

BETONSKA KROŽIŠČA



ZDRUŽENJE ZA BETON SLOVENIJE

ZBS

CIP

XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX

XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX

XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX

XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX

XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX

XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX

BETONSKA KROŽIŠČA

1 Uvod	4
2 Zakaj izbrati betonsko vozišče za krožišče?	8
3 Projektiranje krožišč s stikovanimi betonskimi ploščami	12
4 Projektiranje krožišč v neprekinjeno armiranem betonu	20
5 Vidiki gradnje	24
6 Avstrijske izkušnje s proizvodnjo in vgradnjo betonskega vozišča	38
7 Zaključki	42





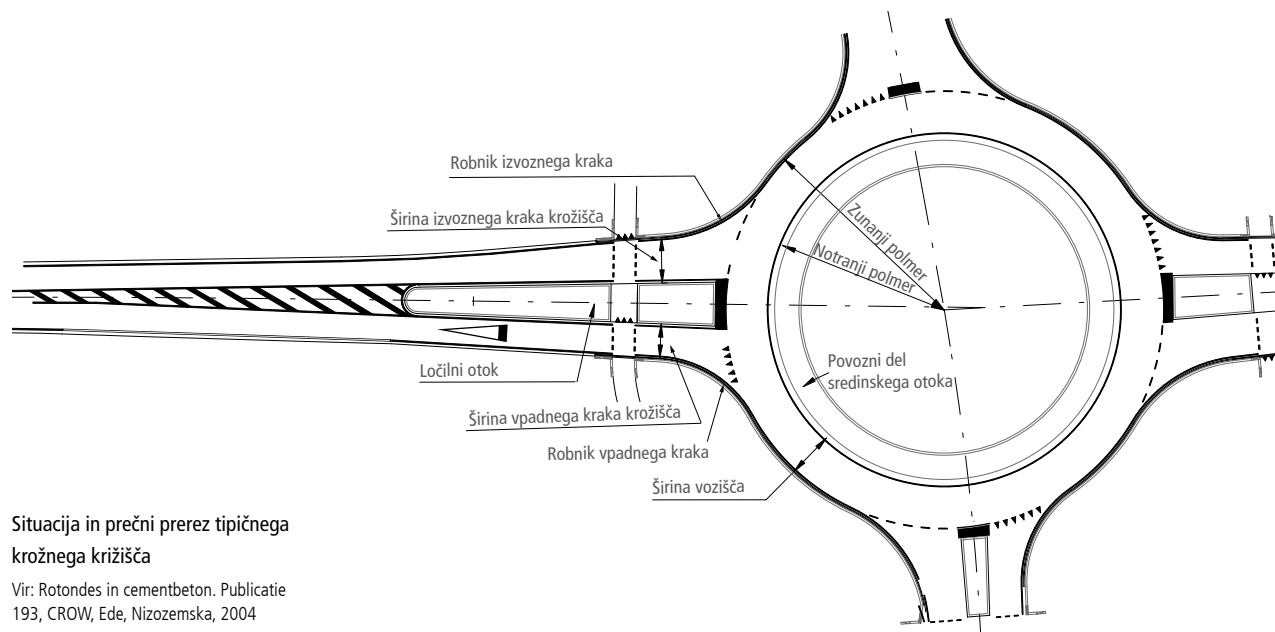
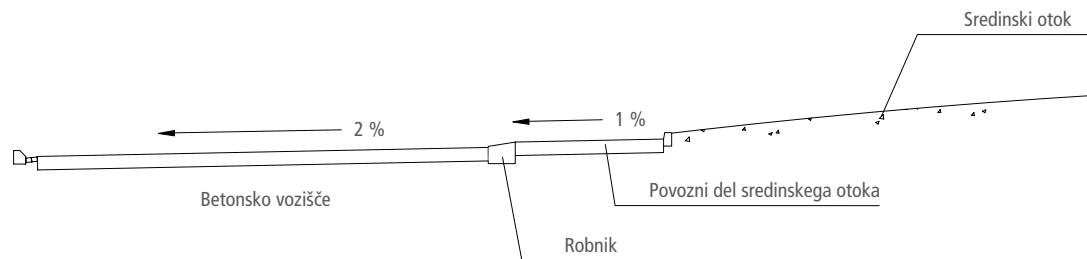
Foto: arhiv Lafarge Slovenija - Miran Kambič

1 UVOD

V mnogih evropskih državah se promet na območjih križanj cest vse pogosteje ureja z izgradnjo krožišč, ki omogočajo varnejši in bolj tekoč promet.

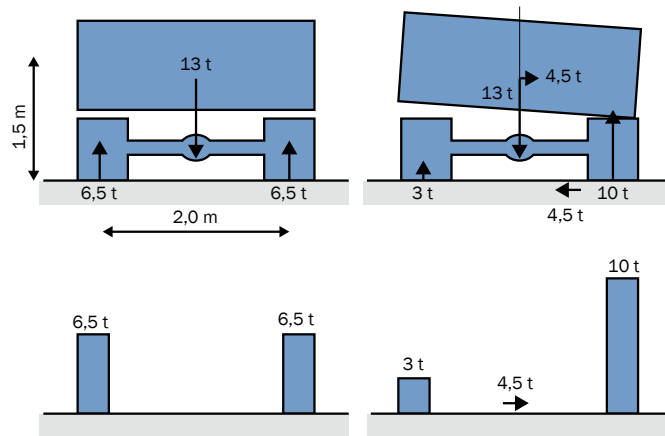
Visoke prometne obremenitve, povišane obremenitve zunanjih koles vozil, ki so posledica centrifugalnih sil na vozilo v krožišču, in sama centrifugalna sila povzročajo v krožišču ekstremne napetosti na vozišče.

Posledice tovrstnih obremenitev so nastanek kolesnic, deformacija obrabne plasti, izguba površinskega agregata in pojav razpok kot rezultat nezadostne nosilnosti obrabnih plasti voziščne konstrukcije.



Situacija in prečni prerez tipičnega krožnega križišča

Vir: Rotondes in cementbeton. Publicatie 193, CROW, Ede, Nizozemska, 2004



Prikaz porazdelitve osne obremenitve težkega tovornega vozila v krožišču

Vir: Rotondes in beton, "net even anders". W. KRAMER, Cement&BetonCentrum, 's Hertogenbosch, Nizozemska, 2012

Intenziven in težek tovorni promet v krožiščih povzroča ekstremne napetosti v vozišču.

Foto: arhiv Lafarge Slovenija - Miran Kambič



Uporaba betona kot bolj trajnega in predvsem odpornega materiala se zato zdi smiselna rešitev. Betonska vozišča ahko gradimo na dva načina, in sicer kot stikovano nearmirano (JPCP – Jointed plain concrete Pavement) ali stikovano armirano betonsko vozišče (JRCP – Jointed reinforced concrete pavement) ter kot neprekinjeno armirano betonsko vozišče (CRCP – continuously reinforced concrete pavement). V tej publikaciji sta predstavljena način projektiranja in izvedbe za oba tipa gradnje. Tehnologija JPCP (ali JRCP) se pri izvedbi krožišč uporablja že vrsto let. V večini držav še vedno velja za standardno izbiro (Avstrija, Nemčija, Švica ...). Tehnologija CRCP je bila prvič uporabljena šele leta 1995 v Belgiji. Ti prvi primeri uporabe so zdaj stari skoraj dvajset let in so še vedno v odličnem stanju. V tem času so v Belgiji, Franciji in na Nizozemskem zaradi pozitivnih izkušenj zgradili številna nova tovrstna betonska krožišča.

KAKŠNA JE PRIČAKOVANA ŽIVLJENJSKA DOBA BETONSKIH KROŽIŠČ?

Po svetu je mogoče najti veliko primerov betonskih vozišč, starejših od petdeset let, tudi takšnih, ki so izpostavljena izredno težkim prometnim obremenitvam. Krožna križišča se po drugi strani gradijo šele od devetdesetih let prejšnjega stoletja, tako da najstarejša danes dosegajo 20 let.

