

Konstruisanje i proračun stubova i zidova

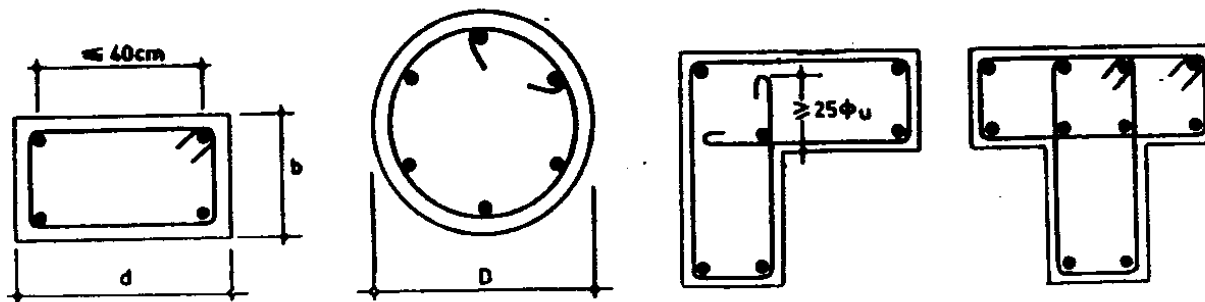
Stubovi su elementi konstrukcije izloženi pretežno pritisku sa odnosom strana poprečnog presjeka $b \leq 5d$, gdje je d manja strana stuba.

Zidovi su elementi konstrukcije izloženi pretežno pritisku sa odnosom strana poprečnog presjeka $b > 5d$.

Minimalna debljina AB zidova, livenoig na licu mjesta iznosi 10 cm, a montažno izvedenih 8 cm, uslov je da su zidovi međusobno povezani kontinualnim međuspratnim tavanicama.

Ako ne postoji kontinuitet u međuspratnim konstrukcijama, minimalne debljine zidova su 12 cm za zidove livene na licu mjesta odnosno 10 za montažno izvedene zidove.

U seizmički aktivnim područjima minimalna debljina AB zidova je 15 cm.



Stubovi različitog oblika i položaj armature u njima

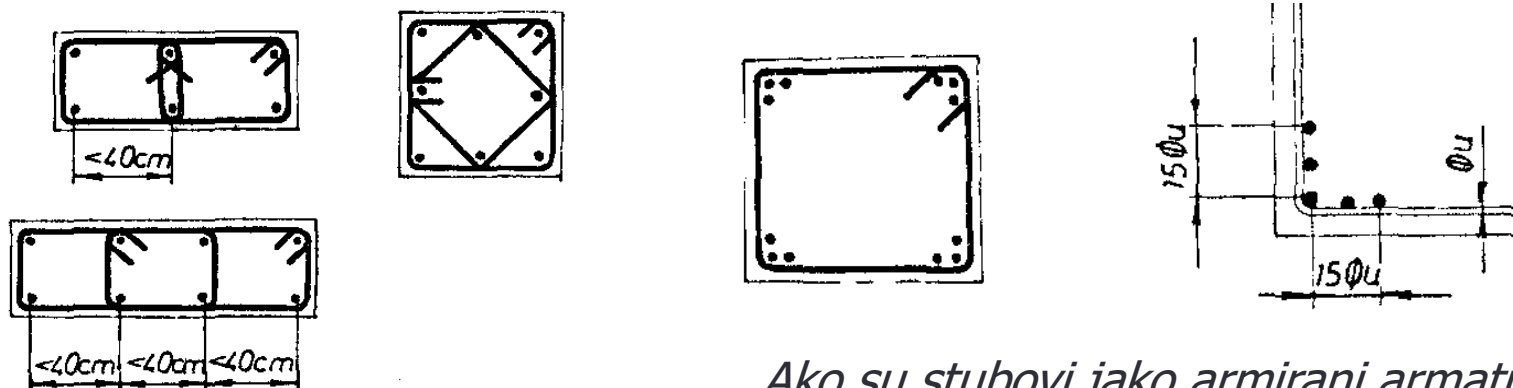
Prečnik šipke podužne armature u stubovima iznosi najmanje 12 cm. Zidovi se mogu armirati mrežastom armaturom, sa najmanjim prečnikom podužne armature od 5 mm.

U pritisnutim linijskim elementima, a to su stubovi, da bi se spriječilo lokalno izbočavanje pojedinih šipki armature, predviđaju se uzengije, čiji razmak u seizmički aktivnim područjima ne smije biti veći od 15 cm, dok se u čvorovima, na dužini od 1m, razmak uzengija dvostruko smanjuje.

Uzengije se izvode sa preklopom po čitavoj dužini kraće strane. Podužna armatura u stubu se nastavlja van područja plastičnih zglobova i na mjestima najmanjih napona zatezanja. Nastavljanje na preklop vrši se bez kuka.

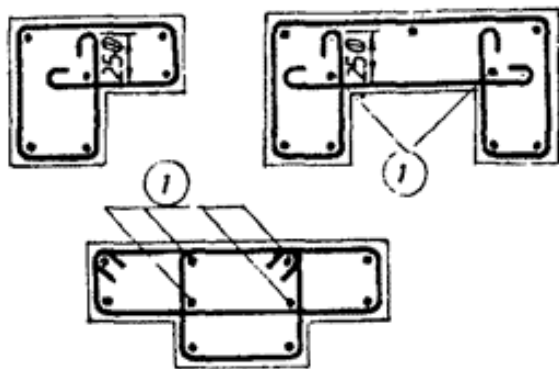
Nastavljanje armature većeg prečnika od 20 može se vršiti zavarivanjem.

Armatura stubova, ako se ne zavaruje, vodi se kroz dva sprata, čime se nastavlja na preklop 50% armature na svakom spratu.



Utezanje podužne armature stubova uzengijama

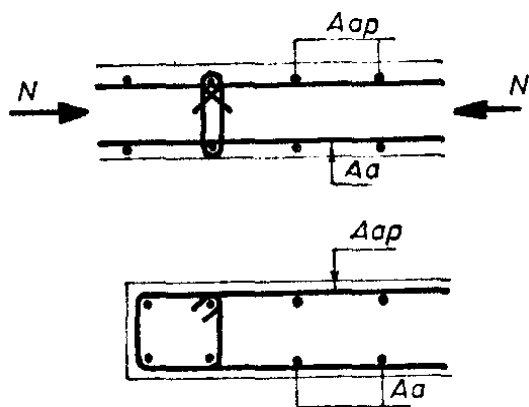
Ako su stubovi jako armirani armatura se može grupisati u uglovima



Ako su presjeci stubova razučeni, uzengija na konkavnoj strani mora se prekinuti i usidriti u stub. Usidrenje se računa od presjeka uzengija i iznosi 25 prečnika šipke uzengije. Ako nema mjesta za usidrenja, treba izvesti dvojne uzengije u istom presjeku stuba.

Ako na mjestima ukrštanja krajeva uzengija nije potrebna statička armatura, zavisno od debljine profila glavne armature postavljaju se montažne šipke prečnika 6, 8 ili 10 mm.

Montažne šipke kod stubova razučenih presjeka



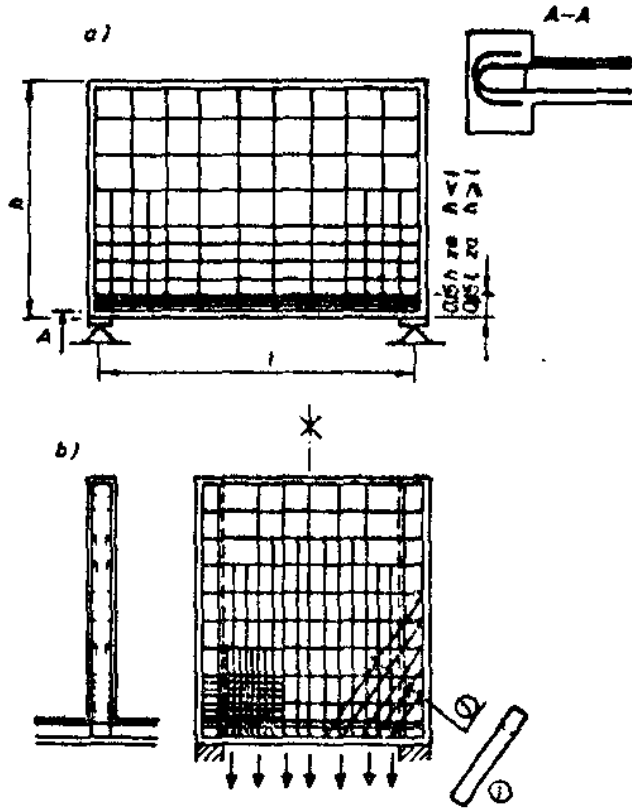
Vertikalno armiranje zidova, u seizmički aktivnim područjima, vrši se mekom armaturom ili u kombinaciji zavarenih mreža i meke armature.

Na krajevima vrši se grupisanje armature na dužini od $1/10$ presjeka zida. Količina armature na svakom kraju zida ne smije biti manja od 0.15% od ukupne površine zida. Srednji dio može se armirati mrežama sa minimalnim procentom armiranja od 0.15% ukupne površine zida.

Armatura u AB zidovima

Ukupna vertikalna armatura (krajevi+sredina) ne smije biti manja od 0.45% površine zida. Presjek horizontalne armature ne smije biti manji od 0.20% površine vertikalnog presjeka zida.

Zidni nosači nisu zidovi to su visoke grede



Zidni nosači su ravni površinski nosači opterećeni u srednjoj ravni čija je visina jednaka ili veća od polovine raspona za nosače na dva slobodna oslonca, a jednaka ili veća od 0,4 raspona za kontinualne nosače.

