

PROJEKTOVANJE I GRAĐENJE BETONSKIH KONSTRUKCIJA 2

11

V.prof dr Branko Milosavljević, dipl.građ.inž.



Upoređenje nekih zahteva za DCM i DCH

		DCM	DCH
Greda	Maksimalni razmak uzengija s_{min}	$s = \min(h_w / 4; 24d_{bw}; 225; 8d_{bL})$	$s = \min(h_w / 4; 24d_{bw}; 175; 6d_{bL})$
Stub	Maksimalna normalizovna sila v_d	0.65	0.55
	Kritična visina	$l_{cr} = \max(h_c; l_{cl} / 6; 0,45)$	$l_{cr} = \max(1.5h_c; l_{cl} / 6; 0,6)$
	Razmak uzengija	$s = \min(b_o / 2; 175; 8d_{bL}),$	$s = \min(b_o / 3; 125; 6d_{bL})$
	$\emptyset_{u,min}$	6mm	$d_{bw} \geq 0,4 \cdot d_{bL}, \sqrt{(f_{ydL} / f_{ydw})}$
	$min \omega_{wd}$	0.08	0.12
Zid	Maksimalna normalizovna sila v_d	0.4	0.35
	Uvećanje V: $\varepsilon = V_{Ed} / V_{Ed}'$	1.5	$\varepsilon = q \cdot \sqrt{\left(\frac{Y_{Rd}}{q} \cdot \frac{M_{Rd}}{M_{Ed}}\right)^2 + 0.1 \left(\frac{S_e(T_c)}{S_e(T_1)}\right)^2} \leq q$

Upoređenje nekih zahteva za DCM i DCH

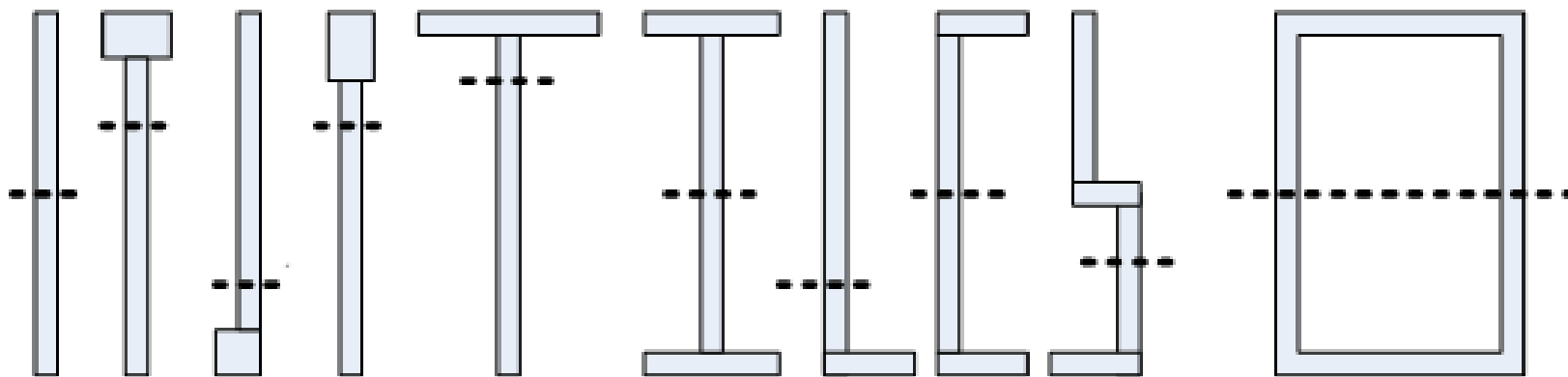
U prethodnoj tabeli su upoređeni neki zahtevi vezani postizanje lokalne duktilnosti greda, stubova i zidova, za dve klase duktilnosti: srednju (DCM) i visoku (DCH).

Za grede je prikazan pooštren uslov za maksimalan razmak uzengija u zoni plastičnog zgloba.

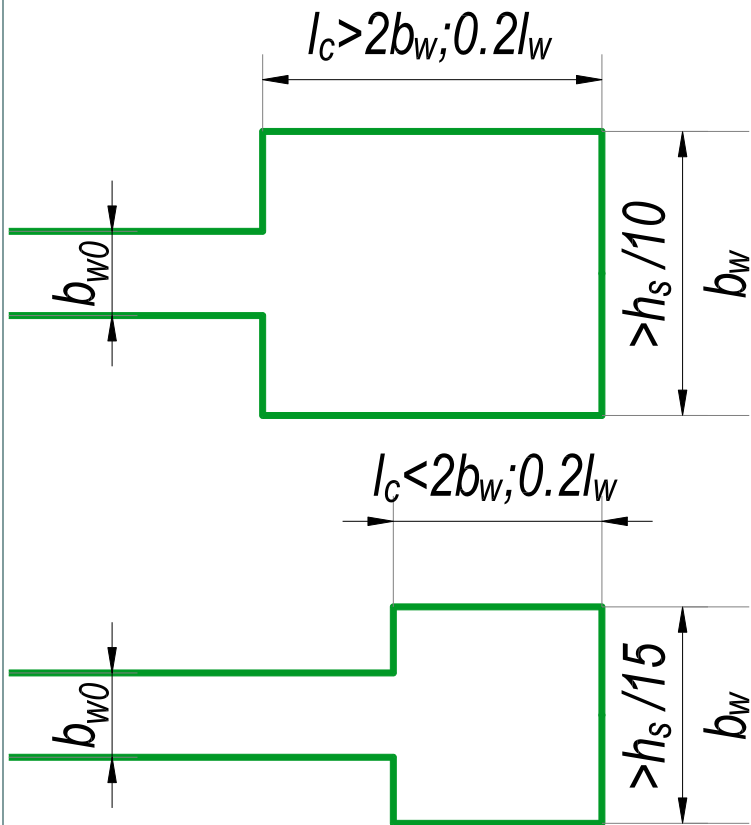
Za stubove je pooštren zahtev za maksimalnu normalnu silu, dužinu kritične zone i maksimalan razmak uzengija u kritičnoj zoni.

Za zidove je dat pooštren zahtev za maksimalnu normalnu silu u zidu, kao i za uvećanje trasverzalne sile sa aspekta „capacity design“, gde jednostavno uvećanje proračunske sile smicanje od 50% za klasu DCM, u sličaju DCH postaje relativno komplikovan proračun u finkciji od realne nosivosti zida na savijanje.

Uobičajeni oblici zidovu osnovi



Pored zidova konstantne debljine, zidovi mogu imati ojačanja u obliku proširenja na krajevima, najčešće istih dimenzija kao kod stubova na ostalom delu konstrukcije. Susuticanje zidova iz dva upravna pravca formiraju se zidove oblika L, T, I ili C u osnovi, kao i sandučastog preseka u slučaju liftovskih i stepenišnih jezgara.



Zidovi sa ojačanjima

Generalno širina utegnutog kraja zida treba da bude $b_w \geq 200\text{mm}$

Kod ojačanja na kraju zida, koje se uteže, važe uslovi:

1. $l_c \geq \max(2b_w, 0.2l_w) \rightarrow b_w > h_s/10$
2. $l_c \leq \max(2b_w, 0.2l_w) \rightarrow b_w > h_s/15$

gde je h_s čista spratna visina.

Protiv izbočavanja pritisnutog kraja zida.

Kod zidova sa ojačanjem ili flanšom (oblika L, T, I..), uz pretpostavku da je neutralna linija pri graničnom obrtanju u flanši ili ojačanju, za proračun v_d i ω_v treba uzeti presek visine rebra h_c i širine prosirenja ili flanše $b_c = b_w$:

$v_d = N_{Ed} / h_c b_c f_{cd}$, $\omega_v = (A_{sv} / h_c b_c) f_{yd} / f_{cd}$ ("T" presek),

a položaj neutralne linije se može usvojiti kao:

$$x_u = (v_d + \omega_v) \frac{l_w b_c}{b_0}$$

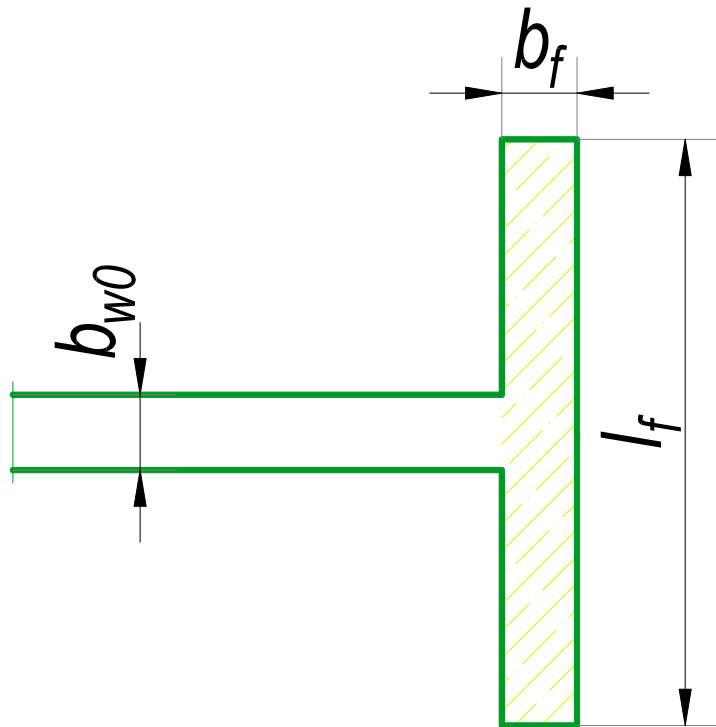
U suprotnom x_u se računa tačnije iz uslova ravnoteže.

