



CEMENT

CEMENT

- lat. caementum - zidarski kamen
- skupno ime za hidraulično građevno vezivo koje samostalno očvrsne na zraku i pod vodom
- praškasti materijal koji pomiješan sa vodom, kemijskim reakcijama i pratećim fizikalnim procesima, prelazi u očvrslu cementnu pastu ili cementni kamen



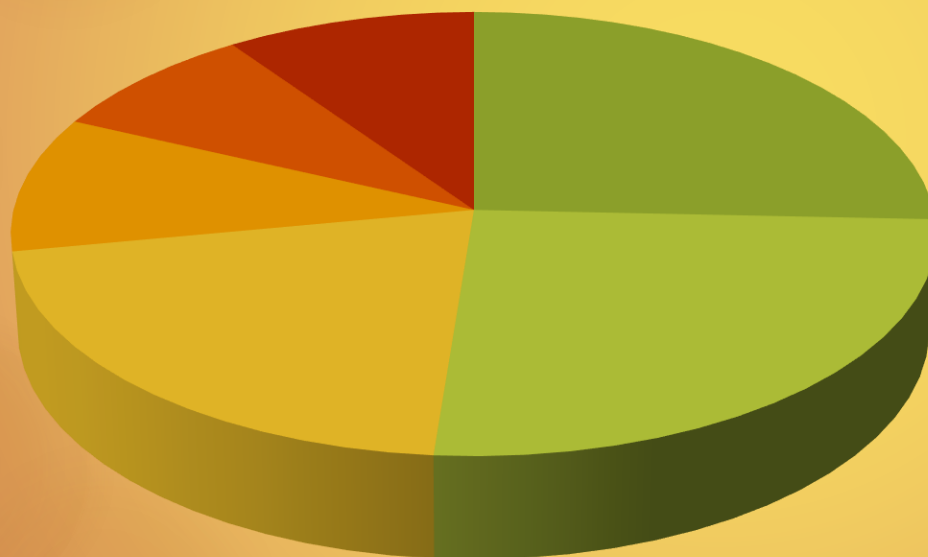
CEMENT

- građevinski je vezivni materijal dobiven usitnjavanjem i pečenjem vapnenca i lapora u fini prah.
- koristi se za dobivanje mortova, žbuka i betona kada se miješa u određenim omjerima sa pijeskom, šljunkom ili tucanikom i vodom.

PROIZVODNJA I POTROŠNJA

- Smatra se da je najviše upotrebljavan materijal na svijetu
- Godišnja potrošnja se kreće između 500 kg i 2000 kg po stanovniku zemlje

POSTOTAK UPORABE CEMENTA PREMA VRSTAMA KONSTRUKCIJA



- poslovne zgrade
25,7 %
- ceste i mostovi 25,6 %
- stambene zgrade
20,8 %
- održavanje i
sanacije 9,9 %
- hidrotehničke
građevine 8,4 %
- ostalo 9,7 %

TEHNOLOŠKI PROCES PROIZVODNJE

Osnovne sirovine za proizvodnju cementa su slijedeće:

- Vapnenac (visokokarbonatna komponenta)
- Glina (niskokarbonatna komponenta)

FAZE TEHNOLOŠKOG PROCESA PROIZVODNJE CEMENTA

- 1. Dobivanje sirovina
- 2. Drobljenje sirovina
- 3. Sušenje sirovina
- 4. Mljevenje sirovina
- 5. Fino miješanje sirovina
- 6. Pečenje sirovinskog brašna
- 7. Hlađenje i uskladištenje PC klinkera
- 8. Mljevenje klinkera i dodataka
- 9. Skladištenje i otprema cementa
- 10. Kontrola kakvoće proizvedenog cementa

Mineraloški sastav portland cementa

Glavni sastojci:

