

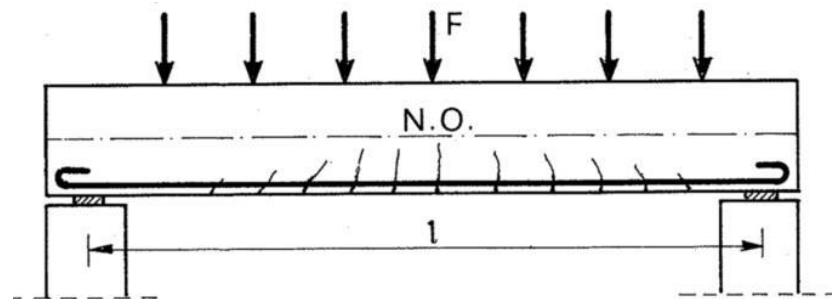
4. PRIRODA ARMIRANOG BETONA

Armirani beton je kombinacija dvaju materijala vrlo različitih po svojim mehaničkim osobinama – čelika i betona, koji zajednički, kao monolitna celina, učestvuju u prijemu i prenosu opterećenja. Čelik se odlikuje visokom i podjednakom nosivošću na pritisak i zatezanje, dok je nosivost betona na zatezanje, 10 do 15 puta manja od njegove nosivosti na pritisak.

Glavni razlozi mogućnosti sprežavanja armature i betona su:

- Beton ima osobinu da u toku stvrdnjavanja čvrsto prijanja uz čelik. Čelik u ovom zajedničkom radu, kao jači, prihvata relativno veći deo napona.
- Čelik i beton imaju podjednake koeficijente toplotnog širenja (čelik 0.000012 $1/^\circ\text{C}$, a beton između 0.000010 i 0.0000148 $1/^\circ\text{C}$). Sloj betona oko armaturnog čelika je i osnova požarne otpornosti armiranobetonskih elemenata i konstrukcija.
- Beton štiti ugrađeni čelik od korozije. Beton je baznog karaktera.

Dobro iskorišćenje svakog od njih obezbeđuje se na način da betonom se primarno primaju naponi pritiska, a čelikom naponi zatezanja.



4.1 Prednosti i mane betona

4.1.1 Prednosti

- Nezapaljivost
- Trajnost
- Relativno mali troškovi održavanja
- Mogućnost izrade raznovrsnih oblika
- Relativno velika čvrstoća na pritisak
- Dobija na kvalitetu sa protokom vremena

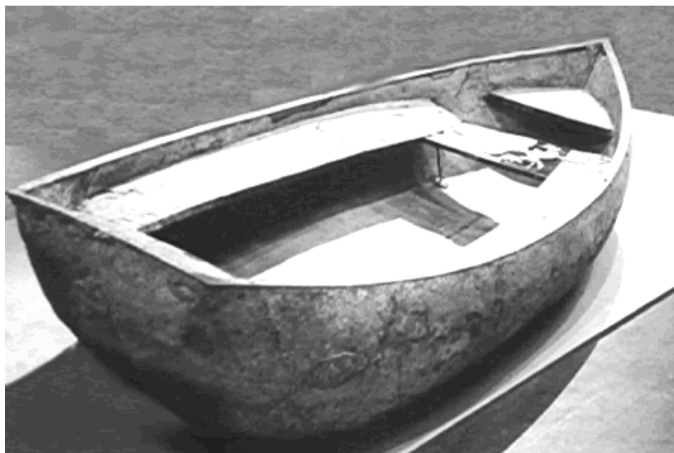
4.1.2 Nedostaci

- Velika sopstvena težina
- Velika provodljivost toplote i zvuka
- Niska čvrstoća na zatezanje
- Armatura je nedostupna za naknadnu kontrolu
- Otežani radovi na niskim i visokim temperaturama (nebi trebalo betonirati na temperaturama ispod $+5^{\circ}\text{C}$, niti iznad $+30^{\circ}\text{C}$)
- Otežana naknadna adaptacija i ojačanje izvedene konstrukcije
- Moguća je korozija armature u betonu
- Dugotrajne deformacije skupljanja i tečenja
- Poroznost
- Osjetljivost na mraz
- Prsline koje ne narušavaju sigurnost i trajnost ipak kvare izgled objekta
- Beton pri temperaturama iznad $+250^{\circ}\text{C}$ naglo gubi čvrstoću i prionljivost za armaturu, a pri gašenju vodom, zbog naglog hlađenja, raspucava

4.2 Kratka istorija razvoja armiranog betona

Prvi portland cement je proizveden 1824.

- 1854 Joseph Lambot napravio je čamac od mreže obložen malterom. Čamac je bio napravljen od žice koja je obložena cementnim malterom;
- 1867 **Joseph Monier**, baštovan, je izradu većih betonskih lonaca, cijevi i rezervoara zaštitio patentom te se smatra rodonačelnikom AB; Njemačke firme otkupljuju patent i Wayss, Baushinger i Kenan razrađuju teoretsku stranu problema. Beton počinje da se primjenjuje u Njemačkoj i Austrougarskoj
- 1861 Francois Coignet, je dao svoj predlog konstrukcija tavanica, svodova i cijevi na bazi armiranog betona
- 1892 Francois Hennebique izveo je rebraste međuspratne tavanice, AB stubove.
- 1928 Freyssinet je izveo prvu konstrukciju od prednapregnutog betona.
- 1894 u Americi se primjenjuju AB konstrukcije kod mostova, Melan, osnovna karakteristika je da je armatura od čeličnih nosača;
- 1900 na svjetskoj izložbi u Parizu većina pavilona je bila izvedena od AB
- 1896 je u Rusiji u Nižnjem Novgorodu izveden lučni most raspona 45m od AB, a u Nikolajevu je 1904. izveden toranj 40m visine
- 1910 je Prusko ministarstvo javnih radova izdalo prve priručnike sa formulama i pravilima za izvođenje armiranobetonskih radova. Osnovana je njemačka komisija koja je na osnovu prakse i ispitivanja unapređivala propise.
- 1921 objavljeni su prvi američki propisi za armiranobetonske konstrukcije.



Joseph Lambot - čamac



Prva zgrada 1853

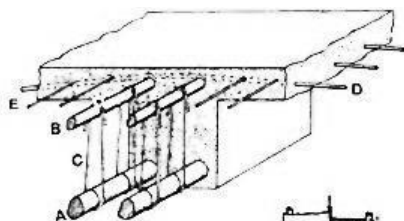


Fig. 363.—Coignet Beam and Slab

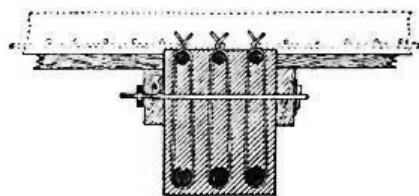


Fig. 365.—Beam Supporting Floor Slab Centering



Fig. 364.—Coignet Beam Reinforcement Consisting of Group of Small Bars

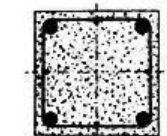
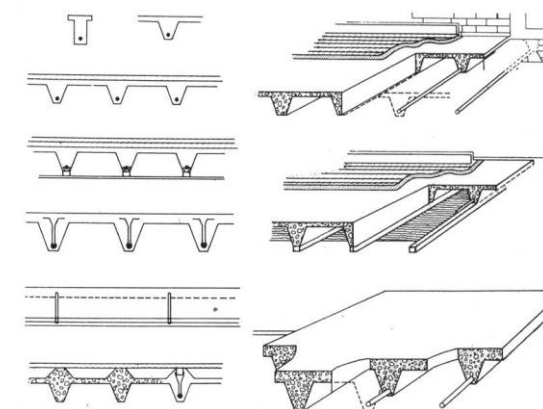
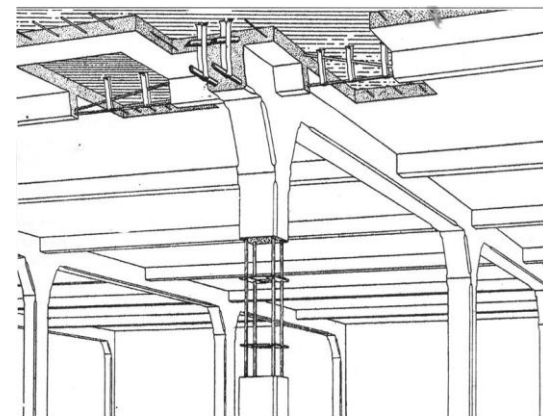