Utezanje ivične zone zida

Nije potrebno utezanje kraja zida ako je $v_d \leq 0.15$.

Nije potrebno utezanje kraja zida ako postoji flanša (zid u drugom pravcu) uz zadovoljenje uslova:

$b_f > h_s / 15$ i $l_f > h_s / 5$, gde je h_s čista spratna visina.



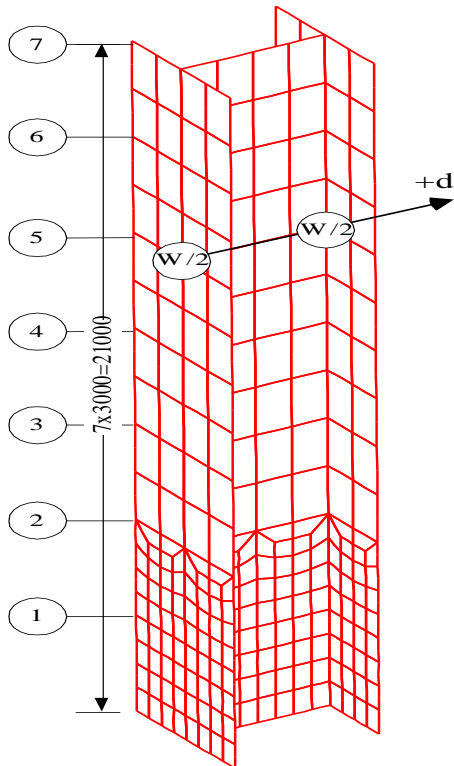
Generalno, minimalni koeficijent armiranja podužnom armaturom ivičnih elemenata iznosi 0.005 .

Zidovi sa “flanšama” - krutost

Pri modeliranju konstrukcija, *krutost elemenata* je veoma značajna, jer direktno utiče na :

- veličinu perioda oscilovanja
- vrednost ukupnog opterećenja
- relativnu raspodelu opterećenja između vertikalnih elemenata
- iznos ukupnih i relativnih pomeranja.

U praksi, pri pojednostavljenim proračunima, se *proračunske krutosti grede* obično usvajaju na osnovu dimenzija rebra (zemarenje *T*-preseka). U slučaju zidova, najčešće se proračunski moment inercije i samostalnih i složenih zidova sa flanšama određuje samo na osnovu bruto dimenzija pravougaonog preseka rebra zida.



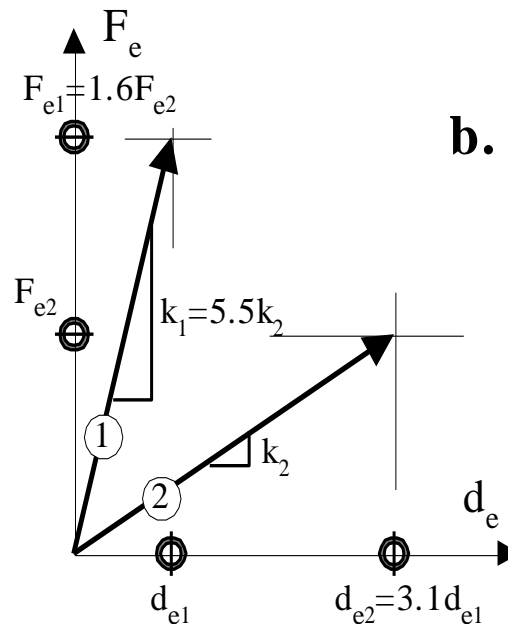
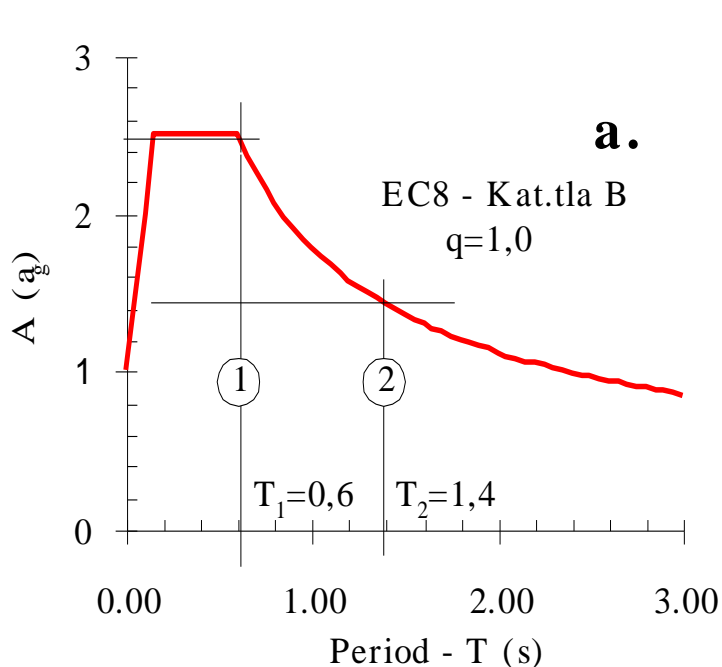
Kada se koriste softveri za prostornu analizu konstrukcija na bazi konačnih elemenata, program automatski obuhvata uticaj ne samo flanši složenih zidova, nego i tavanica.

Zidovi sa "flanšama" - krutost

Za prikazani primer zida I preseka sa prethodnog slajda, sproveden proračun:

1. Sa bruto presekom složenog zida (EI_0), elastični odgovor konstrukcije, ($q=1,0$, tlo klase B (EC8)), gde period iznosi $T_1=0.6s$.
2. Elastopladsičnom aproksimacijom, dobijena je proračunska krutost EI_{ef} 5,5 puta manja od EI_0 , a period oscilovanja iznosi $T_2=1,4s$ ($T_1/T_2=\sqrt{(EI_2/EI_1)}$).

Ukupno opterećenje je 1,6 puta manje ($F_1/F_2=(T_2/T_1)^{2/3}$), ali je i pomeranje 3,1 puta veće ($d_1/d_2=F_1 \times EI_2/F_2 \times EI_1$).



Zidovi sa “flanšama” - krutost

Krutost preseka sračunata samo sa dimenzijama rebra u *ovom slučaju* praktično se poklapa sa računskom efektivnom krutošću, ali ne treba zaboraviti da ona zavisi od nivoa normalne sile kao i količine i rasporeda armature.

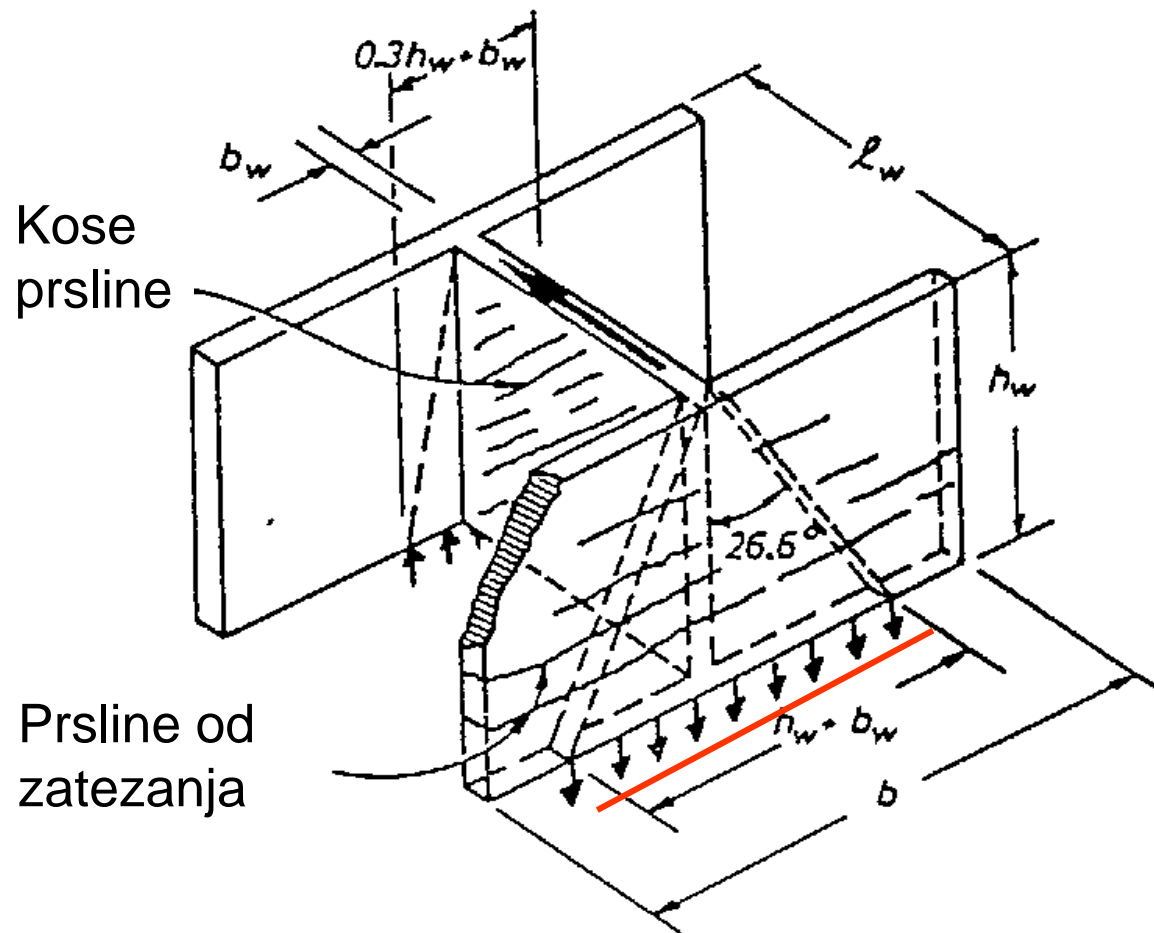
Usvajanje u praksi samo karakteristika rebra za proračun krutosti preseka *složenih preseka zidova* zasniva se upravo na činjenici da će nakon dostizanja čvrstoće betona na zatezanje, beton zategnute flanše i dela rebra zida biti isključen iz nosivosti i krutosti preseka, osim armature u ovom zonama.

