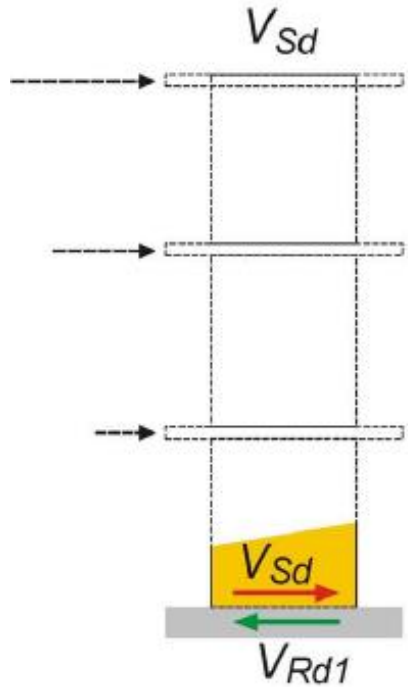


Horizontalno dejstvo u ravni zida

SMICANJE

Nearmirani zidovi

Proračunska vrijednost smičućih uticaja, V_{Ed} , mora da bude manja ili jednaka proračunskoj vrijednosti nosivosti zida na smicanje, V_{Rd} , da bi mogli konstatovati da je zadovoljeno granično stanje nosivosti na smicanie.



$$V_{Ed} \leq V_{Rd}$$

Proračunska vrijednost nosivosti na smicanje zida od **nearmirane zidarije** data je izrazom:

$$V_{Rd} = f_{vd} \times t \times l_c$$

Gdje je:

f_{vd} - proračunska vrijednost čvrstoće zida na smicanje, zasnovana na prosječnoj vrijednosti vertikalnog napona pritisnutog dijela zida koji obezbjeđuje nosivost na smicanje

$$f_{vd} = \frac{f_{vk}}{\gamma_m}$$

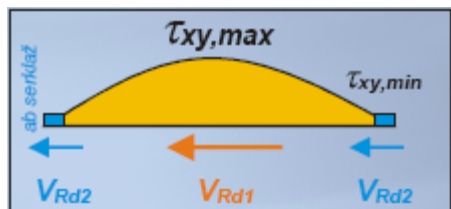
t - debljina zida

l_c - dužina pritisnutog dijela zida, uz zanemarivanje bilo kog dijela zida koji je izložen zatezanju.

$$f_{vk} = f_{vko} + 0.4 \cdot \sigma_d \leq 0.065 \cdot f_b \quad \text{ili manje od } f_{vlt}$$

f_{vlt} granična vrijednost za f_{vk}

σ_d proračunska vrijednost napona pritiska upravnog na ravan smicanja u elementu u nivou koji se razmatra, uz korišćenje odgovarajuće kombinacije opterećenja, baziran na prosječnom vertikalnom naponu pritisnutog dijela zida koji pruža otpor na smicanje



Granična vrijednost f_{vlt} za karakterističnu čvrstoću zida na smicanje f_{Vk} nije definisana u nacionalnom aneksu standarda MEST EN 1996-1-1, te stoga treba primijeniti vrijednosti koje su se koristile u do sada važećem propisu PZZ'91.

Tabela 5.3. Najveće dozvoljene vrednosti čvrstoće f_{vk} i vrednosti čvrstoće f_{vko}

Elementi za zidanje	Marke maltera	f_{vko} (MPa)	Najveće dozvoljene vrednosti f_{vk} (MPa)
Sve vrste elemenata sa 25% i više vertikalnih šupljina	M15,M10,M5,M2	0,2-0,1	0,8, ali ne više od podužne pritisne čvrstoće elementa za zidanje ^{*)}
Elementi od betona, ćelijastog betona i krečnog silikata sa manje od 25% vertikalnih šupljina	M15,M10,M5,M2	0,2-0,1	0,8
Elementi od gline sa $f_b \leq 15$ MPa	M15,M10,M5,M2	0,3-0,1	1,0
Elementi od gline sa $f_b > 15$ MPa	M15,M10,M5,M2	0,3-0,1	1,5
^{*)} Podužna pritisna čvrstoća elementa za zidanje je čvrstoća koja se dobija pri ispitivanju koje podrazumeva dejstvo sila u pravcu dužine elementa l . Ako su oblik i raspored šupljina u elementu za zidanje takvi da je ta pritisna čvrstoća veća od 0,15 pritisne čvrstoće u vertikalnom pravcu, granična vrednost za f_{vk} je 0,8 MPa.			

Dužinu pritisnutog dijela zida, l_c , treba izračunati uz pretpostavku linearne raspodjele napona pritiska, uzimajući u obzir sve otvore, žljebove ili udubljenja. Bilo koji dio zida izložen vertikalnom naponu zatezanja treba zanemariti prilikom proračuna površine zida koja pruža otpor smicanju. Vrijednos l_c , dobijamo pomoću sledećeg izraza:

