

Teški beton

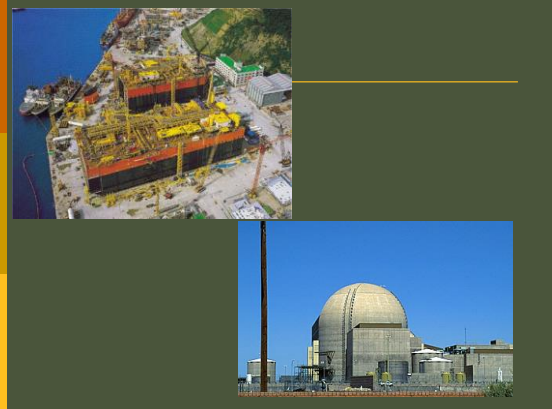


1

UVOD

- Teški betoni se razlikuju od običnog po tome što imaju veću gustoću i mogućnost upijanja
- Imaju primjenu kao protuteži na mostovima, blokovi za gradnju lukobrana radi zaštite od velikih morskih valova, te danas najvažnija primjena, zaštita od radioaktivnog zračenja u industrijskoj radiografiji, medicinskim instalacijama, u nuklearnim elektranama i nuklearnim akceleratorima

2



3

UVOD

- Teški betoni imaju volumnu masu veću od 2600 kg/m^3
- Nearmirani beton, u konstrukciji dovoljne debljine, u stanju je da u znatnoj mjeri apsorbira radioaktivna zračenja. Međutim, pri dugotrajnom utjecaju zraka, ovaj beton sam po sebi počinje **aktivno** zračiti, te ga to čini nepodobnim kao zaštitnika od radijacije.

4

- Izradom specijalnih vrsta betona može se postići znatna, pa i potpuna zaštita od radijacije.
- U tom slučaju beton mora imati sljedeće osobine:
 - a) da potpuno apsorbira neutrone,
 - b) da zaštićuje od γ -zraka,
 - c) da zaštićuje od β -zraka, koje indirektno izazivaju γ -zrake,
 - d) da je otporan na temperaturi od $\sim 250^\circ\text{C}$.
- Kao efikasna zaštita od neutronskega zračenja upotrebljavaju se agregati velike gustoće u kojima se postiže neelastični sraz, ali su isto tako potrebni vodikovi i kisikovi atomi koji omogućuju elastični sraz i zahvat neutrona

5

GRADIVA

6

Cement

- Cement korišten u običnom betonu zadovoljava potrebe teškog betona
- Kako bi se izbjegla visoka toplina hidratacije i njeno brzo doseganje, pa time i pukotine u betonu ne smiju se koristiti ubrzivači, osim ako je temperatura betona kontrolirana rashladnim sustavima
- Ukoliko je potrebna velika čvrstoća mogu se primijeniti miješani cementi visoke otpornosti

7

Agregat

- Vrsta agregata uvelike ovisi o upotrebi
- Osnovne katarakteristike na koje se treba paziti: sastav stijena, otpornost na abraziju i gustoća
- Karakteristike se razlikuju od lokacije do lokacije
- Rude koje sadrže agregati TB nisu iste onima koje se koriste u običnom betonu, te zato treba paziti na ograničenja.
- U vrlo teške krupne agregate spadaju: **željezne rude, željezne strugotine, olovni silikat, sitne frakcije barita ili magnetita, baritne i druge zgure.**

8

Agregat

- Često se preporučuje primjena diskontinuiranog granulometrijskog sastava, krupna zrna od: magnetita, limonita ili hematita, starog željeza, olovnih silikata i drugih vrlo teških agregata, fina zrna frakcije 0-3 mm od: zgure, pri čemu je naročito cijenjena ona koja sadrži teški barit
- Kao maksimalno zrno se koristi 32 mm.
- Ne smije sadržavati nikakve premaze, masti, ulja, cinkov kromid, prljavštinu i sekundarne spojeve

9

- Tipični teški agregati

TYPICAL HEAVYWEIGHT AGGREGATES			
Material	Description	Specific gravity	Concrete, unit wt (lb/cu ft)
Limonite	Hydrous iron ores	3.4-3.8	180-195
Goethite			
Barite	Barium sulfate	4.0-4.4	205-225
Ilmenite			
Hematite	Iron ores	4.2-5.0	215-240
Magnetite			
Steel/iron	Shot, pellets, punchings, etc.	6.5-7.5	310-350

Note: Ferroplagiarum and ilmenite (heavyweight slag) materials should be used only after thorough investigation. Hydrogen gas evolution in heavyweight concrete containing these aggregates has been known to result from a reaction with the cement.