Lep primer je na Nizozemskem, na križišču Reekermolen v provinci Noord-Brabant. Volumen prometa je v letu 1995 znašal med 13.000 in 20.000, pri čemer so 15 %

vozil predstavljala težka tovorna vozila. Visoko število nesreč in pogosta potreba po popravilih asfaltne površine zaradi deformacij vozišča in tvorbe kolesnic sta botrovala odločitvi, da se križišče preuredi v betonsko krožišče. Po posebnem projektu, ki je predvidel kombinacijo CRCP in JRCP, je bilo krožišče nato zgrajeno leta 1995.

Danes, po dvajsetih letih uporabe, je voziščna konstrukcija še vedno v odličnem stanju in ni opaziti nikakršnih poškodb. Izbrana projektna življenjska doba





Vpadni kraki krožišča so podvrženi posebno velikim obremenitvam (posledica zaviranja in pospeševanja). Zato je zaželeno, da je tudi vozna površina na vpadnem kraku izvedena v betonu. Unterwart, Avstrija.

Foto: arhiv Lafarge Slovenija - Miran Kambič

voziščne konstrukcije pri tem projektu je znašala 40 let. Ob upoštevanju tega koncepta in ob upoštevanju pridobljenih izkušenj z drugimi vozišči, izvedenimi v tehniki neprekinjeno armiranega betona, lahko brez težav dosežemo štirideset do petdesetletno življenjsko dobo. Takšna življenjska doba, pri kateri je treba upoštevati še absolutno minimalno stopnjo nujnega vzdrževanja, je ključnega pomena pri oceni gospodarnosti in okoljskega vidika. Izbira betonskega vozišča v primeru krožnega križišča je zato najboljša možna izbira.

2

ZAKAJ IZBRATI BETONSKO VOZIŠČE ZA KROŽIŠČE?

Odločitev za uporabo betona nudi številne prednosti, ki v splošnem veljajo za betonska vozišča:

- trajnost in robustnost,
- dolga življenjska doba (trideset do štirideset let in več),
- nizka potreba po vzdrževanju,
- dolgoročna gospodarnost,
- svetlost površine,
- dobra in trajna odpornost proti drsenju in
- estetski videz.

Upravičenost odločitve za betonsko voziščno konstrukcijo pri krožiščih pa še posebej utemeljujeta naslednja dva razloga:

- ne pride do nastanka kolesnic, do katerih prihaja zaradi obremenitev, ki jih povzročajo težka tovorna vozila pri zmernih hitrostih,
- ne pride do deformacije voziščne površine, do katere prihaja zaradi obremenitev, ki nastanejo zaradi centrifugalnih sil.





Intenziven in težek tovorni promet na krožiščih povzroča ekstremne napetosti v vozišču.

Foto: arhiv Lafarge Slovenija - Miran Kambič



Armiranje betonskega krožišča in zgoščevanje betona z vibracijsko iglo
Foto: Holcim Süddeutschland

Uporaba moznikov omogoča prenos prometnih obremenitev med sosednjima ploščama in preprečuje vihanje robov plošče. Ko je beton toliko strjen, da se pri rezanju robovi ne poškodujejo, se nad sredino moznika izvede rega (v praksi 8–10 ur po vgradnji).

Foto: Holcim Süddeutschland



Izgradnja betonskih vozišč v tehnologiji neprekinjeno armiranega betona omogoča opustitev navideznih reg, ki so sicer potrebne v primeru stikovanih betonskih vozišč. Z neprekinjeno armirano betonsko voziščno konstrukcijo se izognemo potencialnim napakam na območju dilatacijskih reg, ki predstavljajo najbolj kritičen del izvedbe betonskega vozišča.

Zmanjšanje števila prečnih reg lahko dosežemo tudi z uporabo armaturnih mrež ali betona, armiranega z jeklenimi ali sintetičnimi vlakni.



Vgradnja betona s pomočjo vibracijskega valja v krožišču Oberwart v Avstriji. Desno je viden prikaz namestitve moznikov pred vgradnjo.

Foto: ÖBA – Österreichische Betondecken Ausbau GmbH

3

PROJEKTIRANJE KROŽIŠČ S STIKOVANIMI BETONSKIMI PLOŠČAMI

Pri projektiranju in izgradnji krožišča z voziščno konstrukcijo, ki je narejena iz betonskih plošč, izdelanih na mestu samem, obstajajo naslednje možnosti:

- stikovane nearmirane betonske plošče z mozničenimi ali nemozničenimi regami,
- stikovane betonske plošče, armirane z armaturnimi mrežami z mozničenimi ali nemozničenimi regami,
- stikovane armirane betonske plošče z jeklenimi vlakni z mozničenimi ali nemozničenimi regami,
- stikovane armirane betonske plošče s sintetičnimi vlakni z mozničenimi ali nemozničenimi regami.

Uporaba moznikov omogoča prenos obremenitev med sosednjima ploščama. Poleg tega se prepreči tudi

dvigovanje in vihanje plošč ter poškodbe stikov. Mozniki omogočajo izvedbo tanjše voziščne konstrukcije pri enaki prometni obremenitvi oziroma enaki debelini voziščne konstrukcije pri večji prometni obremenitvi. Uporaba moznikov je nujna, ko se pričakuje večje prometne obremenitve v krožišču. Pri tem je pravilna in stabilna vgradnja moznikov pri izvedbi gradbenih del ključnega pomena.

Armiranje betona (armaturne mreže, jeklena vlakna, sintetična vlakna) omogoča izvedbo voziščne konstrukcije v manjši debelini ali večjo dolžino plošč.

Tip armaturne mreže, ki se praviloma uporablja za voziščne konstrukcije, je Q524 (\varnothing 10 mm, razmik palic

15 cm). Polaga se v zgornjo tretjino plošče, pri čemer se mrežo prereže na mestih navideznih dilatacijskih reg, kar omogoča delovanje rege.

Pri dodajanju jeklenih vlaken v beton je običajno doziranje med 30 in 50 kg/m³. Na karakteristike oziroma kakovost betona pomembno vplivata kakovost jekla in oblika vlaken. Jeklena vlakna izboljšajo tudi stanje vozišča po začetnem razpokanju, saj kontrolirajo velikost razpok in preprečujejo njihovo nadaljnje širjenje. Dodatno prednost predstavlja še povečana upogibna trdnost betona.

Vendar pa so obremenitve, do katerih pride na robovih vozišča, tudi za armiran beton še vedno velike. To je treba upoštevati pri dimenzioniranju konstrukcije in količini



armature. Ena od rešitev predvideva povečanje debeline konstrukcije na zunanjem obodu krožišča, torej na mestu, ki je najbolj obremenjeno. Druga rešitev je preprečevanje obremenitev robov z natančno postavitvijo cestnih oznak ali vgradnja robnikov na določeni razdalji od zunanjega radija krožišča (glej poglavje 5.3).

Pri projektiranju betonskih krožišč je treba upoštevati naslednja splošna pravila:

- maksimalna razdalja med (navideznimi) regami pri debelini plošče ≥ 25 cm ne sme presežati 6 metrov. Pri debelini plošče med 20 in 25 cm je ta razdalja 5 metrov, pri debelini plošče < 20 cm pa 4 metre. Armirane plošče so lahko 25 do 50 % daljše, odvisno od količine armature;
- maksimalna širina plošč mora biti omejena na 5 metrov. Če je treba, se izvede vzdolžni stik (navidezna ali pritisnjena rega);
- razmerje med dolžino in širino plošče sme znašati

največ 1,5. To pomeni, da morajo biti plošče čim bolj kvadratne oblike (ali oblika izreza torte – pri krožnem delu krožišča);

- pri nearmiranem betonu površina plošče ne sme presežati 30 m²;
- stični koti morajo biti večji od 75°. Ostri koti namreč privedejo do koncentriranih napetosti v plošči, s tem pa se poveča nevarnost naključnih razpok.