$$l_c = 3 * \left(\frac{l}{2} - \frac{M_{Ed}}{N_{Ed}} \right) \leq l$$

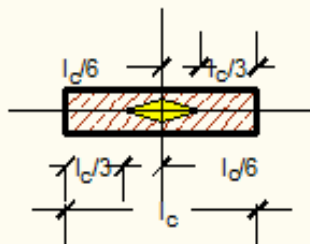
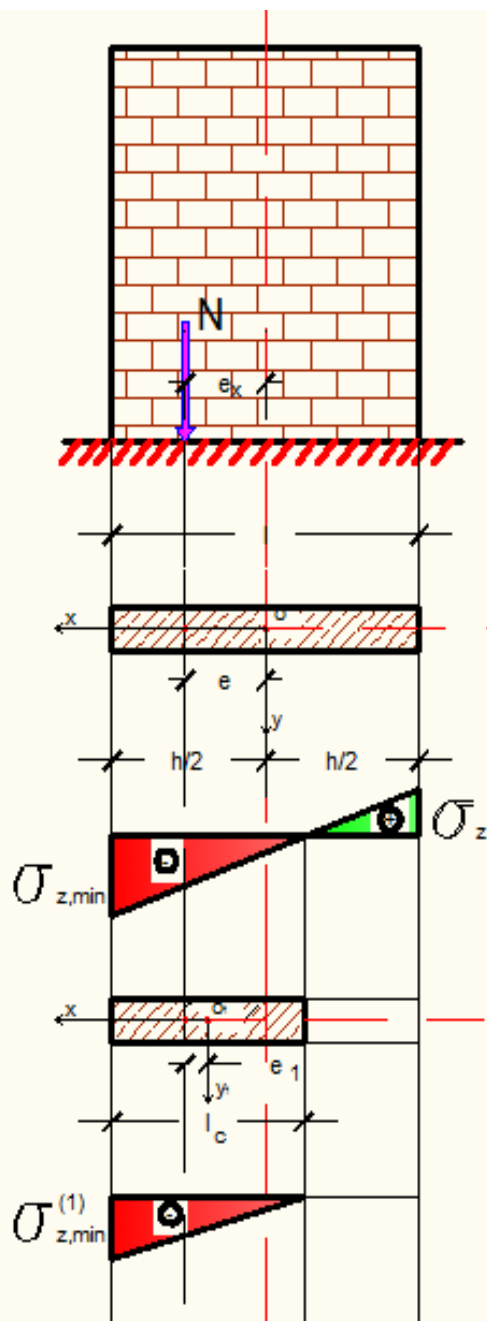
Gdje je:

l - dužina zida

e - ekscentricitet vertikalnog opterećenja, $e = M_{Ed}/N_{Ed}$

Kada je proračunska vrijednost $l_c > l$, tada u izrazu za proračunsku vrijednost na smicanje treba umjesto l_c koristiti stvarnu dužinu zida l .

Vrijednost dužine pritisnutog dijela, l_c , možemo dobiti primjenjujući poznati proračun normalnih napona pri otvaranju spojnice iz otpornosti materijala. Naime, posmatramo zid opterećen normalnom silom pritiska N . Na slici ispod su dati dijagrami dobijenih napona za karakterističan položaj normalne sile.



Sa slike se može zaključiti da je :

$$\frac{l}{2} - e = \frac{l_c}{3}$$

$$l_c = \frac{3}{2} \cdot l - 3 \cdot e = 3 \cdot \left(\frac{l}{2} - e \right)$$

(ovo je teorijski moguće ako je $l_c > 0$ i $e < \frac{l}{2}$)

$$\sigma_{z,\max} = 0 \rightarrow \text{za slučaj kada je } e_1 = \frac{l_c}{6}$$

Dijagrami napona za slučaj kada se normalna sila nalazi van jezgra presjeka i slučaj kada je na konturi jezgra

Zidovi sa vertikalnim serklažima, MEST EN 1996-1-1

8.4 Detalji zidova uokvirenih serklažima

(1)P Zid uokviren serklažima mora da bude izveden sa vertikalnim i horizontalnim armiranobetonskim elementima ili armiranim zidanim elementima tako da zajedno djeluju kao jedinstven konstrukcijski element pri izlaganju dejstvima.

(2)P Serklaži na vrhu i sa strane zida moraju da budu izvedeni tek po završetku zidanja zida kako bi se pravilno povezali zajedno.

(3) Serklaže treba predvidjeti na nivou svakog sprata, na mjestima sučeljavanja zidova i sa obje strane svakog otvora površine veće od 1,5 m². **Dodatni serklaži mogu se zahtijevati u zidovima, tako da njihov maksimalni razmak, kako horizontalno tako i vertikalno, iznosi 4 m.**

(4) Serklaži treba da imaju površinu poprečnog presjeka ne manju od 0,02 m², uz minimalnu dimenziju u ravni zida od 150 mm i **sa podužnom armaturom koja ima minimalnu površinu od 0,8 % površine poprečnog presjeka serklaža, ali ne manju od 200 mm². Uzengije treba da imaju minimalni prečnik od 6 mm i treba da su na rastojanju ne većem od 300 mm.**

(5) Za zidove uokvirene serklažima izvedene uz korišćenje elemenata za zidanje iz grupe 1 i grupe 2, preklop elemenata za zidanje koji se nalaze uz serklaže treba da bude u skladu sa pravilima za zidni slog. Alternativno, treba usvojiti šipke armature ne manjeg prečnika od 6 mm i na maksimalnom rastojanju ne većem od 300 mm, koje su pravilno ankerovane u betonsku ispunu i u malterske spojnice.