Za krutost *jednostavnog zida pravougaonog preseka*, koji nema flanše, takođe treba usvojiti efektivnu krutost preseka, što u praksi najčešće nije slučaj, a time se dovodi do promene *centra krutosti konstrukcije*, i nerealnih torzionih momenata i preraspodele seizmičkog opterećenja po pojedinim zidovima.

Prema EC8, pri modeliranju AB konstrukcija, za nosive elemente pri dejstvu zemljotresa krutost treba odrediti uz uzimanje u obzir prslina. Ukoliko nema tačnije analize, može se usvojiti krutost jednaka polovini krutosti neisprskalog preseka. Generalno, projektant bi trebalo da proveriti, ili makar proceni ovu pretpostavku, na osnovu konačnog naprezanja elemenata (0,5→0,7→1,0).

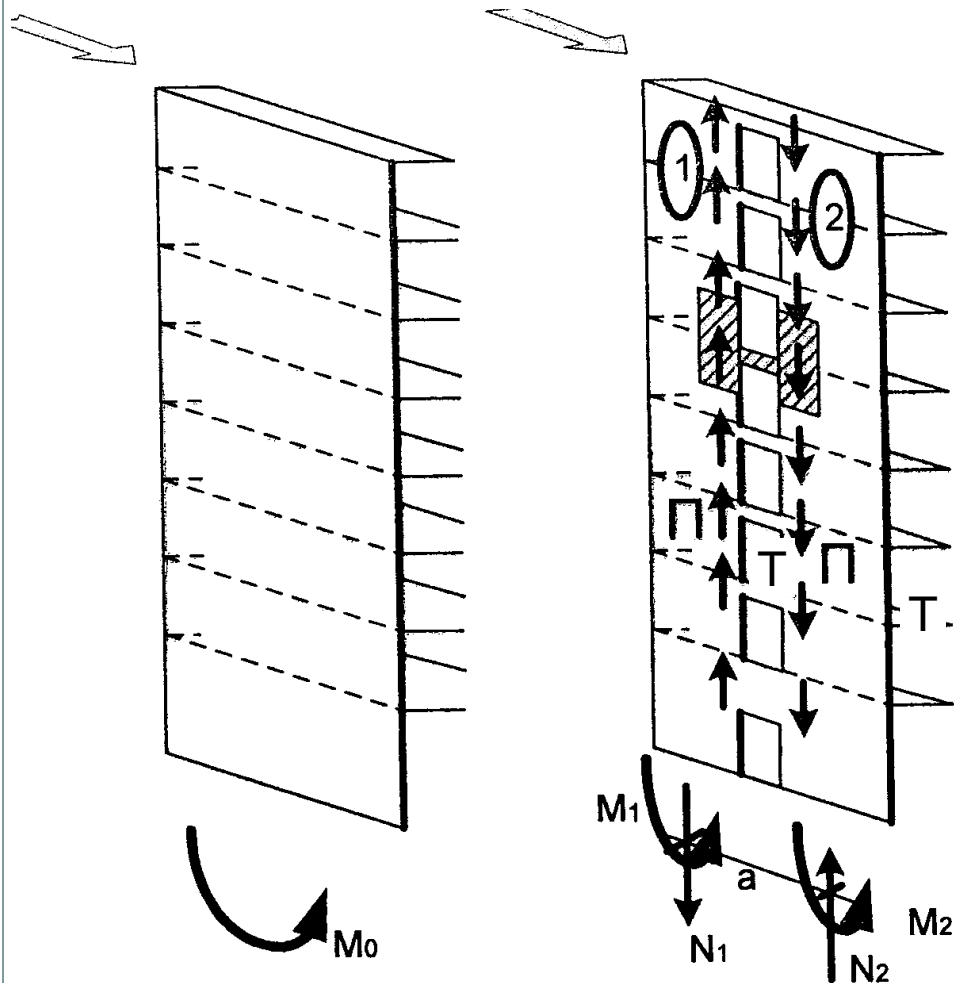
Krutost zida I preseka

Efektivne širine flanši



Pri modeliranju konačnim elementima bez redukcije krutosti se mogu dobiti nerealno velike krutosti zidova sa flanšama. Kod zida I preseka u zategnutom zidu (flanši), usled dejstva u pravcu rebra, se mogu javiti značajne sile zatezanja koje dovode do pojave prsline i pada krutosti

Zidovi sa otvorima



$$M_0 = M_1 + M_2 + N \cdot a$$

$$\sum T = N$$

$$N \cdot a \leq 0.25 M_0 \rightarrow N \sim 0$$

Ukoliko se u zidu pojavljuju otvori (vrata po spratovima, npr.) dolazi do promene statičkog sistema. Umesto da zid prhvata hor opt. kao konzolni štap na savijanje, formira se ram od delova zida sa obe strane utvora i prečke iznad otvora. Što je prečka većeg preseka i krutosti na savojijanje i smicanje, efekat rama je veci.

Zidovi sa otvorima

Ukoliko se u zidu pojavljuju otvori, umesto da zid prihvata hor opt. kao konzolni nosač savijanjem (moment M_o), formira se ram od delova zida sa obe strane otvora (stubovi) i prečke iznad otvora (grede). Što su prečke većeg preseka i krutosti na savijanje i smicanje, efekat rama je veći. Ovaj efekat se ogleda u doprinosu veličine Nxe , gde je N vertikalna sila u delu zida od horizontalnog opterećenja, a e horizontalno rastojanje težišta dva dela zida. Ukoliko su prečke manje krutosti, efekat ramovskog dejstva se može zanemariti. Preporuka je da se pri približnim proračunima ovaj efekat može zanemariti kad je njegov doprinos $Nxe < 0.25 M_o$.

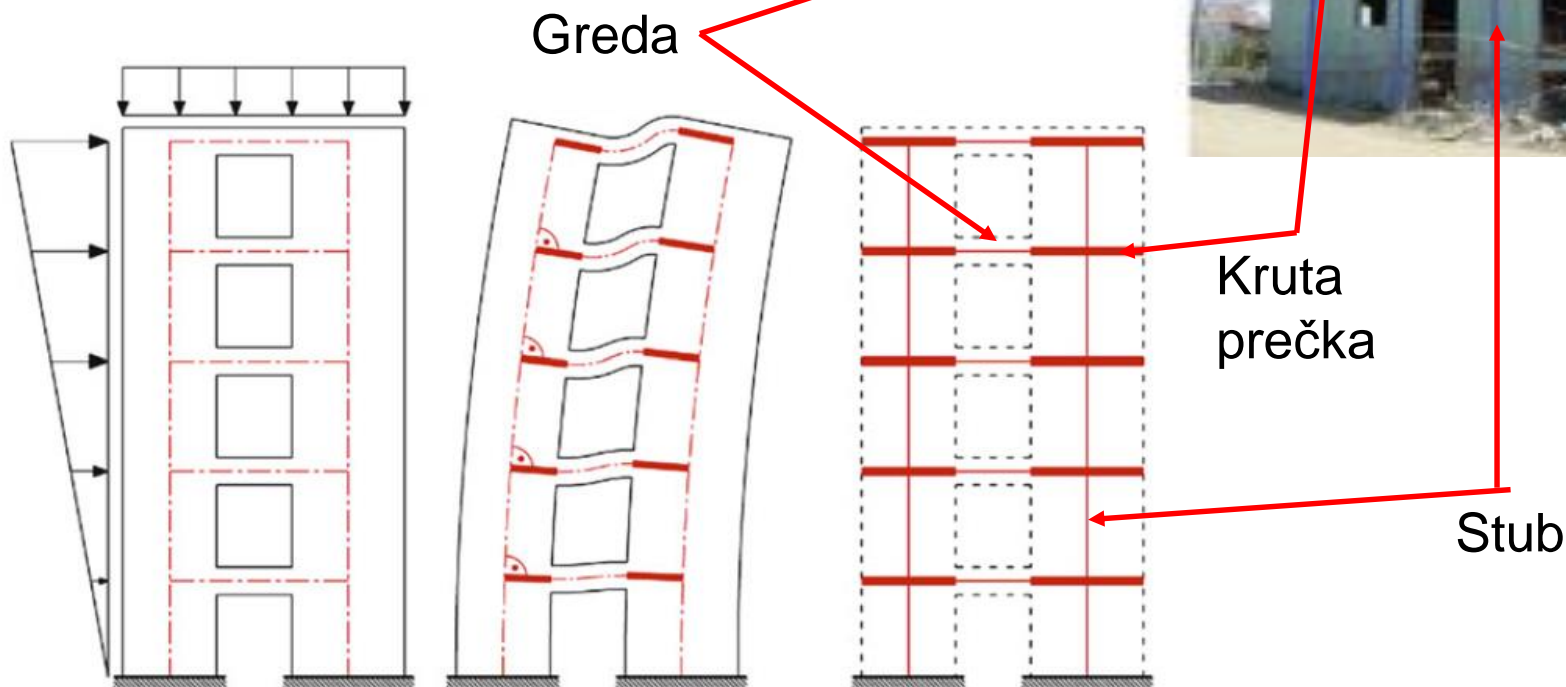
Treba naglasiti da ova analiza važi za horizontalno opterećenje na zid sa otvorima. Ukoliko je ovakav zid opterećen i značajnim vertikalnim opterećenjem (višespratne zgrade), naprezanje od vertikalnog opterećenja u delovima zida oko otvora dovodi do visokih normalnih napona, i postaje merodavno za određivanje debljine zida i njegovu nosivost ($v_{ed} < 0.4$).

