

ПРИМЕНА БЕТОНСКОГ КОЛОВОЗА У СРБИЈИ APPLICATION OF CONCRETE PAVEMENT IN SERBIA

Бранислав Шустер, Факултет техничких наука, Нови Сад

Област – ГРАЂЕВИНАРСТВО

Кратак садржај – У оквиру рада приказане су теоријске основе и упутства за израду бетонског коловоза у Србији. Приказан је историјски развој градње путева, објашњени су различити типови бетонских коловозних конструкција које су се користиле у прошлости, типови савремених бетонских коловозних конструкција, материјали од којих се праве, методе димензионисања, њихове предности и мане као и које методе се највише користе данас. У Србији се бетонски застори углавном раде када постоји веће оптерећење на конструкцију и када је учесталост оптерећења велика.

Кључне речи: историјски развој путева, типови коловоза, бетон, бетонски коловози,

Abstract – The paper presents the theoretical foundations and instructions for the construction of concrete pavements in Serbia. The historical development of road construction is presented, the different types of concrete road constructions that were used in the past, the types of modern concrete road constructions, the materials from which they are made, the pavement design methods, their advantages and disadvantages, as well as which methods are most commonly used today, are explained. In Serbia, concrete curtains are generally made when there is a greater load on the structure and when the frequency of loading is high.

Keywords: Historical development of roads, pavement types, concrete, concrete pavements

1. УВОД

1.1 Историјски развој градње путева

Пут представља грађевински објекат намењен за саобраћај, односно то је утврђена површина коју као саобраћајну површину могу да користе сви или одређени учесници у саобраћају. Историјска градња путева почиње још у праисторијско доба, када је човек градио пешачке и коњске стазе за одлазак у лов, до извора. Савремени путеви воде порекло из давнина. Најстарији познати калдрмисани пут изграђен је у Египту, око 3000 година пре нове ере, и водио је од долине Нила до Кеопсове пирамиде. То је био коловоз од камених плоча великих димензија, грубо обрађених и положених преко песка.

НАПОМЕНА:

Овај рад проистекао је из мастер рада чији ментор је био доц. др Милош Шешлија.

1.2 Развој путева у време Римског царства

Римљани су међу првима схватили да појединачни путни правци нису право решење, него да је потребно формирати мрежу брзих и сигурних путева која повезује најудаљеније делове царства. Постигли су савршенство које није превазиђено све до двадесетог века. Њихови тада најбоље коловозне конструкције биле су са засторима од камених плоча које су прецизно обрађене, тако да су се спојеви једва познавали. Површине ових путева су биле равне и естетски лепо обликоване.

1.3 Историјат бетонских коловоза у Србији

Бетонски коловози у Србији су у прошлости конструисани за два важна путна правца. Пут Београд – Нови Сад изграђен је тридесетих година двадесетог века, пре Другог светског рата. Карактер пута се до данашњег дана знатно променио, па је из тог разлога урађена надоградња коловоза у виду једног или више асфалтних слојева.

Пут „Братство – јединство“ изграђен је после Другог светског рата као главна саобраћајница која је повезивала Словенију са Македонијом.

Већински део пута је имао бетонски коловоз који је реконструисан крајем седамдесетих година. Овакав тип коловоза је такође представљао добру подлогу преко које су изграђени нови слојеви коловоза.

1.4 Типови савремених коловозних конструкција – разлика између круте и флексибилне коловозне конструкције

Флексибилне коловозне конструкције су вишеслојне и састоје се од слојева битуменом везаних материјала (асфалтног застора и горње подлоге) и невезаних носећих слојева (доње подлоге). Што се тиче крутих коловозних конструкција, њихов основни материјал представља цементни бетон који чине мешавине портланд везива, агрегата, воде и хемијских додатака. Постоји и прелазни тип конструкција, а то су „Полукруте“.

Њих одликује један носећи слој са портланд цементом као стабилизацијом или неким сличним крутим везивом.



