

ZID, stijena izgrađena od masivnog materijala bez obzira na način ugradbe. U ovom su članku opisani zidovi od opeke, kame- na, betona i armiranog betona. Stijene i stupovi od drva, građev- nih ploča organskog podrijetla, sadre, stakla i metala opisani su u članku *Stijene i stupovi*, TE12, str. 334.

Zidovi su s obzirom na opterećenje nosivi ako preuzimaju teret stropova i krovista, a nenosivi ako nose samo vlastitu težinu. Nosivi zidovi s obzirom na položaj u zgradi mogu biti uzdužni i poprečni.

Uzdužni nosivi zidovi, unutrašnji i vanjski, usporedni su s li- cem zgrade, a ukrućeni su poprečnim zidovima i stropovima. Uda- ljenost uzdužnih zidova u stambenim zgradama iznosi 4...6 m.

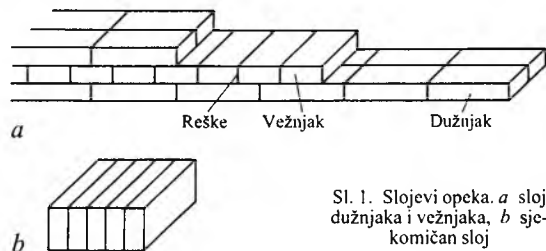
Poprečni nosivi zidovi, koji se u stambenoj zgradi postavljaju okomito na lice zgrade na udaljenosti od 3,5...6,5 m, preuzimaju opterećenje stropne i krovne konstrukcije, koje su razapete u uzdužnom smjeru, pa su krajevi zidova više opterećeni. Vanjska nenosiva uzdužna stijena ima zadaću da zatvara prostor i da ga toplinski i zvučno zaštiti od okoline.

Uzdužni i poprečni zidovi čine približno kvadratična polja, koja se prekrivaju križno armiranim pločama.

Povezivanje zidova. Svrha je povezivanja da se zidovi hori- zontalno ukrute, učvrste i osiguraju od izbočenja i razilaženja, koje bi moglo nastati od potresa, vrlo jakog vjetrova ili nejednoli- čnog slijeganja tla. Zidovi se povezuju u visini stropova u svakom katu, uzdužno i poprečno, preko svih glavnih i vatrobranih zido- va. Povezuju se pomoću armiranobetonskih prstenova (serklaža). To su 20...35 cm visoke armiranobetonske grede, koje se posta- vljaju u svakom katu na istoj visini preko svih debelih zidova. Kad su stropovi drveni, prsten se postavlja ispod grednih ležaja, a kad su stropovi od armiranog betona, u visini nosive konstrukcije. Serklaža je bolja od željeznih spona, jer se osim povezivanja i po- ravnavanja zida postiže i jednolično prenošenje tereta. U skelet- nim zgradama skelet preuzima funkciju usidrenja i nije potrebno nikakvo drugo povezivanje.

ZIDOVİ OD OPEKE

Zidovi od opeke sastoje se od pravilno naslaganih opeka pove- zanih spojnim sredstvom (mortom) u jednu cjelinu (v. *Opeka*, TE9, str. 604; v. *Mort i žbuka*, TE8, str. 659). Radi boljeg pri- jenosa tereta, opeka leži normalno horizontalno svojom širo- m stranom u zidu. Horizontalni prostor debljine 12 mm između po- jedinih slojeva opeke naziva se *ležajnicom*, a vertikalni prostor debljine 10 mm između opeka *sudarnicom*. Mreže ležajnica i sudarnica na licu zida zovu se reške. Ako je opeka ugrađena u zid tako da je dulja strana usporedna s licem zida, zove se *dužnjak*, a ako je dulja strana opeke okomita na lice zida, zove se *vežnjak* (sl. 1a). Ako opeke stoje sjekomice jedna uz drugu, nastaje *sjeko- mičan sloj* (sl. 1b).



Sl. 1. Slojevi opeka. a sloj dužnjaka i vežnjaka, b sje- komičan sloj

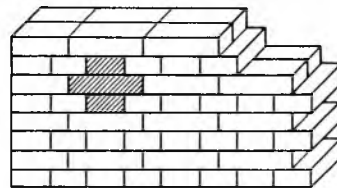
Izmjere zida temelje se na mjerama opeke i debljini sudarnica, odnosno ležajnica. Debljina zida označuje se u centimetrima bez žbuke, tako da je stvarna debljina zida veća za debljinu žbuke, a to je sa svake strane zida po 2 cm. Visina sloja zida iznosi $6,5 \text{ cm} + 1,2 \text{ cm} = 7,7 \text{ cm}$ te, prema tome, u 1 m zida ima 13 slojeva.

Vežovi. Način slaganja opeka prema određenim pravilima, uz što manje sječanje opeke, da bi zid bio što čvršći, naziva se vez.

Vez dužnjaka primjenjuje se za zidove od obične opeke de- bljine 1/2 i 1/4 opeke. Slobodan kraj završava se u jednom redu cijelim komadima, a u drugome polovicama opeka. Kako se takvi zidovi često ne izvode usporedno s glavnim zidom, nego nakna- dno, to se u glavnom zidu ostavljaju udubine ili nazubi u koje se naknadno priključuje tanki zidovi.

Vez vežnjaka. Svi se slojevi sastoje od vežnjaka, a vez se pri- mjenjuje za zidove debljine jedne opeke. Na slobodnom se kraju završava s 3/4 dužnjaka u jednom sloju, a u drugome cijelim vežnjacima.

Engleski vez primjenjuje se za zidove debljine jedne opeke i više (sl. 2). Na licu zida izmjenjuju se slojevi dužnjaka i vežnjaka. Na slobodnom se kraju završava u slojevima dužnjaka s 3/4 dužnjaka, a u slojevima vežnjaka s 3/4 vežnjaka. Postoji, osim toga, i više drugih vezova.



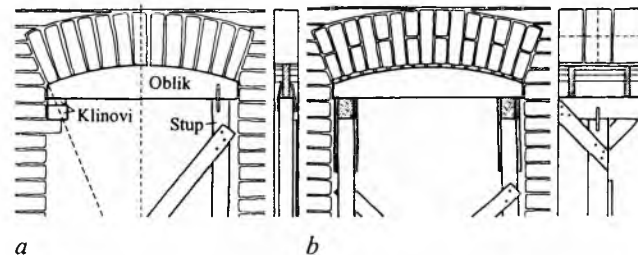
Sl. 2. Engleski vez

Pravokutan spoj zidova. Za prave kutove i za pravokutna križanja i sudare vrijedi: ako su u jednom kraku jednog sloja du- žnjaci, u drugom kraku istog sloja moraju biti vežnjaci; prevez se krakova provodi naizmjenice, pa unutrašnji rubni zidnih krakova prolaze naizmjenice kao sudarnice kroz spoj zidova. Prehvat opeke u kraku u kojem se provodi prevez mora iznositi od unu- trašnjeg ugla 1/4 ili 3/4 opeke.

Obli zid. Da bi se spriječilo sječanje opeke i time smanjenje čvrstoće, obli se zid izvodi kao poligonalan, a sudarnice su kli- naste. One na unutrašnjoj strani ne bi trebale biti manje od 8 mm, a na vanjskoj strani veće od 30 mm.

Otvori u zidu. Oblik i veličina otvora za vrata i prozore ovise o svrsi otvora, gradivu kojim je otvor prekriven i arhitektonskom izgledu koji se želi postići. Na donjoj je strani otvor obično hori- zontalan; prozor završava prozorskom klupčicom, a vrata pragom. Dio zida između klupčice i poda zove se naslon ili parapet, i često je tanji od ostalog zida. Bočne vertikalne plohe zovu se špalete ili ostijenje, a na gornjoj je strani otvor prekriven, ako je ravan, nadvojem, ako je svodeni, lukom. Bočni završetak po po- trebi je ravan ili ima pristupak, koji je potrebno zaštititi i bolje učvrstiti dovratnik ili doprozomik.

Nadvoj ili luk ima zadaću da cjelokupno opterećenje iznad otvora prenese na bočne zidove. Ako je gornji završetak otvora izveden od opeke svodenjem, zove se luk bez obzira na svoj oblik. Najčešće se grade ravni, segmentni ili plosni (sl. 3), polukružni ili puni, šiljati ili gotski i ovalni lukovi.



Sl. 3. Segmentni luk. a ožbukani zid od cijelih opeka, b neožbukani zid od sje- čanih opeka

Luk žbukanih zida izrađuje se od cijelih opeka s klinastim le- žajnicama, a luk golog zida od klinastih opeka s jednako debelim ležajnicama. Klinaste se opeke dobivaju gotove iz tvornice, ili se na gradilištu sijeku, odnosno odklesavaju od normalne opeke.

Za vez lukova vrijede ista pravila kao za vez stupova. Ležaj- nice na čelu luka okomite su na krivulju luka, a iznimka je ravan luk kad ležajnice leže koso prema donjoj liniji luka. Razdioba svodnih slojeva provodi se na srednjoj krivulji luka, uzevši u obzir širinu ležajnice i debljinu sječane opeke. Uporište luka može biti usječeno u zid ili donji dio luka može biti izidan u obliku konzole zajedno sa zidom. S izidanom petom luka ne oslabljuju se uporišni zidovi, a smanjuje se raspon svodenog dijela luka. Luk se u tjemenu završava tjemnim ili zaglavnim slojem, tako da je u luku neparni broj slojeva. Kad su lukovi debeli, dijele se po visini u dva ili više zasebnih lukova, da ležajnice uz hrbat ne bi bile preširoke.

Vijenac od opeke. Vijenac je istaka ispred zida, koja štiti pročelje od oborina, te je ujedno važan plastičan arhitektonski

element. Na gornjoj strani ima kosu plohu, zaštićenu od atmosferske rijlija, a na donjoj okapnicu, da se kiša ne bi podvlačila i cijedila po zidu.

S normalnom se opekama mogu izvesti vijenci istake najviše do 40 cm i s profilom koji je uvjetovan postupnim izlaganjem opeke. Svi se vijenci zidaju istodobno sa zidovima, osim glavnog vijenca, koji se često zida naknadno, kad je već dignuta krovna građa. Tada se tijekom zidanja ostavljaju uz rub vežnjaci s istakom do 12 cm i grubo se sijeku po profilu vijenca, da bi ostao potreban prostor za žbuku. Zida se u cementnom mortu.

Armirani zid od opeke. Tanki zid veće površine, koji je izložen trešnjim ili bočnom pritisku, pojačava se i ukružuje uloškom od okruglih ili plosnatih čeličnih šipaka. Zida se u cementnom mortu i dobro povezuje s bočnim zidovima. Gradi se npr. u skladištu, gdje se ne traži toplinska zaštita i gdje je za vanjske zidove dovoljna debljina od 1/2 i 1 opeke. Debljina je takvih vanjskih zidova najmanje 12 cm, dok debljina nenosivih pregradnih zidova može biti i 6,5 cm. Zidovi se armiraju samo horizontalno ili horizontalno i vertikalno s armaturom koja čini polja prilagođena formatu opeke.

Završetci slobodnog zida od opeke. Zid od opeke koji slobodno stoji, npr. ograda i vatrobрани zid, mora se s gornje strane zaštititi od prodiranja vlage. Završetak se golog zida izrađuje od sjekomičnih obličaka u cementnom mortu. Obličcima je gornja ploha lagano kosa, širi su od zida i imaju okap na donjoj strani. Završetak može biti pokriven crijepom, limom ili kamenim pločama, a najčešće betonskim pločama pojačanim armaturom, koje se izvode na zidu ili posebno i zatim se polažu u ležaj cementnog morta.

