

BETONSKE I ZIDANE KONSTRUKCIJE 1

Zidane konstrukcije – uvod, materijali ...

Prof. dr. sc. Tomislav Kišiček
Zavod za Konstrukcije



1

UVOD

20. 12. 2024.

Betonske i zidane konstrukcije 1

2

2

UVOD

Zidane konstrukcije kroz povijest



20. 12. 2024.

Betonske i zidane konstrukcije 1

3

3

UVOD

Zidane konstrukcije kroz povijest



20. 12. 2024.

Betonske i zidane konstrukcije 1

4

4

UVOD
Zidane konstrukcije kroz povijest



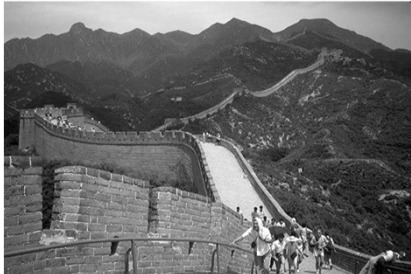
20. 12. 2024.

Betonske i zidane konstrukcije 1

5

5

UVOD
Zidane konstrukcije kroz povijest



20. 12. 2024.

Betonske i zidane konstrukcije 1

6

6

UVOD
Zidane konstrukcije kroz povijest



20. 12. 2024.

Betonske i zidane konstrukcije 1

7

7

UVOD
Moderne zidane konstrukcije



20. 12. 2024.

Betonske i zidane konstrukcije 1

8

8

UVOD**Literatura**

- Sorić, Z.: „Zidane konstrukcije“, Sveučilišni udžbenik, vlastita naklada, Zagreb, 2016.
- Upit na e-mail: gradjevinar@hsgi.org



20. 12. 2024.

Betonske i zidane konstrukcije 1

9

9

UVOD**Norme za zidane konstrukcije**

- HRN EN 1996-1-1 Projektiranje zidanih konstrukcija, 1-1. dio: Opća pravila za zgrade - Pravila za armirano i nearmirano zide
- HRN EN 1996-1-2 Projektiranje zidanih konstrukcija 1-2. dio: Opća pravila za zgrade – Projektiranje konstrukcija na požarno djelovanje
- HRN EN 1996-1-3 Projektiranje zidanih konstrukcija 1- 3. dio: Opća pravila za zgrade - Posebna pravila za bočna opterećenja

20. 12. 2024.

Betonske i zidane konstrukcije 1

10

10

UVOD**Norme za zidane konstrukcije**

- HRN EN 1996-2 Projektiranje zidanih konstrukcija 2. dio: Proračun, izbor gradiva i izvedba zida
- HRN EN 1996-3 Projektiranje zidanih konstrukcija 3. dio: Pojednostavnjeni proračunski postupci i jednostavna pravila za zidane konstrukcije
- Postoje još prateće norme za: Zidne elemente, Pomoćne komponente zida, Mort, Ispitivanje zida

20. 12. 2024.

Betonske i zidane konstrukcije 1

11

11

UVOD**Posebni nazivi koji se koriste kod zidanih konstrukcija**

- zide – skupina zidnih elementa položenih na unaprijed određen način i povezanih mortom
- armirano zide – zide u kojem su šipke ili mreža, obično od čelika, postavljene u mort ili beton tako da sva gradiva sudjeluju zajedno u nosivosti

20. 12. 2024.

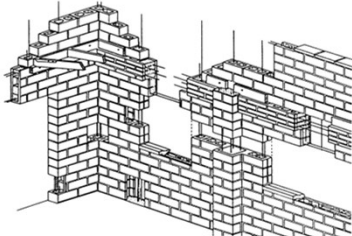
Betonske i zidane konstrukcije 1

12

12

UVOD**Posebni nazivi koji se koriste kod zidanih konstrukcija**

- armirano zide (u šupljinama zidnih elemenata)



20. 12. 2024.

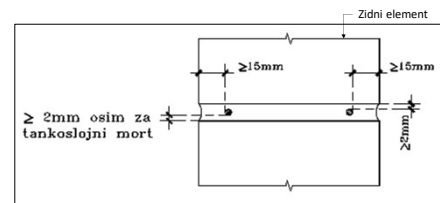
Betonske i zidane konstrukcije 1

13

13

UVOD**Posebni nazivi koji se koriste kod zidanih konstrukcija**

- armirano zide (u sljubnicama morta)



20. 12. 2024.

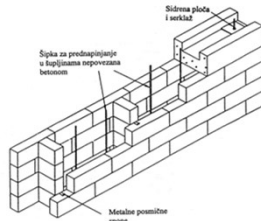
Betonske i zidane konstrukcije 1

14

14

UVOD**Posebni nazivi koji se koriste kod zidanih konstrukcija**

- prednapeto zide – zide u kojem su unutarnja tlačna naprezanja namjerno izazvana napetom armaturom



20. 12. 2024.

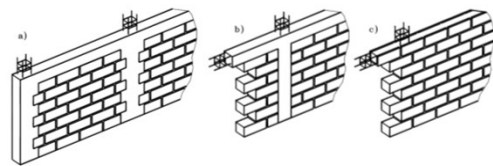
Betonske i zidane konstrukcije 1

15

15

UVOD**Posebni nazivi koji se koriste kod zidanih konstrukcija**

- omeđeno zide – zide izvedeno sa vertikalnim i horizontalnim serklažima s kojima čini krutu vezu. Serklaži su od armiranog betona, ali se ne ponašaju kao okvirna konstrukcija.



20. 12. 2024.

Betonske i zidane konstrukcije 1

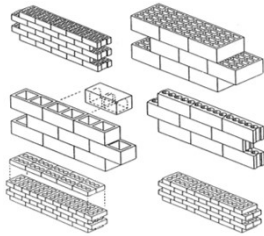
16

16

UVOD

Posebni nazivi koji se koriste kod zidanih konstrukcija

- vez zida – pravilan razmještaj zidnih elementa u zidu kako bi se postiglo zajedničko djelovanje



20. 12. 2024.

Betonske i zidane konstrukcije 1

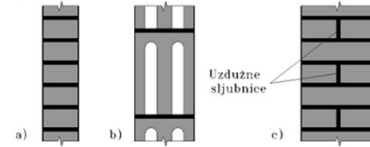
17

17

UVOD

Vrste zidova

- Nosivi zid (engl. load bearing wall) – zid projektiran u prvom redu za preuzimanje uporabnog opterećenja i vlastite težine, zid otporan na sile u svojoj ravnini
- Jednoslojni zid (engl. single-leaf wall) – zid bez šupljine ili kontinuirane uzdužne sljubnice



20. 12. 2024.

Betonske i zidane konstrukcije 1

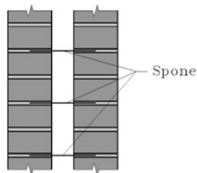
18

18

UVOD

Vrste zidova

- Šuplji zid (engl. cavity wall) – zid koji se sastoji od dva paralelna jednoslojna zida, učinkovito povezana zidnim sponama ili armaturom u horizontalnim sljubnicama, gdje jedan ili oba sloja preuzimaju opterećenje



20. 12. 2024.

Betonske i zidane konstrukcije 1

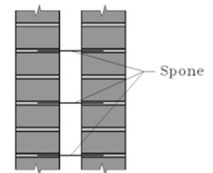
19

19

UVOD

Vrste zidova

- Šuplji zid (engl. cavity wall) – zid koji se sastoji od dva paralelna jednoslojna zida, učinkovito povezana zidnim sponama ili armaturom u horizontalnim sljubnicama, gdje jedan ili oba sloja preuzimaju opterećenje
- Prostor između slojeva ostao je kao kontinuirana šupljina potpuno ili djelomično ispunjena nenosivim toplinsko-izolacijskim materijalom
- Ako se zide sastoji od dvaju slojeva odvojenih šupljinom, pri čemu jedan od slojeva nosiv a drugi nije, tada se nenosivi zid treba smatrati obložnim zidom



20. 12. 2024.

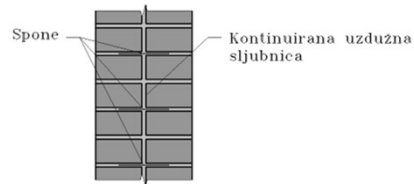
Betonske i zidane konstrukcije 1

20

20

UVOD**Vrste zidova**

- Dvoslojni zid (engl. double leaf wall) – zid koji se sastoji od dva paralelna sloja s uzdužnom sljubnicom između (čija širina ne prelazi 25 mm) potpuno ispunjenom s mortom i sigurno povezan zidnim sponama tako da zajednički djeluju pod opterećenjem



20. 12. 2024.

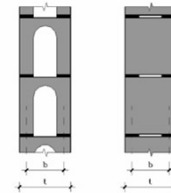
Betonske i zidane konstrukcije 1

21

21

UVOD**Vrste zidova**

- Zid s rubnim trakovima morta (engl. shell bedded wall) – zid u kojem su zidni elementi postavljeni na dva ili više trakova morta od kojih su dva na vanjskim rubovima naliježuće površine zidnih elemenata



20. 12. 2024.

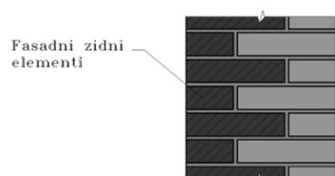
Betonske i zidane konstrukcije 1

22

22

UVOD**Vrste zidova**

- Fasadni zid (engl. faced wall) – zid s fasadnim zidnim elementima povezanim sa stražnjim nosivim zidom



20. 12. 2024.

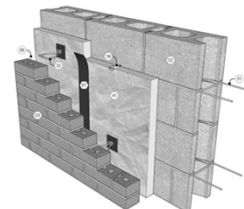
Betonske i zidane konstrukcije 1

23

23

UVOD**Vrste zidova**

- Obložni zid (engl. veneer wall) – zid koji se rabi kao fasadni (pročeljni), ali koji nije povezan ili ne doprinosi čvrstoći stražnjeg zida ili okvirnoj konstrukciji



20. 12. 2024.

Betonske i zidane konstrukcije 1

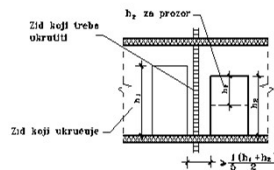
24

24

UVOD

Vrste zidova

- Nenosivi zid (engl. non-loadbearing wall) – zid koji se ne smatra otpornim na sile tako da se može ukloniti, a da ne utječe na cjelovitost konstrukcije
- Ukružujući zid – zid smješten okomito na drugi zid kojem daje dodatnu nosivost na horizontalne sile



20. 12. 2024.

Betonske i zidane konstrukcije 1

25

25

TEMELJNE POSTAVKE PRORAČUNA

20. 12. 2024.

Betonske i zidane konstrukcije 1

26

26

TEMELJNE POSTAVKE PRORAČUNA

Temeljni zahtjevi

- Konstrukcija se mora tako projektirati i izvesti da:
 - uz uzimanje u obzir predviđenog vijeka uporabe i troškova građenja s prihvatljivom vjerojatnošću zadrži uporabna svojstva
 - da se s primjerenom pouzdanošću odupire djelovanjima i utjecajima koji mogu nastupiti tijekom izvedbe i uporabe i da ima primjerenu trajnost u odnosu na troškove održavanja
- Konstrukcija mora biti proračunana tako, da se uslijed događaja kao što su eksplozije, udari vozila ili posljedice ljudske pogreške, ne ošteti do mjere koja je nesrazmjerna s uzrokom oštećenja

20. 12. 2024.

Betonske i zidane konstrukcije 1

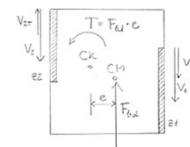
27

27

TEMELJNE POSTAVKE PRORAČUNA

Temeljni zahtjevi

- Vrlo je važno da je konstrukcija tlocrtno simetrična, tj. da su nosivi zidovi simetrični s obzirom na jednu i drugu horizontalnu os građevine. To je potrebno da bi se izbjegao mogući veći ekscentricitet, tj. udaljenost centara masa i krutosti



20. 12. 2024.

Betonske i zidane konstrukcije 1

28

28

TEMELJNE POSTAVKE PRORAČUNA**Temeljni zahtjevi**

- Mij enjejanje krutosti po visini građevine nije poželjno
- Ako iz arhitektonskih ili nekih drugih razloga krutost po visini treba smanjivati, tada se smanjenje treba odvijati osno simetrično oko vertikalne osi tako da centar krutosti i centar masa viših katova ostane na vertikalnoj osi građevine

20. 12. 2024.

Betonske i zidane konstrukcije 1

29

29

TEMELJNE POSTAVKE PRORAČUNA**Opterećenja zidanih konstrukcija**

- Napomena: Opterećenja zidanih konstrukcija definirana su Eurokodom 1 kao i opterećenja svih ostalih tipova konstrukcija

20. 12. 2024.

Betonske i zidane konstrukcije 1

30

30

TEMELJNE POSTAVKE PRORAČUNA**Granična stanja**

- Granična stanja su ona izvan kojih konstrukcija više ne može zadovoljiti zahtjeve projekta
- Granična stanja uključuju:
 - gubitak ravnoteže konstrukcije ili nekog njezinog dijela, promatranog kao kruto tijelo
 - otkazivanje zbog prekomjernog deformiranja, sloma, ili gubitka stabilnosti konstrukcije ili bilo kojeg njezinog dijela uključujući oslonce i temelje
- Zidane konstrukcije se proračunavaju prema:
 - Graničnim stanjima nosivosti
 - Graničnim stanjima uporabljivosti

20. 12. 2024.

Betonske i zidane konstrukcije 1

31

31

TEMELJNE POSTAVKE PRORAČUNA**Granična stanja**

- Parcijalni koeficijenti sigurnosti za djelovanja na konstrukcije zgrada za stalne i prolazne proračunske situacije
- Stalna: $\gamma_G = 1,35 \rightarrow$ za nepovoljan učinak
 $\gamma_G = 1,0 \rightarrow$ za povoljan učinak
- Promjenljiva: $\gamma_Q = 1,50 \rightarrow$ za nepovoljan učinak
 $\gamma_Q = 0,0 \rightarrow$ za povoljan učinak

20. 12. 2024.

Betonske i zidane konstrukcije 1

32

32

TEME LJNE POSTAVKE PRORAČUNA

Granična stanja

- Koeficijenti sigurnosti (γ_M) za svojstva gradiva prema kontrolama zidanja (1,2,3,4,5) i kontrolama zidnih elemenata (I i II) i morta:
- (Za potres: $\gamma_{EM} = (2/3) \gamma_M$)
- Čelik: $\gamma_s = 1,15$

γ_M	1	2	3	4	5
Kontrola I Projektirani mort	1,5	1,7	2,0	2,2	2,5
Kontrola I Propisani mort	1,7	2,0	2,2	2,5	2,7
Kontrola II Svaki mort	2,0	2,2	2,5	2,7	3,0

20. 12. 2024.

Betonske i zidane konstrukcije 1

33

33

TEME LJNE POSTAVKE PRORAČUNA

Granična stanja

- Razrede kontrole zidanja određuje svaka država posebno, na osnovi svojih iskustava
- EN 1996 predviđa 5 razreda kontrole zidanja, tj. izvedbe ziđa: 1, 2, 3, 4, i 5 no, nije potrebno preuzeti svih 5 razreda
- U Hrvatskoj su prihvaćeni razredi kontrole zidanja 1, 3 i 5, koji su u Hrvatskom nacionalnom dodatku nazvani razredima 1, 2 i 3
- Na ovom predmetu držimo se naziva razreda iz norme EN 1996-1-1

20. 12. 2024.

Betonske i zidane konstrukcije 1

34

34

TEME LJNE POSTAVKE PRORAČUNA

Granična stanja

- Razred kontrole zidanja (izvedbe) 1: Izvođač ugrađuje samo materijale koji imaju isprave o sukladnosti. Investitor ima svoj nadzor, neovisan od izvođača. Osim toga, izvođač ima certifikat ISO 9001 i/ili potvrđen sustav kontrole kvalitete za građevinu koju izvodi
- Razred kontrole zidanja (izvedbe) 3: Izvođač ugrađuje samo materijale koji imaju isprave o sukladnosti. Investitor ima svoj nadzor, neovisan od izvođača. Izvođač nema certifikat ISO 9001 i nema potvrđen sustav kontrole kvalitete
- Razred kontrole zidanja (izvedbe) 5: Izvođač ugrađuje samo materijale koji imaju isprave o sukladnosti. Ne postoji nadzor investitora. Izvođač nema certifikat ISO 9001 i nema potvrđen sustav kontrole kvalitete za građevinu koju izvodi

20. 12. 2024.

Betonske i zidane konstrukcije 1

35

35

TEME LJNE POSTAVKE PRORAČUNA

Granična stanja

- Osim o razredima kontrole zidanja, koeficijent sigurnosti γ_M ovisi i o kategorijama zidnih elemenata (I ili II) te o vrsti morta
- Definicije kategorija zidnih elemenata, koje su dane u normama EN 771-1 do EN 771-6, su sljedeće:
- Kategorija I: zidni elementi s objavljenom tlačnom čvrstoćom s vjerojatnošću podbačaja koja nije veća od 5%; ona se može odrediti iz srednje ili karakteristične vrijednosti
- Kategorija II: zidni elementi koji ne zadovoljavaju razinu pouzdanosti za kategoriju I

20. 12. 2024.

Betonske i zidane konstrukcije 1

36

36

TEMELJNE POSTAVKE PRORAČUNA

Granična stanja

• Preporučene vrijednosti parcijalnih koeficijenata sigurnosti za materijale, γ_M

Materijal		parcijalni koeficijent sigurnosti za materijale, γ_M				
		Razredi kontrole zidanja				
		1	2	3	4	5
A	Zide načinjeno od:					
	zidnih elemenata kategorije I: projektirani mort ^{a)}	1,5	1,7	2,0	2,2	2,5
	zidnih elemenata kategorije I: zidani mort ^{a)}	1,7	2,0	2,2	2,5	2,7
C	zidnih elemenata kategorije II, bilo koji mort ^{a),b)}	2,0	2,2	2,5	2,7	3,0
D	Sidra od čelika za armiranje	1,7	2,0	2,2	2,5	2,7
E	Čelik za armiranje i čelik za prednapinjanje (γ_s)	1,15				
F	Pomoćni dijelovi ^{c),d)}	1,7	2,0	2,2	2,5	2,7
G	Nadvoji u skladu s normom HRN EN 845-2	1,5 do 2,5				

^{a)} Zahtjevi za projektirane mortove dani su u normama HRN EN 998-2 i EN 1996-2

^{b)} Zahtjevi za zidane mortove (mortovi zadanog sastava) dani su u normama HRN EN 998-2 i EN 1996-2.

^{c)} Objavljene vrijednosti su srednje vrijednosti.

^{d)} Pretpostavlja se da su sljedeći nepropusni za vlagu koji se nalaze u stijubicama obuhvaćeni koeficijentom γ_M za zide.

^{e)} Vrijedi ako koeficijent varijacije zidnih elemenata kategorije II nije veći od 25 %.

20. 12. 2024.

Betonske i zidane konstrukcije 1

37

37

MATERIJALI – ZIDNI ELEMENTI

20. 12. 2024.

Betonske i zidane konstrukcije 1

38

38

MATERIJALI

Definicija zidanih konstrukcija

• Zidane su one konstrukcije:

• koje su izvedene iz zidnih elemenata (opeke ili blokova) povezanih mortom ili nekim sličnim materijalom anorganskog ili organskog podrijetla

• koje su zidane na gradilištu ili su izvedene u obliku predgotovljenih zidova u tvornici i spojene na gradilištu u konstrukcijsku cjelinu

20. 12. 2024.

Betonske i zidane konstrukcije 1

39

39

MATERIJALI

Zidni elementi - definicija

• prema HRN ENV 1996-1-1: Design of masonry structures i ISO/DIS 9652-5, Masonry - Part 5: Definitions: prethodno oblikovana komponenta, namijenjena izvedbi

• prema British Standards Institution (BSI): opeke ili blokovi ili oblikovani prirodni kamen

• prema prEN 771-1, Specification for masonry units: izvedena komponenta u svrhu zidanja

• Prema HRN B.D1.015, Zbirka propisa za zidanje - definicija šupljih zidnih elemenata glasi: šuplje opeke i blokovi su elementi od pečene gline s vertikalnim ili horizontalnim šupljinama, namijenjeni izradi vanjskih ili unutarnjih zidova

• Zidni elementi imaju različite nazive: opeka (cigla), šuplja opeka, glineni blokovi, zidni blok, kamen za zidanje, itd.

20. 12. 2024.

Betonske i zidane konstrukcije 1

40

40

MATERIJALI

Zidni elementi - vrste

- Opečni zidni elementi (opeka, opečni blokovi), kojima se trajnost postiže pečenjem elementa oblikovanog u sirovoj glini na visokim temperaturama
- Vapneno-silikatni (kalcijsko-silikatni) zidni elementi, proizvedeni od smjese silicijskog agregata, vapna i drugih provjerenih materijala, izrađeni pod tlakom i zaparivani
- Betonski zidni elementi proizvedeni od smjese selektiranog agregata normalne težine i cementa ili drugih provjerenih materijala u čvrsti oblik pod tlakom i/ili vibriranjem

20. 12. 2024.

Betonske i zidane konstrukcije 1

41

41

MATERIJALI

Zidni elementi - vrste

- Betonski zidni elementi od lakog agregata, proizvedeni od mješavine agregata male gustoće npr. ekspandirana šljaka visokih peći, ekspandirana glina itd., oblikovana pod tlakom i/ili vibriranjem
- Porasti (autoklavirani i aerirani) betonski zidni elementi, proizvedeni od mješavine finog silicijskog agregata, cementa, vapna i sredstva koje proizvodi zračne mjehuriće. Ta se smjesa njeguje procesom autoklaviranja
- Kameni zidni elementi, napravljeni od blokova kamena klesanih na određene dimenzije ili od lomljenog kamena nepravilnih dimenzija

20. 12. 2024.

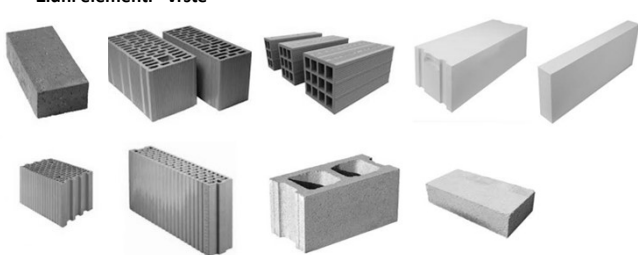
Betonske i zidane konstrukcije 1

42

42

MATERIJALI

Zidni elementi - vrste



20. 12. 2024.

Betonske i zidane konstrukcije 1

43

43

MATERIJALI

Zidni elementi - vrste

- Geometrijski zahtjevi za svrstavanje zidnih elemenata u skupine

	Skupina 1 (svi materijali)	Materijali i ograničenja za zidne elemente			
		Materijal zidnih elemenata	Skupina 2	Skupina 3	Skupina 4
			Vertikalne šupljine		Horizontalne šupljine
Volumen svih šupljina (% od bruto obujma)	≤ 25	opečni	> 25; ≤ 55	> 25; ≤ 70	> 25; ≤ 70
		vapneno-silikatni	> 25; ≤ 55	ne rabi se	ne rabi se
		betonski ¹⁾	> 25; ≤ 60	> 25; ≤ 70	> 25; ≤ 50
Volumen bilo koje šupljine (% od bruto obujma)	≤ 12,5	opečni	svaka šupljina (od više njih) ≤ 2 Udubine za prihvrat do ukupno 12,5	svaka šupljina (od više njih) ≤ 2 Udubine za prihvrat do ukupno 12,5	svaka šupljina (od više njih) ≤ 30
		vapneno-silikatni	svaka šupljina (od više njih) ≤ 15 Udubine za prihvrat do ukupno 30	ne rabi se	ne rabi se
		betonski ¹⁾	svaka šupljina (od više njih) ≤ 30 Udubine za prihvrat do ukupno 30	svaka šupljina (od više njih) ≤ 30 Udubine za prihvrat do ukupno 30	svaka šupljina (od više njih) ≤ 25

20. 12. 2024.

Betonske i zidane konstrukcije 1

44

44

MATERIJALI

Zidni elementi - vrste

- Geometrijski zahtjevi za svrstavanje zidnih elemenata u skupine

	Skupina 1 (svi materijali)	Materijali i ograničenja za zidne elemente					
		Skupina 2		Skupina 3		Skupina 4	
		Vertikalne supljine				Horizontalne supljine	
		Materijal zidnih elemenata	unutar- nja varijanta stjenica	varijanta stjenica	unutar- nja varijanta stjenica	varijanta stjenica	varijanta stjenica
Objavljene vrijednosti debljina uzdužnih i varijanti stjenki (mm)	bez zahtjeva	opekni	≥ 5	≥ 8	≥ 3	≥ 6	≥ 6
		vapneno silikatni betonski ¹⁴	≥ 5	≥ 10	ne rabi se	ne rabi se	≥ 20
		opekni	≥ 15	≥ 18	≥ 15	≥ 20	≥ 20
Objavljene vrijednosti kombinirane debljine ¹⁴ uzdužnih i varijanti stjenki (% od skupne širine)	bez zahtjeva	opekni	≥ 16	≥ 12	≥ 12	≥ 20	≥ 12
		vapneno silikatni	≥ 20	ne rabi se	ne rabi se	ne rabi se	≥ 20
		betonski ¹⁴	≥ 18	≥ 15	≥ 15	≥ 20	≥ 45

¹⁴ Kombinirana debljina je debljina uzdužnih stjenki i varijanti stjenki pomnožena s koeficijentom 0,7. Ova vrijednost mora biti veća od vrijednosti koja bi bila potrebna samo u slučaju glavnih promjera dimenzija zidnih elemenata.

U slučaju skupina 2, 3 i 4, skupina 3, zahtjevi na srednjim varijantama debljine tipična i 1/2 tipična.

20. 12. 2024.

Betonske i zidane konstrukcije 1

45

45

MATERIJALI

Zidni elementi - svojstva

- Među osnovna svojstva zidnih elemenata ubraja se njihova tlačna čvrstoća
- Do sada je bilo uobičajeno da se zidni element naziva po svojoj tlačnoj čvrstoći, f_c , često nazivanoj markom
- No, uz čvrstoću treba uzeti u obzir i oblik elementa, tj. njegovu visinu i širinu, jer nije svejedno kakve je veličine element niti kako je ugrađen u zidu
- Manja visina nosi za posljedicu veći broj horizontalnih sljubnica morta. Zato se prešlo na tzv. normaliziranu tlačnu čvrstoću zidnog elementa f_{nc}

20. 12. 2024.

Betonske i zidane konstrukcije 1

46

46

MATERIJALI

Zidni elementi – ispitivanje tlačne čvrstoće

- Njegovanje uzorka prije ispitivanja
- Prema HRN EN 772-1 (europska norma za određivanje tlačne čvrstoće zidnih elemenata) zidni elementi na kojima se određuje tlačna čvrstoća moraju biti njegovani rabeći propisan režim vlažnosti
 - Njega sušenjem na zraku
 - Njega sušenjem u peći
 - Njega do 6% sadržaja vlage
 - Njega uranjanjem u vodu

20. 12. 2024.

Betonske i zidane konstrukcije 1

47

47

MATERIJALI

Zidni elementi – ispitivanje tlačne čvrstoće

- Njega sušenjem na zraku
- Uzorke treba skladištiti najmanje 14 dana u laboratoriju pri temperaturi ≥ 15 °C i relativnoj vlažnosti ≤ 65 %
- Uzorci se mogu ispitivati i prije 14 dana ako se postigne stalna masa
- Smatra se da je postignuta stalna masa za vrijeme procesa sušenja, ako je u dva uzastopna vaganja u razmaku ne manjem od 24 sata gubitak mase između dva mjerenja manji od 0,2 % ukupne mase

20. 12. 2024.

Betonske i zidane konstrukcije 1

48

48

MATERIJALI**Zidni elementi – ispitivanje tlačne čvrstoće**

- Njega sušenjem u peći – 1. način
- Uzorak se suši na temperaturi od $105\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ do stalne mase
- Smatra se da je postignuta stalna masa za vrijeme procesa sušenja, ako je u dva uzastopna vaganja u razmaku ne manjem od 24 sata gubitak mase između dva mjerenja manji od 0,2 % ukupne mase
- Prije ispitivanja, uzorak se treba ohladiti na temperaturu okoline

20. 12. 2024.

Betonske i zidane konstrukcije 1

49

49

MATERIJALI**Zidni elementi – ispitivanje tlačne čvrstoće**

- Njega sušenjem u peći – 2. način
- Uzorak se suši na temperaturi od $75\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ do stalne mase
- Smatra se da je postignuta stalna masa za vrijeme procesa sušenja, ako je u dva uzastopna vaganja u razmaku ne manjem od 24 sata gubitak mase između dva mjerenja manji od 0,2 % ukupne mase
- Nakon sušenja, a prije ispitivanja, uzorke treba skladištiti na temperaturi $20\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ dok se ne dosegne temperaturna ravnoteža. Nakon toga ispitivanje treba obaviti unutar 24 sata

20. 12. 2024.

Betonske i zidane konstrukcije 1

50

50

MATERIJALI**Zidni elementi – ispitivanje tlačne čvrstoće**

- Njega do 6 % sadržaja vlage
- Treba proračunati suhu masu zidnih elemenata iz obujma
- Uzorak treba sušiti na temperaturi koja ne prelazi $50\text{ }^{\circ}\text{C}$, dok se ne postigne ova masa s točnošću od $\pm 0,2\text{ }%$ mase u suhom stanju
- Nakon njegovanja do 6% sadržaja vlage, a prije ispitivanja, treba uzorke skladištiti na sobnoj temperaturi najmanje 5 sati
- Masu uzorka treba provjeriti i zapisati netom prije ispitivanja

20. 12. 2024.

Betonske i zidane konstrukcije 1

51

51

MATERIJALI**Zidni elementi – ispitivanje tlačne čvrstoće**

- Njega uranjanjem u vodu
- Uzorke treba uroniti u vodu temperature $20\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ najmanje 15 sati
- nakon toga treba dopustiti da se ocijede od 15 do 20 min

20. 12. 2024.

Betonske i zidane konstrukcije 1

52

52

MATERIJALI

Zidni elementi – ispitivanje tlačne čvrstoće

- Tlačna čvrstoća
- Tlačna čvrstoća je opterećenje pri slomu podijeljeno s opterećenom bruto površinom. Treba ju izraziti u N/mm² zaokruženo na 0,1 N/mm²
- Izračunava se standardna devijacija i koeficijent varijacije iz rezultata više ispitivanja čvrstoće
- Proračunava se srednja tlačna čvrstoća
- Zidni elementi trebaju imati srednju čvrstoću na tlak f_{ok} okomito na naliježuću ploštinu (vertikalno) barem 2,5 N/mm²
- U horizontalnom smjeru tlačna čvrstoća mora biti barem 2,0 N/mm²

20. 12. 2024.

Betonske i zidane konstrukcije 1

53

53

MATERIJALI

Zidni elementi – normalizirana tlačna čvrstoća

- Da bi se srednja tlačna čvrstoća određena eksperimentalno, pretvorila u normnu čvrstoću za suhe zidne elemente po HRN EN 772-1, treba rezultate srednje tlačne čvrstoće, f , pomnožiti sa sljedećim faktorima:
- Njega sušenjem na zraku i njega do 6% sadržaja vlage: 1,0
- Njega sušenjem u peći: 0,8
- Njega uranjanjem u vodu: 1,2

20. 12. 2024.

Betonske i zidane konstrukcije 1

54

54

MATERIJALI

Zidni elementi – normalizirana tlačna čvrstoća

- Tlačna čvrstoća zidnih elemenata koja se uzima u proračunu čvrstoće zida, jest tzv. normalizirana tlačna čvrstoća, f_b
- To je tlačna čvrstoća zidnog elementa prevedena na tlačnu čvrstoću na zraku sušenog zidnog elementa širine 100 mm i visine 100 mm, (duljina zidnog elementa nije mjerodavna)
- Da bi se odredila normalizirana tlačna čvrstoća, f_b , srednja se tlačna čvrstoća zidnih elemenata, f , koji su bili sušeni na zraku pomnoži s koeficijentom (faktorom) oblika zidnog elementa δ

20. 12. 2024.

