

ИЗВЕШТАЈ О ОЦЕНИ ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ

| I ПОДАЦИ О КОМИСИЈИ | | |
|--|------------------------------------|--|
| 1. Датум и орган који је именовео комисију: 21.06.2022. Наставно-научно веће Факултета техничких наука. | | |
| 2. Састав комисије у складу са <i>Правилима докторских студија Универзитета у Новом Саду</i> : | | |
| 1. | Бојан Матић | Ванредни професор |
| | презиме и име | звање |
| | Факултет техничких наука, Нови Сад | Саобраћајанице, 25.03.2018. |
| | установа у којој је запослен-а | ужа научна област и датум избора |
| | | Председник |
| | | функција у комисији |
| 2. | Ксенија Јанковић | Научни саветник |
| | презиме и име | звање |
| | Институт ИМС, Београд | Грађевински материјали и технологија бетона, 26.10.2017. |
| | установа у којој је запослен-а | ужа научна област и датум избора |
| | | Члан |
| | | функција у комисији |
| 3. | Иван Лукић | Ванредни професор |
| | презиме и име | звање |
| | Факултет техничких наука, Нови Сад | Грађевински материјали, процена стања и санација конструкција, 25.09.2020. |
| | установа у којој је запослен-а | ужа научна област и датум избора |
| | | Члан |
| | | функција у комисији |
| 4. | Малешев Мирјана | Редовни професор |
| | презиме и име | звање |
| | Факултет техничких наука, Нови Сад | Грађевински материјали, процена стања и санација конструкција, 28.03.2013. |
| | установа у којој је запослен-а | ужа научна област и датум избора |
| | | Ментор |
| | | функција у комисији |
| 5. | Властимир Радоњанин | Редовни професор |
| | презиме и име | звање |
| | Факултет техничких наука, Нови Сад | Грађевински материјали, процена стања и санација конструкција, 28.03.2013. |
| | установа у којој је запослен-а | ужа научна област и датум избора |
| | | Ментор |
| | | функција у комисији |

| |
|--|
| <p>II ПОДАЦИ О КАНДИДАТУ</p> |
| <p>1. Име, име једног родитеља, презиме: Saeeda, Omran, Furgan</p> <p>2. Датум рођења, општина, држава: 02.01.1980., Alurban, Libya</p> <p>3. Назив факултета, назив претходно завршеног нивоа студија и стечени стручни/академски назив: Civil Engineering Faculty, Tripoli, civ.eng. Факултет техничких наука, Нови Сад, мастер академске студије, мастер инжењер грађевинарства</p> <p>4. Година уписа на докторске студије и назив студијског програма докторских студија: 2012.год., Грађевинарство</p> |
| <p>III НАСЛОВ ДОКТОРСKE ДИСЕРТАЦИЈЕ:</p> <p>КОМПАРАТИВНА АНАЛИЗА ТРАЈНОСТИ И РАНГИРАЊА БЕТОНСКИХ МОСТОВА У ТОПЛИМ КЛИМАТИМА / COMPARATIVE ANALYSIS OF DURABILITY AND RANKING OF CONCRETE BRIDGES IN HOT CLIMATES</p> |
| <p>IV ПРЕГЛЕД ДОКТОРСKE ДИСЕРТАЦИЈЕ:</p> <p>Навести кратак садржај са знаком броја страница, поглавља, слика, схема, графикона и сл.</p> <p>Докторска дисертација Саеде Фурган је написана на 607 страна на енглеском језику, латиничним писмом. Дисертација садржи 14 поглавља, 37 референци, 559 слика и дијаграма и 107 табела интегрисаних у основни текст. На почетку докторске дисертације дати су: проширени извод докторске дисертације на српском језику, резиме на енглеском језику, садржај дисертације, као и попис слика и табела.</p> <p>Докторска дисертација је структурирана кроз следећа поглавља:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Увод 2. Трајност бетона (теоријска разматрања) 3. Испитивање бетона уграђеног у конструкције 4. Преглед мостова и системи за управљање мостовима (БМС) 5. Преглед стања у области трајности и одржавања бетонских мостова 6. Процена стања седам мостова у Триполију пре санације 7. Рејтинг и рангирање мостова пре санације 8. Санационе мере за седам мостова у Триполију 9. Контролни преглед седам мостова у Триполију 6 година након санације 10. Рејтинг и рангирање мостова након санације 11. Анализа и дискусија 12. Закључна разматрања 13. Научни допринос и правци даљег истраживања 14. Литература |
| <p>V ВРЕДНОВАЊЕ ПОЈЕДИНИХ ДЕЛОВА ДОКТОРСKE ДИСЕРТАЦИЈЕ:</p> <p>Дисертација садржи све неопходне елементе прописане важећим правилницима.</p> <p>Докторску дисертацију чини 14 поглавља, која су логично поређана и добро систематизована, како би се могао сагледати комплетан обим обављених теоријских и експерименталних истраживања.</p> |

