

SAMOZBIJAJUĆI BETON

SVEUČILIŠTE
JOSIPA JURJA STROSSMAYERA
U OSIJEKU



JOSIP JURAJ STROSSMAYER
UNIVERSITY OF OSIJEK

PROBLEMI KOD “OBIČNOG” BETONA



Mjesto u oplati na kojem beton nije
dobro ugrađen



Oslabljenje konstrukcije zbog lošeg
vibriranja



Propadanje armature



Segregacija betona i pojava “gnijezda”

SAMOZBIJAJUĆI BETON

Zbog brzog urbanog razvoja i sve većih zahtjeva za:

- veću trajnost,
- veću čvrstoću,
- lakšu ugradnju i
- ekonomičnost

koje običan beton nije mogao ostvariti počele su se tražiti metode kojima bi se poboljšala svojstva betona.

- Rješenje tih zahtjeva je SAMOZBIJAJUĆI BETON.
- Samozbijajući beton je beton koji bez upotrebe vibracijskih uređaja potpuno zaobilazi armaturu i popunjava oplatu.

Prednosti samozbijajućeg betona:

- pogodan je za sve primjene koje zahtijevaju vrhunsku izvedbu i završnu obradu
- lagano se ugrađuje i ekonomičan je
- nije potrebno zbijanje
- primjeren je za složene oblike konstrukcije
- samoizravnavanjem smanjuje vrijeme ugradnje
- glatka površina koja ne zahtijeva dodatnu završnu obradu
- povećana izvedivost i odlična rana čvrstoća.



Predgotovljeni element od samozbijajućeg betona

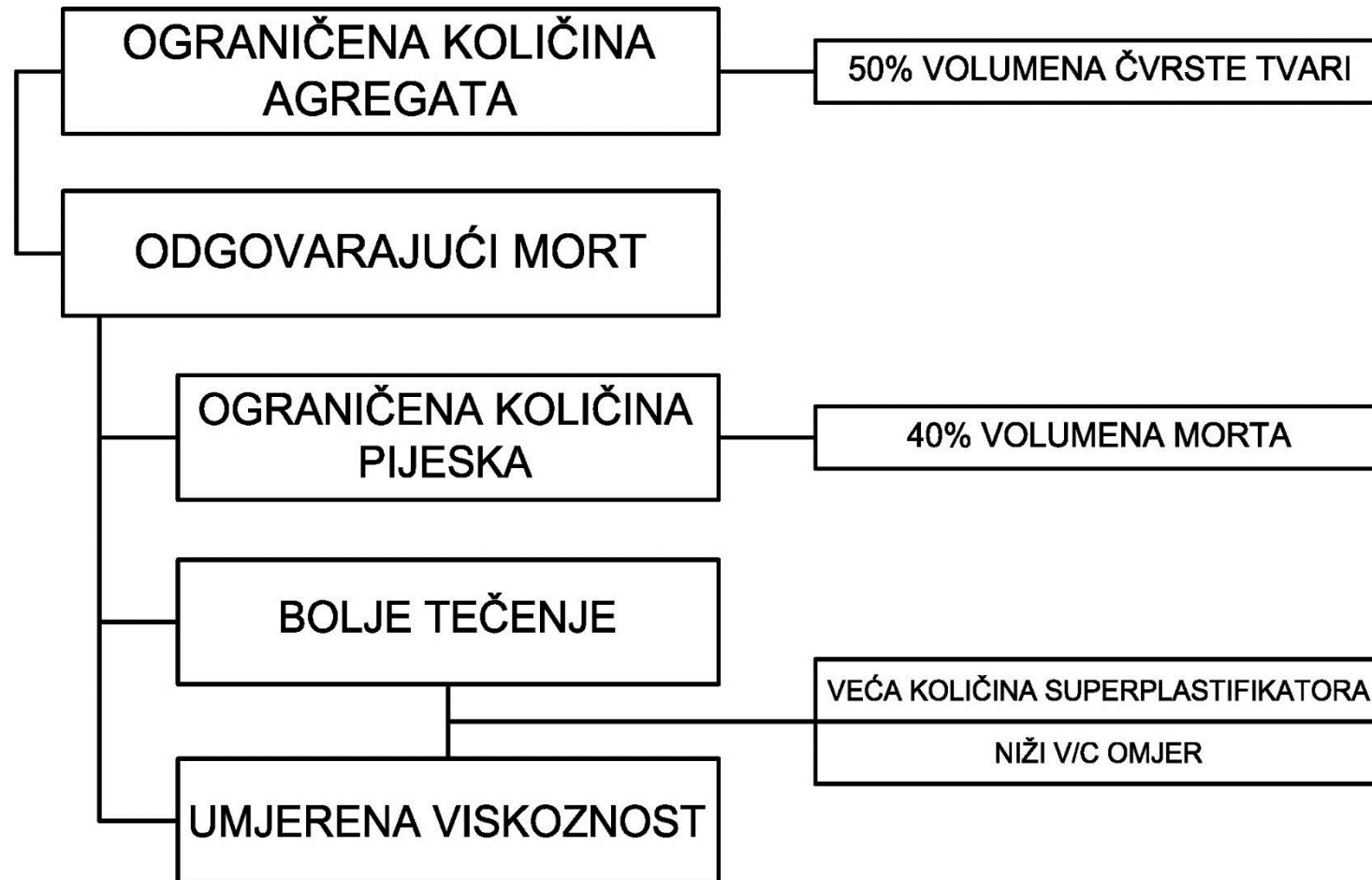
Razvoj samozbijajućeg betona

- Počeci istraživanja u području samozbijajućeg betona 1983. godine u Japanu.
- Potaknuto pitanjem trajnosti i nedostatka kvalificirane radne snage.
- Prvi samozbijajući beton ponudio je profesor Okamura sa Sveučilišta u Tokiju 1988. godine.
- Svojstva tog betona bila su definirana kao:
 - u svježem stanju mora imati svojstva samozbijanja
 - u ranoj starosti traži se izbjegavanje inicijalnih defekata
 - u očvrslom stanju mora biti otporan na vanjske utjecaje.

Samozbijajući beton danas

Ključne karakteristike samozbijajućeg betona u svježem stanju su:

- Tečenje – deformacija materijala bez povećanja naprezanja
- Viskoznost – svojstvo materijala da se odupire tečenju,
- Sposobnost zaobilaženja prepreka – sposobnost svježeg samozbijajućeg betona da prolazi kroz gustu armaturu te popunjava oplatu
- Otpornost segregaciji – neće doći do odvajanja sastojaka betona



Mehanizam postizanja samozbijanja

PROJEKTIRANJE SASTAVA SAMOZBIJAJUĆEG BETONA

- Samozbijajući beton sadrži uz sastojke običnog betona (cement, agregat, voda i aditivi) i neke dodatne komponente (koloidni silikati, pucolanski materijali, leteći pepeo, mikrosilika, metakaolin, kemijski dodaci)
- Često se dodaju mineralni dodaci kako bi mu se poboljšala svojstva i održavala kohezija i otpornost segregaciji
 - Punilo
 - Silicijska prašina
 - Leteći pepeo
- Sitne čestice doprinose poboljšanju obradljivosti i povećanju kohezivnosti i zapunjavaju unutrašnju strukturu