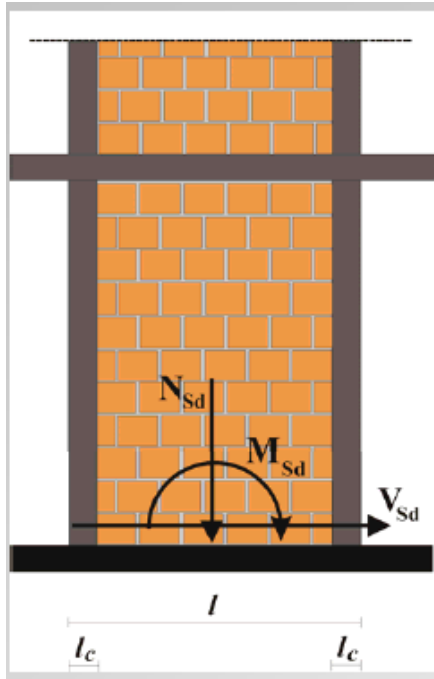
Zidovi sa vertikalnim serklažima, MEST EN 1998-1, 9.5.3 Detalji zidova sa serklažima

- (1) Horizontalni i vertikalni vezni elementi moraju biti međusobno povezani i usidreni za elemente glavnog konstrukcijskog sistema.
- (2) Radi ostvarenja kvalitetne veze između serklaža i zidanog dijela, beton ovih elemenata se mora ugraditi nakon izvođenja zidanog dijela.
- (3) Dimenzije poprečnog presjeka i horizontalnih i vertikalnih serklaža ne mogu biti manje od 150 mm. Kod dvoslojnih zidova, debljina veznih elemenata treba da obezbijedi povezivanje oba sloja i njihovo efektivno utezanje.
- (4) Vertikalni serklaži za utezanje zidova se moraju postaviti:
 - na slobodnim krajevima svih konstruktivnih elemenata zida;
 - s obje strane svakog otvora u zidu čija je površina veća od 1,5 m²;
 - unutar zida, ako je potrebno da razmak između serklaža ne bude veći od 5 m
 - kod svakog ukrštanja zidova, gdje god su vertikalni serklaži, nametnuti gore navedenim pravilima, na rastojanju većem od 1,5 m.
- (5) Horizontalni serklaži moraju se postaviti u ravni zida u nivou svake tavanice, pri čemu razmak ni u kom slučaju ne smije biti veći od 4 m.
- (6) Podužna armatura vertikalnih i horizontalnih serklaža ne smije biti manja od 300 mm², niti od 1% površine poprečnog presjeka serklaža.
- (7) Uzengije prečnika ne manjeg od 5 mm i na razmaku ne većem od 150 mm, treba da se postave oko podužne armature.
- (8) Čelik za armiranje treba biti klase B ili C u skladu sa EN 1992-1-1:2004, tabela C.1.
- (9) Nastavljanje armature mora se postići preklopima na dužini ne manjoj od 60 prečnika šipki.

Zidovi sa vertikalnim serklažima, uporedna primjena standard MEST EN 1996-1-1 i MEST EN 1998-1

- (1) Horizontalni i vertikalni vezni elementi moraju biti međusobno povezani i usidreni za elemente glavnog konstrukcijskog sistema.
- (2) Radi ostvarenja kvalitetne veze između serklaža i zidanog dijela, beton ovih elemenata se mora ugraditi nakon izvođenja zidanog dijela.
- (3) Dimenzije poprečnog presjeka i horizontalnih i vertikalnih serklaža ne mogu biti manje od 150 mm. Kod dvoslojnih zidova, debljina veznih elemenata treba da obezbijedi povezivanje oba sloja i njihovo efektivno utezanje.
- (4) Vertikalni serklaži za utezanje zidova se moraju postaviti:
 - na slobodnim krajevima svih konstruktivnih elemenata zida;
 - s obje strane svakog otvora u zidu čija je površina veća od 1,5 m²;
 - **unutar zida, ako je potrebno da razmak između serklaža ne bude veći od 4 m**
 - kod svakog ukrštanja zidova, gdje god su vertikalni serklaži, nametnuti gore navedenim pravilima, na rastojanju većem od 1,5 m.
- (5) Horizontalni serklaži moraju se postaviti u ravni zida u nivou svake tavanice, pri čemu razmak ni u kom slučaju ne smije biti veći od 4 m.
- (6) **Podužna armatura vertikalnih i horizontalnih serklaža ne smije biti manja od 300 mm², niti od 1% površine poprečnog presjeka serklaža.**
- (7) **Uzengije prečnika ne manjeg od 5 mm i na razmaku ne većem od 150 mm, treba da se postave oko podužne armature.**
- (8) Čelik za armiranje treba biti klase B ili C u skladu sa EN 1992-1-1:2004, tabela C.1.
- (9) Nastavljanje armature mora se postići preklopima na dužini ne manjoj od 60 prečnika šipki.