Слика 1 – Разлика између флексибилне и круте коловозне конструкције

2. ТИПОВИ САВРЕМЕНИХ КРУТИХ КОЛОВОЗНИХ КОНСТРУКЦИЈА У СРБИЈИ

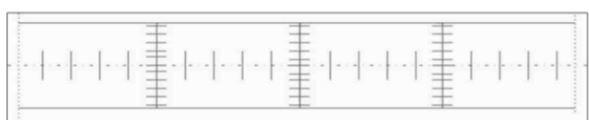
Коловозни застор крутих коловозних конструкција састоји се од цементно бетонских плоча које имају велик модул еластичности (Е), што обезбеђује велику крутост. Ове конструкције састоје се од бетонске армиране или неармиране плоче, које се полагају директно преко постелнице или преко подлоге од гранулисаног материјала који може бити са или без везива.

2.1. Неармирани бетонски коловози

Овакав тип бетонских коловоза је најчешћи у Србији, што се тиче крутих коловозних конструкција. Величина бетонских комада зависи од скупљања бетона насталог услед очвршћавања бетона. Плоче су повезане можданицима и везним шипкама које се користе код уздужних спојница. Можданице омогућавају пренос оптерећења. Плоче су ширине пута, а дужине најчешће од 3,5 до 6м.



Слика 2 - Неармирани бетонски коловоз без можданика

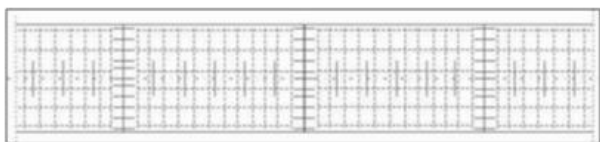


Слика 3 - Неармирани бетонски коловоз са можданицима

2.2. Армирани бетонски коловози

а) Класични армирани бетонски коловози

Армиранобетонски коловоз је модификована или развијена верзија неармираног бетонског коловоза. Користи се у случају када се очекују велика концентрисана оптерећења. Такође, користи се уместо обичног бетонског коловоза када постоји недоумица у погледу материјала и израде и када се предвиђа диференцијално слегање. Дебљина армираног бетонског коловоза је мања од неармираног. Плоче код овог типа крутих коловоза су много дуже него плоче код једноставних бетонских коловоза. Распони дужина оваквих плоча се крећу од 7 до 15м.

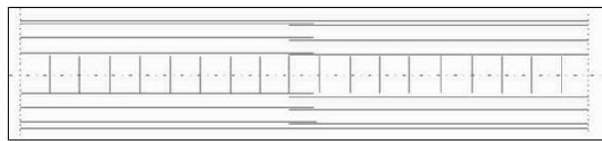


Слика 4 - Класични армирани бетонски коловоз

б) Непрекидно армирани бетонски коловоз

Континуално армирани бетонски коловози садрже континуирану, уздужну челичну арматуру без попречних контракционих и експанзионих спојница. Улога арматуре је да зидове прелина и пукотина држи на блиском одстојању, са укљештеним зрнима

агрегата, што омогућава стопроцентно преношење оптерећења са једне на другу страну прелине. Дебљина плоче оваквих коловоза је слична као и код класичних армираних или неармираних коловоза.



Слика 5 - Континуално армирани бетонски коловоз

с) Бетонски коловози армирани влакнима

Овакав тип коловоза је конструисан од смеше бетона са умешаним ситним челичним, стакленим, синтетичким или природним влакнима, који се распоређују у свим правцима. У бетонску мешавину се ставља ситнозрни агрегат са повећаном количином цемента. Бетонски коловози армирани влакнима имају широк спектар примене. Могу да се користе за израду државних путева, локалних путева, раскрсница, паркинга, индустријских подова. На подручју Србије се користе челична или стаклена влакна. Дужина челичних влакана се креће од 25 до 76 мм и пречника су 0,25 до 0,76 мм. Код оваквих коловоза дозвољени су већи угиби из разлога што се оптерећење преноси на мању површину подлоге (овакви коловози имају већу еластичност).