Betonske i zidane konstrukcije 1

55

55

MATERIJALI

Zidni elementi – normalizirana tlačna čvrstoća

- Koeficijent oblika δ prikazan je u tablici a ovisi o širini i visini zidnog elementa. Vrijednosti iz tablice mogu se linearno interpolirati.

Visina zidnog elementa (cm)	Najmanja horizontalna dimenzija (širina) zidnog elementa faktor δ				
	5 cm	10 cm	15 cm	20 cm	≥25 cm
5 cm	$\delta = 0,85$	0,75	0,70	-	-
6,5	0,95	0,85	0,75	0,70	0,65
10	1,15	1,00	0,90	0,80	0,75
15	1,30	1,20	1,10	1,00	0,95
20	1,45	1,35	1,25	1,15	1,10
≥25	1,55	1,45	1,35	1,25	1,15

20. 12. 2024.

Betonske i zidane konstrukcije 1

56

56

MATERIJALI**Zidni elementi – normalizirana tlačna čvrstoća**

- Za njegovanje sušenjem na zraku: $f_b = 1,0 \cdot f \cdot \delta$
- Za njegovanje sušenjem u peći: $f_b = 0,8 \cdot f \cdot \delta$
- Za njegovanje uranjanjem u vodu: $f_b = 1,2 \cdot f \cdot \delta$
- Prema HRN EN 1998-1, u seizmičkim područjima normalizirana tlačna čvrstoća zidnih elemenata trebala bi iznositi najmanje:
 - a) okomito na horiz. sljubnicu morta: $f_{b,min} = 4,0 \text{ N/mm}^2$
 - b) paralelno horizontalnoj sljubnici morta u ravlini zida: $f_{bh,min} = 2,0 \text{ N/mm}^2$

20. 12. 2024.

Betonske i zidane konstrukcije 1

57

MATERIJALI – MORT

20. 12. 2024.

Betonske i zidane konstrukcije 1

58

MATERIJALI**Mort**

- To je materijal koji se sastoji od mješavine anorganskog veziva, agregata i vode, a može sadržavati i dodatke
- Rabi se za povezivanje zidnih elemenata

20. 12. 2024.

Betonske i zidane konstrukcije 1

59

MATERIJALI**Mort - vrste**

- Cementni mort – mort spravljen od određenih omjera cementa i pijeska i vode zajedno s plastifikatorima ako je to opravdano
- Cementno-vapneni mort ili tzv. "produžni mort" – mješavina određene količine cementa, vapna i pijeska i vode. Za tu vrstu morta kod nas se uvriježio izraz "produžni mort" i on se najčešće rabi
- Vapneni mort – mješavina određene količine hidratiziranog vapna i pijeska i vode
- Tankoslojni mort – unaprijed pripremljeni cementni mort s maksimalnim zrnom pijeska od 1,0 mm i s kemijskim dodacima. Debljina ovog morta u horizontalnim sljubnicama je 1 do 3 mm

20. 12. 2024.

Betonske i zidane konstrukcije 1

60

MATERIJALI

Mort - vrste

- Unaprijed pripremljeni mort – ta se vrsta morta (engl. ready mixed mortar) doprema na gradilište u suhom stanju u vrećama, ili već pripremljen za uporabu (engl. ready-to-use) vlažan, ali s usporivačem vezanja
- Lakoagregatni mort – mort spravljan od lakog agregata čija je gustoća obično manja od 1000 kg/m³. Agregat može biti: perlit, ekspandirana glina, plovučac.

20. 12. 2024.

Betonske i zidane konstrukcije 1

61

61

MATERIJALI

Mort – razredba (klasifikacija)

- Mort se klasificira prema svojoj proračunskoj tlačnoj čvrstoći, a označava se slovom M nakon kojeg slijedi broj koji predstavlja tlačnu čvrstoću u N/mm².
- U većini propisa u svijetu odnos komponenata morta određuje se volumenski. Tako na primjer mort oznake M5 ima tlačnu čvrstoću 5,0 N/mm², a volumenski mu je omjer cement : vapno : pijesak = 1:1:5.
- Voda ne smije sadržavati štetne tvari. Pitka voda prikladna je, a druge vode moraju se ispitati na pogodnost u skladu s normama.

20. 12. 2024.

Betonske i zidane konstrukcije 1

62

62

MATERIJALI

Mort – razredba (klasifikacija)

Tablica 3.6 Volumenski sastav morta prema UBC 24-20 [3.U1]

Vrsta morta	Tlačna čvrstoća min. (N/mm ²)	Cement	Vapno	Pijesak
M	16,7	1	1/4	Ne manje od 2 1/2
S	12,0	1	1/4 do 1/2	ne više od 3 puta
N	5,0	1	1 1/2 do 2 1/2	od dvostru volumena
O	2,5	1	2 1/2 do 4	cementa i vapna

Tablica 3.7 Oznake morta prema europskim normama [3.H1], [3.H2], [3.H3] i [3.H9]

Vrsta morta	Specifična tlačna čvrstoća (f_{cm}) (N/mm ²)	Srednja tlačna čvrstoća u vrijeme ispitivanja (f_{cd}) (N/mm ²)	Približni obujamski omjer sastojaka cement:vapno:pijesak
M1	1,0	$1,0 \leq f_{cd} < 2,5$	
M2,5	2,5	$2,5 \leq f_{cd} < 5,0$	1:1,25 do 2,5:8 do 9
M5	5,0	$5,0 \leq f_{cd} < 7,5$	1:0,5 do 1,25:5 do 6
M7,5	7,5	$7,5 \leq f_{cd} < 10,0$	
M10	10,0	$10,0 \leq f_{cd} < 12,5$	1:0,25 do 0,5:4 do 4,25
M12,5	12,5	$12,5 \leq f_{cd} < 15,0$	
M15	15,0	$15,0 \leq f_{cd} < 20,0$	
M20	20,0	$20,0 \leq f_{cd} < 30,0$	
M30	30,0	$30,0 \leq f_{cd} < 40,0$	

20. 12. 2024.

Betonske i zidane konstrukcije 1

63

63

MATERIJALI

Mort – svojstva

- Tlačna čvrstoća morta, f_{mv} , određuje se u skladu s normom HRN EN 1015-11:2005. Metode ispitivanja morta za zidanje
- Mortovi opće namjene mogu se definirati čvrstoćom (projektirana mješavine ili recepturom (propisana mješavina)
- Projektirane mješavine, koje trebaju biti projektirane i proizvedene da se postigne određena tlačna čvrstoća, f_{mv} , određene su u skladu s HRN EN 1015-11

20. 12. 2024.

Betonske i zidane konstrukcije 1

64

64

MATERIJALI

Mort – svojstva

- Ograničenje tlačne čvrstoće morta
- Propisane su mješavine, koje se proizvode iz određenih omjera sastojaka, uključujući primjese i dodatke, za mjerodavnu vrijednost f_m zahtijevanu projektom, i za koje se može pretpostaviti da će dostići tu čvrstoću.
- Mort opće namjene (sloj od 10 do 15 mm) ne treba biti slabiji od M1 u sljubnicama bez armature i od M5 u sljubnicama koje sadrže armaturu i u prednapetom zidu.
- Horizontalne sljubnice koje sadrže predgotovljenu armaturu trebaju biti napravljene od morta opće namjene M2,5 ili jačega.
- Tankoslojni mortovi (sloj 1 do 3 mm) trebaju biti projektirane mješavine u skladu s HRN EN 998-2 (Masonry mortar) i trebaju biti M5 ili jači.

20. 12. 2024.

Betonske i zidane konstrukcije 1

65

65

MATERIJALI – ISPUNSKI BETON I ČELIK ZA ARMIRANJE

20. 12. 2024.

Betonske i zidane konstrukcije 1

66

66

MATERIJALI

Ispunski beton

- Ispunski beton služi za povećanje presjeka, a time i čvrstoće zida i za zaštitu armature u zidu.
- U šupljem zidu prostor između dva sloja može se ispuniti betonom.
- Ako su šupljine samog zidnog elementa šire od 50 mm, također se mogu ispuniti betonom. Zaštitni sloj betona do armature treba biti između 15 mm i 25 mm.
- Najveće zrno agregata u tom betonu je 10 mm.

20. 12. 2024.

Betonske i zidane konstrukcije 1

67

67

MATERIJALI

Ispunski beton

- Ako su šupljine najmanje širine 100 mm, tada zaštitni sloj betona do armature mora biti najmanje 25 mm, a najveće zrno agregata 20 mm.

20. 12. 2024.

Betonske i zidane konstrukcije 1

68

Tablica 3.8 Karakteristične tlačne (f_{ck}) i posmične (f_{ctk}) čvrstoće betona

Razred betona	C12/15	C16/20	C20/25	C25/30 ili veće
f_{ck} (N/mm ²)	12	16	20	25
f_{ctk} (N/mm ²)	0,27	0,33	0,39	0,45

68

17

MEHANIČKA SVOJSTVA NEARMIRANOG ZIDA

20. 12. 2024.

Betonske i zidane konstrukcije 1

73

73

MEHANIČKA SVOJSTVA NEARMIRANOG ZIDA

Uvodno

- Nearmirano zide je kompozit, sastavljen od zidnih elemenata i morta.
- Mehanička svojstva zida ovise o stvarnim svojstvima samog zida, o zidnom elementima, o mortu, ali i o izmjerama elementa i međudjelovanju susjednih elemenata. To su:
 - karakteristična tlačna čvrstoća zida, f_k
 - posmična čvrstoća zida, f_v
 - vlačna čvrstoća pri savijanju zida, f_s
 - odnos naprezanje – relativna deformacija, (σ/ε) i modul elastičnosti (E).

20. 12. 2024.

Betonske i zidane konstrukcije 1

74

74

MEHANIČKA SVOJSTVA NEARMIRANOG ZIDA

Karakteristična tlačna čvrstoća zida (f_k)

- Karakteristična tlačna čvrstoća uzorka zida (f_k) jest čvrstoća ispod koje se ne očekuje više od 5 % rezultata.
- $f = (SILA\ SLOMA)/(PLOŠTINA\ BRUTO\ PRESJEKA)$
- Karakterističnu tlačnu čvrstoću, f_k , treba odrediti ili eksperimentalno ili proračunski iz prikladnog odnosa te čvrstoće sa čvrstoćom zidnih elemenata i čvrstoćom morta
- Koeficijent varijacije tlačne čvrstoće zida ne bi smio biti veći od 25%
- Karakterističnu tlačnu čvrstoću zida treba, ako je moguće, odrediti eksperimentalno, no ako to nije moguće onda svakako treba eksperimentalno odrediti tlačne čvrstoće morta i zidnih elemenata

20. 12. 2024.

Betonske i zidane konstrukcije 1

75

75

MEHANIČKA SVOJSTVA NEARMIRANOG ZIDA

Karakteristična tlačna čvrstoća zida (f_k)

- Eksperimentalno određivanje tlačne čvrstoće zida zidanog u mortu opće namjene
- Zidovi se ispituju ili nakon 7 ili nakon 28 dana starosti.
- Opterećenje valja nanašati u tri jednaka koraka do približno polovice slomnog.
- Nakon svakog koraka treba tlačnu silu ostaviti nepromjenjivom $2\text{min} \pm 1\text{min}$.
- Nakon toga se opterećenje do tlačnog sloma uzorka nanaša nepromjenjivom brzinom tako da ukupno ispitivanje traje 15 do 30 minuta.

20. 12. 2024.

Betonske i zidane konstrukcije 1

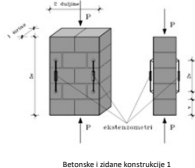
76

76

MEHANIČKA SVOJSTVA NEARMIRANOGA ZIDA

Karakteristična tlačna čvrstoća zida (f_k)

- Eksperimentalno određivanje tlačne čvrstoće zida zidanog u mortu opće namjene
- Slika prikazuje uzorak zida kojem se osim tlačne čvrstoće zida, f_k , mjeri i modul elastičnosti E . Potrebno je izdvojiti vrijednost izmjerene relativne deformacije, $\varepsilon_{1/3}$, pri sili (naprezanju) jednakoj trećini maksimalne.



20. 12. 2024.

Betonske i zidane konstrukcije 1

77

77

MEHANIČKA SVOJSTVA NEARMIRANOGA ZIDA

Karakteristična tlačna čvrstoća zida (f_k)

- Eksperimentalno određivanje tlačne čvrstoće zida zidanog u mortu opće namjene
- Karakteristična tlačna čvrstoća dana je sljedećim izrazom:

$$f_k = f' / 1,2 \quad \text{ili} \quad f_k = f_{i, \min}$$

- a mjerodavna je manja vrijednost.
- gdje su: f' srednja vrijednost čvrstoće ispitanih uzoraka, zaokružena na najbližu vrijednost do 0,1 N/mm²
- $f_{i, \min}$ najmanja pojedinačna vrijednost čvrstoće svih ispitanih uzoraka

20. 12. 2024.

Betonske i zidane konstrukcije 1

78

78

MEHANIČKA SVOJSTVA NEARMIRANOGA ZIDA

Karakteristična tlačna čvrstoća zida (f_k)

- Proračunsko određivanje tlačne čvrstoće nearmiranoga zida
- Karakteristična tlačna čvrstoća nearmiranoga zida zidanog mortom opće namjene ili laganim mortom može se izračunati iz:

$$f_k = K f_b^{0,7} f_m^{0,3} \quad (\text{N/mm}^2)$$

- f_b normalizirana tlačna čvrstoća zidnih elemenata (N/mm²)
- f_m nazivna tlačna čvrstoća morta (N/mm²)
- K konstanta u skladu s tablicom 3.11

20. 12. 2024.

Betonske i zidane konstrukcije 1

79

79

MEHANIČKA SVOJSTVA NEARMIRANOGA ZIDA

Karakteristična tlačna čvrstoća zida (f_k)

- Proračunsko određivanje tlačne čvrstoće nearmiranoga zida

Tablica 3.11 Vrijednosti K za kombinacije raznih zidnih elemenata i mortova [3,M1]

Zidni elementi	Mort opće namjene	Tankoslojni mort (horiz. sjajnice $\geq 0,5 \text{ mm}$ i $\leq 3,0 \text{ mm}$)		Lagani mort volumenske mase 600 $\leq \rho_a \leq 800$ kg/m^3	
		≤ 800 kg/m^3	≤ 1300 kg/m^3	≤ 800 kg/m^3	≤ 1300 kg/m^3
Opečni	Skupina 1	0,55	0,75	0,30	0,40
	Skupina 2	0,45	0,70	0,25	0,30
	Skupina 3	0,35	0,50	0,20	0,25
	Skupina 4	0,35	0,35	0,20	0,25
Vapneno-silikatni	Skupina 1	0,55	0,80	ne rabi se	ne rabi se
	Skupina 2	0,45	0,65	ne rabi se	ne rabi se
Betonski	Skupina 1	0,55	0,80	0,45	0,45
	Skupina 2	0,45	0,65	0,45	0,45
	Skupina 3	0,40	0,50	ne rabi se	ne rabi se
	Skupina 4	0,35	ne rabi se	ne rabi se	ne rabi se
Porastli beton	Skupina 1	0,55	0,80	0,45	0,45
Umjetni kamen	Skupina 1	0,45	0,75	ne rabi se	ne rabi se
Obradjeni prirodni kamen	Skupina 1	0,45	ne rabi se	ne rabi se	ne rabi se

20. 12. 2024.

Betonske i zidane konstrukcije 1

80

80

MEHANIČKA SVOJSTVA NEARMIRANOGA ZIDA**Karakteristična tlačna čvrstoća zida (f_k)**

- Proračunsko određivanje tlačne čvrstoće nearmiranoga zida
- konstanta K iz tablice 3.11 uzima u obzir ispunjenje sljedećih zahtjeva:
 - pojedinosti oblikovanja zida, pri čemu se poštuju sve propisane odredbe o zidnim elementima, mortu, zidnom vezu, minimalnim debljinama zida i dr., sve sljubnice su ispunjene mortom
 - f_b nije veći od 75 N/mm^2 kad su zidni elementi položeni u mort opće namjene
 - f_m nije veći od 20 N/mm^2 niti veći od $2 \cdot f_b$ kad je riječ o mortu opće namjene

20. 12. 2024.

Betonske i zidane konstrukcije 1

81

81

MEHANIČKA SVOJSTVA NEARMIRANOGA ZIDA**Karakteristična tlačna čvrstoća zida (f_k)**

- Proračunsko određivanje tlačne čvrstoće nearmiranoga zida
- konstanta K iz tablice 3.11 uzima u obzir ispunjenje sljedećih zahtjeva:
 - debljina zida jednaka je širini ili duljini zidnog elementa, tako da nema vertikalne sljubnice morta unutar debljine zida usporedne s licem zida na cijeloj duljini ili nekom dijelu duljine zida, ali postoje sljubnice morta okomite na površinu lica zida
 - koeficijent varijacije čvrstoće zidnih elemenata nije veći od 25 %.
- Izraz za f_k ne vrijedi za zide od kamenih ili porastih zidnih elemenata.

20. 12. 2024.

Betonske i zidane konstrukcije 1

82

82

MEHANIČKA SVOJSTVA NEARMIRANOGA ZIDA**Karakteristična tlačna čvrstoća zida (f_k)**

- Proračunsko određivanje tlačne čvrstoće nearmiranoga zida
- Pri određivanju karakteristične tlačne čvrstoće zida zidanog u tankoslojnom mortu tlačnu čvrstoću morta, f_m , nije potrebno uzeti u obzir.
- Ograničenje horizontalnih sljubnica na debljine od 0,5 mm do 3,0 mm osigurava pretpostavku postojanja poboljšanih svojstva tankoslojnoga morta.

20. 12. 2024.

Betonske i zidane konstrukcije 1

83

83

MEHANIČKA SVOJSTVA NEARMIRANOGA ZIDA**Karakteristična tlačna čvrstoća zida (f_k)**

- Proračunsko određivanje tlačne čvrstoće nearmiranoga zida
- Za zide izvedeno s tankoslojnim mortom u horizontalnim sljubnicama debljine od 0,5 mm do 3,0 mm, i opečnim zidnim elementima skupina 1 i 4, te vapnenosilikatnim, betonskim i porastim betonskim zidnim elementima karakteristična tlačna čvrstoća zida, f_k , jest:

$$f_k = K f_b^{0,85} \quad (\text{N/mm}^2)$$

- uz uvjet da f_b nije veći od 50 N/mm^2 kad su zidni elementi položeni u tankoslojni mort.

20. 12. 2024.

Betonske i zidane konstrukcije 1

84

84

MEHANIČKA SVOJSTVA NEARMIRANOGA ZIDA**Karakteristična tlačna čvrstoća zida (f_k)**

- Proračunsko određivanje tlačne čvrstoće nearmiranoga zida
- Za zide s tankoslojnim mortom, u horizontalnim sljubnicama debljine od 0,5 mm do 3,0 mm, i opečnim zidnim elementima skupine 2 i 3 karakteristična tlačna čvrstoća zida, f_k , može se odrediti izrazom:

$$f_k = K f_b^{0,7} \quad (\text{N/mm}^2)$$

20. 12. 2024.

Betonske i zidane konstrukcije 1

85

85

MEHANIČKA SVOJSTVA NEARMIRANOGA ZIDA**Karakteristična tlačna čvrstoća zida (f_k)**

- Proračunsko određivanje tlačne čvrstoće nearmiranoga zida
- Ako je opterećenje okomito na horizontalne sljubnice morta, ako je mort postavljen po cijeloj debljini zida u horizontalnim i vertikalnim sljubnicama i ako ne postoji vertikalna sljubnica morta usporedna s licem zida kroz cijelu duljinu zida ili neki dio duljine zida, tada se za vrijednost K uzimaju pune vrijednosti iz tablice 3.11.

20. 12. 2024.

Betonske i zidane konstrukcije 1

86

86

MEHANIČKA SVOJSTVA NEARMIRANOGA ZIDA**Karakteristična tlačna čvrstoća zida (f_k)**

- Proračunsko određivanje tlačne čvrstoće nearmiranoga zida
- Gdje su učinci djelovanja takvi da tlačna naprezanja djeluju pod nekim kutom (kad istodobno djeluju vertikalna i horizontalna djelovanja npr. od vjetra ili potresa), karakteristična tlačna čvrstoća smije se također odrediti prethodnim izrazima (3.5), ali se tada za skupine zidnih elemenata 2 i 3, vrijednost K , iz tablice 3.11, treba pomnožiti s 0,5, tj. smanjiti na pola.
- U tom slučaju treba rabiti normaliziranu srednju tlačnu čvrstoću zidnog elementa, f_b , određenu ispitivanjima u kojima je smjer djelovanja opterećenja na ispitni uzorak isti kao učinak djelovanja u zidu. U takvom slučaju faktor oblika α ne smije se uzeti veći od 1,0.

20. 12. 2024.

Betonske i zidane konstrukcije 1

87

87

MEHANIČKA SVOJSTVA NEARMIRANOGA ZIDA**Karakteristična tlačna čvrstoća zida (f_k)**

- Proračunsko određivanje tlačne čvrstoće nearmiranoga zida
- Za zide načinjeno s mortom opće namjene i betonskim zidnim elementima skupine 2 i 3 čije su vertikalne šupljine potpuno ispunjene betonom, vrijednost f_b treba odrediti kao da su to zidni elementi skupine 1 s tlačnom čvrstoćom koja odgovara tlačnoj čvrstoći zidnih elemenata ili ispunskom betonu, a uzima se manja vrijednost.
- Kada vertikalne sljubnice nisu ispunjene mortom, smiju se rabiti prethodni izrazi za određivanje karakteristične tlačne čvrstoće zida. Neispunjene vertikalne sljubnice nisu dopuštene u seizmičkim područjima.

20. 12. 2024.

Betonske i zidane konstrukcije 1

88

88

MEHANIČKA SVOJSTVA NEARMIRANOGA ZIDA**Karakteristična tlačna čvrstoća zida (f_k)**

- Proračunsko određivanje tlačne čvrstoće nearmiranoga zida
- Za zide načinjeno s mortom opće namjene gdje postoji vertikalna sljubnica morta unutar debljine zida usporedna s licem zida kroz cijelu duljinu zida ili neki dio duljine zida (slike 3.4 i 3.5), vrijednosti K mogu se odrediti množeći vrijednosti dane u tablici 3.11 s 0,8.

20. 12. 2024.

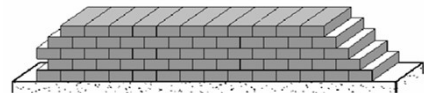
Betonske i zidane konstrukcije 1

89

89

MEHANIČKA SVOJSTVA NEARMIRANOGA ZIDA**Karakteristična tlačna čvrstoća zida (f_k)**

- Proračunsko određivanje tlačne čvrstoće nearmiranoga zida
- Debljina zida jednaka je širini ili duljini zidnih elemenata, tako da nema uzdužne sljubnice morta kroz cijeli zid ili kroz jedan dio duljine zida



20. 12. 2024.

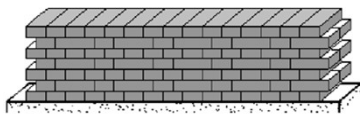
Betonske i zidane konstrukcije 1

90

90

MEHANIČKA SVOJSTVA NEARMIRANOGA ZIDA**Karakteristična tlačna čvrstoća zida (f_k)**

- Proračunsko određivanje tlačne čvrstoće nearmiranoga zida
- Uzdužna vertikalna sljubnica morta prisutna je kroz cijeli zid ili kroz jedan dio duljine zida



20. 12. 2024.

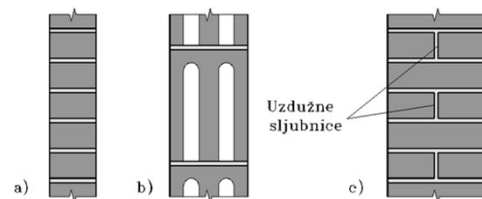
Betonske i zidane konstrukcije 1

91

91

MEHANIČKA SVOJSTVA NEARMIRANOGA ZIDA**Karakteristična tlačna čvrstoća zida (f_k)**

- Proračunsko određivanje tlačne čvrstoće nearmiranoga zida
- Presjek kroz jednoslojni zid



20. 12. 2024.

Betonske i zidane konstrukcije 1

92

92

MEHANIČKA SVOJSTVA NEARMIRANOGA ZIDA

Karakteristična tlačna čvrstoća zida (f_k)

- Određivanje tlačne čvrstoće zida s uskim trakovima morta (3cm ili širim)
- Karakteristična tlačna čvrstoća zida s uskim trakovima morta zidanog zidnim elementima skupine 1 i 4, smije se također odrediti ranije spomenutim izrazima, pod uvjetom da je:
 - širina svakog traka morta, g , 30 mm ili veća,
 - debljina zida jednaka širini ili duljini zidnog elemenata, tako da nema uzdužne vertikalne sljubnice morta kroz cijeli zid ili kroz jedan dio duljine zida, nego vertikalne sljubnice morta postoje samo u smjeru poprečno na ravninu zida.
 - omjer g/t nije manji od 0,4, gdje je g zbroj širina mortnih trakova.

20. 12. 2024.

Betonske i zidane konstrukcije 1

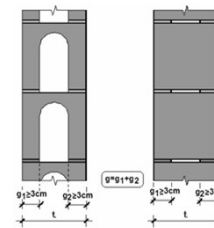
93

93

MEHANIČKA SVOJSTVA NEARMIRANOGA ZIDA

Karakteristična tlačna čvrstoća zida (f_k)

- Određivanje tlačne čvrstoće zida s uskim trakovima morta (3cm ili širim)



20. 12. 2024.

Betonske i zidane konstrukcije 1

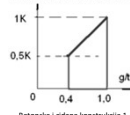
94

94

MEHANIČKA SVOJSTVA NEARMIRANOGA ZIDA

Karakteristična tlačna čvrstoća zida (f_k)

- Određivanje tlačne čvrstoće zida s uskim trakovima morta (3cm ili širim)
- Određivanje vrijednosti K :
 - Kada je $g/t = 1,0$: Vrijednost K se može uzeti jednaka onoj iz tablice 3.11,
 - Kada je $g/t = 0,4$: Vrijednost K se može uzeti kao polovica vrijednosti iz tablice 3.11.
 - Međuvrijednosti za K , kada je $0,4 \leq g/t \leq 1,0$, može se odrediti linearnom interpolacijom.
 - Faktor kojim treba množiti vrijednost K kada je $0,4 \leq g/t \leq 1,0$ iznosi: $0,5 + 5 \cdot (g/t - 0,4)/6$



20. 12. 2024.

Betonske i zidane konstrukcije 1

95

95

MEHANIČKA SVOJSTVA NEARMIRANOGA ZIDA

Karakteristična tlačna čvrstoća zida (f_k)

- Određivanje tlačne čvrstoće zida s uskim trakovima morta (3cm ili širim)
- Karakteristična tlačna čvrstoća zida s uskim trakovima morta zidanog zidnim elementima skupine 2 i 3 smije se uzeti kao vrijednost određena prethodno spomenutim izrazima pod uvjetom da je normalizirana tlačna čvrstoća elementa, f_{dv} , određena ispitivanjima na zidnim elementima, u skladu s normom HRN EN 772-1 za zidne elemente s uskim trakovima morta

20. 12. 2024.

Betonske i zidane konstrukcije 1

96

96

MEHANIČKA SVOJSTVA NEARMIRANOGA ZIDA**Karakteristična posmična čvrstoća nearmiranog zida (f_{vk})**

- Karakteristična posmična čvrstoća nearmiranoga zida, f_{vk} , jest ona čvrstoća ispod koje se ne očekuje da će pasti više od 5 % rezultata ispitivanja te čvrstoće, tj. u najmanje 95 % slučajeva će rezultati ispitivanja biti veći.
- Karakteristična posmična čvrstoća nearmiranoga zida, f_{vk} , može se odrediti ispitivanjima u skladu s HRN EN 1052-3

20. 12. 2024.

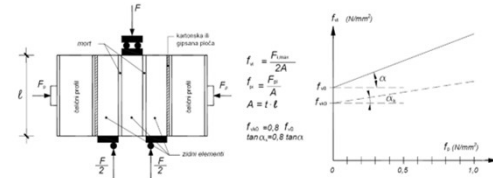
Betonske i zidane konstrukcije 1

97

97

MEHANIČKA SVOJSTVA NEARMIRANOGA ZIDA**Karakteristična posmična čvrstoća nearmiranog zida (f_{vk})**

- Uzorak i dijagram za određivanje posmične čvrstoće



20. 12. 2024.

Betonske i zidane konstrukcije 1

98

98

MEHANIČKA SVOJSTVA NEARMIRANOGA ZIDA**Karakteristična posmična čvrstoća nearmiranog zida (f_{vk})**

- Karakteristična posmična čvrstoća zida, f_{vk} , s mortom opće namjene, ili s tankoslojnim mortom u horizontalnim sljubnicama debljine 0,5 mm do 3,0 mm, ili laganim mortom uz uvjet da su sve sljubnice potpuno ispunjene mortom, smije se odrediti izrazom: $f_{vk} = f_{vkd} + 0,4 \cdot \sigma_d$
- ali ne veće od $f_{vk} = 0,065 \cdot f_b$, i ne veće od f_{vlt}
- f_b normalizirana srednja tlačna čvrstoća zidnih elemenata okomito na naliježuću površinu
- f_{vlt} granična vrijednost za f_{vk} ; (Određivanje granične vrijednosti prepuštena je svakoj državi. Ako te odluke nema, može se uzeti da je: $f_{vlt} = 0,065 \cdot f_b$).

20. 12. 2024.

Betonske i zidane konstrukcije 1

99

99

MEHANIČKA SVOJSTVA NEARMIRANOGA ZIDA**Karakteristična posmična čvrstoća nearmiranog zida (f_{vk})**

$$f_{vk} = f_{vkd} + 0,4 \cdot \sigma_d$$

- f_{vkd} karakteristična početna posmična čvrstoća pri nultom tlačnom naprezanju
- σ_d proračunsko tlačno naprezanje okomito na posmik u elementu na promatranoj razini, uzimajući odgovarajuću kombinaciju opterećenja utemeljenu na prosječnom vertikalnom naprezanju na tlačnoj duljini zida L_c , koja osigurava posmičnu otpornost. U obzir se uzima stalno opterećenje N_g s povoljnim učinkom, $\gamma_{G,inf} = 1,0$ i $\gamma_{Q,i} = 0$.
- Prema tome: $\sigma_d = \gamma_{G,inf} \cdot N_g / (t \cdot L_c)$

20. 12. 2024.

Betonske i zidane konstrukcije 1

100

100

MEHANIČKA SVOJSTVA NEARMIRANOGA ZIDA

Karakteristična posmična čvrstoća nearmiranog zida (f_{vk})

- Vrijednosti početne posmične čvrstoće zida, f_{vk0} (N/mm²)

Zidni elementi	f_{as} (N/mm ²)		
	Mort opće namjene zadanog razreda čvrstoće	Tankoslojni mort (horiz. sljubnica $\geq 0,5$ mm i $\leq 3,0$ mm)	Lagani mort
Opečni	M10 – M20	0,30	0,15
	M2,5 – M9	0,20	
	M1 – M2	0,10	
Vapnenosilikatni	M10 – M20	0,20	0,15
	M2,5 – M9	0,15	
	M1 – M2	0,10	
Betonski	M10 – M20	0,20	0,15
Porastni beton	M2,5 – M9	0,15	
Umjetni kamen i obrađeni prirodni kamen	M1 – M2	0,10	

20. 12. 2024.

Betonske i zidane konstrukcije 1

101

101

MEHANIČKA SVOJSTVA NEARMIRANOGA ZIDA

Karakteristična posmična čvrstoća nearmiranog zida (f_{vk})

- Karakteristična posmična čvrstoća zida s mortom opće namjene, ili s tankoslojnim mortom u horizontalnim sljubnicama debljine 0,5 mm do 3,0 mm, ili s laganim mortom, koje ima vertikalne sljubnice neispunjene mortom, ali kad su susjedna lica zidnih elemenata priljubljena jedno uz drugo, smije se uzeti iz izraza:

$$f_{vk} = 0,5 \cdot f_{vk0} + 0,4 \cdot \sigma_d$$

- ali ne veće od $f_{vk} = 0,065 \cdot f_{br}$, ili ne veće od f_{vlt} a mjerodavna je manja vrijednost

20. 12. 2024.

