

Wykład

Co i jak

Cement to jest biały proszek. Cement z wodą to jest zaczyn. Zaczyn z drobnym kruszywem (piaskiem) to jest zaprawa. Zaczyn z drobnym i większym kruszywem (piasek i żwir) to beton.

Rodzaje cementów

1. CEM I - cement portlandzki bez dodatków
 1. Liczba - minimalna wytrzymałość zaprawy normowej na ściskanie.
Klasy wytrzymałości - 32.5, 42.5, 52.5
 2. Literki
R - szybkowiążący
S - wolnowiężący
N - normalnie więżący
NA - cement niskoalkaliczny - można stosować z kruszywem reaktywnym
HSR, SR - odporność na siarczany (en.high sulphur resistance)
LH - niskie ciepło hydratacji
2. CEM II - cement portlandzki wieloskładnikowy
 1. dodatkowe literki
A - maks. zaw. dod. 20% wag.
B - maks. zaw. dod. 35% wag.
S - dod. granulowanego żużla wielkopiecowego
LL, L - dod. wapienia
3. CEM III - cement hutniczy
 1. literki specjalnie do żużla
A - zawartość od 65% wag.
B - do 80% wag.
C - do 95% wag.
 2. wytrzymałość wczesna
N - normalna
L - niska
R - wysoka
4. CEM V - cement wieloskładnikowy
 1. maksymalna zawartość dodatków
A - 60% wag.

B - 80% wag.

2. dodatkowa literka

V - popiół lotny (en.volatile) krzemionkowy

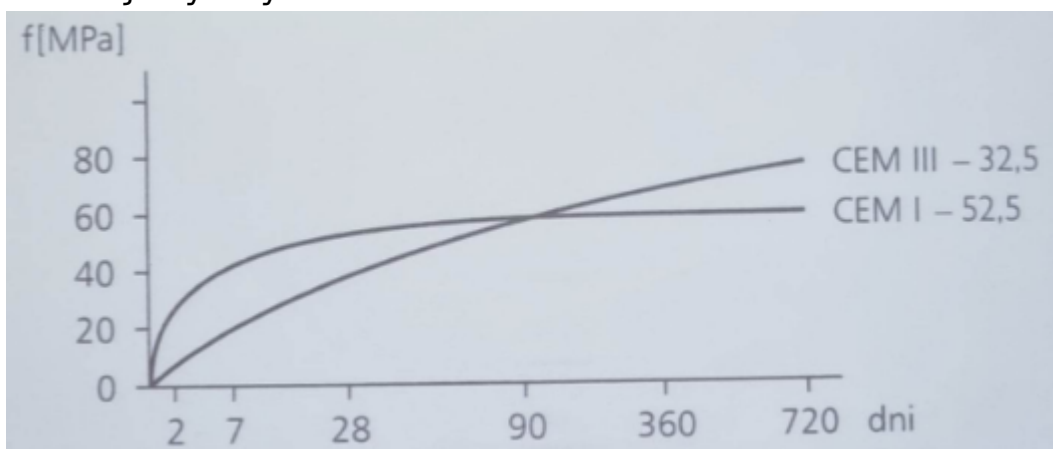
Właściwości cementów w zależności od rodzaju

Miara odkształceń skurczowych betonu zależy od użytego cementu:
największe odkształcenia > CEM I > CEM II > CEM V, CEM III

Ciepło hydratacji:

jak mają niskie to zwykle będą oznaczone **LH**; generalnie CEM I ma najwyższe, CEM II też wysokie a CEM III i CEM V - niższe

Rozwój wytrzymałości w czasie



Beton

- kruszywo
 - piasek (0-2 mm)
 - żwir (2-8 mm)
 - żwir (8-16 mm)
 - ewentualnie jeszcze większe żwiry (dają "beton rodzynkowy - zastosowania hydrotechniczne")
- cement
- woda

Klasy i rodzaje betonu

Klasy

obecnie $C[f_{ck}]/[f_{ck,cube}]$, np. C25/30

dawniej $B[f_{ck,cube}]$, np. B30

wytrzymałości badamy po 28 dniach

Rodzaje:

beton lekki 800-2000 kg/m³

beton zwykły 2000-2600 kg/m³

beton ciężki >2600 kg/m³

Co decyduje gęstości objętościowej? Zawartość i rodzaj kruszywa.

