

Betonske konstrukcije

Cilj izučavanja predmeta **BETONSKE KONSTRUKCIJE** je sticanje znanja o:

- Osobina materijala u armiranom betonu,
- Teorijskim osnovama proračuna AB elemenata,
- Definisanju opterećenja,
- Karakteristikama i dimenzionisanju elemenata AB konstrukcija
- mogućnostima primjene betonskih konstrukcija u konstrukterstvu

Beton je heterogeni materijal, u obliku vještačke stijene, koji se dobija povezivanjem različitih tipova agregata pomoću cementne paste.

Beton, kojem je dodata armatura u cilju povećanja nosivosti, zove se **armirani beton**.

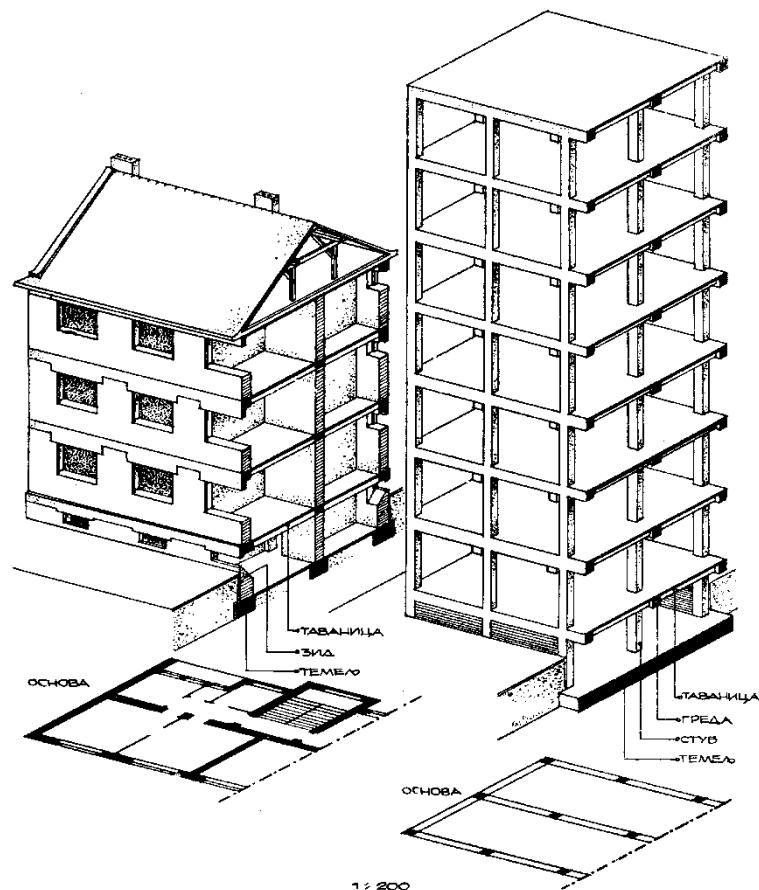
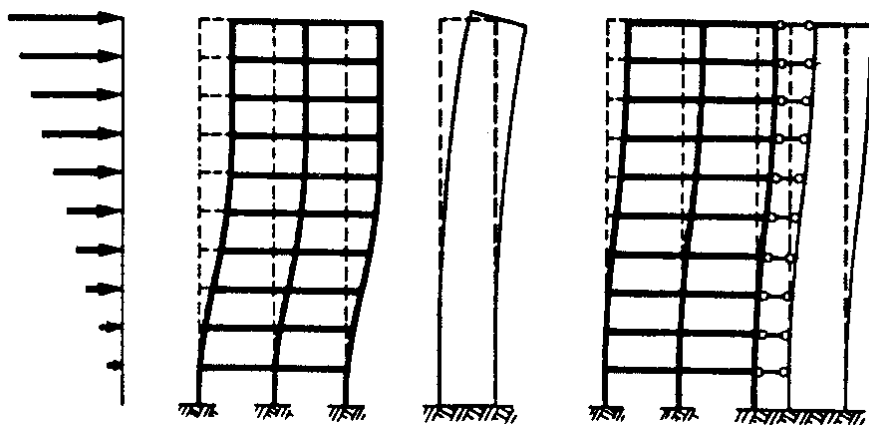
OBJEKAT – KONSTRUKCIJA – KONSTRUKTIVNI ELEMENT

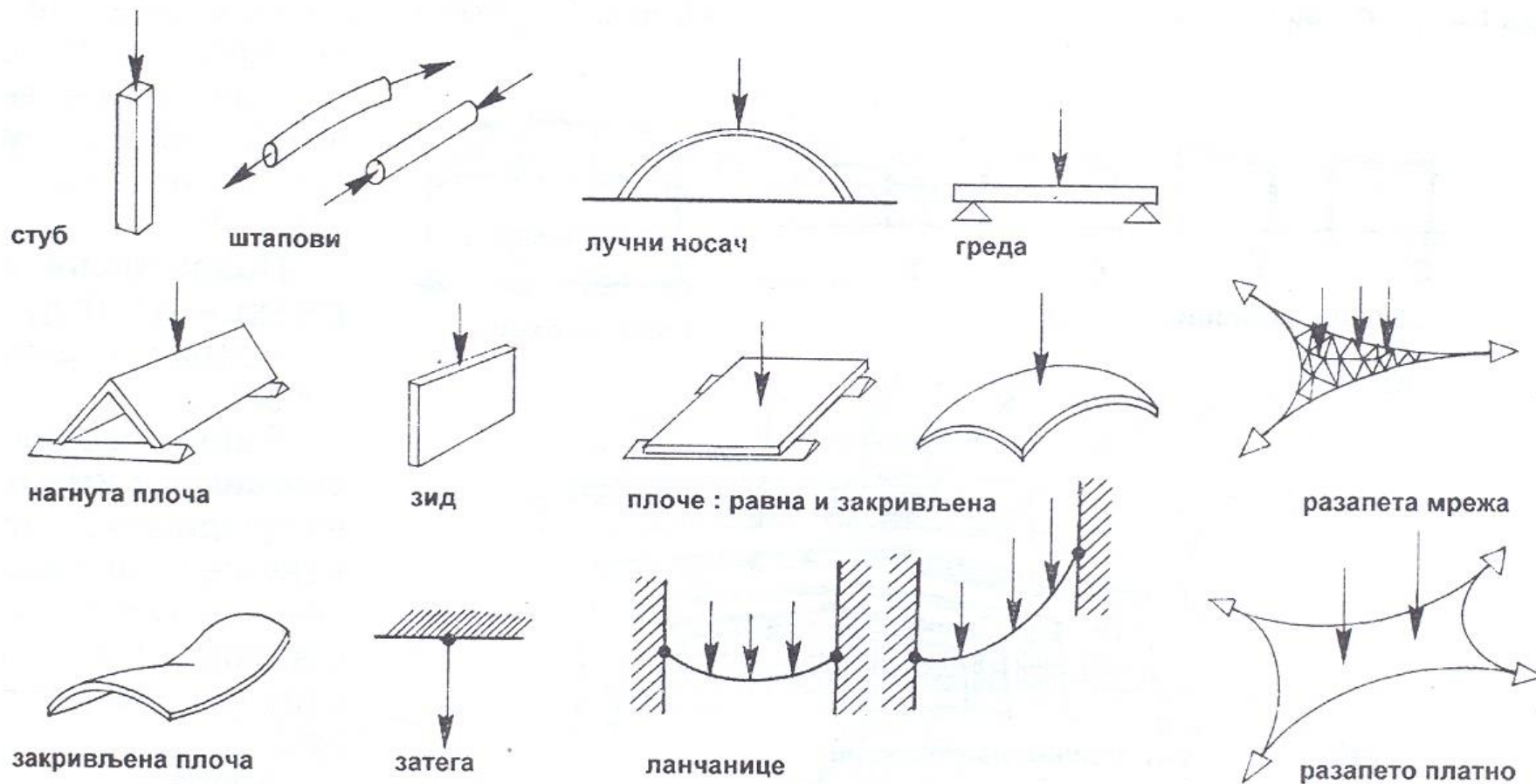
- OBJEKAT je prostorna, funkcionalna, konstruktivna, arhitektonska, estetska, tehničko-tehnološka ili biotehnička cjelina.
- KONSTRUKCIJA (NOSIVI SKLOP) je kombinacija povezanih dijelova projektovana tako da osigura određenu mjeru krutosti i nosivosti.
Konstrukciju čine konstruktivni elementi ili sklopovi konstruktivnih elemenata.
- KONSTRUKTIVNI ELEMENT je dio konstrukcije predviđen za preuzimanje spoljašnjih uticaja.