Kada je zid uokviren vertikalnim i horizontalnim armirano-betonskim serklažima, armaturu serklaža treba dimensionisati tako da preuzme napone zatezanja. U tom se slučaju dužina pritisnutog dijela zida l_c , računa na osnovu linearne raspodjele naprezanja, ali sada uzimajući u obzir napone zatezanja, jer ih vertikalni serklaž može preuzeti, pa je dužina pritisnutog dijela jednaka:



$$l_c = \frac{l}{2} * \left(1 + \frac{l * N_{Ed}}{6 * M_{Ed}} \right) \leq l$$

Pri verifikaciji zidova uokvirenih serklažima koji su izloženi smičućem opterećenju, nosivost na smicanje treba uzeti kao zbir nosivosti zida $V_{rd,1}$ i betona serklaža $V_{Rd,c}$:

$$V_{Rd} = V_{Rd,1} + V_{Rd,c}$$

Pri provjeri zidova uokvirenih serklažima koji su izloženi smičućem opterećenju, nosivost na smicanje treba uzeti kao zbir nosivosti zida i betona serklaža. Pri proračunu nosivosti zida na smicanje, treba koristiti pravila za nearmirane zidove izložene smičućem opterećenju, uzimajući za l_c dužinu zidanog elementa. Armaturu serklaža ne treba uzimati u obzir

Nosivost zidanog dijela zida na smicanje $V_{Rd,1}$ je:

$$V_{Rd,1} = f_{vd} \times t \times l_c$$

Gdje su:

f_{vd} - proračunska vrijednost čvrstoće zida na smicanje, zasnovana na prosječnoj vrijednosti vertikalnog napona pritisnutog dijela zida koji obezbjeđuje nosivost na smicanje

$$f_{vd} = \frac{f_{vk}}{\gamma_m} \quad f_{vk} = f_{vko} + 0.4 \cdot \sigma_d \leq 0.065 \cdot f_b$$

γ_m - Parcijalni koeficijent sigurnosti za materijal se redukuje na 2/3 za seizmičku proračunsku situaciju.

t - debljina zida

l_c - dužina pritisnutog dijela zida uz zanemarivanje bilo kojeg dijela zida koji je izložen zatezanju

Za armirano – betonske seklaže pri proračunu nosivosti na smicanje primjenjuju se izrazi dati u pravilniku *EC2* za elemente u kojima nije potrebna proračunska armatura za smicanje:

$$V_{Rd,c} = \left[C_{Rd,c} k (100 \rho_I f_{ck})^{1/3} + k_1 \sigma_{cp} \right] b_w d$$

$$! \geq (V_{min} + k_1 * \sigma_{cp}) * b_w * d$$

Gdje je:

f_{ck} - karakteristična vrijednost čvrstoće betona pri pritisku na cilindru starosti od 28 dana, u MPa

$$k = 1 + \sqrt{\frac{200}{d[\text{mm}]}} \leq 2.0$$

C25/30

$\Rightarrow f_{ck} = 25\text{MPa}$

$$\rho_i = \frac{A_{sl}}{b_w * d} \leq 0.02$$

procenat armiranja zategnutom armaturom

A_{sl} - površina zategnute armature u serklažu

b_w - najmanja širina poprečnog presjeka u zategnutoj zoni u (mm)

d – statička visina presjeka

$$\sigma_{cp} = \frac{N_{Ed}}{A_c} \leq 0.2 * f_{cd}, [MPa]$$

N_{Ed} - aksijalna sila u poprečnom presjeku serklaža od opterećenja ili prethodnog naprezanja u N , ($N_{Ed} > 0$, za pritisak)

A_c - površina poprečnog presjeka betona u serklažu (mm^2)

Preporučena vrijednost za $C_{Rd,c} = 0.18/\gamma_c$, $k_1 = 0.15$.

$$V_{min} = 0.035 * k^{3/2} * f_{ck}^{1/2}$$

Zidovi armirani vertikalnom i horizontalnom armaturom

- (1) Za armirane zidove koji sadrže vertikalnu armaturu, kada se doprinos bilo kakve armature za prihvatanje smicanja zanemaruje, treba pokazati da je:

$$V_{Ed} \leq V_{Rd1}$$

gdje je:

V_{Rd1} proračunska nosivost nearmiranog zida na smicanje;

$$V_{Rd1} = f_{Vd} \times t \times l$$

Gdje je:

f_{Vd} - proračunska čvrstoća na smicanje zida, ili čvrstoća betonske ispune,

t - debljina zida;

l - dužina zida.

NAPOMENA Kada je to odgovarajuće, pri izračunavanju V_{Rd1} može se uzeti u obzir povećanje proračunske čvrstoće, f_{vd} , usljed prisustva vertikalne armature.

(2) Za armirane zidove koji sadrže vertikalnu armaturu, kada se doprinos horizontalne armature za prihvatanje smicanja uzima u obzir, treba pokazati da je: $V_{Ed} \leq V_{Rd1} + V_{Rd2}$

V_{Rd1} - proračunska nosivost nearmiranog zida na smicanje, $V_{Rd1} = f_{Vd} \times t \times l$

V_{Rd2} - proračunska vrijednost doprinosa armature nosivosti na smicanje; $V_{Rd2} = 0,9 \times A_{sw} \times f_{yd}$

A_{sw} ukupna površina horizontalne armature za prihvatanje smicanja na dijelu zida koji se razmatra;

f_{yd} proračunska čvrstoće čelika za armiranje.

