



Univerzitet u Beogradu – Građevinski fakultet
www.grf.bg.ac.rs

Studijski program: **Građevinarstvo**
Modul: MTI, HVEI, PŽA
Godina/Semestar: **III godina / V semestar**

Naziv predmeta (šifra): **Betonske konstrukcije 1**
(b2s3bk, b2h3bk, b2m3bk, b1s3bk)

Nastavnik: **Ivan Ignjatović**

Naslov predavanja: **Materijali**

Datum : 07.10.2022.

Beograd, 2020.

Sva autorska prava autora prezentacije i/ili video snimaka su zaštićena. Snimak ili prezentacija se mogu koristiti samo za nastavu na daljinu studenta Građevinskog fakulteta Univerziteta u Beogradu u školskoj 2020/2021 i ne mogu se koristiti za druge svrhe bez pismene saglasnosti autora materijala.

Sadržaj

- Uvod – Predavanje br.1
- Osnove proračuna - Predavanje br.1
- Svojstva materijala - Predavanje br.2
- ULS-Savijanje
- ULS-Smicanje
- ULS-Stabilnost
- SLS-Ugibi, prsline
- Monolitne, polumontažne i montažne međuspratne konstrukcije
- Ramovske konstrukcije
- Temelji i potporni zidovi
- Prethodno napregnuti beton



Beton

Prema zapreminskoj masi, betoni se dele na:

- betone normalne težine, sa zapreminskom masom od 2000-2600 kg/m³;
- lake betone, sa zapreminskom masom manjom od 2000 kg/m³;
- teške betone, sa zapreminskom masom većom od 2600 kg/m³.

Za *konvencionalne betone normalne težine* se u proračunu može usvojiti da je zapreminska masa jednaka 2400 kg/m³ za nearmirani beton, odnosno 2500 kg/m³ za armirani beton. U ovom trenutku ne postoje opšte prihvaćeni stavovi o konstitutivnim jednačinama i trajnosti *zelenih betona*, pa se njihova primena mora zasnivati na ekspertskejoj proceni, na osnovu sastava zelenog betona u konkretnom slučaju.



Beton

Mehaničke karakteristike betona su:

- čvrstoće, određuju otpornost prema spoljašnjim silama,
- deformacijske karakteristike, određuju promene dimenzija i oblika elemenata usled dejstva spoljašnjih sila, temperature i skupljanja.

Beton je *viskoelastoplastičan materijal* i sve njegove mehaničke karakteristike bitno zavise od trajanja delovanja spoljašnjih uticaja, odnosno od *starosti betona*, pod kojom se podrazumeva vreme koje protekne od trenutka ugrađivanja betona.

Fizičke osobine, koje određuju otpornost betona prema uticajima sredine, su:

- propustljivost za vodu i gasove,
- difuzija vode i gasova,
- kapilarno upijanje.



Čvrstoće betona

Čvrstoća betona pri pritisku f_c

Osnovna mehanička karakteristika betona koja zavisi od niza faktora, a najviše od sastava betona, vrste i količine cementa, kvaliteta ugrađivanja, oblika, dimenzija i starosti posmatranog uzorka.

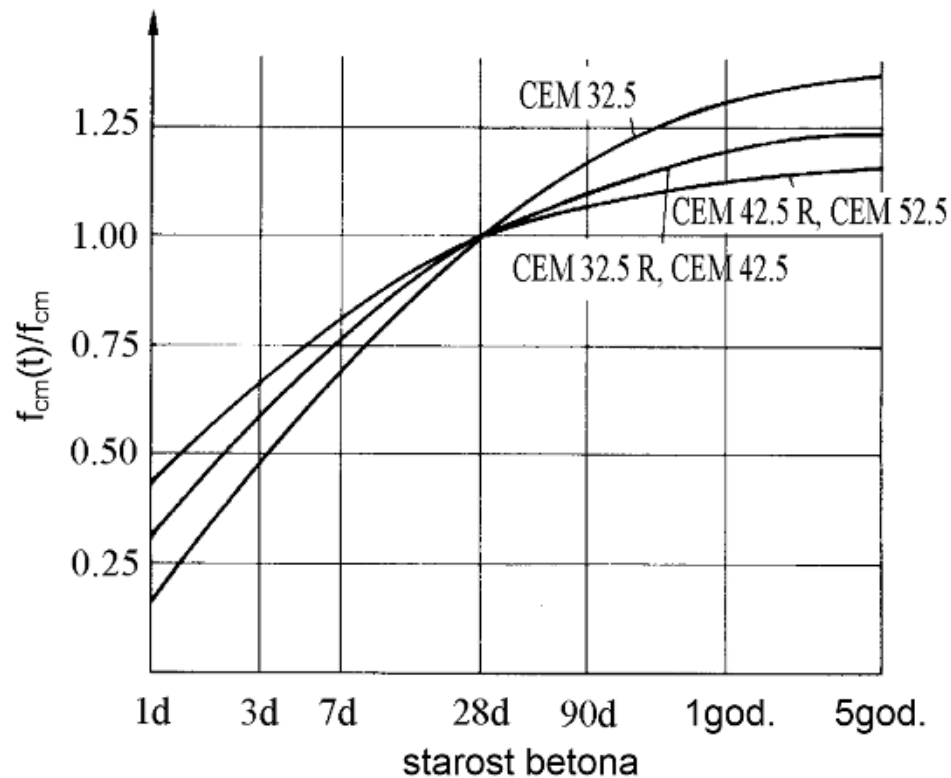
Određuje se ispitivanjem probnih tela jednoaksijalnim pritiskom do loma.

Klasa betona (C) se definiše na osnovu čvrstoće betona pri pritisku f_c koja se određuje na probnim telima propisanog oblika i dimenzija, negovanih na propisan način i u propisanoj starosti. To je donja karakteristična vrednost sa propisanim fraktilom. Zavisi od standarda.



Čvrstoće betona

Čvrstoća betona pri pritisku raste sa starošću betona.



