



irma inštitut za
raziskavo materialov
in aplikacije d.o.o.

datoteka: dimenzioniranje-voz-konstr

Ljubljana, 10.07.2014

Dimenzioniranje voziščne konstrukcije

Objekt: **Obnova Slovenske ceste med Šubičevo in Gosposvetsko cesto**

Investitor: **Mestna občina Ljubljana, Mestni trg 1, 1000 Ljubljana**

Odgovorni projektant:

dr. Jakob Šušteršič, univ. dipl. inž. grad.

dr. JAKOB ŠUŠTERŠIČ
univ. dipl. inž. grad.
IZS G-1489

Sodelavec:

Jure Korla, univ. dipl. inž. grad.



Direktor:

dr. Jakob Šušteršič, univ. dipl. inž. grad.



1.0 VOZIŠČE

Idejno izhodišče sestave vozišča po slojih (od spodaj navzgor):

- utrjena tamponska podlaga (deformacijski modul tampona $E_{v2} \geq 100$ MPa),
- asfalt - 8 cm,
- spodnja plast betona – 17 cm,
- obrabno in zmrzlinško (ob prisotnosti soli) odporni beton – 5 cm.

Spodnja in zgornja plast betona se vgradita strojno – s »finišerjem« ali z vnašanjem betona na mesto vgrajevanja s črpalko, zgoščevanjem z vibratorji in površinsko obdelavo z rotirajočimi gladili..

1.1 Beton spodnje plasti

kriteriji kakovosti:

- tlačna trdnost – trdnostni razred **C 30/37**,
- upogibna natezna trdnost (povprečna največja trdnost - $f_u \geq 6,0$ MPa; meritve na prizmi z dimenzijami $10 \times 10 \times 40$ cm z zarezo na sredini prizme pri starosti betona 28 dni,
- krčenje betona (največji dovoljeni povprečni skrček pri 6 mesecih je **0,5 mm/m**)
- odpornost proti prodoru vode PV II - največja globina prodora vode ≤ 3 cm po SIST EN 12390-8, pri starosti MAB 28 dni,
- notranja odpornost betona proti zmrzovanju/tajanju do 150 ciklov (**NOZT150**) po postopku, podanem v SIST 1026:2008, dodatek 4, pri starosti betona najmanj 28 dni.

okvirna sestava:

- cement CEM II . . . (DC)
- mikrosilika . . . 5 m/m % na DC
- vodo-vezivno razmerje $(v/v)_{ef} < 0,45$
- hiperplastifikator (x m/m % na vezivo),
- jeklena vlakna JV50/16 . . . 5 kg,
- jeklena vlakna FX35 . . . 10 kg,
- agregat v skupni sestavi z $D_{max} = 32$ mm.

S predvideno sestavo betona morajo biti izpolnjeni vsi zgoraj podani kriteriji kakovosti. Točna sestava betona se določi naknadno, ko bo znana betonarna, vsi osnovni materiali ter način vgrajevanja, kar se obdela v tehnološkem elaboratu. Beton se mora proizvajati v betonarni, ki ima certificirano kontrolo proizvodnje in ima izdan veljavni certifikat.



1.2 Beton zgornje plasti

kriteriji kakovosti:

- ❑ tlačna trdnost – trdnostni razred **C 30/37**,
- ❑ upogibna natezna trdnost (povprečna največja trdnost - $f_u \geq 6,0 \text{ MPa}$; meritve na prizmi z dimenzijami $10 \times 10 \times 40 \text{ cm}$ z zarezo na sredini prizme pri starosti betona 28 dni,
- ❑ krčenje betona (največji dovoljeni povprečni skrček pri 6 mesecih je **0,5 mm/m**)
- ❑ odpornost proti prodoru vode PV II - največja globina prodora vode $\leq 3 \text{ cm}$ po SIST EN 12390-8, pri starosti MAB 28 dni,
- ❑ odpornost površine betona proti zmrzovanju/tajanju ob prisotnosti soli za tajanje do 25 ciklov (**OPZT S25**) po postopku, podanem v SIST 1026:2008, dodatek 5, pri starosti betona najmanj 28 dni,
- ❑ odpornost površine betona proti obrabi – stopnja odpornosti **OO3** (največja dovoljena izguba mase pri preskusu po postopku, podanem v SIST 1026:2008, dodatek 6 znaša $14 \text{ cm}^3/50 \text{ cm}^2$),
- ❑ površina zgornje betonske plasti spada v najvišjo kategorijo po zahtevnosti obdelave neopaženih površin po SIT EN 13670 in nacionalnega dodatka SIST EN 13679:2010/oA101; to so površine s posebnimi zahtevami, ki se morajo predhodno dokazati na poskusnem polju.