Betonske i zidane konstrukcije 1

102

102

MEHANIČKA SVOJSTVA NEARMIRANOGA ZIDA

Karakteristična posmična čvrstoća nearmiranog zida (f_{vk})

- U zidu s trakovima morta, kad su zidni elementi položeni na dva ili više trakova morta opće namjene, od kojih je svaki širine bar 30 mm, koje ima vertikalne sljubnice potpuno ispunjene mortom, f_{vk} se smije uzeti iz izraza:

$$f_{vk} = (g/t) f_{vk0} + 0,4 \cdot \sigma_d$$

- ali ne veće od vrijednosti dobivenih izrazom sa prethodnog slidea.
- U gornjem izrazu je g = ukupna širina (ZBROJ) svih trakova morta, a t = širina zida

20. 12. 2024.

Betonske i zidane konstrukcije 1

103

103

MEHANIČKA SVOJSTVA NEARMIRANOGA ZIDA

Karakteristična posmična čvrstoća nearmiranog zida (f_{vk})

- Vertikalna posmična otpornost na spoju dva zida može se odrediti iz prikladnog pokusa.
- U nedostatku takvih podataka, karakteristična vertikalna otpornost može se temeljiti na f_{vk0} , gdje je f_{vk0} posmična čvrstoća pod nultim tlačnim naprezanjem.

20. 12. 2024.

Betonske i zidane konstrukcije 1

104

104

MEHANIČKA SVOJSTVA NEARMIRANOGA ZIDA**Karakteristična posmična čvrstoća nearmiranog zida (f_{vk})**

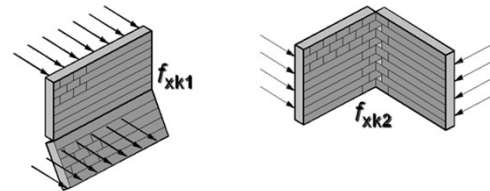
- Karakterističnu početnu posmičnu čvrstoću, $f_{v,k0}$, spojne plohe zida i površine predgotovljenog spregnutog nadvoja objavljuje proizvođač.
- Zide se zida na predgotovljenom nadvoju na koji se postavlja isti sloj morta kao i na svakoj sljubnici zida.
- Vrijednost $f_{v,k0}$ spojne plohe zida i nadvoja ne smije biti veća od $f_{v,k0}$ zida koje se zida iznad predgotovljenoga nadvoja.

20. 12. 2024.

Betonske i zidane konstrukcije 1

105

105

MEHANIČKA SVOJSTVA NEARMIRANOGA ZIDA**Karakteristična čvrstoća na savijanje nearmiranog zida (f_{xk})**

20. 12. 2024.

Betonske i zidane konstrukcije 1

106

106

MEHANIČKA SVOJSTVA NEARMIRANOGA ZIDA**Karakteristična čvrstoća na savijanje nearmiranog zida (f_{xk})**

- Eksperimentalno određivanje čvrstoće na savijanje nearmiranoga zida
- Karakterističnu čvrstoću na savijanje nearmiranog zida, f_{xk} , treba odrediti eksperimentalno, a to je ona čvrstoća ispod koje ne pada više od 5% rezultata.
- Pri ispitivanju čvrstoće na savijanje van ravnine, treba razmotriti sljedeća stanja:
 - čvrstoću na savijanje kad je slom u ravni usporednoj s horizontalnim sljubnicama morta, f_{xk1}
 - čvrstoću na savijanje kad je slom u ravni okomitoj na horizontalne sljubnice morta, f_{xk2}
- Ispitivanje zida treba izvesti u skladu s normom EN 1052-2

20. 12. 2024.

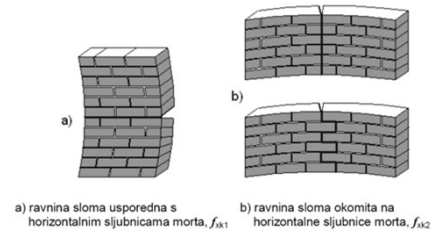
Betonske i zidane konstrukcije 1

107

107

MEHANIČKA SVOJSTVA NEARMIRANOGA ZIDA**Karakteristična čvrstoća na savijanje nearmiranog zida (f_{xk})**

- Eksperimentalno određivanje čvrstoće na savijanje nearmiranoga zida



a) ravnina sloma usporedna s horizontalnim sljubnicama morta, f_{xk1} b) ravnina sloma okomita na horizontalne sljubnice morta, f_{xk2}

20. 12. 2024.

Betonske i zidane konstrukcije 1

108

108

MEHANIČKA SVOJSTVA NEARMIRANOGA ZIDA

Karakteristična čvrstoća na savijanje nearmiranog zida (f_{sk})

- Proračunsko određivanje karakteristične čvrstoće na savijanje nearmiranoga zida

Tablica 3.14

Vrijednosti f_{sk2} , za ravninu sloma okomitu na horizontalne sljubnice [3.H1]

Zidni elementi	f_{sk2} (N/mm ²)		Tankoslojni mort	Lagani mort
	$f_m < 5$ (N/mm ²)	$f_m \geq 5$ (N/mm ²)		
Opečni	0,20	0,40	0,15	0,10
Vapnenosilikatni	0,20	0,40	0,30	ne rabi se
Betonski	0,20	0,40	0,30	ne rabi se
Porasti				
$\rho < 400\text{kg/m}^3$	0,20	0,20	0,20	0,15
$\rho \geq 400\text{kg/m}^3$	0,20	0,40	0,30	0,15
Umjetni kamen	0,20	0,40	ne rabi se	ne rabi se
Obrađeni prirodni kamen	0,20	0,40	0,15	ne rabi se

20. 12. 2024.

Betonske i zidane konstrukcije 1

113

113

MEHANIČKA SVOJSTVA NEARMIRANOGA ZIDA

Karakteristična čvrstoća na savijanje nearmiranog zida (f_{sk})

- Proračunsko određivanje karakteristične čvrstoće na savijanje nearmiranoga zida
- Za zide izrađeno od zidnih elemenata od porastog betona postavljenih u tankoslojni mort, vrijednosti f_{sk1} i f_{sk2} smiju se uzeti iz tablica 3.13 i 3.14 ili iz sljedećih jednačbi:
 - ravnina sloma paralelna horizontalnim sljubnicama morta:
$$f_{sk1} = 0,035 \cdot f_0$$
za ispunjene i/ili za neispunjene vertikalne sljubnice

20. 12. 2024.

Betonske i zidane konstrukcije 1

114

114

MEHANIČKA SVOJSTVA NEARMIRANOGA ZIDA

Karakteristična čvrstoća na savijanje nearmiranog zida (f_{sk})

- Proračunsko određivanje karakteristične čvrstoće na savijanje nearmiranoga zida
- Za zide izrađeno od zidnih elemenata od porastog betona postavljenih u tankoslojni mort, vrijednosti f_{sk1} i f_{sk2} smiju se uzeti iz tablica 3.13 i 3.14 ili iz sljedećih jednačbi:
 - ravnina sloma okomita na horizontalne sljubnice morta: $f_{sk2} = 0,035 \cdot f_0$, za ispunjene vertikalne sljubnice te $f_{sk2} = 0,025 \cdot f_0$, za neispunjene vertikalne sljubnice
- Vrijednost f_{sk2} iz tablice 3.14 ne smije biti veća od čvrstoće na savijanje samog zidnog elementa

20. 12. 2024.

Betonske i zidane konstrukcije 1

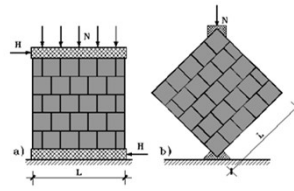
115

115

MEHANIČKA SVOJSTVA NEARMIRANOGA ZIDA

Karakteristična vlačna čvrstoća (u ravnini) nearmiranog zida (f_{tk})

- Karakteristična vlačna čvrstoća zida, f_{tk} , je ona kod koje dolazi do vlačnog otkazivanja kada je zid opterećen istodobno vertikalnim i horizontalnim opterećenjem



20. 12. 2024.

Betonske i zidane konstrukcije 1

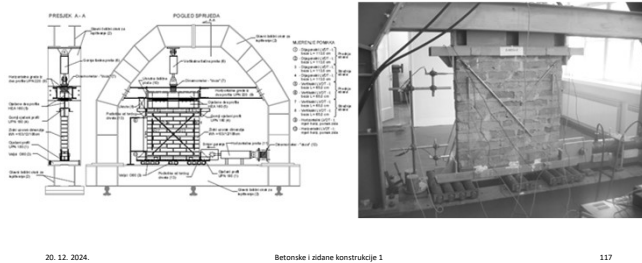
116

116

29

MEHANIČKA SVOJSTVA NEARMIRANOGA ZIDA

Karakteristična vlačna čvrstoća (u ravlini) nearmiranog zida (f_{tk})



20. 12. 2024.

Betonske i zidane konstrukcije 1

117

117

MEHANIČKA SVOJSTVA NEARMIRANOGA ZIDA

Karakteristična vlačna čvrstoća (u ravlini) nearmiranog zida (f_{tk})

$$f_t = -\frac{\sigma_0}{2} + \sqrt{\left(\frac{\sigma_0}{2}\right)^2 + (k\tau)^2} \quad \tau = \frac{f_t}{k} \sqrt{1 + \frac{\sigma_0}{f_t}}$$

- σ_0 – prosječno tlačno naprezanje ($\sigma_0 = N/A_m$). U obzir se uzima stvarno opterećenje bez množenja s faktorom sigurnosti,
- N – Stvarno vertikalno opterećenje (bez množenja s faktorom sigurnosti)
- τ – prosječno posmično naprezanje ($\tau = H/A_m$) pri slomu, što je manja vrijednost od posmične čvrstoće zida f_{vk}
- H – Horizontalna sila pri vlačnom slomu (kada istodobno djeluje i sila N)
- k – omjer najvećega i prosječnoga posmičnoga naprezanja ($k \approx 1,5$)
- A_m – ploština presjeka zida ($A_m = t \cdot L$); L – duljina zida; t – debljina zida.

20. 12. 2024.

Betonske i zidane konstrukcije 1

118

118

MEHANIČKA SVOJSTVA NEARMIRANOGA ZIDA

Karakteristična vlačna čvrstoća (u ravlini) nearmiranog zida (f_{tk})

- Važno je napomenuti da se u prethodnim izrazima ne smije umjesto τ uzeti posmična čvrstoća f_{vk} dobivena ispitivanjem ili proračunom, jer se tada dobiju nerealno visoke vrijednosti vlačne čvrstoće zida
- Dijagonalni pokus je ispitivanje vlačne čvrstoće, a postiže se postupnim povećanjem vertikalne tlačne sile duž jedne dijagonale. Referentna vlačna čvrstoća prikazana je izrazom

$$f_t = \frac{2N}{\pi \cdot t \cdot L \cdot \sqrt{2}} \approx 0,45 \frac{N}{A_m}$$

20. 12. 2024.

Betonske i zidane konstrukcije 1

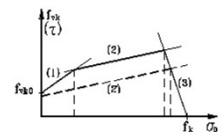
119

119

MEHANIČKA SVOJSTVA NEARMIRANOGA ZIDA

Karakteristična vlačna čvrstoća (u ravlini) nearmiranog zida (f_{tk})

- Dijagram karakteristične posmične čvrstoće zida u ovisnosti o vertikalnom naprezanju
- U području (1) vrijedi izraz: $f_{vk} = f_{vk0} + 0,4 \cdot \sigma_0$
- U području (2) vrijedi izraz: $\tau = \frac{f_t}{k} \sqrt{1 + \frac{\sigma_0}{f_t}}$
- Područje (3) omeđeno tlačnom čvrstoćom zida, f_k
- Pravac (3) dan je izrazom: $f_{vk} = f_k - \sigma_0$. Može se dogoditi da izraz (2) daje manje vrijednosti od izraza (1), kada je $f_t < k f_{vk0}$, (k = neka konstanta) pa se dijagram sastoji samo od krivulje (2') dane crtkanom linijom (koja se aproksimira pravcem) i pravca (3).



20. 12. 2024.

Betonske i zidane konstrukcije 1

120

120

MEHANIČKA SVOJSTVA NEARMIRANOGA ZIDAKarakteristične vrijednosti raznih mehaničkih svojstava zida (N/mm^2)

Zidni element	f	f_m	f_k	G	E	f_{tk}
Puna opeka	10	0,5	2,0	40	250	0,04
Puna opeka	15	2,5	2,5	200	800	0,18
Perforirani zidni element 19/25/25 cm	15	2,5				0,10
Perforirani zidni element 19/25/25 cm	15	5				0,15
Perforirani zidni element 25/35/24 cm	10	10				0,25
Laki keramički blok	7,5	2,0	5,0	500	4500	0,30
Opečni blok	15	2,5	2,5	300	5000	0,12
Opečni blok	15	5	3,0	300	5000	0,18
Keramziti blok	7,5	5	3,5	500	5000	0,27
Betonski blok	7,5	5	4,0	600	6000	0,27
Puna opeka - staro zide	10	1,0	2,0	50	800	0,09
Dvoslojno kameno zide u slabom vapnenom mortu	-	-	0,3	65	200	0,02
Dvoslojno kameno zide u vapnenom mortu	-	-	0,5	90	3000	0,08
Miješano zide u vapnenom mortu	-	-	0,9	50	1000	0,08
Kameno zide, grubo klesano, $r = 60cm$	-	5	-	-	-	0,30
Kameno zide, grubo klesano, $r=45cm$	-	5	-	-	-	0,25
Plinobetonski	3,5	2,5	-	-	-	0,10
Porasli beton, tankoslojni mort	> 2	10	-	-	-	0,08

20. 12. 2024.

Betonske i zidane konstrukcije 1

121

121

MEHANIČKA SVOJSTVA OSTALIH TIPOVA ZIDA

Armirano, prednapeto i omeđeno zide

- Čvrstoća armiranog, prednapetog i omeđenog zida određena je mehaničkim svojstvima zidnih elemenata, morta ili betonske ispune, te armaturom i njezinim svojstvima.
- Zide povezano krutom vezom na rubovima vertikalnim i horizontalnim armiranobetonskim serklažima naziva se omeđeno zide (engl. confined masonry), a ono zidano unutar armiranobetonskih nosivih okvira naziva se zide za ispunu (engl. infilled walls).
- Armirano zide obrađeno je u poglavlju 5 (knjiga ZK).

20. 12. 2024.

Betonske i zidane konstrukcije 1

122

122

MEHANIČKA SVOJSTVA OSTALIH TIPOVA ZIDA

Karakteristična čvrstoća sidrenja armature

- Karakteristična čvrstoća sidrenja armature postavljene u mort ili beton mora se odrediti ispitivanjem.
- Rezultati ispitivanja smiju se uzeti i iz dostupnih baza podataka.
- Ako rezultati ispitivanja nisu dostupni, za armaturu koja je ugrađena u betonski presjek šupljeg zida ako su izmjere šupljine veće ili jednake 150 mm, ili gdje je ispunski beton oko armature okružen zidnim elementima, tako da se armatura može smatrati omeđenom, karakteristične čvrstoće sidrenja, f_{bok} , za pojedine razrede betona dane su u tablici

20. 12. 2024.

Betonske i zidane konstrukcije 1

123

123

MEHANIČKA SVOJSTVA OSTALIH TIPOVA ZIDA

Karakteristična čvrstoća sidrenja armature

- Karakteristična čvrstoća sidrenja armature, f_{bok} (N/mm^2), u omeđenom ispunskom betonu

Razred čvrstoće betona	C12/15	C16/20	C20/25	C25/30 ili veći
f_{bok} za glatke šipke od ugljičnog čelika (N/mm^2)	1,3	1,5	1,6	1,8
f_{bok} za rebraste šipke od ugljičnog i nehrđajućeg čelika (N/mm^2)	2,4	3,0	3,4	4,1

20. 12. 2024.

Betonske i zidane konstrukcije 1

124

124

MEHANIČKA SVOJSTVA OSTALIH TIPOVA ZIDA

Karakteristična čvrstoća sidrenja armature

- Za armaturu koja je ugrađena u mort ili u betonske presjeke čije su izmjere manje od 150 mm ili gdje ispunski beton oko armature nije okružen zidnim elementima, tako da se armatura ne može smatrati omeđenom, karakteristične čvrstoće sidrenja, f_{bolk} , za pojedine razrede betona i/ili armature dane su u tablici

Razred čvrstoće	Mort	M2 do M4	M5 do M9	M10 do M14	M15 do M19	M20
	Beton	ne rabi se	C12/15	C16/20	C20/25	C25/30 ili jači
f_{bolk} za glatke šipke od uglićnog čelika (N/mm ²)	0,5	0,7	1,2	1,4	1,4	
f_{bolk} za rebraste šipke od uglićnog i nehrđajućeg čelika (N/mm ²)	0,5	1,0	1,5	2,0	3,4	

10. 12. 2024.

Betonske i zidane konstrukcije 1

125

125

BETONSKE I ZIDANE KONSTRUKCIJE 1

Deformacijska svojstva zida, proračun prema GSN

Prof. dr. sc. Tomislav Kišiček
Zavod za Konstrukcije



126

DEFORMACIJSKA SVOJSTVA ZIDA

10. 1. 2025.

Betonske i zidane konstrukcije 1

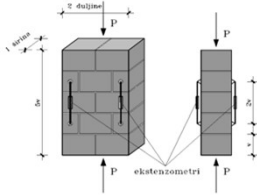
127

127

DEFORMACIJSKA SVOJSTVA ZIDA

Modul elastičnosti zida

- Kratkotrajni sekantni modul elastičnosti, E , određuje se ispitivanjem u skladu s HRN EN 1052-1 za uporabno opterećenje, tj. kod jedne trećine najvećeg opterećenja

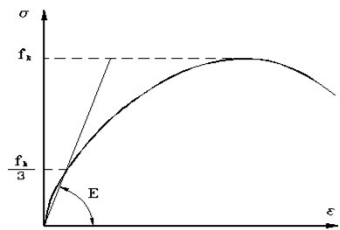


10. 1. 2025.

Betonske i zidane konstrukcije 1

128

128

DEFORMACIJSKA SVOJSTVA ZIDAOdnos naprezanja i relativne deformacije ($\sigma-\epsilon$)

10. 1. 2025.

Betonske i zidane konstrukcije 1

129

129

DEFORMACIJSKA SVOJSTVA ZIDA

Modul elastičnosti zida

- U nedostatku vrijednosti određenih ispitivanjem u skladu s HRN EN 1052-1, kratkotrajni sekantni modul elastičnosti zida, E , za uporabno opterećenje i za proračun konstrukcije, može se uzeti kao:

$$E = 1000 \cdot f_k$$

- Dugotrajni modul elastičnosti, $E_{long term}$, treba se osnivati na kratkotrajnoj sekantnoj vrijednosti modula elastičnosti zida, E , umanjenoj za učinke puzanja, prema izrazu:

$$E_{long term} = \frac{E}{1 + \phi_\infty}$$

- gdje je: ϕ_∞ konačni koeficijent puzanja

10. 1. 2025.

Betonske i zidane konstrukcije 1

130

130

DEFORMACIJSKA SVOJSTVA ZIDA

Modul posmika

- U nedostatku preciznijih vrijednosti, može se pretpostaviti da je modul posmika, G , 40% od modula elastičnosti, E , tj.:

$$G = 0,4 \cdot E$$

- Pri proračunu na djelovanje potresa može se uzeti da je:

$$G = 0,167 \cdot E, \text{ tj. } G = E/6,$$

- ali EC6 to ne preporučuje nego ostavlja 0,4· E

10. 1. 2025.

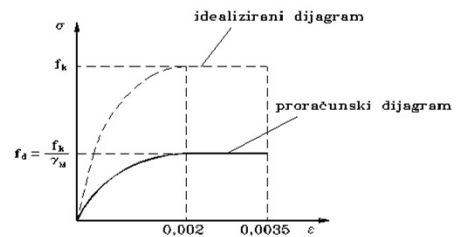
Betonske i zidane konstrukcije 1

131

131

DEFORMACIJSKA SVOJSTVA ZIDA

Proračunski dijagram naprezanje – relativna deformacija zida



10. 1. 2025.

Betonske i zidane konstrukcije 1

132

132

DEFORMACIJSKA SVOJSTVA ZIDA**Puzanje, skupljanje i toplinsko širenje**

- Deformacijska svojstva trebalo bi odrediti eksperimentom.
- U nedostatku takvih ispitivanja, vrijednosti iz tablice 3.18. mogu se uzeti kao proračunske vrijednosti za puzanje, skupljanje i toplinsko širenje. Te vrijednosti su izvedene za određene vrste zidnih elemenata.
- Deformacijska svojstva zida mogu varirati značajno i zato se mora očekivati da će neke vrijednosti biti iznad, a neke ispod onih koje su dane u tablici 3.18 (sljedeći slide).

10. 1. 2025.

Betonske i zidane konstrukcije 1

133

133

DEFORMACIJSKA SVOJSTVA ZIDA**Puzanje, skupljanje i toplinsko širenje**

Tip zidnih elemenata	Konačni koeficijent puzanja ^{a)} ϕ_r	Dugotrajno širenje ili skupljanje uslijed vlage ^{b)} (mm/m)	Toplinski koeficijent $\alpha_t (10^{-6}/K)$
Opečni	0,5 do 1,5	-0,2 do +1,0	4 do 8
Vapnenošilikatni	1,0 do 2,0	-0,4 do -0,1	7 do 11
Betonski i od umjetnog kamena	1,0 do 2,0	-0,6 do -0,1	6 do 12
Lakoagregatni betonski	1,0 do 3,0	-1,0 do -0,2	6 do 12
Porasti beton	0,5 do 1,5	-0,4 do +0,2	7 do 9
Eruptivni	c)	-0,4 do +0,7	5 do 9
Prirodni kamen			2 do 7
Sedimentni			1 do 18
Metamorfni			

^{a)} Konačni koeficijent puzanja $\phi_r = \epsilon_{cr}/\epsilon_{cr}$, gdje je ϵ_{cr} konačna relativna deformacija puzanja, a $\epsilon_{cr} = \sigma/E$.

^{b)} Ako je dugotrajno širenje ili skupljanje uslijed vlage dano s negativnom vrijednosti tada je riječ o skraćanju, a pozitivan broj pokazuje širenje.

^{c)} To su obično vrlo male vrijednosti.

10. 1. 2025.

Betonske i zidane konstrukcije 1

134

134

DEFORMACIJSKA SVOJSTVA ZIDA**Mehanizmi sloma zida pri tlačnom naprezanju**

- Prizme sastavljene od punih zidnih elemenata sa sljubicama potpuno ispunjenim mortom
- Pod tlakom se slabiji materijal, mort, nastoji više bočno širiti nego li zidni element
- Zidni element sprječava bočno širenje morta, stvarajući u mortu stanje troosnog tlaka koje omogućuje mortu preuzimanje mnogo većih tlačnih naprezanja od njegove jednoosne tlačne čvrstoće

10. 1. 2025.

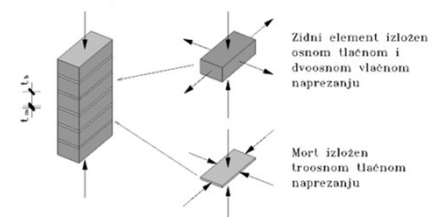
Betonske i zidane konstrukcije 1

135

135

DEFORMACIJSKA SVOJSTVA ZIDA**Mehanizmi sloma zida pri tlačnom naprezanju**

- Prizme sastavljene od punih zidnih elemenata sa sljubicama potpuno ispunjenim mortom



10. 1. 2025.

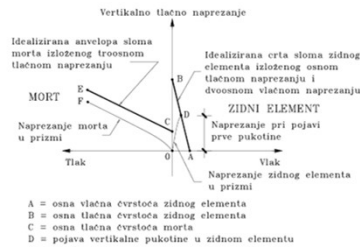
Betonske i zidane konstrukcije 1

136

136

DEFORMACIJSKA SVOJSTVA ZIDA**Mehanizmi sloma zida pri tlačnom naprezanju**

- Prizme sastavljene od punih zidnih elemenata sa sljubnicama potpuno ispunjenim mortom



10. 1. 2025.

Betonske i zidane konstrukcije 1

137

137

DEFORMACIJSKA SVOJSTVA ZIDA**Mehanizmi sloma zida pri tlačnom naprezanju**

- Prizme sastavljene od punih zidnih elemenata sa sljubnicama potpuno ispunjenim mortom
- Crtom C-E predočena je anvelopa sloma morta pod troosnim stanjem tlačnih naprezanja. Točka C označuje jednoosnu tlačnu čvrstoću morta.



10. 1. 2025.

Betonske i zidane konstrukcije 1

138

138

DEFORMACIJSKA SVOJSTVA ZIDA**Mehanizmi sloma zida pri tlačnom naprezanju**

- Prizme sastavljene od punih zidnih elemenata sa sljubnicama potpuno ispunjenim mortom
- Dijagram dvoosnog bočnog vlačnog naprezanja s povećanjem jednoosnog vertikalnog tlačnog naprezanja u zidnom elementu prikazan je crtom O-D
- Kada kombinacija vertikalnog tlačnog i dvoosnog vlačnog naprezanja dosegne točku D na idealiziranoj anvelopi sloma zidnog elementa A-B, nastaje vertikalna pukotina kroz prizmu.



10. 1. 2025.

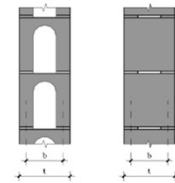
Betonske i zidane konstrukcije 1

139

139

DEFORMACIJSKA SVOJSTVA ZIDA**Mehanizmi sloma zida pri tlačnom naprezanju**

- Prizme sastavljene od šupljih zidnih elemenata sa sljubnicama morta u uskim trakama uz oba lica zida
- Uslijed vertikalnih opterećenja, u takvim prizmama nastaju vertikalne pukotine kroz hrptove zidnih elemenata.



10. 1. 2025.

Betonske i zidane konstrukcije 1

140

140

DEFORMACIJSKA SVOJSTVA ZIDA**Mehanizmi sloma zida pri tlačnom naprezanju**

- Prizme sastavljene od šupljih zidnih elemenata sa sljubnicama morta u uskim trakama uz oba lica zida
- Proučavanjem stanja naprezanja došlo se do zaključka da prijenos opterećenja na vanjske stijenke šupljih zidnih elemenata izaziva nejednolika vertikalna tlačna naprezanja po širini i visini elementa.
- Učinak takvog stanja jest koncentracija horizontalnih vlačnih naprezanja na vrhu i dnu hrpta zidnih elemenata, slično kao kod visokostijenh nosača

10. 1. 2025.

Betonske i zidane konstrukcije 1

141

141

DEFORMACIJSKA SVOJSTVA ZIDA**Mehanizmi sloma zida pri tlačnom naprezanju**

- Prizme sastavljene od šupljih zidnih elemenata ispunjenih betonom
- Zbrajanje čvrstoća prizmi bez betonske ispune i čvrstoće betonskog stupca ne daje pravu čvrstoću
- Zbroj čvrstoća precjenjuje pravu vrijednost, tj. daje veću čvrstoću od stvarne čvrstoće prizme s betonom ispunjenim šupljinama
- Razlozi su tome: nedovoljna zbijenost betona ispune, skupljanje betona, nespojivost (nekompatibilnost) svojstava dvaju materijala, nejednako bočno širenje (različiti Poissonovi koeficijenti), nejednako ponašanje pri naprezanju i deformaciji

10. 1. 2025.

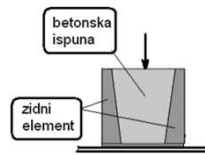
Betonske i zidane konstrukcije 1

142

142

DEFORMACIJSKA SVOJSTVA ZIDA**Mehanizmi sloma zida pri tlačnom naprezanju**

- Prizme sastavljene od šupljih zidnih elemenata ispunjenih betonom
- Ako su šupljine takve da se debljina vanjskih stijenki i hrptova smanjuje po visini zidnog elementa, tada betonska ispuna može djelovati kao klin i uzrokovati prerani slom uslijed bočnih vlačnih naprezanja.
- To je tzv. učinak geometrije zidnih elemenata



10. 1. 2025.

Betonske i zidane konstrukcije 1

143

143

DEFORMACIJSKA SVOJSTVA ZIDA**Mehanizmi sloma zida pri tlačnom naprezanju**

- Ostali čimbenici koji utječu na čvrstoću i nosivost zida
- dimenzije i geometrijski odnosi zidnih elemenata
- ispunjenost horizontalnih i vertikalnih sljubnica mortom
- omjer volumena i rasporeda šupljina i vanjskih dimenzija zidnih elemenata
- visina zida
- čvrstoća morta

10. 1. 2025.

Betonske i zidane konstrukcije 1

144

144

DEFORMACIJSKA SVOJSTVA ZIDA**Mehanizmi sloma zida pri tlačnom naprezanju**

- Ostali čimbenici koji utječu na čvrstoću i nosivost zida
- čvrstoća zidnih elemenata
- odabrani zidni vez
- debljina slojbnica morta
- čvrstoća betona kod zida s betonskom ispunom
- raspored šupljina (mora biti simetričan)

10. 1. 2025.

Betonske i zidane konstrukcije 1

145

POMOĆNI DIJELOVI ZIDA

10. 1. 2025.

Betonske i zidane konstrukcije 1

146

POMOĆNI DIJELOVI ZIDA**Slojevi zidnih elemenata nepropusni na kapilarnu vlagu**

- Projektant treba naročito paziti na svojstva materijala koji su odabrani kao slojevi nepropusni za vlagu.
- Materijali koji se daju gnječiti nisu pogodni za jako napregnute zidove i zato su nepoželjni.
- Mogućnost klizanja konstrukcije po sloju nepropusnom za vlagu treba uzeti u obzir posebice pri bočnim opterećenjima kao što su: potres, neravnomjerno slijevanje građevine, jak vjetar i slično.

10. 1. 2025.

Betonske i zidane konstrukcije 1

147

POMOĆNI DIJELOVI ZIDA**Povezivanje zidova sponama**

- Slojevi zida trebaju biti učinkovito spojeni metalnim sponama
- Čelične sponе trebaju biti jednoliko raspoređene; najmanje 2 sponе na 1 m² dvoslojnog zida.
- Spojevi moraju biti otporni na koroziju, tj. na agresivnost okoliša kojem je izloženo zidе

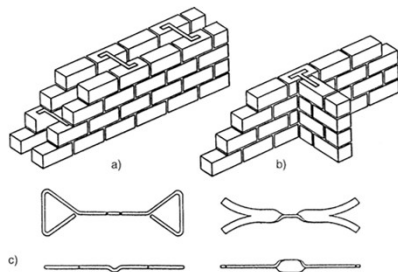
10. 1. 2025.

Betonske i zidane konstrukcije 1

148

POMOĆNI DIJELOVI ZIDA

Povezivanje zidova sponama



10. 1. 2025.

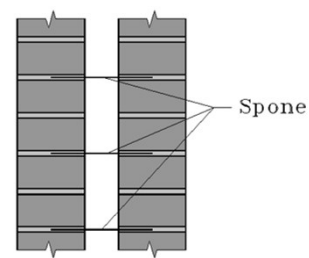
Betonske i zidane konstrukcije 1

149

149

POMOĆNI DIJELOVI ZIDA

Povezivanje zidova sponama



10. 1. 2025.

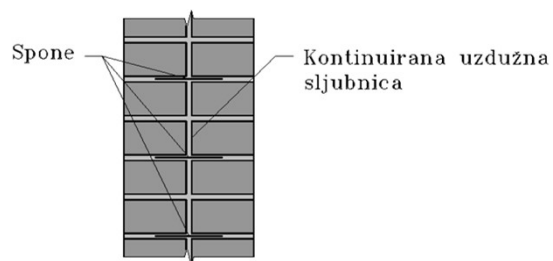
Betonske i zidane konstrukcije 1

150

150

POMOĆNI DIJELOVI ZIDA

Povezivanje zidova sponama



10. 1. 2025.

Betonske i zidane konstrukcije 1

151

151

POMOĆNI DIJELOVI ZIDA

Predgotovljeni nadvoji

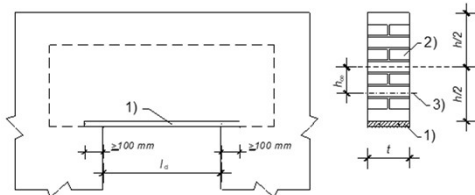
- To su nadvoji izvedeni kao predgotovljeni od opečnih kanalisa ispunjenih betonom i armaturom koja može biti obična ili prednapeta
- Na predgotovljene nadvoje, koji se postavljaju iznad otvora, zidaju se slojevi zidnih elemenata kao i u okolnom zidu
- Nosivost nadvoja povećava se s brojem slojeva zidnih elemenata, te uzdužnom armaturom u horizontalnim sljubnicama morta

10. 1. 2025.