Mineralni dodaci



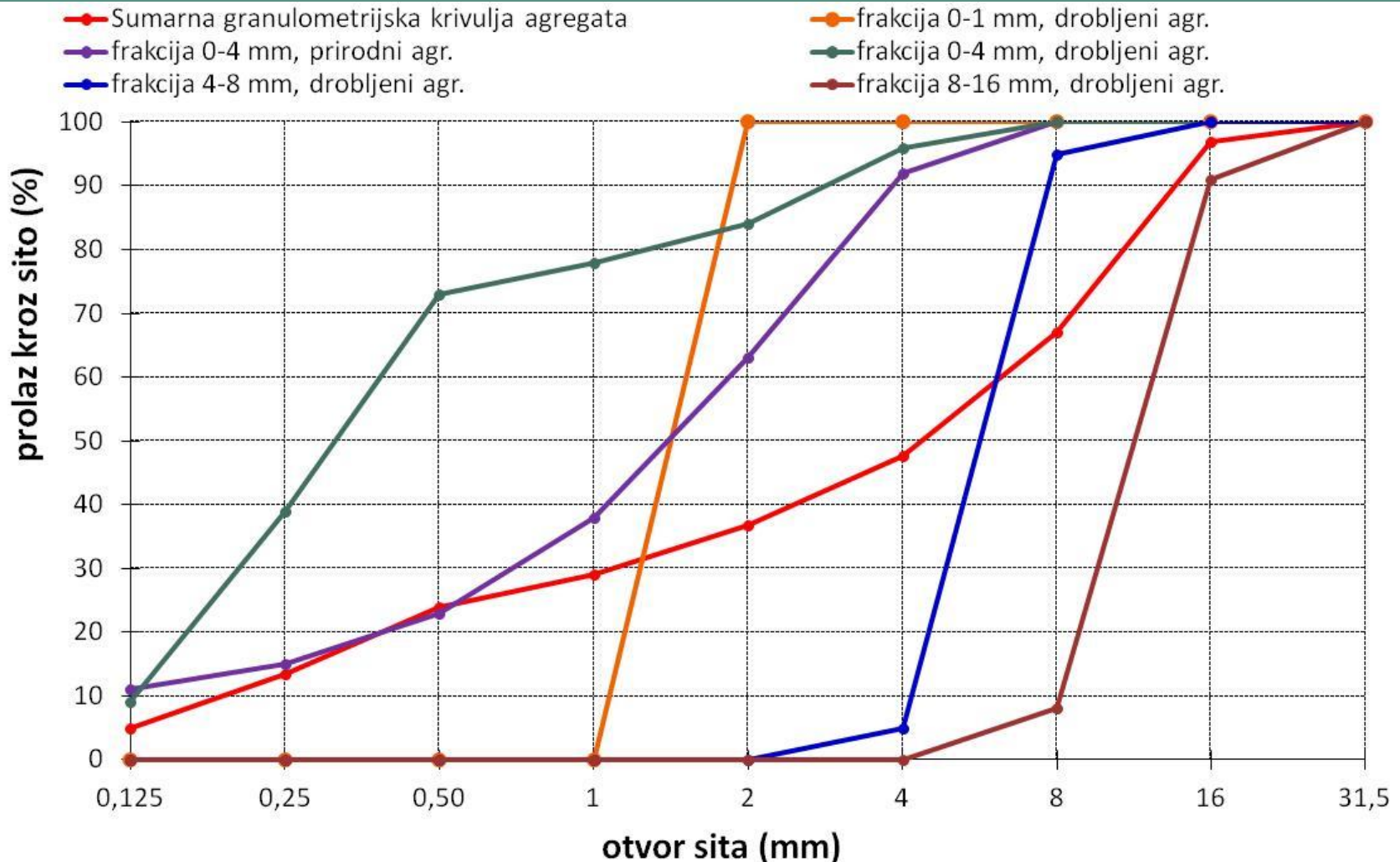
- Superplastifikatori se upotrebljavaju za proizvodnju betona vrlo velikih čvrstoća ili proizvodnju tekućih betona
- Na beton koji djeluju podmazujuće, tj. povećavaju mu obradljivost
- Ključni sastojak samozbijajućih betona su superplastifikatori na bazi polikarboksilnih etera



Kemijski dodaci

Primjer sastava samozbijajućeg betona

SASTAV BETONSKE MJEŠAVINE		Masa		Gustoća	Volumen
		%	[kg]	[kg/gm ³]	[dm ³]
Cement			380,0	3,09	122,98
Voda	Gradski vodovod		171,0	1,00	171,00
v/c omjer			0,450		
Dodatak 1	Sika ViscoCrete 20 Gold	0,85	3,23	1,08	2,99
Dodatak 2	Filer	10,53	40,01	2,69	14,88
Zrak		1,5			15,0,
Agregat	Frakcija 0-4 mm	25,0	451,02	2,68	168,29
	Frakcija 0-4 mm drobljeni	25,0	452,70	2,69	168,29
	Frakcija 4-8 mm drobljeni	15,0	271,62	2,69	100,97
	Frakcija 8-16 mm drobljeni	35,0	633,78	2,69	235,60
Ukupno		100,0	1809,11	2,69	673,16
Ukupno			2403,35		1000



Primjer granulometrijske krivulje agregata za spravljanje samozbijajućeg betona

ISPITIVANJE SAMOZBIJAJUĆEG BETONA

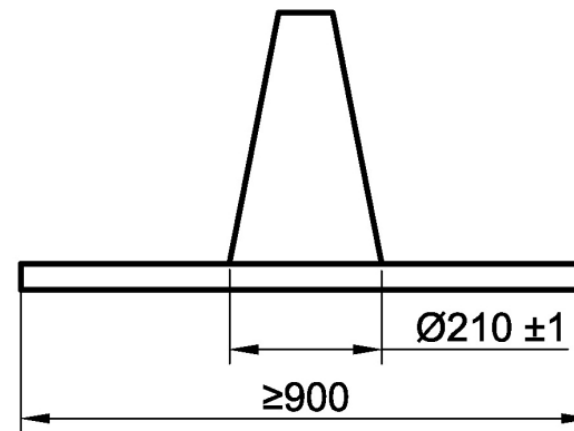
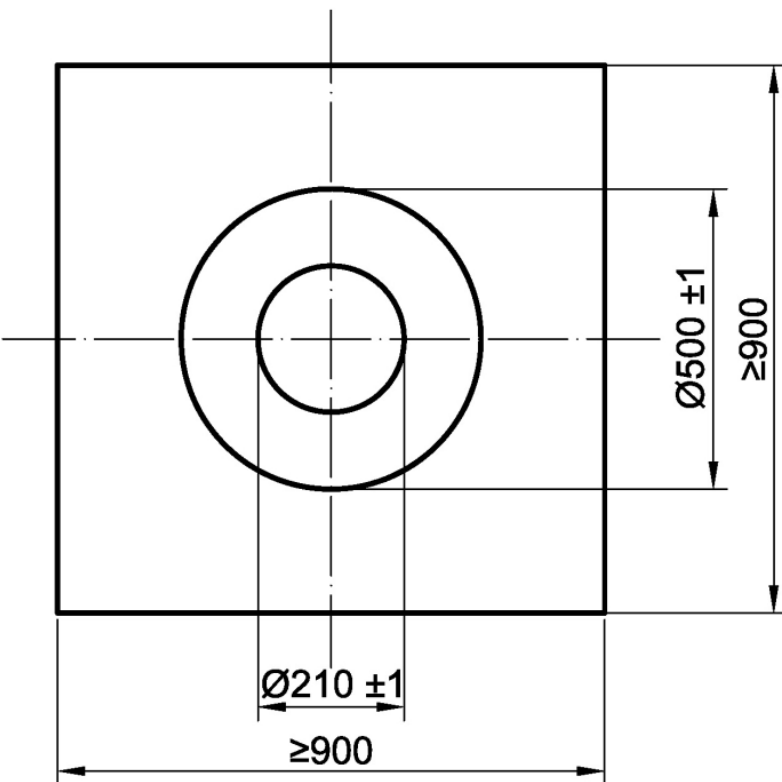
Četiri uvjeta koja ta vrsta betona mora ispunjavati (HRN EN 206-9:2010):