(3) Kada je armatura za prihvatanje smicanja uzeta u obzir treba pokazati da je:

$$\frac{V_{Rd1} + V_{Rd2}}{t \times l} \leq 2,0 \text{ MPa}$$

gdje je:

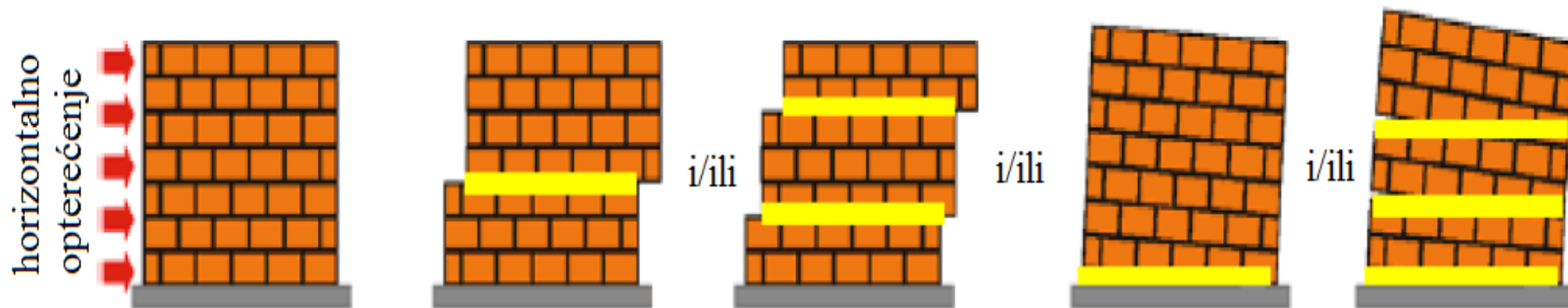
t debljina zida;

l dužina ili, gdje je odgovarajuće, visina zida.

EC6, koji daje osnovna uputstva za proračun zidanih konstrukcija, poznaje samo mehanizam klizanja po horizontalnoj spojnici, „*sliding shear failure*“.

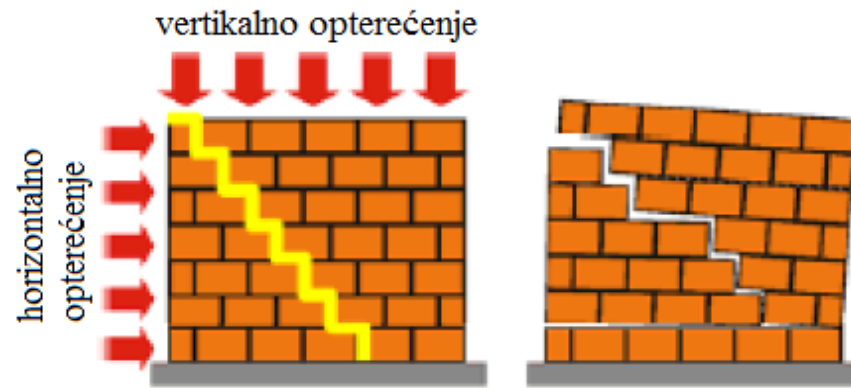
Klizanja po horizontalnoj spojnici nastaje ako su naponi na pritisak mali, te seizmičke sile mogu da prouzrokuju, kod dugačkih zidova lošeg kvaliteta maltera, smicanje gornjeg dijela zida prema donjem po jednoj od horizontalnih spojnica.

Zidovi se ponekad ponašaju u gornjim djelovima zgrade, ispod krute krovne konstrukcije, gdje su ubrzanja najveća, a vertikalna opterećenja najmanja.



Mehanizam smicanja po horizontalnoj spojnici

Pri zajedničkom djelovanju vertikalne i horizontalne sile može doći do loma zida u obliku dijagonalne pukotine. Zbog uzroka za nastanka pukotine ovaj mehanizam loma se zove rušenje kod dijagonalnog zatezanja „diagonal tension failure“.



Mehanizam smicanja sa pojavom dijagonalne pukotine

Stoga ćemo ovdje navesti i načine računске provjere glavnih napona zatezanja koji se koriste u zemljama u okruženju, a koje nisu našle svoju primjenu u Eurokodu.

Nosivost nearmiranog zida se računa tako što se prosječni smičući napon pri kolapsu zida pomnoži sa površinom zida. Pri tome koristimo faktor b , kojim uzimamo u obzir uticaj geometrije zida i stvarnog odnosa vertikalnog i horizontalnog opterećenja pri rušenju na raspodjelu smičućeg napona po zidu (Tomažević, 2009).

Izvedena jednačina (Turnšek i Čačović, 1971) glasi:

$$V_{Rd,diag} = R_{ds,w,diag} = A_w \cdot \frac{f_{td}}{b} \cdot \sqrt{\frac{\sigma_d}{f_{td}} + 1}$$

gdje su:

A_w → površina poprečnog presjeka;

b → faktor koji zavisi od odnosa h/l , (Turnšek i Sheppard, 1980):

$$b = \begin{cases} 1,5 & h/l > 1,5 \\ 1,1 & h/l < 0,7 \\ \text{važi lin. interp. za ostale sluč.} & \end{cases}$$

σ_d → prosječni napon pritiska u zidu od vertikalnog opterećenja N ;

f_{td} → čvrstoća na zatezanje zida.