Dosledno upoštevanje navedenih projektnih kriterijev rezultira v nizki stopnji verjetnosti za zgodnje ali dolgoročne poškodbe, tudi v primeru izredno težkih prometnih obremenitev. V primeru, da teh kriterijev ni mogoče izpolniti, se priporoča, da se plošče neobičajnih oblik armirajo z armaturno mrežo.

Pri projektiranju betonskih plošč v krožnem križišču je potrebno posebno pozornost posvetiti načrtovanju dilatacijskih reg, to je navideznih, pritisnjenih in ločilnih reg. Projektant mora zato v fazi projektiranja natančno





Prilagojeni stiki v krožiščih

Foto: arhiv Lafarge Slovenija - Miran Kambič

predvideti mesta reg. Izvedba reg se pri krožnem križišču razlikuje od običajnih križišč, kjer so vse plošče kvadratne. Temelji namreč na ideji, da je krožno vozišče ločeno od krakov. "Prečne" rege v krožnem vozišču potekajo iz središča krožišča, medtem ko morebitne vzdolžne rege sledijo obliki koncentričnih krogov.

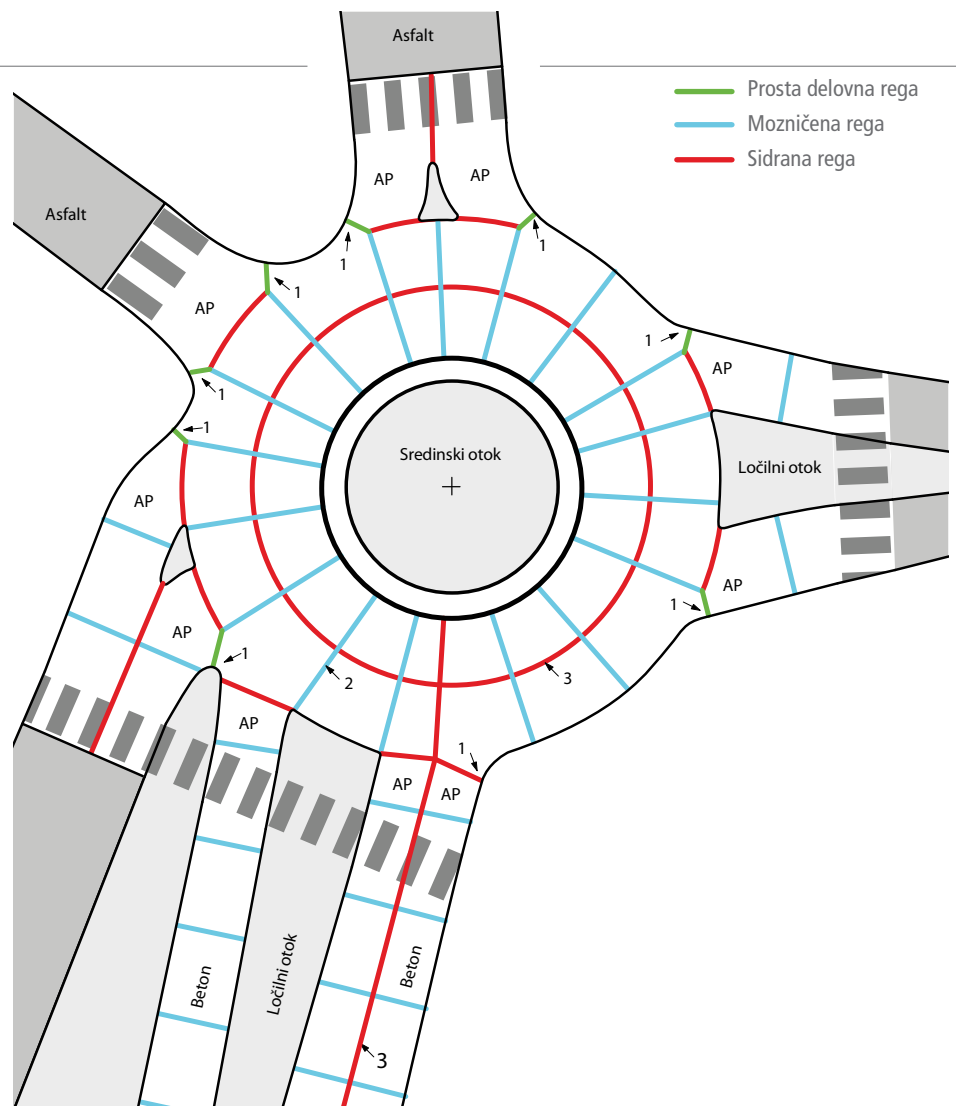
V osnovi se pri radialnem stičnem vzorcu lahko uporabljata dve rešitvi:

- rešitev A: izvedba, pri kateri se prečne rege krožnega vozišča ujemajo z vzdolžnimi regami krakov;
- rešitev B: izvedba, pri kateri se izolira krožno vozišče od krakov s pomočjo ločilne rege.

Nobena država se ne osredotoča na uporabo zgolj ene od obeh rešitev. Vidimo pa lahko, da je rešitev A najpogosteje uporabljena v Avstriji, Belgiji in tudi v ZDA, medtem ko je rešitev B bolj pogosta v Franciji, Nemčiji, Švici, pa tudi v Avstraliji.

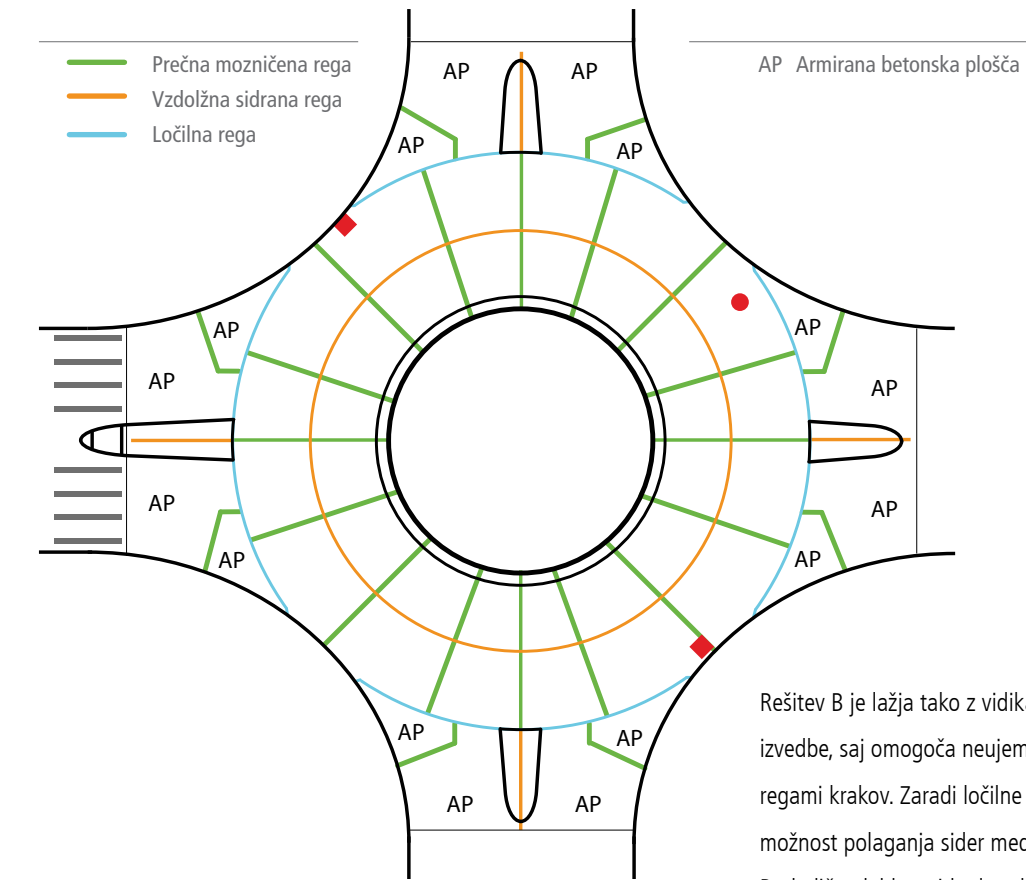
Primer rešitve A

AP Armirana betonska plošča



Rešitev A je bolj kompleksna v fazi gradnje, zahteva pa tudi bolj podrobno predhodno projektno študijo. Prečne (radialne) rege se ne ujemajo samo z vzdolžnimi regami krakov, temveč tudi s prometnimi otoki. Pri tej rešitvi je mogoča povezava krakov s krožnim voziščem z rebrastimi armaturnimi palicami premera 16 mm, ki se polagajo na medsebojni razdalji 50 do 75 cm (sidri).





