

ПРИНЦИПИ ПРОЈЕКТОВАЊА РЕХАБИЛИТАЦИЈЕ КОЛОВОЗА

Славољуб Ерјавец

Институт за путеве А.Д., Београд, Србија

Резиме: На основама прецизној дефинисања узрока постојеће стања, пројектују се могуће, алтернативне мере рехабилитације коловоза и коначно врши избор пројектној решења. У овом раду изложени су основни принципи који се морају поштовати, без обзира на фазу израде пројекта рехабилитације коловоза и тип савремене коловозне конструкције (флексибилне, круће или мешовите).

Кључне речи: пројектовање рехабилитације коловоза, површинске мере, појачање, реконструкција.

PRINCIPLES OF PAVEMENT REHABILITATION DESIGN

Abstract: Possible alternative pavement rehabilitation measures are designed on the basis of the precise definition of the cause of the present situation, as well as the final choice of the designed solution. This paper describes the basic principles that have to be respected, disregarding the design stage or the type of the modern pavement construction.

Key words: pavement rehabilitation design, surface measure, overlay, reconstruction.

1. ОПШТЕ

Резултат истраживања природе, обима и степена оштећености, дефинисање узрока насталог оштећења и добијање одговора на питање да ли је оштећење површинско или узрок потиче из доњих слојева коловозне конструкције, условљава приступ који је потребно имати у пројектовању мера рехабилитације коловоза. Мера која се примењује треба да одговара дефинисаном проблему. Овај рад представља покушај да се систематизују мере кроз њихово груписање у три подгрупе мера, зависно од тога до ког степена је потребно интервенисати на носивост коловозне конструкције. На тај начин пројектоване мере рехабилитације коловоза односе се на:

- конструкције које имају велику резидуалну носивост
- конструкције које немају довољну резидуалну носивост и појачање представља решење проблема и
- конструкције које немају довољну резидуалну носивост и појачање не представља решење проблема већ је неопходно извршити делимичну или потпуну реконструкцију коловозне конструкције.

2. ПРИНЦИПИ ПРОЈЕКТОВАЊА РЕХАБИЛИТАЦИЈЕ КОЛОВОЗА ВЕЛИКЕ РЕЗИДУАЛНЕ НОСИВОСТИ

Истраживање на хомогеним секторима са резидуалном носивошћу изнад утврђеног критеријума треба да се усресреди на дефинисање површине и дубине коловоза захваћене оштећењем. Основни проблеми који се могу јавити су:

- а) пукотине пореклом из површинских слојева коловозне конструкције
- б) колотрази који потичу из асфалтних слојева
- с) рефлектоване пукотине

d) недостаци саме површине хабајућег слоја као што су испливавање битумена, исполираност каменог материјала из асфалтне мешавине или чупање зрна агрегата.

2.1 Резултати дијагнозе стања и алтернативне мере рехабилитације флексибилне и мешовите коловозне конструкције велике резидуалне носивости

2.1.1 Пукотине пореклом из хабајућег слоја

Термичке пукотине и пукотине од замора услед саобраћајног оптерећења пореклом са површине коловоза могу се одржавати различитим техникама у складу са обимом и интензитетом пукотина. Заливање пукотина представља основну меру интервенције али пре него се оно реализује потребно је испитати ефективност мере као што је површински третман коловоза. Такође у случају мањих зона изложености пукотинама, примеренија мера може бити локална замена површинског асфалтног слоја, односно интервенција на коловозу.

2.2 Резултати дијагнозе стања и алтернативне мере рехабилитације флексибилне и мешовите коловозне конструкције велике резидуалне носивости

2.2.1 Пукотине пореклом из хабајућег слоја

Термичке пукотине и пукотине од замора услед саобраћајног оптерећења пореклом са површине коловоза могу се одржавати различитим техникама у складу са обимом и интензитетом пукотина. Заливање пукотина представља основну меру интервенције али пре него се оно реализује потребно је испитати ефективност мере као што је површински третман коловоза. Такође у случају мањих зона изложености пукотинама, примеренија мера може бити локална замена површинског асфалтног слоја, односно интервенција на коловозу.