Napomena:

Jednačina iznad je izvedena iz jednačine za određivanje glavnih normalnih napona, poznate iz otpornosti materijala:

$$\sigma_{11,22} = \frac{\sigma_{xx} - \sigma_{zz}}{2} \pm \sqrt{\left(\frac{\sigma_{zz} - \sigma_{xx}}{2}\right)^2 + \sigma_{xz}^2}$$

Vrijednost smičućeg napona u trenutku zatežućeg loma zida, ako je poznata čvrstoća zida na zatezanje je:

$$\tau_R = \frac{f_t}{1.5} * \sqrt{1 + \frac{\sigma_0}{f_t}}$$

Proračunska vrijednost smičućeg napona, τ_{Rd} , ($\tau_{Rd} < \tau_R$) određuje se preko proračunske čvrstoće zida na zatezanje $f_{td} = f_t / \gamma_M$:

$$\tau_{Rd} = \frac{f_t}{1.5 * \gamma_M} * \sqrt{1 + \gamma_M * \frac{\sigma_0}{f_t}}$$

Proračunska nosivost zida na horizontalnu silu V_{RHd} , iznosi:

$$V_{RHd} = C_r * A_m * \tau_{Rd}$$

Gdje je:

C_r - faktor redukcije nosivosti koji predstavlja odnos proračunske i najveće nosivosti određene eksperimentalno, a obično se uzima $C_r=0.9$

$A_m=t \cdot l$, gdje je t - debljina zida, a l - dužina zida.

Proračunska poprečna sila treba biti manja ili jednaka proračunskoj nosivosti na horizontalnu silu V_{RHd} :

$$V_{Ed} \leq V_{RHd}$$

Prema tome, treba provjeriti proračunsku nosivost zida na smicanje prema izrazu za V_{Rd} i V_{RHd} , mjerodavna je manja vrijednost.

Napomena: Prema EC6, proračunska nosivost zida na horizontalnu silu računata se samo preko izraza za V_{Rd} .

Izrazi za čvrstoću zida na zatezanje do proračunske nosivosti zida na horizontalnu silu V_{RHd} , preuzeti iz literature autora: Turnšek, Čačović kao i Aničić, Tomažević.

PRIMJER 1: Odrediti najveću smičuću nosivost zidanog zida, dužine 5.6m. U zidu nema smičuće armature. Zid je izgrađen od zidnih blokova Porotherm 30S, dimenzija 250x300x238, sa vertikalnim šuplinam druge grupe. Prema kategoriji proizvodnje elementi se svrstavaju u I kategoriju. Srednja čvrstoća pri pritisku je 10MPa.

Za zidanje je korišćen malter opšte namjene M10, projektovanog sastava. Klasa izvođenja radova je 3 (Izvođač ugrađuje samo materijale koji imaju potvrdu o usaglašenosti proizvoda).

U dnu zida djeluje vertikalno proračunsko opterećenje od 100 kN, horizontalna proračunska seizmička sila od 80 kN i moment savijanja 200 kNm.

Proračunska vrijednost nosivosti na smicanje zida od nearmirane zidarije je:

$$V_{Rd,1} = f_{vd} \times t \times l_c$$

$$f_{vd} = \frac{f_{vk}}{\gamma_m}$$

Gdje su:

f_{vd} - proračunska vrijednost čvrstoće zida na smicanje

f_{vk} - karakteristična čvrstoća zida na smicanje

γ_m - koeficijent za materijale

l_c - dužina pritisnutog dijela zida

$$l_c = 3 * \left(\frac{l}{2} - \frac{M_{Ed}}{N_{Ed}} \right) \leq l$$

$$l_c = 3 * \left(\frac{5,6}{2} - \frac{200}{100} \right) = 2,4 \text{ m}$$



Blokova Porotherm 30S, dimenzija 250x300x238.

Najmanja horizontalna dimenzija je 250mm, a visina 238mm.
Srednja čvrstoća pri pritisku je 10 MPa.

Traži se normalizovana srednja vrijednost čvrstoće pri pritisku, f_b

Visina zidnog elementa	Najmanja horizontalna dimenzija zidnog elementa (mm)				
	50	100	150	200	≥250
50	0,85	0,75	0,70	/	/
65	0,95	0,85	0,75	0,70	0,65
100	1,15	1,0	0,90	0,80	0,70
150	1,30	1,2	1,1	1,0	0,95
190			1,22	1,12	
200	1,45	1,35	1,25	1,15	1,10
238					
≥250	1,55	1,45	1,35	1,25	1,15

Sračunavanje koeficijenta oblika za element dimenzija 250x300x238, čije se dimenzije ne nalaze u tabeli dobija se linearnom interpolacijom za elemente dimenzija 200x250 i 250x250:

$$\text{Konačan koeficijent oblika } \delta \text{ je: } \delta = 1,10 + \frac{(238-200) \times (1,15-1,10)}{(250-200)} = 1,138$$

Normalizovana srednja vrijednost čvrstoće pri pritisku elementa za zidanje iznosi:

$$f_b = f_{sr, suv} \delta = 10 \times 1,138 = 11,38 \text{ MPa}$$

$$f_{vk} = f_{vko} + 0.4 \cdot \sigma_d \leq 0.065 \cdot f_b$$

Ili manje od f_{vlt}

$$f_{vko} = 0,30 \text{ MPa}$$



$$\sigma_d = \frac{100 \text{ kN}}{0,30 \times 2,4} = 138,9 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} = 0,139 \text{ MPa}$$

σ_d proračunska vrijednost napona pritiska upravnog na ravan smicanja u elementu u nivou koji se razmatra, baziran na prosječnom vertikalnom naponu pritisnutog dijela zida koji pruža otpor na smicanje

$$f_{Vk} = 0,30 + 0,4 \times 0,139 = 0,356 \text{ MPa}$$

$$0,065 \times f_b = 0,065 \times 11,38 = 0,74 \text{ MPa}$$

$$f_{vlt} = 1,0 \text{ MPa}$$

γ_m - koeficijent za materijale

Prema kategoriji proizvodnje elementi se svrstavaju u I kategoriju. Za zidanje je korišćen malter opšte projektovanog sastava. Klasa izvođenja radova je 3. Kako je horizontalna sila usljed seizmičkog dejstva uzima se 2/3 koeficijenta za materijale iz tabele.