- sposobnost tečenja betona uz pomoć svoje vlastite težine
- sposobnost popunjavanja prostora tečenjem u oplati
- sposobnost zaobilaženja prepreka tečenjem oko armature bez segregacije i blokiranja betona
- otpornost segregaciji (stabilnost) da se zadrži homogenost tijekom transporta, ugradnje i nakon ugradnje

Ispitivanja samozbijajućeg betona u svježem stanju

Svojstvo	Metoda ispitivanja	Oznaka razreda
Sposobnost tečenja	HRN EN 12350-8:2010 Rasprostiranje - slijeganjem	SF1, SF2, SF3
Sposobnost punjenja tečenjem (viskoznost)	HRN EN 12350-8:2010 Vrijednost T500 HRN EN 12350-9:2010 V lijevak	VS1/VF1 VS2/VF2
Sposobnost zaobilaženja prepreka	HRN EN 12350-10:2010 L - posuda HRN EN 12350-12:2010 J- prsten	PL1, PL2
Otpornost na segregaciju	HRN EN 12350-11:2010 Segregacija prosijavanjem	SR1, SR2

Rasprostiranje slijeganjem (slump flow)



Skica ploče i kalupa

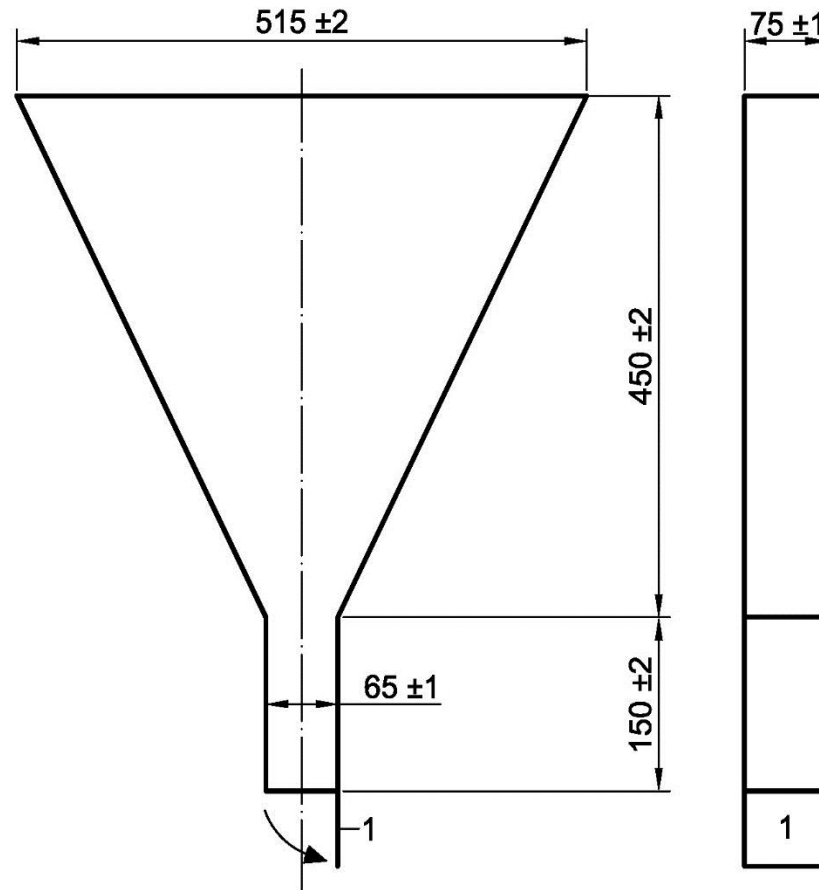


Mjerenje promjera uzorka pri ispitivanju

Razredi rasprostiranja slijeganjem prema HRN EN 206-9:2010

Razred konzistencije rasprostiranja slijeganjem	Tečenje betona (mm)	Primjena betona
SF1	550-650	<ul style="list-style-type: none"> • nearmirani ili slabo armirani betonski elementi • ugradnja pumpama (npr. tunelska obloga) • elementi malih dimenzija koji ne zahtijevaju veliko horizontalno tečenje betona
SF2	660-750	<ul style="list-style-type: none"> • prikladno za većinu radova (zidovi, stupovi)
SF3	760-850	<ul style="list-style-type: none"> • za elemente s gusto složenom armaturom, složenog oblika