Razvoj čvrstoće betona pri pritisku kroz vreme

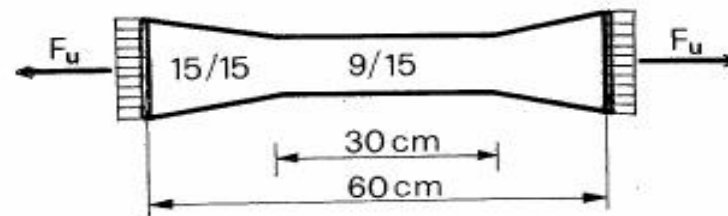
Čvrstoće betona

Čvrstoća betona pri zatezanju f_{ct}

Čvrstoća betona pri zatezanju f_{ct} je znatno manja od odgovarajuće čvrstoće pri pritisku i kreće se u granicama:

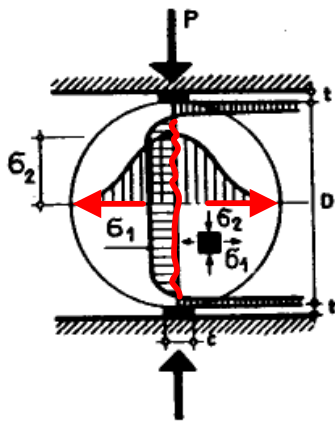
$$f_{ct} \approx (0.05 - 0.10) f_c$$

(1) Čvrstoća betona pri aksijalnom zatezanju f_{ct} odgovara najvećem naponu dostignutom pri aksijalnom zatezanju. Određuje se ispitivanjem betonskih probnih tela pri direktnom čistom zatezanju:

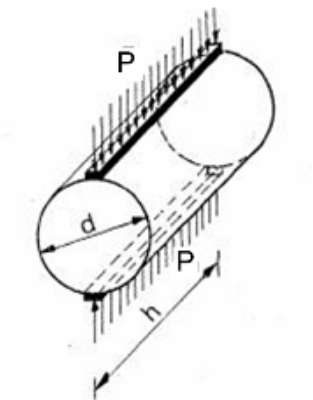


Čvrstoće betona

(2) Zbog jednostavnijeg eksperimenta, češće se koristi **Brazilski opit** – pritisak do loma na cilindrični uzorak po suprotnim izvodnicama (umesto cilindra, može se koristiti i kocka ili prizma, izložena linijskom pritisku po sredini naspramnih stranica) – ovako dobijena čvrstoća se naziva **čvrstoća betona pri zatezanju cepanjem** $f_{ct,sp}$.



$$f_{ct,sp} = \frac{20}{\pi} \frac{P}{dh}$$



P (kN); d,h (cm)



Čvrstoće betona

Veza između srednje vrednosti čvrstoće pri aksijalnom zatezanju f_{ctm} i srednje vrednosti čvrstoće pri zatezanju dobijene cepanjem $f_{ctm,sp}$:

$$f_{ctm} = \alpha_{sp} f_{ctm,sp} \quad \alpha_{sp} = 0.67 - 1.10$$

Prema MC 2010 može se usvojiti da je $\alpha_{sp} = 1.0$.

Prema EC2: $f_{ct} = 0.9 f_{ct,sp}$

U nedostatku rezultata eksperimentalnih ispitivanja (MC 2010):

$$f_{ctm} = 0.3(f_{ck})^{2/3} \quad \text{za betone klase } \leq C50$$

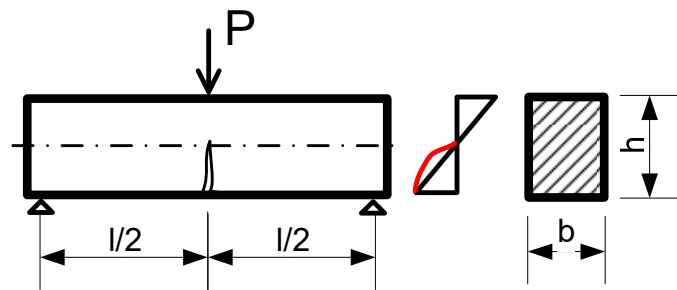
$$f_{ctm} = 2.12 \ln(1 + 0.1(f_{ck} + \Delta f)) \quad \text{za betone klase } > C50$$

f_{ck} karakteristična čvrstoća betona pri pritisku (MPa)
 $\Delta f = 8 \text{ MPa}$



Čvrstoće betona

(3) Čvrstoća betona pri zatezanju savijanjem $f_{ct,fl}$ se određuje na betonskim prizmama dimenzija poprečnog preseka 12x12x36 cm ili 20x20x60 cm, koje se izlažu savijanju koncentrisanom silom u sredini raspona.



$$f_{ct,fl} = \frac{6M}{bh^2} = \frac{3Pl}{2bh^2}$$



Čvrstoće betona

Veza između srednje vrednosti čvrstoće pri aksijalnom zatezanju f_{ctm} i srednje vrednosti čvrstoće pri zatezanju savijanjem $f_{ctm,fl}$:

$$f_{ctm} = \alpha_{fl} f_{ctm,fl}$$

$f_{ctm,fl}$ srednja vrednost čvrstoće betona pri zatezanju savijanjem

$$\alpha_{fl} = \frac{0.06h_b^{0.7}}{1 + 0.06h_b^{0.7}} \quad (\text{MC 2010})$$

h_b visina grede u mm

za betone klase \leq C50, približno:

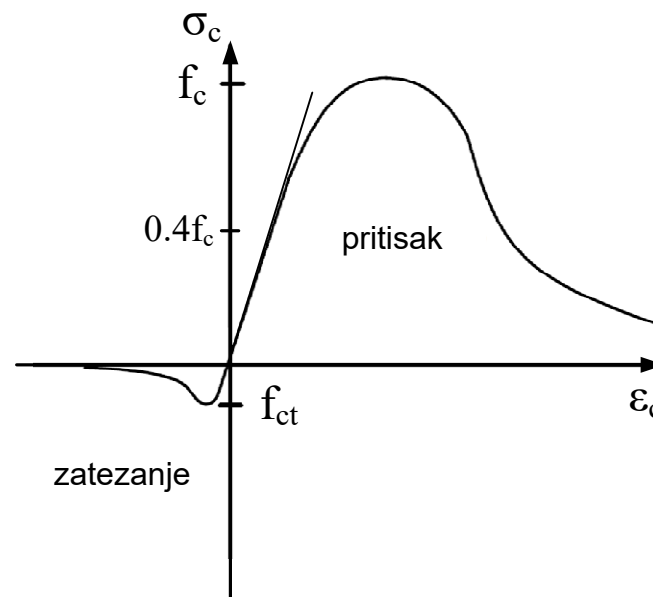
$f_{ck,cube}$	15cm
$f_{ck,cyl}$	$\approx 0.8f_{ck,cube}$ (15x30)cm
f_{ctm}	$\approx 0.08f_{ck,cube}$
$f_{ctm,sp}$	$\approx 0.08f_{ck,cube}$
$f_{ctm,fl}$	$\approx 0.16f_{ck,cube}$