Stupovi od opeke. S obzirom na vez pravokutni se stupovi smatraju kratkim zidovima, te se završavaju s 3/4 opeke kao ravni završetci, a slojevi se izmjenjuju pod kutom od 90°. Stupovi okruglog ili osmerokutnog presjeka izvode se kao goli zidovi od obličaka i kao žbukani od sječanih opeka, a slojevi se izmjenjuju pod kutom od 45°. Zbog malog presjeka i velikog opterećenja stupovi se zidaju izabranim ili jako pečenim opekama ili prepekama u cementnom mortu.

Dimnjaci u zidu od opeke opisani su u članku *Dimnjak*, TE 3, str. 349.

KAMENI ZIDOVİ

Vrste kamenih stijena od kojih se dobiva građevni materijal, ležišta tehničkog kamena, fizikalno-mehanička svojstva građevnog kamena, dobivanje i obradba, te povijesni pregled građenja kamenom prikazani su u članku *Građevni kamen*, TE 6, str. 223.

Zidovi od neobrađenog kamena. *Suhozid* je najstariji oblik kamenog zida. On se zida bez morta, te se malo priklesano kamenje povezuje sa što manje šupljina i što više vežnjaka. Takav zid najčešće služi kao ograda. Ako se upotrijebi kao potporni zid, njegova debljina u sredini visine mora iznositi najmanje 1/3 njegove visine.

Zid od lomljenog kamena gradi se od nepravilno lomljenog kamena, koji se po potrebi malo prikleše da bi se dobio bolji ležaj. Zbog nepravilna oblika kamena takav zid nema izrazitih horizontalnih ležajnica. U visinama od 80·150 cm zid se po cijeloj debljini i duljini izravnava i što je kamen nepravilniji, a zidovi tanji, to je ta visina manja. Na uglovima i uz otvore postavljaju se veći i bolje obrađeni kameni, koji se izmjenice prehvataju. Debljina takvih nosivih zidova iznosi obično ~50 cm. Kao mort služi vapneni ili produženi mort od krupnog pijeska.

Poligonalni kameni zid gradi se od kamena koji se lomi i kala u poligonalnim prizmama nepravilna oblika. Lice zida ostaje neobrađeno ili samo grubo obrađeno, a ležajnice i sudarne plohe također su grubo obrađene, da bi kamen što bolje priliegao.

Zid od pločastoga lomljenog kamena gradi se od kamena koji se pločasto lomi i na licu je donekle pravokutna oblika i različite veličine. Kamen se polaže na širu plohu, te su mu ležajnice horizontalne, a sudarnice približno vertikalne. Takav zid nema izrazitih horizontalnih slojeva, osim horizontalnih izravnanja na visini od 1·2 m.

Zidovi od obrađenog kamena. *Zid od grubo obrađenog kamena* sadrži kamen koji je uz lice zida grubo obrađen najmanje 10 cm u dubinu, a reške su debljine 30 mm i više. Kamen može u

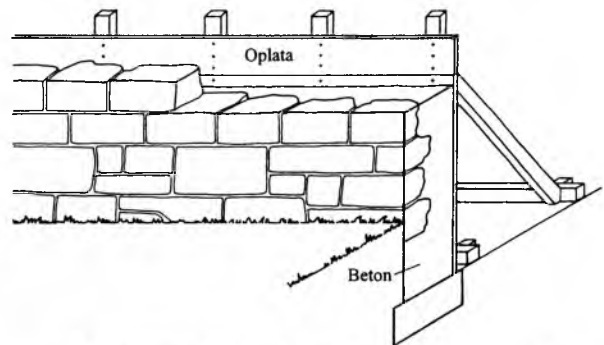
unutrašnjosti biti neobrađen i nepravilna oblika, a ako zid nije slojno zidan, mora se nakon 2 m visine izravnati.

Zid od čisto obrađenog kamena. Kamen je uz lice čisto obrađen najmanje 15 cm, reške su debele 8·30 mm, a u ostalim je elementima jednak zidu od grubo obrađenog kamena.

Zid od klesanaca. Za ravni zid klesanci su paralelepipedna oblika, visina im obično iznosi 25·35 cm, a debljina reški 3·30 mm. Ako se klesanci polažu bez morta, ležajnice i sudarne plohe moraju biti brušene. Tanji zidovi debljine jednog klesanca grade se vezom dužnjaka, a deblji vezom vežnjaka.

Mješoviti zidovi. Horizontalni mješoviti zid sastoji se od slojeva lomljenog ili nalaznog kamena, koji se ravna slojevima obrađenog kamena ili opeke, što djeluje vrlo dekorativno. Vertikalni mješoviti zid zapravo je zid od različitog gradiva obložen grubo obrađenim kamenom, klesancima, kamenim pločama ili opekama.

Zid obložen grubo obrađenim lomljenim kamenom. Uz buduću se stražnju plohu zida postavi vertikalna oplata, zatim se na uglove i završetke stavljaju veći kameni, koji označuju prednji rub zida. Uz napeti konop polažu se u mort izmjenice kameni vežnjaci i dužnjaci. Kad se postavi kameni red, prostor do oplata ispuni se betonom (sl. 4). Spone nisu potrebne, jer se kamen zbog svoje neravnosti dobro povezuje s betonom.



Sl. 4. Oblaganje zida grubo obrađenim lomljenim kamenom

Zid obložen obrađenim kamenom i klesancima. Zidovi od opeke oblažu se slojevima kamenih dužnjaka i vežnjaka, i to tako da najmanje trećina svih klesanaca budu vežnjaci. Po dva klesanca međusobno se spajaju sponama. Kako je oblaganje čisto obrađenim klesancima vrlo skupo, to je obično dovoljno da se klesanac čisto obradi na licu i do 10 cm u dubinu, dok u unutrašnjosti ostaje grubo obrađen.

Zid oploćen kamenim pločama. Oploćenje s punim ležajem morta i bez sidara primjenjuje se kad su ploče malog formata i kad se ugrađuju u unutrašnjosti zgrade. Ploče se ugrađuju odozdo prema gore produženim mortom debljine ~2 cm. Oploćenje s punim ležajem morta i sidrima ili na prugama i jastucima morta uz upotrebu sidara primjenjuje se rijetko i samo na manjim površinama.

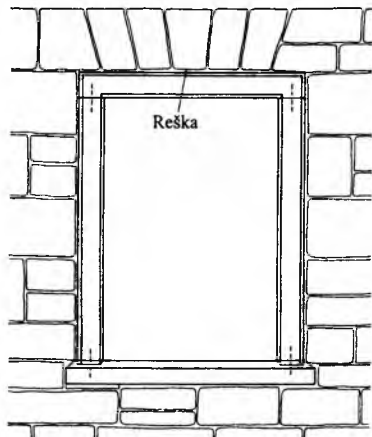
Oploćenje sa šupljinom i sidrima primjenjuje se za oblaganje fasada velikih površina. Obično se na pripremljenu podlogu, na udaljenosti od najmanje 2 cm, montiraju termoizolacijske ploče. Ploče se povezuju međusobno i učvršćuju u zid sponama i sidrima, tako da svaka ploča stoji samostalno i opterećenje se gornje ploče ne smije prenijeti na donju.

Otvori u kamenom zidu. Uz otvor može kameni zid biti završen pojedinim kamenima visine kao zidni slojevi i presvođen kamenom gredom ili lukom, ili je otvor obrubljen uskim komadima u obliku kamenog okvira.

Ravni luk od kamena. Manji se otvori mogu prekriti debljom pločom ili kamenom gredom, pri čemu treba iznad njih staviti po potrebi neku odteretnu konstrukciju koja preuzima i prenosi opterećenje. Između luka i odteretne konstrukcije ostavlja se otvorena reška. Ravni luk od pločastoga ili grubo oklesanoga klinastog kamena ima uporišnu plohu strmiju od 60° i sudarnice su prema sredini sve strmije. Kad su lukovi od klesanca, lučni su kameni klinasti, a ležajnice usmjerene u jedno središte. Veći se ravni lukovi odteretuju nekom nosivom konstrukcijom.

Segmentni luk izvodi se od klesanca klinasta oblika. Ležajnice su usmjerene u središte luka, završni je kamen često naglašen veličinom i istakom, a gornja je površina obla, horizontalna ili u obliku stuba. Slično se gradi polukružni i šiljati luk.

Kameni okvir obrub je otvora s klesanim komadima kamena kvadratnoga, često i profiliranog oblika. Sastoji se od prozorske klupčice, odnosno vratnog praga, bočnih stupova i nadvoja (sl. 5), a ugrađuje se usporedno sa zidanjem ili naknadno. Svi se dijelovi okvira moraju međusobno povezati metalnim trnovima i ujedno metalnim sponama usidriti dovoljno duboko u zid.



Sl. 5. Kameni okvir

Kameni se okviri mogu izrađivati i od kamenih ploča; izvode se po istim principima kao i opločenje zidova, a ploče se moraju dobro usidriti i objesiti o bočne konstrukcije.

Kameni vijenci. Za vijenac se upotrebljava izabran i na atmosferilije otporan kamen. Vijenac počiva na čvrstoj podlozi, ulazi dovoljno duboko u zid i povezan je sa zidom. Ako nije pokriven limom, reške je potrebno na gornjoj površini dobro ispuniti mortom i zagladiti. Na mjestima gdje se kosina gornje plohe sastaje sa zidom treba ležajnica kamena biti nešto viša, da se voda ne bi uvlačila u rešku ili u žbuku.

Najjednostavniji je oblik vijenca istaknuta ploča. Kordonski se vijenci izvode od komada duljine 100·150 cm, ulaze najmanje 12 cm u zid, usidreni su i povezani sponama. Danas se redovito kameni vijenci velike istake grade oblaganjem armiranobetonske konzolne konstrukcije pločama pa je i formalno oblikovanje takva vijenca drukčije od oblikovanja klasičnoga kamenog vijenca.

Kameni stupovi. Kameni stup kojemu je omjer visine prema užoj stranici manji od 8 može se izvesti od obrađenog kamena s horizontalnim ležajnicama i vertikalnim sudarnicama. Kad je omjer veći od 8, a manji od 15, stup se mora izgraditi od klesanaca, ali su još dopuštene vertikalne sudarnice. Ako je stup još vitkiji, gradi se od horizontalnih slojeva klesanaca bez sudarnica ili kao monolit. Danas se kameni stupovi redovito grade od armiranog betona i oblažu kamenim pločama.

Završetci slobodnoga kamenog zida. Na kamenoj se ogradi gornji završetak izvodi u padu od izabраниh većih kamena, koji pokrivaju cijelu površinu zida. Ako je zid prekriven pločama, one prehvataju malo preko ruba i imaju okap. Ispod sudara ploča može se ugraditi mali kameni žlijeb za odvod vode, ako ona prodire kroz oštećeni sudar. Kad je zid kos, završni se kameni postavljaju horizontalno i poput stuba, a ako je prekriven pločama, potrebno ih je usidriti u zid.

BETONSKI ZIDOVİ

Vrste betona, njegova izradba i svojstva, te opće karakteristike betonskih konstrukcija obrađene su u člancima *Beton*, TE 2, str. 1 i *Betonske konstrukcije*, TE 2, str. 17, dok su vrste, sastav i upotreba cementa kao hidrauličnoga građevnog veziva obrađeni u članku *Cementi*, TE 2, str. 585.

Prednosti su betonskog zida čvrstoća, velika nosivost, trajnost, otpornost prema atmosferilijama, vlazi i vatri, a nedostaci loša toplinska izolacija, teškoće pri adaptaciji i dr. Betonski zid može biti jeftiniji od zidova od opeke, što ovisi o cijeni šljunka i oplate. Zid od betona gradi se zidanjem betonskim blokovima ili ugrađivanjem svježeg betona u oplatu u kojoj vezanjem nastaje monolitna konstrukcija.