Заливањем пукотина свакако се може извршити заштита конструкције од продора воде и спречити лом ивице пукотина услед утицаја тешких теретних возила. При томе шире пукотине након поправке треба нивелетски да одговарају окружењу пукотине док текстура и отпорност на клизање не смеју бити умањени у односу на окружење. Треба водити рачуна о томе да заливање пукотина, посебно ако се широко примењује, има потенцијал узроковања саобраћајних несрећа, посебно када се користи за заливање подужних пукотина или спојница и тада је врло важно применити меру која ће редуковати наведени ризик. Заливање подужних пукотина или спојница, не треба да умањи видљивост хоризонталне сигнализације на путу. Ово је нарочито значајно у условима велике рефлексације светлости, честог присуства влаге на површини коловозне конструкције и условима ноћне вожње.

Танки асфалтни слој као и рециклирање постојећег хабајућег слоја могу представљати примерену алтернативу на коловозима приоритетних путева код којих су значајне површине захваћене пукотинама пореклом са површине коловоза.

2.2.2 Промене у микро или макротекстури површине коловозне конструкције

Ако се ради о оштећењима као што су исполираност површине коловоза или испливавање битумена, тада отпорност на клизање може бити испод захтеваног нивоа. Обнављање макротекстуре и микротекстуре је свакако могуће извести изградом новог асфалтног слоја али и неком од мера за унапређење постојећег хабајућег слоја.

<p>3а) Мере које представљају решење проблема а проистичу из пројекта унапређења безбедности</p>	<p>Безбедност и однос према окружењу изискују примену извесних мера које су у вези са одржавањем коловоза</p> <ul style="list-style-type: none"> - Хабајући слој високог коефицијента трења - Парцијална реконструкција (ширење коловоза) - Хабајући слој у боји - Ширење банкна - Корекција попречног нагиба 	<p>2) Атернативне мере</p> <ul style="list-style-type: none"> - заливање пукотина - површинске обраде - танки асфалти - рециклирање - уклањање слојева одговорних за појаву колотрага - дубока замена асф. материјала - апсорбија напона "арматуром" - површинске обраде - танки асфалти - механичко охрпљавање 	<p>3б) Мере које представљају решење проблема а проистичу из пројекта унапређења односа према окружењу</p> <ul style="list-style-type: none"> - Израда коловозног застора који ублажава буку
<p>1) Дијагноза стања</p>	<p>Пукотине на површини</p> <p>Колотрази у асф. слоју</p> <p>Рефлектоване пукотине</p> <p>Оштећења површ. карак.</p>	<p>Конструкција флексибилног или мешовитог типа са резидуалном носивошћу изнад захтеване</p>	<p>Пунџоц спојнице у незадовољавајућем стању</p> <p>Лом ивице спојнице</p> <p>Оштећење површ. каракт.</p> <p>Крута кол. конструкција без структурних оштећења без потреба за појачањем структуре</p>
<p>ФЛЕКСИБИЛНА И МЕШОВИТА КОЛОВОЗНА КОНСТРУКЦИЈА</p>			<p>КРУТА КОЛОВОЗНА КОНСТРУКЦИЈА</p>

Слика 1: Приказ принципа пројектовања рехабилитације коловоза када постојећа коловозна конструкција има резидуалну носивост изнад захтеване

Како је за отпорност на клизање при малим брзинама вожње "одговорна" микротекстура површине коловоза, текстуру каменог агрегата од кога је направљена асфалтна мешавина у хабајућем слоју је могуће унапредити поновним охрапљавањем каменог агрегата. Пошто је за отпорност на клизање при великим брзинама вожње "одговорна" макротекстура површине коловоза, која зависи од композиције асфалтне мешавине у хабајућем слоју, обнова повољне макротекстуре могућа је охрапљавањем површине коловоза.

2.2.3 Колотрази пореклом из асфалтних слојева коловозне конструкције

Иако појава колотрага указује на структурне проблеме, узрок појаве колотрага се може налазити у површинским слојевима. Када детаљна испитивања оцене постојећег стања потврде да се узрок појаве колотрага налази у асфалтним слојевима (хабајући, везни слој) замена слоја или слојева, хабајућег, евентуално и везног, односно носећег слоја до одређене дубине, може бити неопходно како би се спречило да ти дефекти негативно делују на нове слојеве коловозне конструкције.