V-lijevak

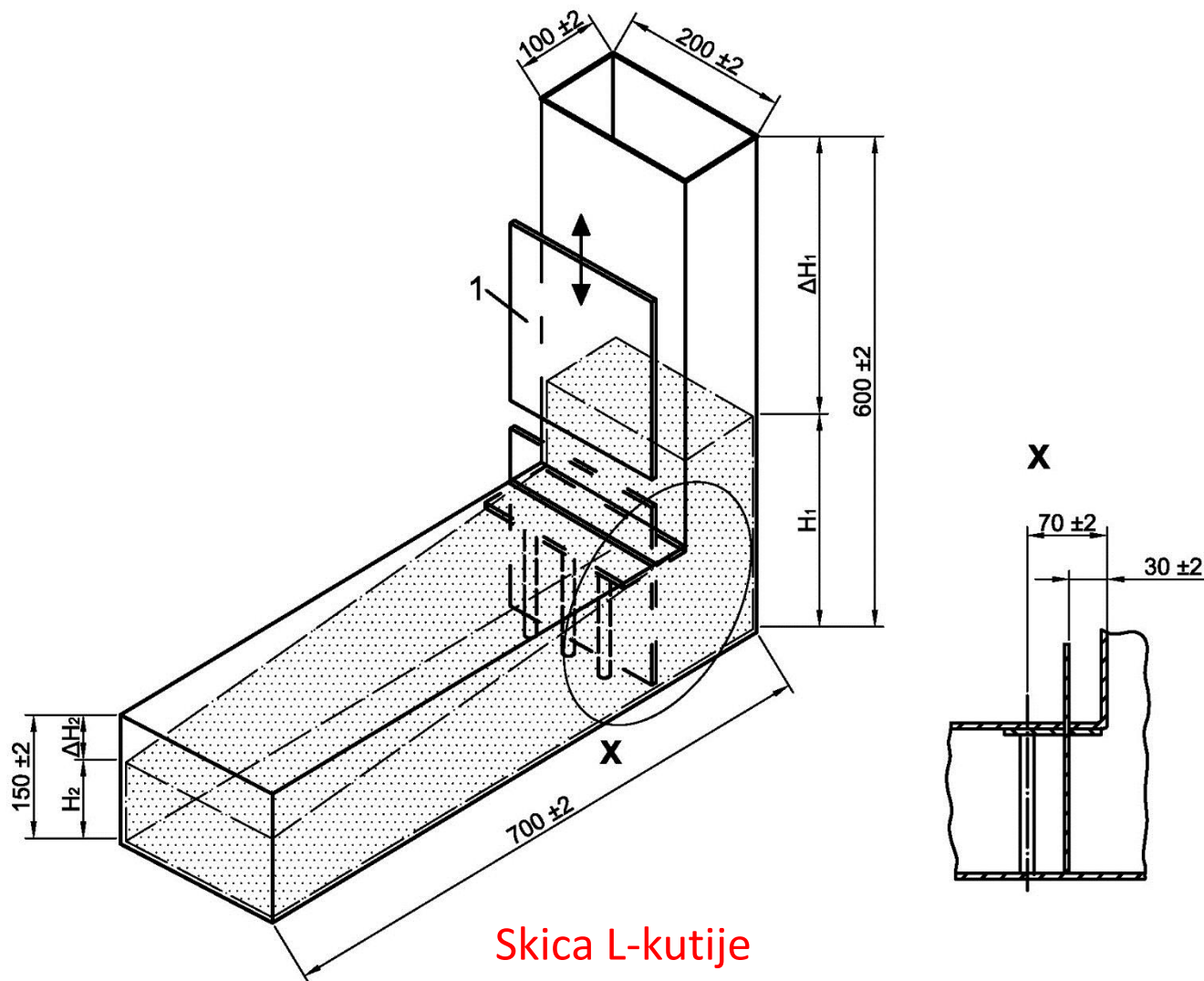


V-lijevak

Razredi viskoznosti betona prema HRN EN 206-9:2010

Razred viskoznosti	VS1/VF1	VS2/VF2
T500 (s)	<2	>2
V-lijevak (s)	<9	9-25
Karakteristike	<ul style="list-style-type: none"> • prikladno za gusto složenu armaturu, • dobra završna površina • može doći do izdvajanja vode i segregacije 	<ul style="list-style-type: none"> • moguća pojava tiksotropnih efekata (povoljno za smanjenje pritiska na oplatu) • poboljšana otpornost na segregaciju • loš izgled površine • veća osjetljivost pri nastavku betoniranja

L- Kutija



Skica L-kutije



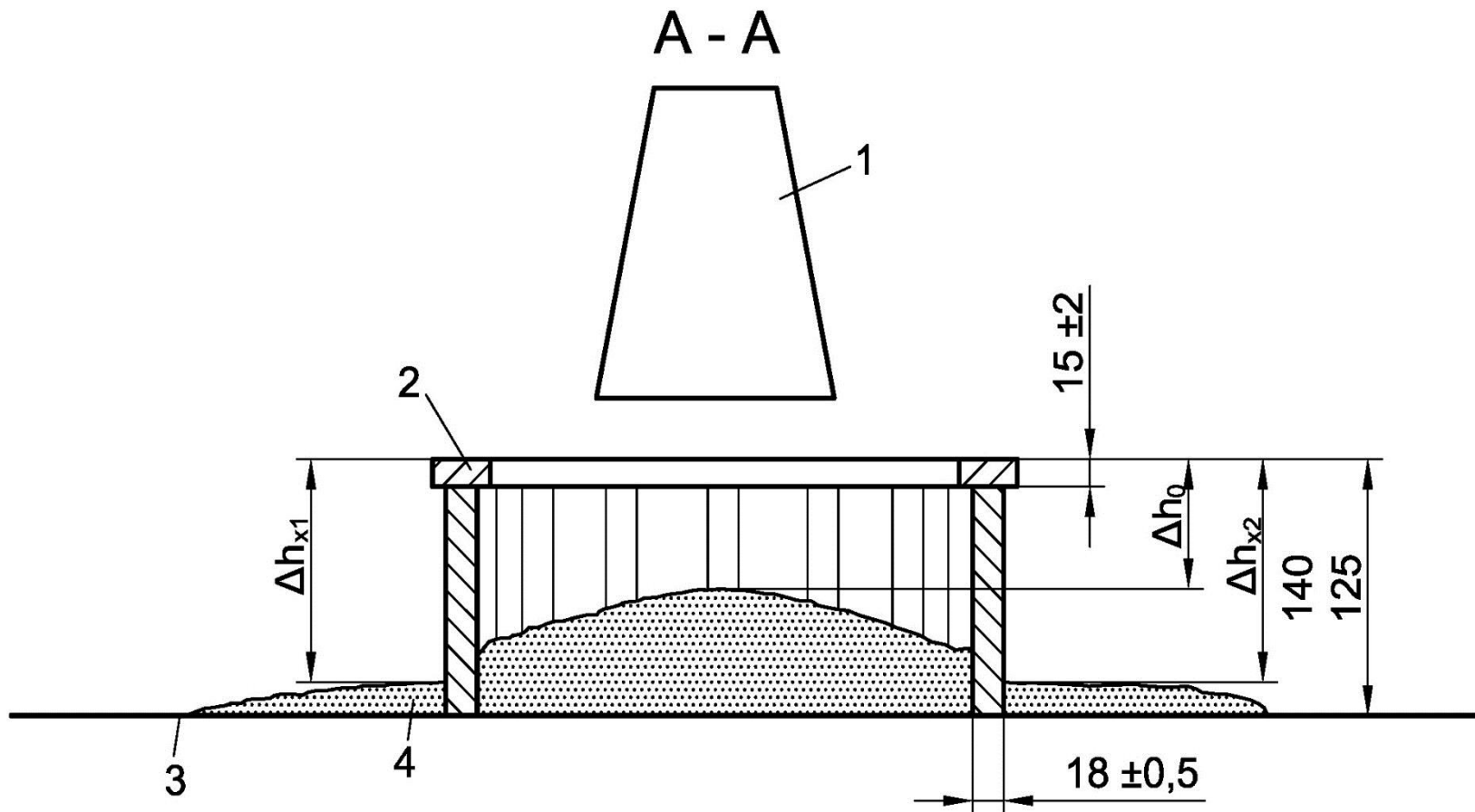
Ispitivanja sposobnosti zaobilaženja prepreka L – kutijom

Razredi ispitivanja sposobnosti zaobilaženja prepreka L – kutijom prema HRN EN 206-9:2010

Razred sposobnosti zaobilaženja prepreka	Specifičnost L kutije
PA1	$H2/H1 \geq 0,80$ L-kutija sa 2 armaturne šipke
PA2	$H2/H1 \geq 0,80$ L-kutija sa 3 armaturne šipke