Modeliranje zidova sa otvorima

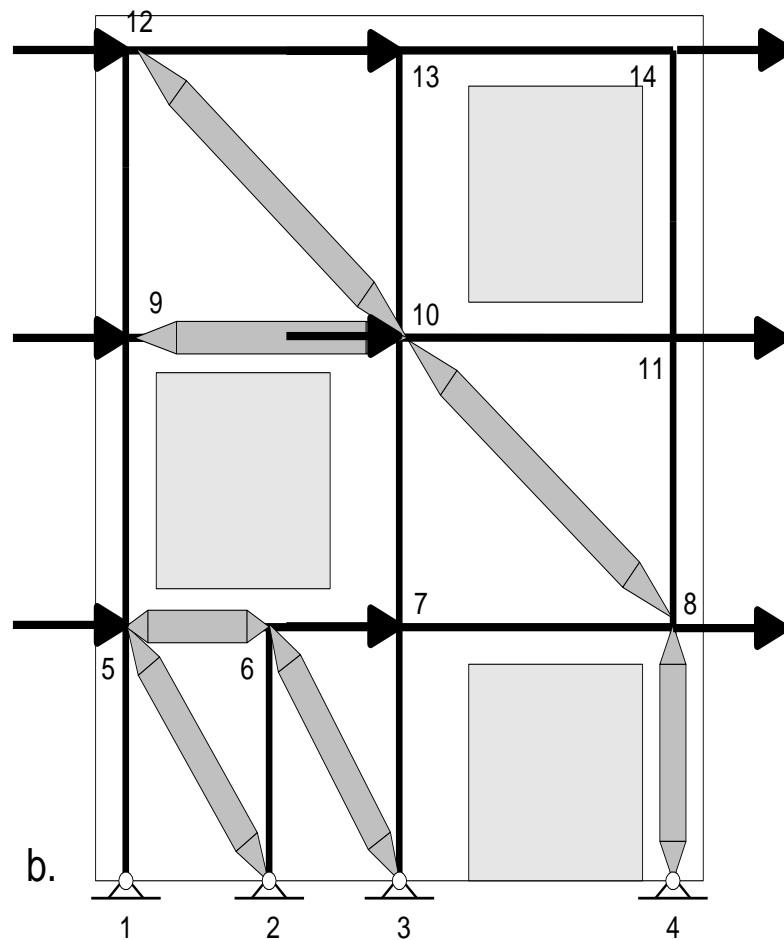
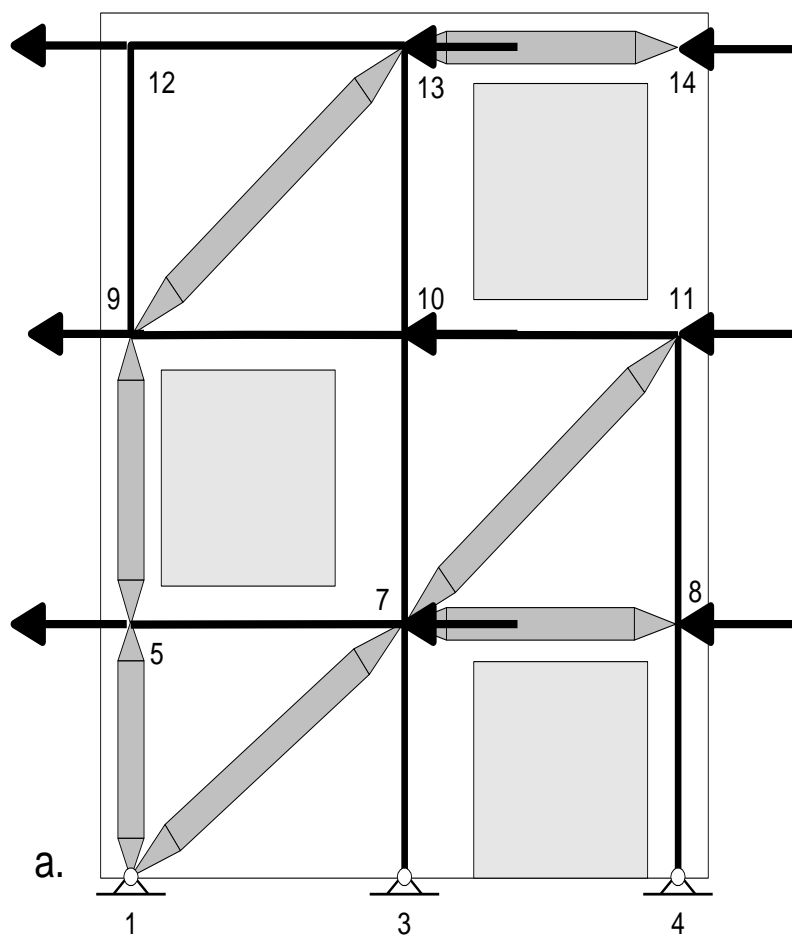
1. Konačni elementi

2. Zamenjujući ram

formiran od stubova poprečnog preseka vertikalnog dela zida i grede poprečnog preseka prečke. Deo grede u okviru zida je beskonačne krutosti („kruta prečka“).

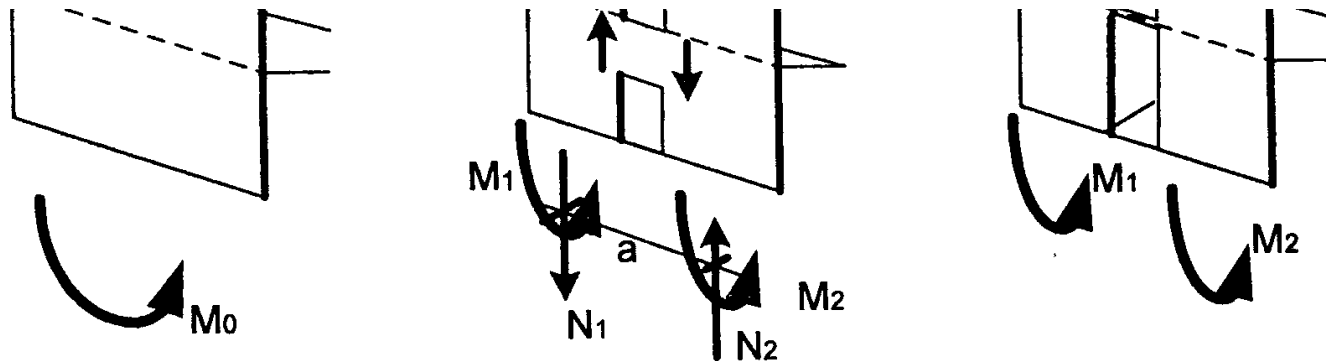


3. “Strut and tie” Modeliranje konstrukcije preko pritisnutih i zategnutih horizontala i vertikala i pritisnutih dijagonala za dejstvo seizmike, modelirano metodom bočnih sila. Treba obratiti pažnju da za nesimetrične konstrukcije treba formirati dva različita modela za dva smera dejstva (a. i b.).

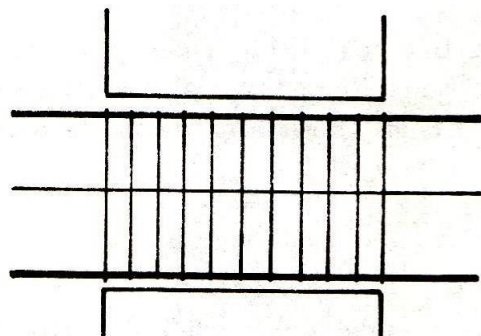


Armiranje zidova sa otvorima

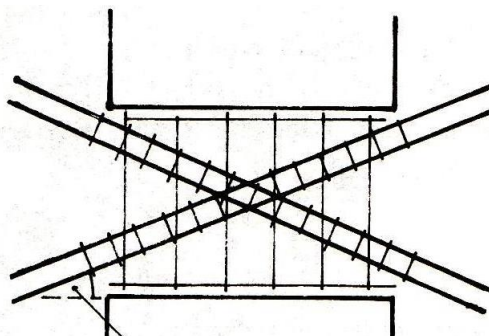
- 1) Mali otvori – kao pun zid, sa opšivanjem otvora
- 2) Spojeni zidovi sa prečkama ($N \cdot a \geq 0.25M_o$) – kao dva zida prema N_1 i M_1 , odnosno N_2 i M_2 .
- 3) Veliki otvori sa slabim prečkama – kao dva odvojena zida prema momentima M_1 i M_2