- trikalcijev-silikat, C_3S , alit
brzo hidratizira, nosilac je ranih i velikih početnih čvrstoća
- dikalcijev-silikat, C_2S , belit
hidratizira veoma polako, pa mu se čvrstoća tek nakon godinu dana izjednači s čvrstoćom alita
- trikalcijev-aluminat, C_3A - celit
nepovoljan za beton
- tetra kalcijevaluminat-ferit, C_4AF , feritna faza -zelit
daje male čvrstoće, korigira osjetljivost alita na kiselinu

Sporedni sastojci:

- kalcijev oksid, CaO
- magnezijev oksid, MgO
- alkalijski oksidi, Na_2O , i K_2O

- Konačni proizvod - cement smjesa je portland cementnog klinkera, regulatora vezivanja i mineralnih sastojaka u zadanim omjerima dobivenim procesom mljevenja.

VRSTE CEMENTA, SASTAV I OZNAČAVANJE

- Vrste cementa razlikuju se prema mogućim namjenama, ovisno o njihovim specifičnim svojstvima.

- Tehnički propis za betonske konstrukcije

- TPBK -

obuhvaća sedam vrsta cemenata čiji su zahtjevi kvalitete definirani u pojedinačnim normama - specifikacijama

Cement dijelimo i s obzirom na udio dodanih sastojaka u ukupnom sastavu:

- Portland cement: osim klinkera portland cementa može sadržavati najviše do 5% dodanih sastojaka kao što su granulirana zgura, leteći pepeo, vapnenac ili smjesu ovih dodataka
- Kompozitni portland cement
- Metalurški cement
- Pocolanski cement
- Miješani cement

CEMENT OPĆE NAMJENE

- Ako je pravilno pomiješan s odgovarajućim količinama agregata i vode, ima sposobnost stvaranja betona ili morta, koji zadržavaju dovoljno dugo obradivost, a nakon određenih vremenskih razdoblja postižu određene razrede čvrstoće i zadržavaju dugotrajnu postojanost volumena.
- Norma HRN EN 197-1:2005 određuje i daje specifikacije 27 različitih cemenata opće namjene i njihove sastojke

SVOJSTVA CEMENTA

- Utječu na njegovu kvalitetu i na kvalitetu betona koji je s njim pripremljen

1. Vrijeme vezanja
2. Postojanost volumena
3. Toplina hidratacije
4. Čvrstoća
5. Gustoća
6. Normna konzistencija
7. Nasipna gustoća
8. Specifična površina

1. Vrijeme vezanja

- Kada cementnom prahu dodamo vodu, počinje proces vezanja (hidratacija)
- Vezanje je vrlo složen fizikalno-kemijski proces spajanja vode i cementa.
- Hidratacija - stvaranje u vodenoj otopini cementa krutih kristala raznih minerala koji stalno rastu sve dok čitava otopina ne prijeđe u kristalno stanje

- Prilikom procesa vezanja razvija se *toplina hidratacije*
- Vrijeme vezanja definira se početkom i krajem vezanja.

2. Postojanost volumena

- Stezanje i rastezanje
- Skupljanje i širenje
- Bujanje i rascvjetavanje
- Nepostojanost volumena cementa je posljedica:
 - Zakašnjele hidratacije
 - Kemijskih reakcija nekih komponenata iz sastava betona

3. Toplina hidratacije

- Proces hidratacije cementa je proces prilikom kojeg se oslobađa toplina, a koja se naziva toplina hidratacije.
- To je ona količina topline koju cement razvija na temperaturi okoline do kraja hidratacije , a nastaje zbog reakcije cementa i vode prilikom vezanja.

○ Količina oslobođene topline hidratacije ovisi o mineralnom sastavu cementa

□ C_2S - belit

□ C_3S - alit

□ C_3A - celit

□ C_4AF - zelit

- Za cemente niske topline hidratacije dozvoljava se količina oslobođene topline do 270 J/kg cementa u prvih 7 dana

- Neki cementi razvijaju mnogo, a neki malo topline.
- Ako betoniramo pri niskim temperaturama uzet ćemo cement koji razvija velike količine topline hidratacije .
- Ako betoniramo masivne građevine (brane), koristit ćemo cement koji razvija manje topline hidratacije.