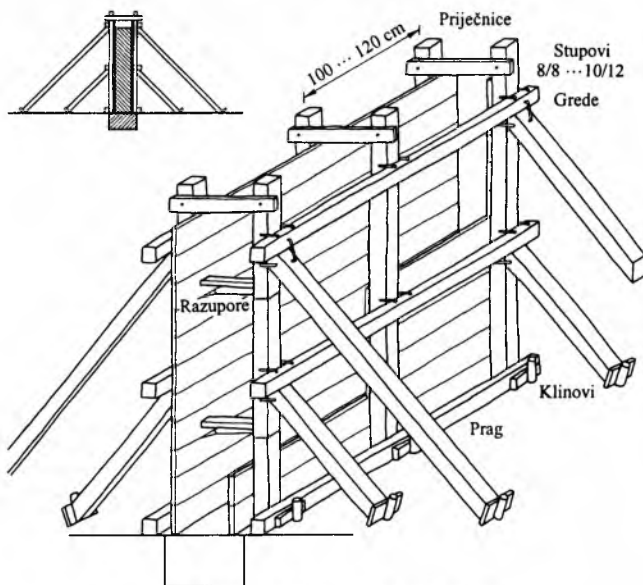
Zidovi od betonskih blokova. Od normalnog i od laganog betona mogu se nabijanjem u kalupe proizvesti puni ili šuplji blokovi i ploče različitih oblika i veličine. Standardni šuplji blokovi za zidanje svrstavaju se prema namjeni u normalne blokove, termoblokove i pregradne blokove za tanke zidove.

Osim šupljih blokova, za zidanje se upotrebljavaju i ploče od normalnog i laganog betona, obični betonski šuplji kamen, puni betonski kamen itd. Zid od betonskih šupljih blokova zida se cementnim ili produženim mortom kao i zid od opeka, a služi kao nosivi zid do visine 2. kata, te kao pregradni zid. Ispod ležaja stropne konstrukcije zidovi se naokolo povezuju armiranobetonskim prstenom.

Zidovi od betona u oplati. Prilikom građenja betonskog zida u oplati prvo se postavlja oplata, zatim se beton pripravlja i ugrađuje u oplatu, a kad je dovoljno otvrdnuo, oplata se skida i površina se zida po potrebi naknadno obrađuje.

Oplata. Svrha je oplate da mekanj smjesi betona dađe potreban oblik u kojem ona otvrdne u čvrsto tijelo. Oplata može biti od dasaka, montažnih drvenih ploča i željeznih limova.

Najčešće se oplata ravnoga betonskog zida izrađuje od dvije stijene od sjekomičnih horizontalnih dasaka pričvršćenih na vertikalni kostur stupova. Stupove treba poduprijeti i međusobno povezati žicom da ih bočni pritisak ne bi izbio ili izbacio (sl. 6). Za zidove veće visine često se primjenjuje oplata sa željeznim sponama.



Sl. 6. Oplata za betoniranje ravnog zida

Oplata oblog zida izrađuje se od vertikalnih uskih dasaka, koje su pribijene na horizontalne lukove, poduprte stupovima povezanim žicom.

Oplata betonskog stupa pravokutnog presjeka sastoji se od četiri dasčane ploče povezane horizontalnim prstenovima od drveta ili željeza, a kao veza za stezanje služe vijci ili žica. Za okrugle se stupove sastavlja oplata od uskih vertikalnih dasaka.

Ugradba betona u oplatu. *Betonska plastična smjesa* lijeva se u oplatu, u kojoj se jednolično raspoređuje i ispunjava sve šupljine udaranjem po površini oplate i posve slabim nabijanjem dok se na površini ne pojavi voda ili se izlaže stalnoj trešnji pomoću pneumatskih čekića učvršćenih na oplatu ili pomoću površinskih vibratora. *Betonska vlažna smjesa* jednolično se nabija u slojevima visine 15·20 cm nabijačima s komprimiranim zrakom.

Površinska obradba betonskog zida. Ako zid treba ožbukati, dobro je da se žbuka dok je svježe. Vrlo se često betonski zid ne žbuka, te je tada potrebno posebno paziti na izradbu oplate, sastav agregata i izvedbu, da bi površina bila glatka, jednolična i puna. Oplata se tada izvodi od uskih blanjanih utorenih dasaka ili glatkih ploča, a površina se betona može naknadno i klesarski obraditi. Katkad se unutrašnja površina oplate premazuje sredstvima koja sprečavaju vezanje cementa uz površinu oplate.

Ako se želi da površina bude od boljeg gradiva ili ljepšeg izgleda, zid se oblaže kamenom žbukom usporedno s betoniranjem ili naknadno. Prvi je način bolji, jer se obloga i beton zida povezuju u cjelinu, dok je drugi način jednostavniji, ali tada uvijek postoji opasnost da se obloga odvoji od stijene.

ARMIRANOBETONSKI ZIDOVİ

Svojstva, proračun i dimenzioniranje armiranobetonskih konstrukcija obrađeni su u člancima *Armirani beton*, TE1, str. 387 i *Armiranobetonske konstrukcije*, TE1, str. 403, dok su svojstva glavnih materijala potrebnih za armirani beton prikazana u člancima *Cementi*, TE2, str. 585 i *Čelik*, TE3, str. 43.

Armiranobetonski zidovi mogu biti puni (masivni) i skeletni.

Puni armiranobetonski zidovi grade se kad se od punog zida traži mala debljina, a velika čvrstoća, vatrostalnost i otpornost prema atmosferilijama. Grade se u prvom redu za tvorničke građevine, skladišta, silose, bunkere, trezore, vodospremnike, kao potporni i ogradni zidovi, kao tanke samonosive pregrade i nosivi zidovi, balkonski nasloni, vatrostalne obloge itd.

Puni armiranobetonski zidovi grade se u oplati na gradilištu ili se kao pretfabricirani elementi (v. *Montažno građenje*, TE8, str. 647) dopremaju i ugrađuju. Neopterećene tanke stijene debljine 3...5 cm armirane su po sredini mrežastom armaturom, koja ulazi ~10 cm u obodne zidove. Izvode se s jednostranom oplatom pred koju se, obično u sredinu zida, postavlja armaturna mreža, a zatim se betonska smjesa štrca ili nabacuje zidarskom žlicom. Kad su zidovi deblji, beton se lijeva ili sipa u dvostruku oplatu u koju je uložena armatura.

Armiranobetonski zidovi koji počivaju na čvrstoj podlozi i vertikalno su opterećeni, armiraju se vertikalno i horizontalno uz obje pobočke i međusobno povezuju. Ako ne počivaju na čvrstoj podlozi, tretiraju se kao grede i glavna armatura leži horizontalno. Ako je zid izveden kao konzolna ploča, armatura se nalazi uz onu stranu na koju djeluje sila. Slobodni ogradni zidovi zahtijevaju obostranu armaturu.

Česta je primjena armiranog betona za potporne zidove. Oni se obično sastoje od armiranog zida i horizontalne stope u koju je zid upet. Glavna se armatura zida postavlja vertikalno uz unutrašnju stranu i povezuje u stopi, koja je armirana uz svoju gornju površinu. Kad su potporni zidovi visoki, pojačavaju se rebrima.

Zidovi trezora izvode se s minimalnom čeličnom armaturom, ali s betonom velike čvrstoće, s krupnim agregatom bazalta, granita ili sličnog eruptivnog kamena uz dodatak sredstava koja čine beton tvrdim.

Skeletni armiranobetonski zidovi sastoje se od kruto povezanih vertikalnih stupova i horizontalnih greda (podvlaka), koji imaju statičku funkciju da preuzmu i prenesu sva opterećenja, te od ispune polja između stupova i greda, koja zatvara i zaštićuje prostor ili ga dijeli od susjednog prostora (v. *Skeletne konstrukcije*, TE12, str. 115).

Prednost je skeletne konstrukcije što stupovi i ispuna zauzimaju malu površinu, što je ispuna lagana i što je opterećenje maleno i u svim katovima podjednako. Stupovi i grede jednog zida povezani su stropnom konstrukcijom sa suprotnim zidom, a pojedini su katovi međusobno kruto povezani, tako da konstrukcija cijele zgrade čini čvrstu i stabilnu prostornu cjelinu. Armiranobetonski stupovi vitkiji su od nearmiranih, a prema načinu armiranja razlikuju se obični armiranobetonski stupovi, ovijeni (utegnuti) stupovi i Empergerovi stupovi.

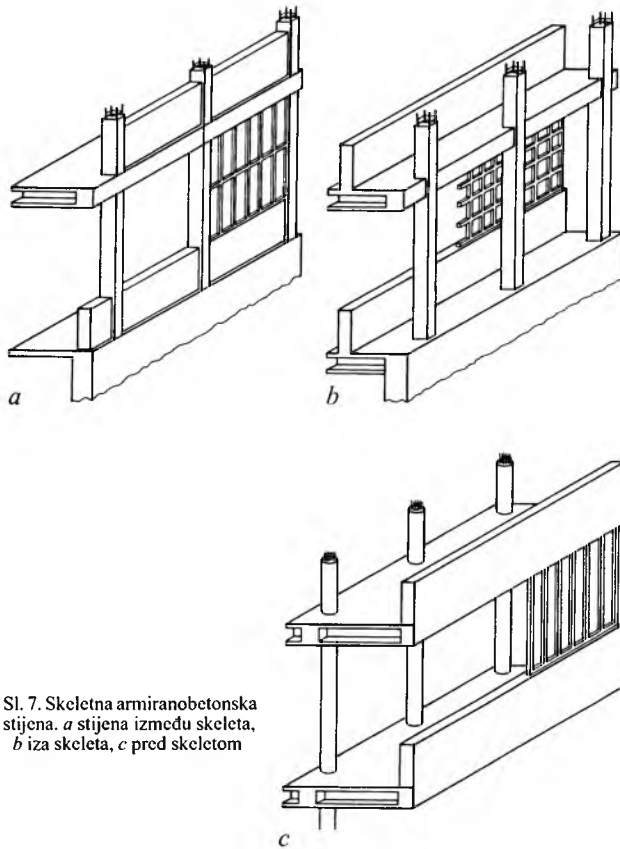
Obični armiranobetonski stupovi najčešće su kvadratnog ili pravokutnog presjeka, ali kad stoje slobodno u prostoru, često su okruglog, ovalnog ili višekutnog presjeka. Armirani su uzdužnom armaturom, koja je radi osiguranja stupa od izvijanja smještena u uglove i povezana s vanjske strane vilicama. Armatura stupa ulazi u podvlaku, a ako je skeletna stijena višekatna, armatura prolazi kroz podvlaku, ulazi u gornji stup, te se u duljini od 30 promjera šipke preklapa s armaturom gornjega stupa. Armature šipke prolaze u jednom komadu najviše kroz dva kata.

Ovijeni (utegnuti) stupovi u svojem su presjeku obično okrugli ili osmerokutni, a uzdužna armatura smještena uz površinu stupa gusto je ovijena i povezana spiralnom armaturom ili zava-

renim kružnim prstenovima. Razmak navoja ili prstenova iznosi 4...8 cm, ali ne smije biti veći od 1/5 promjera jezgre.

Empergerovi stupovi armirani su kao ovijeni stupovi, a u sredini su pojačani jezgrom od lijevanoga okruglog željeznog šupljeg stupa.

Ispuna zidova skeletnih konstrukcija izrađuje se od raznolikog materijala, često od više slojeva, a sastav i vrsta zidova ovise o zadaći i položaju zida, te namjeni prostorije koju ograđuju. Vanjski zidovi mogu biti izvedeni između stupova skeleta ili odijeljeni od skeleta kao samostalni zidovi ispred ili iza stupova skeleta vanjske stijene (sl. 7). U prvom je primjeru zid povezan na stupove, a stupovi kao dio vanjskog zida moraju biti toplinski izolirani. U drugom je primjeru zid pomaknut iza stupova i počiva na stropnoj konstrukciji, a na licu dolazi do izražaja skelet. U trećem primjeru stupovi skeleta povučeni su u unutrašnjost zgrade i sakriveni iza vanjske stijene. Ona počiva na konzolnoj istaci stropa, a na fasadi prevladavaju horizontale.



