



BETON I UPOTREBA BETONA

BETON

- Beton je građevinski materijal koji se spravlja uglavnom od cementa, agregata (uglavnom šljunak i pesak) i vode. Beton očvršćava posle mešanja i ugrađivanja, usled hemijskog procesa koji se naziva hidratacija. Voda reaguje sa cementom, koji očvršćava i povezuje ostale komponente u smeši, čime se na kraju dobija tvrd „kameni“ materijal.



BETON

- Termin „beton“ u opštem slučaju označava širok spektar veštačkih građevinskih materijala kompozitnog tipa koji se dobijaju aglomeracijom zrna vrlo različitih tipova agregata. Aglomeracija podrazumeva i primenu određenih vezivnih supstanci. Imajući u vidu ovakvu definiciju, proizilazi da se načelno može govoriti o gips-betonu, kreč-betonu, betonu na bazi vodenog stakla, asfalt-betonu i drugim.
- Najširu primenu nesumnjivo imaju betoni kod kojih se kao vezivo koristi cement, i koje bi formalno trebalo zvati cement-betonima, ali je u praksi uobičajeno da se materijali ovog tipa nazivaju samo betonima.
- Beton je materijal koji se najviše koristi od svih veštačkih materijala na svetu. Koristi se za pravljenje puteva, zgrada, temelja, mostova, „kamenih“ blokova itd. Prema podacima iz 2018, proizvodnja betona je oko 7,9 milijardi kubnih metara godišnje, što čini jedan kubni metar po stanovniku planete.



BETON

Kompozicija betona

- U građevinarstvu beton se proizvodi na bazi prethodno utvrđene recepture, tj. na bazi projekta betonske mešavine koji treba da sadrži sve usvojene količine komponentnih materijala. Receptura betona zavisi od vrste građevine, kao i od njenih elemenata, a i od primenjene tehnologije građenja.

○ *Cement*

- Cement je hidrauličko mineralno vezivo koje se dobija mlevenjem tzv. portland cementnog klinkera - veštačkog kamenog materijala koji se stvara pečenjem krečnjaka i gline, temperatura pečenja je 1350-1450°C.
- Pored portland cementnog klinkera, za čije se dobijanje koristi mešavina krečnjaka i gline u odnosu 3:1 (odnos masa), u cementu je redovno prisutna i manja količina gipsa (do 5%) koji se dodaje radi regulisanja vremena vezivanja cementa.
- Vrste predstavljaju kategorije cemenata s obzirom na sastav i tehnologiju proizvodnje, dok klase cemenata označavaju njihove mehaničke karakteristike. Dele se u dve osnovne grupe:
- na cemente na bazi portland cementnog klinkera i na ostale - specijalne vrste cemenata.



BETON

○ *Voda*

- Voda predstavlja neophodnu komponentu svake betonske mešavine, pošto je samo uz njeno prisustvo moguće odvijanje procesa hidratacije cementa. Pored toga, voda u svežem betonu je značajna i kao komponenta putem koje se ostvaruje potreban viskozitet betonske smeše, odnosno kao komponenta koja omogućava efikasno ugrađivanje i završnu obradu betona.
- Voda za spravljanje betona ne sme da sadrži sastojke koji mogu nepovoljno da utiču na proces hidratacije cementa, kao ni takve sastojke koji mogu da budu uzročnici korozije armature (čelika) u armiranobetonskim konstrukcijama.
- Voda za piće praktično uvek zadovoljava navedene uslove, pa ona može da se upotrebi za spravljanje betona i bez posebnog dokazivanja podobnosti. Međutim, u svim ostalim slučajevima mora da se pribavi dokaz o kvalitetu vode za beton.