4. Čvrstoća

- Čvrstoća nekog tijela je ono naprezanje koje odgovara najvećoj sili potrebnoj da se tijelo razori.

- Završetkom vezanja cementa nije nestala sva voda iz smjese, već se zadržala u porama i ona omogućava daljnji rast kristala.
- Time raste i čvrstoća cementnog kostura betona.
- Pojava koja počinje iza završetka vezanja cementa i traje dugo zove se stvrdnjavanje ili očvršćivanje cementa, odnosno betona i najintenzivnije je u prvih mjesec dana iza dodavanja vode cementu.

NORMIRANA ČVRSTOĆA CEMENTA je
tlačna čvrstoća cementa nakon 28 dana
ispitana prema normi EN 196-1 : 2005

- Čvrstoća je svojstvo cementa prema kojemu se utvrđuje njegov razred čvrstoće.

Razredi čvrstoće cementa

22,5 (samo za posebni cement vrlo niskih
toplina hidratacija)

32,5

42,5

52,5

- Rana čvrstoća je tlačna čvrstoća nakon 1 i 3 (aluminatni cement) odnosno 2 i 7 (ostali cementi) dana starosti ispitana prema normi EN 196-1 : 2005

5. Gustoća

- Gustoća je masa cementa po jedinici volumena čvrstih čestica bez šupljina između čestica.
- Podatak o gustoći cementa je važan kod proračuna sastava betonske mješavine, odnosno kod doziranja cementa.
- Za CEM I : 2,90 - 3,15 g/cm³

6. Normna konzistencija

- Normna konzistencija ispituje se pomoću Vicatovog aparata , a iznosi 23-32 % vode u odnosu na cement ($v/c \times 100\%$).
- Normnu konzistenciju potrebno je odrediti prije ispitivanja početka i kraja vezivanja i postojanosti volumena.

7. Nasipna gustoća

- Nasipna gustoća je masa cementa po jedinici volumena zajedno sa šupljinama između čestica.
- Kod cementa razlikujemo nasipnu gustoću u rastresitom i zbijenom stanju. Ovaj je podatak važan za transport i skladištenje cementa.
- Za PC nasipna gustoća iznosi
 - U rastresitom stanju $0,8 - 1,4 \text{ g/cm}^3$
 - U zbijenom stanju $1,3 - 1,9 \text{ g/cm}^3$

8. Specifična površina

- Označava oplošje svih zrnaca 1 grama cementa, a izražava se u cm^2/g .
- Cementni klinker ide iz peći u mlinove gdje se melje u fini prah.
- Finije mljeveni cementi daju veće čvrstoće , brže očvršćuju, razvijaju više topline prilikom vezanja, a i skloniji su promjeni volumena.
- Što je cement finije mljeven, imat će i veću specifičnu površinu.
- Specifična površina fino mljevenog cementa je oko $4000 \text{ cm}^2/\text{g}$, a ispituje se pomoću Bleinovog permeabilimetra.

Postupak s cementom na gradilištu

Cement se na gradilište isporučuje u vrećama ili u rinfuzi.

Cement je higroskopian materijal pa ga treba smjestiti u suha skladišta ili silose za cement.

Skladištenje cementa u vrećama

- U zidane čvrste objekte.
- Ne smije se polagati izravno na zemljani ili betonski pod, već izdignuti 15 - 20 cm na paletama.
- Kao skladište može poslužiti i drvena baraka, ali zidovi i krov trebaju biti obloženi krovnom ljepenkom.