Element za zidanje	$f_{vko} \text{ (N/mm}^2\text{)}$		
	Malter opšte namene, klase čvrstoće	Tankoslojni malter (debljina spojnice 0,5-3,0 mm)	Lakoagregatni malter
Glina	M10 - M20	0,30	0,30
	M2,5 - M9	0,20	
	M1 - M2	0,10	
Kalcijum silikat	M10 - M20	0,20	0,40
	M2,5 - M9	0,15	
	M1 - M2	0,10	
Beton	M10 - M20	0,20	0,30
Autoklavirani aerirani beton	M2,5 - M9	0,15	
Veštački kamen i obrađeni prirodni kamen	M1 - M2	0,10	

Materijal		γ_m		
		Klasa		
		1	2	3
A	Elementi kategorije I i sa malterom projektovanih svojstva	1,5	2,0	2,5
B	Elementi kategorije I i sa malterom projektovanog sastava	1,7	2,2	2,7
C	Elementi kategorije II sa bilo kojim malterom	2,0	2,5	3,0

$$f_{Vd} = \frac{f_{Vk}}{\frac{2}{3}\gamma_m} = \frac{0,356}{2/3 \times 2,7} = 0,198 \text{ MPa}$$

$$V_{Rd,1} = f_{vd} \times t \times l_c = 0,0198 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2} \times 30 \times 240 = 142,56 \text{ kN} - \text{proračunska nosivost na smicanje}$$

Nosivost na smicanje je zadovoljena ako je proračunska sila smicanja manja od proračunske nosivosti na smicanje

$$V_{Ed} \leq V_{Rd}$$

Za kontrolu na smicanje zida mjerodavna je kombinacija uticaja od stalnog, korisnog i seizmičkog opterećenja sa odgovarajućim koeficijentima sigurnosti:

$$V_{Ed} = 1,0 \cdot V_g + 0,3 \cdot V_p + 1,0 \cdot V_s$$

$$N_{Ed} = 1,0 \cdot N_g + 0,3 \cdot N_p + 1,0 \cdot N_s$$

U ovom zadatku horizontalna seizmička sila je 80 kN, te je $V_{Ed} = 1,0 \times V_s = 80 \text{ kN}$

Proračunska vrijednost nosivosti na smicanje zida ovog nearmiranog zida iznosi 142,56 kN, što je veće od sile smicanja 80 kN. Nosivost na smicanje je zadovoljena.

PRIMJER 2: Zid dužine 5,6m je uokviren vertikalnim serklažima. Zid je izgrađen od zidnih blokova Porotherm 38S, dimenzija 250x380x238, sa vertikalnim šuplinam druge grupe. Prema kategoriji proizvodnje elementi se svrstavaju u I kategoriju. Srednja čvrstoća pri pritisku je 10MPa.

Za zidanje je korišćen malter opšte namjene M10, projektovanog sastava. Klasa izvođenja radova je 3 (Izvođač ugrađuje samo materijale koji imaju potvrdu o usaglašenosti proizvoda).

U dnu zida djeluje vertikalno proračunsko opterećenje od 100 kN, horizontalna proračunska seizmička sila od 300 kN i moment savijanja 200 kNm.

Odrediti najveću smičuću nosivost zidanog zida:

- A) Uz zanemarivanje doprinosa u vertikalnog serklaža
- B) Uzimajući u obzir doprinos vertikalnog serklaža



A) Proračunska vrijednost nosivosti na smicanje zida sa vertikalnim serklažima. Doprinos serklaža se ne uzima.

$$V_{Rd,1} = f_{vd} \times t \times l_c$$

Gdje su:

- f_{vd} - proračunska vrijednost čvrstoće zida na smicanje
- f_{vk} - karakteristična čvrstoća zida na smicanje
- γ_m - koeficijent za materijale
- l_c - dužina pritisnutog dijela zida

$$f_{vd} = \frac{f_{vk}}{\gamma_m}$$

$$l_c = \frac{l}{2} * \left(1 + \frac{l * N_{Ed}}{6 * M_{Ed}} \right) \leq l$$

$$l_c = \frac{5,6}{2} * \left(1 + \frac{5,6 * 100}{6 * 200} \right) = 4,1 \text{ m}$$

