukcije i nivo dostignutih oštećenja. Takođe, treba napomenuti da je jedan od osnovnih parametara kod linearno-elastične analize krutost, međutim kod nelinearnih metoda analize su pored krutosti bitni parametri nosivost i duktilnost.

Programirano ponašanje sistema tokom zemljotresa se postiže balansom između krutosti, nosivosti i duktilnosti. Na osnovu linearno-elastične analize se mogu dobro proceniti seizmičke sile, ali ne i pomeranja i deformacije koje su od ključnog značaja za procenu post-elastičnog ponašanja. Zbog ovoga je neophodna primena nelinearnih metoda analize kojima se jedino kvantitativno i kvalitativno mogu proceniti pomeranja i deformacije, tj. nivo dostignutih oštećenja u konstrukciji pri jakim zemljotresima.

1.4. Cilj istraživanja

Primarni cilj projektovanja objekata u seizmički aktivnim područjima je obezbeđenje odgovarajuće sigurnosti i performansi objekata u toku i nakon dogođenih zemljotresa. Kada su u pitanju gradski mostovi, kao i mostovi na vitalnim saobraćajnicama, aseizmičkim projektovanjem treba obezbediti adekvatnu funkcionalnost posle zemljotresa. Stepen te funkcionalnosti zavisi, u prvom redu, od jačine zemljotresa, filozofije i kvaliteta projekta u svim fazama izrade i kriterijuma performansi. Uobičajeno je da se saglasno njihovom značaju mostovi klasifikuju u odgovarajuće kategorije i određuje faktor rizika zavisno od povratnog perioda zemljotresa.

Prema današnjem nivou razvoja zemljotresnog inženjerstva, smatra se da je jedan od primarnih ciljeva aseizmičkog građenja ne samo sprečavanje rušenja konstrukcije pri maksimalno mogućem zemljotresu, već i ograničavanje oštećenja objekata tokom slabijih zemljotresa koji se mogu dogoditi više puta u životnom veku objekta. Na taj način je proširen aspekt seizmičke zaštite na način da je, pored zaštite ljudskih života, potrebno obezbediti da se

oštećenja, kako same konstrukcije tako i opreme i nekonstrukcijskih delova objekta, smanje na prihvatljivi nivo. S obzirom na to da stepen oštećenja noseće konstrukcije objekta zavisi od dostignutog nivoa nelinearnih deformacija u kritičnim područjima nosećih elemenata, za procenu stvarnog ponašanja mostova i drugih građevinskih konstrukcija pri jakim seizmičkim dejstvima potrebno je koristiti nelinearne metode analize. Osnovni cilj istraživanja u ovom radu je da se kroz primenu nelinearnih proračunskih modela i odgovarajućih metoda analize dobije uvid u realno ponašanje grednih armiranobetonskih mostova koji su izloženi prostornom dejstvu zemljotresa.

Smatra se da je jedan od najvažnijih ciljeva aseizmičkog projektovanja obezbeđenje povoljnih mehanizama loma, koji imaju sposobnost duktilnog ponašanja u postelastičnom području rada konstrukcije. Zbog toga je deo istraživanja u ovom radu usmeren na utvrđivanje potrebnih mera za dobijanje povoljnih mehanizama loma, kroz odgovarajuću distribuciju nosivosti u konstrukciji, kojom se može ostvariti programirani izbor mesta za plastifikaciju.

Tokom zemljotresa, kolaps konstrukcije nastupa sa dostizanjem graničnih pomeranja, tj. seizmička otpornost primarno zavisi od kapaciteta deformacija, a ne od sila koje se javljaju u pojedinim elementima konstrukcije. Zbog toga je veoma bitna procena mogućeg kapaciteta deformacije konstrukcije, kao i utvrđivanja od kojih faktora taj kapacitet zavisi. Cilj rada je da se vrednuju i kvantifikuju relevantni parametri od kojih zavisi ponašanje konstrukcije pri cikličnim deformacijama kojima je konstrukcija izložena tokom zemljotresa.

Uopšte, cilj istraživanja u ovom radu je da se sagleda ponašanje grednih armiranobetonskih mostova izloženih jakim seizmičkim dejstvima koji su projektovani na osnovu linearno-elastičnog modela (EN 1992-1-1 [23], EN 1998-1 [24] i EN 1998-2 [25]). Osnovni parametar za procenu seizmičkih performansi je odnos između zahtevane lokalne duktilnosti i vrednosti faktora ponašanja koji se koristi pri linearno-elastičnim analizama i dimenzionisanju konstrukcije. Upoređuju se procene ponašanja dobijene nelinearnim statičkim i nelinearnim dinamičkim analizama. Identifikuju se osnovni problemi koji se javljaju pri ovakvim analizama i daju se preporuke kako se oni mogu prevazići.

1.5. Metode istraživanja

U ovom radu se za linearne i nelinearne statičke i dinamičke analize grednih armiranobetonskih mostova [25], [28], [32], [36], [60], [81], [110] i [116] koristi metoda konačnih elemenata. U analizama se obuhvata materijalna nelinearnost primenom različitih modela: model sa plastičnim zglobovima definisanim na osnovu veze moment-rotacija (ili krivina) i vlaknasti model [1] i [110]. Geometrijska nelinearnost se uvodi u analize preko $P-\Delta$ efekta. U istraživanjima se koriste metode uporedne analize i sinteze i metoda modelovanja. Takođe, se koriste i posebne naučne metode: apstrakcija i konkretizacija, generalizacija i specijalizacija, definicija i klasifikacija i studija slučaja.

1.6. Hipoteze istraživanja

U zonama visoke seizmičnosti, radi racionalnosti, mostovi se projektuju kao konstrukcije sa duktilnim ponašanjem, a u ostalim zonama sa ograničenom duktilnošću. Za granično stanje nosivosti mora da se dokaže da konstrukcijski sistem poseduje otpornost i kapacitet disipacije energije koji su navedeni u odgovarajućim delovima EN 1998-1 i EN 1998-2. Otpornost i kapacitet disipacije energije konstrukcije su povezani sa nivoom do kojeg se nelinearni odgovor očekuje. U operativnom smislu, balans između otpornosti i kapaciteta disipacije energije je karakterisan preko vrednosti faktora ponašanja. U graničnom slučaju, pri projektovanju konstrukcija koje su klasifikovane kao nisko-disipativne, ne uzima se uopšte u obzir bilo kakva histerezisna disipacija energije i faktor ponašanja ne može da se uzme, načelno, veći od vrednosti 1,5. Za disipativne konstrukcije faktor ponašanja se uzima kao veći od ove granične

vrednosti, uzimajući u obzir histerezisnu disipaciju energije, koja se uglavnom događa u posebno projektovanim zonama, koje se zovu disipativne zone ili kritične oblasti. Kod mostova su zahtevi graničnog stanja nosivosti, koji se odnose za projektno dejstvo zemljotresa, strožiji od relevantnih zahteva za zgrade, jer sadrže zahteve za funkcionisanje saobraćaja u vanrednim okolnostima.

Prema aktuelnim seizmičkim propisima, konstrukcije se projektuju na redukovana seizmička dejstva primenom linearne analize. Projektna seizmička dejstva se dobijaju, saglasno EN 1998-1, EN 1998-2 i drugim važećim tehničkim propisima, primenom tzv. faktora ponašanja (redukcije), koji se određuje na osnovu principa jednakih pomeranja elastičnih i neelastičnih sistema. U ovom radu se polazi od pretpostavke da se na ovaj način može dobiti zadovoljavajuća seizmička otpornost grednih armiranobetonskih mostova, ali da se uvid u stvarno ponašanje ovakvih konstrukcija, posebno neregularnih, može odrediti samo pomoću nelinearnih metoda analize. Osnovna hipoteza od koje se polazi u radu je da se samo nelinearnom analizom može sagledati stvarni odgovor konstrukcije na seizmičko dejstvo, odnosno da postojeće metode analize, zasnovane na linearno-elastičnom modelu, ne mogu u potpunosti sagledati stvarni seizmički odgovor konstrukcije.

Referentni metod za određivanje seizmičkih uticaja u EN 1998-1 i EN 1998-2 je modalna analiza u kombinaciji sa metodom spektra odgovora, gde se koristi linearno-elastični model konstrukcije i projektni spektar seizmičkog dejstva. Međutim, prema EN 1998-1 i EN 1998-2 se za procenu seizmičkog odgovora mogu koristiti i nelinearne metode, bilo statičke ili dinamičke. Kod neregularnih mostova u EN 1998-2 su propisane i nelinearne metode analize ako se kombinuju sa standardnom analizom zasnovanom na metodi spektra odgovora, sa ciljem da se obezbedi uvid u post-elastično ponašanje.

Generalno, rezultati nelinearnih analiza ne treba da se koriste za relaksaciju seizmičkih zahteva koji proizilaze iz analize primenom metode spektra odgovora. U ovom radu se polazi od pretpostavke da, u slučaju neregularnih mostova, manji seizmički uticaji koji bi se odredili nelinearnom analizom, posebno rigoroznom nelinearnom dinamičkom analizom u kojoj se određuje kompletna vremenska istorija seizmičkog odgovora, mogu zameniti rezultate analize zasnovane na metodi spektra odgovora.

1.7. Kratak prikaz sadržaja rada

U okviru uvoda doktorske disertacije prikazani su: opis predmeta istraživanja, pregled vladajućih stavova u području istraživanja, obrazloženje o potrebama istraživanja, cilj istraživanja, metode i hipoteze istraživanja.

U drugom poglavlju prikazan je sažet pregled trenutnog stanja u oblasti aseizmičkog projektovanja grednih armiranobetonskih (AB) mostova. Dat je kratak opis seizmotektonskih karakteristika Zemlje. Izloženi su osnovni koncepti aseizmičkog projektovanja mostova i osnovni elementi dispozicije grednih AB mostova.

U trećem poglavlju su prikazani osnovni zahtevi koji se postavljaju pri aseizmičkom projektovanju grednih AB mostova (EN 1998-2). Takođe, opisani su načini za određivanje seizmičkog dejstva i pravila koja važe pri dimenzionisanju i konstrukcijskom oblikovanju elemenata grednih AB mostova. S obzirom na to da se u stubovima dopušta pojava oštećenja, posebno su prikazane metode modeliranja stubova mosta za linearne i nelinearne analize. Geometrijska nelinearnost se uvodi preko $P-\Delta$ efekta, dok se materijalna nelinearnost u analizi obuhvata primenom dva modela plastičnog zgloba. Opisani su modeli plastičnog zgloba definisani na osnovu veze moment-krivina i vlaknasti model plastičnog zgloba.

U četvrtom poglavlju je opisana primenjena metodologija i prikazani rezultati sopstvenih numeričkih analiza. Opisane su sve analizirane varijante konstrukcija grednih AB mostova.

Greda je kontinualnog statičkog sistema na četiri polja ukupne dužine 170 m, koja se zglobno oslanja na stubove i oporce. Dužine stubova su 7 m, 14 m i 21 m, a analiza obuhvata 18 kombinacija dužina stubova. Sve varijante mostova su analizirane sa provougaonim poprečnim presecima stubova. Varijante mostova sa sva tri stuba iste dužine od 14 m i 21 m, analizirane su i sa „I“ poprečnim presecima i „kombinovanim“ poprečnim presecima (prvi i treći stub su „I“ preseka, a srednji stub pravouganog preseka). Sve konstrukcije su dimenzionisane prema EN 1992-1-1, EN 1998-1 i EN 1998-2. Kritični preseki stubova su konstrukcijski oblikovani na dva načina, kao neutegnute i utegnute. Detaljno su opisani proračunski modeli koji su korišćeni za numeričku analizu konstrukcije, sa posebnim osvrtom na stubove mosta. Prikazani su i komentarisani karakteristični rezultati seizmičkog odgovora u podužnom i poprečnom pravcu konstrukcije mosta, koji su određeni primenom nelinearne statičke i nelinearne dinamičke analize modela.

U petom poglavlju date su opšte napomene i zaključna razmatranja gde su dati svi značajni zaključci koji su proizašli iz istraživanja sprovedenih u okviru ove doktorske disertacije. Takođe, dati su i pravci daljih istraživanja u ovoj oblasti.

U šestom poglavlju dat je spisak literature koji sadrži 136 referenci i listu od 37 internet adresa sa podacima koji su aktuelni za temu doktorske disertacije.

U prilogu „A“ su tabelarno date vrednosti projektnih kombinacija uticaja u stubovima svih analiziranih varijanti mostova.

U prilogu „B“ su date vrednosti geometrijskih i mehaničkih karakteristika stubova svih varijanti mostova koji su razmatrani u numeričkim analizama.

U prilogu „C“ su prikazane karakteristike za tri veštačka i tri realna zemljotresa koji su uporebljeni kao ulazni podatak u nelinearnim dinamičkim analizama.

U prilogu „D“ su prikazani karakteristični rezultati („pushover“ krive) nelinearne statičke analize u podužnom i poprečnom pravcu svih analiziranih varijanti mostova za neutegnute i utegnute poprečne preseke.

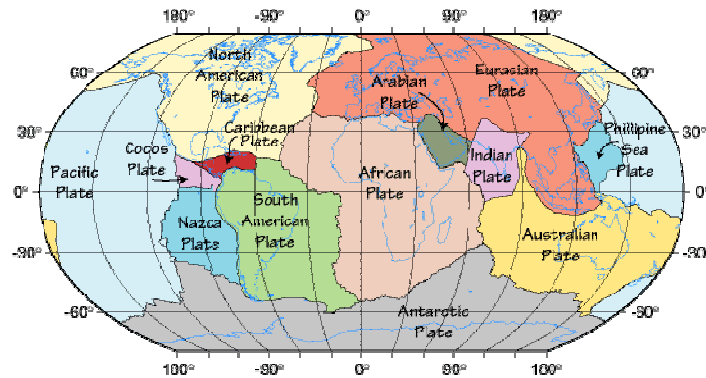
U prilogu „E“ su prikazani karakteristični rezultati nelinearne dinamičke analize (relativno horizontalno pomeranje srednjeg čvora grede mosta) u podužnom i poprečnom pravcu mostova za neutegnute i utegnute kritične poprečne preseke.

**2. PREGLED STANJA U OBLASTI
ASEIZMIČKOG PROJEKTOVANJA GREDNIH AB
MOSTOVA**

2.1. Osnovne seizmotektonske karakteristike Zemlje

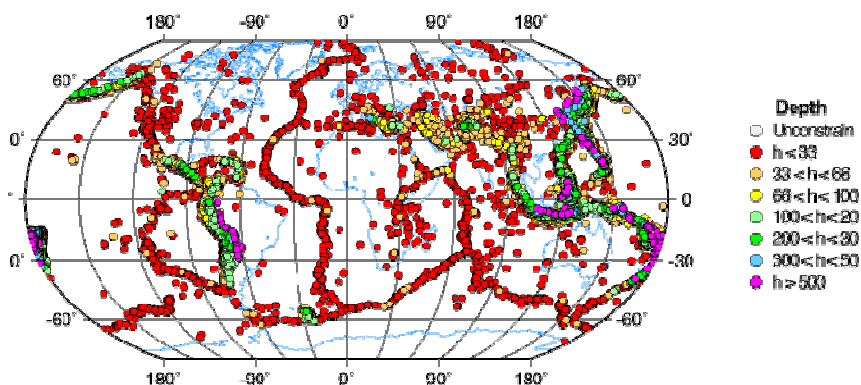
Pri projektovanju se ne može znati kakav će se zemljotres desiti u periodu upotrebe građevinskog objekta. Međutim, na osnovu zemljotresa koji su se desili u prošlostim, može se proceniti šta će se dešavati u budućnosti, odnosno u vremenu upotrebe objekta. U poslednjih nekoliko decenija odvijaju se istraživanja sa ciljem da se razviju pouzdane metode kratkoročne prognoze mesta, vremena i jačine budućih jačih zemljotresa, a to predstavlja jedan od osnovnih ciljeva Seizmologije.

Kod građevinskih objekata od najveće važnosti su tektonski zemljotresi, a s obzirom na to da zapisi o zemljotresima postoje od nedavno (sredina 20. veka), seizmičke informacije se moraju dopunjavati geološkim podacima o tektonskim pomeranjima, odnosno o aktivnim rasedima u čijim zonama bi se mogli desiti zemljotresi. Po teoriji tektonskih ploča zemljina kora je podeljena na više ploča koje se tokom vremena pomeraju. Veličina tih pomeranja se određuje stalnim merenjima kroz vreme i iznosi približno 5 do 10 cm godišnje, pri čemu se ploče na nekim mestima razmiču, a na drugim sudaraju (slika 2-1).



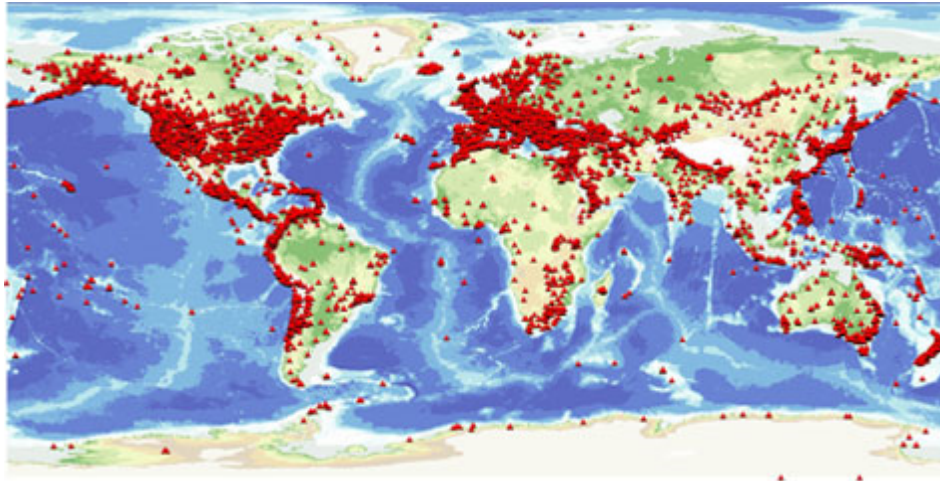
Slika 2-1. Rasped tektonskih ploča (<http://eqseis.geosc.psu.edu>)

Zbog relativnih pomeranja u zoni kontakata tektonskih ploča javljaju se aktivnosti po rasedima, a zbog naglih pomeranja u zonama raseda javljaju se zemljotresi. Međutim, zemljotresi se takođe mogu javiti i u unutrašnjim zonama tektonskih ploča, takođe po brojnim postojećim rasedima, zbog napona koji su posledica pritisaka duž granica ploča i raseda. Nagomilana potencijalna energija se usled sloma u terenu delimično pretvara u kinetičku energiju koja se preko seizmičkih talasa prenosi kroz stenske masive. Mesto gde počinje slom materijala u stenama i duž raseda i gde počinje prostiranje seizmičkih talasa se naziva hipocentar, a njegova vertikalna projekcija na površinu zemljine kore naziva se epicentar. Za građevinske objekte su od značaja zemljotresi čija dubina hipocentra ne prelazi 100 km, tj. od interesa su plitki zemljotresi, a ne duboki kod kojih se hipocentar nalazi i na dubinama od preko 500 km (slika 2-2).

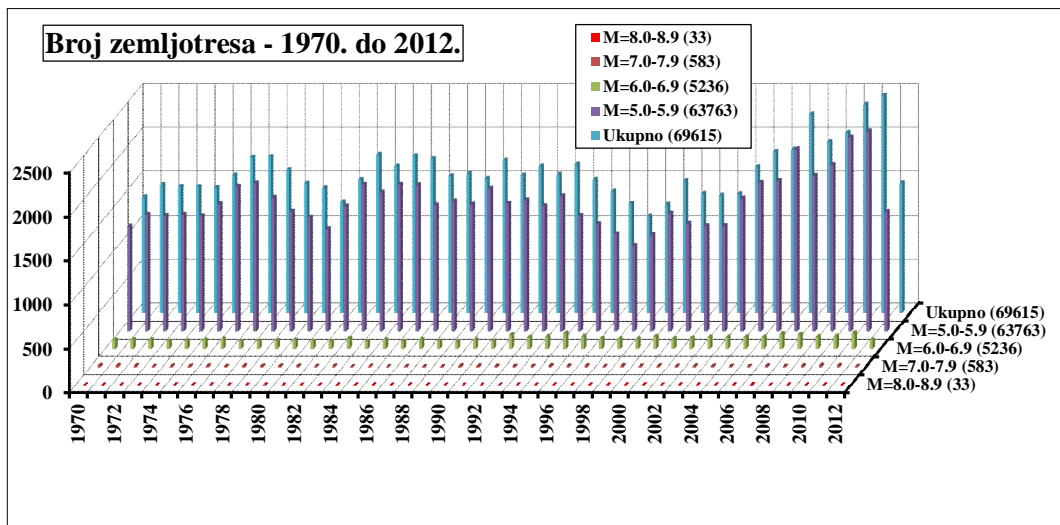


Slika 2-2. Rasped zemljotresa magnitude > 5 od 1965. do 1995. god. (<http://eqseis.geosc.psu.edu>)

Osnovni seizmološki instrumenti za registrovanje zemljotresa su: seizmografi (registrovanje pomeranja ili brzine čestica u nivou površine tla), akceleroграфи (registrovanje ubrzanja čestica u nivou površine tla) i seizmoskopi (registrovanje dinamičkog odgovora hipotetičkog građevinskog objekta koji bi bio lociran na mestu instrumenta). Danas postoji relativno razvijena mreža seizmoloških stanica za registrovanje zemljotresa (slika 2-3). Broj registrovanih zemljotresa razvrstan po magnitudama od 1970. do 2012. godine je prikazan na slici 2-4.



Slika 2-3. Mreža sizmoloških stanica (2006. god., <http://www.bgs.ac.uk>)



Slika 2-4. Broj zemljotresa od 1970. do 2012. god.

U unutrašnjosti zemljine kore usled zemljotresa nastaju prostorni talasi, a po površini tla površinski seizmički talasi. Posledica normalnih napreznja u tlu su podužni ili longitudinalni talasi (P) kod kojih čestice tla vibriraju u pravcu prostiranja talasa, a posledica smičućih napreznja u tlu su poprečni ili transverzalni talasi (S) kod kojih čestice tla vibriraju upravno na pravac prostiranja talasa. Za građevinske objekte na površini tla su od interesa površinski talasi. Najvažniji površinski talasi su Rayleigh-jevi (R) i Love-vovi (L). R talasi su posledica longitudinalnih (P) i transverzalnih talasa u vertikalnoj ravni (SV), pri čemu kod njih čestice tla vibriraju eliptično. L talasi su transverzalni talasi u horizontalnoj ravni (SH). Nijedan od talasa ne stiže na lokaciju u vidu kombinacije pravilnih harmonijskih oscilacija već zbog nehomogenosti materijala, refleksija i refrakcija, na samu lokaciju stižu nepravilne vibracije. Brzina prostiranja talasa je jedna od njihovih najvažnijih karakteristika, a transverzalni talasi imaju brzinu prostiranja koja je približno nešto veća od jedne polovine brzine longitudinalnih

talasa, odnosno najveću brzinu prostiranja imaju P talasi, pa zatim S i R talasi i na kraju sa najmanjom brzinom prostiranja su L talasi. Najznačajniji uticaj na građevinske konstrukcije imaju transverzalni talasi, a njihova brzina prostiranja je jedna od najvažnijih karakteristika. Što je brzina prostiranja talasa veća, znači da su pogodniji uslovi u seizmičkom pogledu. U EN 1998-1 su definisane kategorije tla A, B, C, D, E, S1 i S2, od kojih kategorija tla A ima najveće brzine prostiranja transverzalnih talasa (preko 800 m/s). S obzirom na to da P i S talasi stižu do objekta u različitim trenucima vremena, zbog njihovih različitih brzina prostiranja, iz te vremenske razlike se može odrediti rastojanje od posmatrane lokacije objekta do epicentra, a uzimajući u obzir kombinaciju više merenja brzina P i S talasa, na različitim mestima za isti zemljotres, može da se odredi položaj epicentra.

Jačina zemljotresa zavisi od količine energije E koja se oslobodi pri pomeranju tla, a mera za jačinu zemljotresa je magnituda M . Richter-ova magnituda je jednaka algoritmu sa osnovom 10 maksimalne amplitude seizmičkih talasa (u mikronima) koje su izmerene standardnim seizmografom tipa Wood-Anderson na udaljenosti od 100 km do epicentra. Pošto ne mogu uvek biti zadovoljeni uslovi prethodno opisane magnitude, merenja se moraju preračunati na Richter-ovu magnitudu, tj. bez obzira na merenje instrumentom magnituda ipak predstavlja približnu meru jačine zemljotresa. Magnituda se često zove i stepen Richter-ove skale. Energija oslobođena pri zemljotresu se može odrediti kao $\log E = 4,8 + 1,5M$ (Gutenberg i Richter), a izražena je u džulima (J). Mera za magnitudu može biti zasnovana i na amplitudi P talasa (M_b) i na amplitudi površinskih talasa (M_s). Sa povećanjem udaljenosti od epicentra dolazi do sve većeg jasnog razdvajanja P, S, R i L talasa. Za razliku od ovih magnituda Richter-ova je nazvana lokalna magnituda (M_l). Magnituda M_s je pogodna za površinske zemljotrese na udaljenosti od preko 1000 km jer usled njih preovladavaju površinski talasi, a magnituda M_b je pogodna za duboke zemljotrese jer ne generišu značajnije površinske talase. Skala sa magnitudama M_s se podudara sa skalom M_l za vrednosti od 6 do 6,5, dok kod jačih zemljotresa važi $M_s > M_l$. Veza između magnituda M_s i M_b se može iskazati preko izraza $M_b = 2,5 + 0,63M_s$. Za umerene zemljotrese (vrednost magnitude približno do 6) važi $M = M_l$, a za jače $M = M_s$.

Pored magnitude koja se određuje merenjem kao mera jačine zemljotresa se koristi i intenzitet zemljotresa koji se definiše opisno kroz skalu intenziteta u odnosu na efekte koje zemljotres ima na građevinske objekte. U Evropi se koristi MSK-64 (Medvedev-Sponheuer-Karnik) skala iz 1964 godine. Revizijom MSK-64 skale od strane Evropske seizmološke komisije definisana je Evropska makroseizmička skala (EMS-98). U SAD se koristi MM (modifikovana Mercalli-jeva) skala. U nekim evropskim zemljama se koristi MCS (Mercalli-Cancani-Sieberg) skala ustanovljena 1917 godine. Na osnovu intenziteta zemljotresa se za pojedina područja određuju izosieste koje dele područje u zone različitih intenziteta zemljotresa.

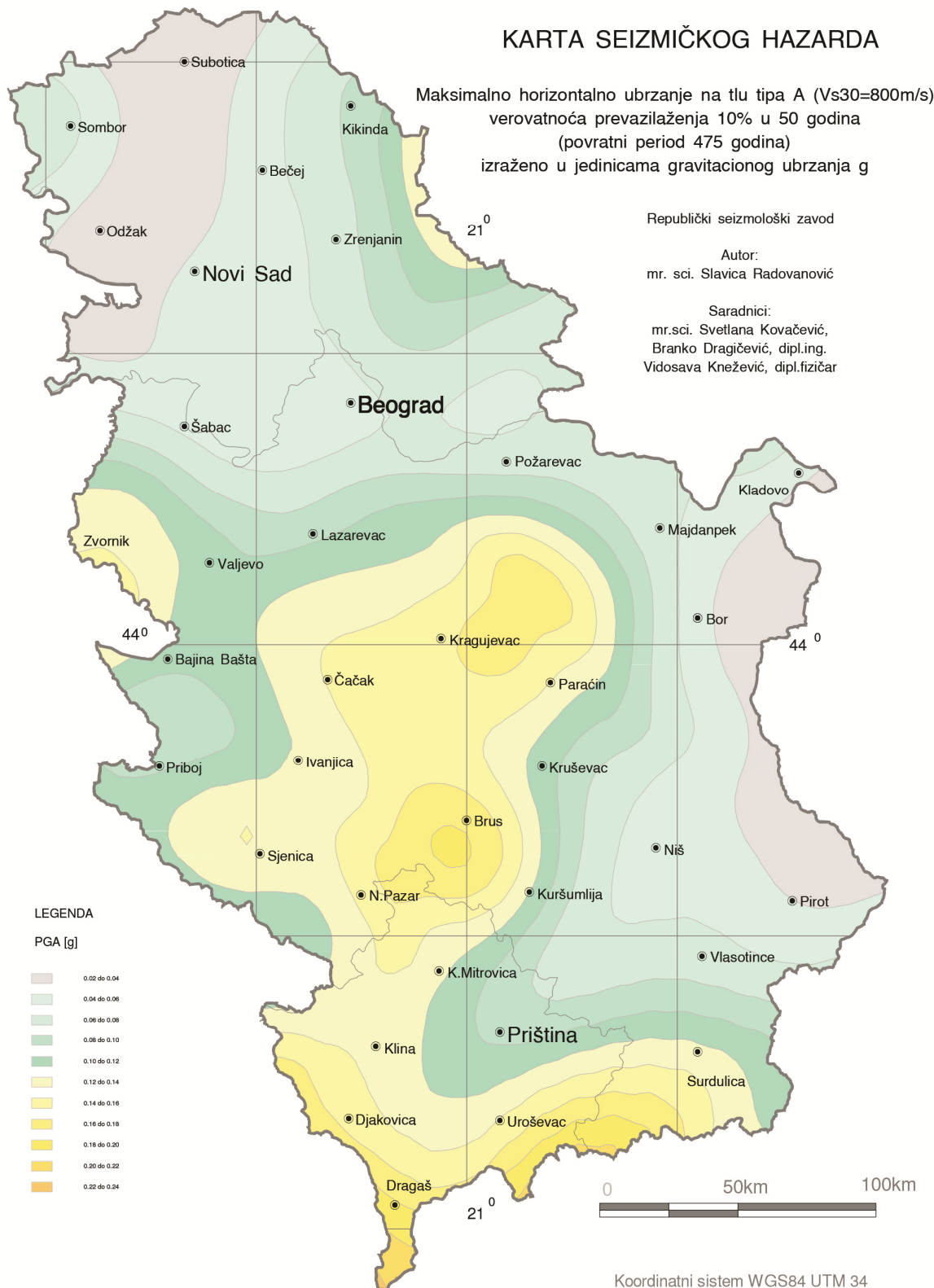
Cilj seizmičke rejonizacije je da se određena teritorija podeli na manje oblasti u kojima se mogu očekivati zemljotresi približno istog intenziteta. Ovako definisane karte se mogu koristiti za određivanje intenziteta seizmičkog dejstva. Podloga za seizmičku rejonizaciju određenog područja su prethodna seizmička istraživanja koja obuhvataju izradu kataloga dogođenih zemljotresa za što duži vremenski period, izradu karata epicentara dogođenih zemljotresa, izradu karata maksimalnih dogođenih intenziteta zemljotresa i maksimalnih registrovanih ubrzanja tla, analizu mehanizama žarišta, izradu seizmotektonskih i neotektonskih karata i sl. Nakon ovih istraživanja se definiše karta seizmičke rejonizacije za određeno područje. Na ovaj način se može odrediti stepen seizmičnosti koji predstavlja prosečnu vrednost za pojedine oblasti na karti. S obzirom na to da lokalni uslovi terena mogu bitno da se razlikuju od prosečnih vrednosti za određenu oblast potrebno je pristupiti detaljnoj mikrorejonizaciji da bi se tačnije odredio stepen seizmičnosti za područje na kome će se graditi objekat.

Seizmički hazard predstavlja verovatnoću pojavljivanja u toku određenog vremenskog perioda i na određenom mestu zemljotresa odgovarajućih karakteristika. Odnosno, seizmički

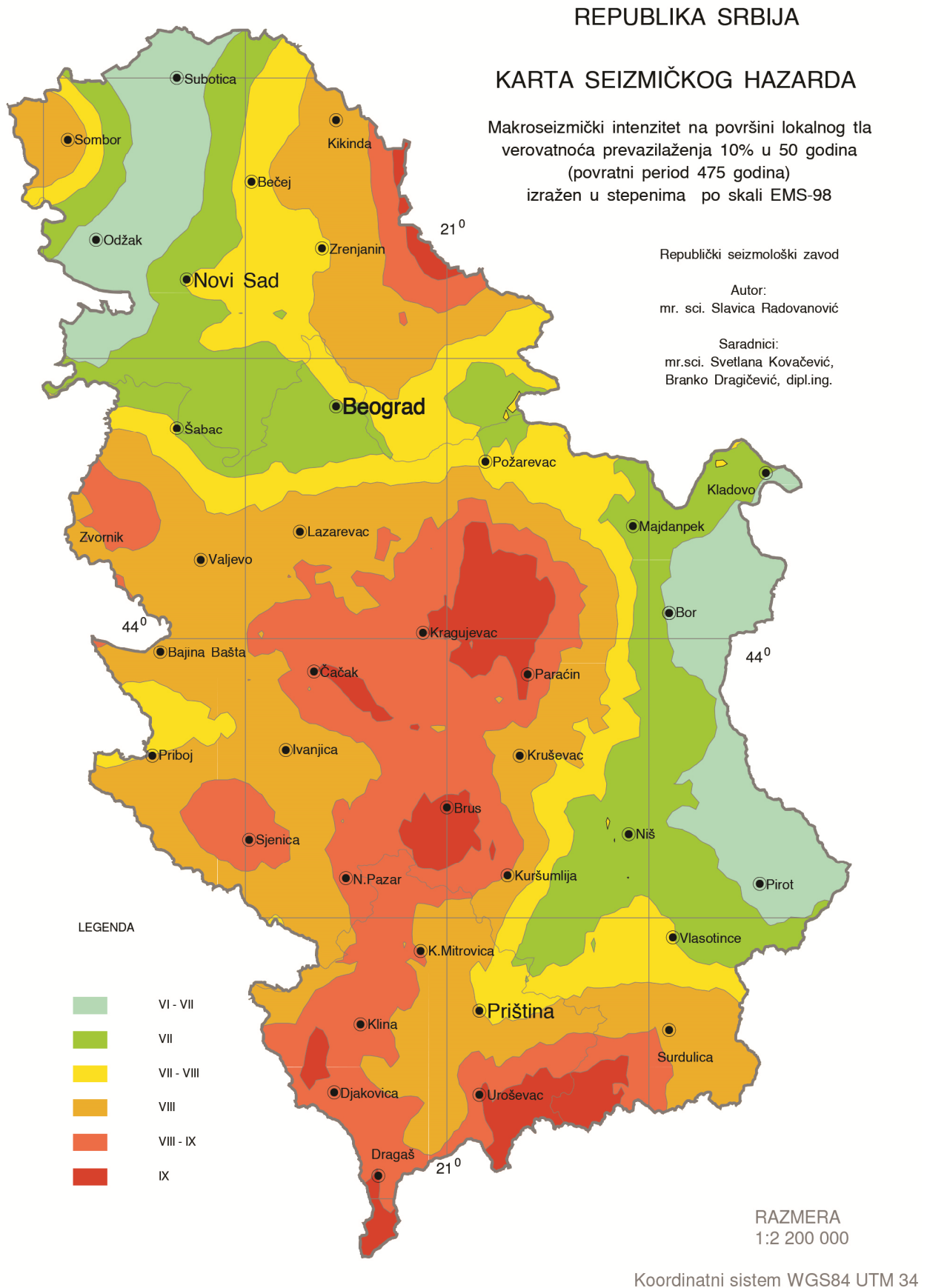
hazard se može iskazati preko amplitude kretanja tla (ubrzanje, brzina ili intenzitet), povratnog perioda i verovatnoće pojave zemljotresa. Prethodno nabrojani parametri su međusobno zavisni, tako da se seizmički hazard može iskazati i kao dostizanje amplitude određenog parametra vibracija tla u toku određenog povratnog perioda. Za teritoriju Republike Srbije elementi seizmičkog hazarda su prikazani na slikama 2-5 do 2-7 (<http://www.seismo.gov.rs>).

REPUBLIKA SRBIJA

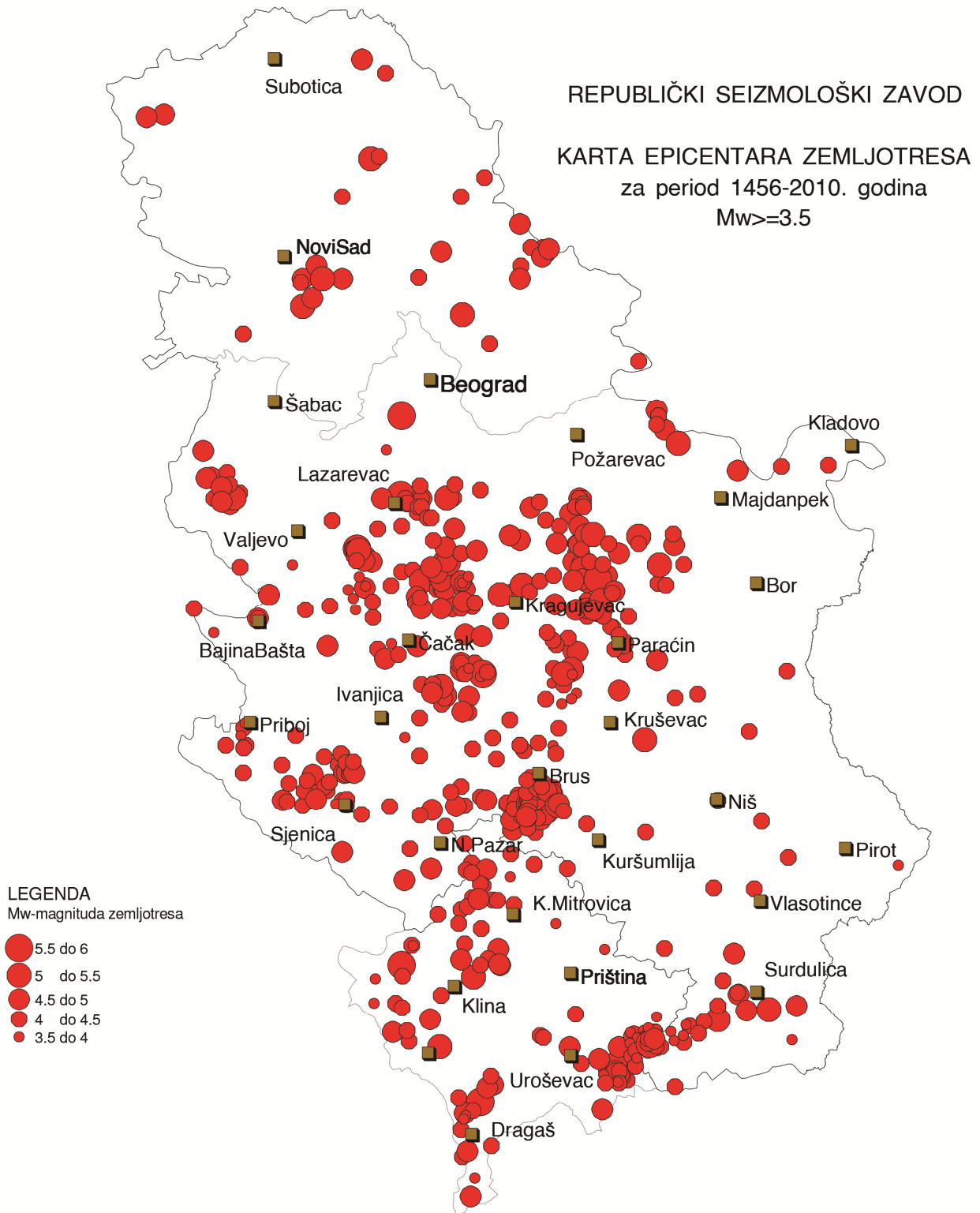
KARTA SEIZMIČKOG HAZARDA



Slika 2-5. Karta seizmičkog hazarda – osnovna stena – povratni period 475 g. (<http://www.seismo.gov.rs>)



Slika 2-6. Karta seizmičkog hazarda – površina tla – povratni period 475 g. (<http://www.seismo.gov.rs>)



Slika 2-7. Seizmički hazard – karta epicentara (<http://www.seismo.gov.rs>)

Najvažnije karakteristike vibracija tla na posmatranoj lokaciji su: ubrzanje čestica tla, brzina čestica tla, pomeranje čestica tla, trajanje jakog dela vibracija i frekventni sastav vibracija (predominantne periode). Karakteristike vibracija tla na posmatranoj lokaciji zavise od: magnitude, udaljenosti od žarišta, geoloških karakteristika tla kroz koje se prostiru talasi od žarišta do lokacije, mehanizma zemljotresa i topografskih karakteristika lokacije. Pojava oštećenja u konstrukciji usled dejstva zemljotresa je rezultat kombinacije prethodno nabrojanih karakteristika vibracija tla. Veoma značajan parametar kojim se opisuju karakteristike vibracija

tla je odnos maksimalne brzine i maksimalnog ubrzanja tla $v_{g,max}/a_{g,max}$. Za rastojanja između posmatrane lokacije i žarišta koja su manja od 50 km i magnitude veće od 6,5 približne vrednosti $v_{g,max}/a_{g,max}$ su: 0,55 m/g · s (stene i kruta tla), 1,10 m/g · s (duboka, srednje gusta tla) i 1,35 m/g · s (meka tla). Osnovna veličina u okviru jedne seizmičke zone koja obuhvata određenu teritoriju je vrednost maksimalnog ubrzanja podloge a_g za stenovito ili dobro zbijeno tlo (kategorija tla A – EN 1998-1), odnosno ova vrednost se naziva projektno ubrzanje podloge (engl. „designe ground acceleration”). Vrednosti minimalnog projektnog ubrzanja tla su 0,1 g, 0,2 g i 0,4 g za VII, VIII i IX stepen seizmičnosti respektivno, za zemljotrese sa povratnim periodom od 475 godina. Ovakav pristup se uvedi sa ciljem ujednačavanja seizmičke zaštite istih ili sličnih objekata unutar jedne seizmičke zone, a projektno ubrzanje tla predstavlja osnovni parametar za opis intenziteta seizmičkog dejstva. Karakter pomeranja tla usled zemljotresa zavisi i od lokalnih karakteristika podloge koje se utvrđuju geomehaničkim ispitivanjem, tako da projektant konstrukcije u zavisnosti od podataka dobijenih od seizmologa, geologa i geomehaničara uz karakteristike samog objekta određuje projektno seizmičko dejstvo.

2.2. Osnovni koncept aseizmičkog projektovanja grednih AB mostova

Projektovanje konstrukcija na dejstvo uobičajenih eksploatacionih opterećenja podrazumeva obezbeđivanje zaštite od dostizanja kapaciteta nosivosti. Za razliku od ovog pristupa, aseizmičko projektovanje podrazumeva kontrolisano dostizanje kapaciteta nosivosti uz obezbeđivanje dovoljnog kapaciteta deformisanja. Zbog male verovatnoće pojave jakog zemljotresa tokom životnog veka objekta ekonomski je neisplativo projektovati gredne armiranobetonske mostove tako da nakon jakog zemljotresa ostanu neoštećeni tj. da njihov odgovor ostane u linearno-elastičnoj oblasti ali se nivo dostignutih oštećenja mora kontrolisati, odnosno ograničiti na meru koja obezbeđuje očuvanje osnovne funkcije mosta. Kod grednih armiranobetonskih mostova se teži da pri jakim zemljotresima uneta energija u konstrukciju bude „rasuta” kroz plastifikaciju poprečnih preseka u stubovima tj. u njima se dopušta pojava oštećenja, a greda i temeljna konstrukcija se projektuju tako da njihov odgovor ostane u linearno-elastičnoj oblasti tj. da nakon dejstva zemljotresa ostanu neoštećeni. Zbog toga što pojava oštećenja ima za posledicu nelinearno ponašanje konstrukcije neophodna je primena nelinearnih metoda analize. Danas se najčešće koristi nelinearna statička analiza ali samo kod regularnih sistema. Nelinearna dinamička analiza daje najkvalitetniji uvid u ponašanje regularnih i neregularnih konstrukcija uz obuhvatanje geometrijske i materijalne nelinearnosti ali je znatno zahtevnija u odnosu na nelinearnu statičku analizu.

Za projektovanje novih i kontrolu postojećih konstrukcija grednih armiranobetonskih mostova izloženih seizmičkom dejstvu se koriste metode koje se zasnivaju na proceni ponašanja. Kod ovakvog pristupa osnovni elementi u analizi su seizmički hazard i procena seizmičkog zahteva za konstrukciju. Globalni zahtevi se najčešće odnose na apsolutna i/ili relativna pomeranja karakterističnih tačaka (kontrolnog čvora) konstrukcije u odnosu na ukupnu horizontalnu silu. Lokalni zahtevi se najčešće odnose na procenu neelastične rotacije i/ili krivine karakterističnih (kritičnih) preseka konstrukcijskih elemenata. Izračunati (procenjeni) seizmički zahtev se poredi sa prihvatljivim stepenom oštećenja.

Osnovni parametri pri seizmičkoj analizi konstrukcija su nosivost, duktilnost, krutost, prigušenje, masa i seizmičko dejstvo. Proračun se može podeliti u dva glavna koraka. Prvo se sprovodi linearna analiza sa potrebnim dimenzionisanjem svih konstruktivnih elemenata uz obezbeđivanje funkcionalnosti objekta nakon manjih zemljotresa, a nakon toga se kontroliše ponašanje konstrukcije pri jakim zemljotresima primenom nelinearnih metoda.

Nosivost se može definisati kao najveće spoljašnje dejstvo koje konstrukcija može da prihvati, a da ne dođe do njenog potpunog kolapsa. Istraživanja su pokazala da je najčešće nosivost građevinskih konstrukcija znatno veća od one koja je zahtevana propisima. Ovo je

posledica zanemarivanja preraspodele statičkih uticaja u statički neodređenim sistemima, zatim zanemarenjem uticaja nekonstruktivnih elemenata, kao i očvršćavanjem armature i njenom količinom koja je često uslovljena minimalnim procentima armiranja datim u propisima, a koji su merodavniji od količina dobijenih na osnovu statičkih i dinamičkih zahteva i na kraju primenom konzervativnih pretpostavki u matematičkim modelima.

Duktilnost μ može da se izražava pomeranjem sprata ili cele konstrukcije, rotacijom grednog elementa u čvoru, krivinom preseka i sl., a definisana je kao odnos nelinearne deformacije Δ i deformacije na granici tečenja Δ_y ($\mu = \Delta / \Delta_y$). Kada se govori o duktilnosti konstrukcije (elementa ili preseka), treba razlikovati raspoloživu (obezbeđenu) od potrebne (tražene, zahtevane ili ostvarene) duktilnosti. Raspoloživa duktilnost μ_u predstavlja duktilnost koju konstrukcija poseduje, a definisana je kao odnos deformacije na granici rušenja Δ_u i deformacije na granici tečenja Δ_y . Potrebna duktilnost μ predstavlja duktilnost koja se za vreme nekog zemljotresa realizuje, a definisana je kao odnos maksimalne deformacije za razmatrano seizmičko dejstvo Δ_m i deformacije na granici tečenja Δ_y . Ako je za vreme zemljotresa zahtevana duktilnost manja od obezbeđene duktilnosti ($\mu < \mu_u$), konstrukcija neće doživeti lom jer su maksimalne deformacije manje od deformacija na granici rušenja. Deformacija na granici tečenja se može definisati u trenutku pojave prvog plastičnog zgloba, a deformacija na granici rušenja može biti ona koja se realizuje pri formiranju mehanizma loma ili kao tačka gde se javi pad nosivosti za ne više od 20 % [25]. Seizmička otpornost se može postići ili velikom nosivošću, tako da konstrukcija ostane u elastičnom području čak i pri jakim zemljotresima, tj. da objekat ostane neoštećen ili manjom nosivošću u kombinaciji sa odgovarajućom duktilnosti, pri čemu dolazi do oštećenja konstrukcije ali bez njenog rušenja. Nosivost bitno utiče na seizmički odgovor konstrukcije, tj. da li će u toku zemljotresa ponašanje biti linearno ili nelinearno. Međutim, da bi se obezbedila dovoljna seizmička stabilnost konstrukcije od presudnog značaja je kapacitet deformisanja, odnosno pomeranja. Promena potrebne duktilnosti koju konstrukcija mora imati da ne dođe do njenog rušenja tokom zemljotresa nije prosto proporcionalna promeni obezbeđene nosivosti. Da bi se postiglo željeno ponašanje konstrukcije tokom zemljotresa od presudnog značaja je balans između krutosti, nosivosti i duktilnosti. Sa smanjenjem nosivosti rastu plastične deformacije što dovodi do većih oštećenja konstrukcije i nekonstruktivnih delova objekta pa je zbog toga potrebno obezbediti neku donju granicu nosivosti da bi se šteta pri umerenim zemljotresima ograničila. S obzirom na to, seizmički proračun je potrebno sprovesti takvim postupkom da se ne premaše unapred određena pomeranja i deformisanja koja određuje projektant konstrukcije. Problem određivanja potrebne duktilnosti koju konstrukcija određene nosivosti mora da obezbedi, da ne bi došlo do rušenja, je relativno jednostavan. Međutim, pri projektovanju je daleko teže rešiti obrnut problem u kome se za poznatu ili traženu vrednost duktilnosti određuje minimalna nosivost koja će biti dovoljna da obezbedi seizmičku stabilnost konstrukcije.

Krutost određuje svojstvene vrednosti konstrukcije, a samim tim utiče na odnos svojstvenih perioda i dominantnih perioda zemljotresa, čiji odnos bitno utiče na dinamičku amplifikaciju seizmičkog dejstva. Pojava određenog stepena oštećenja pri jakim seizmičkim dejstvima menja krutost konstrukcije što ima za posledicu promenu svojstvenih vrednosti. Sa pojavom oštećenja dolazi do produženja svojstvenih perioda vibracija konstrukcije što se može obuhvatiti samo nelinearnim analizama. Pošto se u praksi najčešće koristi linearna analiza, poseban problem predstavlja odgovor na pitanje koju krutost treba uzeti pri proračunu. Najčešće se koristi konzervativan pristup kod koga se uzima krutost koja daje najnepovoljniji rezultat u smislu dobijanja najvećih seizmičkih sila. Takođe, bitan uticaj krutost ima i na veličinu deformacija konstrukcijskih elemenata.

Prigušenje se ogleda u vidu nekonzervativnih sila koje se suprotstavljaju kretanju konstrukcije koja je izložena dinamičkom dejstvu. Ono se može javljati u različitim oblicima i modelirati na različite načine. Spoljašnje viskozno prigušenje je otpor koji je posledica spoljašnje

sredine u kojoj se konstrukcija nalazi i u većini slučajeva se može zanemariti u analizama. Unutrašnje viskozno prigušenje je posledica karakteristika materijala, proporcionalno je relativnoj brzini vibracija i raste sa povećanjem frekvencija vibracija, a u proračun se uvodi preko odgovarajućih koeficijenata. Ovo prigušenje je izraženo u elastičnom području. Trenje je poseban vid disipacije seizmičke energije koja se unosi u konstrukciju tokom dejstva zemljotresa i može biti značajno kod konstrukcija sa zidovima ispune. Histerezisno ili materijalno prigušenje zavisi od veličine pomeranja i veoma je izraženo u neelastičnom području, pri čemu se mera za veličinu disipirane energije može odrediti preko površine histerezisne petlje. Histerezisno prigušenje može da prouzrokuje veoma veliku disipaciju energije, pogotovo kod širokih petlji, što ima povoljne posledice na sposobnost konstrukcije da izdrži jaka seizmička dejstva bez rušenja.

Kod određenih tipova objekata efektima interakcije tla i konstrukcije pri dinamičkim analizama usled dejstva zemljotresa treba posvetiti posebnu pažnju. Lokalni uslovi u tlu mogu da promene seizmički ulaz zbog pojave amplifikacije ubrzanja sa veoma nepovoljnim efektima na objekte koji su fundirani na dubokim slojevima mekog tla. Takođe, kod ukopanih objekata može da dođe do značajnijih rotacija osnove. Generalno, tlo u dinamičkoj analizi čini sistem fleksibilnijim u odnosu na nepokretno uklještenu osnovu, a to ima za posledicu duže periode vibracija kao i promenu oblika glavnih formi. Ovo je posebno izraženo kod visokih i vitkih konstrukcija koje su osetljive na rotaciju osnove. Sa aspekta interakcije tla i konstrukcije disipacija energije može da nastane usled propagacije seizmičkih talasa koji su nastali kao posledica vibracija objekta od temeljne konstrukcije ka tlu (radijacijsko prigušenje), ali samo u slučaju mekih tla značajne dubine. Takođe, materijalno prigušenje u tlu se može razlikovati od onog u konstrukciji (približno do 5 %) i obično ima veće vrednosti (približno od 5 % do 20 %). Ne može se unapred tvrditi da li će efekti interakcije tla i konstrukcije biti povoljni (smanjenje odgovora) ili nepovoljni (povećanje odgovora). Generalno, efekti interakcije između tla i konstrukcije su značajniji što je tlo mekše, a konstrukcija kruća. Kod fleksibilnih objekata fundiranih na steni efekti interakcije se mogu zanemariti.

Seizmička analiza konstrukcija koja uvodi u proračun nosivost i duktilnost se može sprovesti samo primenom nelinearnih metoda koje su za svakodnevnu inženjersku praksu veoma složene i nepraktične. Zbog ovoga se najčešće primenjuje pojednostavljen proračun koji se zasniva na elastičnoj analizi sa redukovanim seizmičkim silama u težnji da se obuhvati disipacija energije koja je posledica neelastičnih deformacija konstrukcije. U EN 1998 su propisani faktori ponašanja koji mogu da se usvoje prema odredbama važećih nacionalnih propisa, a u zavisnosti od traženog kapaciteta deformacija. Konstrukcije koje imaju manju ili srednju krutost (osnovni period vibracija je duži od 0,5 s do 1,0 s) pomeranja kod elastičnog i neelastičnog ponašanja približno su jednaka, odnosno pomeranja su praktično nezavisna od nosivosti konstrukcije. Ovo se jednostavno može pokazati na beskonačno fleksibilnoj konstrukciji izloženoj seizmičkom dejstvu kod koje pri pomeranju tla masa praktično uvek ostaje na istom mestu, a to ima za posledicu da je maksimalno relativno pomeranje mase jednako maksimalnom pomeranju tla. U slučaju jednakosti elastičnih i neelastičnih pomeranja i uz pretpostavku o idealno elasto-plastičnom ponašanju konstrukcije, faktor redukcije se može odrediti kao odnos sile pri maksimalnom elastičnom pomeranju i sile na granici tečenja, a tražena duktilnost predstavlja odnos maksimalnih pomeranja i pomeranja na granici tečenja. U tom slučaju faktor redukcije jednak je traženoj duktilnosti. U slučaju jednakosti zahtevane i obezbeđene duktilnosti, najmanja nosivost koja je potrebna da konstrukcija izdrži zemljotres jednaka je nosivosti potrebnoj za elastično ponašanje redukovanoj faktorom redukcije. Ovde treba podsetiti na činjenicu da veća obezbeđena duktilnost omogućava i veći faktor redukcije ali se pri većoj redukciji nosivosti povećavaju oštećenja. Zbog toga je potrebno definisati donje granice vrednostifaktora redukcije ispod kojih se ne sme ići. U pojedinim aseizmičkim propisima te granice određuju veličinu seizmičkih sila jer se duktilnost znatno teže određuje, a pretpostavlja se da će biti obezbeđena

poštovanjem niza konstrukcijskih mera za pojedine nivoe redukcije seizmičkog opterećenja. Procena stvarnih veličina pomeranja dobija se tako što se pomeranja određena u elastičnoj analizi sa redukovanim seizmičkim silama množe faktorom redukcije. Za kruće konstrukcije treba koristiti manje faktore redukcije, koja se određuje iz jednakosti energija pri elastičnom i elasto-plastičnom ponašanju. Kod beskonačno krute konstrukcije ubrzanja tla i konstrukcije su jednaka bez obzira na nosivost, pa kod njih nije moguća nikakva redukcija seizmičkog dejstva. Veoma krute konstrukcije moraju posedovati dovoljnu nosivost da pri jakim zemljotresima ostanu u elastičnom području. Osnovni nedostatak pri primeni faktora redukcije je u tome da se koristi jedan faktor redukcije seizmičkih sila na osnovu kojih se određuje potrebna nosivost svih konstrukcijskih elemenata.

Projektant konstrukcije, uz dogovor sa investitorom, donosi odluku kakvo ponašanje, odnosno koliki stepen oštećenja želi da dopusti. Ovo ima za posledicu da se najveće očekivane seizmičke sile koje su određene na osnovu elastičnog spektra odgovora mogu redukovati, odnosno donosi se odluka o tome da li će se projektovati delimično duktilna ili duktilna konstrukcija. Bez obzira na nivo dopuštenih oštećenja konstrukcija ne sme da se sruši. Nivo redukcije seizmičkih sila ne sme da bude proizvoljan. U EN 1998-2 su propisane vrednosti za redukciju elastičnog spektra odgovora faktorom ponašanja koji kod armiranobetonskih mostova u slučaju duktilnog ponašanja ne sme da pređe vrednost $q = 3,5$, a kod delimično duktilnog ponašanja ne sme da pređe vrednost $q = 1,5$. Kroz redukciju seizmičkih sila uvode se u linearnu analizu efekti nelinearnog ponašanja konstrukcije koji su posledica pojave oštećenja pri umerenim i jakim zemljotresima. U EN 1998-2 su propisani uslovi koje mora da ispuni podužna armatura u pogledu potrebne nosivosti poprečnih preseka na savijanje, unutar i izvan zone u kojoj je moguća pojava plastifikacije. Pored nosivosti na savijanje potrebno je obezbediti i odgovarajuću duktilnost, tj. sposobnost preseka da podnese potrebne plastične deformacije bez značajnijeg gubitka nosivosti na savijanje i bez krtih smičućih lomova. Duktilnost se postiže prvenstveno poprečnom armaturom za utezanje preseka. U EN 1998-2 su propisani posebni uslovi za utežuću armaturu (engl. „confinement”) u poprečnom preseku. Takođe, poprečna armatura mora da zadovolji nosivost na smicanje u poprečnim presecima. Smičući lomovi stubova usled neadekvatne poprečne armature su prikazani na slikama 2-8 do 2-10.



„Niigata-ken Chuetsu Earthquake“, 23. oktobar 2004., Japan
<http://www.fhwa.dot.gov/publications/publicroads/94summer/p94su26.cfm>

Slika 2-8. Smičući lom stuba grednog AB mosta usled neadekvatne poprečne armature



„Northridge Earthquake“, 17. januar 1994., Kalifornija, SAD, Magnituda 6,8
http://www.whatiscivilengineering.csce.ca/structural_earthquakes.htm

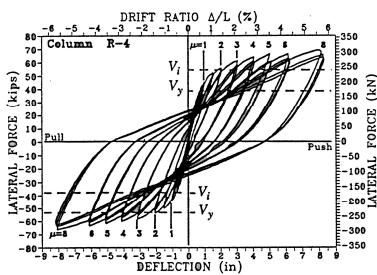
Slika 2-9. Smičući lom stuba grednog AB mosta usled neadekvatne poprečne armature



„Chi-Chi Earthquake“, 20. septembar 1999., Tajvan, Magnituda 7,6
http://www.whatiscivilengineering.csce.ca/structural_earthquakes.htm

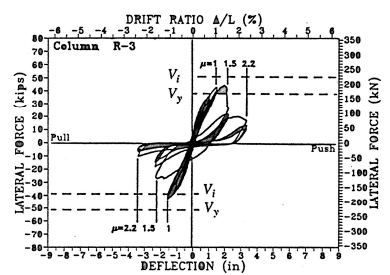
Slika 2-10. Smičući lom stuba grednog AB mosta usled neadekvatne poprečne armature

Na slici 2-11 [110] su prikazani različiti neelastični odgovori (veza sila-pomeranje) stuba mosta u zavisnosti od poprečne armature. Prvi slučaj na slici 2-11 predstavlja odgovor modela sa adekvatnom poprečnom armaturom, a drugi i treći slučaj predstavljaju odgovor modela pri nepostojanju adekvatne poprečne armature.



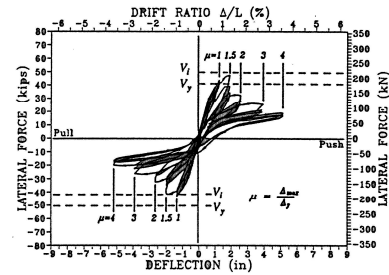
ductile flexural response of a well-confined column

adekvatna poprečna armatura



shear failure of a column with inadequate shear reinforcement

neadekvatna poprečna armatura



lap splice failure within a plastic hinge

neadekvatna poprečna armatura

Slika 2-11. Neelastično ponašanje stuba (sila-pomeranje) u zavisnosti od poprečne armature [110]

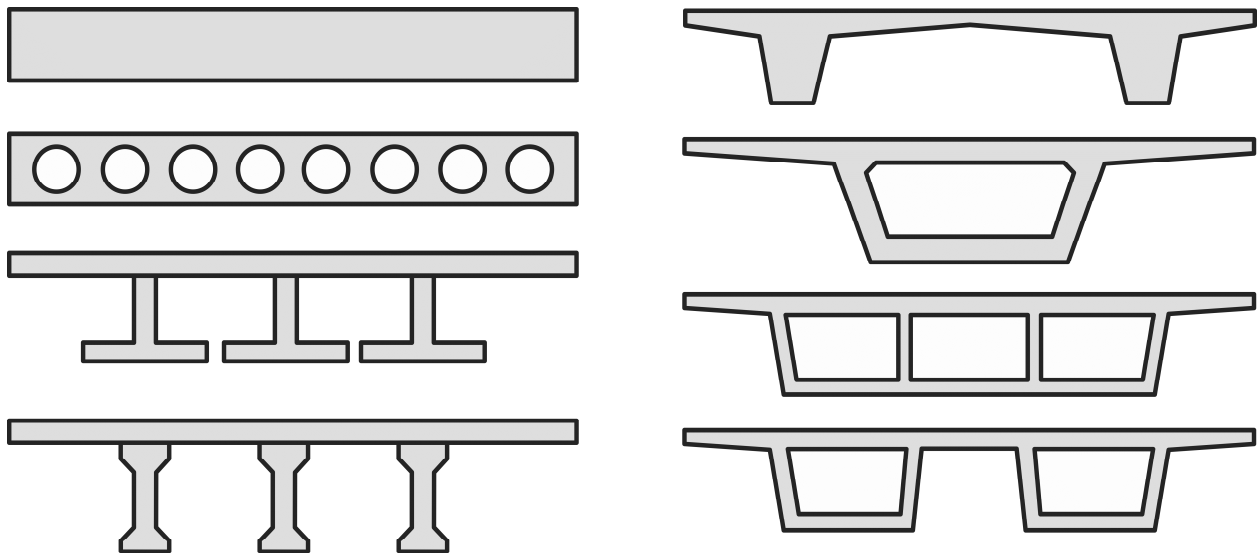
EN 1998-1 i EN 1998-2 se primenjuju za projektovanje i izvođenje zgrada, mostova i drugih građevinskih konstrukcija u seizmičkim oblastima. Njihov cilj je da se, usled pojave zemljotresa, obezbedi zaštita ljudskih života, zatim da se ograniči nivo dostignutih oštećenja i da objekti značajni za zaštitu ljudi ostanu u upotrebnom stanju. Zbog slučajne prirode zemljotresa i zbog ograničenih mogućnosti suprostavljanja uticajima zemljotresa, ostvarivanje navedenih ciljeva je samo delimično moguće i može da se meri samo u smislu verovatnoće. EN 1998-2 se odnosi na projektovanje mostova u seizmičkim oblastima, koji moraju da budu projektovani i izvedeni tako da sledeći zahtevi, svaki sa odgovarajućim stepenom pouzdanosti, budu zadovoljeni: 1) zahtev da se objekat ne sruši (granično stanje nosivosti) i 2) zahtev ograničenja oštećenja (granično stanje upotrebljivosti). Granično stanje nosivosti (loma) proverava se kroz mogućnost da most u projektnom zemljotresu očuva integritet konstrukcije i adekvatnu preostalu nosivost, pri čemu neki delovi mosta mogu biti oštećeni, ali tako da to ne ugrožava saobraćaj neposredno nakon zemljotresa. Oštećeni elementi treba da budu dostupni pregledu i da su lako popravljivi. Dopušta se formiranje plastičnih zglobova u stubovima i/ili zidovima kod mostova bez seizmičke izolacije, pri čemu u kolovoznoj konstrukciji u principu ne treba dozvoliti oštećenja. Za seizmička dejstva, sa većom verovatnoćom pojave od projektnog zemljotresa u toku eksploatacionog veka mosta, je potrebno obezbediti normalno odvijanje saobraćaja, a oštećenja su dopuštena samo u sekundarnim seizmičkim komponentama i onim delovima mosta koji su predviđeni da doprinose disipaciji energije tokom životnog veka mosta.

Prethodna razmatranja podrazumevaju da se pri aseizmičkom projektovanju grednih armiranobetonskih mostova dopušta pojava oštećenja u stubovima, a to ima za posledicu nelinearno ponašanje sistema kod koga se najveći deo disipacije energije odvija kroz histerezisno ponašanje. Međutim, može biti postavljen zahtev da konstrukcijski elementi ostanu neoštećeni pri jakom zemljotresu jer su sa jedne strane troškovi sanacije značajni, a sa druge strane pri dugotrajnom dejstvu zemljotresa ili usled ponovljenog zemljotresa može doći do kumulativnih efekata koji mogu imati za posledicu trošenje kapaciteta deformacije i rušenje konstrukcije. Ovakvi zahtevi se mogu ispuniti kontrolom ponašanja konstrukcije pri dejstvu zemljotresa. U zavisnosti od primenjenog načina kontrole ponašanja razlikuju se pasivna i aktivna kontrola ponašanja. Pasivna kontrola ponašanja se zasniva na redukciji seizmičkog odgovora smanjenjem seizmičkih sila ili seizmičke energije koja se predaje konstrukciji (bazna izolacija – redukcija seizmičkih sila i prigušivači – redukcija seizmičke energije). Aktivna kontrola se bazira na posebno konstruisanim uređajima koji na osnovu trenutnih informacija o stanju konstrukcije deluju dopunskim silama u realnom vremenu u cilju kontrole odgovora sistema.

2.3. Osnovni elementi dispozicije grednih AB mostova

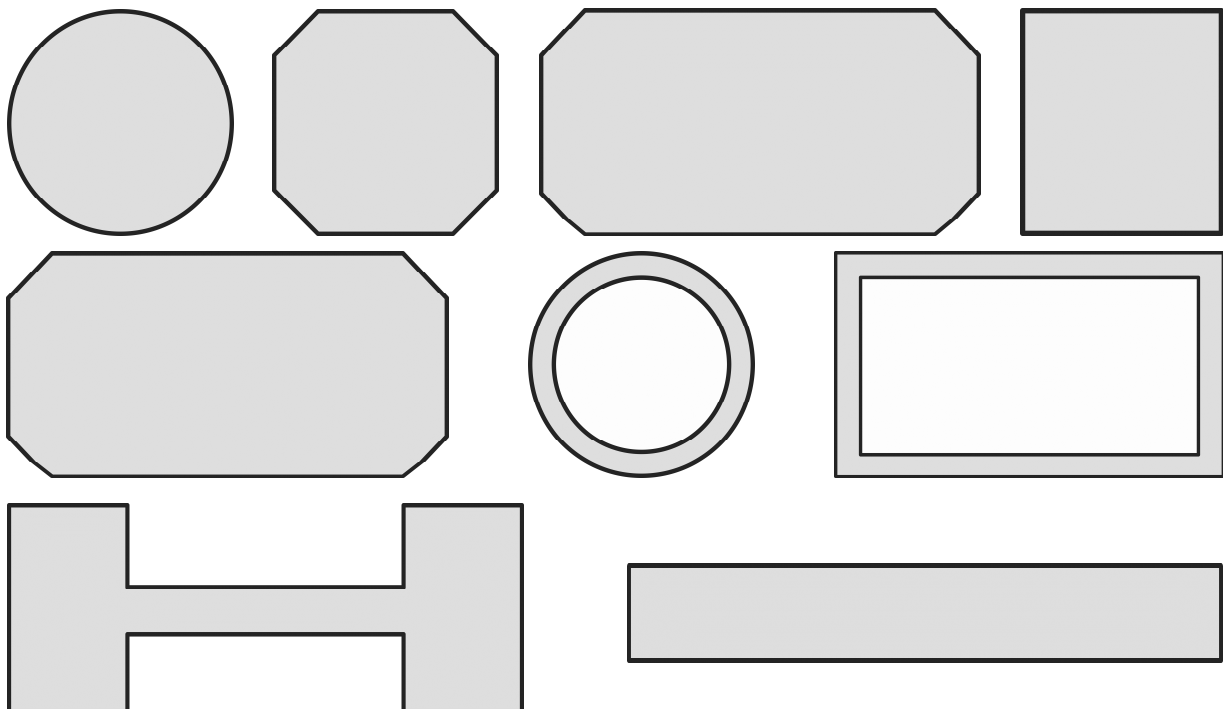
Gredni tipovi mostova se najčešće primenjuju za manje i srednje raspone. Prednosti ovakvog sistema se ogledaju prvenstveno u jednostavnosti gradnje i u raznovrsnim mogućnostima funkcionalnog prilagođavanja. Praktično, ovakvi sistemi predstavljaju optimalno ,a u pojedinim slučajevima i nezamenljivo, rešenje kod veoma dugačkih mostova, zatim kod mostova u krivini, kao i na mestima saobraćajnih petlji kod kojih dolazi do ukrštanja putnih pravaca u više nivoa. U statičkom smislu, za gredu mosta, su najčešće u primeni sledeći sistemi: prosta greda, greda sa prepustima, gerberov nosač, kontinualni nosač i greda sa lukom. Stubovi su najčešće kruto vezani za temeljnu konstrukciju tj. potpuno su uklještenu u tlo, a veza sa gredom može biti zglobna ili kruta.

Tipični poprečni preseki greda armiranobetonskih mostova su prikazani na slici 2-12. Izbor tipa poprečnog preseka grede armiranobetonskog mosta zavisi od raspona između stubova, zahtevane širine mosta, vrste saobraćajnog opterećenja i raspoložive tehnologije za građenje. Poprečni preseki prikazani na slici 2-12 levo se primenjuju za raspone od približno 5 m do 40 m, a poprečni preseki prikazani na slici 2-12 desno se koriste za raspone od približno 40 m do 200 m.



Slika 2-12. Tipični poprečni preseći gređa AB mostova

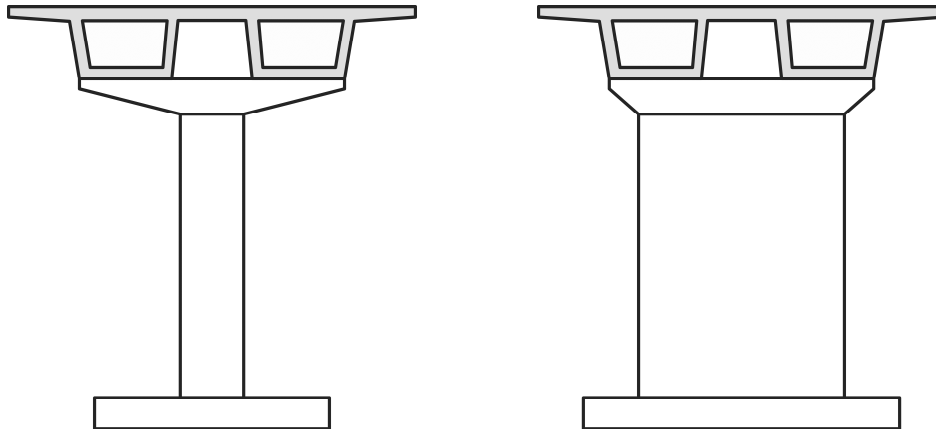
Tipični poprečni preseći stubova grednih armiranobetonskih mostova su prikazani na slici 2-13. Postoji mogućnost primene punih ili ošupljenih poprečnih preseka. Oblik poprečnog preseka stuba mosta može biti manje ili više povoljan u smislu obezbeđivanja duktilnosti. Povoljniji su sandučasti poprečni preseći od kružnih ili razuđenih.



Slika 2-13. Tipični poprečni preseći stubova grednih AB mostova

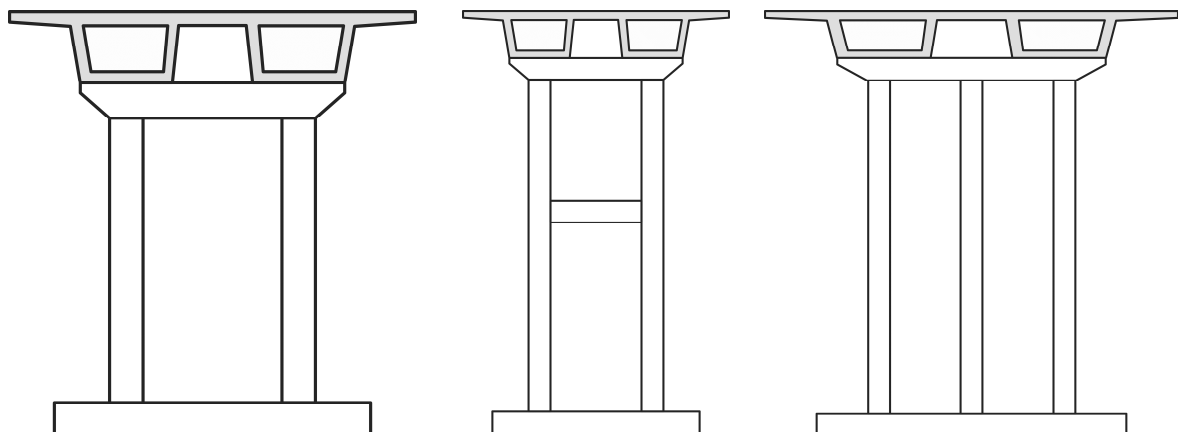
Tipične dispozicije stubova u poprečnom pravcu grednih armiranobetonskih mostova su prikazane na slikama 2-14 i 2-15. Razlikuju se varijante sa jednim ili više redova stubova u poprečnom pravcu koji mogu biti po visini spojeni poprečnim gredama. Kod primene jednog reda stubova (slika 2-14) prednosti se ogledaju u jednostavnijoj optimizaciji seizmičkog projektovanja, a to je posledica karakteristika i odgovora sistema. Ako se veza između stubova i grede mosta ostvaruje preko ležišta, pojava plastifikacije poprečnih preseka je praktično moguća samo u jednoj zoni stuba, a to značajno pojednostavljuje procenu ponašanja. Prednosti monolitne veze stuba i grede mosta se ogledaju u tome da su zahtevane duktilnosti stuba i grede praktično

iste. Ukoliko su stubovi nepokretno uklješteni, a veza stuba i grede se ostvaruje preko ležišta, što je čest slučaj, dolazi do velike koncentracije naprezanja samo u uklještenju stuba, a to je nepovoljno. Takođe, nedostatak konstrukcija sa jednim redom stubova u poprečnom pravcu predstavlja dostizanje većih momenata savijanja u stubovima i većih pomeranja grede mosta u odnosu na dispozicije sa više redova stubova.



Slika 2-14. Dispozicije stubova grednih AB mostova u poprečnom pravcu (jedan stub)

Kod primene više redova stubova u poprečnom pravcu (slika 2-15) koji su sa gredom mosta povezani monolitno prednosti se ogledaju u mogućnosti ostvarivanja podjednakog odgovora u podužnom i poprečnom pravcu. Ukoliko su stubovi uklješteni može se ostvariti mnogo povoljnija raspodela momenata savijanja u poprečnom pravcu u odnosu na sisteme sa jednim redom stubova. Pomeranja grede mosta se smanjuju u odnosu na sisteme sa jednim redom stubova. Nedostaci se ogledaju u tome da ako je ostvarena zglobna veza između stubova i grede mosta pri seizmičkom dejstvu se indukuju značajno veći momenti savijanja u podužnom pravcu nego u poprečnom pravcu. Do plastifikacije u kritičnim zonama ne dolazi istovremeno, a zahtevana duktilnost se teže određuje.

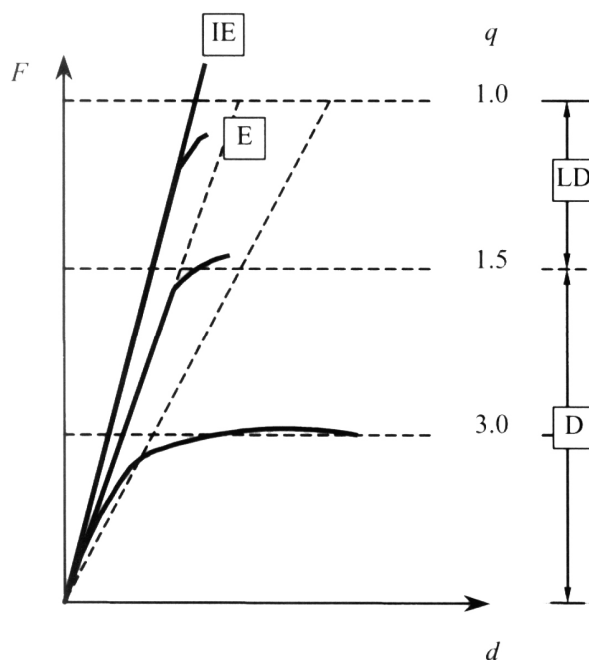


Slika 2-15. Dispozicije stubova grednih AB mostova u poprečnom pravcu (više stubova)

3. SEIZMIČKI PRORAČUN I DIMENZIONISANJE GREDNIH AB MOSTOVA

3.1. Osnovni zahtevi ponašanja pri aseizmičkom projektovanju grednih AB mostova

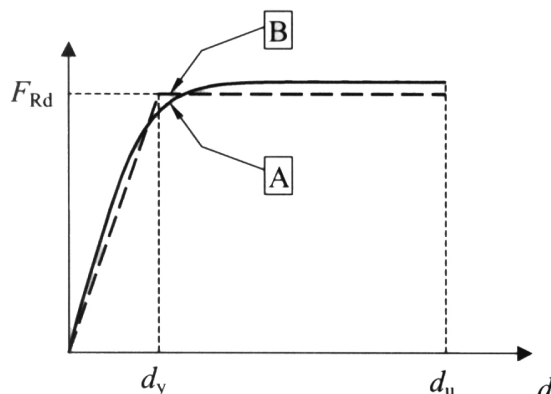
Osnovni zahtevi ponašanja pri projektovanju grednih armiranobetonskih mostova u seizmički aktivnim područjima (EN 1998-2) su da se konstrukcija ne sruši i da se ograniči nivo oštećenja za projektno seizmičko dejstvo. Takođe, potrebno je da odgovor grede mosta pri seizmičkom dejstvu ostane u linearno-elastičnoj oblasti, a da se u stubovima mosta dopusti kontrolisana i ograničena pojava oštećenja, tj. plastifikacija poprečnih preseka. U pogledu seizmičkog ponašanja (slika 3-1 [25]) gredne armiranobetonske mostove treba projektovati sa ograničeno duktilnim ($q \leq 1,5$ – u suštini linearno-elastično ponašanje) i duktilnim ponašanjem ($1,5 \leq q \leq 3,5$).



Slika 3-1. Seizmičko ponašanje grednih AB mostova – EN 1998-2 (faktori ponašanja) [25]

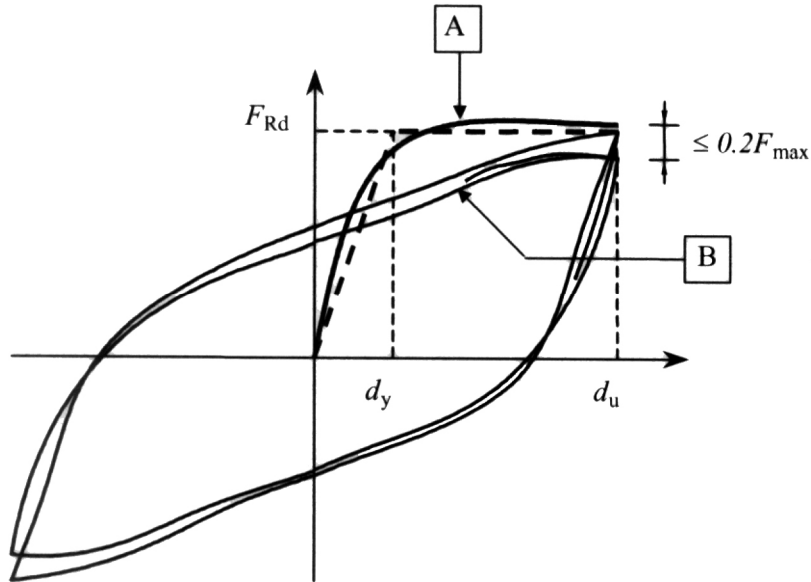
U odnosu na sistem sa jednim stepenom slobode kretanja i elastično-idealno plastičnom vezom sila-pomeranje računaska (procenjena) vrednost globalnog faktora duktilnosti μ_d pri monotono rastućem dejstvu (slika 3-2 [25]) je definisana kao odnos krajnjeg pomeranja d_u i pomeranja na granici tečenja d_y (izraz 3-1). Pri linearnoj analizi sila na granici tečenja odgovara vrednosti F_{Rd} .

$$\mu_d = d_u / d_y \quad (3-1)$$



Slika 3-2. Globalna veza sila-pomeranje za monotono opterećenje (A – projektno; B – elasto-plastično) [25]

Krajnje pomeranje d_u je definisano kao maksimalno pomeranje ako je konstrukcija sposobna da izdrži najmanje pet punih ciklusa sve do dostizanja krajnjeg pomeranja bez pojave gubitka nosivosti armature za armiranobetonske poprečne preseka ili bez lokalnih izbočavanja za čelične preseke i bez opadanja otpornosti za čelične duktilne elemente ili bez opadanja za više od 20 % krajnje otpornosti za armiranobetonske duktilne elemente konstrukcije (slika 3-3 [25]).



Slika 3-3. Sila-pomeranje (ciklusi) za AB presek (A – monotono; B – 5 ciklusa) [25]

Lokalna duktilnost plastičnog zgloba se može odrediti na osnovu odnosa između maksimalne krivine Φ_u i krivine na granici tečenja Φ_y , odnosno na osnovu maksimalne rotacije θ_u i rotacije na granici tečenja θ_y (EN 1998-2):

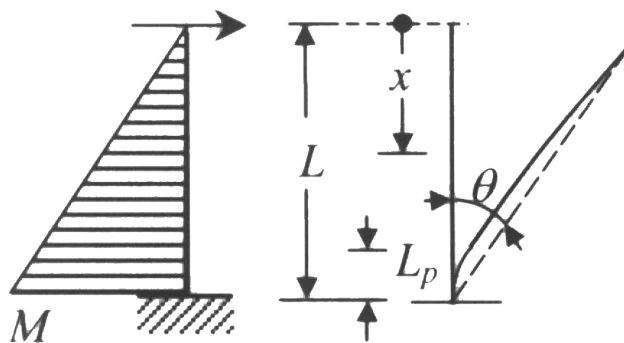
$$\mu_\phi = \Phi_u / \Phi_y \quad \text{ili} \quad \mu_\theta = \theta_u / \theta_y \quad (3-2)$$

U odnosu na rotaciju tetive stuba lokalna duktilnost zavisi od kapaciteta plastične rotacije $\theta_{p,u} = \theta_u - \theta_y$ (EN 1998-2):

$$\mu_\theta = \theta_u / \theta_y = 1 + (\theta_u - \theta_y) / \theta_y = 1 + \theta_{p,u} / \theta_y \quad (3-3)$$

Rotacija tetive stuba se može odrediti na osnovu dužine L , između krajnjeg preseka plastičnog zgloba i nulte vrednosti momenta savijanja (slika 3-4 [25]):

$$\theta = \int_0^L \phi x dx \quad (3-4)$$



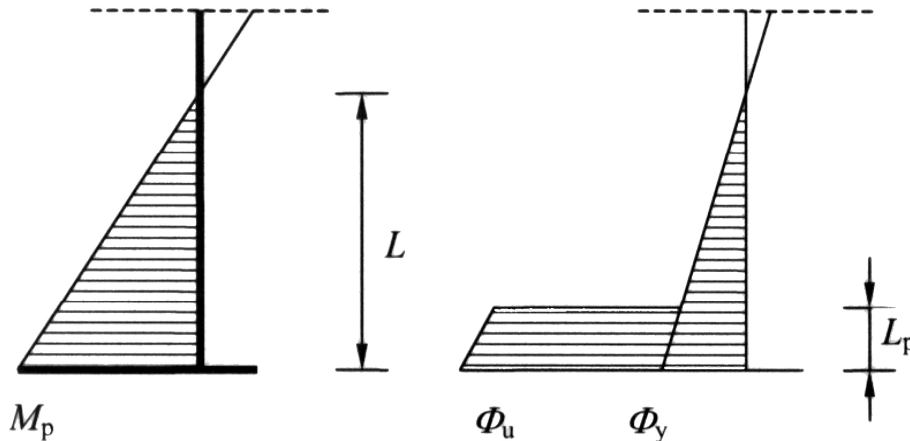
Slika 3-4. Rotacija tetive stuba [25]

Kapacitet plastične rotacije $\theta_{p,u}$ i ukupna rotacija tetive stuba θ_u mogu da se odrede na osnovu granične krivine Φ_u i dužine plastičnog zgloba L_p (EN 1998-2 i slika 3-5 [25]):

$$\theta_u = \theta_y + \theta_{p,u}$$

$$\theta_{p,u} = (\Phi_u - \Phi_y)L_p \left(1 - \frac{L_p}{2L}\right) \quad (3-5)$$

gde su: L – rastojanje od kraja zone plastičnog zgloba do nulte vrednosti momenta savijanja u stubu i Φ_y – krivina na granici tečenja koja se može proceniti na osnovu bilinearizacije dijagrama $M-\Phi$ (slika 3-6 [25]).

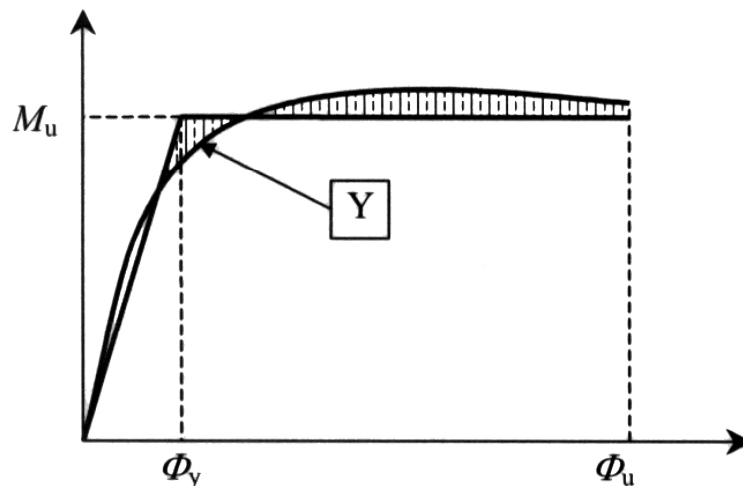


Slika 3-5. Krivina – granična i na granici tečenja – EN 1998-2 [25]

U slučaju linearne promene momenta savijanja, rotacija na granici tečenja se može odrediti na osnovu izraza (EN 1998-2):

$$\theta_y = \frac{\Phi_y L}{3} \quad (3-6)$$

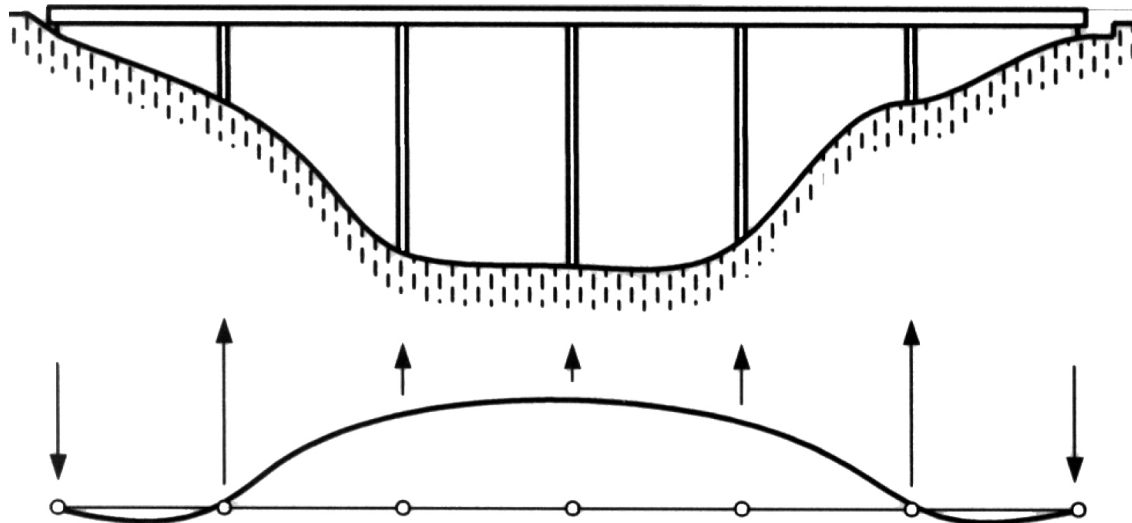
gde su: L – rastojanje od kraja zone plastičnog zgloba do nulte vrednosti momenta savijanja u stubu i Φ_y – krivina na granici tečenja (slika 3-6 [25]).



Slika 3-6. Procena krivine na granici tečenja – bilinearizacija veze $M-\Phi$ – EN 1998-2 [25]

U slučaju mostova sa gredom kontinualnog statičkog sistema poprečna krutost krajnjih stubova sa oslončkim oporcima je značajno veća u odnosu na srednje stubove, što može biti

prouzrokovano dispozicijom prepreke koja se premošćuje. Ovo ima za posledicu neujednačenu i nepovoljnu raspodelu seizmičkih sila u poprečnom pravcu što se može izbeći dopuštanjem poprečnog pomeranja grede mosta iznad krajnjih kratkih stubova (slika 3-7 [25]).

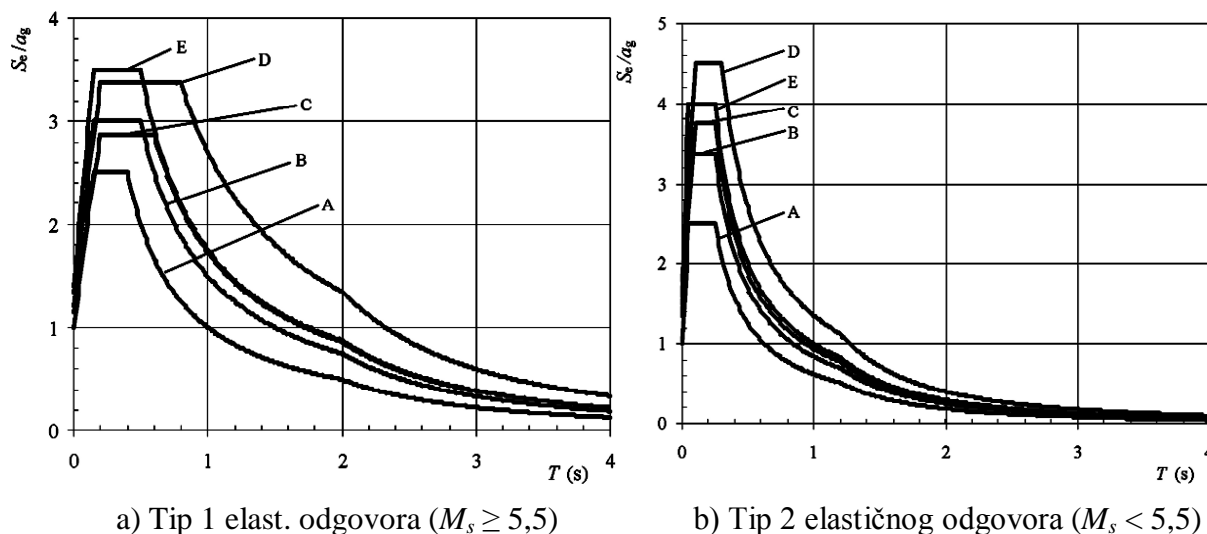


Slika 3-7. Nepovoljna raspodela seizmičkih sila u poprečnom pravcu na stubove mosta [25]

3.2. Seizmičko dejstvo i dimenzionisanje grednih AB mostova

U EN 1998-2 su propisani uslovi za definisanje seizmičkog (zemljotresnog) dejstva koje se pozivaju na odgovarajuće odredbe EN 1998-1 za linearnu i nelinearnu analizu. U EN 1998-1 su propisani načini za određivanje seizmičkih uticaja na osnovu linearno-elastičnog ponašanja konstrukcije. Za regularne konstrukcije preporučuje se primena ekvivalentne statičke metode u slučaju da ne postoji značajan doprinos viših tonova vibracija na ukupan odgovor konstrukcije, odnosno primena modalne analize i spektra odgovora u slučaju svih konstrukcija, kao i u slučajevima kada viši tonovi vibracija imaju bitan uticaj na odgovor konstrukcije. Alternativa ovim metodama su nelinearne metode proračuna: nelinearna statička i nelinearna dinamička analiza.

Seizmička analiza i dimenzionisanje grednih armiranobetonskih mostova se bazira na linearnoj analizi (modalna analiza sa spektrima odgovora). U EN 1998-1 su propisani elastični spektri odgovora za horizontalan i vertikalni pravac (slika 3-8 [24]). Takođe, u EN 1998-2 su propisani faktori ponašanja za određivanje projektnog seizmičkog dejstva (tabela 3-1)



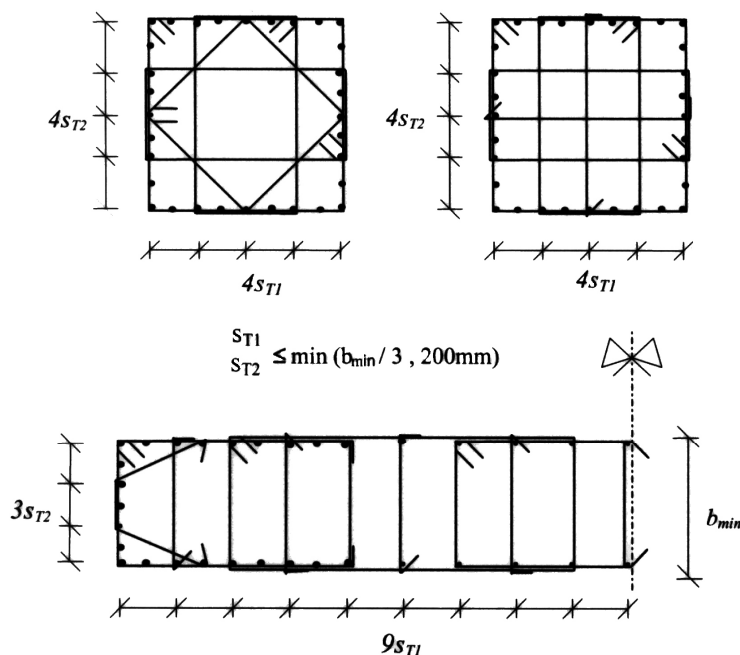
Slika 3-8. Elastični spektri odgovora za horizontalan pravac – EN 1998-1 [24]

Tabela 3-1. Maksimalne vrednosti faktora ponašanja q – EN 1998-2

Tip duktilnog elementa	Seizmičko ponašanje	
	Ograničeno duktilno	Duktilno
Armiranobetonski stubovi: Vertikalni stubovi (savijanje) Kosi podupirači (savijanje)	1,5 1,2	3,5 $\lambda(\alpha_s)$ 2,1 $\lambda(\alpha_s)$
Čelični stubovi: Vertikalni stubovi (savijanje) Kosi podupirači (savijanje) Stubovi sa normalnim ukrućenjima Stubovi sa ekscentričnim ukrućenjima	1,5 1,2 1,5 –	3,5 2,0 2,5 3,5
Oporci kruto vezani sa gredom: Opšte „Locked-in” konstrukcije (vidi 4.1.6.(9), (10))	1,5 1,0	1,5 1,0
Lukovi	1,2	2,0
$\alpha_s = L_s/h$ je „smičući“ raspon stuba, gde je L_s rastojanje od plastičnog zgloba do nulte vrednosti momenta savijanja i h je visina poprečnog preseka u pravcu savijanja plastičnog zgloba. Za $\alpha_s \geq 3$ $\lambda(\alpha_s) = 1$ $3 > \alpha_s \geq 3$ $\lambda(\alpha_s) = (\alpha_s / 3)^{1/2}$		

Za nelinearnu dinamičku analizu se mogu koristiti veštački i/ili zabeleženi akceleroگرامи. Usvojeni akceleroگرامи treba da ispune zahteve koji su propisani u EN 1998-2 (poglavlje 3). Takođe, u EN 1998-2 su propisani uslovi za mostove sa uređajima za izolaciju ili neregularne mostove na osnovu kojih se rezultati linearne-elastične analize (modalna spektralna analiza sa faktorima ponašanja) mogu „relaksirati” primenom rezultata rigorozne nelinearne dinamičke analize.

Dimenzionisanje armiranobetonskih poprečnih preseka se odnosi na obezbeđivanje uslova da nosivost na savijanje i smicanje bude veća ili jednaka od zahtevane koja je određena na osnovu projektnih kombinacija uticaja. Posebno se razmatraju zone unutar i van delova konstrukcijskih elemenata u kojima se dopušta pojava plastifikacije preseka. Takođe, u EN 1998-2 su propisani uslovi za konstrukcijsko oblikovanje podužne i poprečne (utežujuće) armature kojom se postiže kapacitet lokalne duktilnosti koja direktno utiče na globalno ponašanje sistema, odnosno propisani su zahtevi za poprečnu armaturu u kritičnim presecima u zavisnosti od usvojenog ponašanja. Konstrukcije sa ograničeno duktilnim ponašanjem imaju „blaže“ uslove koje treba da ispuni poprečna armatura u odnosu na konstrukcije sa duktilnim ponašanjem. Tipični rasporedi utežujuće armature su prikazani na slici 3-9 [25].



Slika 3-9. Tipični primeri utezanja poprečnih preseka – EN 1998-2 [25]

U EN 1998-2 su propisani uslovi za približno obuhvatanje efekata teorije drugog reda u kritičnim zonama (plastičnim zglobovima) u okviru linearne analize preko povećanja momenta savijanja:

$$\Delta M = \frac{1+q}{2} d_{Ed} N_{Ed} \quad (3-7)$$

gde su: q – faktor ponašanja, d_{Ed} – relativno poprečno pomeranje krajeva duktilnog elementa iz projektne seizmičke kombinacije i N_{Ed} – aksijalna sila u duktilnom elementu iz projektne seizmičke kombinacije.

3.3. Modeliranje i analiza grednih AB mostova

Pri modeliranju grednih armiranobetonskih mostova masa se koncentriše u čvorove mreže konačnih elemenata kojima se modelira greda mosta. Čvorovima iznad vrhova stuba pored pripadajuće mase grede pridružuje i pripadajuća masa stuba u skladu sa načinom veze između grede i vrha stuba. Kod vitkih stubova viši tonovi mogu imati veći značaj tako da se formiraju koncentrisane mase i duž stubova. Mera inertnosti pri translatorskom kretanju je masa, dok se pri obrtanju izražava preko masenog momenta inercije pomoću koga se mogu obuhvatiti torzionni efekti. U EN 1998-2 su propisani uslovi koje treba da ispuni most da bi obuhvatanje torzionnih efekata bilo obavezno. Uslovi su: kosi most sa uglom zakošenja φ koji je veći od 20 stepeni i odnosom širine i dužine grede mosta većim od 2,0.

Prigušenje se u proračun najčešće uvodi kao viskozno Rayleigh-jevo prigušenje gde se matrica prigušenja formira kao linearna kombinacija matrice masa i/ili krutosti. S obzirom na to da se kod nelinearnih sistema najveći deo disipacije energije odvija kroz histerezisno ponašanje, a mnogo manji deo kroz viskozno prigušenje ova matrica se često uzima kao konstantna tokom analize.

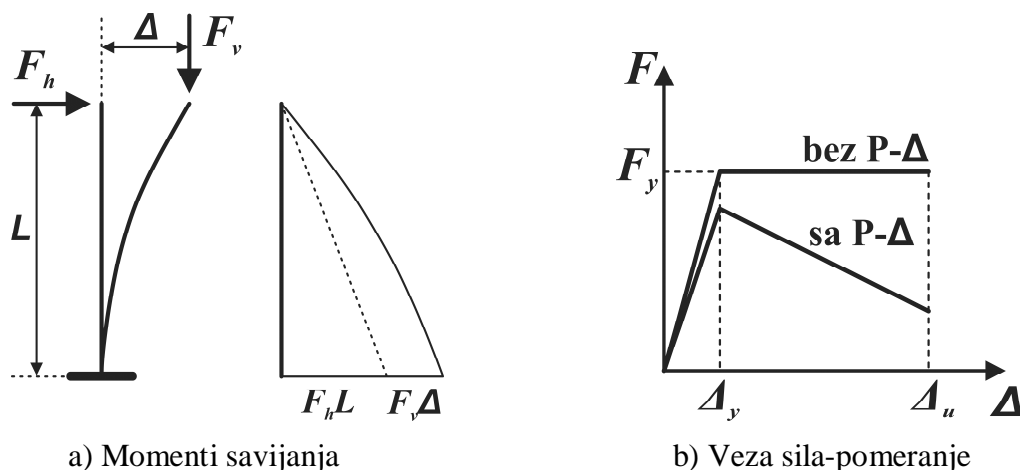
Krutost sistema je bitna karakteristika modela koja određuje vezu između sila i pomeranja. Na veličinu krutosti utiču i usvojene efektivne karakteristike poprečnog preseka koje ne moraju biti jednake geometrijskim karakteristikama homogenih preseka. Korekcija veličine krutosti na savijanje se u linearnu analizu može uvesti preko redukcije aksijalnog momenta inercije i

odgovarajuće površine poprečnog preseka. U zavisnosti od tipa elementa i njegovog naponskog stanja, kao i u zavisnosti od tipa analize mogu se uzeti različiti koeficijenti korekcije, čije se vrednosti, generalno, mogu odrediti kao odnos momenta inercije ispucalog i homogenog poprečnog preseka. Moment inercije ispucalog poprečnog preseka J_{eff} se može odrediti na osnovu obrasca $J_{eff} = M_y / (E\Phi_y)$, gde su M_y moment savijanja na granici tečenja, Φ_y krivina na granici tečenja i E modul elastičnosti betona. U EN 1998-2 („Annex C“) su propisane dve metode za određivanje efektivnih geometrijskih karakteristika duktilnih armiranobetonskih preseka:

$$\begin{aligned} \text{Metod 1: } J_{eff} &= 0,08J_{un} + J_{cr} \quad (J_{cr} = M_y / (E_c\Phi_y)) \\ \text{Metod 2: } E_c J_{eff} &= vM_{Rd} / \Phi_y \end{aligned} \quad (3-8)$$

gde su: J_{un} – moment inercije homogenog poprečnog preseka, J_{cr} – moment inercije isprskalog poprečnog preseka, M_y – moment savijanja na granici tečenja, Φ_y – krivina na granici tečenja, E_c – modul elastičnosti betona, v – korekcionni koeficijent, čija preporučena vrednost iznosi 1,2 i M_{Rd} – granični moment nosivosti. Pri linearnim analizama se krutost kao karakteristika sistema odredi samo jednom na početku proračuna i ostaje konstantna tokom analize. Pri nelinearnim analizama zbog uvođenja mogućnosti pojave plastifikacije pojedinih preseka dolazi do promene krutosti tokom analize.

Nelinearno ponašanje konstrukcije se uvodi u analizu kao geometrijska i materijalna nelinearnost. Geometrijska nelinearnost se može uvesti preko $P-\Delta$ efekta u slučaju stubova sa „manjim“ aksijalnim naprežanjem ili primenom iterativnih procedura („skuplji“ proračun). Uticaji $P-\Delta$ efekta na momente savijanja i vezu između horizontalnih sila i pomeranja stuba mosta su prikazani na slici 3-10. Vrednosti momenata savijanja se povećavaju (slika 3-10 a), a efektivna početna krutost se redukuje uz opadajući karakter nakon dostizanja granice tečenja (slika 3-10 b).

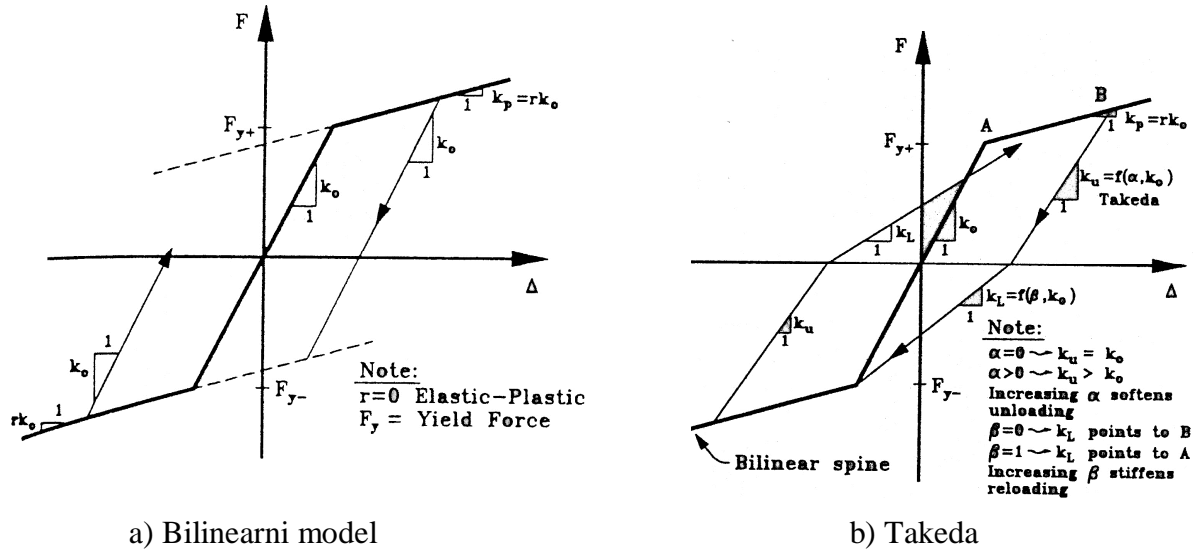


Slika 3-10. Uticaj $P-\Delta$ efekta na odgovor u horizontalnom pravcu stuba grednog AB mosta

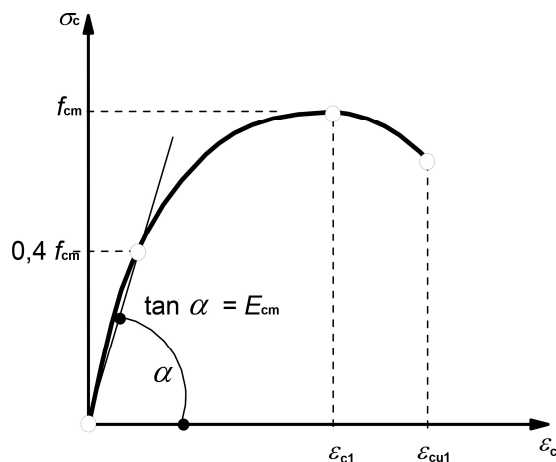
Materijalna nelinearnost se može obuhvatiti u analizama kroz mogućnost plastifikacije poprečnih preseka elemenata konstrukcije. Klasifikaciju neelastičnih modela možemo izvršiti na različite načine: sa aspekta da li se razmatra jednoaksijalna ili višeaksijalna mogućnost pojave plastifikacije ili da li se razmatra pojava plastifikacije u jednom preseku (engl. „lumped plasticity assumptions“) ili duž celog elementa (engl. „distributed plasticity assumptions“). Sa aspekta numeričkog modeliranja mogu se koristiti modeli sa plastičnim zglobovima (engl. „plastic hinge“) definisanim na osnovu veze moment-rotacija (ili krivina) i vlaknasti modeli (engl. „fiber hinge“). Razvijen je i model koji se sastoji od više paralelnih linijskih elemenata koji predstavlja

kompromis između koncentrisane plastičnosti koja se uvodi preko plastičnog zgloba i složenijeg vlaknastog modela.

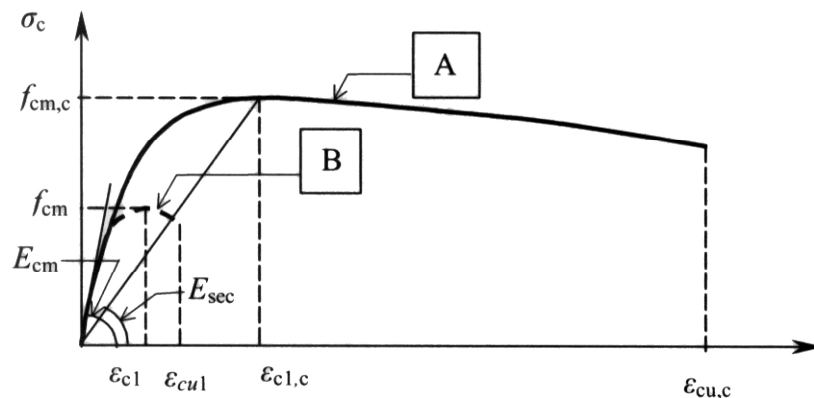
Nelinearna veza između unutrašnjih sila i relativnih pomeranja se uvodi u nelinearnu dinamičku analizu preko histerezisnih pravila tj. histerezisnog ponašanja (slika 3-11 [110]). Pored histerezisnih pravila za potrebe neelastičnih modela se moraju definisati i veze između napona i deformacija, odnosno u slučaju armiranobetonskih konstrukcija veze za neutegnuti i utegnuti deo betonskog poprečnog preseka (slike 3-12 [23] i 3-13 [25]) i armaturu (slika 3-14).



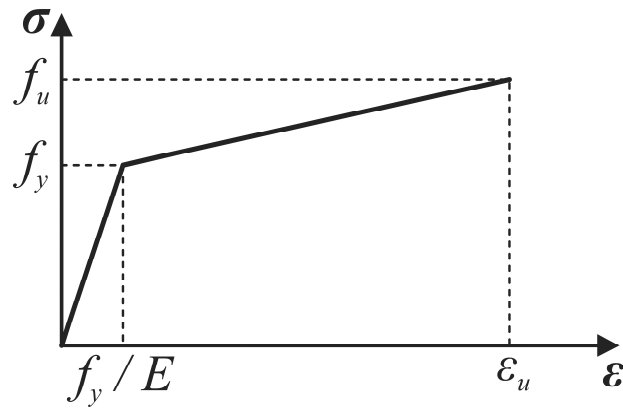
Slika 3-11. Primeri histerezisnih modela [110]



Slika 3-12. Veza napon-dilatacija za neutegnuti beton – EN 1992-1-1 [23]

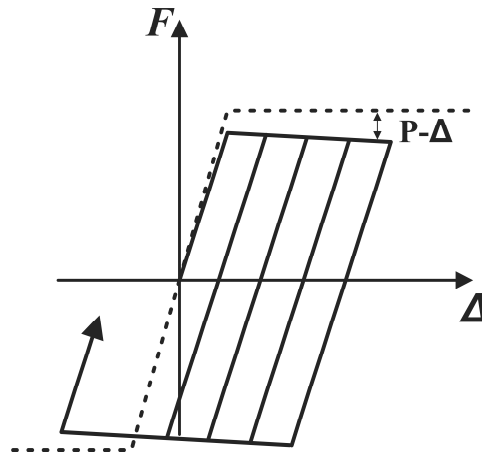


Slika 3-13. Veza napon-dilatacija za utegnuti beton (A – utegnuto; B – neutegnuto) – EN 1998-2 [25]

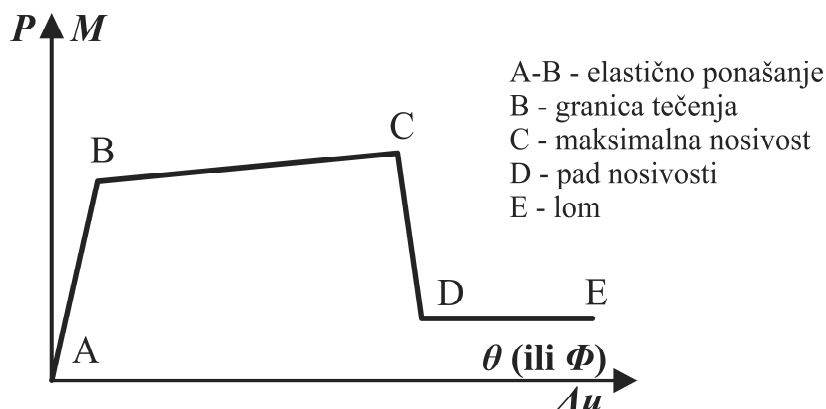


Slika 3-14. Veza napon-dilatacija za armaturu

Uticaj $P-\Delta$ efekta na promenu karaktera histerezisnog ponašanje ima za posledicu povećanje pomeranja i pad krutosti u odnosu na model bez $P-\Delta$ efekta (slika 3-15).

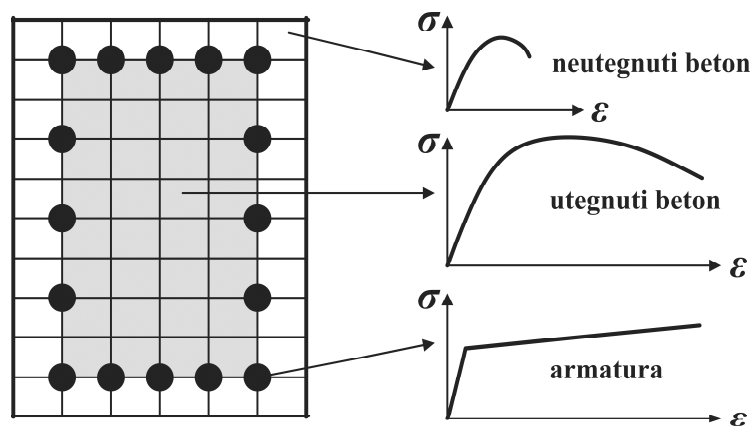
Slika 3-15. Uticaj $P-\Delta$ efekta na histerezisno ponašanje (elasto-plastična veza)

Pri modeliranju plastičnih zglobova potrebno je uvesti u proračun vezu između sile i pomeranja ili momenta i rotacije (ili krivine), odnosno potrebno je definisati aksijalne i momentne plastične zglobove (slika 3-16).