Primjer:

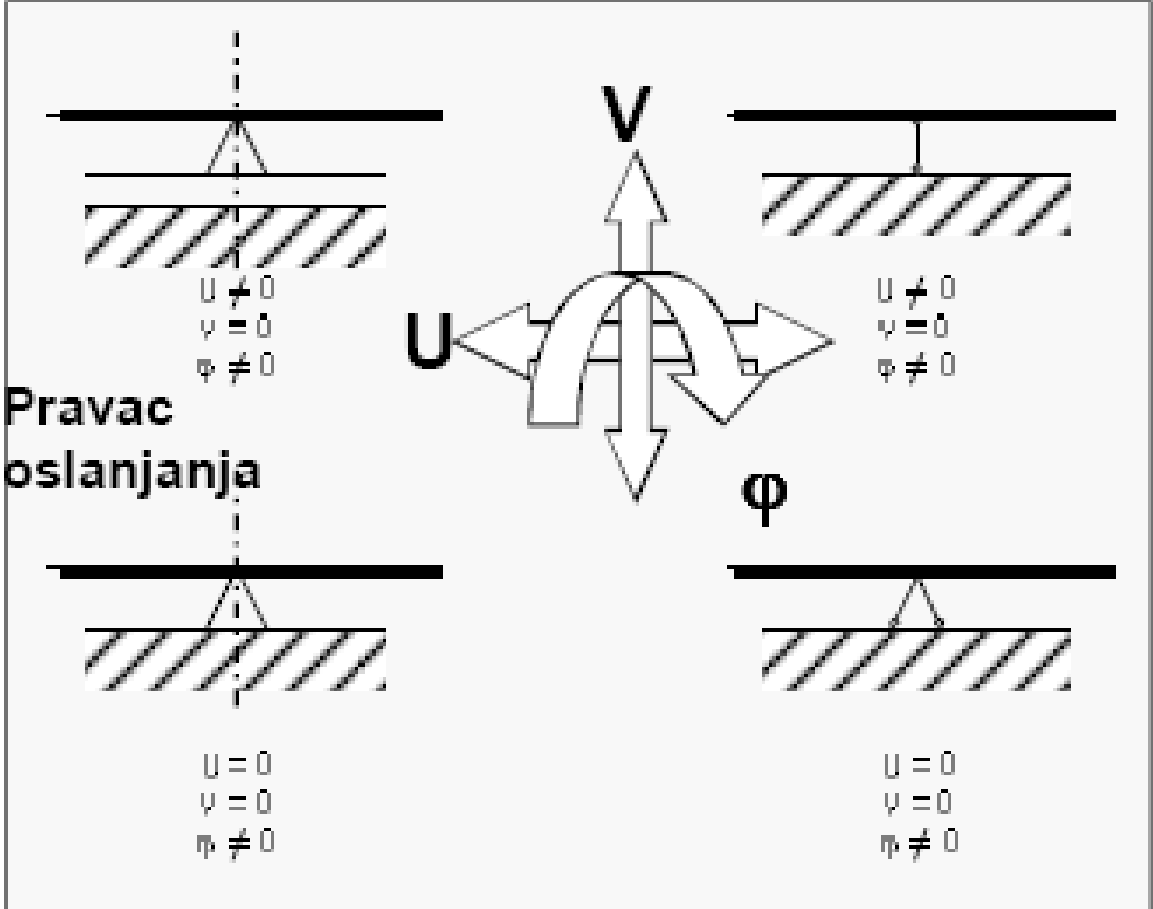
Objekat	Konstrukcija	Konstruktivni elementi
ZGRADA	krovnna konstrukcija	ploče, grede
	medjuspratna konstrukcija	ploče, grede
	Vertikalna noseća konstrukcija	stubovi, zidovi
	konstrukcija temelja	samci, trake, temeljne ploče