Normalizovana srednja vrijednost čvrstoće pri pritisku elementa za zidanje iznosi:

$$f_b = f_{sr, suv} \delta = 10 \times 1,138 = 11,38 \text{ MPa}$$

$$f_{vk} = f_{vko} + 0,4 \cdot \sigma_d \leq 0,065 \cdot f_b$$

$$f_{vko} = 0,30 \text{ MPa}$$

$$\sigma_d = \frac{100 \text{ kN}}{0,38 \times 4,1} = 64,18 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} = 0,064 \text{ MPa}$$

$$f_{V_k} = 0,30 + 0,4 \times 0,064 = 0,33 \text{ MPa}$$

$$0,065 \times f_b = 0,065 \times 11,38 = 0,74 \text{ MPa}$$

$$f_{vlt} = 1,0 \text{ MPa}$$

$$f_{Vd} = \frac{f_{V_k}}{\frac{2}{3} \gamma_m} = \frac{0,33}{\frac{2}{3} \times 2,7} = 0,183 \text{ MPa}$$

$$V_{Rd,1} = f_{vd} \times t \times l_c = 0,183 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2} \times 38 \times 410 = 285,11 \text{ kN} - \text{proračunska nosivost na smicanje}$$

$$V_{Ed} \leq V_{Rd}$$

U ovom zadatku horizontalna seizmička sila je 200 kN, te je $V_{Ed} = 1,0 \times V_s = 200 \text{ kN}$

Proračunska vrijednost nosivosti na smicanje zida ovog nearmiranog zida iznosi 285,11 kN, što je manje od sile smicanja 300 kN. Nosivost na smicanje zida **nije zadovoljena**.

B) Proračunska vrijednost nosivosti na smicanje zida sa vertikalnim serklažima. Doprinos serklaža se uzima.

$$V_{Rd} = V_{Rd,1} + V_{Rd,c}$$

Doprinos zidanog zida

$$V_{Rd,1} = f_{vd} \times t \times l_c$$

$$V_{Rd,1} = f_{vd} \times t \times l_c = 0,0183 \frac{kN}{cm^2} \times 38 \times 410 = \mathbf{285,11 \text{ kN}}$$
 - nosivost zidanog zida na smicanje bez doprinosa v.serklaža

Doprinos serklaža

$$V_{Rd,c} = \left[C_{Rd,c} k (100 \rho_l f_{ck})^{1/3} + k_1 \sigma_{cp} \right] b_w d$$

Sa minimalnom vrijednošću $V_{Rd,c} = (v_{\min} + k_1 \cdot \sigma_{cp}) \cdot b_w \cdot d$

Ako su serklaži dimenzija 38x15, njihova površina je $0,057m^2$, što je veće od minimalnih $0.03m^2$. Minimalna površina armature je 1,0% od površine serklaža, te je to $A_{sw} = 1,0\% \times 380 \times 150 = 570 \text{ mm}^2$ ili 300 mm^2 . Usvojeno je da su serklaži armirani sa $4\phi 14$ ($6,04 \text{ cm}^2$).

$$d = 15 - 3 = 12 \text{ cm}$$

$$k = 1 + \sqrt{\frac{200}{d[\text{mm}]}} \leq 2.0$$

$$K = 1 + \sqrt{\frac{200}{120}} = 2,29, \text{ te je } k = 2,0$$

$$\rho_l = \frac{A_{sl}}{b_w \cdot d} \leq 0.02$$

$$\rho_l = \frac{6,04}{38 \times 12} = 0,013$$

$$C25/30 \quad \Rightarrow \quad f_{ck} = 25 \text{ MPa}$$

$$C_{Rd,c} = \frac{0,18}{\gamma_c} = \frac{0,18}{1,2} = 0,15$$

$$k_1 = 0.15$$

$$\sigma_{cp} = \frac{N_{Ed}}{A_c} \leq 0.2 * f_{cd}, [MPa]$$

N_{Ed} - aksijalna sila u poprečnom presjeku serklaža od opterećenja ili prethodnog naprezanja u N , ($N_{Ed} > 0$, za pritisak)

A_c - površina poprečnog presjeka betona u serklažu (mm^2)

$$N_{Ed} = \frac{100}{5,6} \times 0,15 = 2,7 \text{ kN}$$

Ako su serklaži dimenzija 38x15, njihova površina je $A_c = 0,057 m^2$

$$\sigma_{cp} = \frac{2,7}{38 \times 15} \times 10 = 0,047 \text{ MPa}$$

$$f_{cd} = \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = \frac{25}{1,2} = 20,83 \text{ MPa}, 0,2 \times f_{cd} = 4,16 \text{ MPa} \quad V_{min} = 0.035 * k^{3/2} * f_{ck}^{1/2} \quad V_{min} = 0,035 \times 2,0^{\frac{3}{2}} \times 25^{\frac{1}{2}} = 0,49 \text{ MPa}$$

$$V_{Rd,c} = \left[C_{Rd,c} k (100 \rho_l f_{ck})^{1/3} + k_1 \sigma_{cp} \right] b_w d \quad \geq (V_{min} + k_1 * \sigma_{cp}) * b_w * d$$

$$V_{Rd,c} = \left[0,15 \times 2,0 \times (100 \times 0,013 \times 25)^{\frac{1}{3}} + 0,15 \times 0,047 \right] / 10 \times 38 \times 12 = 44 \text{ kN} \quad (0,49 + 0,15 \times 0,047) / 10 \times 38 \times 12 = 22,7 \text{ kN}$$

$$V_{Rd} = 285,11 + 44 = 329,1 \text{ kN}$$

Proračunska vrijednost nosivosti na smicanje zida ovog nearmiranog zida iznosi 329,1 kN, što je veće od sile smicanja 300 kN. Nosivost na smicanje zida je **zadovoljena**.