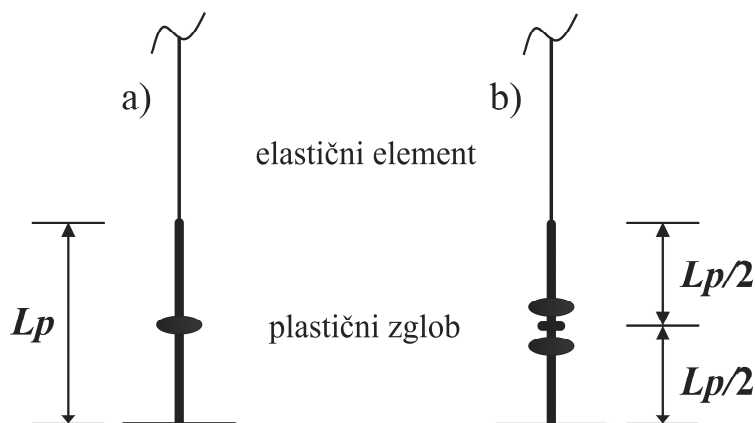
Slika 3-16. Plastični zglob – veza između sile i pomeranja ili momenta i rotacije (ili krivine)

Modeliranje vlaknastih plastičnih zglobova zahteva definisanje geometrijskih i mehaničkih karakteristika pojedinih delova poprečnog preseka. Kod armiranobetonskih poprečnih preseka potrebno je definisati delove od neutegnutoг бетона, utegnutoг бетона i armature uz definisanje njihovih veza između napona i deformacija (slika 3-17).



Slika 3-17. Vlaknasti model poprečnog preseka

Stubovi su najčešće mesta u kojima se dopušta pojava plastifikacije tj. oštećenja poprečnih preseka. Položaj plastičnih zglobova u stubovima mosta se može definisati na načine prikazane na slici 3-18. U prvom slučaju (slika 3-18 a), plastični zglob se aplicira u sredinu dužine zone u kojoj je predviđena plastifikacija poprečnih preseka (dužina plastičnog zgloba iznosi L_p), a u drugom slučaju (slika 3-18 b), zona predviđena za dopuštanje pojave plastifikacije se podeli na dva konačna elementa i svakom od njih se pridruži plastični zglob čija je dužina jednaka $L_p/2$.



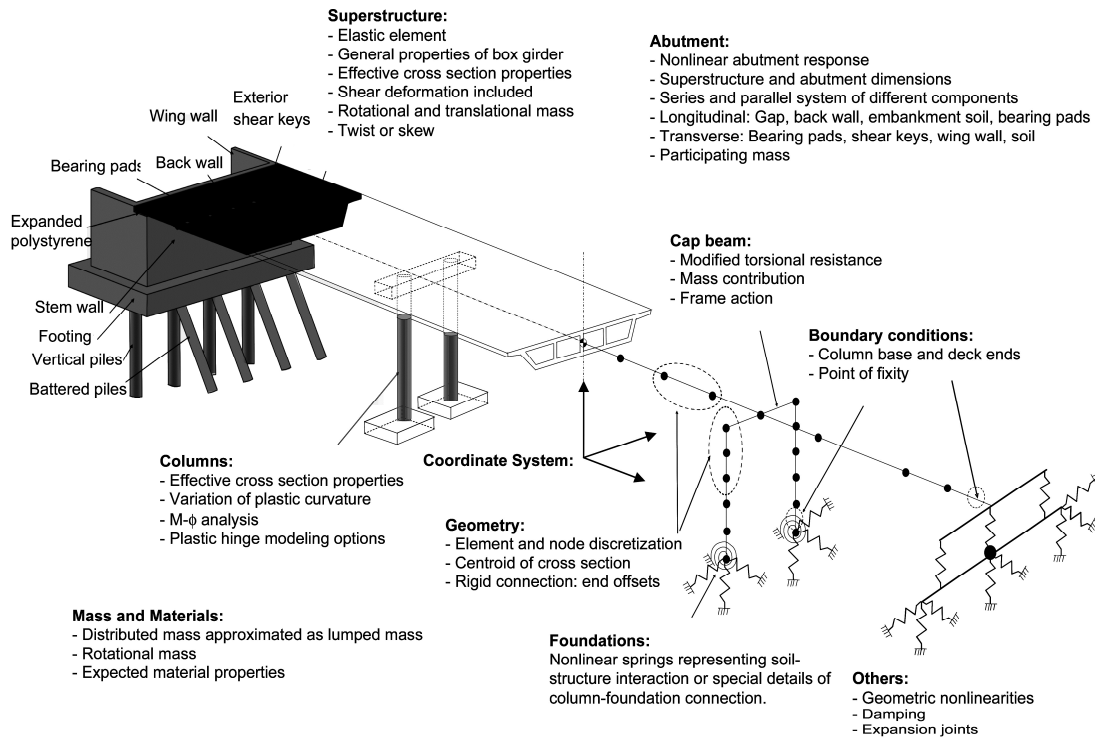
Slika 3-18. Položaj plastičnog zgloba

Dužina plastičnog zgloba L_p se može odrediti u zavisnosti od rastojanja između plastičnog zgloba i nulte vrednosti momenta savijanja u stubu L [m], karakteristične zatezne čvrstoće armature f_{yk} [MPa] i prečnika podužne armature d_{bl} [m] (EN 1998-2):

$$L_p = 0,1L + 0,015f_{yk}d_{bl} \quad (3-9)$$

Prednosti modela sa koncentrisanom plastičnošću koja se uvodi preko plastičnih zglobova definisanih na osnovu veze moment-rotacija ili moment-krivina se ogledaju u jednostavnosti modeliranja, lakoći kontrole, jasnog fizičkog značenja histerezisnih pravila koja se koriste, a nedostaci su, u većini slučajeva, ograničena upotreba u slučaju kosog savijanja kao i u nemogućnosti procene lokalnog odgovora. Prednosti vlaknastog modela se ogledaju u mogućnosti procene lokalnog odgovora i u primeni pri dvoosnom naprezanju, dok se nedostaci ogledaju u složenosti analize i modeliranja kao i u složenijoj kontroli rezultata. Prednosti modela koji se sastoji od više paralelnih linijskih elemenata se ogledaju u relativnoj jednostavnosti primene, jasnog fizičkog značenja histerezisnih pravila koja se koriste, mogućnosti dobijanja lokalnog odgovora kao i u mogućnosti primene pri dvoosnom naprezanju, dok se nedostaci ogledaju u potrebi da se broj elemenata odredi iterativno kao i u zahtevu za upotrebom nekoliko elemenata radi dobijanja prihvatljive procene odgovora.

Na slici 3-19 [1] su prikazani elementi kompletnog numeričkog modela grednih armiranobetonskih mostova za linearnu i nelinearnu analizu i dimenzionisanje u seizmički aktivnim područjima. Obezbeđivanje i dokazivanje seizmičke sigurnosti konstrukcije zahteva projektovanje koje obuhvata više različitih faza koje su prikazane na slici 3-20.



Slika 3-19. Numerički model mosta [1]



Slika 3-20. Faze projektovanja i analize za obezbeđivanje i dokazivanje seizmičke sigurnosti konstrukcije

4. NUMERIČKA ANALIZA NELINEARNOG STATIČKOG I NELINEARNOG DINAMIČKOG ODGOVORA GREDNIH AB MOSTOVA

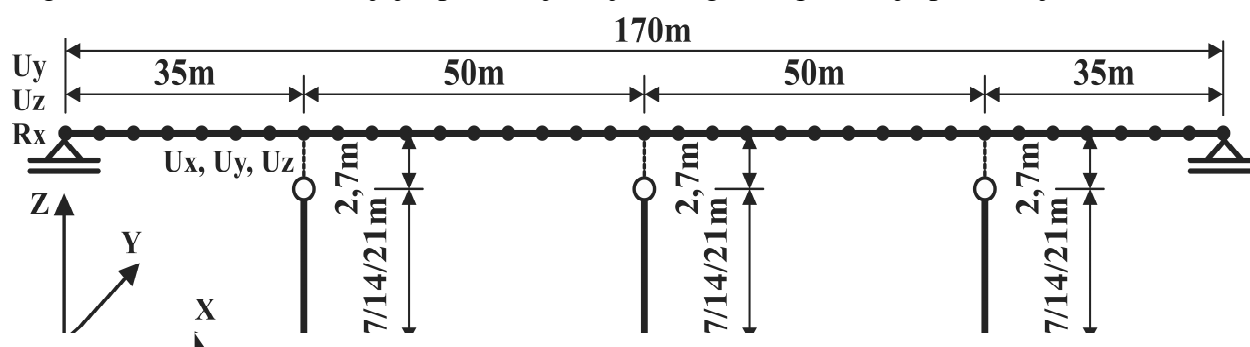
4.1. Opis analiziranih konstrukcija grednih AB mostova

U radu su analizirani gredni armiranobetonski mostovi sa različitim kombinacijama dužina stubova (7 m, 14 m i 21 m). U tabeli 4-1 su date sve kombinacije dužina stubova (27 kombinacija), a naglašene su samo one koje su analizirane (zatomnjena polja – 18 kombinacija), jer se zbog simetrije sistema neke od kombinacija ponavljaju.

Tabela 4-1. Kombinacije dužina stubova analiziranih grednih AB mostova

Kombinacije dužina stubova analiziranih grednih AB mostova									Napomena
V111	V112	V113	V121	V122	V123	V131	V132	V133	V – kombinacija dužina stubova 1 – stub dužine 7 m 2 – stub dužine 14 m 3 – stub dužine 21 m Analizirane kombinacije su navedene u zatomnjenim poljima
V211	V212	V213	V221	V222	V223	V231	V232	V233	
V311	V312	V313	V321	V322	V323	V331	V332	V333	

Statički i dinamički modeli analiziranih mostova su prikazani na slici 4-1. Greda mosta je kontinualnog statičkog sistema na četiri polja (rasponi: 35 m + 50 m + 50 m + 35 m) ukupne dužine 170 m, a zglobno je oslonjena na vrhove stubova i krajnje oporce. Stubovi su nepokretno uklješteni u tlo. U podužnom pravcu su angažovana sva tri stuba, a u poprečnom pravcu su angažovani svi stubovi i krajnji oporci koji krajevima grede sprečavaju pomeranja.

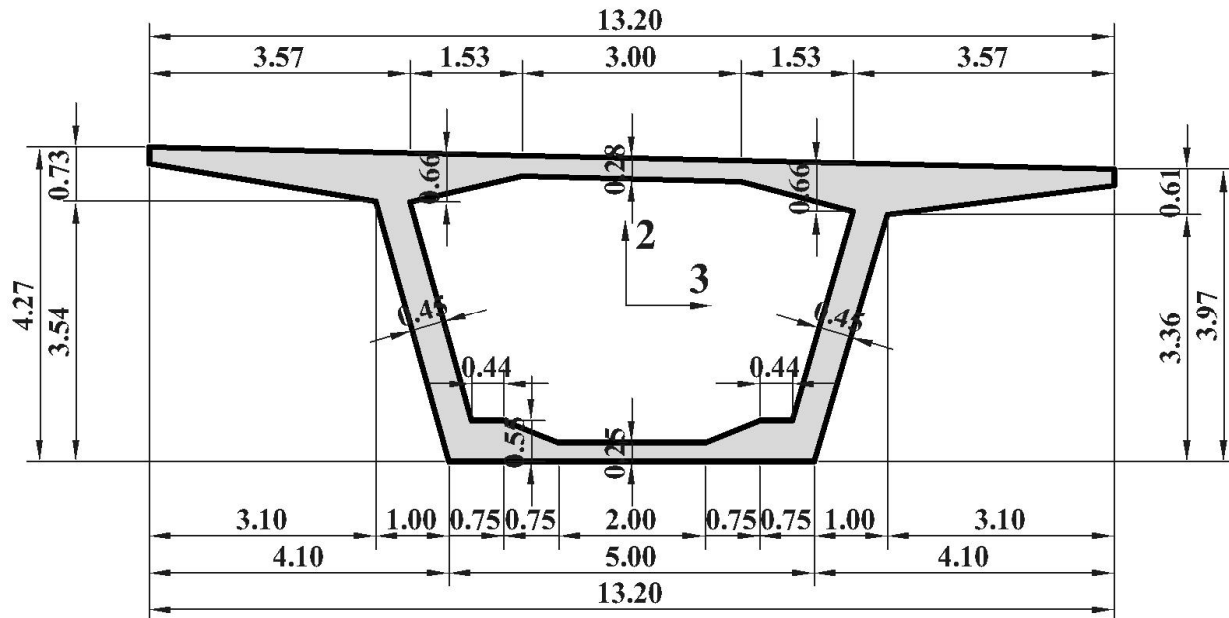


Slika 4-1. Statički i dinamički modeli analiziranih mostova

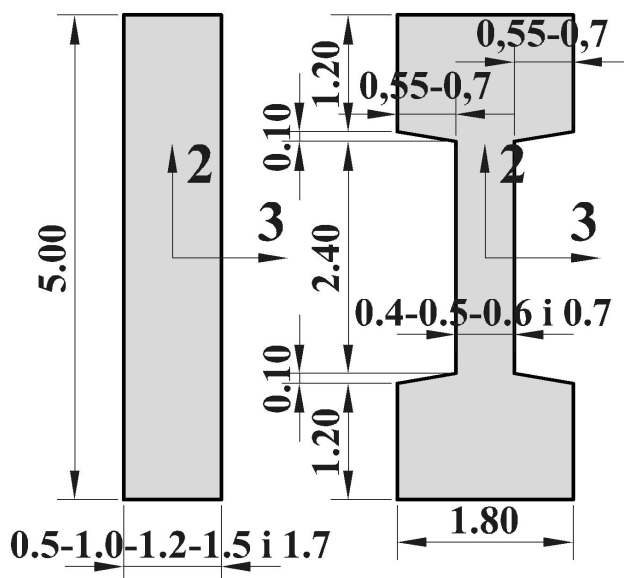
Greda svih analiziranih varijanti mostova ima sandučasti poprečni presek (slika 4-2). Geometrijske i mehaničke karakteristike preseka grede su: $A_1 = 10,41 \text{ m}^2$, $A_2 = 4,15 \text{ m}^2$, $A_3 = 6,61 \text{ m}^2$, $I_1 = 39,17 \text{ m}^4$, $I_2 = 109,02 \text{ m}^4$, $I_3 = 23,74 \text{ m}^4$ i klasa čvrstoće betona C 30/37. Pri analizama je redukovana torziona krutost grede koeficijentom 0,5, a ostale geometrijske karakteristike su usvojene kao za homogen poprečni presek. Masa grede i dodatne opreme iznosi 30 t/m (ukupno 5100 t).

Stubovi analiziranih mostova su pravougaonog i „I“ poprečnog preseka (slika 4-3). U zavisnosti od analizirane varijante primenjene su klase čvrstoće betona C 30/37, C 40/50 i C 50/60. Usvojena armatura za sve analizirane varijante mostova je klase C sa karakterističnom granicom razvlačenja $f_{yk} = 500 \text{ MPa}$. Za svaku kombinaciju dužina stubova se usvaja ista ili različita širina pravougaonog poprečnog preseka, za svaki stub posebno, a sve u skladu sa odgovarajućim zahtevima pri dimenzionisanju. Varijante V222 i V333 su analizirane i sa „I“ poprečnim presecima kojima je varirana debljina rebra u skladu sa zahtevima pri dimenzionisanju. Takođe, varijante V222 i V333 su analizirane i sa „kombinovanim“ poprečnim presecima stubova (prvi i treći stub – „I“ poprečni presek; srednji stub – pravougaoni poprečni presek). Masa stubova je određena u skladu sa njihovom površinom poprečnog preseka za svaki stub pojedinačno i zapreminskom masom armiranog betona. Aksijalni momenti inercije i odgovarajuće smičuće površine poprečnih preseka su redukovane u odnosu na karakteristike

homogenih preseka. Vrednosti koeficijenta se kreću od 0,3 do 0,4, u zavisnosti od usvojene klase čvrstoće betona, količine i rasporeda podužne armature i aksijalnog naprezanja elementa, a određene su na osnovu rezultata nelinearne analize veze moment-krivina za svaki presek pojedinačno. Ostale geometrijske karakteristike su usvojene sa istim vrednostima kao za homogen presek.



Slika 4-2. Poprečni presek grede



Slika 4-3. Poprečni preseki stubova

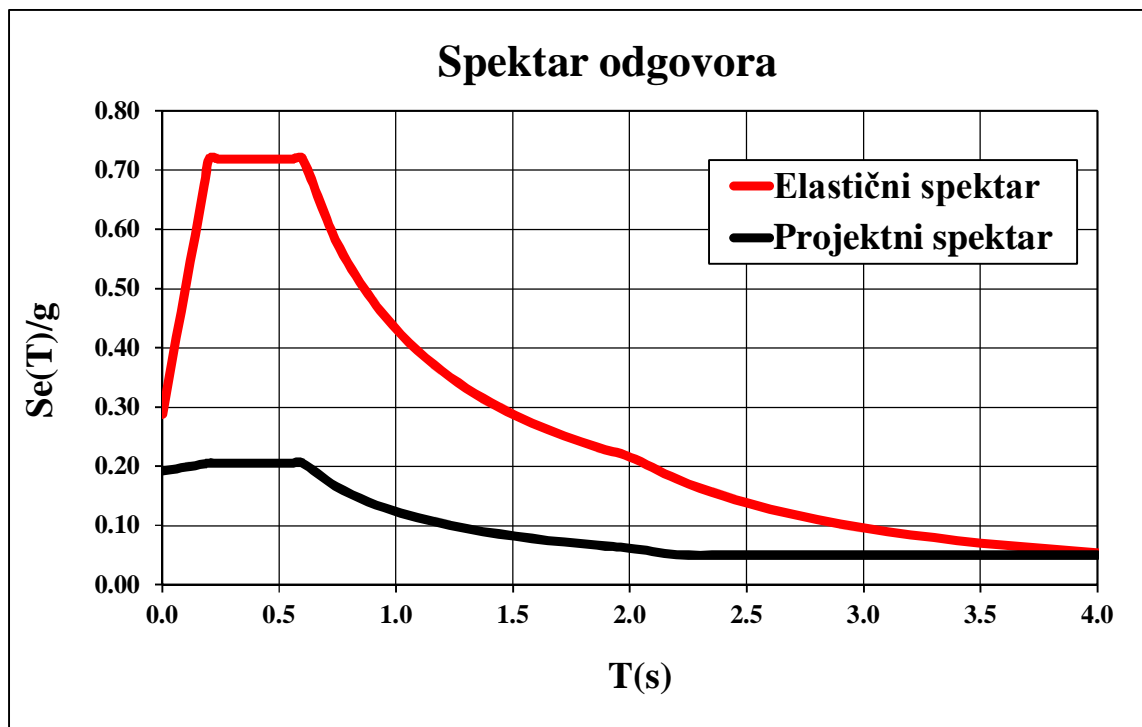
4.2. Dimenzionisanje grednih AB mostova

U ovom radu su dimenzionisani samo stubovi grednih armiranobetonskih mostova jer se u njima dopušta pojava plastifikacije, tj. oštećenja pri jakom seizmičkom dejstvu. Za sve analize se usvaja linearno-elastično ponašanje grede mosta (poglavljje 4.5).

Analizirani mostovi spadaju u grupu sa normalnim saobraćajem (mase se određuje bez učešća karakterističnog saobraćajnog opterećenja – EN 1998-2). S obzirom na karakteristike konstrukcije, torzioni efekti se mogu zanemariti. Usvojeni faktor ponašanja za podužni pravac

iznosi $q = 3,5$. Sve analizirane varijante mostova u podužnom pravcu su sistemi sa jednim stepenom slobode pomeranja i sa regularnim ponašanjem. Međutim, u poprečnom pravcu, sem kod varijanti V212, V213 i V313, u svim ostalim slučajevima analiziranih varijanti mostova, potrebno je pri modalnoj analizi obuhvatiti dva tona u cilju dostizanja vrednosti ukupne modalne efektivne mase u iznosu od najmanje 90 % od ukupne mase dinamičkog modela (vrednosti koeficijenata učešća su date u tabelama 4-2 do 4-4). Ovaj podatak je dobar pokazatelj o neregularnosti ponašanja u poprečnom pravcu. U EN 1998-2 su propisani uslovi za kontrolu regularnosti ponašanja, gde se u slučaju neregularnog ponašanja redukuje faktor ponašanja za posmatrani pravac. Takođe, u EN 1998-2 su, kao alternative linearnim metodama analize, propisane nelinearne metode analize, pri čemu se na osnovu rigoroznih nelinearnih dinamičkih analiza, u slučaju neregularnih sistema, mogu „relaksirati“ rezultati modalne analize sa spektrima odgovora, a to praktično znači povećanje faktora ponašanja. U ovom radu je za poprečni pravac usvojen faktor ponašanja q u maksimalno dozvoljenom iznosu od 3,5 za sve varijante analiziranih mostova.

Projektno seizmičko dejstvo se uzima u obzir samo u horizontalnom pravcu. Karakteristike elastičnog i projektnog spektra odgovora za horizontalan pravac su: tip 1 elastičnog odgovora, $a_g = 0,25 \text{ g}$, kategorija tla – C, prigušenje od 5 %, $q = 3,5$ i $\beta = 0,2$. Elastični i projektni spektar odgovora su prikazani na slici 4-4.



Slika 4-4. Elastični i projektni spektar odgovora za horizontalan pravac – EN 1998-1

Dinamički model za modalnu analizu sa spektrima odgovora se formira tako što se masa koncentriše u čvorove mreže konačnih elemenata grede, pri čemu je čvorovima iznad vrhova stubova pored mase grede pridružena i odgovarajuća masa jedne polovine stuba (slika 4-1). Periodi slobodnih neprigušenih vibracija i kumulativni koeficijenti učešća efektivnih modalnih masa za svaku analiziranu varijantu mosta su prikazani u tabelama 4-2 do 4-4.

Projektne seizmičke kombinacije za dimenzionisanje poprečnih preseka u stubovima sadrže uticaje od stalnog i dodatnog stalnog opterećenja (sopstvena težina plus težina dodatne opreme) i seizmičke uticaje. Efekti teorije drugog reda su obuhvaćeni u linearnoj analizi preko izraza 3-3. Uticaji iz projektnih seizmičkih kombinacija su prikazani u prilogu „A“ posebno za svaku analiziranu varijantu mosta.

Tabela 4-2. Periodi vibracija i kumulativni koeficijenti učešća efektivnih masa – pravougaoni preseci

Pravougaoni poprečni preseci												
	Podužni pravac			Poprečni pravac								
		T [s]	Σ koef. učešća		T [s]	Σ koef. učešća		T [s]	Σ koef. učešća		T [s]	Σ koef. učešća
V111	T ₁	0,91	1,0	T ₁	0,25	0,85	T ₂	0,23	0,85	T ₃	0,14	0,92
V112	T ₁	0,81	1,0	T ₁	0,38	0,45	T ₂	0,23	0,87	T ₃	0,15	0,91
V113	T ₁	0,81	1,0	T ₁	0,40	0,45	T ₂	0,23	0,87	T ₃	0,15	0,91
V121	T ₁	0,81	1,0	T ₁	0,41	0,64	T ₂	0,21	0,64	T ₃	0,15	0,94
V122	T ₁	1,09	1,0	T ₁	0,56	0,69	T ₂	0,27	0,72	T ₃	0,16	0,92
V123	T ₁	1,11	1,0	T ₁	0,63	0,69	T ₂	0,28	0,73	T ₃	0,16	0,92
V131	T ₁	0,79	1,0	T ₁	0,46	0,62	T ₂	0,21	0,62	T ₃	0,15	0,94
V132	T ₁	1,08	1,0	T ₁	0,65	0,70	T ₂	0,28	0,71	T ₃	0,16	0,92
V133	T ₁	1,10	1,0	T ₁	0,74	0,70	T ₂	0,29	0,71	T ₃	0,16	0,92
V212	T ₁	1,09	1,0	T ₁	0,41	0,00	T ₂	0,36	0,91	T ₃	0,16	0,91
V213	T ₁	0,91	1,0	T ₁	0,42	0,02	T ₂	0,36	0,91	T ₃	0,16	0,91
V222	T ₁	3,44	1,0	T ₁	0,67	0,84	T ₂	0,38	0,84	T ₃	0,20	0,93
V223	T ₁	3,09	1,0	T ₁	0,68	0,84	T ₂	0,39	0,85	T ₃	0,20	0,93
V232	T ₁	3,09	1,0	T ₁	0,80	0,81	T ₂	0,37	0,81	T ₃	0,20	0,93
V233	T ₁	3,02	1,0	T ₁	0,89	0,82	T ₂	0,38	0,82	T ₃	0,20	0,93
V313	T ₁	0,92	1,0	T ₁	0,43	0,00	T ₂	0,36	0,91	T ₃	0,16	0,91
V323	T ₁	3,02	1,0	T ₁	0,68	0,87	T ₂	0,43	0,87	T ₃	0,20	0,93
V333	T ₁	3,48	1,0	T ₁	0,91	0,84	T ₂	0,41	0,84	T ₃	0,21	0,93

Tabela 4-3. Periodi vibracija i kumulativni koeficijenti učešća efektivnih masa – „I” poprečni preseci

„I” poprečni preseci												
	Podužni pravac			Poprečni pravac								
		T [s]	Σ koef. učešća		T [s]	Σ koef. učešća		T [s]	Σ koef. učešća		T [s]	Σ koef. učešća
V222	T ₁	1,98	1,0	T ₁	0,58	0,84	T ₂	0,36	0,84	T ₃	0,19	0,93
V333	T ₁	3,73	1,0	T ₁	0,94	0,84	T ₂	0,42	0,84	T ₃	0,21	0,93

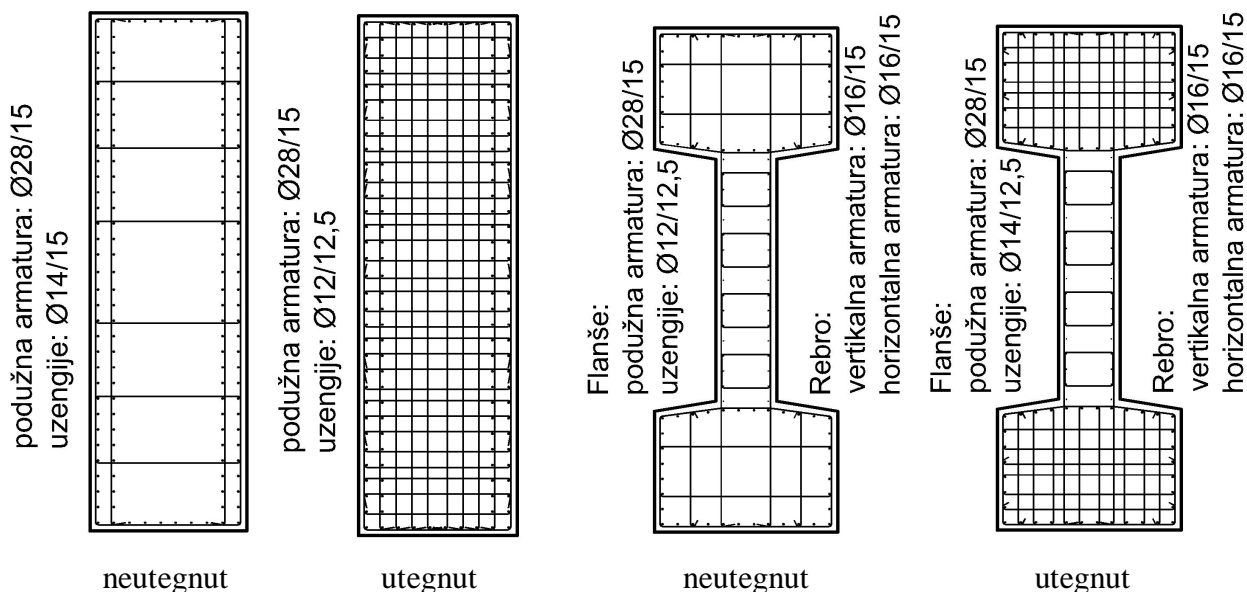
Tabela 4-4. Periodi vibracija i kumulativni koeficijenti učešća efektivnih masa – „kombinovani” preseci

„Kombinovani” poprečni preseci (prvi i treći stub – „I” presek; srednji stub – pravougaoni presek)												
	Podužni pravac			Poprečni pravac								
		T [s]	Σ koef. učešća		T [s]	Σ koef. učešća		T [s]	Σ koef. učešća		T [s]	Σ koef. učešća
V222	T ₁	2,28	1,0	T ₁	0,64	0,83	T ₂	0,36	0,83	T ₃	0,19	0,93
V333	T ₁	3,77	1,0	T ₁	0,95	0,84	T ₂	0,42	0,84	T ₃	0,21	0,93

Dimenzionisanje poprečnih preseka stubova mosta obuhvata obezbeđivanje potrebne nosivosti na dvoosno savijanje i smicanje, pri čemu se posebno analiziraju i kontrolišu preseci unutar kritičnih zona tj. zona u kojima se očekuje plastifikacija i preseci na kraju (van) zona plastičnih zglobova. Takođe, se posebno konstrukcijski oblikuje poprečna armatura za utezanje preseka u zoni plastičnih zglobova. Za stubove svih analiziranih varijanti je karakteristično da u podužnom pravcu „rade kao stubovi“, a u poprečnom pravcu „rade kao zidovi“.

U EN 1992-1-1, EN 1998-1 i EN 1998-2 su propisani uslovi koje treba da zadovolji podužna i poprečna armatura za stubove i zidove pri projektovanju konstrukcija sa duktilnim ponašanjem. Širina pravougaonih poprečnih preseka tj. visina u podužnom pravcu mosta prvenstveno zavisi od potrebne nosivosti na savijanje u podužnom pravcu ali i od izbegavanja „loma pritiskute dijagonale u rebru usled smicanja“ (EN 1998-1) u poprečnom pravcu. U kritičnoj oblasti (zona plastičnog zgloba) se zahteva da bude zadovoljen uslov: $V_{Ed} \leq 0,4V_{Rd,max}$ gde su: $V_{Rd,max}$ – maksimalna smičuća nosivost i V_{Ed} – proračunska smičuća sila koja se određuje na osnovu obrasca $V_{Ed} = \varepsilon V'_{Ed}$, gde su: ε – faktor uvećanja ($1,5 \leq \varepsilon \leq q$) i V'_{Ed} – smičuća sila iz seizmičke projektne kombinacije. Na osnovu prethodnih uslova se usvajaju širine pravougaonih poprečnih preseka čije se vrednosti kreću od 50 cm do 170 cm, odnosno debljine rebra „I“ poprečnih preseka od 40 cm do 70 cm. Takođe, minimalna širina pravougaonih poprečnih preseka razmatranih varijanti mostova je uslovljena i njihovom dužinom u cilju ograničenja vitkosti i efekata teorije drugog reda koji su izraženi prvenstveno u podužnom pravcu.

Pri konstrukcijskom oblikovanju poprečnih preseka stubova mosta usvojene su dve varijante poprečne armature. U prvoj varijanti se usvaja poprečna armatura iz uslova zadovoljenja potrebne smičuće nosivosti i u tom slučaju preseci se pri analizama modeliraju kao neutegnuti. U drugoj varijanti pored zadovoljenja smičuće nosivosti ispunjeni su uslovi za utezanje poprečnih preseka (EN 1998-2) pa su u ovom slučaju preseci modelirani u analizama kao utegnuti. Kod „I“ poprečnih preseka utežu se samo flanše. U prilogu B su dati podaci o svim relevantnim geometrijskim i mehaničkim karakteristikama poprečnih preseka za sve analizirane varijante mostova. Na slici 4-5 su prikazani karakteristični primeri rasporeda usvojene poprečne i podužne armature za pravougaoni i „I“ poprečni presek srednjeg stuba mosta za varijantu V333.

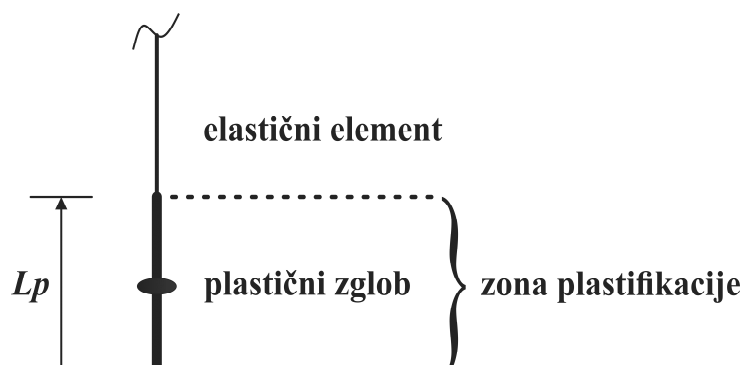


Slika 4-5. Primer usvojene podužne i poprečne armature (varijanta V333 – srednji stub)

4.3. Modeliranje stubova grednih AB mostova za nelinearnu analizu

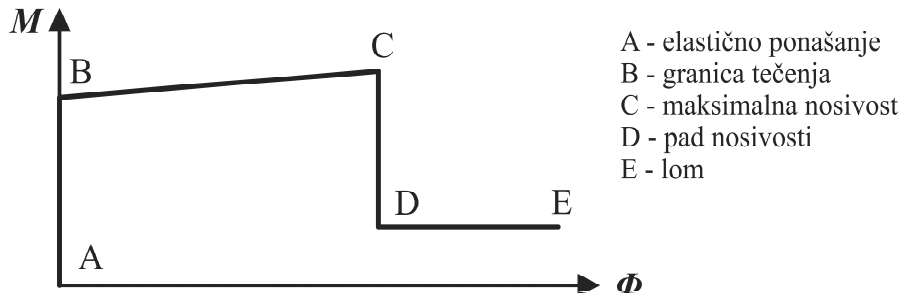
Stubovi analiziranih varijanti grednih armiranobetonskih mostova su potpuno uklješteni u temeljnu konstrukciju i na vrhu su zglobovno vezani sa gredom. Unapred određena mesta u stubovima na kojima se dopušta pojava oštećenja tj. plastifikacija poprečnih preseka se nalaze na mestu uklještenja stuba u temeljnu konstrukciju. Geometrijska nelinearnost se uvodi u sve analize preko $P-\Delta$ efekta. Za nelinearnu statičku analizu su primenjena dva načina za modeliranje materijalne nelinearnosti, tj. primenjeni su modeli plastičnih zglobova koji su definisani na osnovu veze moment-krivina i vlaknasti modeli. U okviru nelinearnih dinamičkih analiza su primenjeni vlaknasti modeli plastičnih zglobova.

Zona plastifikacije se modelira jednim konačnim elementom, a plastični zglobovi su aplicirani u sredinu kritične zone (slika 4-6). Dužina plastičnih zglobova je jednaka dužini zone u kojoj se ostvaruju plastifikacije preseka, odnosno dužina plastičnog zgloba L_p je procenjena na osnovu izraza 3-5. Vrednosti L_p svih analiziranih varijanti mostova se kreću u granicama od 91 cm do 231 cm.

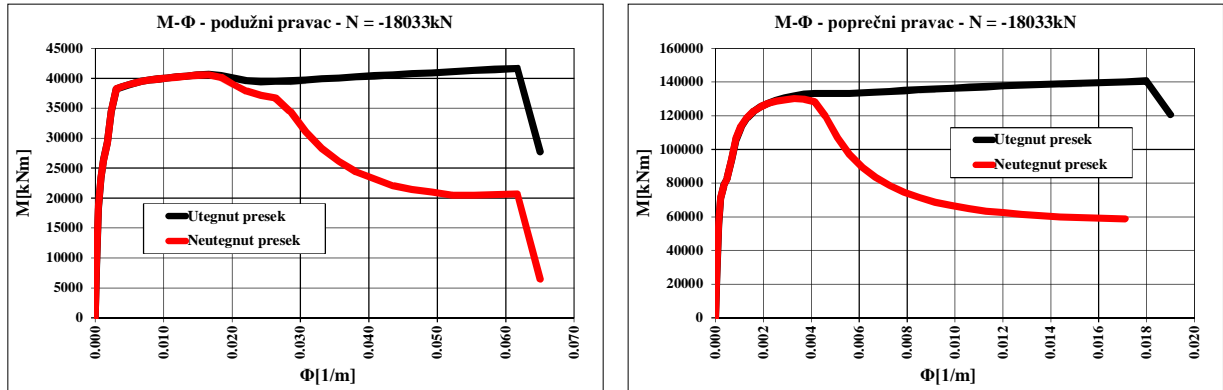


Slika 4-6. Modeliranje plastičnih zglobova stubova grednih AB mostova

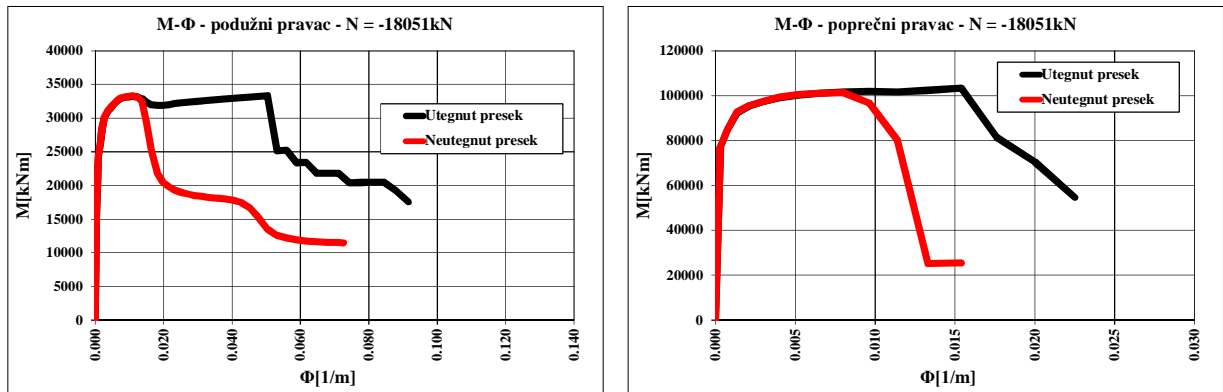
Karakterističan oblik veze moment-krivina, za definisanje plastičnih zglobova koji su primenjeni pri nelinearnim statičkim analizama, je prikazan na slici 4-7 (SAP2000 – „Interacting P-M2-M3 Hinge“). Moment na granici tečenja i maksimalna krivina su određeni bilinearizacijom dijagrama $M-\Phi$ (slika 3-6). Takođe, na slikama 4-8 i 4-9 su prikazani karakteristični oblici veze moment-krivina za neutegnut i utegnut poprečni presek (varijanta V333 – srednji stub – pravougaoni i „I” poprečni presek).



Slika 4-7. Karakterističan oblik zavisnosti moment-krivina za plastičan zglob (SAP2000 – „Interacting P-M2-M3 Hinge“)

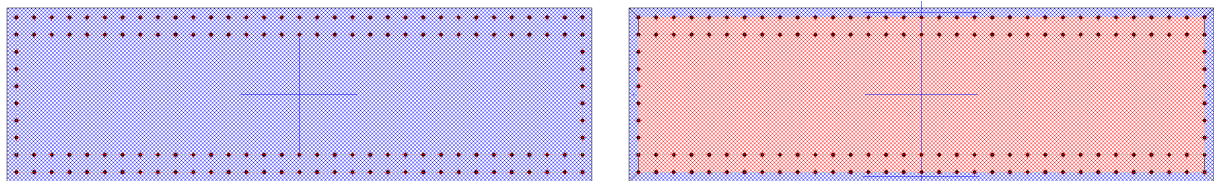


Slika 4-8. Veza moment-krivina (V333 – srednji stub – pravougaoni presek)



Slika 4-9. Veza moment-krivina (V333 – srednji stub – „I“ presek)

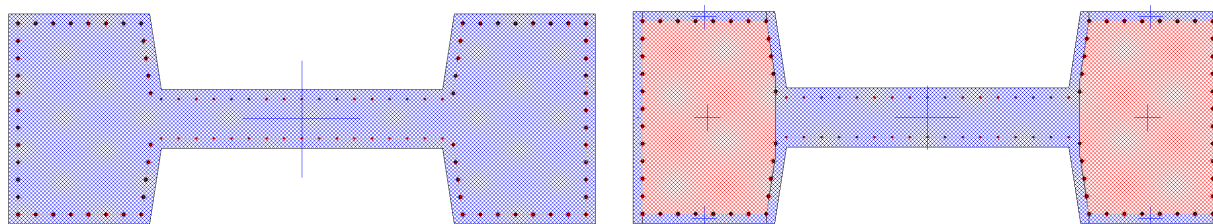
Karakteristični primeri pravougaonih i „I“ poprečnih preseka vlaknastih modela su prikazani na slikama 4-10 i 4-11 respektivno (varijanta V333 – srednji stub). Oblik veze između napona i dilatacija za neutegnute (EN 1992-1-1) i utegnute (EN 1998-2) deo poprečnog preseka su prikazani na slikama 4-12 i 4-13 (varijanta V333 – srednji stub: pravougaoni presek – C30/37 i „I“ presek – C50/60).



a) neutegnut

b) utegnut

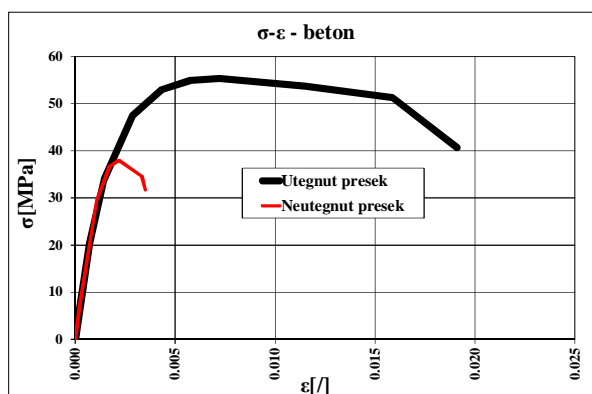
Slika 4-10. Vlaknasti model – a) neutegnut i b) utegnut presek (V333 – srednji stub – pravougaoni presek)



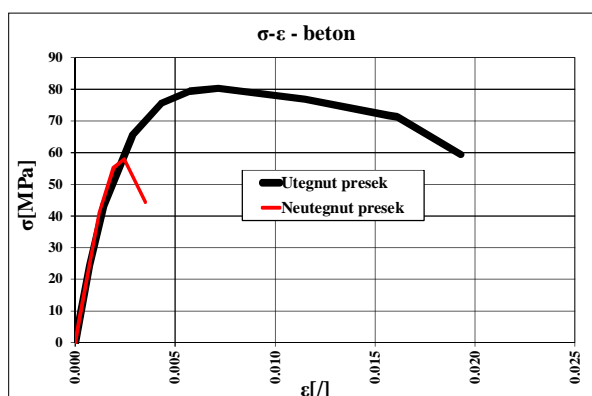
a) neutegnut

b) utegnut

Slika 4-11. Vlaknasti model – a) neutegnut i b) utegnut presek (V333 – srednji stub – „I“ presek)

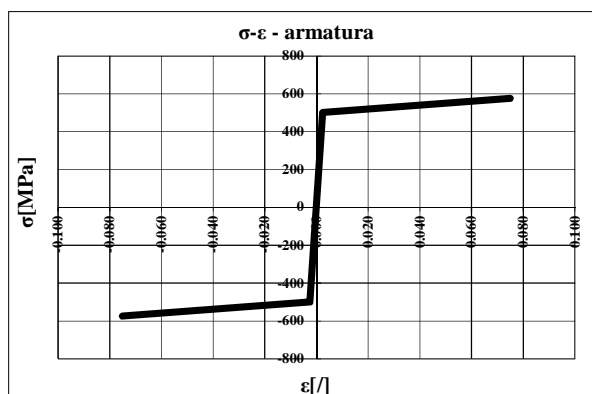


Slika 4-12. $\sigma - \varepsilon$ za beton (V333 – srednji stub – pravougaoni presek – C 30/37)



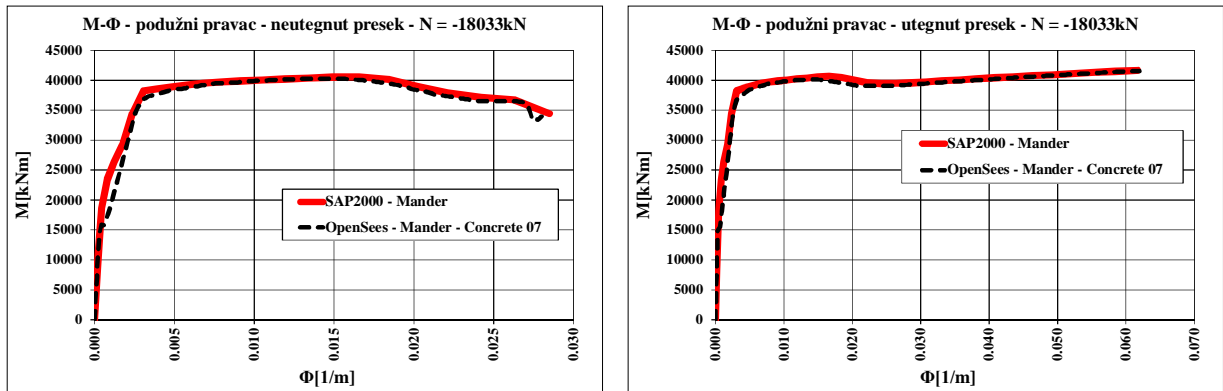
Slika 4-13. $\sigma - \varepsilon$ za beton (V333 – srednji stub – „I“ presek – C 50/60)

U svim analiziranim varijantama mostova se koristi armatura klase C sa karakterističnom granicom razvlačenja $f_{yk} = 500 \text{ MPa}$ (EN 1992-1-1). Veza napon-dilatacija za armaturu je prikazana na slici 4-14.



Slika 4-14. $\sigma - \varepsilon$ za armaturu (klasa C – $f_{yk} = 500 \text{ MPa}$)

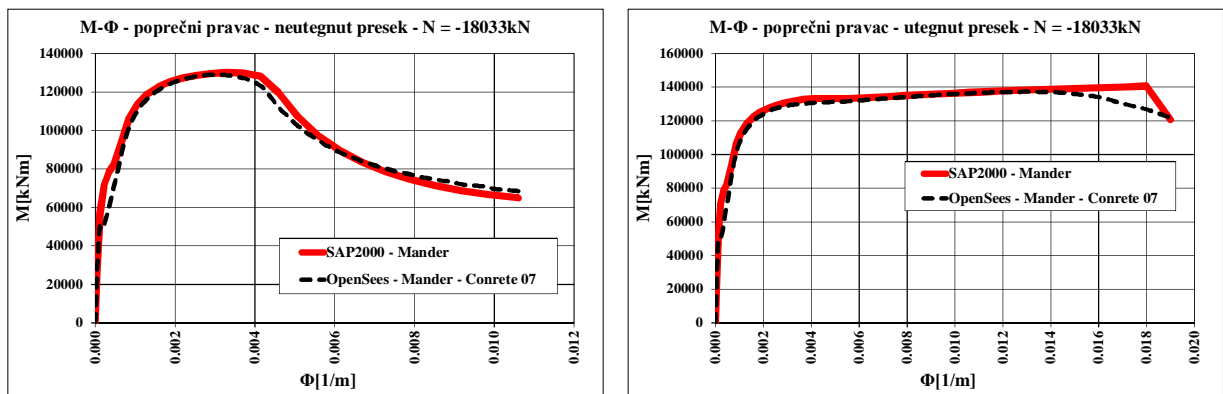
Na slikama 4-15 i 4-16 su prikazani rezultati nelinearne analize veze moment-krivina, određene primenom programa SAP2000 i OpenSees, za pravougaoni presek (vlaknasti model) srednjeg stuba varijante V333 u podužnom i poprečnom pravcu. Na osnovu dobijenih rezultata, može se zaključiti da su prikazane krive, i po karakteru i po vrednostima, međusobno praktično jednake u svim analiziranim varijantama.



a) neutegnut presek

b) utegnut presek

Slika 4-15. Moment-krivina – podužni pravac (V333 – srednji stub – pravougaoni presek)



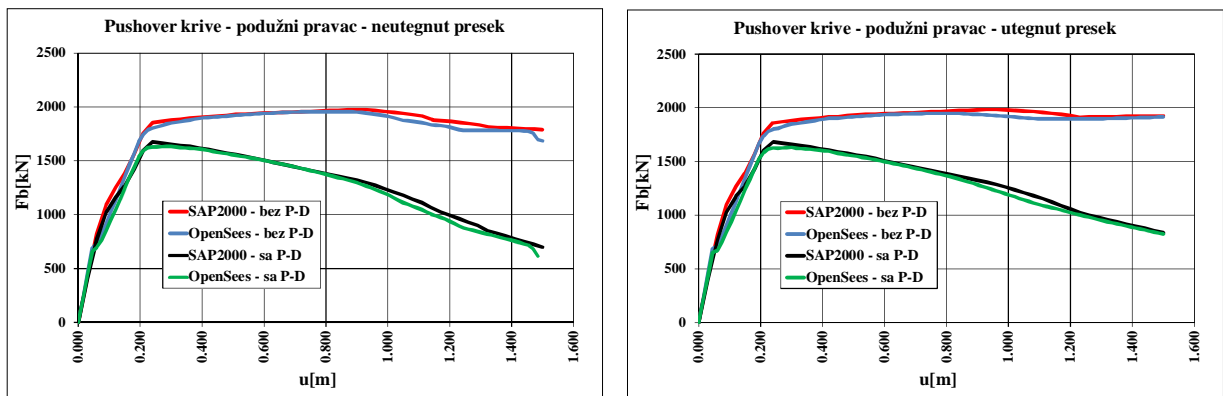
a) neutegnut presek

b) utegnut presek

Slika 4-16. Moment-krivina – poprečni pravac (V333 – srednji stub – pravougaoni presek)

4.4. Nelinearna statička analiza

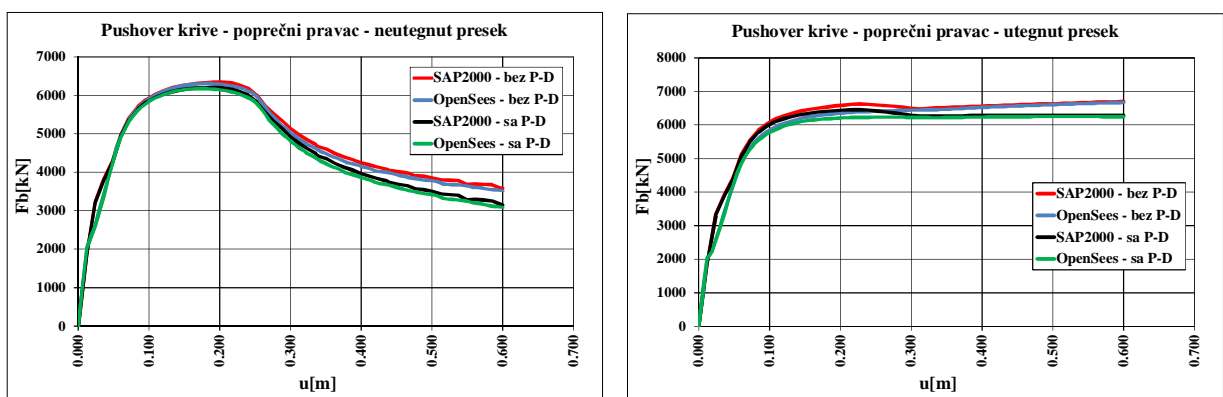
U prilogu „D“ su date „pushover“ krive za podužni i poprečni pravac svih varijanti analiziranih mostova sa neutegnutim i utegnutim poprečnim presecima stubova. Rezultati nelinearne statičke analize, dobijeni primenom programa SAP2000 i OpenSees, za izdvojeni srednji stub (vlaknasti model) iz prostornog modela varijante V333 u podužnom i poprečnom pravcu, prikazani su na slikama 4-17 i 4-18. Dobijeni rezultati ukazuju da se primenom oba računarska programa praktično dobijaju istovetni rezultati jer su prikazane „pushover“ krive, i po karakteru i po vrednostima, međusobno veoma bliske.



a) neutegnut presek

b) utegnut presek

Slika 4-17. „Pushover“ krive u podužnom pravcu – izdvojeni srednji stub – V333 (pravougaoni presek)

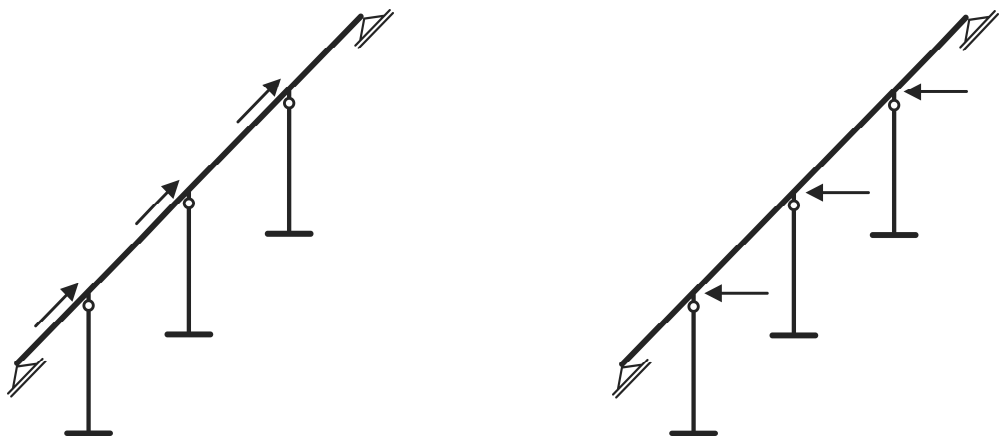


a) neutegnut presek

b) utegnut presek

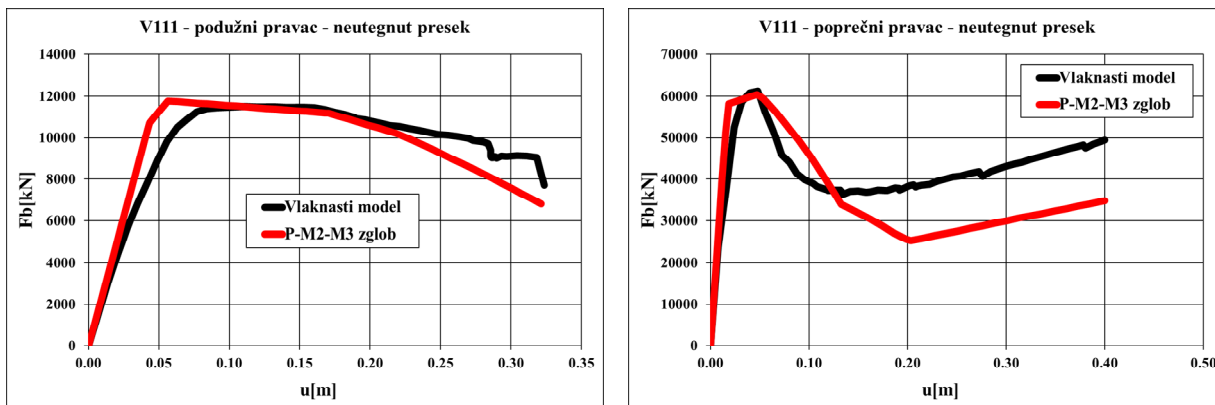
Slika 4-18. „Pushover“ krive u poprečnom pravcu – izdvojeni srednji stub – V333 (pravougaoni presek)

Rasporedi bočnog opterećenja za nelinearnu statičku analizu u podužnom i poprečnom pravcu svih analiziranih varijanti mostova su prikazani na slici 4-19. Primenjena je uniformna raspodela.

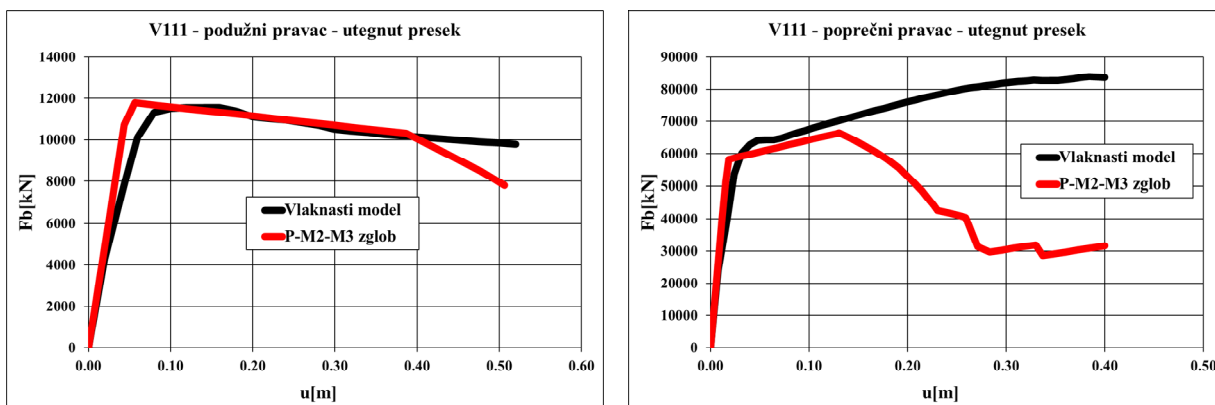


Slika 4-19. Raspored bočnog opterećenja (levo – podužni i desno – poprečni pravac)

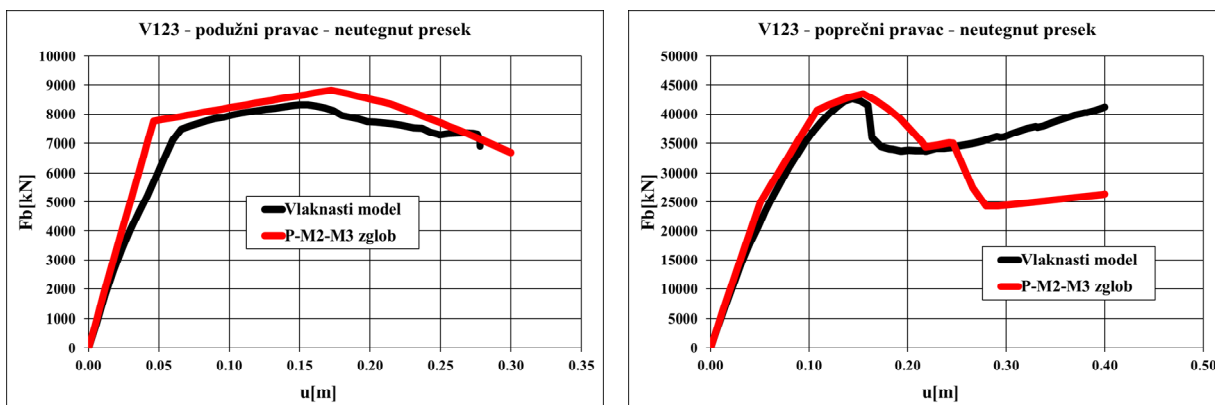
Karakteristični rezultati nelinearne statičke analize za modele sa plastičnim zglobovima definisanim na osnovu veze moment-krivina i vlaknaste modele za varijante mostova: V111 (pravougaoni poprečni preseći stubova), V123 (pravougaoni poprečni preseći stubova), V222 (pravougaoni, „I“ i „kombinovani“ poprečni preseći stubova), V233 (pravougaoni poprečni preseći stubova) i V333 (pravougaoni, „I“ i „kombinovani“ poprečni preseći stubova), prikazani su na slikama 4-20 do 4-37.



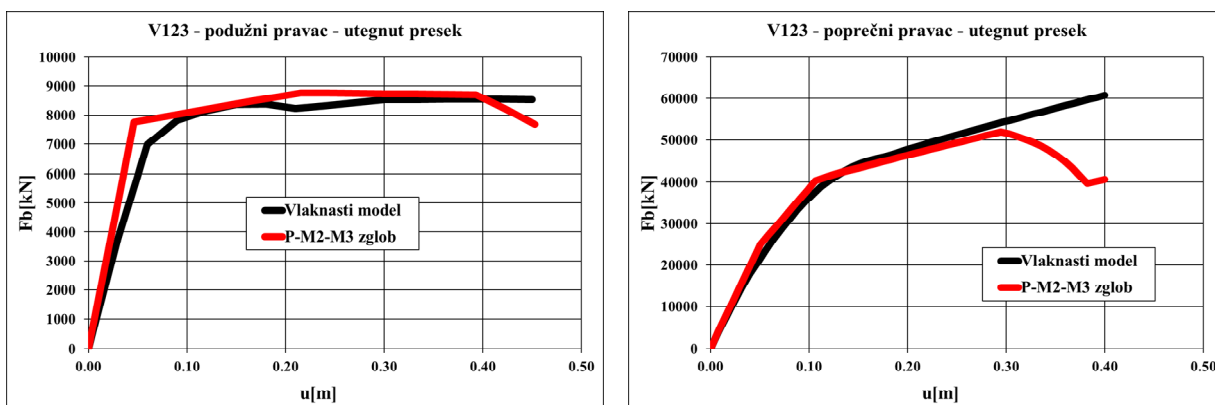
Slika 4-20. „Pushover“ krive – podužni i poprečni pravac – V111 – neutegnuti pravougaoni preseci



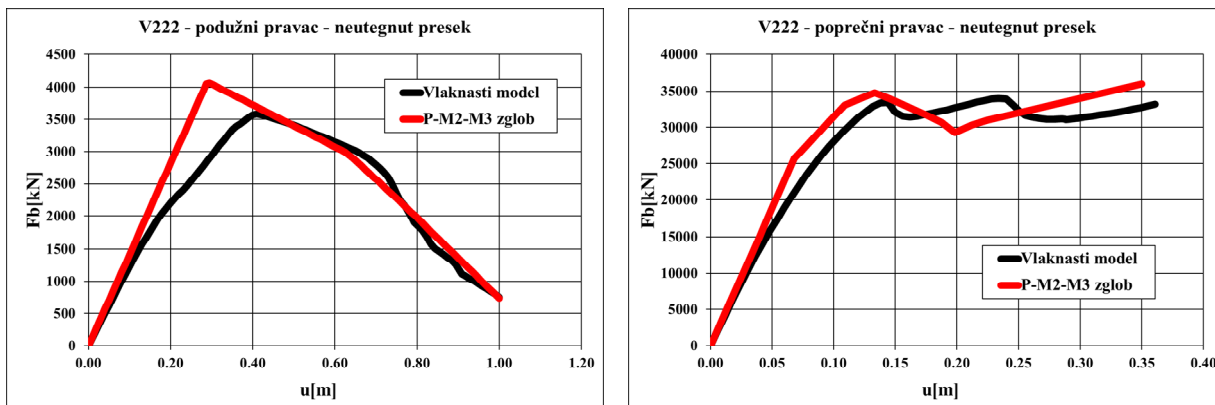
Slika 4-21. „Pushover“ krive – podužni i poprečni pravac – V111 – utegnuti pravougaoni preseci



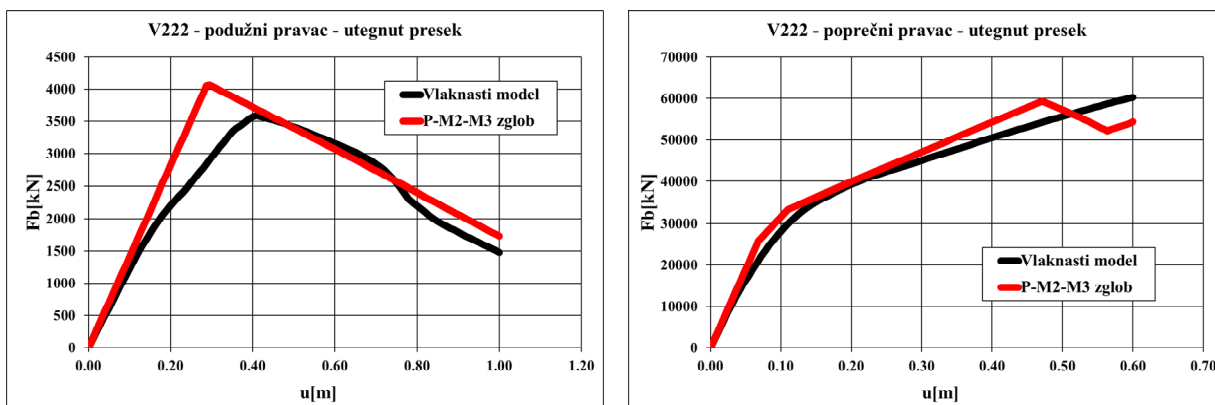
Slika 4-22. „Pushover“ krive – podužni i poprečni pravac – V123 – neutegnuti pravougaoni preseci



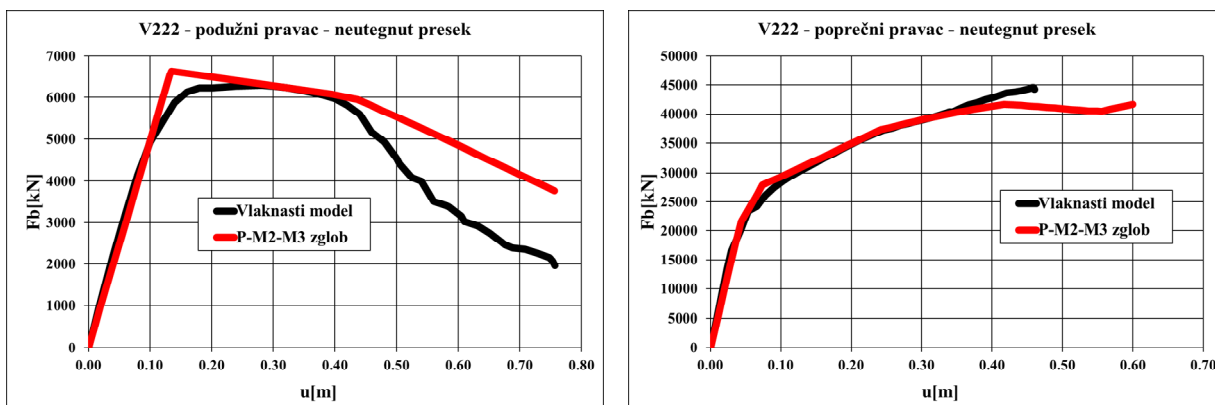
Slika 4-23. „Pushover“ krive – podužni i poprečni pravac – V123 – utegnuti pravougaoni preseci



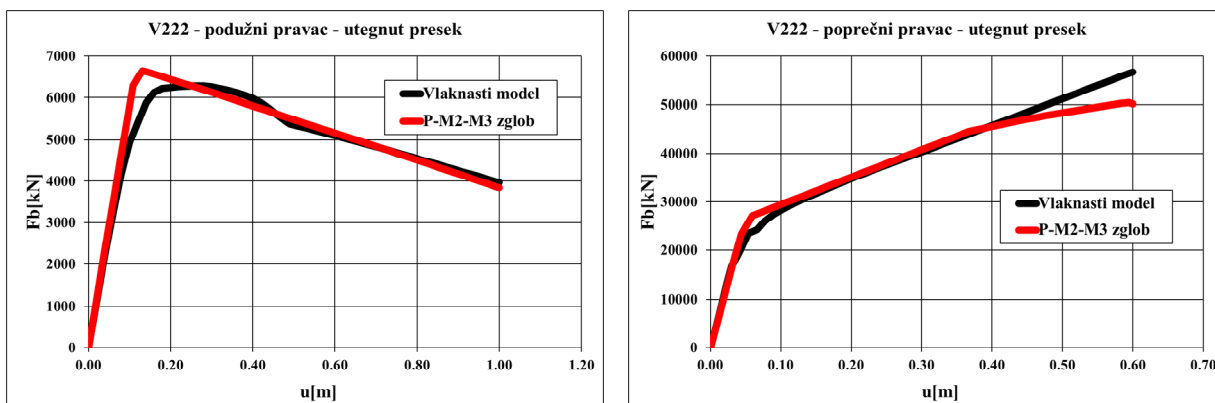
Slika 4-24. „Pushover“ krive – podužni i poprečni pravac – V222 – neutegnuti pravougaoni presecci



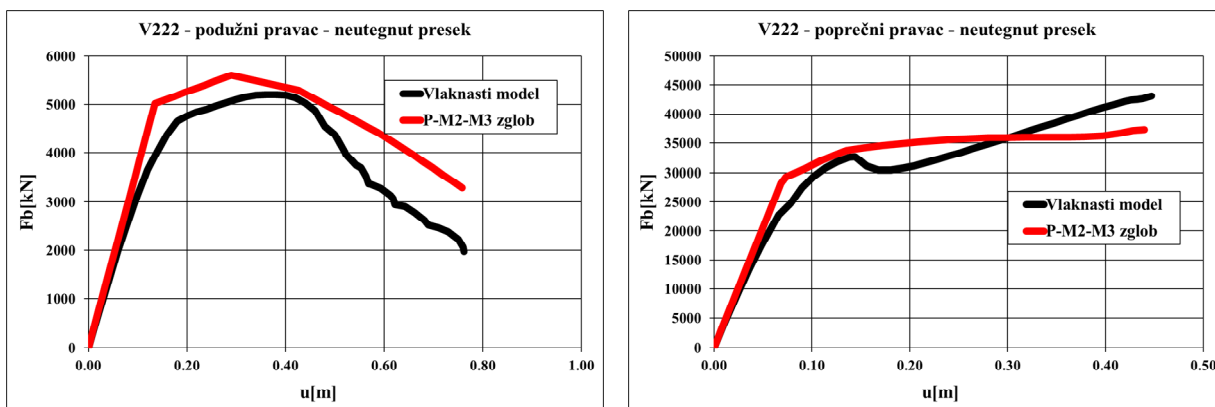
Slika 4-25. „Pushover“ krive – podužni i poprečni pravac – V222 – utegnuti pravougaoni presecci



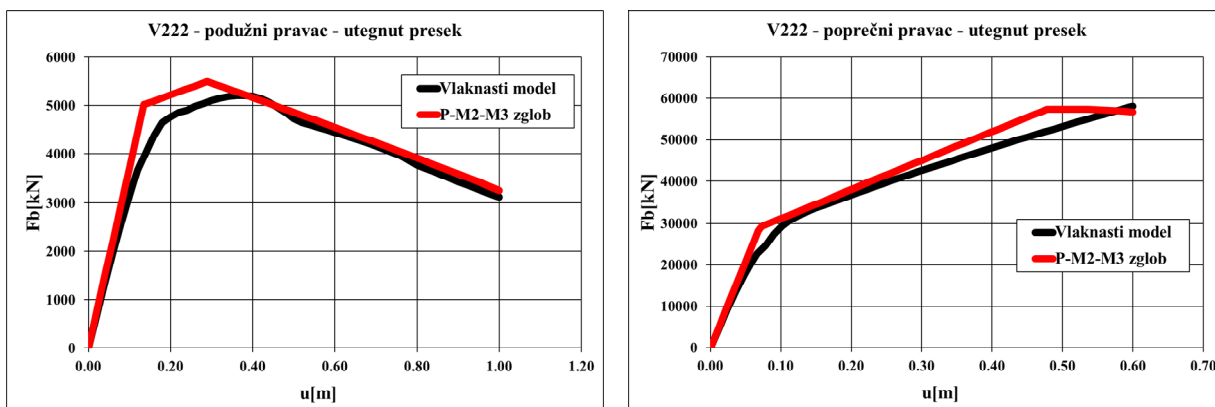
Slika 4-26. „Pushover“ krive – podužni i poprečni pravac – V222 – neutegnuti „I“ presecci



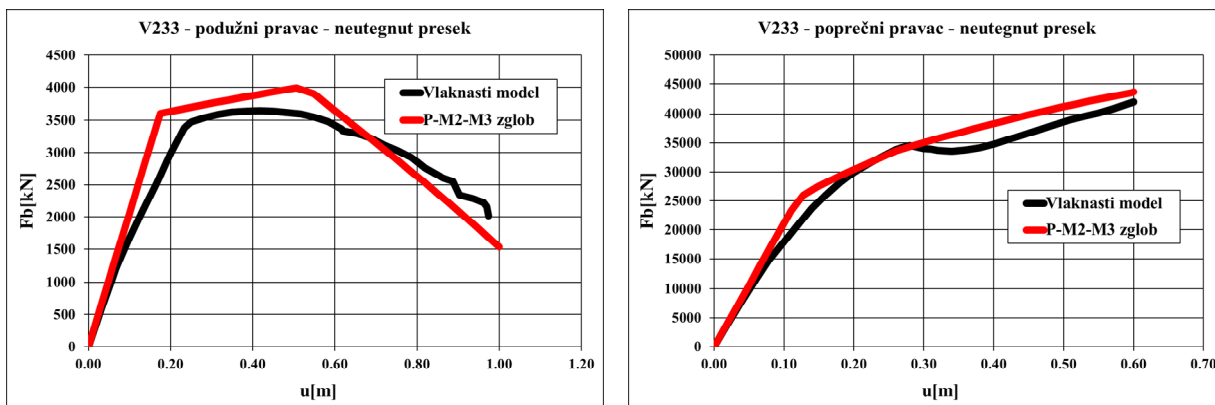
Slika 4-27. „Pushover“ krive – podužni i poprečni pravac – V222 – utegnuti „I“ presecci



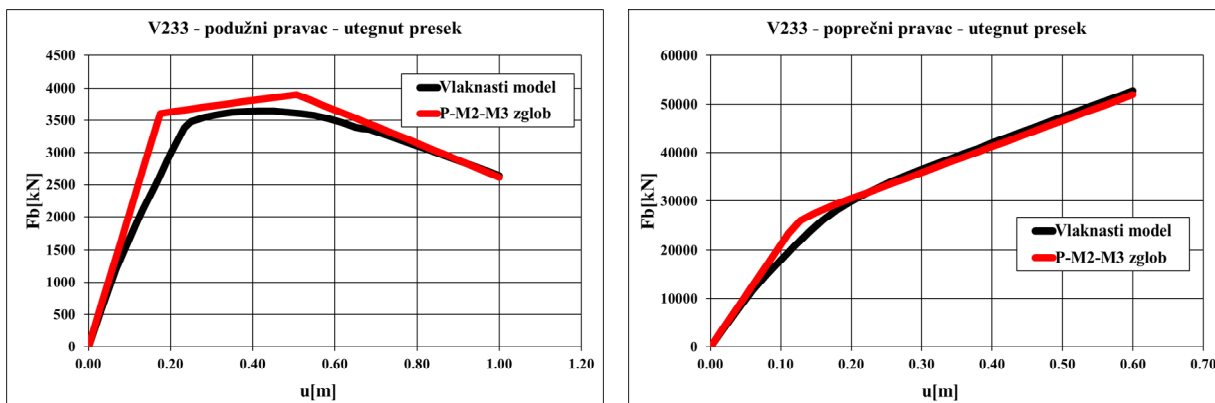
Slika 4-28. „Pushover“ krive – podužni i poprečni pravac – V222 – neutegnuti „kombinovani“ presjeci



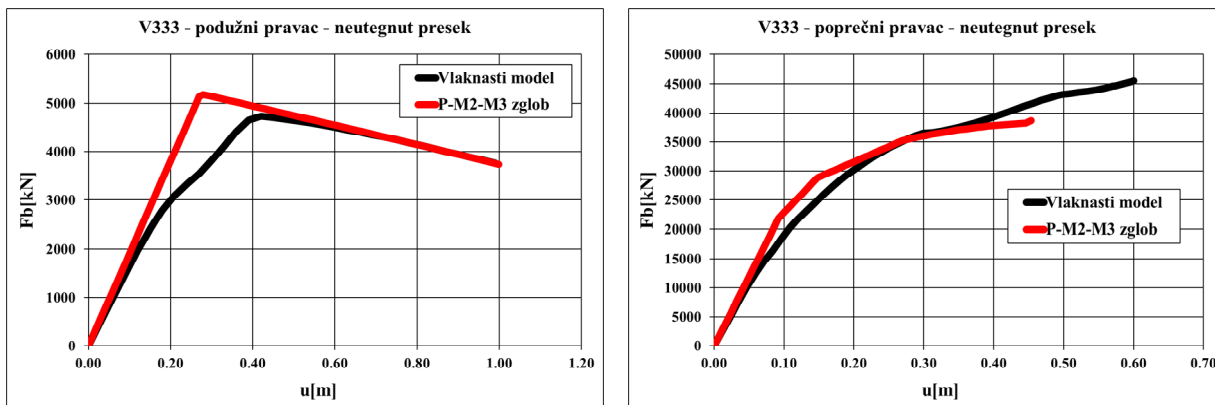
Slika 4-29. „Pushover“ krive – podužni i poprečni pravac – V222 – utegnuti „kombinovani“ presjeci



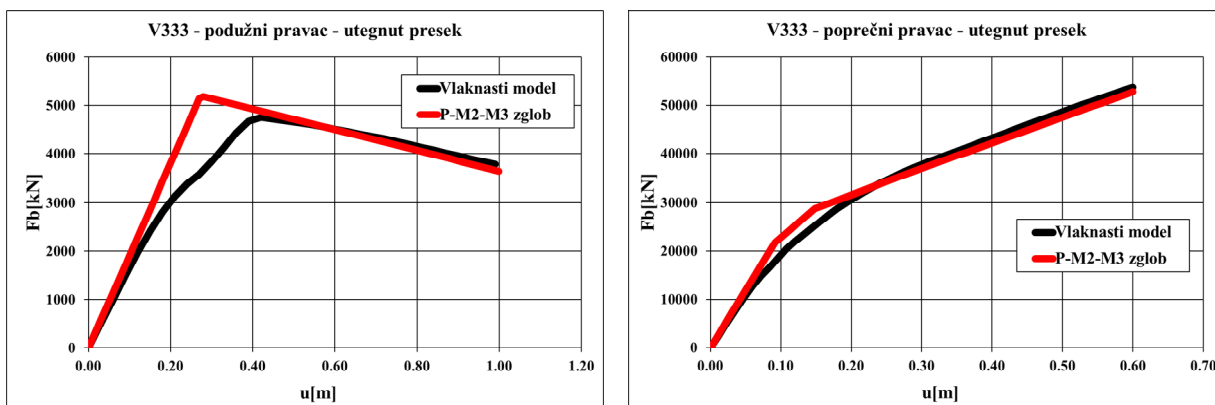
Slika 4-30. „Pushover“ krive – podužni i poprečni pravac – V233 – neutegnuti pravougaoni presjeci



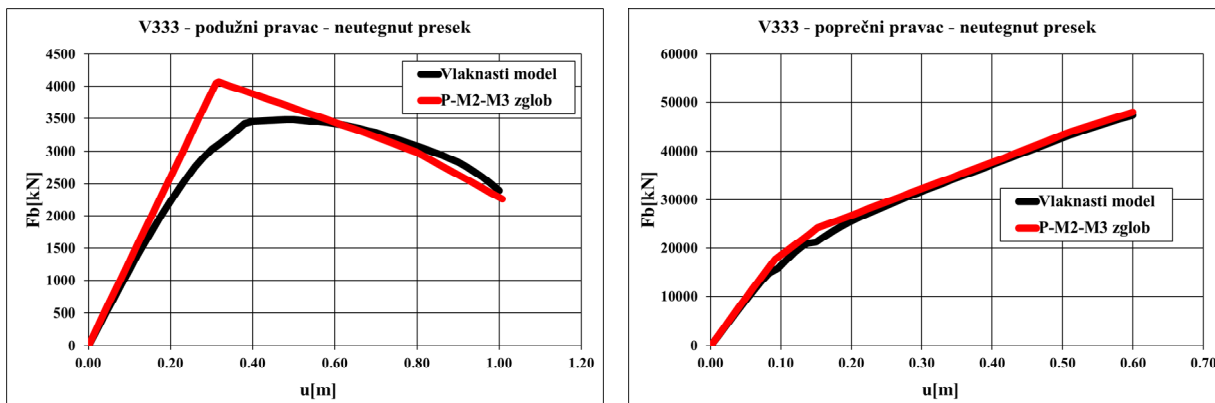
Slika 4-31. „Pushover“ krive – podužni i poprečni pravac – V233 – utegnuti pravougaoni presjeci



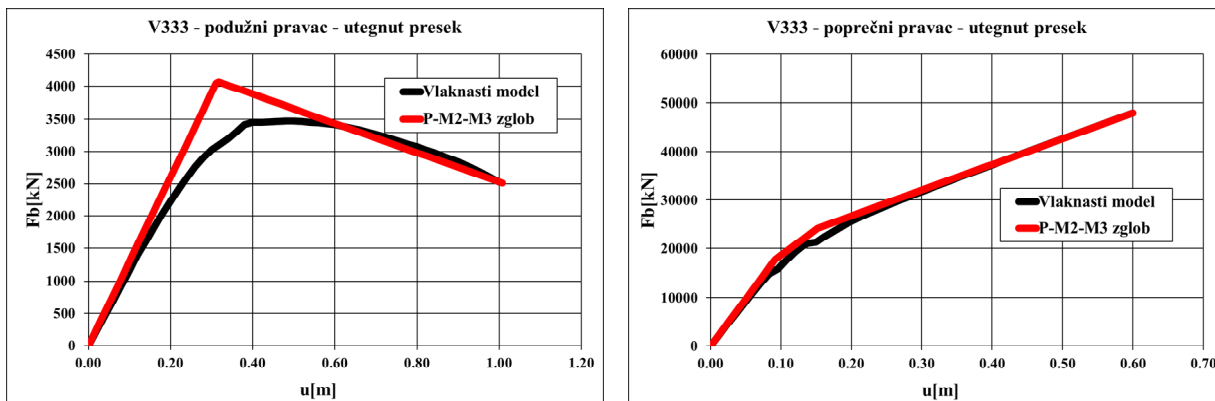
Slika 4-32. „Pushover“ krive – podužni i poprečni pravac – V333 – neutegnuti pravougaoni presjeci



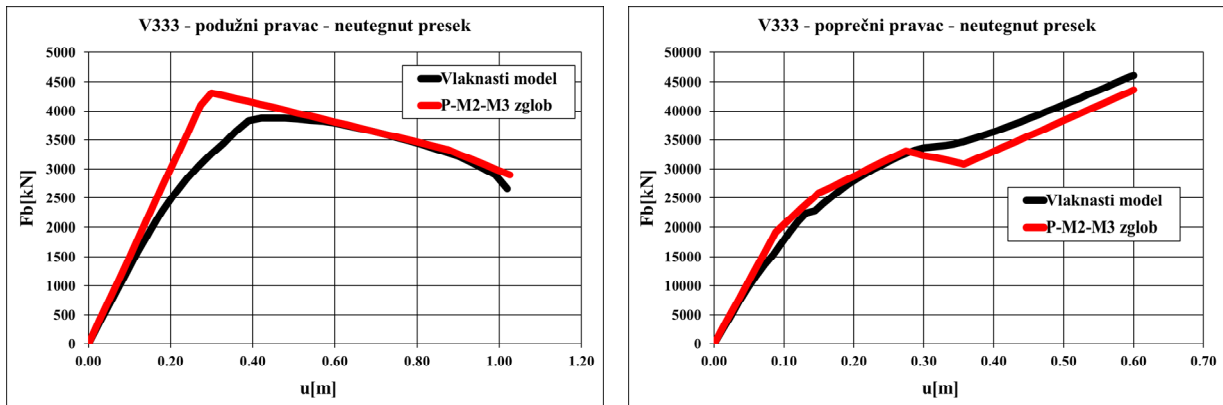
Slika 4-33. „Pushover“ krive – podužni i poprečni pravac – V333 – utegnuti pravougaoni presjeci



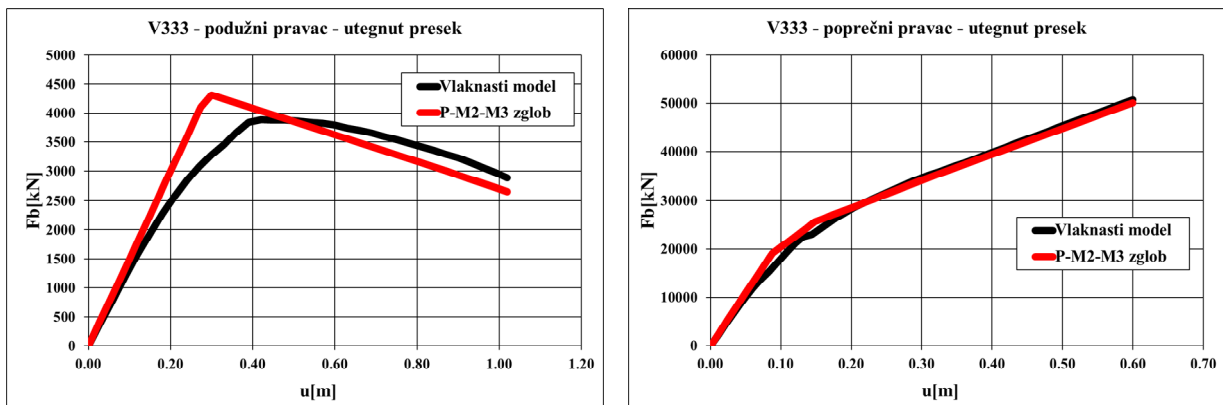
Slika 4-34. „Pushover“ krive – podužni i poprečni pravac – V333 – neutegnuti „I“ presjeci



Slika 4-35. „Pushover“ krive – podužni i poprečni pravac – V333 – utegnuti „I“ presjeci



Slika 4-36. „Pushover“ krive – podužni i poprečni pravac – V333 – neutegnuti „kombinovani“ preseci

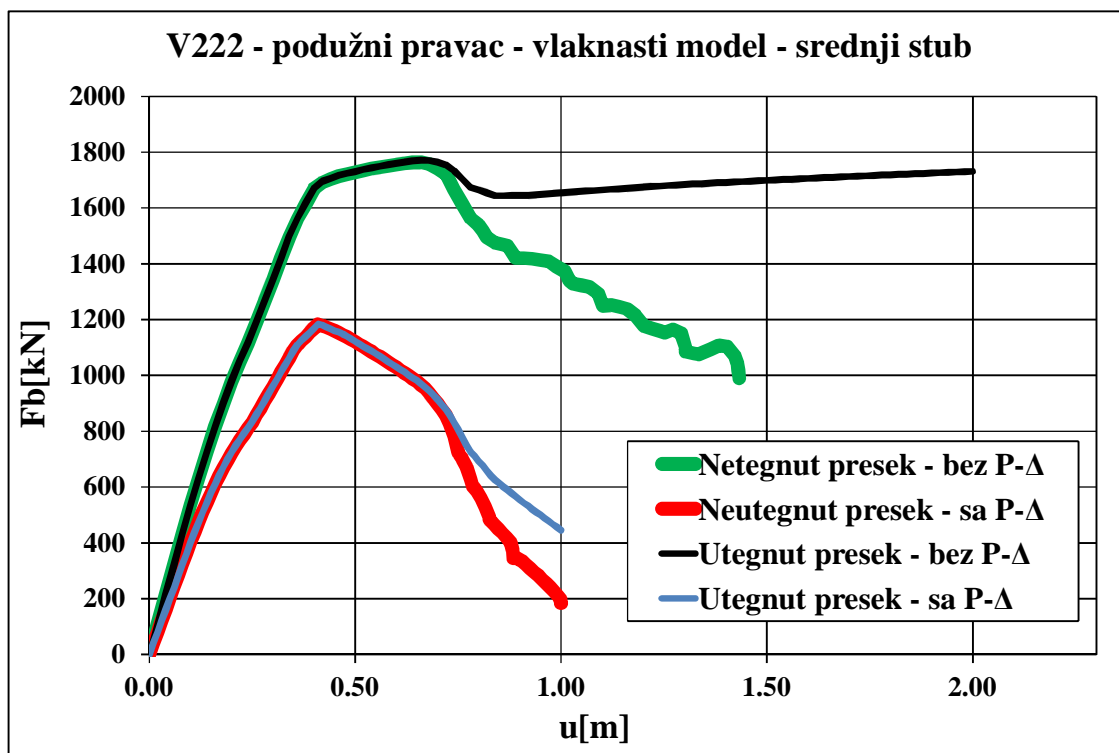


Slika 4-37. „Pushover“ krive – podužni i poprečni pravac – V333 – utegnuti „kombinovani“ preseci

Na osnovu prethodnih rezultata se može zaključiti da se modeli sa plastičnim zglobovima koji su definisani preko veze moment-krivina ponašaju linearno-elastično sve do dostizanja granice tečenja bar u jednom plastičnom zglobu. Za razliku od njih, kod modela sa vlaknastim plastičnim zglobovima od samog početka nanošenja bočnog opterećenja postoji nelinearna veza između horizontalnog pomeranja kontrolnog čvora i ukupne horizontalne smičuće sile u osnovi. Ovakvo ponašanje, koje se javlja i kod modela sa neutegnutim i utegnutim poprečnim presecima, posledica je usvojene konstitutivne veze između napona i deformacija kod betonskog dela preseka, koja je nelinearna bez obzira na nivo napreznjanja.

U podužnom pravcu kod modela sa plastičnim zglobovima koji su definisani preko veze moment-krivina, dobijaju se veće maksimalne smičuće sile u osnovi pri istom nivou relativnog horizontalnog pomeranja kontrolnog čvora u odnosu na vlaknaste modele, pri čemu ta razlika ne prelazi približno 15 % i za modele sa neutegnutim i utegnutim poprečnim presecima stubova.

Za podužni pravac seizmičkog dejstva, mostovi sa jednakim dužinama i oblicima poprečnih preseka stubova, odmah nakon dostizanja maksimalne sile u osnovi imaju približno isti (naglo opadajući) oblik veze između ukupne horizontalne sile i relativnog horizontalnog pomeranja kontrolnog čvora. Ovakvo ponašanje se može uočiti i kod modela sa neutegnutim i utegnutim poprečnim presecima (npr. slike 4-24 i 4-25). Da bi se ovakav odgovor sistema objasnio, na izdvojenom srednjem stubu iz prostornog modela varijante V222, prikazan je uticaj $P-\Delta$ efekta na vezu sila-pomeranje („pushover“ kriva) u podužnom pravcu za model sa neutegnutim i utegnutim pravougaonim poprečnim presecima (slika 4-38).



Slika 4-38. Uticaj P- Δ efekta na vezu sila-pomeranje kod neutegnutih i utegnutih pravougaonih preseka

Na osnovu rezultata prikazanih na slici 4-38 vidi se da se u podužnom pravcu dobija isti oblik veze sila-pomeranje i kod modela sa neutegnutim i utegnutim poprečnim presecima, što je posledica P- Δ efekata. Ovakvo ponašanje u podužnom pravcu se javlja i kod prostornih modela kod kojih su svi stubovi iste dužine, jer su približno ista aksijalna naprezanja i nosivost na savijanje sva tri stuba, a takođe vrhovi stubova ostvaruju ista horizontalna pomeranja jer su zglobno spojeni sa gredom. Kod varijante mostova sa različitim dužinama stubova ili sa istim dužinama stubova ali sa „kombinovanim“ poprečnim presecima (ne i kod varijante V333 zbog približno iste nosivosti na savijanje između krajnjih stubova „I“ preseka i srednjeg stuba pravougaonog preseka), granica tečenja u kritičnim presecima pojedinih stubova se dostiže pri različitom nivou podužnog pomeranja, pa u ovom slučaju ne dolazi do pojave negativne krutosti odmah nakon dostizanja maksimalne sile u osnovi.

Na osnovu rezultata nelinearne statičke analize u poprečnom pravcu, koji su prikazani na slikama 4-20 do 4-37, može se zaključiti da veza sila-pomeranje kod modela sa neutegnutim i utegnutim poprečnim presecima ima stalni prirast. Ovo je posledica činjenice da je greda mosta oslonjena na nepomerljive oporce na svojim krajevima i da je njeno ponašanje opisano linearno-elastičnim modelom. Kako je greda povezana sa vrhovima stubova, pri povećanju opterećenja u poprečnom pravcu dolazi do nelinearnog ponašanja u poprečnim presecima stubova ali ne i grede pošto ostaje u linearno-elastičnom području. Ovo ima za posledicu stalno povećanje ukupne smičuće sile u osnovi pri povećanju pomeranja kontrolnog čvora.

Ciljna pomeranja su određena N2 metodom (EN 1998-1) za sve varijante analiziranih mostova (tabela 4-5). Karakteristični rezultati nelinearne statičke analize za ciljna pomeranja, kod modela sa plastičnim zglobovima definisanim na osnovu veze moment-krivina i vlaknastih modela, prikazani su na slikama 4-39 do 4-146 za varijante mostova: V111 (pravougaoni poprečni preseki stubova), V123 (pravougaoni poprečni preseki stubova), V222 (pravougaoni, „I“ i „kombinovani“ poprečni preseki stubova), V233 (pravougaoni poprečni preseki stubova) i V333 (pravougaoni, „I“ i „kombinovani“ poprečni preseki stubova). Takođe su za dostignuto ciljno pomeranje prikazani rasporedi plastičnih zglobova i stanje dilatacija u ivičnim vlaknima poprečnih preseka vlaknastih modela.

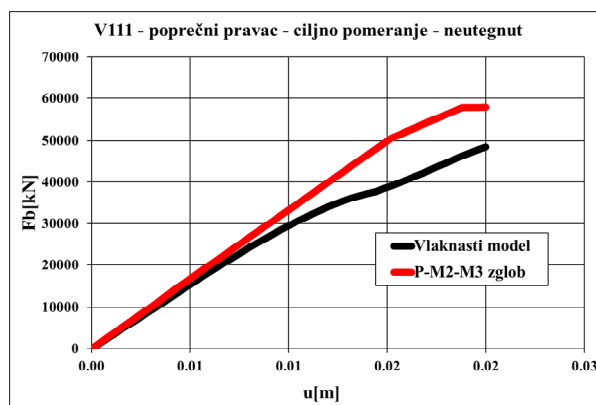
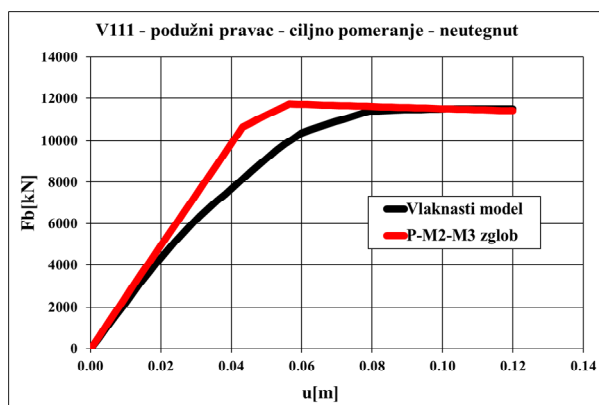
Tabela 4-5. Ciljna pomeranja u podužnom i poprečnom pravcu (EN 1998-1 – N2 metoda)

	Podužni pravac		Poprečni pravac	
	d_{ix} [cm]		d_{iy} [cm]	
	Neutegnuti preseci	Utegnuti preseci	Neutegnuti preseci	Utegnuti preseci
V111	12	12	2	2
V112	10	11	2	3
V113	10	11	2	3
V121	11	12	5	5
V122	15	16	8	8
V123	15	16	8	8
V131	10	11	6	6
V132	10	11	6	6
V133	14	15	9	9

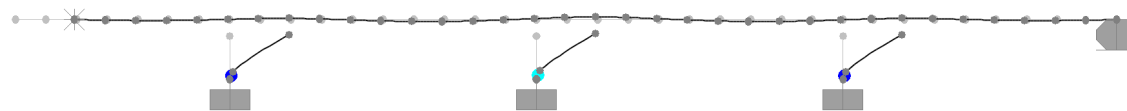
	Podužni pravac		Poprečni pravac	
	d_{ix} [cm]		d_{iy} [cm]	
	Neutegnuti preseci	Utegnuti preseci	Neutegnuti preseci	Utegnuti preseci
V212	14	15	2	3
V213	12	13	2	3
V222	20	22	9	10
V223	22	22	10	10
V232	22	22	11	11
V233	22	22	12	12
V313	14	16	2	3
V323	22	22	9	9
V333	22	22	12	12

4.4.1. Nelinearna statička analiza za ciljno pomeranje varijante V111

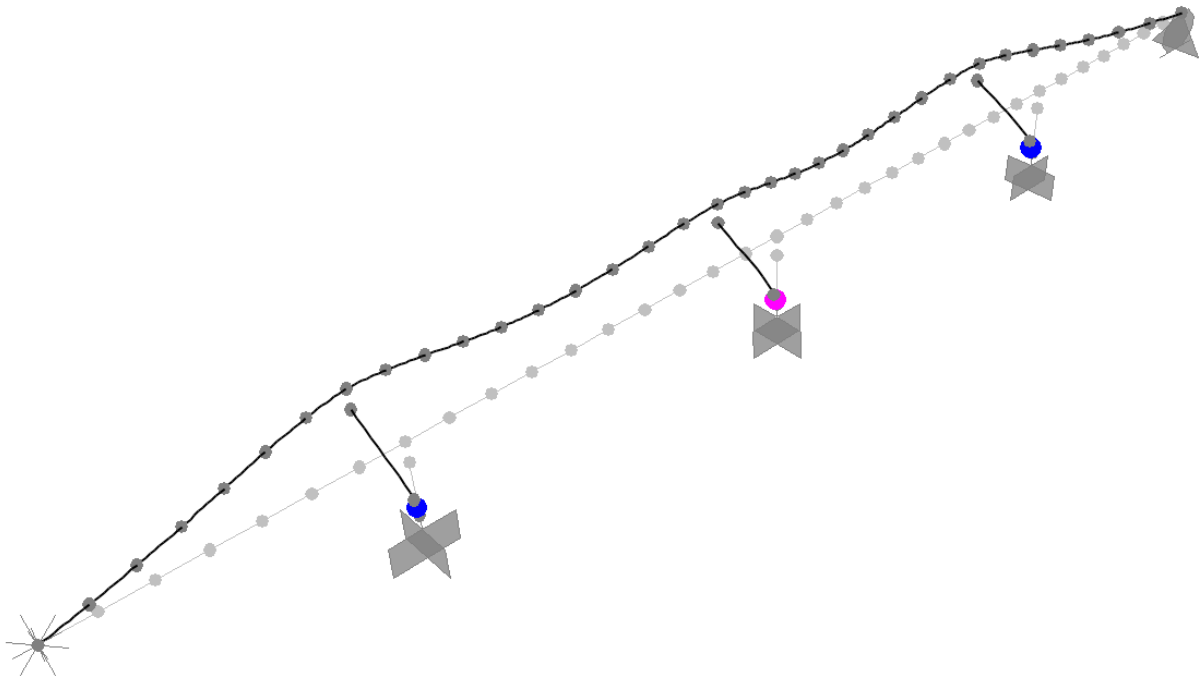
Na slikama 4-39 do 4-50 su prikazani karakteristični rezultati nelinearne statičke analize pri dostignutom ciljnom pomeranju u podužnom i poprečnom pravcu za varijantu mosta V111. Posebno su dati rezultati za neutegnute i utegnute poprečne preseke modelirane primenom plastičnih zglobova definisanih preko veze moment-krivina i vlaknastih plastičnih zglobova.



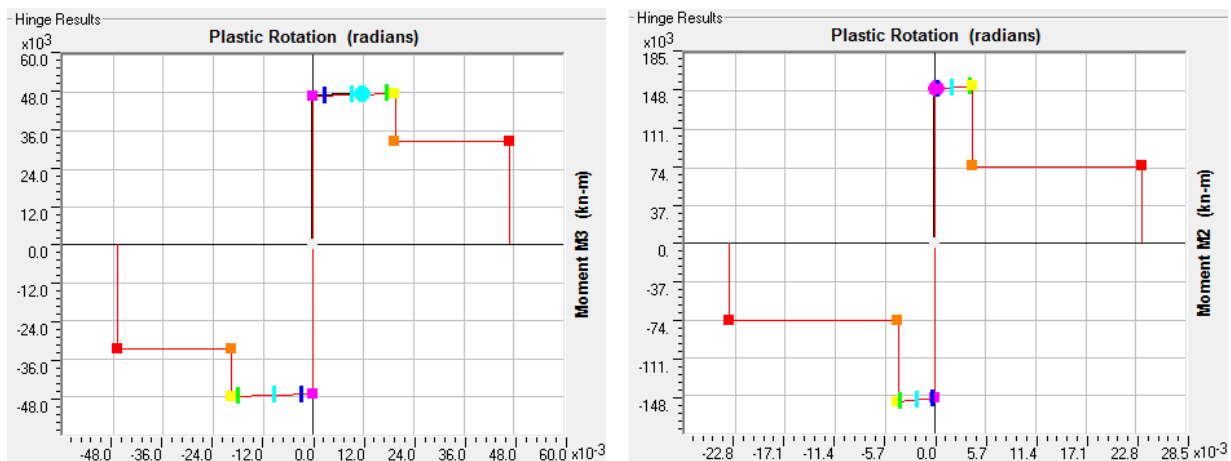
Slika 4-39. „Pushover“ krive – podužni i poprečni pravac – V111 – neutegnuti pravougaoni preseci



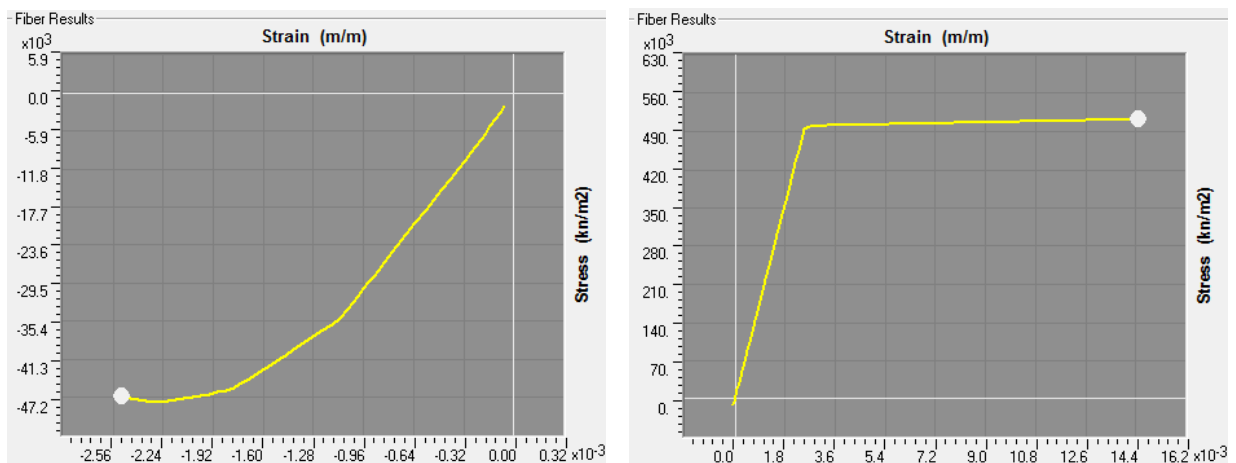
Slika 4-40. Podužni pravac – raspored plastičnih zglobova – V111 – neutegnuti pravougaoni preseci



Slika 4-41. Poprečni pravac – raspored plastičnih zglobova – V111 – neutegnuti pravougaoni preseći



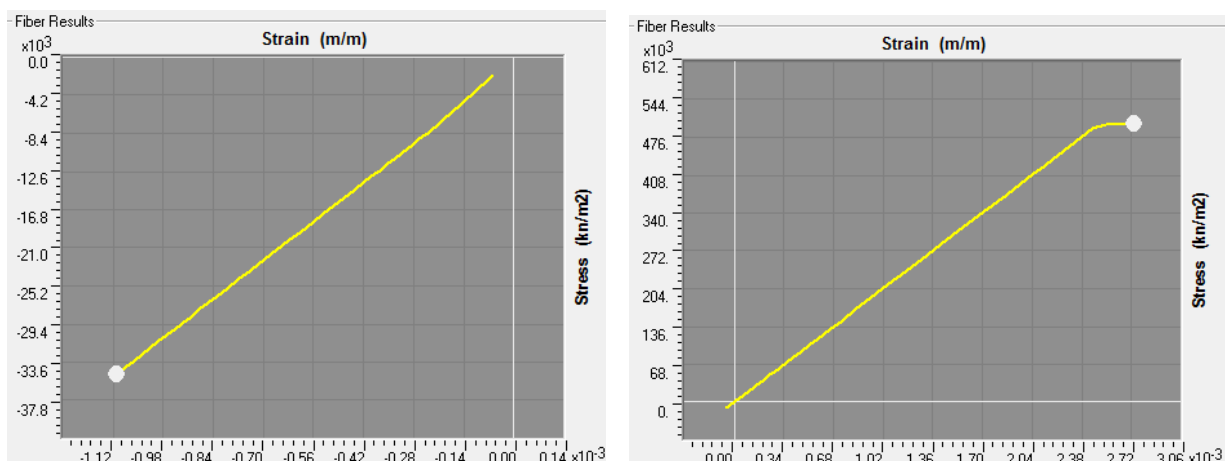
Slika 4-42. Podužni (levo) i poprečni (desno) pravac – V111 – neutegnuti pravougaoni preseći (PM2M3 zglob – srednji stub)



a) pritisak (beton)

b) zatezanje (armatura)

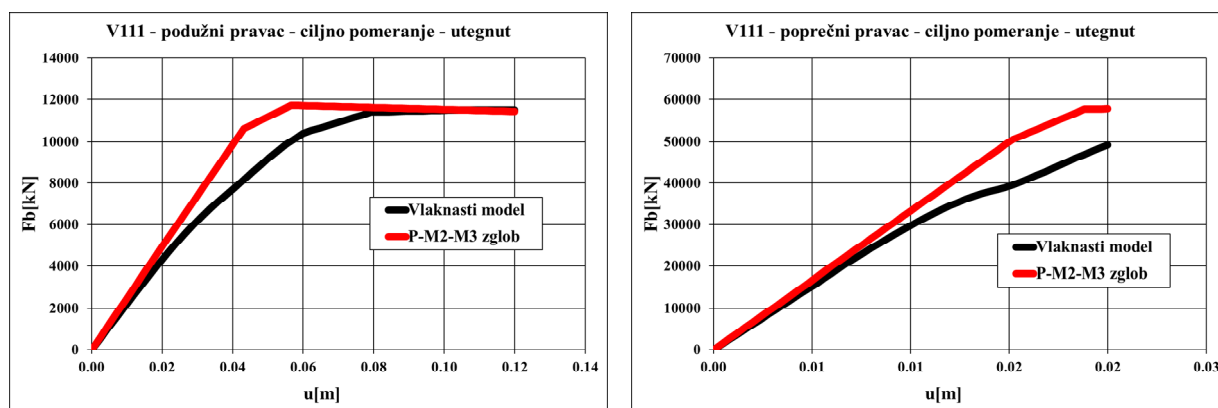
Slika 4-43. Podužni pravac – V111 – neutegnuti pravougaoni preseći (vlaknasti model – srednji stub)



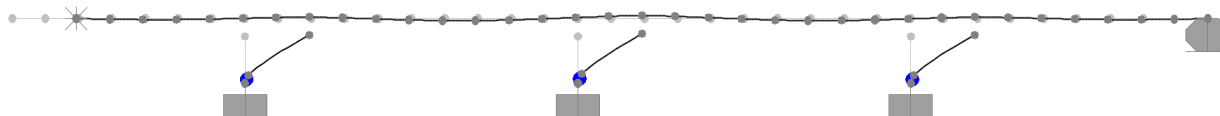
a) pritisak (beton)

b) zatezanje (armatura)

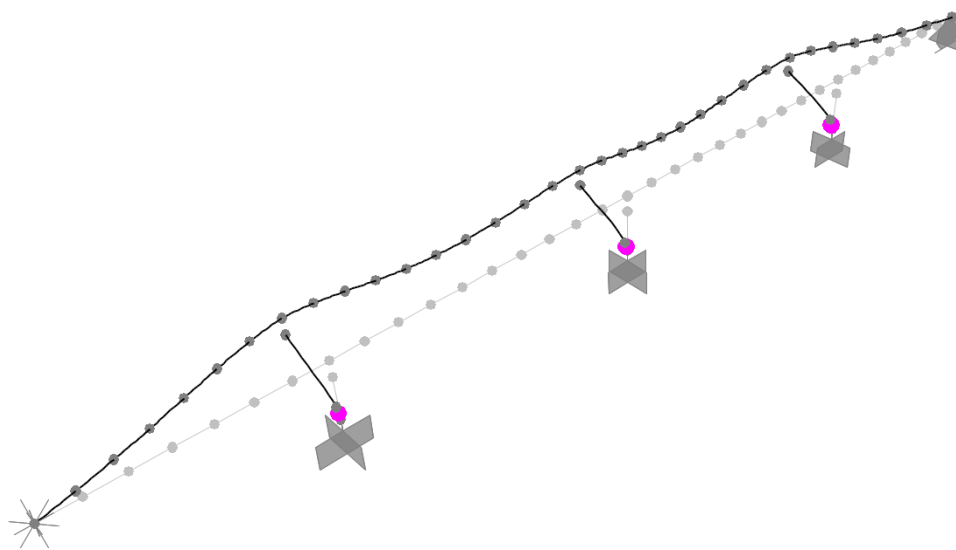
Slika 4-44. Poprečni pravac – V111 – neutegnuti pravougaoni preseći (vlaknasti model – srednji stub)



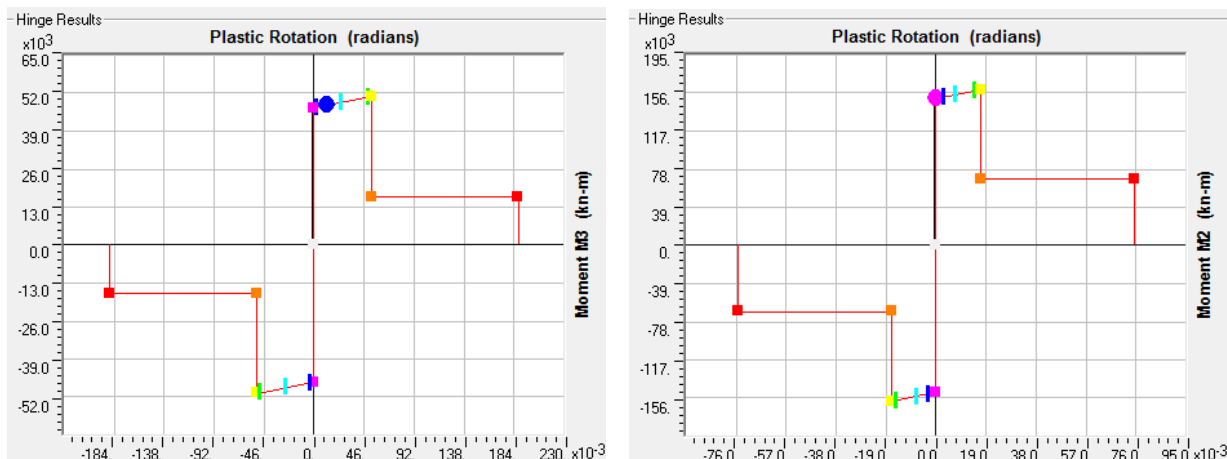
Slika 4-45. „Pushover“ krive – podužni i poprečni pravac – V111 – utegnuti pravougaoni preseći



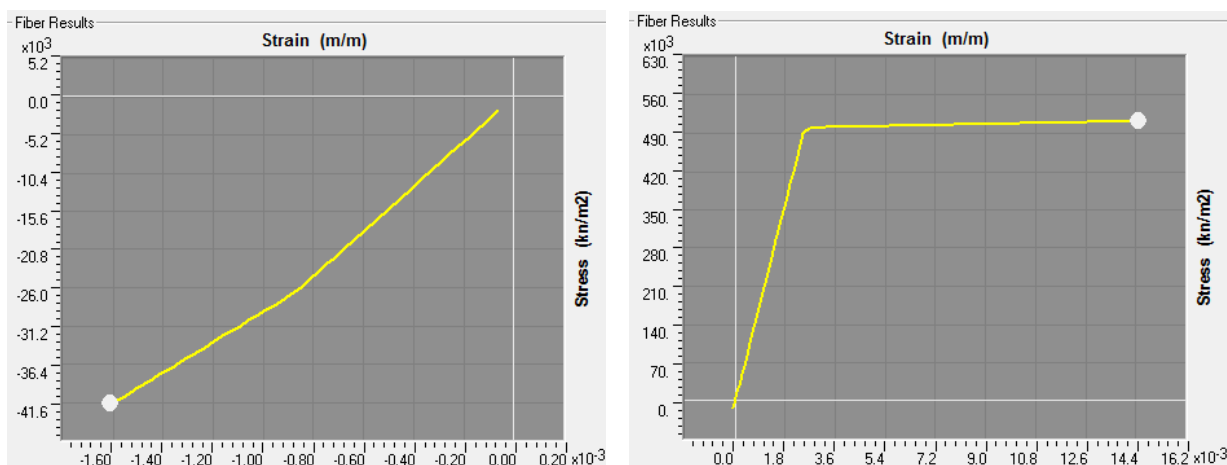
Slika 4-46. Podužni pravac – raspored plastičnih zglobova – V111 – utegnuti pravougaoni preseći



Slika 4-47. Poprečni pravac – raspored plastičnih zglobova – V111 – utegnuti pravougaoni preseći



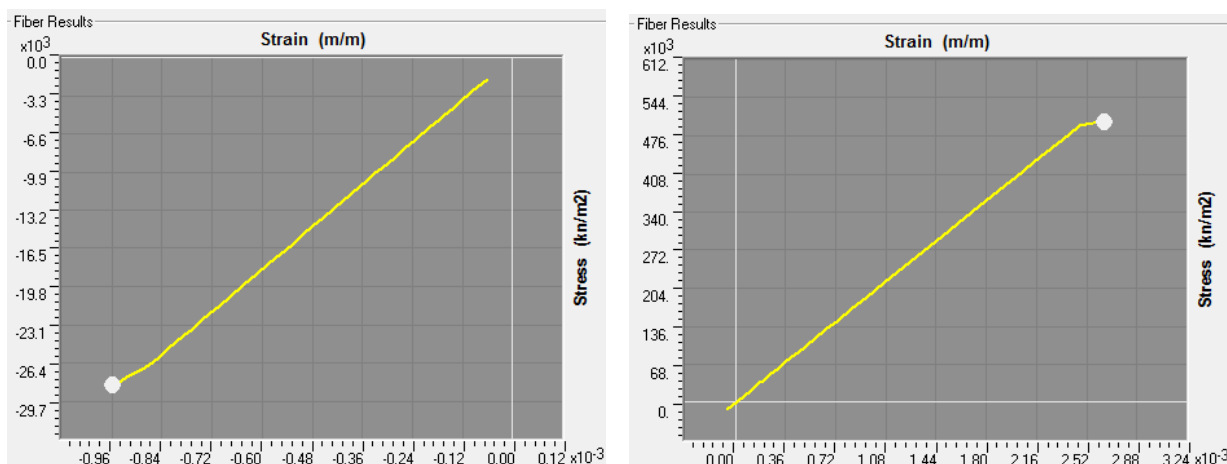
Slika 4-48. Podužni (levo) i poprečni (desno) pravac – V111 – utegnuti pravougaoni preseći (PM2M3 zglob – srednji stub)



a) pritisak (beton)

b) zatezanje (armatura)

Slika 4-49. Podužni pravac – V111 – utegnuti pravougaoni preseći (vlaknasti model – srednji stub)



a) pritisak (beton)

b) zatezanje (armatura)

Slika 4-50. Poprečni pravac – V111 – utegnuti pravougaoni preseći (vlaknasti model – srednji stub)

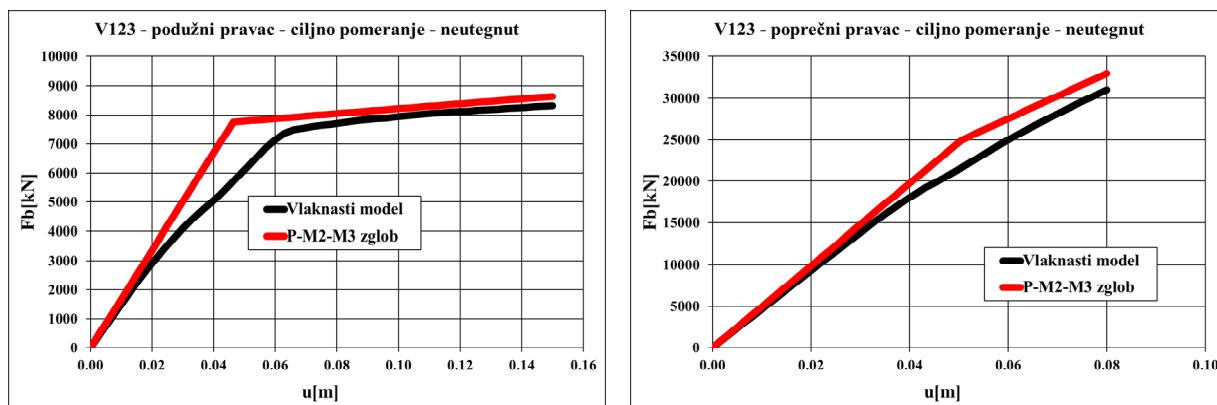
Na osnovu rezultata nelinearne statičke analize u podužnom pravcu mosta kod modela sa plastičnim zglobovima definisanim na osnovu veze moment-krivina i vlaknastog modela, može se zaključiti da pri dostignutom ciljnom pomeranju dolazi do plastifikacije u sva tri stuba. Dostignuta je granica tečenja ali ne i maksimalni momenti koje preseći mogu da prihvate.