Zidni nosači proračunavaju se kao površinski nosači napregnuti u srednjoj ravni.

Pri projektovanju i izvođenju kontinualnih zidnih nosača mora se obezbjediti da ne dođe do nejednakog slijeganja oslonaca.

Minimalna debljina zidnog nosača ne može biti manja od 10 cm.

Zidni nosač

Centrično pritisnuti elementi

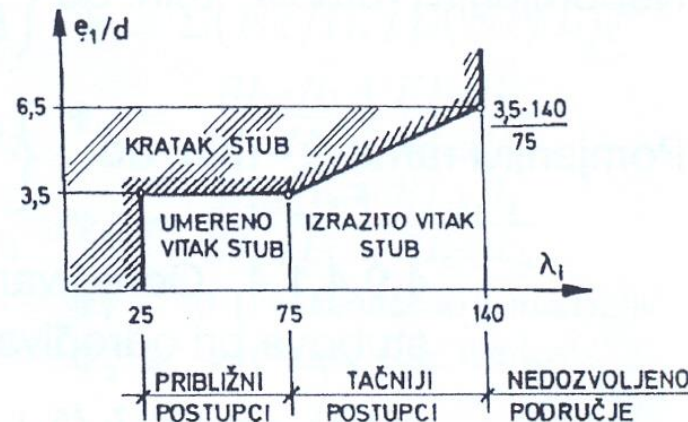
Stanje centričnog pritiska karakteristično je za AB stubove i zidove. U zavisnosti od dimenzija poprečnog presjeka i dužine izvijanja stuba, definiše se parametar vitkosti stuba λ . Dimenzionisanje, odnosno dokaz granične nosivosti, vrši se za određene vitkosti uvođenjem efekta izvijanja. Za vitkosti manje od 25 proračun se sprovodi bez uticaja izvijanja. Za vitkosti $25 \leq \lambda \leq 75$, stubovi se tretiraju kao umjereno vitki i u tom slučaju se primjenjuje približan proračun. Kada je vitkost u granicama $75 < \lambda \leq 140$ stubovi se smatraju izrazito vitkim i za njihovo dimenzionisanje treba koristiti tačnije postupke proračuna. Vitkost stubova veća od 140 nije dopuštena. Samo u prolaznim fazama montaže dopuštena je maksimalna vitkost 200.

4.9.5. Kriterijumi kada nije neophodno uvođenje efekata vitkosti u proračun granične nosivosti
- PBAB 87, član 105

$$\lambda_i < 25$$

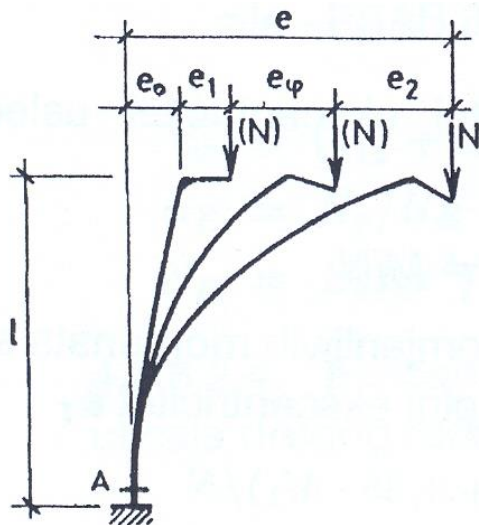
$$e_1/d \geq 3,5 \quad \text{za } \lambda_i \leq 75$$

$$e_1/d \geq 3,5 \cdot \lambda_i/75 \quad \text{za } \lambda_i > 75$$



Proračun vitkih stubova se svodi na određivanje dodatne ekcentričnosti normalne sile, koja može nastati usljed:

- netačnosti pri izvođenju e_0 , odnosno odstupanju ose stuba od projektovanog položaja,
- povećanja deformacija ose stuba izazvanih vremenskim deformacijama betona e_φ ,
- uticaja koje izaziva normalna sila pritiska pri pomeranjima usled poprečnih deformacija stuba e_2 (efekat drugog reda),



$$e_1 = M/N$$

Parcijalni ekscentriciteti normalne sile

Uzimajući u obzir ove efekte, dokaz granične nosivosti elemenata vrši se sa uticajima $M=N \times e$, gdje je ukupni ekcentricitet normalne sile:

$$e = e_0 + e_1 + e_\varphi + e_2$$

Iz prethodnog izraza se vidi da sile u presjecima zavise od deformacija, pa je problem geometrijski nelinearan. Kod tačnijih proračuna uvodi se i veza spoljašnjih sila i deformacija u presjeku, koja je za uticaje M i N nelinearna, pa cio problem postaje materijalno nelinearan.

Proračun centrično pritisnutih elemenata prema graničnoj nosivosti, kada vitkost elementa λ ne prelazi vrijednost 25, vrši se tako što se u nosivost presjeka uključuje nosivost betonskog dijela presjeka i nosivost ukupne armature.

Granična nosivost za slučaj centričnog pritiska dostiže se pri dilatacijama u betonu, odnosno u armaturi.

$$\epsilon_b = \epsilon_a = 2\text{‰}$$

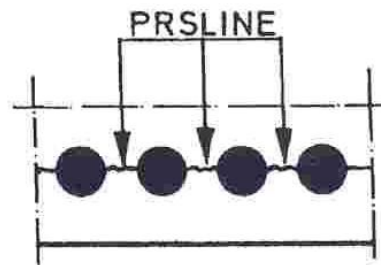
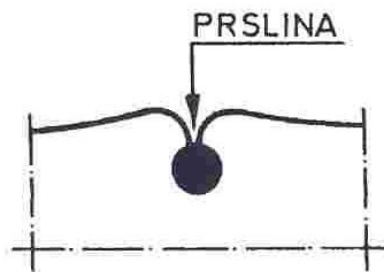
Pri čemu se smatra da ni u graničnom stanju nije narušena veza između armature i betona.

6.8. Granicno stanje prslina

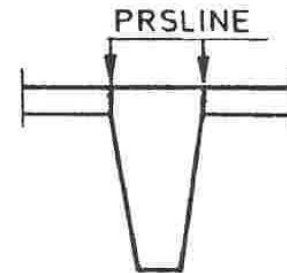
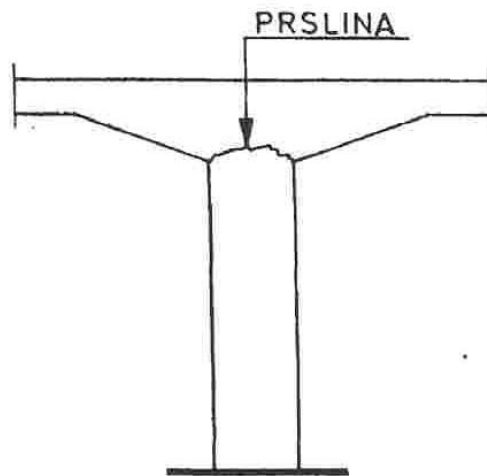
6.8.1. Opšte napomene