Поглавље 1: УВОД

У првом, уводном поглављу, јасно су образложени предмет, потреба, оправданост и циљ истраживања. Дефинисане су хипотезе истраживања, које су добро постављене. У уводном делу дат је и кратак приказ програма истраживања. Предмет истраживања у дисертацији су седам армиранобетонских бетонских мостова у Триполију, који су саграђени пре више од 50 година. Одабрани мостови су сличних конструкцијских система и изложени су сличном саобраћајном оптерећењу, будући да су лоцирани на главним градским саобраћајницама. У току експлоатације, поред саобраћајног оптерећења, мостови су били изложени локалним климатским условима, који се за Триполи могу дефинисати као субтропска степска клима. У свету постоје бројна истраживања, која повезују трајност бетонских мостова и климатске параметре, најчешће за хладне климате, али нема података о утицају топлих климата на процес детериорације бетонских мостова. На бази таквог стања у анализираној литератури, постављене су следеће хипотезе:

- Основни климатски параметри (сезонске температуре, влажност ваздуха, брзина ветра, просечне падавине, итд.) имају велики утицај на врсту оштећења која се појављују на армиранобетонским мостовима током њиховог животног века,
- Прецизно дефинисани врста и степен оштећења, као узроци њиховог настанка, су од изузетне важности за поуздано рангирање мостова применом система за управљање мостовима (БМС),
- Ранг мостова у великој мери зависи од примењеног БМС-а.

Дефинисана су три основна циља истраживања: Први циљ је дефинисање дефеката и оштећења који су карактеристични за поједине елементе мостовских конструкција у топлим климатима, на бази теоријских основа и анализе теренских резултата прегледа и испитивања седам мостова у Триполију, као студија случаја. Други циљ је формирање каталога карактеристичних оштећења АБ елемената мостова, што би значајно олакшало прикупљање података током контролних прегледа мостова и повећало ефикасност и поузданост процене стања мостова, као и прецизније рангирање мостова применом БМС-а. Трећи циљ је унапређење система за одржавање мостова у Либији.

Поглавље 2: ТРАЈНОСТ БЕТОНА (ТЕОРИЈСКА РАЗМАТРАЊА)

У другом поглављу анализирана је трајност армиранобетонских конструкција са аспекта детериорационих механизма. Дате су опште дефиниције детериорације, као и основни узроци настанка оштећења. Посебно је истакнута улога воде и влаге у детериорацији армиранобетонских конструкција.

Детаљније су разматрани пропустљивост и транспортни процеси у бетону, као најбитнији параметри, који директно утичу на брзину детериорационих процеса, првенствено због тога што омогућавају продор потенцијално штетних материја у структуру бетона. Од параметара пропустљивости бетона, као што су величина, повезаност и распоред пора, зависи дифузија гасова (угљендиоксида, косеоника), дифузија водене паре (кретање водене паре), продирање јона (хлоридних или суфатних јона) и упијање воде.

Корозија арматуре, као једно од најчешћих оштећења у армиранобетонским конструкцијама, анализирана је са аспекта продора хлорида и процеса карбонатизације. Будући да су армиранобетонски мостови у топлим климатима доминантно изложени карбонатизацији, овај процес је детаљније објашњен кроз следећа потпоглавља: веза између карбонатизације и корозије арматуре, теоријске основе настанка карбонатизације, основни фактори који утичу на степен карбонатизације и методе за одређивање дубине карбонатизације у бетону. С обзиром на близину мора, од могућих узрока корозије бетона, анализирана је и сулфатна корозија.

Набројаним теоријским разматрањима направљена је добра подлога за анализу могућих узрока настанка оштећења армираног бетона у топлим климатима.

Поглавље 3: ИСПИТИВАЊЕ БЕТОНА УГРАЂЕНОГ У КОНСТРУКЦИЈЕ

У циљу припреме за теренска испитивања мостова, одабране су и детаљно проучене следеће неструктивне и полуструктивне методе испитивања: метода мерења површинске тврдоће бетона, pull-off метода и метода вађења и испитивања бетонских језгара. За сваку методу детаљно је описана опрема, поступак испитивања, утицајни параметри, као и могућности за примену и потенцијална ограничења.

Поглавље 4: ПРЕГЛЕД МОСТОВА И СИСТЕМИ ЗА УПРАВЉАЊЕ МОСТОВИМА (БМС)

Врло вредан део докторске дисертације представља четврто поглавље, које се односи на анализу релевантне литературе у областима прегледа мостова и примене система за управљање мостовима.

Преглед мостова је прва и најбитнија фаза у процени стања мостова, као и за прикупљање поузданих података за анализу рејтинга мостова применом БМС-а. Због тога је велики део овог поглавља посвећен врстама прегледа мостова, а као репрезентативни су одбрани прегледи који су дефинисани у САД, Аустралији и Немачкој.

У САД се разликује 5 основних врста прегледа мостова, који се могу сврстати у 2 групе: редовни и ванредни прегледи. Редовни прегледи обухватају почетни, рутински и детаљни преглед, а ванредни обухватају преглед у посебним ситуацијама (након земљотреса, поплава, пожара, експлозија итд.) и специјални (испод воде, изнад воде, у ограниченим просторима итд.). Садржај, обим и учесталост набројаних врста прегледа мостова су укратко описани у овом поглављу.

У немачкој пракси примењују се детаљни и контролни прегледи. Детаљни прегледи се први пут раде након завршетка грађења моста, а затим на сваких 6 година и поред визуелног прегледа, обухватају и испитивања уграђених материјала. Контролни преглед се обавља на сваке 3 године и обухвата само визуелни преглед.