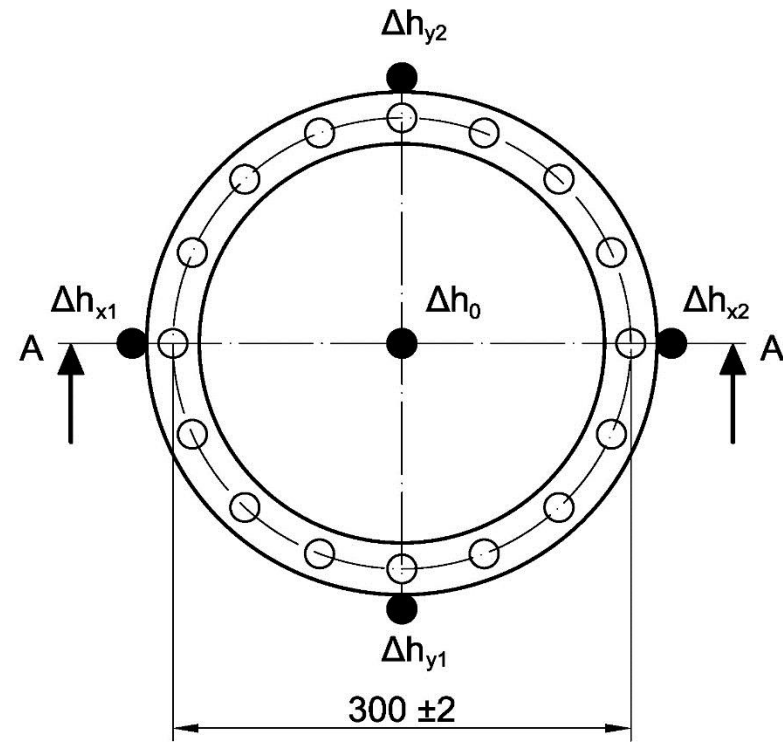
J- Prsten



Skica J- prstena

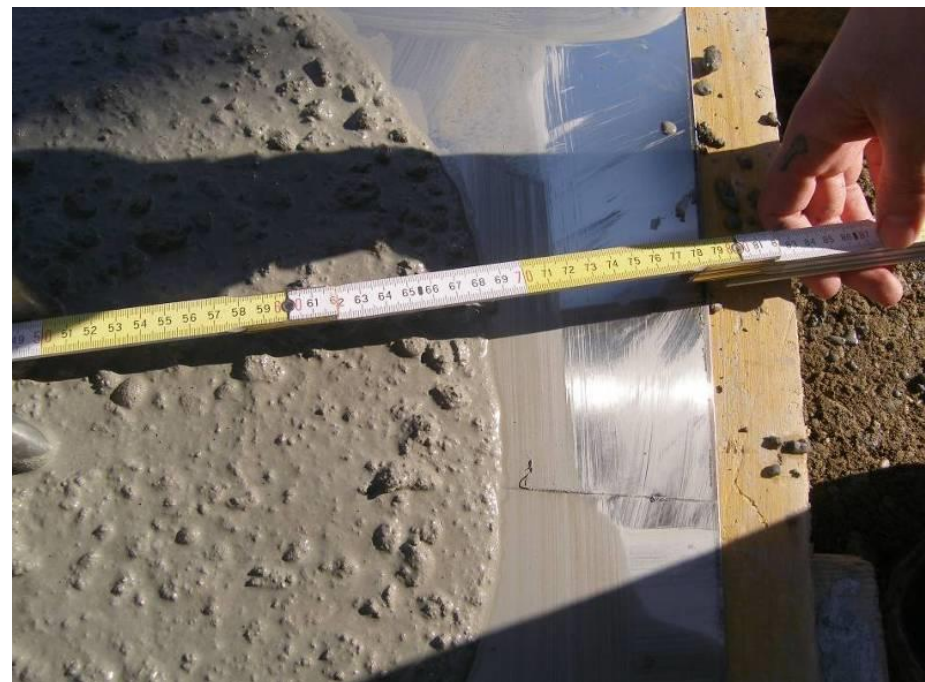
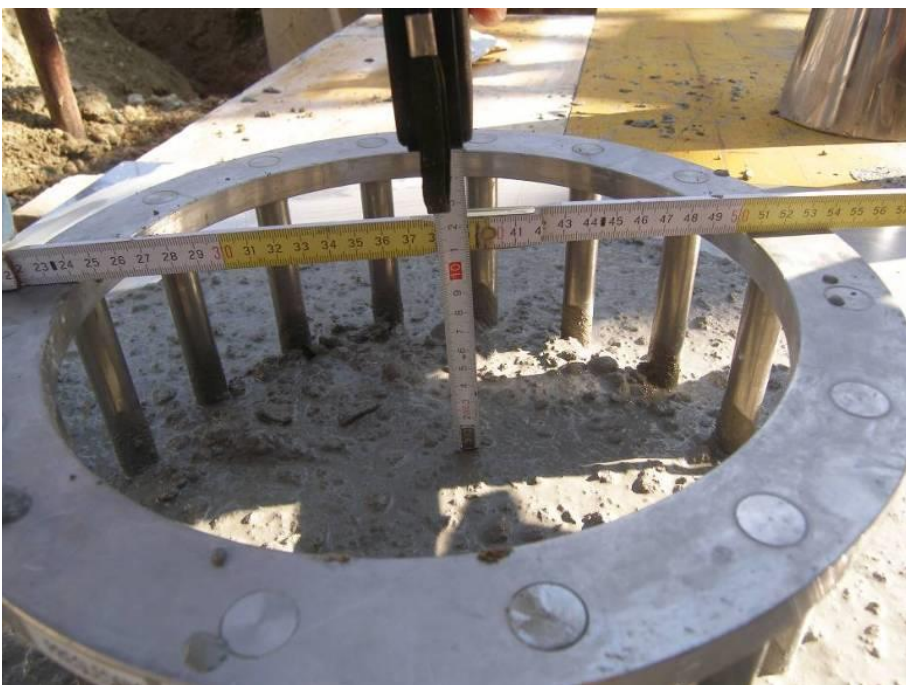
$$PJ = (\Delta h_{x1} + \Delta h_{x2} + \Delta h_{x3} + \Delta h_{x4}) / 4 - \Delta h_o$$