Betonsko krožišče v Nemčiji
Foto: Holcim Süddeutschland

Rešitev B je lažja tako z vidika načrtovanja, kot tudi izvedbe, saj omogoča neujemanje prečnih reg z vzdolžnimi regami krakov. Zaradi ločilne rege tu ne pride v poštev možnost polaganja sider med krožnim voziščem in kraki. Posledično lahko pride do odprtja rege, zaradi česar so potrebna vzdrževalna dela na tesnilu rege. Rešitev, ki izboljša prehod obremenitve med kraki in krožnim voziščem, je izgradnja betonske gredi pod izolacijsko rego. To tehnologijo uporabljajo v Nemčiji.

Primer situacije, kjer rega poteka čez
jašek v krožišču.

Foto: arhiv Lafarge Slovenija - Miran Kambič



Ne glede na izbor rešitve pa je treba pri načrtovanju reg upoštevati prisotnost gradbenih elementov, ki jih je treba vgraditi v vozišče, kot so jaški in koritnice. Ti se lahko nahajajo sredi močno armirane plošče ali pa preko njih poteka rega.



Razrez v globini do ene tretjine višine betonske krovne plasti omogoča kontrolirano razpoko.

Foto: Holcim Süddeutschland

TERMINOLOGIJA DILATACIJSKIH REG

Prečne in vzdolžne navidezne rege

Navidezne rege se izvedejo z rezanjem betona do globine 1/3 debeline plošče. Pri betonu, ki je armiran z jeklenimi vlakni, se priporoča rezanje do 1/2 globine. Takšne rege omogočajo krčenje in upogibanje betonske krovne plošče, do katerih prihaja zaradi krčenja betona, toplotnih sprememb in prometnih obremenitev. Prečne rege so pravokotne na os ceste, vzdolžne pa so vzporedne z osjo ceste.

Prečne in vzdolžne pritisnjene rege

Prečne pritisnjene rege se izvedejo med dvema

zaporednima ploščama, ki nista bili narejeni hkrati.

Vzdolžni pritisnjeni stik izvedemo med dvema smernima pasovoma, ki sta vgrajena v dveh ločenih fazah.

Prostorske rege

Prostorska rega je posebna vrsta prečne rege, pri kateri se predhodno narejeno stisljivo polnilo (polietilenska pena ali z bitumnom obdelana vlaknasta plošča) vgradi po celotni dolžini in globini, kar omogoča horizontalno premikanje betonskega vozišča. Prostorske rege so običajno širine med 20 in 30 mm.

Ločilne rege

Ločilna rega je posebna (vzdolžna) rega, ki se izvede z namenom, da se prepreči širitev obstoječe (prečne) rege v šibkejšo, na novo izdelano betonsko vozišče. Uporablja se v primerih, ko ujemanje obstoječih reg ni praktično. Nadalje se uporablja za ločevanje različno togih voziščnih konstrukcij, in sicer z namenom, da se zmanjšajo tlačne napetosti, ki bi lahko povzročile nenadzorovano razpokanje ali izbočenje vozišča. Izolacijska rega je podobna prostorski regi, vendar pa je njena širina običajno omejena na približno 10 mm.

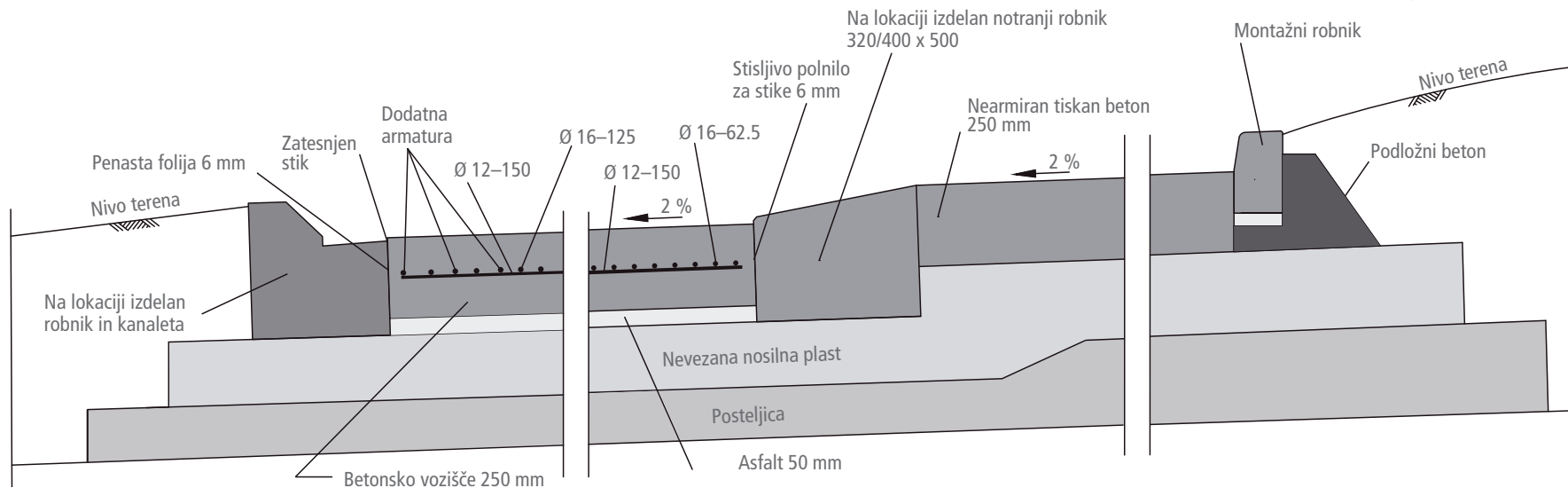
4

PROJEKTIRANJE KROŽIŠČ V NEPREKINJENO ARMIRANEM BETONU

Vsi splošni principi, ki se uporabljajo pri običajnem neprekinjeno armiranem betonskem vozišču (CRC), veljajo v enaki meri tudi pri krožiščih. Upoštevati je treba vsa priporočila in specifikacije, ki veljajo za CRC.

Primer prereza krožišča v CRCP

Vir: Rotondes in beton, "net even anders".
W. KRAMER, Cement&BetonCentrum, 's Hertogenbosch, Nizozemska, 2012



Pri krožiščih mora vzdolžna armatura natančno slediti radiju krožišča. Za vzdolžne (koncentrične) armaturne palice se priporoča uporaba palic premera do $\varnothing 16$ mm, z namenom, da se omogoči krivljenje le-teh. Količina vzdolžne armature mora znašati med 0,60 in 0,70 % prečnega prereza betona. Tabela prikazuje nekaj možnih konfiguracij, ki so standardne v Belgiji. Te imajo za osnovo 0,67 % armature.

Dolžina prekrivanja armature mora znašati vsaj 35-kratnik nazivnega premera armature, čeprav je težko ohraniti konstanten kot stikovanja. To pomeni, da se mora dolžina prekrivanja spreminjati kot funkcija polmera kroga, ki ga oblikuje vzdolžna armatura, oziroma, z drugimi besedami, da mora biti dolžina vzdolžne armature krajša na notranjem robu krožnega vozišča. Pomembno je, da se izognemo koncentraciji (gnezdenju) spojev na istem polmernem odseku na tak način, da se vsi spoji ne nahajajo na isti polmerni liniji.