Deformacijske karakteristike

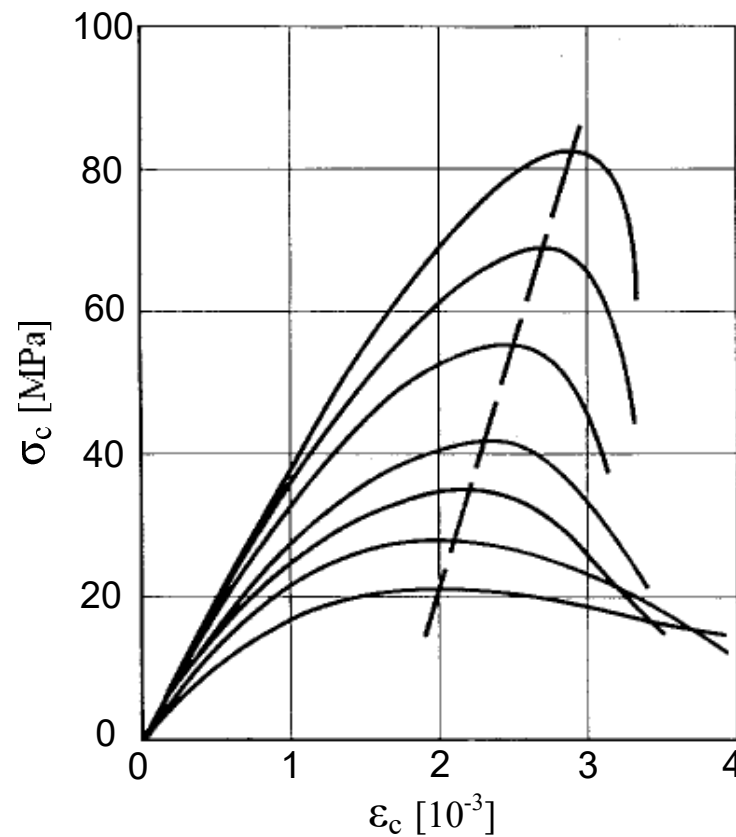
KRATKOTRAJNO OPTEREĆENJE

Veza između napona i dilatacija betona pri kratkotrajnom jednoaksijalnom pritisku i zatezanju $\sigma_c - \varepsilon_c$ dijagram :



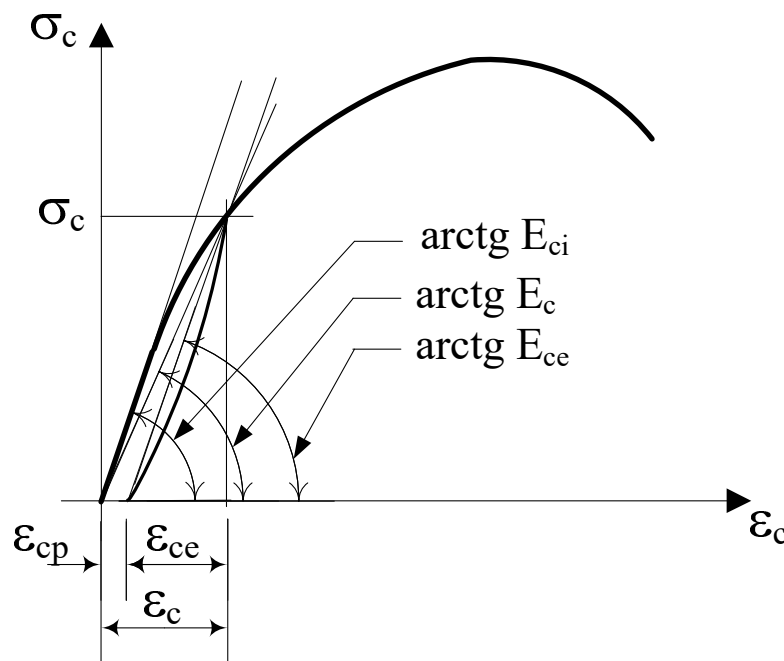
Deformacijske karakteristike

$\sigma_c - \varepsilon_c$ dijagram zavisi od kvaliteta betona.



Deformacijske karakteristike

Modul elastičnosti betona E_{ce} je odnos napona i elastične, povratne deformacije betona pri kratkotrajnom opterećenju i rasterećenju.



$$E_{ce} = \frac{\sigma_c}{\varepsilon_{ce}} \approx E_{ci}$$

$$E_{ci} = E_{c0} \alpha_E \left(\frac{f_{cm}}{10} \right)^{\frac{1}{3}}$$

E_{ci} modul elastičnosti betona u starosti od 28 dana (MPa)
 $E_{c0} = 21.5 \times 10^3$ MPa
 α_E koeficijent koji zavisi od vrste agregata; za kvarcni agregat 1.0, a za bazaltne, krečnjake i peščare iznosi 1.2, 0.9 i 0.7, respektivno
 f_{cm} srednja vrednost čvrstoće betona pri pritisku u starosti od 28 dana (MPa)

Modul elastičnosti betona raste sa starošću betona.

Deformacijske karakteristike

Modul elastičnosti betona E_{ce} je odnos napona i elastične, povratne deformacije betona pri kratkotrajnom opterećenju i rasterećenju.

$$E_{ce} = \frac{\sigma_c}{\varepsilon_{ce}} \approx E_{ci}$$

$$E_{ci} = E_{c0} \alpha_E \left(\frac{f_{cm}}{10} \right)^{\frac{1}{3}}$$

E_{ci} modul elastičnosti betona u starosti od 28 dana (MPa)

$E_{c0} = 21.5 \times 10^3$ MPa

α_E koeficijent koji zavisi od vrste agregata; za kvarcni agregat 1.0, a za bazaltne, krečnjake i peščare iznosi 1.2, 0.9 i 0.7, respektivno

f_{cm} srednja vrednost čvrstoće betona pri pritisku u starosti od 28 dana (MPa)

Modul elastičnosti betona raste sa starošću betona.



Deformacijske karakteristike

DUGOTRAJNO OPTEREĆENJE

Vremenske deformacije betona su skupljanje betona i tečenje betona.

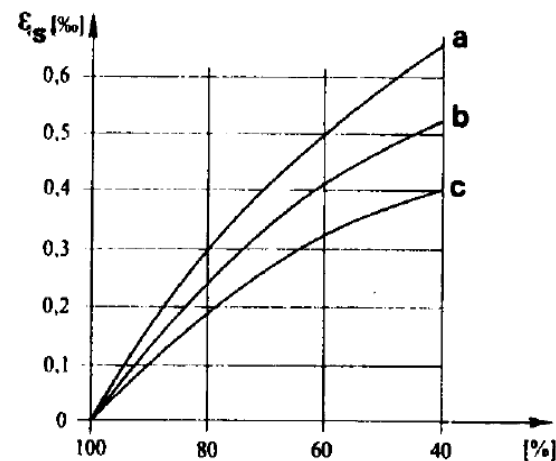
Skupljanje betona je smanjenje dimenzija *neopterećenih* betonskih elemenata u toku procesa očvršćavanja. Do smanjivanja dimenzija dolazi pri očvršćavanju na vazduhu, dok se u vodi ili sredini zasićenoj vlagom zapremina elemenata ne menja pa čak može i da se poveća (bubrenje betona). Skupljanje je rezultat smanjenja zapremine koje nastaje usled promena u sadržaju slobodne, hemijski nevezane vode u mikro i makro porama u strukturi betona, odnosno promene vlažnosti cementnog tela u toku procesa hidratacije. Dilatacije skupljanja se u konstantnim uslovima sredine u toku vremena monotono povećavaju i smatra se da asimptotski teže konačnoj vrednosti