10

Hematit



11

Magnetit



12

Barit



13

Ilmenit



14

□ zgura

□ limonit



15

Voda

- Voda mora biti čista
- Ne smije sadržavati ulja, kiseline, lužine, čestice organskog podrijetla ili bilo koju drugu supstancu.

16

Dodaci

- **Aeranti** se ne koriste u betonu koji nije izložen smrzavanju i odmrzavanju jer bi se njihovom upotrebom smanjila gustoća.
- Kad je dozvoljeno 4 % uvučenog zraka postižu se prednosti: smanjena opasnost od izdvajanja vode, bolja obradljivost i veća homogenost betona.
- **Lebdeći pepeo** upotrebljavan prema normama mogao bi poboljšati obradljivost teških betona.
- Mogu se dodati **silikatna prašina** ili **pucolani**.
- Ako dođe do utjecaja na smanjenje gustoće dodatke je bolje izostaviti.

17

KARAKTERISTIKE

- **Visok modul elastičnosti, nizak temperaturni koeficijent rastezljivosti, male elastične deformacije i mala puzanja** bi bila idealna svojstva teškog betona.
- TB se koristi gdje je zahtjevana mala debljina elemenata.
- **Tlačna čvrstoća** može biti jedan od uvjeta kako bi TB bio otporan na visoke temperature i naponska stanja. To bi moglo zahtjevati **visok v/c omjer**, te s obzirom da je ugradnja teška, zahtjeva se **velik udio cementa** čime bi se moglo uzrokovati **povećanje puzanja i skupljanja**

18

Teški beton predugrađenog agregata

- Teški fini agregati (kao što su ferofosfori) upotrebjeni u cementnoj pasti mogu izazvati pretjerana odvajanja vode i stvoriti sastav koji je jako teško pumpati.
- Ovako spravljeni TB sadrže više cementa no što bi bilo upotrebjeno kod običnog pre-pactt betona.

25

IZRADA

26

Konvencionalno ugrađen teški beton

- Ovaj beton bi morao imati lakše spravljanje od običnog betona i to baš zbog veće gustoće.
- Kada su u pitanju objekti vrlo osjetljivi u pogledu preciznosti dimenzija, npr. reaktori, moraju se prilikom ugrađivanja betona poduzeti posebne mjere.
- Primjenjuje se samo metalna oplata, a svježi se beton, radi ograničavanja razvijanja topline pri reakciji, hladi do temperature oko $+1^{\circ}\text{C}$.

27

Teški beton s predugrađenim agregatom

- Formiranje se izvodi kao i pre-pakt postupak običnog betona s posebnim mjerama opreza.
- Dakle, nakon postavljanja agregata injektira se cementna pasta koja mora dobro popunjavati šupljine kako ne bi došlo do tzv. "praznih mjesta".
- Ovaj beton mora biti vodonepropusan i ne smije se dogoditi odvajanje cementne paste.
- Kako bi se to sve izvelo čim bolje, koriste se čelične oplate, a spojevi su zavarivani ili brtvljeni.
- Kada želimo horizontalno puniti cementom kroz ovakve oplate bušimo rupe, stavljamo cijevi kroz koje unosimo cement s postepenim povlačenjem kako bismo pravilno rasprostrli cementnu pastu.

28

UGRADBA

29

Konvencionalno ugrađen teški beton

- Kod konvencionalno ugrađivanja teškog betona lako može doći do segregacije, time do promjene gustoće van toleriranih odstupanja, što dovodi do gubljenja potrebnih svojstava teškog betona.
- Konvencionalno ugrađen teški beton može biti pumpan ali samo na dostupnim mjestima. Takav beton ima niži slump te se bolje pumpa nego obični beton.
- Teški betoni koji sadrže ferofosfore nisu dobri kao pumpani beton.