Fig. 366.—Section through Coignet Column

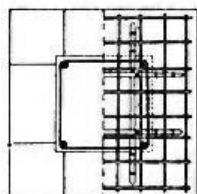
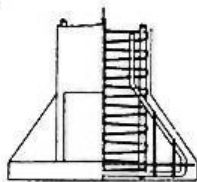


Fig. 367 and 368.—Base of Coignet Column

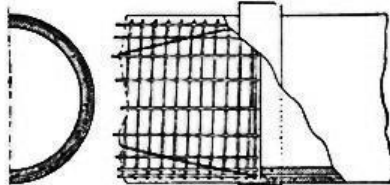
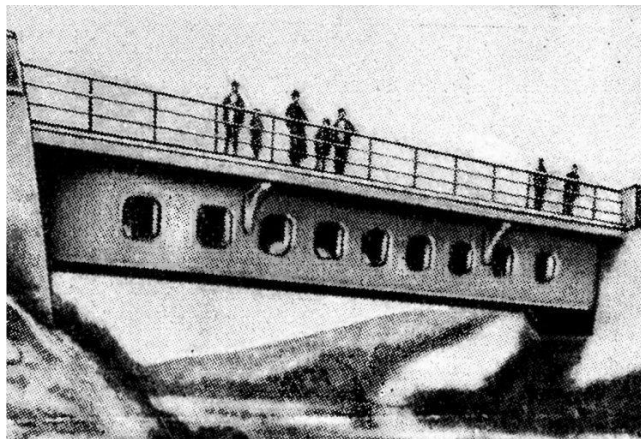
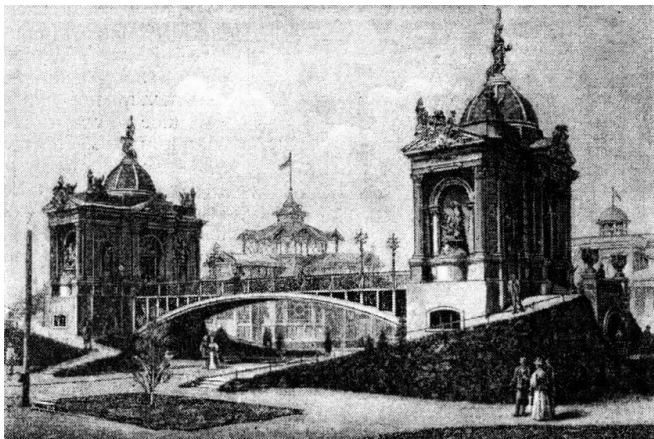


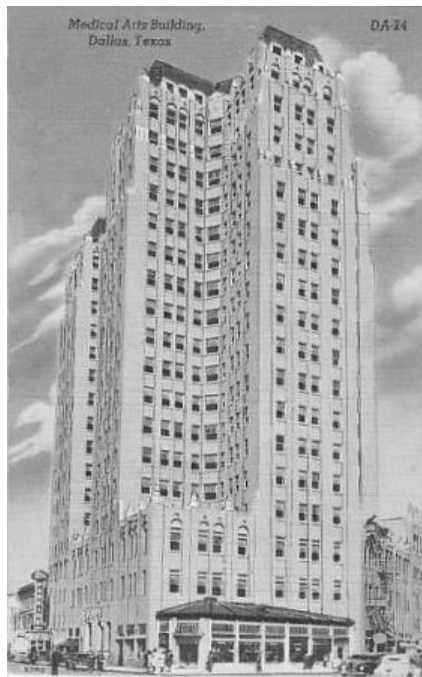
Fig. 369 and 370.—Coignet Pipe or Conduit

Francois Coigneti - detalji

Hennebique



Mostovi u Rusiji, (1896)



The Ingalls Building (1903), 15 spratova
Medical Arts Building (1922), visok 70m



Madrid hipodrum (1935),
nadstrešnica raspona 22m

5. PROPISI

Propisi koji važe do avgusta 2020.

- ZA BETONSKE I ARMIRANOBETONSKE KONSTRUKCIJE, 1987, PBAB'87
- ZA PREDNAPREGNUTI BETON, 1971, PNB'71
- PRAVILNIK O TEHNIČKIM NORMATIVIMA ZA OPTEREĆENJA NOSEĆIH GRAĐEVINSKIH KONSTRUKCIJA, 1987
- PRAVILNIK O TEHNIČKIM NORMATIVIMA ZA IZGRADNJU OBJEKATA VISOKOGRADNJE U SEIZMIČKIM PODRUČIJIMA 1981

Evropske norme Eurocode svrstane su u slijedeće knjige:

EC	Europski standardi	Standardi Crne Gore	Opis
EC0	EN 1990	MEST EN 1991-1	Osnove projektovanja konstrukcija
EC1	EN 1991	MEST EN 1991	Dejstva na konstrukcije
EC2	EN 1992	MEST EN 1992	Projektovanje betonskih konstrukcija
EC3	EN 1993	MEST EN 1993	Projektovanje čeličnih konstrukcija
EC4	EN 1994	MEST EN 1994	Projektovanje spregnutih konstrukcija
EC5	EN 1995	MEST EN 1995	Projektovanje drvenih konstrukcija
EC6	EN 1996	MEST EN 1996	Projektovanje zidanih konstrukcija
EC7	EN 1997	MEST EN 1997	Geotehničko projektiranje
EC8	EN 1998	MEST EN 1998	Projektovanje konstrukcija otpornih na zemljotres
EC9	EN 1999	MEST EN 1999	Projektovanje aluminijskih konstrukcija

6. Osnovni pojmovi o betonu

Beton je heterogeni materijal, u obliku vještačke stijene, koji se dobija miješanjem različitih tipova agregata, cementa i vode. Betonu mogu biti dodati i aditivi (aeranti, zaptivači, plastifikatori, regulatori brzine vezivanja i sl.)

Očvršćavanje betona je dugotrajan proces u kojem se odvija proces hidratacije, reagovanje cementa sa vodom.

Svojstva betona su određena svojstvima komponenata i njihovim međusobnim težinskim/zapreminskim odnosima.

Nemoguće je postići dva ista betona, stoga se u cilju ugradnje betona koji nije nižeg kvaliteta od projektom predviđenog koriste metode statistike i vjerovatnoće.

Evropski standard EN 206 definiše svojstva betona. Prema zapreminskim masam beton može biti:

- laki beton - zapreminska masa od 700-2000 kg/m³
- običan beton - zapreminska masa od 2000 kg/m³ do 3000 kg/m³
- teški beton - zapreminska masa veća od 3000 kg/m³. Teškim betonima dodaci mogu biti barit i olovo.

Za praktične potrebe gustina betona se usvaja 2400 kg/m³ za nearmirani beton i 2500 kg/m³ za armirani beton.