Deformacijske karakteristike

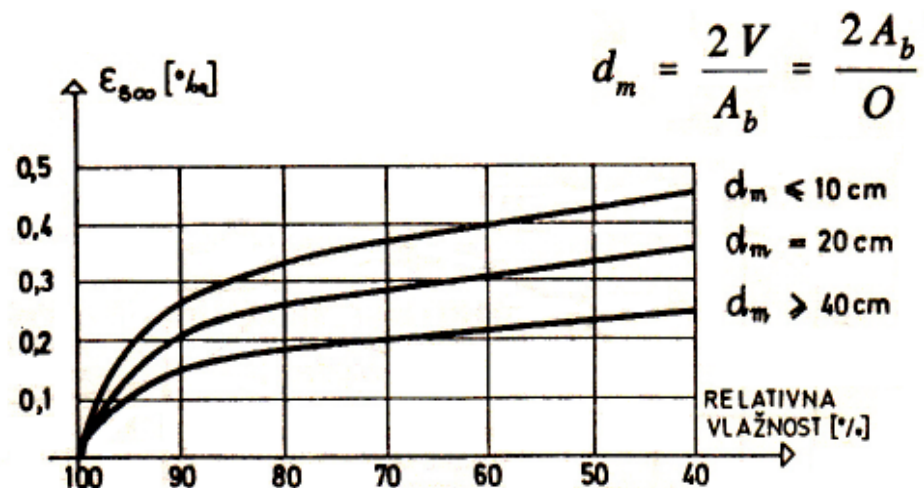
- Na veličinu skupljanja utiče niz faktora:

1. Vrsta i količina cementa
2. Vodocementni faktor
3. Vlažnost sredine
4. Temperatura sredine
5. Dimenzije elementa



- a. žitka konzistencija
- b. plastična konzistencija
- c. kruta konzistencija

U AB elementima se javljaju naponi zatezanja usled toga što je **slobodna deformacija usled skupljanja uvek sprečena**, zbog prisustva armature (čelik se ne skuplja) i drugih veza na osloncima i na konturi elemenata.



Deformacijske karakteristike

DUGOTRAJNO OPTEREĆENJE

Tečenje betona je pojava da se u toku vremena, pri dugotrajnom dejstvu opterećenja, povećavaju inicijalne deformacije betona koje nastaju u trenutku opterećenja. U toku vremena dilatacija tečenja monotonno raste, u početku brže a zatim sve sporije, i smatra se da asimptotski teže nekoj konačnoj vrednosti

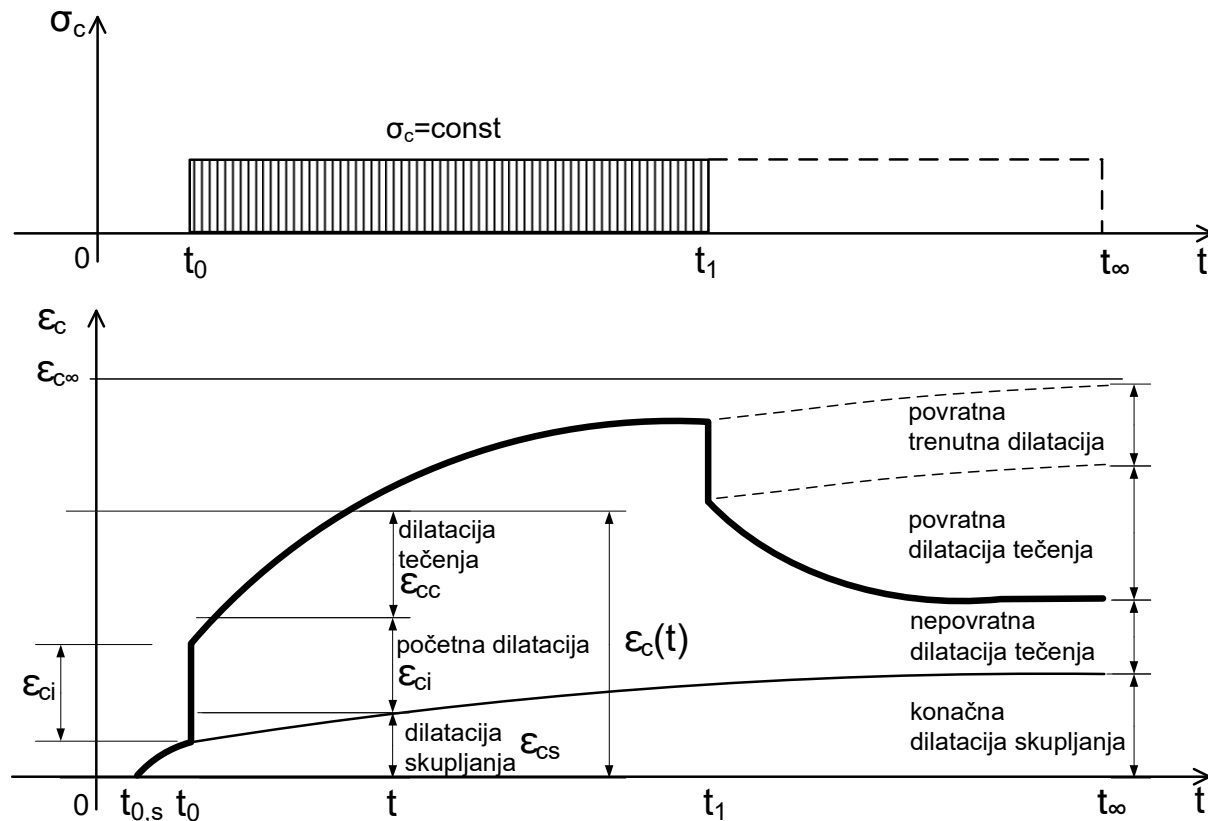
Dilatacije tečenja zavise od **napona**. Sve do napona u betonu jednakog $(0.3-0.4)f_c$, a to praktično odgovara najvećim naponima pri eksploatacionom opterećenju, dilatacije tečenja su dovoljno tačno proporcionalne naponima.

Na krajnju vrednost i vremenski tok dilatacija tečenja bitno utiče starost betona u trenutku opterećenja!