Kruszywa porowate: keramzyt, żużel, odpady.

Znaczenie stosunku wodno-cementowego

Wysokie W/C powoduje:

- większy skurcz
- gorsze warunki pasywacji teli zbrojeniowej
- obniżoną odporność na agresję chemiczną
- obniżoną mrozoodporność
- zwiększoną nasiąkliwość
- zwiększoną porowatość matrycy cementowej
- obniżoną wytrzymałość, szczególnie wczesną

Wpływ dodatków na właściwości betonu

- **wzrost zawartości klinkieru** w cemencie - **redukcja emisji CO₂**
- dodatek żużla - podwyższenie trwałości betonu (produkty hydratacji żużla uszczelniają matrycę cementową)
- domieszki regulujące wiązanie (przyspieszacze i opóźniacze) - zmieniają przebieg wzrostu wytrzymałości w czasie
- plastyfikatory i superplastyfikatory - zmieniają konsystencję (płynność ?), przy zachowanym stosunku w/c lub vice versa (?)
- **domieszki napowietrzające - zwiększenie mrozoodporności**
- popioły lotne:
 - podwyższają odporność na agresywne środowisko siarczanowe
 - spowolniają twardnienia betonu
 - podwyższają odporność na temperaturę
 - **zmniejszają odkształcenia skurczowe (jeśli zastępują cement)**
 - obniżają odporność na działanie mrozu
- pył krzemionkowy:
 - polepsza urabialność
 - zwiększa wytrzymałość, szczelność, trwałość
 - zwiększa odporność na agresję chemiczną
 - zmniejsza nasiąkliwość

- **włókna stalowe:**
 - redukują skurcz
 - zwiększają wytrzymałość (wszelaką)
 - redukują ścieralność (cokolwiek to znaczy)
 - zwiększają mrozoodporność
 - **moduł sprężystości (sztywność) - bez zmian**
 - wyższa energia zniszczenia (całka pod krzywą naprężenie-odkształcenie) - włókna przejmują obciążenie po pojawieniu się pierwszej rysy
- włókna PP/szklane:
 - redukują skurczu
 - w niewielkim stopniu zwiększają wytrzymałość (wszelaką)
 - zwiększają mrozoodporność
 - **moduł sprężystości (sztywność) - bez zmian**

Mrozoodporność

Cyklicznie zamrażamy i rozmrażamy 6 próbek (6 kolejnych mokrych jest próbą kontrolną). Mierzmy **ubytek masy i ubytek wytrzymałości na ściskanie**.

Klasy ekspozycji

klasy	zagrożenia	jak zapamiętać
X0	brak zagrożeń	0
XC	korozja w wyniku karbonatyzacji	carbon
XD	korozja chlorkowa	trochę XD, że to zupełnie nie pasuje
XS	korozję chlorkowa w wodzie morskiej	sól
XF	zamrażanie i rozmrażanie	freeze
XA	agresja chemiczna	agresja
XM	korozja spowodowana ścieraniem	mechaniczna

Korozja betonu

- chlorkowa - związana z wodą morską lub środkami odladzającymi

- **węglanowa (karbonatyzacja)** - związana z zawartym w powietrzu CO_2 , $Ca(OH)_2 + CO_2 = CaCO_3 + H_2O$, zachodzi w wierzchnich warstwach betonu, tym łatwiej im bardziej jest porowaty i mniej zawilgocony
- siarczanowa - powodują ją naturalne siarczany, nawozy sztuczne, ścieki przemysłowe

Kompozyty

$$E_f = E_{fib}V_{fib} + E_mV_m$$

$$f_f = f_{fib}V_{fib} + f_mV_m$$

Kompozyty cechuje anizotropowość

Wzmocnienia kompozytowe

FRP - en.fibre reinforced polymers, [żywica + włókna (mata, siatka)] na podłożu betonowym

FRCM - en.fibre reinforced cementitious matrix, zaprawa wzmocniona włóknami,

podłoże betonowe + (zaprawa + siatki PBO) $\times n$ + zaprawa zamykająca

Określanie wytrzymałości cementu

Zaprawę możemy sobie badać:

- na zginanie (trójpunktowe)
- na ściskanie

Sposoby badania wytrzymałości na rozciąganie:

- rozciąganie osiowe
- badanie wytrzymałości na rozciąganie przy rozłupywaniu
- badanie wytrzymałości na rozciąganie przy zginaniu