Takođe, je primetno da se nije formirao mehanizam loma bez obzira na pojavu nelinearnih deformacija u sva tri stuba, jer maksimalne dilatacije u ivičnim vlaknima betona i armature kod modela sa neutegnutim i utegnutim poprečnim presecima nisu dostignute. U varijanti sa neutegnutim presecima pritisnuti deo betonskog preseka je dostigao maksimalni napon pritiska, dok kod varijante sa utegnutim presecima maksimalni napon pritiska nije dostignut.

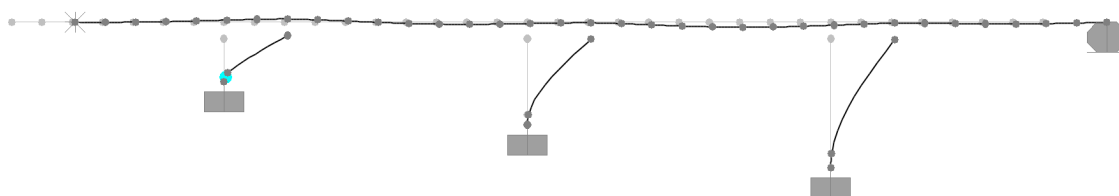
U poprečnom pravcu, pri dostignutom ciljnom pomeranju, dolazi do plastifikacije u svim stubovima i u slučaju neutegnutih i utegnutih poprečnih preseka, ali nisu dostignuti maksimalni momenti i dilatacije koje preseci mogu da prihvate. Takođe, kao i u podužnom pravcu nije se formirao mehanizam rušenja.

4.4.2. Nelinearna statička analiza za ciljno pomeranje varijante V123

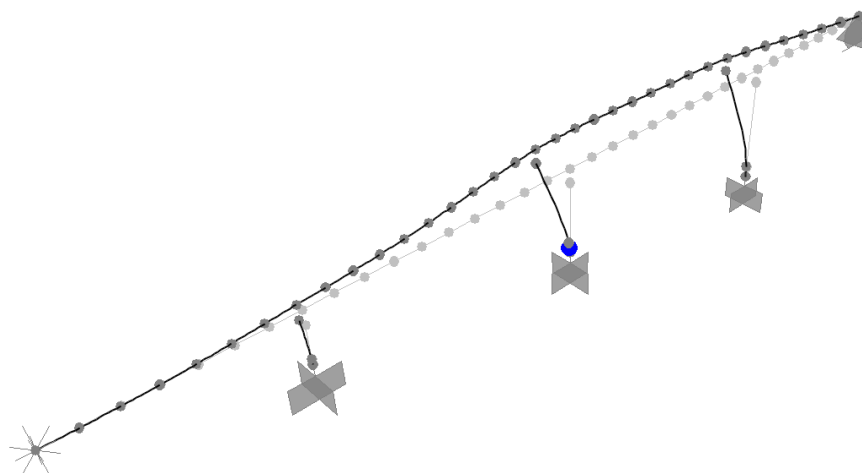
Karakteristični rezultati nelinearne statičke analize za ciljno pomeranje u podužnom i poprečnom pravcu kod varijante mosta V123 su prikazani na slikama 4-51 do 4-62, posebno za modele sa neutegnutim i utegnutim poprečnim presecima koji su modelirani primenom plastičnih zglobova definisanih preko veze moment-krivina i vlaknastim plastičnim zglobovima.



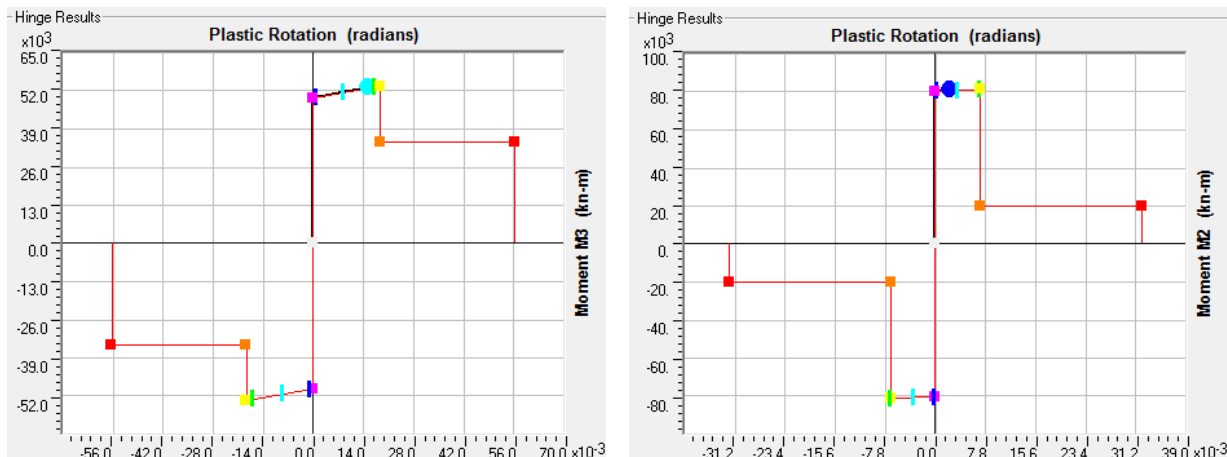
Slika 4-51. „Pushover“ krive – podužni i poprečni pravac – V123 – neutegnuti pravougaoni preseci



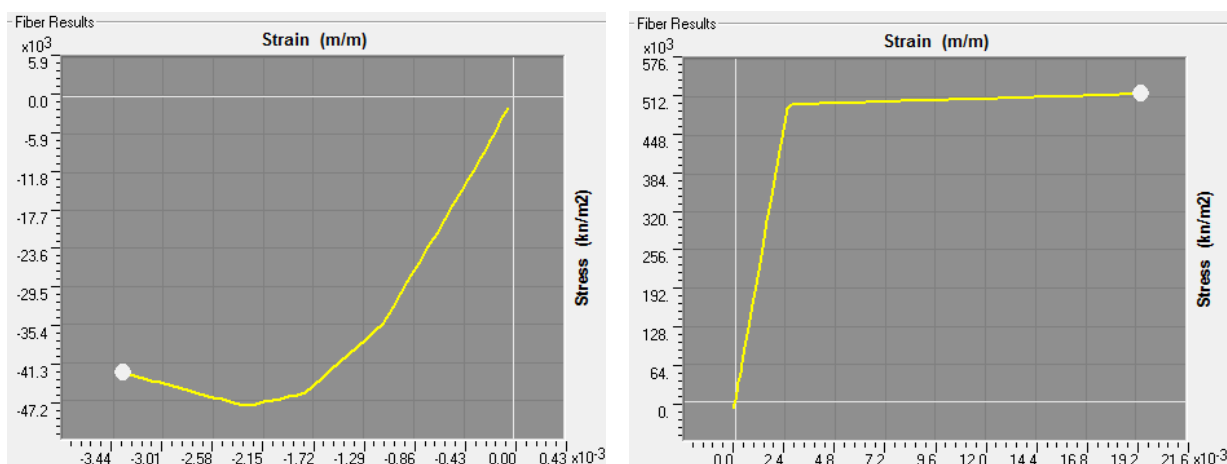
Slika 4-52. Podužni pravac – raspored plastičnih zglobova – V123 – neutegnuti pravougaoni preseci



Slika 4-53. Poprečni pravac – raspored plastičnih zglobova – V123 – neutegnuti pravougaoni preseci



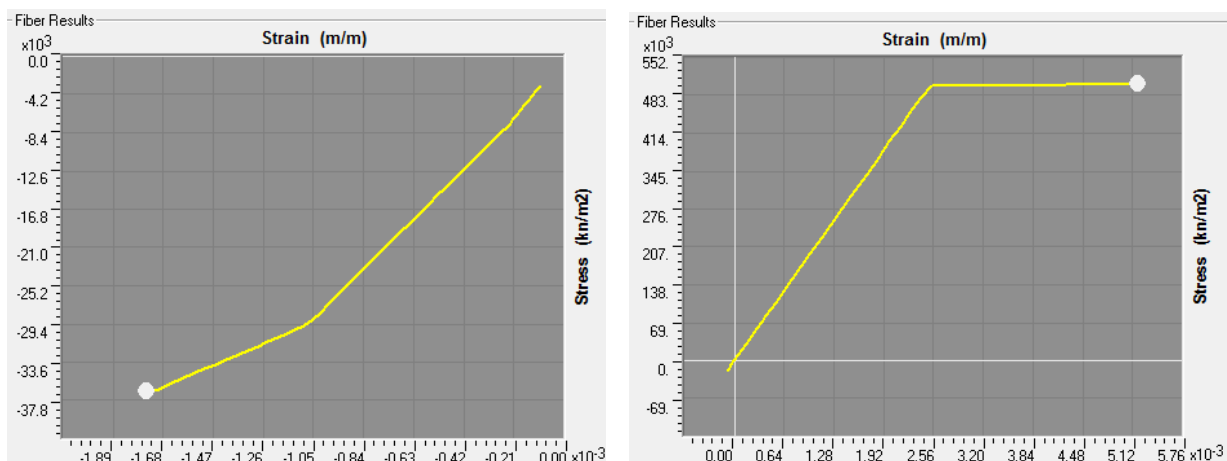
Slika 4-54. Podužni (levo) i poprečni (desno) pravac – V123 – neutegnuti pravougaoni preseći (PM2M3 zglob – levo – prvi stub i desno – drugi stub)



a) pritisak (beton)

b) zatezanje (armatura)

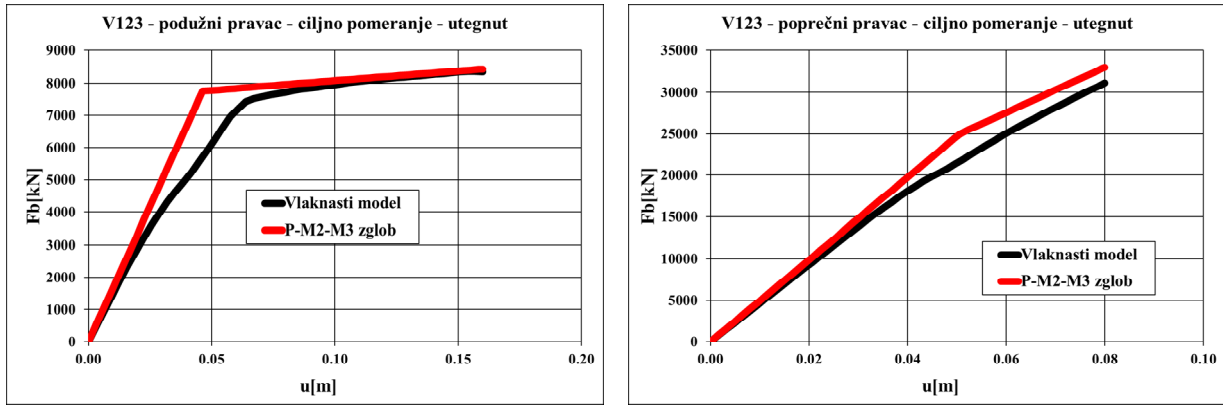
Slika 4-55. Podužni pravac – V123 – neutegnuti pravougaoni preseći (vlaknasti model – prvi stub)



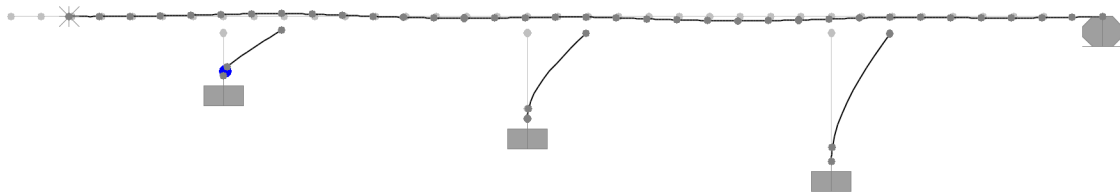
a) pritisak (beton)

b) zatezanje (armatura)

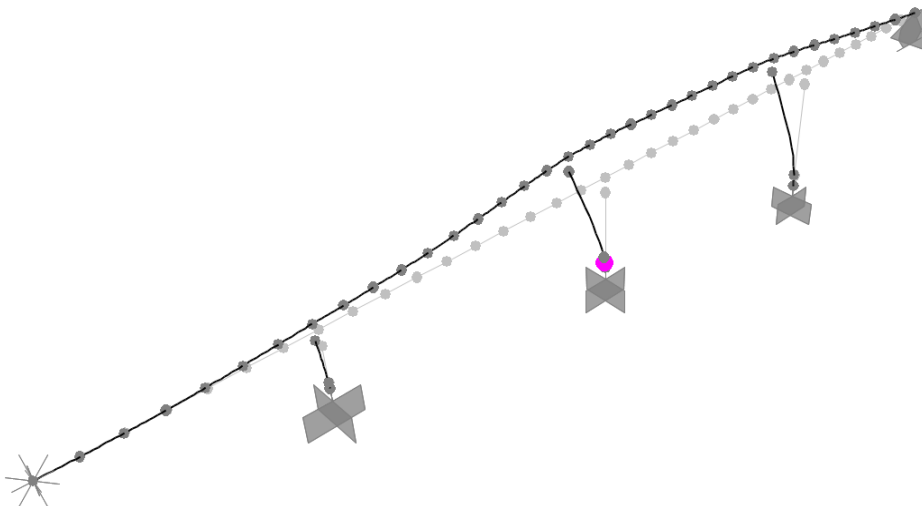
Slika 4-56. Poprečni pravac – V123 – neutegnuti pravougaoni preseći (vlaknasti model – drugi stub)



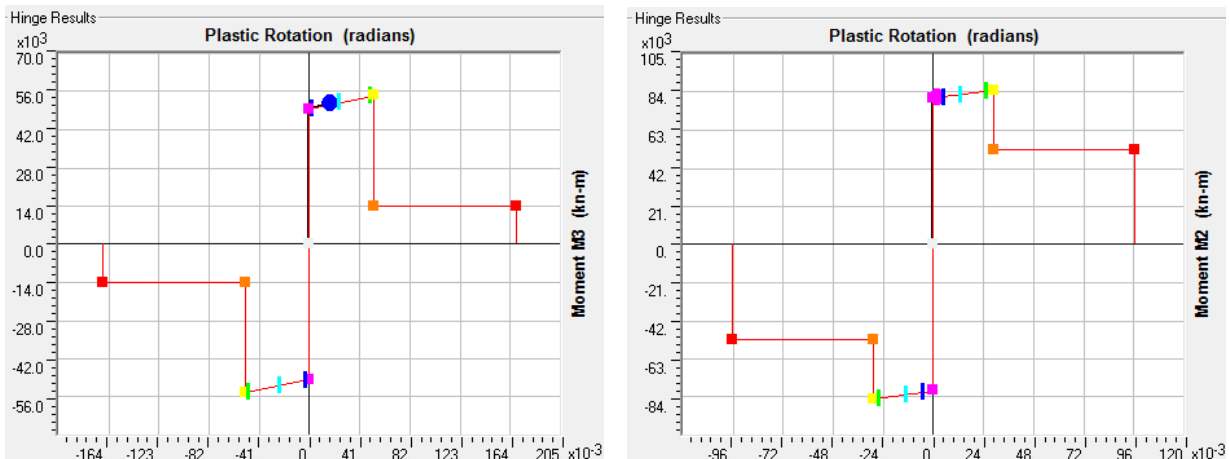
Slika 4-57. „Pushover“ krive – podužni i poprečni pravac – V123 – utegnuti pravougaoni preseći



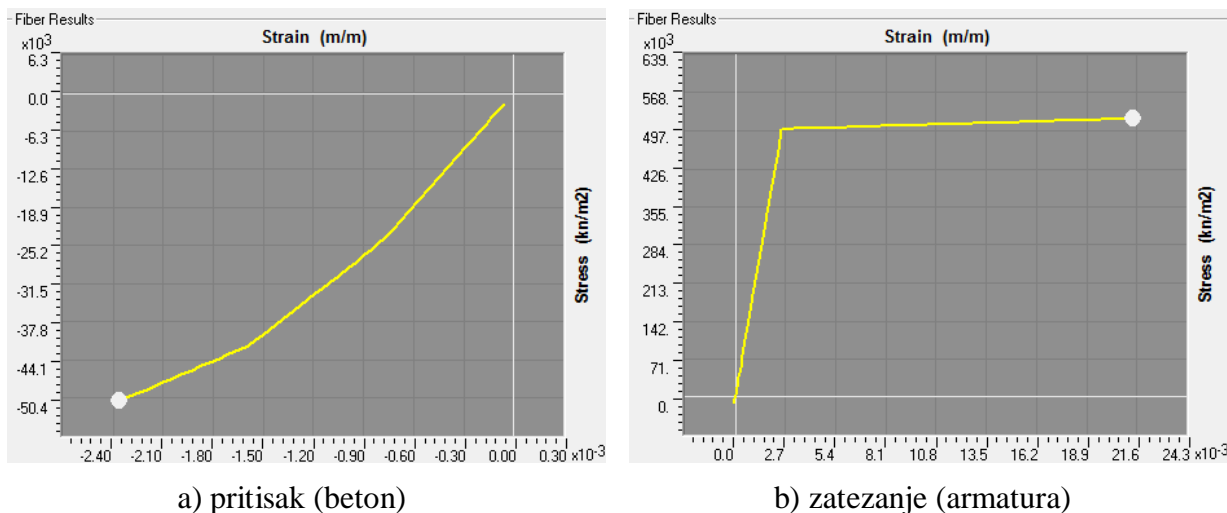
Slika 4-58. Podužni pravac – raspored plastičnih zglobova – V123 – utegnuti pravougaoni preseći



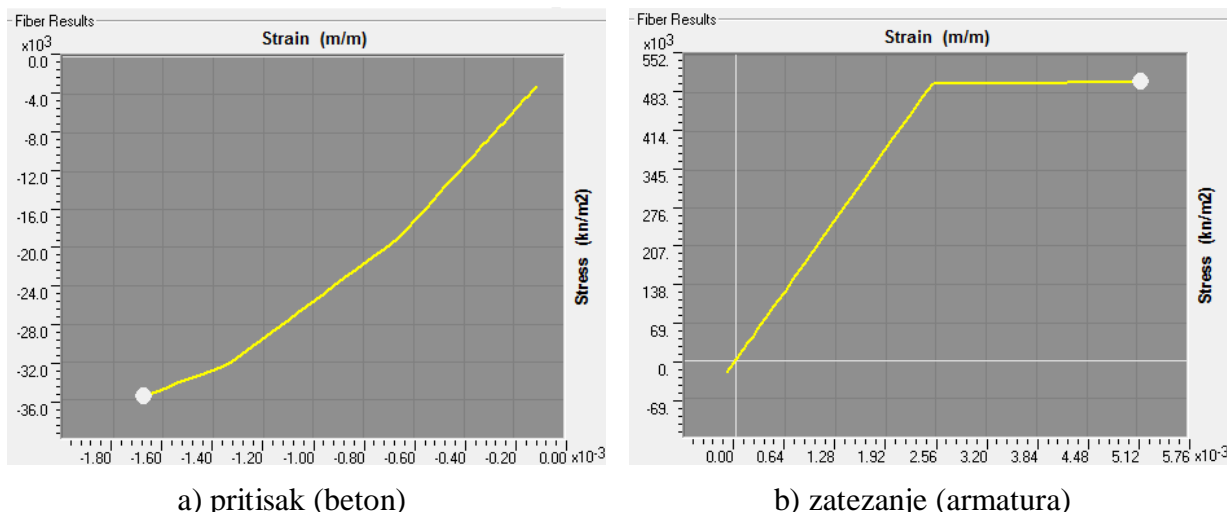
Slika 4-59. Poprečni pravac – raspored plastičnih zglobova – V123 – utegnuti pravougaoni preseći



Slika 4-60. Podužni (levo) i poprečni (desno) pravac – V123 – utegnuti pravougaoni preseći (PM2M3 zglob – levo – prvi stub i desno – drugi stub)



Slika 4-61. Podužni pravac – V123 – utegnuti pravougaoni preseci (vlaknasti model – prvi stub)



Slika 4-62. Poprečni pravac – V123 – utegnuti pravougaoni preseci (vlaknasti model – drugi stub)

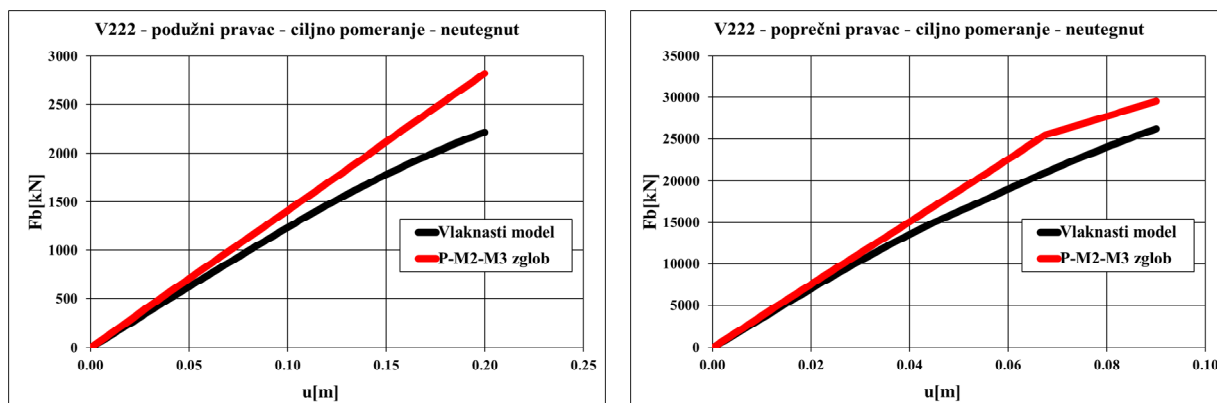
Na osnovu analize stanja napona i deformacija u kritičnim presecima se može zaključiti da je pri dostignutom ciljnom pomeranju došlo do plastifikacije samo u prvom stubu, tj. dostignuta je granica tečenja ali nisu dostignuti maksimalni momenti i dilatacije koje preseki mogu da prihvate. Prethodni zaključci važe za oba primenjena modela plastičnih zglobova. Kod modela sa neutegnutim presecima, pritisnuti deo betonskog preseka prvog stuba je dostigao maksimalni napon pritiska, za razliku od varijante sa utegnutim presecima kod koje maksimalni napon pritiska nije dostignut. Zbog toga što maksimalne dilatacije u ivičnim vlaknima betona i armature kod modela sa neutegnutim i utegnutim poprečnim presecima nisu dostignute, ne dolazi do formiranja mehanizma loma.

U poprečnom pravcu, pri dostignutom ciljnom pomeranju, do pojave oštećenja dolazi samo u srednjem stubu i kod modela sa neutegnutim i utegnutim poprečnim presecima, ali nije dostignut kapacitet deformacija, tj. nije se formirao mehanizam loma.

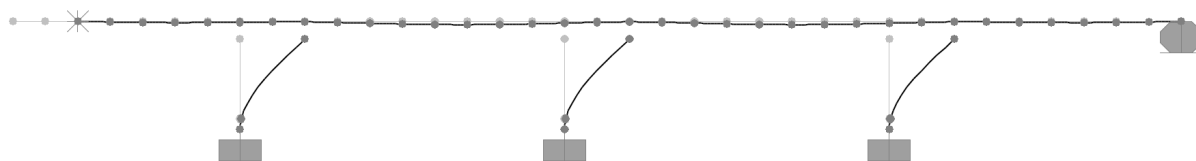
4.4.3. Nelinearna statička analiza za ciljno pomeranje varijante V222

Za varijantu mosta V222 rezultati analiza pri dostignutom ciljnom pomeranju u podužnom i poprečnom pravcu su prikazani na slikama 4-63 do 4-98, posebno za modele sa neutegnutim i utegnutim poprečnim presecima koji su modelirani primenom plastičnih zglobova definisanih preko veze moment-krivina i vlaknastih plastičnih zglobova.

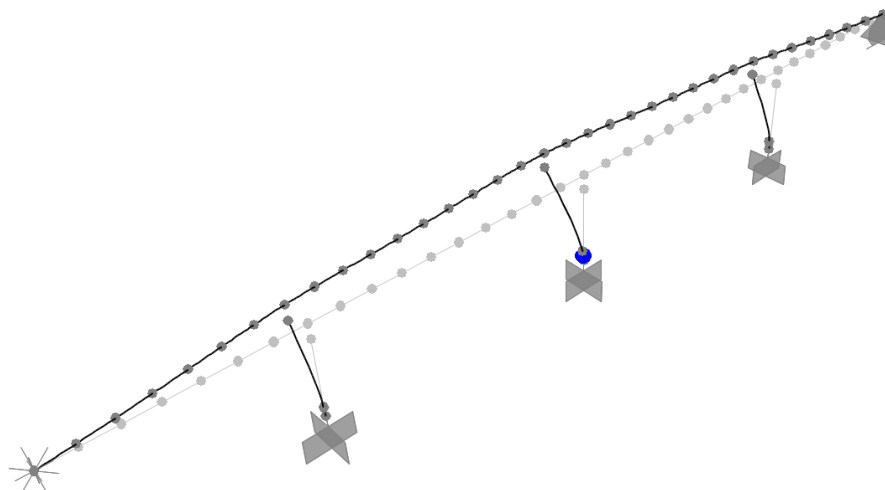
- Pravougaoni poprečni preseći stubova



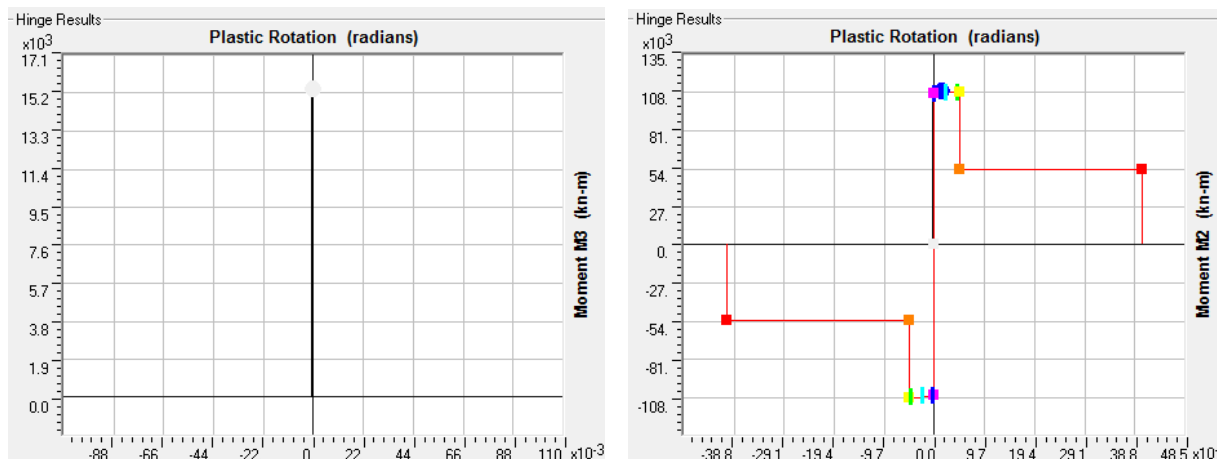
Slika 4-63. „Pushover“ krive – podužni i poprečni pravac – V222 – neutegnuti pravougaoni preseći



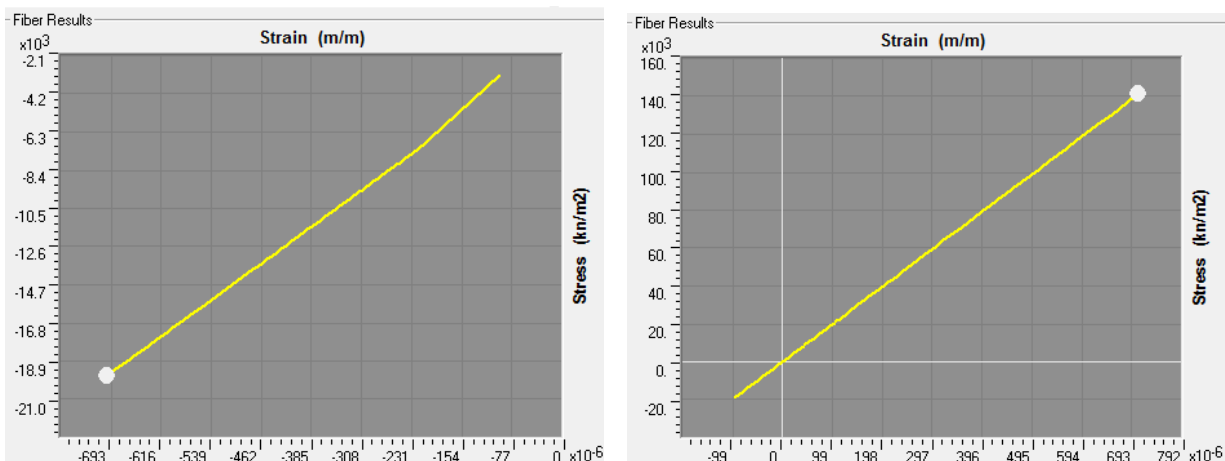
Slika 4-64. Podužni pravac – raspored plastičnih zglobova – V222 – neutegnuti pravougaoni preseći



Slika 4-65. Poprečni pravac – raspored plastičnih zglobova – V222 – neutegnuti pravougaoni preseći



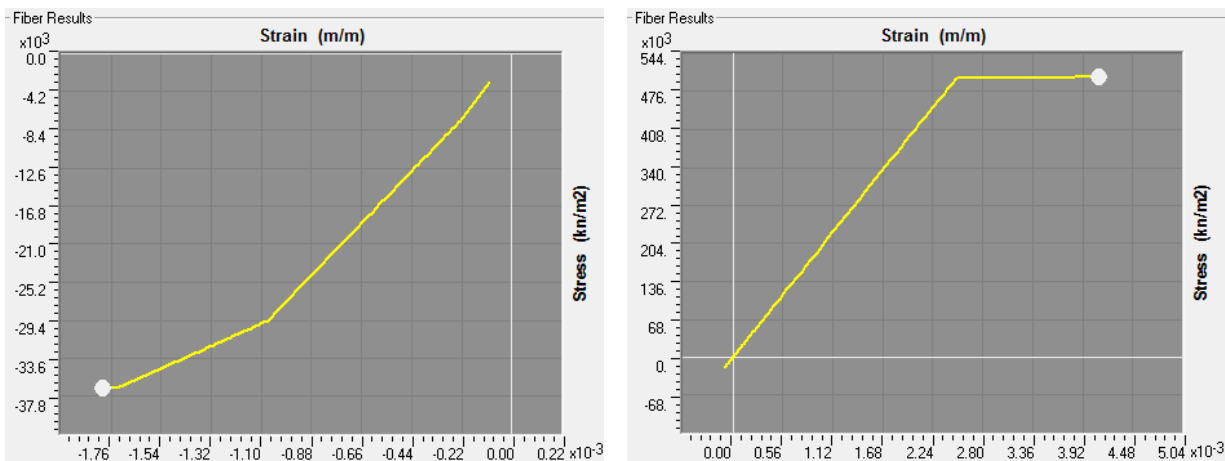
Slika 4-66. Podužni (levo) i poprečni (desno) pravac – V222 – neutegnuti pravougaoni preseći (PM2M3 zglob – srednji stub)



a) pritisak (beton)

b) zatezanje (armatura)

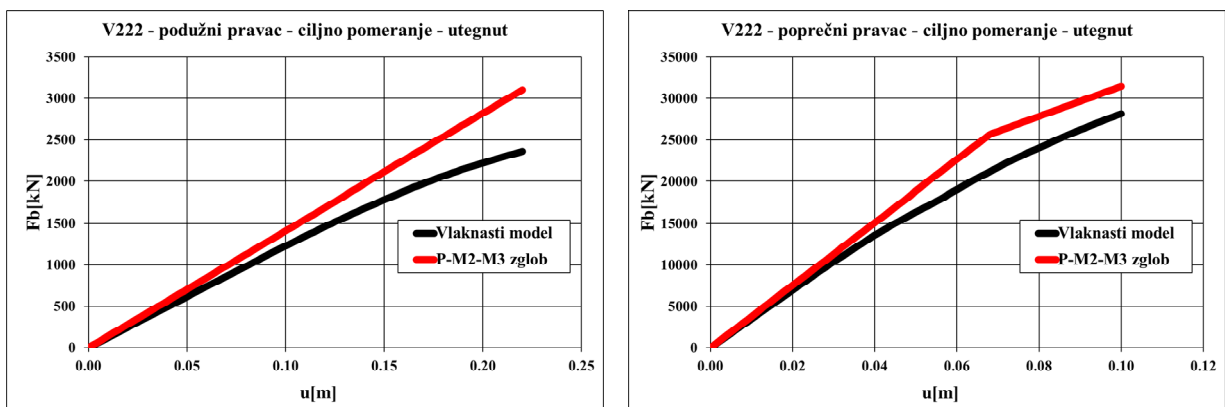
Slika 4-67. Podužni pravac – V222 – neutegnuti pravougaoni preseći (vlaknasti model – srednji stub)



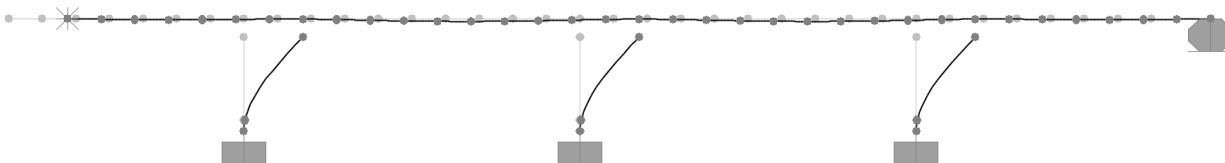
a) pritisak (beton)

b) zatezanje (armatura)

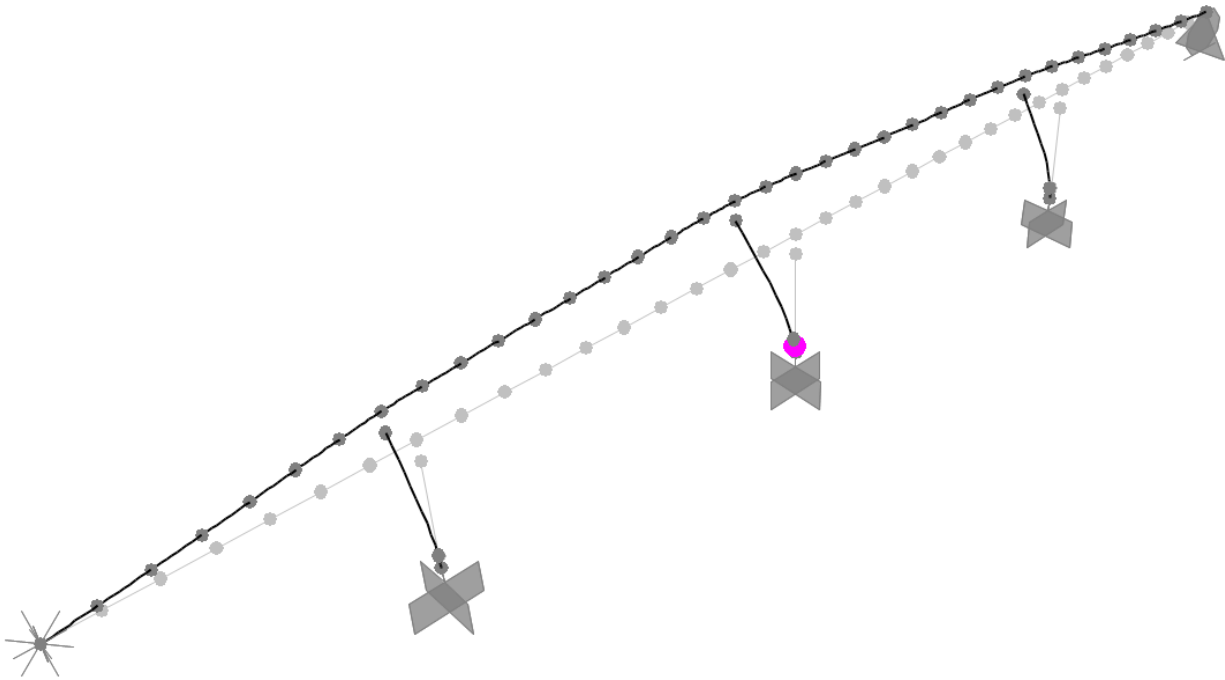
Slika 4-68. Poprečni pravac – V222 – neutegnuti pravougaoni preseći (vlaknasti model – srednji stub)



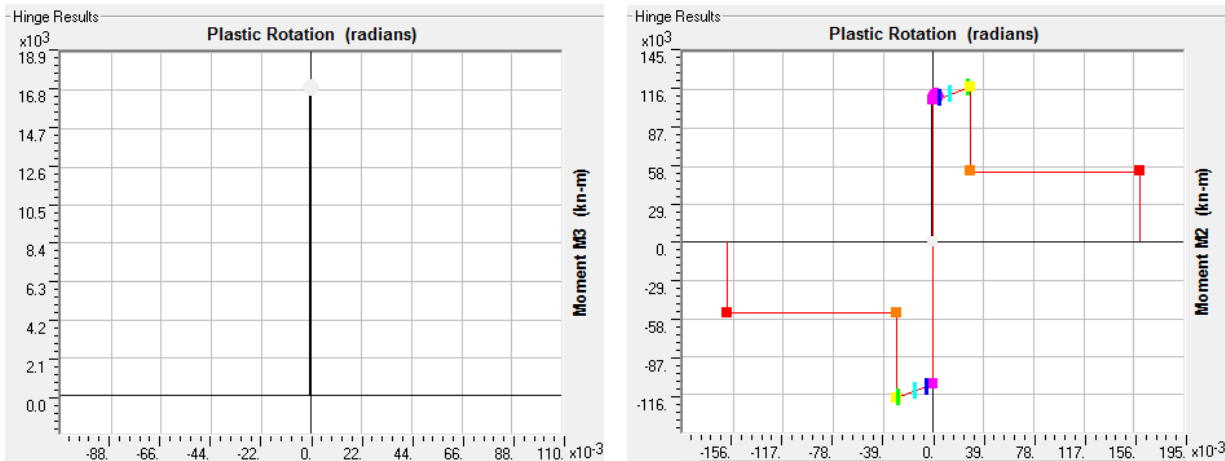
Slika 4-69. „Pushover krive“ – podužni i poprečni pravac – V222 – utegnuti pravougaoni preseći



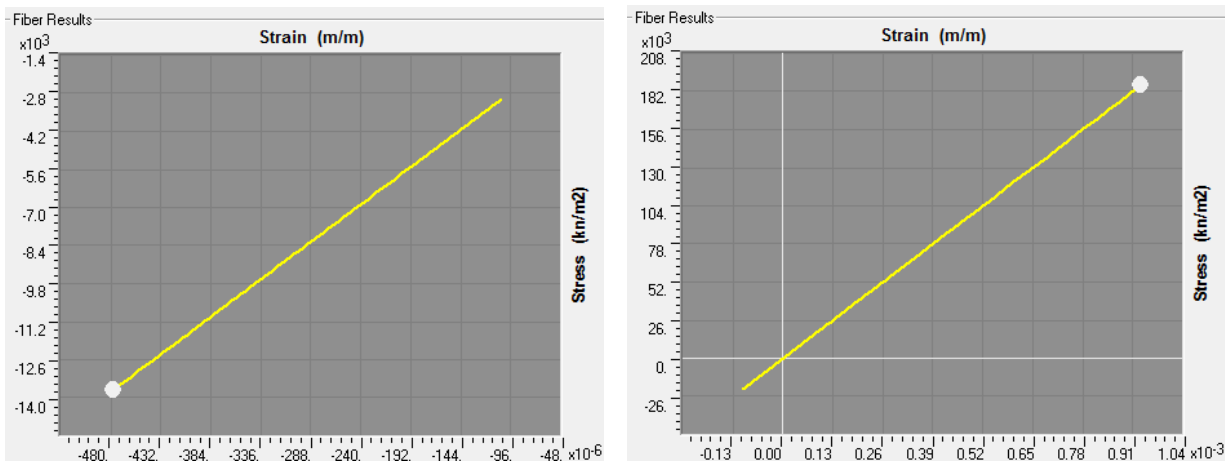
Slika 4-70. Podužni pravac – raspored plastičnih zglobova – V222 – utegnuti pravougaoni preseći



Slika 4-71. Poprečni pravac – raspored plastičnih zglobova – V222 – utegnuti pravougaoni preseći



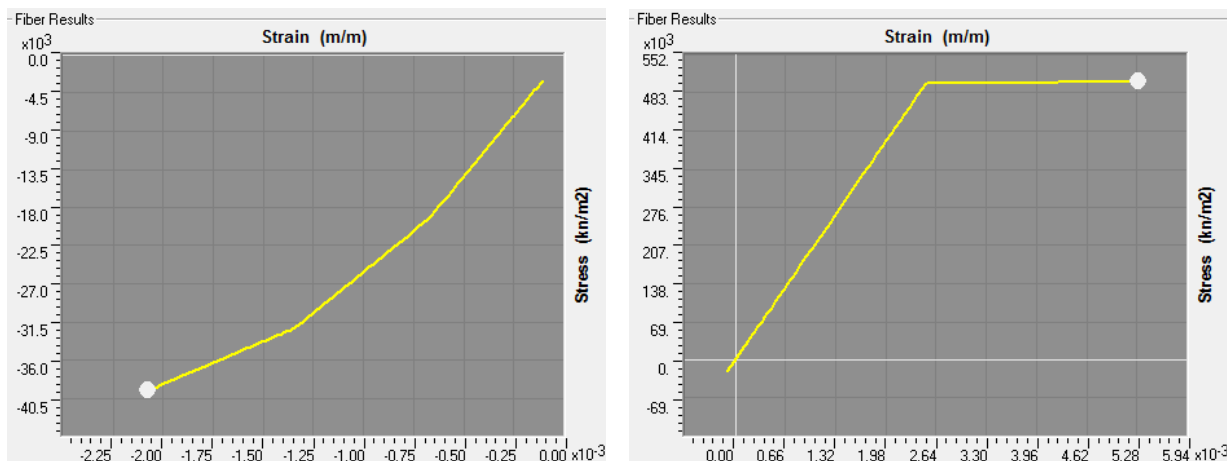
Slika 4-72. Podužni (levo) i poprečni (desno) pravac – V222 – utegnuti pravougaoni preseći (PM2M3 zglob – srednji stub)



a) pritisak (beton)

b) zatezanje (armatura)

Slika 4-73. Podužni pravac – V222 – utegnuti pravougaoni preseći (vlaknasti model – srednji stub)



a) pritisak (beton)

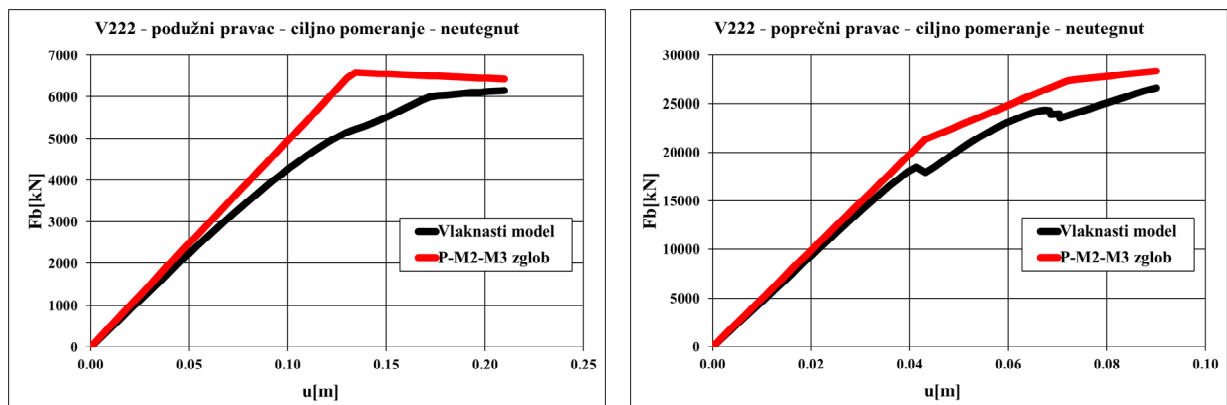
b) zatezanje (armatura)

Slika 4-74. Poprečni pravac – V222 – utegnuti pravougaoni preseći (vlaknasti model – srednji stub)

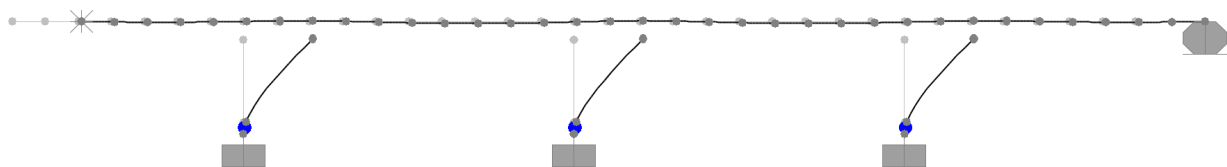
U podužnom pravcu nije došlo do pojave oštećenja, tj. plastifikacije pravougaonih poprečnih preseka u stubovima mosta. Ovakvo ponašanje je karakteristično i za modele sa neutegnutim i utegnutim poprečnim presećima bez obzira na način modeliranja plastičnih zglobova. U ovom slučaju se može zaključiti da je odgovor konstrukcije ostao u suštini linearno-elastičan.

U poprečnom pravcu, pri dostignutom ciljnom pomeranju, dolazi do plastifikacije samo u srednjem stubu i kod neutegnutih i utegnutih poprečnih preseća. Međutim, i u ovom slučaju nisu dostignuti maksimalni momenti i dilatacije koje preseći mogu da prihvate.

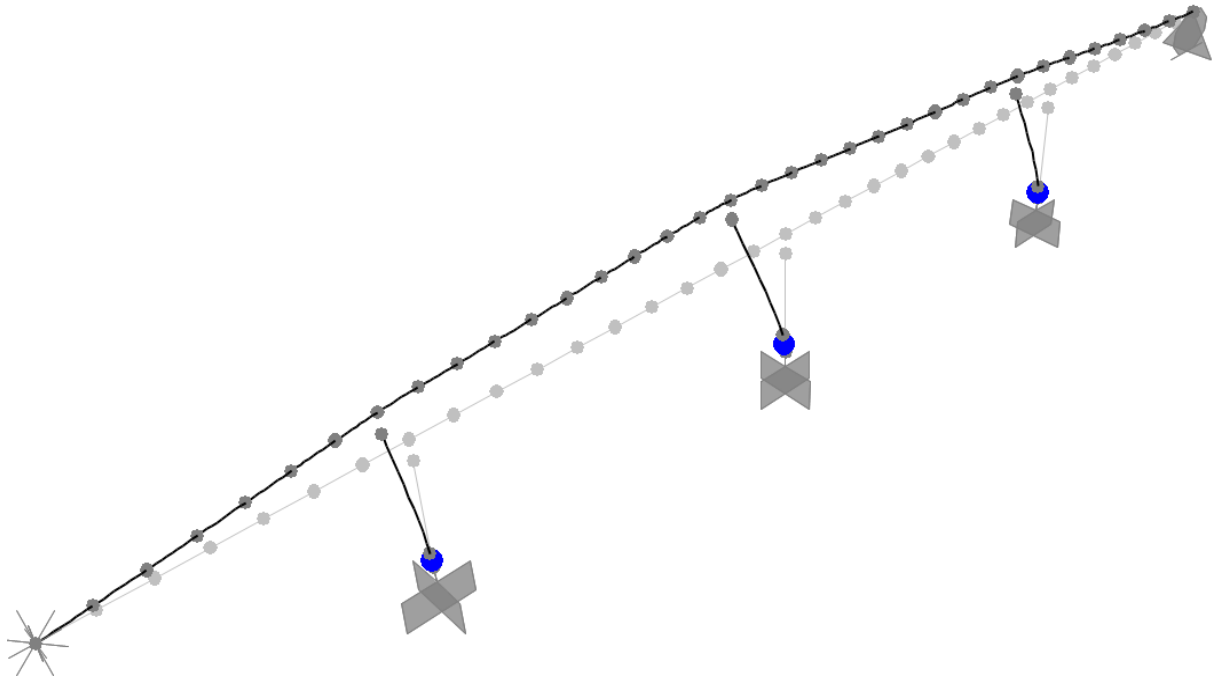
- „I“ poprečni preseći stubova



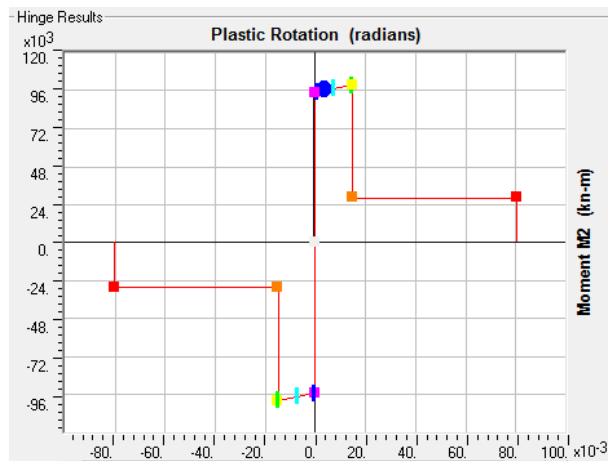
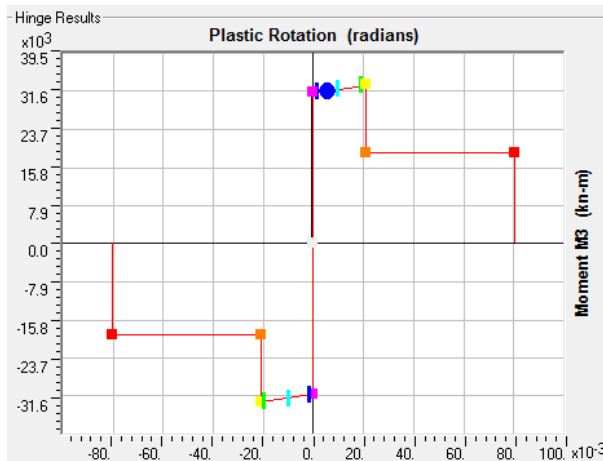
Slika 4-75. „Pushover krive“ – podužni i poprečni pravac – V222 – neutegnuti „I“ preseći



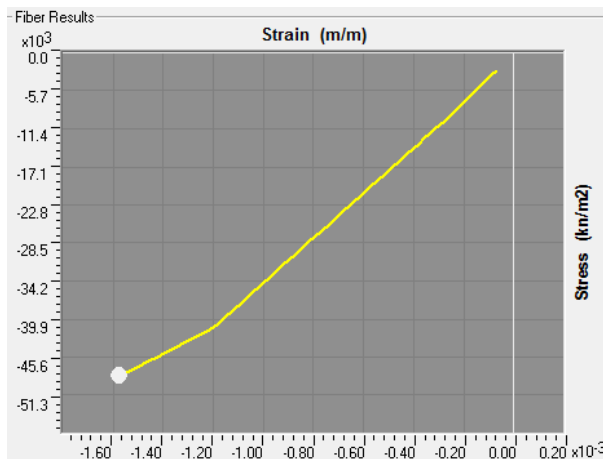
Slika 4-76. Podužni pravac – raspored plastičnih zglobova – V222 – neutegnuti „I“ preseći



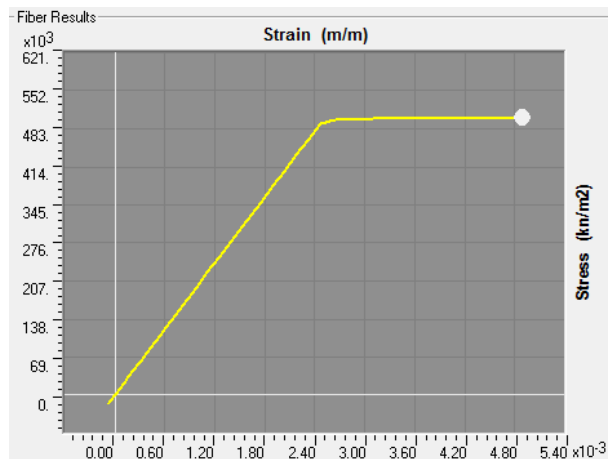
Slika 4-77. Poprečni pravac – raspored plastičnih zglobova – V222 – neutegnuti „I“ preseći



Slika 4-78. Podužni (levo) i poprečni (desno) pravac – V222 – neutegnuti „I“ preseći (PM2M3 zglob – srednji stub)

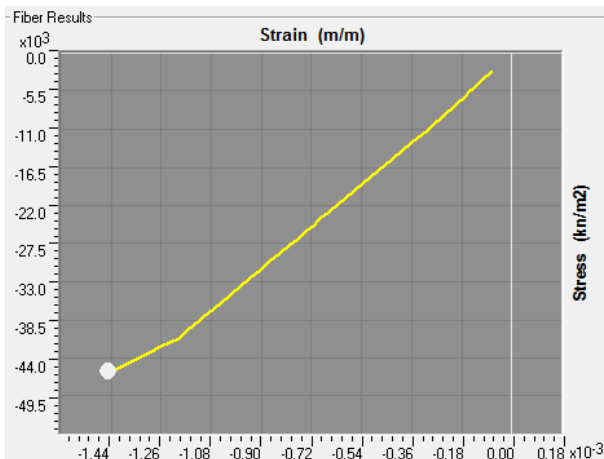


a) pritisak (beton)

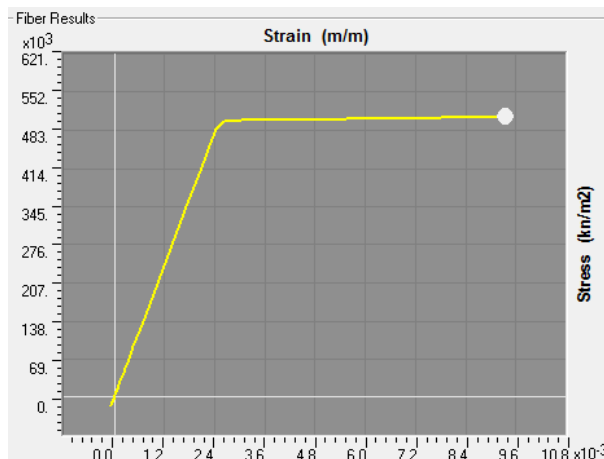


b) zatezanje (armatura)

Slika 4-79. Podužni pravac – V222 – neutegnuti „I“ preseći (vlaknasti model – srednji stub)

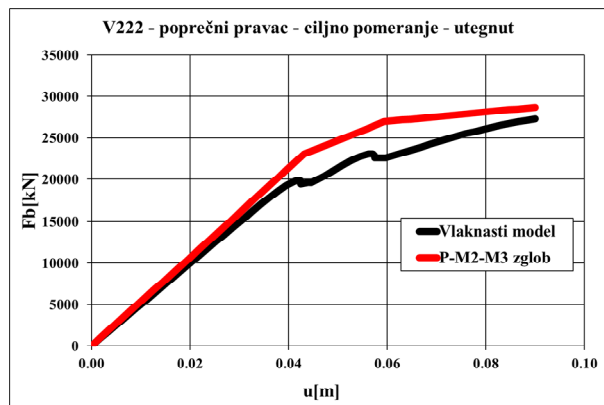
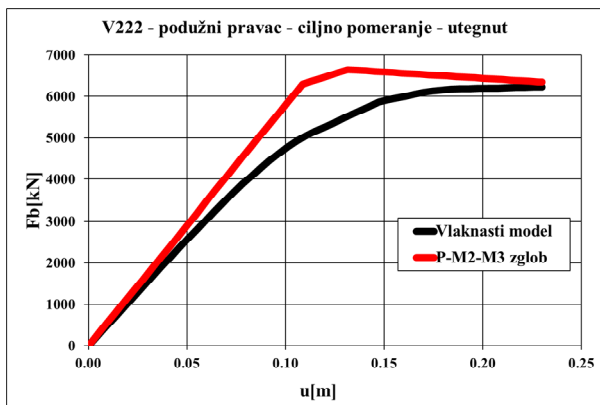


a) pritisak (beton)

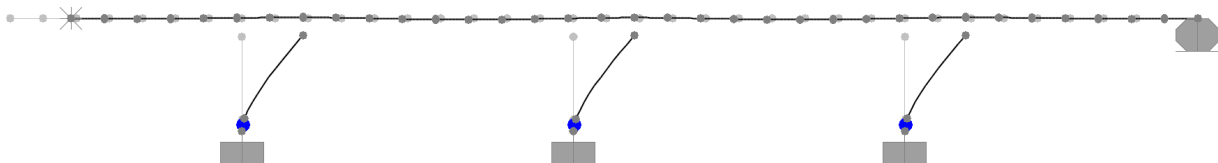


b) zatezanje (armatura)

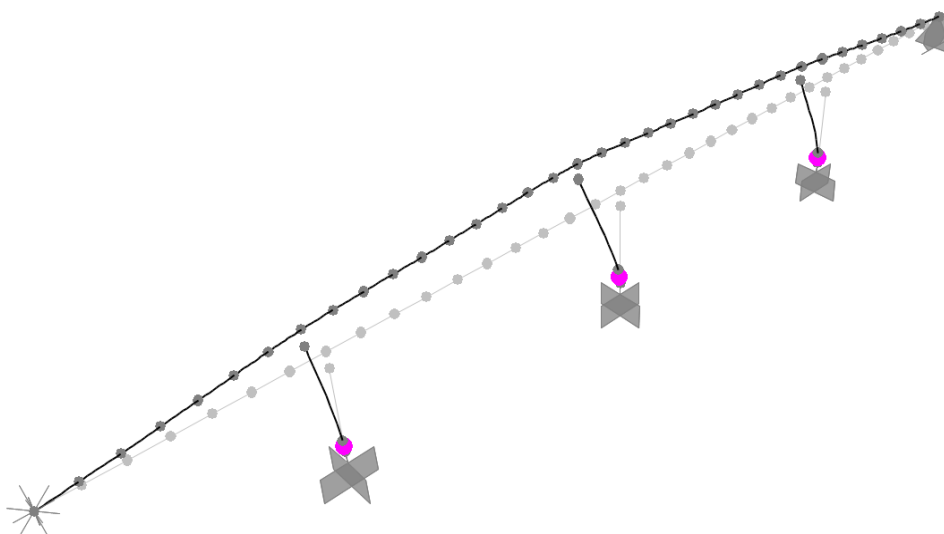
Slika 4-80. Poprečni pravac – V222 – neutegnuti „I“ preseći (vlaknasti model – srednji stub)



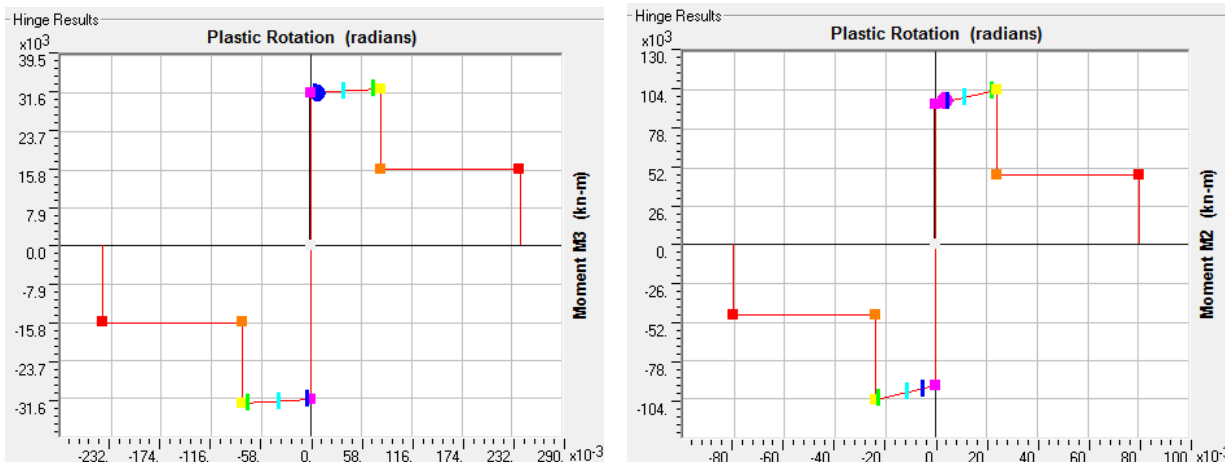
Slika 4-81. „Pushover krive“ – podužni i poprečni pravac – V222 – utegnuti „I“ preseći



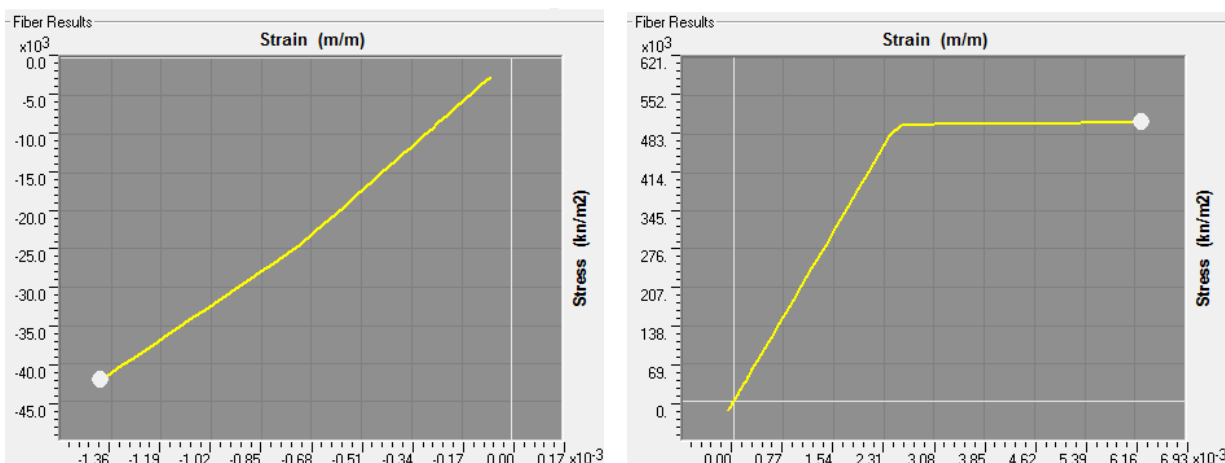
Slika 4-82. Podužni pravac – raspored plastičnih zglobova – V222 – utegnuti „I“ preseći



Slika 4-83. Poprečni pravac – raspored plastičnih zglobova – V222 – utegnuti „I“ preseći



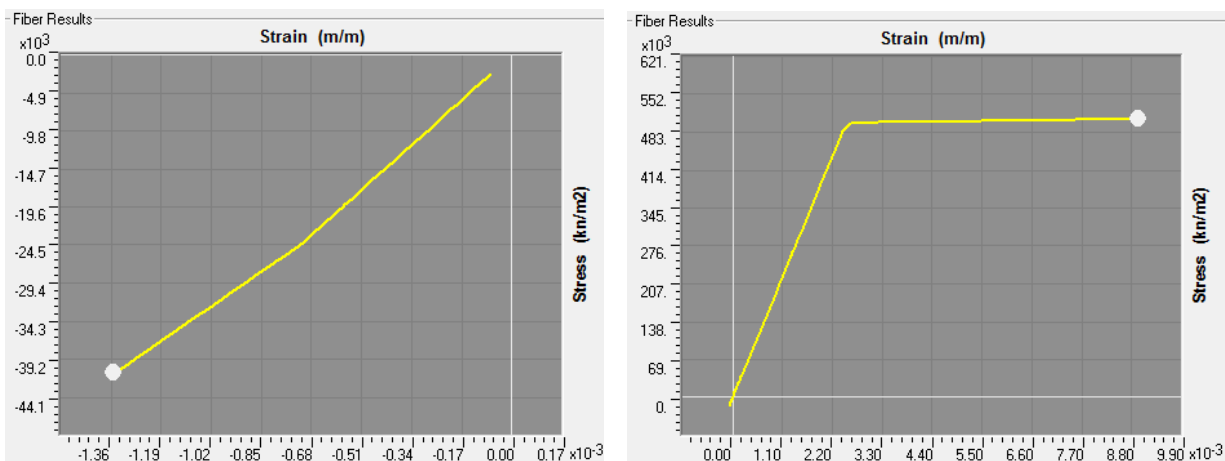
Slika 4-84. Podužni (levo) i poprečni (desno) pravac – V222 – utegnuti „I“ preseći (PM2M3 zglob – srednji stub)



a) pritisak (beton)

b) zatezanje (armatura)

Slika 4-85. Podužni pravac – V222 – utegnuti „I“ preseći (vlaknasti model – srednji stub)



a) pritisak (beton)

b) zatezanje (armatura)

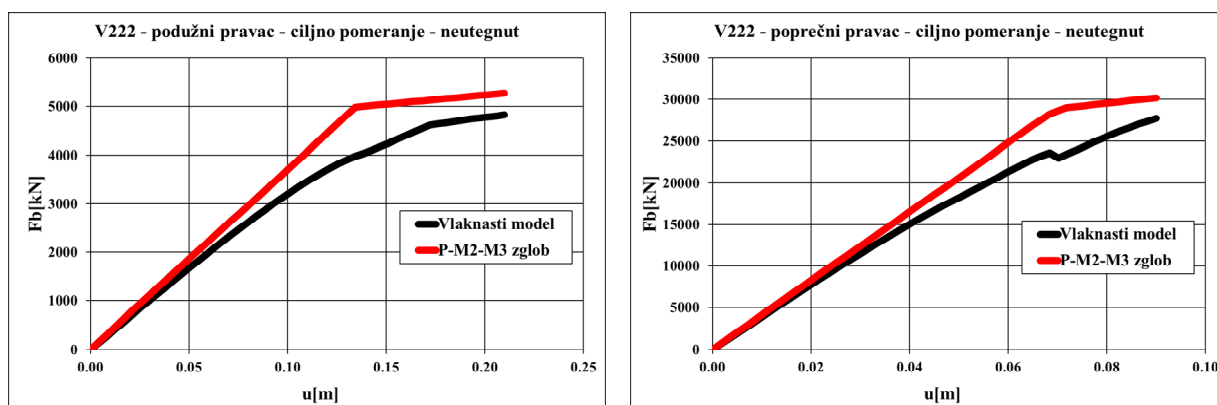
Slika 4-86. Poprečni pravac – V222 – utegnuti „I“ preseći (vlaknasti model – srednji stub)

Kod oba modela (sa plastičnim zglobovima definisanim na osnovu veze moment-krivina i vlaknastog modela), pri dostignutom ciljnom pomeranju u podužnom pravcu, dolazi do pojave plastifikacije u sva tri stuba. I u varijanti sa neutegnutim i sa utegnutim poprečnim presećima, pritisnuti deo betonskog preseka nije dostigao maksimalni napon. Za oba primenjena modela

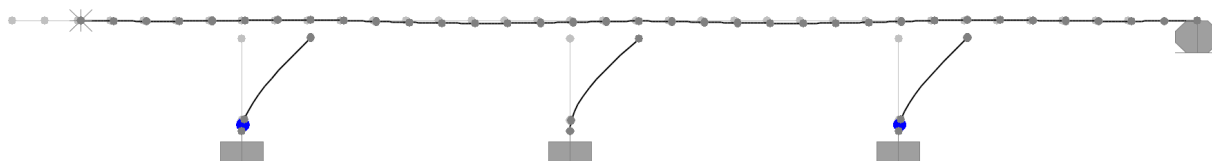
plastičnih zglobova maksimalne dilatacije u ivičnim vlaknima betona i armature nisu dostignute bez obzira na to da li su poprečni preseći utegnuti ili ne. Bez obzira na pojavu oštećenja u svim stubovima mosta, nije se formirao mehanizam loma jer nije dostignut kapacitet deformacija u kritičnim presecima.

U poprečnom pravcu, pri dostignutom ciljnom pomeranju, dolazi do plastifikacije u svim stubovima i kod modela sa neutegnutim i utegnutim poprečnim presecima, ali ni u jednoj varijanti nisu dostignuti maksimalni momenti i dilatacije koje kritični preseći mogu da prihvate.

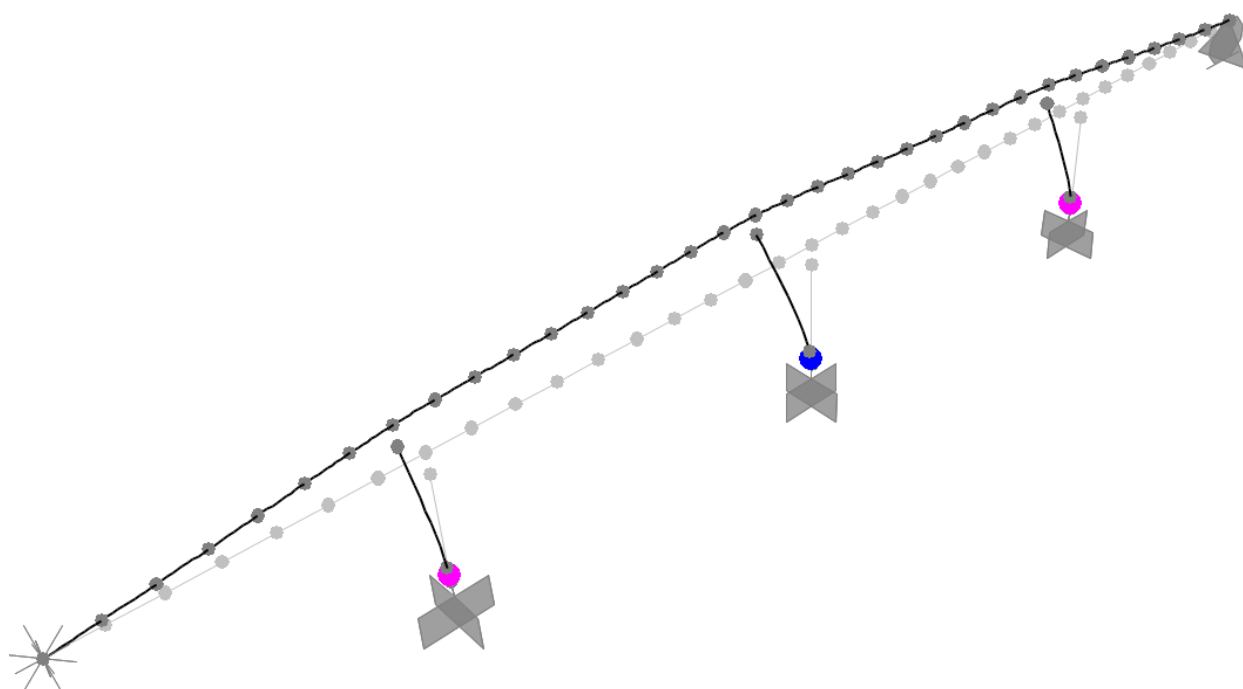
- „Kombinovani“ poprečni preseći stubova



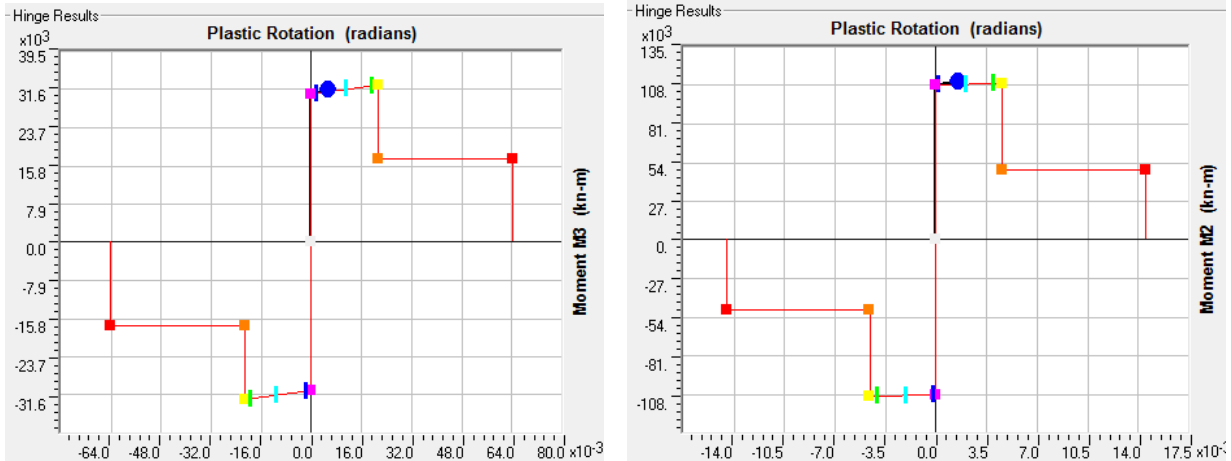
Slika 4-87. „Pushover krive“ – podužni i poprečni pravac – V222 – neutegnuti „kombinovani“ preseći



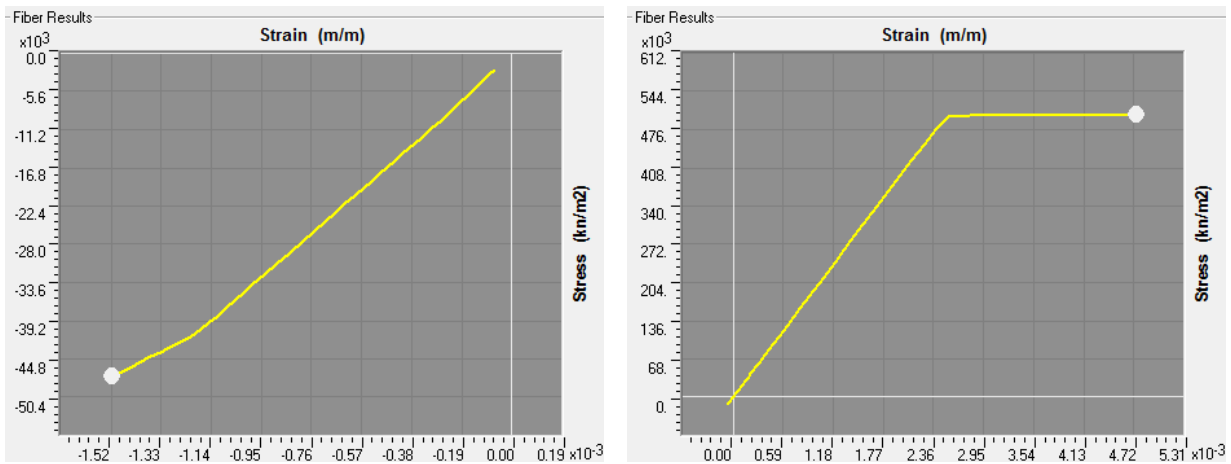
Slika 4-88. Podužni pravac – raspored plastičnih zglobova – V222 – neutegnuti „kombinovani“ preseći



Slika 4-89. Poprečni pravac – raspored plastičnih zglobova – V222 – neutegnuti „kombinovani“ preseći



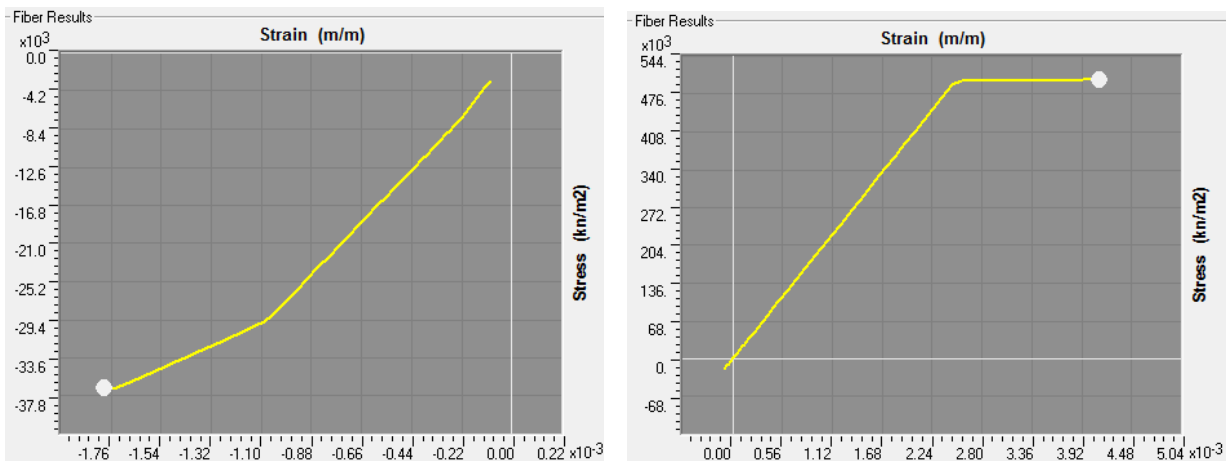
Slika 4-90. Podužni (levo) i poprečni (desno) pravac – V222 – neutegnuti „kombinovani“ preseći (PM2M3 zglob – levo – prvi stub i desno – drugi stub)



a) pritisak (beton)

b) zatezanje (armatura)

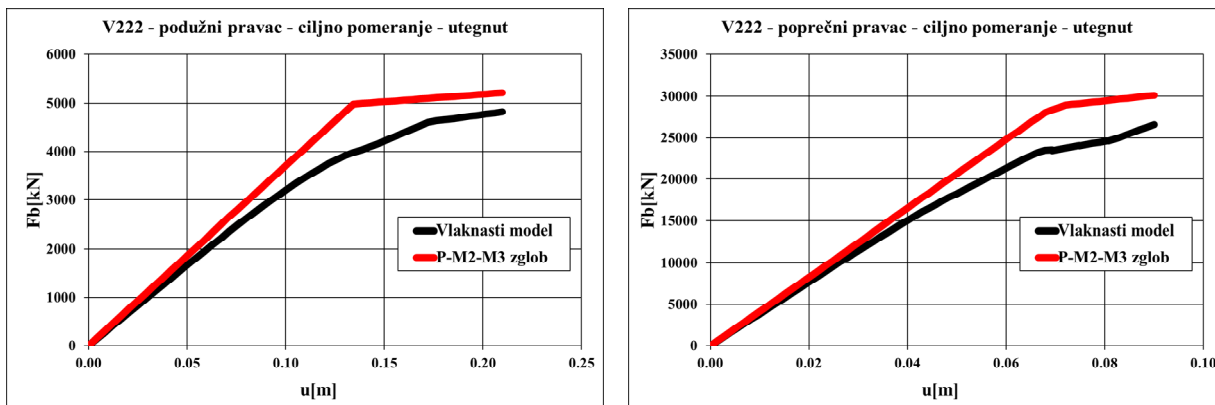
Slika 4-91. Podužni pravac – V222 – neutegnuti „kombinovani“ preseći (vlaknasti model – prvi stub)



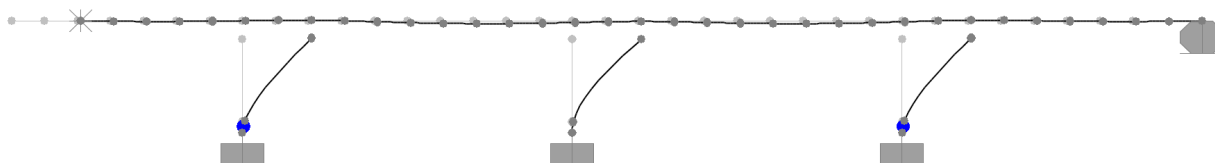
a) pritisak (beton)

b) zatezanje (armatura)

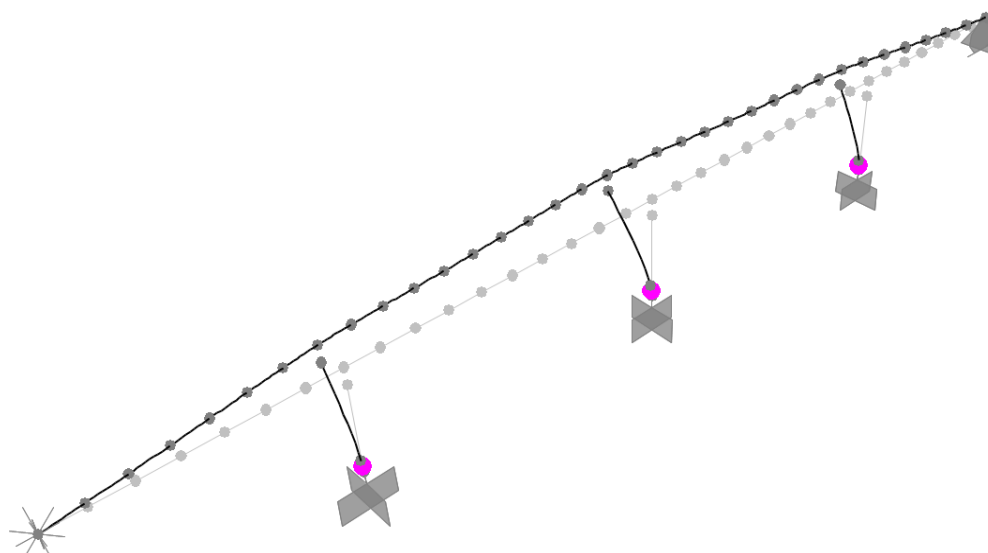
Slika 4-92. Poprečni pravac – V222 – neutegnuti „kombinovani“ preseći (vlaknasti model – srednji stub)



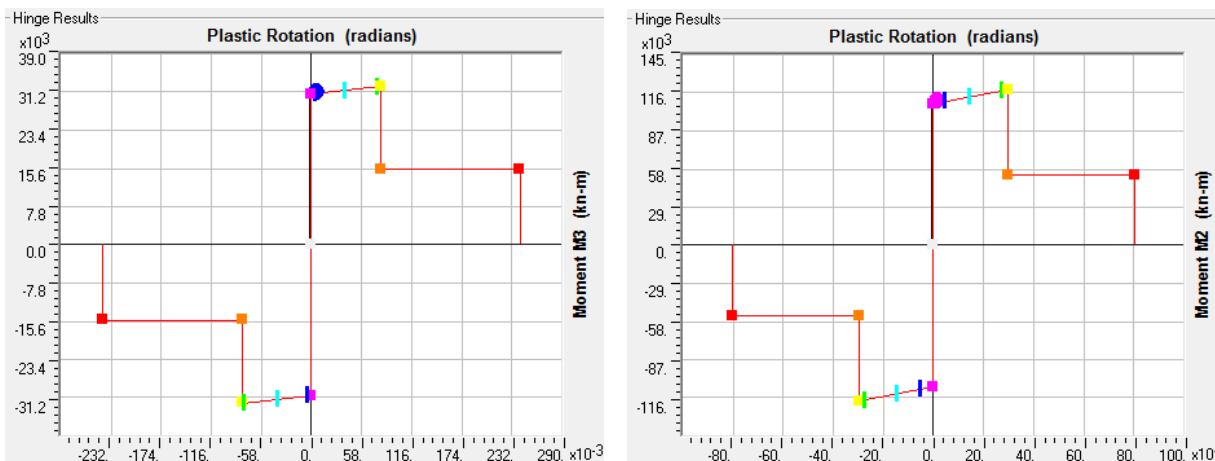
Slika 4-93. „Pushover krive“ – podužni i poprečni pravac – V222 – utegnuti „kombinovani“ preseći



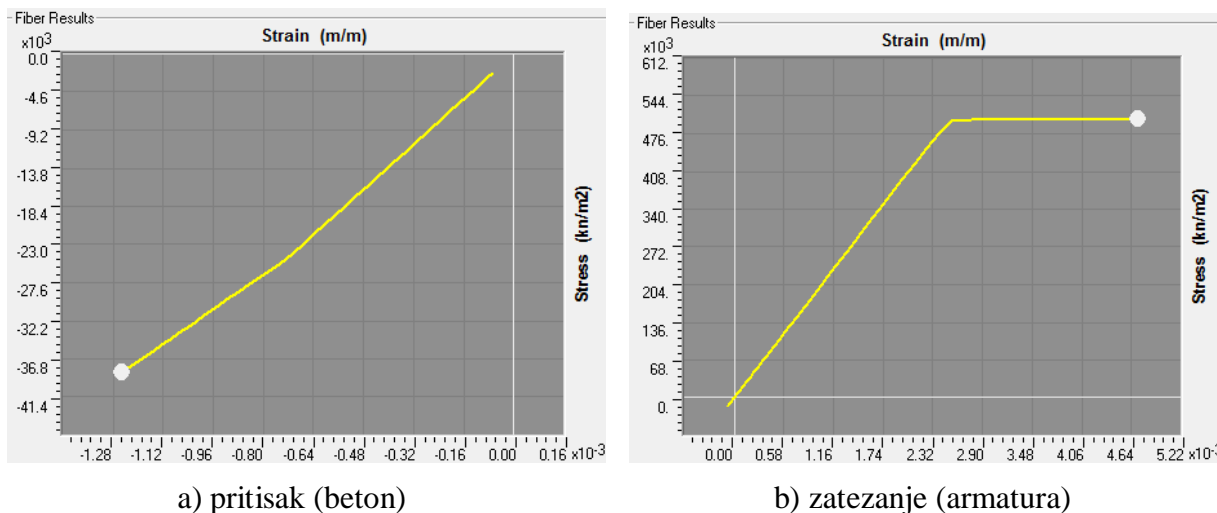
Slika 4-94. Podužni pravac – raspored plastičnih zglobova – V222 – utegnuti „kombinovani“ preseći



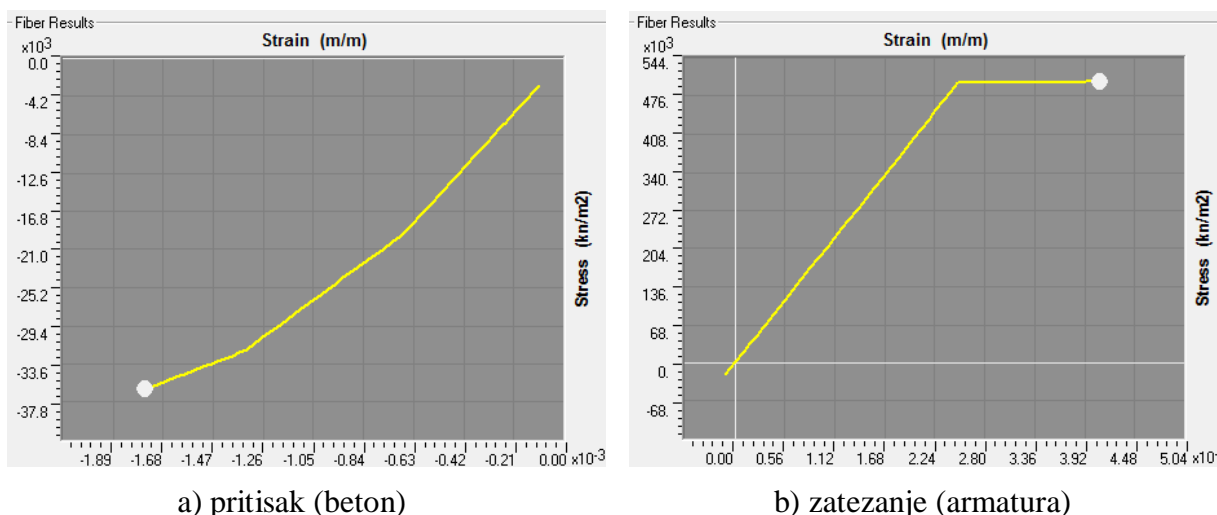
Slika 4-95. Poprečni pravac – raspored plastičnih zglobova – V222 – utegnuti „kombinovani“ preseći



Slika 4-96. Podužni (levo) i poprečni (desno) pravac – V222 – utegnuti „kombinovani“ preseći (PM2M3 zglob – levo – prvi stub i desno – drugi stub)



Slika 4-97. Podužni pravac – V222 – utegnuti „kombinovani“ preseći (vlaknasti model – prvi stub)



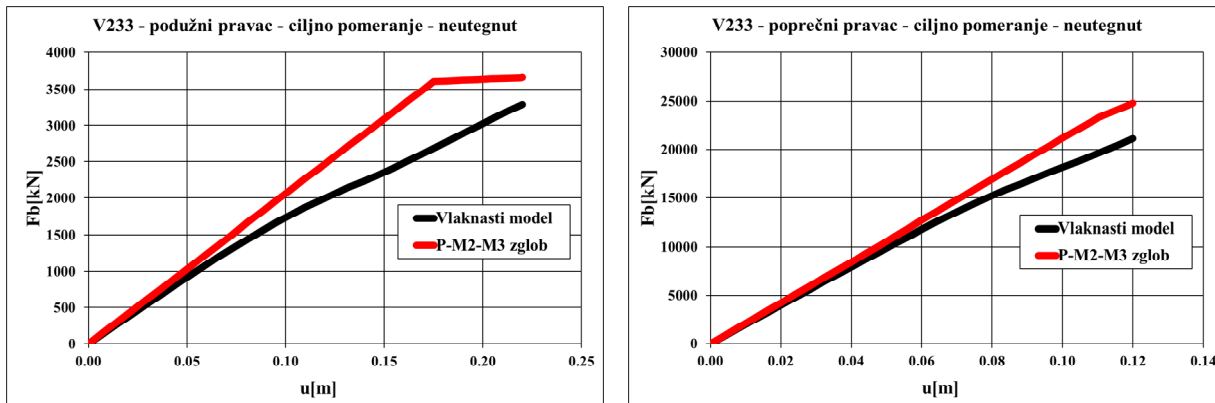
Slika 4-98. Poprečni pravac – V222 – utegnuti „kombinovani“ preseći (vlaknasti model – srednji stub)

Za podužni pravac seizmičkog dejstva dolazi do pojave nelinearnih deformacija u kritičnim presećima prvog i trećeg stuba, a ovakav odgovor je karakterističan za oba modela primenjenih plastičnih zglobova i oba načina utezanja. U obe varijante utezanja u pritisnutim delovima betonskog preseka nije dostigut maksimalni napon. Takođe, maksimalne dilatacije u ivičnim vlaknima betona i armature nisu dostignute. Na osnovu ovakvog stanja i rasporeda nelinearnih deformacija, može se zaključiti da konstrukcija nije dostigla stanje kolapsa.

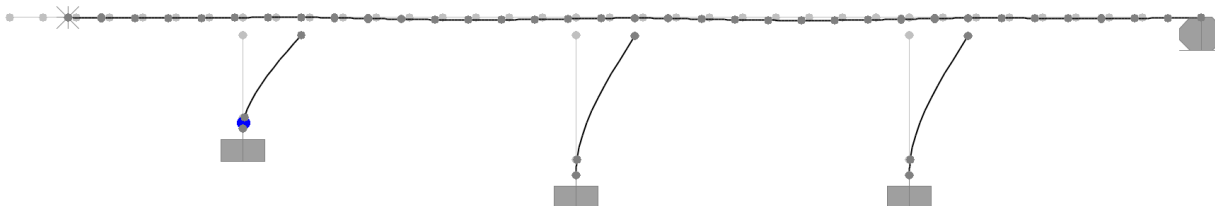
U poprečnom pravcu dolazi do pojave nelinearnih deformacija u sva tri stuba, za sve varijante analiziranih modela plastičnih zglobova i načina utezanja. Međutim, ni u jednom slučaju nije dostignut kapacitet deformacija u kritičnim presećima.

4.4.4. Nelinearna statička analiza za ciljno pomeranje varijante V233

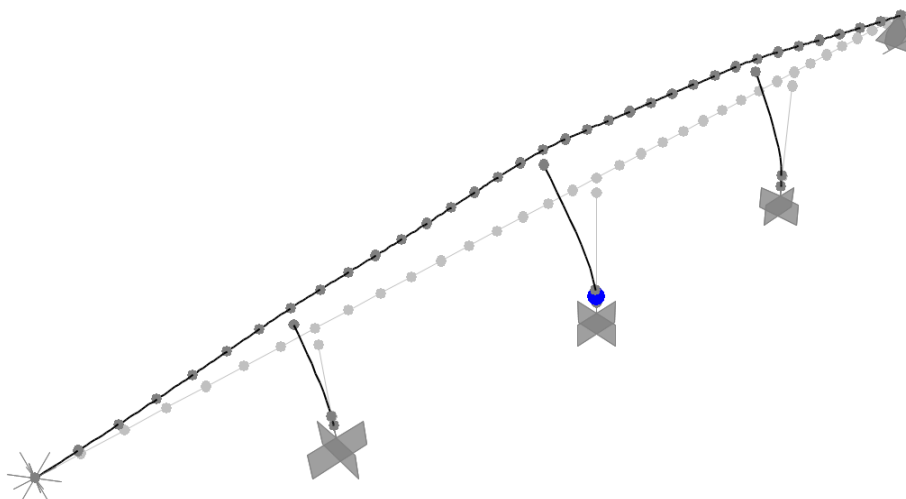
Na slikama 4-99 do 4-110 su prikazani karakteristični rezultati nelinearne statičke analize za varijantu mosta V233 pri dostignutom ciljnom pomeranju u podužnom i poprečnom pravcu. Posebno su prikazani rezultati za modele sa neutegnutim i utegnutim poprečnim presećima i plastičnim zglobovima definisanim preko veze moment-krivina i vlaknastim plastičnim zglobovima.



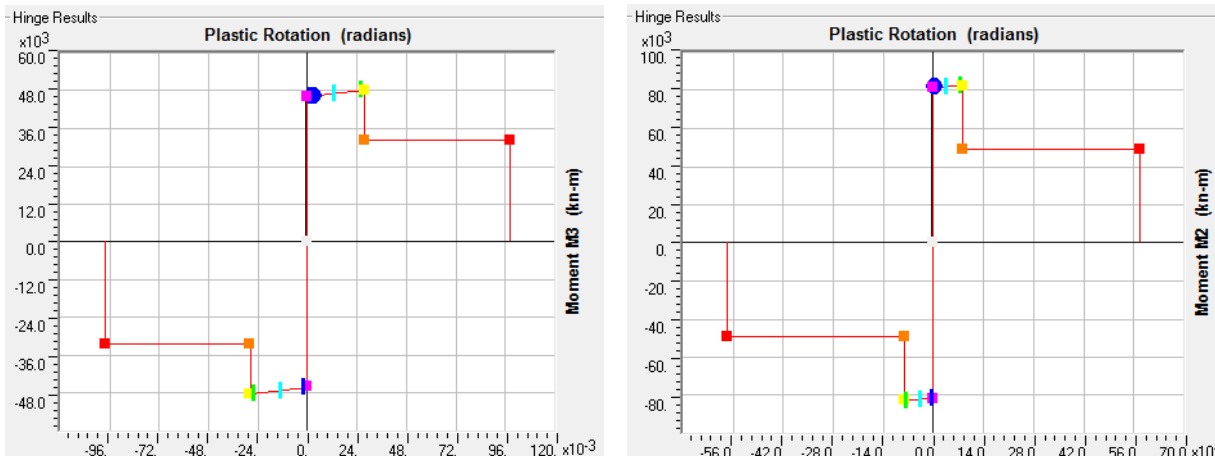
Slika 4-99. „Pushover krive“ – podužni i poprečni pravac – V233 – neutegnuti pravougaoni presecci



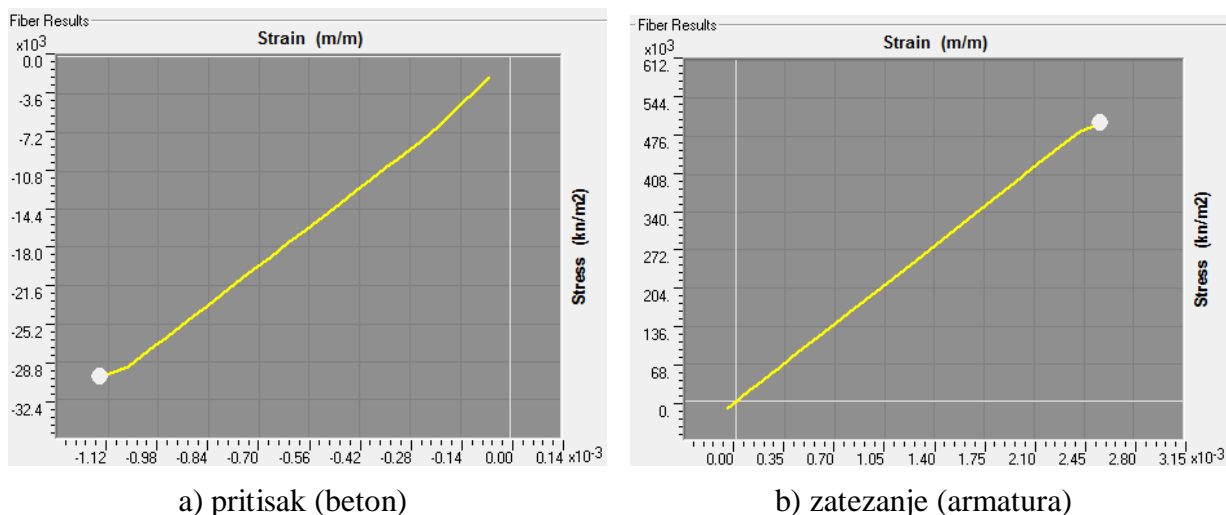
Slika 4-100. Podužni pravac – raspored plastičnih zglobova – V233 – neutegnuti pravougaoni presecci



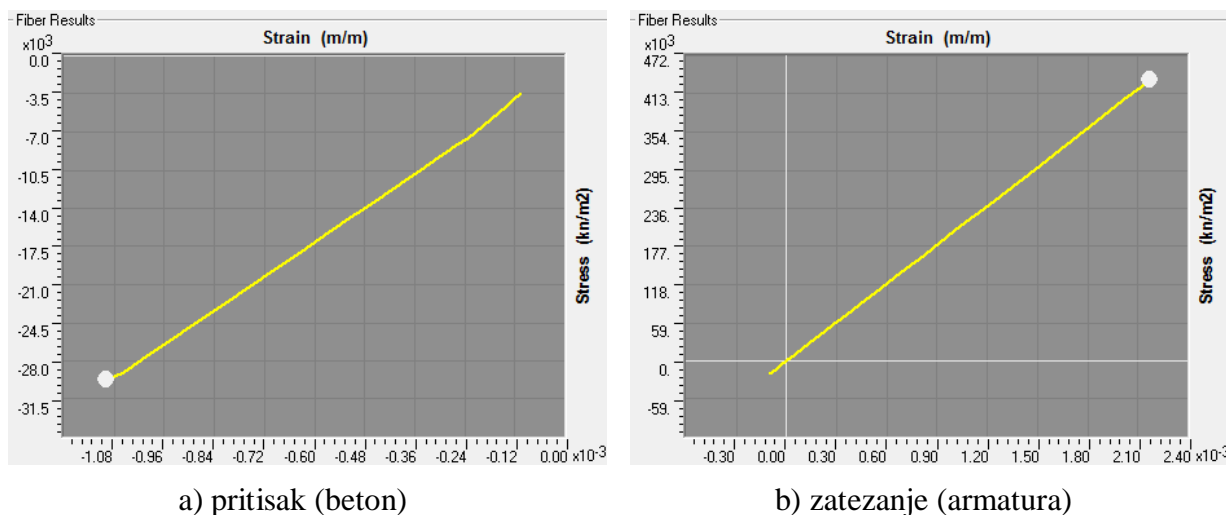
Slika 4-101. Poprečni pravac – raspored plastičnih zglobova – V233 – neutegnuti pravougaoni presecci



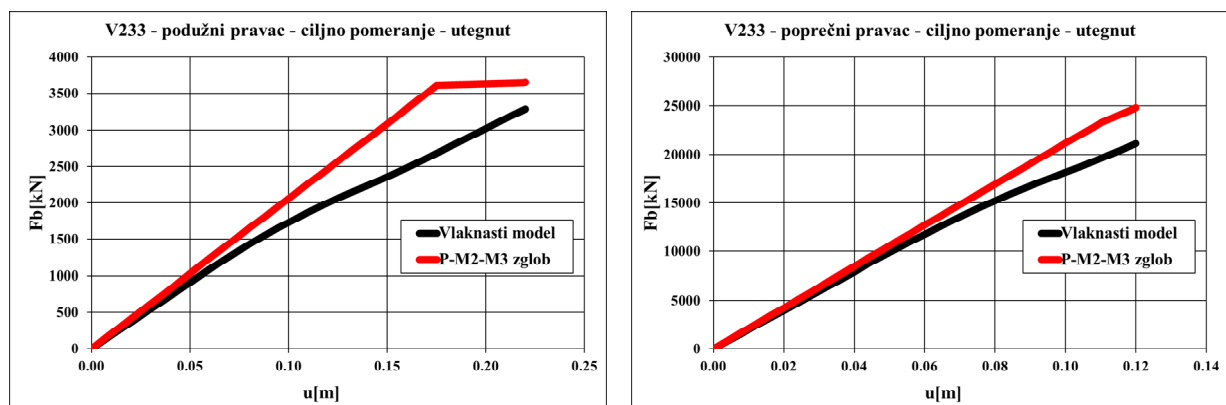
Slika 4-102. Podužni (levo) i poprečni (desno) pravac – V233 – neutegnuti pravougaoni presecci (PM2M3 zglob – levo – prvi stub i desno – drugi stub)



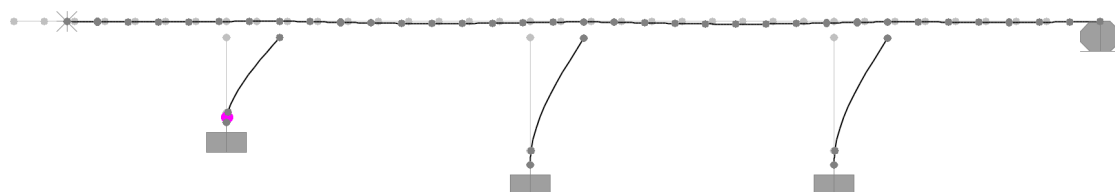
Slika 4-103. Podužni pravac – V233 – neutegnuti pravougaoni preseći (vlaknasti model – prvi stub)



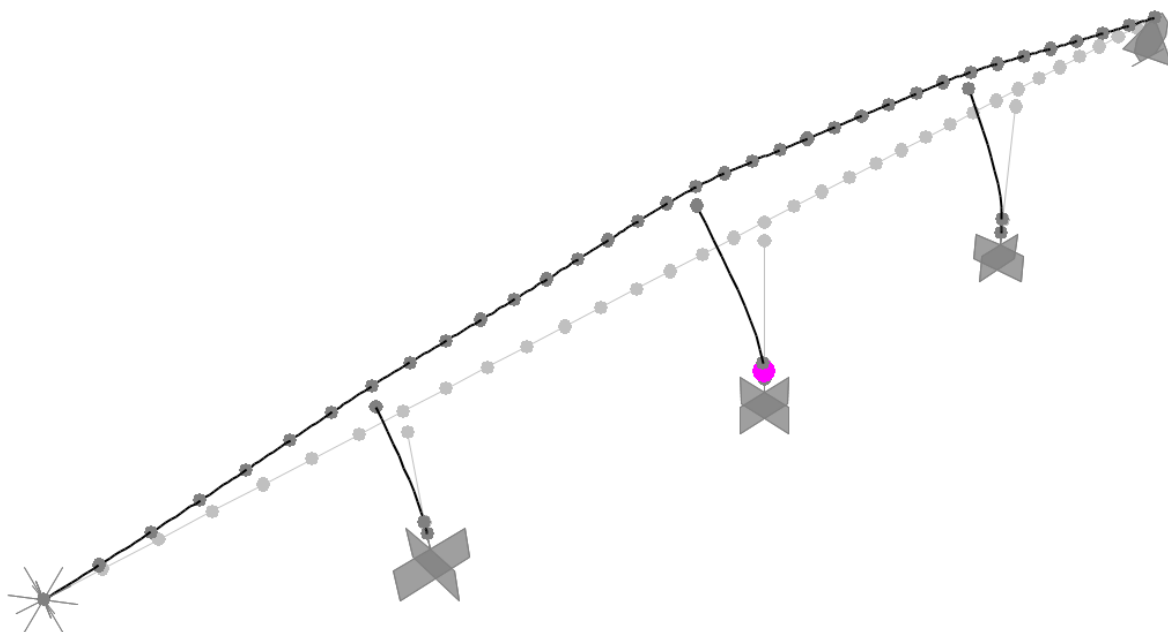
Slika 4-104. Poprečni pravac – V233 – neutegnuti pravougaoni preseći (vlaknasti model – srednji stub)



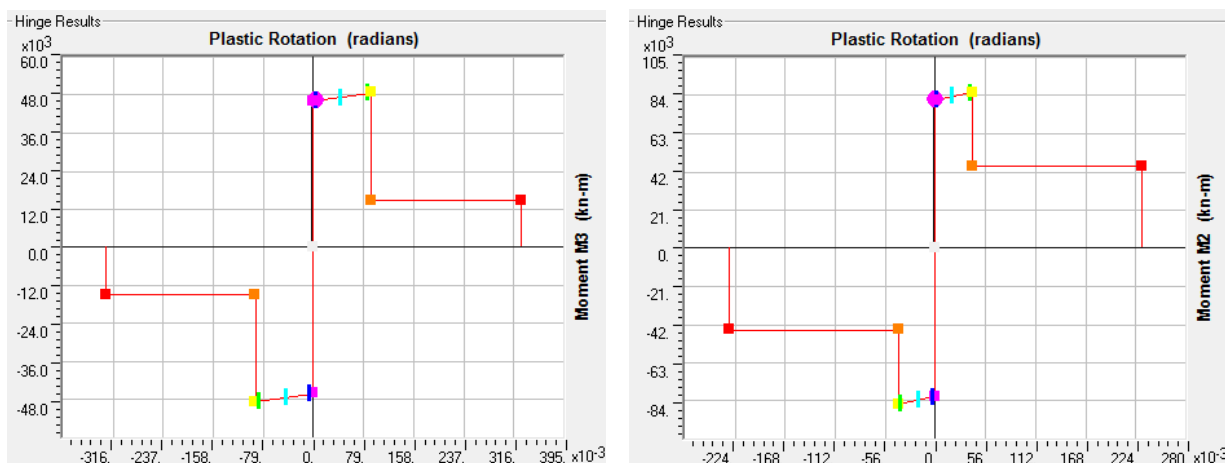
Slika 4-105. „Pushover krive“ – podužni i poprečni pravac – V233 – utegnuti pravougaoni preseći



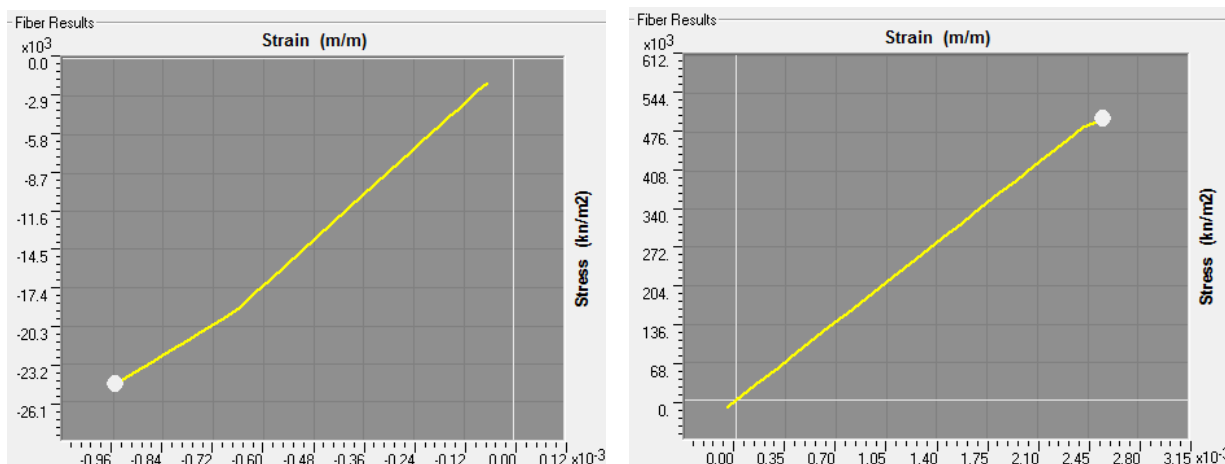
Slika 4-106. Podužni pravac – raspored plastičnih zglobova – V233 – utegnuti pravougaoni preseći



Slika 4-107. Poprečni pravac – raspored plastičnih zglobova – V233 – utegnuti pravougaoni preseći



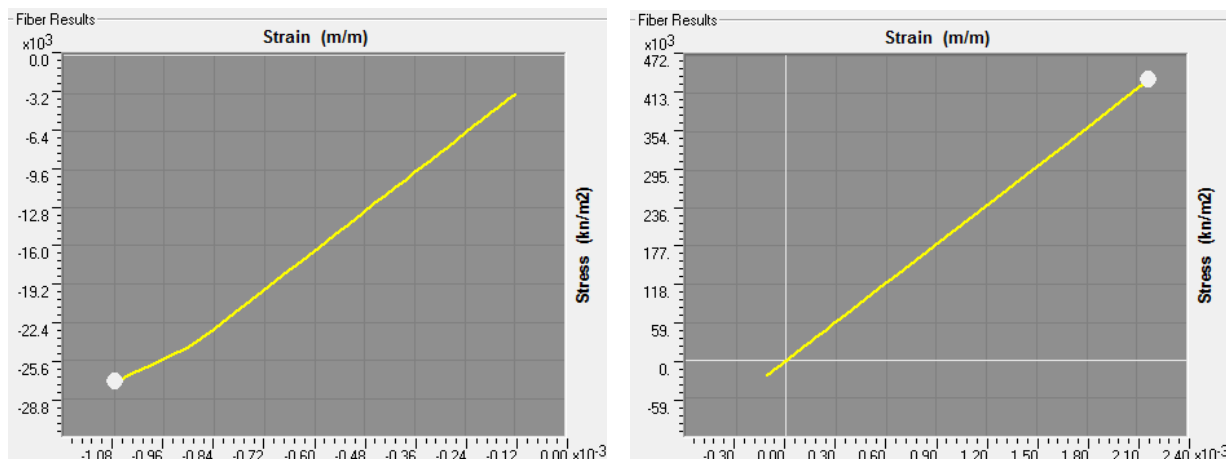
Slika 4-108. Podužni (levo) i poprečni (desno) pravac – V233 – utegnuti pravougaoni preseći (PM2M3 zglob – levo – prvi stub i desno – drugi stub)



a) pritisak (beton)

b) zatezanje (armatura)

Slika 4-109. Podužni pravac – V233 – utegnuti pravougaoni preseći (vlaknasti model – prvi stub)



a) pritisak (beton)

b) zatezanje (armatura)

Slika 4-110. Poprečni pravac – V233 – utegnuti pravougaoni preseci (vlaknasti model – srednji stub)

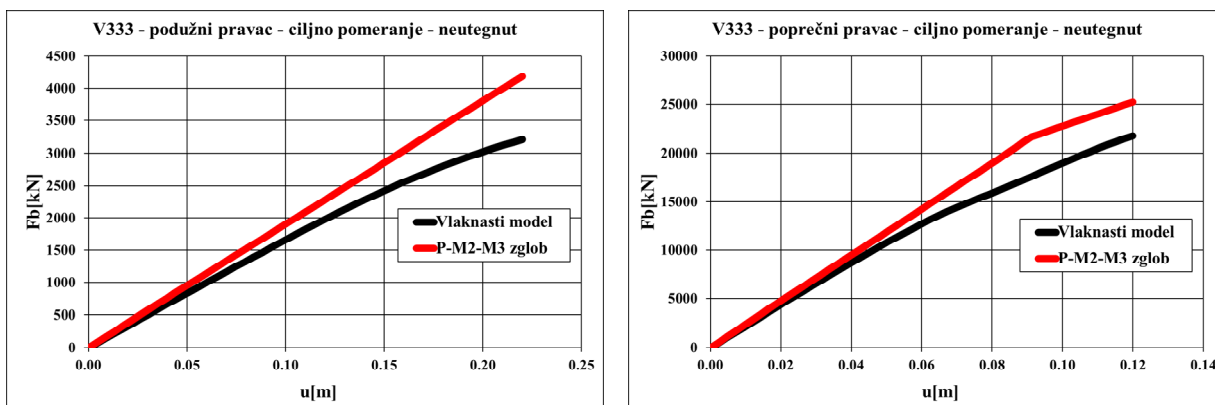
Do pojave oštećenja u podužnom pravcu dolazi samo u kritičnim presecima prvog stuba, za obe varijante primenjenih modela plastičnih zglobova, bez obzira na to da li su preseci utegnuti ili ne. Na pritisnutoj ivici betonskog dela preseka nije dostignut maksimalni napon. Takođe, maksimalne dilatacije u ivičnim vlaknima betona i armature nisu dostignute. Na osnovu rasporeda i ostvarenog nivoa nelinearnih deformacija (a time i oštećenja), može se zaključiti da konstrukcija ne dolazi u stanje loma. Ovakvo ponašanje je karakteristično i kod modela sa neutegnutim i kod modela sa utegnutim poprečnim preseccima.