6.8.1.1. Osnovne vrste prslina

a. Prslinae usled plastičnog slijezanja betona

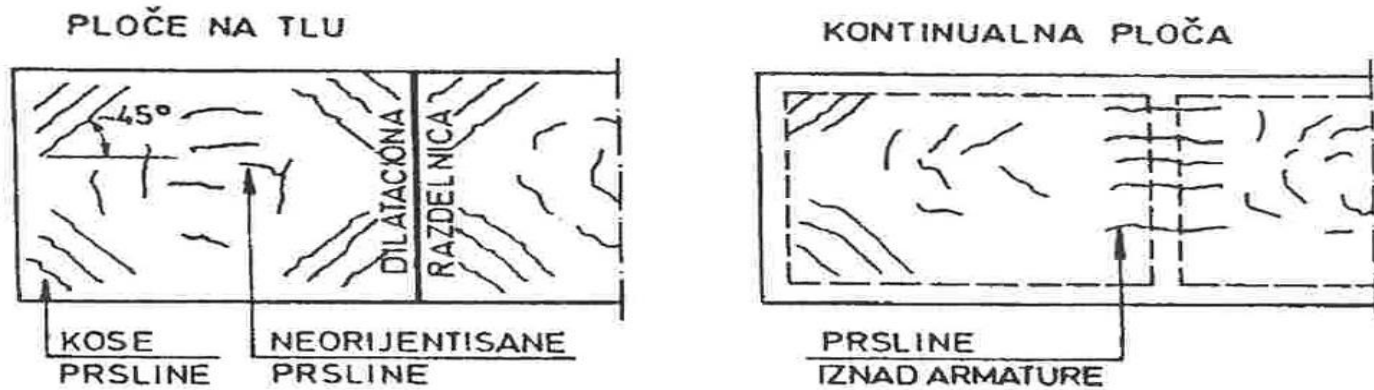


U okolini
armature

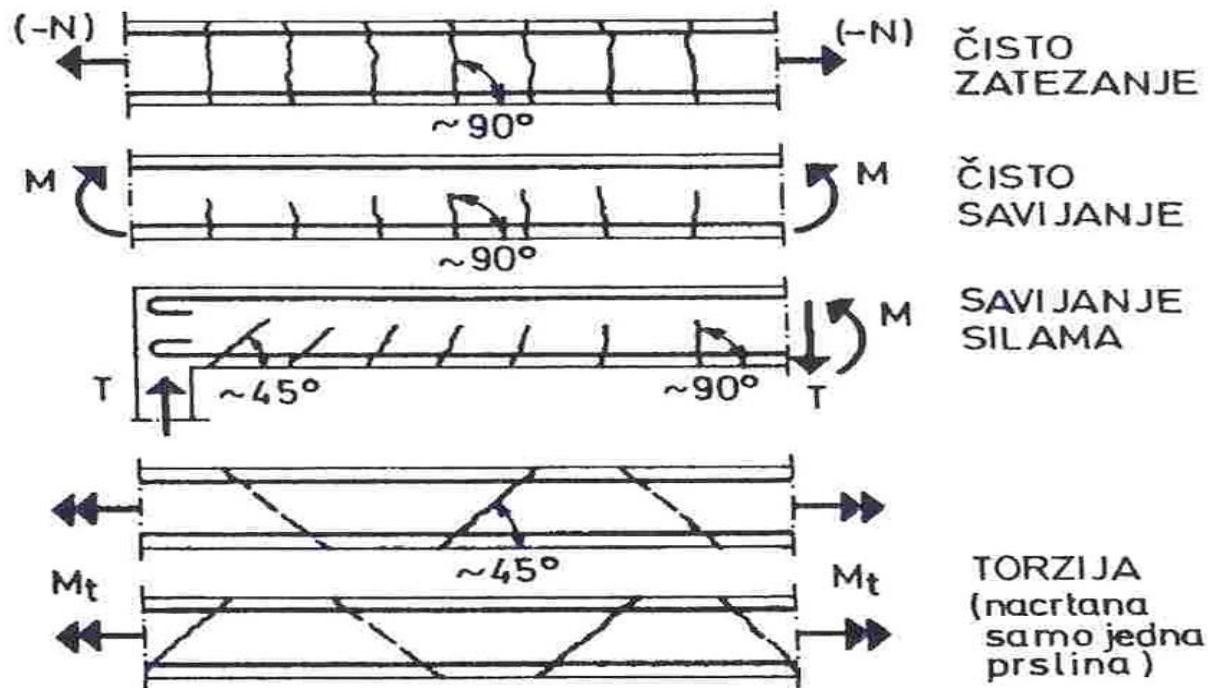


Na vrhovima
stubova i pri
naglim
promenama
geometrije
elementa

c. Prsline usled plastičnog skupljanja betona



d. Prsline usled dejstva spoljašnjih sila



j. Prsline od neadekvatnih opterećenja

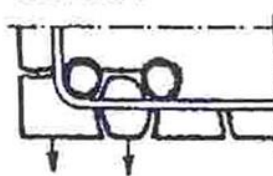
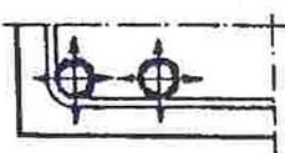
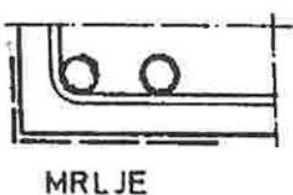
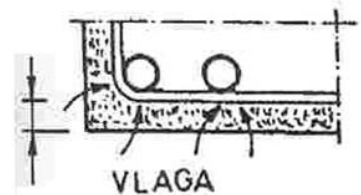
k. Prsline nastale od degradacije betona i korozije armature

POROZAN I
TANAK
ZAŠTITNI
SLOJ

KOROZIJA
ARMATURE

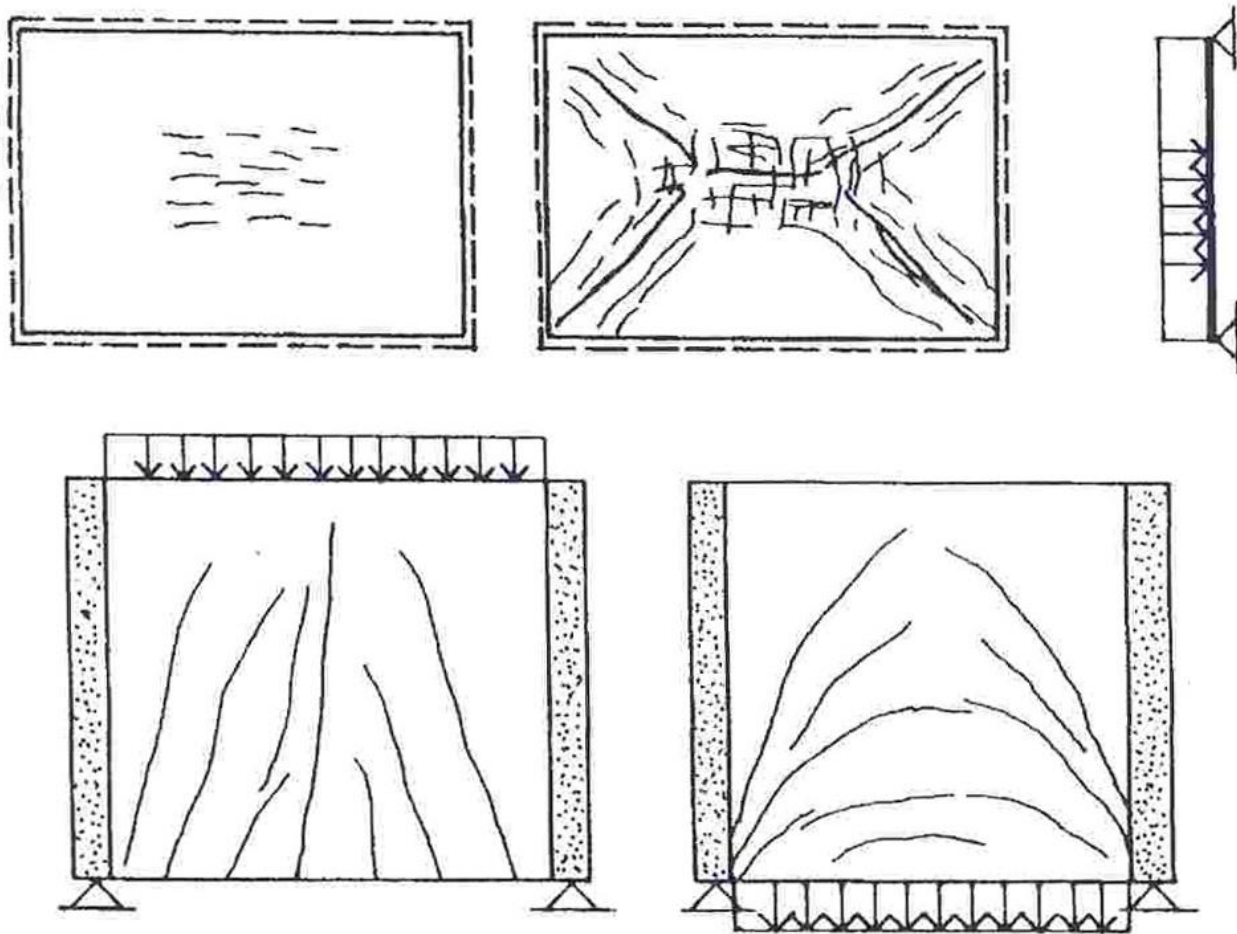
BUBRENJE
ARMATURE

PODUŽNE
PRSLINE
I ODVALJIVANJE
BETONA



l. Prsline nastale od kombinacije dejstava





Prsline u pločama i zidnim nosačima

OSNOVNA ZAMISAO PREDNAPREZANJA

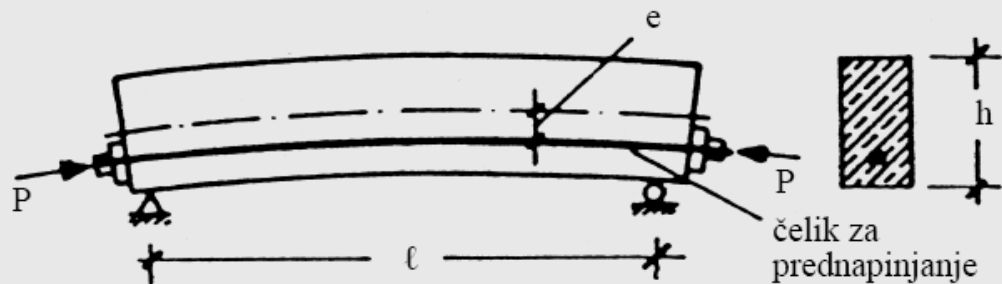
Prednaprežanjem se ostvaruje stanje napona koje se suprotstavlja naprežanjima od opterećenja.

Osnovna zamisao prednaprežanja može se prikazati na primjeru proste grede pravougaonog presjeka. Zamislimo da je u otvor ostavljen u donjem dijelu grede umetnuta šipka kojoj su s obje strane dodate ankerne ploče. Šipka s obje strane ima navoj.

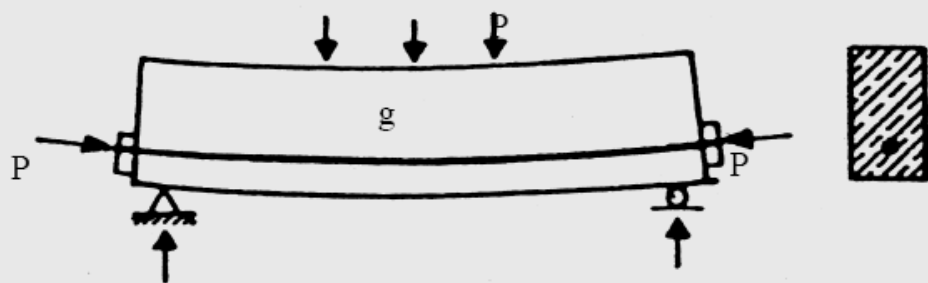
Pritežanjem matica nastaju u isto vrijeme naponi zatezanja u šipki, a preko ankerskih ploča ekscentrična sila pritiska na beton (sila prednaprežanja). Greda, za koju ćemo pretpostaviti da nema težine, deformisaće se prema gore pod djelovanjem uzdužne sile P i momenta $M = Pxe$. Pri tome će u betonu uz donju ivicu nastati veliki naponi pritiska, a na gornjoj ivici mali naponi zatezanja za slučaj da je $e > h/6$.