30

Konvencionalno ugrađen teški beton

- Teški beton se loše rosprostire i zato ga treba barem minimalno vibrirati pri čemu su podizanja ograničena na 300 mm debljine.
- Utjecaj vibracije se osjeti u malom radijusu pa kako bi se teški beton pravilno zbio treba ga vibrirati na čim manjim razmacima.
- Vibriranjem i revibriranjem se rješavamo zahvaćenog zraka koji izlazi na površinu zajedno s nešto materijala koji se treba odstraniti (75 mm debljine sloja) dok je beton još u plastičnom stanju.

31

Teški beton s predugrađenim agregatom

- TB koji sadrže čeličnu sačmu i čelične strugotine skloni su segregaciji pri konvencionalnoj metodi pa je zato bolje koristiti pre-pakt postupak.
- Prvenstveno agregat treba dobro očistiti i oprati.
- Kada je agregat dobro očišćen tada se miješa.
- Postoji više postupaka miješanja:
 - miješanja dvije vrste agregata pod sredstvom ispiranja vodom te se zatim postavlja. Ovaj se postupak mora dobro nadgledati i kontrolirati.
 - krupnozrni agregati s dvije različite frakcije zasebno se čiste, potom se vode preko pomičnih traka na zajedničku, te se odvođe do mehanizma koji ih pomiješa.

32

Teški beton s predpoloženim agregatom

- Čelična sačma i strugotine znaju biti zaprljane od različitih masnih supstanci, npr. ulja, te se stoga prvo izmiješa s **perkloretilenom** u mikseru, a zatim se stavlja u perilicu agregata.
- Očišćeni i pomiješani agregat se transportira do mjesta ugradbe.
- Pomoću fleksibilnih cijevi umećemo agregat u oplatu.
- Za slaganje agregata u nedostupna područja koristimo uže cijevi ($\phi=10$ mm), koje smijemo koristiti samo do one granice do koje neće doći do segregacije.

33

Teški beton s predpoloženim agregatom

- Cementna pasta:
 - miksanje i ugradba kao i kod običnog betona.
 - Koriste se široke gumene cijevi
 - Zbog tendencije segregaciji potrebno je prije ugradbe testirati pokusne mješavine.

34

UZORCI I TESTIRANJA

Teški beton

- TB i teški agregat trebaju se testirati prije ugradbe i tokom ugradbe za osiguranje propisane kvalitete
- Vođeni propisima i prethodnim iskustvima određuje se potrebna učestalost testiranja
- Ponekad se i vade uzorci no pri tome treba biti jako pažljiv jer u slučaju da se nađe na određeni metalni agregat može doći do pucanja svrdla.
- S obzirom da su ispitivanja ove vrste jako skupa treba se dobro poznavati struktura TB
- Osnovno svojstvo koje se kontrolira je **gustoća**

35

36

Cement

- Testiranjima je potrebno provjeriti **toplino hidratacije** i sadržanu **količinu alkalija** te još neke osobine posebno propisane za određenu konstrukciju.

37

Agregat

- Osim provjere kvalitete i stvarnog sadržaja agregata potrebno je provjeriti i **vlažnost agregata**, te **kemijske supstance**.
- Od ostalih svojstava treba posvetiti pažnju na:
 - reaktivnost plašta agregata
 - čvrstoću agregata
 - koroziju metalnih agregata

38

Neka istraživanja

- istraživanja različitih sastava TB ovisno o v/c faktoru došlo se do zaključaka da je najpovoljnije koristiti v/c faktor 0,40 jer se dobiva zadovoljavajuća gustoća i čvrstoća, a može se kontrolirati **toplina hidratacije**