MOŽNE KONFIGURACIJE ARMIRANJA CRCP VOZIŠČ NA KROŽIŠČIH

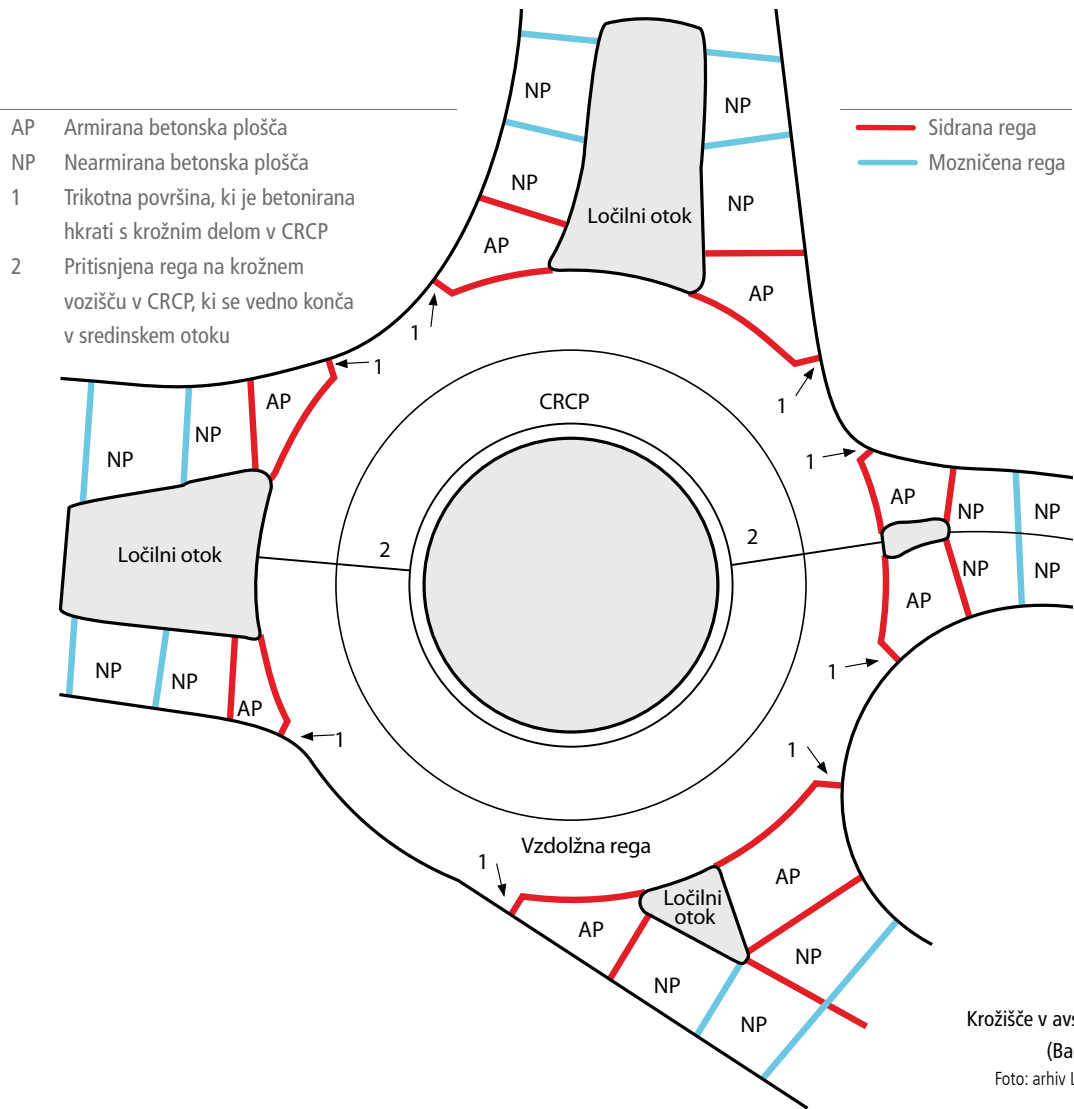
Debelina vozišča (mm)	200	230	250
Nazivni premer vzdolžne armature (mm)	16	16	16
Nazivni premer prečne armature (mm)	14	14	14
Medsebojna razdalja (e) vzdolžne armature (mm)	150	130	120
Razdalja med zgornjo površino vzdolžne armature in površino končnega vozišča (mm)	80	80	80
Višina podpore (mm)	90	120	140

Prečna armatura je lahko izvedena kot radialna armatura, ki je pravokotna na vzdolžno, lahko pa je, kot to počnejo v Belgiji, nameščena pod kotom 60° na tangento zunanjega radija krožišča. Med prečnimi palicami so možne različne konfiguracije.

Slika prikazuje situacijo krožišča, izvedenega v CRCP tehnologiji, in porazdelitev plošč na krakih: armirane plošče, nearmirane plošče, sidrane rege in mozničene rege.

Viri: (1) Rotondes in beton, "net even anders". W. KRAMER, Cement&BetonCentrum, 's Hertogenbosch, Nizozemska, 2012; (2) Les giratoires en béton. C. PLOYAERT, publikacija FEBELCEM, Bruselj, Belgija, 2011

Prva možnost za preprečevanje prevelike razdalje med palicami na zunanem delu vozišča je, da se, merjeno od zunanega roba, na tretjini poti preko širine krožnega vozišča med prečnimi palicami pusti 70 cm prostora. Nadalje se pri gradnji krožišča z notranjim premerom nad 20 metrov namesti dodatna palica na zunanji polovici krožnega vozišča in se tako prepreči nenadne spremembe v debelini jekla. Te dodatne palice se razporedijo na en meter. Druga možnost je, da se zagotovi največ 70-centimetrski prostor (pravokotno med dvema prečnima palicama) na zunanjem robu in najmanj 20 cm na notranjem robu krožnega vozišča. Pri tem se lahko dolžina palic skrajša in tako doseže medsebojno razdalja najmanj 20 cm na notranjem robu.



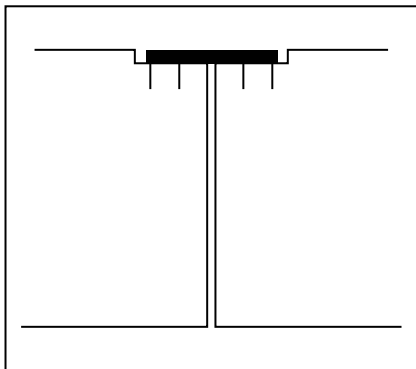
Krožišče v avstrijski Radgoni (Bad Radkersburg)
 Foto: arhiv Lafarge Slovenija - Miran Kambič



5

VIDIKI GRADNJE

Načela, ki se uporabljajo pri gradnji betonskih cest, veljajo tudi za betonska krožišča, tako s konstrukcijskega vidika kot tudi glede tehnologije betonskih mešanic in tehnike površinskih obdelav. V naslednjih poglavjih bodo zato obravnavani specifični vidiki gradnje betonskih krožišč, vključno z izdelavo opažev, ročnim betoniranjem, uporabo finišejev in drugi bolj specifični detajli.



Povezani opaž z vgrajenimi pritrdilnimi elementi

Projektanti pri načrtovanju krožišč vse pogosteje posegajo po betonu predvsem zaradi naraščajočega težkega tovornega prometa.

Foto: arhiv Lafarge Slovenija - Miran Kambič

5.1 OPAŽI

V primeru betoniranja s pomočjo finišeja se betonsko vozišče betonira pred drugimi linijskimi elementi.

Nasprotno pa lahko v primeru betoniranja s pomočjo vibracijske letve linijski elementi (robniki) služijo kot opaž na notranji in zunanji strani krožnega vozišča. Lesen opaž na vpadnih krakih mora biti enake višine kot bo debelina betonskega vozišča. Ti leseni elementi se povežejo s pomočjo pritrdilnih elementov, ki so vgrajeni v les tako, da lahko vibracijska letev neovirano drsi preko njih. Na zunanji strani jih na svojem mestu ohranja stabiliziran tampon.

Najbolj ustrezen rešitev predstavlja uporaba fleksibilnih opažnih materialov, ki omogočajo natančno sledenje krivini radija krožišča.





Betoniranje testnega polja, fiksni opaž je narejen iz močnih lesenih desk.