BETON

○ *Agregat*

- Agregati učestvuju sa 70-80% u ukupnoj masi betona i od njihovih karakteristika zavise i svojstva betonskih smeša i svojstva očvrslog betona. Za spravljanje betona se potpuno ravnomerno koriste prirodni (pesak i šljunak) i drobljeni agregat. Takođe dolazi u obzir i mešavina separisanog šljunka odnosno peska i drobljenog agregata. Drobljeni agregat je po pravilu skuplji, pa se prirodnom, naročito rečnom, u praksi najčešće daje prednost.
- Prirodni agregat zbog zaobljenosti zrna mnogo je povoljnije i utiče na ugradljivost i obradljivost betonskih smeša. Međutim, i drobljeni agregat ima određenih prednosti; on je uvek homogeniji, a to uslovljava mnogo manje koncentracije napona u očvrsлом betonu pod opterećenjem i pri temperaturnim promenama. Oštroivični oblik zrna drobljenog agregata omogućava ostvarivanje uklještenja susednih zrna, pa to doprinosi povećanju mehaničkih karakteristika, naročito povećanju čvrstoće betona pri zatezanju.



BETON

○ *Dodaci betonu - aditivi*

- **Aditivi** su supstance koje svojim fizičkim, hemijskim ili kombinovanim delovanjem utiču na određena svojstva svežeg i/ili očvrslog betona. Doziranje aditiva je obično oko 5% mase cementa, a dodaju se pri spravljanju betonske mešavine. Najčešće korišćeni aditivi su:
 - 1. Plastifikatori** - dodaci koji poboljšavaju ugradljivost i obradljivost betonskih smeša, pa se može reći da predstavljaju regulatore reoloških svojstava svežeg betona. U novije vreme sve više ulaze u primenu tzv. superplastifikatori, pa i hiperplastifikatori, koji omogućavaju još značajnije smanjenje količine vode u svežem betonu, a da se pri tome ne ugrožava njegova ugradljivost i obradljivost. Smanjenje vode može da iznosi i preko 30%.



BETON

2. **Aeranti** (uvlačivači vazduha) - aditivi putem kojih se u strukturi betona formiraju mehurići (globule) vazduha reda veličine 0,01-9,3 mm.
 - Ovi mehurići su ravnomerno raspoređeni unutar mase betona, i takva struktura uslovljava povećanje otpornosti na dejstvo mraza.
3. **Zaptivači** - kao i aeranti, mogu se smatrati za aditive-regulatore strukture betona. Nakon njihove reakcije sa klinker mineralima dobijaju se proizvodi koji zaptivaju kapilarne pore u cementnom kamenu. Na taj način povećava se stepen vodonepropustljivosti očvrslog betona.



BETON

- 4. Akceleratori** - najčešće jedinjenja hlorida, pri čemu je najpoznatiji i najčešće upotrebljavan akcelerator kalcijum— hlorid. On ne utiče bitno na vezivanje cementa, ali u značajnoj meri ubrzava proces očvršćavanja.
- 5. Retarder** - deluju tako što oko zrna cementa stvaraju opne koje sprečavaju brzo odvijanje hemijskih procesa na relaciji cement-voda. Najpoznatiji i najrašireniji retarder je sadra.



BETON

- 6. Inhibitori korozije** - koriste se da bi umanjili koroziju čelika (armature) u betonu.
- 5. Antifrizi** - sredstva koja sprečavaju smrzavanje svežeg betona; deluju tako što snižavaju tačku smrzavanja vode. Njihovom upotrebom omogućava se izvođenje betoniranja i na temperaturama nižim od 0°C.



BETON

○ *Svojstva svežeg betona*

- Svež beton je specifičan, višekomponentan i polidisperzan sistem koji se dobija homogenizacijom mešavine komponentnih materijala - agregata, cementa, vode i eventualno dodataka.
- Ona zavise od velikog broja uticajnih parametara, ali se celokupan uticaj ovih parametara može svesti na dva osnovna faktora na:
 - karakteristike komponentata i
 - strukturu mešavine.
- Osnovne strukture svežeg betona definisane su odnosom cementne paste i agregata.
- Tip strukture utiče na sposobnost svežeg betona da se dobro kompaktira (zbijanje tokom ispunjavanja oplata), a takođe utiče na završnu obradu površine betona.