У Аустралији су предвиђени рутински и детаљни преглед мостова. Рутински преглед се обавља на сваких 15 месеци, а детаљни по потреби.

Други део овог поглавља посвећен је системима за управљање мостовима. Систем управљања мостовима (БМС) је рационалан и систематичан приступ организовању и спровођењу свих активности у вези са обезбеђивањем програма одржавања мостова, који су од виталног значаја за саобраћајну инфраструктуру. БМС треба да помогне доносиоцима одлука на свим нивоима управљања мостовима да одаберу оптимална решења из низа исплативих алтернатива за сваку акцију која је потребна за постизање жељеног нивоа услуге у оквиру додељених средстава и да идентификују будуће потребе за финансирањем. У овом поглављу због значаја БМС-а, одбрана су и описана два система за управљање мостовима: амерички и немачки.

За анализу рејтинга и рангирање мостова у овом докторату, одабран је немачки БМС.

Поглавље 5: ПРЕГЛЕД СТАЊА У ОБЛАСТИ ТРАЈНОСТИ И ОДРЖАВАЊА БЕТОНСКИХ МОСТОВА

Прегледом доступне литературе уочено је да је постоји велики број истраживања у области трајности мостова и управљања одржавањем мостова. У већини ових радова анализирани су постојећи БМС и предложено је неколико нових. Засновани су на савременим математичким програмима и моделима, укључујући метод вероватноће, вештачку неуронску мрежу (АНН), аналитички хијерархијски процес (АХП), свеобухватну процену варијације тежине, Fuzzy теорију итд.

Анализа доступних радова показала је да постоји недостатак истраживања у области детериорације армиранобетонских мостова у топлим климатима.

Поглавље 6: ПРОЦЕНА СТАЊА СЕДАМ МОСТОВА У ТРИПОЛИЈУ ПРЕ САНАЦИЈЕ

У циљу провере постављених хипотеза, одабран је репрезентативан узорак за студију случаја, који је обухватио седам армиранобетонских мостова у Триполију, старости веће од 50 година, на којима нису извођени санациони радови.

Анализирани су следећи мостови: Souk Athulatha 1 (лучни мост укупне дужине 39m, главног распона 22,4m); Souk Athulatha 2 (лучни мост укупне дужине 39m, главног распона 27,6m); Alsseka Road (лучни мост укупне дужине 40,1m, главног распона 28,5m); Bab Bin Gheshir Road (плочасти мост укупне дужине 54,3m, главног распона 21,7m); Al Sreem Road (гредни мост укупне дужине 21,1m, главног распона 2x9,7m); Alshaab Port (гредни мост укупне дужине 17,4m, главног распона 13,4m); Abdul Salam Aref (гредни мост укупне дужине 19,7m, главног распона 8,5m).

За набројане мостове дати су општи подаци (положај и година грађења), технички подаци (конструкцијски систем, елементи носеће конструкције и карактеристичне димензије), основе, карактеристични пресеци и најбитнији детаљи.

На сваком од одабраних мостова урађен је детаљан визуелни преглед и теренска испитивања бетона. Детаљним визуелним прегледом су, поред носећих елемената АБ конструкције, обухваћени

и системи за одвођење воде, заштитне ограде, вертикална и хоризонтална сигнализација и сви остали елементи, који су битни за безбедно одвијање саобраћаја на мосту и испод њега. Теренска испитивања су се састојала од: мерења дубине карбонизације, одређивања садржаја хлорида, одређивања чврстоће бетона при притиску на извађеним бетонским језгрима и помоћу методе склерометра и одређивања чврстоће бетона на затезање помоћу pull-off методе.

За сваки мост је, на основу анализе свих прикупљених података, изведен општи закључак о стању моста са аспекта носивости, стабилности, трајности и употребљивости. Одређени су карактеристични дефекти и оштећења и дефинисани су узроци њиховог настанка.

Ово поглавље је употпуњено и обogaћено великим бројем фотографија и табела.

Комисија закључује да су мостови одабрани за студију случаја, репрезентативни и да се анализом њиховог стања са довољном поузданошћу могу проверити постављене хипотеуе и извући закључци о карактеристичним оштећењима мостова у топлим климатима.

Поглавље 7: РЕЈТИНГ И РАНГИРАЊЕ МОСТОВА ПРЕ САНАЦИЈЕ

На основу анализе и вредновања податка прикупљених и систематизованих у шестом поглављу, у седмом поглављу урађена је евалуација стања седам мостова у Триполију, у складу са немачком БМС методологијом. Сва претходно регистрована оштећења, разврстана су по деловима моста, којих према немачком БМС-у може да буде највише 14. Сваки део моста са припадајућим оштећењима, анализиран је са аспекта утицаја на стабилност/носивост конструкције, безбедност саобраћаја и трајност. У овој анализи коришћен је каталог оштећења препоручен немачком методологијом. Рејтинг мостова је представљен бројем, који може имати вредности од 1-4 и који је одређен према процедури описаној у поглављу IV. На основу срачунатог рејтинга моста, дефинисана је категорија оштећења. У примењеној методологији укупно има 6 категорија оштећења, почевши од категорије у којој су носивост, безбедност саобраћаја и трајност конструкције у потпуности очувани, до категорије у којој бар једна од поменуте три перформансе више не постоји или је значајно нарушена. Овим категоријама оштећења придружене су одговарајуће препоруке, које се односе на врсту одржавања, хитност поправки и санационих мера и/или ограничење употребе моста са одговарајућим упозорењима.