U poprečnom pravcu je pri dostignutom ciljnom pomeranju kod modela sa plastičnim zglobovima definisanim preko veze moment-krivina došlo do plastifikacije samo u srednjem stubu i u slučaju neutegnutih i utegnutih poprečnih preseka, ali nisu dostignuti maksimalni momenti i dilatacije koje preseccima mogu da prihvate. Za razliku od prethodnog odgovora, kod modela sa vlaknastim plastičnim zglobovima, pri dostignutom ciljnom pomeranju, ne dolazi do plastifikacije u srednjem stubu. Dostignuti naponi u armaturi na zatagenuj ivici su za 13 % manji od napona na granici tečenja. Ovakva razlika u ponašanju je posledica činjenice da je pri dostignutom ciljnom pomeranju kod modela sa plastičnim zglobovima definisanim na osnovu veze moment-krivina, praktično dostignut nivo granice tečenja bez značajnijeg razvoja nelinearnih deformacija, dok se kod vlaknastog modela pri istom nivou horizontalnog pomeranja ostvaruju manje vrednosti momenata savijanja tako da dilatacije u zategnutoj armaturi nisu dostigle granicu tečenja.

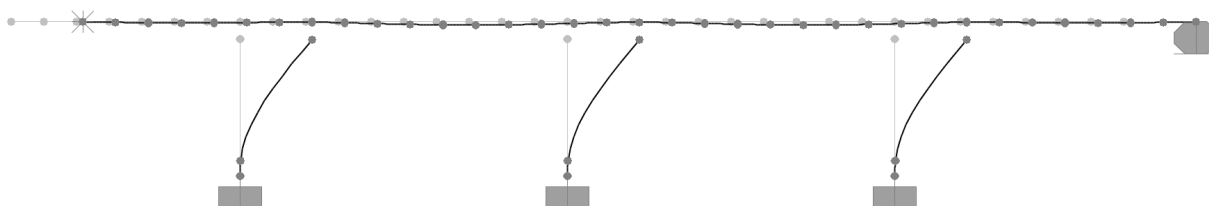
4.4.5. Nelinearna statička analiza za ciljno pomeranje varijante V333

Rezultati nelinearne statičke analize, kod varijanti sa neutegnutim i utegnutim poprečnim preseccima i za modele sa plastičnim zglobovima definisanim preko veze moment-krivina i vlaknastim plastičnim zglobovima, su prikazani na slikama 4-111 do 4-146 za kombinaciju dužina stubova V333.

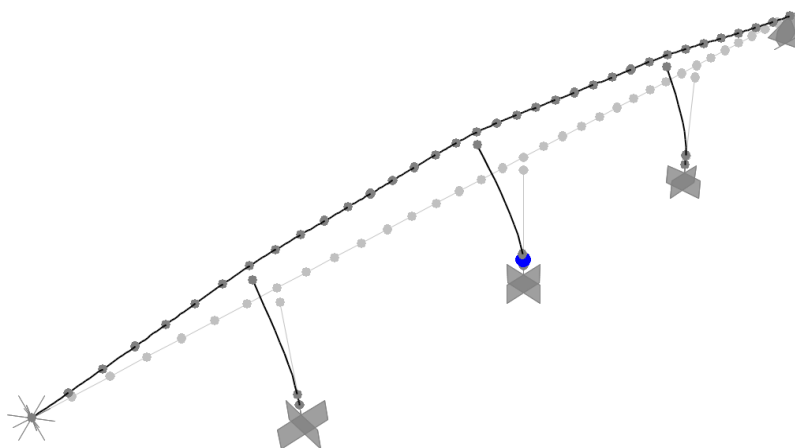
- Pravougaoni poprečni preseći stubova



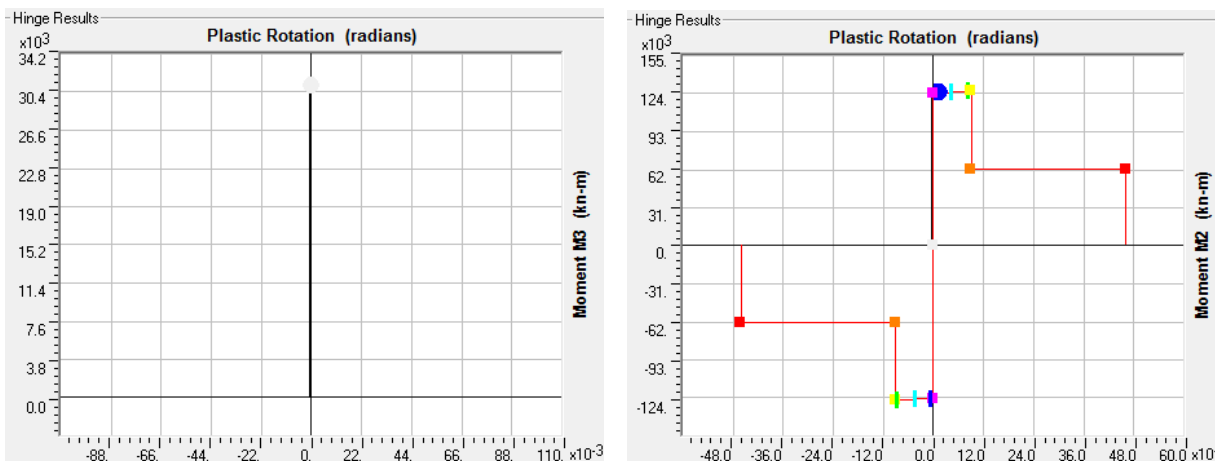
Slika 4-111. „Pushover krive“ – podužni i poprečni pravac – V333 – neutegnuti pravougaoni preseći



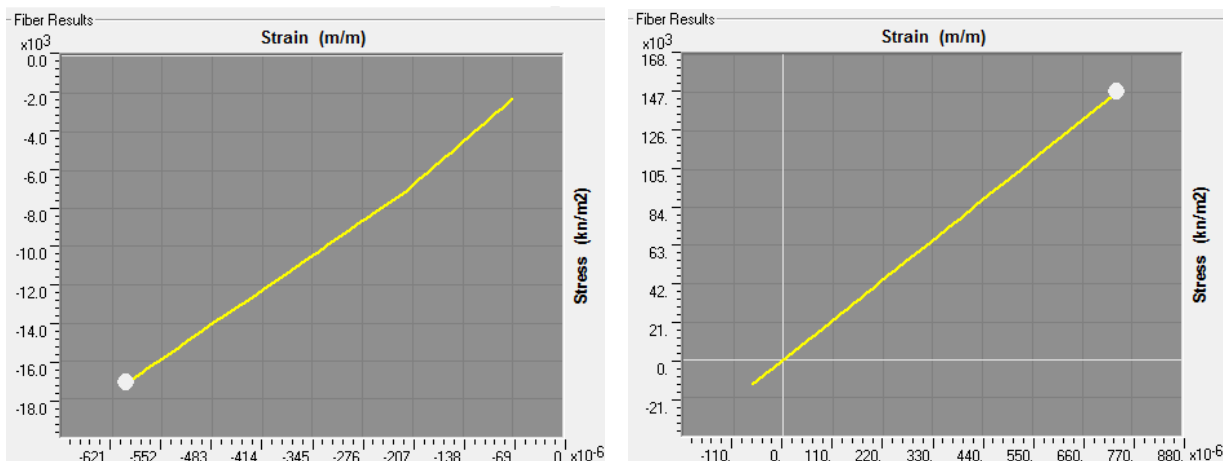
Slika 4-112. Podužni pravac – raspored plastičnih zglobova – V333 – neutegnuti pravougaoni preseći



Slika 4-113. Poprečni pravac – raspored plastičnih zglobova – V333 – neutegnuti pravougaoni preseći



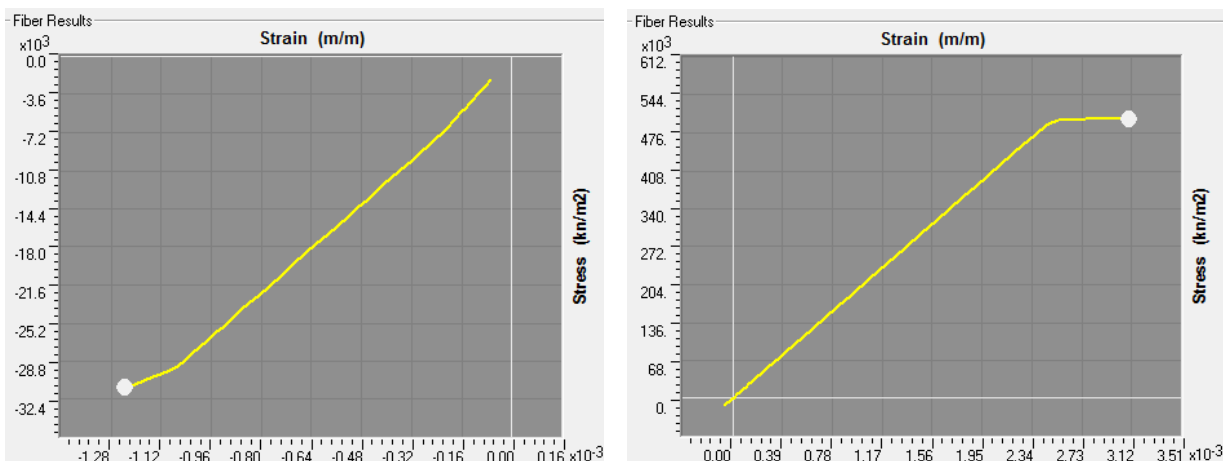
Slika 4-114. Podužni (levo) i poprečni (desno) pravac – V333 – neutegnuti pravougaoni preseći (PM2M3 zglob – srednji stub)



a) pritisak (beton)

b) zatezanje (armatura)

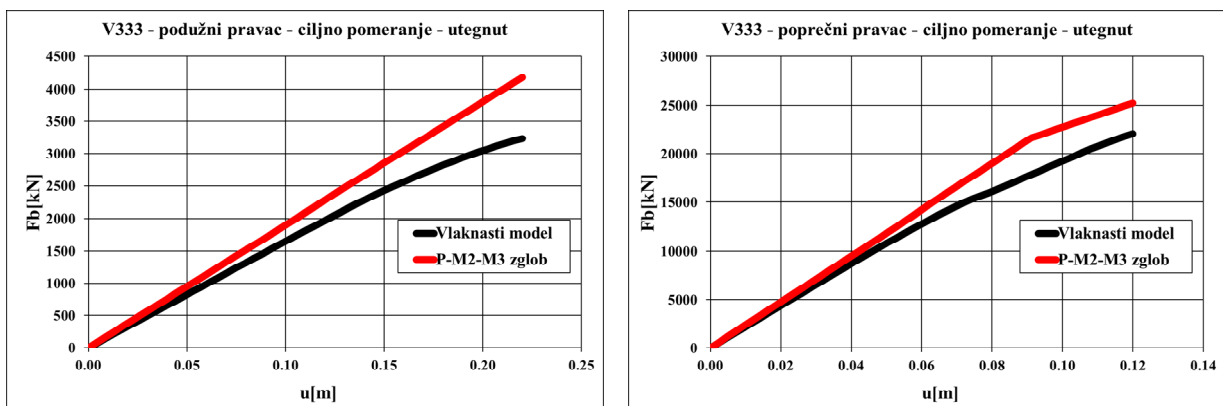
Slika 4-115. Podužni pravac – V333 – neutegnuti pravougaoni preseći (vlaknasti model – srednji stub)



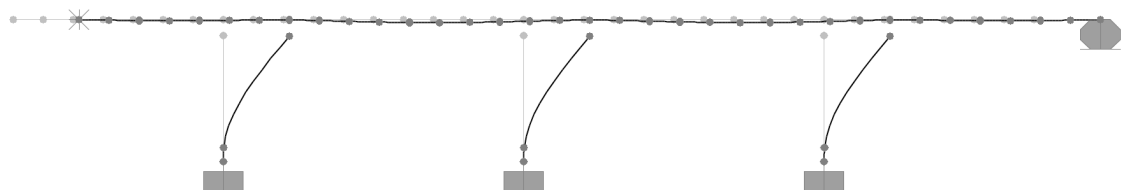
a) pritisak (beton)

b) zatezanje (armatura)

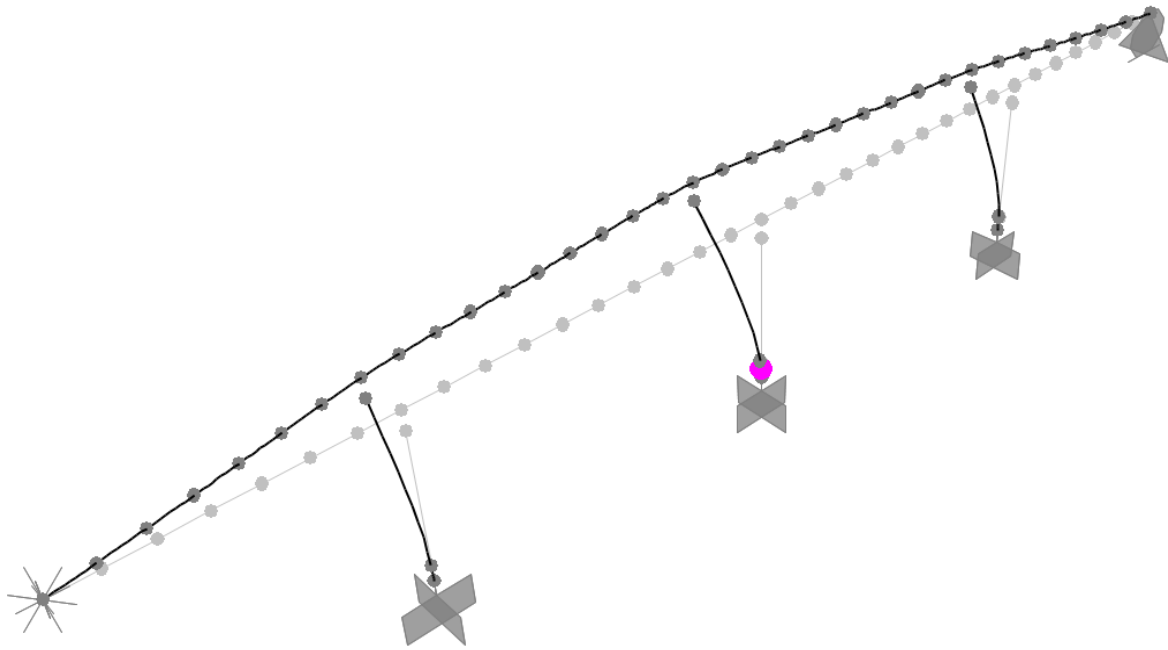
Slika 4-116. Poprečni pravac – V333 – neutegnuti pravougaoni preseći (vlaknasti model – srednji stub)



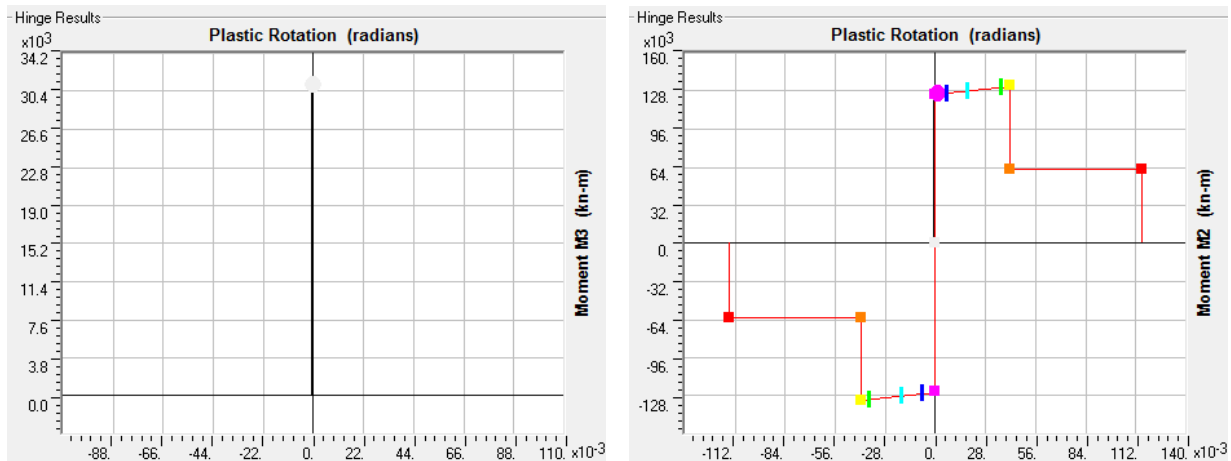
Slika 4-117. „Pushover krive“ – podužni i poprečni pravac – V333 – utegnuti pravougaoni preseći



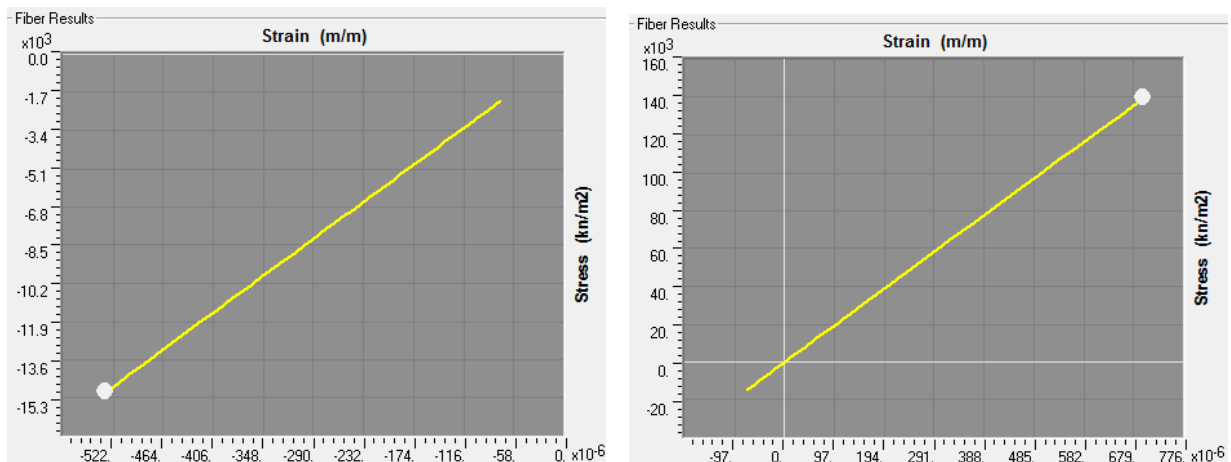
Slika 4-118. Podužni pravac – raspored plastičnih zglobova – V333 – utegnuti pravougaoni preseći



Slika 4-119. Poprečni pravac – raspored plastičnih zglobova – V333 – utegnuti pravougaoni preseći



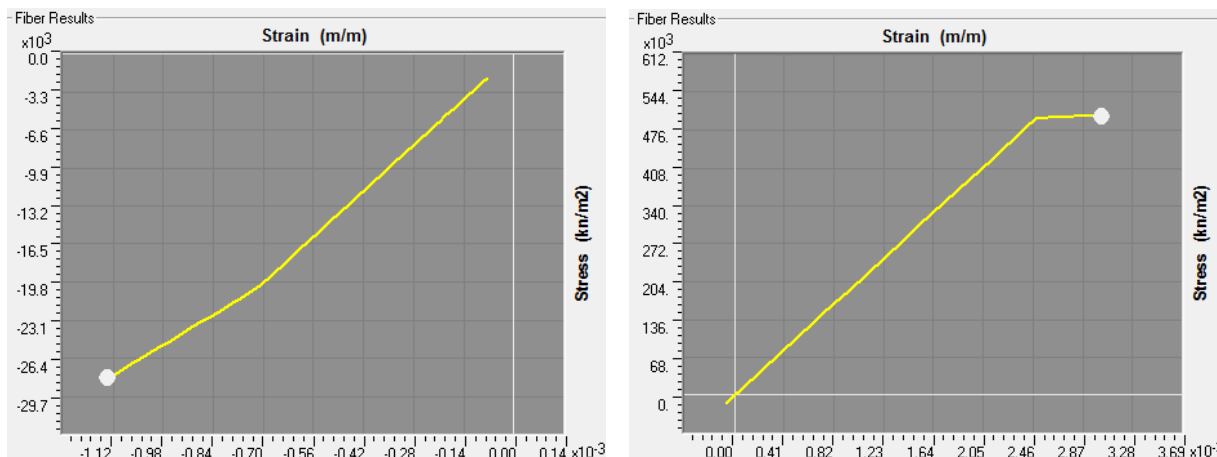
Slika 4-120. Podužni (levo) i poprečni (desno) pravac – V333 – utegnuti pravougaoni preseći (PM2M3 zglob – srednji stub)



a) pritisak (beton)

b) zatezanje (armatura)

Slika 4-121. Podužni pravac – V333 – utegnuti pravougaoni preseći (vlaknasti model – srednji stub)



a) pritisak (beton)

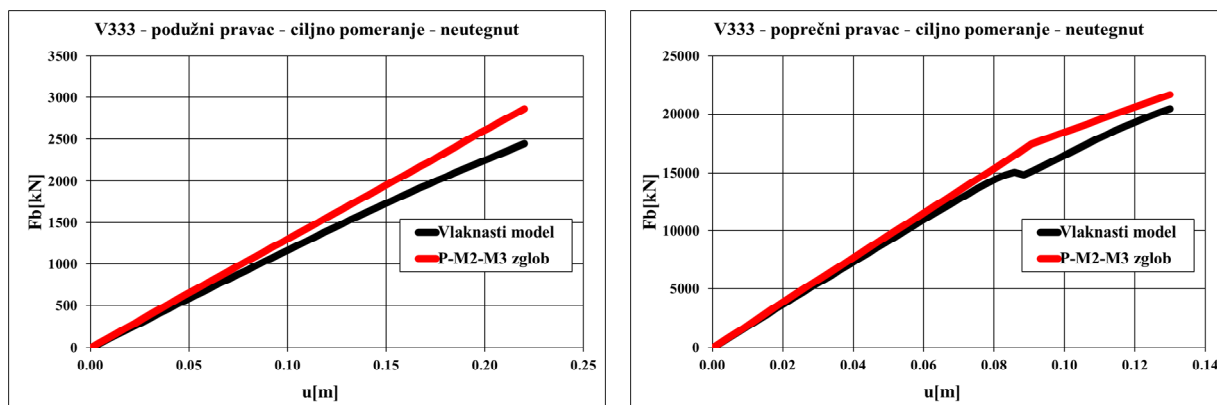
b) zatezanje (armatura)

Slika 4-122. Poprečni pravac – V333 – utegnuti pravougaoni preseci (vlaknasti model – srednji stub)

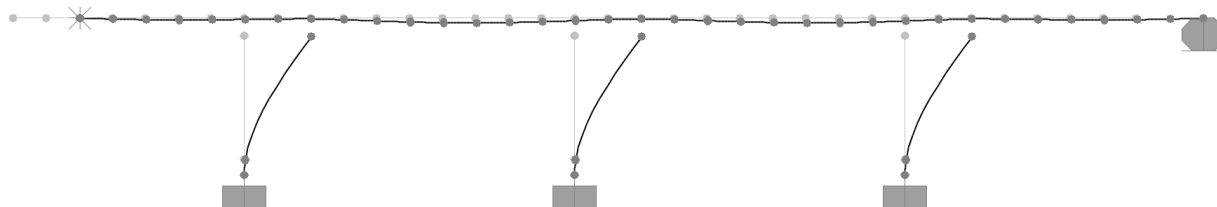
Na osnovu dobijenih rezultata analize u podužnom pravcu se može zaključiti da je zbog izostanka pojave oštećenja, tj. dostizanja granice tečenja u kritičnim presecima stubova mosta, odgovor sistema ostao praktično u linearno-elastičnoj oblasti.

U poprečnom pravcu je pri dostignutom ciljnom pomeranju došlo do plastifikacije samo u srednjem stubu i kod modela sa neutegnutim i sa utegnutim presecima. U oba slučaja nisu dostignuti maksimalni momenti i dilatacije koje kritični preseci mogu da prihvate.

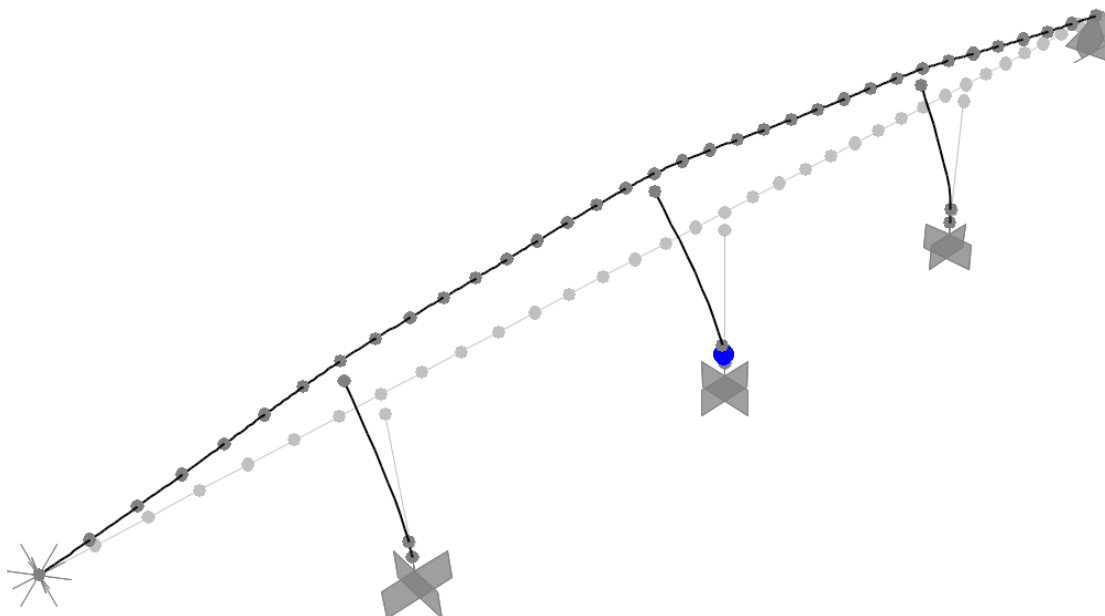
- „I“ poprečni preseci stubova



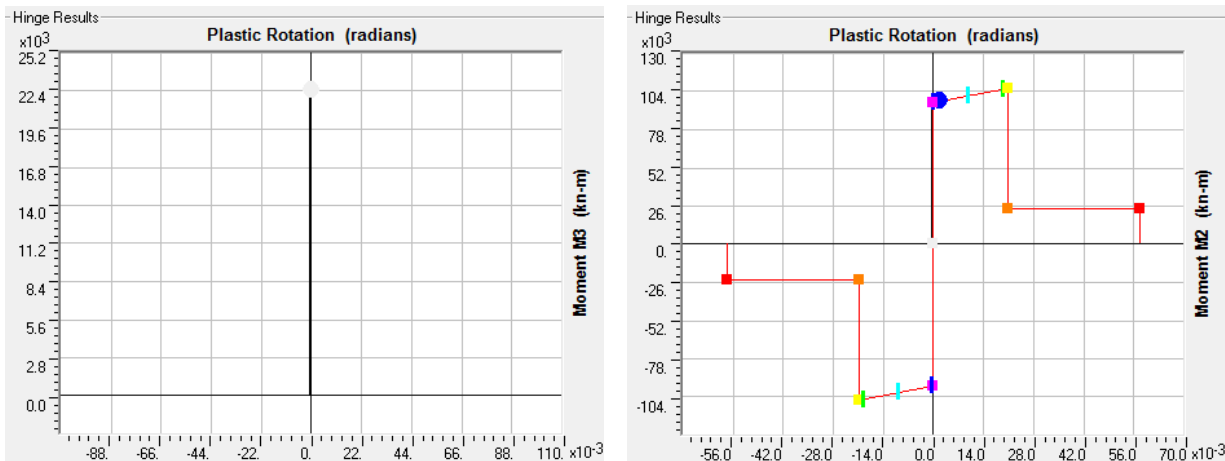
Slika 4-123. „Pushover krive“ – podužni i poprečni pravac – V333 – neutegnuti „I“ preseci



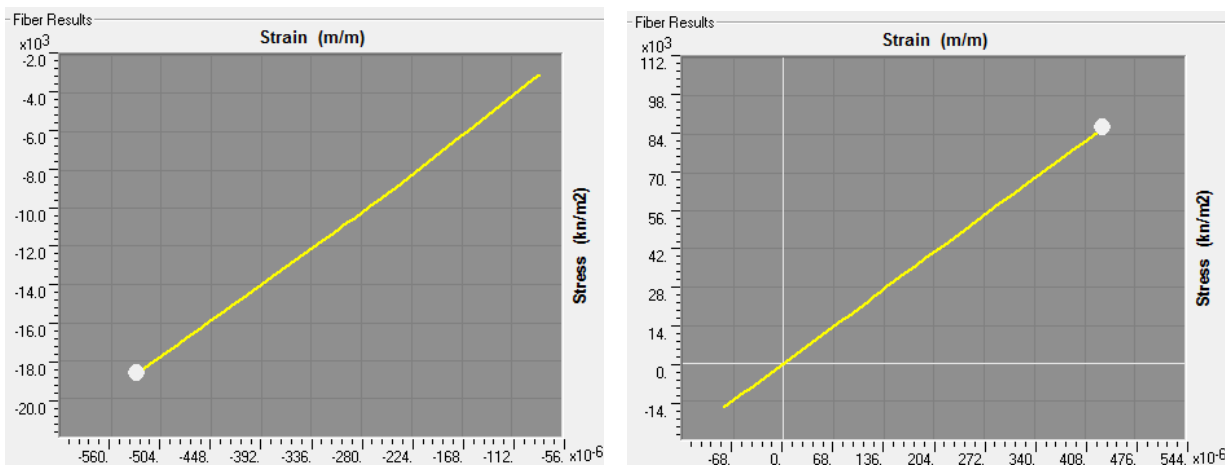
Slika 4-124. Podužni pravac – raspored plastičnih zglobova – V333 – neutegnuti „I“ preseci



Slika 4-125. Poprečni pravac – raspored plastičnih zglobova – V333 – neutegnuti „I“ preseći



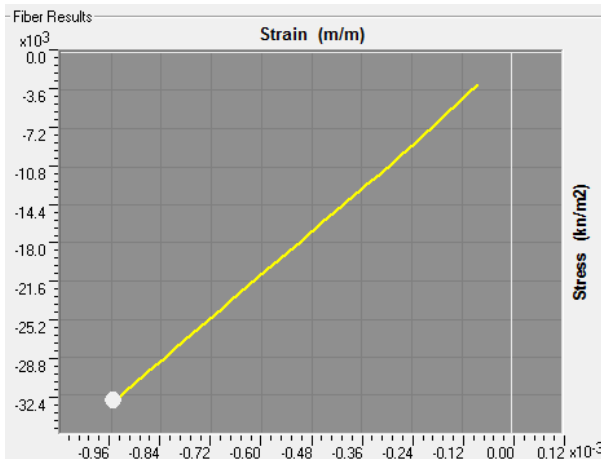
Slika 4-126. Podužni (levo) i poprečni (desno) pravac – V333 – neutegnuti „I“ preseći (PM2M3 zglob – srednji stub)



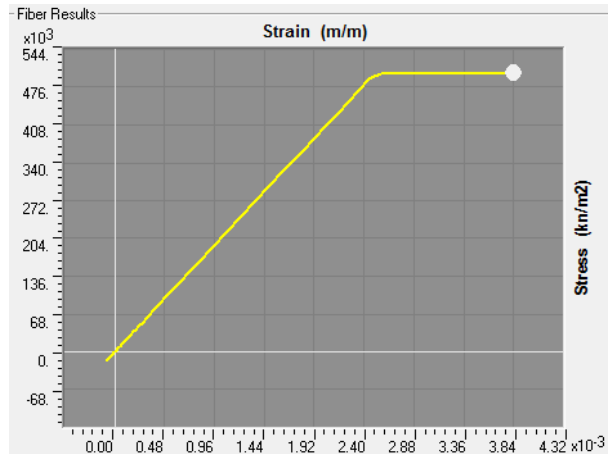
a) pritisak (beton)

b) zatezanje (armatura)

Slika 4-127. Podužni pravac – V333 – neutegnuti „I“ preseći (vlaknasti model – srednji stub)

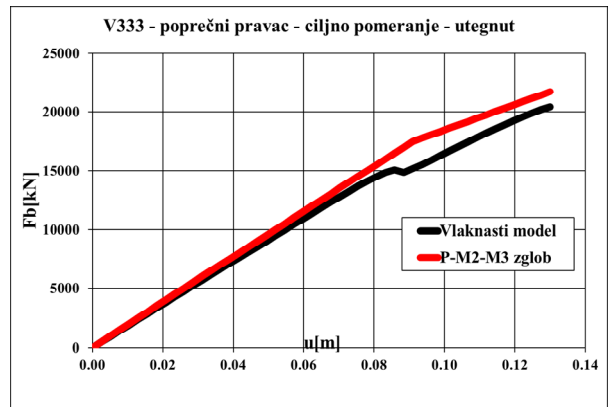
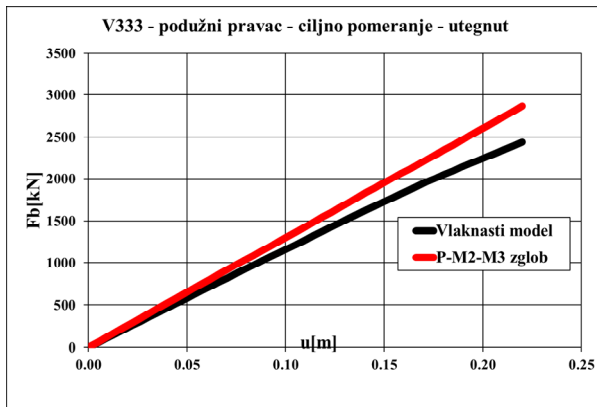


a) pritisak (beton)

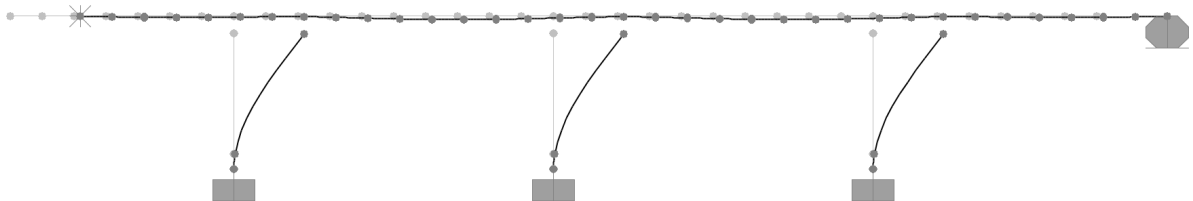


b) zatezanje (armatura)

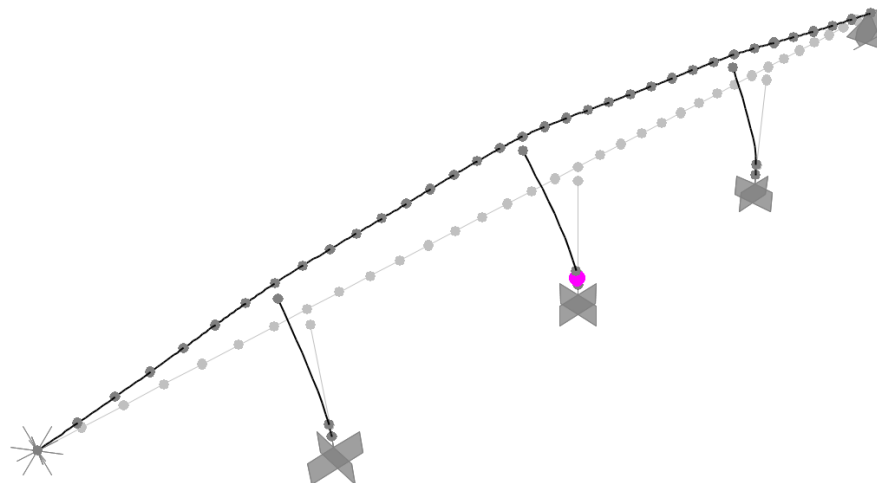
Slika 4-128. Poprečni pravac – V333 – neutegnuti „I“ preseći (vlaknasti model – srednji stub)



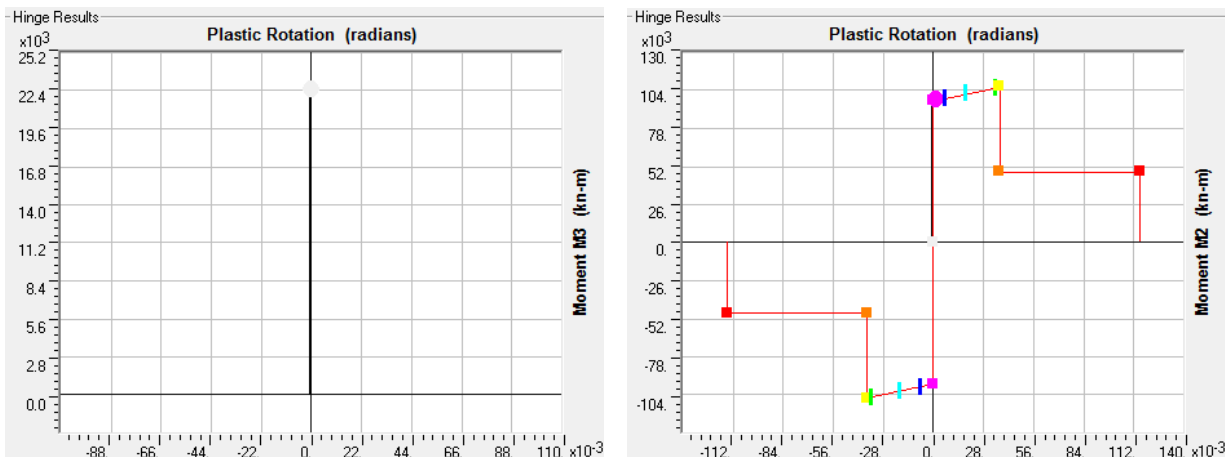
Slika 4-129. „Pushover krive“ – podužni i poprečni pravac – V333 – utegnuti „I“ preseći



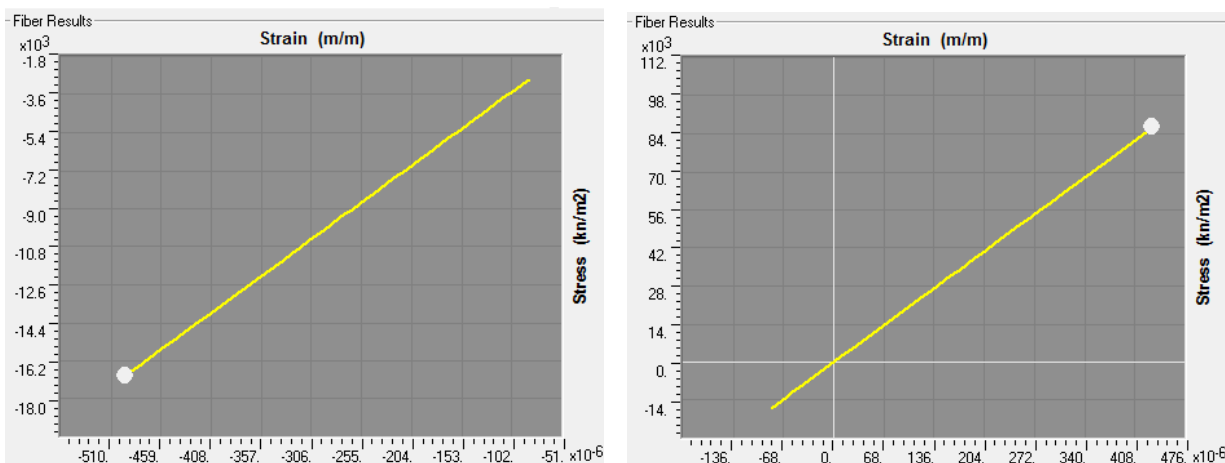
Slika 4-130. Podužni pravac – raspored plastičnih zglobova – V333 – utegnuti „I“ preseći



Slika 4-131. Poprečni pravac – raspored plastičnih zglobova – V333 – utegnuti „I“ preseći



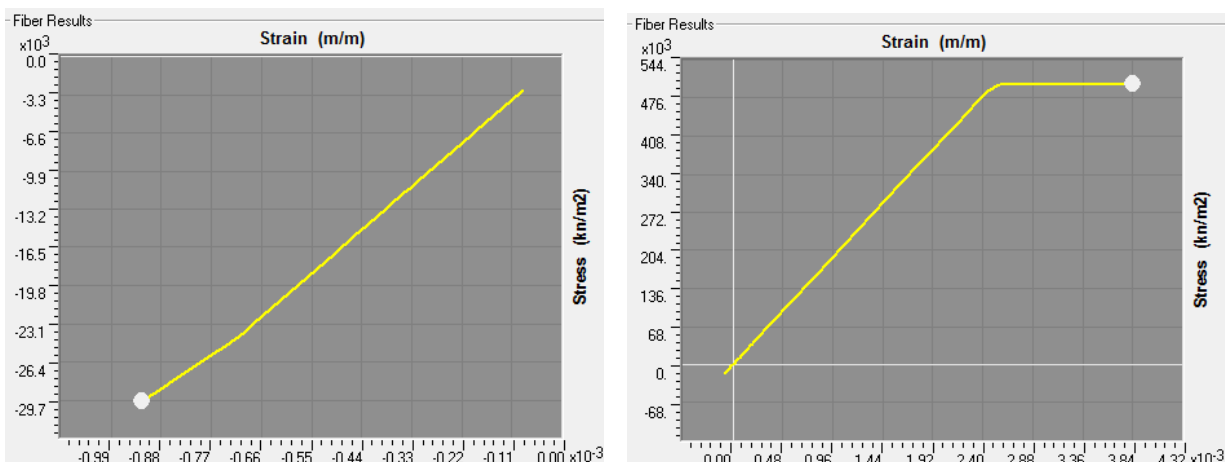
Slika 4-132. Podužni (levo) i poprečni (desno) pravac – V333 – utegnuti „I“ preseći (PM2M3 zglob – srednji stub)



a) pritisak (beton)

b) zatezanje (armatura)

Slika 4-133. Podužni pravac – V333 – utegnuti „I“ preseći (vlaknasti model – srednji stub)



a) pritisak (beton)

b) zatezanje (armatura)

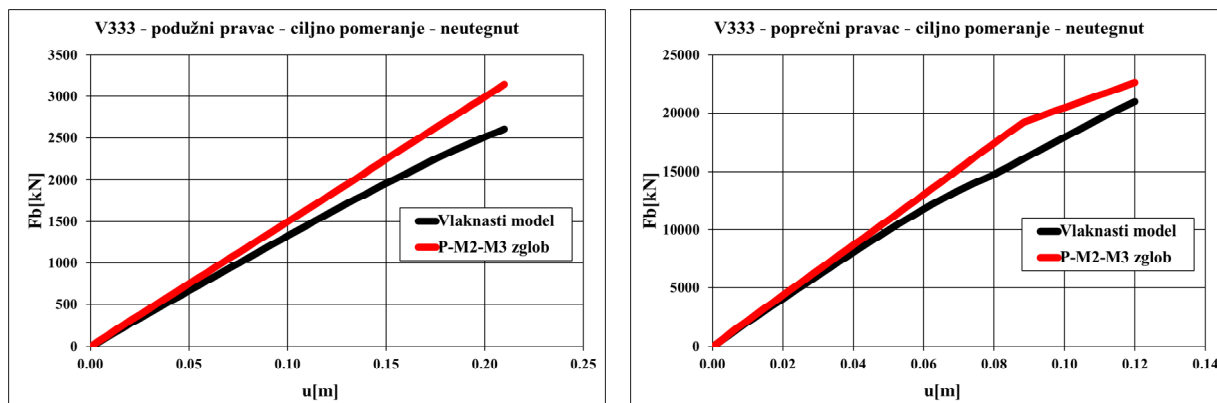
Slika 4-134. Poprečni pravac – V333 – utegnuti „I“ preseći (vlaknasti model – srednji stub)

U odnosu na prethodnu varijantu modela sa pravougaonim poprečnim presecima stubova, odgovor sistema u podužnom pravcu modela sa „I“ poprečnim presecima ostaje po karakteru isti. Kod obe varijante primenjenih modela plastičnih zglobova i za neutegnute i utegnute poprečne

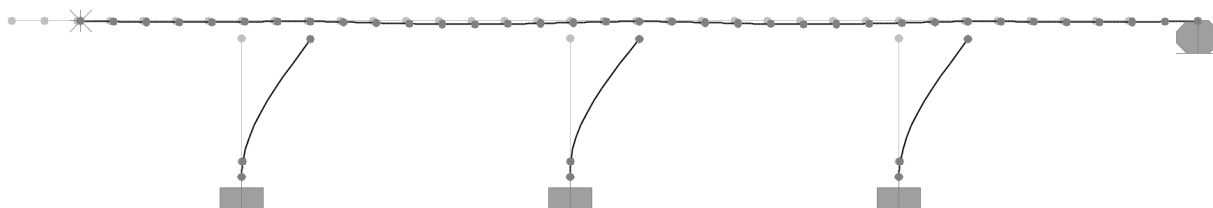
preseke, pri dostignutom ciljnom pomeranju nije došlo do pojave oštećenja u stubovima mosta, odnosno može se zaključiti da je odgovor sistema ostao u linearno-elastičnoj oblasti.

U poprečnom pravcu je pri dostignutom ciljnom pomeranju došlo do plastifikacije samo u srednjem stubu za sve analizirane varijante modela plastičnih zglobova i načine utezanja poprečnih preseka. Ni u jednom slučaju nisu dostignuti maksimalni momenti i dilatacije koje kritični preseki mogu da prihvate.

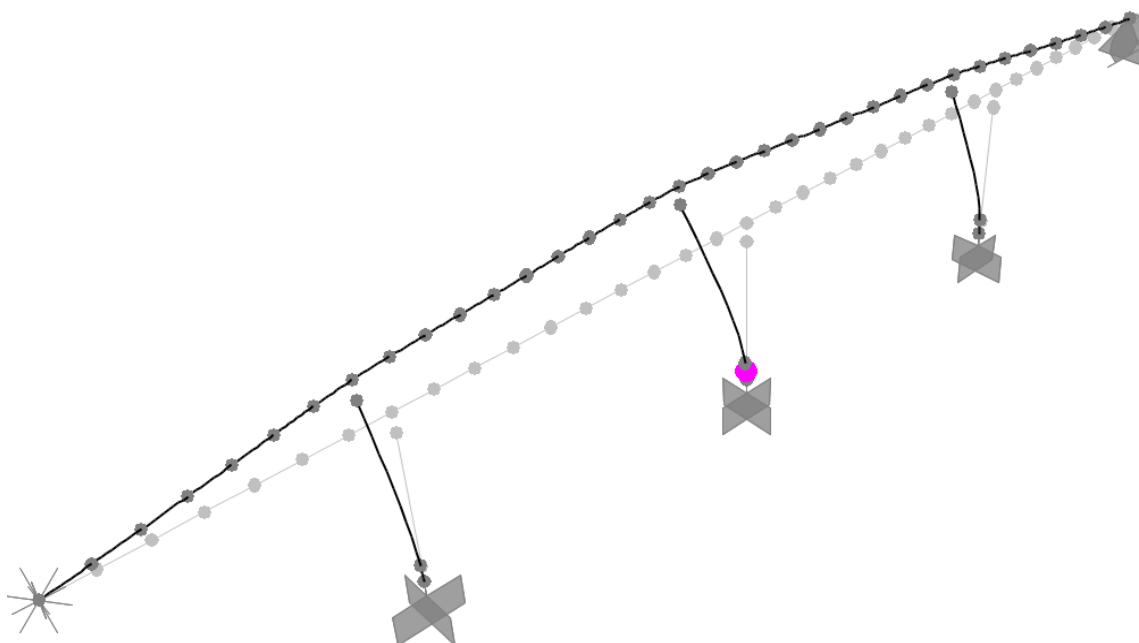
- „Kombinovani“ poprečni preseki stubova



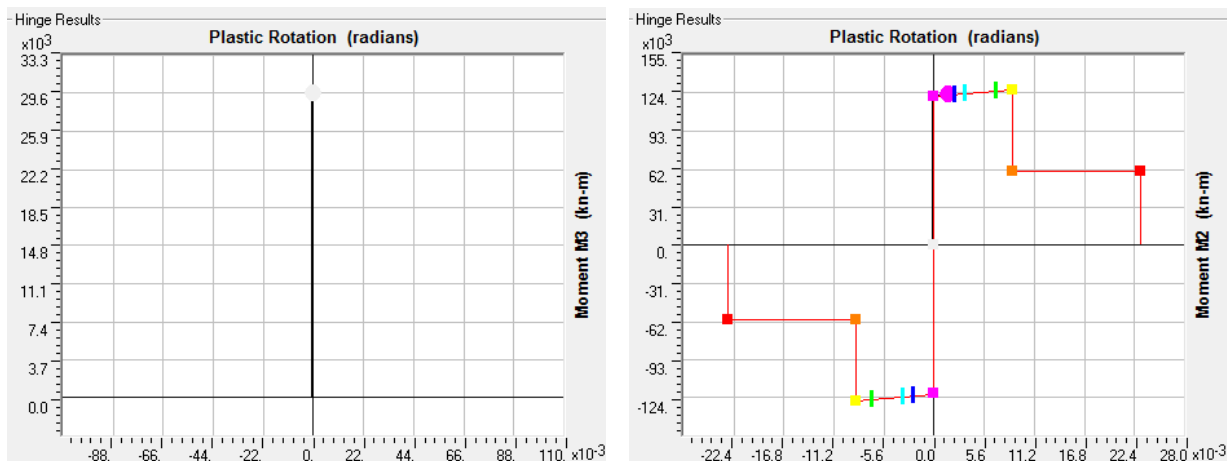
Slika 4-135. „Pushover krive“ – podužni i poprečni pravac – V333 – neutegnuti „kombinovani“ preseki



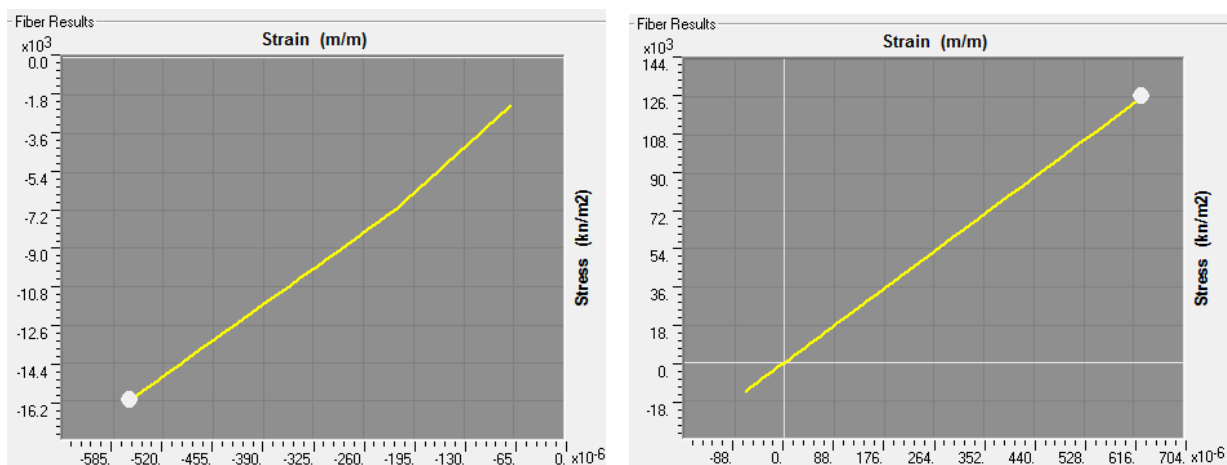
Slika 4-136. Podužni pravac – raspored plastičnih zglobova – V333 – neutegnuti „kombinovani“ preseki



Slika 4-137. Poprečni pravac – raspored plastičnih zglobova – V333 – neutegnuti „kombinovani“ preseki



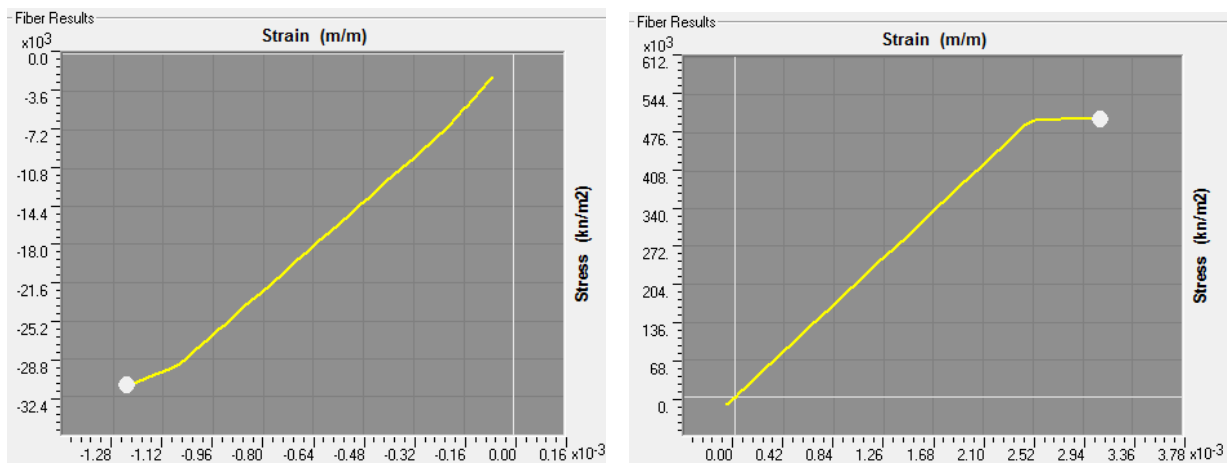
Slika 4-138. Podužni (levo) i poprečni (desno) pravac – V333 – neutegnuti „kombinovani“ preseći (PM2M3 zglob – srednji stub)



a) pritisak (beton)

b) zatezanje (armatura)

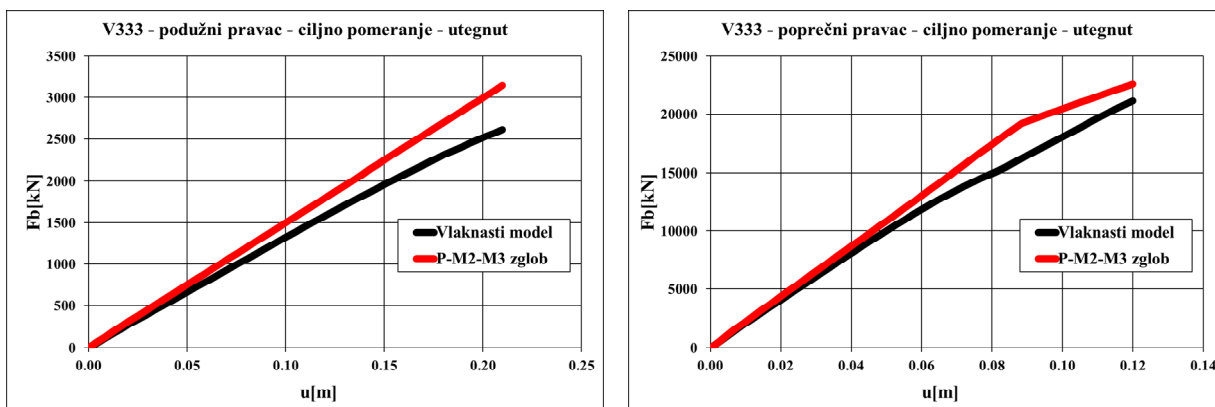
Slika 4-139. Podužni pravac – V333 – neutegnuti „kombinovani“ preseći (vlaknasti model – srednji stub)



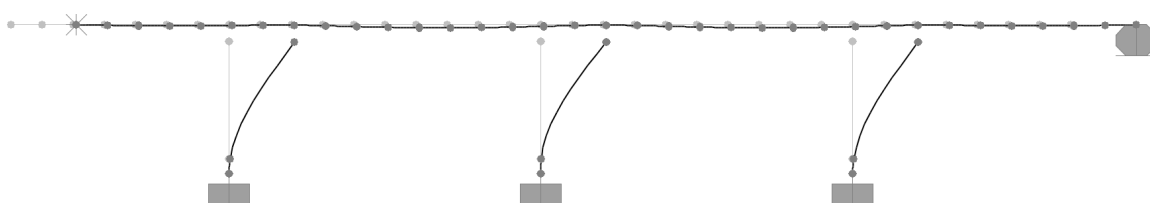
a) pritisak (beton)

b) zatezanje (armatura)

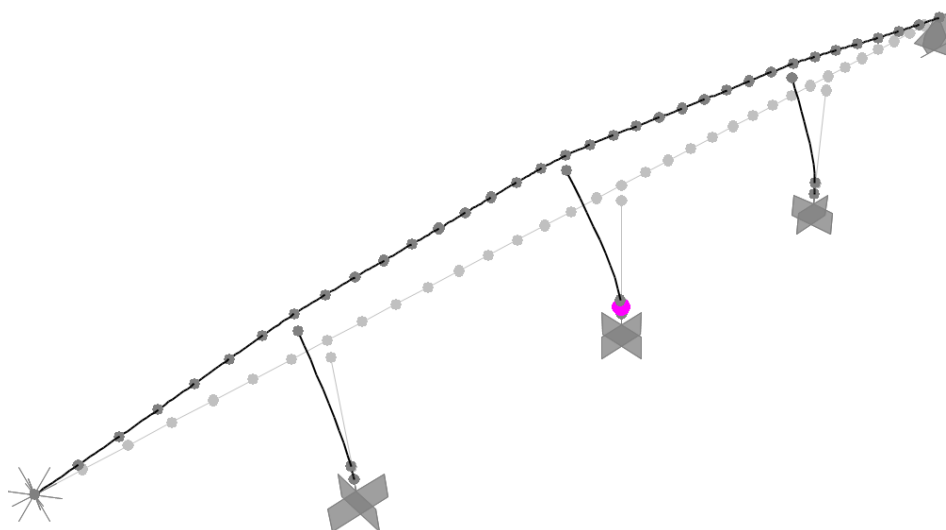
Slika 4-140. Poprečni pravac – V333 – neutegnuti „kombinovani“ preseći (vlaknasti model – srednji stub)



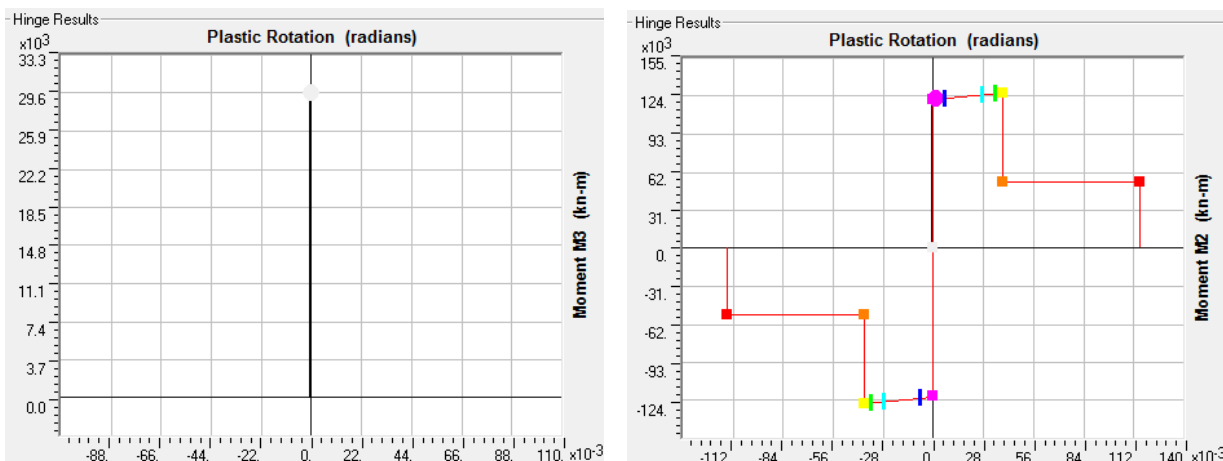
Slika 4-141. „Pushover krive“ – podužni i poprečni pravac – V333 – utegnuti „kombinovani“ preseći



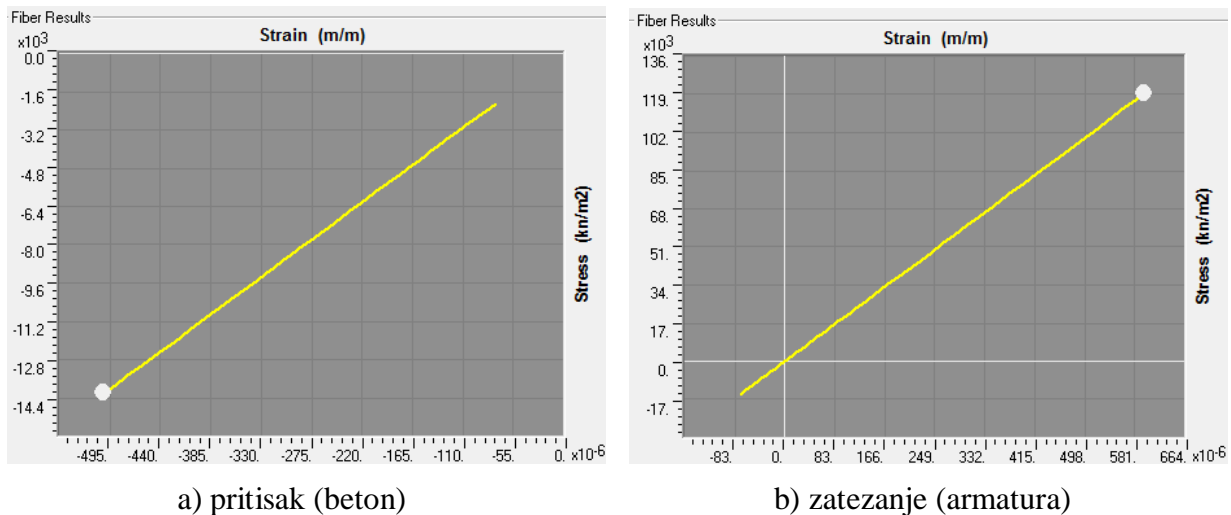
Slika 4-142. Podužni pravac – raspored plastičnih zglobova – V333 – utegnuti „kombinovani“ preseći



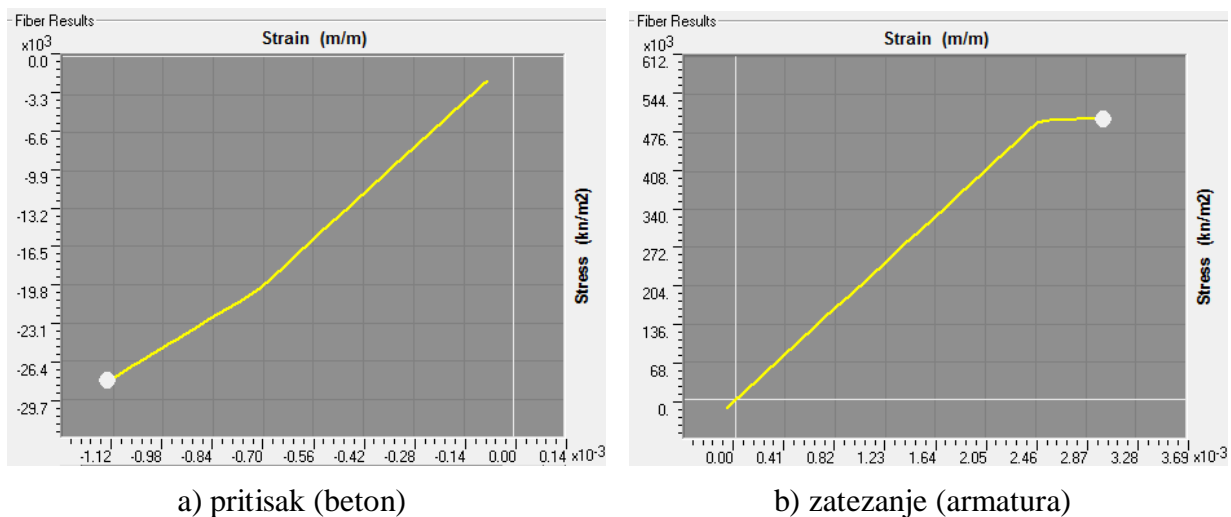
Slika 4-143. Poprečni pravac – raspored plastičnih zglobova – V333 – utegnuti „kombinovani“ preseći



Slika 4-144. Podužni (levo) i poprečni (desno) pravac – V333 – utegnuti „kombinovani“ preseći (PM2M3 zglob – srednji stub)



Slika 4-145. Podužni pravac – V333 – utegnuti „kombinovani“ preseći (vlaknasti model – srednji stub)



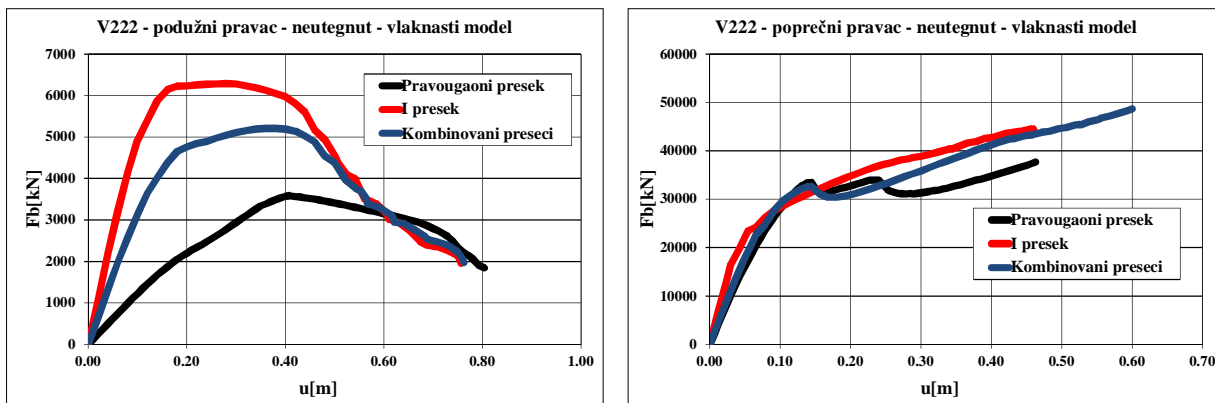
Slika 4-146. Poprečni pravac – V333 – utegnuti „kombinovani“ preseći (vlaknasti model – srednji stub)

Odgovor modela sa „kombinovanim“ poprečnim presećima u podužnom pravcu se po karakteru nije promenio u odnosu na prethodna dva modela sa pravougaonim i „I“ poprečnim presećima stubova mosta. Na osnovu ostvarenih napona i deformacija se može zaključiti da je odgovor sistema ostao u linearno-elastičnoj oblasti, tj. nije došlo do pojave oštećenja ni u jednom od stubova mosta.

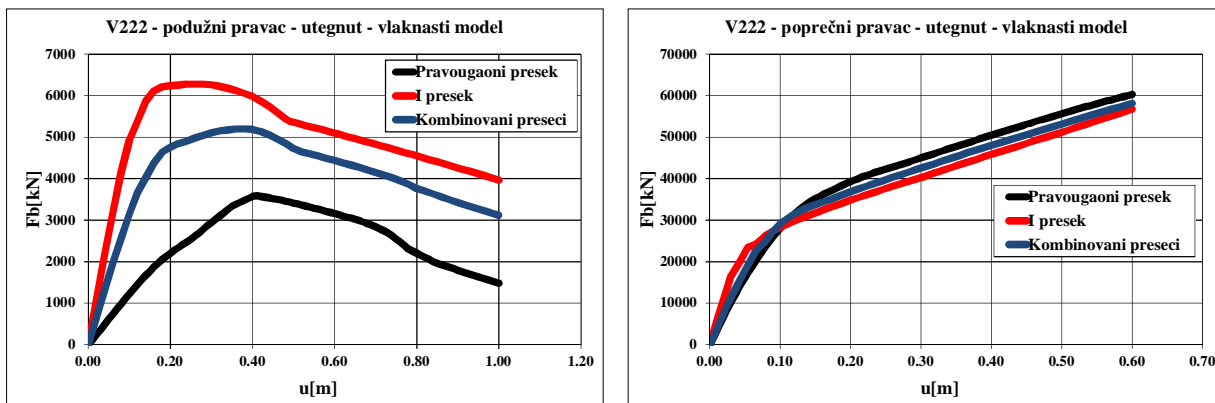
U poprečnom pravcu je takođe, kao i kod dve prethodne varijante oblika poprečnih preseka stubova mosta, pri dostignutom ciljnom pomeranju došlo do plastifikacije samo u srednjem stubu u slučaju neutegnutih i utegnutih preseka, ali nisu dostignuti maksimalni momenti i dilatacije koje kritični preseći mogu da prihvate.

4.4.6. Nelinearna statička analiza varijanti V222 i V333 za različite varijante poprečnih preseka stubova

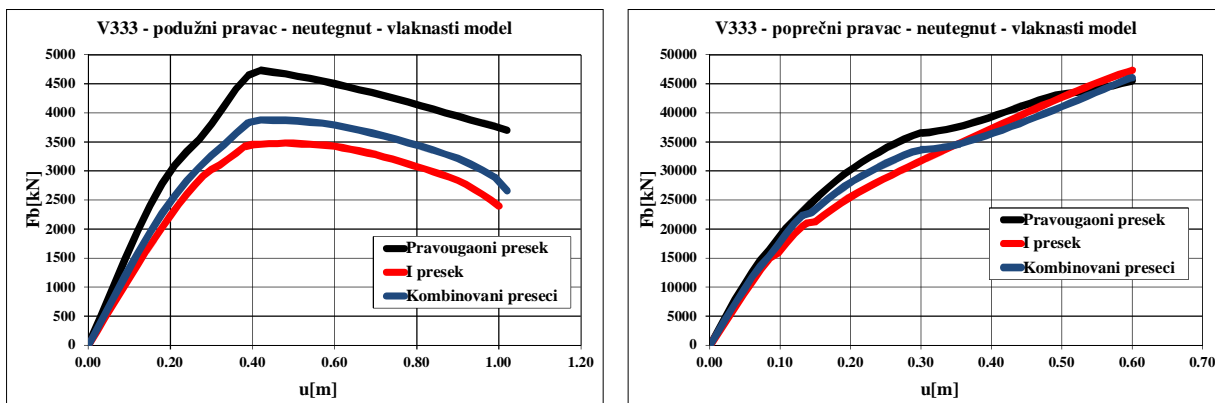
Na slikama 4-147 do 4-150 su prikazane istovremeno „pushover“ krive za varijante mostova V222 i V333. Posebno su dati rezultati u podužnom i poprečnom pravcu za vlaknaste modele sa neutegnutim i utegnutim poprečnim presećima i za sve varijante primenjenih oblika poprečnih preseka (pravougaoni, „I“ i „kombinovani“).



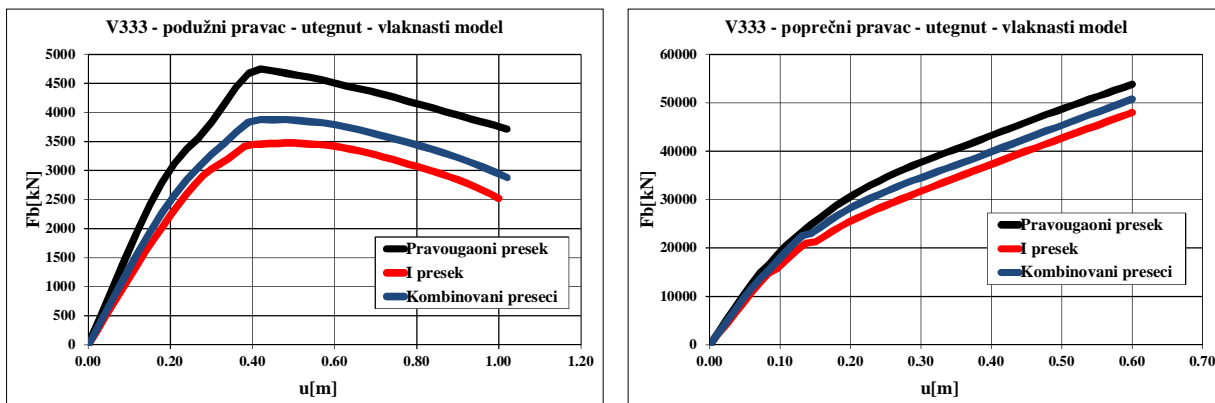
Slika 4-147. „Pushover krive“ – podužni i poprečni pravac – V222 – neutegnuti presecci (vlaknasti model)



Slika 4-148. „Pushover krive“ – podužni i poprečni pravac – V222 – utegnuti presecci (vlaknasti model)



Slika 4-149. „Pushover krive“ – podužni i poprečni pravac – V333 – neutegnuti presecci (vlaknasti model)

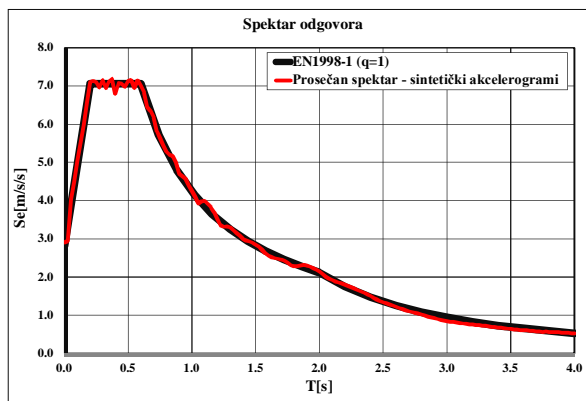


Slika 4-150. „Pushover krive“ – podužni i poprečni pravac – V333 – utegnuti presecci (vlaknasti model)

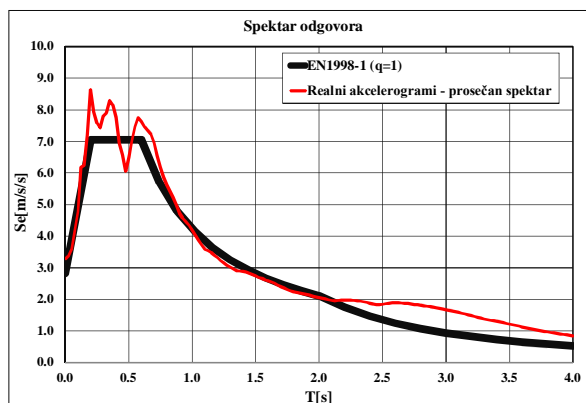
Dobijeni rezultati ukazuju da se kod modela sa pravougaonim preseccima, pri analizi mosta u podužnom pravcu, javlja nagli pad „pushover“ krive nakon dostizanja maksimalne sile u osnovi. Međutim, kod modela sa „I“ i „kombinovanim“ poprečnim preseccima stubova, nagli pad „pushover“ krive nakon dostizanja maksimalne sile u osnovi je delimično izbegnut samo kod varijante V222 (objašnjenje dato u poglavlju 4.4).

4.5. Nelinearna dinamička analiza

Seizmičko dejstvo za nelinearnu dinamičku analizu svih varijanti mostova je definisano preko tri sintetička i tri realna zemljotresa. Za svaku analizu pojedinačno su upotrebljena dva različita zapisa (akceleroograma) istovremeno, jedan u podužnom i jedan u poprečnom pravcu mosta, tj. u analizama su upotrebljena tri para sintetičkih i tri para realnih akceleroograma. Svaki par realnih akceleroograma u jednoj analizi odgovara istom realnom zemljotresu. U prilogu „C“ su pojedinačno prikazani svi primenjeni akceleroگرامи. Sa realnim zapisima nije praktično moguće postići isti nivo poklapanja prosečnog spektra sa projektnim elastičnim spektrom kao kod veštački generisanih akceleroگرامи. U analizama sa sintetičkim akceleroگرامима se mogu očekivati manje varijacije između odgovora za pojedine zapise u odnosu na analize sa realnim zemljotresima.



Slika 4-151. Prosečan spektar pseudoubrzanja sintetičkih akceleroگرامи



Slika 4-152. Prosečan spektar pseudoubrzanja realnih akceleroagramа

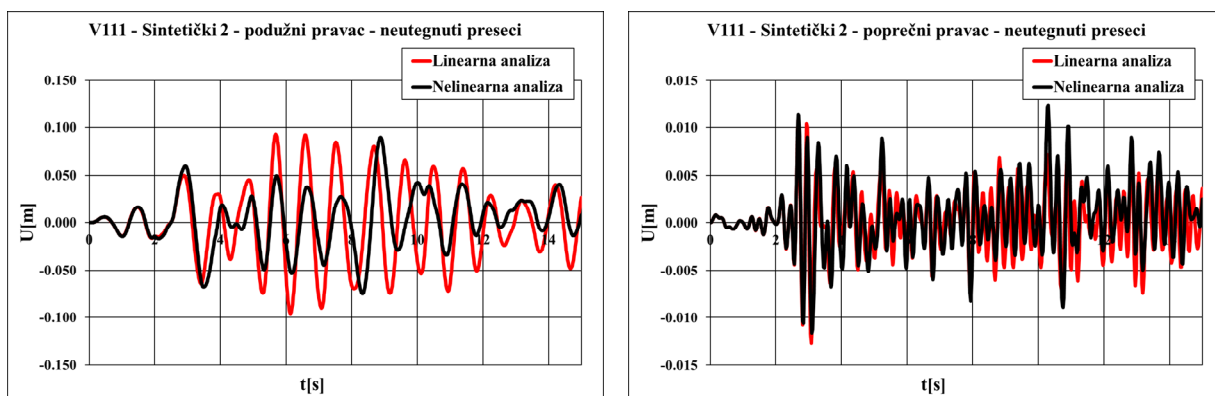
Ekstremni momenti savijanja u gredi za poprečni pravac, koji su određeni nelinearnom dinamičkom analizom, ne prelaze vrednost od približno 230000 kNm. Usvojena armatura u gredi iznosi: uz sve ivice preseka Ø14/15 cm i dodatna uz ivice preseka u delovima flanši iznad rebara i u samim rebrima Ø25/20 cm. Na osnovu nelinearne analize veze moment-krivina u poprečnom pravcu, određena je nosivost grede na savijanje koja iznosi približno 330000 kNm. Na osnovu svega navedenog sledi da je usvojeno linearno-elastično ponašanje grede mosta u svim analizama opravdano.

Karakteristični rezultati nelinearne dinamičke analize, modela sa vlaknastim plastičnim zglobovima za varijante mostova V111, V113, V123, V222 (pravougaoni, „I“ i „kombinovani“ poprečni preseći stubova) i V233 su prikazani na slikama 4-153 do 4-216, posebno za modele sa neutegnutim i utegnutim poprečnim presećima stubova.

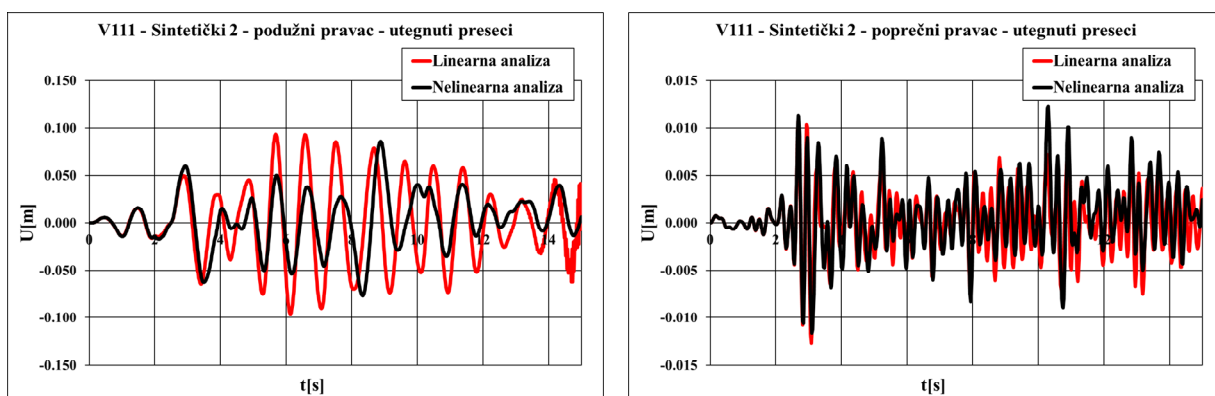
4.5.1. Nelinearna dinamička analiza varijante V111

Na slikama 4-153 do 4-160 su prikazani karakteristični rezultati linearne i nelinearne dinamičke analize za jedan sintetički akceleroگرام (sintetički akceleroگرام 2 – „Prilog C“) i jedan realni akceleroگرام (realni akceleroگرام 2 – „Loma-Prieta“ – „Prilog C“).

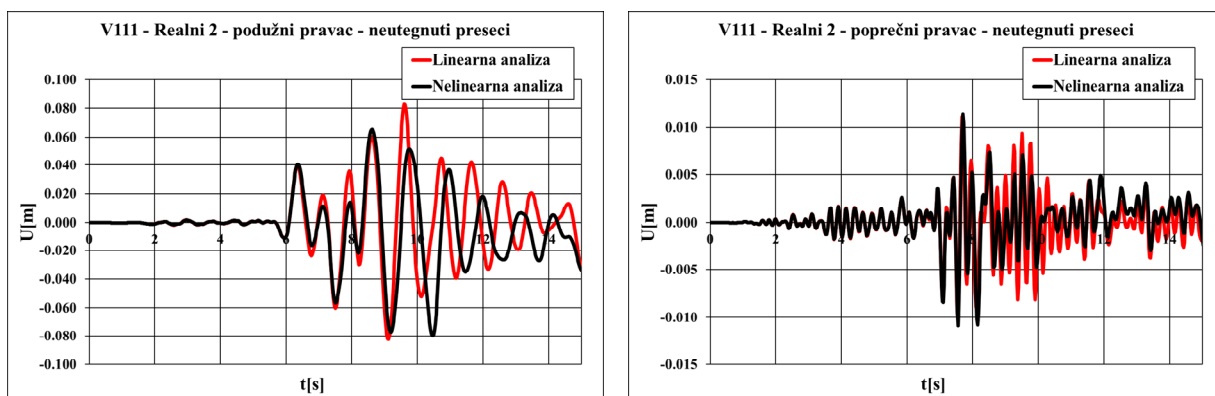
- Relativno horizontalno pomeranje srednjeg čvora grede



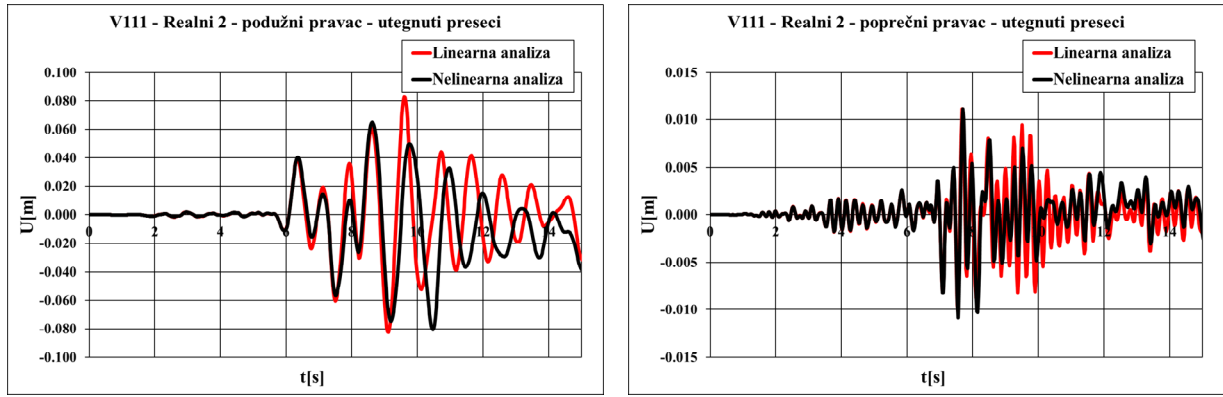
Slika 4-153. Relativno hor. pomeranje sredine grede – sintetički akc. 2 – neutegnuti preseći – V111



Slika 4-154. Relativno hor. pomeranje sredine grede – sintetički akc. 2 – utegnuti preseći – V111

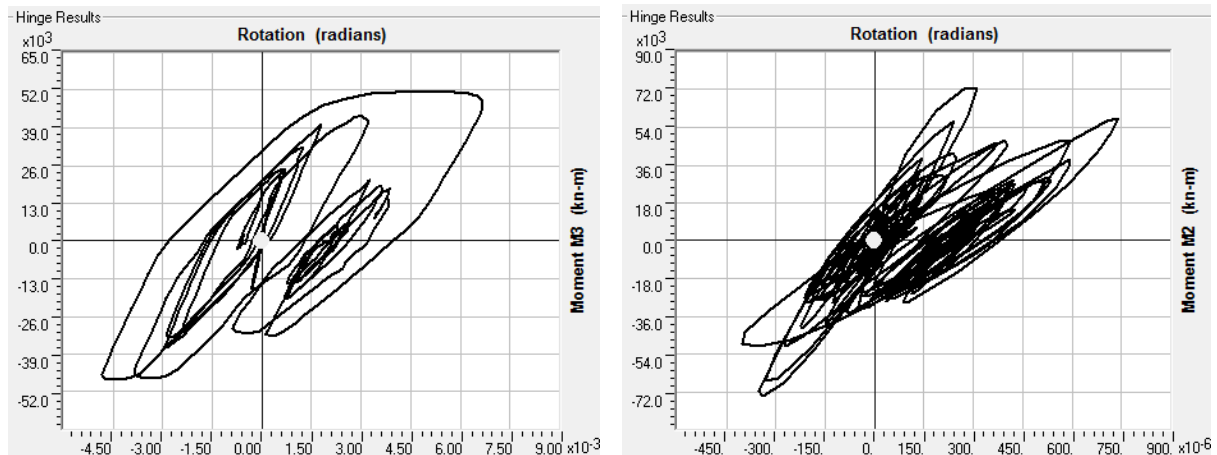


Slika 4-155. Relativno hor. pomeranje sredine grede – realni akc. 2 – neutegnuti preseći – V111

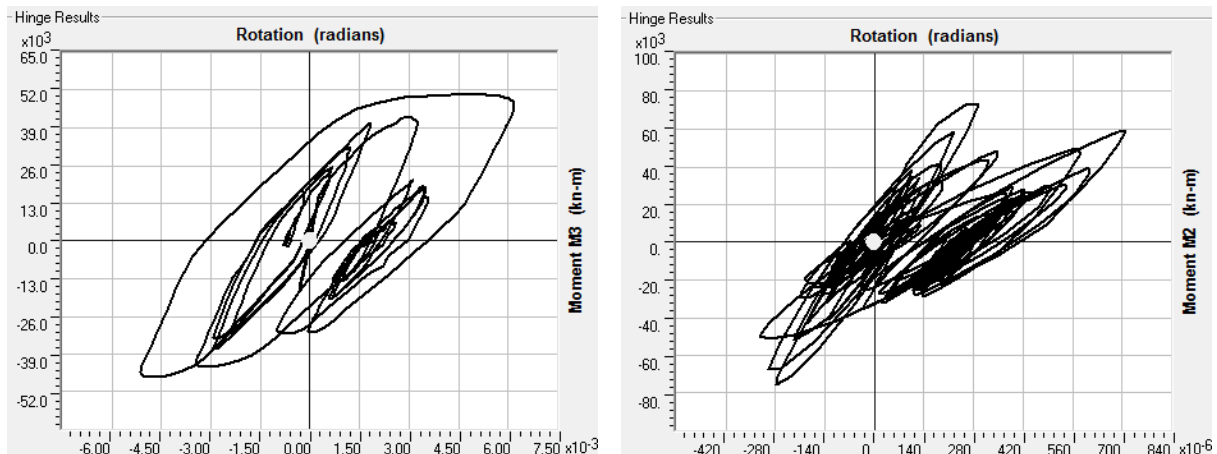


Slika 4-156. Relativno hor. pomeranje sredine grede – realni akc. 2 – utegnuti preseći – V111

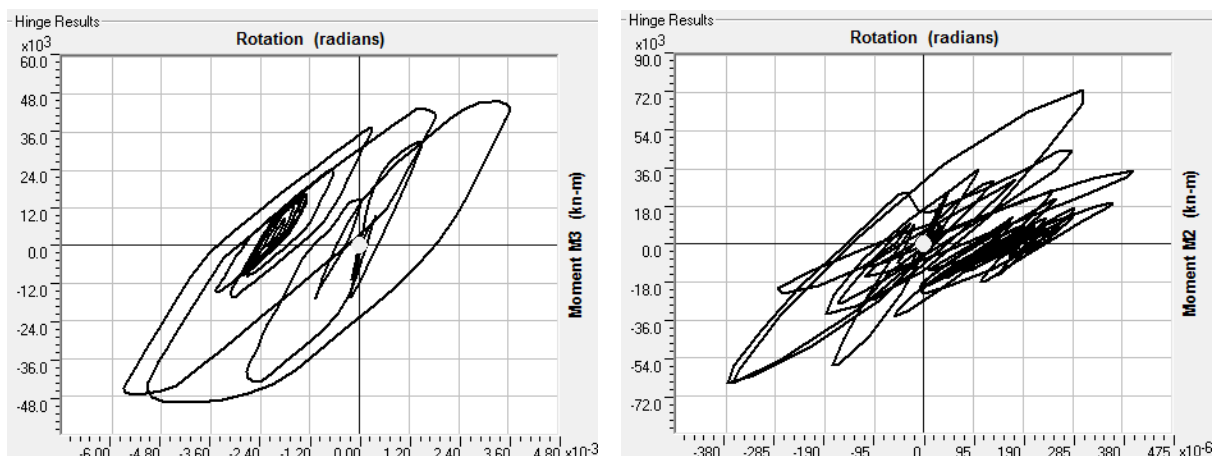
- Srednji stub (veza moment-rotacija)



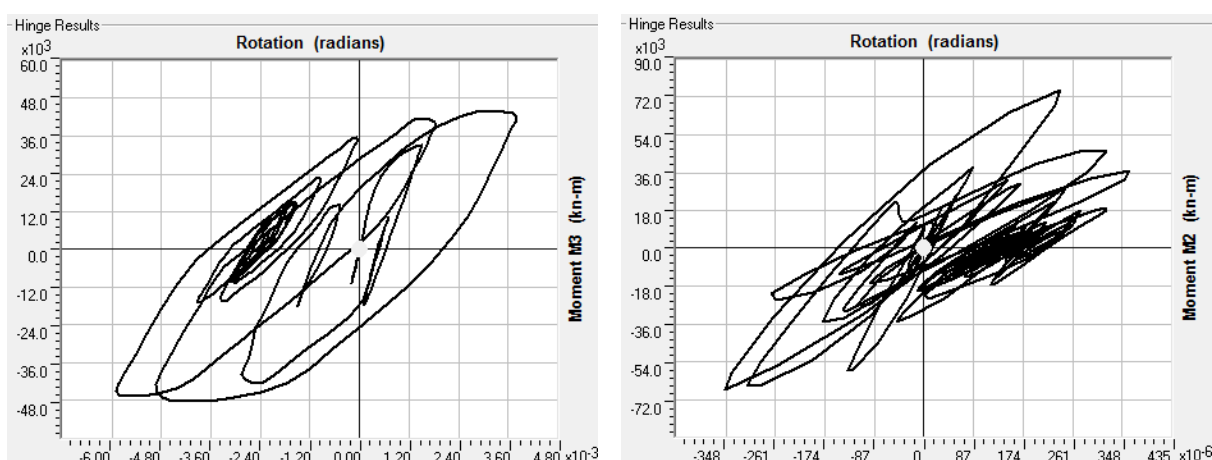
Slika 4-157. Podužni (levo) i poprečni (desno) pravac – V111 – neutegnuti pravougaoni preseći (veza moment-rotacija za sintetički akc. 2 – srednji stub)



Slika 4-158. Podužni (levo) i poprečni (desno) pravac – V111 – utegnuti pravougaoni preseći (veza moment-rotacija za sintetički akc. 2 – srednji stub)



Slika 4-159. Podužni (levo) i poprečni (desno) pravac – V111 – neutegnuti pravougaoni presecci (veza moment-rotacija za realni akc. 2 – srednji stub)



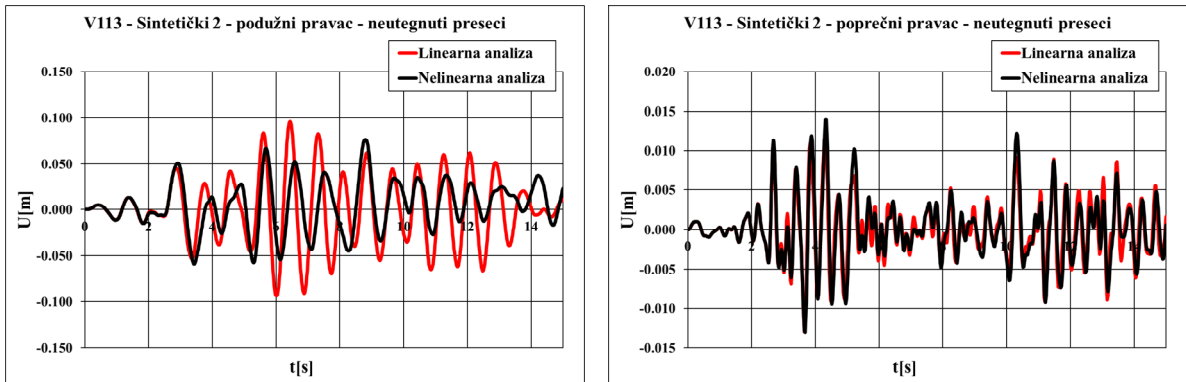
Slika 4-160. Podužni (levo) i poprečni (desno) pravac – V111 – utegnuti pravougaoni presecci (veza moment-rotacija za realni akc. 2 – srednji stub)

Maksimalna zahtevana lokalna duktilnost (tabela 4-55) kod modela sa neutegnutim presecima u podužnom pravcu iznosi 2,49 (srednji stub), a kod modela sa utegnutim presecima 2,28 (srednji stub). U poprečnom pravcu maksimalna zahtevana lokalna duktilnost kod modela sa neutegnutim i utegnutim poprečnim presecima iznosi 1,0.

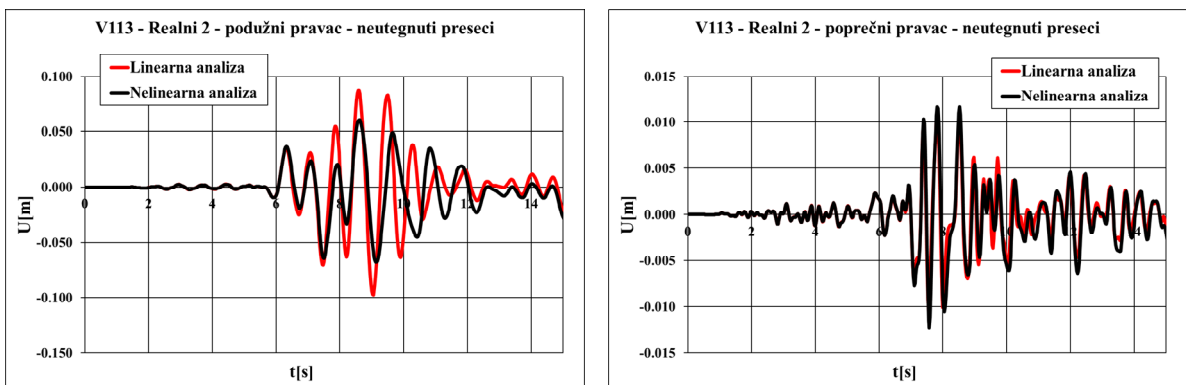
4.5.2. Nelinearna dinamička analiza varijante V113

Karakteristični rezultati linearne i nelinearne dinamičke analize, za jedan sintetički akceleroگرام (sintetički akceleroگرام 2 – „Prilog C“) i jedan realni akceleroگرام (realni akceleroگرام 2 – „Loma-Prieta“ – „Prilog C“), su prikazani na slikama 4-161 do 4-172.

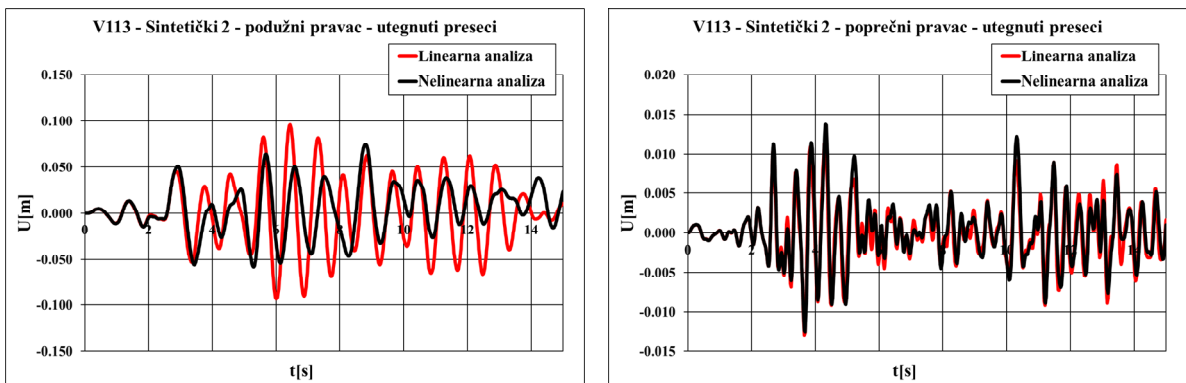
- Relativno horizontalno pomeranje srednjeg čvora grede



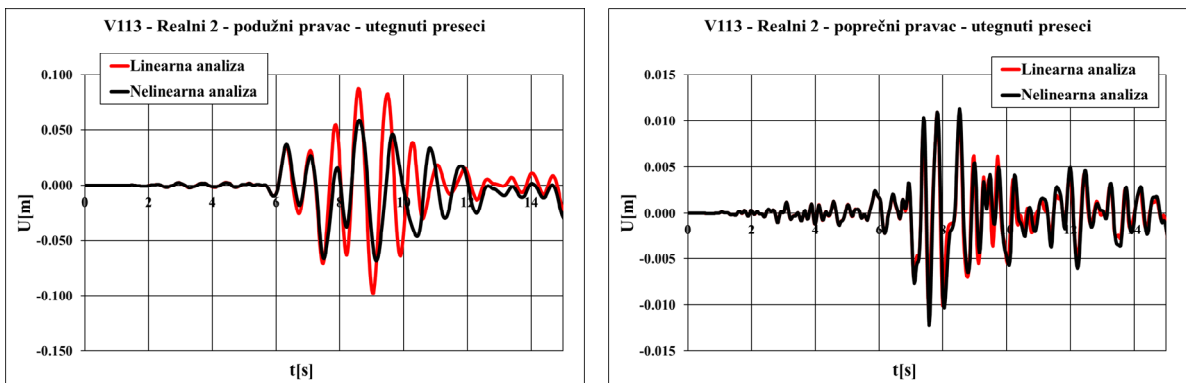
Slika 4-161. Relativno hor. pomeranje sredine grede – sintetički akc. 2 – neutegnuti preseci – V113



Slika 4-162. Relativno hor. pomeranje sredine grede – sintetički akc. 2 – utegnuti preseci – V113

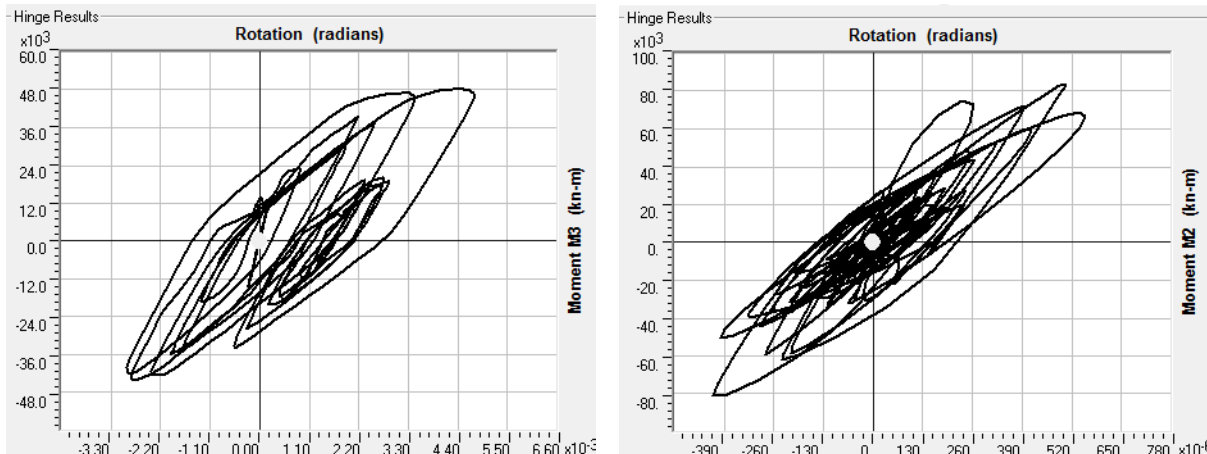


Slika 4-163. Relativno hor. pomeranje sredine grede – realni akc. 2 – neutegnuti preseci – V113

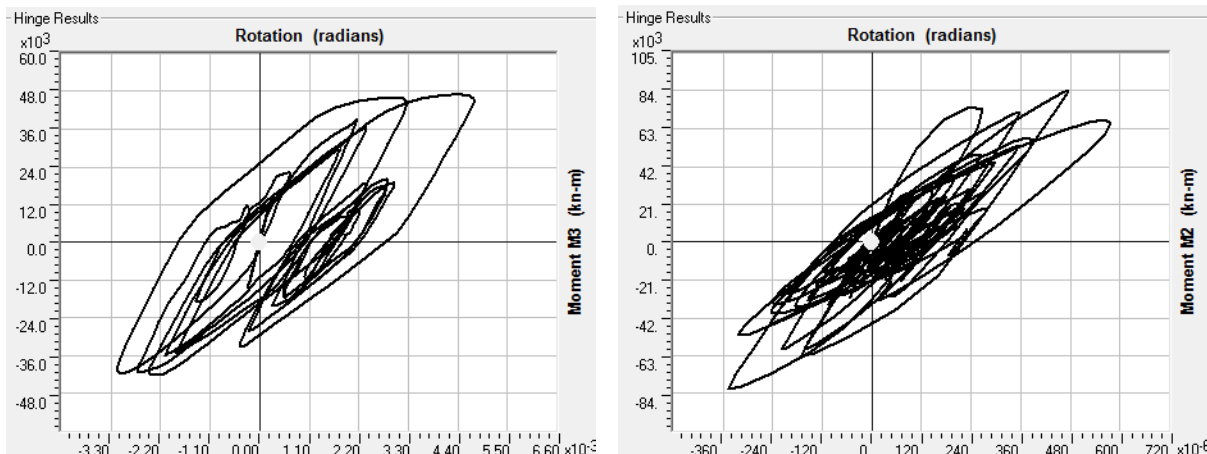


Slika 4-164. Relativno hor. pomeranje sredine grede – realni akc. 2 – utegnuti preseci – V113

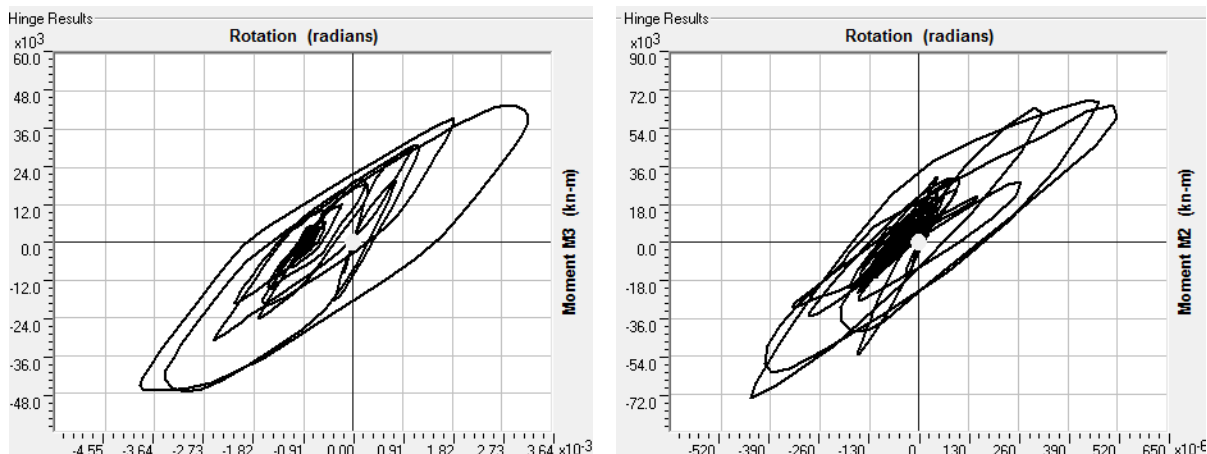
- Srednji stub (veza moment-rotacija)



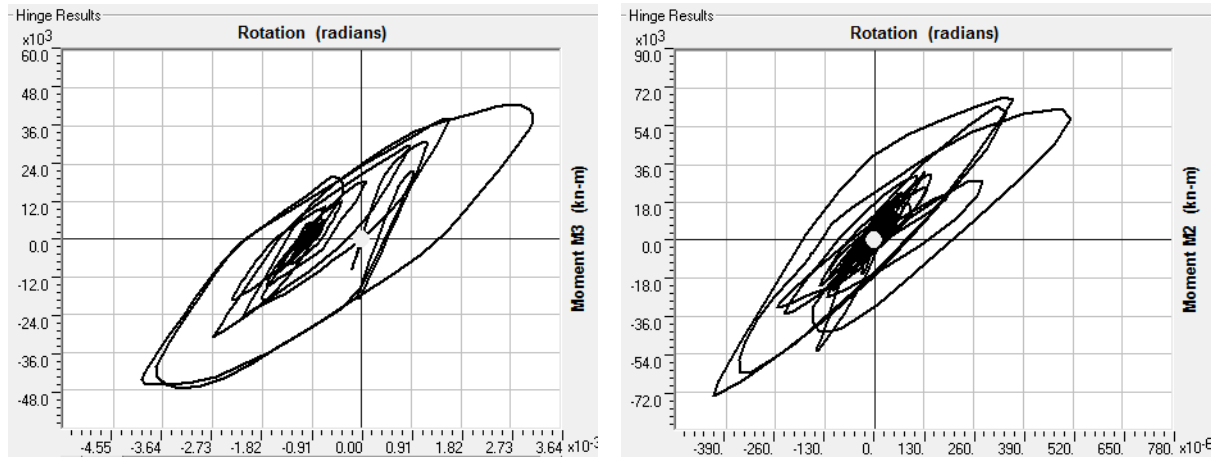
Slika 4-165. Podužni (levo) i poprečni (desno) pravac – V113 – neutegnuti pravougaoni presecci (veza moment-rotacija za sintetički akc. 2 – srednji stub)



Slika 4-166. Podužni (levo) i poprečni (desno) pravac – V113 – utegnuti pravougaoni presecci (veza moment-rotacija za sintetički akc. 2 – srednji stub)

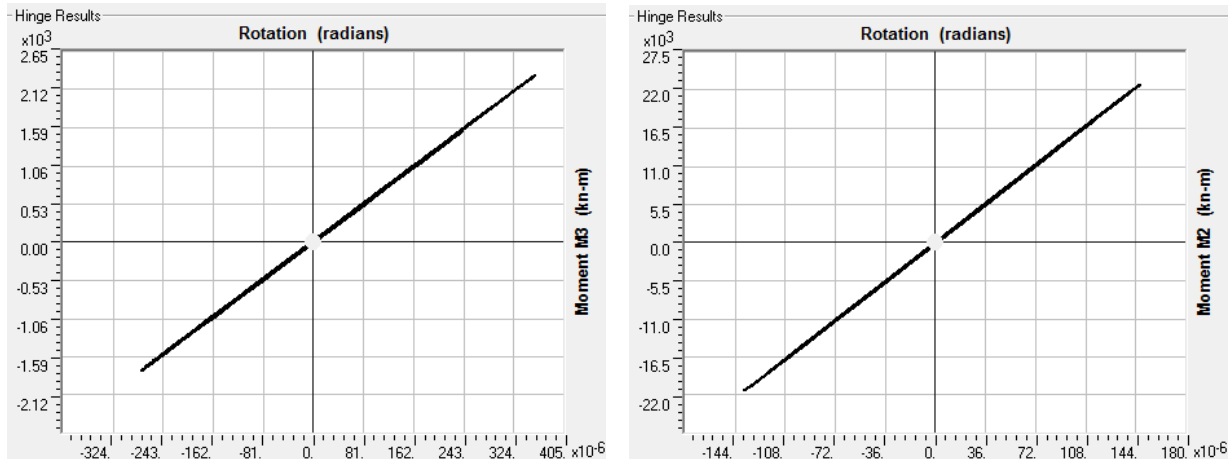


Slika 4-167. Podužni (levo) i poprečni (desno) pravac – V113 – neutegnuti pravougaoni presecci (veza moment-rotacija za realni akc. 2 – srednji stub)

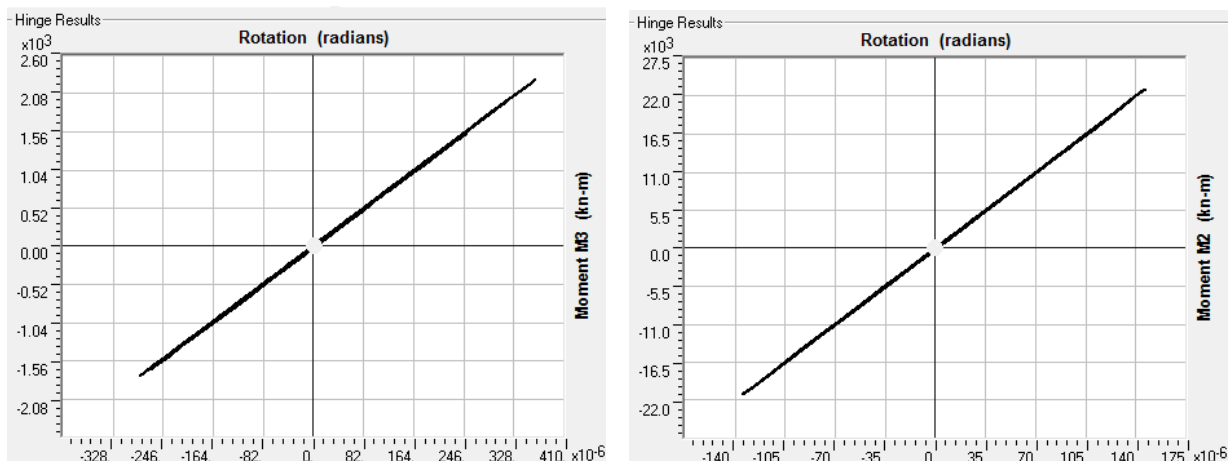


Slika 4-168. Podužni (levo) i poprečni (desno) pravac – V113 – utegnuti pravougaoni preseći (veza moment-rotacija za realni akc. 2 – srednji stub)

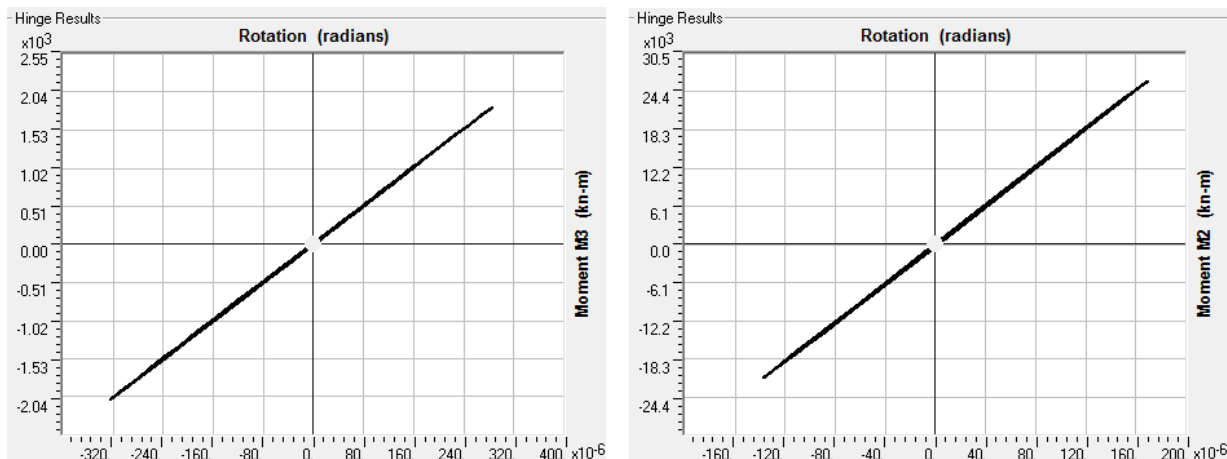
- Treći stub (veza moment-rotacija)



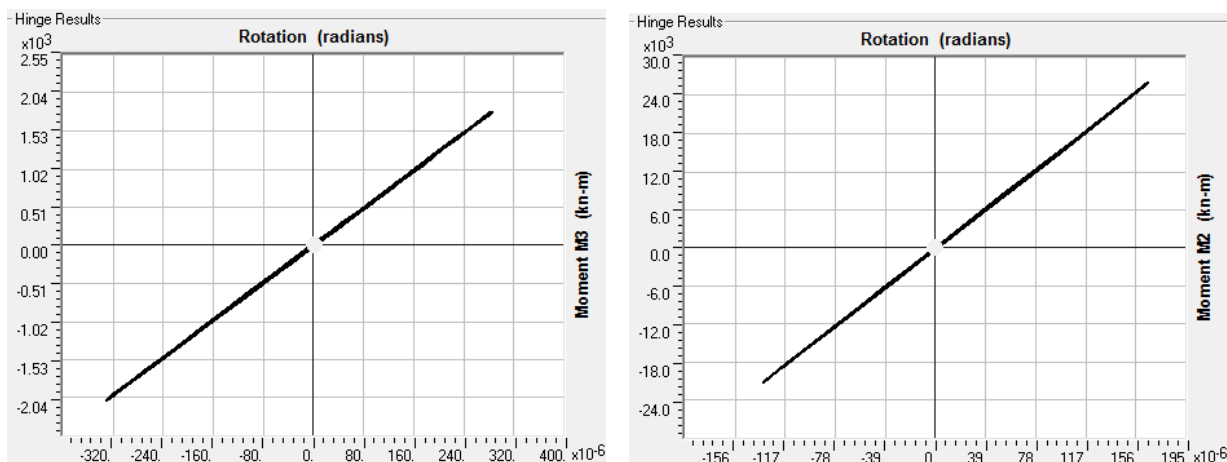
Slika 4-169. Podužni (levo) i poprečni (desno) pravac – V113 – neutegnuti pravougaoni preseći (veza moment-rotacija za sintetički akc. 2 – treći stub)



Slika 4-170. Podužni (levo) i poprečni (desno) pravac – V113 – utegnuti pravougaoni preseći (veza moment-rotacija za sintetički akc. 2 – treći stub)



Slika 4-171. Podužni (levo) i poprečni (desno) pravac – V113 – neutegnuti pravougaoni presecci (veza moment-rotacija za realni akc. 2 – treći stub)



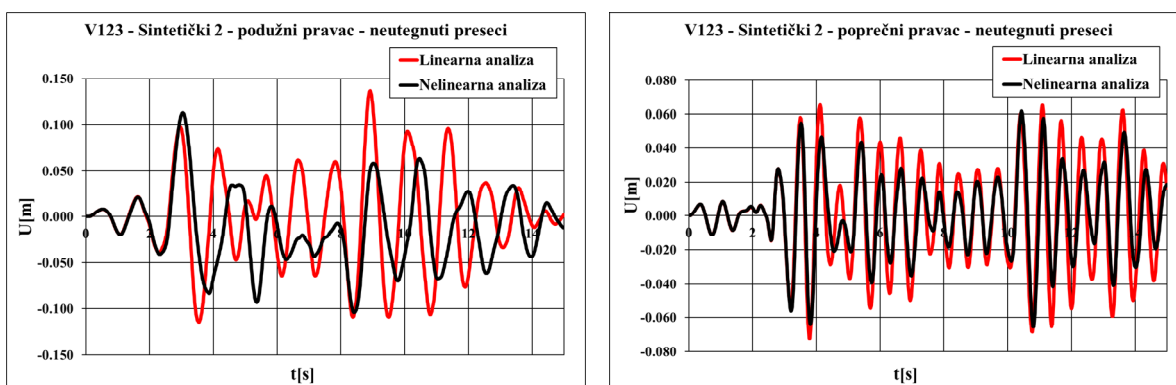
Slika 4-172. Podužni (levo) i poprečni (desno) pravac – V113 – utegnuti pravougaoni presecci (veza moment-rotacija za realni akc. 2 – treći stub)

Maksimalna zahtevana lokalna duktilnost (tabela 4-57) kod modela sa neutegnutim presecima u podužnom pravcu iznosi 2,36 (prvi stub), a kod modela sa utegnutim presecima 2,46 (prvi stub). U poprečnom pravcu maksimalna zahtevana lokalna duktilnost kod modela sa neutegnutim i utegnutim poprečnim presecima iznosi 1,0.