6.1 Svojstva svježeg betona

Obradivost	količina rada potrebna da se beton zbije i ugradi u konstrukciju (veći v/c lakše se ugrađuje)
Konzistencija	je mjera obradivosti prema kojoj razlikujemo: kruti, slabo plastičan, plastičan i tečan beton.
Kruti	za masivne nearmirane konstrukcije visoke rane čvrstoće
Slabo plastični	za konstrukcije s rjeđom armaturom
Tečan	za gusto armirane konstrukcije i pumpani beton

6.2 Glavne mehaničke karakteristike betona

- Čvrstoća na pritisak
- Čvrstoća na zatezanje
- Čvrstoća na smicanje
- Deformabilnost (modul elastičnosti, modul smicanja, poasonov koeficijent, duktilnost)

Deformabilnost materijala je svojstvo materijala da ima prirast deformacija sa povećanjem napona. Do trenutka razaranja u materijalu se dešavaju elastične i plastične deformacije. U zavisnosti od kapaciteta plastičnih deformacija materijali se dijele na krte i duktilne-žilave.

Na mehaničke karakteristike betona utiču sledeći najvažniji činioci:

- Vrsta u karakteristike cementa;
- Kvalitet agregata i granulometrijski sastav;
- Vodocementni faktor;
- Obradljivost i ugradljivost betona – karakteristike betonske smjese;
- Primjese u vodi;
- Dodaci cementu ili betonskoj smjesi u cilju postizanja posebnih svojstava;
- Način pripreme i ugradnje betona u konstrukciji;
- Njega betona.

Saglasno namjeni betoni mogu biti:

- Hidrotehnički beton;
- Beton za kolovozne konstrukcije
- Prednapregnuti beton;
- Beton za prefabrikovane elemente;
- Natur beton;
- Beton koji se ugrađuje pod vodom, min količina cementa je 400kg/m³
- Samozbijajući beton;
- Masivni beton;
- Beton za klizne oplate;
- Torkret beton.

6.3 Pojmovi, naponi, deformacije, čvrstoća

Pri djelovanju spoljnih sila na neko tijelo, ono se deformiše tako što u samom materijalu dolazi do promjene rastojanja između molekula - DEFORMACIJA, a pošto unutrašnje sile između molekula teže da zadrže prvobitni raspored molekula, dolazi do naprezanja - NAPONA.

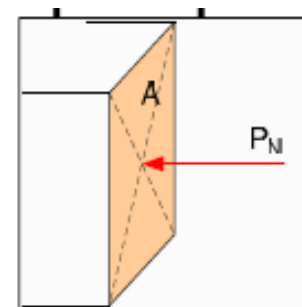
NAPON je unutrašnja sila u materijalu, sračunata na jedinicu površine presjeka u kome sila djeluje.

Razlikuju se: normalni napon " σ " i tangencijalni napon " τ ".

Normalni napon " σ " je komponenta napona upravna na poprečni presjek.

$$\sigma = \frac{P_N}{A} \text{ (N / m}^2 \text{ (Pa))}$$

Gde je:
 P_N - sila koja djeluje na tijelo, upravno na poprečni presjek,
 A - površina poprečnog presjeka.

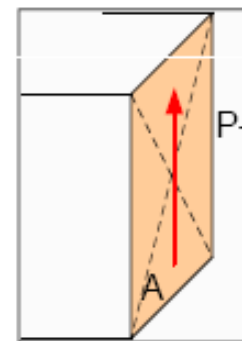


Tangencijalni napon " τ ", je komponenta napona paralelna poprečnom presjeku:

$$\tau = \frac{P_T}{A} \text{ (N / m}^2 \text{ (Pa))}$$

Gde je:

P_T - sila koja djeluje na tijelo, paralelno poprečnom presjeku
 A - površina poprečnog presjeka.



Sva mehanička svojstva u opštem slučaju mogu se podijeliti na: čvrstoće materijala (pri statičkom i dinamičkom opterećenju) i deformaciona svojstva materijala

STATIČKO OPTEREĆENJE vremenom se ne mijenja ili se mijenja dovoljno sporo. Statička opterećenja mogu biti: kratkotrajno opterećenje normalnog trajanja i dugotrajno opterećenje.

DINAMIČKO OPTEREĆENJE je opterećenje sa vrlo brzim promjenama ili opterećenje koje se nanosi jednokratno, ali vrlo brzo – udar.

Čvrstoće materijala se određuju pri kratkotrajnom opterećenju normalnog trajanja.

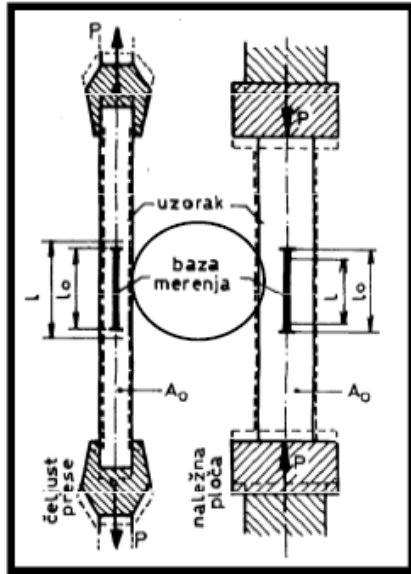
Prema načinu na koji se deformišu materijali se mogu podijeliti na:

ŽILAVE MATERIJALE kod kojih su uočljive znatne deformacije prije nego što dođe do loma, pa kao karakteristično svojstvo žilavost imaju, npr. čelik ili guma;

KRTE MATERIJALE kod kojih do loma dolazi naglo, bez znatnih prethodnih deformacija, pa se govori o krtosti, npr. opeka ili staklo.

DEFORMACIONA SVOJSTVA MATERIJALA ispituju se na aksijalno opterećenim uzorcima izloženim silama zatezanja ili silama pritiska. Na bazi apliciranih napona i na osnovu izmjerenih dilatacija crta se odgovarajući " σ - ϵ " dijagram, koji se često naziva i radni dijagram materijala.

Deformacija je promjena dimenzija ili oblika nekog elementa pri djelovanju dejstava.



ε (+) izduženje materijala

ε (-) skraćenje materijala

$$\varepsilon = \frac{l - l_0}{l_0} = \frac{\Delta l}{l_0}$$

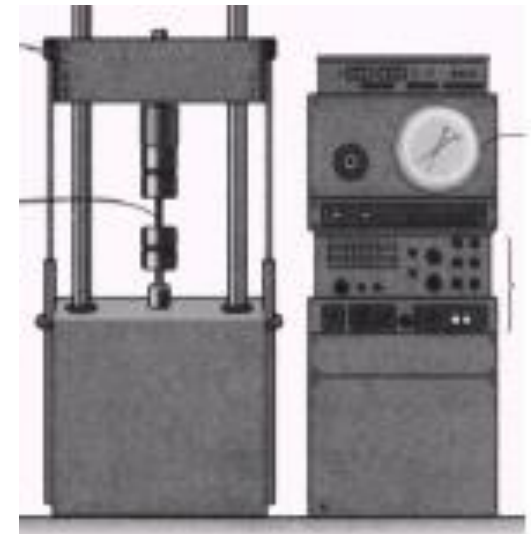
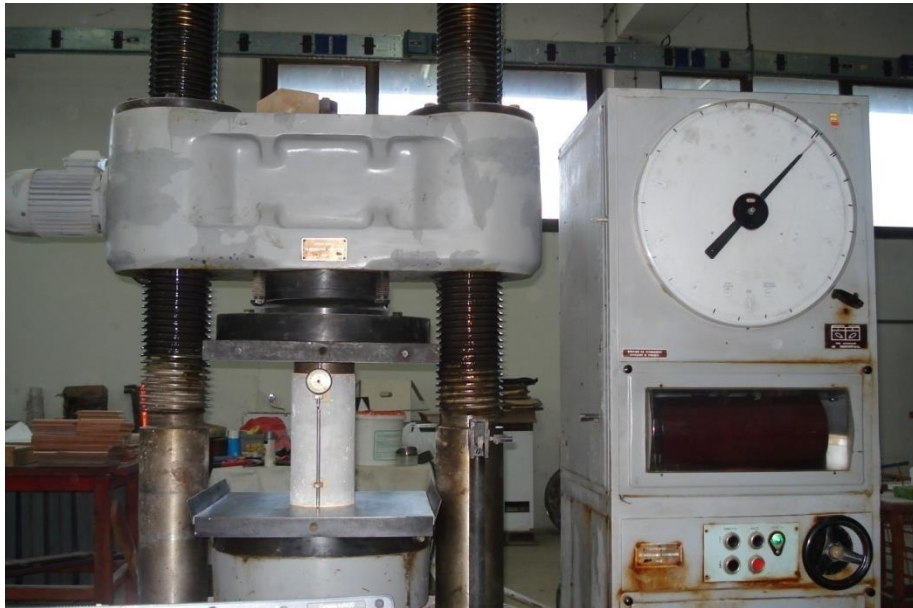
$$\sigma = \frac{P}{A_0}$$