На крају овог поглавља урађено је рангирање мостова према срачунатом рејтингу и дефинисаној категорији оштећења.

Поглавље 8: САНАЦИОНЕ МЕРЕ ЗА СЕДАМ МОСТОВА У ТРИПОЛИЈУ

У осмом поглављу су детаљно описане санационе мере, које су примењене на одабраним мостовима у Триполију. Набројане су и описане методе и опрема за уклањање оштећеног бетона и за припрему површине бетона и арматуре за санацију, као и материјали и поступци за санацију. Осим санационих мера за носећу конструкцију мостова, описане су и мере које се односе на системе за одвођење воде, заштитне ограде, асфалтне слојеве, итд. Све фазе санације пропраћене су одговарајућом фото-документацијом.

Поглавље 9: КОНТРОЛНИ ПРЕГЛЕД СЕДАМ МОСТОВА У ТРИПОЛИЈУ 6 ГОДИНА НАКОН САНАЦИЈЕ

У деветом поглављу дати су резултати контролног прегледа истих мостова у Триполију, 6 година након њихове санације. Контролни преглед се састојао од визуелног прегледа доступних елемената носеће конструкције мостова, као и осталих елемената, као што су ограде, ивичњаци, пешачке стазе, одбојници и асфалтни застор. Поред тога, урађено је и испитивање дубине карбонизације. Комисија сматра да и ово поглавље представља вредан део докторске дисертације, зато што омогућава да се критички оцени избор метода, техника и материјала за санацију, као и квалитет изведених радова.

Поглавље 10: РЕЈТИНГ И РАНГИРАЊЕ МОСТОВА НАКОН САНАЦИЈЕ

На основу анализе и вредновања податка прикупљених и систематизованих у деветом поглављу, у овом поглављу урађена је евалуација стања седам мостова у Триполију 6 година након санације, а у складу са немачком БМС методологијом. Рејтинг санираних мостова одређен је на исти начин као и у седмом поглављу. На крају овог поглавља урађено је рангирање мостова према срачунатом рејтингу и дефинисаној категорији оштећења.

Поглавље 11: АНАЛИЗА И ДИСКУСИЈА

Ради извођења општих закључака о стању одабраних армиранобетонских мостова и утврђивања главних узрока насталих оштећења, у једанаестом поглављу урађена је компаративна анализа резултата визуелног прегледа и теренских испитивања за све мостове пре и након санације.

Пре извођења санационих радова, компаративна анализа је обухватила две групе података. Прву групу чине резултати теренских испитивања (дубина карбонатизације, чврстоћа бетона при притиску, чврстоћа бетона на затезање, запреминска маса бетона и садржај хлорида). Другу групу чине резултати визуелног прегледа, као што су дебљина заштитног слоја бетона, корозија арматуре, пуцање и отпадање бетона.

Након извођења санационих радова, компаративном анализом су такође обухваћене две групе података. Прву групу чине само резултати мерења дубине карбонатизације бетона, док су у другој групи резултати визуелног прегледа (прелине и пукотине, љускање заштитног премаза, пуцање и отпадање бетона и трагови процуривања воде).

На крају овог поглавља, на основу спроведених анализа и обимне фото-документације, формиран је каталог карактеристичних оштићења.

Комисија је закључила да је анализа резултата систематично приказана, јасно изложена и спроведена уз примену адекватних метода. Такође је констатовано да ово поглавље садржи добро осмишљене дијаграме и табеле који доприносе бољој и јаснијој анализи добијених резултата.

Поглавље 12: ЗАКЉУЧНА РАЗМАТРАЊА

У дванаестом поглављу изведени су закључци на основу резултата истраживања представљених у дисертацији. Закључци предметног истраживања представљају језгровиту и концизну синтезу јасно и систематично изложених резултата, па се констатује да су критички анализирани постављене хипотезе и испуњени постављени циљеви докторске дисертације.

Поглавље 13: НАУЧНИ ДОПРИНОС И ПРАВЦИ ДАЉЕГ ИСТРАЖИВАЊА

У поглављу 13 представљен је научни допринос који је остварен овим истраживањем, предложени су правци даљих истраживања у овој области, као и могућност примене у пракси.

Поглавље 14: ЛИТЕРАТУРА

У четрнаестом поглављу дат је списак коришћене литературе, који се састоји од 37 наслова, адекватно цитираних у раду.

На основу приложеног констатује се да је кандидаткиња током израде докторске дисертације користила савремене резултате истраживања у области проблематике дисертације.