Слика 6 - Бетонски коловози армирани влакнима

д) Преднапрегнути бетонски коловози

Носивост бетонских коловозних плоча може се значајно повећати преднапрезањем. Основна идеја преднапрезања је излагање бетонске плоче притиску пре него што та плоча буде оптерећена. Улога уношења напона притиска у бетон је смањење или потпуна елиминација напона затезања. Ови напони модификују структурно понашање бетона и значајно побољшавају његову способност да издржи деформације савијања без пуцања.



Слика 7 - Преднапрегнути бетонски коловози

3. МАТЕРИЈАЛИ КОЈИ СЕ КОРИСТЕ У БЕТОНСКИМ КОНСТРУКЦИЈАМА

Материјали који ће бити коришћени за израду коловозне конструкције, као и за постављање подлоге испод исте, морају да задовоље услове квалитета материјала који су прописани одговарајућим стандардима. Сви материјали се испитују како појединачно, тако и у комбинацији, како би се добила јединствена мешавина која задовољава све потребне услове квалитета. Стандард који се бави техничким условима за израду цементнобетонског коловоза је СРПС У.Е3.020. Овим стандардом се утврђују услови и начин израде цемент-

нобетонских коловоза за све врсте путева и саобраћајних површина.

3.1. Постељница

Постељница је завршни слој насипа или завршни слој подтла у усеку и то је базни слој на који се поставља коловозна конструкција. Постељница се састоји од једног или више компактних слојева од невезаног или везаног материјала који су смештени између бетонске плоче и насипа. **Постељница** мора да издржи напоне које преносе слојеви изнад ње, а који су проузроковани саобраћајним оптерећењем. Носивост постељнице зависи од збијености материјала, влажности и од врсте материјала тла. **Влажност тла** утиче на носивост постељнице, на скупљање и бубрење. Веома је важно да постоји добар дренажни систем како се вода не би задржавала у материјалу. **Скупљање и/или бубрење** се јавља услед промене влажности материјала.

3.2. Камени материјал

Камени материјали се добијају из стена различитим поступцима и чине већински део коловозне конструкције. Камени материјали се деле на природне, дробљене и мленене. Природно уситњени материјали добијају се са позајмишта (песак и шљунак), из речних корита или спрудишта. Дробљени материјали се добијају као што и сама реч каже дробљењем каменог материјала из каменолома или крупних зрна издвојених из шљунка (шљунковитог материјала). Мленени материјали се добијају уситњавањем или млевењем дробљеног каменог материјала у специјалним постројењима која су за то намењена. У мленене материјале спадају камено брашно, ситнозрни песак.

3.3. Портланд цемент

Цемент је хидраулично минерално везиво које се добија млевењем тзв. портланд цементног клинкера - вештачког каменог материјала који се ствара печењем кречњака и глине. Када се помеша са водом, прелази у круто стање. Цемент је такође и главна компонента у процесу везивања бетона.

3.4. Вода

Вода не сме да садржи уља, масти, нафтне производе и шећер. Присуство ових материја се одређује визуелним путем, а присуство шећера квалитативном хемијском анализом.

3.5. Геосинтетички материјали

Геосинтетички материјали који могу бити у различитим облицима (у виду тканина, мрежа, мембрана или њихове комбинације), производе се од полимерских материјала и имају широку примену у области нискоградње. Геосинтетички материјали се примењују код ојачања слабо носивог тла, армирања насипа, ојачања постељнице, дренажа, код појачања постојећих коловоза ради спречавања рефлектовања оштећења кроз слојеве појачања.

3.6 Челик

Уколико је неравномерно подтло или ако дужина цемента бетонских коловозних плоча прелази 25 - струку дебљину тих плоча, треба предвидети једно-струку (горњу) или двоструку (горњу и доњу) арматуру. За врло тешко, тешко и средње саобраћајно

оптерећење обухватити стављање арматуре и то најмање 3 kg/m^2 , а за лако и врло лако саобраћајно оптерећење 2 kg/m^2 . Количина подужне арматуре у мрежама мора бити приближно 1,5 пута већа од количине попречне арматуре.