Ako sad pretpostavimo da djeluje ukupno opterećenje grede, superponirat će se naponi od tog opterećenja s naponima od prednaprežanja.

Prednaprežanje omogućuje upotrebu čelika vrlo visoke čvrstoće, što ima za posljedicu bitno smanjenje presjeka betona, a time i sopstvene težine konstrukcija, što omogućuje postizanje većih raspona.



OPTEREĆENA GREDA



ISTO, S VEĆIM OPTEREĆENJEM



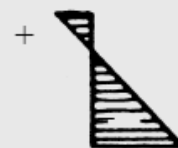
P (prednapinjanje)

P

M_{g+p}

P+M

puno prednapinjanje



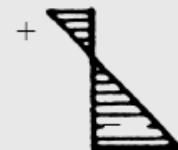
+



=



ograničeno prednapinjanje



+



=



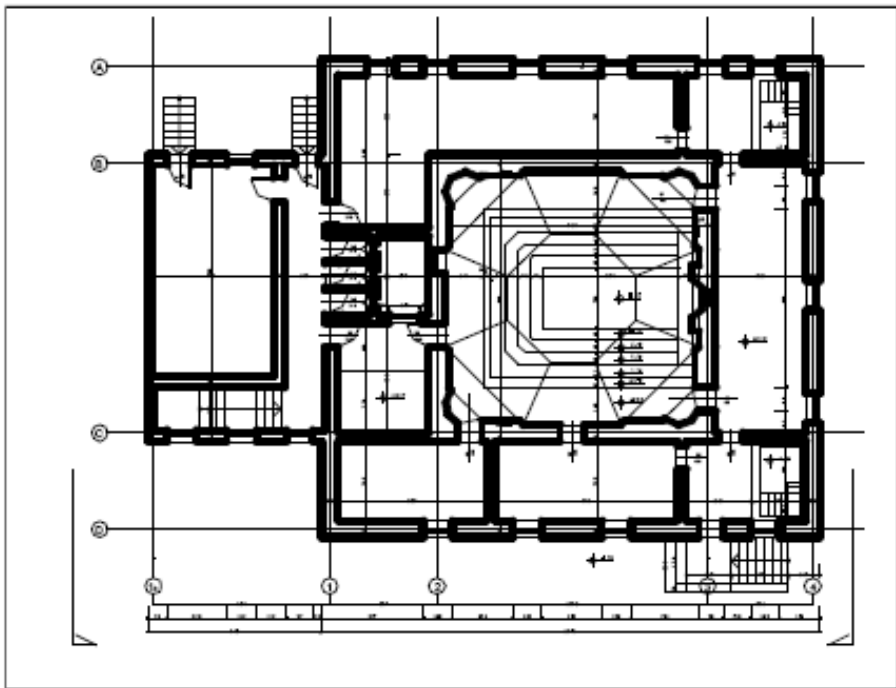
$\sigma_{v1, dop}$

Podjela prema vrsti vertikalnih elemenata koji prenose opterećenje - ustaljena podjela

Prema vrstama vertikalnih elemenata u sklopu jedne zgrade, koji primaju i prenose opterećenja, izvršena je podjela na:

- ▶ Masivne sisteme, nosioci opterećenja su nosivi zidovi. Mogu biti sa: podužnim nosivim zidovima, poprečnim nosivim zidovima ili kombinacija podužnih i poprečnih nosivih zidova.
- ▶ Skeletne sisteme, nosioci opterećenja su stubovi. Zidovi ispunje rade se naknadno.
- ▶ Mješovite sisteme građenja, nosioci opterećenja su i zidovi i stubovi. Zidovi se postavljaju u paru, simetrično u osnovi.

Masivni konstruktivni sistemi: sistem nosećih zidova



Masivni konstruktivni sistem je sistem u kome vertikalnu konstrukciju čine "masivni" zidovi od:

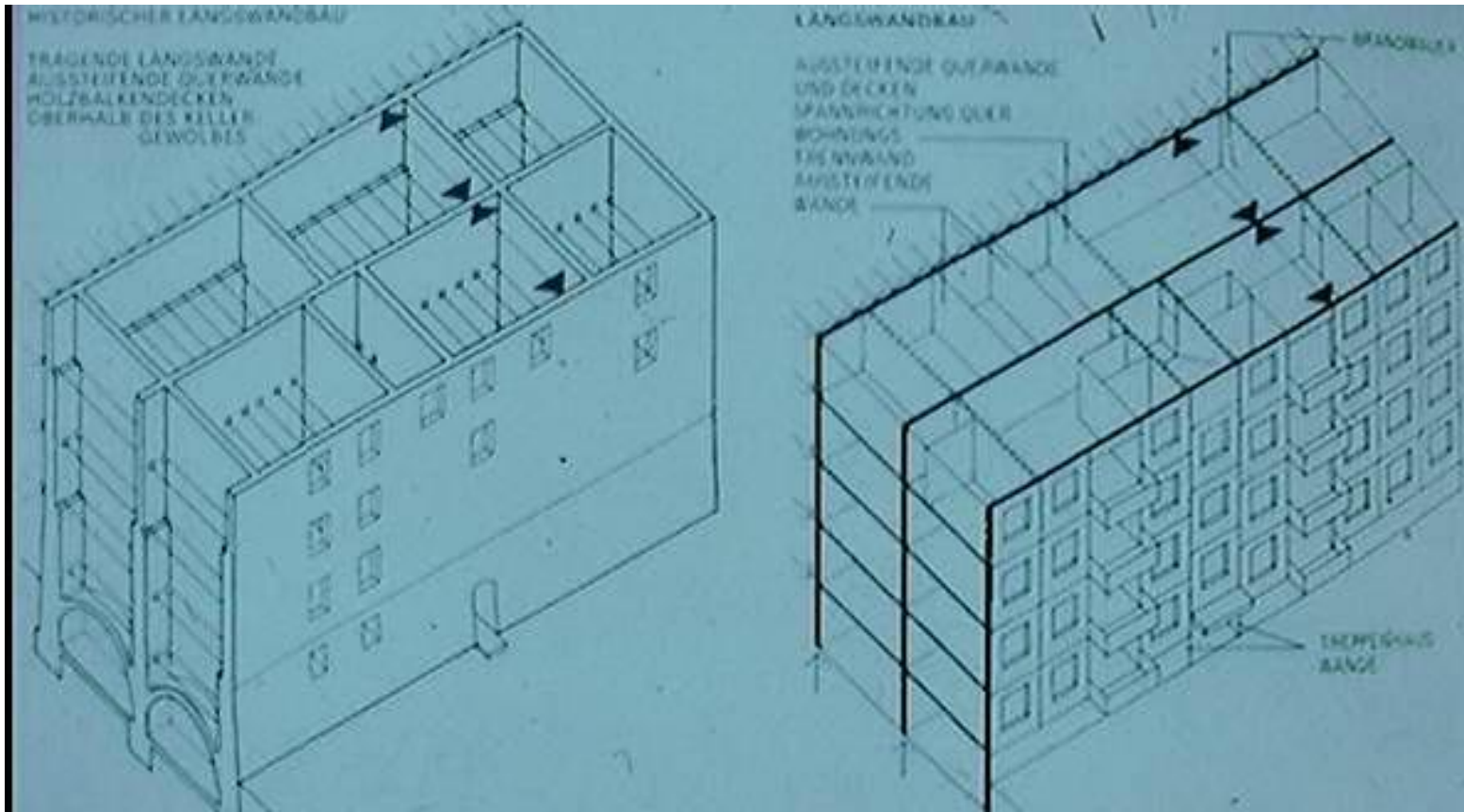
Armiranog betona,
Betonskih blokova,
Opeka i blokova od pečene gline,
Kamena.

Masivni konstruktivni sistem može biti sa: uzdužnim nosećim zidovima, poprečnim nosećim zidovima i sa nosećim zidovima u oba pravca.