Sl. 7. Skeletna armiranobetonska stijena. a stijena između skeleta, b iza skeleta, c pred skeletom

Armiranobetonska podvlaka povezuje stupove te preuzima i prenosi opterećenja stropova i zidova gornjega kata. Presjek im je redovito pravokutan, a armatura im se sastoji od glavne armature, vilica i montažnih šipaka. Glavna armatura ima promjer 10 mm ili više, leži u zoni vlaka, te se prema potrebi djelomice savija uz krajeve podvlake koso prema gore da bi preuzela naprezanja zbog poprečnih sila i radi negativnih momenata na ležajevima iznad stupova. Vilice su promjera 8...10 mm. One obuhvaćaju glavnu armaturu i završavaju kukama na montažnim šipkama u gornjoj tlačnoj zoni.

Nadvoji nad otvorima u zidu izvode se poput podvlake, a ležaj na zidu ovisi o veličini otvora i opterećenju, te iznosi 12 cm ili više. Oplata ravnih nadvoja i podvlaka izvodi se kao za ravne lukove od opeke, samo što se obje bočne strane trebaju zatvoriti daščanom oplatom i međusobno povezati žicom.

Armiranobetonski vijenci izvode se kao konzolne armirane ploče upete u zid. Glavna armatura položena je uz gornju površinu okomito na zid i poprijeko je vezana razdjelnom armaturom. Vijenac se sidri u zid povezivanjem na armiranobetonsku konstrukciju.

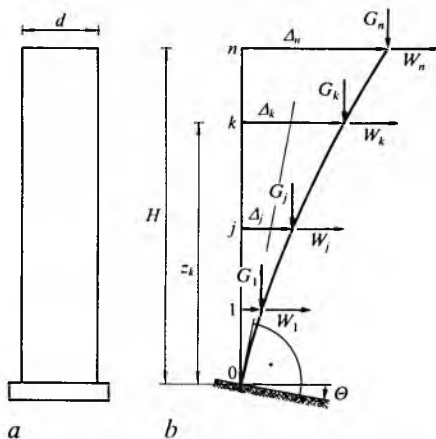
Z. Vrkljan

ZIDOVI KAO ELEMENTI NOSIVE KONSTRUKCIJE

Zidovi, najčešće armiranobetonski, vrlo su povoljno, često i najpovoljnije rješenje za vertikalnu nosivu i ukrutnu konstrukciju zgrada. Oni ujedinjuju znatnu čvrstoću i krutost, a pogodnim se detaljiranjem mogu učiniti i duktilnim i time prikladnim za potresna područja. Obično se betoniraju *in situ* (na samom mjestu), ali se, radi smanjenja troška za oplatu, mogu sastaviti od pretfabriciranih panoa. Često sadrže jedan ili više vertikalnih nizova otvora za vrata ili prozore; u usporedbi s drugim rješenjima, takvi se zidovi odlikuju najpovoljnijim odzivom na potresne uzbude tla.

Vitki konzolni zidovi

Mehanika. Vitki konzolni zid (sl. 8 a), slobodan na gornjem a upet na donjem kraju, preuzima bočna opterećenja u svojoj ravnini od vjetra i potresnih uzbuda tla te gravitacijska opterećenja od pripadnog dijela vlastite težine zgrade i korisnog opterećenja na stropovima. Sustav je statički određen, a njegove se odzivne veličine utvrđuju uobičajenim metodama statike konstrukcija. Zbog vitkosti treba uzeti u obzir i utjecaj deformacije, dakle treba primijeniti teoriju drugog reda (sl. 8 b).



Sl. 8. Vitki konzolni zid (a) i njegova mehanička shema s opterećenjima prije i poslije deformacije (b)

Moment je savijanja zida na proizvoljnoj koti j ($j=0 \dots n$)

$$M_j = M_{W_j} + M_{G_j}, \quad (1)$$

gdje je M_{W_j} moment zbog bočnog opterećenja, dakle doprinos teorije prvog reda, a M_{G_j} dodatni moment savijanja zbog bočnog pomaka gravitacijskog opterećenja uzrokovanog deformacijom zida i tla. On iznosi

$$M_{G_j} = \sum_{k=j}^n G_k (\Delta_k - \Delta_j), \quad (2)$$

gdje je G_k gravitacijska sila, a Δ_k bočni progib na koti k .

Progibi Δ zbog bočnog opterećenja utvrđuju se npr. Mohrovom jednadžbom, pri čemu se, radi pojednostavnjenja proračuna, ali dovoljno točno za potrebe prakse, ne uzima u obzir doprinos gravitacijskog opterećenja. Ako je tlo jako deformabilno, treba pri utvrđivanju progiba uzeti u obzir i utjecaj kutnog pomaka θ temeljne stope, a eventualno i utjecaj nejednolične promjene temperature po širini zida, npr. za zidove izložene insolaciji:

$$\Delta_{k,\Delta t} = \int_0^{z_k} \frac{\bar{M}_k}{\rho} dz, \quad (3)$$

gdje je z_k udaljenost kote k od presjeka uklještenja zida, a to je obično gornja ploha roštilja podrumskih zidova ili temelja, \bar{M}_k moment savijanja zida zbog jedinične bezdimenzijske sile na mjestu i u orijentiranom smjeru traženog pomaka, $\rho = \alpha \Delta t / d$ polumjer zakrivljenosti progibne linije zbog promjene temperature, α koeficijent temperaturnog istezanja materijala zida, Δt

razlika promjena temperature desnog i lijevog ruba zida, a d širina zida. Pritom se pretpostavlja da je promjena temperature uzduž širine zida linearna. Ako gravitacijske sile ne djeluju uzduž osi zida, treba uzeti u obzir i utjecaj njihovih ekscentričnosti.

Najveća vrijednost bočnog progiba, dakle progib Δ_n vrha zida, obično se ograničuje na 1/500 do 1/1000 njegove visine H . Moment savijanja svoju najveću vrijednost dobiva u presjeku uklještenja zida ($j=0$).

Pretpostavi li se da je gravitacijsko opterećenje jednolično raspodijeljeno po visini zida, a deformabilnost tla zanemariva, kritično se gravitacijsko opterećenje zida i osnovni period njegovih bočnih vlastitih vibracija mogu odrediti pomoću izraza

$$G_{kr} = 7,84 \frac{K}{H^2}, \quad T = 0,570 H^2 \sqrt{\frac{G}{K}}, \quad (4)$$

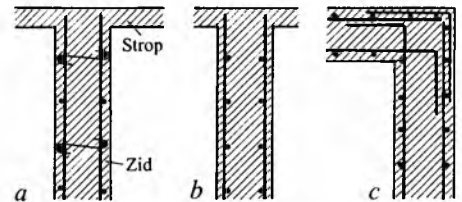
gdje je K fleksijska krutost zida, tj. umnožak modula elastičnosti i momenta inercije njegova poprečnog presjeka, a $G = \sum_{k=1}^n G_k$ ukupno gravitacijsko opterećenje zida.

Utjecaj drugog reda može se, umjesto kao što je gore pokazano, uzeti u obzir i tako da se unutrašnje sile i progibi prvog reda pomnože amplifikacijskim faktorom:

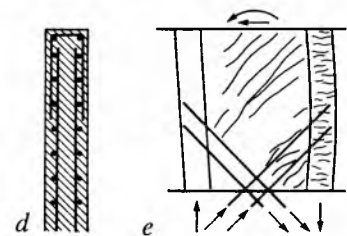
$$\eta = \frac{1}{1 - \frac{G}{G_{kr}}}. \quad (5)$$

Ako je zid relativno nizak, približno niži od dvostruke vrijednosti njegove širine, treba pri utvrđivanju deformacije zida uzeti u obzir i doprinos smicanja. Potrebno je provjeriti i globalnu stabilnost zida, tj. njegovu stabilnost kao krutog tijela od prevrtanja oko ruba temelja i od klizanja u temeljnoj stopi.

Konstruiranje i odziv pri potresnim uzbudama. Pri utvrđivanju fleksijske i posmične čvrstoće presjeka zida i njegove duktilnosti treba uzeti u obzir i utjecaj uzdužne sile; najčešće je ona manja od uravnotežene (izbalansirane) vrijednosti. Što je veća uzdužna sila i što je veći koeficijent uzdužne armature, to je duktilnost manja.



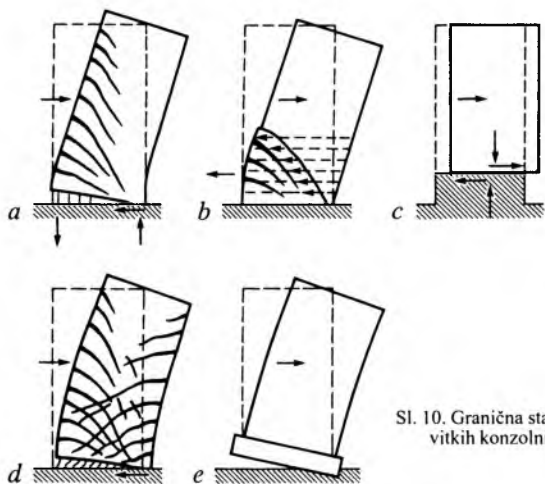
Sl. 9. Armatura zidova



Zidovi se armiraju mrežom uz obje pobočke. Vertikalne, uzdužne šipke najčešće su iznutra, a horizontalne, tj. poprečne, izvana (sl. 9 a). Vertikalne šipke sudjeluju u preuzimanju tlačnih naprezanja od gravitacijskog opterećenja i momenta savijanja, a horizontalne raspodjeljuju opterećenje po širini zida, preuzimaju naprezanje zbog skupljanja betona i temperaturnih promjena te prenose poprečne sile zida. Horizontalne šipke obiju mreža često tvore zatvorene sponne. Koeficijent vertikalne armature obiju mreža zajedno trebao bi biti bar 0,25%, a koeficijent horizontalne armature može biti manji. Promjer šipaka treba biti bar 10 mm, a razmak paralelnih šipaka u ravninama mreža ne veći od 30 cm. Vanjske šipke obiju mreža povezuju se S-sponama, bar 4 po kvadratnom metru površine zida, da bi se spriječilo izvijanje vertikalnih šipaka i pojava raspuklina u zidu. Stave li se deblji zaštitni slojevi betona preko armature, uzdužne šipke mogu biti vanjske (sl. 9 b), s time da je njihov promjer barem 14 mm. Ako se primijene zavarene mreže, vertikalne su šipke uvijek izvana. Na slici 9 c

prikazano je vođenje armature u uglovima profiliranih zidova. Uz vertikalne se rubove zidova stavljaju barem 2 jače šipke i U-spone (sl. 9 d), a u donjem se dijelu zida, dakle u području potencijalnog plastičnog zgloba, postavljaju kose šipke za prijenos poprečne sile zida u ležajnu konstrukciju (sl. 9 e). Tlačeni beton uz vertikalne rubove zida i u eventualnim pojasovima potrebno je sapeti jakim poprečnom armaturom da bi se postigla veća tlačna čvrstoća i duktilnost.

U visokim zidovima vrlo izduljena pravokutnog presjeka granično stanje nosivosti može nastati zbog izbočenja tlačnog područja bez prethodne plastifikacije. Da bi se to spriječilo, zidovi se katkad uzduž svojih vertikalnih rubova pojačavaju pojasovima, tako da se dobivaju I-presjek, U-presjek i drugi profilirani presjeci. Dalje su prednosti profiliranih presjeka mnogo veća fleksijska čvrstoća i lakše postizanje znatne duktilnosti. Zid od hrpta i pojasova treba tako projektirati da pojasovi preuzmu ukupno gravitacijsko opterećenje zida te uzdužne sile od rastavljanja momenta u par sila, a hrbat poprečnu silu zida. Hrptene se spone moraju usidriti u pojasove. U donjem se području zida, u području potencijalnog plastičnog zgloba, zanemaruje doprinos popucalog betona posmičnoj čvrstoći hrpta i sva se poprečna sila zida pripisuje horizontalnim sponama. U graničnom stanju nosivosti poprečnu silu zida preuzima tlačni pojas. Visina plastičnog zgloba približno je jednaka širini zida. Energija se rasprši posmičnim oštećivanjem hrpta; popravkom oštećenog betona zid se nakon potresa može relativno lako sanirati.