3.7 Додаци бетону

Додаци бетону су супстанце које се додају пре или за време мешања бетонске мешавине у сврху побољшања својстава свежег и/или очврснулог бетона. Утицаји додатака у бетону су повећана обрадљивост, смањена количина цемента, смањена емисија CO_2 , повећана притисна чврстоћа, смањена маса елемента, смањење потребе за поправкама. **Минерални додаци** се убацују како би се побољшала одређена својства бетона. Убацивањем додатака се може побољшати обрадљивост бетона и може се смањити запремина пора. **Хемијски додаци** бетону су течности или различите врсте прашкастог материјала који се додају бетону у малим количинама током мешања бетона док је у свежем стању. Додају се процентуално у односу на масу цемента.

3.8 Бетон

Свеж бетон је вишеккомпонентни полидисперзан систем, који се добија хомогенизацијом мешавине различитих компоненти материјала. Представља комплексан систем, који представља спој мешавине материјала из сва три агрегатна стања. Свеж бетон се још назива и „структурирана вискозна течност“. **Очврсли бетон** представља бетон који је довољно снажан да издржи предвиђено оптерећење у свом експлоатацијском периоду. Представља један од најјачих и најиздржљивијих грађевинских материјала.

3.9 Спојнице

Спојнице су дисконтинуитети чија је улога да дозволе ширење и скупљање бетонских плоча, као и да спрече њихово неконтролисано пуцање. Ове појаве се дешавају услед промене температуре и влажности.

Два основна типа спојница су:

- Попречне (трансверзалне) спојнице и
- Подужне (лонгитудиналне) спојнице

Попречне спојнице се по функцији деле на:

- Контракционе (привидне) спојнице,
- Експанзионе (дилатационе) спојнице,
- Витоперне спојнице,
- Радне спојнице,
- Изолационе спојнице.

4. ДИМЕНЗИОНИСАЊЕ БЕТОНСКИХ КОЛОВОЗНИХ КОНСТРУКЦИЈА

4.1 Уводни део, емпиријске и механистичко емпиријске методе димензионисања

Током друге половине двадесетог века, најчешће коришћене „класичне“ методе за димензионисање крутих коловоза биле су:

- метода Westergaard-a,
- метода Pickett & Ray-a,
- метода Америчког друштва за јавне путеве и транспорт – AASHTO,
- метода Удружења за портланд цемент – PCA.

У новије време уводе се методе које се заснивају на прецизном прорачуну напона и деформација вишеслојним еластичним моделима или методом

коначних елемената. Новије методе које се користе за димензионисање су:

- метода пројектовања цемент бетонских коловоза према приручнику за пројектовање путева,
- метода SRPS U.C4.014, која је рађена по принципу AASHTO методе из 1993. године.

Најважнији фактори који имају утицај на димензионисање крутих коловозних конструкција су:

- саобраћај (величина и број понављања оптерећења),
- климатски услови (температура и влажност),
- подлога (тип и носивост),
- тип бетонске коловозне конструкције (неармирана, армирана, непрекидно армирана и преднапрегнута),
- спојнице (тип и растојање),
- очекивани квалитет приликом изградње и одржавања коловозне конструкције.

Димензионисање бетонских коловоза се састоји од две ствари:

- одређивања дебљине бетонске плоче и подлоге и
- димензионисања спојница.

Емпиријске методе се заснивају на резултатима експерименталних истраживања или на основу искуства. У пракси, најчешће коришћена једначина за израчунавање дебљине плоче је “AASHTO – Guide for the Design of Pavement Structures” из 1993. године).