Deformacijske karakteristike

DUGOTRAJNO OPTEREĆENJE



Viskoelastoplastičan materijal sa izraženom osobinom starenja



Deformacijske karakteristike

DUGOTRAJNO OPTEREĆENJE

Početna dilatacija betona:

$$\varepsilon_{ci}(t_0) = \sigma_c(t_0) / E_{ci}(t_0)$$

$E_{ci}(t_0)$ modul elastičnosti betona u starosti betona t_0

Dilatacija tečenja betona (linearno tečenje, $\sigma_c \leq 0.4 f_{cm}(t_0)$) :

$$\varepsilon_{cc}(t, t_0) = \frac{\sigma_c(t_0)}{E_{ci}} \varphi(t, t_0)$$

$\varphi(t, t_0)$ koeficijent tečenja

E_{ci} modul elastičnosti betona u starosti od 28 dana

Ukoliko je beton opterećen u starosti od 28 dana ($t_0=28$ dana), koeficijent tečenja predstavlja odnos između dilatacije tečenja i početne, trenutne dilatacije betona.



EC2 - beton

Čvrstoća na pritisak, čvrstoća na zatezanje i modul elastičnosti betona

EC2 se oslanja na standard **ENV 206** kada su u pitanju tehnološki aspekti betona kao i svi testovi za utvrđivanje karakteristika betona.

Betoni se razvrstavaju u **klase čvrstoće (C)** prema karakterističnoj čvrstoći pri pritisku f_{ck} , koja se određuje na probnom telu oblika cilindra, dimenzija 15x30 cm, u starosti od 28 dana (5% fraktil), ili prema ekvivalentnoj čvrstoći kocke $f_{ck,cube}$ dimenzija 15x15 cm.

$$f_{ck} \approx 0.8 f_{ck,cube}$$

Najveća klasa čvrstoće betona je **C 90/105**.



EC2 -beton

Čvrstoća na pritisak, čvrstoća na zatezanje i modul elastičnosti betona

Klase čvrstoće betona (C)																Analitička relacija
1	f_{ck} (MPa)	12	16	20	25	30	35	40	45	50	55	60	70	80	90	
2	$f_{ck,cube}$ (MPa)	15	20	25	30	37	45	50	55	60	67	75	85	95	105	
3	f_{cm} (MPa)	20	24	28	33	38	43	48	53	58	63	68	78	88	98	$f_{cm}=f_{ck}+8(MPa)$
4	f_{ctm} (MPa)	1.6	1.9	2.2	2.6	2.9	3.2	3.5	3.8	4.1	4.2	4.4	4.6	4.8	5.0	$f_{ctm}=0.3f_{ck}^{2/3}, \leq C50/60$ $f_{ctm}=2.12\ln(1+f_{cm}/10)$ $>C50/60$
5	$f_{ctk,0.05}$ (MPa)	1.1	1.3	1.5	1.8	2.0	2.2	2.5	2.7	2.9	3.0	3.1	3.2	3.4	3.5	$f_{ctk,0.05}=0.7f_{ctm}$ 5% fraktil
6	$f_{ctk,0.95}$ (MPa)	2.0	2.5	2.9	3.3	3.8	4.2	4.6	4.9	5.3	5.5	5.7	6.0	6.3	6.6	$f_{ctk,0.95}=1.3f_{ctm}$ 95% fraktil
7	E_{cm} (GPa)	27	29	30	31	32	34	35	36	37	38	39	41	42	44	$E_{cm}=22 \cdot 10^3 (f_{cm}/10)^{0.3}$ $f_{cm} (MPa)$



EC2 - beton

Čvrstoća na pritisak, čvrstoća na zatezanje i modul elastičnosti betona

Razvoj čvrstoće betona pri pritisku kroz vreme prema već datom izrazu.

Veza između čvrstoće betona pri zatezanju i pri pritisku prema već datom izrazu.

Veza između raznih čvrstoća betona pri zatezanju:

$$f_{ct} = 0.9 f_{ct,sp}$$

$$f_{ctm,fl} = \max \left\{ \left(1.6 - \frac{h}{100} \right) f_{ctm} ; f_{ctm} \right\}$$

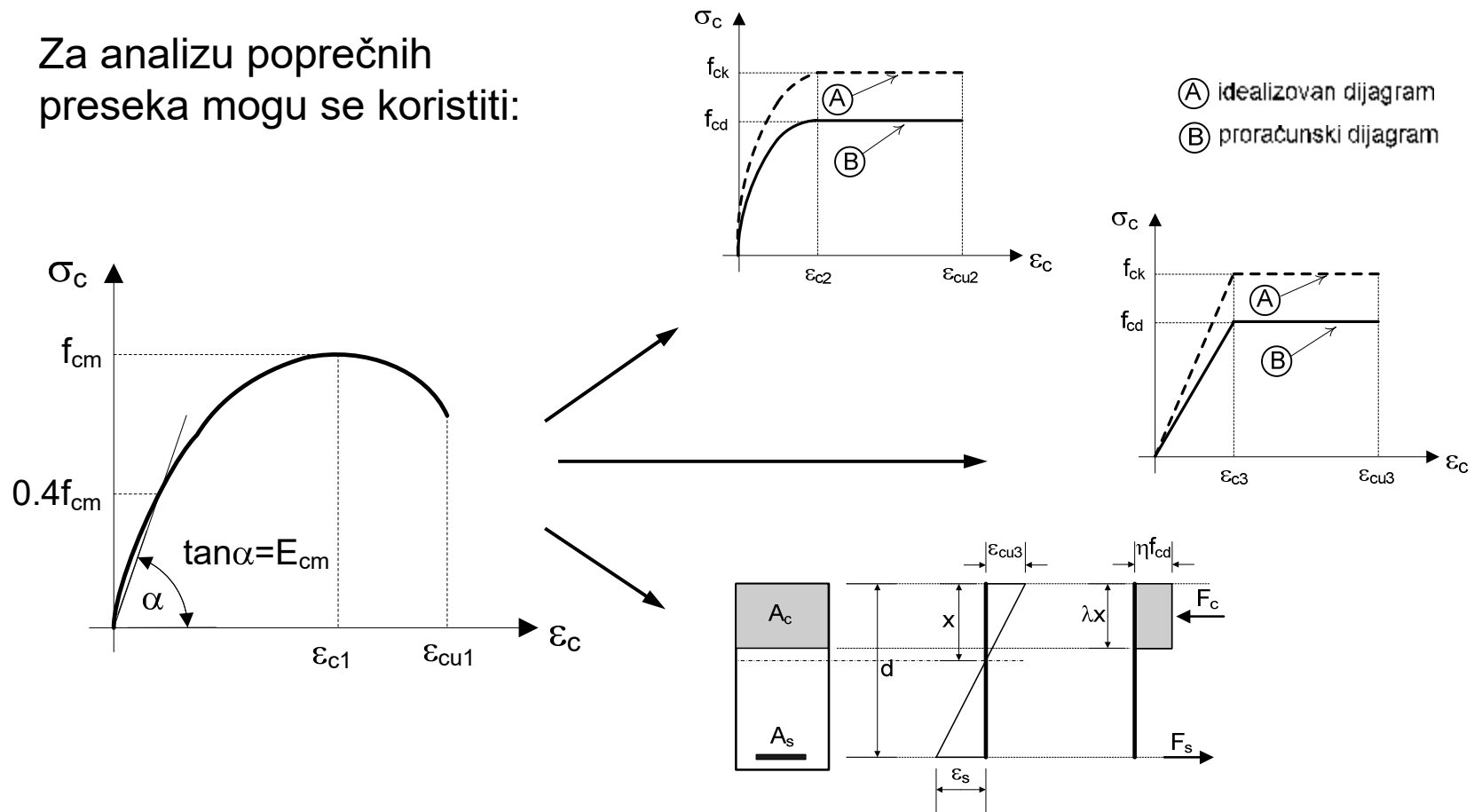
h visina porečnog preseka elementa u mm;
 f_{ctm} srednja vrednost jednoaksijalne čvrstoće na zatezanje prema tabeli.