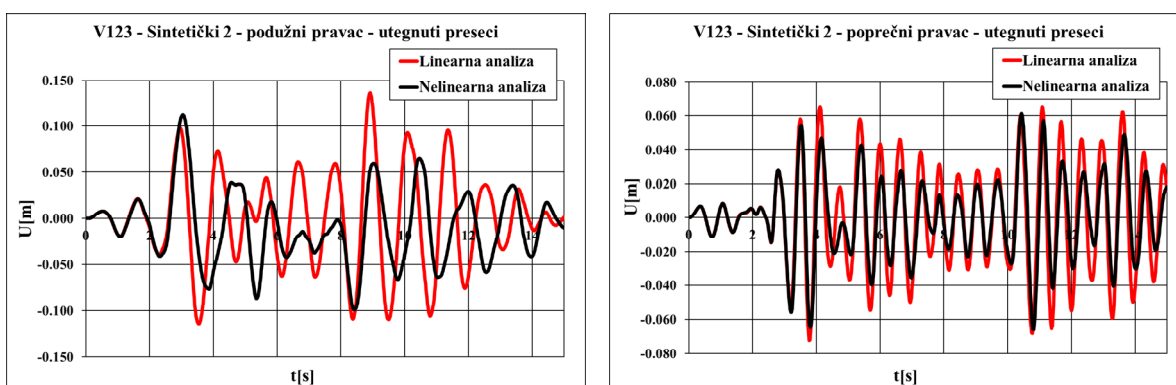
4.5.3. Nelinearna dinamička analiza varijante V123

Na slikama 4-173 do 4-184 su prikazani karakteristični rezultati nelinearne dinamičke analize za jedan sintetički akcelrogram (sintetički akcelrogram 2 – „Prilog C“) i jedan realni akcelrogram (realni akcelrogram 2 – „Loma-Prieta“ – „Prilog C“).

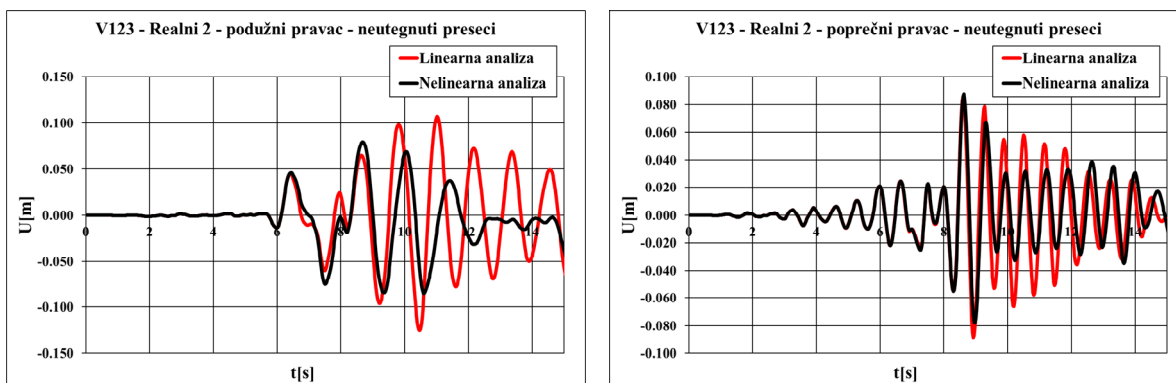
- Relativno horizontalno pomeranje srednjeg čvora grede



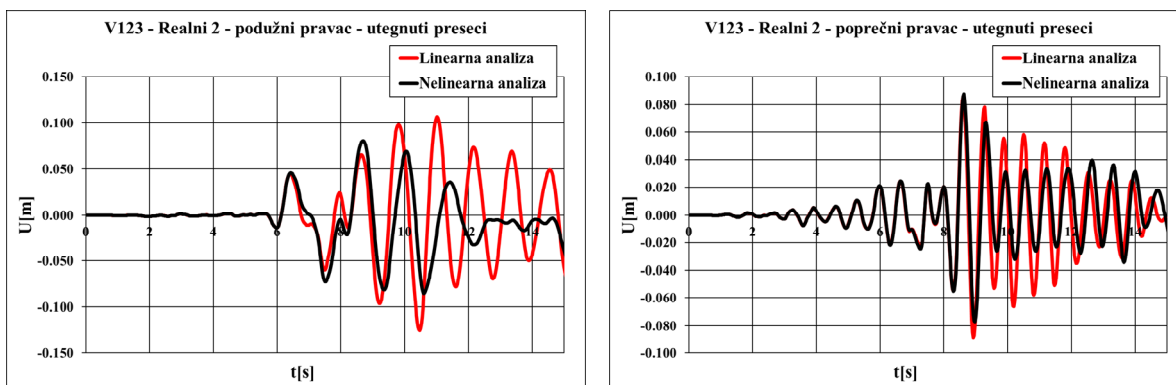
Slika 4-173. Relativno hor. pomeranje sredine grede – sintetički akc. 2 – neutegnuti preseci – V123



Slika 4-174. Relativno hor. pomeranje sredine grede – sintetički akc. 2 – utegnuti preseci – V123

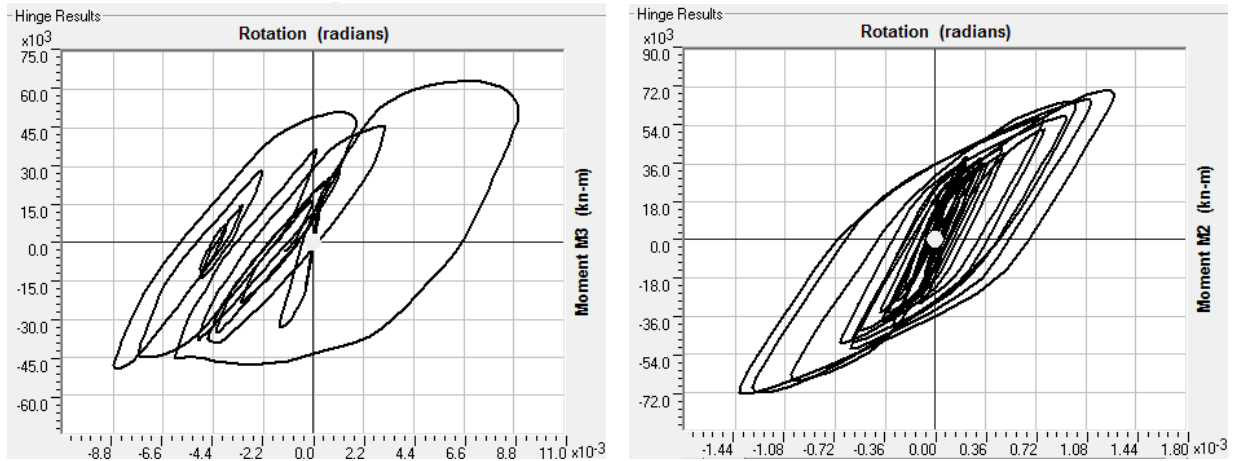


Slika 4-175. Relativno hor. pomeranje sredine grede – realni akc. 2 – neutegnuti preseci – V123

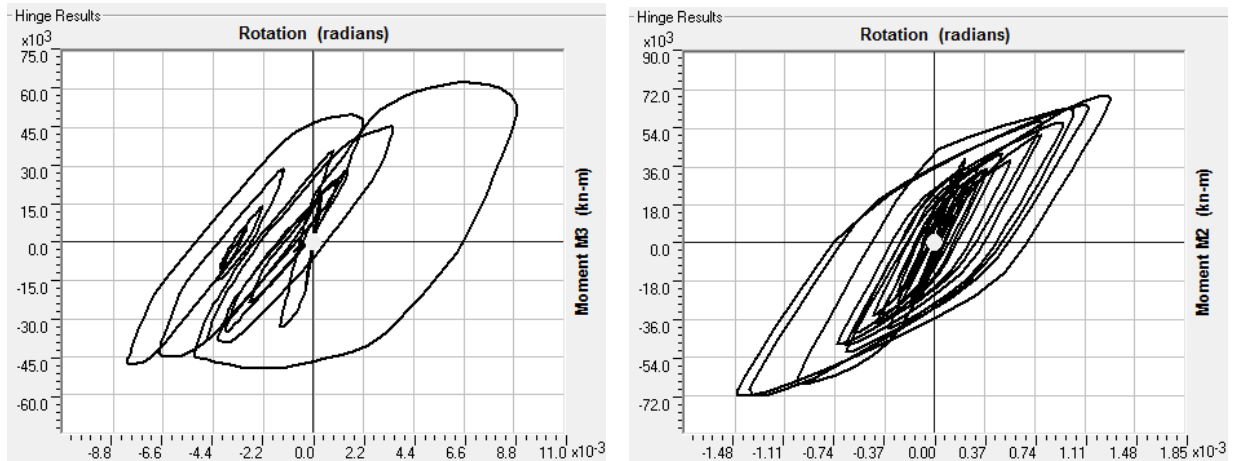


Slika 4-176. Relativno hor. pomeranje sredine grede – realni akc. 2 – utegnuti preseci – V123

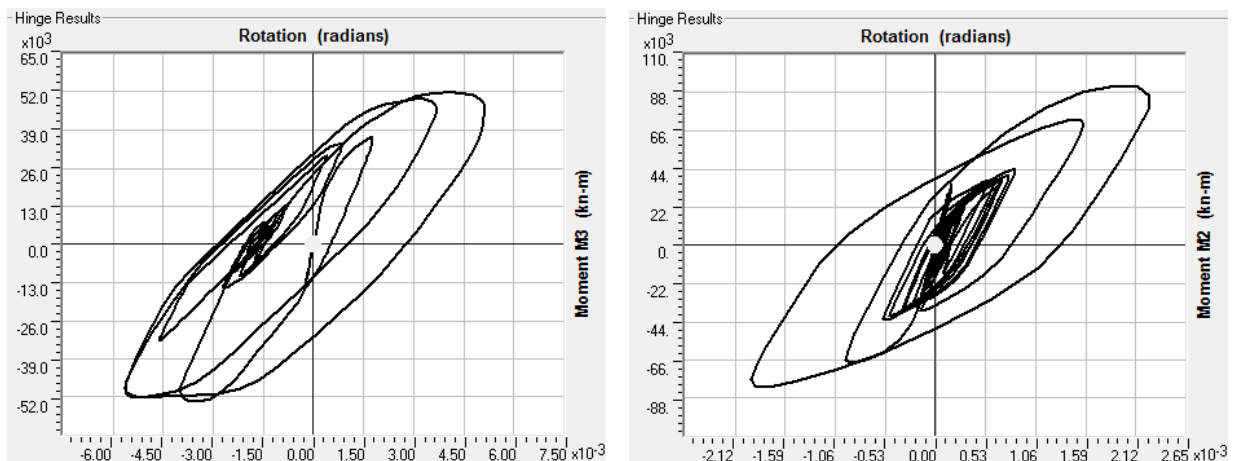
- Prvi i srednji stub (veza moment-rotacija)



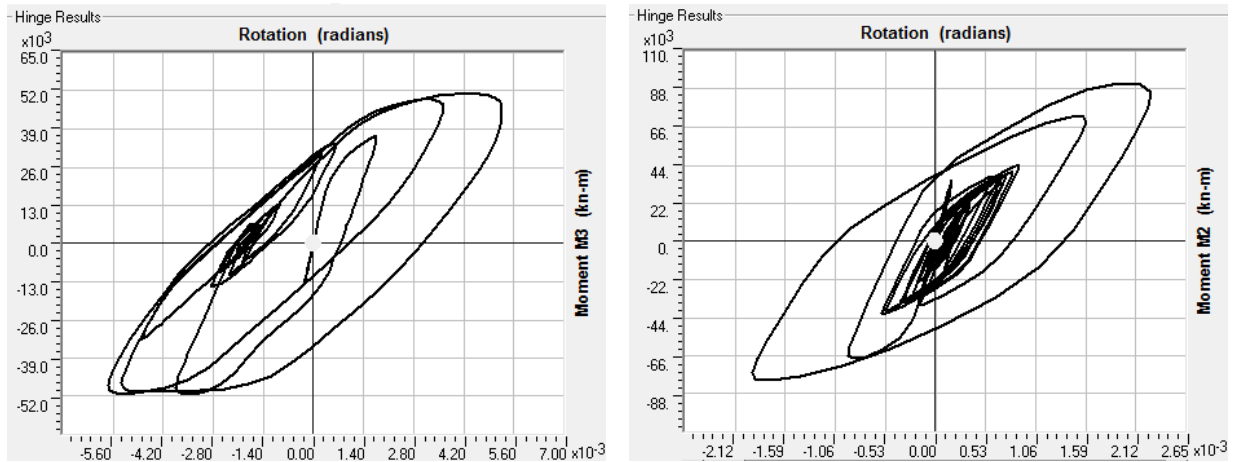
Slika 4-177. Podužni (levo) i poprečni (desno) pravac – V123 – neutegnuti pravougaoni presecci (veza moment-rotacija za sintetički akc. 2: levo – prvi stub i desno – srednji stub)



Slika 4-178. Podužni (levo) i poprečni (desno) pravac – V123 – utegnuti pravougaoni presecci (veza moment-rotacija za sintetički akc. 2: levo – prvi stub i desno – srednji stub)

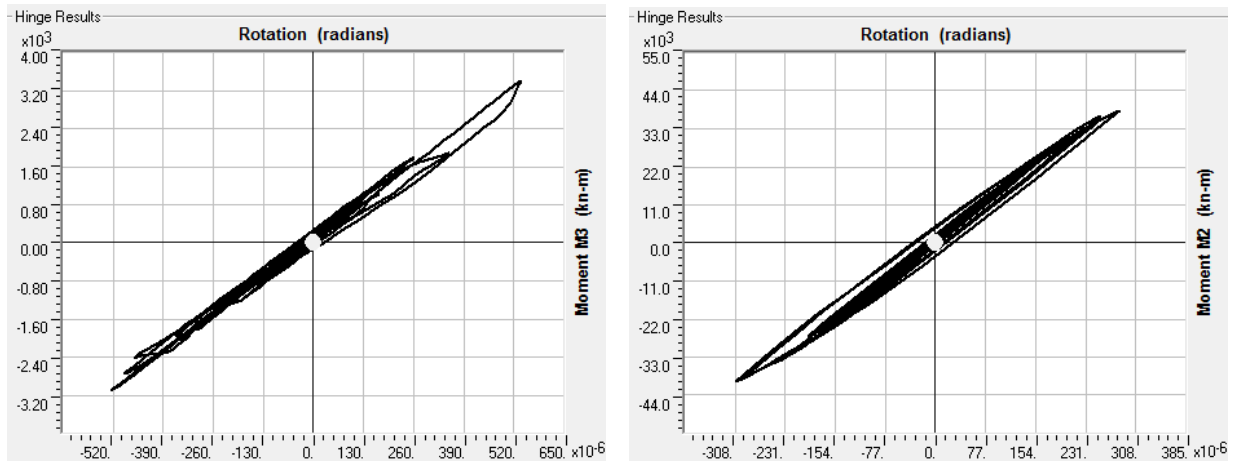


Slika 4-179. Podužni (levo) i poprečni (desno) pravac – V123 – neutegnuti pravougaoni presecci (veza moment-rotacija za realni akc. 2: levo – prvi stub i desno – srednji stub)

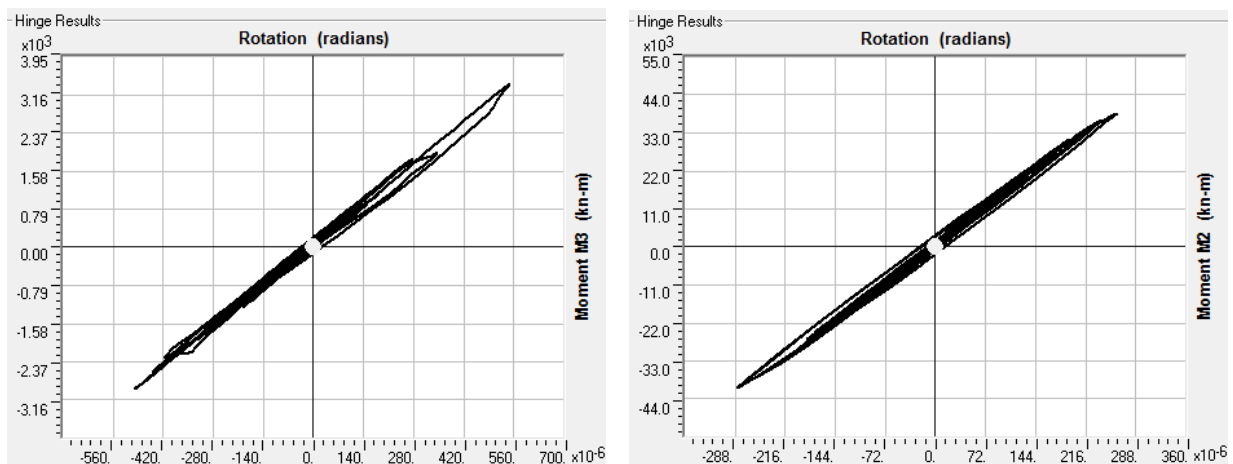


Slika 4-180. Podužni (levo) i poprečni (desno) pravac – V123 – utegnuti pravougaoni presecci (veza moment-rotacija za realni akc. 2: levo – prvi stub i desno – srednji stub)

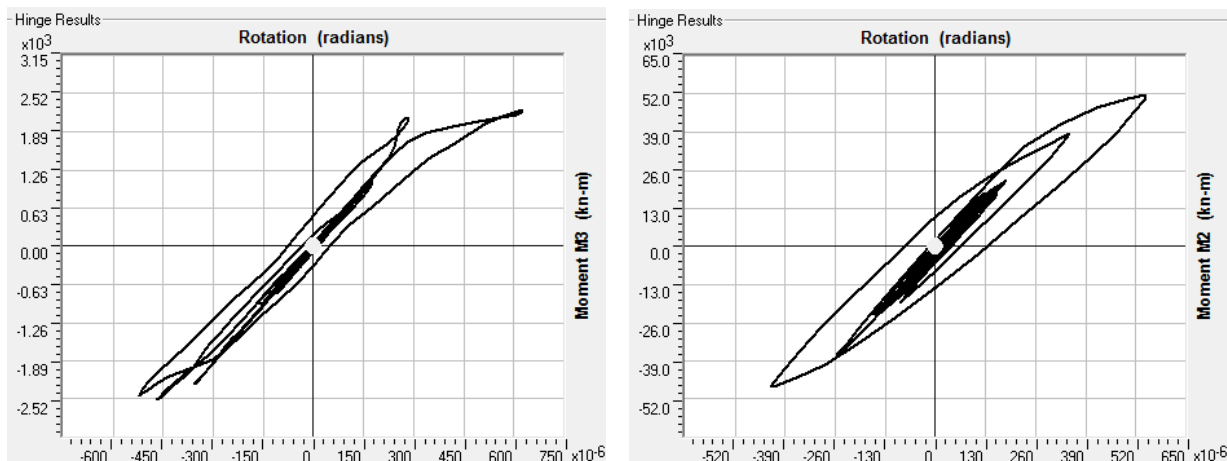
- Treći stub (veza moment-rotacija)



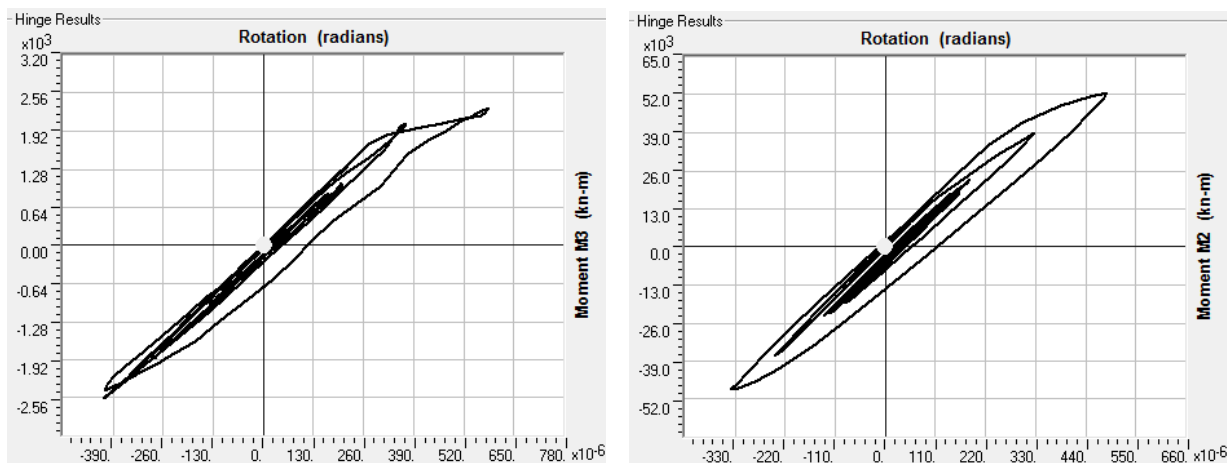
Slika 4-181. Podužni (levo) i poprečni (desno) pravac – V123 – neutegnuti pravougaoni presecci (veza moment-rotacija za sintetički akc. 2 – treći stub)



Slika 4-182. Podužni (levo) i poprečni (desno) pravac – V123 – utegnuti pravougaoni presecci (veza moment-rotacija za sintetički akc. 2 – treći stub)



Slika 4-183. Podužni (levo) i poprečni (desno) pravac – V123 – neutegnuti pravougaoni preseći (veza moment-rotacija za realni akc. 2 – treći stub)



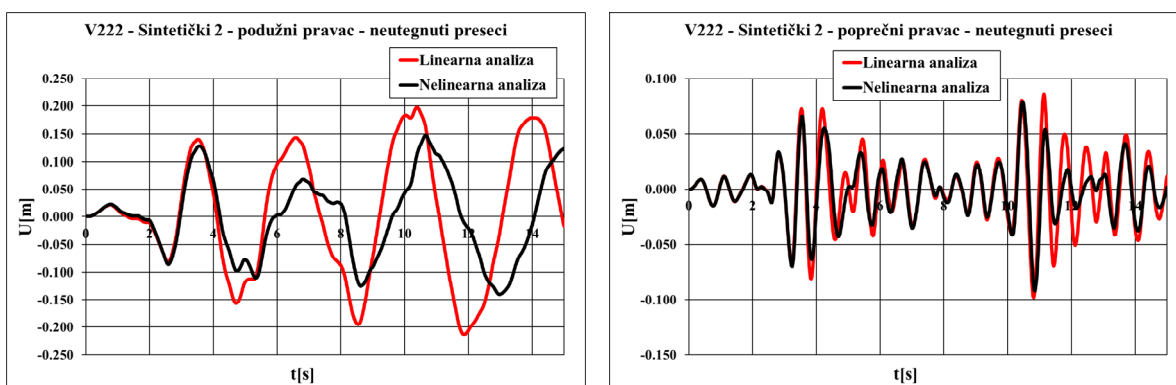
Slika 4-184. Podužni (levo) i poprečni (desno) pravac – V123 – utegnuti pravougaoni preseći (veza moment-rotacija za realni akc. 2 – treći stub)

Maksimalna zahtevana lokalna duktilnost (tabela 4-60) kod modela sa neutegnutim presecima u podužnom pravcu iznosi 3,68 (prvi stub), a kod modela sa utegnutim presecima 3,47 (prvi stub). U poprečnom pravcu maksimalna zahtevana lokalna duktilnost kod modela sa neutegnutim presecima iznosi 1,30 (srednji stub), a kod modela sa utegnutim presecima 1,42 (srednji stub).

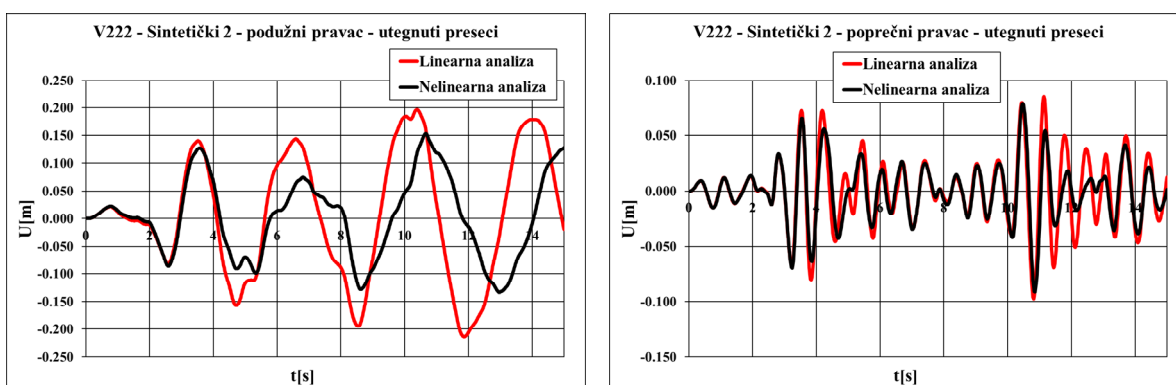
4.5.4. Nelinearna dinamička analiza varijante V222

Na slikama 4-185 do 4-208 su prikazani karakteristični rezultati nelinearne dinamičke analize za jedan sintetički akcelorogram (sintetički akcelorogram 2 – „Prilog C“) i jedan realni akcelorogram (realni akcelorogram 2 – „Loma-Prieta“ – „Prilog C“). Rezultati su posebno prikazani za varijantu sa pravougaonim, „I“ i „kombinovanim“ (prvi i treći stub – „I“ presek i srednji stub – pravougaoni presek) poprečnim presecima stubova.

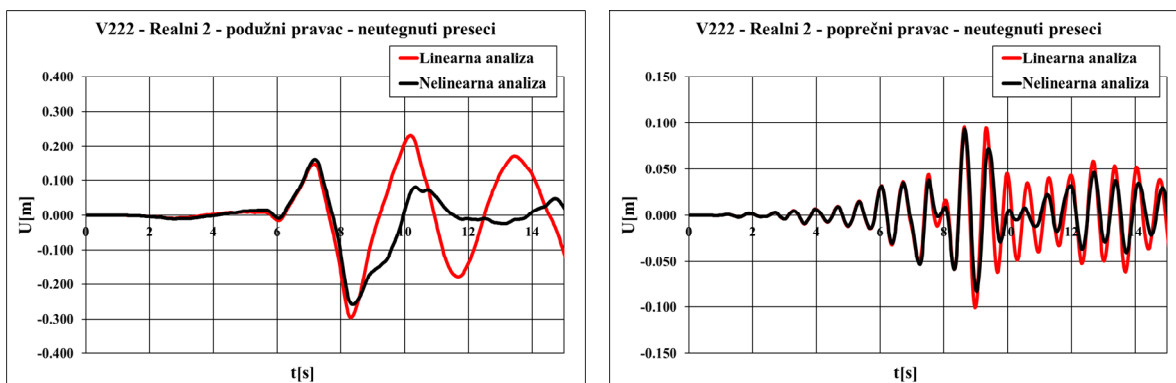
- Pravougaoni poprečni preseći stubova (relativno horiz. pomeranje srednjeg čvora grede)



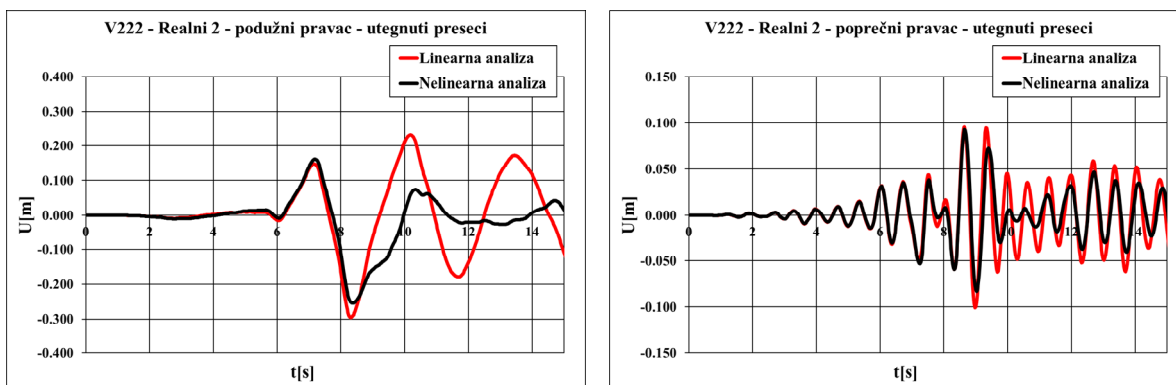
Slika 4-185. Relativno hor. pomeranje sredine grede – sintetički akc. 2 – neutegnuti preseći – V222



Slika 4-186. Relativno hor. pomeranje sredine grede – sintetički akc. 2 – utegnuti preseći – V222

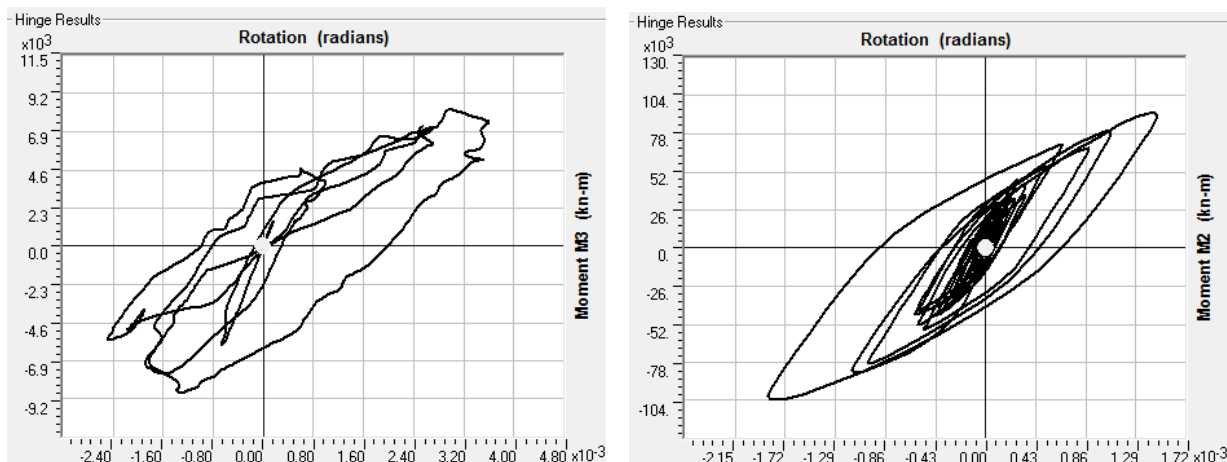


Slika 4-187. Relativno hor. pomeranje sredine grede – realni akc. 2 – neutegnuti preseći – V222

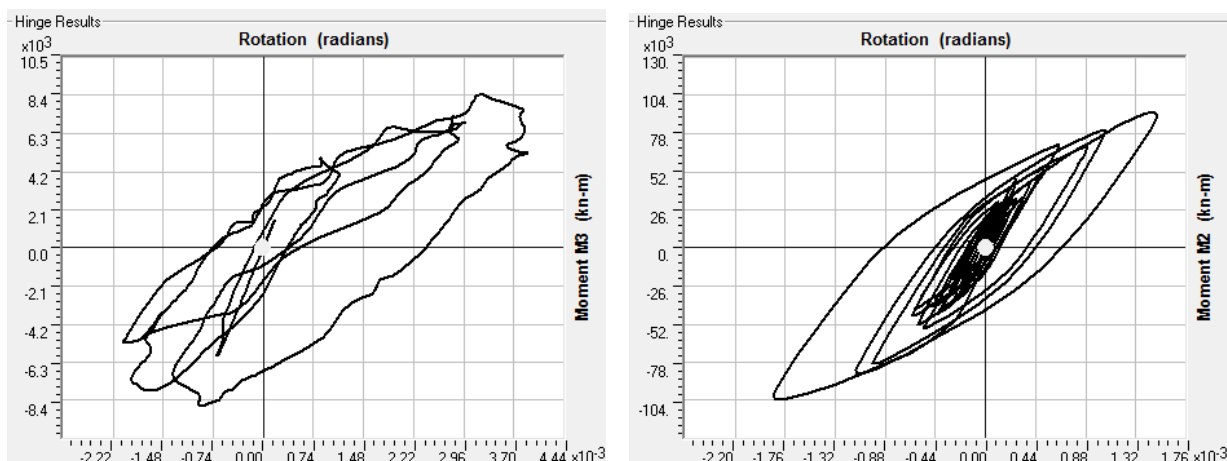


Slika 4-188. Relativno hor. pomeranje sredine grede – realni akc. 2 – utegnuti preseći – V222

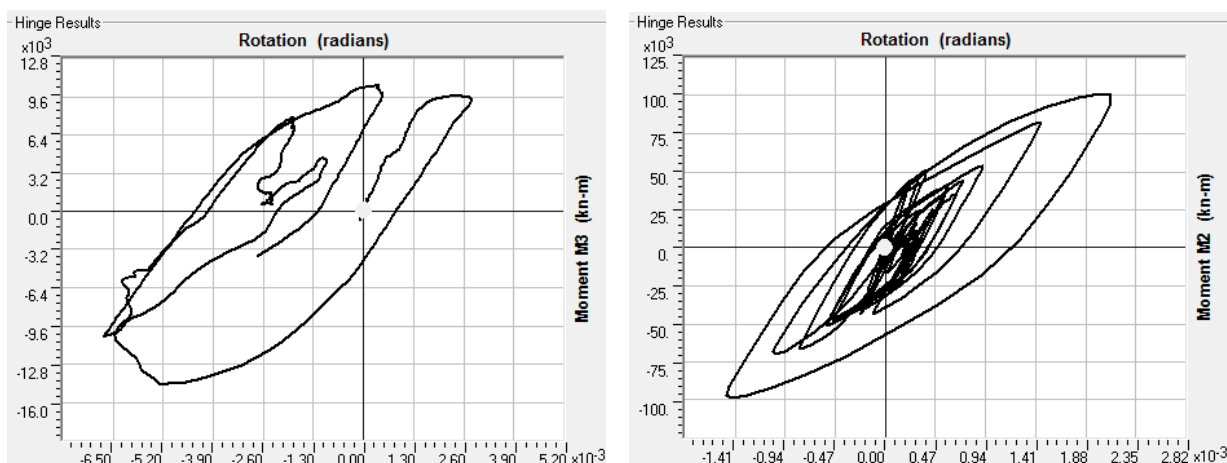
- Pravougaoni poprečni preseći stubova (veza moment-rotacija za srednji stub)



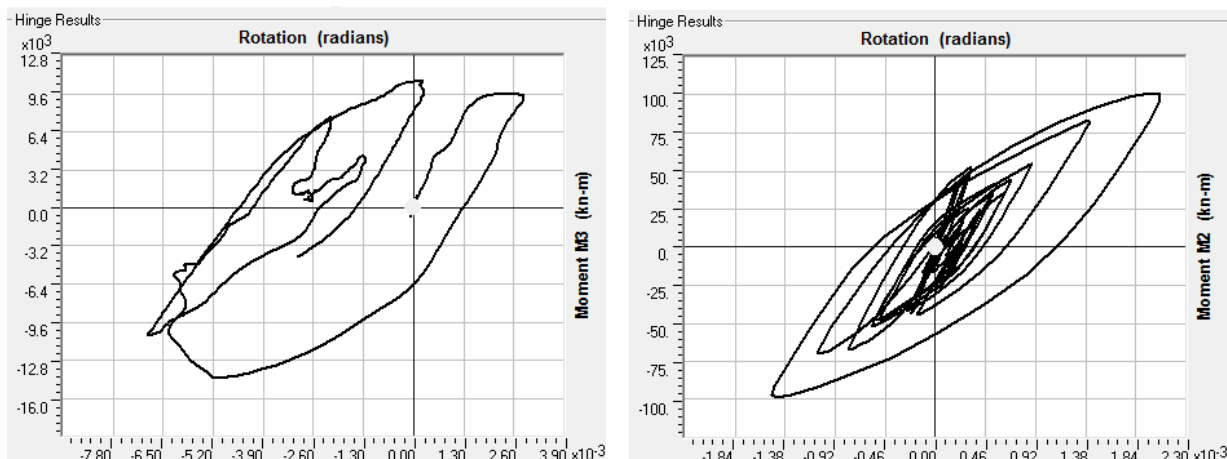
Slika 4-189. Podužni (levo) i poprečni (desno) pravac – V222 – neutegnuti pravougaoni preseći (veza moment-rotacija za sintetički akc. 2 – srednji stub)



Slika 4-190. Podužni (levo) i poprečni (desno) pravac – V222 – utegnuti pravougaoni preseći (veza moment-rotacija za sintetički akc. 2 – srednji stub)



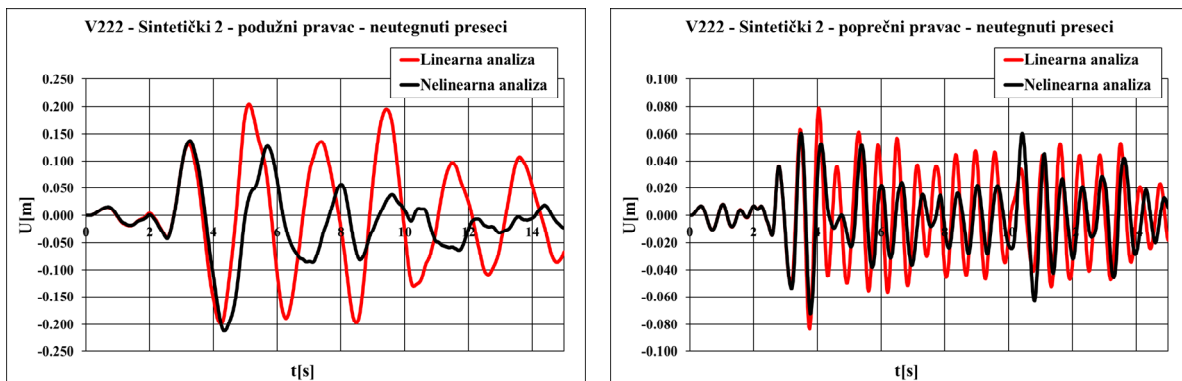
Slika 4-191. Podužni (levo) i poprečni (desno) pravac – V222 – neutegnuti pravougaoni preseći (veza moment-rotacija za realni akc. 2 – srednji stub)



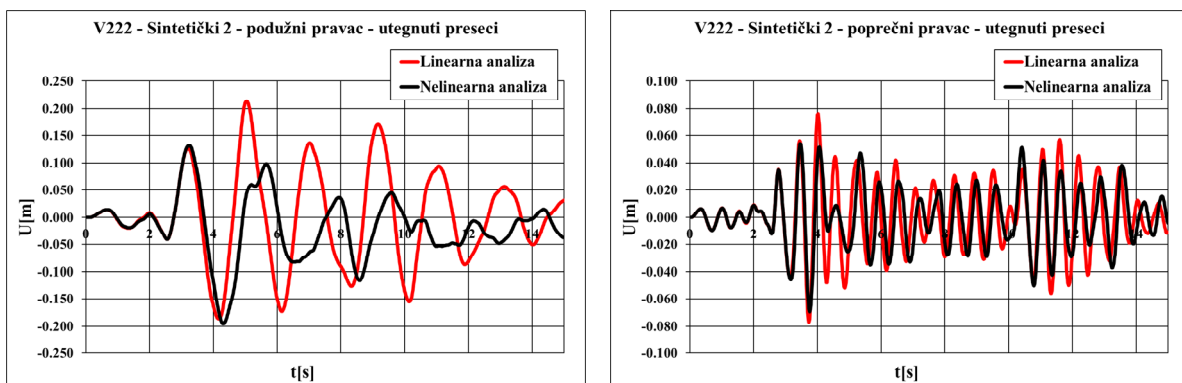
Slika 4-192. Podužni (levo) i poprečni (desno) pravac – V222 – utegnuti pravougaoni preseći (veza moment-rotacija za realni akc. 2 – srednji stub)

Maksimalna zahtevana lokalna duktilnost (tabela 4-66) kod modela sa neutegnutim i utegnutim presećima stubova u podužnom pravcu 1,0. U poprečnom pravcu maksimalna zahtevana lokalna duktilnost kod modela sa neutegnutim presećima iznosi 1,32 (srednji stub), a kod modela sa utegnutim presećima 1,21 (srednji stub).

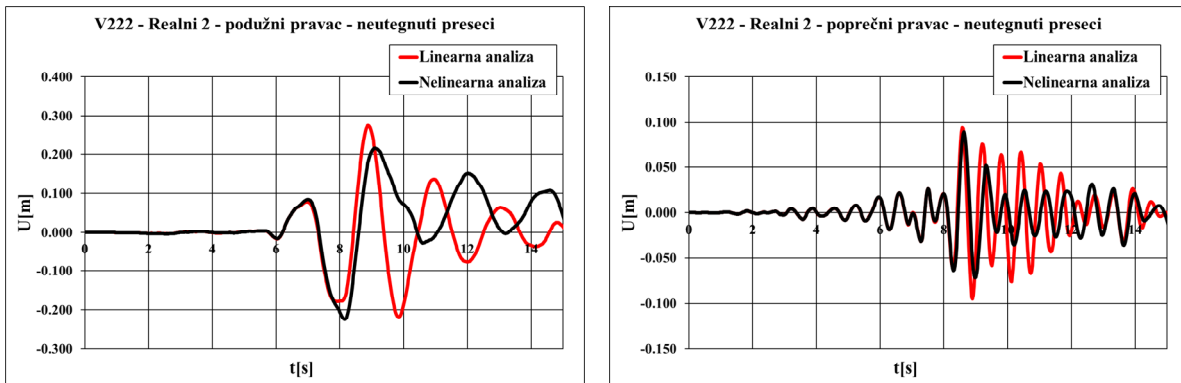
- „I“ poprečni preseći (relativno horizontalno pomeranje srednjeg čvora grede)



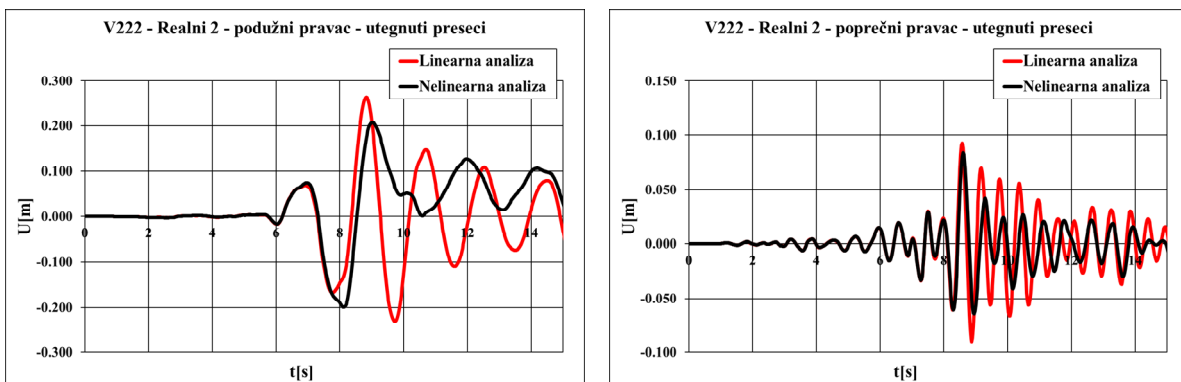
Slika 4-193. Relativno hor. pomeranje sredine grede – sintetički akc. 2 – neutegnuti preseći – V222



Slika 4-194. Relativno hor. pomeranje sredine grede – sintetički akc. 2 – utegnuti preseći – V222

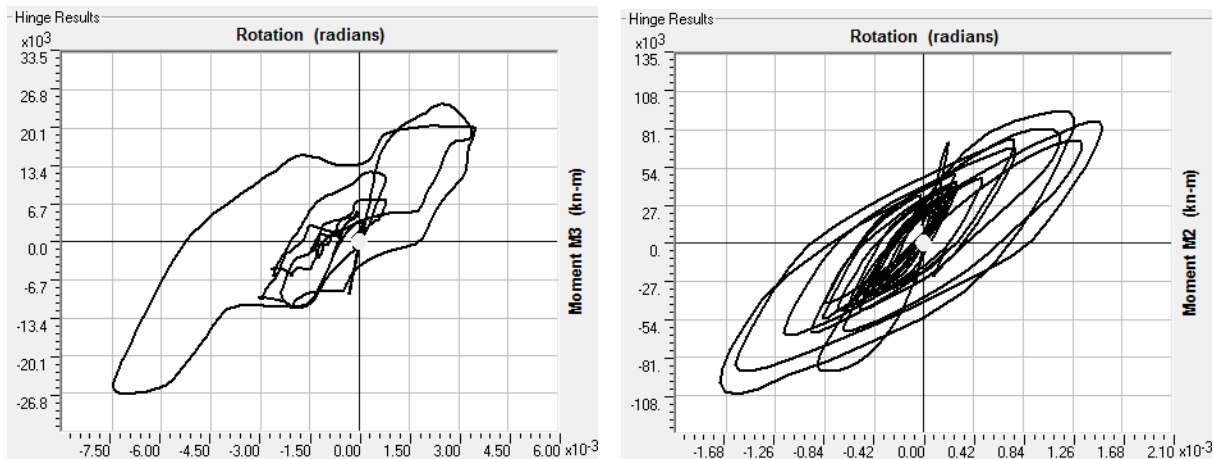


Slika 4-195. Relativno hor. pomeranje sredine grede – realni akc. 2 – neutegnuti preseci – V222

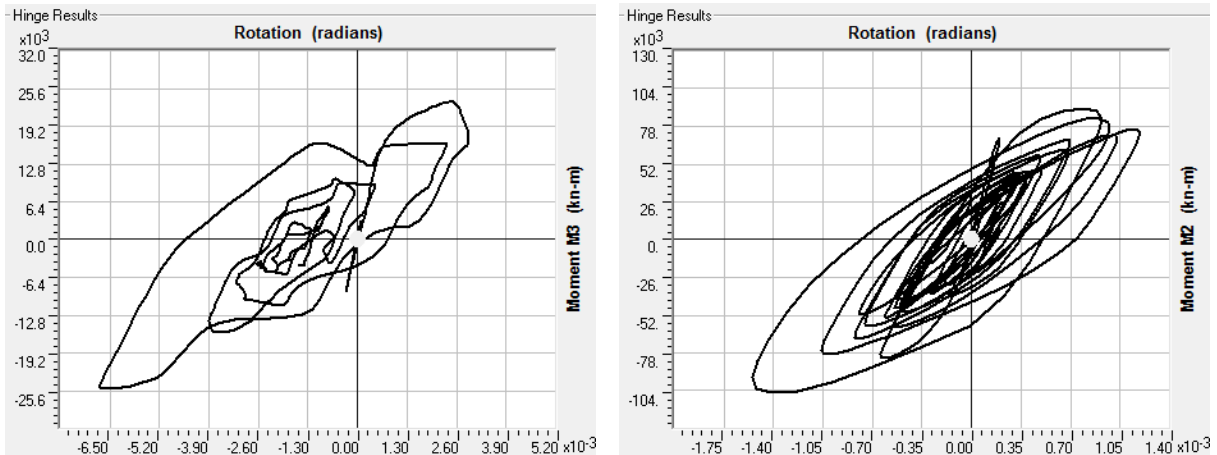


Slika 4-196. Relativno hor. pomeranje sredine grede – realni akc. 2 – utegnuti preseci – V222

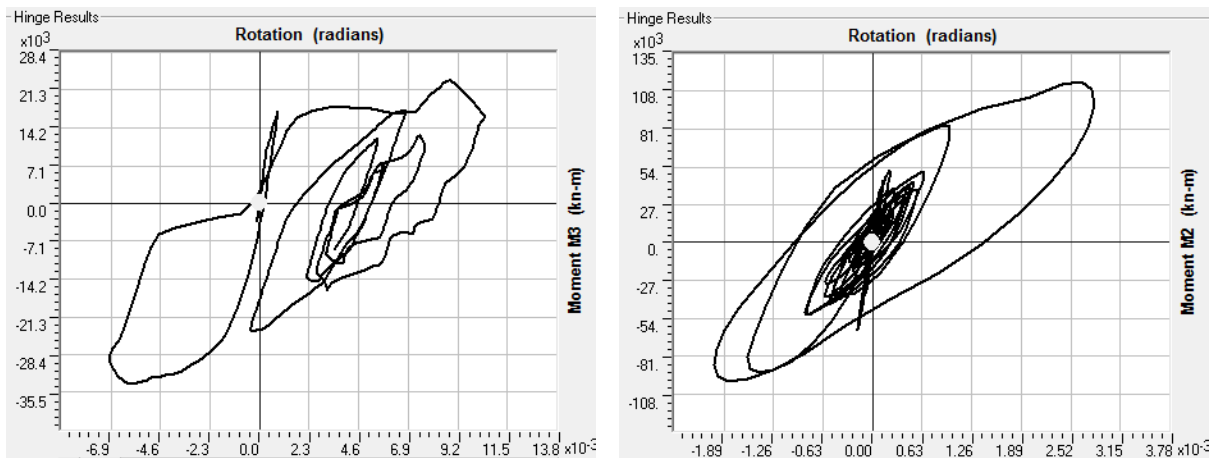
- „I“ poprečni preseci stubova (veza moment-rotacija za srednji stub)



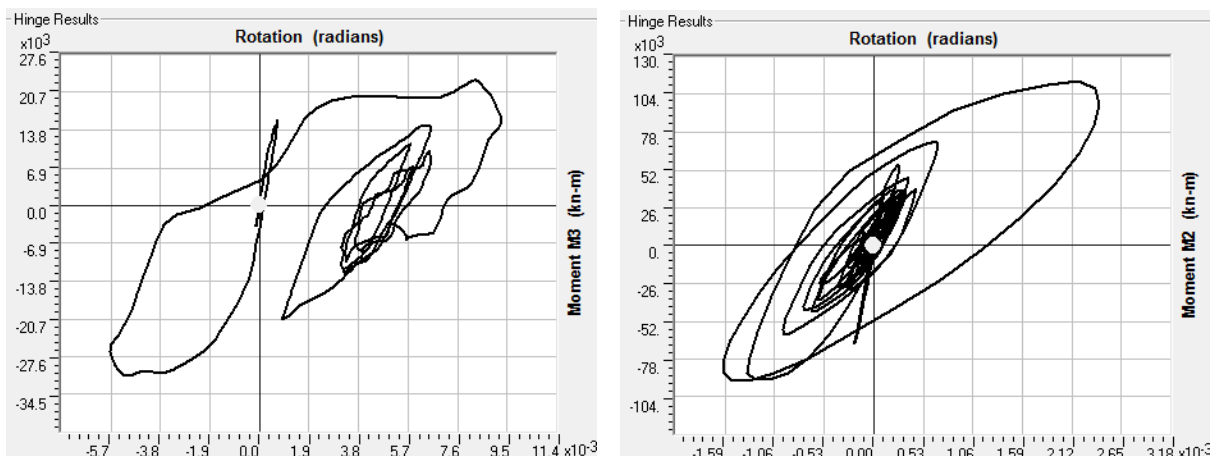
Slika 4-197. Podužni (levo) i poprečni (desno) pravac – V222 – neutegnuti „I“ preseci (veza moment-rotacija za sintetički akc. 2 – srednji stub)



Slika 4-198. Podužni (levo) i poprečni (desno) pravac – V222 – utegnuti „I“ preseci (veza moment-rotacija za sintetički akc. 2 – srednji stub)



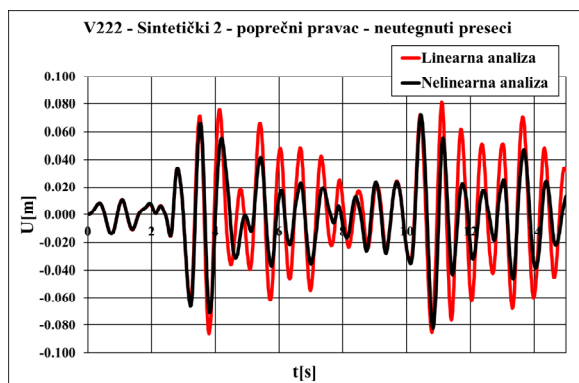
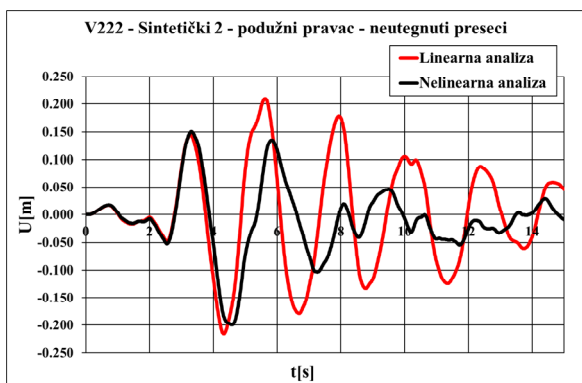
Slika 4-199. Podužni (levo) i poprečni (desno) pravac – V222 – neutegnuti „I“ preseci (veza moment-rotacija za realni akc. 2 – srednji stub)



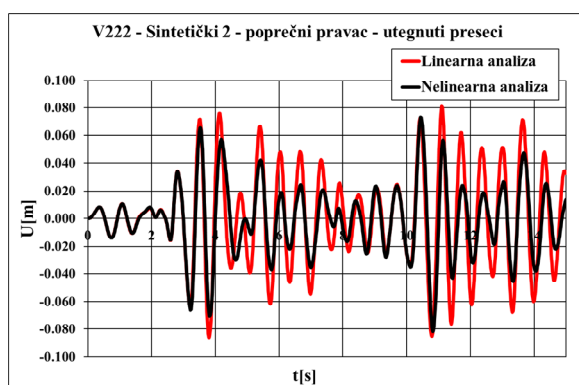
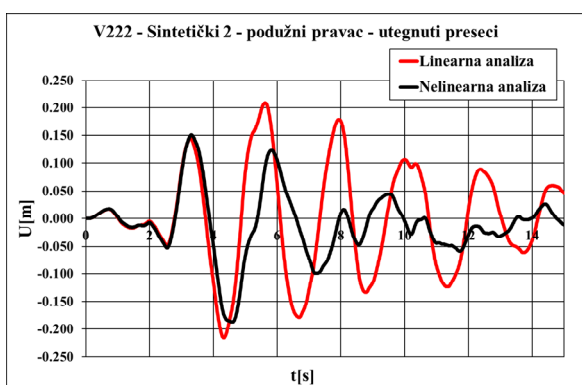
Slika 4-200. Podužni (levo) i poprečni (desno) pravac – V222 – utegnuti „I“ preseci (veza moment-rotacija za realni akc. 2 – srednji stub)

Kod modela sa neutegnutim presecima maksimalna zahtevana lokalna duktilnost u podužnom pravcu (tabela 4-74) iznosi 2,78 (srednji stub), a kod modela sa utegnutim presecima 2,44 (srednji stub). U poprečnom pravcu maksimalna zahtevana lokalna duktilnost kod modela sa neutegnutim presecima iznosi 2,35 (srednji stub), a kod modela sa utegnutim presecima 1,86 (srednji stub).

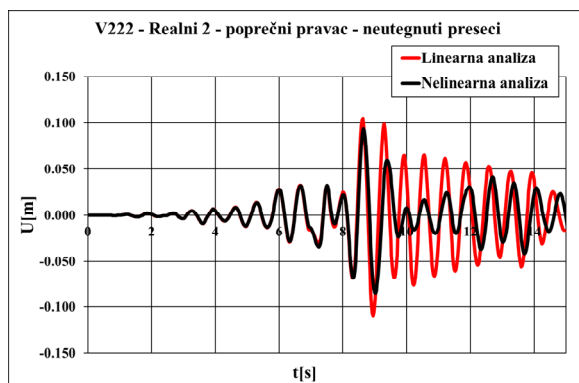
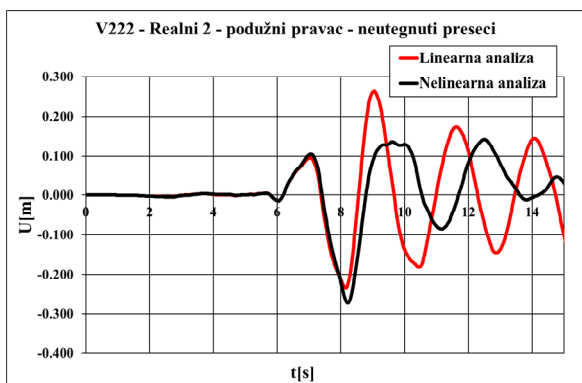
- „Kombinovani“ poprečni presezi (relativno hor. pomeranje srednjeg čvora grede)



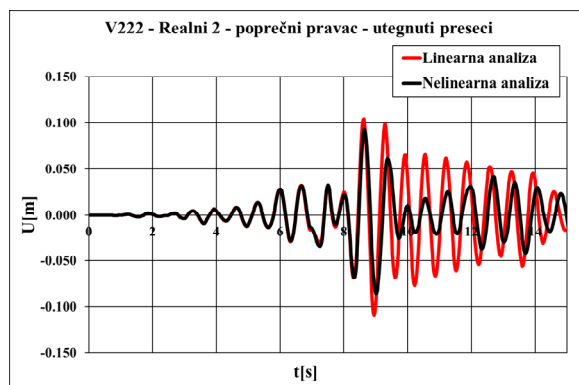
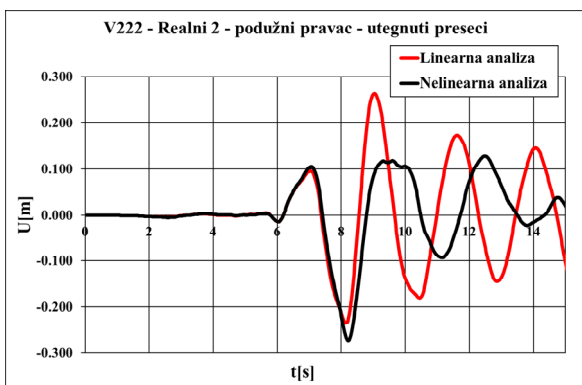
Slika 4-201. Relativno hor. pomeranje sredine grede – sintetički akc. 2 – neutegnuti presezi – V222



Slika 4-202. Relativno hor. pomeranje sredine grede – sintetički akc. 2 – utegnuti presezi – V222

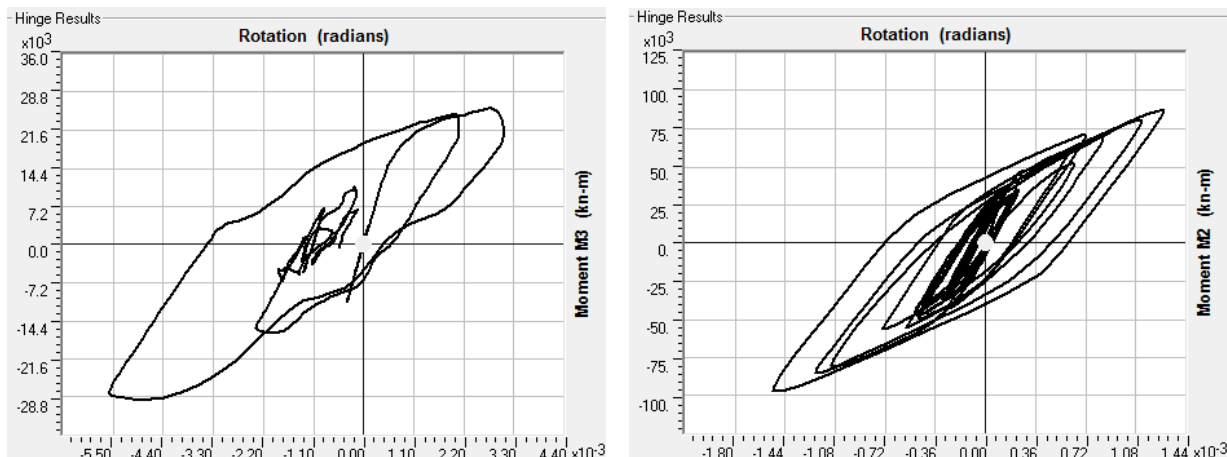


Slika 4-203. Relativno hor. pomeranje sredine grede – realni akc. 2 – neutegnuti presezi – V222

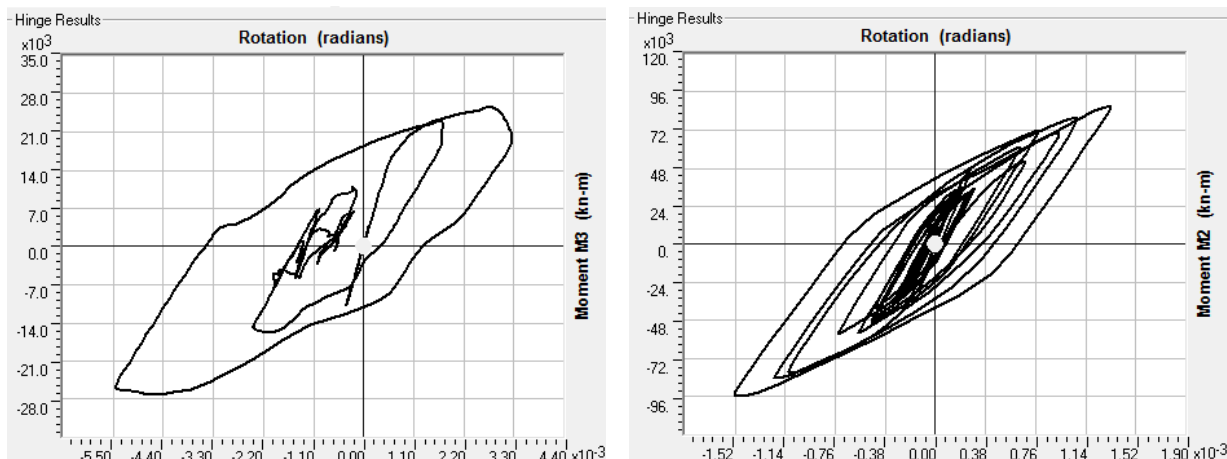


Slika 4-204. Relativno hor. pomeranje sredine grede – realni akc. 2 – utegnuti presezi – V222

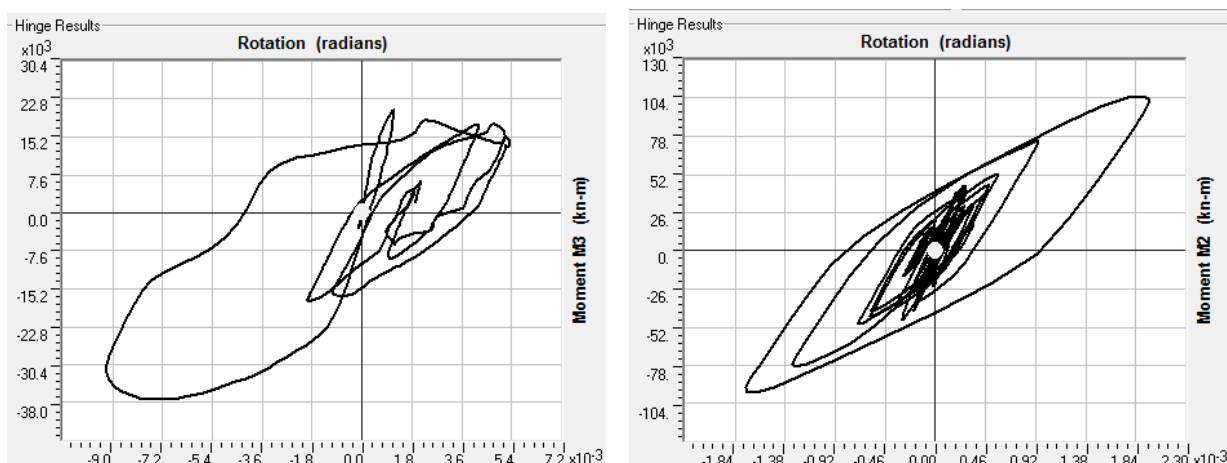
- „Kombinovani“ poprečni preseči stubova (veza moment-rotacija za prvi i srednji stub)



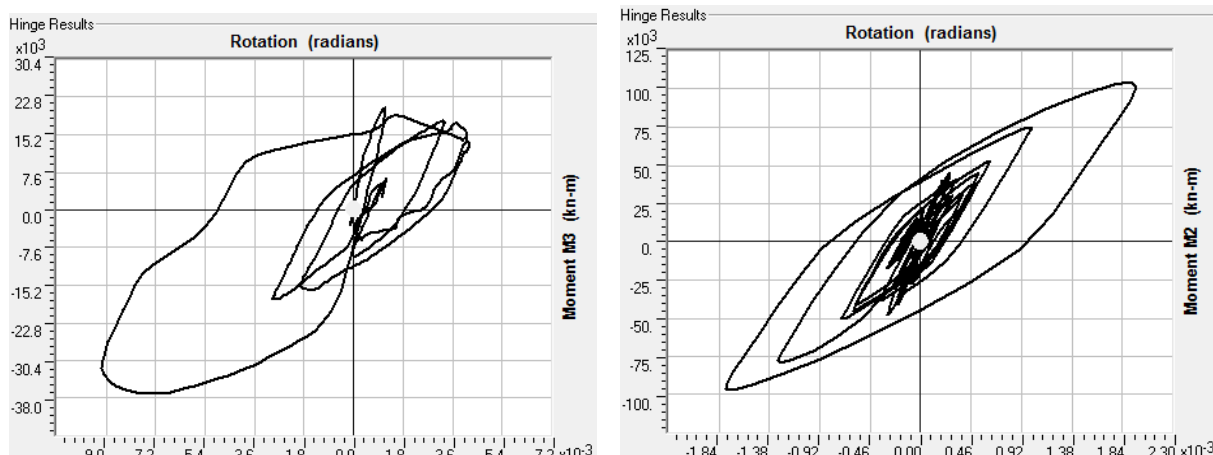
Slika 4-205. Podužni (levo) i poprečni (desno) pravac – V222 – neutegnuti „kombinovani“ preseči (veza moment-rotacija za sintetički akc. 2: levo – prvi stub i desno – srednji stub)



Slika 4-206. Podužni (levo) i poprečni (desno) pravac – V222 – utegnuti „kombinovani“ preseči (veza moment-rotacija za sintetički akc. 2: levo – prvi stub i desno – srednji stub)



Slika 4-207. Podužni (levo) i poprečni (desno) pravac – V222 – neutegnuti „kombinovani“ preseči (veza moment-rotacija za realni akc. 2: levo – prvi stub i desno – srednji stub)



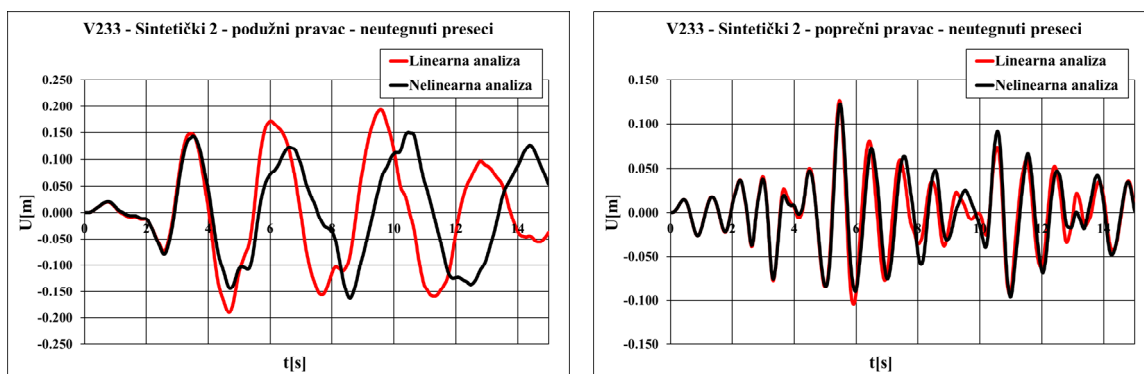
Slika 4-208. Podužni (levo) i poprečni (desno) pravac – V222 – utegnuti „kombinovani“ preseći (veza moment-rotacija za realni akc. 2: levo – prvi stub i desno – srednji stub)

Maksimalna zahtevana lokalna duktilnost (tabela 4-74) kod modela sa neutegnutim presećima u podužnom pravcu iznosi 2,43 (prvi stub), a kod modela sa utegnutim presećima 2,41 (prvi stub). U poprečnom pravcu maksimalna zahtevana lokalna duktilnost kod modela sa neutegnutim presećima iznosi 1,31 (srednji stub), a kod modela sa utegnutim presećima 1,23 (srednji stub).

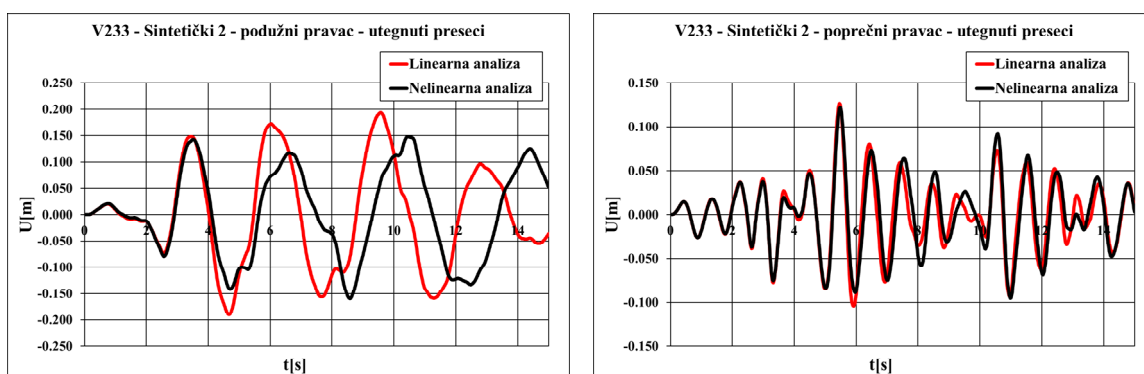
4.5.5. Nelinearna dinamička analiza varijante V233

Na slikama 4-209 do 4-216 su prikazani karakteristični rezultati nelinearne dinamičke analize za jedan sintetički akcelorogram (sintetički akcelorogram 2 – „Prilog C“) i jedan realni akcelorogram (realni akcelorogram 2 – „Loma-Prieta“ – „Prilog C“).

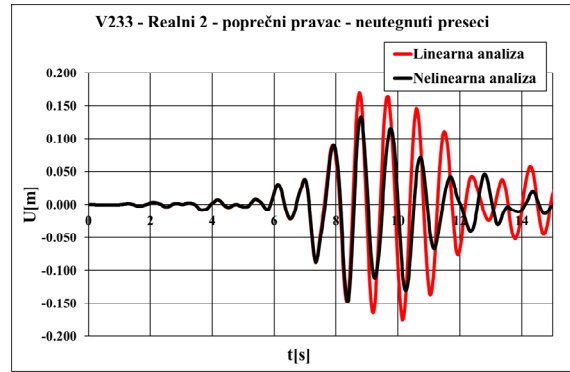
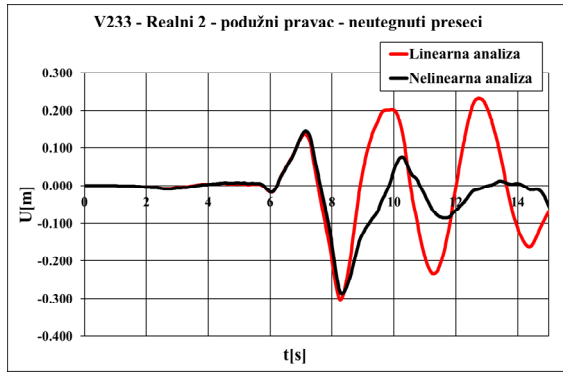
- Relativno horizontalno pomeranje srednjeg čvora grede



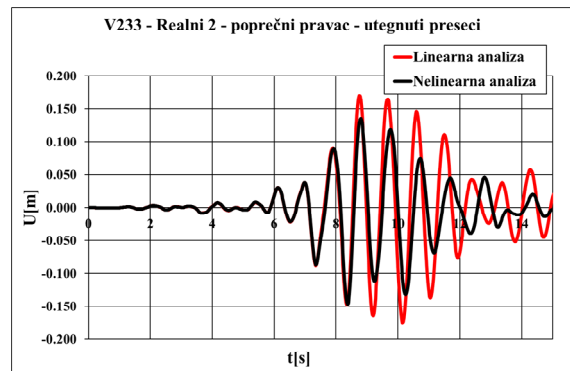
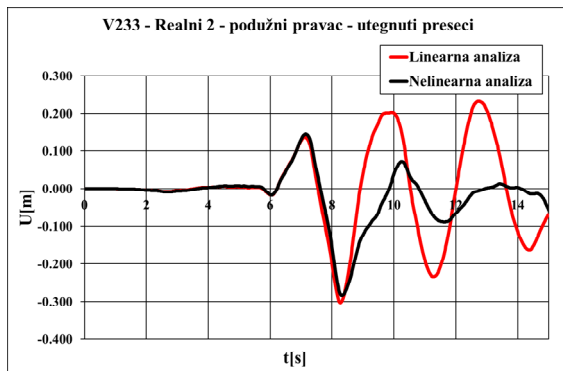
Slika 4-209. Relativno hor. pomeranje sredine grede – sintetički akc. 2 – neutegnuti preseći – V233



Slika 4-210. Relativno hor. pomeranje sredine grede – sintetički akc. 2 – utegnuti preseći – V233

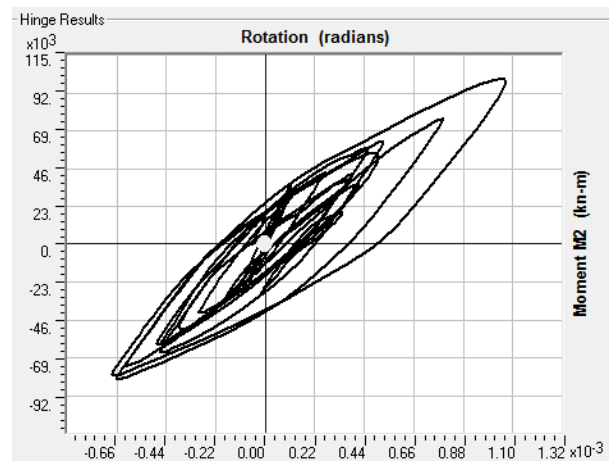
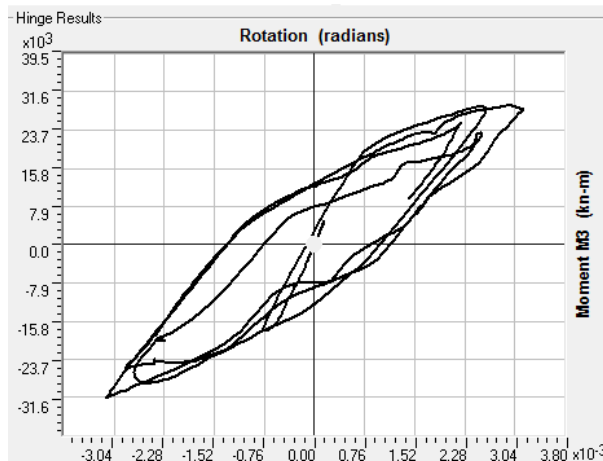


Slika 4-211. Relativno hor. pomeranje sredine grede – realni akc. 2 – neutegnuti preseci – V233

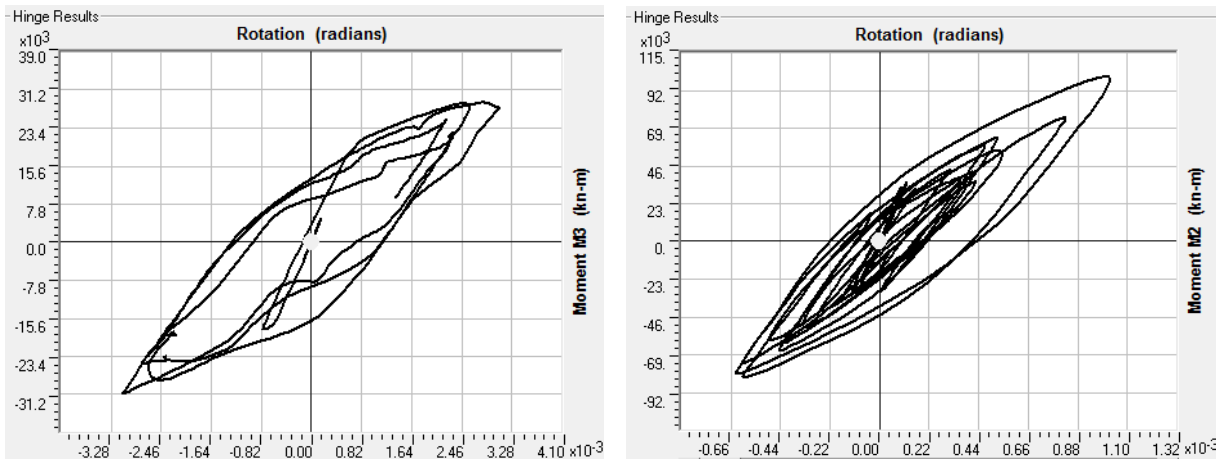


Slika 4-212. Relativno hor. pomeranje sredine grede – realni akc. 2 – utegnuti preseci – V233

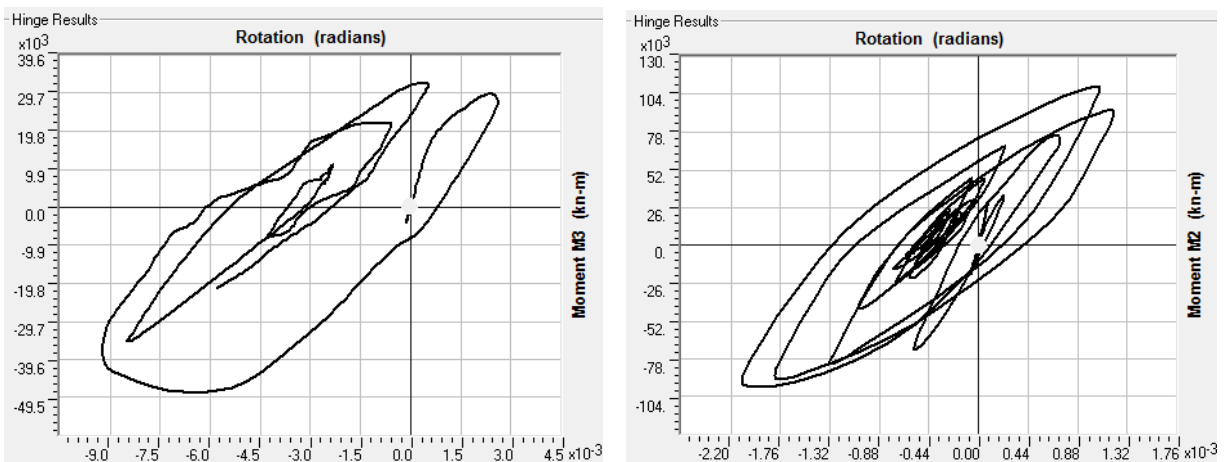
- Prvi stub (veza moment-rotacija)



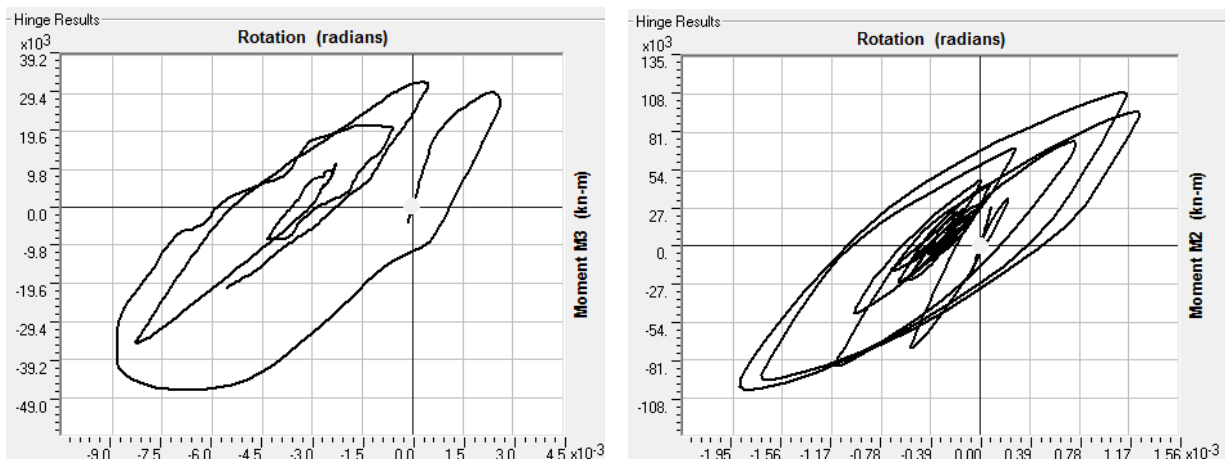
Slika 4-213. Podužni (levo) i poprečni (desno) pravac – V233 – neutegnuti pravougaoni preseci (veza moment-rotacija za sintetički akc. 2 – prvi stub)



Slika 4-214. Podužni (levo) i poprečni (desno) pravac – V233 – utegnuti pravougaoni presecci (veza moment-rotacija za sintetički akc. 2 – prvi stub)



Slika 4-215. Podužni (levo) i poprečni (desno) pravac – V233 – neutegnuti pravougaoni presecci (veza moment-rotacija za realni akc. 2 – prvi stub)

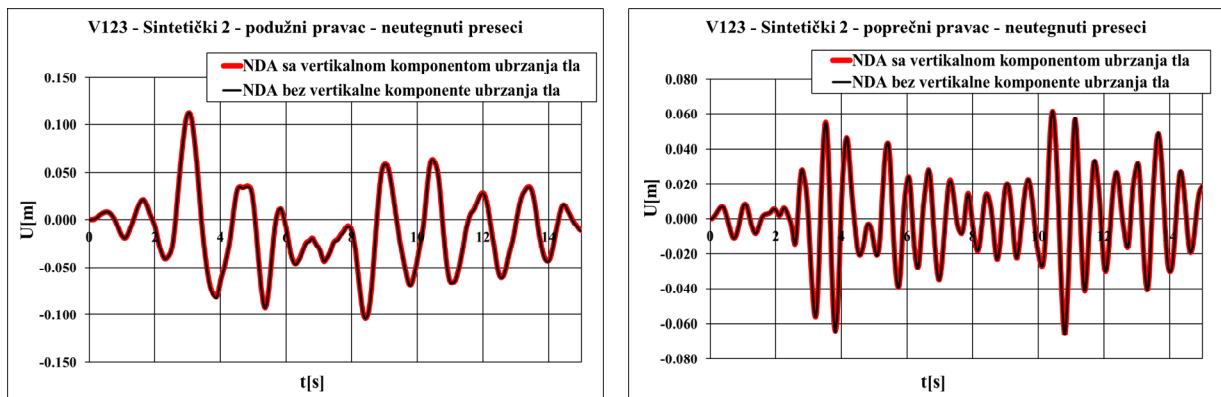


Slika 4-216. Podužni (levo) i poprečni (desno) pravac – V233 – utegnuti pravougaoni presecci (veza moment-rotacija za realni akc. 2 – prvi stub)

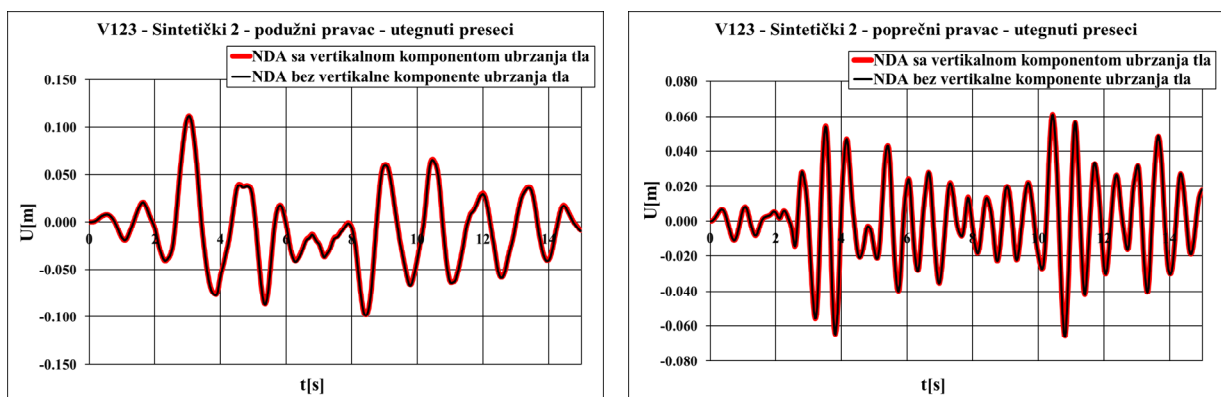
Maksimalna zahtevana lokalna duktilnost (tabela 4-70) kod modela sa neutegnutim preseccima u podužnom pravcu iznosi 1,96 (prvi stub), a kod modela sa utegnutim preseccima 1,84 (prvi stub). U poprečnom pravcu maksimalna zahtevana lokalna duktilnost kod modela sa neutegnutim preseccima iznosi 1,40 (prvi stub), a kod modela sa utegnutim preseccima 1,19 (prvi stub).

4.5.6. Uticaj vertikalne komponente ubrzanja tla na odgovor dinamičkog modela

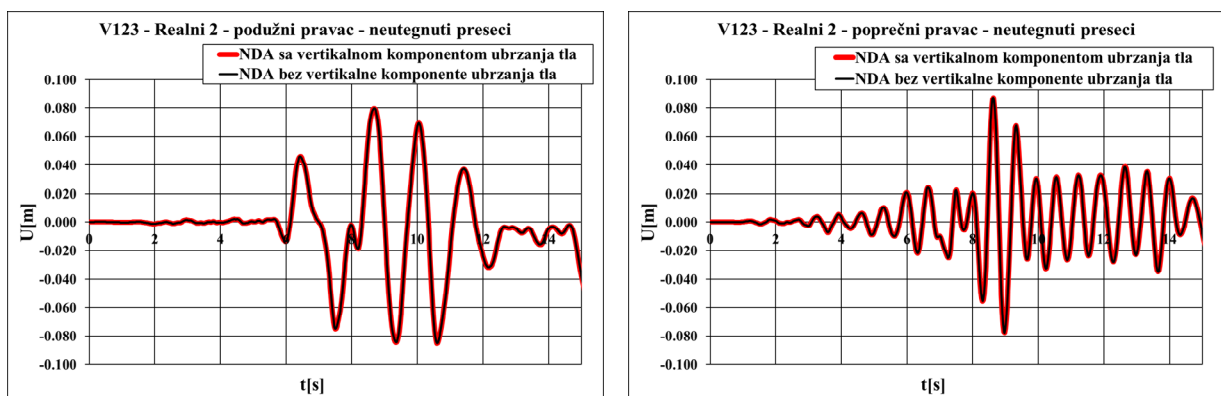
Uticaj vertikalne komponente ubrzanja tla na vremensku istoriju dinamičkog odgovora modela pri nelinearnoj analizi je određen za varijantu V123. Karakteristični rezultati su prikazani za jedan sintetički akcelerogram (sintetički akcelerogram 2 – „Prilog C“) i jedan realni akcelerogram (realni akcelerogram 2 – „Loma-Prieta” – „Prilog C“). Rezultati relativnog horizontalnog pomeranja sredine grede u podužnom i poprečnom pravcu mosta za modele sa neutegnutim i utegnutim poprečnim presecima stubova su dati na slikama 4-217 do 4-220.



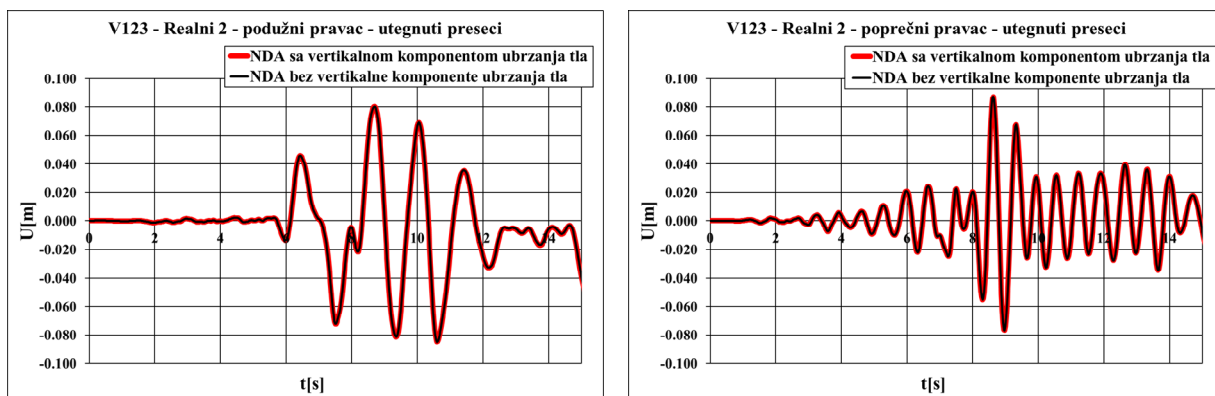
Slika 4-217. Relativno hor. pomeranje sredine grede – sintetički akc. 2 – neutegnuti preseći – V123



Slika 4-218. Relativno hor. pomeranje sredine grede – sintetički akc. 2 – utegnuti preseći – V123



Slika 4-219. Relativno hor. pomeranje sredine grede – realni akc. 2 – neutegnuti preseći – V123



Slika 4-220. Relativno hor. pomeranje sredine grede – realni akc. 2 – utegnuti preseci – V123

U tabeli 4-6 i 4-7 su date maksimalne zahtevana vrednosti relativnog horizontalnog pomeranja sredine grede mosta i maksimalne zahtevane rotacije u plastičnim zglobovima za podužni i poprečni pravac kod modela sa neutegnutim i utegnutim poprečnim presecima.

Tabela 4-6. Maksimalno relativno hor. pomeranje sredine grede – varijanta V123 – pravougaoni preseci

V123 ($U_{ostvareno,max}$ [cm])								
Pravac	Neutegnut presek				Utegnut presek			
	Akceleroگرامи				Akceleroگرامи			
	Sintetički 2		Realni 2		Sintetički 2		Realni 2	
	sa $a_{v,tla}$	bez $a_{v,tla}$	sa $a_{v,tla}$	bez $a_{v,tla}$	sa $a_{v,tla}$	bez $a_{v,tla}$	sa $a_{v,tla}$	bez $a_{v,tla}$
Podužni	11,3	11,3	8,5	8,5	11,2	11,2	8,5	8,5
Poprečni	6,5	6,6	8,8	8,8	6,6	6,6	8,8	8,8

Tabela 4-7. Zahtevana maksimalna rotacija u plastičnom zglobu sa i bez vertikalnog ubrzanja tla – V123

V123 ($\theta_{ostvareno,max}$ [rad])									
Pravac	Stub	Neutegnut presek				Utegnut presek			
		Akceleroگرامи				Akceleroگرامи			
		Sintetički 2		Realni 2		Sintetički 2		Realni 2	
		sa $a_{v,tla}$	bez $a_{v,tla}$	sa $a_{v,tla}$	bez $a_{v,tla}$	sa $a_{v,tla}$	bez $a_{v,tla}$	sa $a_{v,tla}$	bez $a_{v,tla}$
Podužni	1	0,009126	0,009027	0,005666	0,005638	0,009048	0,008942	0,005766	0,005739
	2	0,002518	0,002446	0,002871	0,002865	0,002373	0,002332	0,00268	0,00267
	3	0,000544	0,000538	0,000632	0,000625	0,000554	0,000549	0,000591	0,000585
Poprečni	1	0,001111	0,001128	0,001149	0,001143	0,001010	0,001015	0,001125	0,001119
	2	0,001442	0,001405	0,002006	0,001949	0,001492	0,001455	0,002279	0,002277
	3	0,000316	0,000308	0,000550	0,000547	0,000285	0,000285	0,000486	0,000486

Na osnovu rezultata prikazanih na slikama 4-217 do 4-220 i vrednostima maksimalnog relativnog horizontalnog pomeranja koje su date u tabeli 4-6, vidi se da se uticaj vertikalne komponente ubrzanja tla može zanemariti na globalni odgovor. Takođe, razlike između vrednosti

zahtevanih maksimalnih rotacija u plastičnom zglobu ne prelaze približno 3 % (tabela 4-7), pa se može zaključiti da se uticaj vertikalne komponente ubrzanja tla može zanemariti i pri analizi lokalnog odgovora. Ovakvo ponašanje je posledice relativno malih vrednosti aksijalnih sila u odnosu na geometrijske i mehaničke karakteristike stubova mosta.

4.5.7. Nelinearna analiza veze moment-krivina i moment-rotacija

Karakteristični rezultati nelinearne analize veze moment-krivina i moment-rotacija su prikazani u tabelama 4-8 do 4-29. Na osnovu veze moment-krivina za poprečni presek se može izračunati kapacitet lokalne duktilnosti na osnovu izraza $\mu_{\Phi} = \Phi_u / \Phi_y$, gde su Φ_y procenjena vrednost krivine na granici tečenja i Φ_u procenjena maksimalna krivina. Takođe, na osnovu veze moment-rotacija u plastičnom zglobu može se odrediti kapacitet lokalne duktilnosti na osnovu izraza $\mu_{\theta} = \theta_u / \theta_y$, gde su θ_y procenjena vrednost rotacije na granici tečenja i θ_u procenjena maksimalna rotacija.