Sl. 10. Granična stanja nosivosti vitkih konzolnih zidova

Granično stanje nosivosti visokih zidova (sl. 10) može nastati zbog fleksijskog loma u plastificiranom području zida, na njegovu donjem kraju (a), zbog kosog vlaka uzrokovanog poprečnom silom zida (b), zbog klizanja u radnoj rešci (c), zbog klizanja u fleksijskoj pukotini (d) ili zbog odizanja, tj. prekomjernog otvaranja fuge u temeljnoj stopi (e). Lomovi prema b, c i d u suštini su posmični, dakle krhki lomovi, pa zid treba konstruirati tako da granično stanje bude fleksijski lom (a), pri kojem se tečenjem fleksijske armature u području plastičnog zgloba ostvaruje znatno raspršenje (disipacija) energije.

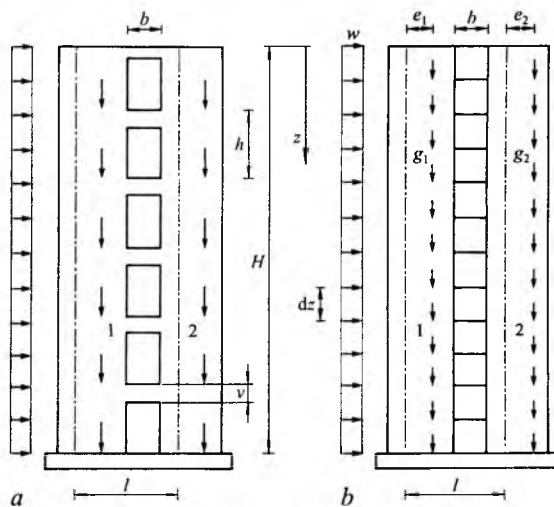
Vitki zidovi s jednim vertikalnim nizom otvora

Mehanika. Analizira se zid vitak u svojoj ravnini, s jednim vertikalnim nizom otvora, na donjem kraju upet u kruti temelj ili roštilj podrumskih zidova (sl. 11a). Sastoji se od dva stupca povezana nizom prečaka, a izložen je bočnom, tj. horizontalnom opterećenju od vjetrova ili potresnih uzbuda tla, a njegovi stupci gravitacijskom opterećenju od vlastite težine zgrade i korisnog opterećenja na stropovima.

Mehanička shema i formulacija zadatke rubne vrijednosti. Ako su prečke relativno visoke, treba pri utvrđivanju njihove deformacije uzeti u obzir i doprinos smicanja. To se može učiniti tako da se pri utvrđivanju doprinosa savijanja računa s reduciranim momentom inercije poprečnog presjeka prečaka. Ako je presjek pravokutan, a d i v su njegova širina, odnosno visina, reducirani moment inercije iznosi

$$J = \frac{\frac{1}{12} d v^3}{1 + \frac{1}{2} \left(\frac{v}{b}\right)^2}, \quad (6)$$

gdje je b širina otvora. Ako su stupci povezani samo stropnim pločama, one preuzimaju funkciju prečaka. Kako je širina takvih prečaka mnogo veća od visine, njihova sudjelujuća ili efektivna širina, d , manja je od stvarne širine. Razrađeno je mnogo postupaka za utvrđivanje efektivne širine takvih prečaka, a u literaturi se mogu naći i jednostavni izrazi i dijagrami.



Sl. 11. Zid s jednim vertikalnim nizom otvora te s bočnim i gravitacijskim opterećenjem (a) i mehanička shema zida (b)

Zid s vertikalnim nizom otvora mnogostruko je hiperstatičan ploštinski sustav. R. Rosman je razradio pojednostavnjenu inženjersku analizu tog sustava na osnovi koncepta ekvivalentne kontinuirane veze stupaca, zamijenivši prečke konačne krutosti u konačnoj međusobnoj udaljenosti lamelama infinitezimalne krutosti u infinitezimalnoj međusobnoj udaljenosti (sl. 11b). Uz oznaku z za koordinatnu os, kotu orijentiranu od vrha zida naniže, razmak je lamela dz , a njihov reducirani moment inercije $J dz/h$, gdje je h teoretska visina kata. Intenzitet bočnog opterećenja zida, dakle bočno opterećenje po jedinici visine zida, w , ovdje se smatra konstantnim uzduž njegove visine. Intenziteti g_1 i g_2 gravitacijskih opterećenja stupaca 1, odnosno 2 također se smatraju konstantnima uzduž visine, pa su ukupna gravitacijska opterećenja stupaca

$$G_{1H} = g_1 H, \quad G_{2H} = g_2 H. \quad (7)$$

Osnovni se sustav pojednostavnjenoga mehaničkog sustava zida (sl. 11b) dobije tako da se u sve lamele, na mjestu nul-točke momenta savijanja, tj. točke infleksije progibne linije, a to je u polovištu širine otvora, uvede nul-polje poprečne sile (sl. 12). Uz oznaku $T' = T'(z)$ za tok smicanja, tj. silu smicanja po jedinici visine zida, poprečna je sila lamele $T' dz$. Zbroj poprečnih sila svih lamela od vrha zida do promatrane proizvoljne kote z ,

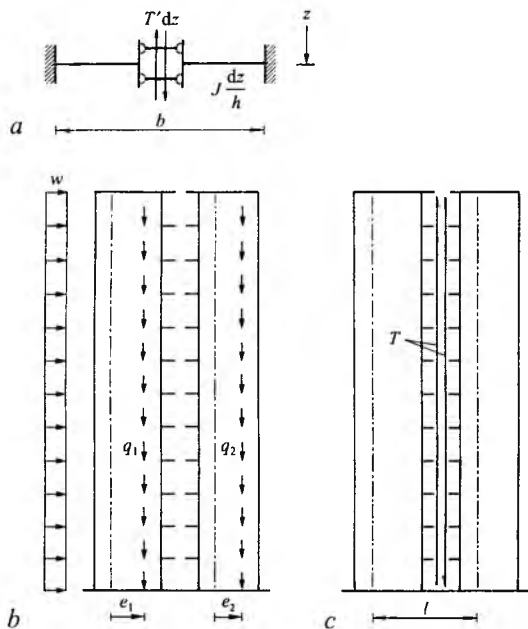
$$T = T(z) = \int_0^z T'(\bar{z}) d\bar{z}, \quad (8)$$

posmična je sila veze; ona se uzima za hiperstatičku veličinu. Sa \bar{z} je označena pomoćna kota definirana u području $(0, z)$. Pojednostavnjeni je sustav, dakle, jedanput hiperstatičan u tom smislu da je hiperstatička veličina funkcija kote z . Derivacija posmične sile po koti jest tok smicanja.

Krutost jedne lamele definira se kao relativni pomak krajeva lamele u nul-polju poprečne sile mjeren okomito na lamelu zbog poprečne sile dz/h . Prema tome krutost (sila/duljina²) veze, a to je krutost svih $1/(dz)$ lamela uzduž jedinice visine zida, iznosi

$$S = \frac{12 E J}{h b^3}, \quad (9)$$

gdje je E modul elastičnosti. Pritom se pretpostavlja da su oba kraja prečaka, a time i lamela, upeta u odnosni stupac.



Sl. 12. Lamela na koti z s nul-poljem poprečne sile i poprečnom silom u tom nul-polju (a), osnovni sustav zida (bez detalja nul-polja) izložen opterećenjima (b) i hiperstatičkoj veličini (c)

Ekstenzijske krutosti (umnožak modula elastičnosti i površine poprečnog presjeka) stupaca 1 i 2 označuju se s D_1 , odnosno D_2 , a njihove vlastite fleksijske krutosti (umnožak modula elastičnosti i vlastitog momenta inercije) s K_1 , odnosno K_2 . Ukupna je fleksijska krutost obaju stupaca

$$K = K_1 + K_2. \quad (10)$$

Kao referentni zid definira se zid koji se od promatranoga razlikuje samo u tome što su prečke nedeformabilne, tj. apsolutno krute. Steinerov doprinos fleksijskoj krutosti poprečnog presjeka referentnog zida, dakle njegova ekstenzijsko-fleksijska krutost, iznosi

$$K^* = \frac{l^2}{\frac{1}{D_1} + \frac{1}{D_2}}, \quad (11)$$

gdje je l osni razmak stupaca. Prema tome ukupna je fleksijska krutost presjeka referentnog zida

$$K_m = K + K^*. \quad (12)$$

Uz oznaku

$$a = \frac{l^2}{K} + \frac{1}{D_1} + \frac{1}{D_2}, \quad (13)$$

bezdimenzijske veličine

$$A = H \sqrt{aS}, \quad (14)$$

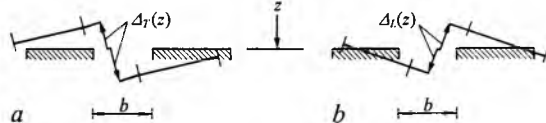
$$B = \frac{1}{1 + \frac{K}{K^*}} \quad (15)$$

mehanički su parametri sustava. Parametar A definiran je u području $(0, \infty)$; granična vrijednost 0 odgovara krutosti prečaka jednakoj nuli, a što su prečke krutije, to je taj parametar veći. Parametar B uvodi u analizu utjecaj aksijalnih izduljenja stupaca; ako se taj utjecaj može zanemariti, kao u umjereno vitkih zidova, parametar $B=1$. Taj parametar praktički dobiva vrijednosti u području $(1; 0,75)$.

Zadaća rubne vrijednosti može se riješiti nekom energetskom metodom ili metodom sila iz područja statike konstrukcija. U jednadžbi kompatibilnosti metode sila,

$$\Delta_T(z) - \Delta_L(z) = 0, \quad (16)$$

prvi član, $\Delta_T(z)$, uzajamni je relativni pomak krajeva presječne lamele na koti z zbog djelovanja hiperstatičke veličine T (sl. 13 a), a drugi član, $\Delta_L(z)$, uzajamni je ili relativni pomak krajeva presječne lamele na koti z zbog djelovanja opterećenja (sl. 13 b). Jednadžba (16) formulira zahtjev da je ukupni relativni pomak krajeva promatrane lamele zbog obaju djelovanja jednak nuli, jer u stvarnom sustavu nul-polja poprečne sile nema.