VI СПИСАК НАУЧНИХ И СТРУЧНИХ РАДОВА КОЈИ СУ ОБЈАВЉЕНИ ИЛИ ПРИХВАЋЕНИ ЗА ОБЈАВЉИВАЊЕ НА ОСНОВУ РЕЗУЛТАТА ИСТРАЖИВАЊА У ОКВИРУ РАДА НА ДОКТОРСКОЈ ДИСЕРТАЦИЈИ:

Рад у истакнутом међународном часопису (M23):

1. Milović, T., Rudić, O., **Furgan Omran, S.**, Radeka, M., Malešev, M., Radonjanin, V., Baloš, S., Laban, M.: Effects of soft water attack on Portland and natural zeolite blended cements, Chemical Industry and Chemical Engineering Quarterly, 2021 OnLine-First (00):9-9, DOI: 10.2298/CICEQ201120009M
2. Stojanović, M., Radonjanin, V., Malešev, M., Milović, T., **Furgan, S.**: Compressive strength of cement stabilizations containing recycled and waste materials, Journal of the Croatian Association of Civil Engineers – Građevinar, 73, August 2021, pp. 869-882, DOI: <https://doi.org/10.14256/JCE.3161.2021> (M23)

Саопштење са међународног скупа штампано у целини (M33):

1. **Furgan, O., S.,** Malešev, M., Radonjanin, V., Marinković, M.: Characteristic defects and damages of two RC arch bridges in Tripoli, INDIS 2018, 14th International scientific conference, Novi Sad, Serbia, Proceedings pp 423-434 13, 2018

2. Stojanović, M., Radonjanin, V., Malešev, M., Matić, B., **Furgan, S.**: Influence of fly ash addition on tension strength of cement stabilization based layer with gravel, zbornik radova – Kongres o putevima, 2018, Beograd

Рад у димаћем часопису (M52):

1. Stojanović, M., Radonjanin, V., Malešev, M., Matić, B., Furgan, S.: Uticaj dodatka elektrofilterskog letećeg pepela na zatezne čvrstoće cementnih stabilizacija od šljunka, DOI:10.31075/PIS.64.02.05, Časopis Put i saobraćaj, br.2, Godina LXIV, 2018 pp 39-48

VII ЗАКЉУЧЦИ ОДНОСНО РЕЗУЛТАТИ ИСТРАЖИВАЊА:

Резултати научног истраживања у оквиру ове дисертације су значајни за област трајности бетонских конструкција, процене стања и управљања одржавањем армиранобетонских мостова у топлим климатима.

На основу дефинисаног проблема и анализе актуелног стања у области, идентификована је потреба за истраживањем спроведеним у докторској дисертацији, чији су циљеви били дефинисање дефеката и оштећења који су карактеристични за поједине елементе мостовских конструкција у топлим климатима, формирање каталога карактеристичних оштећења АБ елемената мостова и унапређење система за одржавање мостова у Либији.

Најважнији резултати истраживања, као и закључци спроведених анализа, дати су у наставку у оквиру следећих целина: процена стања мостова пре санације, процена стања мостова након санације, рејтинг и рангирање мостова пре и после санације.

Процена стања армиранобетонских мостова пре санације

Карбонатизација бетона је регистрована у свим елементима носеће конструкције, на којима је рађено мерење. Подједнако је изражена у елементима горње и доње конструкције моста. На више од 50% мерних места у горњој конструкцији моста и на око 40% мерних места у доњој конструкцији моста дубина карбонатизације је већа од 40mm. За њу је карактеристична и велика дисперзија резултата мерења (10mm-79mm), како у оквиру елемената једног моста, тако и између свих анализираних мостова. Основни узроци за већу брзину напредовања фронта карбонатизације су неповољни термохигрометријски услови, односно релативна влажност ваздуха у границама од 40-60%, релативно лош квалитет заштитног слоја бетона због високих температура, брзог исушивања и прекинуте хидратације. Узмајући у обзир чињеницу да се мостови пројектују за животни век од 100 година и да су резултати мерења дубине карбонатизације у овој докторској дисертацији показали да фронт карбонатизације након 50 година, често прелази дебљину заштитног слоја бетона, а да је познато да је карбонатизација бетона основни узрок електрохемијске корозије арматуре, препоручује се да се у фази пројектовања предвиде веће дебљине заштитног слоја бетона на свим елементима носеће АБ конструкције.

Резултати испитивања *чврстоће бетона при притиску* (на језгрима извађеним из елемената конструкције мостова) указују на неуједначен квалитет бетона са аспекта механичких карактеристика. Чврстоће бетона при притиску су у границама од 22MPa до 38.5MPa. Бетон уграђен у елементе горњег строја мостова има чврстоћу бетона при притиску већу од 30MPa само код два моста од седам анализираних (< 30% укупног броја мостова). Када је у питању доњи строј мостова, код само једног моста од четири анализираних, остварена је чврстоћа бетона при притиску већа од 30MPa. Анализом свих резултата испитивања чврстоће бетона при притиску изведен је општи закључак да бетон уграђен у носећу конструкцију седам одабраних мостова има нижу чврстоћу при притиску од пројектоване и да током времена није дошло до њеног смањења, већ је уграђен бетон лошијег квалитета. Ова тврдња је заснована на чињеници да се за накнадно испитивање чврстоће при притиску користи бетон из унутрашњости пресека, који није био изложен детериорационим процесима током експлоатације.