Analogija: objekat ⇔ konstrukcija
čovjek ⇔ ljudski skelet



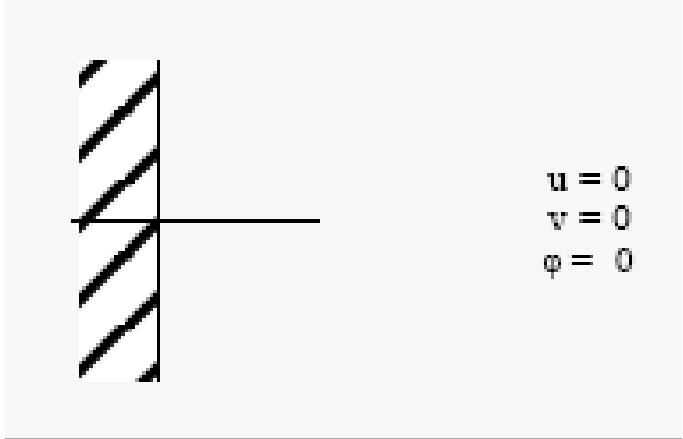


Osnovni konstruktivni elementi



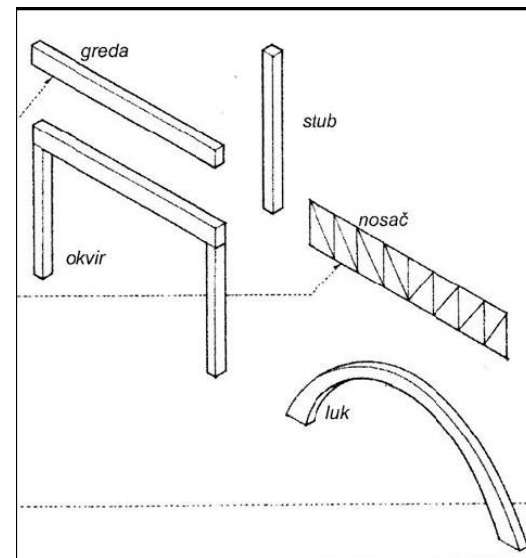
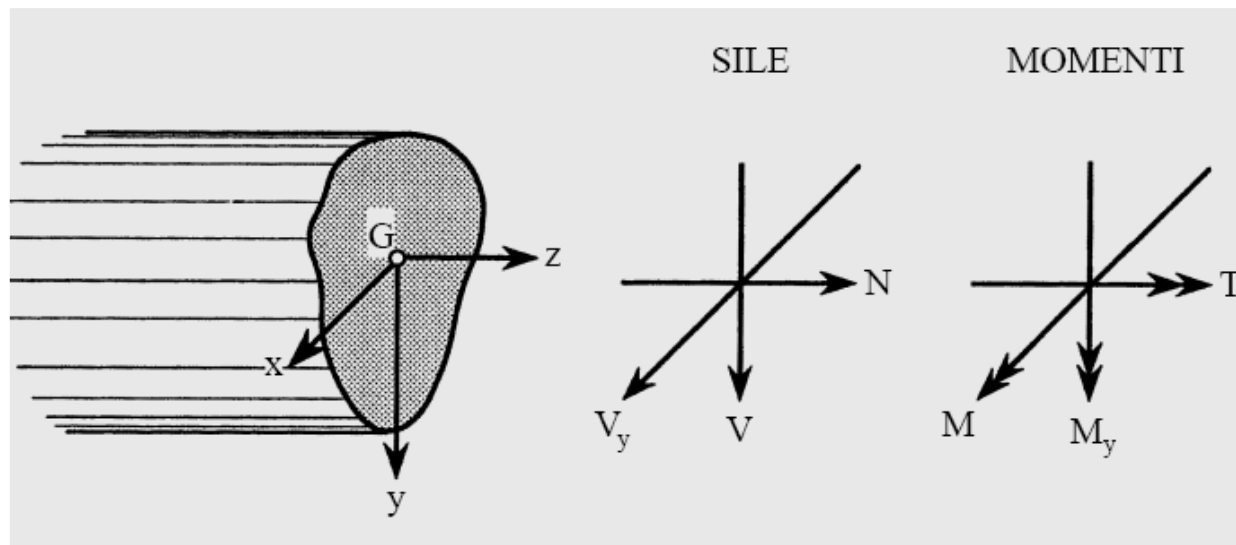
Pokretan oslonac, prima samo vertikalne sile

Nepokretan oslonac, prima vertikalne i horizontalne sile



Uklještenje, prima vertikalne, horizontalne sile i momente savijanja

LINIJSKI elementi konstrukcije - Kod linijskih elemenata dimenzije poprečnog preseka su male u odnosu na dužinu elementa. Jednodimenzionalni

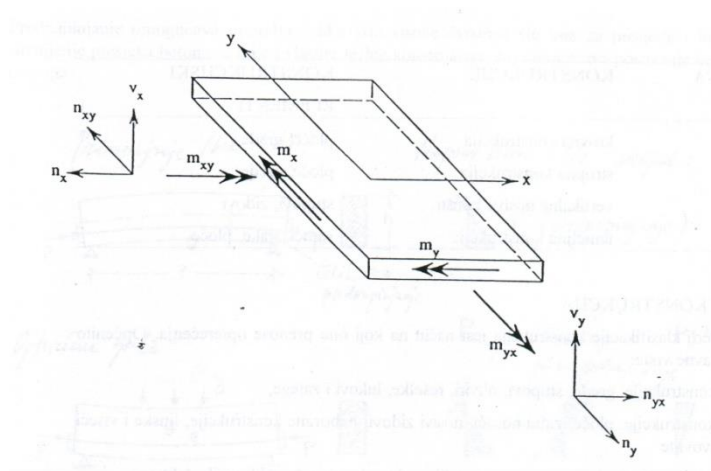


Poprečni presjek prostornog linijskog elementa može biti napregnut u opštem slučaju sa tri sile i tri momenta: uzdužna sila (N), dva momenta savijanja (M), dvije Poprečne-smičiće sile (V) i moment torzije (T).

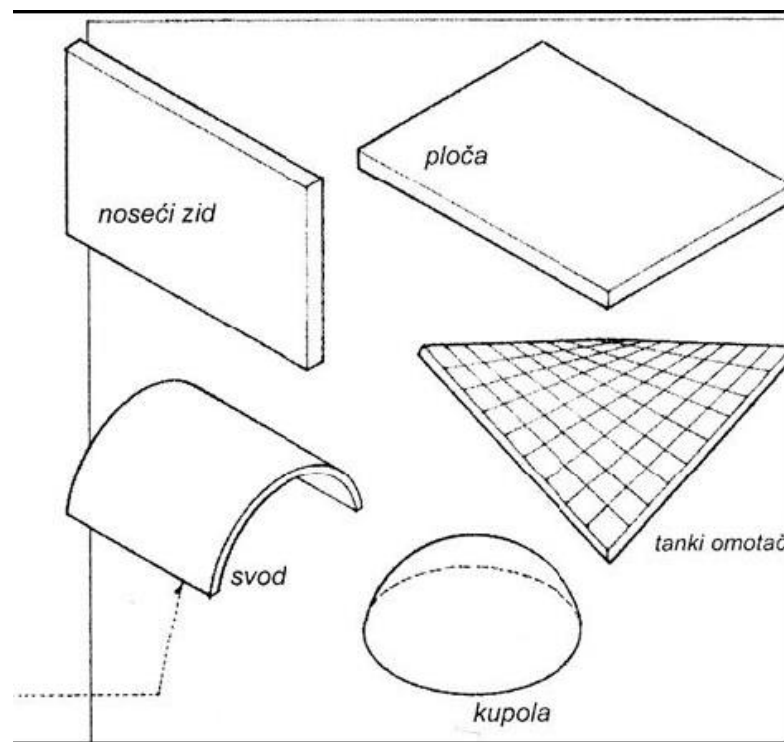
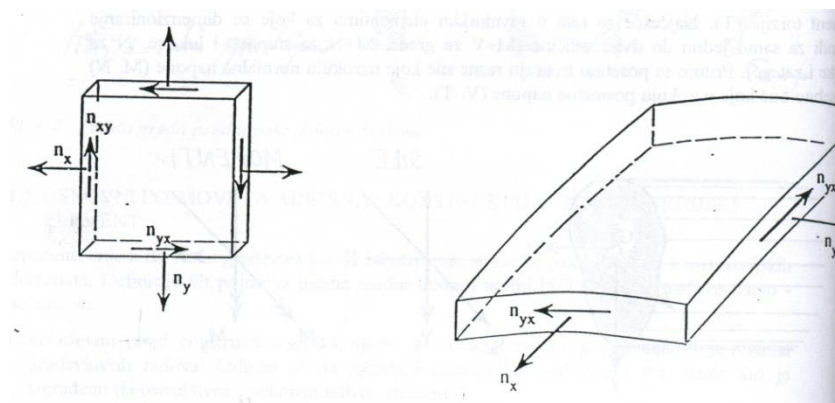
Primjeri:

- Slobodno oslonjena greda: M V
- Stubovi i lukovi: $M-N$ V
- Rešetke i zatege: N

POVRŠINSKI elementi konstrukcije: kod kojih su dvije dimenzije izrazito veće u odnosu na treću (debljinu elementa). Dvodimenzionalni



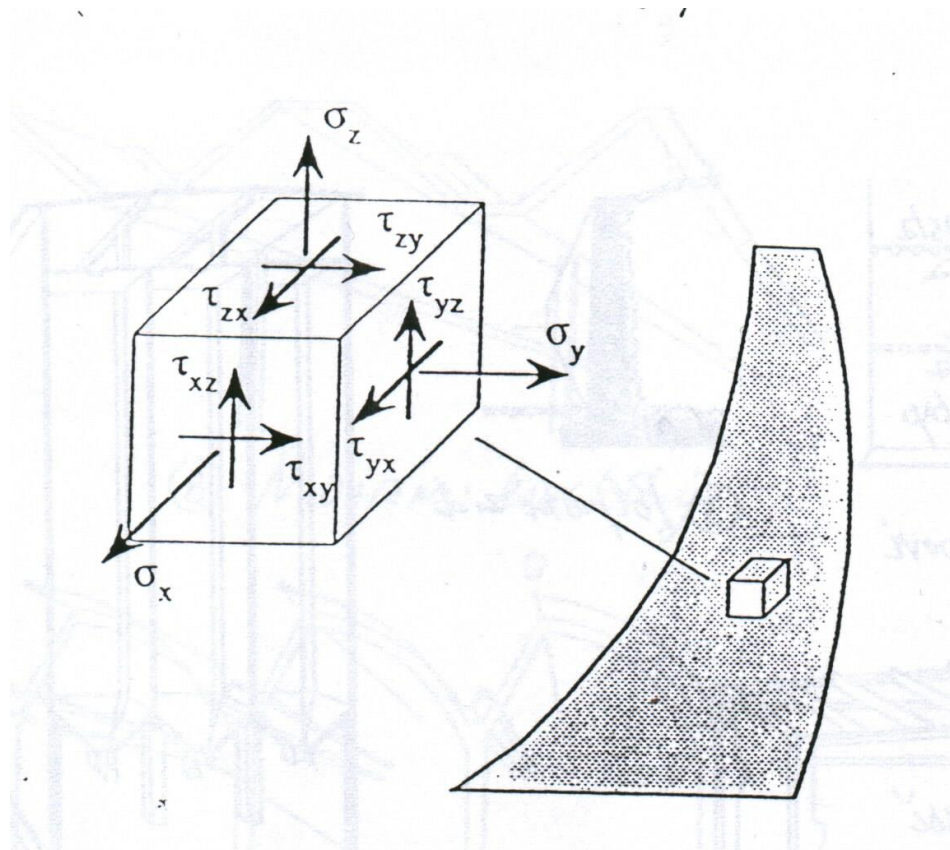
Ploča



Zidovi, zidni nosači, membrane i ljuske.

MASIVNI elementi konstrukcije - Prostorne trodimenzionalne konstrukcije izložene troosnom stanju napona.

Masivni temelji, brane, djelovi nuklearnih reaktora su primjeri masivnih elemenata konstrukcije.



Masivni element, izložen je troosnom naponskom stanju u tijelu brane

Kratka istorija razvoja armiranog betona

Dvadeseti vijek predstavlja doba armiranog betona. Iako ga neki smatraju vijekom sintetičkih materijala.

Armirani beton se kao građevinski materijal pojavljuje sredinom 19. vijeka.

1850 Joseph Lambot napravio je čamac od mreže obložen malterom.

1866 Matias Koenen armirao je betonske ploče armaturom postavljenom u zategnutoj zoni.

- 1867 Joseph Monier patentira je izradu većih betonskih lonaca.
- 1892 Francois Hennebique izveo je rebraste međuspratne tavanice, AB stubove.
- 1928 Freyssinet je izveo prvu konstrukciju od prednapregnutog betona.



AB konstrukcije

Svojstva svježeg betona

Obradivost	količina rada potrebna da se beton zbije i ugradi u konstrukciju (veći v/c lakše se ugrađuje)
Konzistencija	mjera obradivosti prema kojoj razlikujemo: - kruti zemljovlažni beton - slabo plastični beton - plastični beton - 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

Svojstva očvrsllog betona

Čvrstoća	Marka betona MB - normirana čvrstoća nakon 28 dana utvrđena na uzorcima pripremljenim normiranim postupcima
Gustina	Odnos mase i zapremine koji se utvrđuju prema normama (obični, laki i teški betoni)

Prema evropskim propisima zapreminskoj težini beton može biti:

- laki beton - zapreminska masa od 800-2000 kg/m³
- običan beton - zapreminska masa manja od 2000 kg/m³ do 2800 kg/m³
- teški beton - zapreminska masa veća od 2800 kg/m³

MEHANIČKA SVOJSTVA MATERIJALA

MEHANIČKA SVOJSTVA MATERIJALA su sve one osobine materijala koje karakterišu ponašanje materijala kada je on izložen dejstvu spoljnih sila.

Mehanička svojstva materijala izražena su preko:

- **deformacionih svojstava materijala (modul elastičnosti, modul smicanja, poasonov koeficijenat, duktilnost)**
- **čvrstoće materijala pri statičkom i dinamičkom opterećenju.**

Dobro projektovana konstrukcija ne može se zamisliti bez pravilano odabranog materijala za građenje i dobrog poznavanja njegovih mehaničkih svojstava.

Pri djelovanju spoljnih sila na neko tijelo, ono se DEFORMIŠE tako što u samom materijalu dolazi do promjene rastojanja između molekula, a pošto unutrašnje sile između molekula teže da zadrže prvobitni raspored molekula, dolazi do određenog naponskog stanja koje se naziva NAPREZANJE.