Veličina napona neposredno prije loma materijala naziva se **ČVRSTOĆA MATERIJALA**.

Čvrstoća materijala je sposobnost materijala da se suprostavi unutrašnjim naponima koji se u materijalu javljaju kao posljedica dejstava.

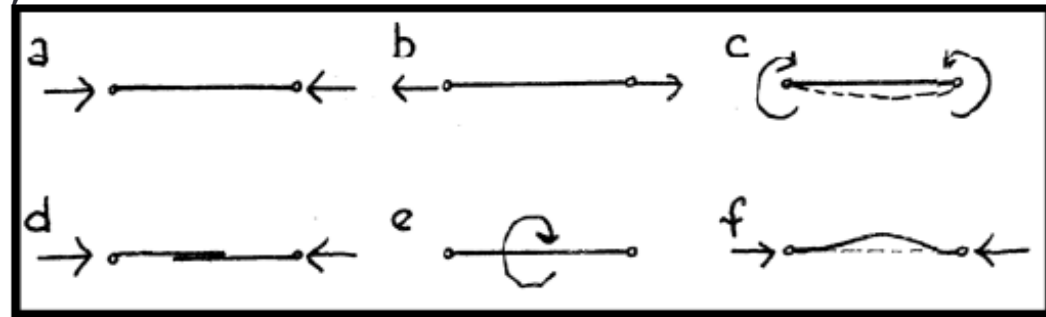
Dejstva mogu biti na primjer:

- spoljne sile
- temperatura
- skupljanje
- tečenje ...



Prema pravcu i smjeru djelovanja sile, na elemente konstrukcije ili na objekat, razlikuju se sljedeće osnovne vrste naprezanja:

- a) Aksijalno naprezanje na pritisak,
- b) Aksijalno naprezanje na zatezanje,
- c) Naprezanje na savijanje,
- d) Naprezanje na smicanje,
- e) Naprezanje na torziju i
- f) Izvijanje.



U zavisnosti od nabrojanih vrsta naprezanja materijala, može se govoriti o sljedećim čvrstoćama:

- Čvrstoća na pritisak,
- Čvrstoća na zatezanje,
- Čvrstoća na savijanje,

normalni naponi

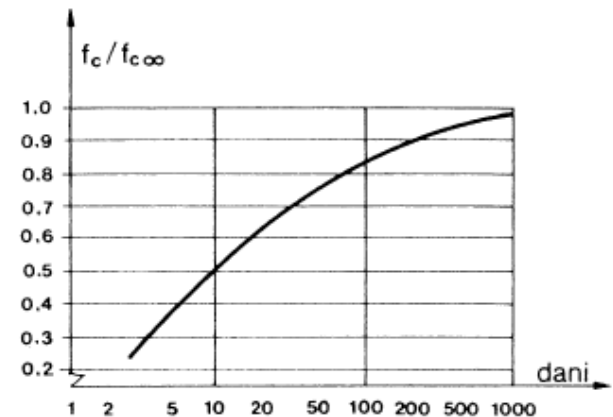
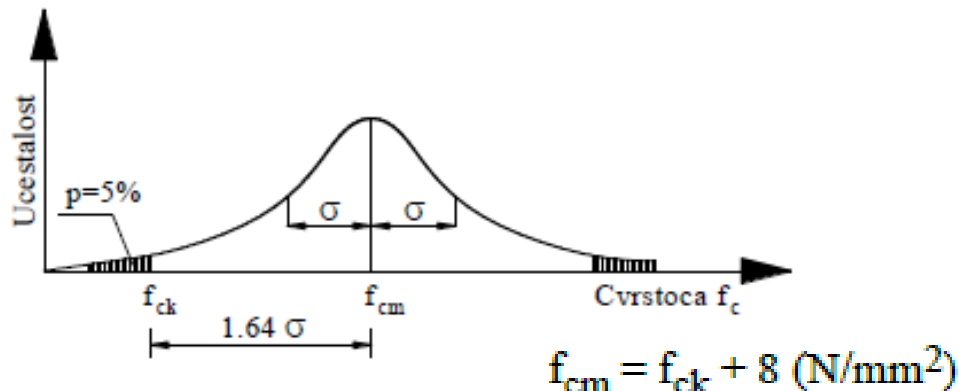
- Čvrstoća na torziju
- Čvrstoća na smicanje.

tangencijalni naponi

7. Mehaničke karakteristike betona

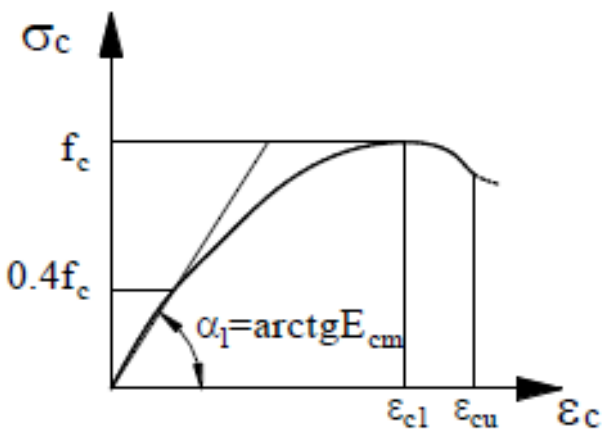
7.1 Karakteristična čvrstoća na pritisak - klasa betona C (cilindar 150/300)/kocka 15x15x15)

Karakteristična čvrstoća na pritisak (**klasa betona, oznaka C**) određuje se na osnovu primjene metoda statistike i vjerovatnoće na rezultate dobijene testiranjem probnih uzoraka u obliku valjka dimenzija 150/300 mm, starih 28 dana ili na kockama dimenzija 15x15x15 (drugi broj u oznaci klase betona). Zahtijeva se da najmanje 95% svih rezultata pokaže čvrstoću veću ili jednaku propisanoj klasi betona, najviše 5% rezultata može biti manje čvrstoće od određene klase (fraktil 5%).



Slika 2.3 Promjena čvrstoće betona starenjem.

Proces hidratacije se odvija dugo, te se čvrstoća betona uvećava sa vremenom. Prirast čvrstoće zavisi od vrste i količine cementa, vodocementnog faktora, aditiva, relative vlažnosti i temperature sredine, načina njege i dr.