2.2.4 Рефлектоване пукотине

Рефлектоване пукотине мешовитих коловозних конструкција или пак спојнице крутог коловоза представљају структурни проблем који захтева специфичан приступ. Једном формиране пукотине прогресивно се оштећују током експлоатације пута. Вода продире у конструкцију и расквашава слојеве од невезаног материјала у зони пукотина што може проузроковати губитак носивости доњих слојева. Контакт између фрагмената може бити еродираан и тада саобраћајно оптерећење може проузроковати вертикално померање на пукотинама за време преласка точка са једног фрагмента на други.

Када се детаљним испитивањем потврди да пукотине потичу из носећег слоја од цементом везаног каменог агрегата тада се препоручује потпуно уклањање асфалтног материјала у зони пукотине до потпуне дубине до цементом везаног носећег слоја, коришћењем специјално развијеног уређаја за то. "Ров" који се добија попуњава се асфалтним материјалом.

Основни начини за спречавање односно одлагање рефлектовања пукотина су: коришћење модификованог везива за побољшање карактеристика еластичности и отпорности на замор или коришћење принципа апсорпције напона или "армирање" материјала у циљу дистрибуције деформација.

2.3 Резултати дијагнозе стања и алтернативне мере рехабилитације круте коловозне конструкције велике резидуалне носивости

Када закључци оцене постојећег стања потврђују начелно добро очувану структуру постојеће цемент бетонске конструкције (при конструкција има велику резидуалну носивост), тада се рехабилитација цемент бетонског коловоза изводи поправком недостатака на самој површини хабајућег слоја чиме се превентивно утиче на продужење трајности конструкције.

2.3.1 Поправка пуниоца спојница

Бетонске плоче шире се и скупљају како температура расте и опада. Оне се криве и витопере када је температура суштински различита на два површинама плоча.

Попречне и подужне спојнице прихватају различито померање и због тога је веома важно да се правилно изведу и одржавају.

Оштећене испуне спојница допуштају прашини, песку, камењу и води да продире између плоча и на тај начин се инфилтрирају у доње слојеве конструкције. Накупљање непожељних испуна у спојници спречава затварање спојница и води ка лому ивица бетона. Уколико је више плоча изложено оштећењу, тада може доћи до издизање плоча. Продирање воде у спојницу може водити размекшавању постелице, смањењу носивости слоја од невезаног каменог агрегата, коризији можданика и котви. Присуство воде може допринети алкално-силикатној реакцији која се јавља када је бетон израђен од реактивног агрегата.

Оштећење пуниоца настаје услед неодговарајуће припрема зидова спојнице, погрешног избора материјала за заливање спојница, неправилне дубина заливања, присуства влаге на зидовима спојнице, старења, погрешаног избора материјала за заливање спојница, неправилне дубине заливања или прекомерног заливање спојница. Мера коју треба применити јесте уклањање пуниоца, припремање зидова спојница и поновно заливање спојница.

2.3.2 Поправка лома ивице спојнице

До лома ивице спојнице може доћи услед лошег квалитет уграђеног цемент бетона или као последица следећег:

- инфилтрације прашине или другог финог материјала унутар зидова спојнице
- пенетрације камена унутар спојнице или механичко оштећење спојнице или пак спутавање померања можданика
- присуства крутог предмета у спојници када се ради о значајнијем оштећењу ивице спојнице.

Оштећење може бити санирано локално тако што се вертикално исеку зидови спојница размака 40mm на попречној односно 30mm на подужној спојници. Уколико није могуће поправку извршити на описан начин тада треба применити танку поправку цементним малтером.