Uzdužni noseći zidovi

LINIJSKE MEĐUSPRATNEKONSTRUKCIJE

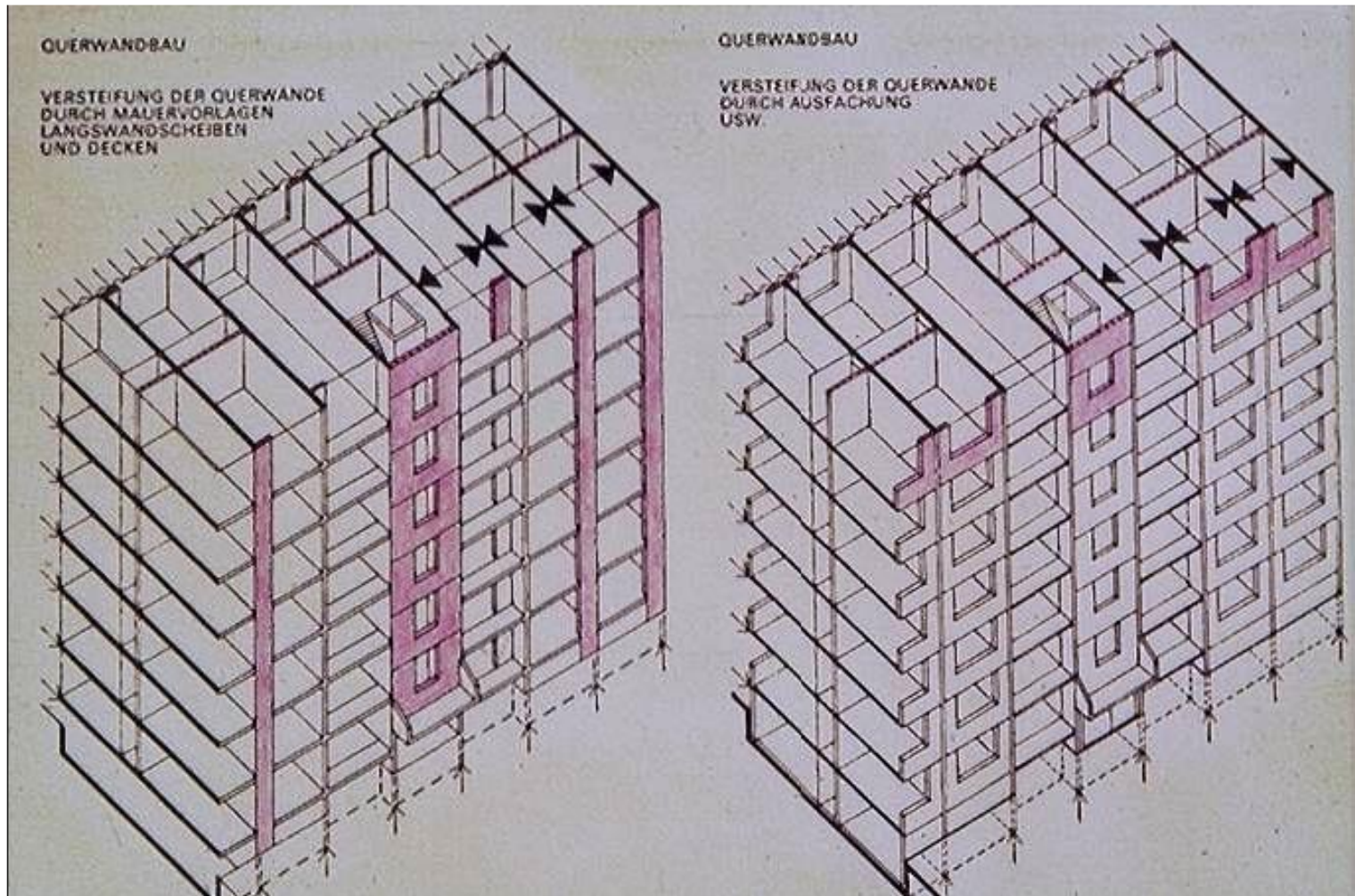


Stambena zgrada sa: a) drvenim gredama

b) armiranobetonskom međuspratnom konstrukcijom

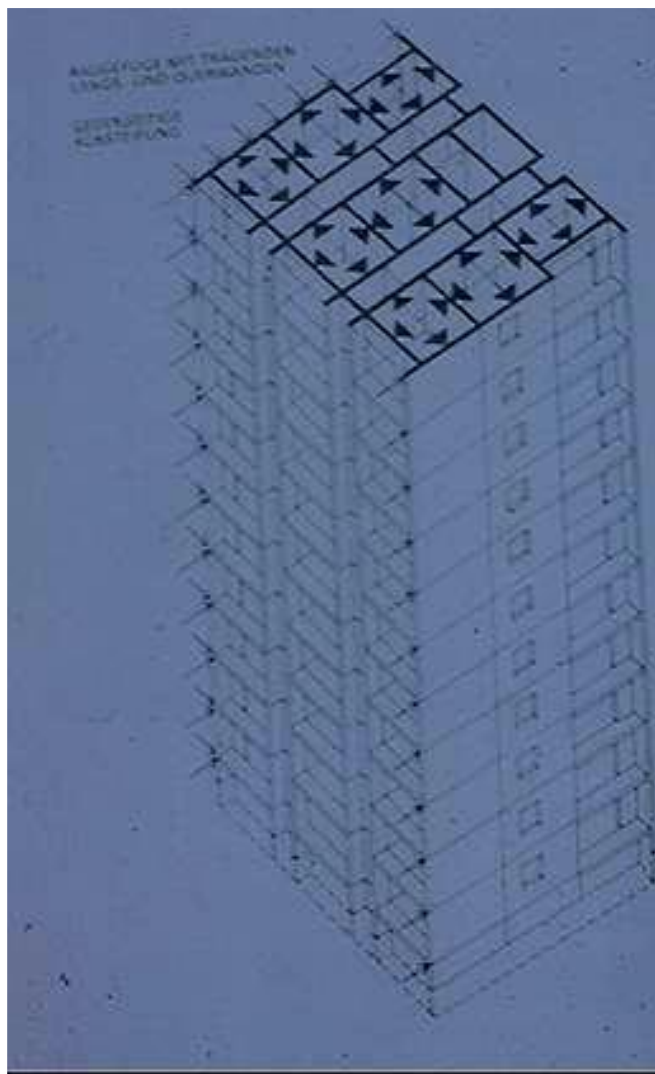
Poprečni noseći zidovi

LINIJSKE MEĐUSPRATNE KONSTRUKCIJE

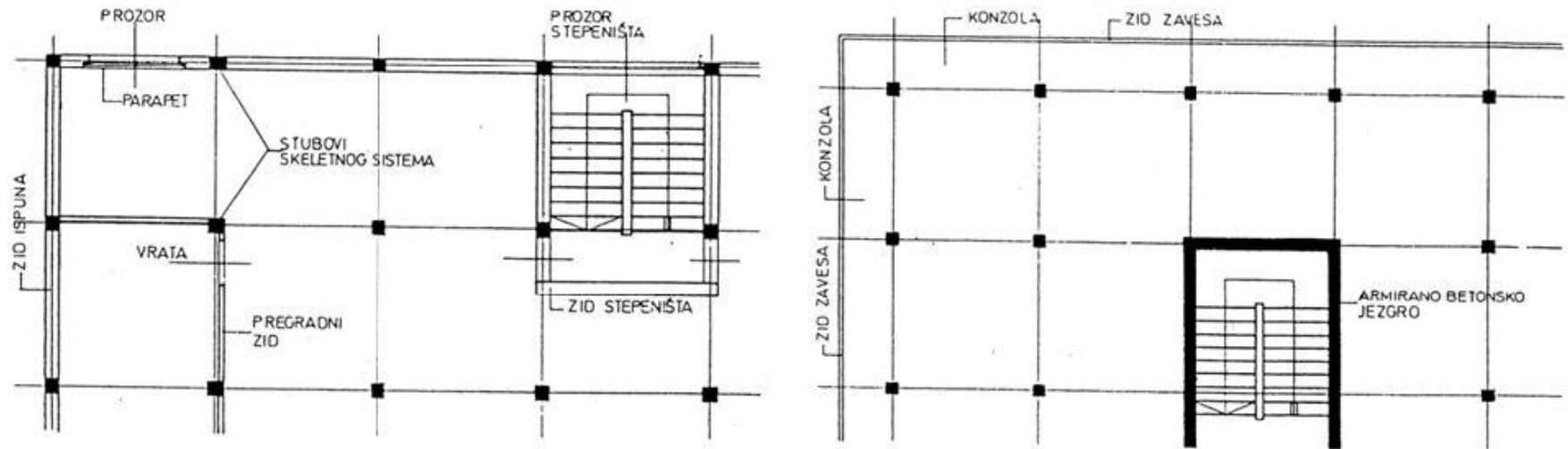


Masivan sistem sa uzdužnim i poprečnim nosećim zidovima

KRSTASTE MEĐUSPRATNE KONSTRUKCIJE



Skeletni konstruktivni sistemi: sistem nosećih stubova



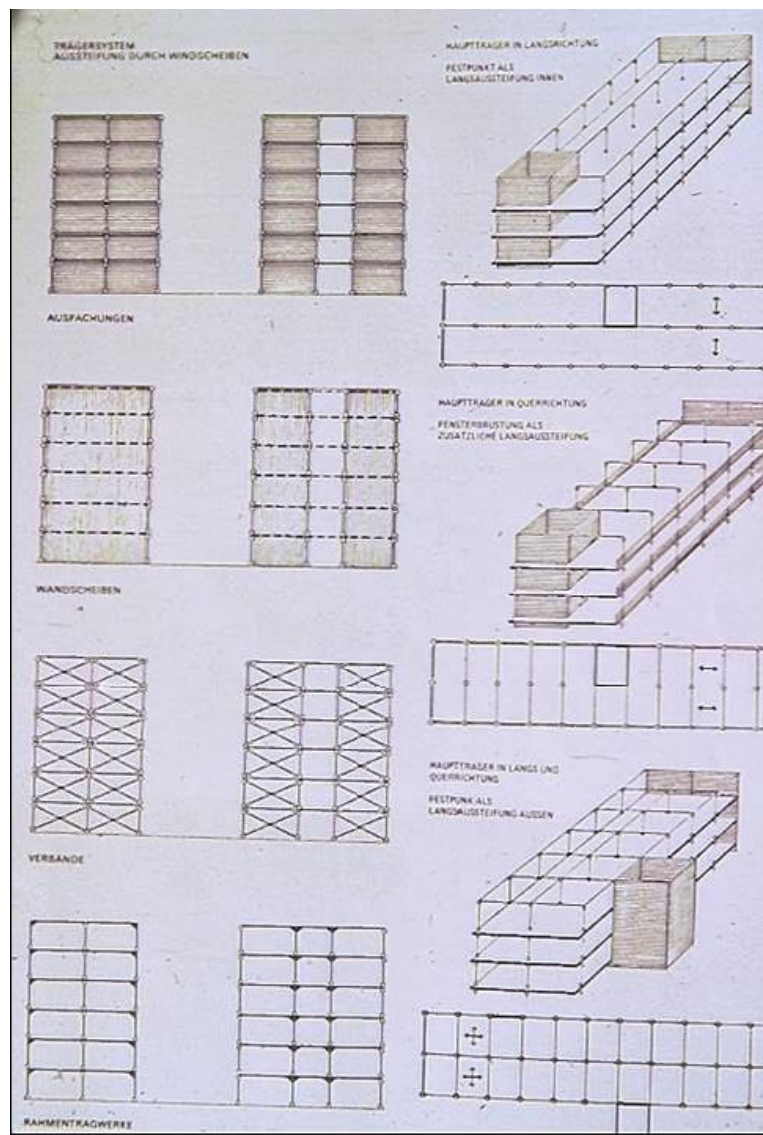
Mješoviti konstruktivni sistemi: noseći zidovi i stubovi

Ovaj tip konstruktivnog sistema sadrži karakteristične elemente i masivnog i skeletnog konstruktivnog sistema.