EC2 - beton

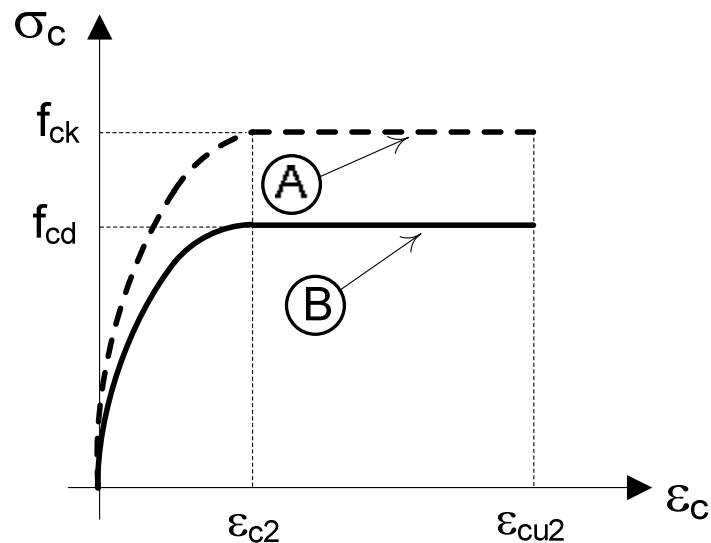
Dijagram napon - dilatacija

Za analizu poprečnih preseka mogu se koristiti:



EC2 - beton

Dijagram napon - dilatacija



- (A) idealizovan dijagram
- (B) proračunski dijagram

(1) Veza parabola-prava

$$\sigma_c = f_{cd} \left[1 - \left(1 - \frac{\varepsilon_c}{\varepsilon_{c2}} \right)^n \right] \quad \text{za } 0 \leq \varepsilon_c \leq \varepsilon_{c2}$$

$$\sigma_c = f_{cd} \quad \text{za } \varepsilon_{c2} \leq \varepsilon_c \leq \varepsilon_{cu2}$$

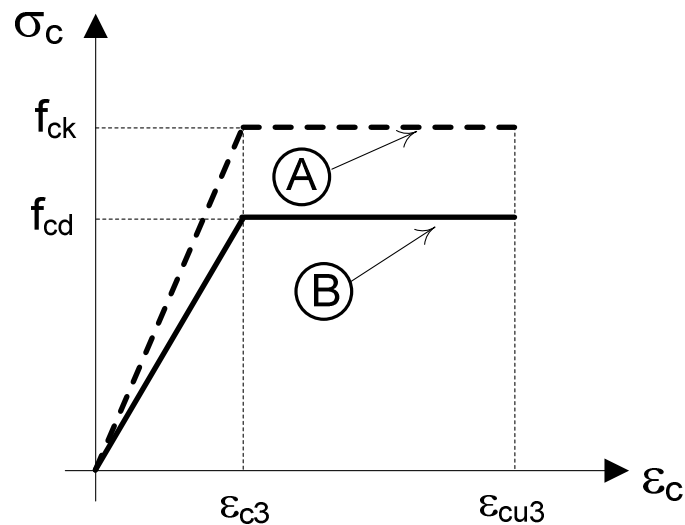
f_{cd} proračunska čvrstoća pri pritisku, $= \alpha_{cc} f_{ck} / \gamma_c$

- α_{cc} koeficijent kojim se uvodi uticaj dužine trajanja opterećenja na čvrstoću, iznosi 0.85 prema Nacionalnom aneksu,
- n eksponent, prema tabeli,
- ε_{c2} dilatacija koja odgovara maksimalnom naponu, prema tabeli,
- ε_{cu2} granična dilatacija, prema tabeli.



EC2 - beton

Dijagram napon - dilatacija



- (A) idealizovan dijagram
- (B) proračunski dijagram

(2) Bilinearan dijagram

f_{cd} proračunska čvrstoća pri pritisku, $=\alpha_{cc}f_{ck}/\gamma_c$,
 α_{cc} koeficijent kojim se uvodi uticaj dužine
trajanja opterećenja na čvrstoću, iznosi
0.85 prema Nacionalnom aneksu,
 ϵ_{c3} dilatacija koja odgovara maksimalnom
naponu, prema tabeli,
 ϵ_{cu3} granična dilatacija, prema tabeli.

EC2 - beton

Dijagram napon - dilatacija

(3) Idealizovan pravougaoni blok

Faktor λ koji definiše efektivnu visinu pritisnute zone:

$$\lambda = 0.8 \quad \text{za } f_{ck} \leq 50 \text{ MPa}$$

$$\lambda = 0.8 - (f_{ck} - 50) / 400$$

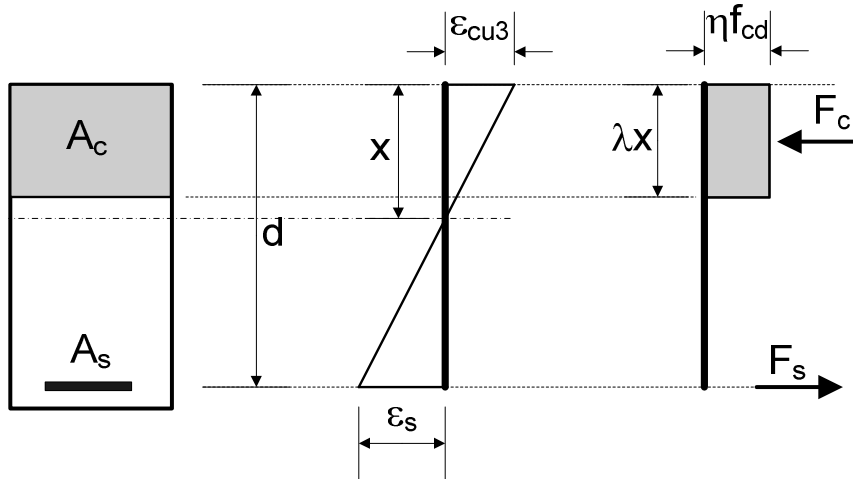
za $50 < f_{ck} \leq 90 \text{ MPa}$

Faktor η koji definiše efektivnu čvrstoću:

$$\eta = 1.0 \quad \text{za } f_{ck} \leq 50 \text{ MPa}$$

$$\eta = 1.0 - (f_{ck} - 50) / 200$$

za $50 < f_{ck} \leq 90 \text{ MPa}$



EC2 - beton

Dijagram napon - dilatacija

Osnovne karakteristike σ - ϵ dijagrama betona prema EC2

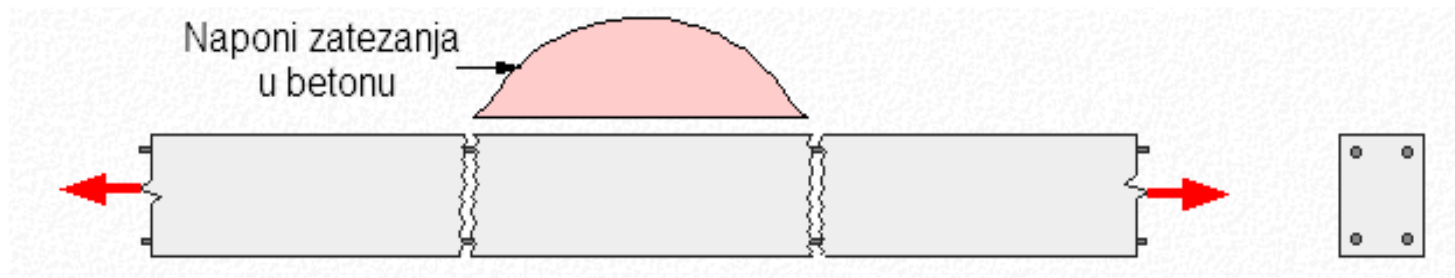
Klase čvrstoće betona															Analiitička relacija	
1	f_{ck} (MPa)	12	16	20	25	30	35	40	45	50	55	60	70	80	90	
2	ϵ_{c1} (‰)	1.8	1.9	2.0	2.1	2.2	2.2	2.3	2.4	2.4	2.5	2.6	2.7	2.8	2.9	$\epsilon_{c1}(\text{‰})=0.7f_{cm}^{0.31}<2.8$
3	ϵ_{cu1} (‰)	3.5									3.2	3.0	2.8	2.8	2.8	za $f_{ck} \geq 50$ MPa $\epsilon_{cu1}(\text{‰})=2.8+27[(98-f_{cm})/100]^4$
4	ϵ_{c2} (‰)	2.0									2.2	2.3	2.4	2.5	2.6	za $f_{ck} \geq 50$ MPa $\epsilon_{c2}(\text{‰})=2.0+0.085(f_{ck}-50)^{0.53}$
5	ϵ_{cu2} (‰)	3.5									3.1	2.9	2.7	2.6	2.6	za $f_{ck} \geq 50$ MPa $\epsilon_{cu2}(\text{‰})=2.6+35[(90-f_{ck})/100]^4$
6	n	2.0									1.75	1.6	1.45	1.4	1.4	za $f_{ck} \geq 50$ MPa $\eta=1.4+23.4[(90-f_{ck})/100]^4$
7	ϵ_{c3} (‰)	1.75									1.8	1.9	2.0	2.2	2.3	za $f_{ck} \geq 50$ MPa $\epsilon_{c3}(\text{‰})=1.75+0.55[(f_{ck}-50)/40]$
8	ϵ_{cu3} (‰)	3.5									3.1	2.9	2.7	2.6	2.6	za $f_{ck} \geq 50$ MPa $\epsilon_{cu3}(\text{‰})=2.6+35[(90-f_{ck})/100]^4$



Čelik

ČELIK ZA ARMIRANI BETON

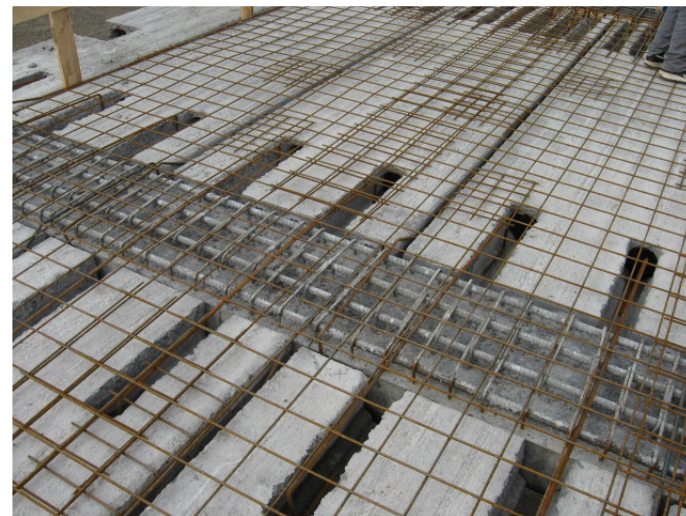
- Beton je materijal koji dobro prihvata napone pritiska, ali jako slabo prihvata napone zatezanja
- Armatura se postavlja u betonskim elementima da:
 - Prihvati napone zatezanja koji se javljaju u armiranobetonskim elementima
 - Ograniči širinu prslina koje se mogu javiti u elementu na preporučene vrednosti
 - Obezbedi dodatnu nosivost na pritisak ako je to potrebno