Betonske i zidane konstrukcije 1

152

152

POMOĆNI DIJELOVI ZIDA**Predgotovljeni nadvoji**

10. 1. 2025.

Betonske i zidane konstrukcije 1

153

153

POMOĆNI DIJELOVI ZIDA**Predgotovljeni nadvoji**

- Takvi nadvoji su vrlo osjetljivi na posmična naprezanja te mogu doživjeti posmični, neduktilni, slom.
- Duktilnost i nosivost povećava im se poprečnom armaturom, koja iz predgotovljene gređice ulazi u vertikalne sljubnice morta prvoga sloja zidnih elemenata

10. 1. 2025.

Betonske i zidane konstrukcije 1

154

154

NERAMIRANO ZIDE

Općenito

10. 1. 2025.

Betonske i zidane konstrukcije 1

155

155

NEARMIRANO ZIDE**Proračun - općenito**

- Proračun zidanih konstrukcija ima velikih sličnosti s proračunima betonskih, metalnih ili drvenih konstrukcija, ali ima i posebnosti
- Razlike se ponajviše očituju u dijelovima proračuna koji su rezultat svojstava materijala zidane gradnje i gradnje od drugih materijala
- Za sve konstrukcije valja osigurati njihovu stabilnost

10. 1. 2025.

Betonske i zidane konstrukcije 1

156

156

NEARMIRANO ZIDĖ**Proračun - općenito**

- Posebности proračuna zidanih građevina:
- Dimenzija zida odgovara jednoj od horizontalnih dimenzija zidnog elementa (širina ili duljina), ili njihova zbroja kod zida veće debljine od duljine zidnog elementa
- Treba uzeti u obzir omjer visine i širine zidnog elementa – time se određuje faktor oblika koji ima utjecaja na tlačnu čvrstoću zida
- Postoji više vrsta morta, raznih sastava i čvrstoća
- Postoji više vrsta zidnih elemenata raznih oblika, rasporeda šupljina, raznih materijala i čvrstoća

10. 1. 2025.

Betonske i zidane konstrukcije 1

157

157

NEARMIRANO ZIDĖ**Proračun - općenito**

- Ponašanje konstrukcije i ukupna stabilnost:
- Za svaku mjerodavnu provjeru graničnog stanja, proračunski model mora sadržavati:
 - odgovarajući opis konstrukcije
 - sastavna gradiva od kojih je konstrukcija izvedena
 - opis mjerodavnog okoliša
 - ponašanje cijele konstrukcije ili njezinih dijelova, koje se odnosi na mjerodavno granično stanje
 - djelovanja i kako su unesena

10. 1. 2025.

Betonske i zidane konstrukcije 1

158

158

NEARMIRANO ZIDĖ**Proračun - općenito**

- Ponašanje konstrukcije i ukupna stabilnost:
- Proračun se može izvesti neovisno za presjke i dijelove konstrukcije (kao što su zidovi), ako se uzme u obzir trodimenzijski sustav i međudjelovanje u konstrukciji.
- Opći raspored elemenata konstrukcije te međudjelovanje i povezanost njezinih različitih dijelova moraju biti takvi da daju odgovarajuću stabilnost i robustnost.

10. 1. 2025.

Betonske i zidane konstrukcije 1

159

159

NEARMIRANO ZIDĖ**Proračun - općenito**

- Stabilnost
- Mehanička otpornost i stabilnost određuje da građevina mora biti projektirana i izvedena tako da opterećenja kojima će ona biti izložena tijekom gradnje i uporabe neće dovesti ni do jedne od sljedećih pojava:
 - rušenja građevine u cjelini ili njezina dijela
 - većih deformiranja nedopustivog stupnja,
 - oštećenja drugih dijelova građevine, instalacija ili ugrađene opreme zbog većih deformiranja nosive konstrukcije

10. 1. 2025.

Betonske i zidane konstrukcije 1

160

160

NEARMIRANO ZIĐE**Proračun - općenito**

- Robusnost
- Robusnost je atribut kvalitete
- Otpornost na nesrazmjerno oštećenje ...
 - Pri nekom nestandardnom opterećenju (potres!) ne smije doći do rušenja.
 - Pri udaru vozila u stup mosta, most se ne smije srušiti.
 - Pri eksploziji plina ne smije doći do progresivnog sloma.
- Građevina mora biti takva da ne dođe do oštećenja prouzročenog događajem u mjeri koja je nesrazmjerna izvornom uzroku (dakle mora biti robusna)

10. 1. 2025.

Betonske i zidane konstrukcije 1

161

161

NEARMIRANO ZIĐE**Proračun - općenito**

- Osim uobičajenog proračuna na djelovanja gravitacijskih sila, sila vjetra i potresa, cijelu konstrukciju treba proračunati i za sljedeća dva slučaja:
 - Proračun konstrukcije kada se ukloni jedan od bitnih elemenata (npr. jedan zid)
 - Proračun konstrukcije na izvanredno (slučajno) opterećenje

10. 1. 2025.

Betonske i zidane konstrukcije 1

162

162

NEARMIRANO ZIĐE**Proračun - općenito**

- Dogodi li se da se pojedini zid sruši uslijed izvanrednog opterećenja (eksplozije, udara vozila i sl.), tada treba računati da armiranobetonski horizontalni serklaži, koji leže na zidovima i povezuju stropnu konstrukciju, mogu preuzeti opterećenja viših katova i prenijeti ih na susjedno neoštećeno zide.
- Pri tome serklaži mogu pretrpjeti velike deformacije, pukotine i velika naprezanja, ali se ne smiju srušiti, a cijela građevina mora ostati stabilna dok se oštećenje ne sanira.

10. 1. 2025.

Betonske i zidane konstrukcije 1

163

163

NERAMIRANO ZIĐE
Dopušteni otklon ziđa od vertikale

10. 1. 2025.

Betonske i zidane konstrukcije 1

164

164

NEARMIRANO ZIDĚ

Dopušteni otklon ziđa od vertikale

- Prema HRN EN 1996-2 treba specificirati dopuštene otklone tj. odstupanja izgrađenoga ziđa od njegova predviđenoga položaja

1) visina kata

2) visina zgrade

a) otklon od vertikale

b) vertikalno poravnanje

3) međukut

10. 1. 2025.

Betonske i zidane konstrukcije 1

165

165

NEARMIRANO ZIDĚ

Dopušteni otklon ziđa od vertikale

- Otkloni ne smiju biti veći od vrijednosti navedenih u tablici. Ako su projektom dopušteni veći otkloni, treba ih specificirati u projektnoj dokumentaciji

Tablica 4.1 Dopušteni otkloni ziđa, prema EN 1996-2 [4.H4]

Položaj	Najveći otklon
Vertikalnost	
– u svakom katu	$\pm 20\text{ mm}$
– na ukupnu visinu zgrade visine tri ili više etaža	$\pm 50\text{ mm}$
– vertikalno poravnanje	$\pm 20\text{ mm}$
Ravnost ^{a)}	
– na svaki metar	$\pm 10\text{ mm}$
– na 10 metara	$\pm 50\text{ mm}$
Debljina	
– za sloj ziđa ^{b)}	$\pm 5\text{ mm}$ ili $\pm 5\%$ debljine sloja (mjerodavna je veća vrijednost)
– za cijelo suplje ziđe	$\pm 10\text{ mm}$
^{a)} Otklon od ravnosti mjeri se od poredbenog pravca između bilo kojih dviju točaka.	
^{b)} Osim slojeva od jedne širine ili dužine zidnog elementa, kad debljina sloja ovisi o dopuštenim odstupanjima dimenzija zidnih elemenata.	

10. 1. 2025.

Betonske i zidane konstrukcije 1

166

166

NEARMIRANO ZIDĚ

Dopušteni otklon ziđa od vertikale

- Kut odstupanja od vertikale, tj. nagib konstrukcije, ne smije biti veći od izraza (4.1):

$$\nu = \frac{1}{100 \sqrt{h_{\text{tot}}}}$$

- ν kut nagiba dan u radijanima
- h_{tot} je ukupna visina građevine (u m)

10. 1. 2025.

Betonske i zidane konstrukcije 1

167

167

NEARMIRANO ZIDĚ

Dopušteni otklon ziđa od vertikale

- Najveća dopuštena odstupanja od vertikale pri zidanju iznose 2,0 cm po visini kata do ukupno 5,0 cm na cijelu visinu građevine, a mjerodavna je manja vrijednost između ovog kriterija i izraza (4.1).
- To znači da je za visine etaža manje ili jednake 4,0 m, mjerodavan izraz (4.1). Za visine etaže (kata) veće od 4,0 m mjerodavno je najveće dopušteno odstupanje od vertikale 2,0 cm.
- Što se tiče ukupne visine građevine, do visine građevine od 25,0 m mjerodavan je izraz (4.1), a za građevine više od 25,0 m mjerodavno je odstupanje od vertikale najviše do 5,0 cm.

10. 1. 2025.

Betonske i zidane konstrukcije 1

168

168

42

NERAMIRANO ZIDE Proračunske čvrstoće

10. 1. 2025.

Betonske i zidane konstrukcije 1

169

169

NEARMIRANO ZIDE

Proračunska čvrstoća zida

- Proračunska čvrstoća zida uzima se kao karakteristična čvrstoća podijeljena s odgovarajućim parcijalnim koeficijentom sigurnosti γ_M .
- Proračunska čvrstoća zida dana je formulama:
- tlačna $f_d = f_k / \gamma_M$
- posmična $f_{vd} = f_{vk} / \gamma_M$
- na savijanje $f_{xd} = f_{xk} / \gamma_M$
- vlačna: $f_{td} = f_t / \gamma_M$
- gdje je γ_M odgovarajuća vrijednost parcijalnog koeficijenta za materijale

10. 1. 2025.

Betonske i zidane konstrukcije 1

170

170

NEARMIRANO ZIDE Proračunska čvrstoća zida

- γ_M – parcijalni koeficijenti sigurnosti za materijale

γ_M	1	2	3	4	5
Kontrola I Projektirani mort	1,5	1,7	2,0	2,2	2,5
Kontrola I Propisani mort	1,7	2,0	2,2	2,5	2,7
Kontrola II Svaki mort	2,0	2,2	2,5	2,7	3,0

10. 1. 2025.

Betonske i zidane konstrukcije 1

171

171

NERAMIRANO ZIDE Nosivost na vertikalno opterećenje

10. 1. 2025.

Betonske i zidane konstrukcije 1

172

172

NEARMIRANO ZID**Nearmirani zidovi izloženi vertikalnom opterećenju**

- Proračun zida na vertikalno opterećenje osniva se na:
 - geometriji zida
 - učinku ekscentričnosti opterećenja
 - međudjelovanju stropa i zida
 - obliku i tlačnoj čvrstoći zidnog elementa i vrsti morta

10. 1. 2025.

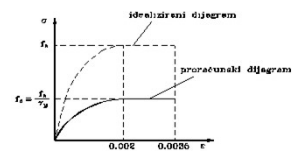
Betonske i zidane konstrukcije 1

173

173

NEARMIRANO ZID**Nearmirani zidovi izloženi vertikalnom opterećenju**

- Pretpostavke proračuna prema GSN:
 - ravnine ostaju ravnine i nakon opterećenja
 - vlačna čvrstoća zida okomito na horizontalne sljubnice morta ne postoji ($f_t = 0$)
 - primjenjuje se pogodan proračunski dijagram naprezanja – relativna deformacija ($\sigma-\epsilon$)



10. 1. 2025.

Betonske i zidane konstrukcije 1

174

174

NEARMIRANO ZID**Nearmirani zidovi izloženi vertikalnom opterećenju**

- Zide valja proračunati tako da se uzimaju u obzir:
 - dugotrajni učinci opterećenja
 - učinci (efekti) II. reda (deformacije, pukotine, ...)
 - ekscentričnosti koje proizlaze iz tlocrtne dispozicije zida, te međudjelovanja stropova i ukružujućeg zida
 - ekscentričnosti koje proizlaze iz grešaka tijekom zidanja i razlika u svojstvima materijala

10. 1. 2025.

Betonske i zidane konstrukcije 1

175

175

NEARMIRANO ZID**Proračunska nosivost na vertikalno opterećenje**

- Proračunske nosivosti jednoslojnog zida: N_{R1d} na vrhu, $N_{Rd,m}$ na sredini visine i N_{R2d} na dnu zida, na vertikalne sile prikazane su izrazima:

$$N_{R1d} = \frac{\Phi_1 \cdot t \cdot L \cdot f_k}{\gamma_M} = \Phi_1 \cdot t \cdot L \cdot f_d$$

$$N_{Rmd} = \frac{\Phi_m \cdot t \cdot L \cdot f_k}{\gamma_M} = \Phi_m \cdot t \cdot L \cdot f_d$$

$$N_{R2d} = \frac{\Phi_2 \cdot t \cdot L \cdot f_k}{\gamma_M} = \Phi_2 \cdot t \cdot L \cdot f_d$$

10. 1. 2025.

Betonske i zidane konstrukcije 1

176

176

NEARMIRANO ZID**Proračunska nosivost na vertikalno opterećenje**

- Φ_1 koeficijent smanjenja nosivosti na vrhu zida zbog ekscentriciteta opterećenja
- Φ_m koeficijent smanjenja nosivosti na sredini zida zbog vitkosti i ekscentriciteta opterećenja
- Φ_2 koeficijent smanjenja nosivosti na sredini zida zbog ekscentriciteta opterećenja

$$N_{Rmd} = \frac{\Phi_m \cdot t \cdot L \cdot f_k}{\gamma_M} = \Phi_m \cdot t \cdot L \cdot f_d$$

10. 1. 2025.

Betonske i zidane konstrukcije 1

177

177

NEARMIRANO ZID**Proračunska nosivost na vertikalno opterećenje**

- t stvarna debljina zida (bez žbuke)
- L stvarna duljina zida
- f_k karakteristična tlačna čvrstoća zida
- f_d proračunska tlačna čvrstoća zida
- γ_M parcijalni koeficijent sigurnosti za svojstva materijala

$$N_{Rmd} = \frac{\Phi_m \cdot t \cdot L \cdot f_k}{\gamma_M} = \Phi_m \cdot t \cdot L \cdot f_d$$

10. 1. 2025.

Betonske i zidane konstrukcije 1

178

178

NEARMIRANO ZID**Proračunska nosivost na vertikalno opterećenje**

- Tamo gdje je ploština presjeka zida, $A = t \cdot L < 0,1 \text{ m}^2$, nosivost, N_{Rid} , treba umanjiti tako da se proračunsku tlačnu čvrstoću zida f_d množi s faktorom ploštine k_A , koji iznosi:

$$k_A = (0,7 + 3,0 \cdot A) < 1$$

- gdje je A opterećena horizontalna ploština elementa, u (m^2)

10. 1. 2025.

Betonske i zidane konstrukcije 1

179

179

NEARMIRANO ZID**Proračunska nosivost na vertikalno opterećenje**

- Koeficijent Φ_1 smanjenja nosivosti zbog vitkosti i ekscentriciteta
- Koeficijent smanjenja nosivosti Φ_1 ovisi o tome traži li se nosivost pri vrhu (ili podnožju) ili u sredini visine zida
- Pri vrhu tj. podnožju zida, koeficijent Φ_1 ovisi isključivo o ekscentricitetu opterećenja.
- Kada se nosivost traži u sredini visine zida, onda ona ovisi o ekscentricitetu i o vitkosti, a koeficijent smanjenja nosivosti označuje se sa Φ_m .

10. 1. 2025.

Betonske i zidane konstrukcije 1

180

180

NEARMIRANO ZIĐE**Proračunska nosivost na vertikalno opterećenje**

- Koeficijent ϕ_i smanjenja nosivosti zbog vitkosti i ekscentriciteta
- Koeficijent smanjenja nosivosti pri vrhu ($i=1$) ili dnu ($i=2$) zida:

$$\phi_i = 1 - 2 \cdot \frac{e_i}{t}$$

$$e_i = \frac{M_{id}}{N_{id}} + e_{he} + e_{init} \geq 0,05 \cdot t$$

10. 1. 2025.

Betonske i zidane konstrukcije 1

181

181

NEARMIRANO ZIĐE**Proračunska nosivost na vertikalno opterećenje**

- Koeficijent ϕ_i smanjenja nosivosti zbog vitkosti i ekscentriciteta
- M_{id} je proračunski moment savijanja na vrhu ili pri dnu zida, koji zide savija okomito na njegovu ravninu, uslijed ekscentriciteta opterećenja stropa na ležaju
- N_{id} je proračunsko vertikalno opterećenje pri vrhu (N_{1d}) ili podnožju zida (N_{2d})
- e_{he} je ekscentricitet pri vrhu ili podnožju zida, ako postoji, a nastaje od horizontalnog opterećenja (npr. vjetar)
- e_{init} početna ekscentričnost: $e_{init} = h_{ef}/450$

$$e_i = \frac{M_{id}}{N_{id}} + e_{he} + e_{init} \geq 0,05 \cdot t$$

10. 1. 2025.

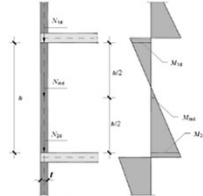
Betonske i zidane konstrukcije 1

182

182

NEARMIRANO ZIĐE**Proračunska nosivost na vertikalno opterećenje**

- Koeficijent ϕ_m smanjenja nosivosti zbog vitkosti i ekscentriciteta



Opis slike:
 M_{1d} (na donjoj strani gornjeg stropa; pozitivna vrijednost)
 M_{2d} (na sredini visine zida između dva susjedna stropa), $M_{2d} = (M_{1d} + M_{3d})/2$
 M_{3d} (na gornjoj strani donjeg stropa; negativna vrijednost)

10. 1. 2025.

Betonske i zidane konstrukcije 1

183

183

NEARMIRANO ZIĐE**Proračunska nosivost na vertikalno opterećenje**

- Koeficijent ϕ_m smanjenja nosivosti zbog vitkosti i ekscentriciteta
- U sredini visine zida, koeficijent ϕ_m , uzimajući u obzir vitkost zida i ekscentričnost opterećenja, za sve module elastičnosti E i karakteristične tlačne čvrstoće nearmiranoga zida f_{tk} , određuje se iz:

$$\phi_m = A_1 \cdot e^{-\frac{u^2}{2}} \quad A_1 = 1 - 2 \cdot \frac{e_{mk}}{t} \quad u = \frac{\lambda - 0,063}{0,73 - 1,17 \cdot \frac{e_{mk}}{t}} \quad \lambda = \frac{h_{ef}}{t} \sqrt{\frac{f_{tk}}{E}}$$

- e baza prirodnog logaritma
- e_{mk} ekscentričnost u sredini visine zida: $e_{mk} = e_m + e_k \geq 0,05 t$
- h_{ef} proračunska visina zida
- t_{ef} proračunska debljina zida

10. 1. 2025.

Betonske i zidane konstrukcije 1

184

184

NEARMIRANO ZID**Proračunska nosivost na vertikalno opterećenje**

- Koeficijent ϕ_m smanjenja nosivosti zbog vitkosti i ekscentriciteta
- e_m ekscentricitet zbog opterećenja $e_m = \frac{M_{ed}}{N_{ed}} + e_{m0} + e_{m1}$
- M_{ed} proračunski moment savijanja na sredini visine zida koji proizlazi iz momenata na vrhu i u podnožju zida uključujući i svako ekscentrično opterećenje na licu zida (npr. na konzolama) $M_{ed} = (M_{1d} + M_{2d})/2$
- N_{ed} proračunsko vertikalno opterećenje u sredini visine zida, uključujući i svako ekscentrično opterećenje na licu zida (npr. na konzolama)
- e_{m0} ekscentričnost na sredini visine od horizontalnih opterećenja (npr. od vjetra)

10. 1. 2025.

Betonske i zidane konstrukcije 1

185

185

NEARMIRANO ZID**Proračunska nosivost na vertikalno opterećenje**

- Koeficijent ϕ_m smanjenja nosivosti zbog vitkosti i ekscentriciteta
- e_{m0} početna ekscentričnost koja povećava apsolutnu vrijednost e_m
- h_{ef} proračunska visina zida
- t_{ef} proračunska debljina zida
- e_k ekscentričnost od puzanja $e_k = 0,002 \cdot \phi_x \cdot \frac{h_{ef}}{t_{ef}} \cdot \sqrt{t \cdot e_m}$
- ϕ_x konačni koeficijent puzanja
- Za zide koje ima koeficijent vitkosti $\lambda = h_{ed}/t_{ef} \leq \lambda_c$, gdje je $\lambda_c = 15$, ekscentričnost zbog puzanja, e_k može se uzeti jednaka nuli.

10. 1. 2025.

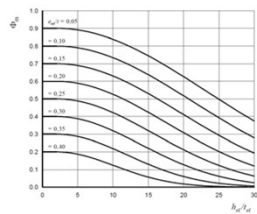
Betonske i zidane konstrukcije 1

186

186

NEARMIRANO ZID**Proračunska nosivost na vertikalno opterećenje**

- Koeficijent ϕ_m smanjenja nosivosti zbog vitkosti i ekscentriciteta
- Vrijednosti ϕ_m za različite vitkosti (h_{ed}/t) i ekscentričnosti (e_{m0}/t) uz $E = 1000 \cdot f_k$



10. 1. 2025.

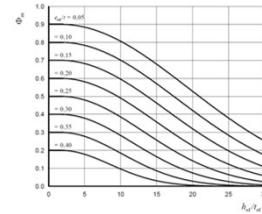
Betonske i zidane konstrukcije 1

187

187

NEARMIRANO ZID**Proračunska nosivost na vertikalno opterećenje**

- Koeficijent ϕ_m smanjenja nosivosti zbog vitkosti i ekscentriciteta
- Vrijednosti ϕ_m za različite vitkosti (h_{ed}/t) i ekscentričnosti (e_{m0}/t) uz $E = 700 \cdot f_k$



10. 1. 2025.

Betonske i zidane konstrukcije 1

188

188

NEARMIRANO ZIĐE**Proračunska nosivost na vertikalno opterećenje**

- Proračunska visina зида
- Valja razlikovati ukrućujuće зиde (зиde за ukrućenje ili poprečni ѕидови) i ukrućeno зиde.
- Proračunska visina, h_{ef} , nosivog, ukrućenog зида određuje se uzimajući u obzir relativnu krutost elemenata konstrukcije koji su povezani sa ѕидem, tj. ukrućuju taj ѕид, i učinkovitost te veze.
- Pri procjeni proračunske visine зида, treba razlikovati slobodnostojeće nosive ѕидове i nosive ѕидове poduprte na 2, 3 ili 4 ruba.

10. 1. 2025.

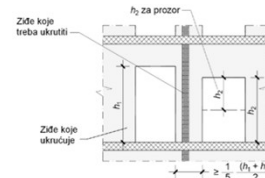
Betonske i ѕidane konstrukcije 1

189

189

NEARMIRANO ZIĐE**Proračunska nosivost na vertikalno opterećenje**

- Proračunska visina зида
- Horizontalno poduprte podne ploče i ukrućujući poprečni ѕидови, ili bilo koji drugi slični kruti konstrukcijski elementi, mogu se smatrati kao ukrućujući elementi.



10. 1. 2025.

Betonske i ѕidane konstrukcije 1

190

190

NEARMIRANO ZIĐE**Proračunska nosivost na vertikalno opterećenje**

- Proračunska visina зида
- Зиde se smatra ukrućenim na rubu ako:
 - su ѕид i његов ukrućujući ѕид izvedeni od materijala sličnih deformacijskih svojstava i ponašanja, ako su ѕидани u isto vrijeme, približno једнако opterećeni, te ako su међусобно povezani
 - se ne očekuju pukotine, u spoju зида i његова ukrućujućег зида, zbog diferencijalnih pomaka, npr. zbog skupljanja, opterećenja itd.
 - je povezanost između зида i његова ukrućujućег зида, projektirana tako da se odupre vlačnim i tlačnim naprezanjima svojim ѕидним vezom, armaturnim petljama, ѕидrima, ѕидним sponama ili nekim drugim sredstvima.

10. 1. 2025.

Betonske i ѕidane konstrukcije 1

191

191

NEARMIRANO ZIĐE**Proračunska nosivost na vertikalno opterećenje**

- Proračunska visina зида
- Зиde за ukrućenje (ukrućujuće зиde) treba imati duljinu najmanje 1/5 visine etaže, debljinu barem 30% proračunske debljine зида koje treba ukrućiti, ali ne manje od 8,5 cm
- treba biti ѕидано istodobno s promatranim ѕидem i s њим povezano pravilnim ѕидarskim vezom ili ѕидним sponama.
- Ako je ѕиде за ukrućenje oslabljeno otvorima, duljina зида između otvora u blizini зида koji se ukrućuje treba biti najmanje 1/5 ѕvijetle visine otvora, a to ѕиде se treba protezati u duljinu iza svakog otvora за barem 1/5 visine etaže

10. 1. 2025.

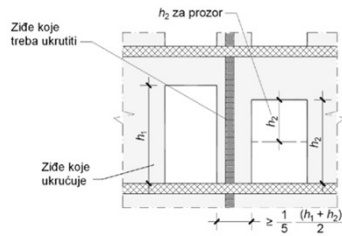
Betonske i ѕidane konstrukcije 1

192

192

NEARMIRANO ZID**Proračunska nosivost na vertikalno opterećenje**

- Proračunska visina zida



10. 1. 2025.

Betonske i zidane konstrukcije 1

193

193

NEARMIRANO ZID**Proračunska nosivost na vertikalno opterećenje**

- Proračunska visina zida

- Zidove koje je ukruženo na svojim rubovima može se smatrati kao slobodnostojeće zidove koje imaju manju vitkost tj. manju visinu nego stvarno zidove, tj. proračunsku visinu, h_{ef}

$$h_{ef} = \rho_n \cdot h$$

- h – svjetla visina etaže
- ρ_n – koeficijent smanjenja visine zida: $\rho_n \leq 1,0$, gdje je $n = 2; 3$ ili 4 , ovisno o tome je li zid ukruženo na 2, 3 ili 4 svoja ruba.

10. 1. 2025.

Betonske i zidane konstrukcije 1

194

194

NEARMIRANO ZID**Proračunska nosivost na vertikalno opterećenje**

- Proračunska visina zida – određivanje redukcijskog faktora ρ_2
- Redukcijski faktor ρ_2 primjenjuje se za zidove ukružene na dva svoja ruba, tj. na gornjem i donjem rubu. Redukcijski faktor, ρ_2 , može se odrediti:
- a) za zidove koji su ukruženi na vrhu i dnu armiranobetonskom stropnom ili krovnom konstrukcijom s obje strane zida na istoj razini ili armiranobetonskom stropnom konstrukcijom samo s jedne strane zida, a koja ima širinu ležaja od najmanje 2/3 debljine zida, ali ne manje od 8,5 cm: $\rho_2 = 0,75$, osim ako je ekscentricitet opterećenja na vrhu zida veći od četvrtine debljina zida ($t/4$), kada se uzima da je $\rho_2 = 1,0$.

10. 1. 2025.

Betonske i zidane konstrukcije 1

195

195

NEARMIRANO ZID**Proračunska nosivost na vertikalno opterećenje**

- Proračunska visina zida – određivanje redukcijskog faktora ρ_2
- b) za zidove ukružene na gornjem rubu i na donjem rubu drvenom stropnom ili krovnom konstrukcijom s obje strane zida na istoj razini ili drvenom stropnom konstrukcijom samo s jedne strane zida a koja ima širinu ležaja od najmanje 2/3 debljine zida ali ne manje od 8,5 cm: $\rho_2 = 1,00$
- c) ako se radi o zidu koji se ne može smjestiti niti u skupinu (a) ni u (b), valja faktor ρ_2 uzeti s vrijednošću $\rho_2 = 1,00$.

10. 1. 2025.

Betonske i zidane konstrukcije 1

196

196

NEARMIRANO ZIDĚ**Proračunská nosivost na vertikální opterečení**

- Proračunská visina zida – určování redukčního faktora ρ_3
- Faktor ρ_3 priměňuje se za zidove ukrućene na tri svoja ruba, tj. na gornjem, donjem i jednom vertikálnom rubu.
- Ako je duļina zida $L > 15t$, smatrat će se da je zide pridržano samo na gornjem i donjem rubu, dakle vrijedi redukcijski faktor ρ_2 .

10. 1. 2025.

Betonske i zidane konstrukcije 1

187

197

NEARMIRANO ZIDĚ**Proračunská nosivost na vertikální opterečení**

- Proračunská visina zida – určování redukčního faktora ρ_3
- Za zidove ogranićene na gornjem i donjem rubu i ukrućene na jednom vertikálnom rubu (s drugim slobodnim vertikálnim rubom), kada su promatrano zide i zide za ukrućenje približno jednako opterećeni i kada je visina kata, $h \leq 3,5L$, te kada se ρ_2 određuje iz gornjih uvjeta pomoću (a), (b) ili (c), tada se ρ_3 određuje iz izraza:

$$\rho_3 = \frac{\rho_2}{1 + \left[\frac{\rho_2 \cdot h}{3L} \right]^2} > 0,3$$

10. 1. 2025.

Betonske i zidane konstrukcije 1

188

198

NEARMIRANO ZIDĚ**Proračunská nosivost na vertikální opterečení**

- Proračunská visina zida – určování redukčního faktora ρ_3
- Kada je $h > 3,5L$, faktor ρ_3 se određuje iz izraza:

$$\rho_3 = \frac{1,5 \cdot L}{h}$$

10. 1. 2025.

Betonske i zidane konstrukcije 1

189

199

NEARMIRANO ZIDĚ**Proračunská nosivost na vertikální opterečení**

- Proračunská visina zida – určování redukčního faktora ρ_4
- Faktor ρ_4 priměňuje se za zidove ukrućene na četiri svoja ruba, tj. na gornjem, donjem i na oba vertikalna ruba.
- Za takve zidove, ako je visina zida takva da je $h \leq 1,15 L$ (gdje je L udaljenost između središta ukrućujućih zidova), i uz faktor redukcije ρ_2 , faktor redukcije ρ_4 određuje se iz izraza:

$$\rho_4 = \frac{\rho_2}{1 + \left[\frac{\rho_2 \cdot h}{L} \right]^2}$$

10. 1. 2025.

Betonske i zidane konstrukcije 1

190

200

NEARMIRANO ZID**Proračunska nosivost na vertikalno opterećenje**

- Proračunska visina zida – određivanje reduksijskog faktora ρ_4

- Kada je $h > 1,15 L$, faktor redukcije ρ_4 se određuje iz izraza:

$$\rho_4 = \frac{0,5 \cdot L}{h}$$

- Ako je $L \geq 30t$, za zidove ukrućene na 2 vertikalna ruba, gdje je t , debljina ukrućenog zida, takvi se zidovi smatraju ograničeni samo na gornjem i donjem rubu, dakle vrijedi faktor ρ_2 .
- U tablici 4.3 prikazane su vrijednosti faktora ρ_3 i ρ_4 u ovisnosti o visini "h", duljini "L", tj. o njihovom omjeru "h/L" i faktoru ρ_2 zida.

10. 1. 2025.

Betonske i zidane konstrukcije 1

201

201

NEARMIRANO ZID**Proračunska nosivost na vertikalno opterećenje**

- Proračunska debljina zida

- Proračunsku debljinu, t_{ef} , jednoslojnog, dvoslojnog zida, fasadnog zida, zida s rubnim trakovima morta i šupljeg zida ispunjenog betonom, treba uzeti kao stvarnu debljinu zida, t .

- Proračunska debljina, t_{ef} , šupljeg zida u kojem su oba sloja povezana zidnim sponama u skladu s točkom 6.5 treba se odrediti iz jednadžbe: $t_{ef} = \sqrt[3]{K_{tef} t_1^3 + t_2^3}$

- $K_{tef} = E_1/E_2 \leq 2$ - faktor koji uzima u obzir relativne vrijednosti modula elastičnosti E slojeva zida, t_1 i t_2 .

- Vrijednost, K_{tef} treba biti jednaka ili manja od 2,0.

10. 1. 2025.

Betonske i zidane konstrukcije 1

202

202

NEARMIRANO ZID**Proračunska nosivost na vertikalno opterećenje**

- Proračunska debljina zida

- Ako je samo jedan sloj (zid), npr. t_1 , dvoslojnog zida opterećen tada zidne spona moraju biti dovoljno fleksibilne da mogu slijediti razliku deformacija oba sloja zida, a da ne uzrokuju oštećenja na bilo kojem sloju.