Masivni zidovi u mješovitom konstruktivnom sistemu primaju horizontalne sile i daju krutost objektu.

Može se primjeniti i kod montažnog i kod monolitnog načina građenja.

Najčešće koristi varijanta sa masivnim zidovima u stepenišnom trakt i liftovskom jezgru. Zidovi se postavljaju simetrično da bi se izbjegla torzija konstrukcije u slučaju dejstva seizmičkih sila.



Razvoj konstruktivnog koncepta i tehnologije građenja visokih zgrada

Motivisan je:

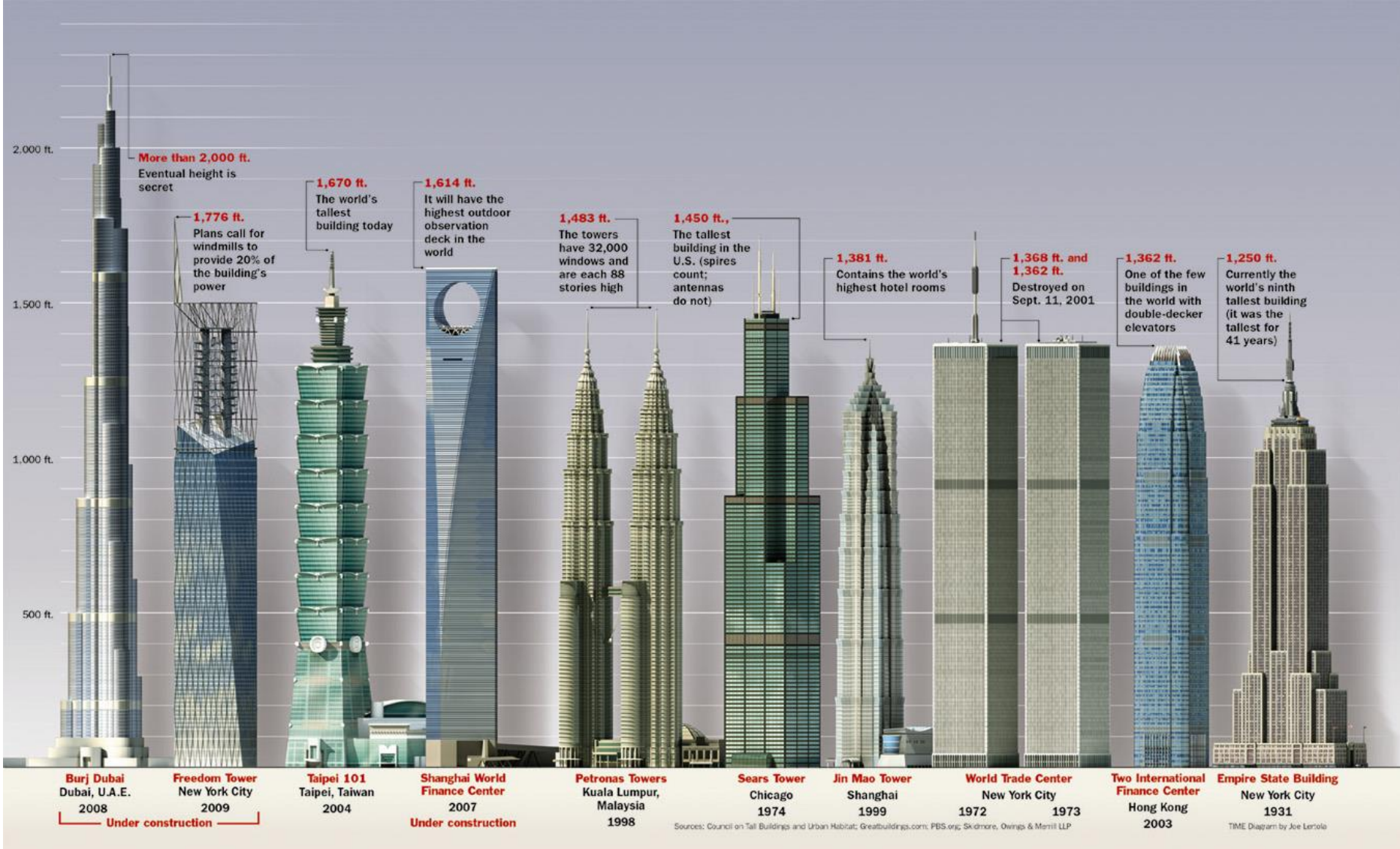
- težnjom da se savladavaju sve veće visine;
- nedostatkom prostora u centralnim urbanim zonama;
- visokom cijenom zemljišta.

Omogućen je:

- ekonomskom snagom zemlje,
- napretkom u oblasti građevinskih materijala;
- inovacijama u proizvodnji građevinskih mašina i liftova;
- inovacijama u oblasti termotehnike.



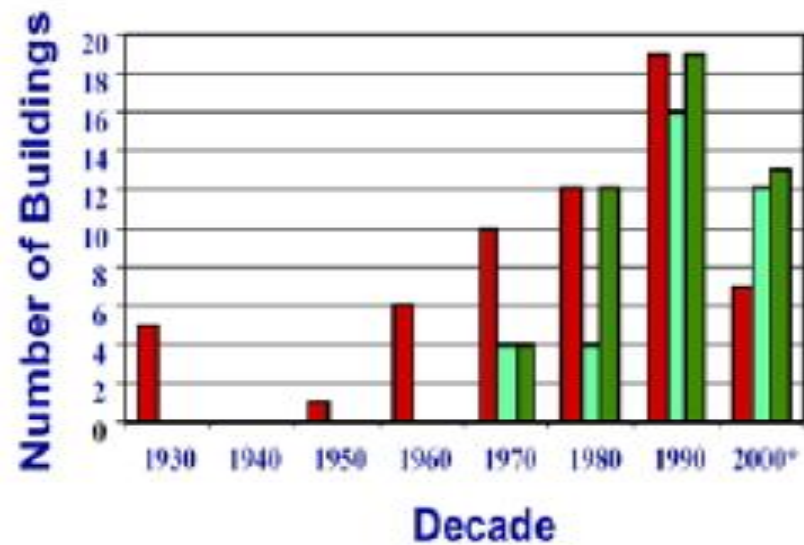
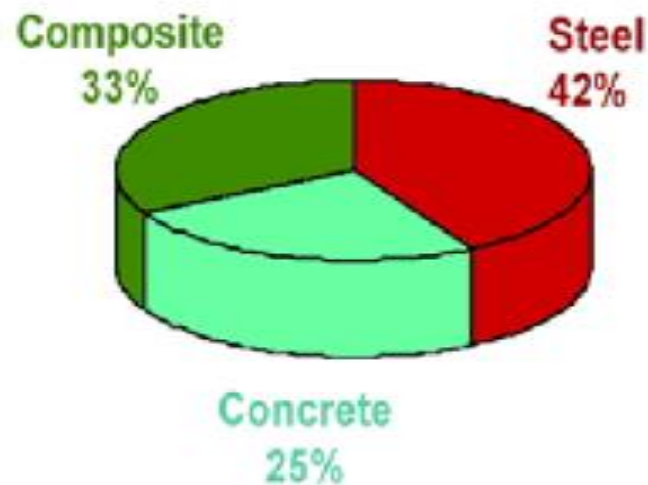
Hong Kong grad sa najviše solitera



Prikaz 10 najviših zgrada na svijetu

- High performance concrete (HPC)
- High performance steel (HPS)
- Composite construction

Material systems of the tallest 200 Buildings



Materijali od kojih je sagrađeno 200 najviših zgrada

KONSTRUKTIVNI SISTEMI VISOKIH ZGRADA OD ARMIRANOG BETONA

Armirani beton je postao široko zastupljen materijal u izgradnji visokih zgrada, jer je:

- relativno jeftin;
- lako se oblikuje;
- otporan je na požar;
- trajniji je od ostalih materijala.