Sl. 13. Relativni pomaci presječnih krajeva lamele na koti z zbog djelovanja hiperstatičke veličine (a) i opterećenja (b)

Pomak $\Delta_T(z)$ sastoji se od doprinosa deformacije lamele na koti z i doprinosa deformacije stupaca u području ispod promatrane kote:

$$\Delta_T(z) = \frac{T'(z)}{S} + a \int_z^H T(\bar{z}) d\bar{z}. \quad (17)$$

Pomaku $\Delta_L(z)$ pridonosi samo deformacija stupaca u području (z, H) ; uz oznake ζ za bezdimenzijsku ili relativnu kotu z/H zida i

$$M_H^0 = \frac{wH^2}{2}, \quad c = \frac{l}{K} M_H^0, \quad m^0 = m^0(\zeta) = \zeta^2 \quad (18)$$

za utjecaj bočnog opterećenja te

$$M_H^0 = e_1 G_{1H} + e_2 G_{2H}, \quad c = \frac{l}{K} M_H^0 + \frac{G_{1H}}{D_1} - \frac{G_{2H}}{D_2}, \quad (19)$$

$$m^0 = m^0(\zeta) = \zeta$$

za utjecaj gravitacijskog opterećenja (e je ekscentricitet uzdužnog opterećenja s obzirom na os stupaca), izlazi da je pomak

$$\Delta_L(z) = c \int_z^H m^0(\bar{z}) d\bar{z}. \quad (20)$$

Uvrste li se navedeni izrazi za pomake u jednadžbu kompatibilnosti (16), ona, uz primjenu jednadžbe infinitezimalne analize

$$\frac{d}{dx} \int_x^H y(u) du = -y(x), \quad (21)$$

postaje diferencijalna jednadžba hiperstatičke veličine:

$$-T'' + \left(\frac{A}{H}\right)^2 T = m^0 \frac{IS}{K} M_H^0. \quad (22)$$

To je linearna diferencijalna jednadžba drugog reda s konstantnim koeficijentima, a apsolutni član na desnoj strani jednadžbe jest polinom drugog stupnja za bočno, odnosno prvog stupnja za gravitacijsko opterećenje.

Prvi rubni uvjet diferencijalne jednadžbe (22) slijedi iz činjenice da je zid na svom gornjem kraju ($z=0$) slobodan, tj. iznad te kote nema drugih konstruktivnih elemenata. Na osnovi definicije (8) posmične sile veze mora biti

$$T_0 = 0. \quad (23)$$

Drugi rubni uvjet proizlazi iz toga da je donji kraj zida ($z=H$) upet u nedeformabilnu ležajnu konstrukciju. Kako se najniža lamela ne može deformirati, njezina poprečna sila mora biti jednaka nuli, pa je

$$T_H' = 0. \quad (24)$$

Diferencijalna jednačba (22) posmične sile veze i njezini rubni uvjeti (23) i (24) jednoznačno formuliraju zadaću rubne vrijednosti.

Unutrašnje sile. Rješenje formulirane zadaće u obliku prikladnom za potrebe konstruktorske prakse glasi

$$T = t T^o \tag{25}$$

Pri tome je

$$T^o = \frac{c}{a} \tag{26}$$

referentna vrijednost posmične sile veze, a to je vrijednost posmične sile veze za $z=H$ referentnog zida, ili konzolna poprečna sila veze za $z=H$, a $t=t(\zeta, A)$ bezdimenzijski koeficijent posmične sile veze. Tok smicanja veze, tj. sila smicanja veze po jedinici visine zida, određen derivacijom sile smicanja T po koti z , najprikladnije je zapisati u obliku

$$T' = t' \eta \frac{T^o}{H}, \tag{27}$$

gdje je η pomoćni koeficijent, koji iznosi 2 za bočno i 1 za gravitacijsko opterećenje, T^o/H srednja vrijednost konzolnog toka smicanja uzduž H , a

$$t' = t'(\zeta, A) = \frac{1}{\eta} \cdot \frac{dT}{d\zeta} \tag{28}$$

bezdimenzijski koeficijent toka smicanja veze.

Uz oznaku

$$C = \frac{\sinh A - A}{\cosh A} \tag{29}$$

za integracijsku konstantu, za bočno je opterećenje

$$t = \zeta^2 + \frac{2(C \sinh A \zeta - \cosh A \zeta + 1)}{A^2}, \tag{30}$$

$$t' = \zeta + \frac{C \cosh A \zeta - \sinh A \zeta}{A}.$$

Koeficijent t , na osnovi rubne jednačbe (23), jednak je nuli na gornjem kraju ($\zeta=0$) zida, a najveću vrijednost

$$t_{\max} = t_1 = 1 - \left(\frac{A \sinh A + 1}{\cosh A} - 1 \right) \frac{2}{A^2} \tag{31}$$

dobiva na donjem kraju ($\zeta=1$) zida; tangenta krivulje $t(\zeta)$ na donjem je kraju zida, na osnovi rubne jednačbe (25), vertikalna. Tok je smicanja najveći na relativnoj koti:

$$\zeta_{\max} = \frac{\ln(D + \sqrt{1 + D^2})}{A}, \tag{32}$$

gdje je

$$D = \frac{2C}{1 - C^2}. \tag{33}$$

Uz oznaku

$$C = \frac{1}{\cosh A} \tag{34}$$

za integracijsku konstantu, za gravitacijsko je opterećenje

$$t = \zeta - \frac{C \sinh A \zeta}{A}, \quad t' = 1 - \cosh A \zeta. \tag{35}$$

Koeficijent t dobiva najveću vrijednost na donjem kraju ($\zeta=1$) zida:

$$t_{\max} = t_1 = 1 - \frac{\tanh A}{A}, \tag{36}$$

a koeficijent t' na gornjem kraju ($\zeta=0$) zida:

$$t'_{\max} = t'_0 = 1 - \frac{\cosh A}{A}. \tag{37}$$

Uzdužne su sile stupaca

$$N_1 = -T, \quad N_2 = T, \tag{38}$$

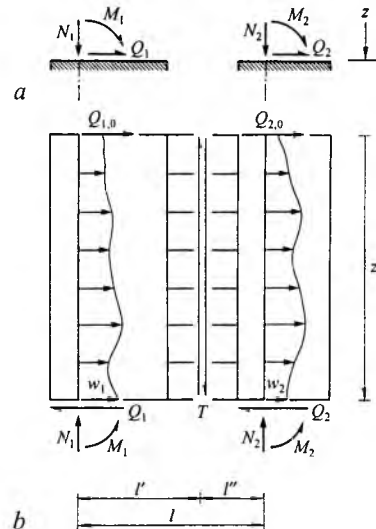
a ukupni je ili sumarni moment savijanja obaju stupaca

$$M = M_1 + M_2 = m^o M_{H}^o - T l = m M_{H}^o, \tag{39}$$

gdje je

$$m = m^o - B t \tag{40}$$

bezdimenzijski koeficijent ukupnog momenta savijanja stupaca (sl. 14 a).



Sl. 14. Unutrašnje sile stupaca zida na koti z (a), odsječak zida od vrha do kote z s opterećenjem stupaca i unutrašnjim silama na donjem kraju odsjeka (b)

Pri gravitacijskom opterećenju uzdužne sile stupaca i njihov ukupni moment savijanja iznose

$$N_1 = m^o G_{1H} - T, \quad N_2 = m^o G_{2H} + T, \tag{41}$$

$$M = M_1 + M_2 = m^o M_{H}^o - T l.$$

Ukupni se moment savijanja stupaca dijeli na oba stupca, jer su njihove progibne linije i zakrivljenosti jednake, razmjerno njihovim vlastitim fleksijskim krutostima:

$$M_1 = \frac{K_1}{K} M, \quad M_2 = \frac{K_2}{K} M. \tag{42}$$

Poprečna je sila prečke na koti z jednaka h -strukom toku smicanja veze na toj koti:

$$V = T' h, \tag{43}$$

a momenti uklještenja prečke u stupce dobivaju se množenjem njezine poprečne sile s polovicom, $b/2$, širine otvora.

Uz oznaku

$$\bar{l} = l' - \frac{K_1}{K} l, \tag{44}$$

poprečne sile i intenziteti bočnih opterećenja stupaca 1 i 2 (sl. 14 b) zbog bočnog opterećenja iznose

$$Q_1 = \frac{K_1}{K} Q + \bar{l} T', \quad w_1 = \frac{K_1}{K} w + \bar{l} T'', \tag{45}$$

$$Q_2 = \frac{K_2}{K} Q - \bar{l} T', \quad w_2 = \frac{K_2}{K} w - \bar{l} T'',$$

i to neovisno o tome na koji je način bočno opterećenje stvarno raspodijeljeno na elemente zida. Taj je rezultat posljedica primjenjene tehničke teorije savijanja.

Deformacija. Bočni progib zida na proizvoljnoj koti z zbog bočnog opterećenja može se odrediti npr. Mohrovom jednadžbom statike konstrukcija uz primjenu redukcijskog stava:

$$\Delta = \frac{1}{K} \int_z^H M(\bar{z}) \cdot (\bar{z} - z) d\bar{z} = \frac{M_H^0 H^2}{K} \int_{\zeta}^1 [m^0(\bar{\zeta}) - B t(\bar{\zeta})] \cdot (\bar{\zeta} - \zeta) d\bar{\zeta}, \quad (46)$$

gdje je $\bar{z} - z$ konzolni moment savijanja na koti z zbog bezdimenzijske sile na mjestu i u orijentiranom smjeru traženog pomaka, a $\bar{\zeta} = \bar{z}/H$ bezdimenzijska pomoćna kota definirana u području $(\zeta, 1)$. Nakon integracije i transformacije jednadžba (46) dobiva konačan oblik:

$$\Delta = \Delta^0 + \frac{B}{Sl} (T_H - T), \quad (47)$$

gdje je

$$\Delta^0 = \left(1 - \frac{4}{3}\zeta + \frac{\zeta^4}{3} \right) \frac{M_H^0 H^2}{8K_m}. \quad (48)$$

Progib je najveći na gornjem kraju zida:

$$\Delta_0 = \frac{M_H^0 H^2}{4K_m} + t_1 \frac{B^2}{Sl^2} M_H^0. \quad (49)$$

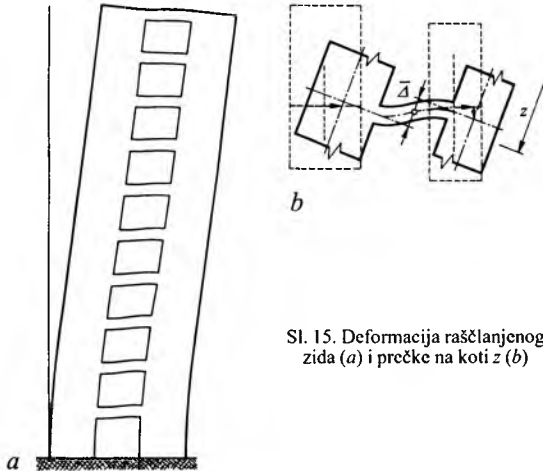
Prvi član na desnim stranama jednadžaba (48) i (49) jest progib referentnog zida, tj. odgovarajućeg zida s nedeformabilnim prečkama, a drugi je doprinos deformacije prečaka.

Osim bočnih progiba zida potrebno je poznavati i relativne progibe krajeva prečaka:

$$\bar{\Delta} = \frac{T'}{S}. \quad (50)$$

Najjače se deformira prečka koja ima najveću poprečnu silu (hT'), tj. za bočno opterećenje, prečka na koti $H\zeta_{\max}$ (32), a ta je, već prema parametrima krutosti, oko donje trećine visine zida.

Deformacija zida karikirano je prikazana na slici 15a, a deformacija prečke na koti z na slici 15b.