BETON

○ *Tehnološka svojstva svežeg betona*

- Reološke karakteristike svežeg betona bitno utiču na njegova tehnološka svojstva, kao i na svojstva očvrslog betona.
- Definišu se sledeće karakteristike sveže betonske mase:
 - homogenost,
 - ugradljivost,
 - povezanost (kohezivnost),
 - stabilnost (segregacija i izdvajanje vode),
 - prenosivost,
 - obradljivost.



BETON

○ *Fizičko-mehanička svojstva betona*

- Fizičko-mehanička svojstva betona su sledeća:
- čvrstoća betona pri pritisku,
- čvrstoća betona pri zatezanju,
- čvrstoća betona pri čistom smicanju,
- čvrstoća betona pri složenim naponskim stanjima,
- čvrstoća betona pri dinamičkom opterećenju,
- vodonepropustljivost betona,
- otpornost prema dejstvu mraza i soli,
- otpornost na habanje,
- otpornost na hemijske agense,
- deformacije betona pod uticajem kratkotrajnih opterećenja.



BETON

Primena i upotreba različitih vrsta betona

- Prema načinu ugradnje razlikujemo monolitni i montažni beton.
- **Monolitni beton** se u tečnom stanju ugrađuje na samom gradilištu (gde se i proizvodi ili doprema kamionima-mikserima). Montažni beton se koristi za fabričku izradu modularnih betonskih konstrukcionih elemenata (blokova, stubova, greda, panela i dr.), koji se zatim montiraju na gradilištu. Prema sadržaju vode razlikuje se: vlažan beton sa malo vode (ugrađuje se nabijanjem ili vibriranjem), plastičan beton sa umerenom količinom vode (uliva se u kalupe armirano-betonskih konstrukcija) i vrlo plastičan beton sa većim sadržajem vode (ugrađuje se livenjem).
- Proizvode se i naročite vrste cementnog betona, od kojih su za niskogradnju najbitniji: torkret-beton, brizgani beton i laki betoni raznih sastava.



BETON

- Prema zapreminskoj masi betoni su podeljeni na lake i teške betone.
- **Laki betoni su podeljeni na:** lakoagregatne betone, jednozrne betone i ćelijaste betone.
- Lakoagregatni betoni dobijaju se na bazi cementa, vode, lakih agregata i eventualno aditiva. Lakoagregatni betoni se koriste za izradu: raznih ploča i blokova, podloga za podove, završnih slojeva podova.
- Jednozrni betoni sastoje se od jedne frakcije agregata (8-16 ili 16-31,5mm) i cementne kaše. Cementne kaše treba da bude toliko da se pomoću nje izvrši slepljivanje zrna agregata, bez popunjavanja praznih prostora između zrna. S obzirom na vrlo mali sadržaj cementa i na veliku poroznost,
- Ćelijasti betoni se dobijaju tako što se svežem betonu dodaju određena sredstva, putem kojih se ostvaruje porozna struktura očvrslog betona. Najpoznatiji ćelijasti betoni su gas-betoni i peno-betoni.



BETON

- Najpoznatija vrsta gas-betona je siporeks. Dobija se od kvarcnog peska, cementa (ili kreča), vode i praha aluminijuma.
- Pod uticajem oslobođenog vodonika dolazi do nadimanja mase, odnosno do stvaranja velikog broja mehurića - pora u masi materijala.
- Peno betoni su laki betoni ćelijaste strukture, kod kojih se ćelije ne stvaraju hemijskim putem, već mehanički (mešanjem). Razne emulzije se koriste kao sredstvo za stvaranje pene.
- Ćelijaste betone odlikuje velika poroznost koja se kreće u granicama od 60-80%. Zapreminske mase su im izuzetno male i iznose od 300-1200kg/m³.