okvirna sestava:

- cement CEM II . . . (DC)
- mikrosilika . . . 5 m/m % na DC
- vodo-vezivno razmerje $(v/v)_{ef} < 0,45$
- hiperplastifikator (x m/m % na vezivo),
- aerant (x m/m % na vezivo),
- eruptivni agregat v skupni sestavi z $D_{max} = 8 \text{ mm}$; vrsto in barvo agregata določi projektant.

S predvideno sestavo betona morajo biti izpolnjeni vsi zgoraj podani kriteriji kakovosti.

Po vgraditvi zgornje plasti se površina obrizga z dodatkom za zavlačevanje strjevanja betona. Po predhodno določenem času se površina opere.

Točna sestava betona se določi naknadno, ko bo znana betonarna, vsi osnovni materiali ter način vgrajevanja, kar se obdelava v tehnološkem elaboratu. Beton se mora proizvajati v betonarni, ki ima certificirano kontrolo proizvodnje in ima izdan veljavni certifikat.



2.0 PLOČNIKI

Idejno izhodišče sestave pločnikov po slojih (od spodaj navzgor):

- utrjena tamponska podlaga (deformacijski modul tampona $E_{v2} \geq 100$ MPa),
- drenažni asfalt - 5 cm,
- file,
- plošča iz mikroarmiranega betona – 8 cm,
- kontaktna polimerno modificirana cementna malta – 3 cm,
- tlakovci z debelino 10 cm.

2.1 Mikroarmirani beton

kriteriji kakovosti:

- tlačna trdnost – trdnostni razred **C 30/37**,
- upogibna natezna trdnost (povprečna največja trdnost - $f_u \geq 5,0$ MPa; meritve na prizmi z dimenzijami $10 \times 10 \times 40$ cm z zarezo na sredini prizme pri starosti betona 28 dni,
- krčenje betona (največji dovoljeni povprečni skrček pri 6 mesecih je **0,5 mm/m**)
- povprečna največja cepilna natezna trdnost – $f_{ct} \geq 3,6$ MPa; meritve na kocki z robom 15 cm, pri starosti betona 28 dni, po metodi cepitve z zagozdo,
- odpornosti proti širjenju razpoke (povprečna ekvivalentna trdnost do širine razpoke 0,2 mm – $f_{0,2} \geq 2,7$ MPa); meritve na kocki z robom 15 cm, pri starosti betona 28 dni, po metodi cepitve z zagozdo,
- odpornost proti prodoru vode PV II - največja globina prodora vode ≤ 3 cm po SIST EN 12390-8, pri starosti MAB 28 dni,
- notranja odpornost betona proti zmrzovanju/tajanju do 150 ciklov (**NOZT150**) po postopku, podanem v SIST 1026:2008, dodatek 4, pri starosti betona najmanj 28 dni.

okvirna sestava:

- cement CEM II . . . (DC)
- mikrosilika . . . 5 m/m % na DC
- vodo-vezivno razmerje $(v/v)_{ef} < 0,45$
- hiperplastifikator (x m/m % na vezivo),
- dodatek za kontrolirano nabrekanja (x m/m % na vezivo),
- jeklena vlakna JV50/16 . . . 10 kg,
- jeklena vlakna FX35 . . . 10 kg,
- agregat v skupni sestavi z $D_{max} = 32$ mm.



S predvideno sestavo betona morajo biti izpolnjeni vsi zgoraj podani kriteriji kakovosti.

Točna sestava betona se določi naknadno, ko bo znana betonarna, vsi osnovni materiali ter način vgrajevanja, kar se obdela v tehnološkem elaboratu. Beton se mora proizvajati v betonarni, ki ima certificirano kontrolo proizvodnje in ima izdan veljavni certifikat.