Sl. 15. Deformacija raščlanjenog zida (a) i prečke na koti z (b)

Utjecaj vlastitoga gravitacijskog opterećenja. Rezultati za utjecaj gravitacijskog opterećenja vrijede, strogo uzevši, za opterećenje koje na sustav počinje djelovati tek nakon njegove izvedbe. Za gravitacijsko opterećenje u vrijeme izvedbe, npr. za vlastitu težinu zida, specifično je da diferencijali težine $g_1 dz$ i $g_2 dz$ na pomoćnoj proizvoljnoj koti \bar{z} djeluju samo na dio zida ispod nje, jer dio zida iznad te kote u vrijeme početka djelovanja tih opterećenja još ne postoji. Analizom utjecaja opterećenja tog vremenski promjenljiva sustava pokazalo se da za silu smicanja i tok smicanja veze vrijedi

$$T = tT^0, \quad T' = t'T^0, \quad (51)$$

uz

$$T^0 = \frac{l}{K} (e_1 g_1 + e_2 g_2) + \frac{g_1}{D_1} - \frac{g_2}{D_2} H, \quad (52)$$

$$t = 1 - \zeta - \frac{\cosh A \zeta}{A} \arctan \frac{\sinh A - \sinh A \zeta}{1 + \sinh A \cdot \sinh A \zeta}, \quad (53)$$

$$t_{\max} = 1 - \frac{1}{A} \arctan (\sinh A), \quad (54)$$

$$t' = \sinh A \zeta \cdot \arctan \frac{\sinh A - \sinh A \zeta}{1 + \sinh A \cdot \sinh A \zeta}. \quad (55)$$

Ostale se unutrašnje sile utvrđuju kao što je prije opisano. Ako opterećenje na stupce djeluje aksijalno ($e_1 = e_2 = 0$), izraz se za T^0 pojednostavnjuje. Ako su, osim toga, površine presjeka stupaca proporcionalne odnosnim opterećenjima ($g_1/D_1 = g_2/D_2$), postaje $T^0 = 0$, a time i $T \equiv 0$; prečke dakle ostaju nenapregnute i nema preraspodjele opterećenja. Za male vrijednosti parametra A , dakle za slabe prečke, momenti su savijanja prečaka manji, a momenti savijanja stupaca veći kada opterećenje djeluje u vrijeme izvedbe nego ako djeluje nakon izvedbe. Razlika je manja ako su prečke kruće i nestaje ako su prečke nedeformabilne.

Kritično gravitacijsko opterećenje i osnovni period vlastitih bočnih vibracija. U analizi stabilitetnih i dinamičkih svojstava zida potrebno je poznavati utjecajne koeficijente bočnih progiba zida. Bočni progib (omjer duljine i sile) zida na koti z_k zbog jedinične bezdimenzijske bočne sile na koti z_j ($z_j \leq z_k$) formulira se u obliku

$$\delta_{kj} = \frac{H^3}{K} f_{kj}, \quad (56)$$

gdje je

$$f_{kj} = \frac{1-B}{6} (1-\zeta_k)^2 (2-3\zeta_j + \zeta_k) + \left\{ 1 - \zeta_k + \left[\frac{\sinh A \zeta_j + (1 + \sinh A \sinh A \zeta_j) \sinh A \zeta_k}{\cosh A} - \tanh A - \sinh A \zeta_j \cosh A \zeta_k \right] \frac{1}{A} \right\} \frac{B}{A^2} \quad (57)$$

odgovarajući bezdimenzijski utjecajni koeficijent progiba.

Kritično centrično gravitacijsko opterećenje zida iznosi

$$G_{kr} = s \frac{K}{H^2}, \quad (58)$$

gdje je $s = s(A, B)$ bezdimenzijski stabilitetni koeficijent, preciznije koeficijent kritičnoga gravitacijskog opterećenja, a određen je recipročnom vrijednošću najveće vlastite vrijednosti stabilitetne matrice sustava. Duljina izvijanja zida jest βH , gdje je

$$\beta = \frac{\pi}{\sqrt{s}} \quad (59)$$

bezdimenzijski koeficijent duljine izvijanja. Duljine izvijanja stupaca jednake su, dakako, duljini izvijanja sustava kao cjeline.

Utjecaj vitkosti zida na njegove unutrašnje sile i progibe može se uzeti u obzir tako da se odnosne vrijednosti utvrđene bez utjecaja vitkosti pomnože amplifikacijskim faktorom $1/(1-G/G_{kr})$, gdje je G ukupno gravitacijsko opterećenje zida.

Osnovni period (u sekundama, s) slobodnih bočnih vibracija zida iznosi

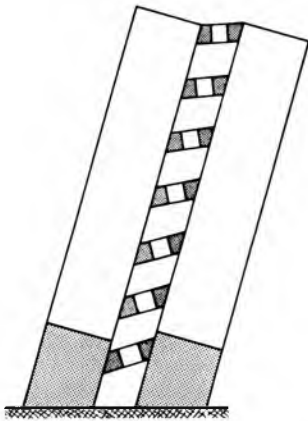
$$P = p H^2 \sqrt{\frac{g}{K}}, \quad (60)$$

gdje je $g = g_1 + g_2$ intenzitet ukupnoga gravitacijskog opterećenja zida, a $p = p(A, B)$ koeficijent (jedinica s/\sqrt{m}) perioda proporcionalan najvećoj vlastitoj vrijednosti dinamičke matrice zida.

Pojednostavnjenje projektantsko-konstruktorskog rada. Radi pojednostavnjenja konstruktorskog rada tabelirane su brojčane vrijednosti koeficijenta $t=t(\zeta, A)$ sile smicanja veze i $t'=t'(\zeta, A)$ toka smicanja veze za jednolično raspodijeljeno, trokutno, trapezno i koncentrirano bočno opterećenje te jednolično raspodijeljena i koncentrirana gravitacijska opterećenja koja djeluju poslije, odnosno za vrijeme izvedbe, zatim za momentno opterećenje na vrhu zida, utjecaje promjena temperature, te koeficijenta $s=s(A, B)$ kritičnoga gravitacijskog opterećenja i $p=p(A, B)$ osnovnog perioda vlastitih bočnih vibracija. Rješenja u obliku obrazaca i dijagrama dana su i za zidove sa složenijim oslanjanjem, npr. za zidove u kojih su oba stupca temeljena odvojeno na deformabilnoj podlozi i za zidove koji su u prizemlju raščlanjeni ili oslonjeni na okvirnu konstrukciju. Izrađen je i opći algoritam analize zidova s više vertikalnih nizova otvora.

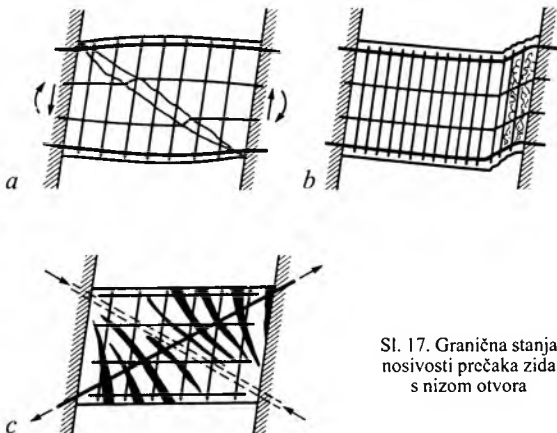
Konstruiranje i odziv na opterećenja. U zidovima s otvorima stupci se smatraju primarnim elementima, jer o njihovu integritetu ovisi stabilnost i sigurnost zgrade, napose mogućnost preuzimanja gravitacijskog opterećenja, a prečke sekundarnim elementima, jer njihov lom utječe samo na ograničeno područje zida, a mogu se i relativno lako popraviti. Dimenzije prečaka obično su određene širinom i visinom otvora te debljinom zida.

Zid s nizom otvora treba konstruirati tako da granično stanje nosivosti nastane zbog stvaranja plastičnih zglobova na oba kraja svih prečaka i, konačno, na donjim krajevima obaju stupaca (sl. 16). Prednost je tog kolapsnog mehanizma što se ulazna seizmička energija rasprši na mnogim mjestima konstrukcije podijeljenima po njezinu cijelom volumenu.



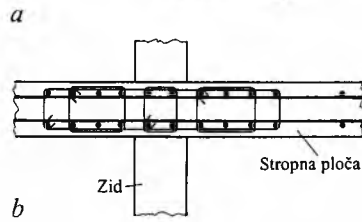
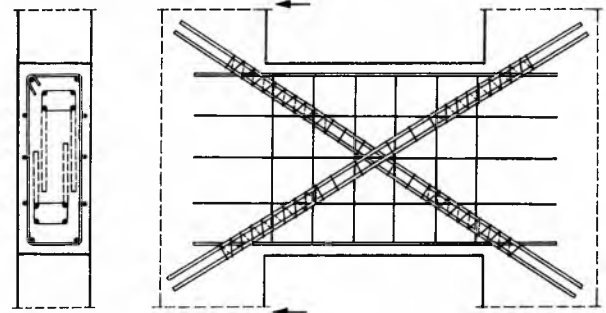
Sl. 16. Plastifikacija zida s jednim nizom otvora

Konvencionalnim ortogonalnim armiranjem prečaka ne može se postići veće raspršenje energije. Granično je stanje nosivosti posmični lom zbog kosog vlaka, ako je poprečna armatura relativno slaba, tako da se prečka rascijepi u dva trokutna dijela (sl. 17a), odnosno posmični lom zbog klizanja na sastavu prečke sa stupcem, ako je poprečna armatura relativno jaka (sl. 17b). Mnogo se povoljnijim pokazalo dijagonalno armiranje; poprečna se sila rastavi u jednu tlačnu i jednu vlačnu kosu silu (17c) i postiže se vrlo duktilno ponašanje i velik kapacitet raspršenja energije.



Sl. 17. Granična stanja nosivosti prečaka zida s nizom otvora

Shema odgovarajuće armature vidi se na slici 18a. »Dijagonale« se obično sastoje od četiri šipke ovijene spiralom ili sponama na malom međusobnom razmaku kako bi se pri tlačnom naprezanju postiglo sapinjanje betona u njihovoj jezgri i spriječilo izvijanje šipaka.



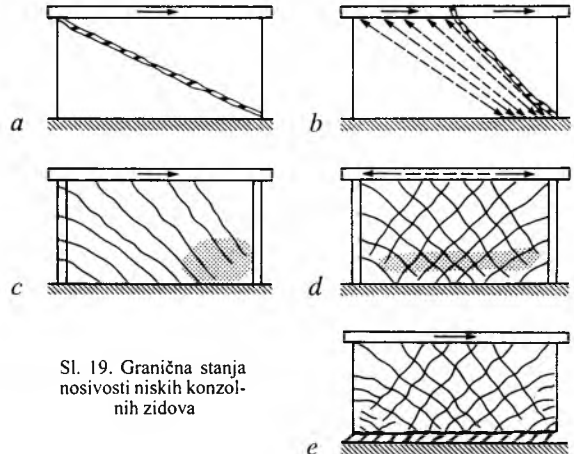
Sl. 18. Poprečni i uzdužni vertikalni presjek dijagonalno armirane prečke zida s nizom otvora (a) i poprečni vertikalni presjek stropne ploče koja s jednog stupca na drugi prenosi i poprečnu silu od bočnog opterećenja zida (b)

Ako su stupci povezani samo stropnim pločama, pojasna se armatura »prečaka« koncentrira u relativno uskom pojasu uz stupce, a beton se sapne jakim poprečnom armaturom (sl. 18b). Potrebno je provjeriti probojno-posmičnu čvrstoću stropne ploče oko stupaca. Veće se raspršenje energije pri potresnim uzбудama takvim »prečkama«, međutim, ne može postići.

Niski konzolni zidovi

I niski konzolni zidovi statički su određen sustav, a često se primjenjuju u niskim zgradama i u donjim katovima visokih zgrada. Armiraju se mrežom uz obje pobočke.

Ako je podloga zidnog temelja u stanju preuzeti odgovarajuće akcije, može se postići neznatna duktilnost zida, a granično stanje nosivosti zida određeno je nekim od posmičnih lomova na slici 19. Ako je horizontalna armatura slaba, može zbog kosog vlaka nastati dijagonalna (a) ili strmija (b) pukotina te odvajanje jednog trokutnog dijela zida. Drugonavedena shema ostvaruje se ako je stropna ploča na vrhu zida u smjeru zida vrlo čvrsta i ekstenzijski kruta, tako da se stvara betonski tlačni kosnik koji horizontalnu akciju na vrhu zida prenosi u njegovu podlogu. Ako je horizontalna armatura zida jaka, može se, napose ako zid ima pojasove, zdrobiti betonski kosnik (c). Opasnost od loma betonskih kosnika osobito je velika pri cikličkom opterećivanju zida izmjeničnog smjera i time nastanku naprslina u dva smjera (d), čime se



Sl. 19. Granična stanja nosivosti niskih konzolnih zidova

znatno smanjuje tlačna čvrstoća betona. Kako bi se spriječila ta vrsta loma, treba smanjiti nominalno posmično naprezanje asocirano fleksijskoj čvrstoći presjeka zida. Ako je posmična čvrstoća presjeka uključena zida, koja se ostvaruje nazubljenošću naprsline i djelovanjem vertikalnih šipaka kao moždanika, male na, moguć je lom zbog klizanja zida uzduž horizontalne naprsline na njegovu donjem kraju (*e*). Kosim šipkama u oba smjera posmična se čvrstoća može znatno povećati.