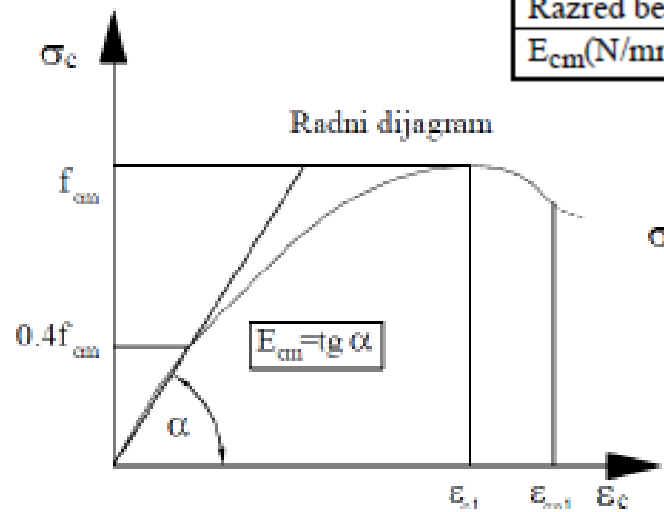
E_{cm} – sekantni ili statički modul elastičnosti betona

$$E_{tg} = \frac{\sigma}{\varepsilon}$$

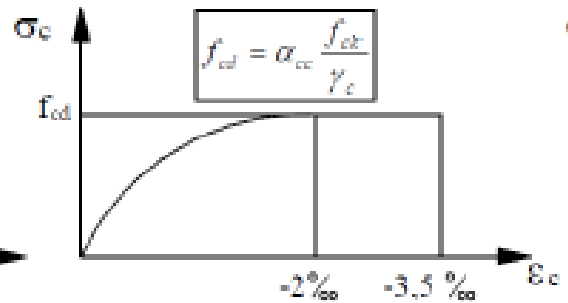
$$E_{cm} = 9500 \cdot (f_{ck} + 8)^{\frac{1}{3}}$$

Idejelizovani dijagram $\sigma - \varepsilon$

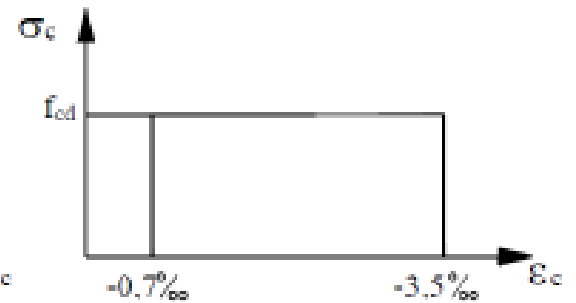
Razred betona	C12/15	C16/20	C20/25	C25/30	C30/37	C35/45	C40/50	C45/55	C50/60
$E_{cm}(N/mm^2)$	26000	27500	29000	30500	32000	33500	35000	36000	37000



Radni dijagram



Računski dijagram



Računski dijagram

f_{ck} predstavlja karakterističnu čvrstoću betona na pritisak dobijenu ispitivanjem valjka, $f_{cd} = \alpha_{cc} f_{ck} / \gamma_c$ predstavlja računsku čvrstoću betona.

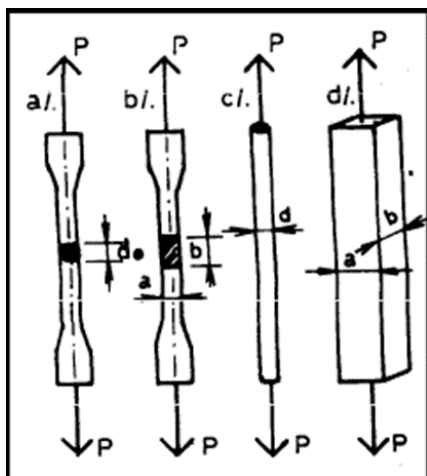
$\alpha_{cc} = 1.0$ uzima u obzir nepovoljno djelovanje dugotrajnog opterećenja, usvojeno 1,0. Eurocode 2 predlaže dva računska dijagrama betona. Prvi je oblika parabola-prava, a drugi je pravougaoni. Oba dijagrama imaju graničnu deformaciju $\varepsilon_{cu} = -3.5\text{‰}$. Kod centričnog pritiska granična deformacija ne smije prelaziti -2.0‰ .

7.2 Čvrstoća betona na zatezanje je definisana prema obliku uzorka i metodu testiranja na zatezanje na:

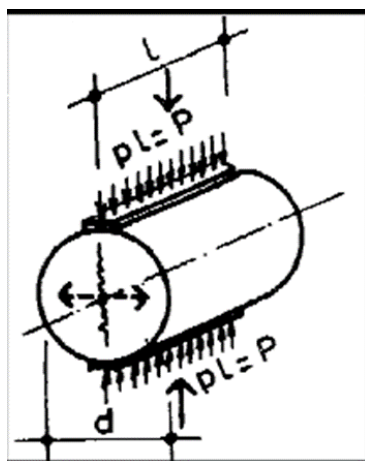
$f_{ct,ax}$ - čvrstoća na zatezanje dobijena ispitivanjem uzorka na središnje zatezanje

$f_{ct,sp}$ - čvrstoća na zatezanje dobijena cijepanjem

$f_{ct,fl}$ - čvrstoća na zatezanje dobijena savijanjem uzorka.

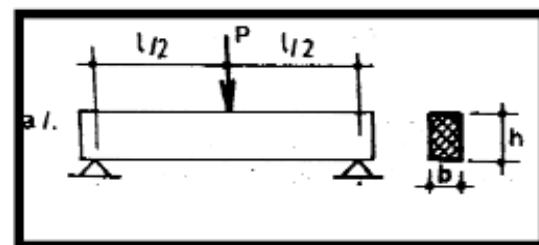


$$f_z = \sigma_m = \frac{P_{gr}}{A_0} \quad (\text{kPa, MPa})$$

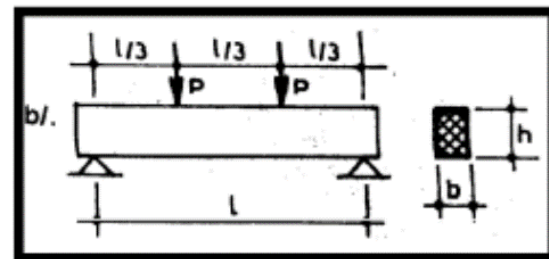


$$f_{zc} = \frac{2 \cdot P_{gr}}{\pi \cdot d \cdot l}$$

$$P_{gr} = pl$$



$$f_{zs} = \frac{3}{2} \cdot \frac{P_{gr} \cdot l}{b \cdot h^2}$$



$$f_{zs} = 2 \cdot \frac{P_{gr} \cdot l}{b \cdot h^2}$$

P_{gr} – granična vrijednost sile zatezanja

A_0 - najmanja površina poprečnog presjeka

Kako se za proračun koristi $f_{ct,ax}$ – čvrstoća na središnje zatezanje, to su izrazi za vezu sa dobijanjem čvrstoće na zatezanje metodom cijepanja i savijanja sljedeći:

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

$$f_{ct,ax} = 0.5 f_{ct,fl}$$

$f_{ct,m}$ srednja vrijednost

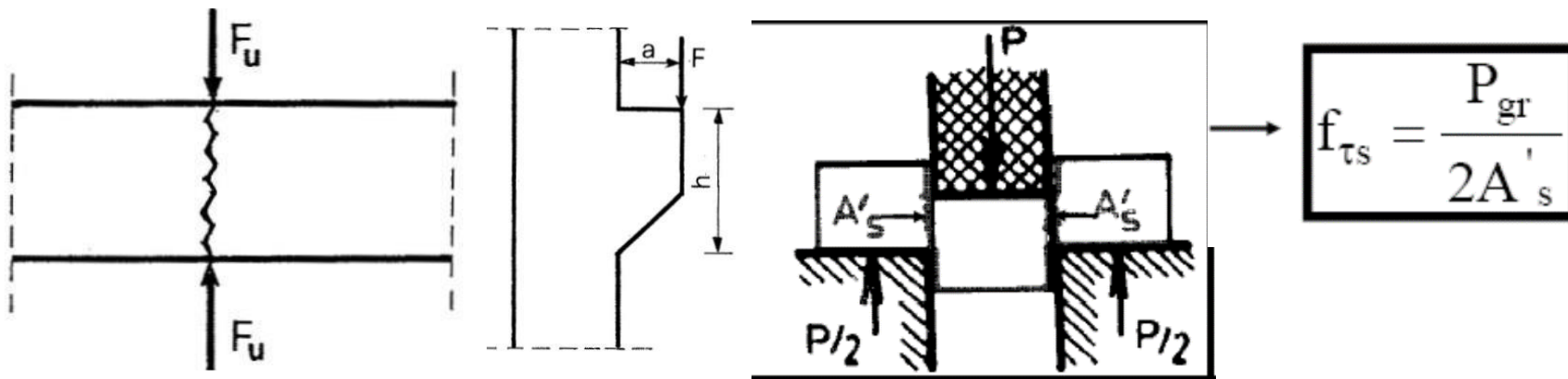
čvrstoće na zatezanje

$$f_{ct,m} = 0.30 f_{ck}^{2/3}$$

Tabela 3.1 Čvrstoće i deformacijske karakteristike betona

Klase čvrstoće betona															Analitički izraz/objašnjenje
f_{ck} (MPa)	12	16	20	25	30	35	40	45	50	55	60	70	80	90	
$f_{ck,cube}$ (Mpa)	15	20	25	30	37	45	50	55	60	67	75	85	95	105	
f_{cm} (MPa)	20	24	28	33	38	43	48	53	58	63	68	78	88	98	$f_{cm} = f_{ck} + 8$ (MPa)
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	$f_{ctm} = 0,30 \times f_{ck}^{2/3} \leq C50/60$ $f_{ctm} = 2,12 \times \ln(1 + (f_{cm}/10))$ $> C50/60$
$f_{ctk,0,05}$ (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	$f_{ctk,0,05} = 0,7 \times f_{ctm}$ 5% fraktil
$f_{ctk,0,95}$ (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	$f_{ctk,0,95} = 1,3 \times f_{ctm}$ 95% fraktil
E_{cm} (GPa)	27	29	30	31	33	34	35	36	37	38	39	41	42	44	$E_{cm} = 22[(f_{cm})/10]^{0,3}$ $(f_{cm} \text{ u MPa})$

7.3 Smicanje se manifestuje presjecanjem grede na dva dijela u situacijama kada je opterećena kao na prvoj slici. U realnim konstrukcijama smicanje je praćeno i normalnim naprezanjima, a u nekim situacijama smičući naponi mogu biti značajni u odnosu na normalne napone izazvane savijanjem, druga slika.



Jedan od predloga (Morsch) proračunske definicije **čvrstoću na smicanje** određuje kao geometrijski srednju vrednost čvrstoća na pritisak (f_{ck}) i na zatezanje (f_{ct}):

$$f_{qp} = 0.75 \cdot \sqrt{f_{ck} \cdot f_{ct}}$$

7.4 Čvrstoća betona na zamor. Sam beton se pokazuje postojanim kad je o zamoru riječ. Kritično mjesto je spoj betona sa armaturom, ili mesto prijanjanja. Uveden je termin „trajna čvrstoća betona“ ili „granica zamora“, koja odgovara čvrstoći nakon beskonačno mnogo ciklusa opterećenja i rasterećenja. U praksi se ona ispituje na bazi ciklusa ponovljenih jedan ili dva miliona puta.

7.5 Poasonov koeficijent predstavlja odnos poprečne i podužne dilatacije. Služi za određivanje poprečnih dilatacija. Prema Eurocodu bira se između 0 i 0,2. Kada je znatan uticaj poprečnih deformacija, presjek bez prslina, uzima se 0,2. Za slučaj pojave pukotina u zategnutoj zoni uzima se 0.

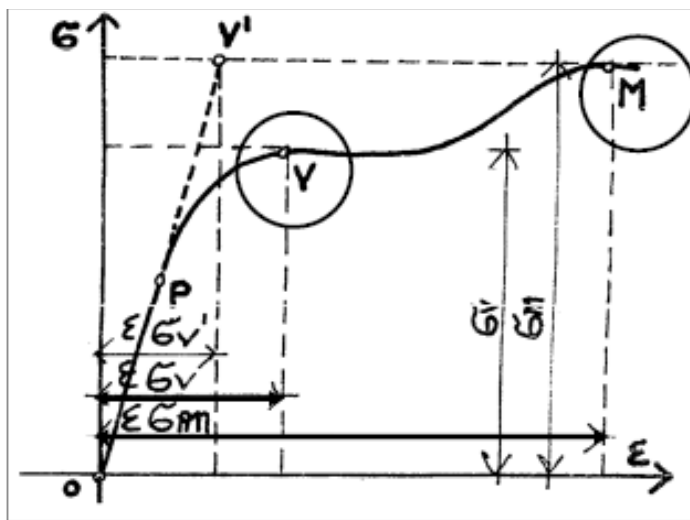
$$\mu = \left| \frac{\varepsilon_{\text{pop}}}{\varepsilon} \right|; \quad \varepsilon_{\text{pop}} = \mu \cdot \varepsilon$$

Za **temperaturni koeficijent** predlaže se vrijednost $\alpha_{T,c} = 10^{-5} \text{ K}^{-1}$.

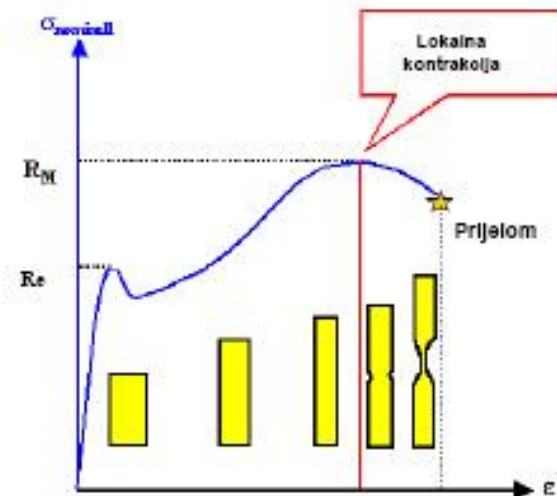
7.6 Duktilnost materijala

Duktilnost je žilavost ili istegljivost materijala.