Čelik

ČELIK ZA ARMIRANI BETON

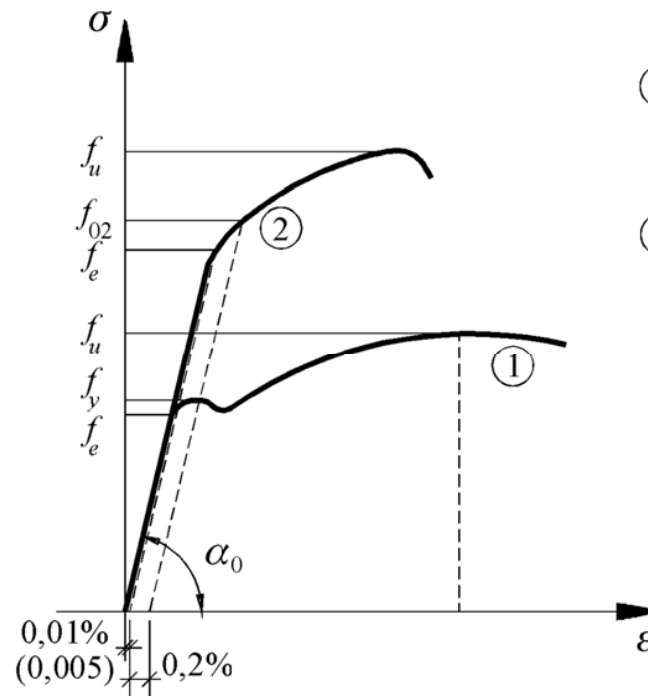
U AB konstrukcijama se koristi čelik u obliku šipki, žica i zavarenih mreža. Veličina se izražava nazivnim (nominalnim) prečnikom za šipke i žice, odnosno setom nominalnih prečnika za mreže, koje se dobijaju zavarivanjem šipki u dva ortogonalna pravca, na određenom razmaku. Površina šipki i žica može biti glatka (glatka armatura) ili orebrena (rebrasta armatura), ali se danas ne preporučuje upotreba glatke armature za konstrukcije, osim u okviru zavarenih mreža.



Čelik

ČELIK ZA ARMIRANI BETON

Mehaničke i deformacijske karakteristike čelika od interesa u proračunu betonskih konstrukcija su: čvrstoća pri zatezanju (f_t), granica razvlačenja (f_y), dilatacija pri maksimalnom naponu (čvrstoći na zatezanje) ϵ_u , modul elastičnosti E_s .



- ① Čelik sa izraženim plastičnim osobinama (duktilan)
- ② Visokovredni čelik bez jasno izražene granice razvlačenja

Za napone veće od granice elastičnosti, **toplo valjani čelici** teku - imaju izraženu granicu razvlačenja f_y , i veoma su duktilni, odnosno imaju veliku dilataciju pri maksimalnom naponu – **dijagram 1**. **Hladno obrađeni čelici** imaju veće čvrstoće pri zatezanju, manju duktilnost i nemaju izraženu granicu razvlačenja – **dijagram 2**.

EC2 - čelik

ČELIK ZA ARMIRANI BETON

EC2 se oslanja na standard **EN10080** kada su u pitanju načini proizvodnje, klasifikacija proizvoda, metode testiranja itd. armature.

Odredbe EC2 se primenjuju samo na rebrastu armaturu i armaturu koja se može zavarivati, uključivo zavarene armaturne mreže i, prema Nacionalnom aneksu, za opseg granice razvlačenja $f_{yk}=400$ do 600 MPa.

Karakteristična vrednost granice razvlačenja f_{yk} ili $f_{0,2k}$ i karakteristična vrednost čvrstoće pri zatezanju f_{tk} , definisane su kao karakteristična vrednost sile na granici razvlačenja, odnosno kao karakteristična vrednost maksimalne sile pri direktnom aksijalnom zatezanju, podeljene sa nominalnom površinom poprečnog preseka.



EC2 - čelik

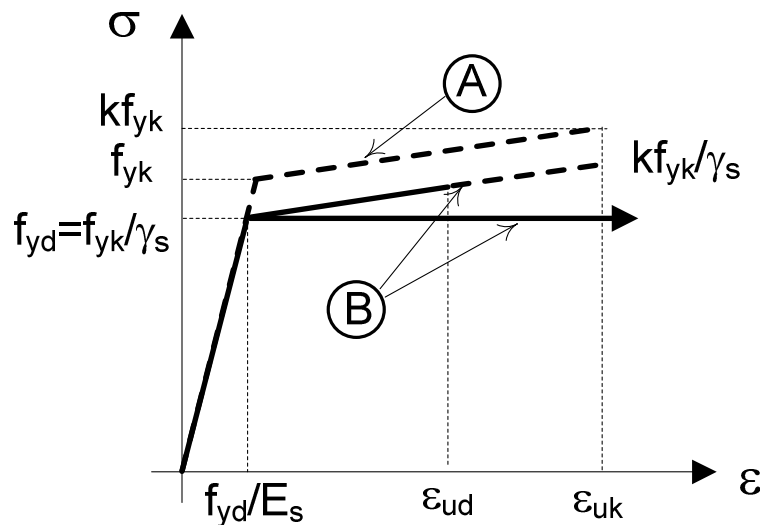
Armatura mora imati adekvatnu duktilnost definisanu odnosom čvrstoće pri zatezanju i granice razvlačenja, (f_{tk} / f_{yk}) i izduženjem koje odgovara maksimalnoj sili, ϵ_{uk} . Prema EC2 postoje 3 klase duktilnosti za koje su definisane napred navedene veličine:

Vrsta proizvoda	Šipke			Mreže			Fraktil(%)
	A	B	C	A	B	C	
$f_{y,k}$ ili $f_{0,2k}$ (MPa)	400 do 600			400 do 600			5
min $k=(f_t / f_y)_k$	≥ 1.05	≥ 1.08	≥ 1.15 < 1.35	≥ 1.05	≥ 1.08	≥ 1.15 < 1.35	10
ϵ_{uk} (%)	≥ 2.5	≥ 5.0	≥ 7.5	≥ 2.5	≥ 5.0	≥ 7.5	10

EC2 - čelik

Dijagram napon - dilatacija

Za proračun se mogu koristiti dva idealizovana dijagrama napon-dilatacija:



$$k = (f_t / f_y)_k$$

Ⓐ idealizovan dijagram

Ⓑ proračunski dijagram

(1) Bilinearan dijagram sa kosom gornjom granom, sa ograničenom maksimalnom dilatacijom ϵ_{ud} i maksimalnim naponom $k f_{yk} / \gamma_s$.

(2) Bilinearan dijagram sa horizontalnom gornjom granom, sa neograničenom dilatacijom.

Za ϵ_{ud} se preporučuje vrednost $0.9 \epsilon_{uk}$ (ϵ_{uk} i k su date u prethodnoj tabeli u zavisnosti od klase duktilnosti).

Za proračunsku vrednost E_s može da se usvoji 200 GPa.



Rezime 2.predavanja

- BETON
 - Fizičko mehanička svojstva i primena u proračunima
 - Čvrstoća pri pritisku na različitim probnim telima; razvoj čvrstoće kroz vreme, oblik dijagrama dilatacija-napon
 - Čvrstoće zatezanju; odnosi između veličina čvrstoća
 - Modul elastičnosti
 - Reološka svojstva
 - Skupljanje
 - tečenje betona; koeficijent tečenje
 - Idealizovan i radni dijagrami betona: parabola-prava, bilinearni, blok dijagram
- ČELIK
 - Vrste armaturnog čelika
 - Oblik dijagrama dilatacija-napon
 - Idealizovan i radni dijagram