Foto: Holcim Süddeutschland

5.2 BETONIRANJE

5.2.1 BETONSKA MEŠANICA

Specifikacije za betonsko mešanico so enake kot pri drugih betonskih voziščih. Primerna referenca sta lahko evropska standarda EN 13877-1 in -2, ki obravnavata materiale in funkcionalne zahteve za betonska vozišča.

Najboljši kameni material za trajno površino, odporno proti drsenju, predstavlja silikatni agregat eruptivnega izvora.

Običajni trdnostni razredi so razredi od C30/37 do C50/60, ki se dosežejo z relativno visoko vsebnostjo cementa in nizkim vodocementnim razmerjem. Na področjih, kjer

prihaja do ciklov zmrzovanja in tavanja ob uporabi sredstev za tavanje, je priporočljiva vsebnost por od 4 do 6 %.

Pričakovana obdelovalnost svežega betona je povezana s tehniko vgradnje betona: za beton, ki se polaga s finišejem, je primeren razred konsistence S1, medtem ko je za ročna gradbena dela z uporabo fiksnega opaža primerna konsistenca med S3 in S4.

Betoniranje vozišča z uporabo
vibracijske letve in prikaz
pozicioniranja moznikov
Foto: Holcim Süddeutschland

5.2.2 BETONIRANJE Z UPORABO VIBRACIJSKE LETVE

To je tehnologija, ki se uporablja najpogosteje, saj je pri betoniranju vibracijsko letev mogoče prilagoditi širini betoniranja. Letev drsi naokoli po notranjem obroču cestnega robnika ali po notranjem robu krožišča. Da ne bi prišlo do razlik zaradi morebitnih zamikov nivojev na teh robovih, se vibracijska letev na robnike centrira s pomočjo vmesne lege, ki je dolga najmanj 2 metra. Treba je omogočiti nastavitev višine letve glede na robnik, da se premaga višinsko razliko pri robniku.

Po vgradnji in ravnanju betona s pomočjo nakladalne žlice ter pred prehodom vibracijske letve se beton zgosti s pomočjo vibracijskih igel. Priporoča se uporaba ene vibracijske igle na 1,5 metra širine vozišča. Za odpravo manjših razlik v nivojih, ki so nastale pri zaustavitvi letve, se lahko uporabi gladilko na palici.





Izdelava betonskega vozišča s pomočjo vibracijskega valja

Foto: ÖBA – Österreichische Betondecken Ausbau GmbH

Betoniranje s finišejem omogoča delo na zelo široki površini.

Foto: Stefan Spalt/ASFINAG, Franz Lecker /ÖBA – Österreichische Betondecken Ausbau GmbH

5.2.3 BETONIRANJE Z UPORABO FINIŠERJA

Pri uporabi te tehnologije obstaja več ovir. Za velika krožišča so potrebni stroji s širino od 8 do 10 metrov. Težavna je predvsem izvedba začetkov oziroma koncev krakov krožišča kot delov iste gradbene faze. V primeru, da se celotno betoniranje krožišča opravi v enem dnevu, mora biti čiščenje stroja izvedeno na vozišču, ki se še ni popolnoma strdilo. Stroj bo tako lahko zadržan na krožišču

več dni, točneje za ves čas, ki je potreben, da beton postane dovolj trden, da prenese promet.

Tej težavi se je mogoče izogniti z betoniranjem enega dela krožišča s pomočjo fiksnega opaža. Ena možnost je, da se začne s takšnim delom kot podaljškem vpadne ceste. Potem ko se ta del strdi, lahko finišeer uporabi to ploščo in po njej zapusti krožišče. Druga možnost pa je, da se ta del izpusti. Finišeer delovišče po njem zapusti, manjkajoči del krožišča pa se naknadno ročno betonira kot "sklepnik".

Betoniranje vozišča s pomočjo
valjčnega finišerja, krožišče
Horní Lideč na Češkem
Izgradnja in fotografiji: Skanska



5.2.4 BETONIRANJE Z UPORABO VALJČNEGA FINIŠERJA

Na Nizozemskem se pri izgradnji krožišč običajno porablja valjni finišer. To se lahko pojmuje kot vmesna rešitev med betoniranjem z uporabo vibracijske letve in betoniranjem z uporabo običajnih finišerjev. Valj je postavljen na okvirju. Premika se prečno in izpodriva beton na površini. Sklop dveh vibracijskih igel zagotavlja zgoščenost betona.





Primer uporabe robnikov na notranjem in zunanem robu krožišča

Foto: EUPAVE



5.3 ROBNIKI IN KORITNICE

Robniki in/ali koritnice se postavijo na notranjem in zunanem robu krožišča. Kot je že predhodno omenjeno, se lahko uporabijo kot opaž za ročno betoniranje. Betonski robniki, ki se betonirajo na kraju samem, se smatrajo kot najbolj robustna rešitev. To velja predvsem za kritična mesta, kjer se pričakuje stik s kolesi težkih tovornih vozil. Z vidika vgradnje so bolj praktični predhodno izdelani



Nalepljeni prefabricirani elementi lahko nadomestijo vgrajene robnike. Takšni otoki zahtevajo minimalno vzdrževanje (zgoraj). Spodaj je primer izogibanja ostrim robovom pri izvedbi reg.

Foto: Stefan Spalt/ASFİNAG, Franz Lecker /ÖBA – Österreichische Betondecken Ausbau GmbH

(prefabricirani) elementi. Preprosto rešitev predstavlja fiksiranje predhodno izdelanih elementov na betonsko vozišče s pomočjo vertikalnih palic ali z lepljenjem. Prednost tega postopka je, da se lahko plošče betonira neodvisno od pozicije robnikov. Izognemo pa se lahko tudi težkemu opažu in nastanku ostrih kotov.

5.4 POSEBNI UKREPI

5.4.1 BETONIRANJE, IZVEDENO V ENI DELOVNI FAZI IN V ENEM DNEVU

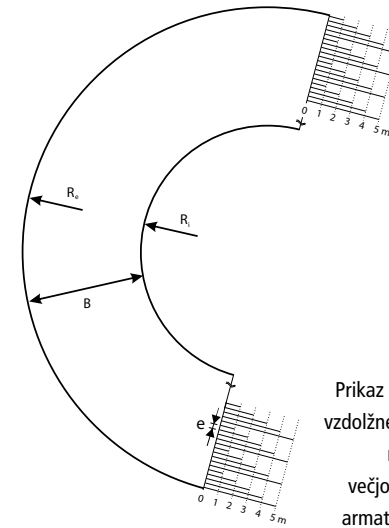
Ker mora biti betonska površina na križišču dokončana preden se beton strdi, je treba zagotoviti brv tako, da se lahko prečne navidezne rege izvedejo brez hoje po betonu. Pri volumnu betona, ki je večji od 150 m^3 , sta potrebni dve gradbeni ekipi, pri čemer ena zamenja drugo po približno desetih urah dela.

5.4.2 BETONIRANJE, IZVEDENO V ENI DELOVNI FAZI V DVEH DNEH

Pri količini betona, ki je večja od 150 m^3 , je smiselno izvesti zaključno rego po koncu prvega dne. Rega se izvede blizu katerega od ločilnih otokov. S tem se preprečijo večje napetosti na področju krakov križišča.

5.4.3 BETONIRANJE, IZVEDENO V DVEH DELOVNIH FAZAH

V primeru, da križišča ni mogoče zapreti za promet, se lahko betoniranje izvaja v dveh fazah. Na splošno velja, da so pomiki zaradi krčenja in temperaturnih nihanj na končnih delih omejeni. Posledično niso potrebni posebni previdnostni ukrepi, z izjemo v primeru, ko je zunanji premer križišča izjemno velik. Vendar v tem primeru običajno ne pride do težav zaradi obremenitev prometa. Lahko pa pride do težav, ko je čas med dvema fazama betoniranja izjemno dolg (leto ali več). V teh primerih morata biti oba konca vozišča obtežena in/ali izolirana (na primer z mokrim peskom). Na ta način se preprečijo pomiki obeh koncev. Priporočena obtežitev se mora razporediti po celotni širini vozišča. Debelina mora znašati najmanj 50 cm, raztezati pa se mora v dolžini vsaj 15 metrov. Kot alternativa obtežitvi se lahko uporabi tudi sidrna gred.