Prikaz točaka u kojima se provodi mjerenje



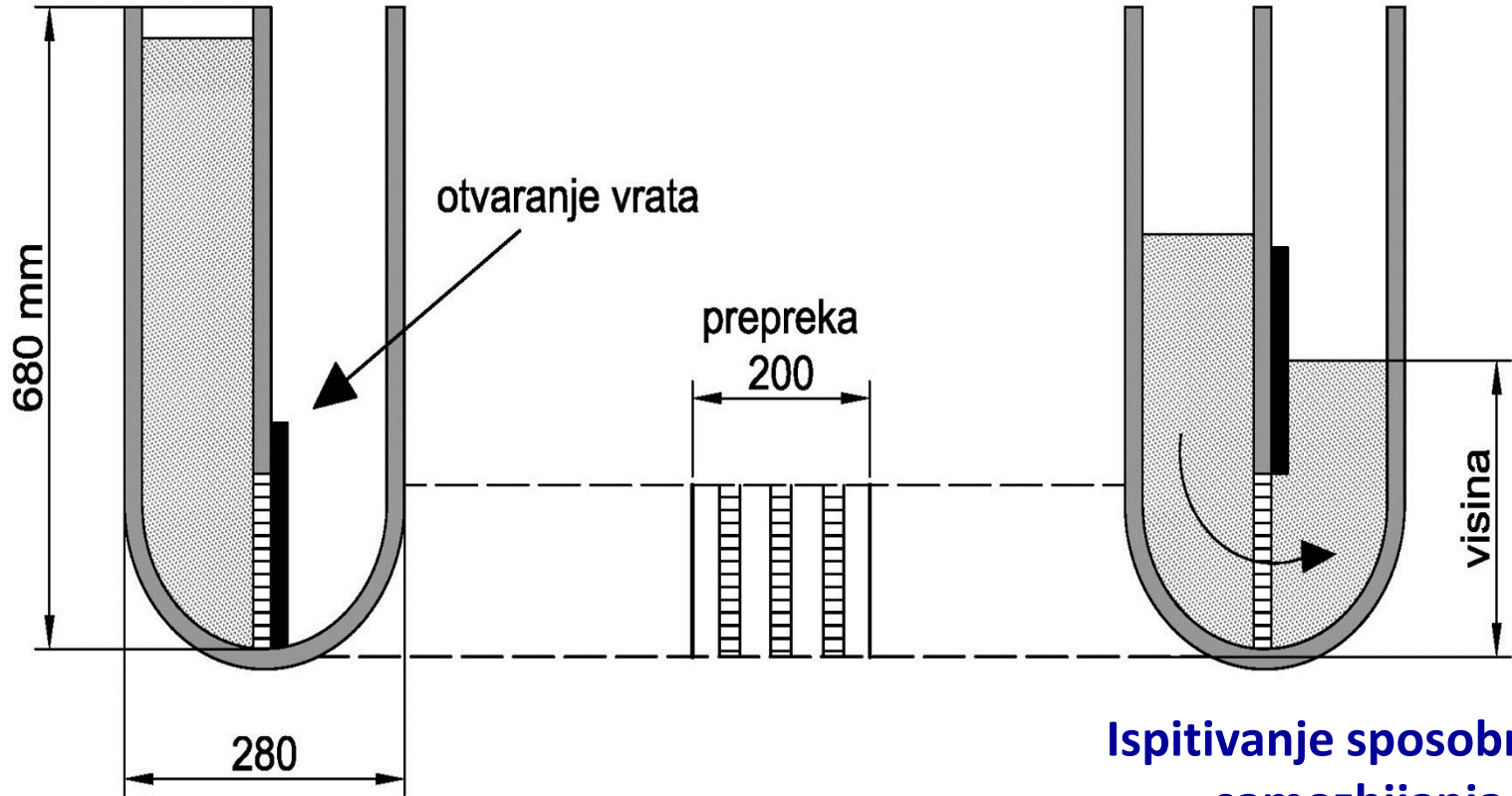
Razredi ispitivanja sposobnosti zaobilaznja prepreka J-prstenom prema HRN EN 206-9:2010

Razred sposobnosti zaobilaznja prepreka	Specifičnost J-prstena
PJ1	≤10 mm za prsten sa 12 šipki
PJ2	≤10 mm za prsten sa 16 šipki



Ispitivanje konzistencije J-prstenom

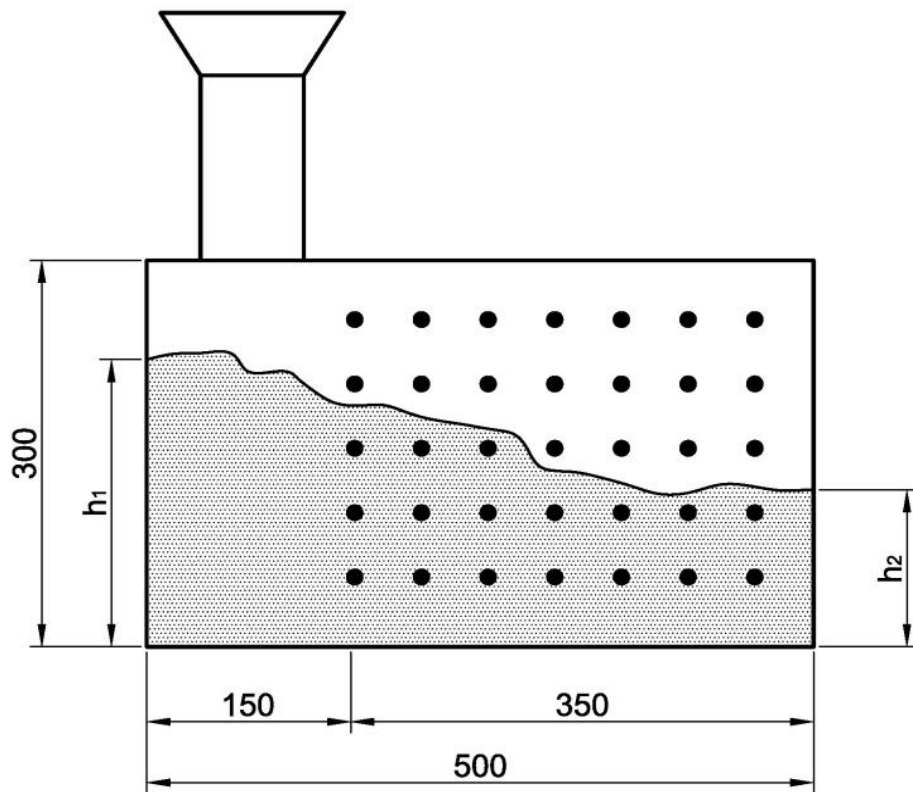
U-kutija



Ispitivanje U-kutijom

Ispitivanje sposobnosti
samozbijanja
Visina > 300 mm
beton je samozbijajući

Ispitivanje prozirnom kutijom



Skica prozirne kutije



Ispitivanje
spособnosti
zaobilaženja prepreka
i otpornosti na
segregaciju

Ispitivanje otpornosti na segregaciju



Oprema za ispitivanje

$$SR = \frac{W_p}{W_c} \cdot 100\%$$



Izvođenje ispitivanja

W_p – masa materijala u prihvatniku

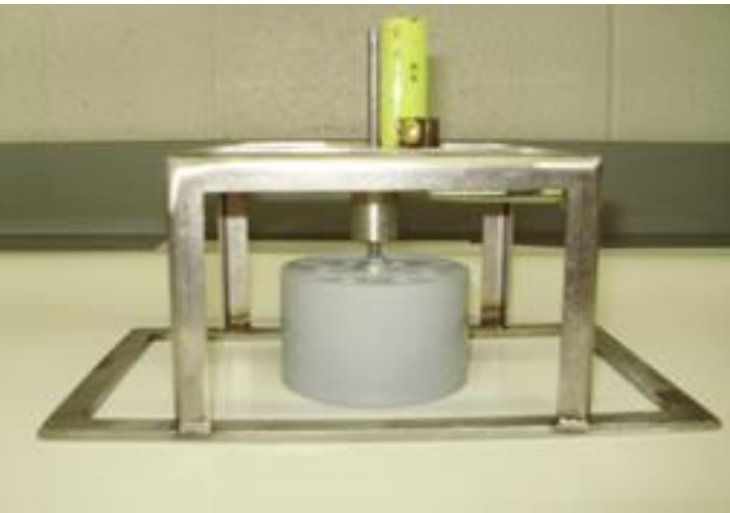
W_c – ukupna masa betona izljevana na sito.