- Debljina neopterećenog sloja (t_2) tada se u izrazu za (t_{ef}) ne uzima veća od opterećenog sloja zida tj. $t_2 \leq t_1$

10. 1. 2025.

Betonske i zidane konstrukcije 1

203

203

NEARMIRANO ZID**Proračunska nosivost na vertikalno opterećenje**

- Proračunska debljina zida

- Ako dva sloja imaju različite module elastičnosti, tu činjenicu treba uzeti u obzir pri proračunu nosivosti.

- Prema EC6, vitkost zidova treba uzeti kao omjer proračunske visine prema proračunskoj debljini (h_{ef}/t_{ef}), a taj omjer NE SMIJE BITI VEĆI OD 27

10. 1. 2025.

Betonske i zidane konstrukcije 1

204

204

NEARMIRANO ZIDĚ

Proračunska nosivost na vertikalno opterećenje

Proračunska debljina zida

Proračunska debljinu zida ukrućenog zidnim stupovima određuje se kao:

$t_{ef} = \rho_L \cdot t$

gdje je ρ_L koeficijent krutosti

Omjer razmaka središta zidnih stupova i širine zidnih stupova	ρ_L za omjere debljine zidnog stupa i stvarne debljine zida za koji je povezan		
	1,0	2,0	3,0
6	1,0	1,4	2,0
10	1,0	1,2	1,4
20	1,0	1,0	1,0

Dopuštena je linearna interpolacija vrijednosti danih u ovoj tablici.

10. 1. 2025.

Betonske i zidane konstrukcije 1

205

205

NEARMIRANO ZIDĚ

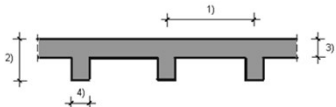
Proračunska nosivost na vertikalno opterećenje

Proračunska debljina zida

Proračunska debljinu zida ukrućenog zidnim stupovima određuje se kao:

$t_{ef} = \rho_L \cdot t$

gdje je ρ_L koeficijent krutosti



10. 1. 2025.

Betonske i zidane konstrukcije 1

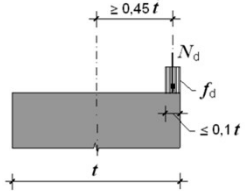
206

206

NEARMIRANO ZIDĚ

Proračunska nosivost na vertikalno opterećenje

Ekscentricitet izvan ravnine zida



Slika 4.4 Ekscentričnost određena iz proračunskog opterećenja kojem se odupire blok naprezanja [4.H2]

10. 1. 2025.

Betonske i zidane konstrukcije 1

207

207

NERAMIRANO ZIDĚ

Nosivost na koncentrirano opterećenje

10. 1. 2025.

Betonske i zidane konstrukcije 1

208

208

52

NEARMIRANO ZIĐE**Ziđe pod djelovanjem koncentriranih opterećenja**

- Za zid izložen koncentriranom opterećenju, proračunska tlačna otpornost dana je izrazom:

$$N_{Rdc} = \beta \cdot A_b \cdot f_d$$

- Takav zid mora biti građen zidnim elementima skupine 1 i oblikovan u skladu s pojedinostima oblikovanja zida (ako to nije zid s rubnim trakovima morta)
- Proračunska vrijednost koncentrirane sile na ziđe, N_{Edcr} mora biti manja ili jednaka proračunskoj otpornosti zida na vertikalnu koncentriranu silu, N_{Rdc} , tako da je:

$$N_{Edc} \leq N_{Rdc}$$

10. 1. 2025.

Betonske i zidane konstrukcije 1

209

209

NEARMIRANO ZIĐE**Ziđe pod djelovanjem koncentriranih opterećenja**

- U izrazu: $N_{Rdc} = \beta \cdot A_b \cdot f_d$, faktor povećanja nosivosti za koncentrirana opterećenja, β je:

$$\beta = \left(1 + 0,3 \frac{a_1}{h_c} \right) \left(1,5 - 1,1 \frac{A_b}{A_{ef}} \right)$$

- $1,0 \leq \beta \leq 1,25 + \frac{a_1}{2 h_c}$ ili 1,5 a uzima se manja vrijednost
- A_b je opterećena ploština $A_b = a \cdot b$
- a je dimenzija opterećene ploštine A_b u smjeru duljine zida,
- b je dimenzija opterećene ploštine A_b u smjeru debljine zida: $b \geq t/2$
- Vrijednost (A_b / A_{ef}) treba biti manja od 0,45

10. 1. 2025.

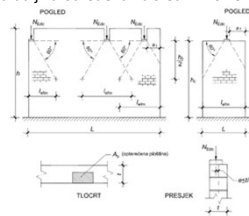
Betonske i zidane konstrukcije 1

210

210

NEARMIRANO ZIĐE**Ziđe pod djelovanjem koncentriranih opterećenja**

- A_{ef} je proračunska ploština $\rightarrow A_{ef} = l_{efm} \cdot t$
- l_{efm} je proračunska duljina određena na sredini visine h_c



10. 1. 2025.

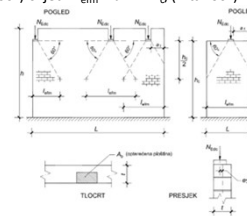
Betonske i zidane konstrukcije 1

211

211

NEARMIRANO ZIĐE**Ziđe pod djelovanjem koncentriranih opterećenja**

- za $a_1 \leq h_c / (2 \cdot \tan 60^\circ)$ slijedi: $l_{efm} = a + a_1 / (2 \cdot \tan 60^\circ) \leq L$
- za $a_1 > h_c / (2 \cdot \tan 60^\circ)$ slijedi: $l_{efm} = a + 2 \cdot h_c / (2 \cdot \tan 60^\circ) \leq L$



10. 1. 2025.

Betonske i zidane konstrukcije 1

212

212

NEARMIRANO ZID**Zid pod djelovanjem koncentriranih opterećenja**

- Omjer $\frac{a_1}{2 \cdot h_c}$ treba biti u sljedećim granicama: $0 \leq \frac{a_1}{2 \cdot h_c} \leq 0,25$
- Ili omjer (a_2/h_c) treba biti u granicama: $0 \leq (a_2/h_c) \leq 0,5$
- a_1 je udaljenost od kraja zida do najbližeg ruba opterećene ploštine
- $a_2 = 0$ za slučaj kada je koncentrirano opterećenje jedna od reakcija nadvoja na rubu zida
- h_c je visina od podnožja zida do razine opterećenja
- t je debljina zida, smanjivši ju za dubinu niša, ureza ili kanala
- L je ukupna duljina zida

10. 1. 2025.

Betonske i zidane konstrukcije 1

213

213

NEARMIRANO ZID**Zid pod djelovanjem koncentriranih opterećenja**

- U svim slučajevima, zahtjeve točke 4.3.2 treba zadovoljiti na sredini visine zida ($h_c/2$), uključujući učinke koncentriranih sila i svih drugih dodatnih vertikalnih opterećenja, osobito za slučaj ako su koncentrirana opterećenja dovoljno blizu pa se njihove proračunske duljine preklapaju, a naprezanja zbrajaju.
- To znači da na sredini visine, h_c , naprezanje od koncentrirane sile, N_{Edc} , podijeljene s A_{ef} , a ako su koncentrirane sile blizu jedna drugoj onda i zbroj naprezanja od dviju ili više sila i naprezanja od opterećenja gornjih etaža, treba biti manji od $(\phi_m \cdot f_d)$

10. 1. 2025.

Betonske i zidane konstrukcije 1

214

214

NEARMIRANO ZID**Zid pod djelovanjem koncentriranih opterećenja**

- Nadalje, to također znači da zbroj koncentriranih sila na određenom zidu i opterećenja gornjih etaža mora biti manji od proračunske nosivosti N_{Rd} određene najmanjom vrijednošću od vrijednosti koje su dane izrazima (4.19 do 4.21).
- Koncentrirano se opterećenje može osloniti na gredu za raspodjelu opterećenja odgovarajuće krutosti i sljedećih dimenzija: širine jednake širini zida, visine veće ili jednake 20,0 cm, a duljine veće od tri oslonačke duljine opterećenja. Tada proračunsko tlačno naprezanje ispod koncentriranog opterećenja ne smije premašiti vrijednost: $1,5 \cdot f_d$

10. 1. 2025.

Betonske i zidane konstrukcije 1

215

215

NERAMIRANO ZID

Nosivost na horizontalno opterećenje

10. 1. 2025.

Betonske i zidane konstrukcije 1

216

216

NEARMIRANO ZIĐE**Nosivi zidovi opterećeni horizontalnim silama u svojoj ravnini**

- Statički sustav zidane konstrukcije mora se odrediti tako da nosivost na horizontalne sile bude veća od učinka djelovanja.
- Nosivost na horizontalne sile općenito se postiže sustavom koji oblikuju stropovi i nosivi zidovi
- Pri proračunu treba uzeti u obzir:
 - Otvore u nosivim zidovima - značajno utječu na ponašanje konstrukcije
 - Razna oslabljenja zidova kao što su niše, udubljenja ili kanali koja smanjuju posmičnu nosivost zidova

10. 1. 2025.

Betonske i zidane konstrukcije 1

217

217

NEARMIRANO ZIĐE**Nosivi zidovi opterećeni horizontalnim silama u svojoj ravnini**

- Kod proračuna zida pod djelovanjem horizontalnog opterećenja u ravnini, elastičnu krutost zida, uključujući i pojasnice, treba uzeti kao krutost zida.
- Zide koje ukružuje (presijeca) nosivo zide ili dio takvog zida (koji ukružuje) smije se uzeti da djeluje kao pojasnica nosivog zida uz uvjet da spoj nosivoga zida i pojasnice ima sposobnost preuzimanja odgovarajućih posmičnog djelovanja, i uz uvjet da se pojasnica neće izvititi unutar pretpostavljene duljine.
- Za zide visine veće od njihove dvostruke duljine učinak posmičnih deformiranja na krutost može se zanemariti

10. 1. 2025.

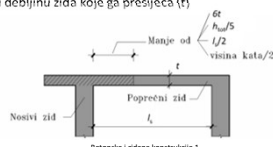
Betonske i zidane konstrukcije 1

218

218

NEARMIRANO ZIĐE**Nosivi zidovi opterećeni horizontalnim silama u svojoj ravnini**

- Duljina pojasnice jednaka je debljini nosivog zida povećana na svakoj njegovoj strani najmanje za:
 - $(h_{tot}/5)$, gdje je (h_{tot}) ukupna visina nosivog zida (kroz sve etaže, od temelja do krova)
 - polovicu svijetlog razmaka nosivog zida (l_s)
 - udaljenost do kraja zida
 - polovicu svijetle visine kata ($h/2$)
 - šesterostruku debljinu zida koje ga presijeca (t)



10. 1. 2025.

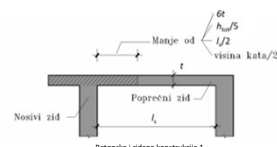
Betonske i zidane konstrukcije 1

219

219

NEARMIRANO ZIĐE**Nosivi zidovi opterećeni horizontalnim silama u svojoj ravnini**

- U zidu koje ukružuje (presijeca) nosivo zide otvori izmjera manjih od $h/4$ ili $L/4$ smiju se zanemariti.
- h je svijetla visina zida, dok je L duljina zida.
- Otvore izmjera većih od $h/4$ ili $L/4$ treba smatrati krajevima zida



10. 1. 2025.

Betonske i zidane konstrukcije 1

220

220

NEARMIRANO ZIDĖ**Nosivi zidovi opterećeni horizontalnim silama u svojoj ravnini**

- Ako se stropne konstrukcije mogu idealizirati kao beskonačno krute dijafragme (npr. u slučaju čvrstih, na mjestu izvedenih, armiranobetonskih ploča), sile na nosive zidove treba raspodijeliti u proporciji njihove krutosti, pod pretpostavkom da se progibaju za isti pomak (u svakom katu), ali može se provesti i točniji postupak, ako je potrebno

10. 1. 2025.

Betonske i zidane konstrukcije 1

221

221

NEARMIRANO ZIDĖ**Nosivi zidovi opterećeni horizontalnim silama u svojoj ravnini**

- Tamo gdje je tlocrtni raspored zidova nesimetričan, bit će nužno uzeti u obzir preraspodjelu sila između zidova koja proizlazi iz rotacije konstrukcije oko središta posmika (tzv. torzijski efekt).
- Ako horizontalna konstrukcija nije dovoljno kruta (npr. nepovezani predgotovljeni elementi), sile treba rasporediti na nosive zidove na koje takvi stropovi izravno naliježu

10. 1. 2025.

Betonske i zidane konstrukcije 1

222

222

NEARMIRANO ZIDĖ**Nosivi zidovi opterećeni horizontalnim silama u svojoj ravnini**

- Najveće horizontalno opterećenje nosivog zida smije se smanjiti do 15%, pod uvjetom da se opterećenje na usporednom nosivom zidu odgovarajuće poveća.
- Kad se određuje odgovarajuće proračunsko opterećenje koje doprinosi posmičnoj otpornosti (tlačno opterećenje zida povećava njegovu posmičnu nosivost), smije se vertikalno opterećenje na pločama koje nose u dva smjera jednoliko rasporediti na zidove na koje su oslonjene

10. 1. 2025.

Betonske i zidane konstrukcije 1

223

223

NEARMIRANO ZIDĖ**Nosivi zidovi opterećeni horizontalnim silama u svojoj ravnini**

- U slučaju stropnih ili krovnih ploča koje nose u jednom smjeru, pri određivanju tlačnog opterećenja na zidove koje nije izravno opterećeno, može se uzeti raspodjela pod kutom od 45°.
- Važno je znati da se prema HRN EN 1996-1-1 smije pretpostaviti da je raspodjela posmičnih naprezanja, duž tlačno naprežanog dijela zida, konstantna.

10. 1. 2025.

Betonske i zidane konstrukcije 1

224

224

NEARMIRANO ZID**Proračunska nosivost zidova na horizontalna opterećenja u ravni**

- Pri proračunu nosivog zida na posmik treba uzeti u obzir proračunsko djelovanje horizontalnih sila zajedno s proračunskim (dugotrajnim) vertikalnim opterećenjem. Treba primijeniti sljedeće kombinacije opterećenja, zanemarujući vlačnu čvrstoću:
 - Maksimalno osno (vertikalno) opterećenje po jedinici duljine nosivog zida, (N_{min}), uzimajući u obzir ekscentričnost vertikalnih sila zbog konzolnog savijanja građevine (tzv. $P-\Delta$ efekt)
 - Maksimalno osno (vertikalno) opterećenje po jedinici duljine poprečnog ili ukružujućeg zida (koji djeluje kao pojasnica nosivog zida)

10. 1. 2025.

Betonske i zidane konstrukcije 1

225

225

NEARMIRANO ZID**Proračunska nosivost zidova na horizontalna opterećenja u ravni**

- Pri proračunu nosivog zida na posmik treba uzeti u obzir proračunsko djelovanje horizontalnih sila zajedno s proračunskim (dugotrajnim) vertikalnim opterećenjem. Treba primijeniti sljedeće kombinacije opterećenja, zanemarujući vlačnu čvrstoću:
 - Maksimalno horizontalno opterećenje po jedinici duljine nosivog zida kada istodobno djeluje minimalno vertikalno opterećenje po jedinici duljine nosivog zida (N_{min}), koje doprinosi proračunskoj posmičnoj nosivosti;
 - Maksimalna vertikalna posmična sila po jedinici duljine veze između nosivog i poprečnog zida (koji djeluje kao pojasnica nosivog zida).

10. 1. 2025.

Betonske i zidane konstrukcije 1

226

226

NEARMIRANO ZID**Proračunska nosivost zidova na horizontalna opterećenja u ravni**

- Za granično stanje nosivosti, trebat će nosivi zid kao i svaku njegovu pojasnicu provjeriti na vertikalno i na horizontalno djelovanje u ravni zida. Zide treba provjeriti tako da proračunska poprečna sila, V_{Ed} , ne prekoračuje proračunsku posmičnu nosivost, V_{Rd} , zida na poprečne sile:

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

- Proračunska nosivosti na poprečne sile prikazana je izrazom:

$$V_{Rd} = \frac{f_{vk} \cdot t \cdot L_c}{\gamma_M} = f_{vd} \cdot t \cdot L_c$$

10. 1. 2025.

Betonske i zidane konstrukcije 1

227

227

NEARMIRANO ZID**Proračunska nosivost zidova na horizontalna opterećenja u ravni**

$$V_{Rd} = \frac{f_{vk} \cdot t \cdot L_c}{\gamma_M} = f_{vd} \cdot t \cdot L_c$$

- f_{vk} je karakteristična posmična čvrstoća zida, kada na zid djeluje minimalno vertikalno tlačno opterećenje ($N_{Ed,min}$), ne uzimajući u obzir dio zida koji je naprezan vlačno.
- Kod potresa $N_{Ed,min} = N_g$

10. 1. 2025.

Betonske i zidane konstrukcije 1

228

228

NEARMIRANO ZIĐE**Proračunska nosivost zidova na horizontalna opterećenja u ravni**

- $f_{vk} = f_{vk0} + 0,4 \cdot \sigma_d$
- Vrijednost σ_d uzima se sa: $\sigma_d = N_{Ed,min} / (t \cdot L_c)$
- t je debljina zida
- L_c je duljina tlačno naprezanog dijela zida proračunana na osnovi trokutne raspodjele naprezanja bez uzimanja u proračun vlačnog naprezanja, jer ga nearmirano zide ne može preuzeti:

$$L_c = 3(L/2 - M_{Ed} / N_{Ed,min}) \leq L$$

10. 1. 2025.

Betonske i zidane konstrukcije 1

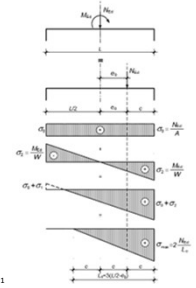
229

229

NEARMIRANO ZIĐE**Proračunska nosivost zidova na horizontalna opterećenja u ravni**

- Duljina tlačno naprezanog dijela zida

$$L_c = 3(L/2 - M_{Ed} / N_{Ed,min}) \leq L$$



10. 1. 2025.

Betonske i zidane konstrukcije 1

230

230

NEARMIRANO ZIĐE**Proračunska nosivost zidova na horizontalna opterećenja u ravni**

- Ako je proračunana vrijednost $L_c > L \rightarrow$ treba koristiti $\rightarrow L_c = L$ (cijeli zid je u tlaku)
- Kada je zide omeđeno vertikalnim i horizontalnim armiranobetonskim serklažima, armatura serklaža preuzima vlačna naprezanja.

10. 1. 2025.

Betonske i zidane konstrukcije 1

231

231

BETONSKE I ZIDANE KONSTRUKCIJE 1**Nearmirano zide (nastavak) + Armirano zide**

Prof. dr. sc. Tomislav Kišiček
Zavod za Konstrukcije



232

NEARMIRANO ZIĐE – VLAČNI SLOM

31. 1. 2025.

Betonske i zidane konstrukcije 1

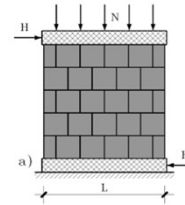
233

233

NEARMIRANO ZIĐE

Proračunska nosivost зида pri vlačnom slomu

- Pri zajedničkom djelovanju vertikalne i horizontalne sile može doći do sloma зида, zbog pojave pukotine uzduž tlačne dijagonale – dijagonalni vlačni slom



31. 1. 2025.

Betonske i zidane konstrukcije 1

234

234

NEARMIRANO ZIĐE

Proračunska nosivost зида pri vlačnom slomu

- Vertikalno naprezanje (stvarno): $\sigma_d = N/(t \cdot L)$
- Posmično naprezanje $\tau = t_R = H/A_m$
 - $A_m = t \cdot L$, gdje je t = debljina зида, a L je ukupna duljina зида.
- Pukotina u зиду nastaje kad je dosegnuta vlačna čvrstoća зида: f_{tk}

$$f_{tk} = -\frac{\sigma_d}{2} + \sqrt{(1,5 \cdot \tau_R)^2 + \left(\frac{\sigma_d}{2}\right)^2}$$

$$\tau_R = \frac{f_{tk}}{1,5} \sqrt{1 + \frac{\sigma_d}{f_{tk}}} \quad \tau_{Rd} = \frac{f_{tk}}{1,5 \gamma_M} \sqrt{1 + \gamma_M \frac{\sigma_d}{f_{tk}}}$$

31. 1. 2025.

Betonske i zidane konstrukcije 1

235

235

NEARMIRANO ZIĐE

Proračunska nosivost зида pri vlačnom slomu

- Proračunska vrijednost posmičnog naprezanja: $\tau_{Rd} < \tau_R$
- Ukupna nosivost na horizontalnu silu iznosi: $V_{RH} = C_r \cdot A_m \cdot \tau_R$
- Proračunska nosivost na horizontalnu silu iznosi: $V_{RHd} = C_r \cdot A_m \cdot \tau_{Rd}$
- gdje je:
 - C_r je faktor redukcije nosivosti koji predstavlja omjer proračunske i najveće nosivosti зида određene eksperimentalno, a obično se uzima $C_r = 0,9$.
 - $A_m = t \cdot L$, gdje je t = debljina зида, a L je ukupna duljina зида.
 - Proračunska poprečna sila V_{Ed} treba biti manja ili jednaka proračunskoj nosivosti na horizontalnu silu V_{RHd} : $V_{Ed} \leq V_{RHd}$

31. 1. 2025.

Betonske i zidane konstrukcije 1

236

236

NEARMIRANO ZIĐE – VERTIKALNA I HORIZONTALNA SILA TE MOMENT SAVIJANJA U RAVNINI ZIĐA

31. 1. 2025.

Betonske i zidane konstrukcije 1

237

237

NEARMIRANO ZIĐE

Zidovi opterećeni vertikalnom uzdužnom i horizontalnom poprečnom silom, te momentom savijanja u ravnini

- Kada je zidana građevina opterećena vjetrom ili potresom najviše izražena naprezanja su posmična.
- Oštećenja nosivih zidova koja nastaju isključivo zbog savijanja su rijetka.
- Najčešće se uzdužna vertikalna sila u zidu ne mijenja u širokom rasponu, dok moment savijanja u ravnini zida, koji je za vertikalno opterećenje najčešće jednak nuli, može prilikom jačih vjetrovnih opterećenja kao i za vrijeme potresa doseći znatnu veličinu.

31. 1. 2025.

Betonske i zidane konstrukcije 1

238

238

NEARMIRANO ZIĐE

Zidovi opterećeni vertikalnom uzdužnom i horizontalnom poprečnom silom, te momentom savijanja u ravnini

- To dovodi do horizontalnih pukotina na vlačnoj strani zida i do tlačnih naprezanja na drugoj strani.
- Kad se pukotina, pri povećanju momenta savijanja povećava, jer zide okomito na horizontalne sljubnice morta ne može preuzeti vlačna naprezanja, duljina ploštine zida s tlačnim naprezanjem se smanjuje. To dovodi do dodatnog povećanja tlačnih naprezanja.
- Kada tlačna naprezanja dosegnu tlačnu čvrstoću zida pretpostavlja se da dolazi do rušenja.

31. 1. 2025.

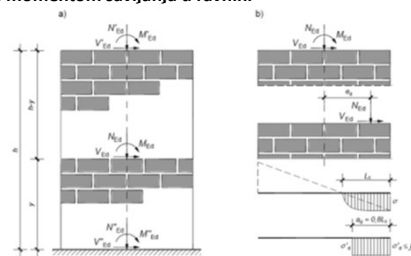
Betonske i zidane konstrukcije 1

239

239

NEARMIRANO ZIĐE

Zidovi opterećeni vertikalnom uzdužnom i horizontalnom poprečnom silom, te momentom savijanja u ravnini



31. 1. 2025.

Betonske i zidane konstrukcije 1

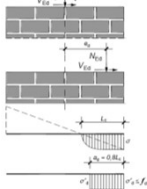
240

240

NEARMIRANO ZID

Zidovi opterećeni vertikalnom uzdužnom i horizontalnom poprečnom silom, te momentom savijanja u ravni

- Proračunski dijagram tlačnih napreznja i relativne deformacije zida mogu se zamijeniti pravokutnikom na duljini: $a_d = 0,8 \cdot L_c$
- $L_c = 3(L/2 - M_{Ed}/N_{Ed}) \leq L \rightarrow$ duljina tlačnog područja zida
- Proračunska duljina tlačnog područja zida:
- $a_d = 0,8 \cdot L_c = 2,4(L/2 - M_{Ed}/N_{Ed}) \leq L$
- Proračunski ekscentricitet je:
- $e_d = L/2 - a_d/2 = (L - a_d)/2$



31. 1. 2025.

Betonske i zidane konstrukcije 1

241

241

NEARMIRANO ZID

Zidovi opterećeni vertikalnom uzdužnom i horizontalnom poprečnom silom, te momentom savijanja u ravni

- Najveći dopušteni ekscentricitet zida opterećenog momentom savijanja u ravni zida i uzdužnom tlačnom silom iznosi $e_u = 0,475 \cdot L$, što pokazuju i eksperimentalni rezultati
- Prema tome najmanja dopuštena duljina tlačnog područja, iznosi:
- $e_u = (L - a_u)/2$
- $a_u = L - 2 \cdot e_u = L - 2 \cdot 0,475L = 0,05 \cdot L$
- jer tlačna sila djeluje u sredini duljine tlačnog područja.

31. 1. 2025.

Betonske i zidane konstrukcije 1

242

242

NEARMIRANO ZID

Zidovi opterećeni vertikalnom uzdužnom i horizontalnom poprečnom silom, te momentom savijanja u ravni

- Ako na zid djeluje proračunska uzdužna sila N_{Ed} može se izračunati najveći proračunski moment u ravni M_{Ed} koji zid može preuzeti
- Prvo treba proračunati najmanju proračunsku duljinu tlačnog područja zida $a_{d,min}$ zida duljine L i debljine t , na sljedeći način:

$$\sigma_d = \frac{N_{Ed}}{t \cdot L} < f_d = \frac{f_k}{\gamma_M} \quad \frac{N_{Ed}}{t \cdot a_{d,min}} = f_d$$

- Iz gornjih izraza može se izvesti izraz za proračunsku uzdužnu silu N_{Ed} :

$$N_{Ed} = \sigma_d \cdot t \cdot L = f_d \cdot t \cdot a_{d,min}$$

31. 1. 2025.

Betonske i zidane konstrukcije 1

243

243

NEARMIRANO ZID

Zidovi opterećeni vertikalnom uzdužnom i horizontalnom poprečnom silom, te momentom savijanja u ravni

- iz prethodnog izraza može se odrediti najmanja proračunska duljina tlačnog područja:

$$a_{d,min} = \frac{\sigma_d \cdot L}{f_d} \geq 0,05 \cdot L$$

- Prema tome najveći proračunski ekscentricitet zida $e_{d,max}$ može se odrediti na sljedeći način:

$$e_{d,max} = \frac{L}{2} - \frac{a_{d,min}}{2} = \frac{L}{2} \left(1 - \frac{\sigma_d}{f_d} \right) \leq 0,475 \cdot L$$

31. 1. 2025.

Betonske i zidane konstrukcije 1

244

244

NEARMIRANO ZIĐE

Zidovi opterećeni vertikalnom uzdužnom i horizontalnom poprečnom silom, te momentom savijanja u ravnini

- Najveći proračunski moment savijanja M_{Rd} uz zadanu uzdužnu proračunsku silu N_{Ed} koji nosivi zid može preuzeti, uzevši u obzir prethodne izraze, iznosi:

$$M_{Rd} = f_d \cdot t \cdot a_{d,min} \cdot e_{d,max} = \frac{\sigma_d \cdot t \cdot L^2}{2} \left(1 - \frac{\sigma_d}{f_d} \right)$$

31. 1. 2025.

Betonske i zidane konstrukcije 1

245

245

NEARMIRANO ZIĐE

Zidovi opterećeni vertikalnom uzdužnom i horizontalnom poprečnom silom, te momentom savijanja u ravnini

- Poznavajući najveći proračunski moment savijanja M_{Rd} zida u ravnini, može se odrediti najveća proračunska horizontalna poprečna sila koja daje ovakav moment savijanja .
- Za zid visine h , proračunska nosivost na poprečnu silu iznosi: $V_{Rd} = \frac{M_{Rd}}{\alpha h}$
- Gdje je α koeficijent koji određuje položaj infleksije momenta savijanja po visini zida. Za zid koji je upet na gornjem i donjem rubu $\alpha = 0,5$ dok je $\alpha = 1,0$ za konzolni zid.

31. 1. 2025.

Betonske i zidane konstrukcije 1

246

246

NEARMIRANO ZIĐE IZLOŽENO BOČNOM OPTEREĆENJU

31. 1. 2025.

Betonske i zidane konstrukcije 1

247

247

NEARMIRANO ZIĐE

Nearmirano zide izloženo bočnom opterećenju

- Zidovi koji mogu biti izloženi bočnom (lateralnom) opterećenju trebaju imati proračunsku nosivost veću ili jednaku tom opterećenju.
- Bočnom je opterećenju izloženo osim fasadnog zida zidane građevine i samostojeće zide (engl. free-standing walls) i zide za ispunu okvira na fasadi.
- Dimovodni kanali i niše smanjuju nosivost na savijanje tih zidova.
- Također treba voditi računa o sloju za sprječavanje prodiranje vlage jer ako je takav sloj u zidu, on može negativno utjecati na nosivost na savijanje tih zidova.

31. 1. 2025.

Betonske i zidane konstrukcije 1

248

248

NEARMIRANO ZIĐE**Nearmirano zidje izloženo bočnom opterećenju**

- Pri procjeni bočne (lateralne) otpornosti zida, napreznog uglavnom vertikalnim opterećenjem te povremenim opterećenjem vjetra, uvjeti oslanjanja i kontinuiteta trebaju se uzeti u obzir.
- Pravilni ležaj osigurava se pomoću spona, zidarskog veza s poprečnim zidovima ili vezama sa stropnim tj. krovnim konstrukcijama

31. 1. 2025.

Betonske i zidane konstrukcije 1

249

249

NEARMIRANO ZIĐE**Nearmirano zidje izloženo bočnom opterećenju**

- U slučaju šupljih zidova, kontinuitet preko vertikalnog ležaja (poprečnog zida) može se pretpostaviti čak i ako je samo jedan sloj (od dva) kontinuirano povezan preko ležaja, uz uvjet da su u šupljem zidu dva sloja povezana sponama.
- Tamo gdje zidovi (u dvoslojnom ili šupljem zidu) imaju različitu debljinu, deblji zid treba biti kontinuiran osim ako je dokazano da se puna kontinuiranost može osigurati krutošću i čvrstoćom tanjeg sloja zida.

31. 1. 2025.

Betonske i zidane konstrukcije 1

250

250

NEARMIRANO ZIĐE**Nearmirano zidje izloženo bočnom opterećenju**

- Proračunska bočna nosivost šupljeg zida jest zbroj proračunskih bočnih nosivosti oba sloja zida, samo ako su zidne sponne koje povezuju ta dva sloja sposobne prenijeti vanjsko djelovanje.

31. 1. 2025.

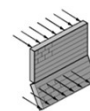
Betonske i zidane konstrukcije 1

251

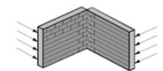
251

NEARMIRANO ZIĐE**Zidovi izloženi povremenom bočnom opterećenju vjetra - proračun**

- Proračunski moment, M_{Ed} , treba uzeti u obzir svojstva materijala i može se uzeti po jediničnoj visini ili jediničnoj duljini zida.
- U graničnom stanju nosivosti proračunska vrijednost momenta savijanja zbog bočnog opterećenja, M_{Ed} , mora biti manja ili jednaka proračunskoj otpornosti na moment savijanja, M_{Rd} , tako da je:



$$M_{Ed} \leq M_{Rd}$$



31. 1. 2025.