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

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

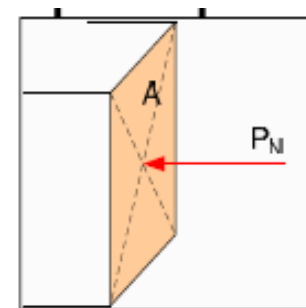
Normalni napon " σ " je komponenta napona upravna na poprečni presjek.

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

Gde je:

P_N - sila koja djeluje na tijelo, upravno na poprečni presjek,

A - površina poprečnog presjeka.



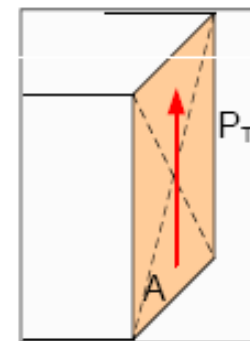
Tangencijalni napon " τ ", je komponenta napona paralelna poprečnom presjeku:

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

Gde je:

P_T - sila koja djeluje na tijelo, paralelno poprečnom presjeku

A - površina poprečnog presjeka.



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 ...

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

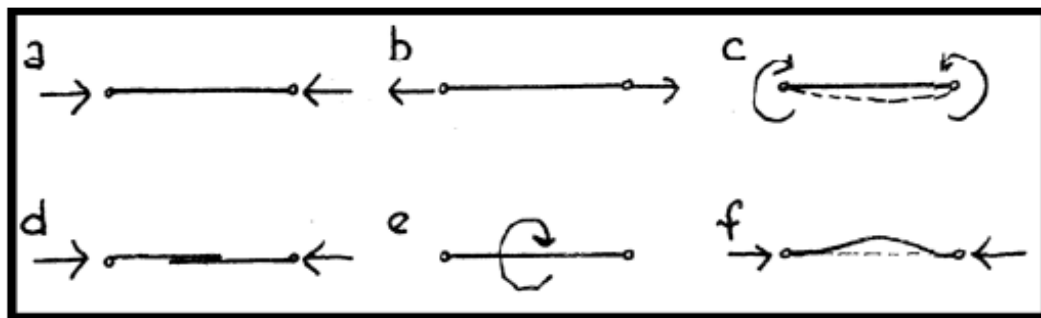
$$\varepsilon = \frac{l - l_0}{l_0} = \frac{\Delta l}{l_0}$$

ε (+) izduženje materijala

ε (-) skraćenje materijala

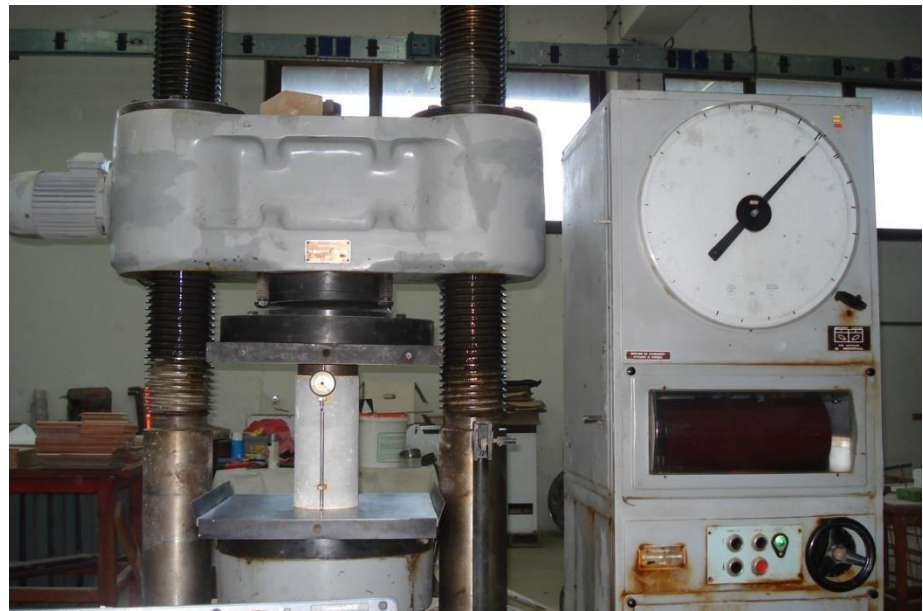
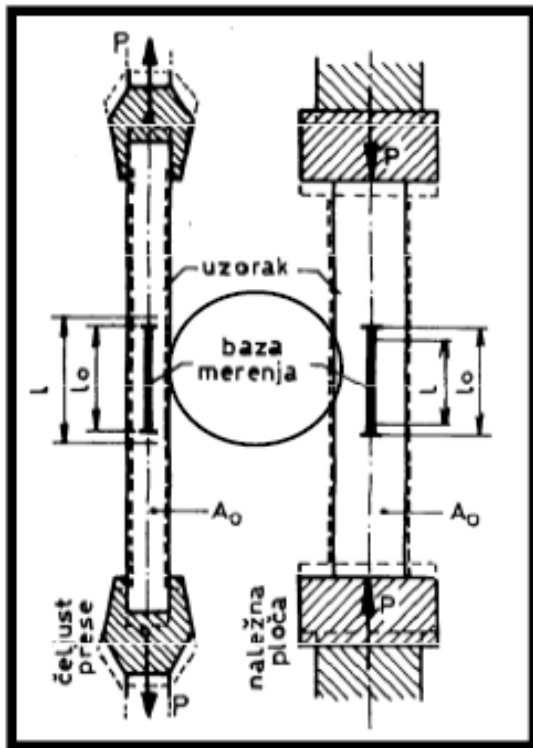
Prema pravcu i smjeru djelovanja sile na elemente konstrukcije ili na objekat, razlikuju se sljedeće osnovne vrste naprezanja:

- 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, **normalni naponi**
- Čvrstoća na savijanje,
- Čvrstoća na torziju **tangencijalni naponi**
- Čvrstoća na smicanje.