Tabela 4-8. Veza moment-krivina i moment-rotacija – varijanta V111 – pravougaoni poprečni preseći

V111 (M [kNm], Φ [1/m], θ [rad])									
Pravac	Stub	Neutegnut presek				Utegnut presek			
		$M_{y,id}$	$\Phi_{y,id}$	$M_{max,id}$	$\Phi_{max,id}$	$M_{y,id}$	$\Phi_{y,id}$	$M_{max,id}$	$\Phi_{max,id}$
$\theta_{y,id}$	$\theta_{max,id}$		$\theta_{y,id}$		$\theta_{max,id}$				
Podužni	1	16034	0,004218	16480	0,0326	16106	0,004163	16515	0,0982
			0,00384		0,0297		0,0038		0,0894
	2	47768	0,002860	48988	0,0214	48620	0,002881	50475	0,0622
			0,00269		0,0201		0,00271		0,0585
	3	16034	0,004218	16480	0,0326	16106	0,004163	16515	0,0982
			0,00384		0,0297		0,0038		0,0894
Poprečni	1	76711	0,000890	76919	0,004464	82464	0,000921	85225	0,0178
			0,00081		0,0041		0,00084		0,0162
	2	151182	0,000953	152018	0,004659	163802	0,000997	171119	0,0179
			0,000896		0,0044		0,00094		0,0168
	3	76711	0,000890	76919	0,004464	82464	0,000921	85225	0,0178
			0,00081		0,0041		0,00084		0,0162

Tabela 4-9. Veza moment- krivina i moment-rotacija – varijanta V112 – pravougaoni poprečni preseći

V112 (M [kNm], Φ [1/m], θ [rad])									
Pravac	Stub	Neutegnut presek				Utegnut presek			
		$M_{y,id}$	$\Phi_{y,id}$	$M_{max,id}$	$\Phi_{max,id}$	$M_{y,id}$	$\Phi_{y,id}$	$M_{max,id}$	$\Phi_{max,id}$
			$\theta_{y,id}$		$\theta_{max,id}$		$\theta_{y,id}$		$\theta_{max,id}$
Podužni	1	37971	0,002801	38855	0,0213	38549	0,002821	39924	0,0622
			0,00255		0,0194		0,00257		0,0566
	2	47819	0,002860	49038	0,0214	48685	0,002881	50538	0,0622
			0,00269		0,0201		0,00271		0,0585
	3	5219	0,010405	5300	0,0372	5228	0,010327	5306	0,1300
			0,0163		0,0584		0,0162		0,2041
Poprečni	1	120525	0,000926	121538	0,004578	129852	0,000960	135241	0,0180
			0,000843		0,00417		0,000874		0,0164
	2	151374	0,0009528	154046	0,004529	164018	0,0009973	171334	0,0179
			0,000896		0,00426		0,000937		0,0168
	3	51076	0,0009443	51400	0,002805	52398	0,0009430	55026	0,0140
			0,00148		0,0044		0,00148		0,0220

Tabela 4-10. Veza moment- krivina i moment-rotacija – varijanta V113 – pravougaoni poprečni preseći

V113 (M [kNm], Φ [1/m], θ [rad])									
Pravac	Stub	Neutegnut presek				Utegnut presek			
		$M_{y,id}$	$\Phi_{y,id}$	$M_{max,id}$	$\Phi_{max,id}$	$M_{y,id}$	$\Phi_{y,id}$	$M_{max,id}$	$\Phi_{max,id}$
			$\theta_{y,id}$		$\theta_{max,id}$		$\theta_{y,id}$		$\theta_{max,id}$
Podužni	1	37968	0,002802	38856	0,0212	38485	0,002827	39852	0,0623
			0,00255		0,0193		0,00257		0,0567
	2	47789	0,002860	49005	0,0214	48553	0,002884	50380	0,0622
			0,00269		0,0201		0,00271		0,0585
	3	16872	0,004288	17125	0,0298	16629	0,004202	17162	0,1009
			0,00991		0,0688		0,00971		0,2331
Poprečni	1	120548	0,000926	120846	0,004643	129402	0,000995	135096	0,0180
			0,000843		0,00423		0,000905		0,0164
	2	151314	0,000953	153046	0,00459	163235	0,001033	170892	0,0180
			0,000896		0,00431		0,000971		0,0169
	3	79509	0,000893	79542	0,004269	84286	0,000912	86469	0,0183
			0,00206		0,00986		0,00211		0,0423

Tabela 4-11. Veza moment- krivina i moment-rotacija – varijanta V121 – pravougaoni poprečni preseći

V121 (M [kNm], Φ [1/m], θ [rad])									
Pravac	Stub	Neutegnut presek				Utegnut presek			
		$M_{y,id}$	$\Phi_{y,id}$	$M_{max,id}$	$\Phi_{max,id}$	$M_{y,id}$	$\Phi_{y,id}$	$M_{max,id}$	$\Phi_{max,id}$
			$\theta_{y,id}$		$\theta_{max,id}$		$\theta_{y,id}$		$\theta_{max,id}$
Podužni	1	38021	0,002804	38912	0,0211	38547	0,0028277	39912	0,0623
			0,0026		0,0192		0,0026		0,05672
	2	17094	0,004312	17357	0,0289	16803	0,004209	17108	0,1013
			0,0069		0,0465		0,0068		0,1631
	3	38021	0,002804	38912	0,0211	38547	0,0028277	39912	0,0623
			0,0026		0,0192		0,0026		0,05672
Poprečni	1	120721	0,000926	121093	0,00463	129601	0,000995	135294	0,0180
			0,000843		0,00421		0,00091		0,0164
	2	80488	0,0008945	80706	0,004172	85058	0,00094414	87413	0,0183
			0,0014		0,0068		0,0015		0,0294
	3	120721	0,000926	121093	0,00463	129601	0,000995	135294	0,0180
			0,000843		0,00421		0,00091		0,0164

Tabela 4-12. Veza moment- krivina i moment-rotacija – varijanta V122 – pravougaoni poprečni preseći

V122 (M [kNm], Φ [1/m], θ [rad])									
Pravac	Stub	Neutegnut presek				Utegnut presek			
		$M_{y,id}$	$\Phi_{y,id}$	$M_{max,id}$	$\Phi_{max,id}$	$M_{y,id}$	$\Phi_{y,id}$	$M_{max,id}$	$\Phi_{max,id}$
			$\theta_{y,id}$		$\theta_{max,id}$		$\theta_{y,id}$		$\theta_{max,id}$
Podužni	1	50152	0,00291634	51619	0,0196	51194	0,002970	53316	0,0625
			0,0028		0,0185		0,0028		0,0588
	2	16809	0,004314	17378	0,0289	17115	0,004207	17444	0,1009
			0,0070		0,0466		0,0068		0,1625
	3	16338	0,004248	16832	0,0310	16578	0,004183	16875	0,1009
			0,0069		0,0500		0,0068		0,1625
Poprečni	1	161549	0,000951	162883	0,00472	173649	0,001026	182972	0,0179
			0,00090		0,0044		0,00097		0,0168
	2	80559	0,0008940	81282	0,004091	85178	0,0009439	87535	0,0184
			0,0014		0,0067		0,0016		0,0297
	3	78226	0,0008916	78919	0,004269	82704	0,0009403	85053	0,0183
			0,0015		0,0069		0,0015		0,0294

Tabela 4-13. Veza moment- krivina i moment-rotacija – varijanta V123 – pravougaoni poprečni preseći

V123 (M [kNm], Φ [1/m], θ [rad])									
Pravac	Stub	Neutegnut presek				Utegnut presek			
		$M_{y,id}$	$\Phi_{y,id}$	$M_{max,id}$	$\Phi_{max,id}$	$M_{y,id}$	$\Phi_{y,id}$	$M_{max,id}$	$\Phi_{max,id}$
			$\theta_{y,id}$		$\theta_{max,id}$		$\theta_{y,id}$		$\theta_{max,id}$
Podužni	1	50137	0,002916	51603	0,0196	51113	0,002965	53222	0,0625
			0,0027		0,0184		0,0028		0,0588
	2	17129	0,004315	17392	0,0289	16847	0,004213	17457	0,1009
			0,0070		0,0466		0,0069		0,1626
	3	16898	0,004290	17151	0,0298	16654	0,0042034	17186	0,1009
			0,0099		0,0510		0,0097		0,2331
Poprečni	1	161523	0,000951	161899	0,00480	173004	0,0010223	182233	0,0180
			0,00090		0,0045		0,00098		0,0169
	2	80659	0,0008949	80996	0,00414	85254	0,000944	87611	0,0184
			0,0015		0,0067		0,0016		0,0297
	3	79612	0,000893	79988	0,00421	84403	0,000912	86586	0,0183
			0,0021		0,0098		0,0021		0,0423

Tabela 4-14. Veza moment- krivina i moment-rotacija – varijanta V131 – pravougaoni poprečni preseći

V131 (M [kNm], Φ [1/m], θ [rad])									
Pravac	Stub	Neutegnut presek				Utegnut presek			
		$M_{y,id}$	$\Phi_{y,id}$	$M_{max,id}$	$\Phi_{max,id}$	$M_{y,id}$	$\Phi_{y,id}$	$M_{max,id}$	$\Phi_{max,id}$
			$\theta_{y,id}$		$\theta_{max,id}$		$\theta_{y,id}$		$\theta_{max,id}$
Podužni	1	38863	0,002762	39883	0,02360	39106	0,002774	40422	0,0620
			0,0026		0,0216		0,0027		0,0565
	2	17400	0,004334	17634	0,0290	17089	0,004239	17654	0,1011
			0,0100		0,0770		0,0101		0,2339
	3	38863	0,002762	39883	0,0236	39106	0,002774	40422	0,0620
			0,0026		0,0441		0,0027		0,0565
Poprečni	1	124998	0,000917	125783	0,005463	131962	0,000971	138518	0,0176
			0,00085		0,00497		0,00089		0,0160
	2	81805	0,000895	82278	0,004026	86671	0,000921	88883	0,0185
			0,0022		0,0094		0,0023		0,0429
	3	124998	0,000917	125783	0,005463	131962	0,000971	138518	0,0176
			0,00085		0,00497		0,00089		0,0160

Tabela 4-15. Veza moment- krivina i moment-rotacija – varijanta V132 – pravougaoni poprečni presecci

V132 (M [kNm], Φ [1/m], θ [rad])									
Pravac	Stub	Neutegnut presek				Utegnut presek			
		$M_{y,id}$	$\Phi_{y,id}$	$M_{max,id}$	$\Phi_{max,id}$	$M_{y,id}$	$\Phi_{y,id}$	$M_{max,id}$	$\Phi_{max,id}$
			$\theta_{y,id}$		$\theta_{max,id}$		$\theta_{y,id}$		$\theta_{max,id}$
Podužni	1	50946	0,002902	52309	0,0211	51663	0,0029288	53766	0,0623
			0,0028		0,0199		0,0029		0,0587
	2	17426	0,004334	17657	0,0287	17108	0,004240	17667	0,1011
			0,0110		0,0673		0,0108		0,2346
	3	16598	0,004253	16832	0,0311	16359	0,004212	16715	0,1009
			0,0070		0,0502		0,0070		0,1627
Poprečni	1	164889	0,000942	166148	0,005123	176005	0,001008	185289	0,0177
			0,00090		0,00483		0,0010		0,0167
	2	81896	0,0008954	82679	0,003977	86707	0,000920	88909	0,0185
			0,0022		0,0071		0,0024		0,0430
	3	78313	0,000892	78970	0,004270	82768	0,000947	85152	0,0183
			0,0016		0,0070		0,0017		0,0296

Tabela 4-16. Veza moment- krivina i moment-rotacija – varijanta V133 – pravougaoni poprečni presecci

V133 (M [kNm], Φ [1/m], θ [rad])									
Pravac	Stub	Neutegnut presek				Utegnut presek			
		$M_{y,id}$	$\Phi_{y,id}$	$M_{max,id}$	$\Phi_{max,id}$	$M_{y,id}$	$\Phi_{y,id}$	$M_{max,id}$	$\Phi_{max,id}$
			$\theta_{y,id}$		$\theta_{max,id}$		$\theta_{y,id}$		$\theta_{max,id}$
Podužni	1	50911	0,0028995	52265	0,0212	51638	0,0029304	53740	0,0623
			0,00275		0,0200		0,0028		0,0586
	2	17442	0,004332	17670	0,0286	17125	0,004242	17689	0,1011
			0,0100		0,0661		0,0100		0,2337
	3	16913	0,004277	17148	0,0296	16652	0,0042205	17152	0,1010
			0,0098		0,0683		0,0099		0,2335
Poprečni	1	164858	0,000942	166149	0,005123	175915	0,00101	185219	0,0177
			0,0009		0,00483		0,0010		0,0167
	2	81970	0,0008956	82598	0,003994	86788	0,000920	88991	0,0185
			0,0022		0,0094		0,0023		0,0429
	3	79696	0,0008922	80107	0,004205	84425	0,000917	86632	0,0183
			0,0020		0,0099		0,0021		0,0425

Tabela 4-17. Veza moment- krivina i moment-rotacija – varijanta V212 – pravougaoni poprečni preseći

V212 (M [kNm], Φ [1/m], θ [rad])									
Pravac	Stub	Neutegnut presek				Utegnut presek			
		$M_{y,id}$	$\Phi_{y,id}$	$M_{max,id}$	$\Phi_{max,id}$	$M_{y,id}$	$\Phi_{y,id}$	$M_{max,id}$	$\Phi_{max,id}$
			$\theta_{y,id}$		$\theta_{max,id}$		$\theta_{y,id}$		$\theta_{max,id}$
Podužni	1	5241	0,010398	5291	0,0372	5230	0,010366	5297	0,1624
			0,0165		0,0591		0,0165		0,2527
	2	51852	0,00290364	53178	0,0207	52589	0,00293544	54667	0,0623
			0,0028		0,0195		0,0028		0,0586
	3	5241	0,010398	5291	0,0372	5230	0,010366	5297	0,1624
			0,0165		0,0591		0,0165		0,2527
Poprečni	1	50989	0,0009437	51311	0,00282	53531	0,000997	54304	0,0187
			0,0015		0,0044		0,0016		0,0294
	2	167703	0,00094349	169673	0,004948	179077	0,00100982	188403	0,0178
			0,00089		0,0047		0,00095		0,0167
	3	50989	0,0009437	51311	0,00282	53531	0,000997	54304	0,0187
			0,0015		0,0044		0,0016		0,0294

Tabela 4-18. Veza moment- krivina i moment-rotacija – varijanta V213 – pravougaoni poprečni preseći

V213 (M [kNm], Φ [1/m], θ [rad])									
Pravac	Stub	Neutegnut presek				Utegnut presek			
		$M_{y,id}$	$\Phi_{y,id}$	$M_{max,id}$	$\Phi_{max,id}$	$M_{y,id}$	$\Phi_{y,id}$	$M_{max,id}$	$\Phi_{max,id}$
			$\theta_{y,id}$		$\theta_{max,id}$		$\theta_{y,id}$		$\theta_{max,id}$
Podužni	1	5243	0,01040018	5292	0,0372	5234	0,010369	5299	0,1623
			0,0165		0,0586		0,0166		0,2385
	2	60618	0,0024779	62264	0,0202	61785	0,00251615	64402	0,0538
			0,0023		0,0190		0,0024		0,0506
	3	16841	0,004276	17080	0,0307	16586	0,004215	17086	0,1009
			0,0099		0,0620		0,0099		0,2332
Poprečni	1	51005	0,000944	51402	0,00281	53548	0,000997	54321	0,0187
			0,0015		0,0044		0,0016		0,0294
	2	172741	0,000925	173548	0,005513	183966	0,000952	192791	0,0176
			0,00088		0,0052		0,00090		0,0165
	3	79415	0,000893	79751	0,004237	84112	0,000917	86319	0,0183
			0,0021		0,0098		0,0022		0,0424

Tabela 4-19. Veza moment- krivina i moment-rotacija – varijanta V222 – pravougaoni poprečni preseći

V222 (M [kNm], Φ [1/m], θ [rad])									
Pravac	Stub	Neutegnut presek				Utegnut presek			
		$M_{y,id}$	$\Phi_{y,id}$	$M_{max,id}$	$\Phi_{max,id}$	$M_{y,id}$	$\Phi_{y,id}$	$M_{max,id}$	$\Phi_{max,id}$
			$\theta_{y,id}$		$\theta_{max,id}$		$\theta_{y,id}$		$\theta_{max,id}$
Podužni	1	22333	0,0047854	22825	0,0213	21991	0,004730	22863	0,0841
			0,0077		0,0344		0,0078		0,1356
	2	22795	0,004817	23283	0,0205	22436	0,0047734	23326	0,0832
			0,0078		0,0331		0,0078		0,1341
	3	22333	0,0047854	22825	0,0213	21991	0,004730	22863	0,0841
			0,0077		0,0344		0,0078		0,1356
Poprečni	1	106411	0,000978	106736	0,00346	115337	0,0010714	118893	0,0179
			0,0016		0,0056		0,0018		0,0290
	2	108455	0,000979	108983	0,00334	117408	0,0010705	120924	0,0174
			0,0016		0,0054		0,0017		0,0280
	3	106411	0,000978	106736	0,00346	115337	0,0010714	118893	0,0179
			0,0016		0,0056		0,0018		0,0290

Tabela 4-20. Veza moment- krivina i moment-rotacija – varijanta V223 – pravougaoni poprečni preseći

V223 (M [kNm], Φ [1/m], θ [rad])									
Pravac	Stub	Neutegnut presek				Utegnut presek			
		$M_{y,id}$	$\Phi_{y,id}$	$M_{max,id}$	$\Phi_{max,id}$	$M_{y,id}$	$\Phi_{y,id}$	$M_{max,id}$	$\Phi_{max,id}$
			$\theta_{y,id}$		$\theta_{max,id}$		$\theta_{y,id}$		$\theta_{max,id}$
Podužni	1	34129	0,003868	34866	0,0194	34340	0,003902	35518	0,0785
			0,0064		0,0319		0,0064		0,1287
	2	34754	0,003897	35498	0,0188	34918	0,0039136	36058	0,0777
			0,0064		0,0308		0,0064		0,1274
	3	16871	0,004282	17115	0,0306	16597	0,004226	17121	0,1010
			0,0098		0,0707		0,0098		0,2333
Poprečni	1	131935	0,000986	132305	0,003545	144232	0,0010826	148929	0,0177
			0,0016		0,0058		0,0016		0,0291
	2	134095	0,000986	135191	0,003416	146434	0,00108185	151094	0,0174
			0,0016		0,0056		0,0016		0,0284
	3	79558	0,0008921	79939	0,004221	84044	0,000950	86438	0,0183
			0,0020		0,0097		0,0021		0,0422

Tabela 4-21. Veza moment- krivina i moment-rotacija – varijanta V232 – pravougaoni poprečni preseći

V232 (M [kNm], Φ [1/m], θ [rad])									
Pravac	Stub	Neutegnut presek				Utegnut presek			
		$M_{y,id}$	$\Phi_{y,id}$	$M_{max,id}$	$\Phi_{max,id}$	$M_{y,id}$	$\Phi_{y,id}$	$M_{max,id}$	$\Phi_{max,id}$
			$\theta_{y,id}$		$\theta_{max,id}$		$\theta_{y,id}$		$\theta_{max,id}$
Podužni	1	34179	0,003865	34909	0,0193	34376	0,003904	35555	0,0785
			0,0063		0,0316		0,0063		0,1286
	2	17440	0,004332	17668	0,0286	17116	0,004253	17678	0,1011
			0,0095		0,0656		0,0095		0,2332
	3	34179	0,003865	34909	0,0193	34376	0,003904	35555	0,0785
			0,0063		0,0316		0,0063		0,1286
Poprečni	1	132051	0,000986	132091	0,003558	144338	0,0010824	149031	0,0176
			0,0014		0,0056		0,0014		0,0285
	2	81960	0,000896	82469	0,00401	86686	0,000954	89097	0,0185
			0,00180		0,00899		0,00183		0,0405
	3	132051	0,000986	132091	0,003558	144338	0,0010824	149031	0,0176
			0,0014		0,0056		0,0014		0,0285

Tabela 4-22. Veza moment- krivina i moment-rotacija – varijanta V233 – pravougaoni poprečni preseći

V233 (M [kNm], Φ [1/m], θ [rad])									
Pravac	Stub	Neutegnut presek				Utegnut presek			
		$M_{y,id}$	$\Phi_{y,id}$	$M_{max,id}$	$\Phi_{max,id}$	$M_{y,id}$	$\Phi_{y,id}$	$M_{max,id}$	$\Phi_{max,id}$
			$\theta_{y,id}$		$\theta_{max,id}$		$\theta_{y,id}$		$\theta_{max,id}$
Podužni	1	46530	0,0028997	47562	0,0190	47575	0,0029583	49524	0,0625
			0,0047		0,0311		0,0048		0,1024
	2	17445	0,00432162	17684	0,0284	17110	0,0042494	17691	0,1011
			0,0099		0,0655		0,0099		0,2336
	3	16907	0,004277	17140	0,0296	16627	0,004228	17151	0,1010
			0,0098		0,0683		0,0098		0,2333
Poprečni	1	144041	0,00095385	146004	0,004010	158542	0,00105548	166146	0,0183
			0,0015		0,0065		0,0016		0,0299
	2	82020	0,000896	82370	0,004026	86691	0,000955	89098	0,0185
			0,0020		0,0092		0,0021		0,0426
	3	79676	0,000892	79682	0,004253	84168	0,000950	86562	0,0183
			0,0020		0,0097		0,0021		0,0422

Tabela 4-23. Veza moment- krivina i moment-rotacija – varijanta V313 – pravougaoni poprečni presecci

V313 (M [kNm], Φ [1/m], θ [rad])									
Pravac	Stub	Neutegnut presek				Utegnut presek			
		$M_{y,id}$	$\Phi_{y,id}$	$M_{max,id}$	$\Phi_{max,id}$	$M_{y,id}$	$\Phi_{y,id}$	$M_{max,id}$	$\Phi_{max,id}$
			$\theta_{y,id}$		$\theta_{max,id}$		$\theta_{y,id}$		$\theta_{max,id}$
Podužni	1	16846	0,0042763	17085	0,0307	16592	0,004216	17092	0,1009
			0,0098		0,0708		0,0098		0,2331
	2	60596	0,002478	62243	0,0202	61761	0,002516	64379	0,0538
			0,0022		0,0189		0,0022		0,0504
	3	16846	0,0042763	17085	0,0307	16592	0,004216	17092	0,1009
			0,0098		0,0708		0,0098		0,2331
Poprečni	1	79431	0,000892	79612	0,004253	84140	0,000917	86346	0,0183
			0,0019		0,0098		0,0019		0,0422
	2	172686	0,000925	173547	0,005513	183894	0,000951	192720	0,0176
			0,00085		0,0052		0,00086		0,0165
	3	79431	0,000892	79612	0,004253	84140	0,000917	86346	0,0183
			0,0019		0,0098		0,0019		0,0422

Tabela 4-24. Veza moment- krivina i moment-rotacija – varijanta V323 – pravougaoni poprečni presecci

V323 (M [kNm], Φ [1/m], θ [rad])									
Pravac	Stub	Neutegnut presek				Utegnut presek			
		$M_{y,id}$	$\Phi_{y,id}$	$M_{max,id}$	$\Phi_{max,id}$	$M_{y,id}$	$\Phi_{y,id}$	$M_{max,id}$	$\Phi_{max,id}$
			$\theta_{y,id}$		$\theta_{max,id}$		$\theta_{y,id}$		$\theta_{max,id}$
Podužni	1	16859	0,004278	17099	0,0307	16642	0,004223	17105	0,0986
			0,0097		0,0707		0,0097		0,2277
	2	50748	0,003005	51889	0,0169	52099	0,003054	54299	0,0637
			0,0048		0,0276		0,0049		0,1044
	3	16859	0,004278	17099	0,0307	16642	0,004223	17105	0,0986
			0,0097		0,0707		0,0097		0,2277
Poprečni	1	79494	0,000892	79774	0,004237	84996	0,000961	87994	0,0181
			0,0019		0,0077		0,0019		0,0415
	2	161143	0,000958	161463	0,003945	175714	0,001012	182045	0,0187
			0,0015		0,0064		0,0015		0,0305
	3	79494	0,000892	79774	0,004237	84996	0,000961	87994	0,0181
			0,0019		0,0077		0,0019		0,0415

Tabela 4-25. Veza moment- krivina i moment-rotacija – varijanta V333 – pravougaoni poprečni preseći

V333 (M [kNm], Φ [1/m], θ [rad])									
Pravac	Stub	Neutegnut presek				Utegnut presek			
		$M_{y,id}$	$\Phi_{y,id}$	$M_{max,id}$	$\Phi_{max,id}$	$M_{y,id}$	$\Phi_{y,id}$	$M_{max,id}$	$\Phi_{max,id}$
			$\theta_{y,id}$		$\theta_{max,id}$		$\theta_{y,id}$		$\theta_{max,id}$
Podužni	1	38964	0,002819	39852	0,0202	39484	0,002829	40821	0,0624
			0,0065		0,0467		0,0065		0,1441
	2	39814	0,002828	40679	0,0195	40332	0,002841	41650	0,0625
			0,0065		0,0450		0,0065		0,1443
	3	38964	0,002819	39852	0,0202	39484	0,002829	40821	0,0624
			0,0065		0,0467		0,0065		0,1441
Poprečni	1	123484	0,000926	123781	0,004464	133378	0,000963	137944	0,0181
			0,0020		0,0102		0,0021		0,0417
	2	125400	0,000922	125625	0,004383	135381	0,000959	140724	0,0182
			0,0020				0,0021		0,0419
	3	123484	0,000926	123781	0,004464	133378	0,000963	137944	0,0181
			0,0020		0,0102		0,0021		0,0417

Tabela 4-26. Veza moment- krivina i moment-rotacija – varijanta V222 – „I“ poprečni preseći

V222 (M [kNm], Φ [1/m], θ [rad])									
Pravac	Stub	Neutegnut presek				Utegnut presek			
		$M_{y,id}$	$\Phi_{y,id}$	$M_{max,id}$	$\Phi_{max,id}$	$M_{y,id}$	$\Phi_{y,id}$	$M_{max,id}$	$\Phi_{max,id}$
			$\theta_{y,id}$		$\theta_{max,id}$		$\theta_{y,id}$		$\theta_{max,id}$
Podužni	1	30942	0,002369	31731	0,0154	31134	0,00239331	31914	0,0518
			0,0038		0,0248		0,0038		0,0833
	2	31954	0,002378	32728	0,0149	32140	0,002408	32927	0,0520
			0,0038		0,0240		0,0038		0,0836
	3	30942	0,002369	31731	0,0154	31134	0,00239331	31914	0,0518
			0,0038		0,0248		0,0038		0,0833
Poprečni	1	93854	0,000800	95620	0,009947	95249	0,000813	98572	0,0166
			0,0012		0,0155		0,0012		0,0266
	2	96699	0,000792	98534	0,009614	98518	0,000811	101783	0,0167
			0,0012		0,0154		0,0013		0,0269
	3	93854	0,000800	95620	0,009947	95249	0,000813	98572	0,0166
			0,0012		0,0155		0,0012		0,0266

Tabela 4-27. Veza moment- krivina i moment-rotacija – varijanta V333 – „I“ poprečni preseći

V333 (M [kNm], Φ [1/m], θ [rad])									
Pravac	Stub	Neutegnut presek				Utegnut presek			
		$M_{y,id}$	$\Phi_{y,id}$	$M_{max,id}$	$\Phi_{max,id}$	$M_{y,id}$	$\Phi_{y,id}$	$M_{max,id}$	$\Phi_{max,id}$
			$\theta_{y,id}$		$\theta_{max,id}$		$\theta_{y,id}$		$\theta_{max,id}$
Podužni	1	31403	0,002420	32294	0,0149	31652	0,002452	32410	0,0519
			0,0055		0,0343		0,0056		0,1198
	2	32405	0,002413	33287	0,0143	32646	0,002453	33435	0,0521
			0,0055		0,0290		0,0055		0,1202
	3	31403	0,002420	32294	0,0149	31652	0,002452	32410	0,0519
			0,0055		0,0343		0,0056		0,1198
Poprečni	1	95484	0,000808	97443	0,009672	96801	0,000823	100369	0,0167
			0,0018		0,0223		0,0019		0,0386
	2	98713	0,000806	100333	0,009367	100410	0,000822	103955	0,0167
			0,0019		0,0217		0,0019		0,0386
	3	95484	0,000808	97443	0,009672	96801	0,000823	100369	0,0167
			0,0018		0,0223		0,0019		0,0386

Tabela 4-28. Veza moment- krivina i moment-rotacija – varijanta V222 – „kombinovani“ poprečni preseći

V222 (M [kNm], Φ [1/m], θ [rad])									
Pravac	Stub	Neutegnut presek				Utegnut presek			
		$M_{y,id}$	$\Phi_{y,id}$	$M_{max,id}$	$\Phi_{max,id}$	$M_{y,id}$	$\Phi_{y,id}$	$M_{max,id}$	$\Phi_{max,id}$
			$\theta_{y,id}$		$\theta_{max,id}$		$\theta_{y,id}$		$\theta_{max,id}$
Podužni	1	30957	0,002369	31746	0,0154	31149	0,002394	31929	0,0518
			0,0038		0,0248		0,0038		0,0833
	2	22782	0,004816	23270	0,0205	22423	0,0047762	23312	0,0832
			0,0077		0,0330		0,0077		0,1340
	3	30957	0,002369	31746	0,0154	31149	0,002394	31929	0,0518
			0,0038		0,0248		0,0038		0,0833
Poprečni	1	93902	0,000800	95658	0,009946	95299	0,0008135	98622	0,0166
			0,0012		0,0159		0,0013		0,0267
	2	108396	0,000979	109347	0,003496	117339	0,0010704	120854	0,0174
			0,0015		0,0056		0,0016		0,0279
	3	93902	0,000800	95658	0,009946	95299	0,0008135	98622	0,0166
			0,0012		0,0159		0,0013		0,0267

Tabela 4-29. Veza moment- krivina i moment-rotacija – varijanta V333 – „kombinovani“ poprečni preseći

V333 (M [kNm], Φ [1/m], θ [rad])									
Pravac	Stub	Neutegnut presek				Utegnut presek			
		$M_{y,id.}$	$\Phi_{y,id.}$	$M_{max,id.}$	$\Phi_{max,id.}$	$M_{y,id.}$	$\Phi_{y,id.}$	$M_{max,id.}$	$\Phi_{max,id.}$
			$\theta_{y,id.}$		$\theta_{max,id.}$		$\theta_{y,id.}$		$\theta_{max,id.}$
Podužni	1	31395	0,002420	32287	0,0149	31643	0,0024521	32401	0,0519
			0,0054		0,0343		0,0055		0,1197
	2	39829	0,0028285	40693	0,0195	40351	0,002841	41668	0,0625
			0,0064		0,0449		0,0065		0,1443
	3	31395	0,002420	32287	0,0149	31643	0,0024521	32401	0,0519
			0,0054		0,0343		0,0055		0,1197
Poprečni	1	95454	0,000808	97360	0,009671	96772	0,000823	100340	0,0167
			0,0017		0,0222		0,0018		0,0385
	2	125464	0,000923	125892	0,004367	135442	0,000959	140785	0,0182
			0,0020		0,0099		0,0021		0,0419
	3	95454	0,000808	97360	0,009671	96772	0,000823	100340	0,0167
			0,0017		0,0222		0,0018		0,0385

U tabelama 4-30 do 4-32 su prikazane minimalne i maksimalne vrednosti kapaciteta lokalne duktilnosti, procenjene na osnovu nelinearne analize krivine vlaknastog modela poprečnih preseka i rotacije u plastičnim zglobovima, kod modela sa neutegnutim i utegnutim preseccima za sve varijante analiziranih mostova.

Tabela 4-30. Raspoloživa duktilnost poprečnih preseka svih varijanti – pravougaoni preseći

Podužni pravac				Poprečni pravac			
$\mu_{\Phi} = \Phi_u / \Phi_y$		$\mu_{\theta} = \theta_u / \theta_y$		$\mu_{\Phi} = \Phi_u / \Phi_y$		$\mu_{\theta} = \theta_u / \theta_y$	
neutegnut	utegnut	neutegnut	utegnut	neutegnut	utegnut	neutegnut	utegnut
3,57 – 8,54	12,59 – 26,58	3,55 – 8,59	12,60 – 24,55	2,97 – 5,96	14,85 – 20,11	2,93 – 6,12	14,86 – 21,84

Tabela 4-31. Raspoloživa duktilnost poprečnih preseka – „I“ preseći – V222 i V333

Podužni pravac				Poprečni pravac			
$\mu_{\Phi} = \Phi_u / \Phi_y$		$\mu_{\theta} = \theta_u / \theta_y$		$\mu_{\Phi} = \Phi_u / \Phi_y$		$\mu_{\theta} = \theta_u / \theta_y$	
neutegnut	utegnut	neutegnut	utegnut	neutegnut	utegnut	neutegnut	utegnut
5,92 – 6,50	21,17 – 21,64	5,27 – 7,02	21,39 – 22,00	11,62 – 12,43	20,29 – 20,59	11,42 – 12,92	20,32 – 22,17

Tabela 4-32. Raspoloživa duktilnost poprečnih preseka – „kombinovani“ preseci –V222 i V333

Podužni pravac				Poprečni pravac			
$\mu_{\Phi} = \Phi_u / \Phi_y$		$\mu_{\theta} = \theta_u / \theta_y$		$\mu_{\Phi} = \Phi_u / \Phi_y$		$\mu_{\theta} = \theta_u / \theta_y$	
neutegnut	utegnut	neutegnut	utegnut	neutegnut	utegnut	neutegnut	utegnut
4,26 – 6,89	17,42 – 22,00	4,29 – 6,53	17,40 – 22,20	3,57 – 12,43	16,26 – 20,41	3,73 – 13,25	17,44 – 21,38

4.5.8. Karakteristični rezultati procene zahtevane lokalne duktilnosti nelinearnom dinamičkom analizom

U tabelama 4-33 do 4-54 su prikazani rezultati zahtevanih maksimalnih rotacija u plastičnim zglobovima za sve primenjene akceleroگرامe. Posebno su dati rezultati za podužni i poprečni pravac kod modela sa neutegnutim i utegnutim kritičnim presecima stubova mosta.

Tabela 4-33. Zahtevana maksimalna rotacija u plastičnom zglobu – varijanta V111 – pravougaoni preseci

V111 ($\theta_{ostvareno,max}$ [rad])													
Pravac	Stub	Neutegnut presek						Utegnut presek					
		Akceleroگرامи						Akceleroagramи					
		Sintetički 1	Sintetički 2	Sintetički 3	Realni 1	Realni 2	Realni 3	Sintetički 1	Sintetički 2	Sintetički 3	Realni 1	Realni 2	Realni 3
Podužni	1	0,004683	0,00522	0,003782	0,003258	0,004331	0,000793	0,004477	0,004868	0,003728	0,003317	0,00460	0,000769
	2	0,00622	0,00671	0,00504	0,00417	0,00571	0,00135	0,00582	0,00618	0,00473	0,00438	0,00587	0,00130
	3	0,004683	0,00522	0,003782	0,003258	0,004331	0,000793	0,004477	0,004868	0,003728	0,003317	0,00460	0,000769
Poprečni	1	0,000309	0,000368	0,000237	0,000315	0,000233	0,000133	0,000307	0,000366	0,000249	0,000310	0,000265	0,000134
	2	0,000721	0,000741	0,000472	0,000523	0,000401	0,000274	0,000683	0,000715	0,000474	0,000472	0,000361	0,000285
	3	0,000309	0,000368	0,000237	0,000315	0,000233	0,000133	0,000307	0,000366	0,000249	0,000310	0,000265	0,000134

Tabela 4-34. Zahtevana maksimalna rotacija u plastičnom zglobu – varijanta V112 – pravougaoni preseci

V112 ($\theta_{ostvareno,max}$ [rad])													
Pravac	Stub	Neutegnut presek						Utegnut presek					
		Akceleroگرامи						Akceleroگرامи					
		Sintetički 1	Sintetički 2	Sintetički 3	Realni 1	Realni 2	Realni 3	Sintetički 1	Sintetički 2	Sintetički 3	Realni 1	Realni 2	Realni 3
Podužni	1	0,00596	0,00574	0,00608	0,00327	0,00436	0,00165	0,00626	0,00565	0,00640	0,00352	0,00448	0,00156
	2	0,00507	0,00484	0,00566	0,00269	0,00368	0,00142	0,00532	0,00485	0,00593	0,00284	0,00378	0,00133
	3	0,000459	0,000453	0,000529	0,000337	0,000431	0,000228	0,000468	0,000459	0,000520	0,000357	0,000439	0,000230
Poprečni	1	0,000355	0,000300	0,000250	0,000251	0,000308	0,000198	0,000360	0,000292	0,000232	0,000249	0,000277	0,000171
	2	0,000677	0,000520	0,000737	0,000389	0,000621	0,000315	0,000698	0,000470	0,000660	0,000338	0,000616	0,000298
	3	0,000192	0,000212	0,000197	0,000188	0,000256	0,000180	0,000188	0,000200	0,000192	0,000181	0,000240	0,000177

Tabela 4-35. Zahtevana maksimalna rotacija u plastičnom zglobu – varijanta V113 – pravougaoni preseci

V113 ($\theta_{ostvareno,max}$ [rad])													
Pravac	Stub	Neutegnut presek						Utegnut presek					
		Akceleroگرامи						Akceleroگرامи					
		Sintetički 1	Sintetički 2	Sintetički 3	Realni 1	Realni 2	Realni 3	Sintetički 1	Sintetički 2	Sintetički 3	Realni 1	Realni 2	Realni 3
Podužni	1	0,006022	0,00571	0,006022	0,003287	0,004619	0,001635	0,006322	0,00565	0,006322	0,003521	0,004696	0,001558
	2	0,005463	0,004781	0,005491	0,002717	0,003908	0,001420	0,005491	0,004752	0,005743	0,002879	0,004026	0,001342
	3	0,0003673	0,0003610	0,0003733	0,0002747	0,0003256	0,0001761	0,0003803	0,0003634	0,0003826	0,0002839	0,0003318	0,0001783
Poprečni	1	0,000364	0,000308	0,0002716	0,000255	0,0003042	0,0001966	0,000350	0,000336	0,0002281	0,000266	0,0002798	0,0001794
	2	0,0006829	0,0005549	0,0007061	0,0003842	0,0005224	0,0002526	0,0006953	0,0005774	0,0005806	0,0003640	0,0005146	0,0002393
	3	0,0001463	0,0001474	0,0001443	0,0001312	0,00017	0,0001161	0,0001437	0,0001470	0,0001439	0,0001296	0,0001668	0,0001154

Tabela 4-36. Zahtevana maksimalna rotacija u plastičnom zglobu – varijanta V121 – pravougaoni preseci

V121 ($\theta_{ostvareno,max}$ [rad])													
Pravac	Stub	Neutegnut presek						Utegnut presek					
		Akceleroگرامи						Akceleroگرامи					
		Sintetički 1	Sintetički 2	Sintetički 3	Realni 1	Realni 2	Realni 3	Sintetički 1	Sintetički 2	Sintetički 3	Realni 1	Realni 2	Realni 3
Podužni	1	0,005872	0,005487	0,005561	0,003626	0,004261	0,001552	0,006017	0,005387	0,00573	0,003916	0,00450	0,001484
	2	0,000777	0,000694	0,000805	0,000462	0,000647	0,000277	0,000737	0,000704	0,000745	0,000474	0,000690	0,000280
	3	0,005872	0,005487	0,005561	0,003626	0,004261	0,001552	0,006017	0,005387	0,00573	0,003916	0,00450	0,001484
Poprečni	1	0,000833	0,000842	0,000788	0,000448	0,000714	0,000230	0,000829	0,000914	0,000728	0,000432	0,000612	0,000218
	2	0,000500	0,000415	0,000396	0,000335	0,00053	0,000192	0,000485	0,000412	0,000383	0,000316	0,000495	0,000197
	3	0,000833	0,000842	0,000788	0,000448	0,000714	0,000230	0,000829	0,000914	0,000728	0,000432	0,000612	0,000218

Tabela 4-37. Zahtevana maksimalna rotacija u plastičnom zglobu – varijanta V122 – pravougaoni preseci

V122 ($\theta_{ostvareno,max}$ [rad])													
Pravac	Stub	Neutegnut presek						Utegnut presek					
		Akceleroگرامи						Akceleroگرامи					
		Sintetički 1	Sintetički 2	Sintetički 3	Realni 1	Realni 2	Realni 3	Sintetički 1	Sintetički 2	Sintetički 3	Realni 1	Realni 2	Realni 3
Podužni	1	0,008628	0,008619	0,006806	0,009678	0,005268	0,000998	0,008413	0,008534	0,00663	0,009399	0,005329	0,000964
	2	0,002013	0,002292	0,002017	0,001291	0,002688	0,000650	0,001966	0,002238	0,001995	0,001153	0,002712	0,000641
	3	0,001847	0,001886	0,001834	0,001174	0,002301	0,000613	0,001792	0,001897	0,001818	0,00108	0,002377	0,000606
Poprečni	1	0,000388	0,001195	0,000592	0,000602	0,001073	0,000265	0,000314	0,001251	0,000549	0,000521	0,000969	0,000266
	2	0,001166	0,001386	0,001168	0,000366	0,002057	0,001344	0,001161	0,001431	0,001213	0,000338	0,002065	0,001362
	3	0,000874	0,000912	0,000948	0,000331	0,001488	0,001095	0,000858	0,000939	0,000985	0,000316	0,001479	0,00111

Tabela 4-38. Zahtevana maksimalna rotacija u plastičnom zglobu – varijanta V123 – pravougaoni preseci

V123 ($\theta_{ostvareno,max}$ [rad])													
Pravac	Stub	Neutegnut presek						Utegnut presek					
		Akceleroگرامи						Akceleroگرامи					
		Sintetički 1	Sintetički 2	Sintetički 3	Realni 1	Realni 2	Realni 3	Sintetički 1	Sintetički 2	Sintetički 3	Realni 1	Realni 2	Realni 3
Podužni	1	0,00886	0,009027	0,006679	0,009936	0,005638	0,000904	0,008634	0,008942	0,006527	0,009702	0,005739	0,000901
	2	0,001692	0,002446	0,002301	0,001503	0,002865	0,000738	0,001543	0,002332	0,00238	0,001256	0,00267	0,000712
	3	0,000537	0,000538	0,000491	0,00055	0,000625	0,000153	0,000535	0,000549	0,00048	0,000556	0,000585	0,000151
Poprečni	1	0,000637	0,001128	0,000428	0,000371	0,001143	0,000209	0,000443	0,001015	0,000455	0,00033	0,001119	0,00018
	2	0,001475	0,001405	0,001572	0,000663	0,001949	0,001384	0,001496	0,001455	0,001608	0,000628	0,002277	0,001411
	3	0,000364	0,000308	0,000346	0,000173	0,000547	0,00032	0,000326	0,000285	0,000316	0,000168	0,000486	0,000292

Tabela 4-39. Zahtevana maksimalna rotacija u plastičnom zglobu – varijanta V131 – pravougaoni preseci

V131 ($\theta_{ostvareno,max}$ [rad])													
Pravac	Stub	Neutegnut presek						Utegnut presek					
		Akceleroگرامи						Akceleroگرامи					
		Sintetički 1	Sintetički 2	Sintetički 3	Realni 1	Realni 2	Realni 3	Sintetički 1	Sintetički 2	Sintetički 3	Realni 1	Realni 2	Realni 3
Podužni	1	0,005527	0,004955	0,006064	0,003697	0,004599	0,001607	0,005698	0,004929	0,006328	0,003963	0,004734	0,001554
	2	0,000679	0,000642	0,000725	0,000556	0,000639	0,000351	0,000694	0,000663	0,000754	0,000589	0,000671	0,000359
	3	0,005527	0,004955	0,006064	0,003697	0,004599	0,001607	0,005698	0,004929	0,006328	0,003963	0,004734	0,001554
Poprečni	1	0,00089	0,001099	0,001051	0,000416	0,001408	0,000234	0,000922	0,000909	0,001015	0,000408	0,001373	0,000203
	2	0,000423	0,000404	0,000441	0,000341	0,000556	0,000231	0,000423	0,000410	0,000434	0,000335	0,000510	0,000233
	3	0,00089	0,001099	0,001051	0,000416	0,001408	0,000234	0,000922	0,000909	0,001015	0,000408	0,001373	0,000203

Tabela 4-40. Zahtevana maksimalna rotacija u plastičnom zglobu – varijanta V132 – pravougaoni preseci

V132 ($\theta_{ostvareno,max}$ [rad])													
Pravac	Stub	Neutegnut presek						Utegnut presek					
		Akceleroگرامи						Akceleroگرامи					
		Sintetički 1	Sintetički 2	Sintetički 3	Realni 1	Realni 2	Realni 3	Sintetički 1	Sintetički 2	Sintetički 3	Realni 1	Realni 2	Realni 3
Podužni	1	0,008494	0,008687	0,006625	0,009716	0,00692	0,001016	0,008286	0,008281	0,006424	0,009448	0,006839	0,000985
	2	0,000521	0,000516	0,000542	0,000543	0,000689	0,00016	0,000519	0,000520	0,000529	0,000547	0,000675	0,000153
	3	0,001748	0,002183	0,001919	0,001527	0,002746	0,000561	0,001675	0,002075	0,002023	0,001336	0,002503	0,000547
Poprečni	1	0,00077	0,001449	0,000569	0,000529	0,001197	0,000358	0,000557	0,001272	0,000573	0,000503	0,001271	0,000308
	2	0,000507	0,000458	0,000555	0,000251	0,000762	0,000482	0,000442	0,000406	0,000497	0,000240	0,000693	0,000418
	3	0,001324	0,001219	0,001425	0,000522	0,001648	0,001239	0,001364	0,001261	0,001481	0,000493	0,001673	0,001278

Tabela 4-41. Zahtevana maksimalna rotacija u plastičnom zglobu – varijanta V133 – pravougaoni preseci

V133 ($\theta_{ostvareno,max}$ [rad])													
Pravac	Stub	Neutegnut presek						Utegnut presek					
		Akceleroگرامи						Akceleroگرامи					
		Sintetički 1	Sintetički 2	Sintetički 3	Realni 1	Realni 2	Realni 3	Sintetički 1	Sintetički 2	Sintetički 3	Realni 1	Realni 2	Realni 3
Podužni	1	0,008766	0,008707	0,006877	0,010281	0,006228	0,000919	0,008504	0,00868	0,006387	0,009987	0,006429	0,000929
	2	0,000512	0,000539	0,000598	0,000626	0,000885	0,000151	0,000520	0,000541	0,000556	0,000605	0,000746	0,000149
	3	0,000523	0,000528	0,000549	0,000600	0,000635	0,000149	0,000524	0,000544	0,000517	0,000590	0,000592	0,000151
Poprečni	1	0,000952	0,001498	0,000729	0,001011	0,001328	0,000239	0,000693	0,001436	0,000833	0,000858	0,001365	0,000230
	2	0,00067	0,000544	0,000586	0,000370	0,000808	0,000413	0,000578	0,000480	0,000537	0,000339	0,000723	0,000379
	3	0,000509	0,000428	0,000453	0,000301	0,000561	0,000310	0,000448	0,000391	0,000420	0,000283	0,000504	0,000293

Tabela 4-42. Zahtevana maksimalna rotacija u plastičnom zglobu – varijanta V212 – pravougaoni preseci

V212 ($\theta_{ostvareno,max}$ [rad])													
Pravac	Stub	Neutegnut presek						Utegnut presek					
		Akceleroگرامи						Akceleroگرامи					
		Sintetički 1	Sintetički 2	Sintetički 3	Realni 1	Realni 2	Realni 3	Sintetički 1	Sintetički 2	Sintetički 3	Realni 1	Realni 2	Realni 3
Podužni	1	0,000739	0,000744	0,000504	0,000643	0,000536	0,000194	0,000735	0,000751	0,000510	0,000644	0,000565	0,000202
	2	0,009871	0,009726	0,006118	0,008724	0,007117	0,001154	0,009505	0,009604	0,005988	0,008318	0,007233	0,001192
	3	0,000739	0,000744	0,000504	0,000643	0,000536	0,000194	0,000735	0,000751	0,000510	0,000644	0,000565	0,000202
Poprečni	1	0,000152	0,000162	0,000161	0,000160	0,000188	0,000125	0,000156	0,000169	0,000172	0,000168	0,000200	0,000132
	2	0,001364	0,001986	0,000852	0,000983	0,001478	0,000341	0,001144	0,001767	0,000839	0,000858	0,001482	0,000312
	3	0,000152	0,000162	0,000161	0,000160	0,000188	0,000125	0,000156	0,000169	0,000172	0,000168	0,000200	0,000132

Tabela 4-43. Zahtevana maksimalna rotacija u plastičnom zglobu – varijanta V213 – pravougaoni preseci

V213 ($\theta_{ostvareno,max}$ [rad])													
Pravac	Stub	Neutegnut presek						Utegnut presek					
		Akceleroگرامи						Akceleroگرامи					
		Sintetički 1	Sintetički 2	Sintetički 3	Realni 1	Realni 2	Realni 3	Sintetički 1	Sintetički 2	Sintetički 3	Realni 1	Realni 2	Realni 3
Podužni	1	0,000478	0,000625	0,000517	0,000421	0,000461	0,000207	0,000472	0,000627	0,000536	0,000444	0,000477	0,000213
	2	0,005787	0,008287	0,007041	0,005525	0,006001	0,001228	0,005653	0,008472	0,007333	0,005507	0,006062	0,001190
	3	0,000362	0,000440	0,000388	0,00035	0,000367	0,000159	0,000364	0,000457	0,000404	0,000361	0,000378	0,000163
Poprečni	1	0,000157	0,000164	0,000169	0,000158	0,000210	0,000127	0,000168	0,000170	0,000179	0,000163	0,000221	0,000133
	2	0,001348	0,001072	0,001068	0,000622	0,001234	0,000349	0,001391	0,001075	0,001111	0,000578	0,001278	0,000298
	3	0,000095	0,000106	0,000112	0,00011	0,000122	0,000075	0,000096	0,000103	0,000113	0,000109	0,000122	0,000074

Tabela 4-44. Zahtevana maksimalna rotacija u plastičnom zglobu – varijanta V222 – pravougaoni preseci

V222 ($\theta_{ostvareno,max}$ [rad])													
Pravac	Stub	Neutegnut presek						Utegnut presek					
		Akceleroگرامи						Akceleroگرامи					
		Sintetički 1	Sintetički 2	Sintetički 3	Realni 1	Realni 2	Realni 3	Sintetički 1	Sintetički 2	Sintetički 3	Realni 1	Realni 2	Realni 3
Podužni	1	0,003552	0,002788	0,002947	0,003102	0,005116	0,000513	0,003793	0,00303	0,002877	0,003088	0,005174	0,000515
	2	0,002872	0,003596	0,003548	0,003671	0,00675	0,000767	0,004802	0,003908	0,003573	0,003647	0,006914	0,000764
	3	0,003552	0,002788	0,002947	0,003102	0,005116	0,000513	0,003793	0,00303	0,002877	0,003088	0,005174	0,000515
Poprečni	1	0,000829	0,000813	0,000717	0,000560	0,000925	0,000690	0,000771	0,000788	0,000713	0,000561	0,000883	0,000657
	2	0,001842	0,001865	0,001702	0,001129	0,002118	0,001612	0,00179	0,001864	0,001742	0,001123	0,002063	0,001624
	3	0,000829	0,000813	0,000717	0,000560	0,000925	0,000690	0,000771	0,000788	0,000713	0,000561	0,000883	0,000657

Tabela 4-45. Zahtevana maksimalna rotacija u plastičnom zglobu – varijanta V223 – pravougaoni preseci

V223 ($\theta_{ostvareno,max}$ [rad])													
Pravac	Stub	Neutegnut presek						Utegnut presek					
		Akceleroگرامи						Akceleroگرامи					
		Sintetički 1	Sintetički 2	Sintetički 3	Realni 1	Realni 2	Realni 3	Sintetički 1	Sintetički 2	Sintetički 3	Realni 1	Realni 2	Realni 3
Podužni	1	0,003419	0,002801	0,002987	0,004337	0,00539	0,000353	0,003215	0,002816	0,002922	0,004258	0,005275	0,000365
	2	0,003936	0,004124	0,003473	0,005016	0,00710	0,00066	0,004005	0,004262	0,003367	0,004938	0,007166	0,000614
	3	0,001063	0,000982	0,000907	0,001381	0,001879	0,000223	0,001091	0,001004	0,000904	0,001378	0,00186	0,000234
Poprečni	1	0,000672	0,000680	0,000510	0,000524	0,000693	0,000481	0,000625	0,000661	0,000496	0,000524	0,000629	0,000438
	2	0,00179	0,001783	0,001619	0,001193	0,002043	0,001524	0,001753	0,001793	0,001654	0,001179	0,001964	0,00154
	3	0,000373	0,000351	0,000331	0,000266	0,000439	0,000316	0,000365	0,000343	0,000338	0,00027	0,000422	0,000317

Tabela 4-46. Zahtevana maksimalna rotacija u plastičnom zglobu – varijanta V232 – pravougaoni preseci

V232 ($\theta_{ostvareno,max}$ [rad])													
Pravac	Stub	Neutegnut presek						Utegnut presek					
		Akcelerogrami						Akcelerogrami					
		Sintetički 1	Sintetički 2	Sintetički 3	Realni 1	Realni 2	Realni 3	Sintetički 1	Sintetički 2	Sintetički 3	Realni 1	Realni 2	Realni 3
Podužni	1	0,003211	0,002851	0,003345	0,004334	0,0066	0,000352	0,003015	0,002774	0,00323	0,004184	0,006567	0,000365
	2	0,001566	0,001671	0,001623	0,001879	0,003458	0,000224	0,001734	0,00169	0,001605	0,001873	0,003831	0,000234
	3	0,003211	0,002851	0,003345	0,004334	0,0066	0,000352	0,003015	0,002774	0,00323	0,004184	0,006567	0,000365
Poprečni	1	0,000846	0,001068	0,000931	0,000902	0,001549	0,000510	0,000837	0,001055	0,000931	0,000901	0,001487	0,000495
	2	0,000976	0,001242	0,001067	0,000896	0,001914	0,000527	0,00101	0,001254	0,001077	0,000888	0,00192	0,000519
	3	0,000846	0,001068	0,000931	0,000902	0,001549	0,000510	0,000837	0,001055	0,000931	0,000901	0,001487	0,000495

Tabela 4-47. Zahtevana maksimalna rotacija u plastičnom zglobu – varijanta V233 – pravougaoni preseci

V233 ($\theta_{ostvareno,max}$ [rad])													
Pravac	Stub	Neutegnut presek						Utegnut presek					
		Akcelerogrami						Akcelerogrami					
		Sintetički 1	Sintetički 2	Sintetički 3	Realni 1	Realni 2	Realni 3	Sintetički 1	Sintetički 2	Sintetički 3	Realni 1	Realni 2	Realni 3
Podužni	1	0,003826	0,003167	0,003361	0,005977	0,009225	0,000426	0,003704	0,003090	0,003317	0,005756	0,00885	0,000405
	2	0,001484	0,001657	0,001688	0,003262	0,004044	0,000223	0,001608	0,001759	0,001818	0,003267	0,004468	0,000239
	3	0,000930	0,000983	0,001003	0,001854	0,003108	0,000225	0,000971	0,000988	0,001023	0,001757	0,003136	0,000240
Poprečni	1	0,001015	0,00107	0,000950	0,001044	0,002096	0,000500	0,001009	0,001024	0,000917	0,001032	0,001898	0,000483
	2	0,001313	0,001373	0,001325	0,001156	0,002001	0,000672	0,001329	0,001352	0,00132	0,001155	0,001962	0,000667
	3	0,000490	0,000556	0,000501	0,000481	0,000984	0,000303	0,000476	0,000543	0,000504	0,000487	0,000965	0,000320

Tabela 4-48. Zahtevana maksimalna rotacija u plastičnom zglobu – varijanta V313 – pravougaoni preseci

V313 ($\theta_{ostvareno,max}$ [rad])													
Pravac	Stub	Neutegnut presek						Utegnut presek					
		Akceleroگرامи						Akceleroگرامи					
		Sintetički 1	Sintetički 2	Sintetički 3	Realni 1	Realni 2	Realni 3	Sintetički 1	Sintetički 2	Sintetički 3	Realni 1	Realni 2	Realni 3
Podužni	1	0,000364	0,000441	0,000392	0,000352	0,000359	0,000159	0,000363	0,000458	0,000410	0,000365	0,000370	0,000163
	2	0,005865	0,008284	0,007129	0,005613	0,005806	0,001226	0,005621	0,008468	0,007427	0,005646	0,005872	0,001186
	3	0,000364	0,000441	0,000392	0,000352	0,000359	0,000159	0,000363	0,000458	0,000410	0,000365	0,000370	0,000163
Poprečni	1	0,000097	0,000113	0,000107	0,00011	0,000126	0,000092	0,000099	0,000109	0,000108	0,000109	0,000128	0,000091
	2	0,001274	0,001068	0,001146	0,000651	0,001224	0,000419	0,001343	0,001067	0,001178	0,000597	0,00128	0,000357
	3	0,000097	0,000113	0,000107	0,00011	0,000126	0,000092	0,000099	0,000109	0,000108	0,000109	0,000128	0,000091

Tabela 4-49. Zahtevana maksimalna rotacija u plastičnom zglobu – varijanta V323 – pravougaoni preseci

V323 ($\theta_{ostvareno,max}$ [rad])													
Pravac	Stub	Neutegnut presek						Utegnut presek					
		Akceleroگرامи						Akceleroگرامи					
		Sintetički 1	Sintetički 2	Sintetički 3	Realni 1	Realni 2	Realni 3	Sintetički 1	Sintetički 2	Sintetički 3	Realni 1	Realni 2	Realni 3
Podužni	1	0,000943	0,000929	0,000905	0,001377	0,001961	0,000226	0,000983	0,000981	0,000915	0,001399	0,002029	0,000241
	2	0,004243	0,00507	0,003817	0,006373	0,010207	0,000741	0,004267	0,005039	0,003732	0,00631	0,009934	0,000676
	3	0,000943	0,000929	0,000905	0,001377	0,001961	0,000226	0,000983	0,000981	0,000915	0,001399	0,002029	0,000241
Poprečni	1	0,000312	0,000287	0,000266	0,000242	0,000351	0,000260	0,000318	0,000295	0,000284	0,000252	0,000350	0,000273
	2	0,00188	0,001801	0,001586	0,001364	0,002195	0,001525	0,001777	0,001772	0,001584	0,001281	0,002031	0,001511
	3	0,000312	0,000287	0,000266	0,000242	0,000351	0,000260	0,000318	0,000295	0,000284	0,000252	0,000350	0,000273

Tabela 4-50. Zahtevana maksimalna rotacija u plastičnom zglobu – varijanta V333 – pravougaoni preseci

V333 ($\theta_{ostvareno,max}$ [rad])													
Pravac	Stub	Neutegnut presek						Utegnut presek					
		Akceleroگرامи						Akceleroگرامи					
		Sintetički 1	Sintetički 2	Sintetički 3	Realni 1	Realni 2	Realni 3	Sintetički 1	Sintetički 2	Sintetički 3	Realni 1	Realni 2	Realni 3
Podužni	1	0,001743	0,001767	0,001751	0,003229	0,004402	0,000266	0,001509	0,00170	0,00152	0,003117	0,004315	0,000277
	2	0,002328	0,002432	0,002715	0,003851	0,005469	0,000347	0,002307	0,002395	0,002609	0,003672	0,00561	0,000310
	3	0,001743	0,001767	0,001751	0,003229	0,004402	0,000266	0,001509	0,00170	0,00152	0,003117	0,004315	0,000277
Poprečni	1	0,000539	0,000678	0,000496	0,000717	0,001078	0,000314	0,000500	0,000600	0,000418	0,000668	0,001069	0,000296
	2	0,001284	0,001687	0,001483	0,001534	0,002191	0,000915	0,001252	0,001631	0,001901	0,001462	0,002152	0,000827
	3	0,000539	0,000678	0,000496	0,000717	0,001078	0,000314	0,000500	0,000600	0,000418	0,000668	0,001069	0,000296

Tabela 4-51. Zahtevana maksimalna rotacija u plastičnom zglobu – varijanta V222 – „I“ preseci

V222 ($\theta_{ostvareno,max}$ [rad])													
Pravac	Stub	Neutegnut presek						Utegnut presek					
		Akceleroگرامи						Akceleroگرامи					
		Sintetički 1	Sintetički 2	Sintetički 3	Realni 1	Realni 2	Realni 3	Sintetički 1	Sintetički 2	Sintetički 3	Realni 1	Realni 2	Realni 3
Podužni	1	0,003485	0,005913	0,004673	0,004957	0,007615	0,000655	0,003971	0,006549	0,005399	0,006208	0,008271	0,000556
	2	0,005864	0,007465	0,005834	0,005368	0,010457	0,001758	0,004953	0,006775	0,005276	0,00520	0,009275	0,000851
	3	0,003485	0,005913	0,004673	0,004957	0,007615	0,000655	0,003971	0,006549	0,005399	0,006208	0,008271	0,000556
Poprečni	1	0,000410	0,000691	0,000459	0,000520	0,001404	0,000351	0,000452	0,000732	0,000554	0,000436	0,001239	0,000441
	2	0,001569	0,001733	0,001472	0,000734	0,002814	0,001713	0,001296	0,00155	0,001367	0,000579	0,002416	0,001443
	3	0,000410	0,000691	0,000459	0,000520	0,001404	0,000351	0,000452	0,000732	0,000554	0,000436	0,001239	0,000441

Tabela 4-52. Zahtevana maksimalna rotacija u plastičnom zglobu – varijanta V333 – „I“ preseci

V333 ($\theta_{ostvareno,max}$ [rad])													
Pravac	Stub	Neutegnut presek						Utegnut presek					
		Akcelerogrami						Akcelerogrami					
		Sintetički 1	Sintetički 2	Sintetički 3	Realni 1	Realni 2	Realni 3	Sintetički 1	Sintetički 2	Sintetički 3	Realni 1	Realni 2	Realni 3
Podužni	1	0,001623	0,001137	0,001227	0,001813	0,003237	0,000195	0,001677	0,001168	0,001251	0,001635	0,003454	0,000202
	2	0,003168	0,002669	0,002321	0,003995	0,005291	0,000472	0,00303	0,002734	0,002484	0,003806	0,005564	0,000393
	3	0,001623	0,001137	0,001227	0,001813	0,003237	0,000195	0,001677	0,001168	0,001251	0,001635	0,003454	0,000202
Poprečni	1	0,000351	0,000347	0,000286	0,000392	0,000738	0,000211	0,000354	0,000371	0,000291	0,000394	0,000771	0,000218
	2	0,001556	0,001586	0,001558	0,001331	0,002115	0,000947	0,001542	0,001571	0,001445	0,001334	0,002133	0,000934
	3	0,000351	0,000347	0,000286	0,000392	0,000738	0,000211	0,000354	0,000371	0,000291	0,000394	0,000771	0,000218

Tabela 4-53. Zahtevana maksimalna rotacija u plastičnom zglobu – varijanta V222 – „kombinovani“ preseci

V222 ($\theta_{ostvareno,max}$ [rad])													
Pravac	Stub	Neutegnut presek						Utegnut presek					
		Akcelerogrami						Akcelerogrami					
		Sintetički 1	Sintetički 2	Sintetički 3	Realni 1	Realni 2	Realni 3	Sintetički 1	Sintetički 2	Sintetički 3	Realni 1	Realni 2	Realni 3
Podužni	1	0,005018	0,005591	0,003607	0,008084	0,009227	0,001133	0,00478	0,005447	0,003808	0,007756	0,009167	0,00116
	2	0,004203	0,004533	0,003168	0,004765	0,005883	0,001594	0,00396	0,004299	0,003121	0,004516	0,005895	0,001604
	3	0,005018	0,005591	0,003607	0,008084	0,009227	0,001133	0,00478	0,005447	0,003808	0,007756	0,009167	0,00116
Poprečni	1	0,000704	0,000902	0,000637	0,000730	0,001607	0,000510	0,000643	0,000817	0,000641	0,000707	0,001452	0,000445
	2	0,001628	0,001526	0,001649	0,000921	0,00197	0,001501	0,001629	0,001521	0,001702	0,000917	0,00197	0,001518
	3	0,000704	0,000902	0,000637	0,000730	0,001607	0,000510	0,000643	0,000817	0,000641	0,000707	0,001452	0,000445

Tabela 4-54. Zahtevana maksimalna rotacija u plastičnom zglobu – varijanta V333 – „kombinovani“ preseci

V333 ($\theta_{ostvareno,max}$ [rad])													
Pravac	Stub	Neutegnut presek						Utegnut presek					
		Akcelerogrami						Akcelerogrami					
		Sintetički 1	Sintetički 2	Sintetički 3	Realni 1	Realni 2	Realni 3	Sintetički 1	Sintetički 2	Sintetički 3	Realni 1	Realni 2	Realni 3
Podužni	1	0,001324	0,001062	0,001086	0,001798	0,003211	0,000203	0,001344	0,001127	0,001083	0,001814	0,003417	0,000209
	2	0,002953	0,002651	0,002708	0,003691	0,005506	0,000405	0,003114	0,00262	0,002653	0,003618	0,005691	0,000394
	3	0,001324	0,001062	0,001086	0,001798	0,003211	0,000203	0,001344	0,001127	0,001083	0,001814	0,003417	0,000209
Poprečni	1	0,000295	0,000304	0,000244	0,000369	0,000672	0,000179	0,000274	0,000300	0,000248	0,000370	0,000710	0,000186
	2	0,001512	0,00170	0,001583	0,001595	0,002278	0,001008	0,001493	0,001638	0,001528	0,001526	0,002226	0,000919
	3	0,000295	0,000304	0,000244	0,000369	0,000672	0,000179	0,000274	0,000300	0,000248	0,000370	0,000710	0,000186

Vrednosti maksimalne zahtevane lokalne duktilnosti kod modela sa vlaknastim plastičnim zglobovima su dati u tabelama 4-55 do 4-76. Lokalna duktilnost se procenjuje na osnovu maksimalne zahtevane rotacije $\theta_{ostvareno,max}$ (θ_u) i rotacije na granici tečenja θ_y .

Tabela 4-55. Maksimalne vrednosti zahtevane lokalne duktilnosti – varijanta V111 – pravougaoni preseci

V111	Podužni pravac				Poprečni pravac			
	$\mu_\theta = \theta_u / \theta_y$				$\mu_\theta = \theta_u / \theta_y$			
	Sintetički akcelerogrami		Realni akcelerogrami		Sintetički akcelerogrami		Realni akcelerogrami	
	neutegnut	utegnut	neutegnut	utegnut	neutegnut	utegnut	neutegnut	utegnut
Stub 1	1,36	1,28	1,13	1,21	1,0	1,0	1,0	1,0
Stub 2	2,49	2,28	2,12	2,17	1,0	1,0	1,0	1,0
Stub 3	1,36	1,28	1,13	1,21	1,0	1,0	1,0	1,0

Tabela 4-56. Maksimalne vrednosti zahtevane lokalne duktilnosti – varijanta V112 – pravougaoni preseci

V112	Podužni pravac				Poprečni pravac			
	$\mu_{\theta} = \theta_u / \theta_y$				$\mu_{\theta} = \theta_u / \theta_y$			
	Sintetički akceleroگرامи		Realni akceleroگرامи		Sintetički akceleroگرامи		Realni akceleroگرامи	
	neutegnut	utegnut	neutegnut	utegnut	neutegnut	utegnut	neutegnut	utegnut
Stub 1	2,38	2,49	1,71	1,74	1,0	1,0	1,0	1,0
Stub 2	2,10	2,19	1,37	1,40	1,0	1,0	1,0	1,0
Stub 3	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0

Tabela 4-57. Maksimalne vrednosti zahtevane lokalne duktilnosti – varijanta V113 – pravougaoni preseci

V113	Podužni pravac				Poprečni pravac			
	$\mu_{\theta} = \theta_u / \theta_y$				$\mu_{\theta} = \theta_u / \theta_y$			
	Sintetički akceleroگرامи		Realni akceleroگرامи		Sintetički akceleroagramи		Realni akceleroagramи	
	neutegnut	utegnut	neutegnut	utegnut	neutegnut	utegnut	neutegnut	utegnut
Stub 1	2,36	2,46	1,81	1,75	1,0	1,0	1,0	1,0
Stub 2	2,04	2,12	1,45	1,49	1,0	1,0	1,0	1,0
Stub 3	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0

Tabela 4-58. Maksimalne vrednosti zahtevane lokalne duktilnosti – varijanta V121 – pravougaoni preseci

V121	Podužni pravac				Poprečni pravac			
	$\mu_{\theta} = \theta_u / \theta_y$				$\mu_{\theta} = \theta_u / \theta_y$			
	Sintetički akceleroagramи		Realni akceleroagramи		Sintetički akceleroagramи		Realni akceleroagramи	
	neutegnut	utegnut	neutegnut	utegnut	neutegnut	utegnut	neutegnut	utegnut
Stub 1	2,25	2,31	1,64	1,73	1,0	1,0	1,0	1,0
Stub 2	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
Stub 3	2,25	2,31	1,64	1,73	1,0	1,0	1,0	1,0

Tabela 4-59. Maksimalne vrednosti zahtevane lokalne duktilnosti – varijanta V122 – pravougaoni preseci

V122	Podužni pravac				Poprečni pravac			
	$\mu_{\theta} = \theta_u / \theta_y$				$\mu_{\theta} = \theta_u / \theta_y$			
	Sintetički akceleroگرامи		Realni akceleroگرامи		Sintetički akceleroگرامи		Realni akceleroگرامи	
	neutegnut	utegnut	neutegnut	utegnut	neutegnut	utegnut	neutegnut	utegnut
Stub 1	3,08	3,05	3,46	3,36	1,33	1,29	1,19	1,0
Stub 2	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
Stub 3	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0

Tabela 4-60. Maksimalne vrednosti zahtevane lokalne duktilnosti – varijanta V123 – pravougaoni preseci

V123	Podužni pravac				Poprečni pravac			
	$\mu_{\theta} = \theta_u / \theta_y$				$\mu_{\theta} = \theta_u / \theta_y$			
	Sintetički akceleroگرامи		Realni akceleroگرامи		Sintetički akceleroگرامи		Realni akceleroگرامи	
	neutegnut	utegnut	neutegnut	utegnut	neutegnut	utegnut	neutegnut	utegnut
Stub 1	3,34	3,19	3,68	3,47	1,25	1,04	1,27	1,14
Stub 2	1,0	1,0	1,0	1,0	1,05	1,0	1,30	1,42
Stub 3	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0

Tabela 4-61. Maksimalne vrednosti zahtevane lokalne duktilnosti – varijanta V131 – pravougaoni preseci

V131	Podužni pravac				Poprečni pravac			
	$\mu_{\theta} = \theta_u / \theta_y$				$\mu_{\theta} = \theta_u / \theta_y$			
	Sintetički akceleroگرامи		Realni akceleroگرامи		Sintetički akceleroگرامи		Realni akceleroگرامи	
	neutegnut	utegnut	neutegnut	utegnut	neutegnut	utegnut	neutegnut	utegnut
Stub 1	2,33	2,34	1,77	1,75	1,29	1,14	1,65	1,54
Stub 2	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
Stub 3	2,33	2,34	1,77	1,75	1,29	1,14	1,65	1,54

Tabela 4-62. Maksimalne vrednosti zahtevane lokalne duktilnosti – varijanta V132 – pravougaoni preseci

V132	Podužni pravac				Poprečni pravac			
	$\mu_{\theta} = \theta_u / \theta_y$				$\mu_{\theta} = \theta_u / \theta_y$			
	Sintetički akceleroگرامи		Realni akceleroگرامи		Sintetički akceleroگرامи		Realni akceleroگرامи	
	neutegnut	utegnut	neutegnut	utegnut	neutegnut	utegnut	neutegnut	utegnut
Stub 1	3,10	2,86	3,47	3,26	1,61	1,27	1,33	1,27
Stub 2	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
Stub 3	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,03	1,0

Tabela 4-63. Maksimalne vrednosti zahtevane lokalne duktilnosti – varijanta V133 – pravougaoni preseci

V133	Podužni pravac				Poprečni pravac			
	$\mu_{\theta} = \theta_u / \theta_y$				$\mu_{\theta} = \theta_u / \theta_y$			
	Sintetički akceleroگرامи		Realni akceleroگرامи		Sintetički akceleroگرامи		Realni akceleroگرامи	
	neutegnut	utegnut	neutegnut	utegnut	neutegnut	utegnut	neutegnut	utegnut
Stub 1	3,19	3,10	3,74	3,57	1,66	1,44	1,48	1,37
Stub 2	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
Stub 3	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0

Tabela 4-64. Maksimalne vrednosti zahtevane lokalne duktilnosti – varijanta V212 – pravougaoni preseci

V212	Podužni pravac				Poprečni pravac			
	$\mu_{\theta} = \theta_u / \theta_y$				$\mu_{\theta} = \theta_u / \theta_y$			
	Sintetički akceleroگرامи		Realni akceleroگرامи		Sintetički akceleroگرامи		Realni akceleroگرامи	
	neutegnut	utegnut	neutegnut	utegnut	neutegnut	utegnut	neutegnut	utegnut
Stub 1	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
Stub 2	3,51	3,43	3,12	2,97	2,23	1,86	1,66	1,56
Stub 3	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0

Tabela 4-65. Maksimalne vrednosti zahtevane lokalne duktilnosti – varijanta V213 – pravougaoni preseci

V213	Podužni pravac				Poprečni pravac			
	$\mu_{\theta} = \theta_u / \theta_y$				$\mu_{\theta} = \theta_u / \theta_y$			
	Sintetički akceleroگرامи		Realni akceleroگرامи		Sintetički akceleroگرامи		Realni akceleroگرامи	
	neutegnut	utegnut	neutegnut	utegnut	neutegnut	utegnut	neutegnut	utegnut
Stub 1	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
Stub 2	3,60	3,53	2,61	2,53	1,53	1,55	1,40	1,42
Stub 3	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0

Tabela 4-66. Maksimalne vrednosti zahtevane lokalne duktilnosti – varijanta V222 – pravougaoni preseci

V222	Podužni pravac				Poprečni pravac			
	$\mu_{\theta} = \theta_u / \theta_y$				$\mu_{\theta} = \theta_u / \theta_y$			
	Sintetički akceleroگرامи		Realni akceleroگرامи		Sintetički akceleroگرامи		Realni akceleroگرامи	
	neutegnut	utegnut	neutegnut	utegnut	neutegnut	utegnut	neutegnut	utegnut
Stub 1	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
Stub 2	1,0	1,0	1,0	1,0	1,17	1,10	1,32	1,21
Stub 3	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0

Tabela 4-67. Maksimalne vrednosti zahtevane lokalne duktilnosti – varijanta V223 – pravougaoni preseci

V223	Podužni pravac				Poprečni pravac			
	$\mu_{\theta} = \theta_u / \theta_y$				$\mu_{\theta} = \theta_u / \theta_y$			
	Sintetički akceleroگرامи		Realni akceleroگرامи		Sintetički akceleroگرامи		Realni akceleroگرامи	
	neutegnut	utegnut	neutegnut	utegnut	neutegnut	utegnut	neutegnut	utegnut
Stub 1	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
Stub 2	1,0	1,0	1,11	1,12	1,12	1,12	1,28	1,23
Stub 3	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0

Tabela 4-68. Maksimalne vrednosti zahtevane lokalne duktilnosti – varijanta V232 – pravougaoni preseci

V232	Podužni pravac				Poprečni pravac			
	$\mu_{\theta} = \theta_u / \theta_y$				$\mu_{\theta} = \theta_u / \theta_y$			
	Sintetički akceleroگرامи		Realni akceleroگرامи		Sintetički akceleroگرامи		Realni akceleroگرامи	
	neutegnut	utegnut	neutegnut	utegnut	neutegnut	utegnut	neutegnut	utegnut
Stub 1	1,0	1,0	1,05	1,04	1,0	1,0	1,11	1,06
Stub 2	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,06	1,04
Stub 3	1,0	1,0	1,05	1,04	1,0	1,0	1,11	1,06

Tabela 4-69. Maksimalne vrednosti zahtevane lokalne duktilnosti – varijanta V233 – pravougaoni preseci

V233	Podužni pravac				Poprečni pravac			
	$\mu_{\theta} = \theta_u / \theta_y$				$\mu_{\theta} = \theta_u / \theta_y$			
	Sintetički akceleroگرامи		Realni akceleroگرامи		Sintetički akceleroگرامи		Realni akceleroگرامи	
	neutegnut	utegnut	neutegnut	utegnut	neutegnut	utegnut	neutegnut	utegnut
Stub 1	1,0	1,0	1,96	1,84	1,0	1,0	1,40	1,19
Stub 2	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
Stub 3	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0

Tabela 4-70. Maksimalne vrednosti zahtevane lokalne duktilnosti – varijanta V313 – pravougaoni preseci

V313	Podužni pravac				Poprečni pravac			
	$\mu_{\theta} = \theta_u / \theta_y$				$\mu_{\theta} = \theta_u / \theta_y$			
	Sintetički akceleroگرامи		Realni akceleroگرامи		Sintetički akceleroagramи		Realni akceleroagramи	
	neutegnut	utegnut	neutegnut	utegnut	neutegnut	utegnut	neutegnut	utegnut
Stub 1	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
Stub 2	3,77	3,85	2,64	2,67	1,50	1,58	1,44	1,51
Stub 3	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0

Tabela 4-71. Maksimalne vrednosti zahtevane lokalne duktilnosti – varijanta V323 – pravougaoni preseci

V323	Podužni pravac				Poprečni pravac			
	$\mu_{\theta} = \theta_u / \theta_y$				$\mu_{\theta} = \theta_u / \theta_y$			
	Sintetički akceleroگرامи		Realni akceleroگرامи		Sintetički akceleroگرامи		Realni akceleroگرامи	
	neutegnut	utegnut	neutegnut	utegnut	neutegnut	utegnut	neutegnut	utegnut
Stub 1	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
Stub 2	1,06	1,03	2,13	2,03	1,25	1,18	1,46	1,35
Stub 3	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0

Tabela 4-72. Maksimalne vrednosti zahtevane lokalne duktilnosti – varijanta V333 – pravougaoni preseci

V333	Podužni pravac				Poprečni pravac			
	$\mu_{\theta} = \theta_u / \theta_y$				$\mu_{\theta} = \theta_u / \theta_y$			
	Sintetički akceleroگرامи		Realni akceleroگرامи		Sintetički akceleroگرامи		Realni akceleroگرامи	
	neutegnut	utegnut	neutegnut	utegnut	neutegnut	utegnut	neutegnut	utegnut
Stub 1	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
Stub 2	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,10	1,04
Stub 3	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0

Tabela 4-73. Maksimalne vrednosti zahtevane lokalne duktilnosti – varijanta V222 – „I“ preseci

V222	Podužni pravac				Poprečni pravac			
	$\mu_{\theta} = \theta_u / \theta_y$				$\mu_{\theta} = \theta_u / \theta_y$			
	Sintetički akceleroگرامи		Realni akceleroگرامи		Sintetički akceleroagramи		Realni akceleroagramи	
	neutegnut	utegnut	neutegnut	utegnut	neutegnut	utegnut	neutegnut	utegnut
Stub 1	1,56	1,72	2,00	2,18	1,0	1,0	1,17	1,03
Stub 2	1,96	1,78	2,78	2,44	1,44	1,19	2,35	1,86
Stub 3	1,56	1,72	2,00	2,18	1,0	1,0	1,17	1,03

Tabela 4-74. Maksimalne vrednosti zahtevane lokalne duktilnosti – varijanta V333 – „I“ preseći

V333	Podužni pravac				Poprečni pravac			
	$\mu_{\theta} = \theta_u / \theta_y$				$\mu_{\theta} = \theta_u / \theta_y$			
	Sintetički akceleroگرامи		Realni akceleroگرامи		Sintetički akceleroگرامи		Realni akceleroگرامи	
	neutegnut	utegnut	neutegnut	utegnut	neutegnut	utegnut	neutegnut	utegnut
Stub 1	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
Stub 2	1,0	1,0	1,0	1,01	1,0	1,0	1,0	1,12
Stub 3	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0

Tabela 4-75. Maksimalne vrednosti zahtevane lokalne duktilnosti – varijanta V222 – „kombinovani“ preseći

V222	Podužni pravac				Poprečni pravac			
	$\mu_{\theta} = \theta_u / \theta_y$				$\mu_{\theta} = \theta_u / \theta_y$			
	Sintetički akceleroگرامи		Realni akceleroگرامи		Sintetički akceleroگرامи		Realni akceleroگرامи	
	neutegnut	utegnut	neutegnut	utegnut	neutegnut	utegnut	neutegnut	utegnut
Stub 1	1,47	1,43	2,43	2,41	1,0	1,0	1,40	1,21
Stub 2	1,0	1,0	1,0	1,0	1,10	1,06	1,31	1,23
Stub 3	1,47	1,43	2,43	2,41	1,0	1,0	1,40	1,21

Tabela 4-76. Maksimalne vrednosti zahtevane lokalne duktilnosti – varijanta V333 – „kombinovani“ preseći

V333	Podužni pravac				Poprečni pravac			
	$\mu_{\theta} = \theta_u / \theta_y$				$\mu_{\theta} = \theta_u / \theta_y$			
	Sintetički akceleroگرامи		Realni akceleroگرامи		Sintetički akceleroagramи		Realni akceleroagramи	
	neutegnut	utegnut	neutegnut	utegnut	neutegnut	utegnut	neutegnut	utegnut
Stub 1	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
Stub 2	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,14	1,06
Stub 3	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0

Kod modela sa neutegnutim presećima vrednosti maksimalne ostvarene duktilnosti u podužnom pravcu iznose od 1,0 do 3,77 (pravougaoni preseći), od 1,0 do 2,78 („I“ preseći) i od 1,0 do 2,43 („kombinovani“ preseći). U poprečnom pravcu vrednosti maksimalne zahtevane

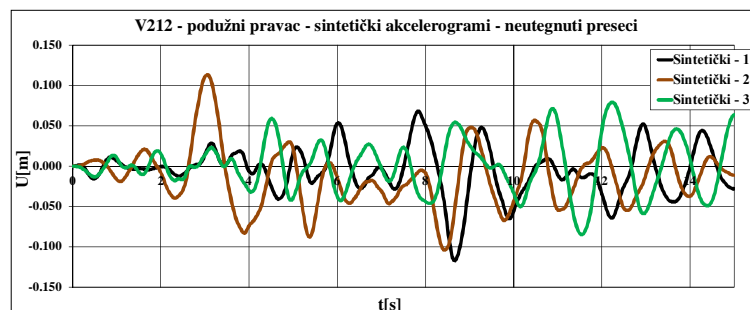
duktilnosti iznose od 1,0 do 2,23 (pravougaoni preseci), od 1,0 do 2,35 („I“ preseci) i od 1,0 do 1,40 („kombinovani“ preseci). U podužnom pravcu su samo kod modela V123, V133, V212, V213 i V313 u varijantama sa pravougaonim poprečnim presecima, zahtevane maksimalne vrednosti duktilnosti veće od primenjenog faktora ponašanja 3,5. U svi ostalim slučajevima maksimalne zahtevane vrednosti duktilnosti su ispod vrednosti 3,5.

U podužnom pravcu kod modela sa utegnutim poprečnim presecima vrednosti maksimalne zahtevane duktilnosti iznose od 1,0 do 3,85 (pravougaoni preseci), od 1,0 do 2,44 („I“ preseci) i od 1,0 do 2,41 („kombinovani“ preseci). U poprečnom pravcu iznose od 1,0 do 1,86 (pravougaoni preseci), od 1,0 do 1,86 („I“ preseci) i od 1,0 do 1,23 („kombinovani“ preseci). Kod varijanti V133, V213 i V313 sa pravougaonim poprečnim presecima u podužnom pravcu zahtevane maksimalne vrednosti lokalne duktilnosti su veće od primenjenog faktor ponašanja 3,5, a u svim ostalim slučajevima su ispod te vrednosti.

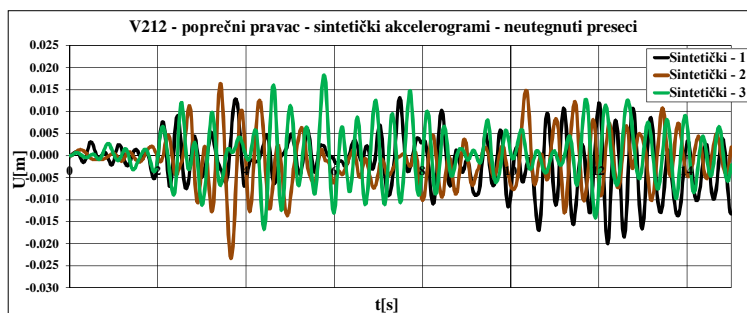
Kod varijanti mostova koje imaju samo jedan stub dužine 7 m, ostvaruju se najveće vrednosti lokalne duktilnosti u podužnom pravcu i kod modela sa neutegnutim i utegnutim poprečnim presecima. Takođe, u podužnom pravcu za sve varijante analiziranih mostova najveća vrednost zahtevane lokalne duktilnosti iznosi 3,85 koja je veća od usvojenog faktora ponašanja $q = 3,5$. U poprečnom pravcu za sve varijante analiziranih mostova najveća vrednost zahtevane lokalne duktilnosti iznosi 2,35 koja je manja od usvojenog faktora ponašanja $q = 3,5$.

Razlike u maksimalnoj zahtevanoj lokalnoj duktilnosti između modela sa neutegnutim i modela sa utegnutim poprečnim presecima, nisu veće od približno 10 % u podužnom, odnosno približno 20 % u poprečnom pravcu. Ovakvo ponašanje je posledica činjenice da iako upotrebljeni akceleroگرامи odgovaraju projektnom seizmičkom dejstvu, ne dolazi do rotacija plastičnih zglobova koje su veće od kapaciteta rotacije kod modela sa neutegnutim poprečnim presecima (poglavlje 4.5.9). Takođe, rezultati analiza prikazani u prilogu „E“ pokazuju da se za isti akceleroگرام dobija praktično ista vremenska istorija relativnog horizontalnog pomeranja srednjeg čvora grede mosta kod modela sa neutegnutim i utegnutim poprečnim presecima.

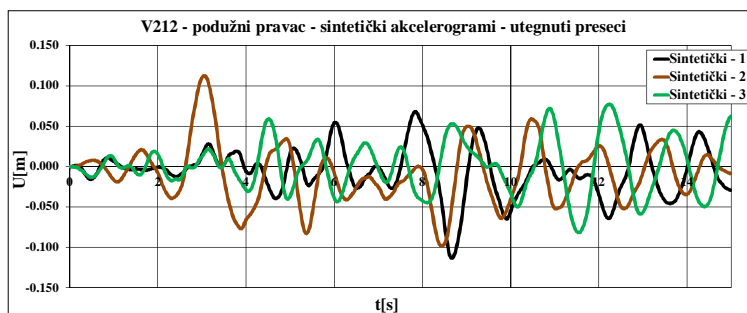
Bez obzirom na to što su ostvarene relativno bliske vrednosti zahtevane lokalne duktilnosti u plastičnim zglobovima između modela sa neutegnutim i utegnutim kritičnim poprečnim presecima, razmatrajući pojedinačno svaki sintetički i realni akceleroگرام, razlike u vremenskoj istoriji odgovora (relativno horizontalno pomeranje srednjeg čvora grede mosta), između pojedinačno posmatranih sintetičkih i između pojedinačno posmatranih realnih akceleroگرامа, se jasno mogu uočiti na slikama 4-221 do 4-228, na primeru varijante V212. Posebno su prikazani rezultati nelinearne dinamičke analize kod modela sa neutegnutim i utegnutim poprečnim presecima za sve primenjene sintetičke i realne akceleroگرامе.



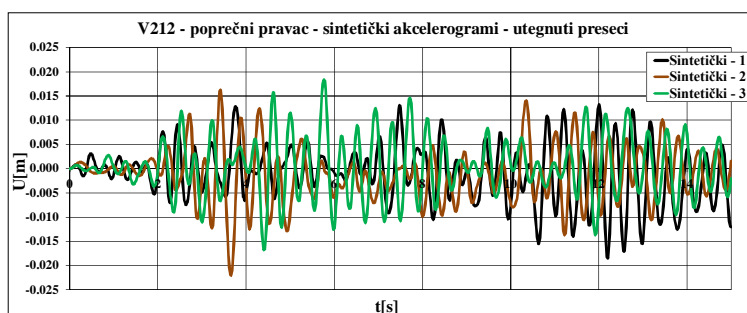
Slika 4-221. Relativno hor. pomeranje sredine grede – V212 – podužni pravac – neuteg. preseci – sint. akc.



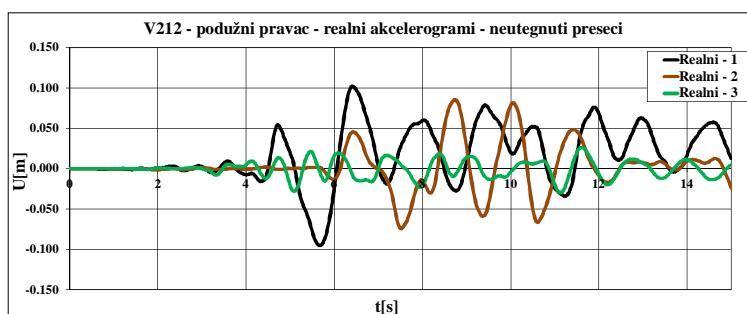
Slika 4-222. Relativno hor. pomeranje sredine grede – V212 – poprečni pravac – neuteg. preseći – sint. akc.



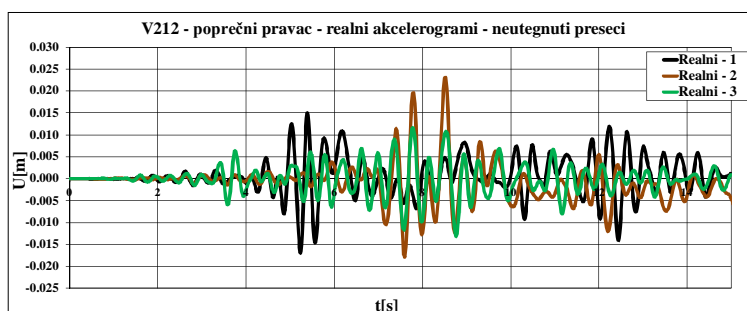
Slika 4-223. Relativno hor. pomeranje sredine grede – V212 – podužni pravac – uteg. preseći – sint. akc.



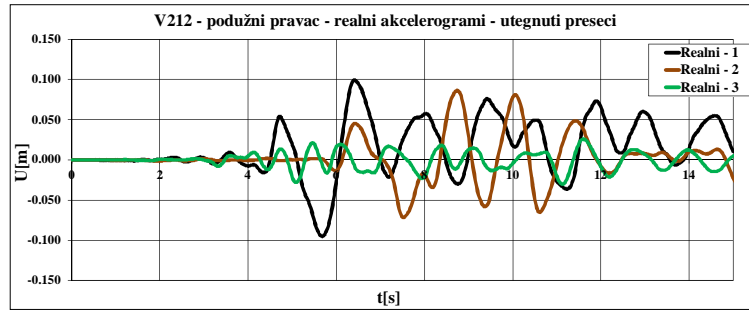
Slika 4-224. Relativno hor. pomeranje sredine grede – V212 – poprečni pravac – uteg. preseći – sint. akc.



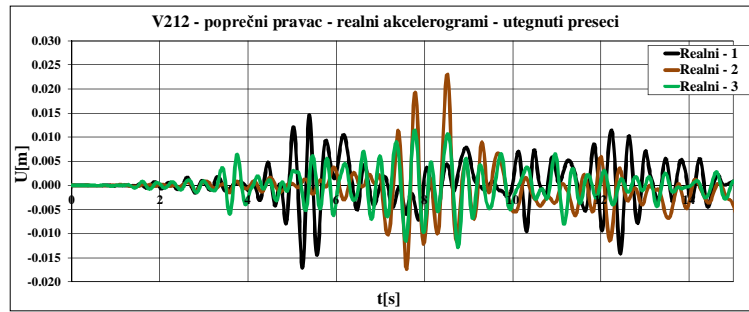
Slika 4-225. Relativno hor. pomeranje sredine grede – V212 – podužni pravac – neuteg. preseći – realni. akc.



Slika 4-226. Relativno hor. pomeranje sredine grede – V212 – poprečni pravac – neuteg. preseći – realni. akc.



Slika 4-227. Relativno hor. pomeranje sredine grede – V212 – podužni pravac – uteg. preseci – realni. akc.



Slika 4-228. Relativno hor. pomeranje sredine grede – V212 – poprečni pravac – uteg. preseci – realni. akc.

Karakteristični rezultati zahtevane lokalne duktilnosti pri nelinearnoj dinamičkoj analizi varijante V212 kod modela sa vlaknastim plastičnim zglobovima su prikazani u tabeli 4-77. Lokalna duktilnost je procenjena na osnovu maksimalne ostvarene krivine $\Phi_{ostvareno,max}$ (Φ_u) i krivine na granici tečenja Φ_y u plastičnom zglobu.

Tabela 4-77. Maksimalne vrednosti zahtevane lokalne duktilnosti – varijanta V212 – pravougaoni preseci

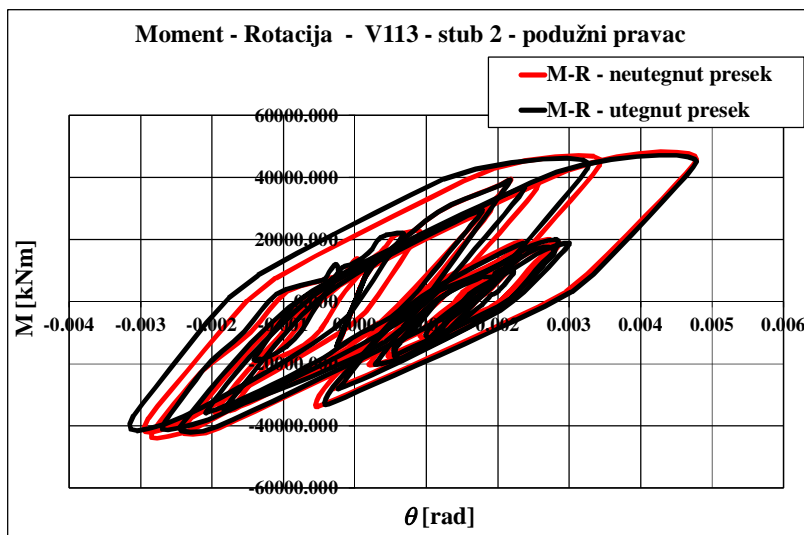
V212	Podužni pravac				Poprečni pravac			
	$\mu_\phi = \Phi_u / \Phi_y$ ($\mu_\theta = \theta_u / \theta_y$)							
	Sintetički akceleroگرامи		Realni akceleroagramи		Sintetički akceleroagramи		Realni akceleroagramи	
	neutegnut	utegnut	neutegnut	utegnut	neutegnut	utegnut	neutegnut	utegnut
Stub 1	1,0 (1,0)	1,0 (1,0)	1,0 (1,0)	1,0 (1,0)	1,0 (1,0)	1,0 (1,0)	1,0 (1,0)	1,0 (1,0)
Stub 2	3,62 (3,51)	3,48 (3,43)	3,52 (3,12)	3,32 (2,97)	2,37 (2,23)	2,09 (1,86)	1,72 (1,66)	1,58 (1,56)
Stub 3	1,0 (1,0)	1,0 (1,0)	1,0 (1,0)	1,0 (1,0)	1,0 (1,0)	1,0 (1,0)	1,0 (1,0)	1,0 (1,0)

Na osnovu prethodnih rezultata se može zaključiti da su vrednosti zahtevane lokalne duktilnosti izračunate na osnovu krivine poprečnog preseka veće u odnosu na vrednosti koje su izračunate na osnovu ostvarene rotacije u plastičnom zglobu. U podužnom pravcu razlika u vrednostima ne prelazi približno 13 % kod modela sa neutegnutim presecima i približno 12 % kod modela sa utegnutim presecima. U poprečnom pravcu razlika u vrednostima ne prelazi približno 7 % kod modela sa neutegnutim presecima i približno 13 % kod modela sa utegnutim presecima.

4.5.9. Uticaj utezanja poprečnih preseka na dinamički odgovor

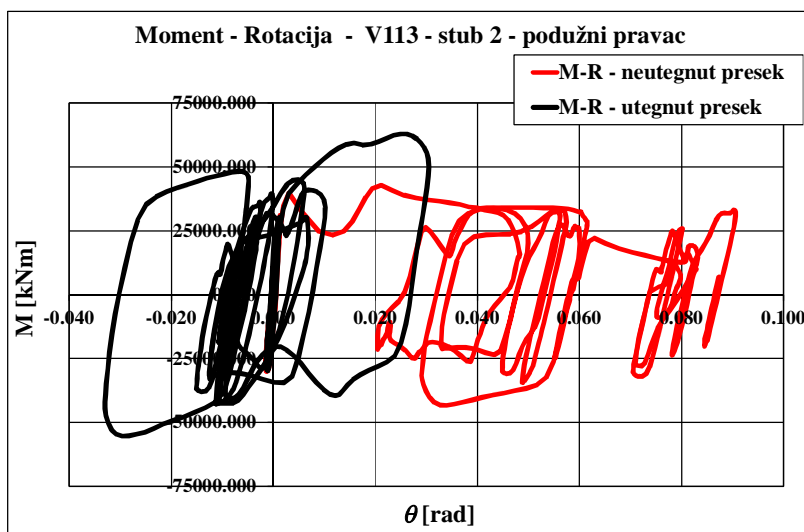
Na osnovu rezultata prikazanih u poglavlju 4.5.8 može se zaključiti da su odgovori između modela sa neutegnutim i utegnutim poprečnim presecima relativno bliski. Takođe, u prilogu „E“ su prikazani rezultati nelinearne dinamičke analize relativnog horizontalnog pomeranja srednjeg

čvora grede mosta koji potvrđuju prethodni komentar. Akceleroگرامи koji su korišćeni za nelinearne dinamičke analize odgovaraju projektnom seizmičkom dejstvu, na osnovu koga su dimenzionisani poprečni preseći, ne izazivaju rotacije plastičnih zglobova koje su veće od kapaciteta rotacija plastičnih zglobova kod modela sa neutegnutim poprečnim presećima. Takođe, veza moment-rotacija u plastičnom zglobu kod modela sa neutegnutim i utegnutim poprečnim presećima praktično je ista do nivoa koji odgovara maksimalnoj rotaciji koju može da prihvati model sa neutegnutim presećima. Ovakvo ponašanje se može pokazati na osnovu ostvarene veze moment-rotacija u plastičnom zglobu srednjeg stuba varijante V113 (slika 4-229).



Slika 4-229. Moment-rotacija – projektni zemljotres – sintetički akc. 2 – stub 2 – V113 – podužni pravac

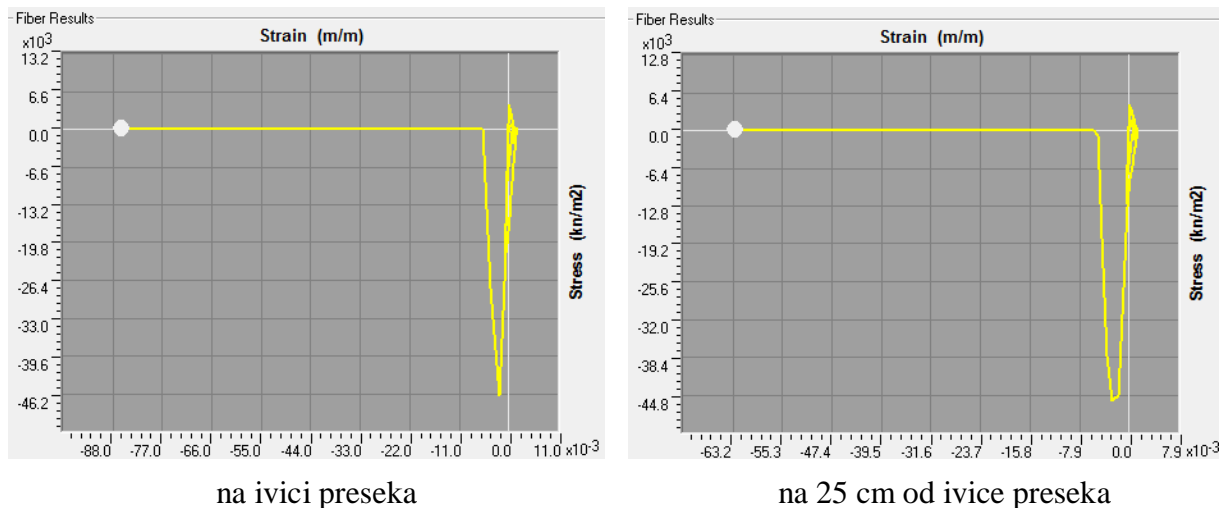
U slučaju analiziranih varijanti grednih armiranobetonskih mostova, efekti utezanja poprečnih preseka se mogu pokazati pri nelinearnoj dinamičkoj analizi ako se za seizmičko dejstvo upotrebe akceleroگرامи koji spadaju u oblast većeg intenziteta seizmičkog dejstva od projektnog. Varijanta V113 je analizirana za zemljotres koji ima veći intenzitet od projektnog. Na slici 4-230 su prikazani rezultati nelinearne dinamičke analize veze moment-rotacija u plastičnom zglobu srednjeg stuba u podužnom pravcu.



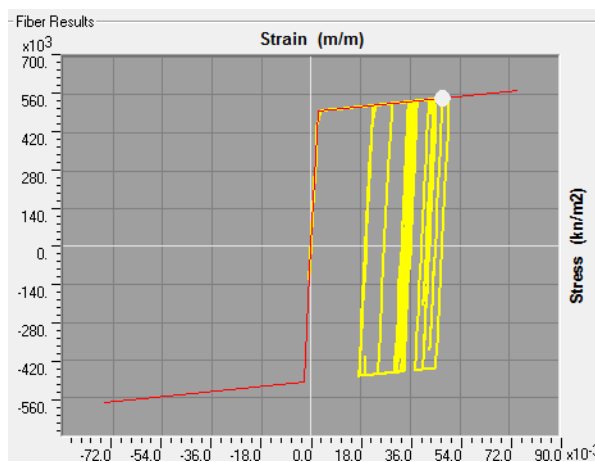
Slika 4-230. Moment-rotacija – „jači“ zemljotres od projektnog – stub 2 – V113 – podužni pravac

Maksimalna zahtevane rotacija u plastičnom zglobu kod modela sa neutegnutim presećima iznosi 0,09 rad (slika 4-230). Ostvarene dilatacije po visini betonskog dela preseka u pritisnutoj

zoni, pri dostignutoj maksimalnoj zahtevanoj rotaciji, veće su u odnosu na graničnu dilataciju u betonu koja iznosi 3,5 ‰, dok dilatacija u armaturi na zategnutoj ivici nije dostigla graničnu vrednost koja iznosi 75 ‰. Na slikama 4-231 i 4-232 je prikazano stanje dilatacija za vrednost rotacije plastičnog zgloba od 0,09 rad, na ivici pritisnutog dela preseka, na rastojanju od 25 cm (visina pritisnute zone za nivo projektnog seizmičkog dejstva) u odnosu na pritisnutu ivicu i u armaturi. Dostizanje veće rotacije od maksimalnih koje može da prihvati plastični zglob je posledica nesavršenosti primenjenog vlaknastog modela i „rada“ podužne armature koja je simetrično raspoređena u poprečnom preseku. S obzirom da je betonski deo preseka u potpunosti izgubio nosivost, ovakav odgovor sistema se ne može smatrati povoljnim.



Slika 4-231. Dilatacije u pritisnutom delu betonskog neutegnutog poprečnog preseka pri rotaciji od 0,09 rad – V113 – srednji stub – podužni pravac

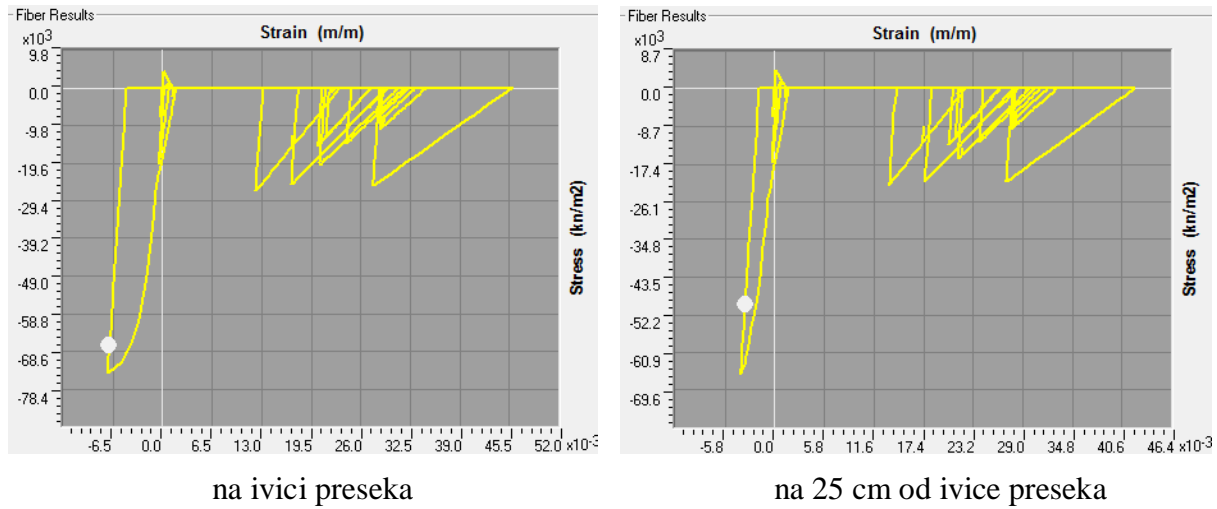


Slika 4-232. Dilatacija u armaturi (rotacija 0,09 rad) – V113 – srednji stub – podužni pravac (zategnuta ivica)

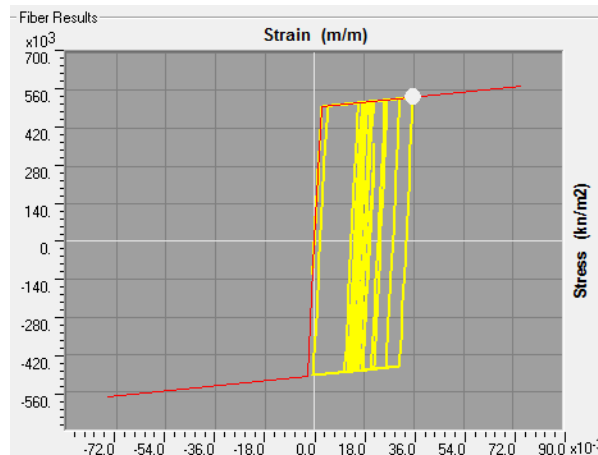
Maksimalna zahtevana rotacija u plastičnom zglobu u podužnom pravcu srednjeg stuba, usled zemljotresa većeg intenziteta od projektnog kod modela sa utegnutim presecima, iznosi 0,03 rad (slika 4-230). Zahtevane dilatacije po visini utegnutog preseka u pritisnutoj zoni pri dostignutoj maksimalnoj zahtevanoj rotaciji su manje u odnosu na graničnu dilataciju u betonu od 18,1 ‰ koja je određena analizom utegnutog preseka, a zahtevana dilatacija u armaturi na zategnutoj ivici nije dostigla graničnu vrednost od 75 ‰.

Zahtevane dilatacije na ivici pritisnutog dela preseka i na rastojanju od 25 cm u odnosu na pritisnutu ivicu za vrednost rotacije plastičnog zgloba od 0,03 rad, prikazane su na slikama 4-233 i 4-234. Dobijeni rezultati ukazuju da je maksimalna zahtevana rotacija manja od kapaciteta rotacije plastičnog zgloba, odnosno da maksimalne zahtevane dilatacije u pritisnutom delu

betonskog preseka i armaturi nisu prekoračile granične vrednosti. Ovakav odgovor sistema se može smatrati povoljnim.



Slika 4-233. Dilatacije u pritisnutom delu betonskog utegnutog poprečnog preseka pri rotaciji od 0,03 rad – V113 – srednji stub – podužni pravac



Slika 4-234. Dilatacija u armaturi (rotacija 0,03 rad) – V113 – srednji stub – podužni pravac (zategnuta ivica)

Rezultati sprovedenih analiza jasno ukazuju da utezanje poprečnih preseka značajno povećava kapacitet deformacija. Pri seizmičkom dejstvu većeg intenziteta od projektog dolazi do prekoračenja graničnih dilatacija pritiska u betonu kod modela sa neutegnutim presecima, ali ne i kod modela sa utegnutim presecima. Ovakvo ponašanje je posledica efekata utezanja koji obezbeđuju veće vrednosti graničnih dilatacija betona.

5. ZAVRŠNE NAPOMENE I ZAKLJUČCI

5.1. Opšte napomene

Danas se u svakodnevnoj praksi primenjuju linearna statička i dinamička analiza koje su propisane u trenutno važećim propisima za projektovanje objekata u seizmički aktivnim područjima. U EN 1998-2 je dopušteno određivanje seizmičkih uticaja na osnovu linearno-elastičnog ponašanja konstrukcije. Za određivanje projektnog seizmičkog dejstva se koristi elastični spektar odgovora koji se praktično redukuje faktorom ponašanja. Na taj način se uvodi u analizu mogućnost pojave neelastičnih deformacija, tj. oštećenja u konstrukcijskim elementima, odnosno definiše se koji će se nivo oštećenja dopustiti u konstrukciji bez njenog rušenja. Na osnovu ovako određenih seizmičkih sila pristupa se dimenzionisanju konstrukcije pri čemu se posebna pažnja poklanja konstrukcijskom oblikovanju kritičnih preseka u kojima se dopušta pojava plastifikacije. Primena ovakvog pristupa u analizi ima nedostatke koji se ogledaju u tome da su vrednosti faktora ponašanja približne, a osim toga, nakon prelaska u nelinearno područje rada dolazi do preaspodele sila u presecima koja se ne može obuhvatiti linearnom analizom i jednom vrednošću faktora ponašanja. Takođe, raspodela sila u presecima i deformacija u neelastičnom području po pravilu nema nikakvu sličnost sa raspodelom u elastičnom području rada konstrukcije, pa se ni mehanizam loma se ne može dovoljno dobro predstaviti elastičnom analizom.

Ako je potrebno sagledati ponašanje nakon pojave oštećenja pri jakim zemljotresima u EN 1998-1 i EN 1998-2 su propisane nelinearna statička (N2 metoda) i nelinearna dinamička analiza. Najkvalitetniji uvid u dinamički odgovor konstrukcije se dobija pomoću nelinearne dinamičke analize, ali je ovakav proračun složen, dug i u većini slučajeva nepraktičan za svakodnevnu inženjersku praksu. Postojanje velikog broja parametara čija mala promena može bitno da menja rezultat, zahteva visok nivo obučenosti i znanja potrebnih za ove analize radi dobijanja kvalitetnog rezultata. Zbog toga se danas ova metoda proračuna uobičajeno koristi samo kod objekata velikog značaja i u istraživačke svrhe. U praktičnim inženjerskim proračunima se sve više koristi nelinearna statička analiza. Ova metoda ne može u potpunosti da zameni nelinearnu dinamičku analizu, pogotovo ne kod neregularnih konstrukcija kompleksne geometrije, ali se ona često koristi jer je znatno jednostavnija i brža. Ukoliko su karakteristike građevinske konstrukcije takve da ona dominantno osciluje u prvom tonu, nelinearna statička analiza može da se koristi uspešno u proceni ponašanja pri pojavi nelinearnih deformacija izazvanih jakim zemljotresima. Takođe, ovde treba podsetiti na činjenicu da se klasična nelinearna statička analiza bazira na pretpostavci da su pomeranja nezavisna od vremena, a ovo ima za posledicu da se promene dinamičkih karakteristika sistema koje su prouzrokovane razvojem plastičnih zglobova ne mogu obuhvatiti u ovakvoj analizi. Problem se može delimično prevazići primenom adaptivne pushover analize kod koje se raspodela bočnog opterećenja koriguje u skladu sa promenama dinamičkih karakteristika konstrukcije. U EN 1998-2 je propisano da se u skladu sa potrebama mogu primeniti obe prethodno navedene nelinearne metode analize konstrukcija u seizmički aktivnim područjima.

U EN 1998-2 je eksplicitno propisano da konstrukcija može biti projektovana tako da se dopusti pojava ograničenog nivoa oštećenja usled savijanja na unapred definisanim mestima. Postupak za takvo projektovanje je tzv. metoda programiranog ponašanja. Osnovni koncept ove metode je da se na unapred predviđenim elementima dopuste oštećenja, odnosno plastične deformacije poprečnih preseka pri savijanju u cilju disipacije unete seizmičke energije. Elementi u kojima se dopušta pojava oštećenja treba da budu lako dostupni tako da njihova sanacija bude jednostavna ali i da su njihove karakteristike takve da se mogu zaštititi od krteg smičućeg loma odgovarajućom poprečnom armaturom.

Pojava oštećenja kod grednih armiranobetonskih mostova tj. plastifikacije poprečnih preseka usled savijanja se dopušta u stubovima mosta. Greda mosta mora ostati neoštećena nakon seizmičkog dejstva radi očuvanja osnovne funkcije mosta (mogućnost pešačkog

saobraćaja i prelaska vozila specijalnih službi). Temeljna konstrukcija treba da ostane neoštećena zbog dugotrajne i teške sanacije. Ležišta i posebne naprave za disipaciju energije mogu biti dobro rešenje, ali njihovo konstruisanje i izrada može da bude skupo pa se uglavnom koriste kod objekata veće važnosti.

Elementi kod kojih je dopuštena plastifikacija poprečnih preseka usled savijanja se posebno konstrukcijski oblikuju. U EN 1998-2 su propisana pravila za raspored i količinu podužne i poprečne (utežujuće) armature u cilju obezbeđenja zahtevane duktilnosti, odnosno obezbeđenja potrebnog kapaciteta deformisanja bez značajnijeg gubitka nosivosti na savijanje i bez krutih smičućih lomova.

U EN 1998-2 su eksplicitno definisane vrednosti faktora ponašanja u zavisnosti od tipa konstrukcije mosta, zahtevanog ponašanja, uticaja smicanja i aksijalnog naprezanja na odgovor konstrukcije. Kod grednih armiranobetonskih mostova razlikuju se ograničeno duktilno ponašanje sa faktorom ponašanja koji ima vrednost $1,0 \leq q \leq 1,5$ (u suštini linearno-elastično ponašanje) i duktilno ponašanje sa vrednostima faktora ponašanja $1,5 \leq q \leq 3,5$.

U podužnom pravcu sve analizirane varijante mostova predstavljaju sistem sa jednim stepenom slobode kretanja. Usvojeni faktor ponašanja iznosi $q = 3,5$. U EN 1998-1 su propisani uslovi na osnovu kojih se određuje minimalan broj tonova koje treba obuhvatiti pri multimodalnoj spektralnoj analizi. Zbir efektivnih modalnih masa u poprečnom pravcu treba da iznosi najmanje 90 % od ukupne mase konstrukcije. U okviru multimodalne spektralne analize neophodno je obuhvatiti jedan ton kod varijanti V212, V213 i V313, a u svim ostalim slučajevima dva tona (tabele 4-2 do 4-4). Učestvovanje više tonova u poprečnom pravcu pri multimodalnoj spektralnoj analizi predstavlja dobar pokazatelj o neregularnosti sistema. S obzirom da se u nelinearnoj statičkoj analizi koristi faktor participacije tona sa dominantnim učešćem u odgovoru, može se zaključiti da je u poprečnom pravcu mosta ograničena primene ovakve analize. U EN 1998-2 su propisani uslovi na osnovu kojih se kontroliše neregularnost ponašanja. U slučaju neregularnih sistema vrednost faktora ponašanja se redukuje za pojedini posmatrani pravac i ne može imati vrednost veću od $q = 1,5$. Međutim, u EN 1998-2 su propisane kao alternative linearnim metodama analize nelinearne metode analize pri čemu se na osnovu rigoroznih nelinearnih dinamičkih analiza, u slučaju neregularnih sistema, mogu „relaksirati“ rezultati modalne analize sa spektrima odgovora, a to praktično znači povećanje faktora ponašanja. Na osnovu prethodno rečenog u ovom radu se za poprečni pravac usvaja faktor ponašanja u maksimalno dozvoljenom iznosu od $q = 3,5$ za sve varijante analiziranih mostova.

U analizama su primenjene tri kombinacije oblika poprečnih preseka stubova mostova. Pravougaoni poprečni preseki su primenjeni za sve kombinacije dužina stubova. Kod varijanti V222 i V333 su primenjeni „I“ i „kombinovani“ poprečni preseki (prvi i treći stub „I“ preseka i srednji stub pravougaonog preseka). Pri projektovanju i konstrukcijskom oblikovanju poprečnih preseka usvojene su dve varijante poprečne armature. U prvoj varijanti usvojena poprečna armatura zadovoljava potrebnu smičuću nosivost i u tom slučaju preseki se pri nelinearnim analizama modeliraju kao neutegnuti. U drugoj varijanti pored zadovoljenja smičuće nosivosti ispunjeni su uslovi za utezanje poprečnih preseka. Za sve stubove analiziranih varijanti je karakteristično da u podužnom pravcu „rade kao stubovi“, a u poprečnom pravcu „rade kao zidovi“. Ove činjenice imaju za posledicu da se širina pravougaonih poprečnih preseka, tj. dimenzija preseka stuba u podužnom pravcu mosta, usvaja u zavisnosti od potrebne nosivosti na savijanje, ali je potrebno ispuniti i uslov za izbegavanje „loma pritisnute dijagonale u rebru usled smicanja“ pri seizmičkom dejstvu u poprečnom pravcu mosta. Lom rebra pri smicanju je po pravilu merodavan uslov za usvajanje debljine rebra kod „I“ poprečnog preseka, što kod mostova sa „kratkim“ stubovima predstavlja poseban problem. Ovakvo oblikovanje poprečnih preseka je posledica potrebe da se obezbedi dovoljna nosivost na savijanje u podužnom pravcu koja

neminovno povećava nosivost na savijanje i u poprečnom pravcu mosta, iako ne postoji potreba za tim. Prethodno rečeno ima za posledicu indukovanje velikih smičućih sila u poprečnom pravcu koje se određuju na osnovu momenata nosivosti, pa to dovodi u prvi plan izbegavanje „loma pritisnute dijagonale u rebru usled smicanja“ (EN 1998-1) u poprečnom pravcu. Sa ovog aspekta se pokazalo da su „I“ preseci manje povoljni od pravougaonih jer se podužna armatura za potrebe nosivosti na savijanje grupiše samo u flanšama, za razliku od pravougaonih kod kojih se grupiše duž cele ivice preseka čime se postiže velika nosivost na savijanje u poprečnom pravcu, a samim tim i velikih smičućih sila. Takođe, ovde treba podsetiti na činjenicu da su efekti teorije drugog reda izraženi u podužnom pravcu pa se i o ovom fenomenu mora voditi računa pri oblikovanju i usvajanju dimenzija poprečnih preseka. Ovo se posebno odnosi na usvajanje odgovarajuće dimenzije pravougaonog poprečnog preseka u podužnom pravcu mosta da bi se ograničila pomeranja i vitkost stubova, a samim tim i efekti teorije drugog reda. Sa ovog aspekta su „I“ preseci su povoljniji od pravougaonih.

Seizmičko dejstvo za nelinearnu dinamičku analizu mogu biti veštački i/ili zabeleženi akceleroگرامи. Izabrani akceleroگرامи treba da ispune zahteve koji su propisani u EN 1998-2. Kod mostova sa uređajima za izolaciju ili neregularnih mostova rezultati linearno-elastične analize (modalna spektralna analiza sa faktorima ponašanja) mogu se „relaksirati“ primenom rezultata rigorozne nelinearne dinamičke analize (EN 1998-2).

5.2. Zaključci

Na osnovu linearnih i nelinearnih analiza grednih armiranobetonskih mostova u seizmički aktivnom području može se zaključiti sledeće:

- Rezultati nelinearne statičke analize (NSA) u podužnom pravcu kod mostova sa različitim dužinama stubova ukazuju da postoji približno isti oblik veze sila-pomeranje između modela sa neutegnutim i utegnutim kritičnim presecima sve do dostizanja maksimalne horizontalne sile, nakon čega kod varijanti sa neutegnutim poprečnim presecima dolazi do pada ukupne smičuće sile pri istom horizontalnom pomeranju kontrolnog čvora u odnosu na modele sa utegnutim poprečnim presecima. Ovakvo ponašanje je direktno posledica manjeg kapaciteta deformacija kod modela sa neutegnutim u odnosu na modele utegnutim poprečnim presecima.
- Modeli sa plastičnim zglobovima koji su definisani preko veze moment-krivina, pri seizmičkom dejstvu u podužnom pravcu se ponašaju linearno-elastično sve do dostizanja granice tečenja bar u jednom plastičnom zglobovima. Za razliku od njih, kod modela sa vlaknastim plastičnim zglobovima od samog početka nanošenja bočnog opterećenja postoji nelinearna veza između horizontalnog pomeranja kontrolnog čvora i ukupne horizontalne sile u osnovi. Ovakvo ponašanje je posledica usvojene konstitutivne veze između napona i deformacija kod betonskog dela preseka, koja je nelinearna bez obzira na nivo naprezanja, a javlja se i kod modela sa neutegnutim i utegnutim kritičnim presecima.
- Za seizmičko dejstvo u podužnom pravcu se na osnovu rezultata NSA može zaključiti da modeli sa plastičnim zglobovima koji su definisani preko veze moment-krivina, ostvaruju veće maksimalne horizontalne sile u osnovi u odnosu na vlaknaste modele, pri čemu ta razlika ne prelazi približno 15 % za sve varijante analiziranih mostova.
- Kod varijanti mostova sa istim dužinama stubova (V111, V222 i V333) i pravougaonim poprečnim presecima, postoji približno isti oblik veze sila-pomeranje za podužni pravac za oba modela utezanja betona, bez obzira na nivo dostignutog pomeranja. Takođe, karakter veze sila-pomeranje je takav da odmah nakon dostizanja maksimalne horizontalne sile dolazi do naglog pada sile pri povećanju pomeranja, bez obzira da li su preseci neutegnuti ili utegnuti (poglavlje 4.4). Ovakav nepovoljan odgovor sistema je posledica uticaja P- Δ efekata i činjenica da su aksijalna naprezanja i nosivost na savijanje sva tri stuba mosta približno ista.

U cilju izbegavanja ovakvog ponašanja, varijante mostova V222 i V333 su analizirane posebno sa „I“ i sa „kombinovanim“ (prvi i treći stub „I“, a srednji stub pravougaonog preseka) poprečnim presecima. Promena oblika poprečnih preseka kod varijante V222 ima za posledicu izbegavanje pada sile u vezi sila-pomeranje odmah nakon dostizanja maksimalne sile u osnovi. Međutim, kod varijante V333 sa „kombinovanim“ presecima ovo se ne događa zbog izraženijih efekata teorije drugog reda i približno iste nosivosti na savijanje između krajnjih stubova „I“ preseka i srednjeg stuba pravougaonog preseka (poglavlje 4.4.6). Odgovor varijante V222 sa „I“ poprečnim presecima je povoljniji u odnosu na ponašanje modela sa pravougaonim presecima, ali se i dalje pozitivni efekti utezanja kritičnih preseka ne ostvaruju u dovoljnoj meri. Suštinski, ovakav problem kod modela sa istim dužinama stubova se može rešiti balansom nosivosti na savijanje između pojedinih stubova u smislu da se izbegne dostizanje granice tečenja u sva tri stuba istovremeno.

- Pri seizmičkom dejstvu u poprečnom pravcu mosta primenom NSA se dobija da zavisnost sila-pomeranje svih razmatranih varijanti mostova ima stalni prirast i kod modela sa neutegnutim i utegnutim poprečnim presecima. Ovo je posledica činjenice da je greda mosta oslonjena na nepomerljive oporce na svojim krajevima i da je njeno ponašanje opisano linearno-elastičnim modelom. Kako je greda povezana sa vrhovima stubova, pri povećanju opterećenja u poprečnom pravcu dolazi do nelinearnog ponašanja stubova ali ne i grede. Ovo ima za posledicu stalno povećanje ukupne smičuće sile u osnovi pri povećanju horizontalnog pomeranja kontrolnog čvora.
- Za poprečni pravac se ostvaruje približno isti odgovor (veza sila-pomeranje) kod modela sa plastičnim zglobovima koji su definisani preko veze moment-krivina i vlaknastog modela, posebno razmatrajući sisteme sa neutegnutim i utegnutim kritičnim presecima.
- Ciljna pomeranja su određena N2 metodom (EN 1998-1) za sve varijante analiziranih mostova. Vrednosti pomeranja za projektno seizmičko dejstvo u podužnom pravcu su od 10 cm do 22 cm, a u poprečnom pravcu od 2 cm do 12 cm. Ciljna pomeranja su međusobno približno ista kod modela sa neutegnutim i utegnutim poprečnim presecima. Varijante mostova koje imaju dužine stubova ne manje od 14 m u podužnom pravcu ostvaruju maksimalne vrednosti ciljnih pomeranja od 22 cm, što je je posledica većih vrednosti osnovnog perioda vibracija.
- Raspored plastičnih zglobova i njihovo naponsko-deformacijsko stanje pri dostignutom ciljnom pomeranju, pokazuju da konstrukcije imaju zadovoljavajući kapacitet neelastičnog deformisanja jer ni u jednoj varijanti analiziranih mostova nije došlo do kolapsa konstrukcije.
- Nelinearnom dinamičkom analizom (NDA) su kod svih varijanti mostova ostvareni slični lokalni odgovori (veza moment-rotacija u plastičnom zglobu) između modela sa neutegnutim i utegnutim poprečnim presecima (poglavlja 4.5.8 i 4.5.9), pri istoj kombinaciji dužina stubova i za isti akcelerogram. Razlike između zahtevane lokalne duktilnosti između modela sa neutegnutim i utegnutim presecima ne prelaze približno 10 % u podužnom i približno 20 % u poprečnom pravcu. Takođe, analizom rezultata prikazanih u prilogu „E“ se može zaključiti da su globalni odgovori (relativna horizontalna pomeranja srednjeg čvora grede) kod oba modela utezanja betona ukritičnim poprečnim presecima praktično isti, pri istoj kombinaciji dužina stubova i za isti akcelerogram. Ovakvo ponašanje je posledica činjenice da akcelerogrami koji su upotrebljeni za nelinearnu dinamičku analizu, iako odgovaraju projektnom seizmičkom dejstvu, ne izazivaju rotacije plastičnih zglobova koje su veće od kapaciteta rotacija plastičnih zglobova sa neutegnutim poprečnim presecima. Pri tome i veza moment-rotacija u plastičnom zglobu kod modela sa neutegnutim i utegnutim poprečnim presecima ima približno istu zavisnost do nivoa koji odgovara maksimalnoj rotaciji koju može da prihvati model sa neutegnutim presecima.