Prikaz izvedbe variranja dolžin vzdolžne armature pri pritisnjeni regi, s katero se prepreči večjo koncentracijo spojev na armaturi na isti polmerni liniji.

Viri: (1) Les giratoires en béton. C. PLOYAERT, 2011; (2) Roundabouts in continuously reinforced concrete. Design-Construction. R. DEBROUX & R. DUMONT, C. PLOYAERT, 2010

Pozornost je treba posvetiti tudi dolžini predhodno nameščenega vzdolžnega armaturnega jekla. Pomembno je, da dolžina variira in se s tem prepreči večjo koncentracijo (gnezdenje) spojev armature na isti polmerni liniji. Rešitev se ponuja v ponavljajočem se podaljševanju vzdolžnega armaturnega jekla za 1, 2, 3, 4 in 5 metrov.



20 KWICHT WÄR SICH BEWÄND
WERKUP

20 KWICHT WÄR SICH BEWÄND
WERKUP

20 KWICHT WÄR SICH BEWÄND
WERKUP

20 KWICHT WÄR SICH BEWÄND
WERKUP

Betoniranje izhodišča oziroma začetnih točk krožišča

Foto: ÖBA – Österreichische Betondecken Ausbau GmbH



Robusten rob vozišča, izveden z uporabo kamenja

Foto: Stefan Spalt/ASFINAG, Franz Lecker /ÖBA – Österreichische Betondecken Ausbau GmbH

5.4.4 BETONIRANJE IZHODIŠČA OZIROMA ZAČETNIH TOČK

Na območju priključkov uvoznih in izvoznih pasov na krožno vozišče je treba preprečiti, da bi prišlo do pretirane obremenitve na robovih plošč. Ta območja zato izvedemo z armaturo, betoniranje pa izvajamo hkrati z betoniranjem krožnega vozišča. Izhodišča morajo biti takšnih dimenzij, da ni nobena stranica krajša od enega metra.

5.4.5 BETONIRANJE KRAKOV KROŽIŠČA

Kraki krožišča so podvrženi dodatnim napetostim zaradi zaviranja in pospeševanja motornih vozil. Zato je priporočljivo, da je tudi vozišče na krakih krožišča izvedeno v betonu. To je lahko iz ene ali dveh plošč, lahko pa tudi kot daljši odsek betonskega vozišča. Pri daljših odsekih je treba nameniti pozornost prehodu med betonskim in asfaltnim delom vozišča. Preprost način za zmanjšanje prenosa sile z betonske na asfaltno voziščno konstrukcijo je izvedba prostorske rege (20 mm) med zadnjo in predzadnjo betonsko ploščo.

Nega betona na vozišču krožišča Oberwart v Avstriji

Foto: ÖBA – Österreichische Betondecken Ausbau GmbH



Za zagotovitev kontinuitete in ravnosti (da se prepreči višinsko zamikanje in razmikanje) betonskega vozišča je treba vpadne krake sidrati na krožno vozišče. V primeru CRCP krožišča to ne predstavlja težav, medtem ko je pri stikovanih nearniranih ploščah to možno samo, če so stiki skladni (rešitev A).

Sidranje se izvaja z uporabo armaturnih jeklenih palic dolžine 1 m in premera 16 mm, ki se vgrajujejo na vsakih 40 cm na polovici višine pritisnjene rege. Nato se izvedejo prečne rege, pri čemer se uporabi konvencionalne moznike. Plošče so nearnirane oziroma armirane, če so njihove

oblike nepravilne. Armatura pri armiranih ploščah je navadno tipa Q524 (\varnothing 10 mm, razmik palic 15 cm) in se polaga v zgornjo tretjino betonske plošče.

V primeru, da vibracijska gred variabilne širine ni na voljo, mora biti krak krožišča na eni od strani opažen, tako da gred lahko seže preko opaža na omejeni strani. V primeru, da se betoniranje izvaja s pomočjo gredi variabilne širine, se lahko betoniranje izvaja med linijskimi elementi. Prehod na krožni del krožišča je lahko poudarjen s prilagojeno barvo betona.

Pri gradnji cest v ospredje vse bolj stopajo trajnost, manjša potreba po vzdrževanju in ravne površine brez poškodb (kolesnice). Betonska vozišča na splošno prinašajo številne prednosti: zaradi manjšega kotalnega upora koles je poraba goriva nižja, odporna so na razlitje goriva in visoka temperaturna nihanja.

Foto: arhiv Lafarge Slovenija - Miran Kambič





Višji začetni stroški v primerjavi z običajnimi rešitvami in daljši čas, potreben za gradnjo, se skozi dolgo življenjsko dobo krožišča izravnajo na račun nižjih stroškov vzdrževanja.

Foto: Holcim Süddeutschland





5.4.6 DOSTAVLJANJE BETONA

Ne glede na dejstvo, ali je betoniranje izvedeno v eni ali dveh fazah, pa razpoložljiv prostor izven krožnega vozišča pogosto ne omogoča dostopa žerjavu in vozilom za dovažanje betona. V takem primeru se lahko beton dostavlja iz sredine krožišča, za kar je treba pustiti odprto pot. Ko je betoniranje zaključeno, se ta pot zapre. Žerjav, ki zaradi dokončanja del ostane na sredini krožišča, pa otok zapusti po tem, ko se beton dovolj strdi.

Druga rešitev je betoniranje s pomočjo črpalke. To se lahko izvaja na precejšnji razdalji (vse do 60 m pri črpalkah, ki so montirane na priklopnikih). Za zagotavljanje kakovosti vozišča mora biti konsistenca svežega betona omejena na S3 (maksimalni posed pri 150 mm).



5.4.7 ZAŠČITA CESTNIH ODVODNIH KANALOV

Vsi cestni odvodni kanali morajo biti zaščiteni pred vdorom cementnega mleka ali samim betonom, prav tako pa tudi pred nevarnostjo onesnaženja drenažnega sistema.

Pri uporabi vibracijske gredi mora biti opaž dvignjen na pravilno višino s pomočjo deske, ki se pritrdi na rob kanala. To zagotavlja, da ostane pot valjanja neprekinjena.





Nega betona s pobrizgom in prekrivanje s PVC folijo oziroma namočenim filcem

Foto: Holcim Süddeutschland



5.5 ZAKLJUČNA POVRŠINSKA OBDELAVA

Najpomembnejša lastnost površine na krožiščih je odpornost proti drsenju. Tekstura mora zagotavljati zadostno trenje, da prepreči zdrs koles. Manjše površinske nepravilnosti ne predstavljajo večje težave, saj udobje vožnje oziroma hrup ni prevladujoče merilo za promet na krožišču. Dve najpogostejši tehniki zaključne površinske obdelave sta prečno metličenje in izvedba zaključnega sloja po metodi izpostavljenih zrn agregata.

5.6 ZAŠČITA BETONA

Samoumevno je, da je treba izpolniti vse tehnološke zahteve, ki se nanašajo na uporabo betona za zunanje površine. Posebno pozornost je tako treba posvetiti tudi zaščiti sveže vgrajenega betona, to je zaščiti pred vetrom in soncem, da se preprečijo razpoke zaradi plastičnega krčenja, in zaščiti pred dežjem, zmrzaljo ter mehanskimi učinki (kot so pešči ali kolesa).

Najbolj pogosti metodi za zaščito pred izsušitvijo površine in plastičnim krčenjem sta uporaba sredstva za nego z dokazano učinkovitostjo in prekrivanje betonske površine s plastično folijo v primeru betona z izpostavljenimi zrnimi agregati.

Detajl jaška z litoželezno rešetko

Foto: arhiv Lafarge Slovenija - Miran Kambič

6

AVSTRIJSKE IZKUŠNJE S PROIZVODNJO IN VGRADNJO BETONSKEGA VOZIŠČA

Kljub temu da v Sloveniji premoremo nekaj izkušenj z gradnjo betonskih vozišč, pa v naših krajih krožišča z betonskim voziščem še nimamo. Zato konstrukcijske vidike na kratko povzemamo po naših severnih sosedih Avstrijih.