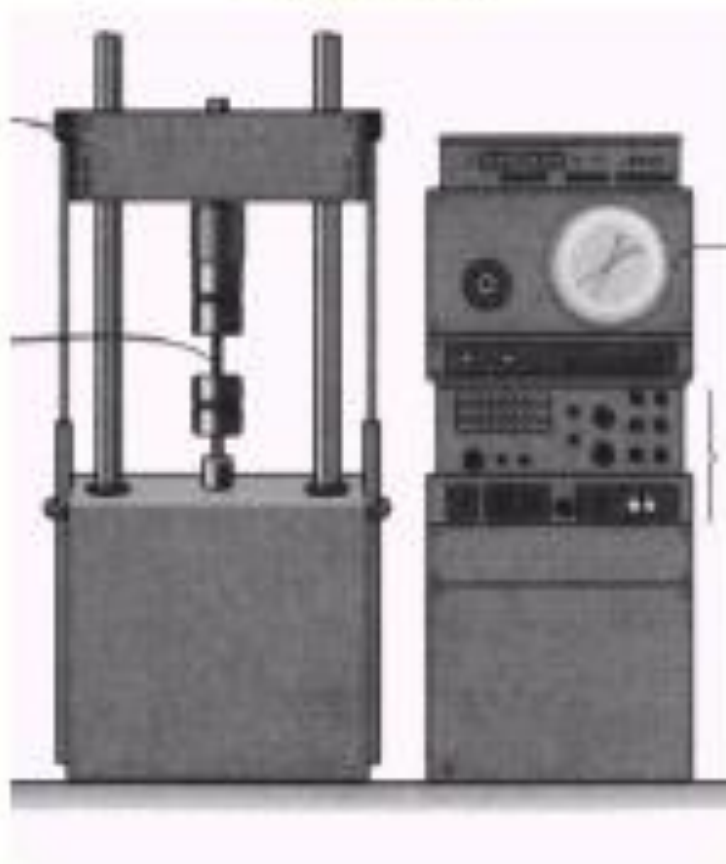


$$\varepsilon = \frac{\Delta l}{l_0}$$

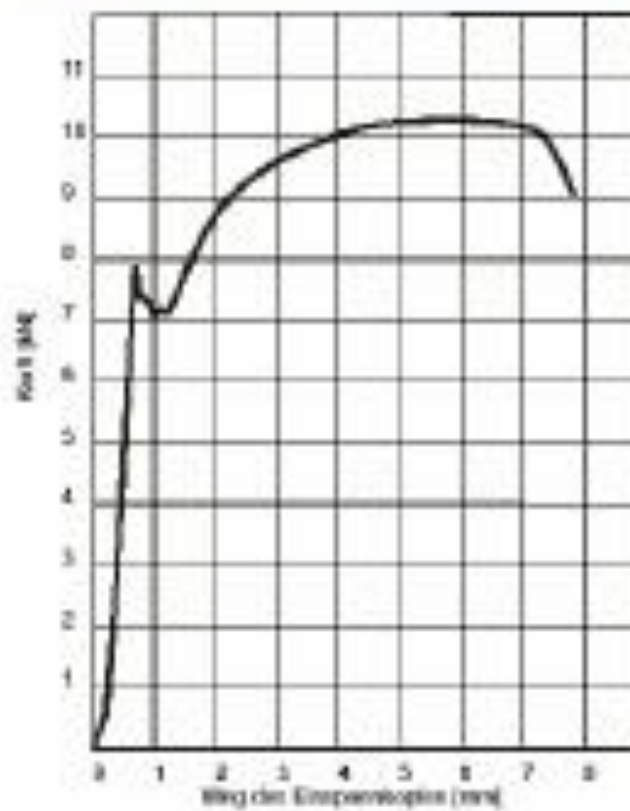
$$\sigma = \frac{P}{A_0}$$

Ispitivanja uzoraka betona

KIDALICA



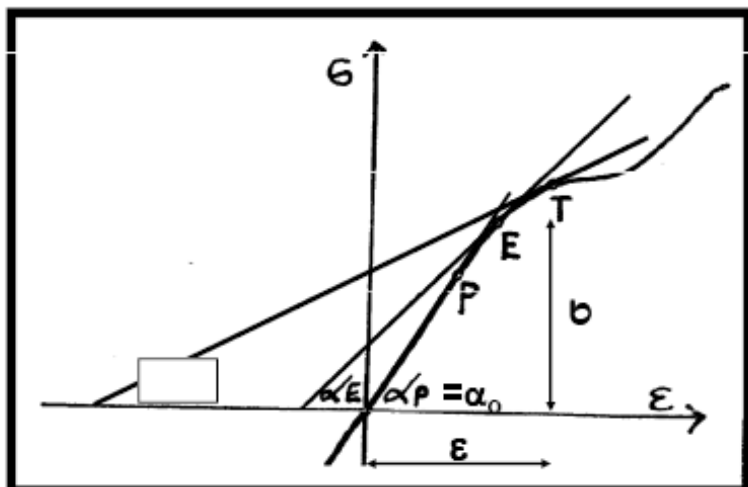
DIJAGRAM KIDANJA ($F-\Delta l$)



Ispitivanja uzoraka čelika

MODUL ELASTIČNOSTI predstavlja mjerenu veličinu odnosa napona i dilatacija.

Modul elastičnosti je jednak tangensu ugla koji zaklapa tangenta na proizvoljnoj tački krive " σ - ϵ " sa apscisom. Ovaj modul elastičnosti se naziva i tangenti modul elastičnosti.



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

U praksi se pod modulom elastičnosti obično podrazumijeva vrijednost koja odgovara pravolinijskom dijelu krive, odnosno:

$$E = \operatorname{tg} \alpha_0$$

Materijal	Čelik	Beton	Drvo ili vlaknima	Keramika porcelan
Modul elastičnosti, GPa	200-210	30-35	3-25	70
E, GPa	200	30	10	70
$\sigma=10$ MPa	10	10	10	10
ϵ , (mm/m)	0.05	0.33	1	0.14

$$\epsilon = \sigma / E$$

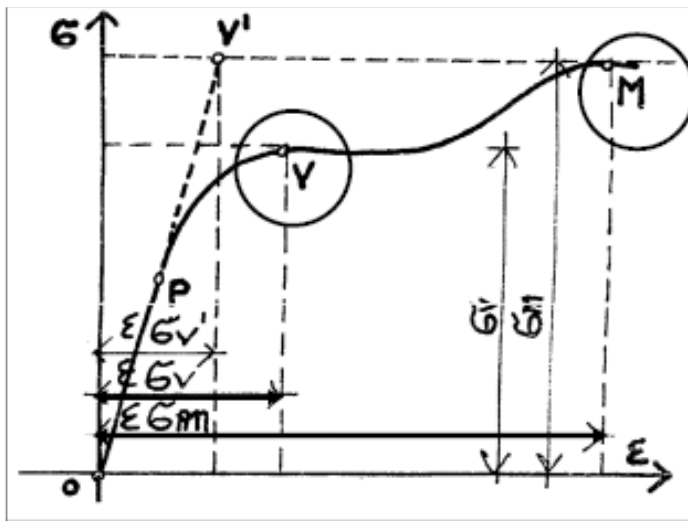
POASONOV KOEFICIJENT predstavlja odnos poprečne i podužne dilatacije. Služi za određivanje poprečnih dilatacija. Poprečne dilatacije se javljaju prilikom ispitivanja zatezanjem i ispitivanja pod pritiskom.