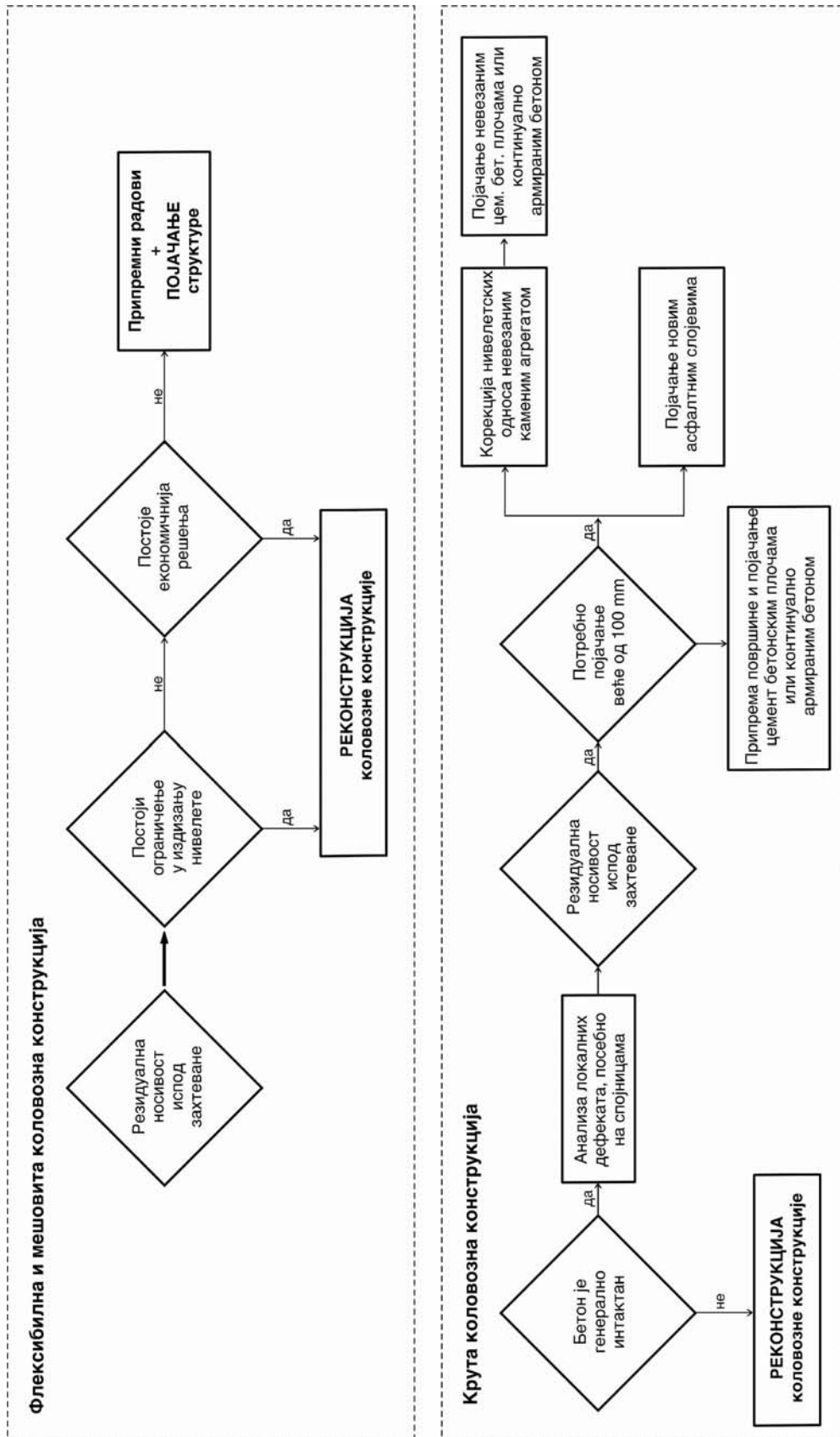
2.3.3 Поправка недовољно добрих карактеристика површине коловозне конструкције

Постоји више различитих метода за обнову површине цемент бетонског коловоза па ипак, различити фактори опредељују најприхватљивију на конкретној деоници пута. Неке од метода теже обнављању макротекстуре, док друге утичу на побољшање микротекстуре. Поједине методе утичу на побољшање и једног и другог. Површинска обрада, попречно браздање површине, механичко охрапљавање, израда танког асфалтног слоја, потенцијалне су мере рехабилитације на бетонским коловозним површинама са описаним проблемом.