2.2 Kontaktna polimerno modificirana cementna malta

Sestava kontaktne polimerno modificirane malte; vse predvidene količine so podane za 1 m³ vgrajene malte:

- cement (CEM II/A-S 42.5R Lafarge) 480 kg,
- mikrosilika MS 36 kg,
- Lateks S 36 kg,
- zamesna voda (brez vlage v agregatu) . . . 159 l ((v/c)_{ef} = 0,33),
- KEMAMENT HIPER X 3,1 kg,
- KEMA EXPAND 2,6 kg,
- agregat D_{max} = 4 mm – drobljeni dolomitni agregat
 - 0-4 mm 1663 kg

2.3 Tlakovci

Predvidena je uporaba tlakovcev z debelino 10 cm, ki se lahko nekoliko spremeni glede na točno določeno obliko in tlorsko dimenzijo. Okvirni kriteriji kakovosti betona za izdelavo teh elementov so:

- ❑ tlačna trdnost – trdnostni razred **C 35/45**,
- ❑ upogibna natezna trdnost (povprečna največja trdnost - **f_u ≥ 6,0 MPa**; meritve na prizmi z dimenzijami 10 × 10 × 40 cm z zarezo na sredini prizme pri starosti betona 28 dni,
- ❑ odpornost proti prodoru vode PV I - največja globina prodora vode ≤ **2 cm** po SIST EN 12390-8, pri starosti betona 28 dni,
- ❑ odpornost površine betona proti zmrzovanju/tajanju ob prisotnosti soli za tajanje do 25 ciklov (**OPZT S25**) po postopku, podanem v SIST 1026:2008, dodatek 5, pri starosti betona najmanj 28 dni,
- ❑ odpornost površine betona proti obrabi – stopnja odpornosti **OO3** (največja dovoljena izguba mase pri preskusu po postopku, podanem v SIST 1026:2008, dodatek 6 znaša 14 cm³/50 cm²),
- ❑ površina elementov spada v najvišjo kategorijo po zahtevnosti obdelave neopaženih površin po SIT EN 13670 in nacionalnega dodatka SIST EN 13679:2010/oA101; to



so površine s posebnimi zahtevami, ki se morajo predhodno dokazati na elementih iz poskusne proizvodnje.

Tlorisna oblika tlakovcev je lahko poljubne oblike, tudi z malimi ostrimi koti, pri čemer se stopnja zahtevnosti proizvodnje in vgrajevanja povečuje.

Tlakovci se izdelajo dvoslojno, pri čemer se drugi sloj vgradi po principu »sveže na sveže«. Površina se obdela naknadno: prana površina. Možna je tudi dodatna obdelava s peskanjem. Predlagamo poskusno proizvodnjo elementov, pri kateri se med drugim variantno obdelajo površine z različnimi zrni agregata, ki variirajo med $D_{max} = 4, 8$ mm. Na osnovi vizualne ocene se določi dokončni način površinske obdelave. Ne glede na vrsto površinske obdelave, mora površina izpolnjevati vse zgoraj predpisane kriterije kakovosti.

3.0 TRGI

Idejno izhodišče sestave talne plošče trgov po slojih (od spodaj navzgor):

- utrjena tamponska podlaga (deformacijski modul tampona $E_{v2} \geq 100$ MPa),
- drenažni asfalt - 5 cm,
- file,
- plošča iz mikroarmiranega betona – 7 cm,
- beton s površinsko obdelavo po izboru projektantov – 3 cm.

3.1 Mikroarmirani beton

kriteriji kakovosti:

- tlačna trdnost – trdnostni razred **C 30/37**,
- upogibna natezna trdnost (povprečna največja trdnost - $f_u \geq 5,0$ MPa; meritve na prizmi z dimenzijami $10 \times 10 \times 40$ cm z zarezo na sredini prizme pri starosti betona 28 dni,
- krčenje betona (največji dovoljeni povprečni skrček pri 6 mesecih je **0,5 mm/m**)
- povprečna največja cepilna natezna trdnost – $f_{ct} \geq 3,6$ MPa; meritve na kocki z robom 15 cm, pri starosti betona 28 dni, po metodi cepitve z zagozdo,
- odpornosti proti širjenju razpoke (povprečna ekvivalentna trdnost do širine razpoke 0,2 mm – $f_{0,2} \geq 2,7$ MPa); meritve na kocki z robom 15 cm, pri starosti betona 28 dni, po metodi cepitve z zagozdo,
- odpornost proti prodoru vode PV II - največja globina prodora vode ≤ 3 cm po SIST EN 12390-8, pri starosti MAB 28 dni,
- notranja odpornost betona proti zmrzovanju/tajanju do 150 ciklov (**NOZT150**) po postopku, podanem v SIST 1026:2008, dodatek 4, pri starosti betona najmanj 28 dni.