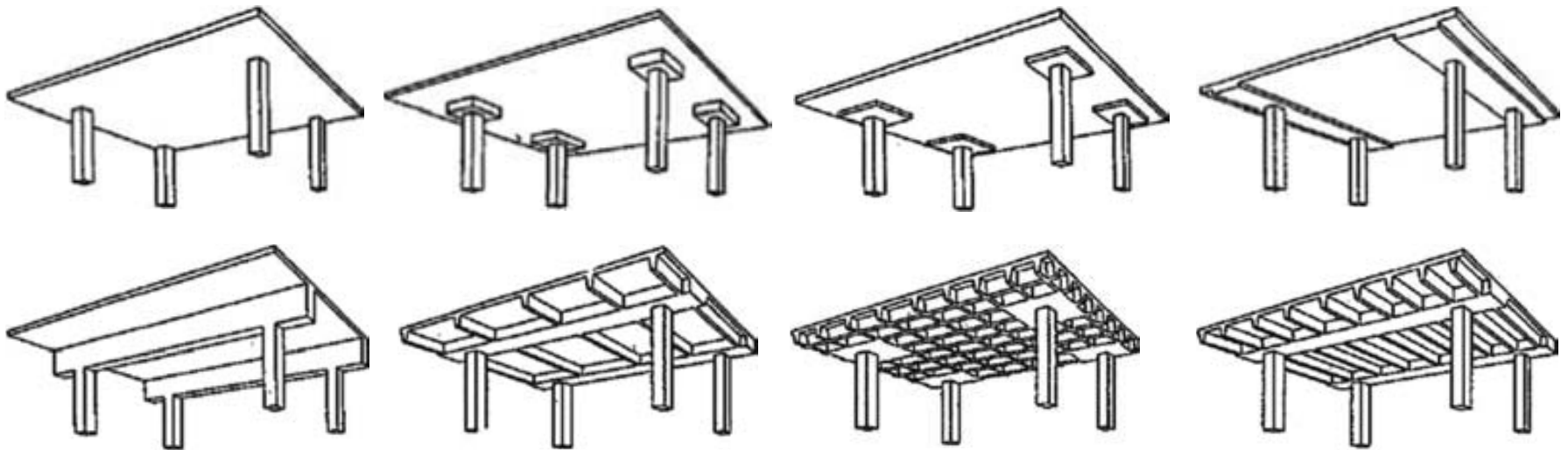
Smatra se da gotovo nema gornje granice u visini koju će moći doseći visoke zgrade cjevastog konstruktivnog sistema od betona visokih čvrstoća.

Na konkurentnost visokih zgrada od armiranog betona najviše su uticali:

- novi sistemi oplata (klizna, tunelska i sl.);
- upotreba moćnih pumpi za beton;
- optornost betona na požar;
- mogućnost izgradnje lakih međuspratnih konstrukcija;
- upotreba visoko kvalitetnog čelika i sl.

Sistem ravnih ploča i stubova (flat slab and columns)

Sistem ravnih ploča i stubova nije pogodan za izgradnju zgrada sa više od 10 spratova, jer stubovi, kao jedini vertikalni konstruktivni elementi koji preuzimaju horizontalna dejstva, nemaju dovoljnu krutost na savijanje, EI.

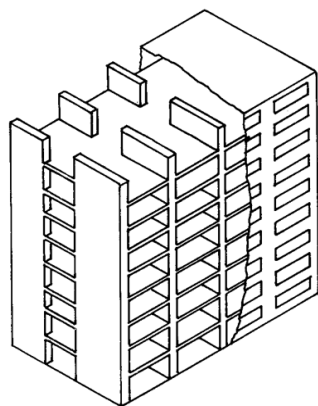


Razni tipovi ploča oslonjenih na stubove, Bungale S. Taranath

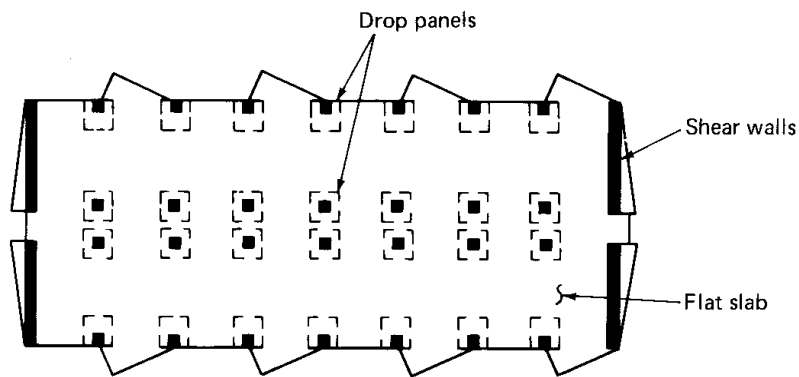
Sistemi: (ravnih ploča i nepovezanih smičućih zidova (flat slab & shear walls), sistem ravnih ploča smičućih zidova i stubova (flat slab shear walls & columns) i povezanih smičućih zidova (coupled shear walls)

Ukoliko sistemu sa ravnim pločama dodamo nosive konstruktivne elemente, koji primaju smicanje, zidove dobijamo sistem koji se može oduprijeti većim horizontalnim silama, slika 8 (a) i (b).

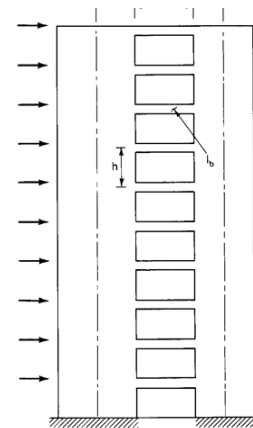
Kada dva ili više smičućih zidova, postavljenih u oba pravca, povežemo gredama ili pločom ukupna krutost sistema se povećava u odnosu na sistem kojem krutost obezbijuju samo zidovi ili stubovi, slika 8 (c). Smatra se da je sistem ekomičan za zgrade do 30 spratova.



(a)



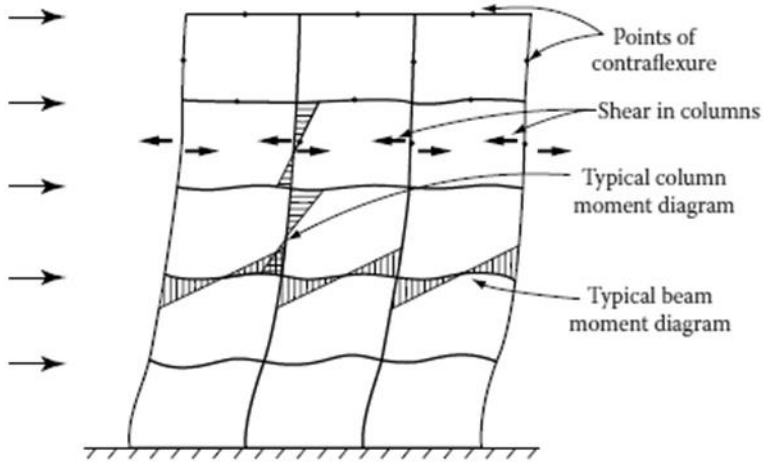
(b)



(c)

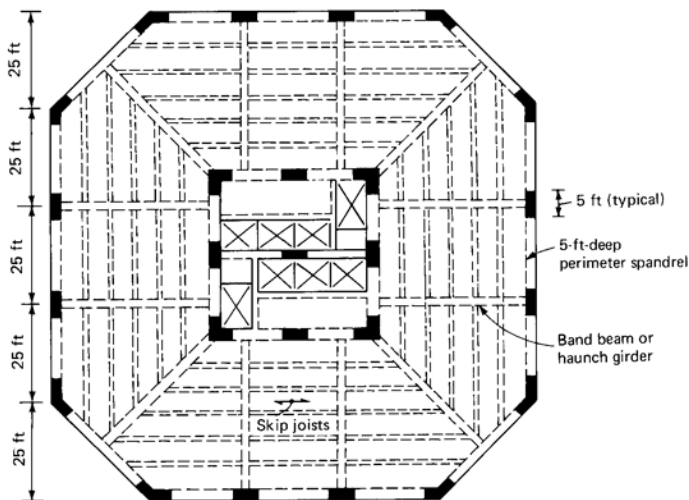
Sistemi: (a) ravnih ploča i nepovezanih smičućih zidova; (b) ravnih ploča smičućih zidova i stubova; (c) povezanih smičućih zidova

Ramovski sistemi (Rigid frame)



- AB ramovski sistemi su sistemi kruto povezanih stubova i greda.
- Ekonomični su za zgrade do 25 spratova.
- U arhitektonskom oblikovanju objekta postoji problem ograničene svijetle visine u zoni ispod grede rama, kao i problem pojave stubova unutar stambenog prostora.

Cijevni sistem sa većim razmakom stubova (tube system with widely spaced columns)



Pod pojmom "cijevi" (tube), u standardnoj građevinskoj terminologiji, podrazumijeva se sistem stubova, na relativno malom razmaku (recimo 2,5–5m). U ovom sistemu učinak cijevi se postiže sa razmakom stubova većim od 5m, ali sa krutim gredama-prečkama.

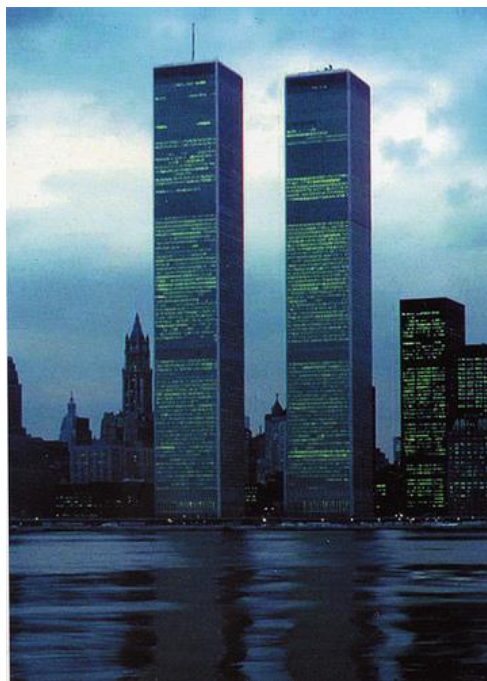
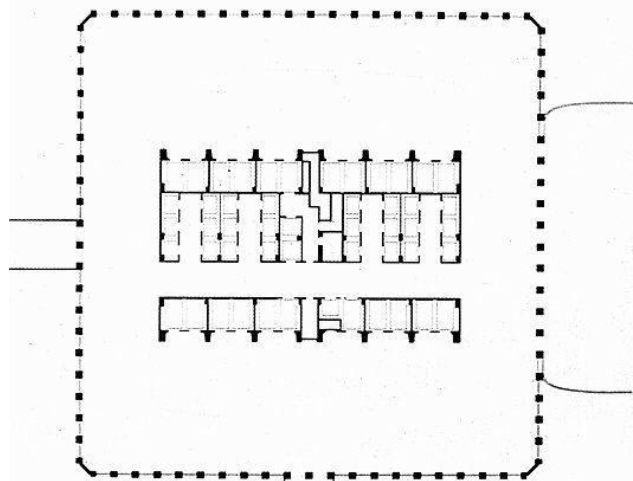
Sistem je ekomičan za zgrade do 30 spratova.