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

DUKTILNOST MATERIJALA

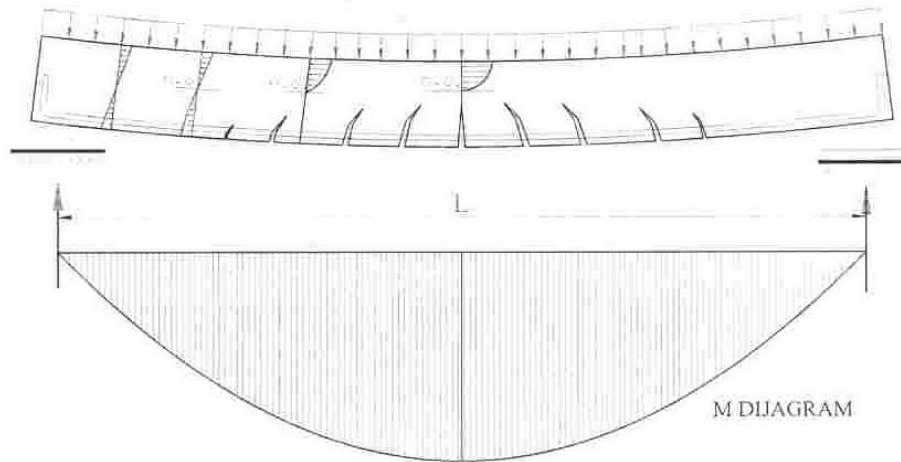
Duktilnost je žilavost ili istegljivost materijala.

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



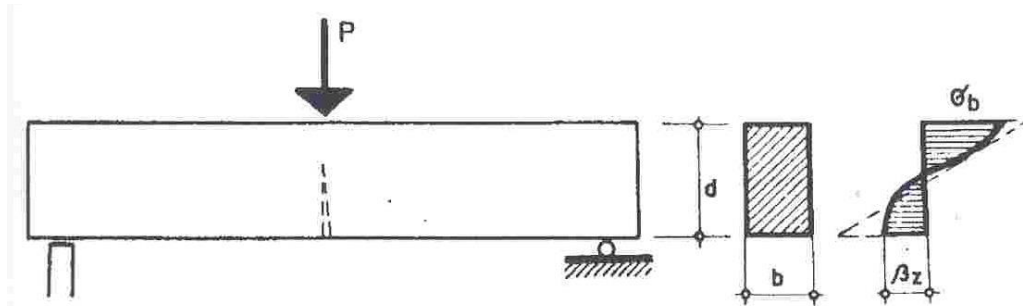
$$D = \frac{\varepsilon_{\sigma m}}{\varepsilon_{\sigma v}}$$

Deformacija proste grede

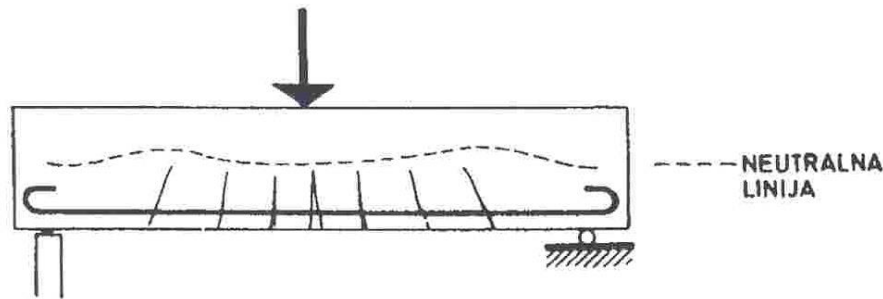


Deformacije proste grede opterećene jednakopodijeljenim opterećenjem

- ▶ Ako se posmatra prosta greda od betona naprezana savijanjem, iznad neutralne ose vlada pritisak, a ispod nje zatezanje. Dimenzije poprečnog presjeka grede određuju se iz nosivosti betona na zatezanje, dok je čvrstoća na pritisak neiskorišćena. Greda je zbog toga teška i neekonomična.
- ▶ Ako u zategnutu zonu ugradimo čelik, materijal koji dobro prenosi zatezanje, možemo smanjiti dimenzije grede.
- ▶ Kod računanja nosivosti grede naprezane savijanjem uvijek se pretpostavlja da je beton pukao do neutralne ose i da ne učestvuje u prenosu sila zatezanja.
- ▶ Kombinacijom betona i čelika u obliku armiranog betona postiže se dobro iskorištavanje oba materijala, pri čemu beton u prvom redu prima pritisak, a čelik zatezanje.



Nosač od nearmiranog betona



Armirani nosač

Deformacije proste grede opterećene koncentrisanom silom

Beton i čelik "rade" zajedno jer:

- beton ima svojstvo da u toku svog stvrdnjavanja čvrsto prijanja uz čelik, tako da pri djelovanju vanjskih sila oba materijala nose zajednički, tj. susjedne čestice betona i čelika imaju jednake deformacije.
- beton i čelik imaju približno jednake temperaturne koeficijente; beton zavisno od vrste agregata od 0.7×10^{-5} do 1.4×10^{-5} , a čelik 1.2×10^{-5} .
- beton štiti čelik od korozije, ako je dovoljno kompaktan, zbog baznog karaktera hemijskih reakcija.