Механистичко емпиријске методе су много комплексније од чисто емпиријских метода, из разлога што захтевају већи број улазних података. Поред основних података, уводе се и подаци за моделирање утицаја амбијента и прецизности дефиницију карактеристика материјала.

4.2. Методе за димензионисање и напони који се јављају у цементно бетонским плочама:

- Напони услед саобраћајног оптерећења – Вестергардова метода
- Напони извијања у плочи
- Напони трења између плоче и подлоге
- Ширење плоча
- Скупљање плоча
- Пригајени напони у бетону
- Термичке пукотине у свежем бетонском коловозу
- Суперпозиција напона код крутих коловозних конструкција
- Димензионисање нових цементно бетонских коловозних конструкција према SRPS U.C4.014. / 1994
- Димензионисање цемент – бетонских коловоза према Приручнику за пројектовање путева

5. ЗАКЉУЧАК

Израда бетонских коловозних конструкција представља комплексан процес. Постоји мноштво фактора које инжењери треба да узму у обзир приликом изградње, било да се ради о новој градњи, рехабилитацији или реконструкцији коловоза. Бетонске, као и све остале коловозне конструкције, треба да испуне следеће услове:

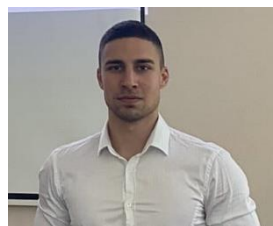
- треба да су довољно отпорне на утицаје покретног оптерећења и да обезбеде преношење оптерећења на постелицу и тло у основи (подтло),
- треба да су употребљиве за саобраћај у свим временским условима,
- површинске карактеристике коловоза, нарочито равност и храпавост, потребно је да обезбеде угодну и безбедну вожњу,
- потребно је да се обезбеди пројектовани век трајања (предвиђени број пролаза стандардних осовина), уз једноставно одржавање и прихватљиве трошкове.

На подручју Србије, најкоришћеније методе за димензионисање бетонских коловоза су стандард SRPS.U.C4.014 и Приручник за пројектовање путева у Републици Србији. Ове две методе дају оптималне дебљине коловозних конструкција, уз мање трошкове одржавања и чувајући њихову структуру током експлоатационог периода.

6. ЛИТЕРАТУРА

- 1) Узелац Ђ.: „Коловозне конструкције”, ФТН издаваштво, Нови Сад, 2015.
- 2) Узелац Ђ.: „Путеви и градске саобраћајнице”, ФТН издаваштво, Нови Сад, 2015.
- 3) ЈП Путеви Србије, Приручник за пројектовање путева у Републици Србији, Београд, 2012.
- 4) Цветановић А., Банић Б.: „Коловозне конструкције“, Академска мисао, Београд, 2007.
- 5) Цветановић А., Банић Б.: „Основе саобраћајница“.
- 6) Цветановић А., Банић Б.: „Поправке коловозних конструкција“, Академска мисао, Београд, 2011.
- 7) AASHTO Guide for Design of Pavement Structures, Washington, D.C. 1972.
- 8) Стандард SRPS. U.C4.014, Димензионисање нових цементнобетонских неармираних коловозних конструкција, 1994.
- 9) Стандард SRPS. U.E3.020, Технички услови за израду цементнобетонског коловоза, 1987.
- 10) Стандард SRPS EN 10080, Бетонски челик - завариви бетонски челик – Општи део, 2008.
- 11) Стандард SRPS. U.B1.001, Геомеханичка испитивања – општа класификација тла, 1990.
- 12) Матић Б.: Материјал са предавања, „Путеви и саобраћајнице“, ФТН, 2018.
- 13) Малешев М., Шупић С.: Материјал са предавања, „Материјали у грађевинарству 2“, ФТН, 2023.

Кратка биографија:



Бранислав Шустер је рођен у Новом Саду 1997. године. Мастер рад на Факултету техничких наука у Новом Саду, на смеру Грађевинарство – Путеви, железнице и аеродроми, одбранио је 2023. године.
Контакт: branislav.suster97@gmail.com