Betonske i zidane konstrukcije 1

252

252

NEARMIRANO ZIĐE**Zidovi izloženi povremenom bočnom opterećenju vjetra - proračun**

- Kada je prisutno vertikalno opterećenje, povoljni učinak vertikalnog naprezanja može se uzeti u obzir rabeći prividnu čvrstoću na savijanje, $f_{xd1,app}$
- Smije se uzeti samo ako slom promatranog građevnog elementa nije bitan za ukupnu stabilnost konstrukcije: $f_{xd1,app} = f_{xd1} + \sigma_d$
- f_{xd1} je proračunska čvrstoća na savijanje kad je slom u ravni usporednoj s horizontalnim sljubnicama morta
- σ_d je proračunsko tlačno naprezanje zida, $\sigma_d = N_{Ed}/(t \cdot L)$, ali tako da je $\sigma_d \leq 0,2 \cdot (f_k/\gamma_M)$. Ako se proračunom odredi da je $\sigma_d > 0,2 \cdot (f_k/\gamma_M)$ tada se u gornjem izrazu uzima vrijednost: $\sigma_d = 0,2 \cdot (f_k/\gamma_M)$

31. 1. 2025.

Betonske i zidane konstrukcije 1

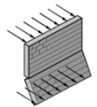
253

253

NEARMIRANO ZIĐE**Zidovi izloženi povremenom bočnom opterećenju vjetra - proračun**

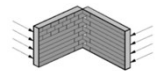
- Proračunski moment otpornosti zida za bočno (lateralno) opterećenje, za širinu zida: $b = 1,0$ m, kada je ravnina otkazivanja (sloma) paralelna horizontalnim sljubnicama, iznosi:

$$M_{Rd1} = f_{xd1,app} \cdot Z$$



- Proračunski moment nosivosti (na savijanje) zida za bočno (lateralno) opterećenje, za širinu zida: $b = 1,0$ m, kada je ravnina otkazivanja (sloma) okomita na horizontalne sljubnice, iznosi:

$$M_{Rd2} = f_{xd2} \cdot Z$$



31. 1. 2025.

Betonske i zidane konstrukcije 1

254

254

NEARMIRANO ZIĐE**Zidovi izloženi povremenom bočnom opterećenju vjetra - proračun**

$$M_{Rd1} = f_{xd1,app} \cdot Z$$

$$M_{Rd2} = f_{xd2} \cdot Z$$

- gdje je:
- f_{xd2} je proračunska čvrstoća na savijanje kad je slom u ravni okomit na horizontalne sljubnice morta
- Z je elastični moment otpora na određenoj visini ili duljini zida b : $Z = (b \cdot t^2)/6$.
- Najčešće se uzima: $b = 100$ cm, pa se moment proračunava za 1,0 m duljine zida

31. 1. 2025.

Betonske i zidane konstrukcije 1

255

255

NEARMIRANO ZIĐE**Zidovi izloženi povremenom bočnom opterećenju vjetra - proračun**

- Pri ocjenjivanju momenta otpora, Z , zidnog stupa u zidu, istaknutu (stršeću) duljinu pojasnice od lica zidnog stupa treba uzeti kao manju od:
 - $h/10$ za zide koje je pridržano u vertikalnom smjeru
 - $h/5$ za konzolno zide
 - polovica svijetlog razmaka između zidnih stupova
- gdje je h svjetla visina zida.



31. 1. 2025.

Betonske i zidane konstrukcije 1

256

256

NEARMIRANO ZIDJE**Zidovi izloženi povremenom bočnom opterećenju vjetra - proračun**

- U šupljem zidu, proračunsko bočno opterećenje od vjetra po jedinici ploštine, W_{Ed} , smije se raspodijeliti između dvaju slojeva ako su zidne spona ili druge veze između slojeva, sposobne prenijeti djelovanja koja djeluju na šuplje zide.
- Raspodjela između dvaju slojeva smije biti razmjerna njihovoj čvrstoći, ili razmjerna krutošću svakog sloja.
- Kada se rabi krutost, svaki se sloj treba provjeriti na njegov udio u proračunskom momentu savijanja, M_{Ed} .

31. 1. 2025.

Betonske i zidane konstrukcije 1

257

257

NEARMIRANO ZIDJE**Zidovi izloženi povremenom bočnom opterećenju vjetra - proračun**

- Ako je zide oslabljeno zidnim kanalima, urezima ili nišama van ograničenja (poglavlje 6), ta oslabljenja treba uzeti u obzir kad se određuje nosivost rabeći smanjenu debljinu zida na mjestima oslabljenja.
- Razdjelnice u zidu treba tretirati kao rub preko kojeg se moment savijanja i poprečna sila ne mogu prenijeti.

31. 1. 2025.

Betonske i zidane konstrukcije 1

258

258

NEARMIRANO ZIDJE**Zidovi izloženi povremenom bočnom opterećenju vjetra - proračun**

- Pridržanost zida na osloncima smije se osigurati pomoću spona, zidnog veza ili stropova, a u nekim slučajevima i krovova.
- Kad se proračunavaju sredstva oslanjanja uzduž ruba zida, smije se pretpostaviti da su reakcije od bočnog opterećenja jednoliko raspodijeljene uzduž oslonaca.

31. 1. 2025.

Betonske i zidane konstrukcije 1

259

259

NEARMIRANO ZIDJE**Zidovi izloženi povremenom bočnom opterećenju vjetra - proračun**

- Ako je bočno opterećeno zide povezano s okomitim zidom koje je opterećeno samo vertikalnim opterećenjem ili ako armiranobetonski stropovi leže na zidu, oslonac se smije smatrati kontinuiranim.
- Ako je zide povezano s nosivim zidom ili s nekim drugim konstrukcijskim elementom s pomoću spona na vertikalnim rubovima, smije se pretpostaviti djelomični kontinuitet momentom na vertikalnim stranama zida, ako je provjereno da je čvrstoća spona dovoljna.
- Sloj za sprečavanje prodora vlage treba smatrati kao da osigurava slobodno oslanjanje bez preuzimanja momenta savijanja.

31. 1. 2025.

Betonske i zidane konstrukcije 1

260

260

NEARMIRANO ZIĐE

Zidovi izloženi povremenom bočnom opterećenju vjetra - Proračunska metoda lučnog djelovanja zida između oslonaca

- Ako se u blizini linije lučnog potiska nalaze zidni kanali, urezi ili niše, njihov učinak na smanjenje nosivosti zida treba uzeti u obzir.
- Potisak luka treba procijeniti iz poznavanja primijenjenog bočnog opterećenja, tlačne čvrstoće zida, učinkovitosti veze između zida i oslonca koji se odupire potisku te elastičnog i vremenski ovisnog skraćanja zida. Lučni potisak može se dogoditi i pri vertikalnom opterećenju.

31. 1. 2025.

Betonske i zidane konstrukcije 1

261

261

NEARMIRANO ZIĐE – ZIDNE SPONE

31. 1. 2025.

Betonske i zidane konstrukcije 1

262

262

NEARMIRANO ZIĐE**Zidne spone**

- Ako su šuplji zidovi izloženi bočnom opterećenju vjetra, zidne spone koje povezuju dva sloja zida trebaju biti sposobne raspodijeliti to opterećenje s neposredno opterećenog na drugi sloj zida, a zajedno (oba sloja) trebaju prenijeti to opterećenje na ležajeve
- Europska norma EN 845-1 (Ties, tension straps, hangers and brackets) određuje karakteristike pomoćnih metalnih komponenti u zidu kao što su spone (engl. ties), vlačnih traka (engl. straps) i vješaljki (engl. hangers) za ležajeve drvenih greda.

31. 1. 2025.

Betonske i zidane konstrukcije 1

263

263

NEARMIRANO ZIĐE**Zidne spone**

- Najmanji broj "n" zidnih spona za djelovanje vjetra na kvadratni metar površine zida iznosi 2, a može se proračunati s pomoću:

$$n = \gamma_M \frac{W_{Ed}}{F_t}$$

- W_{Ed} je proračunsko horizontalno djelovanje vjetra po jedinici površine,
- F_t je karakteristična tlačna ili vlačna nosivost zidnih spona

31. 1. 2025.

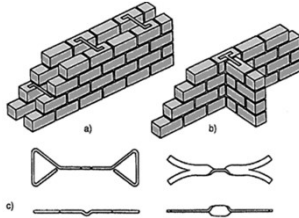
Betonske i zidane konstrukcije 1

264

264

NEARMIRANO ZIĐE**Zidne spone**

- Spoj: a) dva sloja šupljeg zida, b) dva okomita zida c) spone



31. 1. 2025.

Betonske i zidane konstrukcije 1

265

265

NEARMIRANO ZIĐE – ZIDOVİ IZLOŽENI BOČNOM TLAKU TLA

31. 1. 2025.

Betonske i zidane konstrukcije 1

266

266

NEARMIRANO ZIĐE**Zidovi izloženi bočnom tlaku tla**

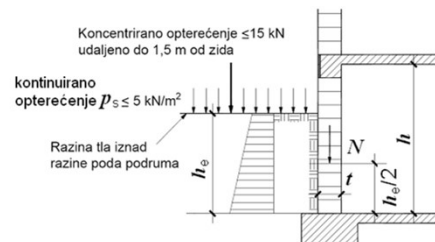
- Zidani zidovi izloženi bočnom tlaku tla trebaju se proračunati primjenom prihvatljivih inženjerskih pravila.
- Za vanjske zidove podruma treba rabiti samo zide koje se sastoji od zidnih elemenata čija normalizirana tlačna čvrstoća iznosi $f_b \geq 5 \text{ N/mm}^2$.
- Otpor zida tlaku tla ne treba provjeravati ako su ispunjeni sljedeći uvjeti:
 - svijetla visina zida podruma, $h \leq 2,6 \text{ m}$ i debljine zida, $t \geq 20 \text{ cm}$, stropna konstrukcija iznad podruma djeluje kao dijafagma i sposobna je preuzeti sile koje proizlaze od tlaka tla, opterećenje na površini tla na području utjecaja na zid podruma ne prelazi 5 kN/m^2 i gdje nema koncentriranog opterećenja većega od 15 kN unutar udaljenosti 150 cm od zida.

31. 1. 2025.

Betonske i zidane konstrukcije 1

267

267

NEARMIRANO ZIĐE**Zidovi izloženi bočnom tlaku tla****Slika 4.18 Proračunska opterećenja podrumskog zida**

31. 1. 2025.

Betonske i zidane konstrukcije 1

268

268

NEARMIRANO ZID**Zidovi izloženi bočnom tlaku tla**

- Čvrstoća na savijanje, f_{sk1} , ne smije se primijeniti pri proračunu otpornosti zida na bočno opterećenje tla.
- Pojednostavljena metoda proračuna podrumskih zidova na bočno opterećenje tla dana je u normi EN 1996-3.
- EN 1996-1-1 daje metodu modificiranog momenta savijanja, α_2 , za vertikalno i horizontalno opterećenje tj. prilagodba bočnog opterećenja na zide oslonjeno na tri ili četiri ruba izložene horizontalnom opterećenju okomito na svoju ravninu i vertikalnom opterećenju.

31. 1. 2025.

Betonske i zidane konstrukcije 1

269

269

NEARMIRANO ZID**Zidovi izloženi bočnom tlaku tla**

- Pretpostavlja se da je zide izloženo horizontalnom opterećenju okomito na svoju ravninu i ekscentričnom vertikalnom opterećenju.
- Moguće je preraspodijeliti moment na vrhu zida (prouzročen ekscentričnošću vertikalnog opterećenja) na unutarnji i vanjski sloj šupljeg zida ako su u proračunu specificirane odgovarajuće spona za tu svrhu.
- Ako je jedan sloj zida dio šupljeg zida, horizontalno opterećenje okomito na ravninu može se podijeliti na dva sloja ako su oba sloja zida odgovarajuće povezana sponama ili zidnim vezom

31. 1. 2025.

Betonske i zidane konstrukcije 1

270

270

NEARMIRANO ZID**Zidovi izloženi bočnom tlaku tla**

- Vertikalno opterećenje iznad otvora treba raspodijeliti na zide na obje strane uz otvor.
- Ako se tlačna nosivost zida provjerava uobičajenim postupcima, tada se pri provjeri istog zida na horizontalno opterećenje van ravnine, to horizontalno opterećenje smije smanjiti rabeći faktor k :

$$k = 8 \cdot \mu \cdot \alpha_i \cdot \frac{L^2}{h^2}$$
- Faktor k izražava omjer nosivosti zida na vertikalnom rasponu i nosivosti za bočno opterećenje stvarne ploštine zida (uzevši u obzir moguću pridržanost na rubu).

31. 1. 2025.

Betonske i zidane konstrukcije 1

271

271

NEARMIRANO ZID**Zidovi izloženi bočnom tlaku tla**

$$k = 8 \cdot \mu \cdot \alpha_i \cdot \frac{L^2}{h^2}$$

- gdje je:
- α_i je odgovarajući koeficijent momenta savijanja, α_1 ili α_2
- μ je omjer karakterističnih čvrstoća na savijanje zida u ortogonalnim smjerovima
- h svijetla visina zida,
- L duljina zida.

31. 1. 2025.

Betonske i zidane konstrukcije 1

272

272

ARMIRANO ZID

31. 1. 2025.

Betonske i zidane konstrukcije 1

273

273

ARMIRANO ZID

Uvod

- Opća pravila za zidane konstrukcije vrijede podjednako za nearmirano i armirano zid.
- Sve što je napisano u točkama 4.1 i 4.2 (uvodna poglavlja o proračunu zida) odnosi se i na armiranu zidanu gradnju.
- Armaturom u zidu povećava se duktilnost (žilavost), što omogućuje bolje ponašanje konstrukcije pri raznim djelovanjima.

31. 1. 2025.

Betonske i zidane konstrukcije 1

274

274

ARMIRANO ZID

Uvod

- Kod zidanih građevina nearmirano zid nedovoljno je otporno na utjecaj jačih horizontalnih sila (uslijed potresa) kada u zidovima dolazi do velikih posmičnih i vlačnih naprezanja.
- Takva naprezanja nearmirani zid nije u stanju preuzeti pa ga je potrebno armirati.
- Dobro je ako u zidu postoji i horizontalna i vertikalna armatura, no u nekim slučajevima i horizontalna armatura je dovoljna.
- Armatura mora biti sidrena na dovoljnoj duljini da bi se naprezanja u njoj, kad se pojave pukotine, mogla aktivirati.

31. 1. 2025.

Betonske i zidane konstrukcije 1

275

275

ARMIRANO ZID

Uvod



31. 1. 2025.

Betonske i zidane konstrukcije 1

276

276

ARMIRANO ZIDE**Uvod**

31. 1. 2025.

Betonske i zidane konstrukcije 1

277

277

ARMIRANO ZIDE**Uvod**

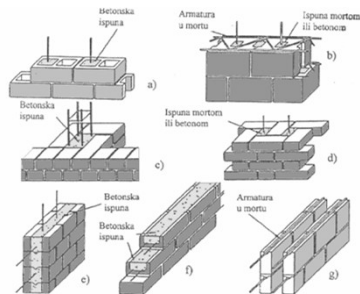
- Armatura se obično postavlja u horizontalne sljubnice morta.
- Takva armatura, prema EN 845-3 (Bed joint reinforcement of steel meshwork), najčešće se izvodi od tanjih profila čelika, tj. od žica, bilo ravnih (nespojenih), bilo spojenih u obliku horizontalne rešetke ili "ljestvi", te u raznim oblicima horizontalnih mreža.
- Pri tome se mora osigurati dobra obavijenost armature mortom tj. dobra povezanost s mortom.

31. 1. 2025.

Betonske i zidane konstrukcije 1

278

278

ARMIRANO ZIDE**Uvod**

31. 1. 2025.

Betonske i zidane konstrukcije 1

279

279

ARMIRANO ZIDE**Uvod**

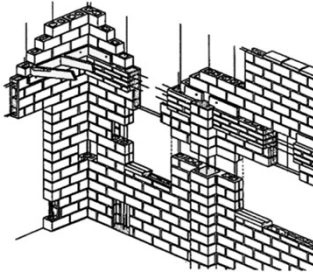
- Kod zidnih elemenata koji imaju veće vertikalne šupljine ili su takvi da oblikuju horizontalni žlijeb u zidu, moguće je postaviti armaturu u takve šupljine, tj. žljebove, koji se naknadno betoniraju.
- Tako armirano zide ima veću nosivost i bolju duktilnost od zida koje je armirano samo u sljubnicama morta.
- Kod duljih zidova treba voditi računa o povezanosti armatura u uzdužnom smjeru prijklopom ili zavarivanjem.

31. 1. 2025.

Betonske i zidane konstrukcije 1

280

280

ARMIRANO ZİDE**Uvod**

31. 1. 2025.

Betonske i zidane konstrukcije 1

281

281

ARMIRANO ZİDE - ARMIRANI ZIDOVİ, ZIDNI NOSAČI I STROPNE KONSTRUKCIJE

31. 1. 2025.

Betonske i zidane konstrukcije 1

282

282

ARMIRANO ZİDE**Armirani zidovi, zidni nosači i stropne konstrukcije**

- Proračun nosivosti armiranih zidova i greda izloženih savijanju ili savijanju s uzdužnom silom vrlo je sličan proračunu za armiranobetonske elemente.
- Zide može biti armirano na više načina:
 - horizontalnom armaturom raspoređenom po visini zida
 - vertikalnom rubnom armaturom
 - po obodu horizontalnom i vertikalnom armaturom
 - vertikalnom rubnom armaturom i horizontalnom armaturom raspoređenom po visini
 - omeđeno zide, tj. zide pojačano vertikalnim i horizontalnim serklažima
 - zide unutar polja okvirne konstrukcije.

31. 1. 2025.

Betonske i zidane konstrukcije 1

283

283

ARMIRANO ZİDE**Armirani zidovi, zidni nosači i stropne konstrukcije**

- Proračun armiranog zida, izloženog utjecaju momenta savijanja ili momenta savijanja s uzdužnom silom, temelji se na ovim pretpostavkama:
 - ravnine i nakon opterećenja ostaju ravnine
 - armatura je izložena istim promjenama deformacija kao i okolno zide
 - vlačna čvrstoća zida jednaka je nuli
 - najveća tlačna relativna deformacija zida odabire se prema materijalu zida
 - najveća vlačna relativna deformacija armature odabire se prema materijalu armature

31. 1. 2025.

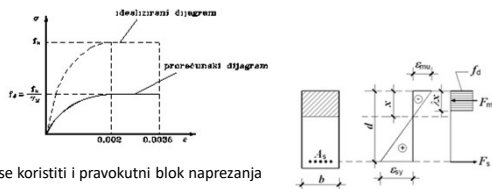
Betonske i zidane konstrukcije 1

284

284

ARMIRANO ŽIĐE**Armirani zidovi, zidni nosači i stropne konstrukcije**

- Proračunski dijagram tlačnog naprezanja žiđa uzima se kao i kod betona - parabola za relativnu deformaciju od nule do 2,0 ‰, i horizontalni pravac do 3,5 ‰



- Može se koristiti i pravokutni blok naprezanja

31. 1. 2025.

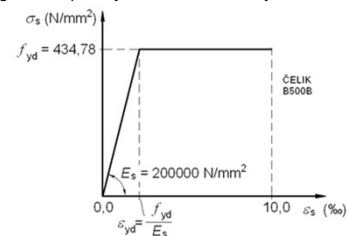
Betonske i zidane konstrukcije 1

285

285

ARMIRANO ŽIĐE**Armirani zidovi, zidni nosači i stropne konstrukcije**

- oblik dijagrama "naprezanje-relativna deformacija" za armaturu



31. 1. 2025.

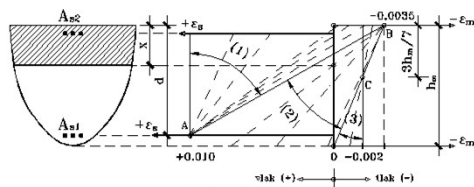
Betonske i zidane konstrukcije 1

286

286

ARMIRANO ŽIĐE**Armirani zidovi, zidni nosači i stropne konstrukcije**

- za presjeke koji su izloženi čistom uzdužnom vlaku, vlačna relativna deformacija armature (žiđe ne preuzima vlačna naprezanja) ograničava se na
- $\epsilon_s = +0,010 = +10 \text{ ‰}$ (vidjeti točku A na slici)



31. 1. 2025.

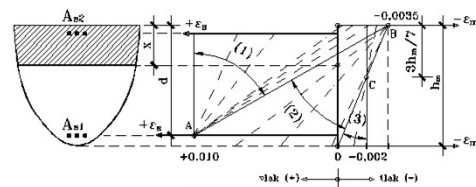
Betonske i zidane konstrukcije 1

287

287

ARMIRANO ŽIĐE**Armirani zidovi, zidni nosači i stropne konstrukcije**

- Za presjeke koji su izloženi savijanju i vlačnoj sili, vlačna relativna deformacija armature se ograničava na $\epsilon_s = +10 \text{ ‰}$, a tlačna relativna deformacija žiđa se ograničava na $\epsilon_m = -3,5 \text{ ‰}$ (vidjeti područje (1) i točke A i B na slici)



31. 1. 2025.

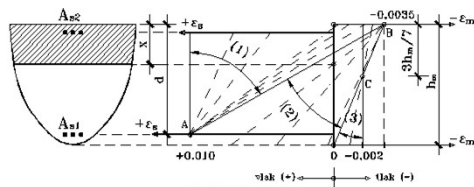
Betonske i zidane konstrukcije 1

288

288

ARMIRANO ŽIDE**Armirani zidovi, zidni nosači i stropne konstrukcije**

- Područje (2) sa slike odgovara savijanju sa vlačnom ili malom tlačnom silom



31. 1. 2025.

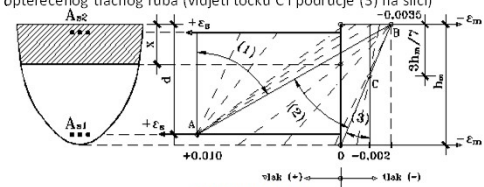
Betonske i zidane konstrukcije 1

289

289

ARMIRANO ŽIDE**Armirani zidovi, zidni nosači i stropne konstrukcije**

- za slučajeve naprezanja između "čistog" tlaka i ekscentričnog tlaka, dijagram relativnih deformacija se određuje tako da se pretpostavi relativna deformacija od $\epsilon_m = -0,002 = -2\text{‰}$ na udaljenosti $3/7$ visine presjeka od jače opterećenog tlačnog ruba (vidjeti točku C na slici)



31. 1. 2025.

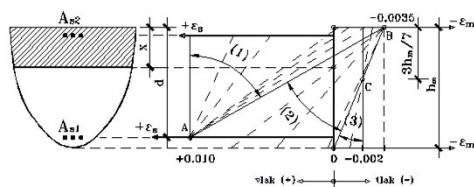
Betonske i zidane konstrukcije 1

290

290

ARMIRANO ŽIDE**Armirani zidovi, zidni nosači i stropne konstrukcije**

- za presjeke koji su izloženi čistom uzdužnom tlaku, tlačna relativna deformacija se ograničavana $\epsilon_s = -0,002 = -2\text{‰}$ (vidjeti točku C na slici).



31. 1. 2025.

Betonske i zidane konstrukcije 1

291

291

ARMIRANO ŽIDE**Armirani zidovi, zidni nosači i stropne konstrukcije**

- Za zide, proračunska tlačna čvrstoća iznosi: $f_d = f_{td} / \gamma_M$,
- Za betonsku ispunu: $f_{cd} = f_{ck} / \gamma_C$, gdje je $\gamma_C = 1,5$ što predstavlja vrijednost parcijalnog koeficijenta sigurnosti za beton.
- Tamo gdje tlačno područje sadrži oboje, tj. i zide i betonsku ispunu, za proračun je mjerodavna tlačna čvrstoća slabijeg materijala.

31. 1. 2025.

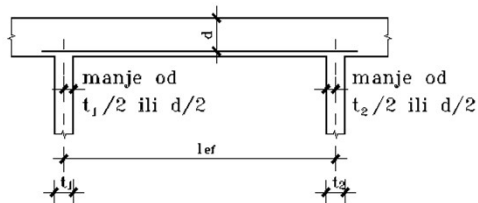
Betonske i zidane konstrukcije 1

292

292

ARMIRANO ŽIĐE**Armirani zidovi, zidni nosači i stropne konstrukcije**

- Proračunski rasponi slobodno oslonjenih greda i kontinuiranih nosača



31. 1. 2025.

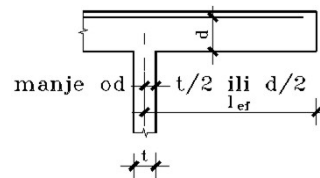
Betonske i zidane konstrukcije 1

293

293

ARMIRANO ŽIĐE**Armirani zidovi, zidni nosači i stropne konstrukcije**

- Proračunski raspon konzolnog nosača



31. 1. 2025.

Betonske i zidane konstrukcije 1

294

294

ARMIRANO ŽIĐE**Armirani zidovi, zidni nosači i stropne konstrukcije**

- Granični omjeri proračunskog raspona i statičke visine (l_{ef}/d)
- Da bi se osigurala bočna stabilnost, raspone armiranih zidova i armiranih zidanih nosača treba ograničiti tako da im vitkost (l_{ef}/d) ne prelazi vrijednosti prikazane u tablici

Rubni uvjeti	zid	greda
Slobodno oslanjanje	35	20
Kontinuirano oslanjanje	45	26
Nosivost u dva smjera	45	-
Konzola	18	7

31. 1. 2025.

Betonske i zidane konstrukcije 1

295

295

ARMIRANO ŽIĐE**Armirani zidovi, zidni nosači i stropne konstrukcije**

- Pri tome je zid konstrukcijski element opterećen u svojoj ravnini i izvan svoje ravnine (vjetrom)
- Gredom se može smatrati dio zida opterećen u zidnoj ravnini
- Za slobodnostojeće neožbukane zidove (ograde, tj zidovi koji nisu dio zgrade), a opterećeni su vjetrom, omjer (l_{ef}/d) iz tablice može se povećati za 30%

31. 1. 2025.

Betonske i zidane konstrukcije 1

296

296

ARMIRANO ŽIDE**Armirani zidovi, zidni nosači i stropne konstrukcije**

- Da bi se osigurala bočna stabilnost slobodno oslonjenih ili kontinuiranih nosača, proporcije trebaju biti takve da svijetli razmak između bočnih ukruta, l_e , ne prelazi vrijednost:

$$l_e \leq 60 \cdot b_c \quad \text{ili} \quad l_e \leq (250 \cdot b_c^2)/d$$

- a mjerodavna je manja vrijednost.
- b_c je širina tlačnog lica (tlačnog područja) na sredini između bočnih ukruta,
- d je statička visina elementa.

31. 1. 2025.

Betonske i zidane konstrukcije 1

297

297

ARMIRANO ŽIDE**Armirani zidovi, zidni nosači i stropne konstrukcije**

- Za konzolu s bočnom ukrutom koja postoji samo na osloncu, svijetla udaljenost od kraja konzole do lica oslonca ne bi trebala prijeći vrijednost od:

$$l_{er} \leq 25 \cdot b_c \quad \text{ili} \quad l_{er} \leq (100 \cdot b_c^2)/d$$

- a mjerodavna je manja vrijednost.
- Širina tlačnog lica b_c za konzolu uzima se kod oslonca.
- Vitkost armiranog zida, h_{ef}/t_{ef} , ne bi trebala biti veća od 27, kao i kod nearmiranog zida

31. 1. 2025.

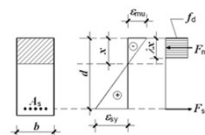
Betonske i zidane konstrukcije 1

298

298

ARMIRANO ŽIDE**Armirani zidovi, zidni nosači i stropne konstrukcije**

- U graničnom stanju nosivosti proračunsko opterećenje na elemente armiranog zida, E_d , mora biti manje ili jednako proračunskoj otpornosti elementa, R_d , tako da je: $E_d \leq R_d$
- Pri određivanju proračunske vrijednosti momenta otpornosti presjeka, može se kao pojednostavnjenje pretpostaviti nepromjenljivo (konstantno, "pravokutno") tlačno naprezanje



31. 1. 2025.

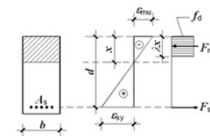
Betonske i zidane konstrukcije 1

299

299

ARMIRANO ŽIDE**Armirani zidovi, zidni nosači i stropne konstrukcije**

- Pri određivanju proračunske vrijednosti momenta otpornosti na savijanje, M_{Rd} , konstantna proračunska tlačna čvrstoća, f_{cd} , smije se uzeti za visinu od tlačnog ruba presjeka: $\lambda \cdot x$.
- x je visina tlačnog dijela presjeka
- obično se uzima da je $\lambda = 0,8$



31. 1. 2025.

Betonske i zidane konstrukcije 1

300

300

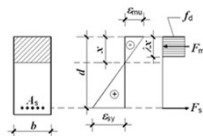
ARMIRANO ŽIDE**Armirani zidovi, zidni nosači i stropne konstrukcije**

- Pri tome proračunska vrijednost momenta otpornosti, M_{Rd} , mora biti:

$$M_{Rd} \leq 0,4 \cdot f_d \cdot b \cdot d^2$$

- gdje je:

- f_d proračunska tlačna čvrstoća zida
- b je širina presjeka
- d je statička visina presjeka



31. 1. 2025.

Betonске i zidane konstrukcije 1

301

301

ARMIRANO ŽIDE**Armirani zidovi, zidni nosači i stropne konstrukcije**

- Prethodni izraz vrijedi samo za zidne elemente skupine 1 i ako ti zidni elementi nisu izvedeni od lakagregatnoga betona
- Za zidne elemente skupine 2, 3 i 4 i za zidne elemente skupine 1 ako su ti zidni elementi izvedeni od laganog agregata vrijedi:

$$M_{Rd} \leq 0,3 \cdot f_d \cdot b \cdot d^2$$

31. 1. 2025.

Betonске i zidane konstrukcije 1

302

302

ARMIRANO ŽIDE**Proračun armiranog zidnog nosača izloženog savijanju i /ili uzdužnoj sili u ravni**

- Proračun prema graničnom stanju nosivosti temelji se na ranije opisanim pretpostavkama
- Linearno elastična raspodjela unutarnjih sila, može biti modificirana uzimajući u obzir ravnotežu u svim presjecima, samo ako elementi imaju dovoljnu duktilnost.
- Omjer x/d , tj. omjer udaljenosti od neutralne osi do tlačnog ruba (x) i statičke visine presjeka (d), zbog zadovoljenja uvjeta duktilnosti, ne smije premašiti vrijednost 0,4.

31. 1. 2025.

Betonске i zidane konstrukcije 1

303

303

ARMIRANO ŽIDE**Proračun armiranog zidnog nosača izloženog savijanju i /ili uzdužnoj sili u ravni**

- Preraspodjela momenata savijanja kontinuiranog zidnog nosača je dopuštena samo kada se koristi čelik srednje duktilnosti (B500B) ili velike duktilnosti (B450C) tj., $\epsilon_{uk} > 50 \text{ ‰}$
- Preraspodjelu treba ograničiti na 15 %.
- Preraspodjela nije dopuštena kada se rabi čelik obične duktilnosti (tj. kada je $25\text{‰} < \epsilon_{uk} < 50\text{‰}$, vidjeti točku 3.4), tj. čelična armatura razreda B500A.

31. 1. 2025.

Betonске i zidane konstrukcije 1

304

304

ARMIRANO ŽIĐE

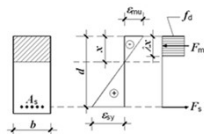
Proračun armiranog zidnog nosača izloženog savijanju i /ili uzdužnoj sili u ravlini

- Za slučaj jednostruko armiranog pravokutnog poprečnog presjeka, izloženog samo savijanju, proračunski moment nosivosti, M_{Rd} , može se uzeti kao:

$$M_{Rd} = \frac{A_s \cdot f_{yk} \cdot z}{\gamma_s} = A_s \cdot f_{yd} \cdot z$$

- gdje se krak unutarnjih sila, z , za pravokutni presjek može uzeti kao:

$$z = d \cdot \left[1 - 0,5 \cdot \frac{A_s \cdot f_{yk} \cdot \gamma_u}{b \cdot d \cdot f_{td} \cdot \gamma_s} \right] = d \cdot \left[1 - 0,5 \cdot \frac{A_s \cdot f_{yd}}{b \cdot d \cdot f_{td}} \right] \leq 0,95 \cdot d$$



31. 1. 2025.