I pri jakim potresnim uzbudama zidovi često ostaju u elastičnom području, bilo zbog znatne čvrstoće nosive konstrukcije kao cjeline, zbog odizanja zida od podloge pri maloj gravitacijskoj sili u temeljnoj stopi, ili zbog plastične deformacije podloge temelja, tj. tla, i time odterecanja zida prije nego što se on počne plastificirati.

R. Rosman

LIT. R. Rosman, Proračunavanje zidova za horizontalno opterećenje. Zavod za betonske konstrukcije AGG fakulteta u Zagrebu, Zagreb 1962. – R. Rosman, Statik und Dynamik der Scheibensysteme des Hochbaues. Springer-Verlag, Berlin–Heidelberg–New York 1968. – R. Rosman, Berechnung gekoppelter Stützensysteme im Hochbau. W. Ernst & Sohn, Berlin–München–Düsseldorf 1975. – M. Laredo, Grands Batiments. Editions Eyrolles, Paris 1977. – Structural Design of Tall Concrete and Masonry Buildings. Council on Tall Buildings and Urban Habitat, New York 1978. – R. Rosman, Erdbebenwiderstandsfähiges Bauen. W. Ernst & Sohn, Berlin–München 1983. – T. Paulay, H. Bachmann, K. Moser, Erdbebenbemessung von Stahlbetonhochbauten. Birkhäuser Verlag, Basel 1990. – E. Czesielski, Bau-technik VI – Massiv- und Stahlbau. Springer-Verlag, Berlin 1993. – E. Booth, Concrete Structures in Earthquake Regions. Longman, Essex 1994. – Council on Tall Buildings and Urban Habitat, Structural Systems for Tall Buildings. McGraw-Hill, New York 1995.

R. Rosman Z. Vrkljan

ZLATO (Aurum, Au), kemijski element s atomnim brojem 79 i relativnom atomnom masom 196,9667. Svrstava se u teške i plemenite metale, a nalazi se u I. B podskupini periodnog sustava elemenata, zajedno s bakrom i srebrom. U prirodi postoji samo jedan stabilni nuklid zlata masenog broja 197. Brojni su radioaktivni izotopi zlata masenih brojeva 177 do 204. Vrijeme poluraspada radioaktivnih nuklida iznosi od 3,9 s za ^{193}Au do 183 dana za ^{195}Au . Elektronska je konfiguracija zlata $[\text{Xe}]4f^{14}5d^{10}6s^1$, ima, dakle, popunjene podljuske *4f* i *5d* te jedan elektron u valentnoj ljusci. Iako takva konfiguracija upućuje na postojanje jedne ionske vrste, zlato se pojavljuje u šest oksidacijskih stupnjeva, od -1 do $+3$ i $+5$. Usprkos bliskosti u elektronskim konfiguracijama i ionizacijskim energijama, malo je sličnosti između bakra, srebra i zlata, za što nema jednostavnog objašnjenja. Kemija zlata raznolikija je od kemije srebra. Spojevi u kojima se zlato pojavljuje kao Au^- i Au^{2+} nemaju svoje odgovarajuće spojeve u kemiji srebra. Solvatizirani elektroni u ukapljenom amonijaku mogu reducirati zlato do iona Au^- , koji je u tom mediju stabilan ($E^\ominus = -2,15 \text{ V}$). U nizu slitina MAu (*M*=Na, K, Rb i Cs) metalni se karakter smanjuje od NaAu do CsAu te se potonji može smatrati ionskim spajem Cs^+Au^- , iako postoji i molekula CsAu.

Prvi pisani tekstovi koji spominju i opisuju zlato hijeroglifski su zapisi na papirusu iz drevnog Egipta iz vremena $\leftarrow 4100$. do $\leftarrow 3900$. godine. Vjeruje se, međutim, da se zlato obrađivalo mnogo ranije. Predmeti izrađeni od zlata pronađeni su u egiptičkim grobovima iz kamenog doba. U naplavljenom obliku zlato je pronađeno u Nilu oko $\leftarrow 3500$. godine. Prvi zlatni rudnici nastali su u Egiptu u gornjem toku Nila oko $\leftarrow 3000$. godine, jer su ispiranjem zlata stari Egipćani ustanovili da je ono naplavljeno zajedno s kremenom kakvog se moglo naći u gorju iz tog dijela Egipta. Zanimljivo je da nisu iskorištavana sva nalazišta, već samo ona koja su po toni kamenja davala 100–500 g zlata, ali na području starog Egipta nije bilo nijednog nalazišta koje nije ispitano. Egipćani su razvili postupak za dobivanje gotovo potpuno čistog zlata višednevnim grijanjem komada sirova zlata s kamenom soli i željeznim sulfatom na temperaturi crvenog usijanja ($\sim 1000^\circ\text{C}$). Pokus s tzv. kamenom kušnje kao metoda za provjeru čistoće zlata potječe iz $\leftarrow \text{XI}$. st. Povuče li se zlatnim predmetom preko crnog škriļjavca, može se po boji traga zaključiti koliki je udio srebra ili bakra u zlatu. Postupak pozlaćivanja također su otkrili Egipćani. Etruščani su, osim što su bili pravi majstori u tehnici granulacije i filigrana, primjenjivali zlato u zubnoj protetici. Grci su zlato obrađivali do tada poznatim postupcima i razvili su više postupaka kopanja zlata. Ideja o pravljenju zlata od manje plemenitih materijala potječe iz doba starog Egipta, iako se najčešće povezuje s alkemikarima. Pokušaji da se priredi zlato ipak su naveli istraživače na korisna otkrića, npr. porculana i rubinskog stakla. Španjolski osvajači koji su slijedili putove K. Kolumba bili su tjerani neutaživom željom za zlatom. Tako je ponovno

otkrivena metoda dobivanja zlata amalgamacijom koju su, kako se smatra, primjenjivali Rimljani krajem $\leftarrow 1$. st. Taj je postupak ostao najvažnijim načinom dobivanja zlata do kraja XIX. st. Suvremeni postupci dobivanja zlata temelje se na kombinaciji amalgamacije i cijanizacije.

Tijekom svih povijesnih razdoblja zlato je bilo poznato i cijenjeno; ono je najprepoznatljivije od svih plemenitih metala. Latinsko ime za zlato (*aurum* blistava, rumena zora) temelj je kemijskog simbola zlata. U drevna vremena čovječanstvo je poznavalo sedam metala, sedam nebeskih tijela i sedam dana u tjednu. Ne čudi da su metali (zlato, srebro, željezo, živa, kositar, bakar i olovo) i dani povezani s nebeskim tijelima (Sunce, Mjesec, Mars, Merkur, Jupiter, Venera i Saturn). Boja je često bila kriterij za povezivanje pojedinog nebeskog tijela s metalom. Zlato je tako podsjećalo na žutu Sunčevu koronu. Ti su metali, uključujući i sumpor, poznati od prapovijesti te se stoga neke od tih riječi, iako im je podrijetlo dvojbeno, ubrajaju među najstarije riječi pojedinih jezika.

Zlato zauzima poseban i jedinstven položaj zbog svojeg, širom svijeta poznatog statusa monetarnog standarda. Kroz povijest to je bila osnova po kojoj se određivala cijena materijalnih dobara i usluga. Čak i do današnjih dana ono je još uvijek temeljni standard s kojim se uspoređuje nacionalna valuta. Zlatan je novac imao važnu ulogu u gotovo svim civilizacijama od staroegipatske epohe ($\leftarrow 3400$. godine) i tek relativno odnedavno nije više moguće zamijeniti papirnatim novcem za zlato na zahtjev. Većina naroda osnoviva svoje gospodarstvo na tzv. zlatnom standardu kojim je cijena zlata čvrsto postavljena, a cijene svih ostalih roba temelje se na principu ponude i potražnje. Čvrsto postavljene cijene zlata imaju, međutim, ozbiljne posljedice za proizvođače zlata za koje proizvođačke cijene stalno rastu, dok su prodajne cijene zlata stalne.

Zlato se upotrebljava za proizvodnju nakita, luksuznih predmeta i novca. Zbog svoje mekoće ne može se u tu svrhu upotrijebiti čisto zlato, nego su to slitine zlata s drugim metalima, poglavito s bakrom i srebrom.

Kvaliteta zlata izražava se *skalom finoće* u masenim dijelovima (udjelima) čistog zlata na tisuću dijelova ukupnog metala (slitine) ili *karatnom skalom* u masenim dijelovima čistog zlata na 24 dijela ukupnog metala.

Zlato se primjenjuje i u mnogim uređajima (anode pri pozlaćivanju, dijelovi kemijskih aparatura, električni tiskani krugovi, zaštita od zagrijavanja uzrokovano infracrvenim zračenjem), u medicini, u normiranju, za bojenje stakla, porculana i emajla, kao ukras u arhitekturi itd.

Zlato je na Zemlji dosta rašireno i može se naći u mnogim mjestima, ali u vrlo malom udjelu ($\sim 4 \cdot 10^{-7}\%$), pa se zapravo smatra rijetkim elementom, iako se pretpostavlja da Zemljina kora do dubine od 16 km sadrži ~ 20 milijardi tona zlata. Kao plemeniti metal zlato se u prirodi pojavljuje uglavnom u elementarnom, metalnom obliku (samородno zlato). Prirodno elementarno zlato jest slitina koja uz $1 \dots 40\%$ srebra sadrži bakar i željezo kao glavna onečišćenja. *Elektrum* je prirodna, od davnine poznata slitina zlata s $15 \dots 35\%$ srebra. Ležišta elementarnog zlata dijele se na primarne naslage u zlatnim rudama, tzv. *gorsko zlato* (zlatne žile u kremenju), i sekundarne naslage, naplavine, ili *aluvijalno zlato* (zlato u obliku zrnaca, listića ili prašine), koje je djelovanjem atmosferilija na primarne naslage dospjelo u riječni šljunak ili pijesak. Zlatni grumeni nađeni su u naplavnim ležištima mnogih nalazišta diljem svijeta. Jedan takav zlatni grumen pronađen u Australiji imao je ~ 270 kg. U zlatonosnim pijescima čestice su zlata općenito slobodne i dovoljno velike da se mogu koncentrirati i sakupljati jednostavnim fizikalnim metodama koje se temelje na gravitacijskoj separaciji.

Tablica 1
TELURIDNI MINERALI ZLATA

Mineral	Kemijski sastav
Kalaverit (monoklinski sustav)	AuTe_2
Krenerit (rompski sustav)	AuTe_2
Nadagit (vjerojatno tetragonski sustav)	$\text{Pb}_5\text{Au}(\text{Te, Sb})_4\text{S}_{5-8}$
Silvanit (monoklinski sustav)	AgAuTe_4
Pecit (kubični sustav)	Ag_3AuTe_2

Zlato se u prirodi iznimno pojavljuje i u obliku spojeva s telurom (tabl. 1) i selenom te kompleksnih zlatnih spojeva. Teluridni minerali zlata nalaze se u žilama tvrdih stijena, uglavnom kremenih ili karbonatnih. Izloženi utjecaju vremena obično se oksidiraju, pri čemu se zlato oslobađa u elementarnom obliku. Teluridni minerali zlata ne pojavljuju se tako često kao elementarno