Чврстоћа бетона на затезање, која је одређена применом pull-off методе, је мања од минималне захтеване вредности (1,5MPa) у свим испитиваним елементима одабраних мостова. Овај закључак

указује да је у свим испитиваним мостовима површински слој бетона лошег квалитета. Главни узроци недовољне чврстоће бетона на затезање су недовољна и неадекватна нега бетона у фази очвршћавања и/или употреба прашњавог агрегата. Узимајући у обзир изведени закључак, препоручује се интензивнија и дужа влажна нега у фази очвршћавања бетона у топлим климатима.

Анализом резултата испитивања *садржаја јона хлора у бетону* закључено је да је садржај хлорида у бетону мањи од усвојеног критеријума и да не представља опасност за корозију уграђене арматуре. Овакав закључак је очекиван, с обзиром да се ради о конструкцијама у топлим климатима у којима нема потребе за коришћењем соли за спречавање замрзавања воде у зимском периоду.

Запреминска маса очврслог бетона је један поузданијих показатеља квалитета бетона, па је зато у дисертацији урађена и компаративна анализа запреминских маса бетона уграђеног у елементе конструкција одабраних мостова. Запреминска маса цементних бетона са природним агрегатом је уобичајено већа од 2300kg/m^3 за добро збијене бетоне, Резултати испитивања запреминске масе бетона уграђеног у конструкцију седам одабраних мостова, налазе се у границама од 2111 до 2356kg/m^3 . Средња вредност запреминске масе за бетон уграђен у горњу конструкцију мостова је 2245kg/m^3 , док за бетон уграђен у доњи строј мостова 2269kg/m^3 . Закључено је да уграђени бетон има нешто нижу вредност запреминске масе од 2300kg/m^3 , а узимајући у обзир да се ови резултати испитивања односе на бетон у унутрашњости попречног пресека елемената (језгро бетона) где је бетон по правилу веће густине, заштитни слој и матрица су сигурно порознији, односно са мањим вредностима запреминске масе, због ефекта зида и ефекта решетке. Овај закључак је у директној корелацији са дужином карбонатизације.

Дебљина заштитног слоја бетона измерена је на бетонским језгрима која су извађена из елемената носеће конструкције мостова. Дебљина заштитног слоја бетона је променљива и креће се од 0mm до чак 100mm, што указује да постављању арматуре није посвећено довољно пажње и да у неким елементима нису коришћени дистанцери за арматуру или арматурни кош није био довољно причвршћен. На елементима горњег строја мостова дебљина заштитног слоја бетона је у границама од 0mm до 70mm, а најчешће је од 10mm до 20mm. У елементима доњег строја дебљина заштитног слоја бетона је од 20mm до 100mm и без обзира на велики распон измерених дебљина, просечна вредност износи 35mm. Најмање дебљине заштитног слоја бетона измерене су на плочи и подужним гредама моста "Al Shaab port". Будући да је дебљина карбонатизованог слоја бетона била већа од 40mm у највећем броју случајева, евидентно је да је у свим елементима са дебљином заштитног слоја бетона мањом или око просечне, арматура је била практично незаштићена од корозије.

Корозија арматуре је регистрована и у елементима горњег строја и у елементима доњег строја конструкције и представља карактеристично оштећење мостова. По интензитету корозија креће се од површинске до јаке са листањем челика и нарушеном адхезијом са околним бетоном. Најчешће су корозијом захваћене арматурне шипке уграђене у доњу зону мостовских плоча и греда, као и у конзолне делове мостова. Иако у мањем обиму, корозија арматуре је регистрована и на стубовима, крајњим и унутрашњим ослоначким зидовима. Корозија арматуре у елементима горњег строја је узрокована недовољном дебљином заштитног слоја и унапредовалом карбонатизацијом бетона.

Пуцање одвајање и отпадање бетона је најчешће оштећење бетона које настаје због повећане запремине продуката корозије шипки арматуре. На свих седам прегеданих мостова пуцањем, одвајањем и отпадањем бетона захваћен је заштитни слој бетона, а у појединим случајевима и зона кородираних шипки арматуре – матрица пресека. Ова констатација указује да је управо корозија арматурних шипки основни узрок описаних оштећења бетона. Оштећења бетона су локална, али су регистрована на пуно места на конзолама, плочама и гредама у горњем строју мостовске конструкције. На вертикалним носећим елементима (стубови, спољашњи и унутрашњи зидови) карактеристично оштећење изазвано корозијом арматуре су пукотине паралелне подужним ивицама и шипкама арматуре.

Процена стања армиранобетонских мостова после санације

Шест година након изведених санационих радова на седам мостова у Триполију, поново је урађен контролни преглед. Контролни преглед је обухватио мерење дубина карбонатизације и визуелни преглед елемената носеће конструкције мостова. Визуелним прегледом уочени су: прелине и пукотине, љускање заштитног премаза, пуцање, одвајање и отпадање репаратурног материјала и влажне мрље. У наставку су укратко приказани изведени закључци.