- Bez obzira na relativno bliske ostvarene vrednosti zahtevane lokalne duktilnosti u plastičnim zglobovima između modela sa neutegnutim i utegnutim kritičnim poprečnim preseccima, posmatrajući pojedinačno sve varijante analiziranih mostova, posebno za sintetičke i posebno za realne akceleroграme, postoje bitne razlike u vremenskoj istoriji odgovora (relativno horizontalno pomeranje srednjeg čvora grede mosta) i one su jasno prikazane na primeru varijante V212 (poglavlje 4.5.8).
- Na osnovu rezultata NDA za varijantu V123 (poglavlje 4.5.6), zaključeno je da vertikalna komponenta ubrzanja tla ne utiče bitno na lokalni i globalni odgovor grednih mostova sa usvojenom dispozicijom. Razlike između maksimalne ostvarene rotacije u plastičnom zglobu sa i bez vertikalne komponente ubrzanja tla ne prelaze 3 %, a maksimalna zahtevana relativna horizontalna pomeranja su praktično međusobno ista.
- Vrednosti ostvarene lokalne duktilnosti u podužnom pravcu, kod varijanti mostova sa neutegnutim poprečnim preseccima, iznose od 1,0 do 3,77 za modele sa pravougaonim preseccima, od 1,0 do 2,78 za modele sa „I“ preseccima i od 1,0 do 2,43 za modele sa „kombinovanim“ preseccima. Kod varijanti sa utegnutim poprečnim preseccima vrednosti ostvarene lokalne duktilnosti iznose od 1,0 do 3,85 za modele sa pravougaonim preseccima, od 1,0 do 2,44 za modele sa „I“ preseccima i od 1,0 do 2,41 za modele sa „kombinovanim“ preseccima. Zahtevana lokalna duktilnost određena primenom NDA kod oba modela utezanja betona je veća od primenjenog faktora ponašanja $q = 3,5$ samo u slučaju mostova sa pravougaonim poprečnim preseccima, a u svim ostalim varijantama analiziranih mostova te vrednosti su ispod 3,5.
- U podužnom pravcu, samo kod modela sa pravougaonim neutegnutim kritičnim preseccima varijanti V123, V133, V212, V213 i V313, su ostvarene maksimalne vrednosti lokalne duktilnosti veće od primenjenog faktora ponašanja $q = 3,5$ za ne više od približno 8 %, a u svim ostalim slučajevima su ispod te vrednosti. Kod modela sa pravougaonim utegnutim kritičnim preseccima varijanti V133, V213 i V313, su ostvarene maksimalne vrednosti lokalne duktilnosti veće od primenjenog faktora ponašanja $q = 3,5$ za ne više od približno 10 %, a u svim ostalim slučajevima su ispod te vrednosti. Najveća vrednost zahtevane lokalne duktilnosti je kod modela V313 (neutegnut – 3,77; utegnut – 3,85) sa pravougaonim poprečnim preseccima.
- Vrednosti zahtevane lokalne duktilnosti u poprečnom pravcu kod varijanti mostova sa neutegnutim poprečnim preseccima iznose od 1,0 do 2,23 za modele sa pravougaonim preseccima, od 1,0 do 2,35 za modele sa „I“ preseccima i od 1,0 do 1,40 za modele sa „kombinovanim“ preseccima. Kod varijanti sa utegnutim poprečnim preseccima vrednosti maksimalne ostvarene lokalne duktilnosti su od 1,0 do 1,86 za modele sa pravougaonim preseccima, od 1,0 do 1,86 za modele sa „I“ preseccima i od 1,0 do 1,23 za modele sa „kombinovanim“ preseccima. Ovim je pokazano da se za seizmičko dejstvo u poprečnom pravcu koje odgovarta projektnom dejstvu, dobija manja zahtevana lokalna duktilnost od vrednosti primenjenog faktora ponašanja $q = 3,5$ za sve analizirane varijante mostova.
- Vrednosti ostvarene lokalne duktilnosti u kritičnim preseccima svih stubova u poprečnom pravcu kod varijanti V111, V112, V113 i V121 iznose 1,0, iako vrednost primenjenog faktor ponašanja iznosi 3,5.
- Za varijante mostova V222 (pravougaoni presecci), V223, V232 i V333 (pravougaoni, „I“ i „kombinovani“ presecci), kod modela sa neutegnutim i utegnutim kritičnim preseccima, u podužnom i poprečnom pravcu, se ostvaruju maksimalne vrednosti lokalne duktilnosti ne veće od 1,50, tj. njihovo ponašanje ostaje u suštini u linearno-elastičnoj oblasti.

- Maksimalne vrednosti lokalne duktilnosti u podužnom pravcu se ostvaruju u slučajevima analiziranih varijanti mostova koje imaju samo jedan stub dužine 7 m za oba modela utezanja betona.
- Minimalne vrednosti lokalne duktilnosti u podužnom pravcu se ostvaruju u slučajevima analiziranih varijanti mostova sa stubovima ne kraćim od 14 m i kod modela sa neutegnutim i utegnutim kritičnim presecima.
- Sprovedena analiza primenom NDA, pri dejstvu zemljotresa većeg intenziteta od projektnog (poglavlje 4.5.9), ukazuje da utezanje poprečnih preseka bitno utiče na odgovor sistema. Maksimalna zahtevana rotacija u plastičnom zglobu u podužnom pravcu mosta srednjeg stuba varijante V113 kod modela sa neutegnutim presecima iznosi 0,09 rad, a kod modela sa utegnutim presecima 0,03 rad. Analizom rezultata ostvarenih dilatacija po visini preseka je utvrđeno da su u pritisnutoj zoni neutegnuto g betona, pri dostignutoj maksimalnoj ostvarenoj rotaciji, dilatacije veće u odnosu na graničnu dilataciju od 3,5 ‰, dok dilatacije u armaturi na zategnutoj ivici nisu dostigle graničnu vrednost od 75 ‰. Veće rotacije od maksimalnih koje može da prihvati plastični zglob kod modela sa neutegnutim presecima, posledica je nesavršenosti primenjenog vlaknastog modela i „rada“ podužne armature koja je simetrično raspoređena u poprečnom preseku. Pri seizmičkom dejstvu većem od projektnog, neutegnuti betonski deo preseka u potpunosti gubi nosivost, te se ovakav odgovor sistema ne može smatrati povoljnim. Dilatacije po visini preseka u pritisnutoj zoni utegnuto g betona, pri dostignutoj maksimalnoj zahtevanoj rotaciji, manje su u odnosu na graničnu vrednost (18,1 ‰), a zahtevana dilatacija u armaturi na zategnutoj ivici nije dostigla graničnu vrednost od 75 ‰. Takođe, kod modela sa utegnutim presecima maksimalna zahtevana rotacija je manja od kapaciteta rotacije plastičnog zgloba, pa se ovakav odgovor sistema može smatrati povoljnim.
- Razlika ponašanja mostova za dejstvo zemljotresa u poprečnom pravcu koje su određene primenom NSA i NDA je posledica neregularnosti analiziranih mostova u poprečnom pravcu. Karakterističan primer je varijanta V123, kod koje se primenom NSA dobija da do plastifikacije dolazi samo u srednjem stubu mosta, dok NDA, za sve zemljotrese, pokazuje da je zahtevana lokalna duktilnost veća od 1,0 i u prvom i srednjem stubu.

5.3. Pravci daljih istraživanja

Dalja istraživanja u smislu procene seizmičkih performansi grednih armiranobetonskih mostova bi se odnosila na primenu drugih statičkih sistema stubova u cilju postizanja povoljnijeg odgovora, kako u podužnom, tako i u poprečnom pravcu. Potrebno bi bilo analizirati konstrukcijske sisteme sa više redova stubova koji imaju različite načine međusobnih veza i veza sa gredom, kao i broj angažovanih stubova u pojedinim pravcima.

Kod konstrukcija mostova sa jednim redom stubova potrebno bi bilo analizirati različite oblike poprečnih preseka (sandučasti, kružni poprečni preseki i sl.), koji mogu biti povoljniji sa aspekta ponašanja pri pojavi nelinearnih deformacija, kako u lokalnom, tako i u globalnom smislu.

Primena pasivne kontrole ponašanja kroz mogućnost redukcije seizmičkih sila, preko seizmičke izolacije ili redukcije seizmičke energije primenom prigušivača, može biti od interesa ukoliko se želi postići potpuno izbegavanje oštećenja konstrukcijskih elemenata mosta. Takođe, pored pasivne kontrole, postizanje željenih seizmičkih performansi kroz aktivnu kontrolu ponašanja može biti od interesa za dalja istraživanja.

Primena tačnijih modela za obuhvatanje nelinearnih fenomena sa aspekta efekata proklizavanja i izvijanja armaturnih šipki, smičućih deformacija i histerezisnih pravila može biti od interesa u cilju kvalitetnijeg uvođenja materijalne nelinearnosti u analizu.

U slučajevima grednih armiranobetonskih mostova velike dužine, razlike u karakteru pomeranja oslonačkih tačaka stubova mosta mogu biti od interesa za uvođenje u dinamičku analizu.

Uvođenjem efekata interakcije tla i objekta u dinamičku analizu može da se dobije realnija procena seizmičkih performansi. Vrlo je teško unapred proceniti efekte interakcije koja je posebno izražena kod krućih konstrukcija fundiranih na tlu sa lošijim mehaničkim karakteristikama. Svakako, u svim slučajevima definisanim u EN 1998-5 efekte interakcije treba uzeti u obzir.

6. REFERENCE

6.1. Literatura

1. Aviram A., Mackie R. K., Stojadinović B.: Guidelines for Nonlinear Analysis of Bridge Structures in California, PEER 2008/03, August 2008.
2. Aničić D., Fajfar P., Petrović B., Szavits-Nossan A., Tomažević M.: Zemljotresno inženjerstvo - visokogradnja, Građevinska knjiga, Beograd, 1990.
3. Antoniou S., Pinho R.: Advantages and Limitations of Adaptive and Non-Adaptive ForceBased Pushover Procedures, Journal of Earthquake Engineering, Vol. 8, No. 4, pp. 497-522, 2004.
4. Archer G.: A Constant Displacement Iteration Algorithm for Nonlinear Static Push-Over Analyses, Electronic Journal of Structural Engineering, Vol. 2, pp. 120-134, 2001.
5. Aschheim M., Black F.E.: Yield point spectra for seismic design and rehabilitation, Earthquake Spectra, Volumen 16, No. 2, May 2000, pp 317-335.
6. ATC-40, Seismic Evaluation and Retrofit of Concrete Buildings, ATC-40 Report, Volumes 1. and 2., Applied Technology Council, Redwood City, California, 1996.
7. Barros R. C., Almeida R.: Pushover Analysis of Asymmetric Three-Dimensional Frames, Journal of Civil Engineering and Management, Vol. 11., No. 1., pp. 3-12, 2005.
8. Bracci J. M., Kunnath S. K., Reinhorn A. M.: Seismic Performance and Retrofit Evaluation of RC Structures, Journal of Structural Engineering, ASCE, Vol. 123., No.1., pp. 3-10, 1997.
9. Bertero V.V.: Lessons learned from recent earthquakes and research and implications for earthquake-resistant design of building structures in the United States, Earthquake Spectra, Vol. 2, No. 4, 1986, pp. 825-858.
10. Bertero R.D., Bertero V.V.: Performance-base seismic engineering: the need for a reliable conceptual comprehensive approach, Earthq. Engineering Structural Dynamics, 31, 2002., 627-652.
11. Bertero R.D., Bertero V.V.: Application of a Comprehensive Approach for the Performance-Based Earthquake-Resistant Design of Buildings. 12th World Conference on Earthquake Engineering, Auckland, New Zeland, 2000, CD-ROM – 0847/1-8.
12. Black E.F., Aschheim M.: Seismic design and evaluation of multistory buildings using yield point spectra, Mid-America Earthquake Center, Civil and Environmental Engineering, University of Illinois at Urbana-Champaign, July 2000.
13. Cheng Franklin Y.: Matrix Analysis of Structural Dynamics (Applications and Earthquake Engineering), University of Missouri, Marcel Dekker, 2001.
14. Chiorean C. G.: Push-over Analysis for Seismic Performance Evaluation of RC Frame Structures. Computer Programs, Universidade Nova de Lisboa-Centro de Investigação em Estruturas e Construção-UNIC, II Ciclo de Palestras em Engenharia Civil, 2003.
15. Chopra A. K.: Dynamics of structures-A Primer, Earthquake Engineering Research Institute, California, 1980.
16. Chopra A. K.: Dynamics of Structures, Theory and Applications to Earthquake Engineering, Prentice Hall, New Jersey, 1995.

17. Chopra A. K., Goel R. K.: Capacity-Demand-Diagram Methods for Estimating Seismic Deformation of Inelastic Structures: SDF Systems, Univ. of Cal. Berkeley, PEER Report 02, 1999.
18. Clough R. W., Penzien J.: Dynamics of structures, Computers & Structures, Inc., Berkeley, California, 1995.
19. Comartin C.D., Niewiarowski R.W., Freeman S.A., Turner F.M.: Seismic evaluation and retrofit of concrete buildings: A practical overview of the ATC 40 document, Earthquake Spectra, Volume 16, No. 1, February 2000, pp. 241-261.
20. Čaušević M., Zehentner E.: Nelinearni seizmički proračun konstrukcija prema normi EN 1998-1:2004, Građevinar 59, 9.2007., pp.767-777.
21. Čaušević M.: Potresno inženjerstvo (odabrana poglavlja), Školska knjiga, Zagreb, 2001.
22. Čaušević M.: Dinamika konstrukcija, Golden Marketing – Tehnička knjiga, Zagreb, 2010.
23. EN 1992-1-1:2004: Proračun betonskih konstrukcija, Deo 1-1: Opšta pravila i pravila za zgrade, Beograd, februar 2006.
24. EN 1998-1:2004: Proračun seizmički otpornih konstrukcija, Deo 1: Opšta pravila, seizmička dejstva i pravila za zgrade, Beograd, novembar 2009.
25. EN 1998-2:2005: Design of structures for earthquake resistance, Part 2: Bridges, CEN, March 2005.
26. Faella G.: Evaluation of the R/C Structures Seismic Response by Means of Nonlinear Static Pushover Analysis, XII WCEE, No. 1146, Elsevier Science, 1996.
27. Fajfar P.: A nonlinear analysis method for performance-based seismic design, Earthquake Spectra, Volume 16, No.3., August 200., 573-592.
28. Fajfar P., Fischinger M., Isaković T.: Metoda procjene seizmičkog ponašanja zgrada i mostova, Građevinar, br. 52, str. 663-671, Zagreb, 2000.
29. Fajfar P., Gašperčič P.: The N2 method for the seismic damage analysis of RC buildings, Earthquake Engineering and Structural Dynamics, Vol. 25, 1996., 31-46.
30. Fajfar P., Fischinger M.: Non-Linear Seismic Analysis of RC Buildings, Implications of a Case Study, European Earthquake Engineering, pp. 31-43, 1987.
31. Fajfar P., Fischinger M.: N2 - Method for Nonlinear Seismic Analysis of Regular Structures, Proceedings of the Ninth WCEE (Tokyo-Kyoto, Japan, 1988), Vol. 5., pp. 111-116, 1988.
32. Fajfar P., Fischinger M., Isaković T.: Metoda procjene seizmičkog ponašanja zgrada i mostova, Građevinar, br. 52, str. 663-671, Zagreb, 2000.
33. Fajfar P.: Structural Analysis in Earthquake Engineering – A Breakthrough of Simplified Non-Linear Methods, XII ECEE, Elsevier Science Ltd., Paper 843., 2002.
34. Fajfar P., Krawinkler H. (editors): Performance-Based Seismic Design Concepts and Implementation, Proceedings of an International Workshop, Pacific Earthquake Engineering Research Center, University of California Berkeley, PEER Report 2004/05, Bled, Slovenia, 2004.
35. Fischinger, Matej, Beg, Darko, Isaković, Tatjana, Tomažević, Miha, Žarnić, Roko. Performance based assessment - from general methodologies to specific implementations. V: Fajfar, Peter (ur.), Krawinkler, Helmut (ur.). Performance-based seismic design : concepts and implementation : proceedings of the International Workshop, Bled, Slovenia,

- 28 June - 1 July 2004, (PEER report, 2004/05). Berkeley, Calif.: Pacific Earthquake Engineering Research Center, 2004, str. 293-308.
36. Fischinger, Matej, Isaković, Tatjana. Seismic analysis of irregular bridges. V: Karadogan, Faruk (ur.), Rutenberg, A. (ur.). Asymmetric and irregular structures. Vol.1, Irregular structures. Istanbul: Istanbul Technical University-Faculty of Civil Engineering, 1999, str. 127-140.
 37. FEMA 273, NEHPR Guidelines for the Seismic Rehabilitation of the Buildings, Building Seismic Safety Council, Applied Technology Council, Federal Emergency Management Agency, Washington D. C., 1997.
 38. FEMA 274, NEHPR Comentary on the Guidelines for the Seismic Rehabilitation of the Buildings, Building Seismic Safety Council, Applied Technology Council, Federal Emergency Management Agency, Washington D. C., 1997.
 39. FEMA 356, Prestandard and Commentary for the Seismic Rehabilitation of Buildings, American Society of Civil Engineers, Federal Emergency Management Agency, Washington D. C., 2000.
 40. FEMA 440, Improvement of Nonlinear Static Seismic Analysis Procedures, Applied Technology Council (ATC-55 Project), Department of Homeland Security, Federal Emergency Management Agency, Washington D. C., 2005.
 41. Filippou F., D'Ambrisi A., Issa A.: Nonlinear Static and Dynamic Analysis of Reinforced Concrete Subassemblages, Earthquake Engineering Research Center, College of Engineering, University of California, Berkeley, Report No. UCB/EERC-92/08, 1992.
 42. Folić R., Lađinović Đ.: Uperedna analiza Evrokoda 8 za projektovanje seizmički otpornih konstrukcija sa nekim nacionalnim odredbama. SGIT Jugoslavije, Građevinski kalendar 2003, Beograd, str. 429-487.
 43. Folić R., Lađinović Đ.: Dynamic amplification of inelastic deformation demands of multi-storey frame structures. International Conference in Earthquake Engineering SE 40EEE, Skopje, 26 – 29 August 2003, CD-ROM – Paper Reference 0068, pp. 1-10.
 44. Freeman S.A.: Review of the development of the capacity spectrum method, ISET Journal of Earthquake Technology, Paper No. 438, Vol. 41, No. 1, March 2004, pp1-13.
 45. Fujii K., Nakano Y., Sanada Y.: Simplified Nonlinear Analysis Procedure for Asymmetric Buildings, XIII WCEE, Vancouver, Canada, Paper No. 149, 2004.
 46. Goel R. K., Chopra A. K.: Evaluation of Modal and FEMA Pushover Analyses: SAC Buildings, Earthquake Spectra, Vol. 20., No. 1, pp. 225-254, 2004.
 47. Giuliano A., Martinez M., Rubinstein M., Moller O.: Performance-based preliminary seismic analysis approach of new reinforced concrete frame structures, 13th World Conference on Earthquake Engineering, Vancouver, B.C., Canada, August 1-6, 2004, Paper No. 2901.
 48. Gulkan P., Sozen M. A.: Inelastic response of reinforced concrete structures to earthquake motions, ACI Journal, Vol. 71., pp. 604–610, 1974.
 49. Gupta B., Kunnath S. K.: Adaptive Spectra-Based Pushover Procedure for Seismic Evaluation of Structures, Earthquake Spectra, Vol. 16, No. 2, 2000.
 50. Habibullah A., Pyle S.: Practical Three Dimensional Nonlinear Static Pushover Analysis, Structure magazine, 1998.

51. Hrasnica M.: Spektri odgovora za seizmičku procenu zgrada, Građevinar, br. 54, str. 657-663, Zagreb, 2002.
52. Hrasnica M.: Seizmička analiza zgrada, Univerzitet u Sarajevu, Sarajevo, 2005.
53. Isaković, Tatjana, Fischinger, Matej. Novi Eurocode 8/2 standard za projektovanje mostova u seizmičnim područjima. V: Zbornik radova. Novi Sad: Fakultet tehničkih nauka, Institut za građevinarstvo: Društvo građevinskih inženjera i tehničara, 2005, str. 55 – 70.
54. Isaković, Tatjana, Fischinger, Matej. Nelinearna statička analiza armirano betonskih mostova = Pushover analysis of RC bridges. V: Folić, Radomir (ur.). Konferencija Savremena građevinska praksa 2009, Novi Sad 2. i 3. april 2009. Zbornik radova. Novi Sad: Fakultet tehničkih nauka, Institut za građevinarstvo: Društvo građevinskih inženjera i tehničara, 2009, str. 125-139.
55. Isaković, Tatjana, Fischinger, Matej. Strižna nosilnost ciklično obremenjenih mostnih stebrov = Shear strength of bridge columns subjected to cyclic loading. Gradb. vestn., november 2006, letn. 55, št. 11, str. 276-287.
56. Isaković, Tatjana, Fischinger, Matej. Pushover analysis of irregular bridges. V: Kappos, Andreas J. (ur.). 4th European Workshop on the Seismic Behaviour of Irregular and Complex Structures. 4th European Workshop on the Seismic Behaviour of Irregular and Complex Structures : Thessaloniki, Greece, 26-27 August 2005 : workshop proceedings. S. l.: s. n., 2005, 16 str.
57. Isaković, Tatjana, Popeyo Lazaro, Mauro Nino, Fischinger, Matej. Simplified nonlinear analysis of reinforced concrete viaducts subjected to earthquake load. V: Computational methods in structural dynamics and earthquake engineering : COMPDYN 2007 : thematic conference : 13-16 june 2007 Rethymno, Crete, Greece. Rethymno: Ecomas, 2007, 12 str.
58. Isaković, Tatjana, Fischinger, Matej. Pushover analysis of a two-span multicolumn bent RC bridge, experimentally tested on three shake tables. V: 14th World Conference on Earthquake Engineering. Conference proceedings : Beijing, China, 12-17, 2008. Beijing: Chinese Association of Earthquake Engineering: International Association for Earthquake Engineering, 2008, str. 1-8.
59. Isaković, Tatjana, Fischinger, Matej. Simplified inelastic methods for bridges : why they do (not) work. V: GHERSI, Aurelio (ur.). Seismic behaviour of irregular and complex structures : proceedings of the Fifth European Workshop on the Seismic Behaviour of Irregular and Complex Structures, 16-17 September 2008, Catania, Italy. Palermo: D. Flaccovio, cop. 2008, str. 311-322.
60. Isaković, Tatjana, Fischinger, Matej. Primjena standarda EC8/2 za projektiranje armirano betonskih mostova. V: RADIĆ, Jure (ur.). Treći radni sabor Graditelji u obnovi Hrvatske : Brijunski otoci, 13-15. 10. 1994 : zbornik radova. Zagreb: Društvo hrvatskih građevinskih konstruktora, 1994, str. 41-46.
61. Janković S.: Pouzdanost seizmičkih analiza, Materijali i konstrukcije, str. 3-13, Jugoslovensko društvo za ispitivanje i istraživanje materijala i konstrukcija, 2005.
62. Kalkan E.: Prediction of seismic demands in building structures, Dissertation Phd, Civil and environmental engineering, University of California, decembar 2005.
63. Kalkan E., Kunnath S. K.: Method of Modal Combinations for Pushover Analysis of Buildings, XIII World Conference on Earthquake Engineering, Vancouver, Canada, Paper No. 2713., 2004.

64. Kalkan E., Kunnath S. K.: Adaptive Modal Combination Procedure for Nonlinear Static Analysis of Building Structures, *Journal of Structural Engineering*, Vol. 132, No. 11, 2006.
65. Kappos A., Panagopoulos G.: Performance-Based Seismic Design of 3D R/C Buildings Using Inelastic Static and Dynamic Analysis Procedures, *ISET Journal of Earthquake Technology*, Vol. 41, No. 1, pp. 141-158, 2004.
66. Kovačević D.: MKE modeliranje u analizi konstrukcija, *Građevinska knjiga*, Beograd, 2006.
67. Kovačević D, Matijević I., Rašeta A.: An Optimal Numerical Model for Nonlinear Behavior of Reinforced Concrete Frames, *Serbian Society for Computational Mechanics*, Kragujevac, 2010, str. 100-120, UDK: 519.87:624.072.33.012.45
68. Krawinkler H., Seneviratna G. D. P. K.: Pros and Cons of a Pushover Analysis of Seismic Performances Evaluation, *Engineering Structures*, Vol. 20, Elsevier, 1998.
69. Kunnath S.K., Filippou F.: Inelastic Analysis of Reinforced Concrete Structures, *Structural Engineers World Congress*, San Francisco, California, USA, July 19-23, 1998, CD-ROM, T125-6/1-8.
70. Kunnath S., Kalkan E.: Evaluation of Seismic Deformation Demands Using Non-Linear Procedures in Multistory Steel and Concrete Moment Frames, *ISET Journal of Earthquake Technology*, Paper No. 445., Vol. 41, No. 1, pp. 159-181, 2004.
71. Kunnath S.K.: Identification of modal combinations for nonlinear static analysis of building structures, *Computer-Aided Civil and Infrastructure Engineering* 19, 2004., pp. 246-259.
72. Lađinović Đ., Brujić Z., Radujković A.: Structural models and methods for determining seismic effects according to EC8. MASE, 7-th International Symposium, Ohrid, Republic of Macedonia, October 2-4, 1997, Volume 2, pp. EC9/1-8.
73. Lađinović Đ.: Modeliranje, analiza i projektovanje seizmički otpornih konstrukcija zgrada. Predavanje po pozivu, DGIT Novog Sada i FTN Novi Sad, Konferencija "Savremena građevinska praksa 2003", Novi Sad, 27.-28. mart 2003., Zbornik radova, str. 183-198.
74. Lađinović Đ., Folić R.: Non-Linear Analysis of Multi-Storey Building Structures by using Equivalent SDOF Model, *Bulletin for Applied Mathematics*, BAM-2080/2003 (CIII) Technical University of Budapest, pp. 495-502, 2003.
75. Lađinović Đ., Alendar V.: Procena seizmičkih zahteva za projektovanje konstrukcija prema performansama. Uvodni referat, JDGK, 12. kongres, Vrnjačka Banja, 26.-29. septembar 2006., Zbornik radova, Knjiga 1, U-8, str. 131-142.
76. Lađinović Đ., Radujković A., Rašeta A. (2008): Procena duktilnosti armiranobetonskih konstrukcija. Savez građevinskih inženjera i tehničara, Zbornik radova sa prvog naučno – stručnog savetovanja "Zemljotresno inženjerstvo i inženjerska seizmologija", Sokobanja, maj 2008., str. 121-126.
77. Lađinović Đ., Folić R.: Parametric analysis of non-linear response of shear wall buildings subjected to strong ground motions. *Proceedings of the fib-Symposium: Concrete Structures in Seismic Regions*, Athens, 6 – 8 May 2003, CD-ROM – Paper Reference 276, pp. 1-9.
78. Lađinović Đ., Folić R.: Analiza uticaja teorije drugog reda pri dejstvu zemljotresa. *Časopis "Materijali i konstrukcije"* br. 3-4, Beograd, 2003, str. 73-77.
79. Lađinović Đ., Folić R.: Analiza konstrukcija zgrada na zemljotresna dejstva, *Časopis "Materijali i konstrukcije"* br. 3-4, str. 31-64, 2004.

80. Lađinović Đ., Folić R.: Seismic analysis of building structures using damage spectra. International Conference in Earthquake Engineering SE 40EEE, Skopje, 26 – 29 August 2003, CD-ROM – Paper Reference 0067, pp. 1-8.
81. Lađinović Đ., Folić R., Rašeta A.: Pregled metoda analiza za projektovanje seizmički otpornih mostova prema EN 1998. Zemljotresno inženjerstvo i inženjerska seizmologija, Savez građevinskih inženjera Srbije, Divčibare, 27-30 april, 2010, Zbornik radova, str. 339-356, UDK: 624.21.042.7 : 624.131.55, ISBN 978-86-904089-8-6.
82. Lađinović Đ.: Savremene metode seizmičke analize konstrukcija zgrada. Materijali i konstrukcije (ISSN 0543-0798), 2008, Vol. 51 (2), str. 25-40, UDK: 624.01.04.001.23:699.841 = 861.
83. Lađinović Đ.: Influence of structural parameters on inelastic seismic response, IX national and III international scientific meeting INDIS'03, Novi Sad, 2003.
84. Lawson R. S., Vance V., Krawinkler H.: Nonlinear Static Pushover Analysis - Why, When, and How, Proceedings of V U.S. National Conference on Earthquake Engineering, EERI, Chicago, Vol.1., 1994.
85. Lee S.S., Goel S.C.: Performance-based design of steel moment frames using target drift and yield mechanism, Research Report UMCEE 01-17, Department of Civil and Environmental Engineering, The University of Michigan, College of Engineering, Decembar 2001.
86. Matijević, I., Rašeta, A., Radujković, A., Kovačević, D.: Usporedna analiza metoda za određivanje odgovora objekata visokogradnje za seizmička dejstva, Simpozijum o istraživanju i primeni savremenih dostignuća u našem građevinarstvu u oblasti materijala i konstrukcija, XXIV kongres, Divčibare: Društvo za ispitivanje i istraživanje materijala i konstrukcija Srbije, 15-17 oktobar, 2008, str. 207- 214, ISBN 978-86-87615-00-7.
87. Menjivar M. A. L.: 3D Pushover of Irregular Reinforced Concrete Buildings, A M.Sc. Dissertation, Rose School, Italy, 2003.
88. Menjivar M. A. L.: A Review of Existing Pushover Methods for 2-D Reinforced Concrete Buildings, A Individual Study Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements for the PhD Degree in Earthquake Engineering, European School of Advanced Studies in Reduction of Seismic Risk, Rose School, 2004.
89. Miranda E., Bertero V.V.: Evaluation of Strength Reduction Factors for Earthquake-Resistant Design. EERI, Earthquake Spectra, Vol. 10, 1994, pp. 347-359.
90. Mwafy A. M., Elnashai A. S.: Static Pushover Versus Dynamic Collapse Analysis of RC Buildings, Engineering Structures, Vol. 23, pp. 407-424, Elsevier, 2001.
91. Mwafy A. M., Elnashai A. S.: Calibration of Force Reduction Factors of RC Buildings, Journal of Earthquake Engineering, Vol. 6, No. 2, pp. 239-253, Imperial College Press, 2002.
92. Newmark N. M., Rosenblueth E.: Osnovi zemljotresnog inženjerstva, Građevinska knjiga, Beograd, 1987.
93. Papanikolaou V. K., Elnashai A. S., Pareja J. F.: Limits of Applicability of Conventional and Adaptive Pushover Analysis for Seismic Response Assessment, Mid-America Earthquake Center, Civil and Environm. Engineering Department, University of Illinois at Urbana-Champaign, 2005.

94. Parducci A., Comodini F., Lucarelli M., Mezzi M., Tomassoli E.: Energy-Based Non Linear Static Analysis, I European Conference on Earthquake Engineering and Seismology, No. 1178., Geneva, 2006.
95. Park R., Paulay T.: Reinforced Concrete Structures, John Wiley & Sons, Inc., 1975.
96. Park Y.J., Ang A.H-S.: Mechanistic seismic damage model for reinforced concrete. ASCE, Journal of Structural Engineering, Vol. 111, No. 4, 1985, pp. 722-739.
97. Park H., Eom T.: Direct Inelastic Earthquake Design Using Secant Stiffness, Journal of Structural Engineering, Vol. 131., No. 9., pp. 1355-1362, 2005.
98. Paulay T., Priestley M.J.N.: Seismic Design of Reinforced Concrete and Masonry Buildings, John Wiley & Sons, Inc., 1992.
99. Paulay T.: A Simple Displacement Compatibility-Based Seismic Design Strategy for Reinforced Concrete Buildings, 12th World Conference on Earthquake Engineering, Auckland, New Zeland, 2000, CD-ROM – 0062/1-8.
100. Paulay T.: Seismic Design of Concrete Structures – The Present Needs of Societes, 11th World Conference on Earthquake Engineering, Acapulco, Mexico, 1996, CD-ROM, 2001/1-67.
101. Petronijević M., Rašeta A., Lađinović Đ.: Dinamička interakcija tla i konstrukcije okvirnih armiranobetonskih zgrada, DGKS, Simpozijum 2008, Zlatibor, 24.-26. septembar 2008., Zbornik radova, ISBN: 978-86-85073-04-5.
102. Petrović B.: Odabrana poglavlja iz zemljotresnog građevinarstva, Građ. knjiga, Beograd, 1989.
103. Pinho R., Antoniou S., Casarotti C., Lopez M.: A Displacement-Based Adaptive Pushover for Assessment of Buildings and Bridges, NATO SfP977231, Istanbul, 2005.
104. Powell G.H.: Nonlinear Analysis for the Practicing Structural Engineer, Structural Engineers World Congress, San Francisco, California, USA, July 19-23, 1998, CD-ROM, T101-2/1-8.
105. Powell G.H.: Observations on the practical application of nonlinear analysis. Seminar on seismic design and retrofit of bridges, University of California, Berkeley, 1982, p. 18.
106. Powell G.H.: Effective use of nonlinear analysis in bridge design. UCB/SEMM-1993/05, Dept. of Civil Engineering, University of California, Berkeley, 1993-04, p. 57.
107. Prakash V., Powell G.H., Campbell S.: DRAIN-2DX – Base Program Description and User Gide, Version 1.10. Department of Civil Engineering, University of California, Berkeley, November, 1993.
108. Pravilnik o tehničkim normativima za projektovanje i proračun inženjerskih objekata u seizmički aktivnim područjima, Službeni list SFRJ br. 07-93/96, 1987.
109. Priestley M. N. J.: Performance Based Seismic Design, XII World Conference on Earthquake Engineering, New Zealand, Paper No. 2831., pp. 1-22, 2000.
110. Priestley M. J. N., Seible F., Calvi G. M. : Seismic Design and Retrfit of Bridges, John Wiley & Sons, Inc., 1996.
111. Priestley N.: The need for displacement-based design and analysis, Copyright “Displacement-based seismic design of structures” authored by M.J.N. Priestley, G.m. Calvi and M.J. Kowalsky, published in May 2007 by IUSS Press.

112. Priestly M.J.N.: Myths and Fallacies in Earthquake Engineering – Conflict between Design and Reality. Concrete International, February, 1997., pp. 54-63.
113. Radujković A., Rašeta A., Starčev-Ćurčin A.: Modelling Multi-Storey RC Frames for Nonlinear Static Pushover Analysis, International Symposium about Research and Application of Modern Achievements in Civil Engineering in the Field of Materials and Structures, Tara, October 19-21, 2011., Društvo za ispitivanje i istraživanje materijala i konstrukcija Srbije, Beograd, Kneza Miloša 9/I, Zbornik radova, str. 359-364, ISBN: 978-86-87615-02-1.
114. Radujković A., Rašeta A., Lađinović Đ. (2006): Mogući mehanizmi loma petospratne ramovske konstrukcije. JDGK, 12. kongres, Vrnjačka Banja, 26.-29. septembar 2006, Zbornik radova, Knjiga 2, T-6, str. 47-52.
115. Radujković A., Rašeta A., Lađinović Đ.: Seizmička analiza AB okvirne konstrukcije primenom nelinearne metode N2, DGKS, Simpozijum 2008, Zlatibor, 24.-26. septembar 2008., Zbornik radova, str. 391-398, ISBN 978-86-85073-04-5.
116. Rašeta A., Lađinović Đ., Petronijević M.: Nonlinear seismic analysis of girder reinforced concrete girders, Konferencija Savremena građevinska praksa, Univerzitet u Novom Sadu, Fakultet tehničkih nauka, Departman za građevinarstvo, Društvo građevinskih inženjera Novog Sada, Zbornik radova, Andrevlje, 19. i 20. maj, 2011., str. 107-130, ISBN 978-86-7892-324-1.
117. Rašeta A., Radujković A., Lađinović Đ. (2006): Nonlinear static analysis of five story frame on elastic ground. INDIS 2006, 10th National and 4th International scientific meeting, Novi Sad, 22-24. November 2006, pp. 517-523.
118. Rašeta A., Radujković A., Lađinović Đ.: Modeliranje plastičnih zglobova za "Pushover" analizu višespratnih okvira, iNDiS (5; Novi Sad), Novi Sad, 978-86-7892-220-6, 2009., str. 369-376, ISBN: 978-86-7892-220-6.
119. Rašeta A., Radujković A., Lađinović Đ.: Seizmička analiza neregularnih armiranobetonskih grednih mostova prema Evrokodu 8, 2010, str. 285-292, UDK: 624.27.042.7: 006.83.
120. Rašeta A., Radujković A., Kovačević D.: Modeliranje plastičnih zglobova za nelinearnu dinamičku analizu višespratnih okvira, Građevinarstvo nauka i praksa (3; Žabljak; 2010), Univerzite Crne Gore, Građevinski fakultet, Podgorica, februar 2010, str. 147-152, ISBN: 978-86-82707-18-9.
121. Rašeta A., Starčev-Ćurčin A., Radujković A.: Nonlinear Analysis of Reinforced Concrete Beam Bridges Exposed to Seismic Actions, PhIDAC, 21-23 september 2011., III INTERNACIONAL SYMPOSIUM for student of doctoral studies in the field of Civil Engineering, Architecture and Environmental Protection, University of Novi Sad, Faculty of Technical Sciences, str. 563-572, ISBN 978-86-7892-336-4.
122. Reinhorn A. M.: Introduction to Dynamic and Static Inelastic Analysis Techniques, Modern Analysis Techniques in Practice, Los Angeles Tall Buildings Structural Design Council, 1996.
123. R. K. Goel, and A. K. Chopra, Estimating Seismic Demands for Ordinary Bridges, UCB/EERC-2008-01, Earthquake Engineering Research Center, University of California, Berkeley, January 2008, 97 pp.
124. Rubinstein M., Moller O., Giuliano A., Martinez M.: Preliminary design and inelastic verification of earthquake – resistant structural systems, 13th World Conference on Earthquake Engineering, Vancouver, B.C., Canada, August 1-6, 2004, Paper No. 2899.

125. Rutenberg A., Nsieri E.: The seismic shear demand in ductile cantilever wall system and the EC8 provisions, *Bulletin of Earthquake Engineering* 4, 2006., pp 1-21.
126. Saiidi M., Sozen M. A.: Simple nonlinear analysis of RC structures, ASCE, ST Division, Vol. 107., No. ST5, 1981.
127. Sekulović M.: Teorija konstrukcija – Savremeni problemi nelinearne analize, Građevinska knjiga, Beograd, 1992 godina.
128. Sekulović M.: Metod konačnih elemenata, Građevinska knjiga, Beograd, 1984.
129. Spacone E., Ciampi V., Filippou F.: A Beam Element for Seismic Damage Analysis, Earthquake Engineering Research Center, College of Engineering, University of California, Berkeley, Report No. UCB/EERC-92/07, 1992.
130. Spacone E., Martino R., Kingsley G.: Nonlinear Pushover Analysis of Reinforced Concrete Structures, Final report, Colorado Advanced Software Institute, 1999.
131. Taucer F., Spacone E., Filippou F.: A Fiber Beam-Column Element for Seismic Response Analysis of Reinforced Concrete Structures, Earthquake Engineering Research Center, College of Engineering, University of California, Berkeley, Report No. UCB/EERC-91/17, 1991.
132. Uang C-M, Bertero V.V.: Evaluation of seismic energy in structures. *Earthquake Engineering and Structural Dynamics*, Vol. 19, 1990, pp. 77-90.
133. Valles R.E., Reinhorn A.M., Kunnath S.K., Li C., Madan A.: IDARC 2D Version 4.0 – A Program for the Inelastic Damage Analysis of Buildings. Technical Report NCEER-96-0010, State University of New York at Buffalo, 1996.
134. Vamvatsikos D., Cornell C. A.: Incremental dynamic analysis, *Earthquake Engineering and Structural Dynamics*, Vol. 31., 2002.
135. Wilson E. L.: Static and Dynamic Analysis of Structures, A Physical Approach with Emphasis on Earthquake Engineering, Computers and Structures, Inc., Berkeley, 2002.
136. Wilson E. L.: 3D Static And Dynamic Analysis Of Structures, Computers and Structures, Inc., Berkeley, 2002.

6.2. Internet adrese

1. ASCE – Journal of Structural Engineering:
<http://www.asce.org/>
2. ATC – Applied Technology Council:
<http://www.atcouncil.org/>
3. BRI – Building Research Institute:
<http://www.kenken.go.jp/english/index.html>
4. CSI – Computers and Structures, INC.
<http://www.csiberkeley.com/>
5. CUREE – Consortium of Universities for Research in Earthquake Engineering:
<http://www.curee.org/>
6. CERl – The Center for Earthquake Research and Information:
<http://www.ceri.memphis.edu/>
7. EAEE – The European Association for Earthquake Engineering:
<http://www.eaee.boun.edu.tr/>
8. Earthquake Engineering Technology of New Zealand:
<http://www.earthquakeengineering.com/>
9. EERC- Earthquake Engineering Research Center:
<http://eerc.berkeley.edu/>
10. EERC Library- The Earthquake Engineering Online Archive:
<http://nisee.berkeley.edu/elibrary/>
11. EERI – Earthquake Engineering Research Institute:
<http://www.eeri.org/>
12. EERL – Earthquake Engineering Research Laboratory:
<http://caltecheerl.library.caltech.edu/>
13. EJSE – Electronic Journal of Structural Engineering:
<http://www.civenv.unimelb.edu.au/ejse/>
14. ES – Earthquake Spectra: <http://scitation.aip.org/EarthquakeSpectra/>
15. EMSC – European-Mediterranean Seismological Centre:
<http://www.emsc-csem.gov/>
16. FEMA – Federal Emergency Management Agency:
<http://www.fema.gov/>
17. IAEE – International Association for Earthquake Engineering:
<http://www.iaee.or.jp/>
18. IISEE – International Institute of Seismology and Earthquake Engineering:

-
- <http://iisee.kenken.go.jp/>
19. IZiIS – Institute of Earthquake Engineering and Engineering Seismology:
<http://www.iziis.edu.mk/>
 20. MAE – Mid-America Earthquake Center:
<http://mae.cee.uiuc.edu/>
 21. MAST – Multi-Axial Subassemblage Testing Laboratory:
<http://nees.umn.edu/>
 22. MCEER – Multidisciplinary Center for earthquake Engineering:
<http://mceer.buffalo.edu/>
 23. NEES Berkeley – Network for Earthquake Engineering Simulation:
<http://nees.berkeley.edu/>
 24. NEES Buffalo – Network for Earthquake Engineering Simulation:
<http://nees.buffalo.edu/>
 25. NIBS – National Institute of Building Sciences:
<http://www.nibs.org/>
 26. NZSEE – New Zealand Society for Earthquake Engineering Inc:
<http://www.nzsee.org.nz/>
 27. Pacific Earthquake Engineering Research Center (PEER):
<http://peer.berkeley.edu/>
 28. PEER – NGA Database:
<http://peer.berkeley.edu/nga/>
 29. PEER – Strong Motion Database:
<http://peer.berkeley.edu/smcat/>
 30. ROSE School – Centre for Post-Graduate Training and Research in Earthquake Engineering and Engineering Seismology:
<http://www.roseschool.it/>
 31. SCEC – Southern California Earthquake Center:
<http://www.scec.org/>
 32. SEESI – Structural Engineering and Earthquake Simulation Laboratory:
<http://seesl.buffalo.edu/>
 33. Seismosoft:
<http://www.seismosoft.com/en/HomePage.aspx>
 34. Republički Seizmološki zavod Srbije:
<http://www.seismo.gov.rs>
 35. SGITS – Savez inženjera i tehničara Srbije:
<http://www.sits.org.rs/>
 36. The John A. Blume Earthquake Engineering Center:

<http://blume.stanford.edu/>

37. UALR – Arkansas Earthquake Center:

<http://quake.uar.edu/>

PRILOG A

A.1. Projektne kombinacije dejstava u stubovima grednih AB mostova

Tabela A-1. Kombinacija V111 – projektne seizmičke kombinacije (pravougani poprečni preseći)

Projektne seizmičke kombinacije											
Stub	$Ng+dg$ [kN]	kombinacije	Mx [kNm] podužno	My [kNm] poprečno	Tx [kN] podužno	Ty [kN] poprečno	kombinacije	Mx [kNm] podužno	My [kNm] poprečno	Tx [kN] podužno	Ty [kN] poprečno
1	-14645	$1,0Sx'+0,3Sy$	8327	4492,5	1190	642	$0,3Sx'+1,0Sy$	2498.1	14975	357	2140
2	-16183	$1,0Sx'+0,3Sy$	31291	8538,3	4471	1219,8	$0,3Sx'+1,0Sy$	9387.3	28461	1341,3	4066
3	-14645	$1,0Sx'+0,3Sy$	8327	4492,5	1190	642	$0,3Sx'+1,0Sy$	2498.1	14975	357	2140

Tabela A-2. Kombinacija V112 – projektne seizmičke kombinacije (pravougani poprečni preseći)

Projektne seizmičke kombinacije											
Stub	$Ng+dg$ [kN]	kombinacije	Mx [kNm] podužno	My [kNm] poprečno	Tx [kN] podužno	Ty [kN] poprečno	kombinacije	Mx [kNm] podužno	My [kNm] poprečno	Tx [kN] podužno	Ty [kN] poprečno
1	-14609	$1,0Sx'+0,3Sy$	27407	4994,4	3916	713,7	$0,3Sx'+1,0Sy$	8222,1	16648	1174,8	2379
2	-16301	$1,0Sx'+0,3Sy$	27598	7941	3943	1134,6	$0,3Sx'+1,0Sy$	8279,4	26470	1182,9	3782
3	-15398	$1,0Sx'+0,3Sy$	269	2316	20	165,6	$0,3Sx'+1,0Sy$	80,7	7720	6	552

Tabela A-3. Kombinacija V113 – projektne seizmičke kombinacije (pravougani poprečni preseći)

Projektne seizmičke kombinacije											
Stub	$Ng+dg$ [kN]	kombinacije	Mx [kNm] podužno	My [kNm] poprečno	Tx [kN] podužno	Ty [kN] poprečno	kombinacije	Mx [kNm] podužno	My [kNm] poprečno	Tx [kN] podužno	Ty [kN] poprečno
1	-14623	$1,0Sx'+0,3Sy$	27080	5129,1	3869	732,9	$0,3Sx'+1,0Sy$	8124	17097	1160,7	2443
2	-16264	$1,0Sx'+0,3Sy$	28909	8183,7	4130	1169,1	$0,3Sx'+1,0Sy$	8672,7	27279	1239	3897
3	-16367	$1,0Sx'+0,3Sy$	942	2295	45	109,5	$0,3Sx'+1,0Sy$	282,6	7650	13,5	365

Tabela A-4. Kombinacija V121 – projektne seizmičke kombinacije (pravougani poprečni preseći)

Projektne seizmičke kombinacije											
Stub	$Ng+dg$ [kN]	kombinacije	M_x [kNm] podužno	M_y [kNm] poprečno	T_x [kN] podužno	T_y [kN] poprečno	kombinacije	M_x [kNm] podužno	M_y [kNm] poprečno	T_x [kN] podužno	T_y [kN] poprečno
1	-14736	$1,0S_x'+0,3S_y$	27347	7340,1	3907	1048,8	$0,3S_x'+1,0S_y$	8204,1	24467	1172,1	3496
2	-16991	$1,0S_x'+0,3S_y$	2098	5850,3	150	417,9	$0,3S_x'+1,0S_y$	629,4	19501	45	1393
3	-14736	$1,0S_x'+0,3S_y$	27347	7340,1	3907	1048,8	$0,3S_x'+1,0S_y$	8204,1	24467	1172,1	3496

Tabela A-5. Kombinacija V122 – projektne seizmičke kombinacije (pravougani poprečni preseći)

Projektne seizmičke kombinacije											
Stub	$Ng+dg$ [kN]	kombinacije	M_x [kNm] podužno	M_y [kNm] poprečno	T_x [kN] podužno	T_y [kN] poprečno	kombinacije	M_x [kNm] podužno	M_y [kNm] poprečno	T_x [kN] podužno	T_y [kN] poprečno
1	-14711	$1,0S_x'+0,3S_y$	37437	7266,9	5349	1038,3	$0,3S_x'+1,0S_y$	11231,1	24223	1604,7	3461
2	-17051	$1,0S_x'+0,3S_y$	2896	9264	207	661,8	$0,3S_x'+1,0S_y$	868,8	30880	62,1	2206
3	-15578	$1,0S_x'+0,3S_y$	2919	7933,8	209	566,7	$0,3S_x'+1,0S_y$	875,7	26446	62,7	1889

Tabela A-6. Kombinacija V123 – projektne seizmičke kombinacije (pravougani poprečni preseći)

Projektne seizmičke kombinacije											
Stub	$Ng+dg$ [kN]	kombinacije	M_x [kNm] podužno	M_y [kNm] poprečno	T_x [kN] podužno	T_y [kN] poprečno	kombinacije	M_x [kNm] podužno	M_y [kNm] poprečno	T_x [kN] podužno	T_y [kN] poprečno
1	-14693	$1,0S_x'+0,3S_y$	39273	7277,4	5611	1039,8	$0,3S_x'+1,0S_y$	11781,9	24258	1683,3	3466
2	-17097	$1,0S_x'+0,3S_y$	2868	10330,5	205	738	$0,3S_x'+1,0S_y$	860,4	34435	61,5	2460
3	-16436	$1,0S_x'+0,3S_y$	1289	4844,1	62	230,7	$0,3S_x'+1,0S_y$	386,7	16147	18,6	769

Tabela A-7. Kombinacija V131 – projektne seizmičke kombinacije (pravougani poprečni preseći)

Projektne seizmičke kombinacije											
Stub	$Ng+dg$ [kN]	kombinacije	M_x [kNm] podužno	M_y [kNm] poprečno	T_x [kN] podužno	T_y [kN] poprečno	kombinacije	M_x [kNm] podužno	M_y [kNm] poprečno	T_x [kN] podužno	T_y [kN] poprečno
1	-14791	$1,0S_x'+0,3S_y$	28467	8608,8	4067	1230	$0,3S_x'+1,0S_y$	8540,1	28696	1220,1	4100
2	-17842	$1,0S_x'+0,3S_y$	919	3408,6	44	162,6	$0,3S_x'+1,0S_y$	275,7	11362	13,2	542
3	-14791	$1,0S_x'+0,3S_y$	28467	8608,8	4067	1230	$0,3S_x'+1,0S_y$	8540,1	28696	1220,1	4100

Tabela A-8. Kombinacija V132 – projektne seizmičke kombinacije (pravougani poprečni preseći)

Projektne seizmičke kombinacije											
Stub	$Ng+dg$ [kN]	kombinacije	M_x [kNm] podužno	M_y [kNm] poprečno	T_x [kN] podužno	T_y [kN] poprečno	kombinacije	M_x [kNm] podužno	M_y [kNm] poprečno	T_x [kN] podužno	T_y [kN] poprečno
1	-14767	1,0Sx'+0,3Sy	40428	9587,1	5776	1369,8	0,3Sx'+1,0Sy	12128,4	31957	1732,8	4566
2	-17902	1,0Sx'+0,3Sy	1245	5644,5	60	268,8	0,3Sx'+1,0Sy	373,5	18815	18	896
3	-15631	1,0Sx'+0,3Sy	2819	9157,5	202	654,3	0,3Sx'+1,0Sy	845,7	30525	60,6	2181

Tabela A-9. Kombinacija V133 – projektne seizmičke kombinacije (pravougani poprečni preseći)

Projektne seizmičke kombinacije											
Stub	$Ng+dg$ [kN]	kombinacije	M_x [kNm] podužno	M_y [kNm] poprečno	T_x [kN] podužno	T_y [kN] poprečno	kombinacije	M_x [kNm] podužno	M_y [kNm] poprečno	T_x [kN] podužno	T_y [kN] poprečno
1	-14748	1,0Sx'+0,3Sy	41078	9282	5869	1326	0,3Sx'+1,0Sy	12323,4	30940	1760,7	4420
2	-17950	1,0Sx'+0,3Sy	1265	6019,8	61	286,8	0,3Sx'+1,0Sy	379,5	20066	18,3	956
3	-16489	1,0Sx'+0,3Sy	1277	5292,3	61	252,3	0,3Sx'+1,0Sy	383,1	17641	18,3	841

Tabela A-10. Kombinacija V212 – projektne seizmičke kombinacije (pravougani poprečni preseći)

Projektne seizmičke kombinacije											
Stub	$Ng+dg$ [kN]	kombinacije	M_x [kNm] podužno	M_y [kNm] poprečno	T_x [kN] podužno	T_y [kN] poprečno	kombinacije	M_x [kNm] podužno	M_y [kNm] poprečno	T_x [kN] podužno	T_y [kN] poprečno
1	-15335	1,0Sx'+0,3Sy	354	1934,4	26	138,3	0,3Sx'+1,0Sy	106,2	6448	7,8	461
2	-16452	1,0Sx'+0,3Sy	41131	12315,3	5876	1759,5	0,3Sx'+1,0Sy	12339,3	41051	1762,8	5865
3	-15335	1,0Sx'+0,3Sy	354	1934,4	26	138,3	0,3Sx'+1,0Sy	106,2	6448	7,8	461

Tabela A-11. Kombinacija V213 – projektne seizmičke kombinacije (pravougani poprečni preseći)

Projektne seizmičke kombinacije											
Stub	$Ng+dg$ [kN]	kombinacije	M_x [kNm] podužno	M_y [kNm] poprečno	T_x [kN] podužno	T_y [kN] poprečno	kombinacije	M_x [kNm] podužno	M_y [kNm] poprečno	T_x [kN] podužno	T_y [kN] poprečno
1	-15348	1,0Sx'+0,3Sy	297	2108,1	22	150,6	0,3Sx'+1,0Sy	89,1	7027	6,6	502
2	-16417	1,0Sx'+0,3Sy	49497	12267,9	7071	1752,6	0,3Sx'+1,0Sy	14849,1	40893	2121,3	5842
3	-16303	1,0Sx'+0,3Sy	1053	1669,8	51	79,8	0,3Sx'+1,0Sy	315,9	5566	15,3	266

Tabela A–12. Kombinacija V222 – projektne seizmičke kombinacije (pravougani poprečni preseći)

Projektne seizmičke kombinacije											
Stub	N_g+d_g [kN]	kombinacije	M_x [kNm] podužno	M_y [kNm] poprečno	T_x [kN] podužno	T_y [kN] poprečno	kombinacije	M_x [kNm] podužno	M_y [kNm] poprečno	T_x [kN] podužno	T_y [kN] poprečno
1	-15553	1,0Sx'+0,3Sy	12319	7869,3	880	562,2	0,3Sx'+1,0Sy	3695,7	26231	264	1874
2	-17111	1,0Sx'+0,3Sy	12319	13162,8	880	940,2	0,3Sx'+1,0Sy	3695,7	43876	264	3134
3	-15553	1,0Sx'+0,3Sy	12319	7869,3	880	562,2	0,3Sx'+1,0Sy	3695,7	26231	264	1874

Tabela A–13. Kombinacija V223 – projektne seizmičke kombinacije (pravougani poprečni preseći)

Projektne seizmičke kombinacije											
Stub	N_g+d_g [kN]	kombinacije	M_x [kNm] podužno	M_y [kNm] poprečno	T_x [kN] podužno	T_y [kN] poprečno	kombinacije	M_x [kNm] podužno	M_y [kNm] poprečno	T_x [kN] podužno	T_y [kN] poprečno
1	-15537	1,0Sx'+0,3Sy	17157	7817,1	1226	558,6	0,3Sx'+1,0Sy	5147,1	26057	367,8	1862
2	-17164	1,0Sx'+0,3Sy	17164	15463,5	1226	1104,6	0,3Sx'+1,0Sy	5149,2	51545	367,8	3682
3	-16401	1,0Sx'+0,3Sy	4435	4720,5	212	225	0,3Sx'+1,0Sy	1330,5	15735	63,6	750

Tabela A–14. Kombinacija V232 – projektne seizmičke kombinacije (pravougani poprečni preseći)

Projektne seizmičke kombinacije											
Stub	N_g+d_g [kN]	kombinacije	M_x [kNm] podužno	M_y [kNm] poprečno	T_x [kN] podužno	T_y [kN] poprečno	kombinacije	M_x [kNm] podužno	M_y [kNm] poprečno	T_x [kN] podužno	T_y [kN] poprečno
1	-15624	1,0Sx'+0,3Sy	17161	10332,9	1226	738,3	0,3Sx'+1,0Sy	5148,3	34443	367,8	2461
2	-17944	1,0Sx'+0,3Sy	4432	7548,9	212	359,7	0,3Sx'+1,0Sy	1329,6	25163	63,6	1199
3	-15624	1,0Sx'+0,3Sy	17161	10332,9	1226	738,3	0,3Sx'+1,0Sy	5148,3	34443	367,8	2461

Tabela A–15. Kombinacija V233 – projektne seizmičke kombinacije (pravougani poprečni preseći)

Projektne seizmičke kombinacije											
Stub	N_g+d_g [kN]	kombinacije	M_x [kNm] podužno	M_y [kNm] poprečno	T_x [kN] podužno	T_y [kN] poprečno	kombinacije	M_x [kNm] podužno	M_y [kNm] poprečno	T_x [kN] podužno	T_y [kN] poprečno
1	-15625	1,0Sx'+0,3Sy	31941	11479,8	2282	820,2	0,3Sx'+1,0Sy	9582,3	38266	684,6	2734
2	-17983	1,0Sx'+0,3Sy	4242	8156,7	202	388,5	0,3Sx'+1,0Sy	1272,6	27189	60,6	1295
3	-16476	1,0Sx'+0,3Sy	4246	5645,4	203	269,1	0,3Sx'+1,0Sy	1273,8	18818	60,9	897

Tabela A-16. Kombinacija V313 – projektne seizmičke kombinacije (pravougani poprečni preseći)

Projektne seizmičke kombinacije											
Stub	$Ng+dg$ [kN]	kombinacije	M_x [kNm] podužno	M_y [kNm] poprečno	T_x [kN] podužno	T_y [kN] poprečno	kombinacije	M_x [kNm] podužno	M_y [kNm] poprečno	T_x [kN] podužno	T_y [kN] poprečno
1	-16319	$1,0S_x'+0,3S_y$	1056	1883,4	51	89,7	$0,3S_x'+1,0S_y$	316,8	6278	15,3	299
2	-16378	$1,0S_x'+0,3S_y$	49619	12688,5	7089	1812,9	$0,3S_x'+1,0S_y$	14885,7	42295	2126,7	6043
3	-16319	$1,0S_x'+0,3S_y$	1056	1883,4	51	89,7	$0,3S_x'+1,0S_y$	316,8	6278	15,3	299

Tabela A-17. Kombinacija V323 – projektne seizmičke kombinacije (pravougani poprečni preseći)

Projektne seizmičke kombinacije											
Stub	$Ng+dg$ [kN]	kombinacije	M_x [kNm] podužno	M_y [kNm] poprečno	T_x [kN] podužno	T_y [kN] poprečno	kombinacije	M_x [kNm] podužno	M_y [kNm] poprečno	T_x [kN] podužno	T_y [kN] poprečno
1	-16359	$1,0S_x'+0,3S_y$	4239	4208,7	202	200,7	$0,3S_x'+1,0S_y$	1271,7	14029	60,6	669
2	-17247	$1,0S_x'+0,3S_y$	31947	19263,6	2282	1376,1	$0,3S_x'+1,0S_y$	9584,1	64212	684,6	4587
3	-16359	$1,0S_x'+0,3S_y$	4239	4208,7	202	200,7	$0,3S_x'+1,0S_y$	1271,7	14029	60,6	669

Tabela A-18. Kombinacija V333 – projektne seizmičke kombinacije (pravougani poprečni preseći)

Projektne seizmičke kombinacije											
Stub	$Ng+dg$ [kN]	kombinacije	M_x [kNm] podužno	M_y [kNm] poprečno	T_x [kN] podužno	T_y [kN] poprečno	kombinacije	M_x [kNm] podužno	M_y [kNm] poprečno	T_x [kN] podužno	T_y [kN] poprečno
1	-16472	$1,0S_x'+0,3S_y$	18960	7578,6	903	360,9	$0,3S_x'+1,0S_y$	5688	25262	270,9	1203
2	-18033	$1,0S_x'+0,3S_y$	18960	12619,2	903	600,9	$0,3S_x'+1,0S_y$	5688	42064	270,9	2003
3	-16472	$1,0S_x'+0,3S_y$	18960	7578,6	903	360,9	$0,3S_x'+1,0S_y$	5688	25262	270,9	1203

Tabela A-19. Kombinacija V222 – projektne seizmičke kombinacije („P” poprečni preseći)

Projektne seizmičke kombinacije											
Stub	$Ng+dg$ [kN]	kombinacije	M_x [kNm] podužno	M_y [kNm] poprečno	T_x [kN] podužno	T_y [kN] poprečno	kombinacije	M_x [kNm] podužno	M_y [kNm] poprečno	T_x [kN] podužno	T_y [kN] poprečno
1	-15568	$1,0S_x'+0,3S_y$	15193	8823	1086	630,3	$0,3S_x'+1,0S_y$	4557,9	29410	325,8	2101
2	-17096	$1,0S_x'+0,3S_y$	15624	15251,4	1116	1089,6	$0,3S_x'+1,0S_y$	4687,2	50838	334,8	3632
3	-15568	$1,0S_x'+0,3S_y$	15193	8823	1086	630,3	$0,3S_x'+1,0S_y$	4557,9	29410	325,8	2101

Tabela A–20. Kombinacija V333 – projektne seizmičke kombinacije („I” poprečni preseći)

Projektne seizmičke kombinacije											
Stub	N_g+d_g [kN]	kombinacije	M_x [kNm] podužno	M_y [kNm] poprečno	T_x [kN] podužno	T_y [kN] poprečno	kombinacije	M_x [kNm] podužno	M_y [kNm] poprečno	T_x [kN] podužno	T_y [kN] poprečno
1	-16455	1,0Sx'+0,3Sy	18884	7015,8	900	334,2	0,3Sx'+1,0Sy	5665,2	23386	270	1114
2	-18051	1,0Sx'+0,3Sy	19113	12381,9	911	589,8	0,3Sx'+1,0Sy	5733,9	41273	273,3	1966
3	-16455	1,0Sx'+0,3Sy	18884	7015,8	900	334,2	0,3Sx'+1,0Sy	5665,2	23386	270	1114

Tabela A–21. Kombinacija V222 – projektne seizmičke kombinacije („kombinovani” poprečni preseći)

Projektne seizmičke kombinacije											
Stub	N_g+d_g [kN]	kombinacije	M_x [kNm] podužno	M_y [kNm] poprečno	T_x [kN] podužno	T_y [kN] poprečno	kombinacije	M_x [kNm] podužno	M_y [kNm] poprečno	T_x [kN] podužno	T_y [kN] poprečno
1	-15592	1,0Sx'+0,3Sy	15951	9410,7	1140	672,3	0,3Sx'+1,0Sy	4785,3	31369	342	2241
2	-17066	1,0Sx'+0,3Sy	5468	12622,8	391	901,8	0,3Sx'+1,0Sy	1640,4	42076	117,3	3006
3	-15592	1,0Sx'+0,3Sy	15951	9410,7	1140	672,3	0,3Sx'+1,0Sy	4785,3	31369	342	2241

Tabela A–22. Kombinacija V333 – projektne seizmičke kombinacije („kombinovani” poprečni preseći)

Projektne seizmičke kombinacije											
Stub	N_g+d_g [kN]	kombinacije	M_x [kNm] podužno	M_y [kNm] poprečno	T_x [kN] podužno	T_y [kN] poprečno	kombinacije	M_x [kNm] podužno	M_y [kNm] poprečno	T_x [kN] podužno	T_y [kN] poprečno
1	-16441	1,0Sx'+0,3Sy	18526	6919,2	883	329,7	0,3Sx'+1,0Sy	5557,8	23064	264,9	1099
2	-18068	1,0Sx'+0,3Sy	19829	11962,8	945	569,7	0,3Sx'+1,0Sy	5948,7	39876	283,5	1899
3	-16441	1,0Sx'+0,3Sy	18526	6919,2	883	329,7	0,3Sx'+1,0Sy	5557,8	23064	264,9	1099

PRILOG B

B.1. Geometrijske i mehaničke karakteristike grednih AB mostova

Tabela B-1. Kombinacija V111

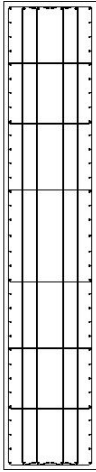
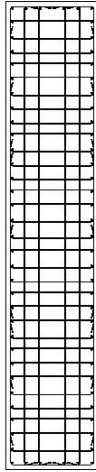
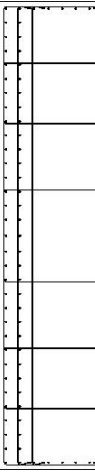
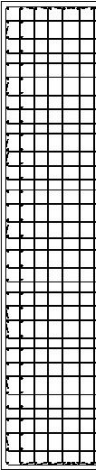

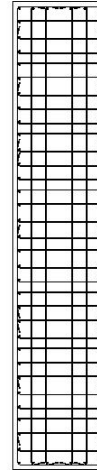
Stub-1 ($L_{stuba} = 7 \text{ m}$)		Stub-2 ($L_{stuba} = 7 \text{ m}$)		Stub-3 ($L_{stuba} = 7 \text{ m}$)	
Presek: $b/d = 100/500 \text{ cm}$ Beton: klasa čvrstoće C 30/37 Armatura: klasa C (500 MPa)		Presek: $b/d = 150/500 \text{ cm}$ Beton: klasa čvrstoće C 40/50 Armatura: klasa C (500 MPa)		Presek: $b/d = 100/500 \text{ cm}$ Beton: klasa čvrstoće C 30/37 Armatura: klasa C (500 MPa)	
Neutegnut	Utegnut	Neutegnut	Utegnut	Neutegnut	Utegnut
Podužna arm.: Ø28/15 (0,91 %) Poprečna arm.: Ø16/10	Podužna arm.: Ø28/15 (0,91 %) Poprečna arm.: Ø16/10 dod. pop. arm.: Ø12/10	Podužna arm.: Ø32/15 (1,54 %) Poprečna arm.: Ø16/10	Podužna arm.: Ø32/15 (1,54 %) Poprečna arm.: Ø16/12,5 dod. pop. arm.: Ø14/12,5	Podužna arm.: Ø28/15 (0,91 %) Poprečna arm.: Ø16/10	Podužna arm.: Ø28/15 (0,91 %) Poprečna arm.: Ø16/10 dod. pop. arm.: Ø12/10
					

Tabela B–2. Kombinacija V112

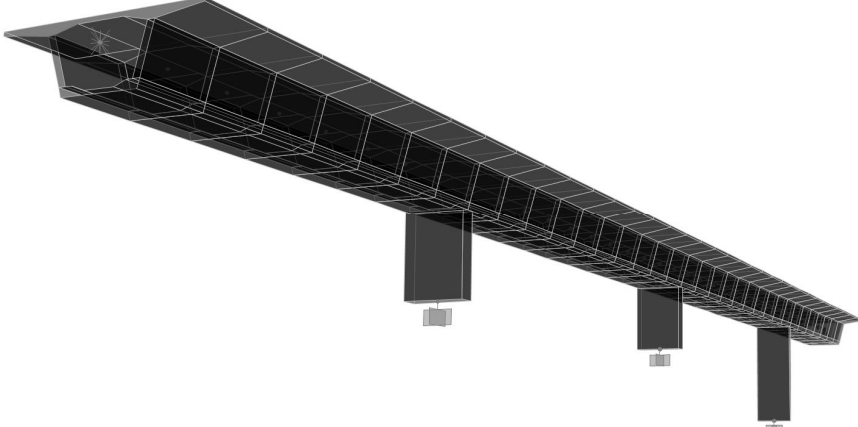
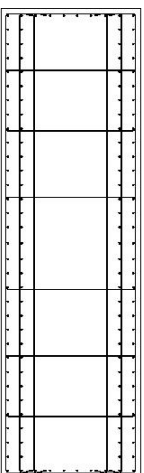
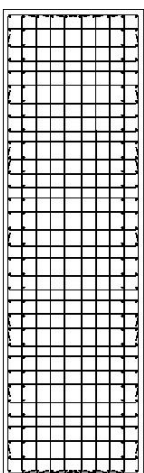
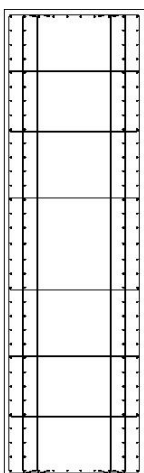
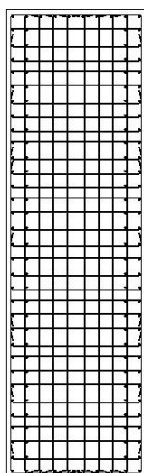

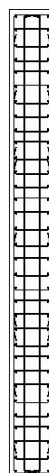
					
Stub-1 ($L_{stuba} = 7\text{ m}$)		Stub-2 ($L_{stuba} = 7\text{ m}$)		Stub-3 ($L_{stuba} = 14\text{ m}$)	
Presek: $b/d = 150/500\text{ cm}$ Beton: klasa čvrstoće C 30/37 Armatura: klasa C (500 MPa)		Presek: $b/d = 150/500\text{ cm}$ Beton: klasa čvrstoće C 40/50 Armatura: klasa C (500 MPa)		Presek: $b/d = 50/500\text{ cm}$ Beton: klasa čvrstoće C 30/37 Armatura: klasa C (500 MPa)	
Neutegnut	Utegnut	Neutegnut	Utegnut	Neutegnut	Utegnut
Podužna arm.: $\varnothing 28/15$ (1,18 %)	Podužna arm.: $\varnothing 28/15$ (1,18 %)	Podužna arm.: $\varnothing 32/15$ (1,54 %)	Podužna arm.: $\varnothing 32/15$ (1,54 %)	Podužna arm.: $\varnothing 22/15$ (1,03 %)	Podužna arm.: $\varnothing 22/15$ (1,03 %)
Poprečna arm.: $\varnothing 14/10$	Poprečna arm.: $\varnothing 14/12,5$	Poprečna arm.: $\varnothing 16/10$	Poprečna arm.: $\varnothing 16/12,5$	Poprečna arm.: $\varnothing 14/15$	Poprečna arm.: $\varnothing 10/7$
					

Tabela B-3. Kombinacija V113

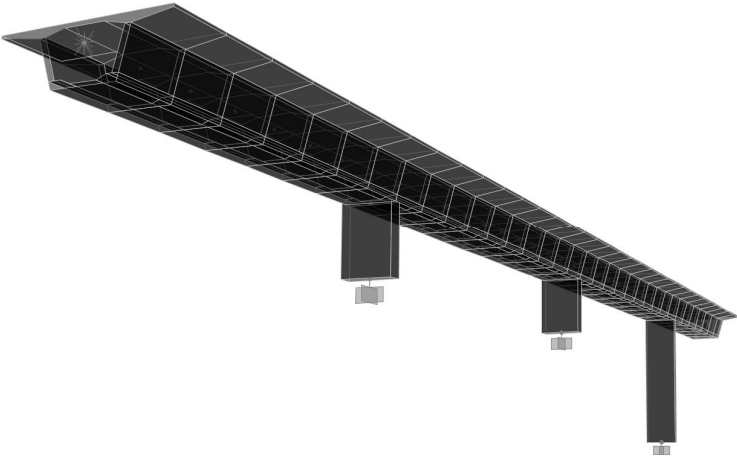
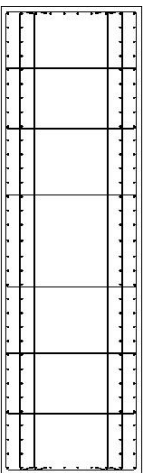
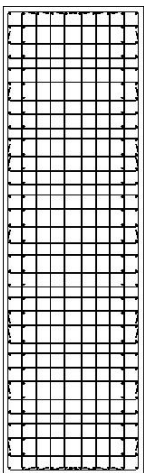
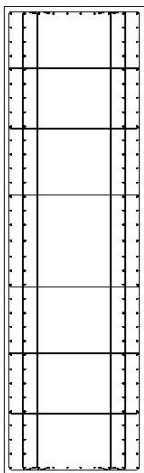
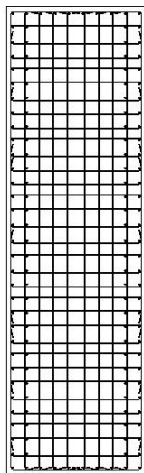
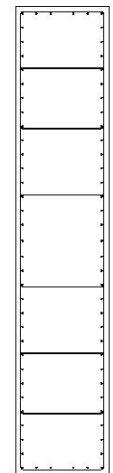
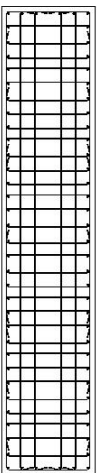
					
Stub-1 ($L_{stuba} = 7 \text{ m}$)		Stub-2 ($L_{stuba} = 7 \text{ m}$)		Stub-3 ($L_{stuba} = 21 \text{ m}$)	
Presek: $b/d = 150/500 \text{ cm}$ Beton: klasa čvrstoće C 30/37 Armatura: klasa C (500 MPa)		Presek: $b/d = 150/500 \text{ cm}$ Beton: klasa čvrstoće C 40/50 Armatura: klasa C (500 MPa)		Presek: $b/d = 100/500 \text{ cm}$ Beton: klasa čvrstoće C 30/37 Armatura: klasa C (500 MPa)	
Neutegnut	Utegnut	Neutegnut	Utegnut	Neutegnut	Utegnut
Podužna arm.: $\varnothing 28/15$ (1,18 %)	Podužna arm.: $\varnothing 28/15$ (1,18 %)	Podužna arm.: $\varnothing 32/15$ (1,54 %)	Podužna arm.: $\varnothing 32/15$ (1,54 %)	Podužna arm.: $\varnothing 22/15$ (0,91 %)	Podužna arm.: $\varnothing 28/15$ (0,91 %)
Poprečna arm.: $\varnothing 14/10$	Poprečna arm.: $\varnothing 14/12,5$ dod. pop. arm.: $\varnothing 12/12,5$	Poprečna arm.: $\varnothing 16/10$	Poprečna arm.: $\varnothing 16/12,5$ dod. pop. arm.: $\varnothing 14/12,5$	Poprečna arm.: $\varnothing 16/15$	Poprečna arm.: $\varnothing 12/12,5$ dod. pop. arm.: $\varnothing 12/12,5$
					

Tabela B-4. Kombinacija V121

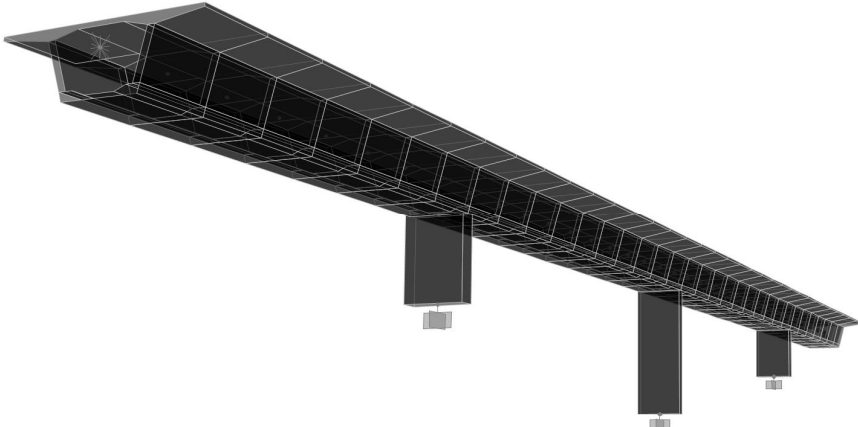
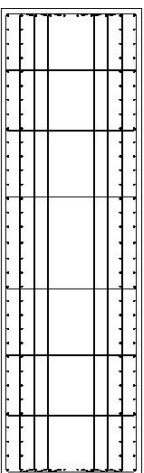
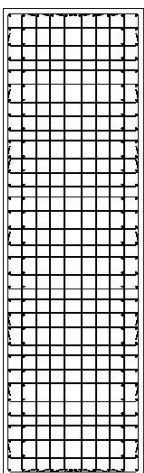
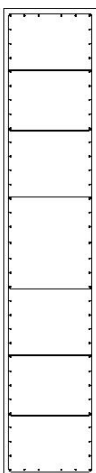
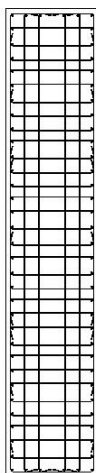
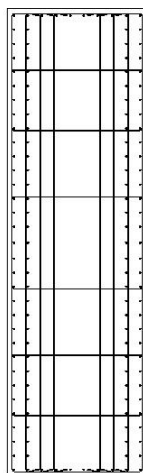
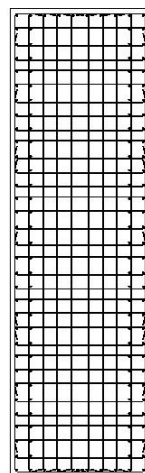
					
Stub-1 ($L_{stuba} = 7\text{ m}$)		Stub-2 ($L_{stuba} = 14\text{ m}$)		Stub-3 ($L_{stuba} = 7\text{ m}$)	
Presek: $b/d = 150/500\text{ cm}$ Beton: klasa čvrstoće C 30/37 Armatura: klasa C (500 MPa)		Presek: $b/d = 100/500\text{ cm}$ Beton: klasa čvrstoće C 30/37 Armatura: klasa C (500 MPa)		Presek: $b/d = 150/500\text{ cm}$ Beton: klasa čvrstoće C 30/37 Armatura: klasa C (500 MPa)	
Neutegnut	Utegnut	Neutegnut	Utegnut	Neutegnut	Utegnut
Podužna arm.: $\varnothing 28/15$ (1,18 %)	Podužna arm.: $\varnothing 28/15$ (1,18 %)	Podužna arm.: $\varnothing 28/15$ (0,91 %)	Podužna arm.: $\varnothing 28/15$ (0,91 %)	Podužna arm.: $\varnothing 28/15$ (1,18 %)	Podužna arm.: $\varnothing 28/15$ (1,18 %)
Poprečna arm.: $\varnothing 14/10$	Poprečna arm.: $\varnothing 14/12,5$ dod. pop. arm.: $\varnothing 12/12,5$	Poprečna arm.: $\varnothing 16/15$	Poprečna arm.: $\varnothing 12/12,5$ dod. pop. arm.: $\varnothing 12/12,5$	Poprečna arm.: $\varnothing 14/10$	Poprečna arm.: $\varnothing 14/12,5$ dod. pop. arm.: $\varnothing 12/12,5$
					

Tabela B-5. Kombinacija V122

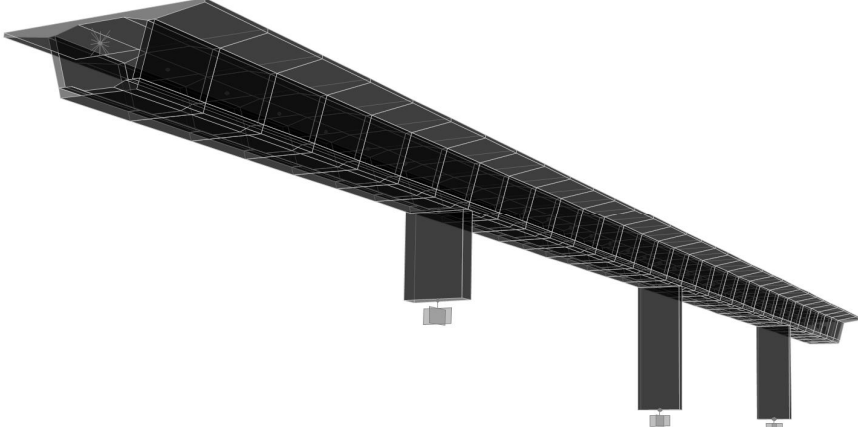
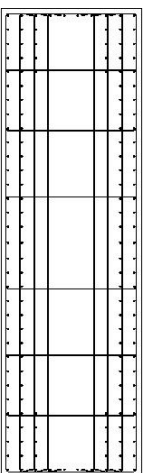
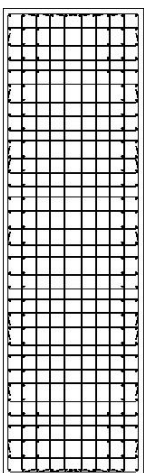
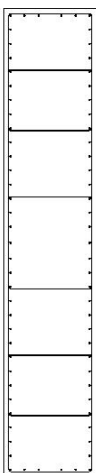
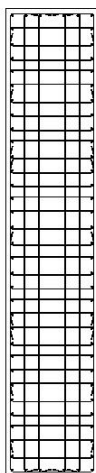
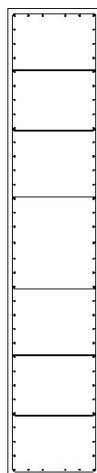
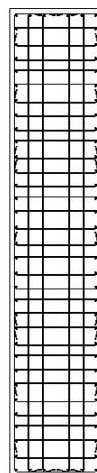
					
Stub-1 ($L_{stuba} = 7 \text{ m}$)		Stub-2 ($L_{stuba} = 14 \text{ m}$)		Stub-3 ($L_{stuba} = 14 \text{ m}$)	
Presek: $b/d = 150/500 \text{ cm}$ Beton: klasa čvrstoće C 40/50 Armatura: klasa C (500 MPa)		Presek: $b/d = 100/500 \text{ cm}$ Beton: klasa čvrstoće C 30/37 Armatura: klasa C (500 MPa)		Presek: $b/d = 100/500 \text{ cm}$ Beton: klasa čvrstoće C 30/37 Armatura: klasa C (500 MPa)	
Neutegnut	Utegnut	Neutegnut	Utegnut	Neutegnut	Utegnut
Podužna arm.: $\varnothing 32/15$ (1,72 %) Poprečna arm.: $\varnothing 16/10$	Podužna arm.: $\varnothing 32/15$ (1,72 %) Poprečna arm.: $\varnothing 16/12,5$ dod. pop. arm.: $\varnothing 14/12,5$	Podužna arm.: $\varnothing 28/15$ (0,91 %) Poprečna arm.: $\varnothing 16/15$	Podužna arm.: $\varnothing 28/15$ (0,91 %) Poprečna arm.: $\varnothing 12/12,5$ dod. pop. arm.: $\varnothing 12/12,5$	Podužna arm.: $\varnothing 28/15$ (0,91 %) Poprečna arm.: $\varnothing 16/15$	Podužna arm.: $\varnothing 28/15$ (0,91 %) Poprečna arm.: $\varnothing 12/12,5$ dod. pop. arm.: $\varnothing 12/12,5$
					

Tabela B-6. Kombinacija V123

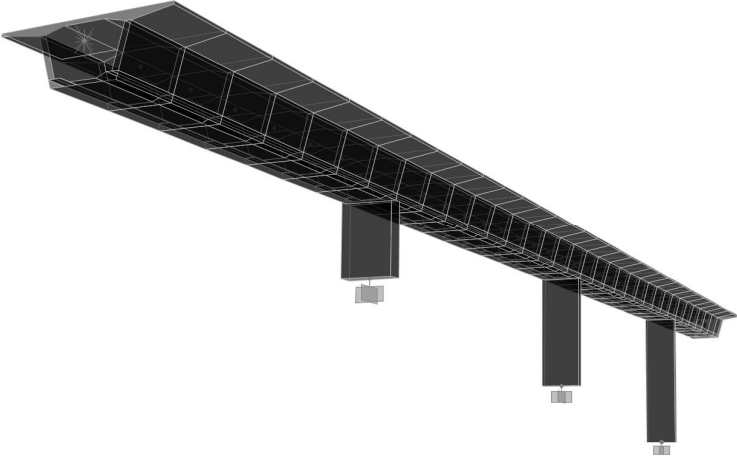
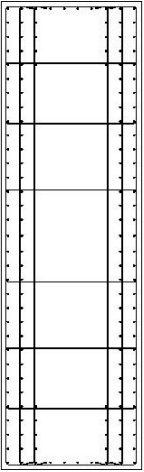
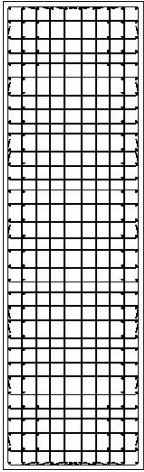
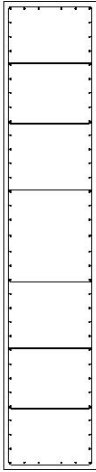
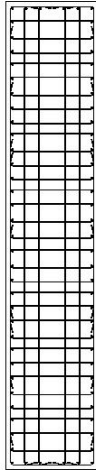
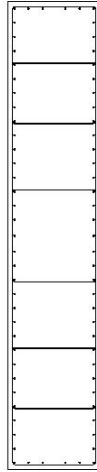
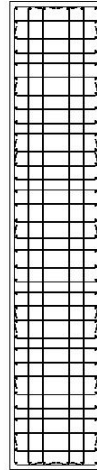
					
Stub-1 ($L_{stuba} = 7$ m)		Stub-2 ($L_{stuba} = 14$ m)		Stub-3 ($L_{stuba} = 21$ m)	
Presek: $b/d = 150/500$ cm Beton: klasa čvrstoće C 40/50 Armatura: klasa C (500 MPa)		Presek: $b/d = 100/500$ cm Beton: klasa čvrstoće C 30/37 Armatura: klasa C (500 MPa)		Presek: $b/d = 100/500$ cm Beton: klasa čvrstoće C 30/37 Armatura: klasa C (500 MPa)	
Neutegnut	Utegnut	Neutegnut	Utegnut	Neutegnut	Utegnut
Podužna arm.: $\varnothing 32/15$ (1,72 %) Poprečna arm.: $\varnothing 16/10$	Podužna arm.: $\varnothing 32/15$ (1,72 %) Poprečna arm.: $\varnothing 14/12,5$ dod. pop. arm.: $\varnothing 14/12,5$	Podužna arm.: $\varnothing 28/15$ (0,91 %) Poprečna arm.: $\varnothing 16/12,5$	Podužna arm.: $\varnothing 28/15$ (0,91 %) Poprečna arm.: $\varnothing 12/12,5$ dod. pop. arm.: $\varnothing 12/12,5$	Podužna arm.: $\varnothing 28/15$ (0,91 %) Poprečna arm.: $\varnothing 16/15$	Podužna arm.: $\varnothing 28/15$ (0,91 %) Poprečna arm.: $\varnothing 12/12,5$ dod. pop. arm.: $\varnothing 12/12,5$
					

Tabela B-7. Kombinacija V131

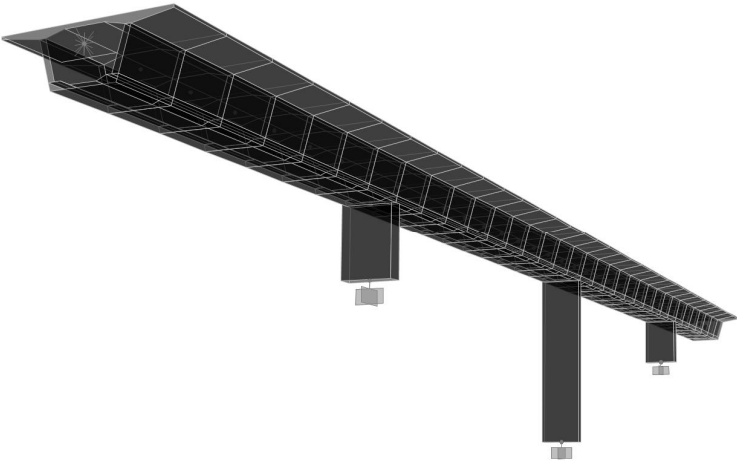
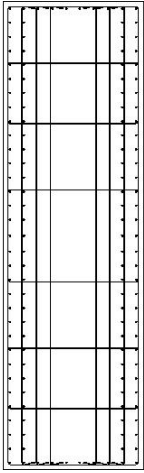
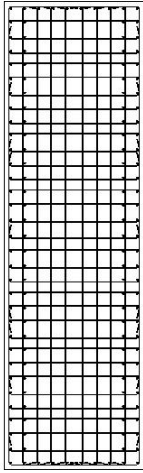
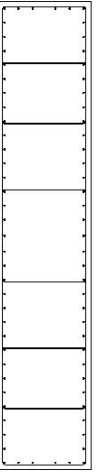
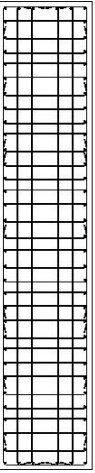
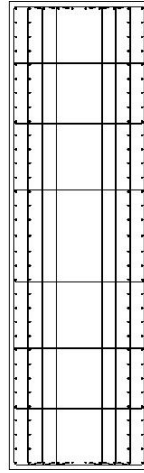
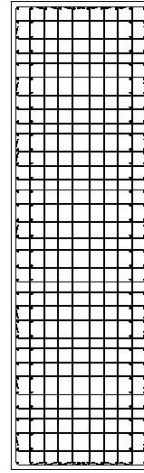
					
Stub-1 ($L_{stuba} = 7 \text{ m}$)		Stub-2 ($L_{stuba} = 21 \text{ m}$)		Stub-3 ($L_{stuba} = 7 \text{ m}$)	
Presek: $b/d = 150/500 \text{ cm}$ Beton: klasa čvrstoće C 40/50 Armatura: klasa C (500 MPa)		Presek: $b/d = 100/500 \text{ cm}$ Beton: klasa čvrstoće C 30/37 Armatura: klasa C (500 MPa)		Presek: $b/d = 150/500 \text{ cm}$ Beton: klasa čvrstoće C 40/50 Armatura: klasa C (500 MPa)	
Neutegnut	Utegnut	Neutegnut	Utegnut	Neutegnut	Utegnut
Podužna arm.: $\varnothing 28/15$ (1,18 %) Poprečna arm.: $\varnothing 14/10$	Podužna arm.: $\varnothing 28/15$ (1,18 %) Poprečna arm.: $\varnothing 14/12,5$ dod. pop. arm.: $\varnothing 14/12,5$	Podužna arm.: $\varnothing 28/15$ (0,91 %) Poprečna arm.: $\varnothing 16/15$	Podužna arm.: $\varnothing 28/15$ (0,91 %) Poprečna arm.: $\varnothing 12/12,5$ dod. pop. arm.: $\varnothing 12/12,5$	Podužna arm.: $\varnothing 28/15$ (1,18 %) Poprečna arm.: $\varnothing 14/10$	Podužna arm.: $\varnothing 28/15$ (1,18 %) Poprečna arm.: $\varnothing 14/12,5$ dod. pop. arm.: $\varnothing 14/12,5$
					

Tabela B–8. Kombinacija V132

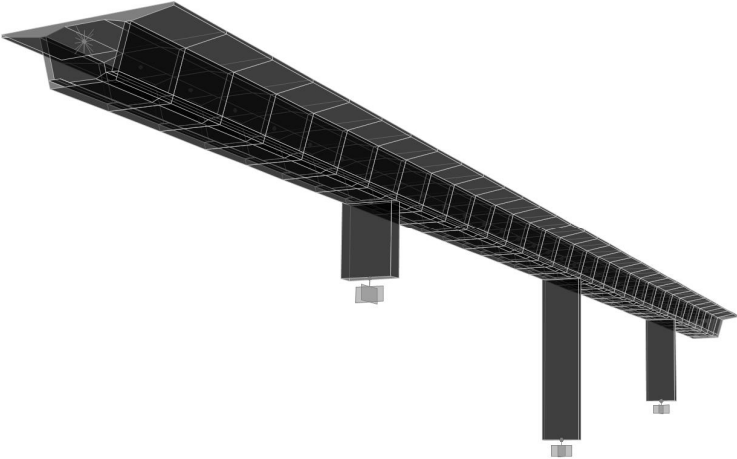
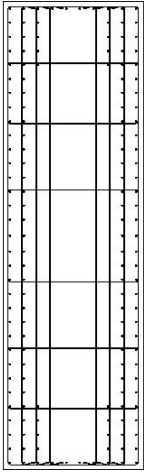
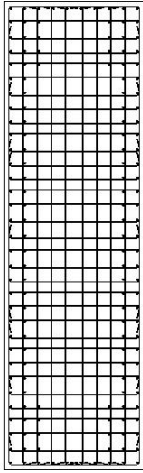
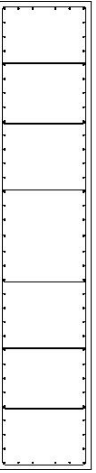
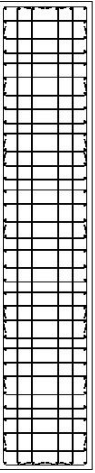
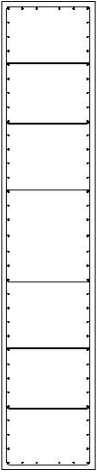
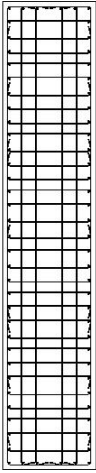
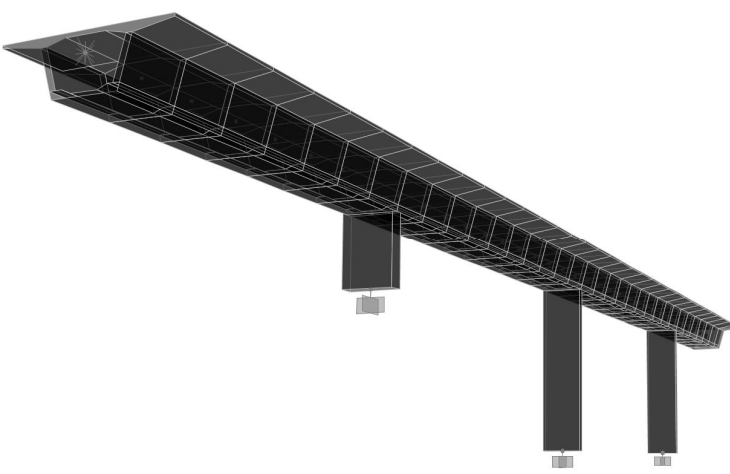
					
Stub-1 ($L_{stuba} = 7 \text{ m}$)		Stub-2 ($L_{stuba} = 21 \text{ m}$)		Stub-3 ($L_{stuba} = 14 \text{ m}$)	
Presek: $b/d = 150/500 \text{ cm}$ Beton: klasa čvrstoće C 50/60 Armatura: klasa C (500 MPa)		Presek: $b/d = 100/500 \text{ cm}$ Beton: klasa čvrstoće C 30/37 Armatura: klasa C (500 MPa)		Presek: $b/d = 100/500 \text{ cm}$ Beton: klasa čvrstoće C 30/37 Armatura: klasa C (500 MPa)	
Neutegnut	Utegnut	Neutegnut	Utegnut	Neutegnut	Utegnut
Podužna arm.: $\varnothing 32/15$ (1,72 %)	Podužna arm.: $\varnothing 32/15$ (1,72 %)	Podužna arm.: $\varnothing 28/15$ (0,91 %)	Podužna arm.: $\varnothing 28/15$ (0,91 %)	Podužna arm.: $\varnothing 28/15$ (0,91 %)	Podužna arm.: $\varnothing 28/15$ (0,91 %)
Poprečna arm.: $\varnothing 16/10$	Poprečna arm.: $\varnothing 16/12,5$ dod. pop. arm.: $\varnothing 14/12,5$	Poprečna arm.: $\varnothing 16/15$	Poprečna arm.: $\varnothing 12/12,5$ dod. pop. arm.: $\varnothing 12/12,5$	Poprečna arm.: $\varnothing 16/12,5$	Poprečna arm.: $\varnothing 12/12,5$ dod. pop. arm.: $\varnothing 12/12,5$
					

Tabela B-9. Kombinacija V133

		
Stub-1 ($L_{stuba} = 7 \text{ m}$)	Stub-2 ($L_{stuba} = 21 \text{ m}$)	Stub-3 ($L_{stuba} = 21 \text{ m}$)
Presek: $b/d = 150/500 \text{ cm}$ Beton: klasa čvrstoće C 50/60 Armatura: klasa C (500 MPa)	Presek: $b/d = 100/500 \text{ cm}$ Beton: klasa čvrstoće C 30/37 Armatura: klasa C (500 MPa)	Presek: $b/d = 100/500 \text{ cm}$ Beton: klasa čvrstoće C 30/37 Armatura: klasa C (500 MPa)

Neutegnut Utegnut Neutegnut Utegnut
t t ut nut t

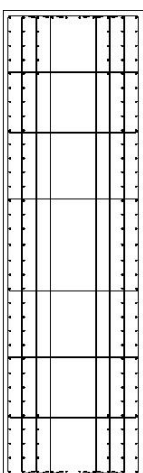
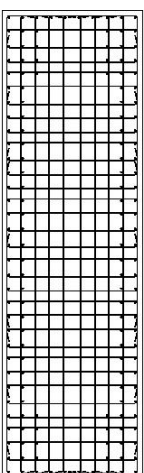
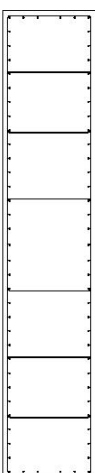
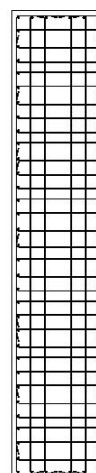
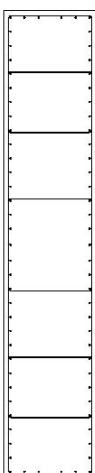
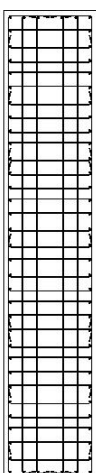
Podužna arm.: (32/15 (1,72 %)) Poprečna arm.: Ø16/7,5	Podužna arm.: (32/15 (1,72 %)) Poprečna arm.: (16/12,5) dod. pop. arm.: (14/12,5)	Podužna arm.: (28/15 (0,91 %)) Poprečna arm.: Ø16/15	Podužna arm.: Ø28/15 (0,91 %) Poprečna arm.: (12/12,5) dod. pop. arm.: Ø12/12,5	Podužna arm.: (28/15 (0,91 %)) Poprečna arm.: Ø16/15	Podužna arm.: (28/15 (0,91 %)) Poprečna arm.: Ø12/12,5 dod. pop. arm.: Ø12/12,5
					

Tabela B-10. Kombinacija V212

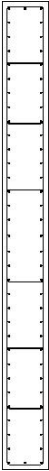
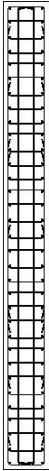
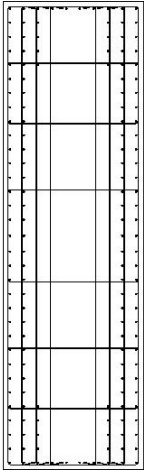
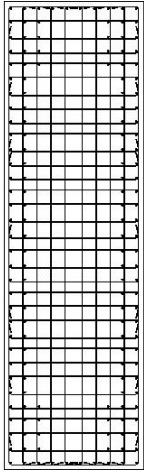
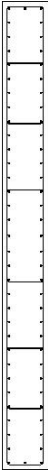
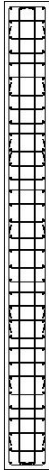
Stub-1 ($L_{stuba} = 14$ m)		Stub-2 ($L_{stuba} = 7$ m)		Stub-3 ($L_{stuba} = 14$ m)	
Presek: $b/d = 50/500$ cm Beton: klasa čvrstoće C 30/37 Armatura: klasa C (500 MPa)		Presek: $b/d = 150/500$ cm Beton: klasa čvrstoće C 50/60 Armatura: klasa C (500 MPa)		Presek: $b/d = 50/500$ cm Beton: klasa čvrstoće C 30/37 Armatura: klasa C (500 MPa)	
Neutegnut	Utegnut	Neutegnut	Utegnut	Neutegnut	Utegnut
Podužna arm.: $\varnothing 22/15$ (1,03 %) Poprečna arm.: $\varnothing 12/15$	Podužna arm.: $\varnothing 22/15$ (1,03 %) Poprečna arm.: $\varnothing 10/7$ dod. pop. arm.: $\varnothing 10/7$	Podužna arm.: $\varnothing 32/15$ (1,72 %) Poprečna arm.: $\varnothing 16/10$	Podužna arm.: $\varnothing 32/15$ (1,72 %) Poprečna arm.: $\varnothing 16/12,5$ dod. pop. arm.: $\varnothing 14/12,5$	Podužna arm.: $\varnothing 22/15$ (1,03 %) Poprečna arm.: $\varnothing 12/15$	Podužna arm.: $\varnothing 22/15$ (1,03 %) Poprečna arm.: $\varnothing 10/7$ dod. pop. arm.: $\varnothing 10/7$
					

Tabela B-11. Kombinacija V213

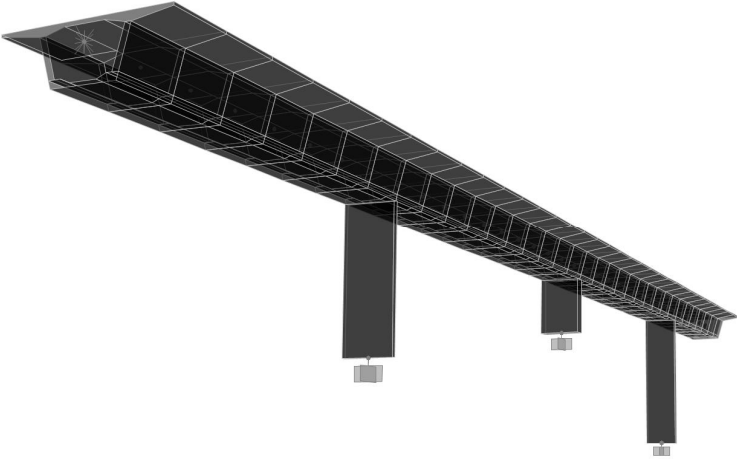
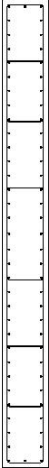
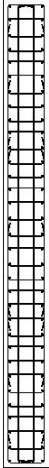
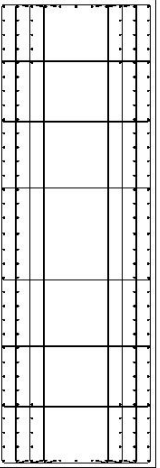
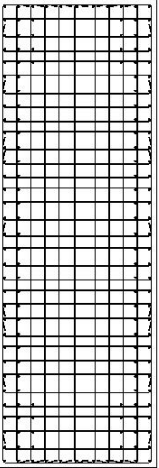
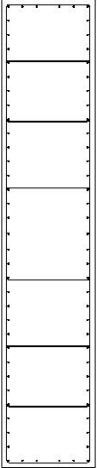
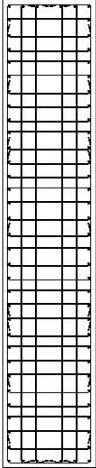
					
Stub-1 ($L_{stuba} = 14$ m)		Stub-2 ($L_{stuba} = 7$ m)		Stub-3 ($L_{stuba} = 21$ m)	
Presek: $b/d = 50/500$ cm Beton: klasa čvrstoće C 30/37 Armatura: klasa C (500 MPa)		Presek: $b/d = 170/500$ cm Beton: klasa čvrstoće C 50/60 Armatura: klasa C (500 MPa)		Presek: $b/d = 100/500$ cm Beton: klasa čvrstoće C 30/37 Armatura: klasa C (500 MPa)	
Neutegnut	Utegnut	Neutegnut	Utegnut	Neutegnut	Utegnut
Podužna arm.: $\varnothing 22/15$ (1,03 %)	Podužna arm.: $\varnothing 22/15$ (1,03 %)	Podužna arm.: $\varnothing 32/15$ (1,53 %)	Podužna arm.: $\varnothing 32/15$ (1,53 %)	Podužna arm.: $\varnothing 28/15$ (0,91 %)	Podužna arm.: $\varnothing 28/15$ (0,91 %)
Poprečna arm.: $\varnothing 14/15$	Poprečna arm.: $\varnothing 10/7$ dod. pop. arm.: $\varnothing 10/7$	Poprečna arm.: $\varnothing 16/7,5$	Poprečna arm.: $\varnothing 16/12,5$ dod. pop. arm.: $\varnothing 14/12,5$	Poprečna arm.: $\varnothing 16/15$	Poprečna arm.: $\varnothing 12/12,5$ dod. pop. arm.: $\varnothing 12/12,5$
					

Tabela B-12. Kombinacija V222

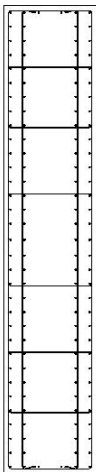
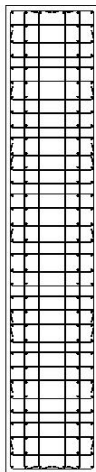
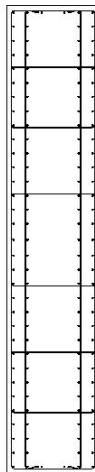
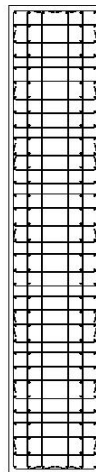
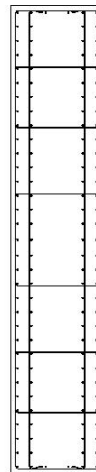
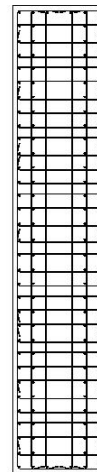
Stub-1 ($L_{stuba} = 14\text{ m}$)		Stub-2 ($L_{stuba} = 14\text{ m}$)		Stub-3 ($L_{stuba} = 14\text{ m}$)	
Presek: $b/d = 100/500\text{ cm}$ Beton: klasa čvrstoće C 30/37 Armatura: klasa C (500 MPa)		Presek: $b/d = 100/500\text{ cm}$ Beton: klasa čvrstoće C 30/37 Armatura: klasa C (500 MPa)		Presek: $b/d = 100/500\text{ cm}$ Beton: klasa čvrstoće C 30/37 Armatura: klasa C (500 MPa)	
Neutegnut	Utegnut	Neutegnut	Utegnut	Neutegnut	Utegnut
Podužna arm.: $\varnothing 28/15$ (1,67 %) Poprečna arm.: $\varnothing 12/15$	Podužna arm.: $\varnothing 28/15$ (1,67 %) Poprečna arm.: $\varnothing 12/12,5$ dod. pop. arm.: $\varnothing 12/12,5$	Podužna arm.: $\varnothing 28/15$ (1,67 %) Poprečna arm.: $\varnothing 14/15$	Podužna arm.: $\varnothing 28/15$ (1,67 %) Poprečna arm.: $\varnothing 12/12,5$ dod. pop. arm.: $\varnothing 12/12,5$	Podužna arm.: $\varnothing 28/15$ (1,67 %) Poprečna arm.: $\varnothing 12/15$	Podužna arm.: $\varnothing 28/15$ (1,67 %) Poprečna arm.: $\varnothing 12/12,5$ dod. pop. arm.: $\varnothing 12/12,5$
					

Tabela B-13. Kombinacija V223

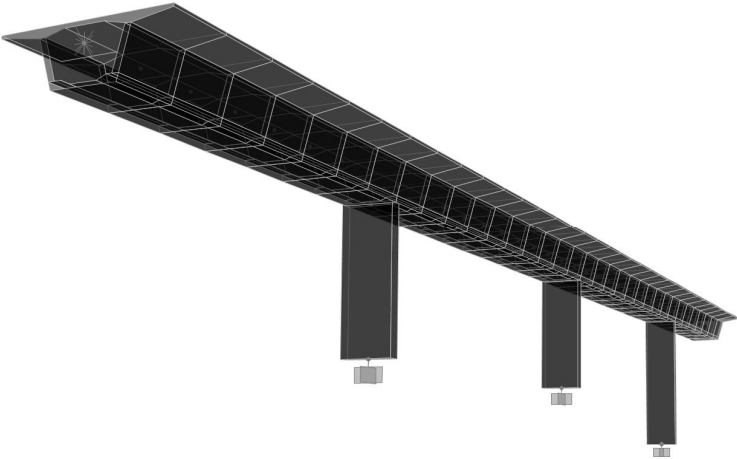
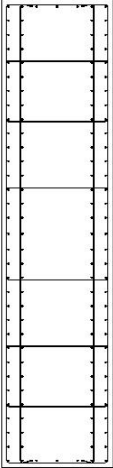
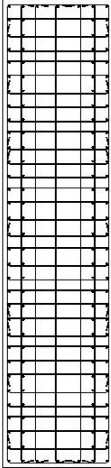
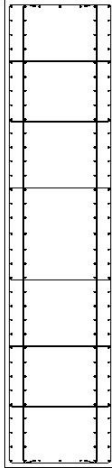
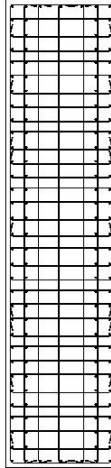
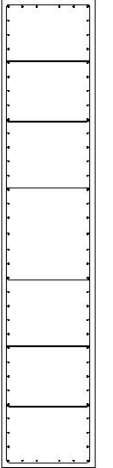
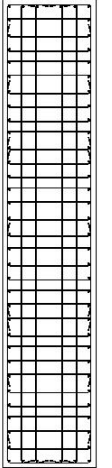
					
Stub-1 ($L_{stuba} = 14$ m)		Stub-2 ($L_{stuba} = 14$ m)		Stub-3 ($L_{stuba} = 21$ m)	
Presek: $b/d = 120/500$ cm Beton: klasa čvrstoće C 30/37 Armatura: klasa C (500 MPa)		Presek: $b/d = 120/500$ cm Beton: klasa čvrstoće C 30/37 Armatura: klasa C (500 MPa)		Presek: $b/d = 100/500$ cm Beton: klasa čvrstoće C 30/37 Armatura: klasa C (500 MPa)	
Neutegnut	Utegnut	Neutegnut	Utegnut	Neutegnut	Utegnut
Podužna arm.: $\varnothing 32/15$ (1,85 %)	Podužna arm.: $\varnothing 32/15$ (1,85 %)	Podužna arm.: $\varnothing 32/15$ (1,85 %)	Podužna arm.: $\varnothing 32/15$ (1,85 %)	Podužna arm.: $\varnothing 28/15$ (0,91 %)	Podužna arm.: $\varnothing 28/15$ (0,91 %)
Poprečna arm.: $\varnothing 16/15$	Poprečna arm.: $\varnothing 12/12,5$ dod. pop. arm.: $\varnothing 12/12,5$	Poprečna arm.: $\varnothing 16/15$	Poprečna arm.: $\varnothing 12/12,5$ dod. pop. arm.: $\varnothing 12/12,5$	Poprečna arm.: $\varnothing 14/15$	Poprečna arm.: $\varnothing 12/12,5$ dod. pop. arm.: $\varnothing 12/12,5$
					

Tabela B-14. Kombinacija V232

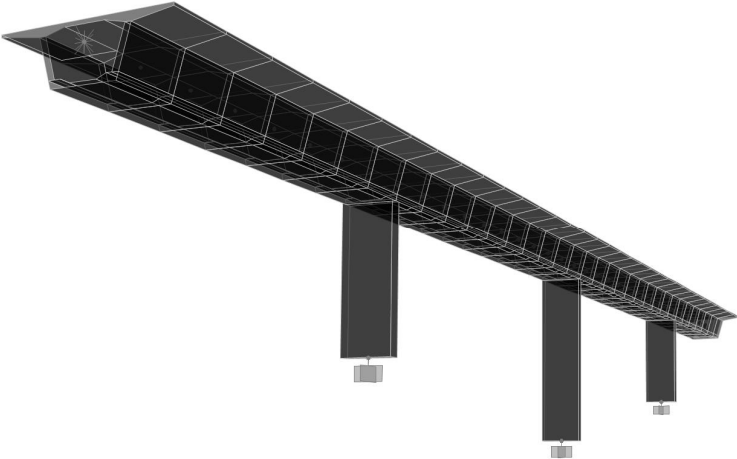
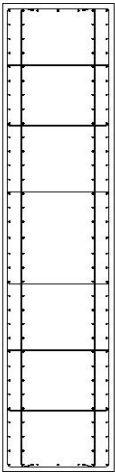
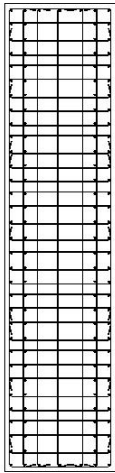
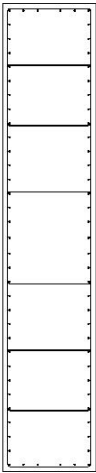
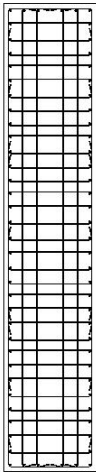
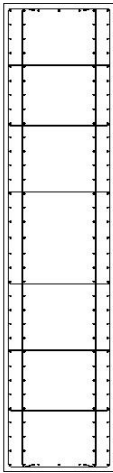
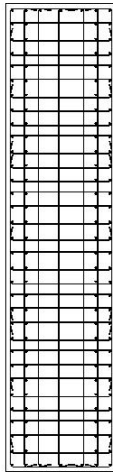
					
Stub-1 ($L_{stuba} = 14\text{ m}$)		Stub-2 ($L_{stuba} = 21\text{ m}$)		Stub-3 ($L_{stuba} = 14\text{ m}$)	
Presek: $b/d = 120/500\text{ cm}$ Beton: klasa čvrstoće C 30/37 Armatura: klasa C (500 MPa)		Presek: $b/d = 100/500\text{ cm}$ Beton: klasa čvrstoće C 30/37 Armatura: klasa C (500 MPa)		Presek: $b/d = 120/500\text{ cm}$ Beton: klasa čvrstoće C 30/37 Armatura: klasa C (500 MPa)	
Neutegnut	Utegnut	Neutegnut	Utegnut	Neutegnut	Utegnut
Podužna arm.: $\varnothing 32/15$ (1,85 %)	Podužna arm.: $\varnothing 32/15$ (1,85 %)	Podužna arm.: $\varnothing 28/15$ (0,91 %)	Podužna arm.: $\varnothing 28/15$ (0,91 %)	Podužna arm.: $\varnothing 32/15$ (1,85 %)	Podužna arm.: $\varnothing 32/15$ (1,85 %)
Poprečna arm.: $\varnothing 14/15$	Poprečna arm.: $\varnothing 12/12,5$ dod. pop. arm.: $\varnothing 12/12,5$	Poprečna arm.: $\varnothing 14/15$	Poprečna arm.: $\varnothing 12/12,5$ dod. pop. arm.: $\varnothing 12/12,5$	Poprečna arm.: $\varnothing 14/15$	Poprečna arm.: $\varnothing 12/12,5$ dod. pop. arm.: $\varnothing 12/12,5$
					

Tabela B-15. Kombinacija V233

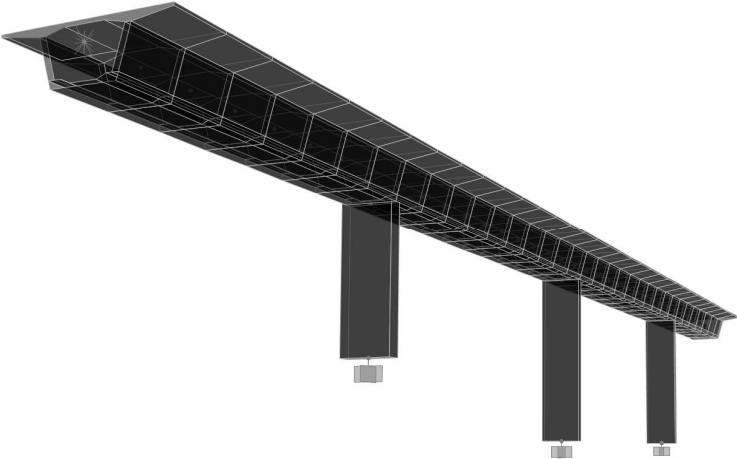
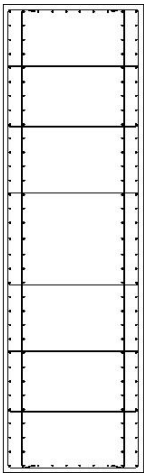
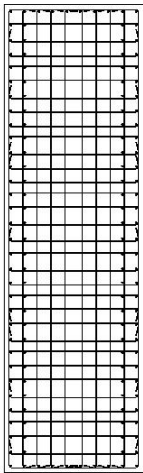
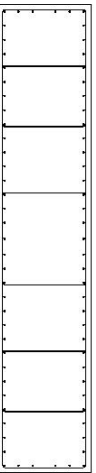
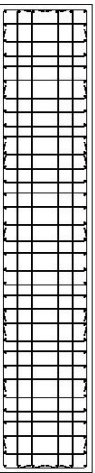
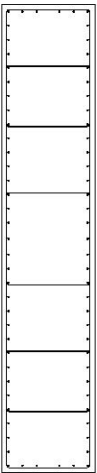
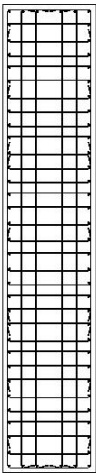
					