okvirna sestava:

- cement CEM II . . . (DC)
- mikrosilika . . . 5 m/m % na DC
- vodo-vezivno razmerje $(v/v)_{ef} < 0,45$
- hiperplastifikator (x m/m % na vezivo),
- dodatek za kontrolirano nabrekanja (x m/m % na vezivo),
- jeklena vlakna JV50/16 . . . 10 kg,
- jeklena vlakna FX35 . . . 10 kg,
- agregat v skupni sestavi z $D_{max} = 32$ mm.

S predvideno sestavo betona morajo biti izpolnjeni vsi zgoraj podani kriteriji kakovosti. Točna sestava betona se določi naknadno, ko bo znana betonarna, vsi osnovni materiali ter način vgrajevanja, kar se obdela v tehnološkem elaboratu. Beton se mora proizvajati v betonarni, ki ima certificirano kontrolo proizvodnje in ima izdan veljavni certifikat.

3.2 Beton s površinsko obdelavo po izboru projektantov

kriteriji kakovosti:

- tlačna trdnost – trdnostni razred **C 30/37**,
- odpornost proti prodoru vode PV III - največja globina prodora vode ≤ 2 cm po SIST EN 12390-8, pri starosti betona 28 dni,
- odpornost površine betona proti zmrzovanju/tajanju ob prisotnosti soli za tajanje do 25 ciklov (**OPZT S25**) po postopku, podanem v SIST 1026:2008, dodatek 5, pri starosti betona najmanj 28 dni.
- odpornost površine betona proti obrabi – stopnja odpornosti **OO3** (največja dovoljena izguba mase pri preskusu po postopku, podanem v SIST 1026:2008, dodatek 6 znaša $14 \text{ cm}^3/50 \text{ cm}^2$),
- površina MAB zgornjega sloja tankoslojne preplastitve spada v najvišjo kategorijo po zahtevnosti obdelave neopaženih površin po SIT EN 13670 in nacionalnega dodatka SIST EN 13679:2010/oA101; to so površine s posebnimi zahtevami, ki se morajo predhodno dokazati na poskusnem polju

okvirna sestava:

- cement CEM II . . . (DC)
- vodo-vezivno razmerje $(v/c)_{ef} < 0,45$
- hiperplastifikator (x m/m % na DC),
- dodatek za zmanjšanje krčenja (x m/m % na DC),
- dodatek za kontrolirano nabrekanja (x m/m % na DC),
- aerant (x m/m % na DC),
- polipropilenska vlakna PV 10 . . . 2 kg,
- agregat v skupni sestavi z $D_{max} = 4$ mm ali 8 mm; zrna agregata morajo biti odporna na obrabo z brušenjem in imeti enakomeren, izbrani barvni ton.



S predvideno sestavo betona morajo biti izpolnjeni vsi zgoraj podani kriteriji kakovosti. Točna sestava betona se določi naknadno, ko bo znana betonarna, vsi osnovni materiali ter način vgrajevanja, kar se obdela v tehnološkem elaboratu. Beton se mora proizvajati v betonarni, ki ima certificirano kontrolo proizvodnje in ima izdan veljavni certifikat.

4.0 DODATNA DOLOČILA

Med izvajanjem betonarskih del se bo izvajala stalna vizualna in merska kontrola vseh uporabljenih materialov in kompozitov, kakor tudi postopkov gradnje. Vrsta in pogostost preskusov se določi naknadno.

Naknadno se določijo tudi točne sestave posameznih kompozitov (sestave betonov) ter detajli gradnje in izdelave tlakovcev.

Zgoraj podana dodatna določila se obdela v posameznih tehnoloških elaboratih.

Priprava elaborata:

dr. Jakob Šušteršič, univ. dipl. inž. grad.



Juže Korla, univ. dipl. inž. grad.