Карбонатизација је регистрована на елементима горњег и доњег строја мостова. На доњој површини мостовских плоча дубина карбонатизације се креће од 1мм до 12.5мм, док је на елементима доњег строја измерена од 0 до 20мм. Ако се узме у обзир да је највећа очекивана вредност дубине карбонатизације за период од 5 година 5мм, лако се може закључити да карбонатизација напредује брже од претпостављене, иако су за репрофилацију коришћени фабрички произведени репаратурни материјали, а сви санирани елементи су додатно третирани заштитним премазима. Ова констатација још једном потврђује да је карбонатизација основни узрок нарушавања трајности АБ мостова у топлим климатима.

Карактеристична оштећења на доњој страни санираних мостовских плоча и попречних греда су мрежасте прелине, које су узроковане скупљањем услед сушења репаратурних малтера, који се по правилу наносе у танким слојевима. У појединим зонама на доњој страни мостовских плоча појавила су се и оштећења у виду пуцања, одвајања и отпадања танког површинског слоја репаратурног малтера. На санираним конзолним плочама, такође као последица скупљања услед сушења, појавиле су се танке попречне прелине у репаратурном материјалу. На носећим елементима доњег строја (крајњим зидним платнима и ослоначким зидовима) појавила су се само оштећења естетског карактера, у виду љускања завршног премаза. Сва набројана оштећења су још једна потврда постављене хипотезе да топли климати са својим термо-хигрометријским условима имају велики утицај на процес хидратације, деформације услед скупљања, па самим тим и на трајност бетонских мостова, чак и у ситуацијама када је конструкција мостова санирана фабричким репаратурним материјалима.

Рејтинг мостова пре и након санације и њихово рангирање

Рејтинг мостова је одређен према методологији која је предвиђена немачким БМС-ом. Рејтинг мостова пре санације се креће у границама од 2,6 – 2,9. За прорачун рејтинга свих седам мостова, меродавна су била оштећења на конструкцији горњег строја моста, а карактеристична оштећења су била корозија арматуре са или без редукције попречног пресека. На основу вредности рејтинга одређена је категорија оштећења моста као целине. Закључено је да свих седам мостова пре санације припадају истој категорији (2,5-2,9), која се описује као „довољна“ (sufficient condition). Према тумачењу ове категорије, стабилност моста је обезбеђена, носивост дела моста може бити нарушена. Трајност конструкције је смањена и може се очекивати ширење оштећења, што у средњерочном временском периоду може довести до значајног угрожавања стабилности и/или безбедности саобраћаја.

Рејтинг мостова након санације се креће у границама од 2,0 – 2,3. За прорачун рејтинга свих седам мостова, меродавни су били недостатак вертикалне саобраћајне сигнализације или запушена атмосферска канализација. Закључено је да свих седам мостова након санације припадају истој категорији (2,0-2,4), која се описује као „задовољавајућа“ (satisfactory condition). Према тумачењу ове категорије, стабилност моста је обезбеђена, а носивост дела моста може бити нарушена. Трајност конструкције у дужем временском периоду може бити смањена.

Оцена стања мостова која је урађена применом немачке БМС методологије, поклапа се са оценом стања мостова, која је изведена на основу анализе резултата детаљног визуелног прегледа мостова. Овај закључак указује на чињеницу да је коришћена немачка БМС методологија добро коципирана, али да оцена стања у великој мери зависи од квалитета улазних података, првенствено података добијених визуелним прегледом мостова, за чије је прикупљање неопходно практично искуство и теоријско знање. За реализацију фазе визуелног прегледа, велику помоћ представљају „каталози карактеристичних оштећења“.

VIII ОЦЕНА НАЧИНА ПРИКАЗА И ТУМАЧЕЊА РЕЗУЛТАТА ИСТРАЖИВАЊА:

На основу анализе докторске дисертације Саседе Фурган, комисија сматра да је она урађена систематично, да је добро структурирана и да је примењен адекватан научни приступ у њеној изради. Кроз приказ и анализу релевантне литературе, из области досадашњих истраживања трајности и одржавања армиранобетонских мостова, дефинисан је програм сопственог теоријског и експерименталног истраживања.

Резултати сопственог истраживања, које је обухватило процену стања седам армиранобетонских мостова, прорачун њиховог рејтинга и њихово рангирање са аспекта врсте и степена оштећења у складу са одабраном БМС методологијом, су адекватно обрађени. Резултати истраживања су презентовани на разумљив и коректан начин, а анализа резултата је систематично приказана, јасно изложена и спроведена уз примену адекватних метода.

На основу анализе резултата истраживања на студији случаја и провере постављених хипотеза изведени су одговарајући закључци.

Предложени су и правци даљих истраживања у овој области, као и могућност практичне примене.

Техничка обрада свих поглавља докторске дисертације је на високом нивоу. Дисертација је обogaћена фотографијама, које употпуњују слику о спроведеном експерименталном истраживању. Јасно написан текст је пропраћен добро осмишљеним дијаграмима и табелама који доприносе бољој и јаснијој анализи добијених резултата.

Докторска дисертација проверена је у софтверском пакету за детекцију плагијаризма iThenticate, у Библиотеци Факултета техничких наука и утврђен је проценат подударности од 19%. На основу резултата провере, Комисија је констатовала да је проценат подударности мали, будући да је дисертација писана на енглеском језику и донела закључак да је докторска дисертација оригинално ауторско дело кандидаткиње Саседе Фурган.