Betonske i zidane konstrukcije 1

305

305

ARMIRANO ŽIĐE

Proračun armiranog zidnog nosača izloženog savijanju i /ili uzdužnoj sili u ravlini

- gdje je:

$$z = d \cdot \left[1 - 0,5 \cdot \frac{A_s \cdot f_{yk} \cdot \gamma_u}{b \cdot d \cdot f_{td} \cdot \gamma_s} \right] = d \cdot \left[1 - 0,5 \cdot \frac{A_s \cdot f_{yd}}{b \cdot d \cdot f_{td}} \right] \leq 0,95 \cdot d$$

- b širina tlačnog područja presjeka
- d statička (proračunska) visina presjeka
- A_s ploština presjeka vlačne armature
- f_{td} karakteristična tlačna čvrstoća zida ili betonskog ispuna (f_{td}) u smjeru opterećenja. Mjerodavna je manja vrijednost
- f_{yk} karakteristična čvrstoća čelika kod popuštanja
- γ_u parcijalni koeficijent sigurnosti zida. Za ispunski beton uzima se $\gamma_c = 1,5$.
- γ_s parcijalni koeficijent sigurnosti čelika $\gamma_s = 1,15$

$$M_{Rd} = \frac{A_s \cdot f_{yk} \cdot z}{\gamma_s} = A_s \cdot f_{yd} \cdot z$$

31. 1. 2025.

Betonske i zidane konstrukcije 1

306

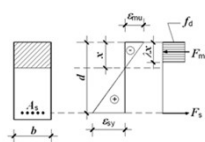
306

ARMIRANO ŽIĐE

Proračun armiranog zidnog nosača izloženog savijanju i /ili uzdužnoj sili u ravlini

- Izraz za krak unutarnjih sila dobije se iz ravnoteže unutarnjih sila u poprečnom presjeku te izraza za krak z u kojem je nepoznanica visina tlačnog područja

$$\begin{aligned} F_c &= F_t \\ A_{s1} \cdot f_{yd} &= \lambda \cdot x \cdot b \cdot f_{td} = 0,8 \cdot \xi \cdot d \cdot b \cdot f_{td} \\ \xi &= \frac{A_{s1} \cdot f_{yd}}{0,8 \cdot d \cdot b \cdot f_{td}} \\ z &= d - 0,5 \cdot \lambda \cdot x = d - 0,5 \cdot 0,8 \cdot \xi \cdot d = d - 0,4 \cdot \xi \cdot d \\ z &= d - 0,4 \cdot \frac{A_{s1} \cdot f_{yd}}{0,8 \cdot d \cdot b \cdot f_{td}} \cdot d = d \cdot \left[1 - \frac{0,5 \cdot A_{s1} \cdot f_{yd}}{d \cdot b \cdot f_{td}} \right] \\ \xi &= 1 - 0,5 \cdot \alpha \end{aligned}$$



31. 1. 2025.

Betonske i zidane konstrukcije 1

307

307

ARMIRANO ŽIĐE

Proračun armiranog zidnog nosača izloženog savijanju i /ili uzdužnoj sili u ravlini

- Ako je riječ o nosivom zidu kome poprečno i s njim povezano žiđe tvori pojasnicu, tada bi trebao biti zadovoljen uvjet:

$$(d - z) \leq t_f / 2,$$

- gdje je t_f debljina pojasnice.
- Ako taj uvjet nije zadovoljen, tada krak unutarnjih sila valja uzeti sa:

$$z = d - t_f / 2$$

- Time se zanemaruje tlačni dio hrpta (ispod pojasnice) T ili L presjeka.

31. 1. 2025.

Betonske i zidane konstrukcije 1

308

308

ARMIRANO ZIDĖ**Proračun armiranog zidnog nosača izloženog savijanju i /ili uzdužnoj sili u ravni**

- To se može učiniti zato što se zanemaruje mala ploština na kojoj djeluje malo naprezanje i zato jer je takav proračun na strani sigurnosti.
- Veličina $\lambda \cdot x = 0,8 \cdot x$ ne bi smjela biti veća od debljine pojasnice t_f

$$M_{Rd} = \frac{f_k}{\gamma_M} \cdot b_{ef} \cdot t_f \cdot \left(d - \frac{t_f}{2}\right)$$

- b_{ef} je proračunska širina pojasnice

31. 1. 2025.

Betonske i zidane konstrukcije 1

309

309

ARMIRANO ZIDĖ**Proračun armiranog zidnog nosača izloženog savijanju i /ili uzdužnoj sili u ravni**

- Mjerodavna nosivost na moment savijanja M_{Rd} je manja od dvije vrijednosti dane prethodnim izrazima, pri čemu ako je riječ o zidu s pojasnicom, debljine t_f u izrazu za M_{Rd} uzima se krak unutarnjih sila: $z = d - t_f/2$

31. 1. 2025.

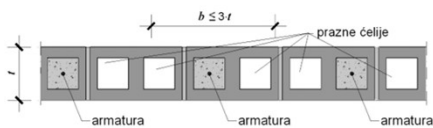
Betonske i zidane konstrukcije 1

310

310

ARMIRANO ZIDĖ**Proračun armiranog zidnog nosača izloženog savijanju i /ili uzdužnoj sili u ravni**

- Kada je vertikalna armatura u presjeku koncentrirana lokalno tako da element ne može biti tretiran kao presjek s pojasnicom (pri bočnom opterećenju, tj. opterećenju okomitom na ravninu zida) armiran presjek bit će onaj koji ima širinu ne veću od 3 debljine zida



31. 1. 2025.

Betonske i zidane konstrukcije 1

311

311

ARMIRANO ZIDĖ**Proračun armiranog zidnog nosača izloženog savijanju i /ili uzdužnoj sili u ravni**

- U proračunu presjeka izloženog maloj uzdužnoj sili, element može biti proračunan samo na savijanje, bez uzimanja u proračun uzdužne sile, ako je proračunsko osno tlačno naprezanje:

$$\sigma_d \leq 0,3 \cdot f_d$$

31. 1. 2025.

Betonske i zidane konstrukcije 1

312

312

ARMIRANO ŽIĐE

Proračun armiranog zidnog nosača izloženog savijanju i /ili uzdužnoj sili u ravnini

- Elementi armiranog zida s vitkošću (h_{ef}/t_{ef}) većom od 12, mogu se proračunati primjenom načela i pravila za nearmirane elemente, uzimajući u obzir učinke drugog reda, tako da se momentima savijanja (koji savijaju zide okomito na njegovu ravninu) pridoda dodatni proračunski moment savijanja, M_{ad} :

$$M_{ad} = \frac{N_{Ed} \cdot (h_{ef})^2}{2000 \cdot t}$$

31. 1. 2025.

Betonske i zidane konstrukcije 1

313

313

ARMIRANO ŽIĐE

Proračun armiranog zidnog nosača izloženog savijanju i /ili uzdužnoj sili u ravnini

- U zidu armiranom predgotovljenom armaturom u horizontalnim sljubnicama koja povećava otpornost na bočna opterećenja, kada je čvrstoća takve armature potrebna za postizanje koeficijenta momenta savijanja α_2 , smije se računati s prividnom čvrstoćom na savijanje $f_{xd2,app}$, tako da se izjednači proračunski moment otpornosti presjeka armiranog u horizontalnim sljubnicama i nearmiranoga presjeka iste debljine, prema izrazu:

$$f_{xd2,app} = \frac{6 \cdot A_s \cdot f_{yd} \cdot z}{b \cdot t^2}$$

31. 1. 2025.

Betonske i zidane konstrukcije 1

314

314

ARMIRANO ŽIĐE

Proračun armiranog zidnog nosača izloženog savijanju i /ili uzdužnoj sili u ravnini

- gdje je: $f_{xd2,app} = \frac{6 \cdot A_s \cdot f_{yd} \cdot z}{b \cdot t^2}$
- A_s ploština presjeka vlačne armature u horizontalnim sljubnicama, po metru
- f_{yd} proračunska granica popuštanja armature u horizontalnim sljubnicama
- z krak unutarnjih sila dan izrazom $z = d \cdot \left[1 - 0,5 \cdot \frac{A_s \cdot f_{yd}}{b \cdot d \cdot f_{td}} \right] \leq 0,95 \cdot d$
- b jedinična duljina zida ($b = 1,0$ m, tj. $b = 100$ cm)
- t debljina zida.

31. 1. 2025.

Betonske i zidane konstrukcije 1

315

315

ARMIRANO ŽIĐE

Armirationo žiđe s pojasnicom

- U armiranim elementima, kad je armatura u presjeku lokalno koncentrirana tako da element može djelovati kao element s pojasnicom, npr. oblika T ili L, debljinu pojasnice t_p treba uzeti kao debljinu zida, tj:

$$t_p = t < d/2,$$

gdje je, d proračunska visina presjeka

31. 1. 2025.

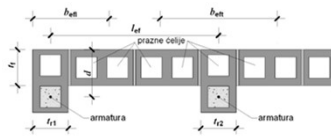
Betonske i zidane konstrukcije 1

316

316

ARMIRANO ZIDE**Armirano zide s pojasnicom**

- Na donjoj slici proračunska debljina pojasnice je: $t_f = d/2 < t$.
- Ako je zide sa slike opterećeno okomito na svoju ravninu, tada treba kontrolirati je li osigurana njegova sposobnost preuzimanja opterećenja koje djeluje između oslonaca (mjesto na kojima je postavljena armatura).



31. 1. 2025.

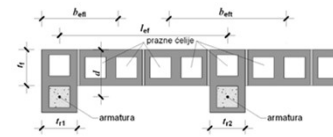
Betonske i zidane konstrukcije 1

317

317

ARMIRANO ZIDE**Armirano zide s pojasnicom**

- Proračunska širina elementa s pojasnicom, b_{eff} , tj. b_{eff} , iznosi:
- L-presjek: $b_{eff} = \min. \text{ od: } (t_1 + 6 \cdot t_f); l_d/2; h/6$; stvarna širina pojasnice
- T-presjek: $b_{eff} = \min. \text{ od: } (t_2 + 12 \cdot t_f); l_d/3; h/3$; stvarna širina pojasnice



31. 1. 2025.

Betonske i zidane konstrukcije 1

318

318

ARMIRANO ZIDE**Armirano zide s pojasnicom**

- Proračunska vrijednost momenta otpornosti, M_{Rd} , određuje se kao:

$$M_{Rd} = \frac{A_s \cdot f_{yk} \cdot z}{\gamma_s} = A_s \cdot f_{yd} \cdot z$$

- Krak unutarnjih sila je: $z = d \cdot 0,5 \cdot t_f$
- ali ta vrijednost ne smije biti veća od:

$$M_{Rd} \leq f_d \cdot b_{eff} \cdot t_f \cdot (d \cdot 0,5 \cdot t_f)$$

31. 1. 2025.

Betonske i zidane konstrukcije 1

319

319

ARMIRANO ZIDE**Zidni armirani nosači**

- U elementima armiranih zidnih nosača može se pretpostaviti linearna raspodjela unutarnjih sila, ako omjer visine tlačnog područja i statičke visine, x/d , ne premašuje 0,4 prije preraspodjele momenata.
- Proračunski raspon zidnih nosača
 - Jednorasponski ili kontinuirani → zbroj svijetlog otvora i objavljene ugradbene duljine ili kao razmak središta oslonaca povećanog za statičku visinu nosača, d , a mjerodavna je manja vrijednost.
 - Konzolni zidni nosači → razmak središta oslonca i kraja konzole ili kao razmak od lica oslonca do kraja konzole povećanog za polovicu statičke visine grede, $d/2$, a mjerodavna je manja vrijednost.

31. 1. 2025.

Betonske i zidane konstrukcije 1

320

320

ARMIRANO ZIDĖ**Zidni armirani nosači**

- Kod graničnog stanja nosivosti, proračunska poprečna sila armiranog zidnog nosača, V_{Ed} , treba biti manja ili jednaka proračunskoj posmičnoj otpornosti elementa, V_{Rd} , tako da je:

$$V_{Ed} \leq V_{Rd} = V_{Rd1} + V_{Rd2}$$

- V_{Rd1} je proračunska posmična otpornost elementa bez armature
- V_{Rd2} je proračunska posmična otpornost armature u elementu

31. 1. 2025.

Betonske i zidane konstrukcije 1

321

321

ARMIRANO ZIDĖ**Zidni armirani nosači**

- Kod nosača opterećenih jednoliko rasprostrtim opterećenjem, može se pretpostaviti da će se najveći posmik pojaviti na udaljenosti $d/2$ od lica oslonca, gdje je d statička visina elementa. Pri tome trebaju biti ispunjeni sljedeći uvjeti jednorasponskih ili kontinuiranih nosača:
 - opterećenje i reakcije na osloncu su takvi da uzrokuju dijagonalni tlak u elementu
 - na krajnjem osloncu kontinuiranog zidnog nosača, vlačna armatura koja je potrebna na udaljenosti $2,5 \cdot d$ od lica oslonca mora se sidriti u oslonac,
 - na srednjem osloncu kontinuiranog nosača, vlačna armatura koja je potrebna na licu oslonca mora prelaziti preko lica oslonca u polje još najmanje duljinu od $2,5 \cdot d$, i duljinu sidrenja.

31. 1. 2025.

Betonske i zidane konstrukcije 1

322

322

ARMIRANO ZIDĖ**Zidni armirani nosači**

- Proračunska otpornost na poprečnu silu elemenata armiranog zida, V_{Rd} , može se proračunati na dva načina:
 - zanemarujući doprinos poprečne armature ugrađene u element ako je poprečna armatura manja od minimalne, ili
 - uzimajući u obzir doprinos poprečne armature ugrađene u element ako je poprečna armatura veća ili jednaka minimalnoj
- Minimalna ploština armature dana je u točki 5.1.4, a minimalna ploština armature prema ostaloj literaturi dana je pri kraju točke 5.1.5.2. O minimalnoj armaturi biti će riječi i u poglavlju 6.

31. 1. 2025.

Betonske i zidane konstrukcije 1

323

323

ARMIRANO ZIDĖ**Zidni armirani nosači - određivanje posmične nosivosti zanemarujući poprečnu armaturu**

- Za elemente gdje se zanemaruje doprinos bilo kakve poprečne armature mora biti zadovoljen uvjet:

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

- gdje je:

$$V_{Rd1} = \frac{f_{vk} \cdot b \cdot d}{\gamma_M}$$

31. 1. 2025.

Betonske i zidane konstrukcije 1

324

324

ARMIRANO ŽIDE**Zidni armirani nosači - određivanje posmične nosivosti zanemarujući poprečnu armaturu**

- Ako uvjet, $V_{Ed} \leq V_{Rd1}$, nije ispunjen, tada treba:
 - povećati dimenzije presjeka b ili d , ili
 - povećati karakterističnu posmičnu čvrstoću žida f_{vk} (povećavši kakvoću morta)
 - ili smanjiti koeficijent γ_{M1} , tj. povećati kategoriju kontrole zidanja (ako je to moguće) ili
 - predvidjeti poprečnu armaturu

31. 1. 2025.

Betonske i zidane konstrukcije 1

325

325

ARMIRANO ŽIDE**Zidni armirani nosači - određivanje posmične nosivosti zanemarujući poprečnu armaturu**

- Zbog prisustva uzdužne armature u zidnim gredama, proračunska se otpornost V_{Rd1} na određenom presjeku, α_x , može povećati tako da se vrijednost karakteristične posmične čvrstoće žida, f_{vk} , pomnoži faktorom:

$$k = (2d/\alpha_x) \leq 4$$

- gdje je α_x udaljenost od lica ležaja do promatranog presjeka.

31. 1. 2025.

Betonske i zidane konstrukcije 1

326

326

ARMIRANO ŽIDE**Zidni armirani nosači - određivanje posmične nosivosti zanemarujući poprečnu armaturu**

- Uzimajući u obzir prethodni izraz izlazi da udaljenost α_x ne smije biti manja od $d/2$, tj. promatraju se presjeci na udaljenosti od oslonca jednakoj ili većoj od $d/2$.
- To također znači da se od oslonca do udaljenosti $d/2$ prema sredini raspona karakteristična posmična čvrstoća žida, f_{vk} , ne smije povećavati preko vrijednosti određene izrazima za određivanje f_{vk}
- Prethodni izraz vrijedi samo ako je tim faktorom povećana proračunska posmična čvrstoća, f_{vd} , manja od $0,3 \text{ N/mm}^2$, tj. n: $f_{vd} = f_{vk}/\gamma_{M1} \leq 0,3 \text{ N/mm}^2$

31. 1. 2025.

Betonske i zidane konstrukcije 1

327

327

ARMIRANO ŽIDE**Zidni armirani nosači - određivanje posmične nosivosti zanemarujući poprečnu armaturu**

- Prema EC6, dodatak J, u slučaju zidnih greda (nosača) ili žida kod kojih je armatura postavljena u tzv. džepove ili jezgre ili šupljine ispunjene betonom, vrijednost f_{vd} koja se rabi za proračun V_{Rd1} može se odrediti sljedećim izrazom (N/mm^2):

$$f_{vd} = \frac{0,35 + 17,5 \cdot \rho}{\gamma_M}$$

- pri čemu treba biti: $(0,35 + 17,5 \cdot \rho) \leq 0,7 \text{ N/mm}^2$.

- To ujedno znači da vrijednost bezdimenzijskog koeficijenta armiranja mora biti:

$$\rho = \frac{A_s}{b \cdot d} \leq 0,02$$

31. 1. 2025.

Betonske i zidane konstrukcije 1

328

328

ARMIRANO ZIDĖ**Zidni armirani nosači - određivanje posmične nosivosti zanemarujući poprečnu armaturu**

- Da bi se shvatio nastavak, treba definirati veličinu posmičnog raspona:
- Posmični raspon je omjer najvećega proračunskog momenta savijanja i najveće proračunske poprečne sile (dimenzija duljine, jer je to M/V).

31. 1. 2025.

Betonske i zidane konstrukcije 1

329

329

ARMIRANO ZIDĖ**Zidni armirani nosači - određivanje posmične nosivosti zanemarujući poprečnu armaturu**

- Za slobodno oslonjene armirane zidne grede i konzolno potporno zidē kod kojih je omjer posmičnog raspona, a_v , i proračunske (statičke) visine, d , šest ili manji, tj.: ($a_v/d \leq 6$), može se proračunska posmična čvrstoća f_{vd} povećati množeći ju faktorom, χ :

$$\chi = \left[2,5 - 0,25 \cdot \frac{a_v}{d} \right] \geq 1,0$$

- uz uvjet da je: $\chi f_{vd} \gamma_M \leq 1,75 \text{ N/mm}^2$

31. 1. 2025.

Betonske i zidane konstrukcije 1

330

330

ARMIRANO ZIDĖ**Zidni armirani nosači - određivanje posmične nosivosti uzimajući u obzir poprečnu armaturu**

- Za elemente kod kojih je poprečna armatura uzeta u obzir, treba provjeriti je li:

$$V_{Ed} \leq V_{Rd1} + V_{Rd2}$$

- V_{Rd1} je dan ranije dok, V_{Rd2} , predstavlja doprinos armature:

$$V_{Rd2} = 0,9 \cdot d \cdot \frac{A_{sw}}{s} \cdot \frac{f_{yk}}{\gamma_s} \cdot (1 + \cot \alpha) \cdot \sin \alpha$$

31. 1. 2025.

Betonske i zidane konstrukcije 1

331

331

ARMIRANO ZIDĖ**Zidni armirani nosači - određivanje posmične nosivosti uzimajući u obzir poprečnu armaturu**

$$V_{Rd2} = 0,9 \cdot d \cdot \frac{A_{sw}}{s} \cdot \frac{f_{yk}}{\gamma_s} \cdot (1 + \cot \alpha) \cdot \sin \alpha$$

- $A_{sw} = A_{sw}^1 m = A_{sw} = (\phi^2 \pi / 4) m$ = ploština poprečne armature u presjeku
- A_{sw}^1 = ploština jedne "grane", poprečne armature
- "m", broj "grana" poprečne armature; "m" naziva se "reznost"),
- s razmak poprečne armature (to je u zidu udaljenost horizontalnih sljubnica morta u kojima se nalazi armatura). Ako se posmična armatura A_{sw} nalazi u zidu u horizontalnim sljubnicama morta, onda je "m" broj žica u jednoj horizontalnoj sljubnici morta.

31. 1. 2025.

Betonske i zidane konstrukcije 1

332

332

ARMIRANO ZIDĖ

Zidni armirani nosači - određivanje posmične nosivosti uzimajući u obzir poprečnu armaturu

- Obično se unaprijed zna razmak "s" poprečne armature,
- Razmak ovisi o dimenzijama zidnih elemenata, pa treba odrediti profil ϕ tj. ploštinu $A_{sw} = (\phi^2 \pi / 4) \cdot m$:

$$A_{sw} \geq \frac{V_{Ed} - V_{Rd1}}{f_{yk}} \cdot \frac{s \cdot \gamma_s}{0,9 \cdot d \cdot (1 + \cot \alpha) \cdot \sin \alpha}$$

- α = kut nagiba poprečne armature na os elementa (vertikalna os zida). Ako je armatura u horizontalnim sljubicama tada je $\alpha = 90^\circ$

31. 1. 2025.

Betonske i zidane konstrukcije 1

333

333

ARMIRANO ZIDĖ

Zidni armirani nosači - određivanje posmične nosivosti uzimajući u obzir poprečnu armaturu

- Također treba provjeriti je li zadovoljen uvjet: $V_{Ed} \leq V_{Rd1} + V_{Rd2} \leq \frac{0,25 f_{tk} t d}{\gamma_M}$
- gdje je: f_{tk} karakteristična tlačna čvrstoća zidnog nosača u smjeru naprezanja. Ako je smjer tlačnog naprezanja okomit na smjer pružanja šupljina u zidnom elementu, tada mu tlačna čvrstoća može biti i do 4 puta manja.
- Ako uvjet izraza nije ispunjen, tada treba:
 - povećati dimenzije presjeka t ili d , ili
 - povećati karakterističnu tlačnu čvrstoću zida f_{tk}
 - ili smanjiti koeficijent γ_M , tj. povećati kategoriju kontrole zidanja (ako je to moguće).

31. 1. 2025.

Betonske i zidane konstrukcije 1

334

334

ARMIRANO ZIDĖ

Minimalna armatura

- U točki 8.2 norme HRN EN 1996-1-1, razrađeni su detalji armiranja zida.
- Najmanji promjer armature je 5 mm, tj. $\phi 5$.
- Ako u elementima armiranog zidnog nosača ili zida čelik za armiranje služi za povećanje čvrstoće u ravlini elementa tada je:

$$A_{s,min} = 0,0005 \cdot A \quad (0,05 \% \text{ od } A)$$

- Ploština presjeka elementa: $A = t_{gr} \cdot d$

31. 1. 2025.

Betonske i zidane konstrukcije 1

335

335

ARMIRANO ZIDĖ

Minimalna armatura

- U zidu u kojem je ugrađen čelik za armiranje u horizontalnim sljubicama radi povećanja otpornosti na bočna opterećenja (okomito na ravninu zida), ukupna ploština takve armature ne smije biti manja od 0,03 % bruto ploštine presjeka zida (tj. u horizontalnim sljubicama po 0,015 % uz svako lice).
- Ako je armatura postavljena u horizontalnim sljubicama da pomogne kontrolirati raspucavanje ili osigurati duktilnost, ukupna ploština armature ne smije biti manja od 0,03 % bruto ploštine presjeka zida

31. 1. 2025.

Betonske i zidane konstrukcije 1

336

336

ARMIRANO ZIĐE**Minimalna armatura**

- U armiranom šupljem zidu sa šupljinama ispunjenim sitnozrnatim betonom, ako je element proračunan da nosi samo u smjeru jednog raspona, tada poprečnu armaturu treba postaviti u smjeru okomitom na glavnu armaturu radi raspodjele naprezanja.
- Ploština poprečne armature ne smije biti manja od 0,05 % ploštine presjeka elementa.
- Ako se u elementu zahtijeva poprečna armatura, ploština poprečne armature ne treba biti manja od 0,05 % ploštine presjeka elementa.

31. 1. 2025.

Betonske i zidane konstrukcije 1

337

337

BETONSKE I ZIDANE KONSTRUKCIJE 1**Armirano zide**

Prof. dr. sc. Tomislav Kišiček
Zavod za Konstrukcije



338

ARMIRANO ZIĐE

26. 1. 2024.

Betonske i zidane konstrukcije 1

339

339

ARMIRANO ZIĐE**Armirano zide – proračun na posmik**

- Treba razmotriti povećanje doprinosa ispunskoga betona posmičnoj otpornosti elemenata armiranog zida, pa ako ispunski beton daje znatno veći doprinos posmičnoj otpornosti od zida, treba ga uzeti u obzir prema normi EN 1992-1-1, a čvrstoću zida treba zanemariti

26. 1. 2024.

Betonske i zidane konstrukcije 1

340

340

ARMIRANO ZIĐE**Armirano ziđe – proračun na posmik**

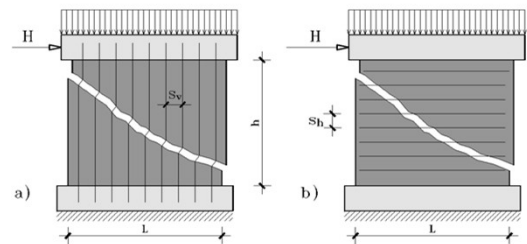
- Na zid djeluju sile, vertikalna N (najčešće nepromjenljiva) i horizontalna sila H (promjenljiva).
- Ako je nosivost zida na posmik, u horizontalnim slijubnicama morta, veća od nosivosti na dijagonalni slom, tada pri povećanju horizontalne sile može nastati slom u obliku kose pukotine
- Vertikalna armatura preuzima dio horizontalne sile lokalnim savijanjem na mjestu pukotine, tzv. moždaničko djelovanje (engl. dowel action)

26. 1. 2024.

Betonske i zidane konstrukcije 1

341

341

ARMIRANO ZIĐE**Armirano ziđe – proračun na posmik**

26. 1. 2024.

Betonske i zidane konstrukcije 1

342

342

ARMIRANO ZIĐE**Armirano ziđe – proračun na posmik**

- Ziđe armirano vertikalnom armaturom može preuzeti manje horizontalne sile nego ziđe koje je armirano horizontalnom armaturom.
- Vertikalna armatura nije u stanju spriječiti krhki dijagonalni slom bez obzira koliko je u zidu ima.
- No, rijetko se u zidu postavlja vertikalna armatura uzduž zida, jer zidni elementi nisu oblikovani za takav raspored armature.
- Češće se vertikalna armatura postavlja u vertikalne serklaže na krajevima zida.

26. 1. 2024.

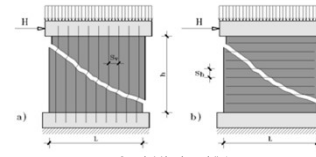
Betonske i zidane konstrukcije 1

343

343

ARMIRANO ZIĐE**Armirano ziđe – proračun na posmik**

- Pretpostavlja se da su vertikalne šipke postavljene na razmaku s_w a horizontalne šipke na razmaku s_h .
- Omjer visine (h) i duljine (L) zida, (h/L), može biti manji ili veći od jedan.
- Prema tom omjeru odredi se broj šipki koje prelaze preko pukotine.



26. 1. 2024.

Betonske i zidane konstrukcije 1

344

344

ARMIRANO ŽIDE**Armirano žide – proračun na posmik**

- Horizontalna armatura treba u sljubnicama morta na krajevima imati horizontalne kuke.
- Ako je žide na svojim krajevima omeđeno vertikalnim armiranobetonskim serklažima, tada se može smatrati da je 100 % horizontalne armature s kukama iz sljubnica učinkovito usidreno u serklaže.

26. 1. 2024.

Betonske i zidane konstrukcije 1

345

345

ARMIRANO ŽIDE**Armirano žide – proračun na posmik**

- Sama vertikalna armatura može preuzeti proračunsku sljedeću horizontalnu silu:

$$V_{Rd,v} = C \cdot \phi_v^2 \cdot f_{yd} \cdot n_v \cdot m_v$$

- C koeficijent armature (0,18 za glatku ili 0,25 za rebrastu armaturu)
- ϕ_v promjer šipke (žice) vertikalne armature
- f_{yd} proračunska čvrstoća armature ($f_{yd} = f_{yk}/\gamma_s$)

26. 1. 2024.

Betonske i zidane konstrukcije 1

346

346

ARMIRANO ŽIDE**Armirano žide – proračun na posmik**

- Sama vertikalna armatura može preuzeti proračunsku sljedeću horizontalnu silu:

$$V_{Rd,v} = C \cdot \phi_v^2 \cdot f_{yd} \cdot n_v \cdot m_v$$

- n_v broj mjesta vertikalnih šipki (žica) koje prelaze preko pukotine i koje su učinkovito usidrene u neoštećen materijal izvan pukotine
- Ako je sva armatura učinkovito usidrena u gornji i donji serklaž tada: $n_v = (L/s_v)$, (ako je n_v decimalan broj, u proračun se uzima n_v kao prvi manji cijeli broj)
- m_v broj grupiranih vertikalnih šipki na razmaku s_v . Najčešće je $m_v = 1$, tj. po jedna šipka na razmaku s_v

26. 1. 2024.

Betonske i zidane konstrukcije 1

347

347

ARMIRANO ŽIDE**Armirano žide – proračun na posmik**

- Horizontalna armatura teorijski može preuzeti sljedeću proračunsku horizontalnu silu:

$$V_{Rd,h} = 0,25 \cdot \phi_h^2 \cdot \pi \cdot f_{yd} \cdot n_h \cdot m_h$$

- ϕ_h promjer šipke (žice) horizontalne armature,
- Prije pojave pukotine:
- n_h broj redova horizontalnih šipki koje prelaze preko buduće pukotine. Ovaj broj ovisi o stanju prije i poslije pukotine: $n_h = h/s_h$
- m_h broj horizontalnih šipki u jednoj sljubnici

26. 1. 2024.

Betonske i zidane konstrukcije 1

348

348

ARMIRANO ZIDJE**Armirano zidje – proračun na posmik**• Nakon pojave pukotine:

- $n_{h,puk}$ broj redova horizontalnih šipki (žica) koje prelaze preko pukotine i koje su učinkovito usidrene u neoštećen materijal zida izvan pukotine. Slijedi:

$$n_{h,puk} = C_{ef} \cdot (h/s_h) = C_{ef} \cdot n_h$$

- C_{ef} koeficijent učinkovitosti sidrenja horizontalne armature nakon pojave pukotine.

26. 1. 2024.

Betonske i zidane konstrukcije 1

349

349

ARMIRANO ZIDJE**Armirano zidje – proračun na posmik**

- Ako je 70% horizontalne armature koja prelazi preko pukotine učinkovito usidreno u zidje s obje strane pukotine i sudjeluje u preuzimanju horizontalne sile, tada je $C_{ef} = 0,7$
- Ako je zidje na svojim krajevima omeđeno vertikalnim armiranobetonskim serklažima, tada se može pretpostaviti da se 100% horizontalne armature učinkovito sidri u serklaže, tj. $C_{ef} = 1,0$
- Eksperimentalna istraživanja pokazuju da je učinkovitost vertikalne armature zanemariva. Zato se doprinos vertikalne armature (ako vertikalna armatura u zidu uz horizontalnu, postoji) ne uzima u obzir.

26. 1. 2024.

Betonske i zidane konstrukcije 1

350

350

ARMIRANO ZIDJE**Armirano zidje – proračun na posmik**

- Izraz za proračunsku silu nosivosti armiranog zida, tik prije pojave kose pukotine, sastoji se od proračunske nosivosti nearmiranog zida V_{Rhd} i proračunskog doprinosa horizontalne armature.

$$V_{Rd} = V_{Rhd} + C_R \cdot \frac{\phi_h^2 \pi f_{yk}}{4 \gamma_s} n_h m_h$$

- Nakon stvaranja pukotine vrijednost $V_{Rhd} = 0$

$$V_{Rhd} = C_r \cdot A_m \cdot \tau_{Rd}$$

- C_R koeficijent smanjenja nosivosti tj. naprezanja horizontalne armature prije pojave kose pukotine koji ovisi o kvaliteti i vrsti zida i armature, i ne uključuje učinkovitost sidrenja armature iza pukotine.

26. 1. 2024.

Betonske i zidane konstrukcije 1

351

351

ARMIRANO ZIDJE**Armirano zidje – proračun na posmik**

- Koeficijent C_R , koji se utvrđuje eksperimentalno, varira u rasponu od 0,17 do 0,50.
- Preporuča se u nedostatku eksperimentalnih podataka uzeti $C_R = 0,3$.
- Nakon stvaranja kose pukotine (za određivanje vrijednosti minimalne armature): $C_R \rightarrow C_{R,puk} = 1,0$, tj. pretpostavlja se da naprezanje u horizontalnoj armaturi doseže punu proračunsku vrijednost f_{yd}

26. 1. 2024.