Razredi otpornosti ka segregaciji prema HRN EN 206-9:2010

Razred otpornosti ka segregaciji	Udio segregacije (%)
SR1	≤ 20
SR2	≤ 15

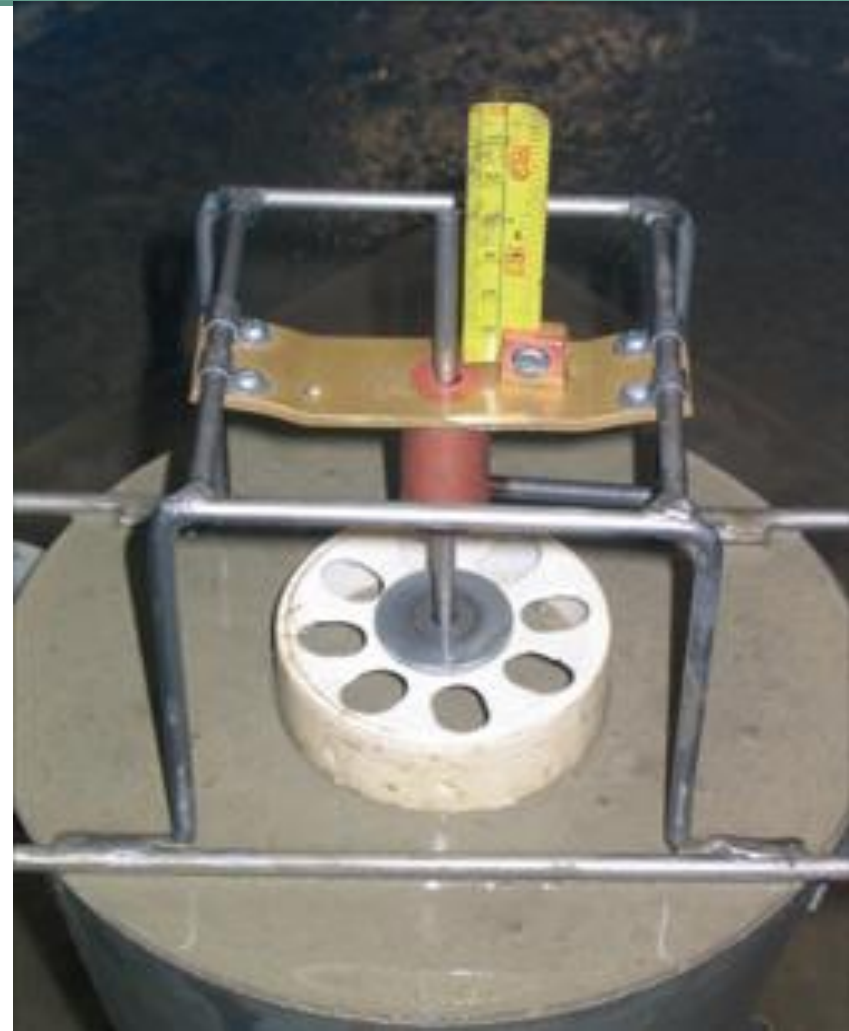


Penetracijski test



Uređaj za ispitivanje

Ispitivanje otpornosti na segregaciju
Ako je dubina prodiranja > 8 mm
beton se smatra slabo otpornim na
segregaciju



Izvođenje ispitivanja



ARHITEKTONSKI BETON

SVEUČILIŠTE
JOSIPA JURJA STROSSMAYERA
U OSIJEKU



JOSIP JURAJ STROSSMAYER
UNIVERSITY OF OSIJEK

ARHITEKTONSKI BETON

- tehnologija razvijena u Americi 50-ih godina 20. stoljeća
- mogućnost raznolikog estetskog oblikovanja
- dekorativnost, završna obrada i ukrašavanje
- završna obrada na licu mjesta prilikom ugradnje
- obrada bez dodatnih materijala , uz neke dodatke betonu
- upotreba primjerene tehnologije prilikom ugradnje

Upotreba arhitektonskog betona

- široke mogućnosti primjene pri uređenju eksterijera te interijera
- upotreba u svim vrstama prostora , sredina , te klimatskih uvjeta



Neki primjeri upotrebe
arhitektonskog betona

dostupnost različitih boja i tekstura (šablona)

Antique Release Colors

Used for Main Application and Staining process



Različite boje i šablone za izradu arhitektonskog betona

Svojstva arhitektonskog betona

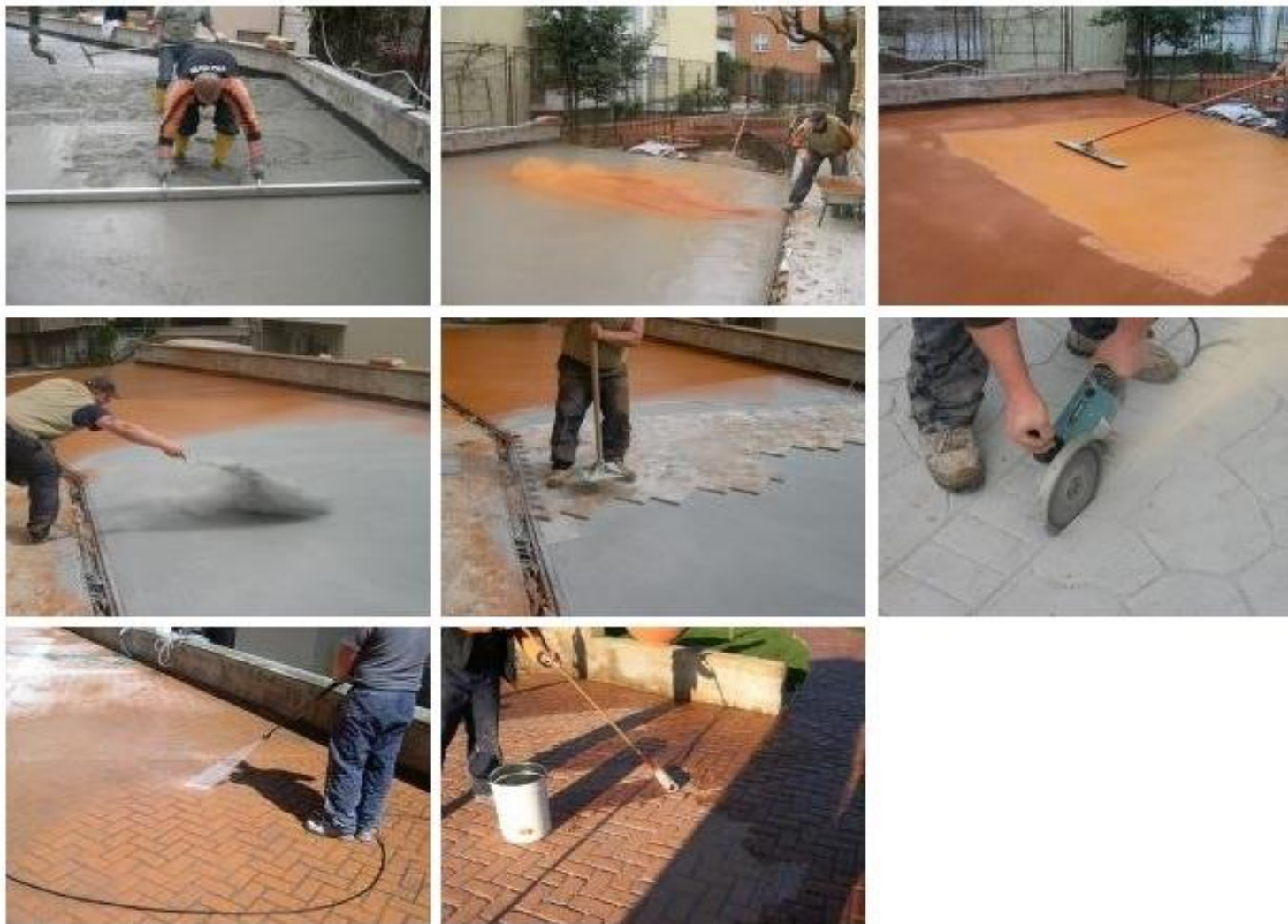
- jednostavnost oblikovanja ploha i padova (horizontalni nagibi do 17°)
- monolitna i kompaktna ploha (eliminiranje korova)
- otpornost na atmosferilije, sklizavicu i soli
- brz način ugradnje – veliki učinak pri izvedbi
- dugotrajni svježiji izgled
- lako održavanje