Duktilnost je odnos dilatacija pri maksimalnom naponu koji materijal može da izdrži i dilatacija na granici velikih izduženja (granici tečenja).



$$D = \frac{\varepsilon_{\sigma m}}{\varepsilon_{\sigma v}}$$



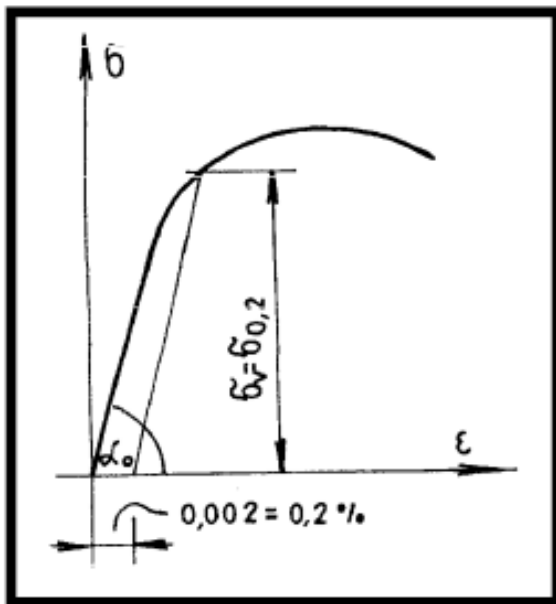
8. Čelik za armiranje

Betonski čelik dijeli se prema:

- profilu, na žice $\phi \leq 12$ mm i šipke $\phi > 12$ mm;
- mehaničkim karakteristikama (granica tečenja, čvrstoća na zatezanje i rastegljivost pri slomu probnog uzorka na dijelu njegove dužine 10ϕ na visoko i normalno duktilne čelike;
- Zavarljivosti: na nezavarljiv, zavarljiv pod određenim uslovima i zavarljiv;
- površinskoj obradi, na glatki i rebrasti i zavarene mreže;
- vrsti obrade, na toplo valjan, toplo valjan i hladno obrađen i termički poboljšan čelik.

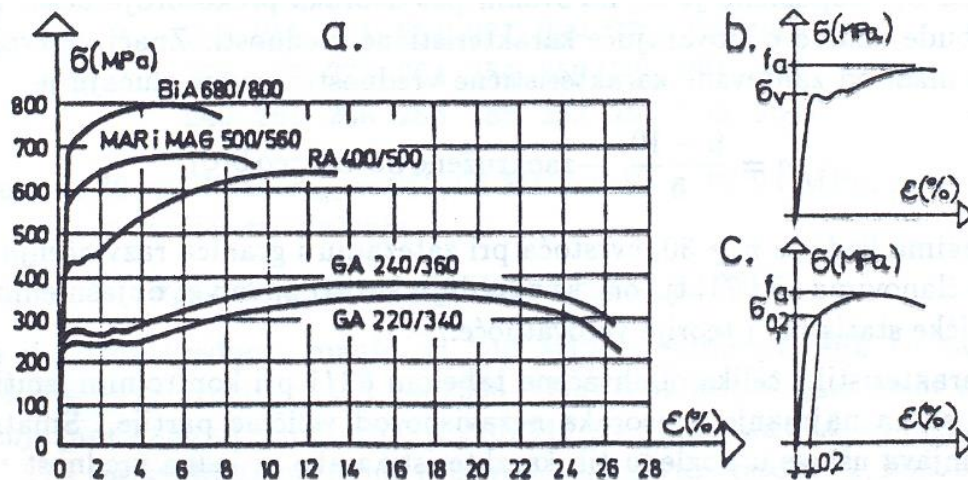
Proizvođač čelika za armiranje garantuje ove mehaničke karakteristike:

- karakterističnu čvrstoću pri kidanju (čvrstoća na zatezanje, f_{tk});
- karakterističnu granicu tečenja, f_{yk} ;
- rastegljivost poslije kidanja na dužini od 10ϕ
- sposobnost savijanja i povratnog savijanja šipke oko trna određenog prečnika, s određenim uglom savijanja bez pukotina u šipki u zategnutom i pritisnutom pojasu;
- karakterističnu dinamičku čvrstoću, granicu zamora.



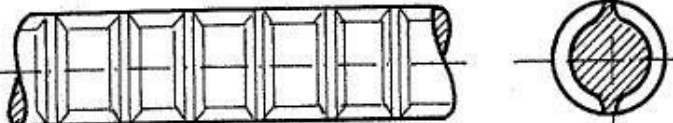
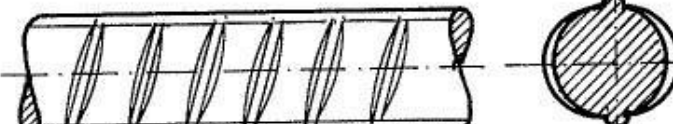
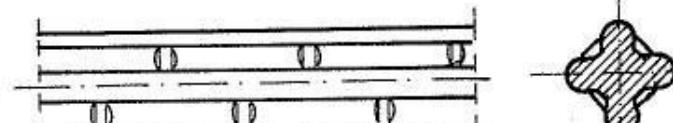
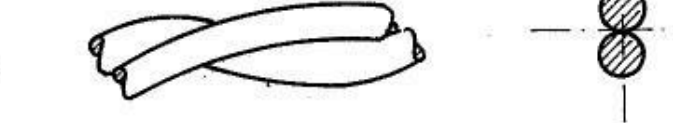
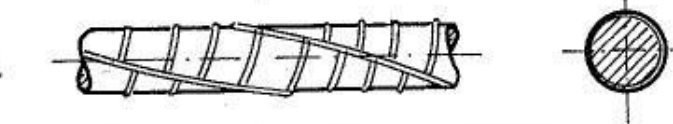
Za neke materijale kod kojih velika izduženja postoje, a teško je uočiti tačku "V", odnosno odrediti granicu " σ_v " uvodi se pojam uslovne ili konvencionalne granice velikih izduženja.

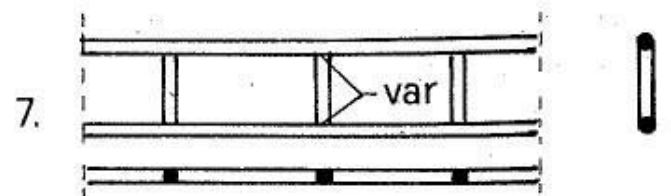
Ova granica obilježava se sa $\sigma_{0.2}$ i dobija se ako se usvoji da je zaostala deformacija 0.2%.



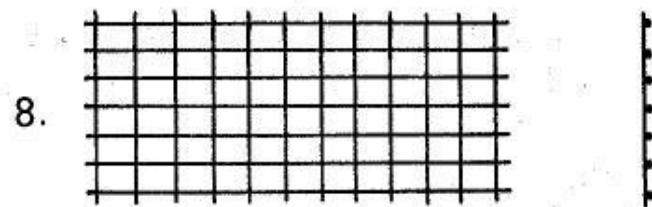
Slika 71/1 Radni dijagrami betonskih čelika

O ostvarenoj granici velikih izduženja možemo govoriti samo kod GA i RA armature, slika b, dok za armature mreže i Bi čelik važi pojam konvencionalne granice razvlačenja $\sigma_{0.2}$, slika c.

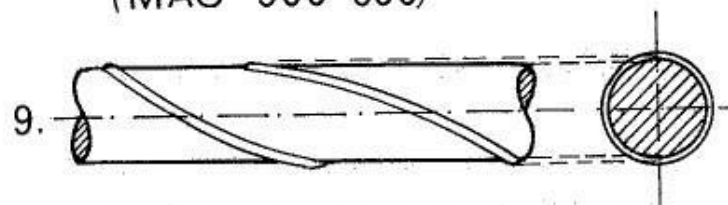
1. 
glatka armatura (GA 240/360)
2. 
rebrasta armatura (RA 400/500-1)
3. 
rebrasta armatura (RA 400/500-2)
4. 
Roxor - armatura
5. 
isteg - armatura
6. 
sukana rebrasta armatura



Bi - armatura (BiA 680/800)



mrežasta armatura
(MAR 500/560)
(MAG 500 560)