Armiranje prečki zidova sa otvorima



Kao grede



ili Djagonalnom armaturom

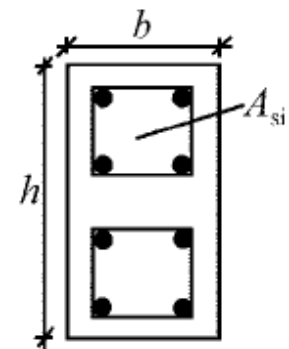
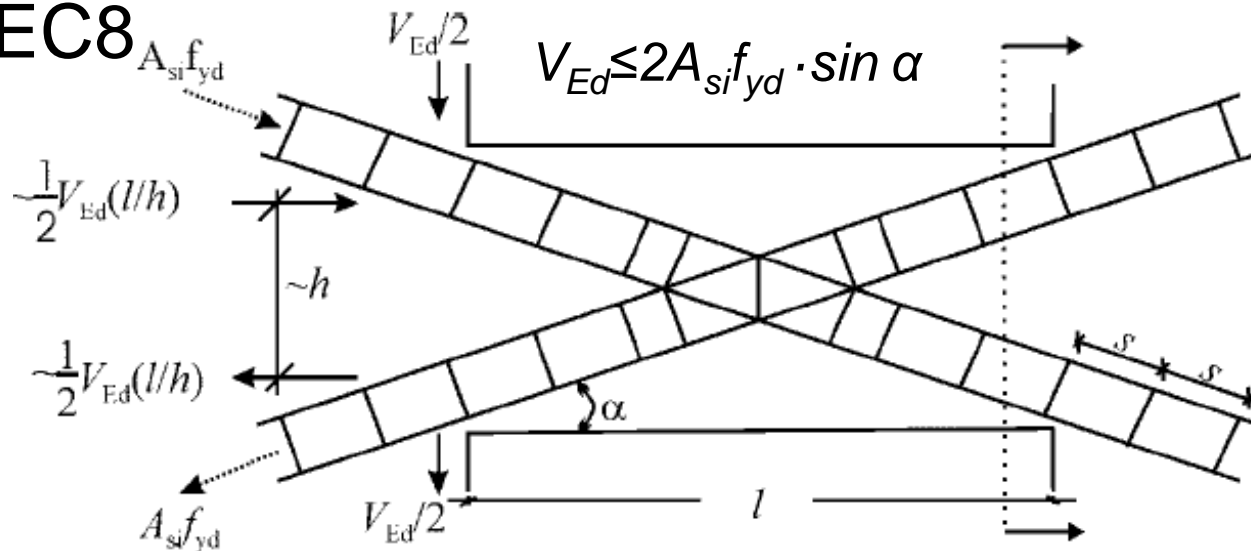
Dijagonalnom armaturom

Za DCH kada je

$$V_{Ed} \geq f_{ctd} b_w d \text{ ili } l/h \leq 3$$

$$V_{Ed} = 2M_{Ed}/l$$

EC8

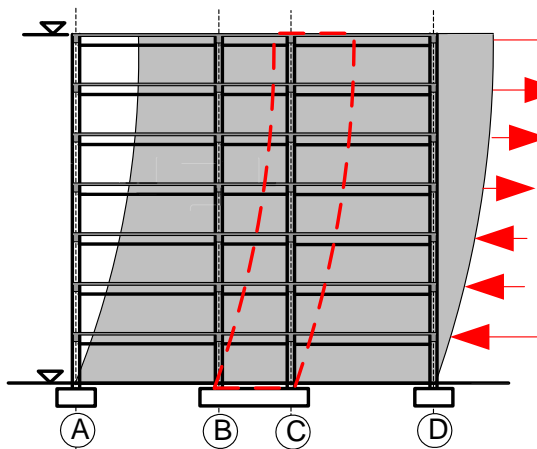


Dijagonalna armatura se formira u obliku svežnjeva armature utegnutih uzengijama. Prečka ima i podužnu armaturu za savijanje i makar konstruktivne uzengije.

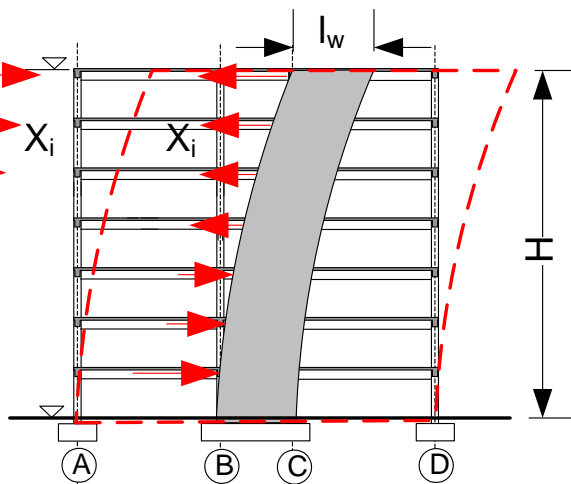
U ovom slučaju je problematično mimoilaženje dijagonalne i ortogonalne armature kod tankih zidova i prečki.

Dvojmi sistemi → ramovi + zidovi

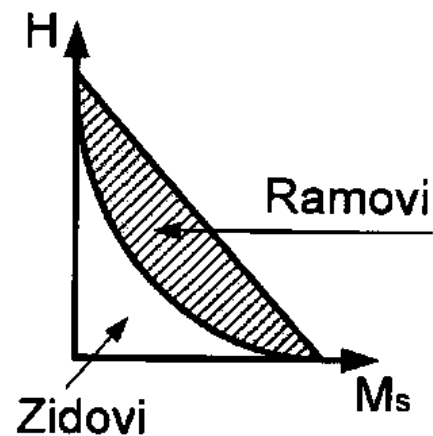
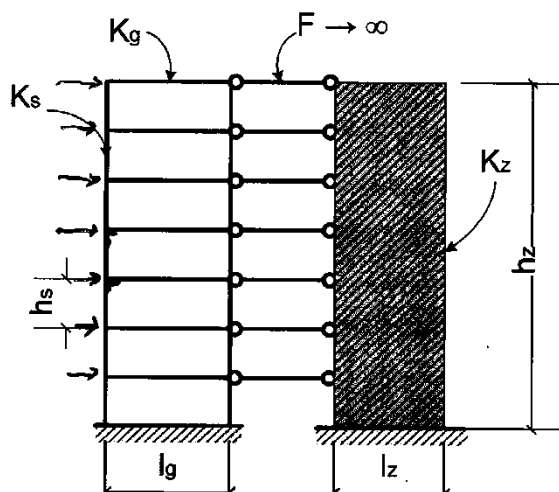
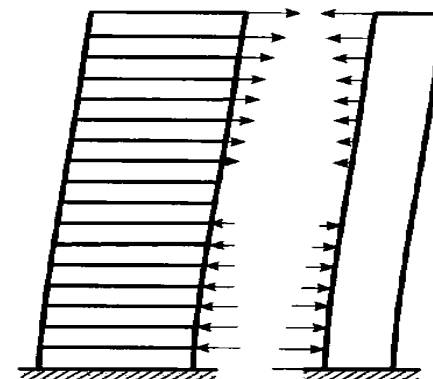
Deformacija rama



Deformacija zida



Deformacija dvojnog sistema



Dvojni sistemi → ramovi + zidovi

Sistemi sa zidovima, kao i oni sa ramovima imaju određene prednosti pri dejstvu seizmike. Sistemi sa zidovima su krući, velike nosivosti i relativno malih pomeranja. Sistemi sa ramovima imaju veću duktilnost, sa znatno više mesta na kojima se vrši disipacija energije (plastični zglobovi), ali su deformabilni.

Kombinacija ova dva sistema može da bude povoljna, jer se formiraju nosivi, malo deformabilni sistemi, ali sa dovoljno mesta za disipaciju energije. Ova kombinacija je prirodna, jer veliki broj objekata sadrži i zidove i stubove.

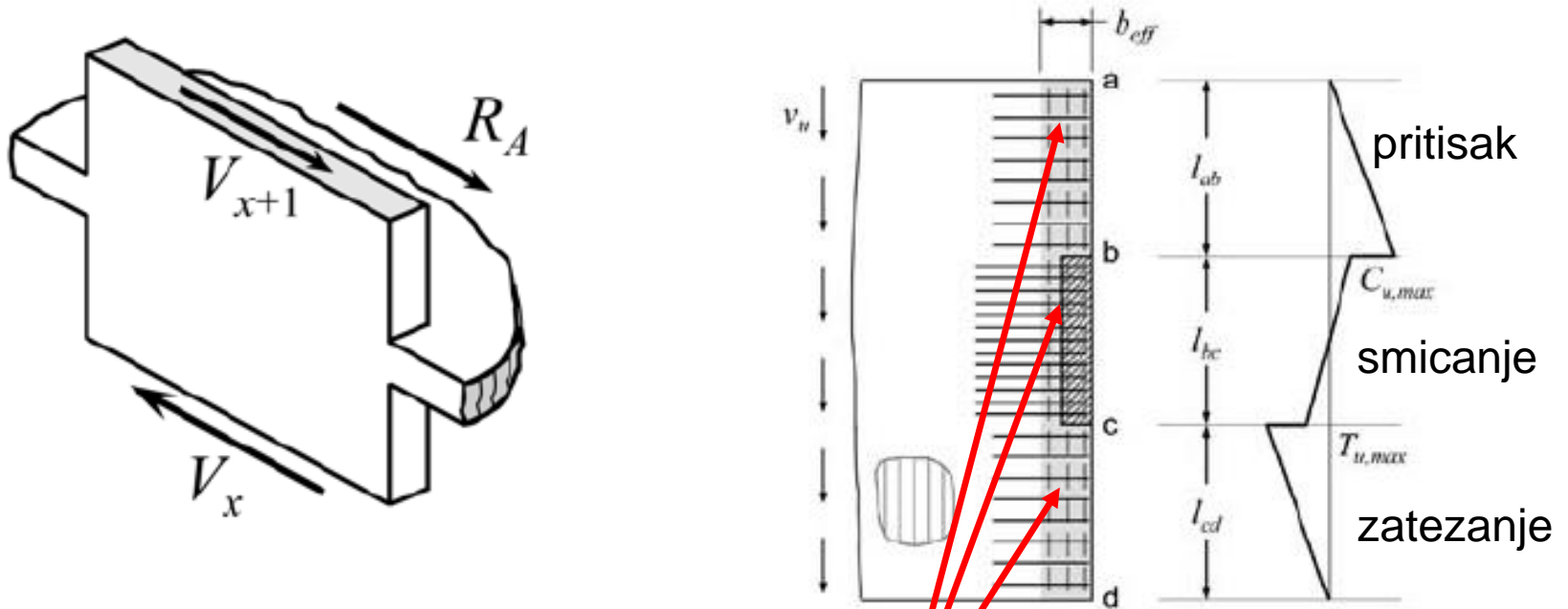
Sa aspekta pomeranja između spratova, sistemi sa ramovima pokazuju veće razlike pomeranja na nižim spratovima, a sistemi sa zidovima na višim. Kombinacija dva sistema daje uravnotežena, manja pomeranja između spratova, što je dobro sa aspekta stabilnosti konstrukcije, kao i smanjenja mogućnosti oštećenja nekonstruktivnih elemenata (pregradni i fasadni zidovi).