Usporedba arhitektonskog betona sa drugim oblicima popločavanja

	Asfalt - beton	Prirodni kamen	Predgotovljena betonska galanterija	Arhitektonski beton
dostupnost različitih uzoraka i boja	NEMA	NEMA	VELIKA	VRLO VELIKA
dugovječnost svojstava	LOŠA	DOBRA	DOBRA	VRLO DOBRA
brzina ugradnje/izvedbe	VELIKA	MALA	MALA	OSREDNJA
posebni zahtjevi za održavanje	OSREDNJI	VELIKI	VELIKI	OSREDNJI
jedinična cijena uključujući izvedbu	NISKA	VISOKA	RELATIVNO VISOKA	RELATIVNO VISOKA

Proizvodnja, ugradnja i završna obrada arhitektonskog betona

- čistoća agregata, strojeva, prijevoznih sredstava i manipulativnih alata
- pripremljena tamponska podloga modula elastičnosti 30 MPa
- armiranje pomoću armaturnih mreža (\emptyset 4 – 8 mm)
- izbjegavati veliku visinu padanja betona na podlogu prilikom ugradnje
- izbjegavati betoniranje pri sparnim uvjetima i temperaturama manjim od 5 °C
- minimalna debljina ploče 10 cm , ugradnja bez vibriranja



Završna obrada arhitektonskog betona nakon izlivanja

PROJEKTIRANJE SASTAVA ARHITEKTONSKOG BETONA

- optimalna klasa betona C 25/30
- optimalni razred konzistencije S_3 , maksimalni S_4
- koristiti agregat sa velikim sadržajem sitnih čestica,
 $D_{\max} 8 \text{ mm}$
- koristiti što više prirodnog agregata (zaobljena zrna)
- cement bilo koje klase, količina $\geq 300 \text{ kg/m}^3$
- v/c omjer $\leq 0,55$

Specifični sastojci arhitektonskog betona

- mineralni dodatci – pigmenti (boje) , količina 0,5 – 5 % na masu cementa
- u obliku praha, spreja ili specijalne mase (tekući)
- kemijski sastav – pigmentirani metalni oksidi
- tipične boje:
 - žuta (željezov oksid - Fe_2O_3)
 - smeđa/crvena (željezov oksid - Fe_2O_3)
 - zelena (kromov oksid - Cr_2O_3)
 - bijela (titanov oksid - TiO_2)
 - crna (željezov oksid - Fe_2O_3)

- pojačanje boje – obojeni agregat, bijeli portland cement
- boja u betonu – procjena u očvrslom stanju, ovisi o:
 - vrsti, količini i finoći sredstava za bojenje
 - vrsti cementa, agregata
 - sastavu betonske mješavine

Različite boje – pigmenti u obliku praha



Primjer sastava arhitektonskog betona

Granulometrijski sastav agregata

Promjer sita (mm)	Prolazak materijala kroz sito (%)		
	Frakcija 0-1 mm drobljeni	Frakcija 0-4 mm prirodni	Frakcija 4-8 mm prirodni
16	100	100	98,80
8	100	100	42,10
4	100	95,10	4,30
2	99,80	81,80	1,00
1	99,10	54,60	0,52
0.5	77,40	12,40	0,44
0,25	2,20	0,70	0,36
0,125	0,50	0,30	0,32
0,00	0,00	0,00	0,00

Sastav arhitektonskog betona - primjer

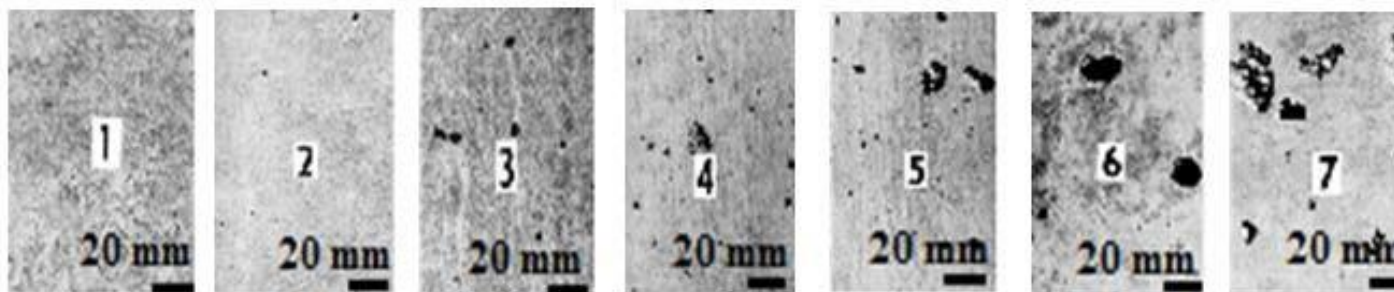
SASTAV BETONSKE MJEŠAVINE		Masa		Gustoća	Volumen
		%	(kg)	(kg/dm ³)	(dm ³)
Cement	CEM II/A – LL 42,5 R		293	3,05	96,07
Voda			158	1,0	158
v/c omjer			0,54		
Dodatak 1	Muraplast FK 801.1	1,4	4,10	1,05	3,91
Dodatak 2	Pigment, Bayferrox	4	11,72	5,24	2,25
Zrak		1,9			19
Agregat	0-1 mm drobljeni	14	277	2,74	100,73
	0-4 mm prirodni	37	733	2,75	267,31
	4-8 mm prirodni	49	970	2,75	352,63
Ukupno		100	1980	2,75	720,77
Ukupno			2446,82		1000

Ispitivanje završne obrade – metoda “CIB Report No. 24”

- vizualna metoda
- referentne kartice – fotografije 10 x 30 cm

Kategorije završne obrade

Promatrani parametar	Kategorije prema stupnju finoće obrade			
Raspodjela šupljina	Posebna	Dotjerana	Uobičajena	Gruba
	0 – 2	2 – 4	4 – 6	Bez zahtjeva



Referentne kartice

Ispitivanje završne obrade – standard GOST 13015.0-83

- vizualna metoda
- dimenzije šupljina, lokalnih neravnina, dubina šupljina
- zbroj šupljina u 1m dužine mjereno od ruba površine betona

Prikaz klasifikacijskih vrijednosti

Kategorija	Promjer ili najveća dimenzija šupljine	Dimenzije lokalnih neravnina i pukotina	Dubina šupljine promatrano od površine	Ukupna duljina šupljina u 1m dužine od ruba površine
	Klasifikacijske vrijednosti (mm)			
A1	Vrlo glatka površina		2	20
A2	1	1	5	50
A3	4	2	5	50
A4	10	1	5	50
A5	Bez zahtjeva	3	10	100
A6	15	5	10	100
A7	20	Bez zahtjeva	Bez zahtjeva	Bez zahtjeva