VAŽEĆI PROPISI

ZA BETONSKE I ARMIRANOBETONSKE KONSTRUKCIJE, 1987, PBAB'87

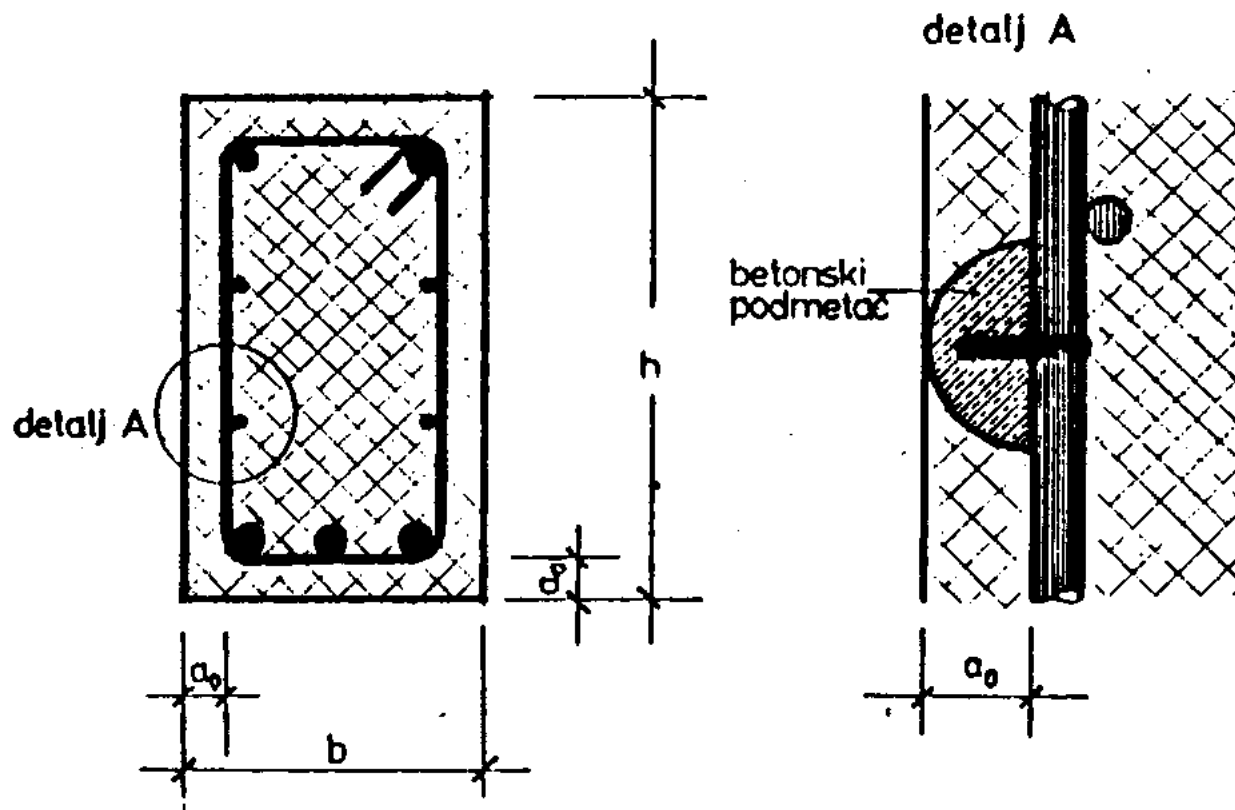
ZA PREDNAPREGNUTI BETON, 1971, PNB'71

PRAVILNIK O TEHNIČKIM NORMATIVIMA ZA OPTEREĆENJA NOSEĆIH
GRAĐEVINSKIH KONSTRUKCIJA, 1987

PRAVILNIK O TEHNIČKIM NORMATIVIMA ZA IZGRADNJU OBJEKATA
VISOKOGRADNJE U SEIZMIČKIM PODRUČIJIMA 1981

O zaštitnom sloju betona (članovi 135-136 PBAB'87)

Debljina zaštitnog sloja a_0 je rastojanje od površine betona do prve armature u poprečnom presjeku.



Veličina zaštitnog sloja zavisi od :

- agresivnosti sredine;
- vrste elementa;
- marke betona;
- prečnika armature;
- načina izvođenja.

Minimalna debljina zaštitnog sloja a_0 u zavisnosti od agresivnosti sredine, MB i vrste elementa za konstrukcije građene na licu mjesta data je u sljedećoj tabeli.

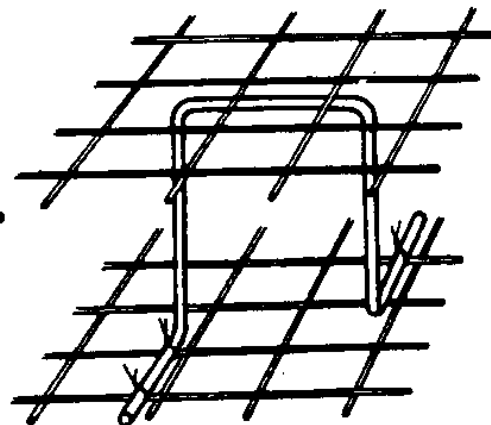
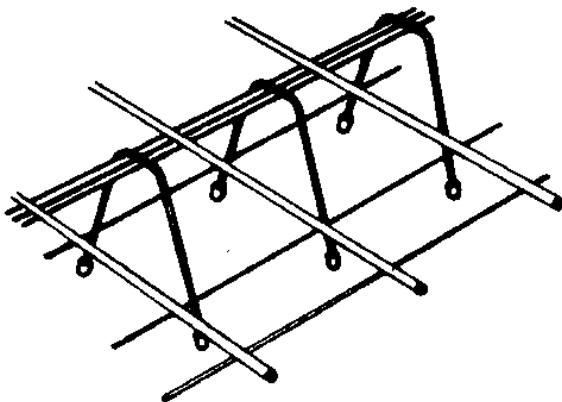
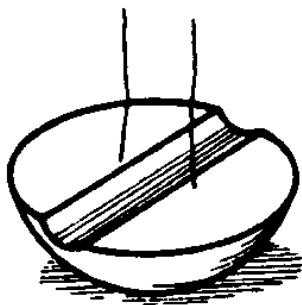
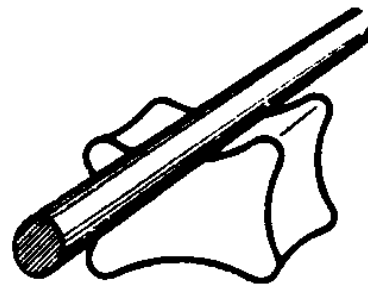
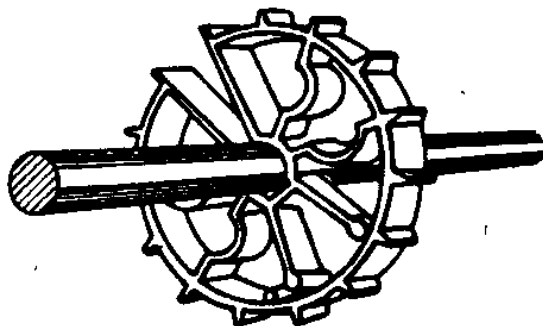
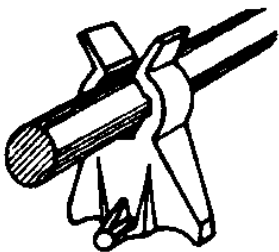
MB	< MB 25		≥ MB 25	
agresivnost sredine	grede, stubovi	ploče, ljske, zidovi	grede, stubovi	ploče, ljske, zidovi
slaba	2,5	2,0	2,0	1,5
srednja	3,0	2,5	2,5	2,0
jaka	4,0	3,5	3,5	3,0

Najmanji zaštitni slojevi betona koriguju se i to:

- | | |
|----------|---|
| + 0,5 cm | - ako površine elemenata konstrukcije poslije betoniranja nijesu dostupne kontroli; |
| + 1,0 cm | - ako se površina betona obrađuje postupkom koji izaziva oštećenja zaštitnog sloja; |
| + 1,0 cm | - za konstrukcije izvedene u klizajućoj oplati; |
| - 0,5 cm | - za montažne elemente proizvedene u fabričkim uslovima. |

Veličina a_0 može se i posebno zahtijevati.

Ako je $a_0 > 5$ cm zaštitni sloj se armira rabić mrežom, koja se ne uzima u račun.
Zaštitni sloj a_0 obezbjeđuje se distancerima.



Različiti oblici distancera