3. ПРИНЦИПИ ПРОЈЕКТОВАЊА РЕХАБИЛИТАЦИЈЕ КОЛОВОЗА МАЛЕ РЕЗИДУАЛНЕ НОСИВОСТИ

Када истраживања узрока насталог оштећења указују на то да узрок потиче из доњих слојева коловозне конструкције тада се примењује једна од следећих активности:

- појачање структуре коловоза израдом нових слојева
- реконструкција – делимична или потпуна.



Слика 2: Приказ принципа пројектовања рехабилитације коловоза када је потребно појачање коловозне конструкције

3.1 Принципи пројектовања појачања структуре коловозне конструкције

3.1.1 Принципи пројектовања појачања структуре флексибилне и мешовите коловозне конструкције

Уколико је анализом постојећег стања утврђено да је конструкција суштински неослабљена тада постоји склоност ка појачању конструкције али за примену овог решења потребно је да се испуне одређене околности.

Постоје ситуације када појачање има лимитиране дебљине. То се може очекивати због ограничења која су наметнута од стране других конструкција на путу као што су конструктивни потенцијали мостова (могуће прекорачење оптерећења на мостовима), висине ограда и безбедоносних баријера, висине пролаза на путу или риголи и ивичњаци. Таква ограничења треба да буду проверена у раној фази процеса оцене стања.

Када непостоји ни једно од наведених ограничења тада је потребно утврдити да ли постоје разлози да се не изврши појачање. Извођењем појачања као мере одржавања, конструкција задржава све постојеће дефекте. Ови дефекти треба да буду на прави начин представљени и вредновани у процесу пројектовања алтернативних мера рехабилитације коловоза.

Значајан недостатак неког од слоја конструкције може бити превазиђен израдом појачања међутим потребна је детаљна анализа ризика који се преузима остављањем проблематичног слоја у конструкцији. Често је приступ реконструкције економски ефективнији од приступа израде дебелог слоја појачања. При томе, веома је важно да период анализе алтернативних мера буде довољно дуг како би се могле сагледати све предности и недостаци пројектованих варијанти. Уколико се оцени да слој који је узрок оштећења конструкције и након израде појачања има тенденцију рапидног пропадања, тада реконструкција заиста треба да покаже предност. На коловозима са више од једне траке у сваком од смерова коловозна конструкција може, зависно од дистрибуције теретних возила по тракама, имати различито оштећење конструкције, па према томе захтевати различит третман у приступу одржавања коловоза. Економска оцена треба да пружи одговор на питање да ли је ефективније применити меру појачања конструкције у пуном профилу или је реконструкција најоптерећеније траке оптимално решење рехабилитације коловоза.