39

Sastav teškog betona ovisno o v/c faktoru

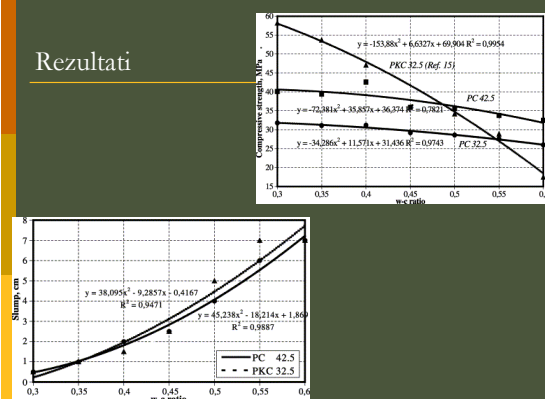
W/c ratio	Amount of water (kg/m ³)	Amount of cement (kg/m ³)	Amount of aggregate (kg/m ³)	Absorbed water (kg/m ³)	Slump (cm)
0.30	105	350	2038	24.30	0.5
0.35	123	350	2067	23.70	1.0
0.40	140	350	2076	23.00	1.5-2
0.45	158	350	2035	22.65	2.5
0.50	175	350	2056	22.00	4-5
0.55	193	350	2083	21.46	6-7
0.60	210	350	2015	20.92	7.0

40

Cement type	W/c ratio	Unit weight (kg/m ³)	Resonance (MHz)	Frequency	Ultrasonic distance (μs)	Schmidt hardness	Compressive strength (MPa)
FKC 32.5	0.30	3280	3.08	68.9	35	31.8	31.8
	0.35	3280	3.10	69.1	34	31.1	31.1
	0.40	3272	3.10	68.2	34	31.2	31.2
	0.45	3247	3.09	69.4	35	29.2	29.2
	0.50	3227	3.13	70.5	35	28.6	28.6
	0.55	3220	3.14	70.8	33	27.6	27.6
	0.60	3203	3.14	70.6	33	26.0	26.0
PKC 42.5	0.30	3339	3.10	69.1	44	40.1	40.1
	0.35	3336	3.11	69.5	43	39.4	39.4
	0.40	3346	3.11	69.5	42	42.8	42.8
	0.45	3322	3.13	69.9	40	35.9	35.9
	0.50	3309	3.15	70.8	40	35.6	35.6
	0.55	3296	3.15	71.0	39	33.8	33.8
	0.60	3278	3.16	71.2	39	32.5	32.5

41

Rezultati



42

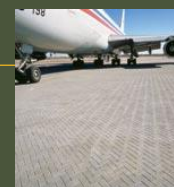
Neka istraživanja

- ❑ Nakon proučavanja toplinske izdržljivosti teških betona došlo se do zaključaka kako su teški betoni i pod utjecajem visokih temperatura dobre upojnosti radioaktivnog zračenja i to pogotovo ilmenitni beton



43

PROIZVODI



44

ZA KRAJ

- ❑ Osnovna karakteristika teških betona je velika gustoća kojom postižu posebna svojstva, pogotovo u radioaktivnoj zaštiti
- ❑ Veće se gustoće postižu upotrebom agregata veće gustoće, a to su rudače i minerali, koji sadrže barit ili željezne okside, čelična strugotina i drugi čelični otpaci, koji se dodaju u betonsku mješavinu
- ❑ Ugradnja se postiže na dva načina od kojih je ugradba pre-pakt postupkom bolja od konvencionalna metode s obzirom na segregaciju
- ❑ Da bi izbjegli segregaciju u primjeni konvencionalne metode mješavinu treba kratko mješati i koristiti dobro građuirani materijal
- ❑ Pri spravljanju teški beton treba pažljivo vibrirati kako bi se beton pravilno konsolidirao

45

- ❑ Miješanje i ugradbu agregata tijekom pre-pakt postupka treba dobro kontrolirati i redovito testirati preko probnih uzoraka
- ❑ Istraživanjem se došli do zaključka da je najpovoljniji vodocementni faktor 0,40 pri kojem se dobivaju najbolje čvrstoće
- ❑ Kvalitetom i svojstvima teškog betona upravlja vrsta agregata čije podrijetlo i sastav moraju biti pomno analizirani kako bismo postigli potrebne gustoće i ostala zahtjevana svojstva, a izbjegli nepoželjne rezultate.

46