Stub-1 ($L_{stuba} = 14$ m)		Stub-2 ($L_{stuba} = 21$ m)		Stub-3 ($L_{stuba} = 21$ m)	
Presek: $b/d = 150/500$ cm Beton: klasa čvrstoće C 30/37 Armatura: klasa C (500 MPa)		Presek: $b/d = 100/500$ cm Beton: klasa čvrstoće C 30/37 Armatura: klasa C (500 MPa)		Presek: $b/d = 100/500$ cm Beton: klasa čvrstoće C 30/37 Armatura: klasa C (500 MPa)	
Neutegnut	Utegnut	Neutegnut	Utegnut	Neutegnut	Utegnut
Podužna arm.: $\varnothing 32/15$ (1,48 %)	Podužna arm.: $\varnothing 32/15$ (1,48 %)	Podužna arm.: $\varnothing 28/15$ (0,91 %)	Podužna arm.: $\varnothing 28/15$ (0,91 %)	Podužna arm.: $\varnothing 28/15$ (0,91 %)	Podužna arm.: $\varnothing 28/15$ (0,91 %)
Poprečna arm.: $\varnothing 14/15$	Poprečna arm.: $\varnothing 14/12,5$ dod. pop. arm.: $\varnothing 14/12,5$	Poprečna arm.: $\varnothing 14/15$	Poprečna arm.: $\varnothing 12/12,5$ dod. pop. arm.: $\varnothing 12/12,5$	Poprečna arm.: $\varnothing 14/15$	Poprečna arm.: $\varnothing 12/12,5$ dod. pop. arm.: $\varnothing 12/12,5$
					

Tabela B-16. Kombinacija V313

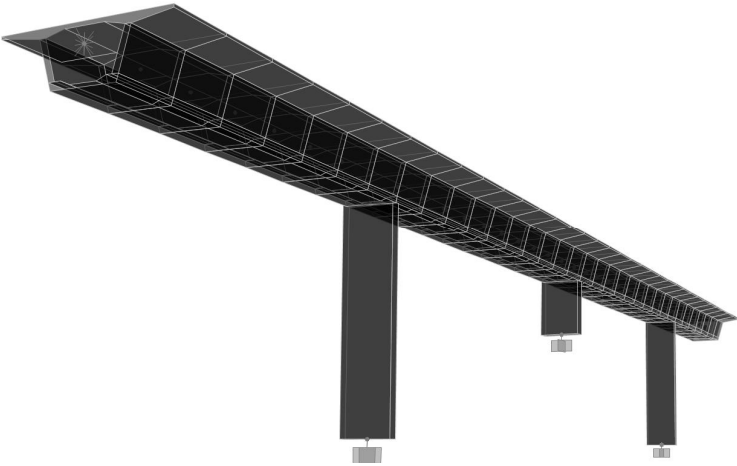
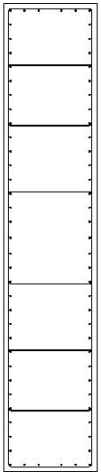
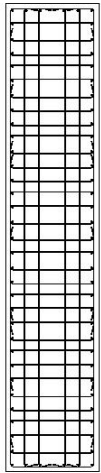
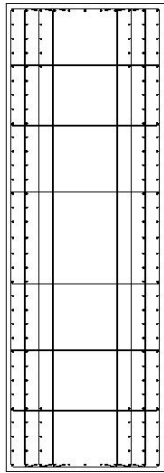
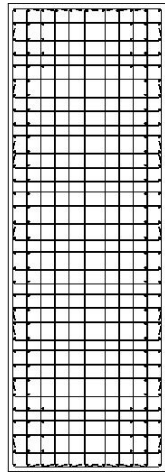
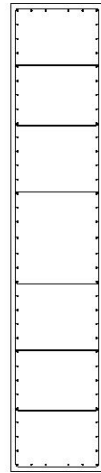
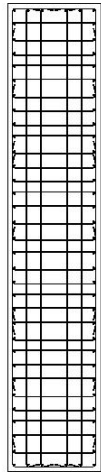
					
Stub-1 ($L_{stuba} = 21\text{m}$)		Stub-2 ($L_{stuba} = 7\text{m}$)		Stub-3 ($L_{stuba} = 21\text{m}$)	
Presek: $b/d = 100/500\text{ cm}$ Beton: klasa čvrstoće C 30/37 Armatura: klasa C (500 MPa)		Presek: $b/d = 170/500\text{ cm}$ Beton: klasa čvrstoće C 50/60 Armatura: klasa C (500 MPa)		Presek: $b/d = 100/500\text{ cm}$ Beton: klasa čvrstoće C 30/37 Armatura: klasa C (500 MPa)	
Neutegnut	Utegnut	Neutegnut	Utegnut	Neutegnut	Utegnut
Podužna arm.: $\text{Ø}28/15$ (0,91 %)	Podužna arm.: $\text{Ø}28/15$ (0,91 %)	Podužna arm.: $\text{Ø}32/15$ (1,53 %)	Podužna arm.: $\text{Ø}32/15$ (1,53 %)	Podužna arm.: $\text{Ø}28/15$ (0,91 %)	Podužna arm.: $\text{Ø}28/15$ (0,91 %)
Poprečna arm.: $\text{Ø}16/15$	Poprečna arm.: $\text{Ø}12/12,5$ dod. pop. arm.: $\text{Ø}12/12,5$	Poprečna arm.: $\text{Ø}16/7,5$	Poprečna arm.: $\text{Ø}16/12,5$ dod. pop. arm.: $\text{Ø}14/12,5$	Poprečna arm.: $\text{Ø}16/15$	Poprečna arm.: $\text{Ø}12/12,5$ dod. pop. arm.: $\text{Ø}12/12,5$
					

Tabela B-17. Kombinacija V323

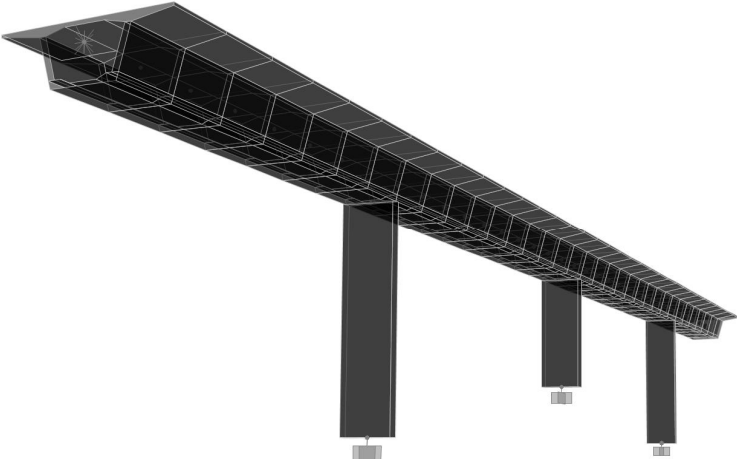
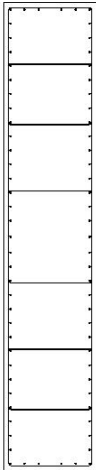
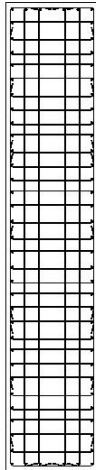
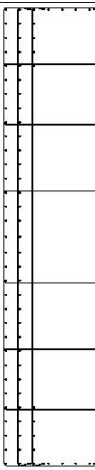
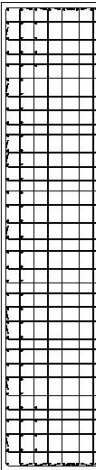
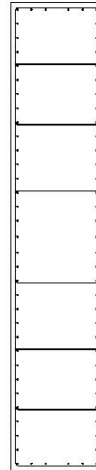
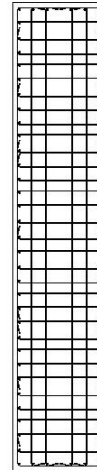
					
Stub-1 ($L_{stuba} = 21\text{ m}$)		Stub-2 ($L_{stuba} = 14\text{ m}$)		Stub-3 ($L_{stuba} = 21\text{ m}$)	
Presek: $b/d = 100/500\text{ cm}$ Beton: klasa čvrstoće C 30/37 Armatura: klasa C (500 MPa)		Presek: $b/d = 150/500\text{ cm}$ Beton: klasa čvrstoće C 30/37 Armatura: klasa C (500 MPa)		Presek: $b/d = 100/500\text{ cm}$ Beton: klasa čvrstoće C 30/37 Armatura: klasa C (500 MPa)	
Neutegnut	Utegnut	Neutegnut	Utegnut	Neutegnut	Utegnut
Podužna arm.: $\Re 28/15$ (0,91 %)	Podužna arm.: $\Re 28/15$ (0,91 %)	Podužna arm.: $\Re 32/15$ (1,72 %)	Podužna arm.: $\Re 32/15$ (1,72 %)	Podužna arm.: $\Re 28/15$ (0,91 %)	Podužna arm.: $\Re 28/15$ (0,91 %)
Poprečna arm.?? $\Re 14/15$	Poprečna arm.: $\Re 12/12,5$ dod. pop. arm.: $\Re 12/12,5$	Poprečna arm.: $\Re 16/15$	Poprečna arm.: $\Re 14/12,5$ dod. pop. arm.: $\Re 14/12,5$	Poprečna arm.: $\Re 14/15$	Poprečna arm.: $\Re 12/12,5$ dod. pop. arm.: $\Re 12/12,5$
					

Tabela B-18. Kombinacija V333

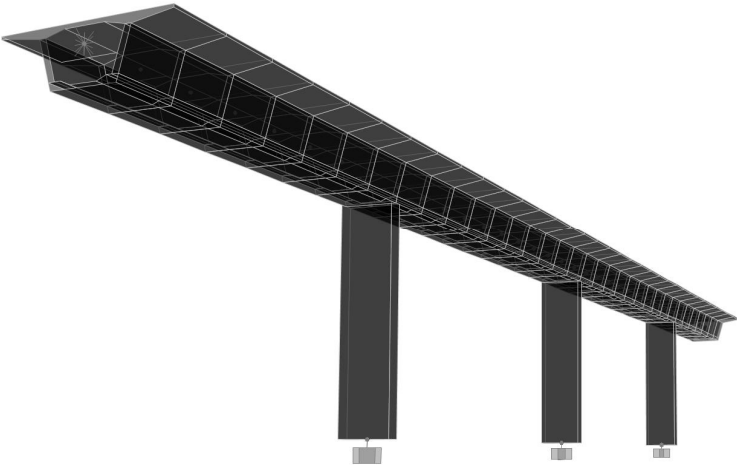
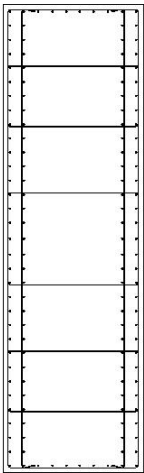
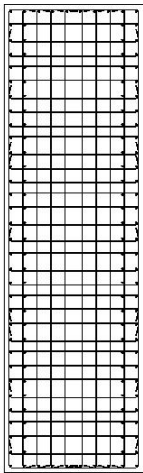
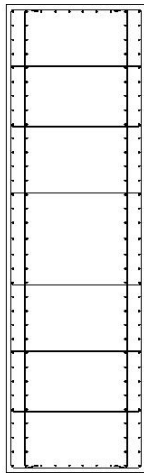
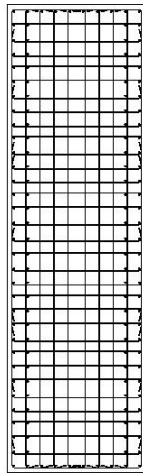
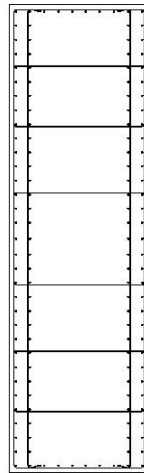
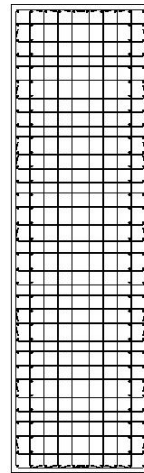
					
Stub-1 ($L_{stuba} = 21\text{ m}$)		Stub-2 ($L_{stuba} = 21\text{ m}$)		Stub-3 ($L_{stuba} = 21\text{ m}$)	
Presek: $b/d = 150/500\text{ cm}$ Beton: klasa čvrstoće C 30/37 Armatura: klasa C (500 MPa)		Presek: $b/d = 150/500\text{ cm}$ Beton: klasa čvrstoće C 30/37 Armatura: klasa C (500 MPa)		Presek: $b/d = 150/500\text{ cm}$ Beton: klasa čvrstoće C 30/37 Armatura: klasa C (500 MPa)	
Neutegnut	Utegnut	Neutegnut	Utegnut	Neutegnut	Utegnut
Podužna arm.: $\varnothing 28/15$ (1,18 %)	Podužna arm.: $\varnothing 28/15$ (1,18 %)	Podužna arm.: $\varnothing 28/15$ (1,18 %)	Podužna arm.: $\varnothing 28/15$ (1,18 %)	Podužna arm.: $\varnothing 28/15$ (1,18 %)	Podužna arm.: $\varnothing 28/15$ (1,18 %)
Poprečna arm.: $\varnothing 14/15$	Poprečna arm.: $\varnothing 12/12,5$ dod. pop. arm.: $\varnothing 12/12,5$	Poprečna arm.: $\varnothing 14/15$	Poprečna arm.: $\varnothing 12/12,5$ dod. pop. arm.: $\varnothing 12/12,5$	Poprečna arm.: $\varnothing 14/15$	Poprečna arm.: $\varnothing 12/12,5$ dod. pop. arm.: $\varnothing 12/12,5$
					

Tabela B-19. Kombinacija V222 („I” poprečni presek stubova)

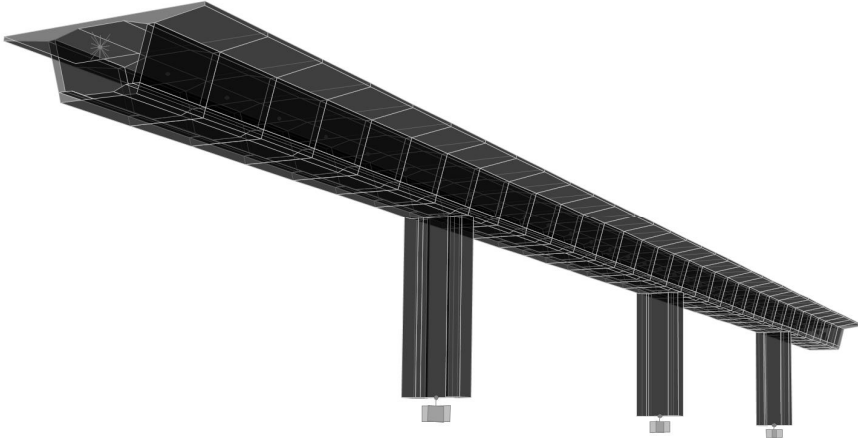
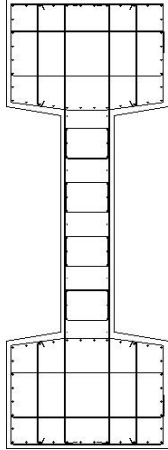
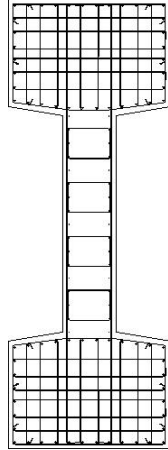
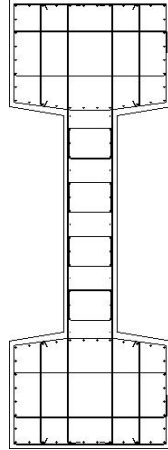
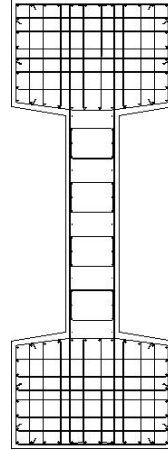
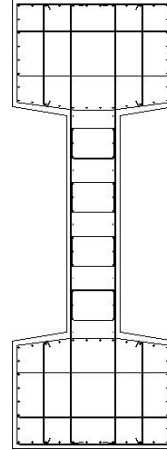
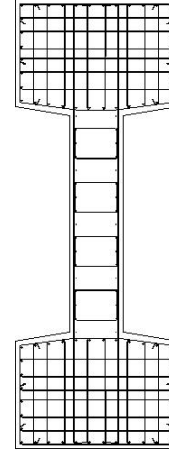
					
Stub-1 ($L_{stuba} = 14\text{ m}$)		Stub-2 ($L_{stuba} = 14\text{ m}$)		Stub-3 ($L_{stuba} = 14\text{ m}$)	
Presek: $b^*/d^* = 180/500\text{ cm}$ Flanša: 120/180 cm Rebro: $d_{rebra} = 60\text{ cm}$ Beton: klasa čvrstoće C 50/60 Armatura: klasa C (500 MPa)		Presek: $b^*/d^* = 180/500\text{ cm}$ Flanša: 120/180 cm Rebro: $d_{rebra} = 70\text{ cm}$ Beton: klasa čvrstoće C 50/60 Armatura: klasa C (500 MPa)		Presek: $b^*/d^* = 180/500\text{ cm}$ Flanša: 120/180 cm Rebro: $d_{rebra} = 60\text{ cm}$ Beton: klasa čvrstoće C 50/60 Armatura: klasa C (500 MPa)	
Neutegnut	Utegnut	Neutegnut	Utegnut	Neutegnut	Utegnut
Flanše: Podužna arm.: $\text{Ø}28/15$ Poprečna arm.: $\text{Ø}12/15$ Rebro: h. arm: $\text{Ø}16/12,5$ v. arm: $\text{Ø}16/15$ $\mu_{podužna} = 0,81\%$	Flanše: Podužna arm.: $\text{Ø}28/15$ Poprečna arm.: $\text{Ø}14/12,5$ Rebro: h. arm: $\text{Ø}16/12,5$ v. arm: $\text{Ø}16/15$ $\mu_{podužna} = 0,81\%$	Flanše: Podužna arm.: $\text{Ø}28/15$ Poprečna arm.: $\text{Ø}12/12,5$ Rebro: h. arm: $\text{Ø}16/12,5$ v. arm: $\text{Ø}16/15$ $\mu_{podužna} = 0,78\%$	Flanše: Podužna arm.: $\text{Ø}28/15$ Poprečna arm.: $\text{Ø}14/12,5$ Rebro: h. arm: $\text{Ø}16/12,5$ v. arm: $\text{Ø}16/15$ $\mu_{podužna} = 0,78\%$	Flanše: Podužna arm.: $\text{Ø}28/15$ Poprečna arm.: $\text{Ø}12/15$ Rebro: h. arm: $\text{Ø}16/12,5$ v. arm: $\text{Ø}16/15$ $\mu_{podužna} = 0,81\%$	Flanše: Podužna arm.: $\text{Ø}28/15$ Poprečna arm.: $\text{Ø}14/12,5$ Rebro: h. arm: $\text{Ø}16/12,5$ v. arm: $\text{Ø}16/15$ $\mu_{podužna} = 0,81\%$
					

Tabela B-20. Kombinacija V333 („I” poprečni presek stubova)

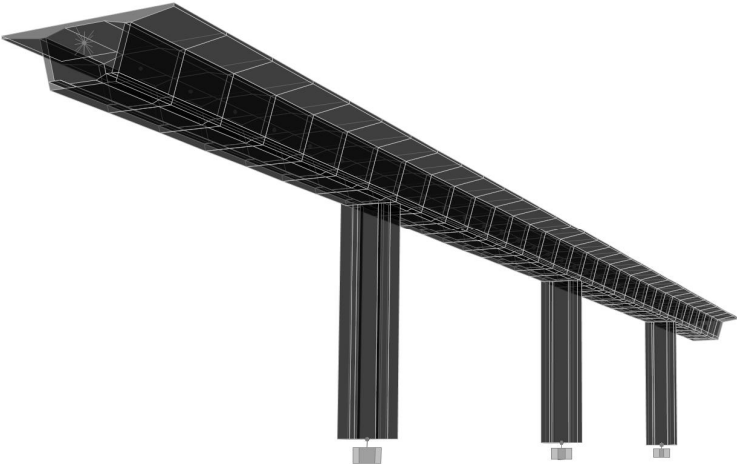
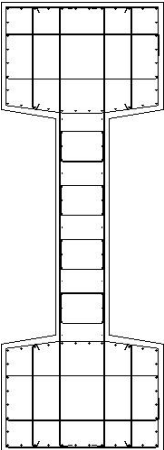
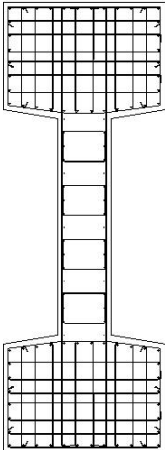
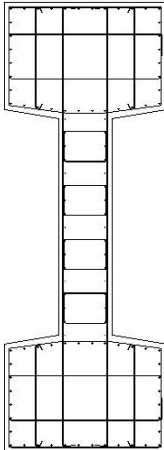
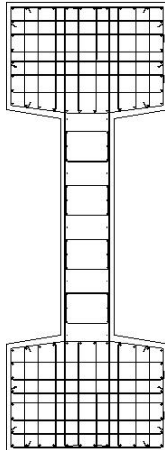
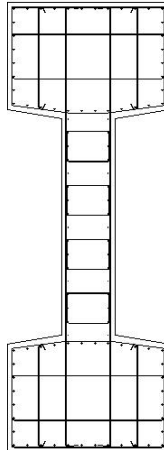
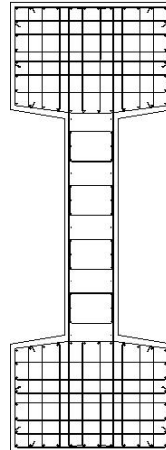
					
Stub-1 ($L_{stuba} = 21$ m)		Stub-2 ($L_{stuba} = 21$ m)		Stub-3 ($L_{stuba} = 21$ m)	
Presek: $b^*/d^* = 180/500$ cm Flanša: 120/180 cm Rebro: $d_{rebra} = 40$ cm Beton: klasa čvrstoće C 50/60 Armatura: klasa C (500 MPa)		Presek: $b^*/d^* = 180/500$ cm Flanša: 120/180 cm Rebro: $d_{rebra} = 50$ cm Beton: klasa čvrstoće C 50/60 Armatura: klasa C (500 MPa)		Presek: $b^*/d^* = 180/500$ cm Flanša: 120/180 cm Rebro: $d_{rebra} = 40$ cm Beton: klasa čvrstoće C 50/60 Armatura: klasa C (500 MPa)	
Neutegnut	Utegnut	Neutegnut	Utegnut	Neutegnut	Utegnut
Flanše: Podužna arm.: $\varnothing 28/15$ Poprečna arm.: $\varnothing 12/15$ Rebro: h. arm: $\varnothing 16/15$ v. arm: $\varnothing 16/15$ $\mu_{podužna} = 0,89$ %	Flanše: Podužna arm.: $\varnothing 28/15$ Poprečna arm.: $\varnothing 14/12,5$ Rebro: h. arm: $\varnothing 16/15$ v. arm: $\varnothing 16/15$ $\mu_{podužna} = 0,89$ %	Flanše: Podužna arm.: $\varnothing 28/15$ Poprečna arm.: $\varnothing 12/12,5$ Rebro: h. arm: $\varnothing 16/15$ v. arm: $\varnothing 16/15$ $\mu_{podužna} = 0,85$ %	Flanše: Podužna arm.: $\varnothing 28/15$ Poprečna arm.: $\varnothing 14/12,5$ Rebro: h. arm: $\varnothing 16/15$ v. arm: $\varnothing 16/15$ $\mu_{podužna} = 0,85$ %	Flanše: Podužna arm.: $\varnothing 28/15$ Poprečna arm.: $\varnothing 12/15$ Rebro: h. arm: $\varnothing 16/15$ v. arm: $\varnothing 16/15$ $\mu_{podužna} = 0,89$ %	Flanše: Podužna arm.: $\varnothing 28/15$ Poprečna arm.: $\varnothing 14/12,5$ Rebro: h. arm: $\varnothing 16/15$ v. arm: $\varnothing 16/15$ $\mu_{podužna} = 0,89$ %
					

Tabela B–21. Kombinacija V222 („kombinovani” poprečni preseći stubova)

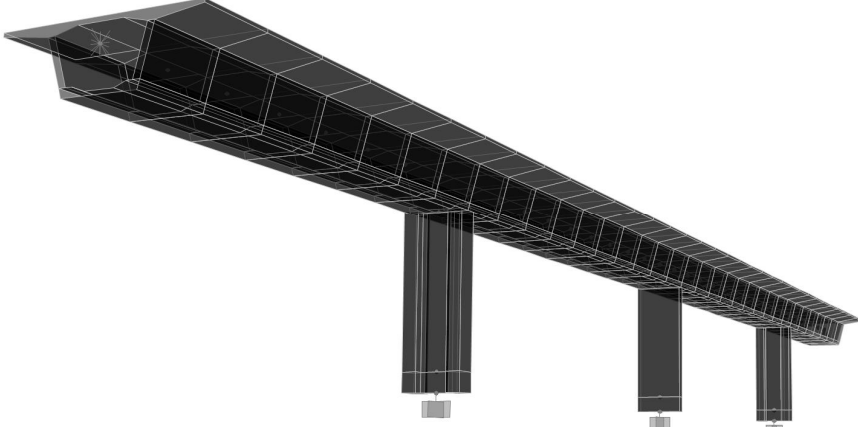
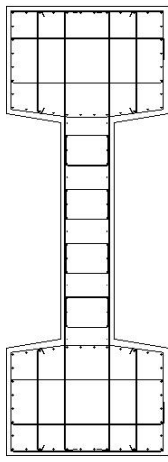
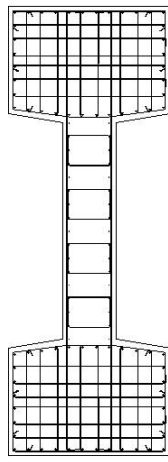
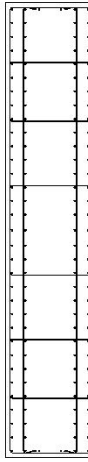
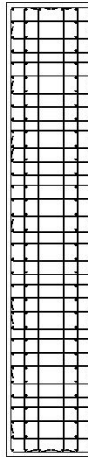
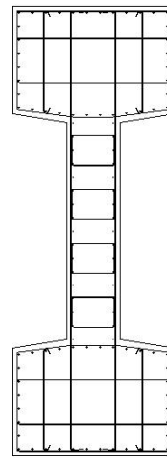
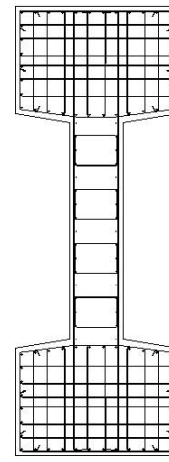
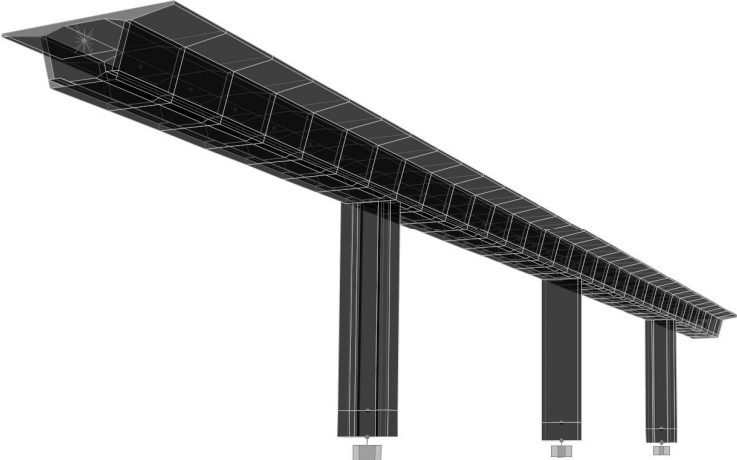
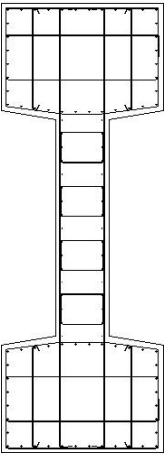
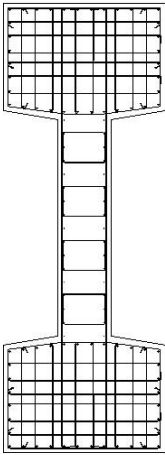
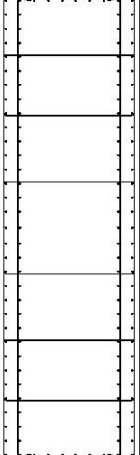
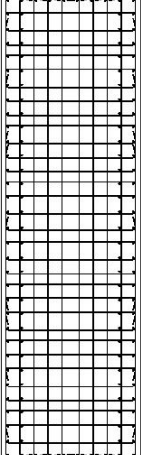
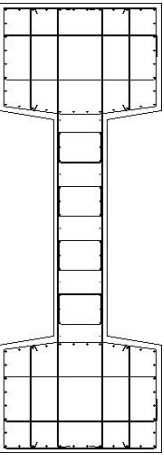
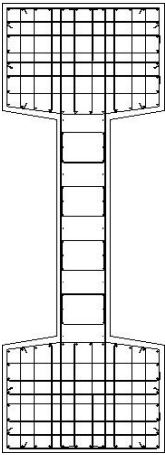
					
Stub-1 ($L_{stuba} = 14 \text{ m}$)		Stub-2 ($L_{stuba} = 14 \text{ m}$)		Stub-3 ($L_{stuba} = 14 \text{ m}$)	
Presek: $b^*/d^* = 180/500 \text{ cm}$ Flanša: 120/180 cm Rebro: $d_{rebra} = 60 \text{ cm}$ Beton: klasa čvrstoće C 50/60 Armatura: klasa C (500 MPa)		Presek: $b/d = 100/500 \text{ cm}$ Beton: klasa čvrstoće C 30/37 Armatura: klasa C (500 MPa)		Presek: $b^*/d^* = 180/500 \text{ cm}$ Flanša: 120/180 cm Rebro: $d_{rebra} = 60 \text{ cm}$ Beton: klasa čvrstoće C 50/60 Armatura: klasa C (500 MPa)	
Neutegnut	Utegnut	Neutegnut	Utegnut	Neutegnut	Utegnut
Flanše: Podužna arm.: $\text{Ø}28/15$ Poprečna arm.: $\text{Ø}12/15$ Rebro: h. arm: $\text{Ø}16/12,5$ v. arm: $\text{Ø}16/15$ $\mu_{podužna} = 0,81 \%$	Flanše: Podužna arm.: $\text{Ø}28/15$ Poprečna arm.: $\text{Ø}14/12,5$ Rebro: h. arm: $\text{Ø}16/12,5$ v. arm: $\text{Ø}16/15$ $\mu_{podužna} = 0,81 \%$	Podužna arm.: $\text{Ø}28/15$ (1,67 %) Poprečna arm.: $\text{Ø}14/15$	Podužna arm.: $\text{Ø}28/15$ (1,67 %) Poprečna arm.: $\text{Ø}12/12,5$ dod. pop. arm.: $\text{Ø}12/12,5$	Flanše: Podužna arm.: $\text{Ø}28/15$ Poprečna arm.: $\text{Ø}12/15$ Rebro: h. arm: $\text{Ø}16/12,5$ v. arm: $\text{Ø}16/15$ $\mu_{podužna} = 0,81 \%$	Flanše: Podužna arm.: $\text{Ø}28/15$ Poprečna arm.: $\text{Ø}14/12,5$ Rebro: h. arm: $\text{Ø}16/12,5$ v. arm: $\text{Ø}16/15$ $\mu_{podužna} = 0,81 \%$
					

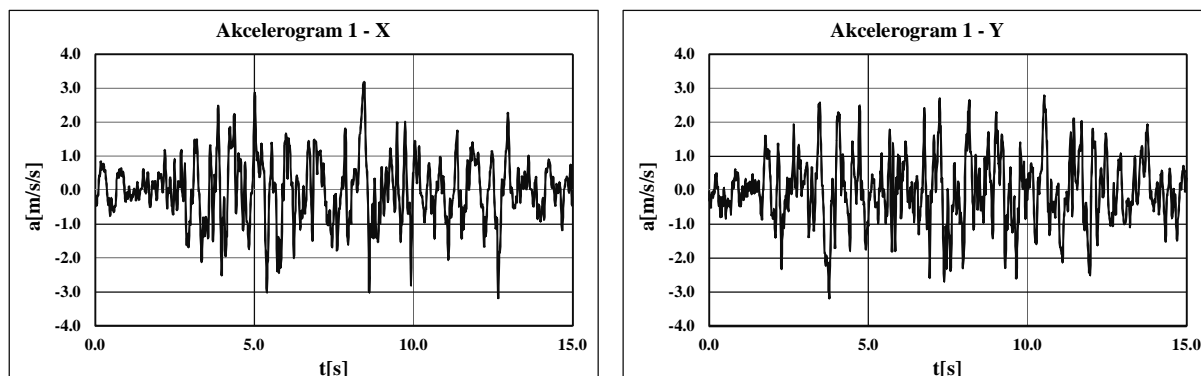
Tabela B-22. Kombinacija V333 („kombinovani” poprečni preseći stubova)

					
Stub-1 ($L_{stuba} = 21$ m)		Stub-2 ($L_{stuba} = 21$ m)		Stub-3 ($L_{stuba} = 21$ m)	
Presek: $b^*/d^* = 180/500$ cm Flanša: 120/180 cm Rebro: $d_{rebra} = 40$ cm Beton: klasa čvrstoće C 50/60 Armatura: klasa C (500 MPa)		Presek: $b/d = 150/500$ cm Beton: klasa čvrstoće C 30/37 Armatura: klasa C (500 MPa)		Presek: $b^*/d^* = 180/500$ cm Flanša: 120/180 cm Rebro: $d_{rebra} = 40$ cm Beton: klasa čvrstoće C 50/60 Armatura: klasa C (500 MPa)	
Neutegnut	Utegnut	Neutegnut	Utegnut	Neutegnut	Utegnut
Flanše: Podužna arm.: $\text{Ø}28/15$ Poprečna arm.: $\text{Ø}12/15$ Rebro: h. arm: $\text{Ø}16/15$ v. arm: $\text{Ø}16/15$ $\mu_{podužna} = 0,89$ %	Flanše: Podužna arm.: $\text{Ø}28/15$ Poprečna arm.: $\text{Ø}14/12,5$ Rebro: h. arm: $\text{Ø}16/15$ v. arm: $\text{Ø}16/15$ $\mu_{podužna} = 0,89$ %	Podužna arm.: $\text{Ø}28/15$ (1,18%) Poprečna arm.: $\text{Ø}14/15$	Podužna arm.: $\text{Ø}28/15$ (1,18%) Poprečna arm.: $\text{Ø}12/12,5$ dod. pop. arm.: $\text{Ø}12/12,5$	Flanše: Podužna arm.: $\text{Ø}28/15$ Poprečna arm.: $\text{Ø}12/15$ Rebro: h. arm: $\text{Ø}16/15$ v. arm: $\text{Ø}16/15$ $\mu_{podužna} = 0,89$ %	Flanše: Podužna arm.: $\text{Ø}28/15$ Poprečna arm.: $\text{Ø}14/12,5$ Rebro: h. arm: $\text{Ø}16/15$ v. arm: $\text{Ø}16/15$ $\mu_{podužna} = 0,89$ %
					

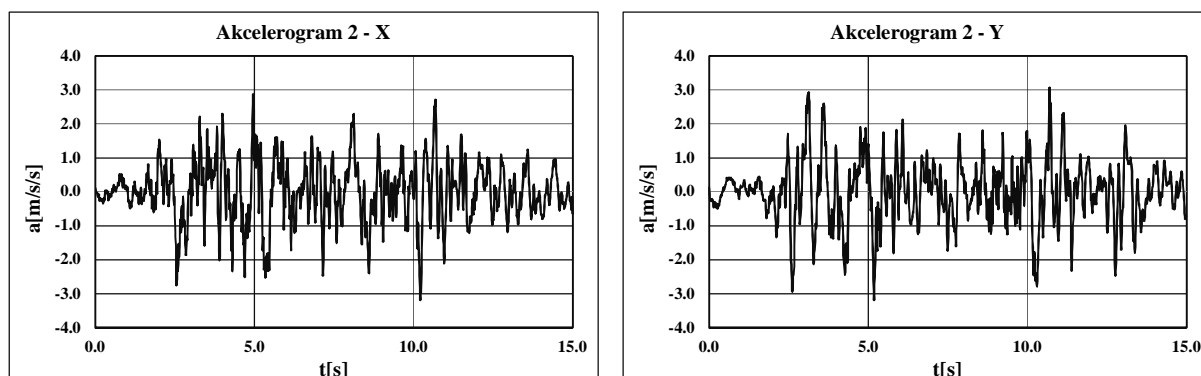
PRILOG C

C.1. Sintetički akceleroگرامи

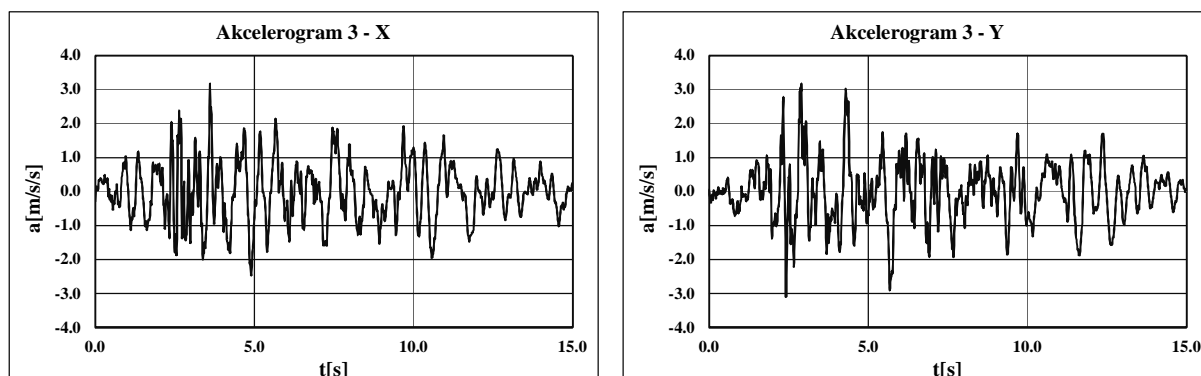
Karakteristike usvojenih parova sintetičkih akceleroگرامа su: trajanje 15 s, broj podataka u zapisu 1500, $\Delta t = 0,01$ s i $a_{max} \approx 0,25$ g. Takođe, usvojeni akceleroگرامи su u skladu sa zahtevima koji su propisani u EN 1998-2 (poglavlje 3).



Slika C–1. Sintetički akceleroگرام 1 (podužni X i poprečni Y pravac)



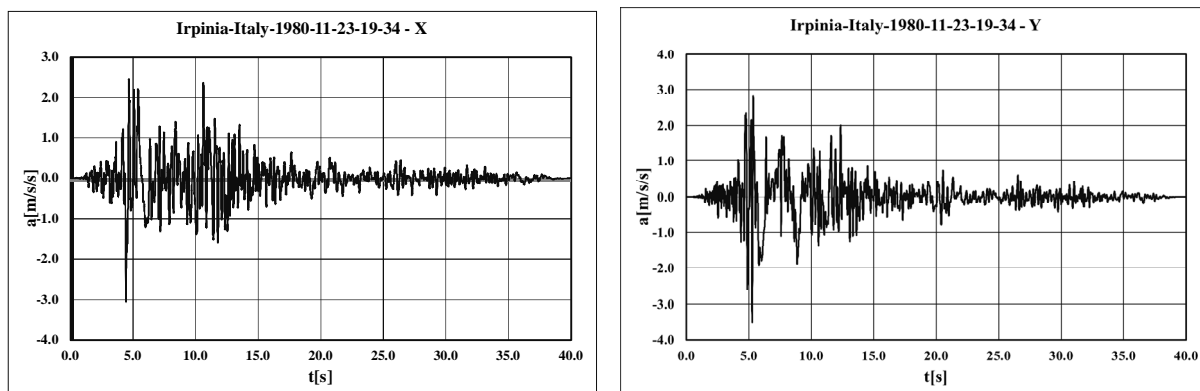
Slika C–2. Sintetički akceleroگرام 2 (podužni X i poprečni Y pravac)



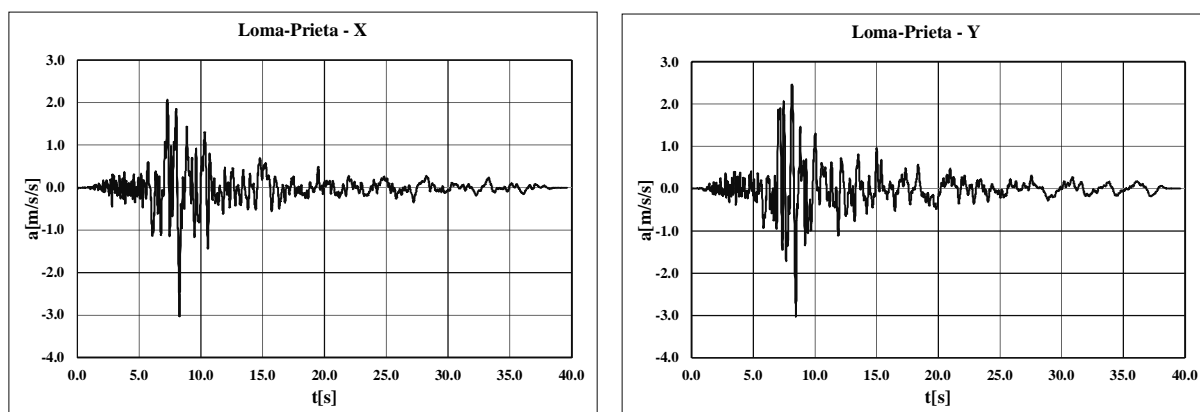
Slika C–3. Sintetički akceleroگرام 3 (podužni X i poprečni Y pravac)

C.2. Realni akceleroگرامи

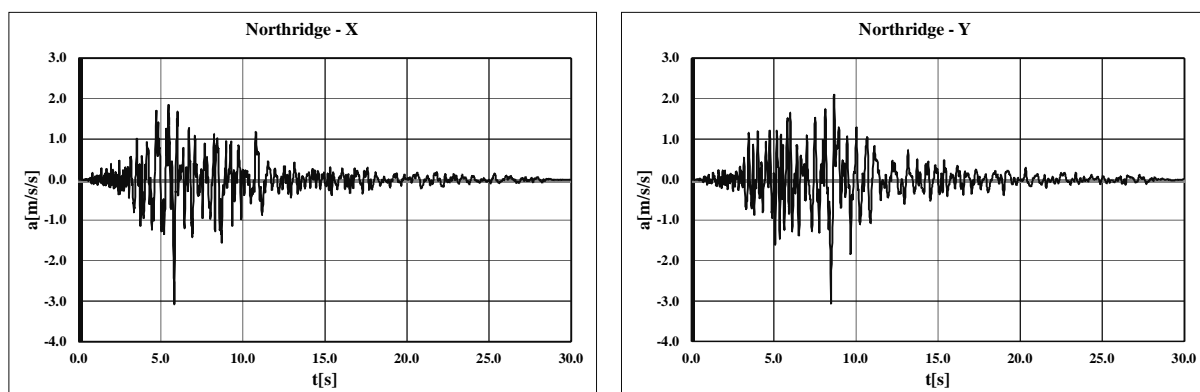
Karakteristike usvojenih parova realnih akceleroگرامа su: $a_{max} \approx 0,25 g$, magnitude od približno 6,5 do 7,1 i $v_{max}/a_{max} \approx 0,1 s - 0,15 s$. Takođe, usvojeni akceleroگرامи su u skladu sa zahtevima koji su propisani u EN 1998-2 (poglavlje 3).



Slika C-4. Realni akceleroگرام 1 (podužni X i poprečni Y pravac) – Irpinia-Italy



Slika C-5. Realni akceleroگرام 2 (podužni X i poprečni Y pravac) – Loma-Prieta

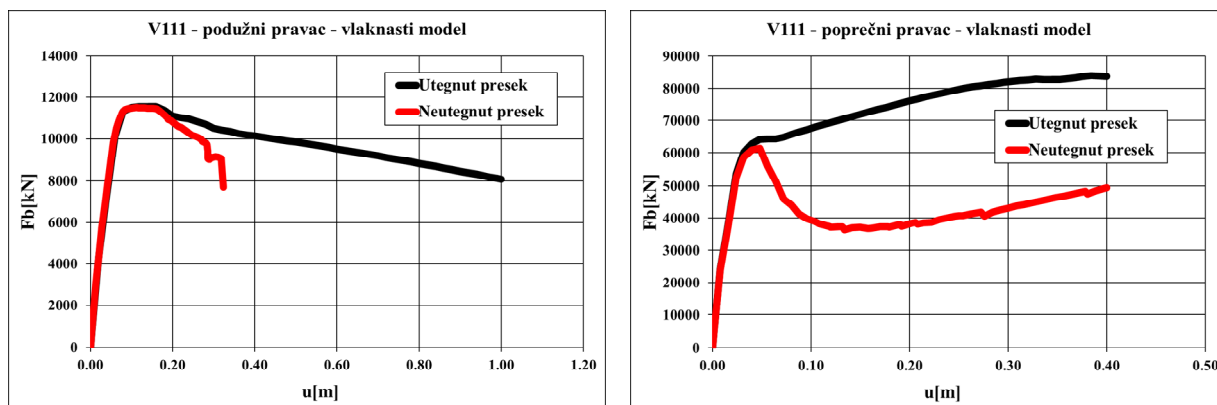


Slika C-6. Realni akceleroگرام 3 (podužni X i poprečni Y pravac) – Northridge-1994

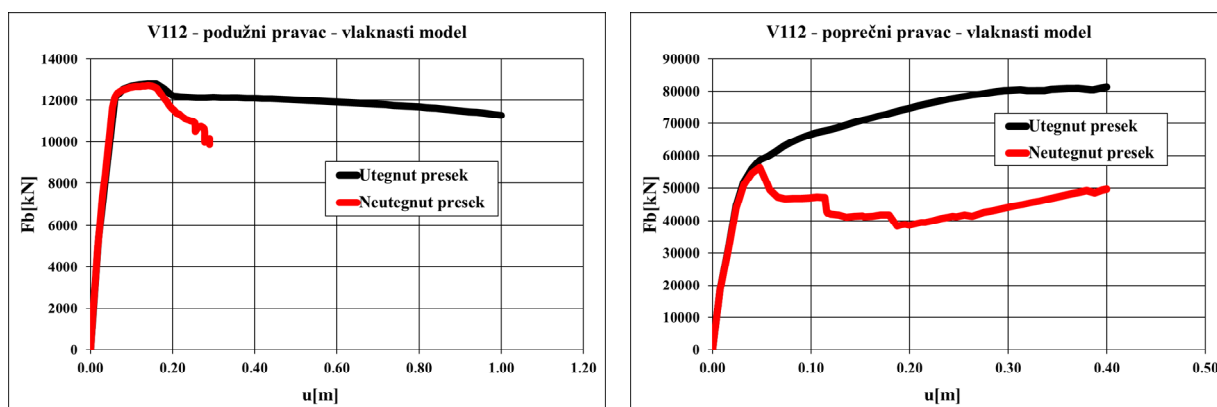
PRILOG D

D.1. Karakteristični rezultati nelinearne statičke „pushover“ analize

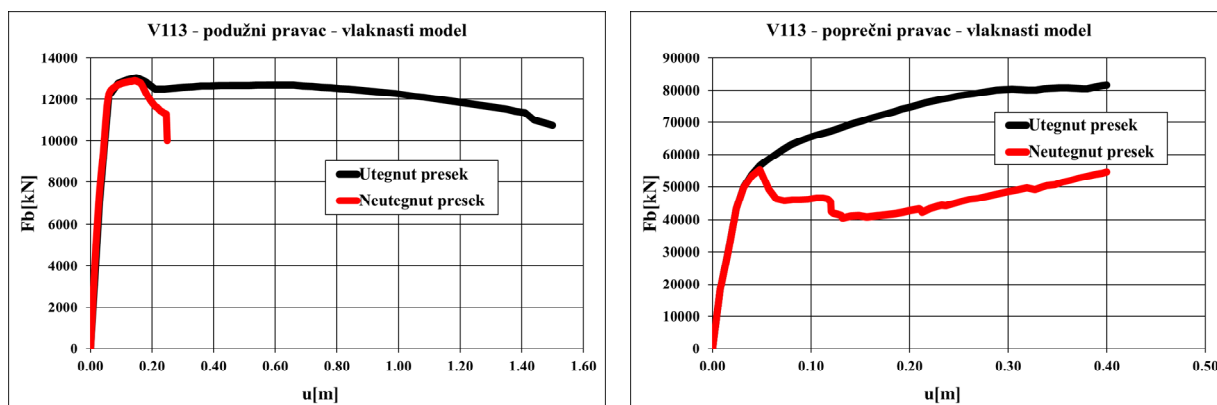
Prikazane su veze između ukupne smičiće sile i relativnog horizontalnog pomeranja kontrolnog čvora svih analiziranih varijanti grednih armiranobetonskih mostova.



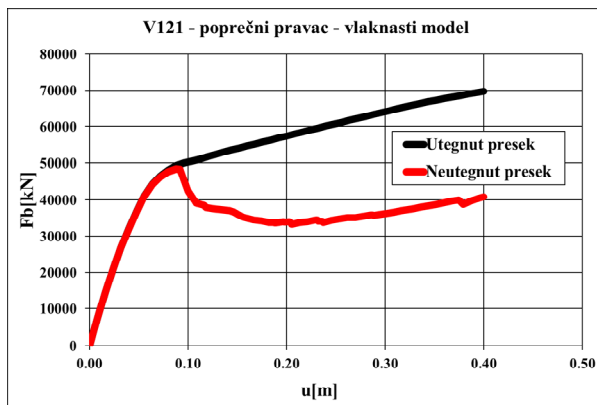
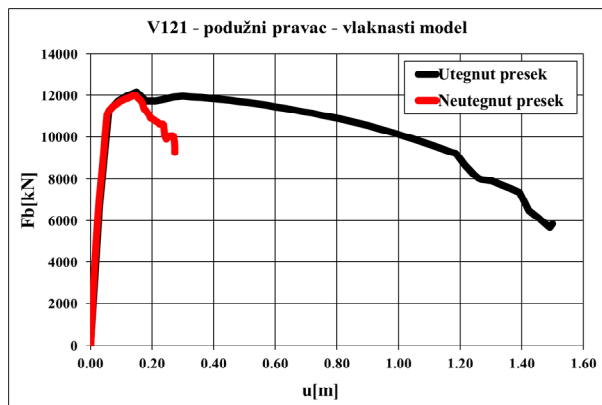
Slika D-1. Kombinacija V111 – „Pushover“ krive (pravougaoni poprečni presecki)



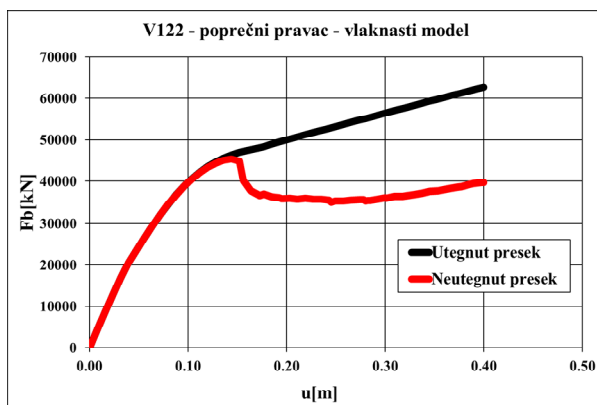
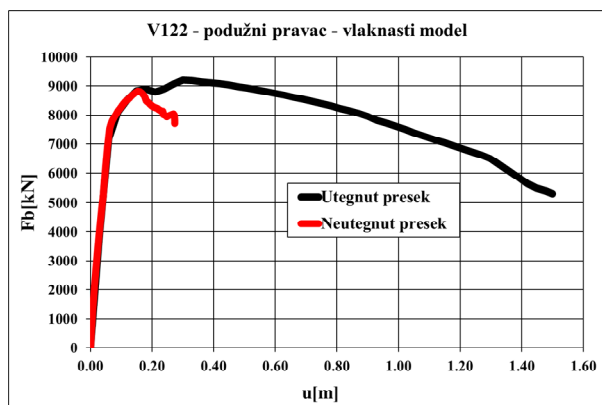
Slika D-2. Kombinacija V112 – „Pushover“ krive (pravougaoni poprečni presecki)



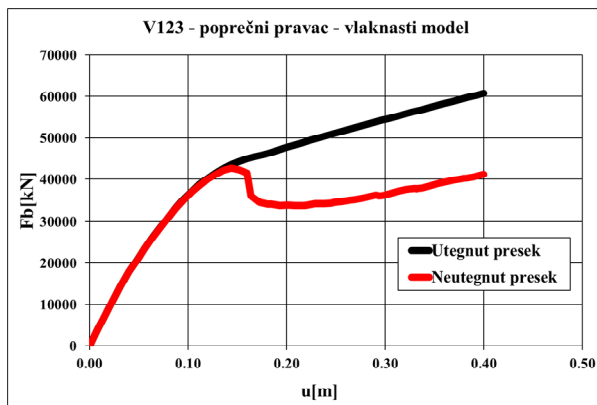
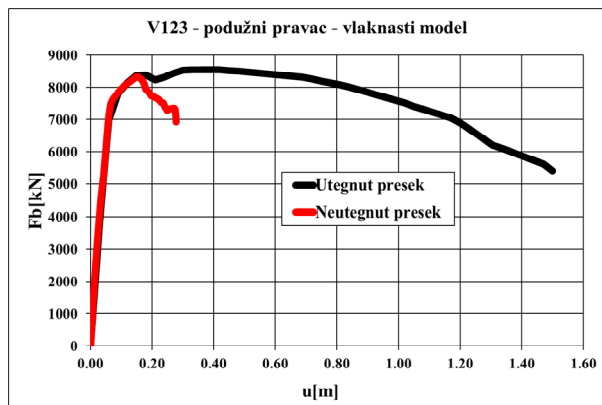
Slika D-3. Kombinacija V113 – „Pushover“ krive (pravougaoni poprečni presecki)



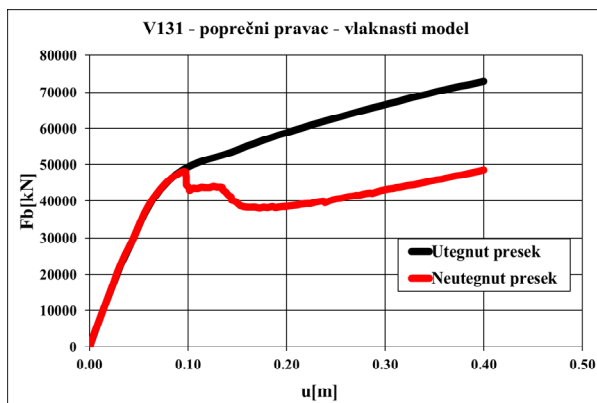
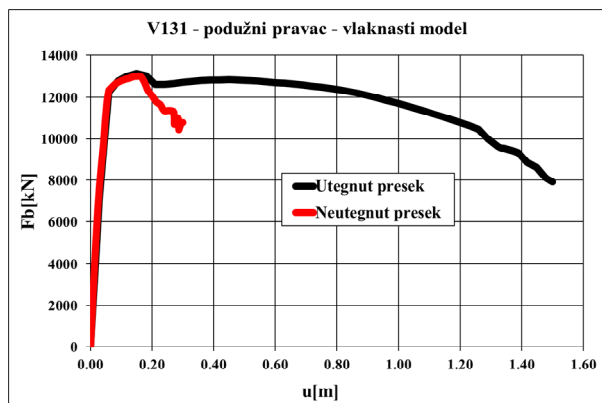
Slika D-4. Kombinacija V121 – „Pushover“ krive (pravougaoni poprečni preseći)



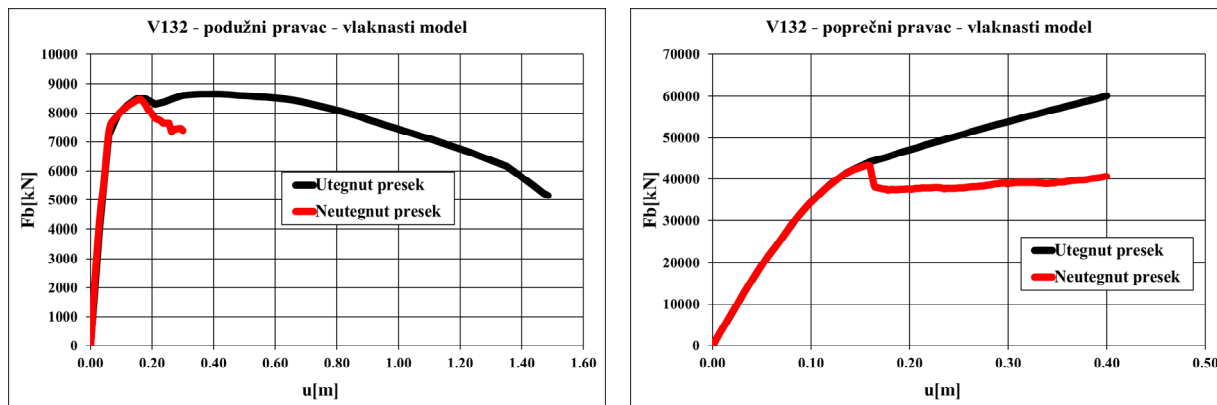
Slika D-5. Kombinacija V122 – „Pushover“ krive (pravougaoni poprečni preseći)



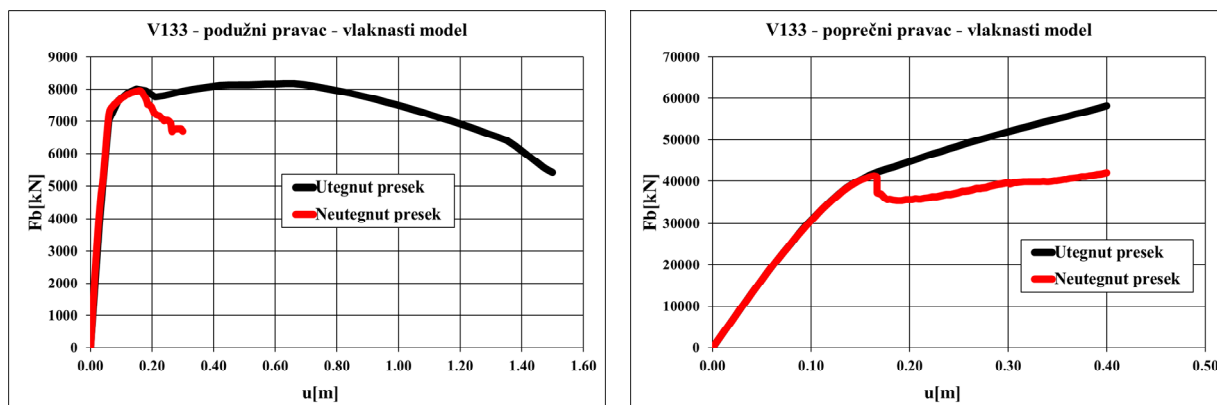
Slika D-6. Kombinacija V123 – „Pushover“ krive (pravougaoni poprečni preseći)



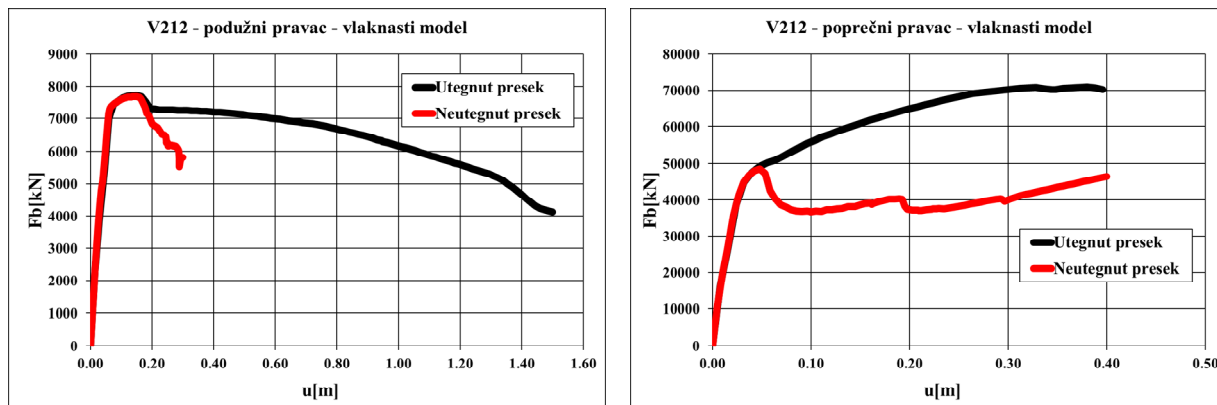
Slika D-7. Kombinacija V131 – „Pushover“ krive (pravougaoni poprečni preseći)



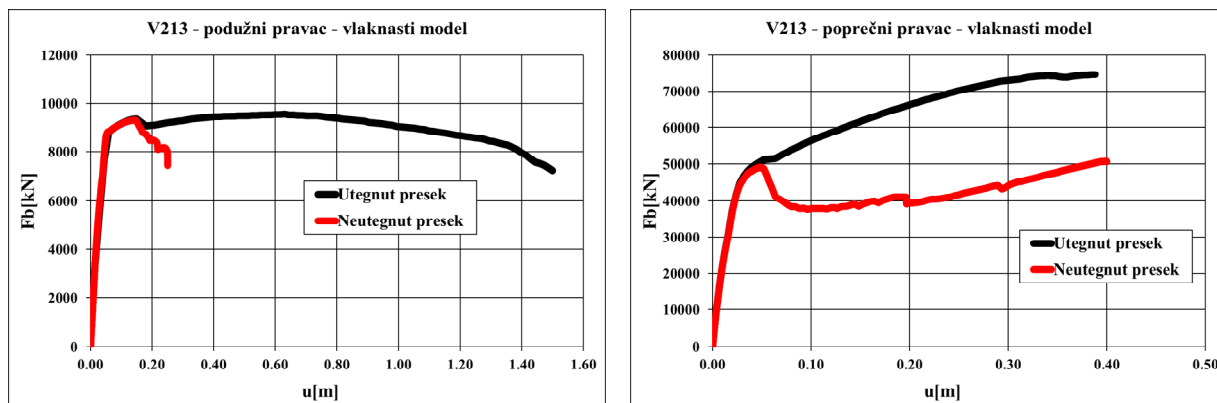
Slika D-8. Kombinacija V132 – „Pushover“ krive (pravougaoni poprečni preseći)



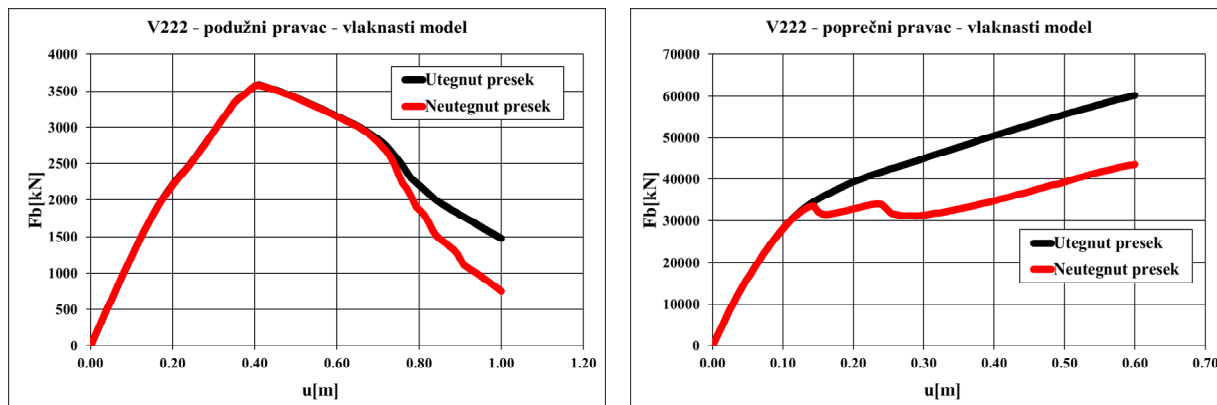
Slika D-9. Kombinacija V133 – „Pushover“ krive (pravougaoni poprečni preseći)



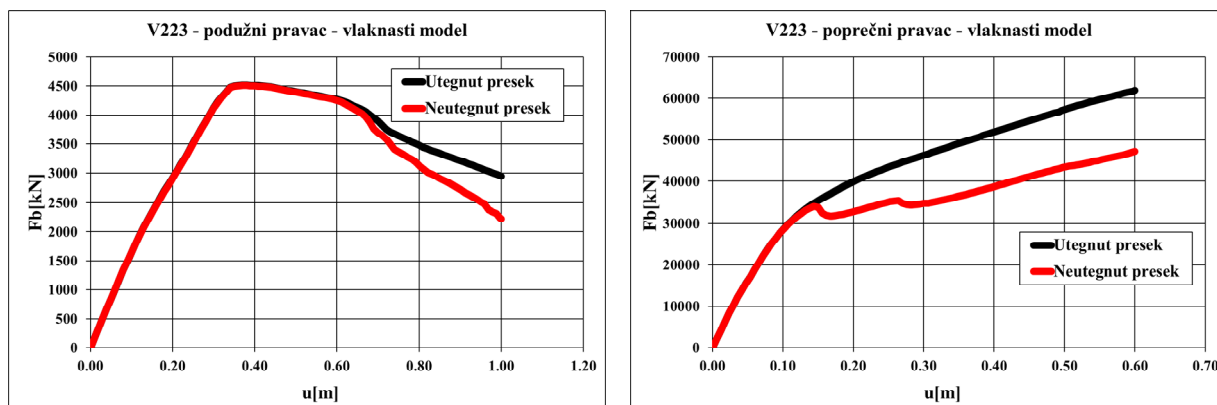
Slika D-10. Kombinacija V212 – „Pushover“ krive (pravougaoni poprečni preseći)



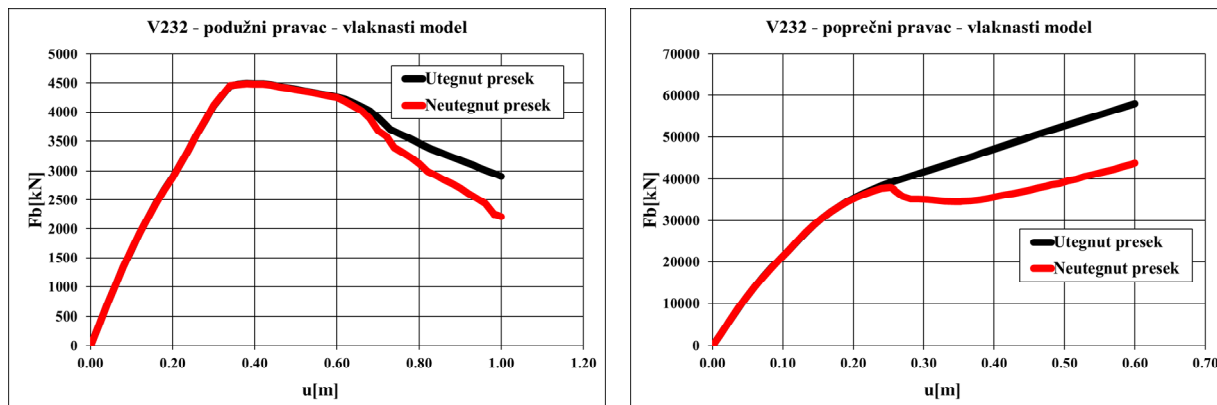
Slika D-11. Kombinacija V213 – „Pushover“ krive (pravougaoni poprečni preseći)



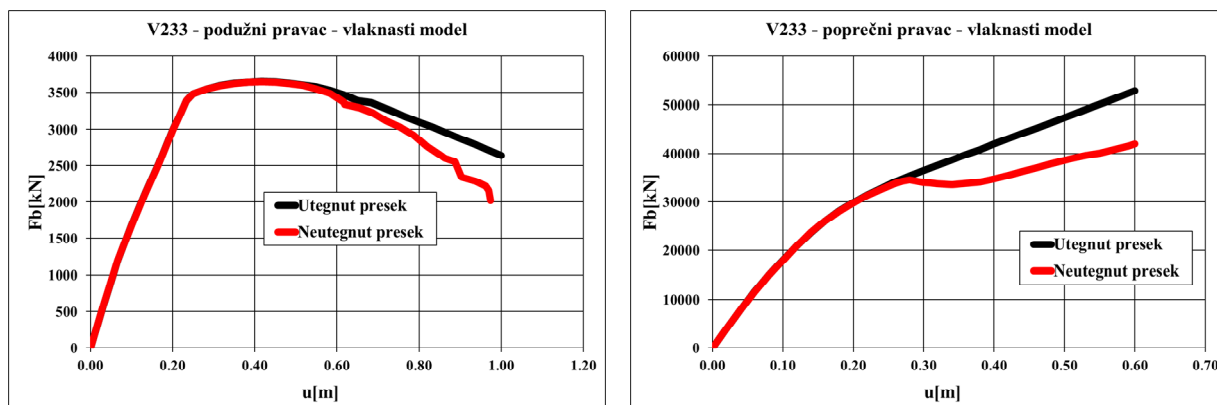
Slika D-12. Kombinacija V222 – „Pushover“ krive (pravougaoni poprečni preseći)



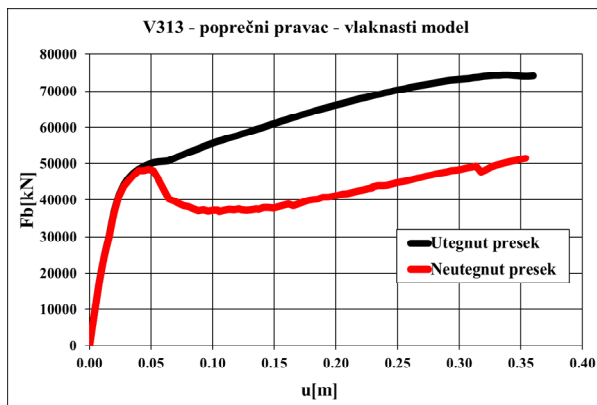
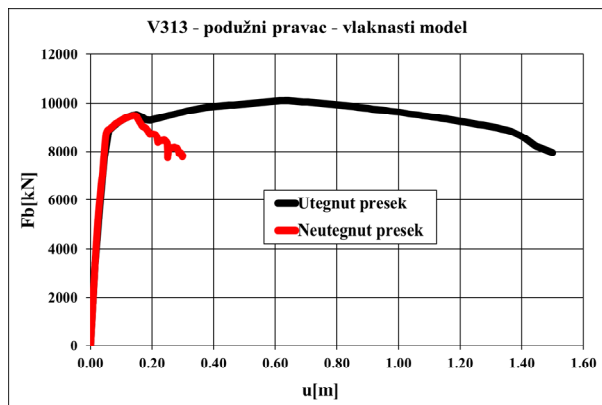
Slika D-13. Kombinacija V223 – „Pushover“ krive (pravougaoni poprečni preseći)



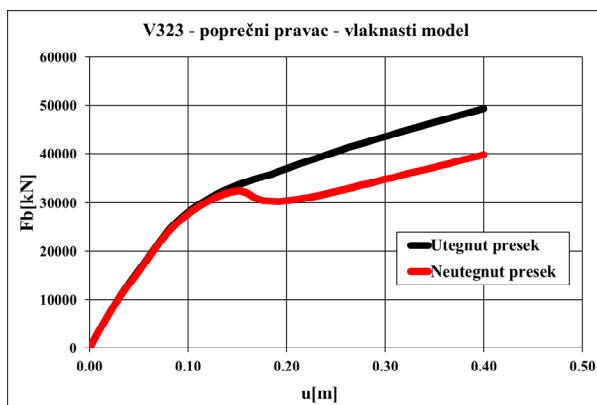
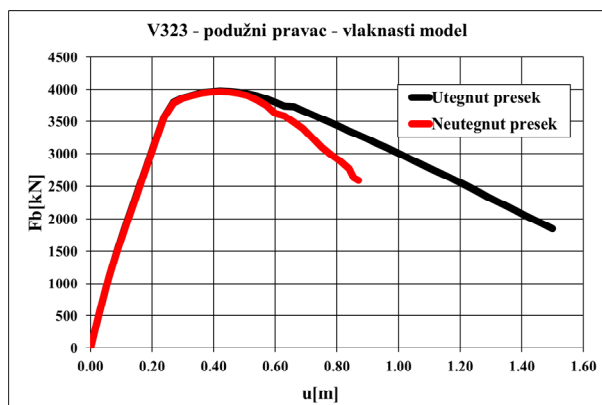
Slika D-14. Kombinacija V232 – „Pushover“ krive (pravougaoni poprečni preseći)



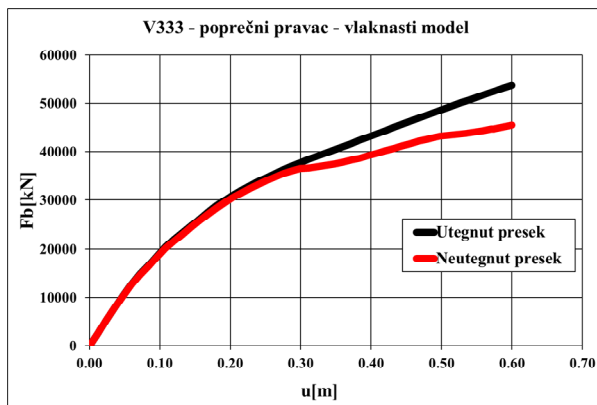
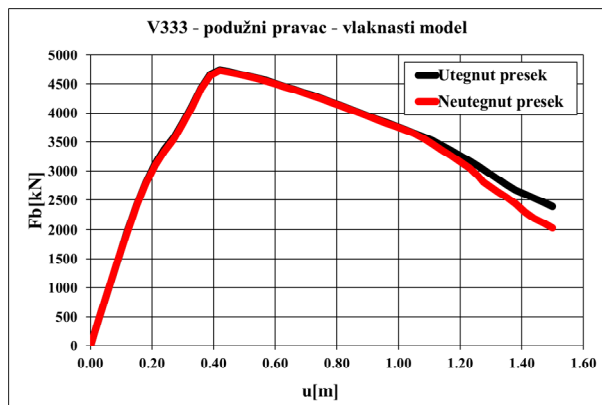
Slika D-15. Kombinacija V233 – „Pushover“ krive (pravougaoni poprečni preseći)



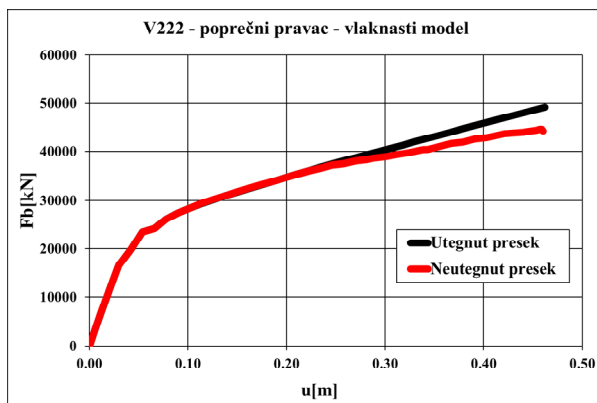
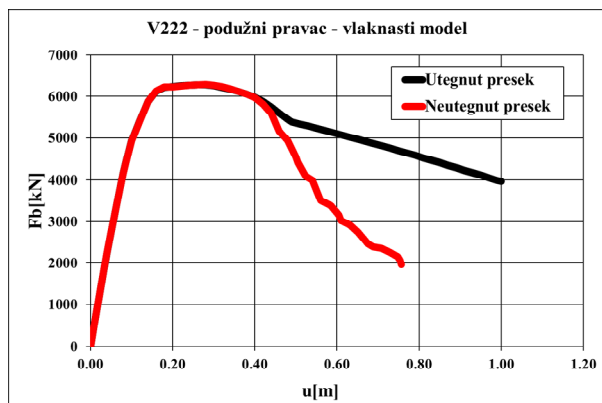
Slika D-16. Kombinacija V313 – „Pushover“ krive (pravougaoni poprečni preseći)



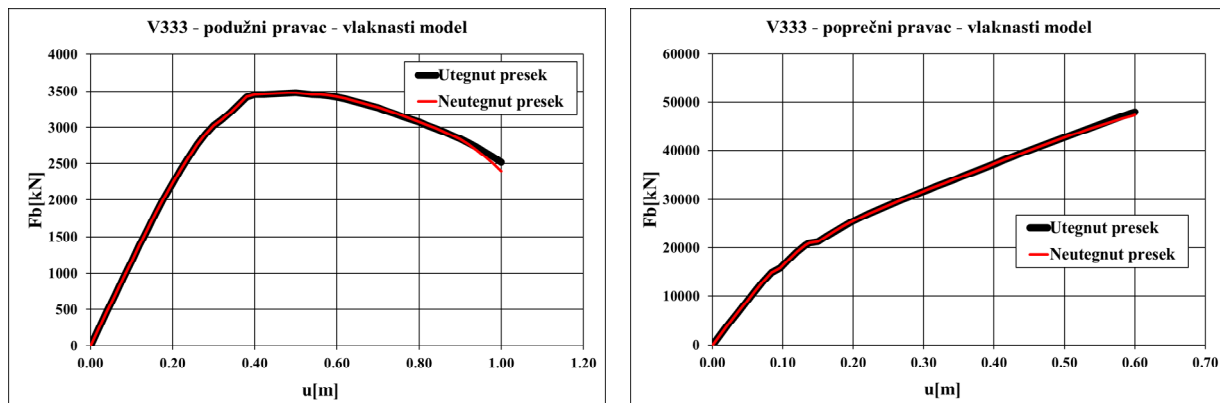
Slika D-17. Kombinacija V323 – „Pushover“ krive (pravougaoni poprečni preseći)



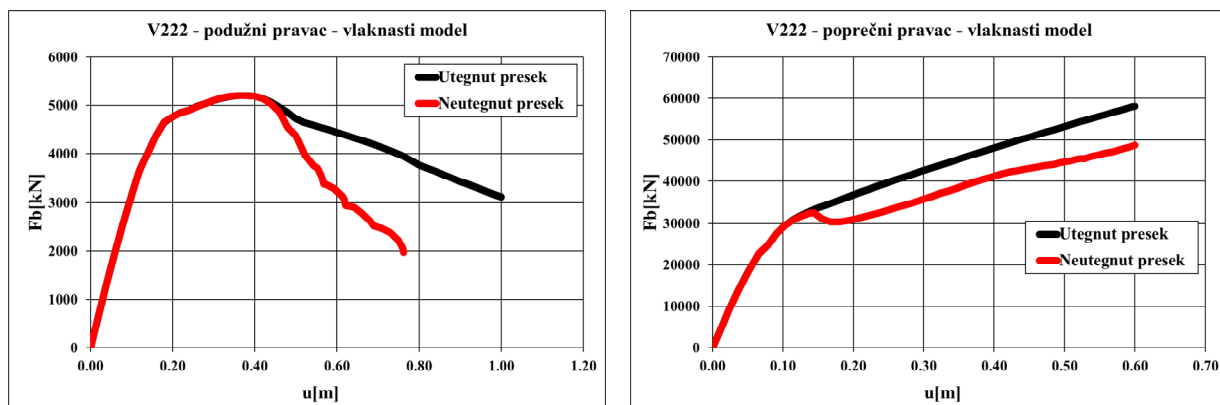
Slika D-18. Kombinacija V333 – „Pushover“ krive (pravougaoni poprečni preseći)



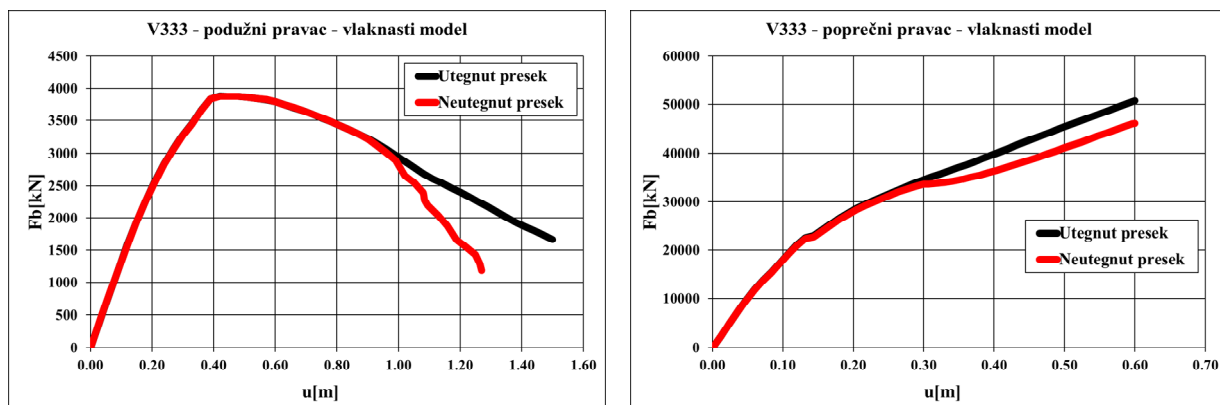
Slika D-19. Kombinacija V222 – „Pushover“ krive („I“ poprečni preseći)



Slika D–20. Kombinacija V222 – „Pushover“ krive („I“ poprečni preseči)



Slika D–21. Kombinacija V222 – „Pushover“ krive („Kombinovani“ poprečni preseči)

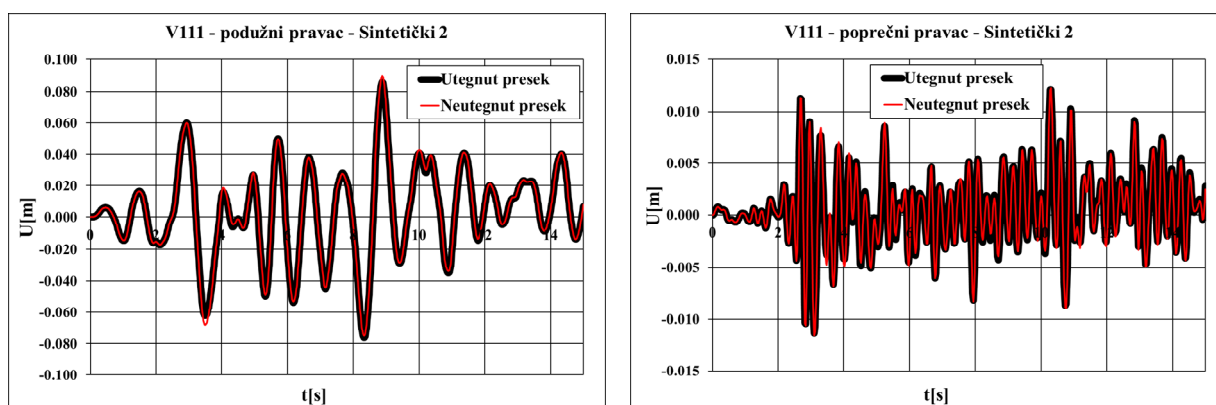


Slika D–22. Kombinacija V333 – „Pushover“ krive („Kombinovani“ poprečni preseči)

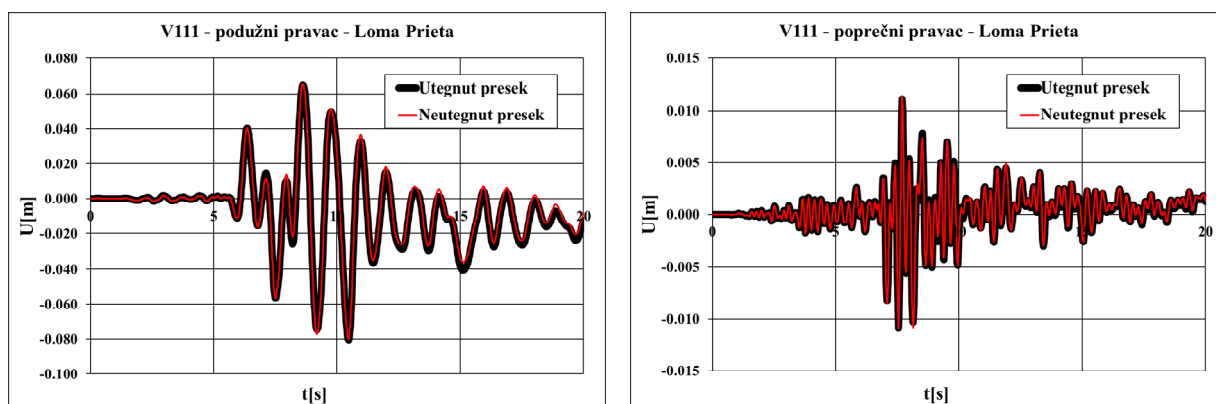
PRILOG E

E. 1. Karakteristični rezultati nelinearne dinamičke analize relativnog horizontalnog pomeranja srednjeg čvora grede mosta

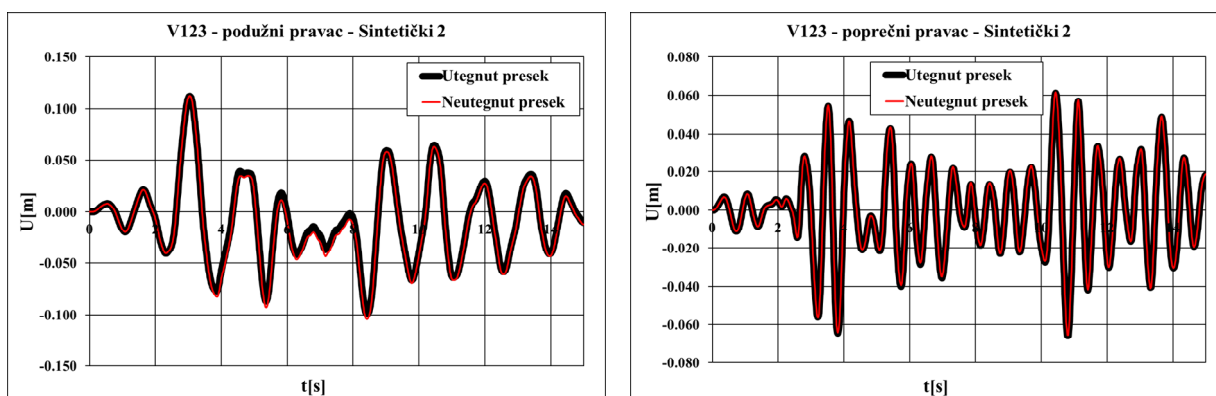
Prikazani su rezultati nelinearne dinamičke analize (NDA) relativnog horizontalnog pomeranja srednjeg čvora grede mosta usled jednog sintetičkog akceleroograma (sintetički akceleroogram 2) i jednog realnog akceleroograma („Loma Prieta“ – realni akceleroogram 2) za kombinacije V111, V123, V222, V233 i V333, posebno za modele sa neutegnutim i utegnutim poprečnim preseccima.



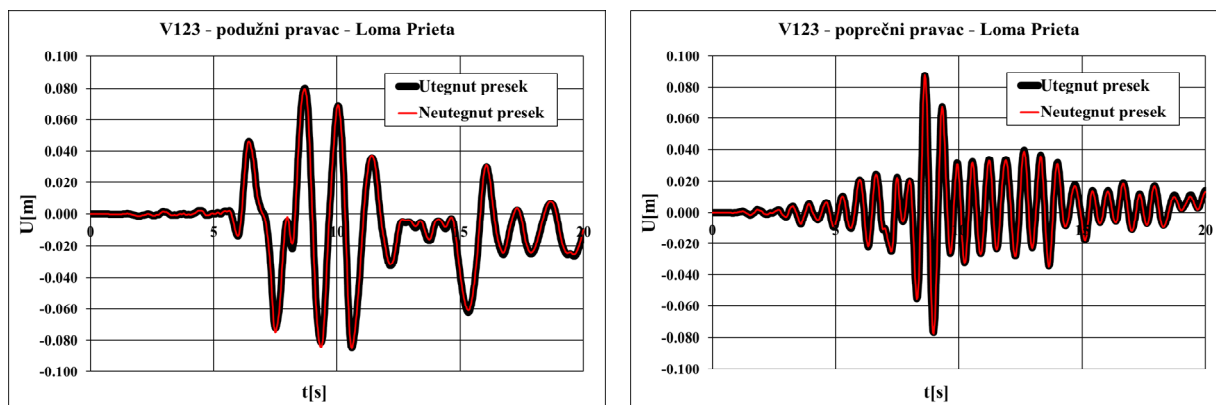
Slika E-1. V111 – relativno horiz. pomeranje sredine grede (sintetički akc. 2) – NDA pravougaoni presecci



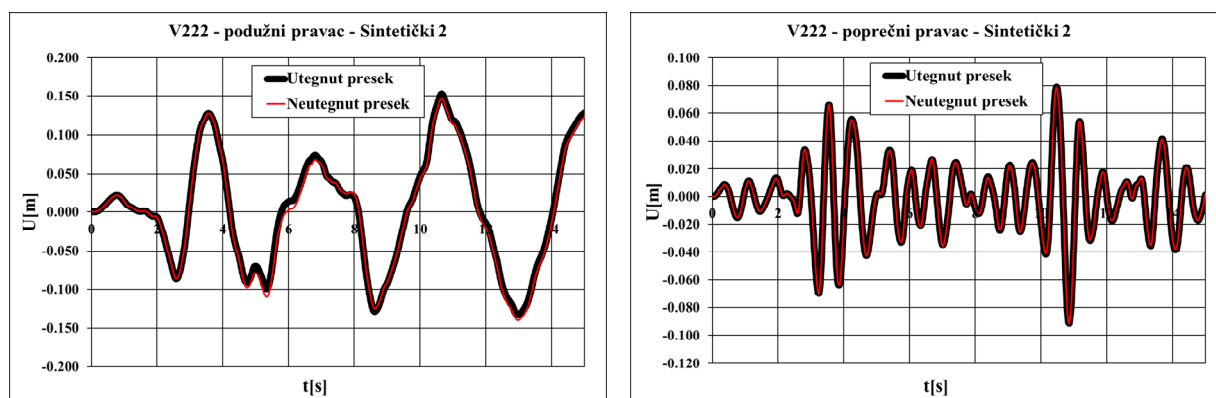
Slika E-2. V111 – relativno horiz. pomeranje sredine grede (realni akc. 2) – NDA pravougaoni presecci



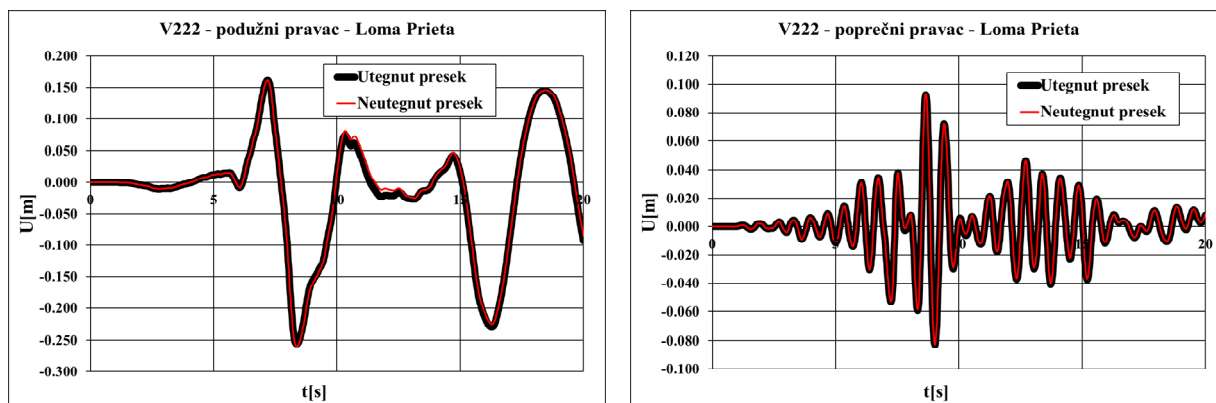
Slika E-3. V123 – relativno horiz. pomeranje sredine grede (sintetički akc. 2) – NDA pravougaoni presecci



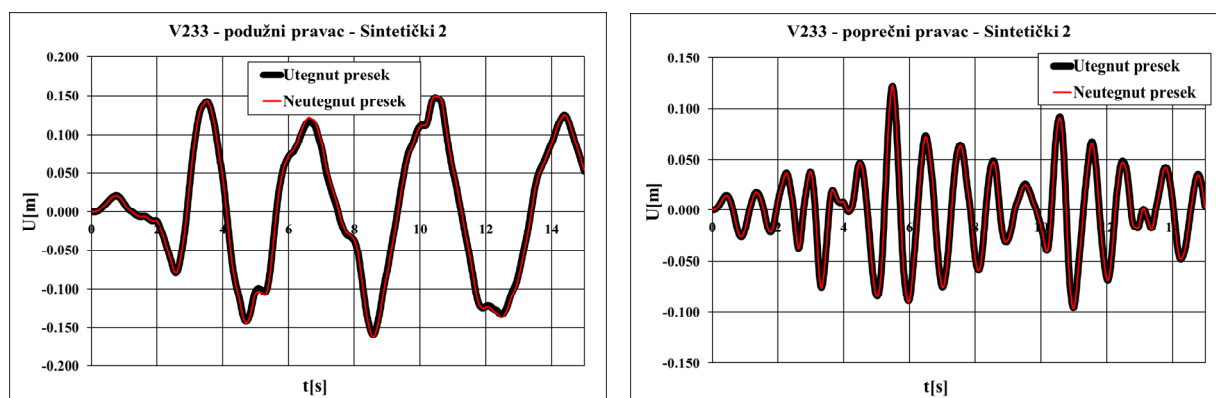
Slika E-4. V123 – relativno horiz. pomeranje sredine grede (realni akc. 2) – NDA pravougaoni presecki



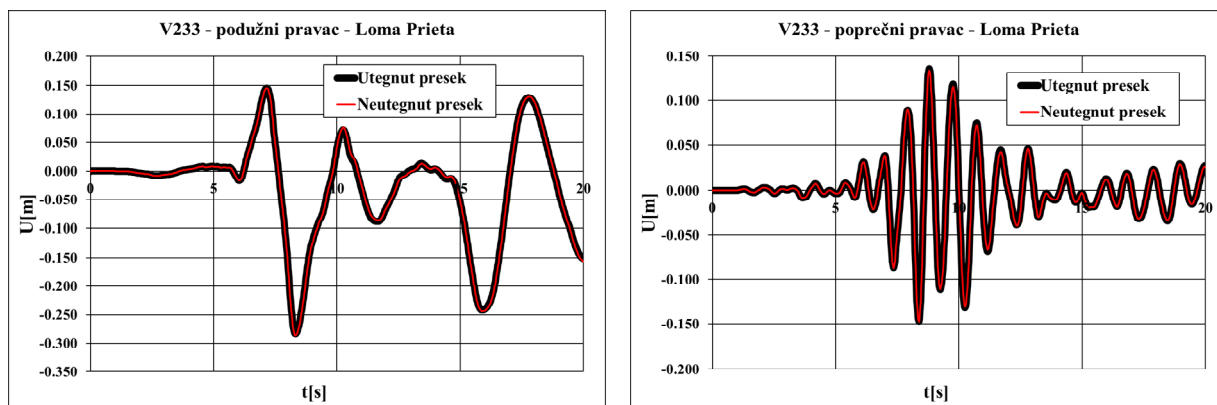
Slika E-5. V222 – relativno horiz. pomeranje sredine grede (sintetički akc. 2) – NDA pravougaoni presecki



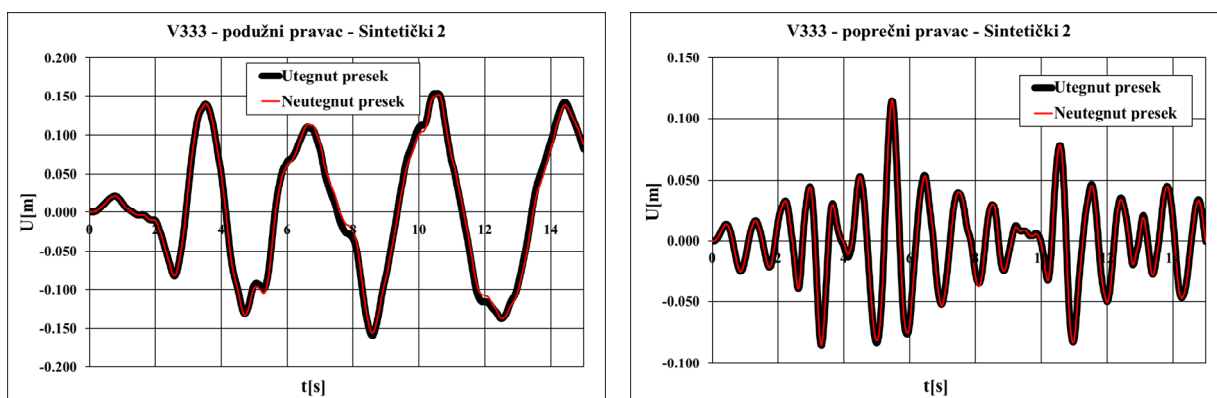
Slika E-6. V222 – relativno horiz. pomeranje sredine grede (realni akc. 2) – NDA pravougaoni presecki



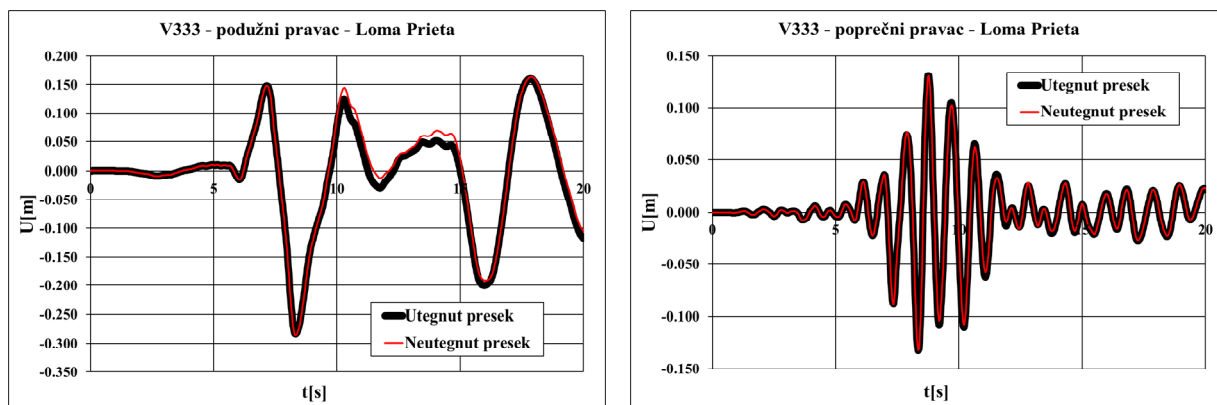
Slika E-7. V233 – relativno horiz. pomeranje sredine grede (sintetički akc. 2) – NDA pravougaoni presecki



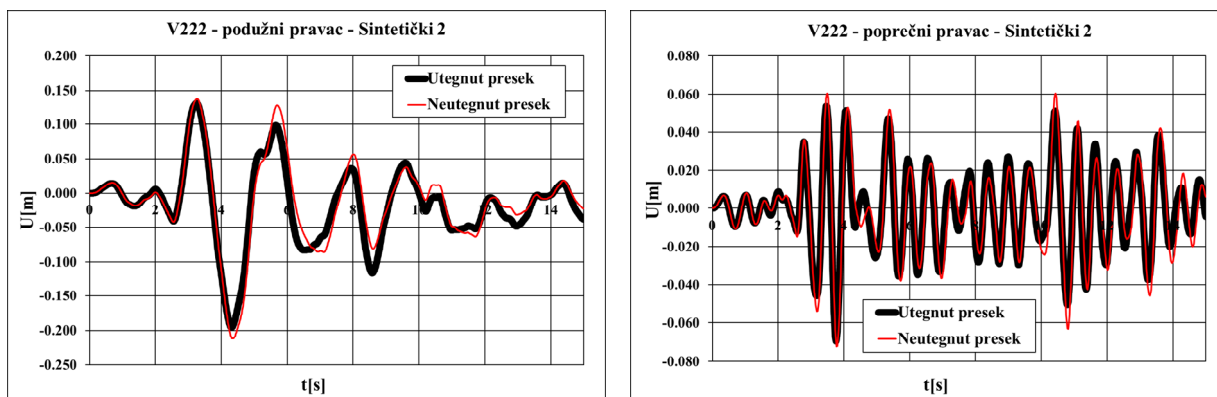
Slika E-8. V233 – relativno horiz. pomeranje sredine grede (realni akc. 2) – NDA pravougaoni presecki



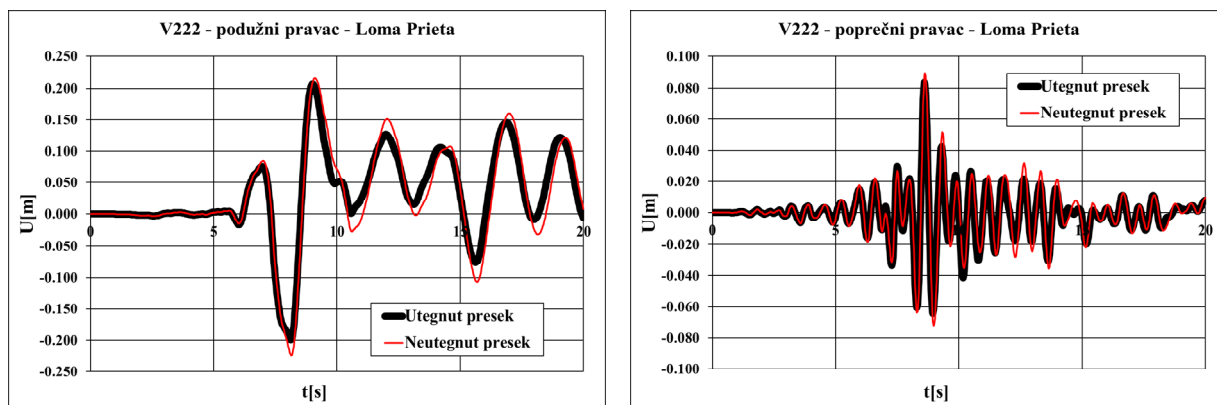
Slika E-9. V333 – relativno horiz. pomeranje sredine grede (sintetički akc. 2) – NDA pravougaoni presecki



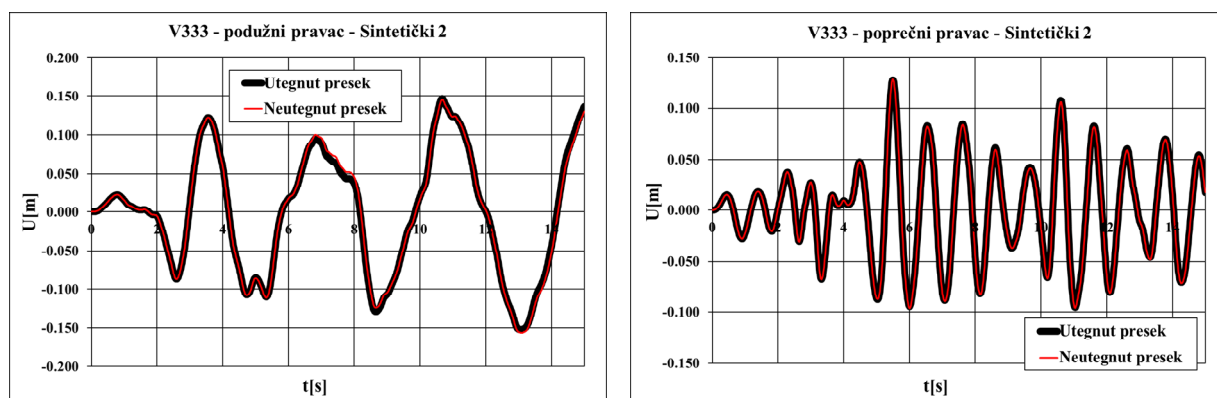
Slika E-10. V233 – relativno horiz. pomeranje sredine grede (realni akc. 2) – NDA pravougaoni presecki



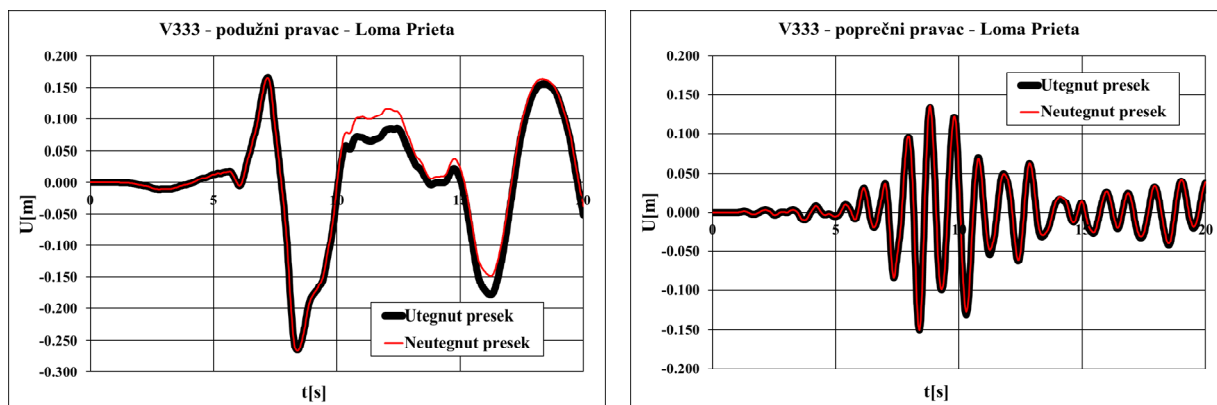
Slika E-11. V222 – relativno horizontalno pomeranje sredine grede (sintetički akc. 2) – NDA „I” presecki



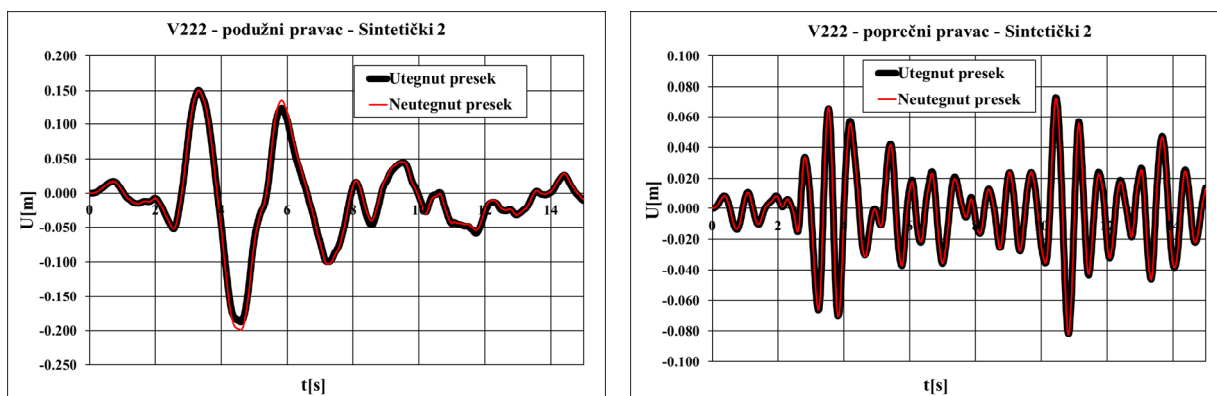
Slika E-12. V222 – relativno horiz. pomeranje sredine grede (realni akc. 2) – NDA „I” preseki



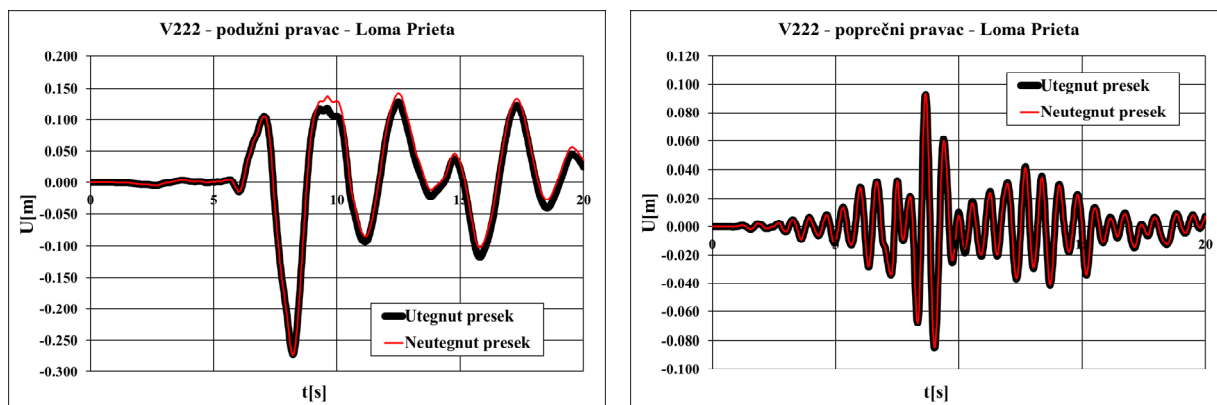
Slika E-13. V333 – relativno horiz. pomeranje sredine grede (sintetički akc. 2) – NDA „I” preseki



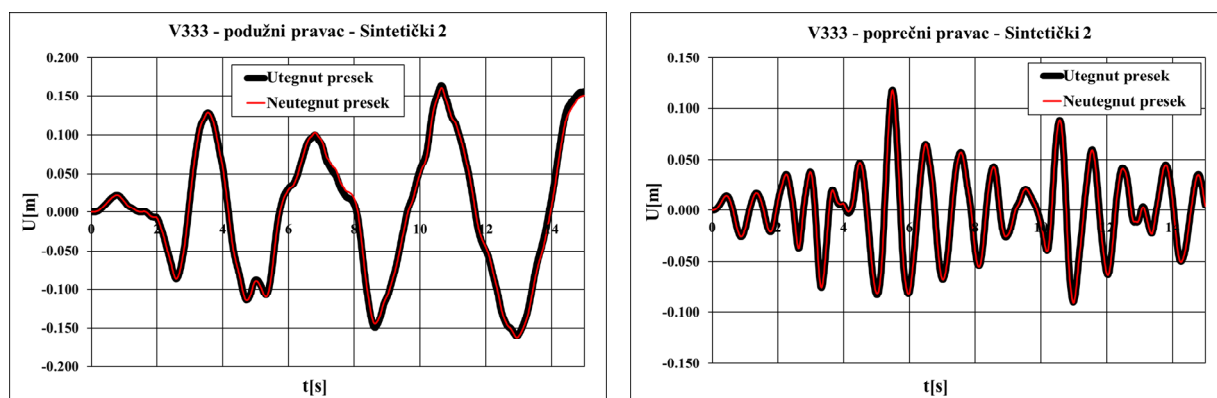
Slika E-14. V333 – relativno horiz. pomeranje sredine grede (realni akc. 2) – NDA „I” preseki



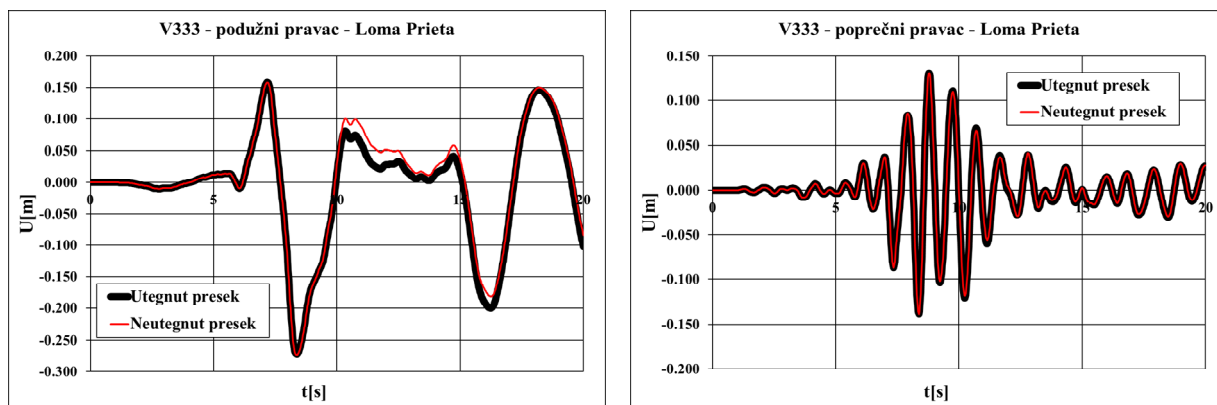
Slika E-15. V222 – relativno horiz. pomeranje sredine grede (sintetički akc. 2) – NDA „kombinovani” preseki



Slika E-16. V222 – relativno horiz. pomeranje sredine grede (realni akc. 2) – NDA „kombinovani” preseci



Slika E-17. V333 – relativno horiz. pomeranje sredine grede (sintetički akc. 2) – NDA „kombinovani” preseci



Slika E-18. V333 – relativno horiz. pomeranje sredine grede (realni akc. 2) – NDA „kombinovani” preseci