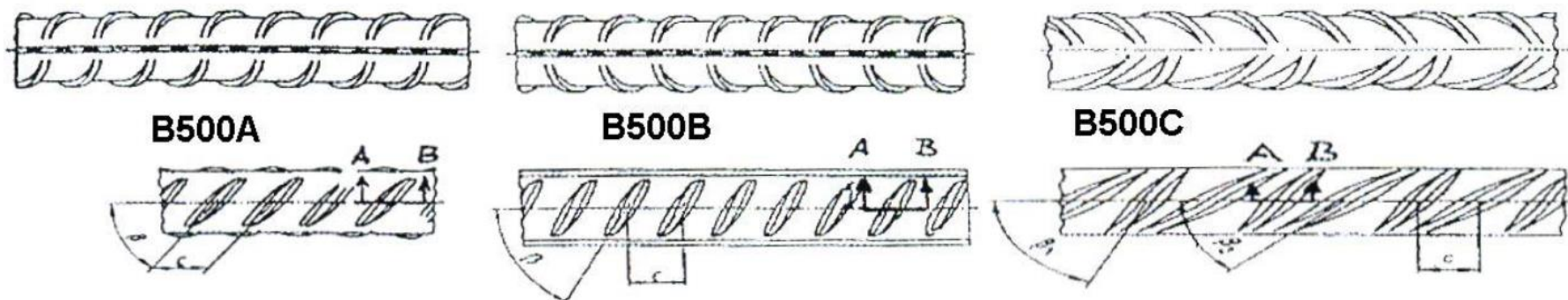


Tor - armatura

Čelici koji su se do skoro proizvodili i čije karakteristike su sadržane u PBAB'87-u.

Čelici u skladu sa evropskim normama, standard MEST EN 10080

- Klasa A imaju dva ili više nizova paralelnih poprečnih rebara sa istim uglom u odnosu na uzdužnu osu šipke
- Kalas B imaju dva ili više nizova paralelnih poprečnih rebara sa jednim drugačijim uglom u odnosu na druge
- Klasa C su slične prethodnima, ali ugao svakog niza rebara se razlikuje



Nominalni prečnik (mm)	Nominalna površina poprečnog presjeka (cm ²)	Linearna masa (kg/m)
8	0.503	0.395
10	0.786	0.617
12	1.131	0.888
14	1.540	1.209
16	2.011	1.579
18	2.546	1.998
20	3.143	2.467
22	3.803	2.985
24	4.526	3.553
25	4.911	3.855
26	5.311	4.159
28	6.160	4.836
32	8.046	6.316



Prema evropskim normama čelici za armiranje dijele se u klase s obzirom na granicu tečenja i duktilnost čelika.

Oznake za čelik za armiranje su: **B500A**, **B500B** i **B450C**

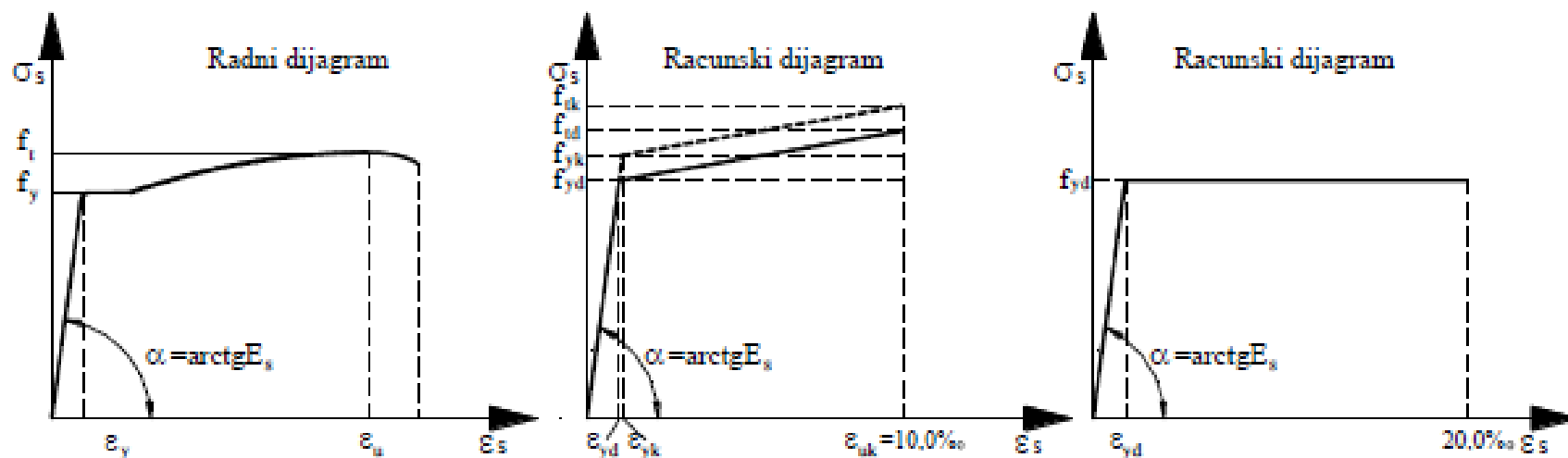
Pri čemu je: B – oznaka da se radi o betonskom čeliku (od njem. Betonstahl),

500 i 450 su vrijednosti karakteristične granice tečenja u N/mm²,

A, B i C su razredi duktilnosti pri čemu se razlikuje:

- obična duktilnost **B500A**: $f_{yk} \geq 500 \text{ N/mm}^2$, $\epsilon_{yk} \geq 25 \text{ ‰}$, $k = (f_t/f_y)_k \geq 1,05$
- velika duktilnost **B500B**: $f_{yk} \geq 500 \text{ N/mm}^2$, $\epsilon_{yk} \geq 50 \text{ ‰}$, $k = (f_t/f_y)_k \geq 1,08$
- vrlo velika duktilnost **B450C**: $f_{yk} \geq 450 \text{ N/mm}^2$, $\epsilon_{yk} \geq 75 \text{ ‰}$, $1,15 \leq k = (f_t/f_y)_k < 1,35$.

Kod rekonstrukcija postojećih građevina često se susreću stare oznake čelika: GA 240-360, RA 400/500, RA 500/550, MAG 500/560, MAR 500/560 i sl. Pravilo je sljedeće: što materijal ima manju čvrstoću, duktilniji je jer ima manje ugljenika u svom sastavu. Čelična armatura do granice tečenja $f_{yk} = 400 \text{ MPa}$ po pravilu je čak vrlo velike duktilnosti, C. Mrežasta je armatura zbog zavarivanja bi bila obične duktilnosti, A.



Slika 2.15 Radni i računski dijagrami armature.

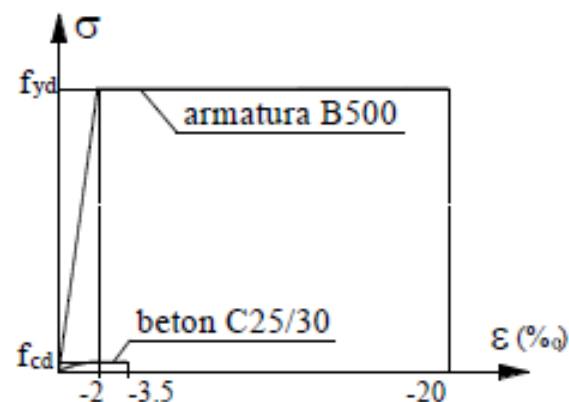
Beton: C25/30 $f_{cd} = 1.0 \cdot \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = 1.0 \cdot \frac{25.0}{1.5} = 16.67 \text{ N/mm}^2$ (računska čvrstoća betona)

Armatura: B500 $f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_s} = \frac{500}{1.15} = 434.78 \text{ N/mm}^2$ (računska čvrstoća armature)

Odnos računskih čvrstoća armature i betona u ovom primjeru iznosi:

$$\frac{f_{yd}}{f_{cd}} = \frac{434.78}{16.67} = 26.1$$

Primjer iz predavanja Beton 1- I.Gukov



Slika 2.16 Računski dijagram armature B500B i betona C25/30.