Sistem sa jezgrom (core-supported structure)

Sistem sa jezgrom čine zidovi međusobno spojeni tako da čine jezgro. Imaju dovoljnu krutost da na sebe mogu preuzeti znatna horizontalna dejstva.

Međuspratne konstrukcije, stubovi ili ramovi, koji okružuju jezgro, nije neophodno da budu od betona. Mogu biti čelični i/ili spregnuti.

Sistem je ekomičan za zgrade do 40 spratova. U kombinaciji sa čelikom dosežu se i znatno veće visine.



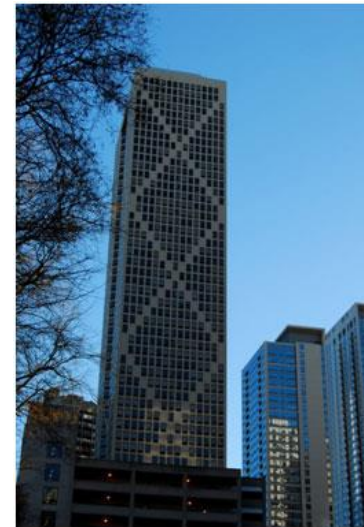
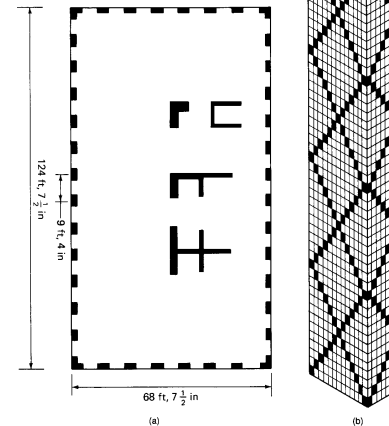
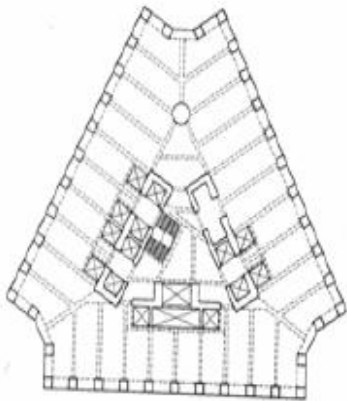
*Kule WTC u New York-u
srušena 2001.*

(bile su visoke 409 m)

*Čelična konstrukcija, core-
supported*

Sistemi: ramovski cijevni sistem (frame tube system) i cijevi ojačane dijagonalama (exterior diagonal tube)

Ramovski cijevni sistem sastoji se od krutih ramova raspoređenih po obodu zgrade, a stubovi, postavljeni na vrlo malim razmacima, su povezani krutim gredama. Sistem radi kao vertikalna šuplja konzola. Koristi se za objekte sa više od 40 spratova. Cijevi ojačane dijagonalama su slične prethodnom sistemu, ali se ovdje stubovi po obimu povezuju dijagonalama. Koriste se obično kod visokih zgrada sa čeličnim ramovima. Ekonomičan je za zgrade spratnosti do 90 spratova.

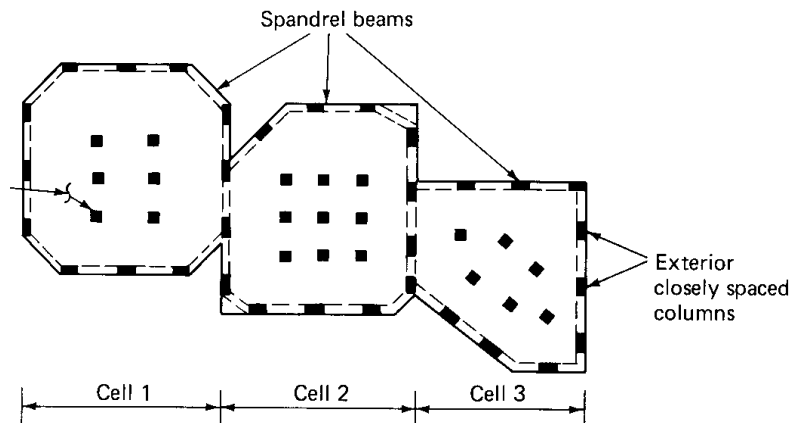


Central Plaza – Hong Kong, 374m, 78 spratova

Onterie Center, Chicago 174 m, 60 spr.

Sistem povezanih cijevi (bundled tube)

Sistem povezanih AB ramovskih cijevi je vrlo krut sistem pogodan za konstruisanje vrlo visokih zgrada. Za razliku od sistema sa jednom cijevi, sistem povezanih cijevi omogućava povećan razmak stubova ramova i manje visine greda.



South Wacker Drive,
Chicago, 295 m

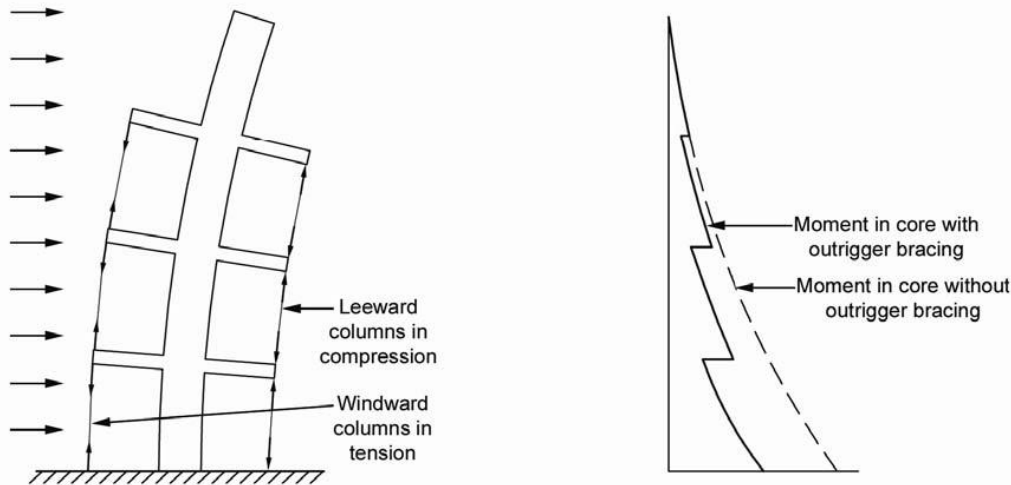


Magnificent Mile, Chicago,
205m, 57 spratova

Centralno jezgro ojačano vanjskim stubovima (Outrigger Braced System)

Sistem je po prvi put primijenjen u konstrukciji Svjetskog finansijskog centra u Šangaju. Konstrukcija je projektovana po sistemu outrigger trusses, centralno jezgro ojačano rešetkom i spoljašnjim stubovima.

Rešetke povezuju betonske zidove i mega stubove na uglovima. Između ugaonih stubova nalaze se samo tri tanka stuba povezana horizontalnim rešetkama, tako da pogled nije zaklonjen.



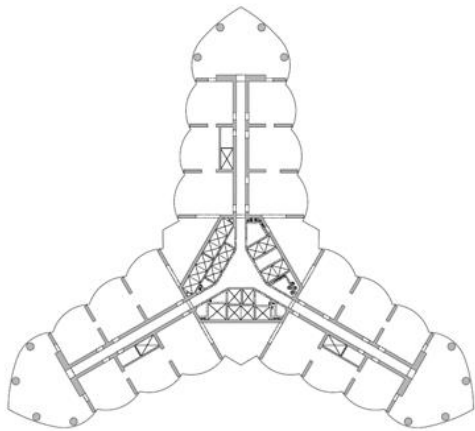
WFC Shanghai, 492 m, 101 sprat



Sistem smičućih zidova i jezgra (spinal wall system)

Sistem smičućih zidova i jezgra je novi inovativni sistem osmišljen za mogućnost izgradnje ultra visokih zgrada (Burj Khalifa, Dubai).

Sistem se sastoji od udvojenih, međusobno paralelnih i blisko postavljenih, smičućih zidova, koji posjeduju veliku stabilnost i veliku krutost na smicanje u svojoj ravni. Da bi se cijeli sistem dodatno ukrutio, osim centralnog jezgra, konstruisani su dodatni zidovi (upravni na centralne zidove) pomoću kojih konstrukcija ostvaruje dodatnu torzionu krutost i krutost na savijanje.



*Burj Khalifa, Dubai,
828 m visine,
160 spratova*

STRUCTURAL SYSTEMS FOR CONCRETE BUILDINGS		
No.	SYSTEM	NUMBER OF STORIES
		0 10 20 30 40 50 60 70 80 90 100 110 120
1	Flat slab and columns	10
2	Flat slab and shear walls	15
3	Flat slab , shear walls and columns	20
4	Coupled shear walls and beams	25
5	Rigid frame	25
6	Widely spaced perimeter tube	30
7	Rigid frame with haunch girders	30
8	Core supported structures	40
9	Shear wall - frame	50
10	Shear wall - Haunch girder frame	60
11	Closely spaced perimeter tube	70
12	Perimeter tube and interior core walls	80
13	Exterior diagonal tube	90
14	Modular tubes	115

Konstruktivni sistemi za armiranobetonske zgrade i maksimalan broj spratova,
Bungale S. Taranath