Generalno, treba težiti:

- ⇒ Da se angažuju i zidovi drugog pravca (projektovati zidove oblika T, L ili I) sa dobrom vezom pomoću horizontalne armature
- ⇒ Da se što više zidova postavi po periferiji objekta (voditi računa o temperaturnim promenama)
- ⇒ Kod dvojnih sistema da se što više gravitacionog opterećenja prenese preko zidova (problem nom. sile)
- ⇒ Da zidovi budu povezani prečkama (formiranje plastičnih zglobova, disipacija energije, q)
- ⇒ Da se prošire ivice zidova (smeštaj grupisane armature, utezanje, izbočavanje pritisnute ivice pri zemljotresu...).

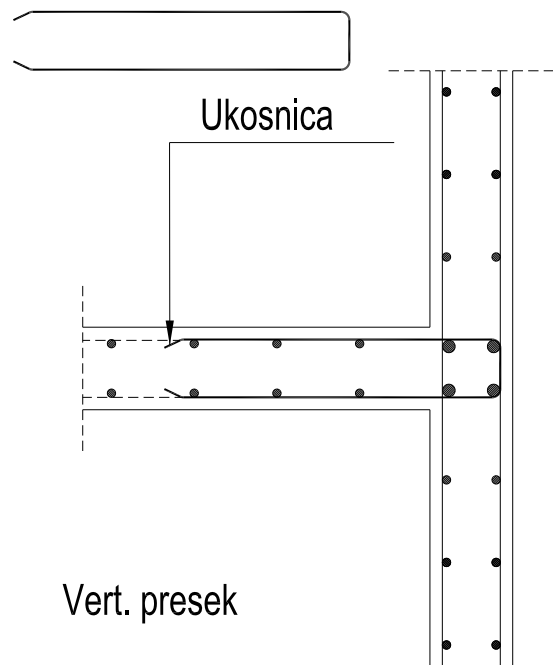
Veza tavanice i zida

Prihvatanje inercijalnih sila sa međuspratne konstrukcije – važno je obezbediti vezu tavanice i zida

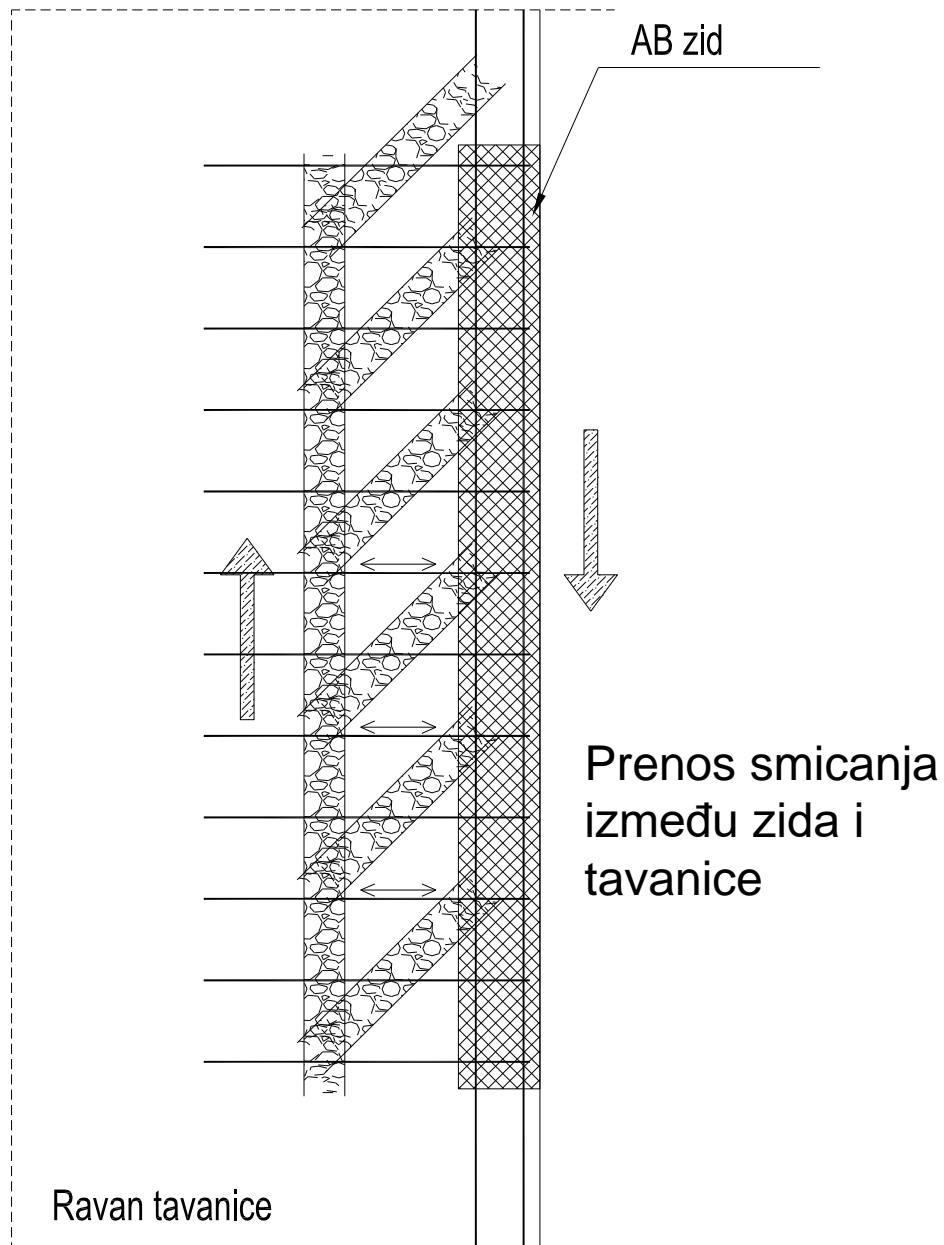


Na dužini zida, kao i ispred i iza zida se formira traka preko koje se prenose sile između zida i tavanice (tzv. „kolektor“), i to smicanjem, pritiskom i zatezanjem. Zatezanje se prenosi preko prepuštene armature skrivene grede na vezi zida i ploče („kajasi“), a pritisak koncentracijom napona pritiska u ploči ispred zida.

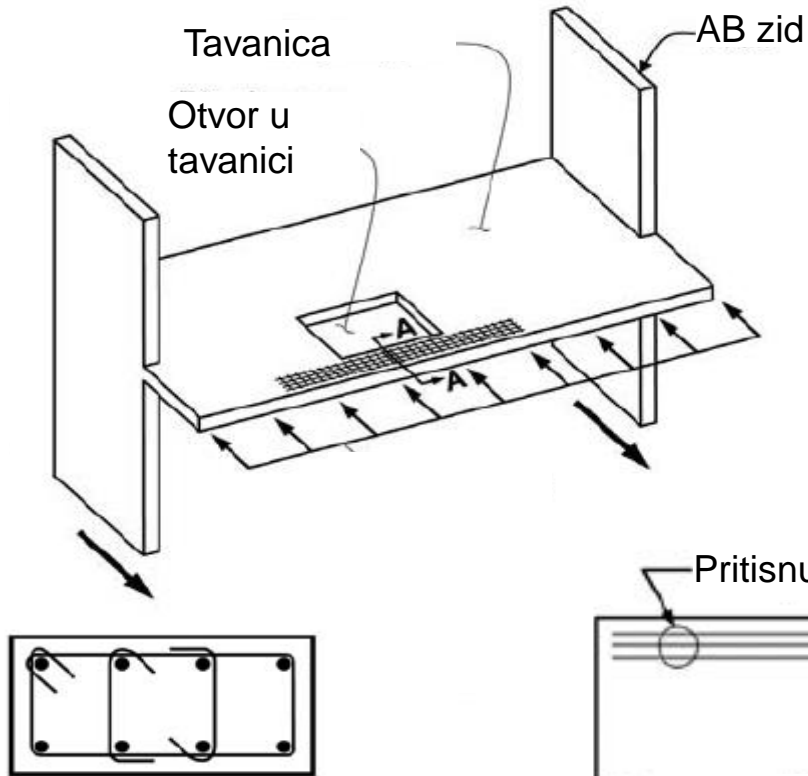
Veza tavanice i zida



Mehanizam prenosa smicanja između tavanice i zida sličan je kao kod veze flanše i rebra kod T preseka grede koja nosi ploču (PGBK1). U ravni tavanice se formira unutrašnja rešetka sa pritisnitim dijagonalama u betonu i zategnutim vertikalama – ukosnicama.