- Vreće se slažu križno jedna na drugu u kupove pri čemu se smije slagati max 10 redova vreća u visinu (1,5 m).
- Vreće trebaju biti barem 20 cm udaljene od zidova skladišta.
- Na istoj hrpi ne smiju ležati pošiljke raznih vrsta cementa ili različitih datuma isporuke.

- Za aluminatni cement treba pripremiti drugo skladište, kako se ne bi miješao sa silikatnim cementom.

- Ukoliko cement nije pravilno uskladišten tada zbog upijanja vlage iz okoliša počinje vezanje cementa uz vreću, a kasnije sve dublje.
- Iz tih razloga , cement u vrećama se može koristiti bez opasnosti za kvalitetu 5-6 mjeseci u suho godišnje doba, a 3 mjeseca u jesen i zimu.
- Da bi se spriječilo nastajanje gruda cementa, treba ga gnječiti premještanjem svakih 30 dana ljeti, a 15 dana zimi.

Skladištenje cementa u silosu

- Cement u rastresitom stanju skladištimo u okrugle metalne silose promjera 2-5 m i visine 6,5 do 16 m , koji mogu biti kapaciteta 10, 14, 20, 24, 30, 50, 100 i 200 tona.
- Metalni silos se postavlja na prethodno pripremljene temelje .
- On dobro zaštićuje cement od vlage.

- Pretovarivanje cementa iz vozila u silos je pneumatsko.
- Oduzimanje cementa iz silosa vrši se na dnu pomoću zapornice ili preko Arhimedovog puža (transportne trake) s automatskim doziranjem cementa.

Ispitivanje cementa

- Proizvodnja i primjena cementa moraju zbog njihovog presudnog utjecaja na svojstva i kvalitetu betona biti pod *stalnom kontrolom* tj. moraju se stalno kroz sve faze proizvodnje i primjene pratiti i kontrolirati kemijski i mineralni sastav i sva osnovna fizikalna i mehanička svojstva.

**Proizvođač sam ispituje cement
i garantira njegovu kvalitetu.**

Osim kod proizvođača, ispitivanje cementa je potrebno obaviti

- u laboratorijima (kemijska ispitivanja)
- na gradilištima
- te u ovlaštenim institutima (fizikalno-mehanička ispitivanja)

jer je cement mogao izgubiti na kvaliteti prilikom transporta ili skladištenja.

- Sastav i svojstva cementa uvjetovana su pojedinačnim normama i specifikacijama, a postupci uzimanja i pripreme uzoraka i postupci ispitivanja tih svojstava normom HRN EN 196:2005
- Ispitivanja se provode prema normama da bi se osigurala istovjetnost rezultata.

- Fizikalno-mehanička ispitivanja su ispitivanja koja utvrđuju slijedeće karakteristike:

1. Početak i kraj vezanja

2. Postojanost volumena

3. Gustoća

4. Normna konzistencija

5. Čvrstoća

6. Specifična površina

7. Nasipna gustoća

Uzimanje uzoraka

- Kada želimo ispitati cement, moramo uzeti prosječan uzorak za čitavu količinu cementa.

a) Cement u vrećama

- Uzorak vadimo pomoću posebne sonde koja se uvuče u vreću.
- Uzorak uzimamo iz 12 nasumično odabranih vreća.
- Iz svake od njih uzme se cca $\frac{1}{2}$ kg ili ukupno 6 kg cementa.

b) Cement u silosu

- Uzorak se vadi pomoću sonde iz 12 različitih mjesta i dubina u ukupnoj količini od 6 kg.

- Dobiveni uzorak od cca 6 kg cementa šaljemo u laboratorij na ispitivanje. U popratnom dopisu o uzimanju uzorka treba napraviti zapisnik sa slijedećim podacima :

1. Vrsta cementa
2. Proizvođač cementa
3. Datum mljevenja
4. Datum prispjeća na gradilište
5. Datum uzimanja uzorka
6. Adresa naručitelja
7. Svojstva koja se žele ispitati