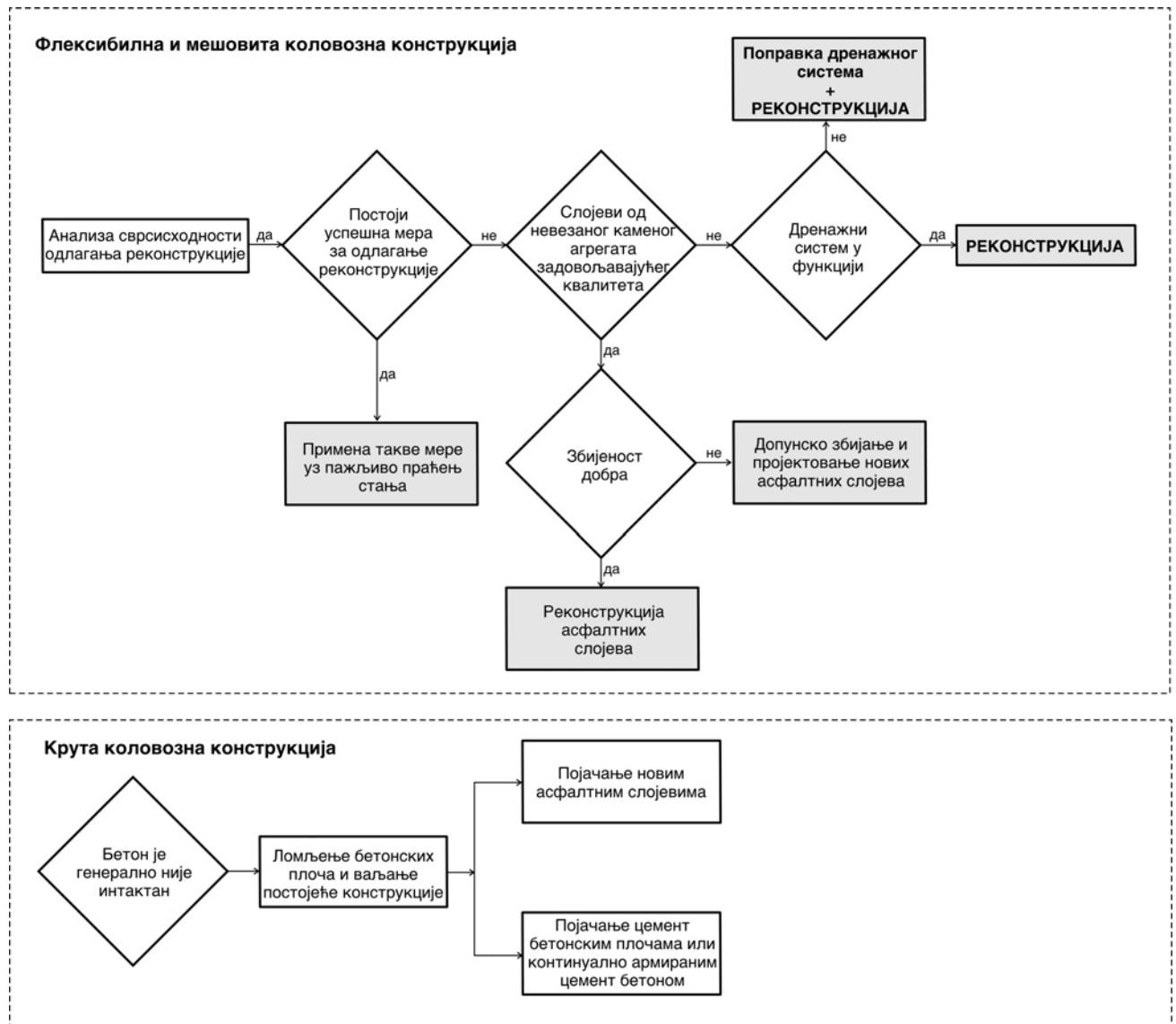
3.1.2 Принципи пројектовања појачања структуре круте коловозне конструкције

Први корак у дефинисању потреба за одржавањем јесте утврђивање интактности постојеће круте коловозне конструкције. Када постојећа крута коловозна конструкција има изражена оштећења (денивелација спојница или пукотина, фрагментација плоча, шупљине испод спојница или углова плоча), тада је потребно утврдити да ли локалне мере поправке могу бити ефективне у погледу враћања интактности конструкцији. Испитивања анализирају постојање наведених оштећења као и обим конструкције који је захваћен. Уколико анализе покажу непоуздност локалних интервенција на санацији оштећења, тада је потребно пројектовати ломљење бетона и збијање а након тога извођење потребног појачања конструкције.

Појачање бетоном може учинити носивост побољшаном за дужи период експлоатације у односу на појачање новим асфалтним слојевима. Добра основа у постојећој коловозној конструкцији, предност је овог типа појачања. Појачање дебелим слојем цемент бетона може се анализирати као опција када је потребна потпуна

реконструкција коловоза, било да се ради о флексибилној, мешовитој или крутој постојећој коловозној конструкцији. Добит овакве алтернативе у поређењу са опцијом реконструкције може бити у томе што није потребно уклањање постојеће конструкције или пак замена доњих, носећих слојева и свакако је примерено коловозним конструкцијама путева са интензивном и тешким саобраћајем.

Танки слојеви цемент бетона као слојеви појачања постојеће конструкције су примерени крутим коловозима који су у стању генералне интактности.



Слика 3: Принципи пројектовања реконструкције коловоза

3.2 Принципи пројектовања реконструкције коловоза

3.2.1 Принципи пројектовања реконструкције асфалтне и мешовите коловозне конструкције

Уколико оштећења не потичу из површинских слојева или појачање није решење проблема пројектанту је упућен на пројектовање реконструкције коловозне

конструкције. Па ипак, пре избора реконструкције, потребно је испитати могућност њеног успешног одлагања на што је могуће дужи период.