Armiranje otvora u tavanici

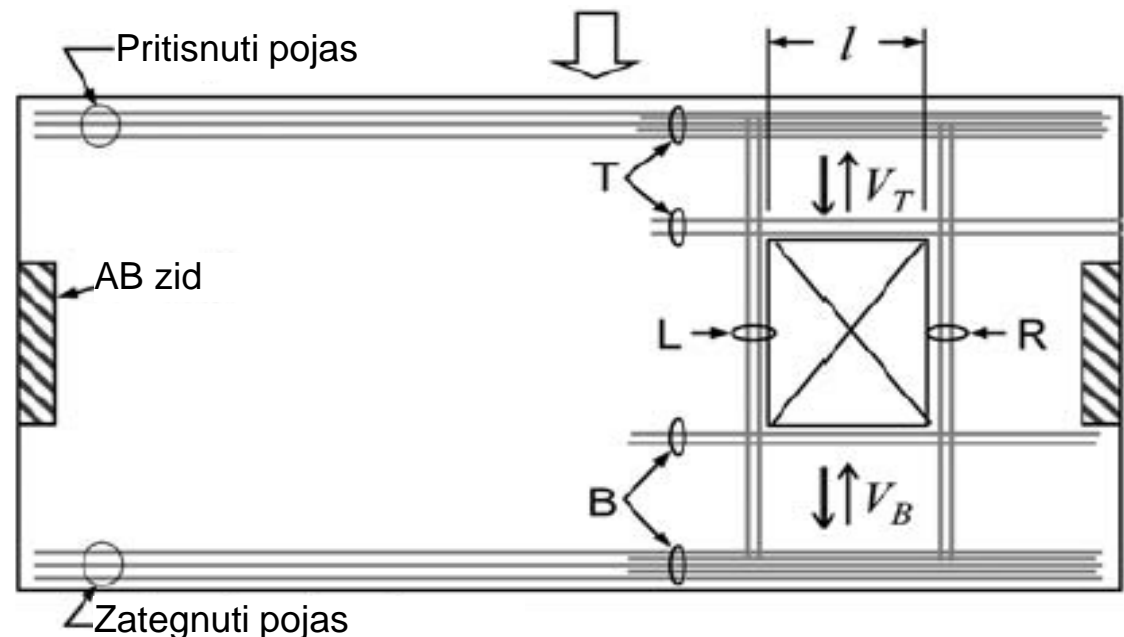


Armatura oko otvora:

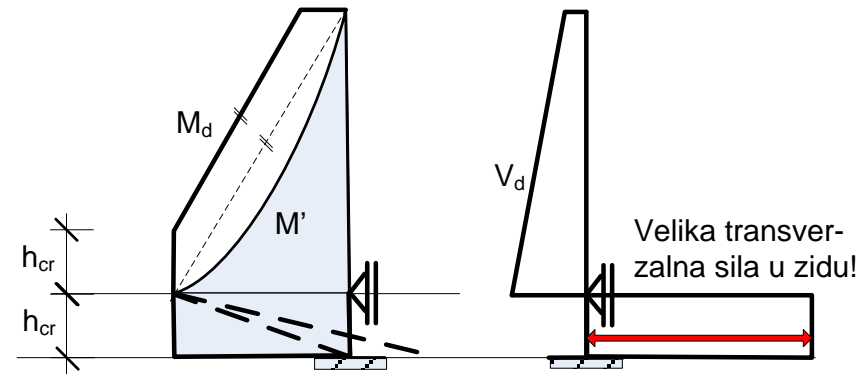
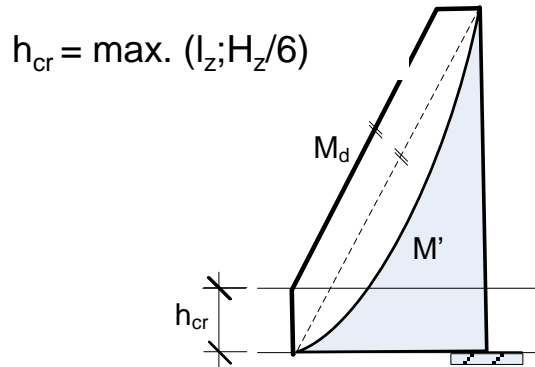
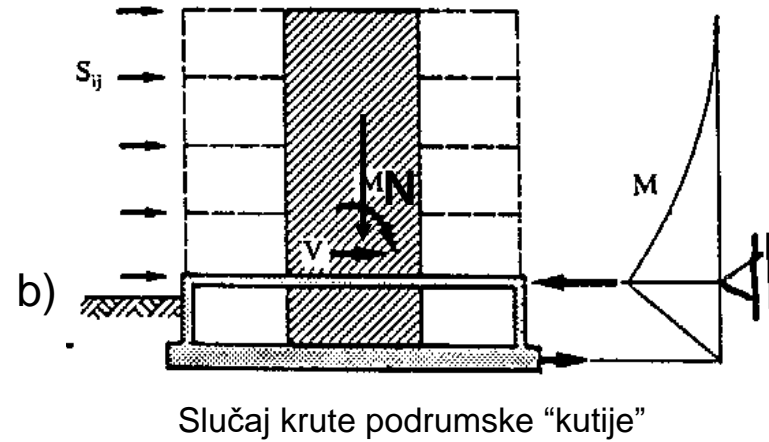
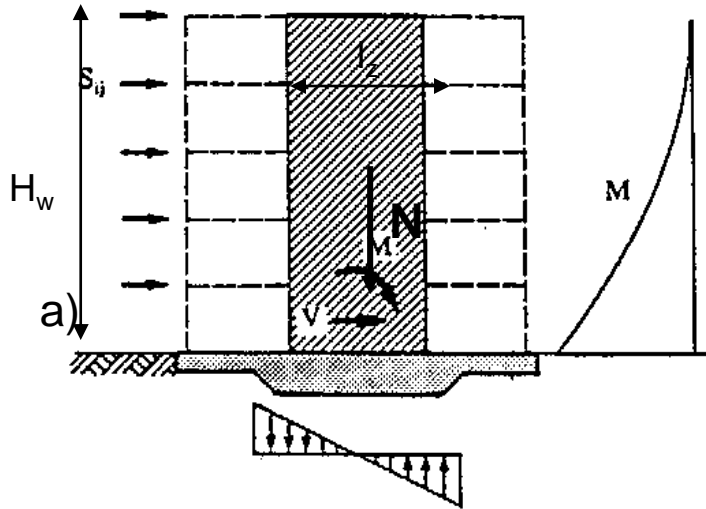
T, B – za lokalno savijanje

L, R – za prenos smicanja V_T i V_B
levo i desno od otvora

Kod otvora u tavanici, potrebno je proveriti lokalno naprezanje u ravni delova ploče oko otvora, i razmotriti pretpostavku da se tavanica ponaša kao kruta u svojoj ravni.