Комисија сматра да укупан рад кандидата, по свом карактеру и обиму, у потпуности одговара дефинисаној теми и наслову и такође сматра да ће резултати овог истраживања имати практичну примену у области процене стања и одржавања армиранобетонских мостова у топлим климатима, као и у будућим научним истраживањима из ове области.

Сагласно изнетим ставовима, Комисија позитивно оцењује начин на који су резултати истраживања приказани и тумачени у овој докторској дисертацији.

IX КОНАЧНА ОЦЕНА ДОКТОРСKE ДИСЕРТАЦИЈЕ:

Експлицитно навести да ли дисертација јесте или није написана у складу са наведеним образложењем, као и да ли она садржи или не садржи све битне елементе. Дати јасне, прецизне и концизне одговоре на 3. и 4. питање:

1. Да ли је дисертација написана у складу са образложењем наведеним у пријави теме?

Комисија је констатовала да је дисертација кандидаткиње Саседе Фурган написана у складу са образложењем наведеним у пријави теме.

2. Да ли дисертација садржи све битне елементе?

Да, докторска дисертација садржи све битне елементе који се захтевају по Статуту Факултета техничких наука у Новом Саду и Универзитета у Новом Саду.

3. По чему је дисертација оригиналан допринос науци?

Докторска дисертација кандидаткиње Саеде Фурган је оригинални теоријско-експериментални научни рад на тему трајности армиранобетонских мостова и специфичностима њиховог одржавања у условима топлих климата. Детаљном анализом досадашњих истраживања у широј области трајности и одржавања бетонских мостова, закључено је да је ова научна област недовољно истражена, а нарочито са аспекта карактеристичних оштећења, као и повезаности трајности и одржавања бетонских мостова са утицајима који се специфични за топле климате, тако да су истраживања са овом тематиком потребна и у научној и у стручној јавности.

Научни допринос ове докторске дисертације се првенствено види кроз испуњење постављених хипотеза:

- Доказано је да основни климатски параметри топлих климата (сезонске температуре, влажност ваздуха, брзина ветра, просечне падавине, итд.) имају велики утицај на врсту оштећења која се појављују на армиранобетонским мостовима током њиховог животног века,
- Ефикасно и поуздано рангирање мостова применом система за управљање мостовима (БМС) је могуће само у ситуацијама када су прикупљени улазни подаци задовољавајућег квалитета. Са тог аспекта прецизно дефинисани врста и степен оштећења, као и узроци њиховог настанка у условима који су карактеристични за топле климате, су од изузетне важности за тачно рангирање мостова у топлим климатима, применом система за управљање мостовима (БМС),
- Анализом неколико различитих модела за управљање мостовима, потврђено је да без обзира на то што све анализирани методологије имају исти циљ, односно да прецизно процене стање мостова и одреде потребе за врстом одржавања, рејтинг и ранг мостова у великој мери зависе од примењеног БМС-а.

Научни допринос дисертације се првенствено огледа кроз реализовану студију случаја, којом је доказана зависност између утицаја параметара који су карактеристични за топле климате и врсте и степена могућих оштећења у армиранобетонским мостовима.

У групу оригиналних доприноса науци, сврстава се и закључак о знатно већој брзини напредовања фронта карбонатизације, који је проистекао из анализе сопствених резултата истраживања на репрезентативном броју армиранобетонских мостова у топлим климатима, а који се разликују од досадашњих теоријских препорука о прорачуну трајности армиранобетонских конструкција.

Као један од вредних излазних резултата дисертације, Комисија истиче формирање каталога карактеристичних дефеката и оштећења армиранобетонских мостова у топлим климатима, што ће бити од велике важности за ефикаснију и поузданију процену њиховог стања.

Посебан допринос дисертације су препоруке за унапређење система управљања армиранобетонским мостовима у Либији, као и у осталим земљама са термо-хигрометријским условима, који су карактеристични за топле климате. Формирани каталог карактеристичних дефеката и оштећења армиранобетонских мостова у топлим климатима, омогућиће унапређење система за њихову поправку и одржавање.

| |
|--|
| 4. Који су недостаци дисертације и какав је њихов утицај на резултат истраживања? |
| На основу детаљне анализе рада кандидаткиње Саеде Фурган, комисија констатује да су испуњени постављени циљеви и да дисертација не садржи недостатке, који би утицали на резултате истраживања. |
| X ПРЕДЛОГ: |
| На основу наведеног, комисија предлаже: |
| <ul style="list-style-type: none"> а) да се докторска дисертација прихвати, а кандидату одобри одбрана; б) да се докторска дисертација врати кандидату на дораду (да се допуни односно измени); в) да се докторска дисертација одбије. |

Место и датум: Нови Сад, 25.08.2022.

1. др Бојан Матић, ванредни проф.
_____, председник
2. др Ксенија Јанковић, научни саветник
_____, члан
3. др Иван Лукић, ванредни проф.
_____, члан
4. др Мирјана Малешев, ред. проф.
_____, ментор
5. др Властимир Радоњанин, ред. проф.
_____, ментор

НАПОМЕНА: Члан комисије који не жели да потпише извештај јер се не слаже са мишљењем већине чланова комисије, дужан је да унесе у извештај образложење односно разлоге због којих не жели да потпише извештај и да исти потпише.