Dimenzioniranje zgornjega ustroja poteka skladno s smernicami in predpisi za gradnjo cest RVS 03.08.63, Merila za gradnjo zgornjega ustroja. Povišana obremenitev, ki se odraža v razredu obremenitve I, zahteva debelino betonske plasti najmanj 22 cm. Pri višjih obremenitvah s težkim tovornim prometom pa se mora upoštevati razred obremenitve S (več kot 18 mio merjenj prehodov nazivne osne obremenitve 100 kN) z naslednjim presekom gradnje:

- 25 cm betonske plasti (mozničeno),
- 5 cm asfalta,

- 20 cm cementne stabilizacije ali 45 cm nevezanega nosilnega sloja.

Rezultati ene izmed avstrijskih raziskav kažejo, da se najmanjša priporočena vrednost debeline ravno v krožiščih s težkim in gostim prometom in v povezavi s slabimi temeljnimi tlemi zelo hitro odrazi v obliki kolesnic in razpokanosti cestišča.

Več težkega tovornega prometa zahteva skrbno načrtovanje in planiranje, še posebej razporeditev reg, saj so robne plošče v krožiščih izpostavljene večjim obremenitvam. Tanek vmesni sloj asfalta iz vidika nosilnosti ni potreben, igra pa pomembno vlogo pri pritrjevanju opaža (ročna vgradnja) in služi kot kakovostna povozna površina (dovoz betona, vgradnja s finišejem).

V Avstriji se betonska vozišča v splošnem ne armirajo, prav tako tudi ne betonska krožišča, ki so v celoti nearmirana. Ker so skoraj vse rege v krožišču bolj ali manj povozne, se jih zato mozniči, vzdolžne rege pri uvozi in izvozi pa se učvrsti s sidri kot pri običajnih betonskih voziščih.

Geometrija plošč temelji na pravilih za gradnjo betonskega vozišča:

- dolžina \leq 1,5-kratnika širine,
- dolžina \leq 25-kratna debelina,
- maks. dolžina polja = 5,5 m,
- izogibati se ostrokotnih stičnih robov itn.,
- razmerje dolžina : širina 1 : 1 pri zaključnem polju s prostim robom.



Najpomembnejša lastnost površine na krožiščih je odpornost proti drsenju. Krožišče, izvedeno v betonu, avstrijska Radgona (Bad Radkersburg).

Foto: arhiv Lafarge Slovenija - Miran Kambič

Pri zahtevah za beton veljajo običajne zahteve za betonsko vozišče, ki so razvidne iz avstrijskih predpisov:

- odpornost na zmrzovanje in tajanje ob prisotnosti sredstev za tajanje;
- odpornost na vremenske pojave;
- zadostna cepilna natezna trdnost (28 dni);
- uporaba agregata iz silikatnih kamnin eruptivnega izvora;
- ustrezna konsistenca, ki ustreza načinu vgradnje (ročno/strojno).

Pri sestavi in zahtevah za beton imata pomemben vpliv tudi vodenje prometa oziroma predaja ceste uporabi. V posameznih primerih je treba cesto že dokaj kmalu predati v uporabo.

V teku večjih gradbenih projektov te zahteve na splošno ne predstavljajo ovir. Pogosto pa se krožišča gradi v obliki manjših in posameznih gradbenih projektov ali na zelo odročnih mestih, kamor se beton naroča iz najbližje betonarne. Avstrijsko združenje za beton za zgornji sloj priporoča beton vrste C30/37/XF4/XM2 in C30/37/XF4 za spodnji beton pri dvoslojni izvedbi.

Bistveno je, da je konsistenca pri vsakem načinu vgradnje in pripadajočem postopku obdelave ustrezna, kar omogoči dobro zgoščevanje betona in kvalitetno površinsko obdelavo.

Za gradnjo betonskih krožišč po dosedanjih izkušnjah veljajo naslednja priporočila:

- betonsko vozišče debeline najmanj 22 cm (razred obremenitve I), bolje 25 cm (razred obremenitve S);
- načrt oblikovanja reg pravočasno pred začetkom del;
- skrben izbor geometrije plošč na prehodu uvoz/izvoz v krožišče (izogibati se ostrokotnih stičnih robov);
- način razporeditve sider tudi pri povoznih vzdolžnih regah;
- vrsta betona C30/37/XF4/XM2 (na splošno za zgornji beton);
- konsistenca ustrezna zahtevam pri vgradnji (metoda vgradnje, postopek zgoščevanja, struktura površine);
- navezovalne ceste (uvoz/izvoz) približno 50 m dolge v betonu.



7 ZAKLJUČKI

BETONSKA KROŽIŠČA PONUJAJO:

- **zadostno trdnost, ki je kos napetostim, ki nastanejo pri intenzivnem in težkem prometu;**
- **pahljačo raznovrstnih rešitev, kot na primer plošče v nearmiranem betonu ali neprekinjeno armiranem betonu, majhne ali velike radije krivine, številni izbor tekstur in barv, dobro integracijo v najrazličnejša okolja;**
- **hitro izvedbo in malo vzdrževanja.**

V vseh primerih pa betonska krožišča zahtevajo detajlno predhodno študijo in skrbno izgradnjo.

Foto: arhiv Lafarge Slovenija -
Miran Kambič





Združenje za beton Slovenije (ZBS) je bilo ustanovljeno leta 2003.

Povezuje stroko, ki se ukvarja z betonom na različnih področjih, in predstavlja možnosti in prednosti betona za trajnostno gradnjo z upoštevanjem vseh vidikov trajnostnega razvoja: ekonomskega, okoljskega in socialnega. Skrbi za razvoj in dvig betonske stroke, prenos in uveljavljanje dobrih praks ter izmenjavo izkušenj. Sodeluje pri pripravi predpisov, tehničnih smernic, standardov, navodil in izvaja izobraževanja strokovnjakov ter širi informacije, znanja in spoznanja na področju betona med uporabnike.

EUPAVE je neprofitno združenje, katerega cilj je promocija prednosti cementa in betona za trajnostno infrastrukturo in učinkovit transportni sistem. Med pozitivnimi prispevki, ki jih imata cement in beton v prometu, izpostavljajo predvsem varnost v prometu, znižano porabo goriva, zmanjšanje zastojev in trajnostno gradnjo.

Več o združenjih je na voljo na www.zabeton.si in www.eupave.eu.

ZBS, Združenje za beton Slovenije
Slovenčeva 22, Ljubljana
Tel.: 05 39 21 525
E- poštni naslov: zabeton@zabeton.si



Publikacijo **BETONSKA KROŽIŠČA** sestavljajo prevod strokovnega prispevka o betonskih krožiščih (Concrete roundabouts, avtor Luc Rens, izdal EUPAVE, Evropsko združenje za betonska vozišča, Bruselj, 2013), povzetek poglavja o krožiščih, objavljenega v Betonstrassen, Das Handbuch (Priročnik o betonskih voziščih, izdal Zement + Beton Handels, Dunaj, 2012) in bogat nabor fotografij betonskih krožišč med gradnjo ter v uporabi.

PUBLIKACIJA BETONSKA KROŽIŠČA

Prevod: mag. Franci Kavčič, Sašo Seljak, Lojzka Reščič
Uredil: mag. Andrej Sopotnik
Teksti: Luc Rens, EUPAVE, Priročnik o betonskih voziščih, izdal Zement+Beton Handels, več avtorjev
Oblikovanje in izvedba: Multima, d.o.o.
Založilo in izdalo: ZBS Združenje za beton Slovenije
Naklada: 500 izvodov
Izdaja 2
Ljubljana, junij 2017

Fotografija na naslovnici:

Krožišče z betonskim voziščem v bližini avstrijskega mesta Unterwart je svetlih barv in zbuja estetsko ugodje, arhiv Lafarge Slovenija – Miran Kambič