Zid u objektu bez i sa krute podrumске etaže



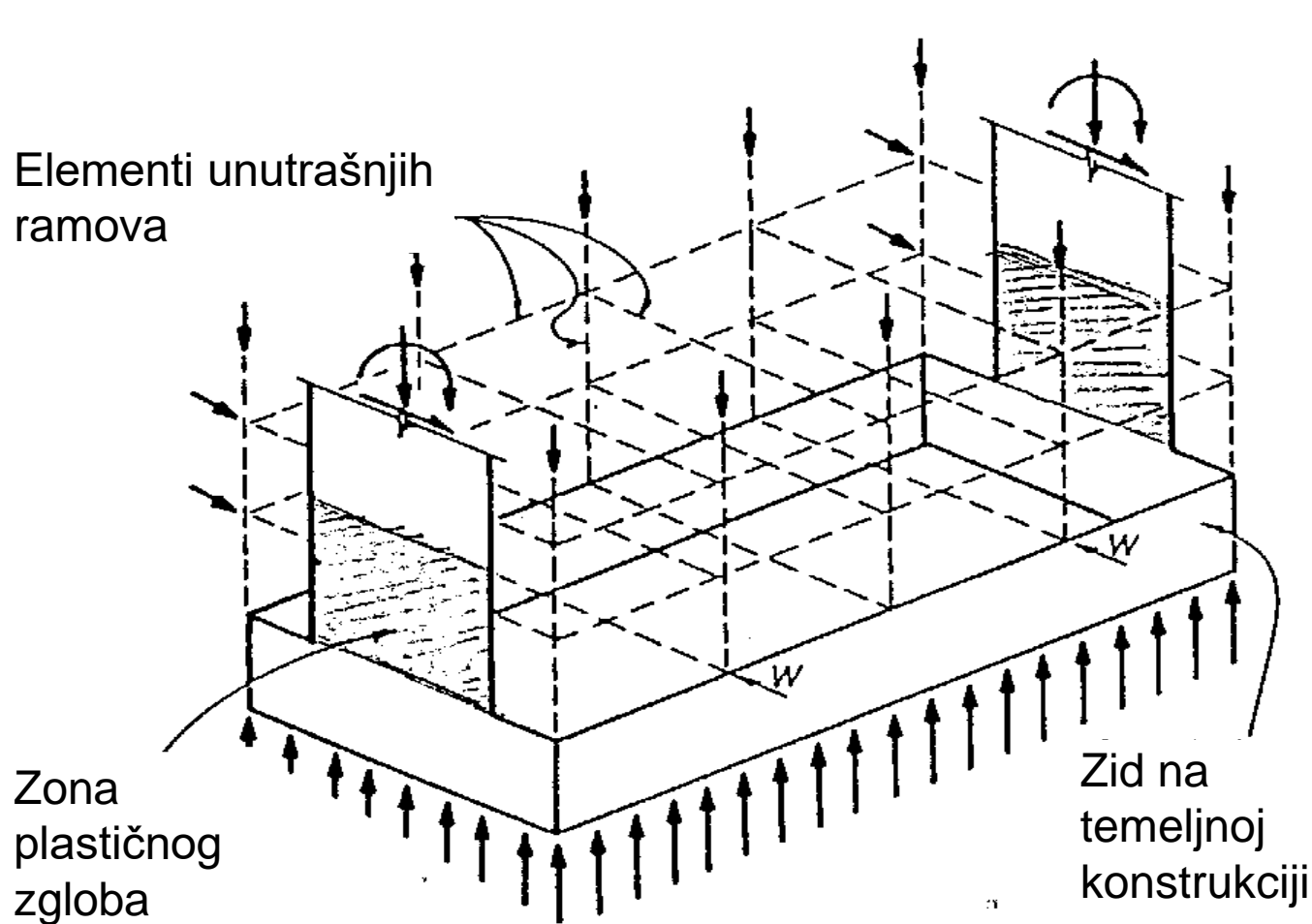
h_{cr} – visina kritične oblasti

c) i d) – konstrukcije sa krutim podrumom

Zid u objektu bez i sa krute podrumске etaže

Zidovi koji se oslanjaju direktno na temelj, maksimalne uticaje od dejstva horizontalnih sila, uglavnom, imaju na mestu uklještenja u temelj. Ukoliko postoji podrumска etaža, ili više njih, to uglavnom, znači da postoje veoma kruti obodni zidovi, na koje se oslanja i ploča prizemlja, pa ona predstavlja horizontalni oslonac za nosivi zid koji se proteže po visini objekta. Krutost oslonca zavisi od krutosti podrumskih zidova. U svakom slučaju, maksimalni moment u zidu od horizontalnog dejstava se pojavljuje na nivou prizemlja, a onda se prema temelju smanjuje ili menja znak, u zavisnosti od krutosti horizontalnog oslonca u prizemlju. U svakom slučaju, veliku horizontalnu reakciju zida u ploči prizemlja treba prihvatiti u samoj ploči, odgovarajućom debljinom ploče i armaturom. Takođe, sledi i velika smičuća sila u delu zida ispod prizemlja, što treba prihvatiti odgovarajućom armaturom. Podužna ivična armatura zida, sračunata u nivou prizemlja (uz pomeranje linije zatežućih sila (predavanje 10)), treba da se sprovede do temelja.

Konstrukcija sa krutom podrumskom i/ili prizemnom etažom (podijum)



Zidovi sa krutom podzemnom etažom maksimalni moment razvijaju neposredno iznad krute „kutije“ formirane od obodnih zidova i ploče prizemlja i temelja.

Na tom mestu se javlja plastični zglob, pa SRPS EN 1998 definiše kritični visinu zida „iznad temelja ili krute etaže“. Često „kutija“ nije samo podzemna, već obuhvata i prizemlje ili sprat (poslovni deo), pa se onda „kutija“ naziva i „podijum“.

Razni tipovi grupa visokih zgrada sa i bez zajedničkog temelja ili podijuma



Bez podijuma



Povezani temelji



Pojedinačni podijum



Zajednički podijum





Primer grupe visokih
zgrada sa zajedničkim
podijumom – Skyline
(idejno rešenje)

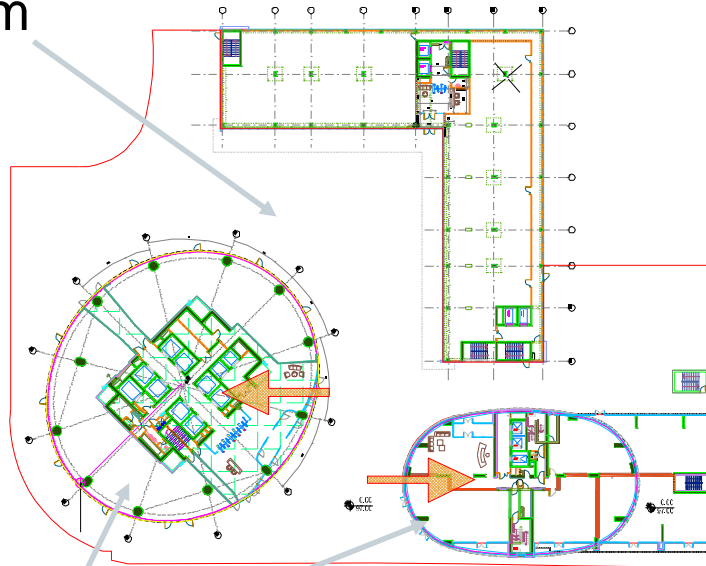
Grupe visokih zgrada sa zajedničkim podijumom

Zajednički podijum dve ili više visokih zgrada može biti nepovoljan pri dejstvu seizmike jer se javljaju velike horizontalne sile u gornjoj ploči podijuma, pa se preporučuje uvođenje dilatacija. S druge strane, takve dilatacije su nepovoljne sa aspekta upotrebljivost (hidroizolacija podzemnog dela, napr.)

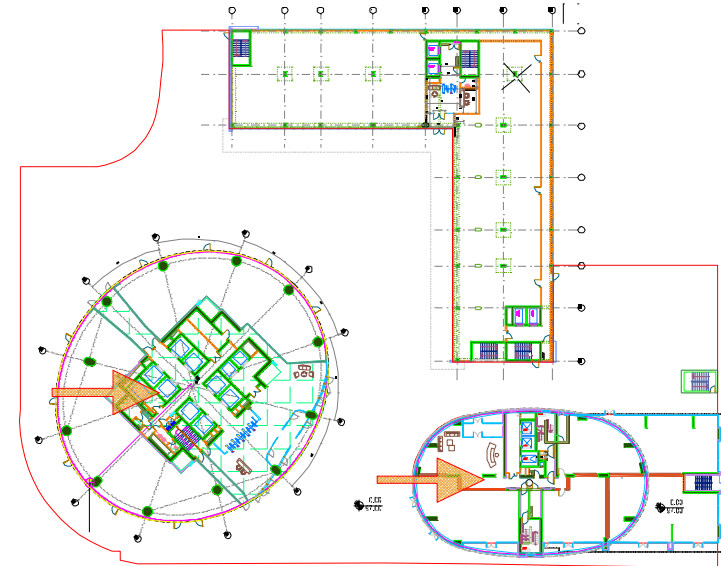
Ukoliko postoji zajednički podijum, multimodalna analiza celokupnog sistema (podijum sa dve visoke zgrade, na primer) ne mora da pokaže najnepovoljniji način oscilovanja konstrukcije sa aspekta naprezanja gornje ploče podijuma (potuno sinhrono ili asihrono oscilovanje visokih zgrada). S tim u vezi, može se modelirati dejstvo seizmike i bočnim kvazi statičkim opterećenjem, za sve kombinacije pravaca dejstava na zgrade, kao što je to prikazano na sledećem slajdu, u osnovi konstrukcije.

Svakako se ne sme zaboraviti nepovoljan uticaj temperature i skupljanja na gornju ploču podijuma, s obzirom na velike dimenzije, izloženost i raspored krutih zidova u podzemnom delu. Uticaj temperature se mora pažljivo modelirati.

Podijum

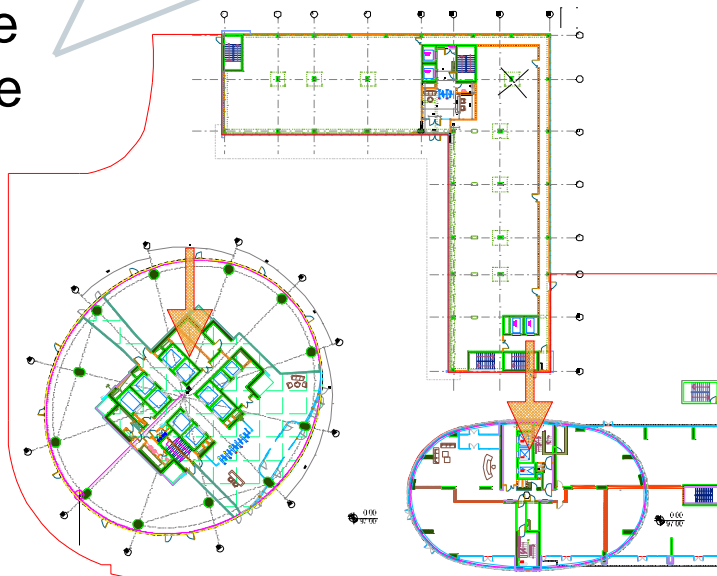


Sx-

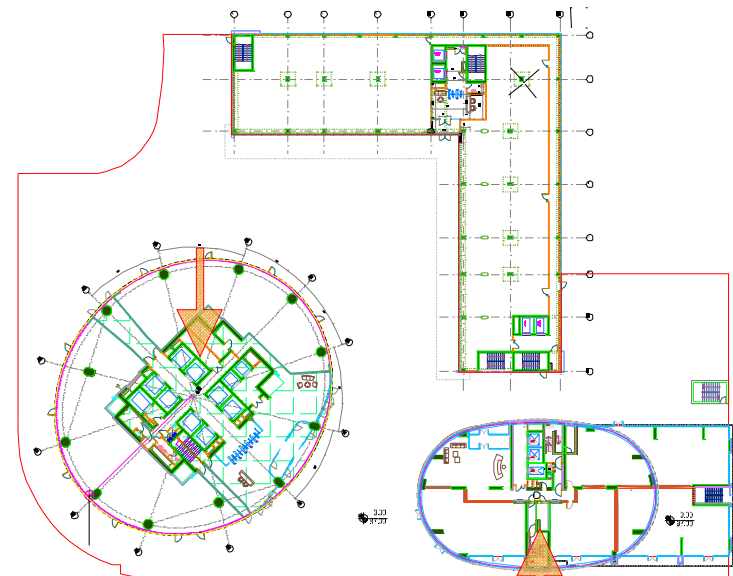


Sx+

Visoke
zgrade



Sy+



Sy-