Наведено одлагање радова је могуће до тренутка када оштећења достигну ниво када почињу у знатној мери да угрожавају учеснике у саобраћају и окружење. Изузетак представља ситуација када локална реконструкција може предупредити ширење значајног оштећења конструкције (односи се и на бетонску конструкцију где подужна пукотина, једанпут иницирана, може рапидно да се прошири на целу површину коловоза).

Основни принцип при доношењу одлуке о степену реконструкције јесте да се пројектује уклањање само оних слојева за које је утврђено да представљају проблем. Што је могуће више (колико механичке карактеристике допуштају), тежи се задржавању постојећег материјала. Тиме, не само да се врши уштеда на додатном материјалу, већ се обезбеђује добра основа за нове слојеве. Када се ради о конструкцији мешовитог типа, врло често је неопходно задржати постојећи слој од цементом везаног каменог агрегата иако је овај слој у значајној мери оштећен. Ломљење и збијање наведеног слоја може бити врло скупо, па га је потребно задржати као основу за слојеве појачања.

Када је доњи слој од невезаног каменог агрегата са ниском вредношћу носивости и великом запрљаношћу глинивитим честицама, тада је такав слој потребно заменити.

Збијеност доњих слојева од невезаног каменог агрегата може представљати проблем постојеће коловозне конструкције. Када оцена стања потврди постојеће слоја од невезаног каменог агрегата недовољне збијености није потребна замена, већ је потребно извршити допунско збијање материјала.

Реконструкција коловозне конструкције прилика је да се изврши ревизија функционалности дренажног система. Поуздано пројектовање рехабилитације коловоза укључује ефикасно обезбеђење од штетног утицаја воде у будућој експлоатацији. Стога, ако се установи проблем лошег дренарања коловозне конструкције, потребно је пре предузимања мера на рехабилитацији/реконструкцији успоставити добре услове дренарања конструкције. Слика 3 даје приказ процедуре пројектовања реконструкције коловозне конструкције.

3.2.2 Принципи пројектовања реконструкције цемент бетонске коловозне конструкције

Уколико анализе покажу непоуздност локалних интервенција на санацији оштећења коловозне конструкције са цемент бетонским коловозни застором, тада је потребно пројектовати ломљење бетона и збијање а након тога извођење потребног појачања конструкције. Вредновање крутости изломљених и збијених фрагмената цемент бетонског коловоза и пројектовање нових слојева коловозне конструкције користи инжењерске принципе који се примењују у пројектовању нових коловозних конструкција. Мерење дефлексија након ломљења и збијања бетона пружа добру могућност за дефинисање крутости конструкције (након извођења ломљења и збијања). Како би наведена техника добила потпун смисао и на најбољи начин се употребила неопходно је формирати опитно поље пре почетка радова.

4. ЗАКЉУЧАК

Пројектовање мера рехабилитације коловоза заједно са дијагнозом постојећег стања, фазом која предходи пројектовању мера, представља основну фазу у пројектовању рехабилитације коловоза. Одржавање путева па и коловозне конструкције је континуиран процес на који друштво троши значајна средства. У последњој декади сведоци смо значајних радова на рехабилитацији коловоза, укључења савремене опреме, увођења нових материјала и нове технологије али у Србији и даље не постоје стандарди који се баве облашћу пројектовања рехабилитације коловоза. Овим радом аутор је покушао да укаже на значај успостављања процедура у пројектовању рехабилитације коловозне конструкције и даљој, детаљнијој разради појединих фаза пројектовања рехабилитације коловоза у циљу унапређења пројектовања..

РЕФЕРЕНЦЕ

- [1] Анђус В., Малетин М., Радојковић З., *Методологија реконструкције путева*, Београд, Грађевински факултет, 1993.
- [2] Highway Agency, *DMRB, Volume 7, Section 3 HD 29/94 – Pavement Maintenance Structural*, Great Britain, 1994., pp. 2/4-2/13
- [3] Highway Agency, *DMRB, Volume 7, Section 3 HD 30/99 - Maintenance Assesment procedure*, Great Britain, 1999., pp.5/4
- [4] LCPC, SETRA, *Conception et dimensionnement des structures de chaussee, Guide technique*, France, 1994., pp.49-53