BETON

- **Teški betoni** imaju zapreminsku masu već od 2500kg/m^3 . Velika zapreminska masa teških betona ostvaruje se upotrebom teških agregata, kao što su: barit, rude gvožđa (magnetit, hematit i limonit), opiljci ili specijalno izrađene kuglice od gvožđa i čelika.
- Da bi se poboljšale zaštitne osobine teških betona, dodaju im se jedinjenja bora ili litijuma. Čvrstoće teških betona nisu visoke; čvrstoća na pritisk ne prelazi 40MPa , dok se zatezna čvrstoća kreće od $1-3\text{MPa}$.



BETON

- **Armirani beton** je materijal koji vezuje beton i čelik u jednu monolitnu celinu, u kojoj su spojene povoljne osobine oba materijala. U armirano betonskoj konstrukciji beton prima naprezanja na pritisak, a armatura naprezanja na zatezanje i smicanje. Nosivost armiranih nosača može se povećati nekoliko desetina puta u odnosu na nearmirane nosače.
- **Mikroarmirani beton** se sastoji od kompozitnih vlaknastih materijala omotanih polimernom smolom, koji su alternativa čeličnim armaturnim šipkama ili mrežama.
- Polimerna armaturna vlakna, karbonska i staklena, predviđena su za upotrebu kao zamena za armaturni i prenapregnuti čelik. S njima se izbegava problem korozije, a imaju i neke druge poboljšane karakteristike u odnosu na obični čelik.
- Fiberglass šipke su pogodne za manje opterećene elemente: ograde, obložne panele, za betone izložene mrazu ili solima: luke, ploče mostova, autoputeve u ekstremnim uslovima.



BETON

- **Prskani beton ili torkret-beton** postavlja se na željeno mesto pomoću kompresovanog vazduha. Torkret-beton se često koristi prilikom betoniranja kosih/vertikalnih zemljanih ili kamenih površina, pošto eliminiše potrebu za oplatom. Ponekad se koristi za ojačavanje stene, prilikom gradnje tunela, zaštite saobraćajnica od odrona i sl.
- Postoje suvi i mokri postupak ugradnje torkret-betona. U suvom se cement i agregat mešaju u mašini, suva mešavina se potiska kompresovanim vazduhom, a voda za hidrataciju se dodaje na završetku creva prilikom izbacivanja mešavine, dok se u mokrom postupku mešavina priprema sa svom neophodnom vodom i takođe se pumpa crevima. Za oba metoda mogu biti dodati aditivi akseleratori i vlakna kao armatura.
- Ovaj tip betona je sposoban da razvije visoku čvrstoću samo par sati nakon postavljanja. Ova osobina ima prednosti kao što je brzo uklanjanje oplata i nastavak gradnje, popravka puteva koji mogu da se puste u promet samo nekoliko časova kasnije.



BETON

- **Prednapregnuti** (prethodno napregnuti) beton je vrsta armiranog betona, kod koga se armatura pre ugrađivanja betonske smeše prethodno napregne zatezanjem (120-130MPa).
- Armatura od visokokvalitetnog čelika održava se u zategnutom stanju sve dok beton dovoljno ne očvrsne i ne dođe do prijanjanja betona za armaturu. Uklanjanjem opterećenja armatura se skupi zbog svoje elastičnosti i stisne beton, tako da je armirano betonska konstrukcija u stanju da bolje izdržava zatezna naprezanja.
- Primena prednapregnutog betona neizostavna je pri izvođenju konstrukcija koje trpe velike sile pritiska, zatezanja ili torzije, kao što su mostovi i vijadukti, vodotornjevi i sl.
- Osobine betona čine ga nezamenljivim kod građevinskih poduhvata najviših kategorija visoko i niskogradnje: infrastrukture, fundiranja, usmeravanja i kontrole voda i td.