Betonske i zidane konstrukcije 1

352

352

ARMIRANO ZIĐE**Armirano ziđe – proračun na posmik**

- Količina minimalne horizontalne armature ziđa mora biti temeljena na proračunu prijenosa sila i energije od stanja ziđa bez pukotina na pukotinsko stanje (Schultz) .
- Prva Schultzova teorija osniva se na preuzimanju poprečne sile armaturom nakon dijagonalne pukotine.
- Druga teorija se temelji na kriteriju energije koja je oslobođena nakon dijagonalne pukotine i koju treba preuzeti armatura.
- Vrijednost minimalne armature raste s vertikalnim tlačnim naprezanjem u ziđu kao i s omjerom visine i duljine ziđa (h/l), a mijenja se od 0,05% do 0,25% presjeka ziđa.

26. 1. 2024.

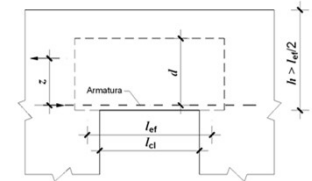
Betonske i zidane konstrukcije 1

353

353

ARMIRANO ZIĐE**Armirano ziđe – Zidni (visokostjeni) nosač od armiranog ziđa izložen vertikalnom opterećenju**

- Zidni (visokostjeni) nosači su oni kod kojih je omjer ukupne visine ziđa, h , iznad otvora i proračunskog raspona, l_{ef} , najmanje 0,5 dok je:
- $l_{ef} \approx 1,15 \cdot l_{cl}$ tj.
- $h/l_{cl} \geq 1,15 \cdot 0,5 = 0,575$
- gdje je l_{cl} svijetla širina otvora



26. 1. 2024.

Betonske i zidane konstrukcije 1

354

354

ARMIRANO ZIĐE**Armirano ziđe – Zidni (visokostjeni) nosač od armiranog ziđa izložen vertikalnom opterećenju**

- Krak unutarnjih sila, z , zidnog (visokostjenog) nosača može se uzeti kao manja od dviju vrijednosti: $z = 0,7 \cdot l_{ef}$ ili $z = 0,4 \cdot h + 0,2 \cdot l_{ef}$
- gdje je h visina zidnog nosača, što znači da je:
- $z/l_{cl} = 1,15 \cdot 0,7 = 0,805$ ili $z/l_{cl} = 0,4 \cdot (h/L) + 0,23$
- Ako tlačno područje zidnog (visokostjenog) nosača nije pridržano horizontalno treba ga provjeriti na izvijanje. Osim toga, treba provjeriti tlačno naprezanje na ležajevima zidnog (visokostjenog) nosača



26. 1. 2024.

Betonske i zidane konstrukcije 1

355

355

ARMIRANO ZIĐE**Armirano ziđe – Zidni (visokostjeni) nosač od armiranog ziđa izložen vertikalnom opterećenju**

- Kod graničnog stanja nosivosti, proračunski moment armiranog zidnog (visokostjenog) ziđa, M_{Ed} , treba biti manji ili jednak proračunskom momentu nosivosti, M_{Rd} , tako da je:

$$M_{Ed} \leq M_{Rd}$$

- Kao opterećenje treba uzeti sve ono koje je smješteno iznad proračunskog raspona.
- Da bi se odredila količina armature, zidni se nosač može uzeti slobodno poduprt na ležajima

26. 1. 2024.

Betonske i zidane konstrukcije 1

356

356

ARMIRANO ZIDJE

Armirano zidje – Zidni (visokostjeni) nosač od armiranog zida izložen vertikalnom opterećenju

- Armatura koja je potrebna u vlačnom području zidnog (visokostjenog) nosača može se odrediti izrazom:

$$A_s = \frac{M_{ed} \gamma_s}{f_{yk} z}$$

- Da se ne bi pojavile prekomjerne pukotine, treba dodati još konstrukcijske armature u horizontalne sljubnice iznad glavne armature do visine $0,5 \cdot l_{ef}$ ili $0,5 \cdot d$, od donjeg ruba nosača, može se odabrati manja veličina.

26. 1. 2024.

Betonске i zidane konstrukcije 1

357

357

ARMIRANO ZIDJE

Armirano zidje – Zidni (visokostjeni) nosač od armiranog zida izložen vertikalnom opterećenju

- Proračunska vrijednost momenta otpornosti, M_{Rd} , ako se proračunava pomoću karakteristika zida vrijedi za zidne elemente skupine 1, (ali ne i za zidne elemente od lakoagregatnoga betona), dana je izrazom:

$$M_{Rd} \leq 0,4 \cdot f_d \cdot b \cdot d^2$$

- Proračunska vrijednost momenta otpornosti, M_{Rd} , za zidne elemente skupine 2, 3 i 4, ali i za zidne elemente skupine 1 ako su ti zidni elementi izvedeni od lakoagregatnoga betona, dana je izrazom:

$$M_{Rd} \leq 0,3 \cdot f_d \cdot b \cdot d^2$$

26. 1. 2024.

Betonске i zidane konstrukcije 1

358

358

ARMIRANO ZIDJE

Armirano zidje – Zidni (visokostjeni) nosač od armiranog zida izložen vertikalnom opterećenju

- U prethodnim izrazima za f_d se uzima proračunska tlačna čvrstoća zida u smjeru opterećenja (može biti znatno manja od proračunske tlačne čvrstoće zida, ako je smjer tlačnog naprezanja okomit na smjer pružanja perforacija ili šupljina u zidnim elementima), ili proračunska tlačna čvrstoća ispunskoga betona, a mjerodavna je manja vrijednost

26. 1. 2024.

Betonске i zidane konstrukcije 1

359

359

ARMIRANO ZIDJE

Armirano zidje – Zidni (visokostjeni) nosač od armiranog zida izložen vertikalnom opterećenju

- Za granično stanje nosivosti nije potrebna poprečna armatura ako je proračunska nosivost, V_{Rd1} , veća ili je jednaka vrijednosti proračunske poprečne sile, V_{Ed} . Vrijednost V_{Rd1} , određena je izrazom:

$$V_{Rd1} = f_{vd} \cdot t \cdot d$$

i statičkom visinom $d = 1,3 \cdot z \leq 0,9 \cdot h$

26. 1. 2024.

Betonске i zidane konstrukcije 1

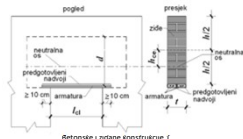
360

360

ARMIRANO ZIĐE

Armirano ziđe – Spregnuti (kompozitni) nadvoji koji oblikuju visoki zidani nosač

- Ako se rabe armirani ili prednapeti predgotovljeni nadvoji koji djeluju spregnuto sa zidom i ako je krutost predgotovljenoga nadvoja mala u usporedbi sa zidom iznad njega, proračun se visokih zidanih nosača temelji na prethodnoj točki, pod uvjetom da ugradbena duljina na svakom kraju predgotovljenog nadvoja nije manja od 100 mm



26. 1. 2024.

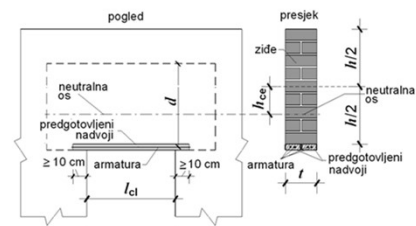
Betonske i zidane konstrukcije I

361

361

ARMIRANO ZIĐE

Armirano ziđe – Spregnuti (kompozitni) nadvoji koji oblikuju visoki zidani nosač



26. 1. 2024.

Betonske i zidane konstrukcije I

362

362

ARMIRANO ZIĐE

Armirano ziđe – Spregnuti (kompozitni) nadvoji koji oblikuju visoki zidani nosač

- Do svijetloga raspona od 3 m smije se pretpostaviti spregnuto djelovanje, a diferencijalni se pomaci između predgotovljenoga spregnutoga nadvoja i dozidanoga dijela visokoga zidanoga nosača prouzročeni temperaturnim pomacima, skupljanjem i pužanjem smiju zanemariti.
- Spregnuto se djelovanje ne smije pretpostaviti za svijetle rasponne veće od 3,0 m.
- Tada se može upotrijebiti model luka sa zategom koju tvori predgotovljeni dio.

26. 1. 2024.

Betonske i zidane konstrukcije I

363

363

ARMIRANO ZIĐE

Armirano ziđe – Spregnuti (kompozitni) nadvoji koji oblikuju visoki zidani nosač

- Proračunski raspon spregnutih nadvoja treba uzeti kao svijetlu širinu l_{cl} otvora premoštenog nadvojem povećanu za objavlvenu ugradbenu duljinu ≥ 100 mm.
- Pri određivanju momenata savijanja spregnuti se nadvoj može promatrati kao slobodno oslonjen.

26. 1. 2024.

Betonske i zidane konstrukcije I

364

364

ARMIRANO ZIDE**Stropne konstrukcije**

- Stropne konstrukcije mogu biti različitih vrsta i materijala.
- Mogu biti u cijelosti izvedene na gradilištu, a mogu biti i polumontažne ili montažne.
- Stropovi koji se izvođe u cijelosti na gradilištu obično su armiranobetonske ploče koje nose u jednom smjeru ili u oba smjera, ili su to polumontažni stropovi.

26. 1. 2024.

Betonske i zidane konstrukcije 1

365

365

ARMIRANO ZIDE**Stropne konstrukcije**

- Polumontažnih stropova ima više vrsta a najviše se upotrebljava tzv. „Fert“ strop. To je strop koji nosi u jednom smjeru.
- Sastoji se od predgotovljenih opečnih gredica armiranih uzdužnom armaturom i RAN-om (Rešetkasti Armaturni Nosač).
- Gredice se proizvode u tvornici. Njihova duljina može biti različita, a određuje se prema potrebi projekta.

26. 1. 2024.

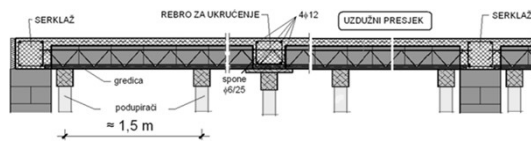
Betonske i zidane konstrukcije 1

366

366

ARMIRANO ZIDE**Stropne konstrukcije**

- Gredice se postavljaju na poprečne podupirače čiji je međusobni razmak 120 do 150 cm. Ti se podupirači ostavljaju (ne skidaju) dok beton u konstrukciji ne dosegne starost od najmanje 14 dana, a poželjno je da se ne skidaju do starosti betona od 28 dana



26. 1. 2024.

Betonske i zidane konstrukcije 1

367

367

ARMIRANO ZIDE**Stropne konstrukcije**

- Međusobna osna udaljenost paralelnih gredica iznosi 50 cm (može biti i 40 cm ili 60 cm), u koji se međuprostor postavljaju stropne ispune
- Ako strop treba preuzeti opterećenje pregradnog zida, čija je duljina paralelna s pružanjem gredica, tada se na tom pravcu (ispod pregradnog zida) u stropu izvođe dvije ili tri gredice jedna do druge, da bi preuzele opterećenje zida.
- U takvom slučaju svakako se mora ispitati konačni progib koji čini zbroj kratkotrajnog progiba (od opterećenja) i dugotrajnog progiba (od puzanja i skupljanja) grede oblikovane od dvije ili tri gredice.

26. 1. 2024.

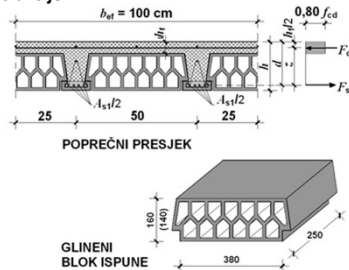
Betonske i zidane konstrukcije 1

368

368

ARMIRANO ŽIĐE

Stropne konstrukcije



26. 1. 2024.

Betonske i zidane konstrukcije 1

369

369

ARMIRANO ŽIĐE

Stropne konstrukcije

- Progib stropa bez opterećenja pregradnim zidom ne smije biti veći od $l/250$ gdje je l raspon stropa.
- Nakon izvedbe pregradnog zida dodatni progib ne smije biti veći od $l/500$. Prema tome, konačni progib ne smije biti veći od $(3l/500)$ ili $l/167$.
- Ta ograničenja vrijede i za pregradne zidove čija je ravnina okomita na smjer pružanja gredica.
- Stropne ispune najčešće se izvode od pečene gline, ali i od betona. Ispune su raznih profila i broja šupljina, duljine su obično 25 cm, a visine (14, 16 ili 19 cm). Širina im je takva da ih se može postaviti između gredica.

26. 1. 2024.

Betonske i zidane konstrukcije 1

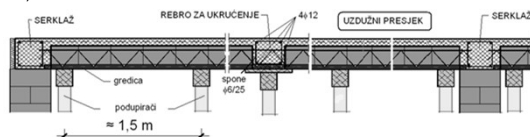
370

370

ARMIRANO ŽIĐE

Stropne konstrukcije

- Poprečno na „Fert“ gredice postavlja se tzv. ukrćujuća greda. Ta se greda katkada naziva i rebro za ukrćenje, a ima funkciju horizontalnog ukrćenja stropa i jednoličnije raspodjele koncentriranih vertikalnih sila.
- Greda za ukrćenje postavlja se u debljini „Fert“ stropa čiji su rasponi veći od 4,0 m.



26. 1. 2024.

Betonske i zidane konstrukcije 1

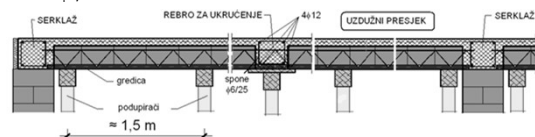
371

371

ARMIRANO ŽIĐE

Stropne konstrukcije

- Kod raspona „Fert“ stropa od 4-6 m postavlja se jedna takva greda u polovici raspona, dok se za raspone veće od 6 m postavljaju dvije grede za ukrćenje, u trećinama raspona.
- Grede za ukrćenje imaju uzdužnu armaturu $4\phi 10$ ili $4\phi 12$ i poprečnu u obliku vilica $\phi 6/25$ cm



26. 1. 2024.

Betonske i zidane konstrukcije 1

372

372

ARMIRANO ŽIĐE**Stropne konstrukcije**

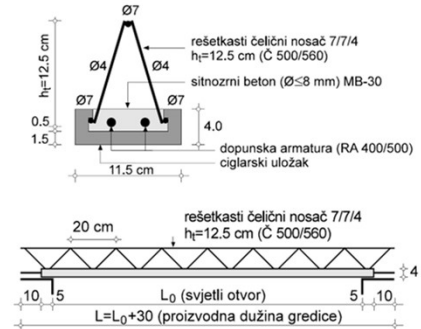
- Dvije uzdužne šipke armature postavljaju se na opečni dio „Fert“ gredica, a one su dio RAN-a
- Na stropne ispune postavlja se mrežna armatura Q-131 ili pojedinačne žice $\phi 6$ mm u oba smjera na razmaku od 25 cm.
- "Fert" stropovi se obvezno naslanjaju na nosive zidove ili grede. Na nosivim zidovima uokolo takvog stropa obvezno treba izvesti horizontalne armiranobetonske serklaže, koji kao prsten omeđuju stropnu konstrukciju te joj, uz tanku (5-8 cm) ploču stropa i grede za ukrućenje ili druge nosive grede, daju horizontalnu krutost.

26. 1. 2024.

Betonske i zidane konstrukcije 1

373

373

ARMIRANO ŽIĐE
Stropne konstrukcije

26. 1. 2024.

Betonske i zidane konstrukcije 1

374

374

ARMIRANO ŽIĐE**Stropne konstrukcije**

- Serklaži također imaju konstrukcijsku armaturu $4\phi 10$ ili $4\phi 12$ i poprečnu u obliku vilica $\phi 6/25$ cm. Nakon postavljanja sve armature pristupa se betoniranju.
- Jasno je da prije betoniranja treba opečnu ispunu i armaturu očistiti od sve vrste nečistoća, a armaturu treba još očistiti i od masnoće i hrđe.
- Obično se takvi stropovi izvode kao slobodno položeni, ali se mogu izvoditi i kao kontinuirani. Kod kontinuiranih stropova valja paziti da na srednjim ležajevima, gdje su tlačna naprezanja u donjoj zoni, ima dovoljno betonskog presjeka koji će preuzeti takva naprezanja

26. 1. 2024.

Betonske i zidane konstrukcije 1

375

375

ARMIRANO ŽIĐE**Stropne konstrukcije**

- Zbog toga se ponekad umjesto stropnih ispuna treba dio raspona lijevo i desno od srednjeg ležaja (0,1/ do 0,2/) izbetonirati da bi mogao preuzeti tlačna naprezanja.
- Naravno da u gornjem području (zoni) treba proračunati potrebnu armaturu za preuzimanje vlačnih naprezanja.
- Polumontažni stropovi, koji u svakom katu imaju raspon u istom smjeru, opterećuju samo one zidove koji se pružaju okomito na njihov smjer tj. one koji im služe kao ležaj. S obzirom na takvo opterećenje, ti (više opterećeni) zidovi pružaju veću otpornost horizontalnim silama

26. 1. 2024.

Betonske i zidane konstrukcije 1

376

376

ARMIRANO ZIDE**Stropne konstrukcije**

- Zidovi, smjera pružanja paralelnog „Fert“ gredicama, obično nose samo vlastitu težinu i težinu zidova iznad sebe, pa je i tlačno, vertikalno, naprezanje u njima manje od zidova na koje se oslanjaju stropne konstrukcije.
- Time je ujedno smanjena i njihova posmična nosivost.

26. 1. 2024.

Betonske i zidane konstrukcije 1

377

377

ARMIRANO ZIDE**Stropne konstrukcije**

- Da bi se odredila podjednaka nosivost na posmik svih zidova u građevini, Kolobov je predložio da se u svakoj etaži promijeni smjer raspona stropnih konstrukcija
- Tako bi svaki zid u etaži bio podjednako opterećen. Mijenjanje smjera nosivosti stropa u svakoj etaži nije uvijek moguće, ali bi o povoljnim učincima takvog rasporeda valjalo voditi računa pri projektiranju zidanih zgrada

26. 1. 2024.

Betonske i zidane konstrukcije 1

378

378

ARMIRANO ZIDE**Stropne konstrukcije**

- VAŽNO → Gredice i ispuna ovakvog („Fert“) stropa ne smije se upotrebljavati kao konzolna konstrukcija.
- Naime, ovakvi stropni glineni elementi ne dopuštaju tlačno naprezanje jer je njihova tlačna čvrstoća vrlo mala a ne mogu trpjeti puzanje.
- U praksi se (kod izvedbi balkona) događalo da su donji dijelovi glinenih blokova ispune (pod djelovanjem tlačnih naprezanja) između gredica otpadali. (U polju tlačna naprezanja preuzima betonska ploča).

26. 1. 2024.

Betonske i zidane konstrukcije 1

379

379

ARMIRANO ZIDE**Stropne konstrukcije**

- Polumontažne stropne konstrukcije, zidanih građevina, imaju osnovne komponente svojeg nosivog sustava, armaturu i beton, tj. armirani beton.
- Zbog toga kod njih vrijede metode graničnih stanja nosivosti i uporabljivosti, primjerene armiranom betonu, tj. načelima koja su određena u EC 2.
- Pojednostavnjeni proračun određuje armaturu prema sljedećem izrazu:

$$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\left(d - \frac{h_f}{2}\right) f_{yd}} \quad \sigma_s = \frac{M_{Ed}}{\left(d - \frac{h_f}{2}\right) b_{ef} h_f} \leq 0,8 f_{cd}$$

- Proračunsko tlačno naprezanje σ_{cd} u ploči ne smije biti veće od $0,8 f_{cd}$

26. 1. 2024.

Betonske i zidane konstrukcije 1

380

380

ARMIRANO ŽIDE**Stropne konstrukcije**

- Najveći proračunski moment savijanja, max. i min. armatura „Fert „ stropa

$$M_{Ed, max} = 0,80 \cdot f_{cd} \cdot \left(d - \frac{h_t}{2}\right) \cdot b_{ef} \cdot h_t \quad A_{s, max} = 0,80 \cdot \frac{f_{cd}}{f_{yd}} \cdot b_{ef} \cdot h_t$$

- Ili (3φ12+2φ8) po gredici, tj. za dvije gredice na metar širine stropa:

$$A_{s, max} = 2 \cdot (3\phi 12 + 2\phi 8) = 2 \cdot (3,39 + 1,01) = 8,80 \text{ cm}^2$$

26. 1. 2024.

Betonske i zidane konstrukcije 1

381

381

ARMIRANO ŽIDE**Stropne konstrukcije**

- Osim toga, kod predgotovljenih stropova zadovoljen je uvjet iz HRN EN 1992-1-1, da je:

$$x/d < 0,45$$

$$b_{ef}/b_w \geq 5 \text{ i}$$

$$h_t/d = 5/18 = 0,278 \leq 0,286$$

26. 1. 2024.

Betonske i zidane konstrukcije 1

382

382

ARMIRANO ŽIDE**Stropne konstrukcije**

- U polju se širina vlačnog područja betona, b_w za 1 m širine predgotovljenoga stropa može uzeti sa: $b_w = 2 \cdot 10 \text{ cm} = 20 \text{ cm}$
- Omjer širina tlačnog i vlačnog područja je zato : $b_{ef}/b_w = 100/20 = 5$.
- Omjer debljine pojasnice, h_t , i ukupne debljine stropa, h , iznosi: $h_t/h = 5/20 = 0,25$ do $h_t/h = 5/25 = 0,20$.
- Iz ovih omjera određuje se izraz za minimalnu armaturu (Sorić):

$$A_{s, min} = \rho' \cdot \frac{f_{ck, cube}}{f_{yd}} \cdot b_w \cdot d$$

- Preporučuje se uzeti $\rho' = 0,030$

26. 1. 2024.

Betonske i zidane konstrukcije 1

383

383

ARMIRANO ŽIDE**Nadvoji**

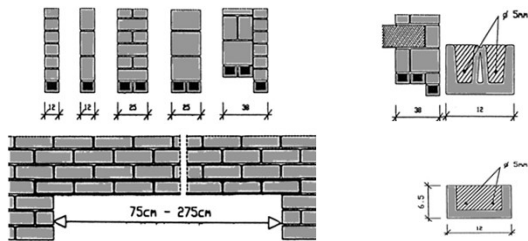
- Nadvoji su elementi konstrukcije koji premošćuju otvore u zidu.
- Njihova je funkcija da preuzmu vertikalna opterećenja i predaju ih zidu na koje naliježu.
- Kvalitetniji nadvoji imaju i poprečnu armaturu koja "ulazi" u vertikalne sljubnice morta gornjeg reda zidnih elemenata.

26. 1. 2024.

Betonske i zidane konstrukcije 1

384

384

ARMIRANO ZIĐE**Nadvoji - Predgotovljeni prednapeti opečni nadvoji**

26. 1. 2024.

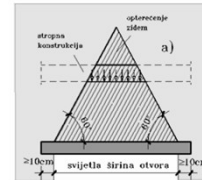
Betonske i zidane konstrukcije 1

385

385

ARMIRANO ZIĐE**Nadvoji**

- Zbog lučnog djelovanja зида изnad отвора обічно се узима да надвоји преузимају оптерећење зида и стropне конструкције које се налази у подручју истоstrаничног трокута



26. 1. 2024.

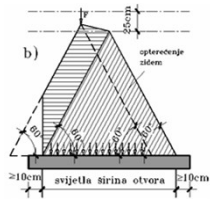
Betonske i zidane konstrukcije 1

386

386

ARMIRANO ZIĐE**Nadvoji**

- Ako iznad nadvoja, ali unutar ili u blizini ruba takvog istostraničnog trokuta leži koncentrirana sila (ležaj grede i sl.), dopušteno je raspodijeliti ju kao kontinuirano opterećenje na nadvoj pod kutom od 60° od mjesta njezinog djelovanja



26. 1. 2024.

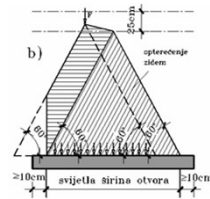
Betonske i zidane konstrukcije 1

387

387

ARMIRANO ZIĐE**Nadvoji**

- Ako koncentrirana sila leži izvan trokuta, ali unutar raspona nadvoja i unutar 25 cm od vrha trokuta, također ju valja uzeti u obzir



26. 1. 2024.

Betonske i zidane konstrukcije 1

388

388

OMEĐENO ZIDE

26. 1. 2024.

Betonske i zidane konstrukcije 1

389

389

OMEĐENO ZIDE

Omeđeno zide

- Omeđeno zide (engl. confined masonry) jest ono koje se nakon zidanja omeđuje armiranobetonskim vertikalnim i horizontalnim serklažima.
- Time se postiže: bolja (cik-cak) povezanost zida i betona vertikalnih serklaža, ostavlja vremena mortu u zidu da se osuši, te da se dogodi veći dio deformacija zbog skupljanja.
- Veza se može ostvariti i sponama zide - vertikalni serklaž.
- HORIZONTALNI SERKLAŽI NISU SAMOSTOJEĆE GREDE NITI SU VERTIKALNI SERKLAŽI SAMOSTOJEĆI STUPOVI

26. 1. 2024.

Betonske i zidane konstrukcije 1

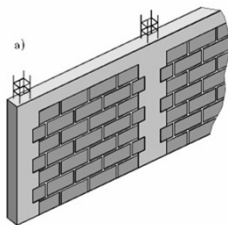
390

390

OMEĐENO ZIDE

Omeđeno zide

- Primjeri omeđenog zida a) cik-cak veza zida i vertikalnih serklaža



26. 1. 2024.

Betonske i zidane konstrukcije 1

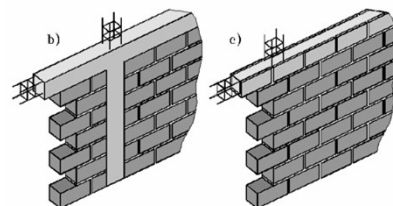
391

391

OMEĐENO ZIDE

Omeđeno zide

- Primjeri omeđenog zida b) ravna veza zida i armiranobetonskih serklaža, c) vertikalni i horizontalni serklaži unutar zidnih elemenata



26. 1. 2024.

Betonske i zidane konstrukcije 1

392

392

OMEĐENO ZIDJE**Omeđeno zidje**

- Pri provjeri omeđenih armiranih zidova izloženih savijanju i/ili osnom opterećenju treba usvojiti pretpostavke za armirano zidje.
- U tlačnim područjima treba blok tlačnog naprezanja temeljiti samo na karakterističnoj tlačnoj čvrstoći zida, f_{yk} , a tlačnu čvrstoću betona u vertikalnom serklažu uzeti jednaku tlačnoj čvrstoći zida, f_k
- Tlačnu armaturu treba u tom proračunu zanemariti.
- Debljina omeđenog zida mora biti barem $t = 24 \text{ cm}$!!!

26. 1. 2024.

Betonske i zidane konstrukcije 1

393

393

OMEĐENO ZIDJE**Omeđeno zidje**

- EC6 također preporuča da pri provjeri omeđenih elemenata izloženih posmiku treba svu armaturu vertikalnih i horizontalnih serklaža zanemariti.
- Nosivost omeđenog zida treba proračunati, u seizmičkim situacijama, tako da se uzme u obzir samo zidje.
- Ne treba uzeti u obzir čvrstoću armiranog betona

26. 1. 2024.

Betonske i zidane konstrukcije 1

394

394

OMEĐENO ZIDJE**Omeđeno zidje**

- Tada se može usvojiti pretpostavka da armiranobetonski serklaži, vertikalni i horizontalni, zadržavaju zidje tako da se u zidu ne javljaju vlačna naprezanja zbog djelovanja horizontalnih sila prije nego vlačno opterećen vertikalni serklaž doživi slom.
- Za određivanje posmične nosivosti zida uzima se u obzir duljina L koja se sastoji od cijele duljine zida zbrojene s duljinama presjeka (u smjeru duljine zida) oba vertikalna serklaža

$$L = l_{\text{zida}} + 2 \cdot l_c$$

- gdje je: l_c dimenzija serklaža u smjeru duljine zida

26. 1. 2024.

Betonske i zidane konstrukcije 1

395

395

OMEĐENO ZIDJE**Omeđeno zidje**

- Minimalna armatura u vertikalnim serklažima, ovisno o ubrzanju tla:
- za $a > 0,30g$ ($\geq$ IX zona) dopušta se bez proračuna (ako se pridržava određenih pravila) izvoditi građevine od omeđenog zida do najviše 2 etaže (P+1, tj. prizemlje i kat), s vertikalnom armaturom 4 ϕ 12
- za $0,20g < a < 0,30g$ ($\approx$ VIII zona) dopušta se bez proračuna (ako se pridržava određenih pravila) do 3 etaže (P+2) i armaturom 4 ϕ 10
- za umjerenije potrese od $a < 0,20g$ ($\approx$ VI do VII zona) dopuštaju se građevine od omeđenog zida bez proračuna (ako se pridržava određenih pravila) do 4 etaže (P+3) s armaturom 4 ϕ 8.

26. 1. 2024.

Betonske i zidane konstrukcije 1

396

396

OMEĐENO ZIDJE**Omeđeno zidje – Minimalna armatura u vertikalnom serklažu**

- Prof. Tomažević (Slovenija) predlaže da:

- Za seizmičko područje gdje je $a_g \leq 0,1g$:

$$A_{s1,min} = 4\phi 8$$

- Za seizmičko područje gdje je: $0,1g < a_g \leq 0,3g$

$$A_{s1,min} = 4\phi 10$$

- Za seizmičko područje gdje je $a_g > 0,3g$:

$$A_{s1,min} = 4\phi 12$$

26. 1. 2024.

Betonske i zidane konstrukcije 1

397

397

OMEĐENO ZIDJE**Omeđeno zidje – NAD HRN ENV 1996-1-1**

- Armiranobetonski horizontalni i vertikalni serklaži trebaju imati ploštinu presjeka:

$$A_c \geq 200 \text{ cm}^2 \text{ s najmanjom izmjerom stranice od 10 cm.}$$

- Najmanja ploština armature od temelja do krova je:

4 ϕ 8 za prizemne zgrade,

4 ϕ 10 za jednokatne zgrade,

4 ϕ 12 za zgrade s dva i više katova.

26. 1. 2024.

Betonske i zidane konstrukcije 1

398

398

OMEĐENO ZIDJE**Omeđeno zidje – određivanje armature u vertikalnim serklažima**

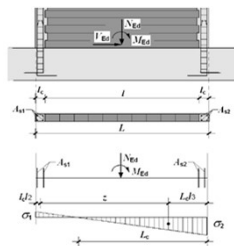
- Armatura se određuje pomoću Ehlers-ove metode (ili metode Wuczkowskoga).

- N_{Ed} je proračunska uzdužna tlačna sila u zidu

- M_{Ed} je proračunski moment savijanja zida

$$M'_{Ed} = M_{Ed} + N_{Ed} \cdot (L - l_c)/2$$

- V_{Ed} je proračunska poprečna sila u zidu

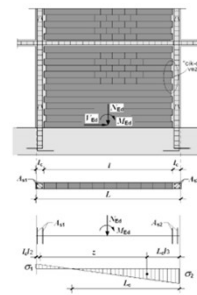


26. 1. 2024.

Betonske i zidane konstrukcije 1

399

399

OMEĐENO ZIDJE**Omeđeno zidje**

26. 1. 2024.

Betonske i zidane konstrukcije 1

400

400

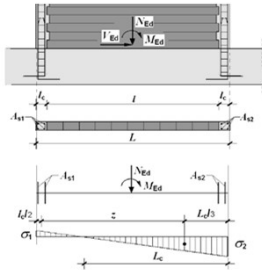
OMEĐENO ZIDE**Omeđeno zide – određivanje armature u vertikalnim serklažima**

$$L_c = \frac{L}{2} \left(1 + \frac{N_{Ed} \cdot L}{6 \cdot M_{Ed}} \right) \leq L$$

$$M'_{Ed} = M_{Ed} + N_{Ed} \left(\frac{L - l_c}{2} \right)$$

$$A_{s1} = \frac{M'_{Ed}}{z \cdot f_{yd}} - \frac{N_{Ed}}{f_{yd}} \geq A_{s1,min}$$

$$z = L - \frac{l_c}{2} - \frac{L_c}{3}$$



26. 1. 2024.

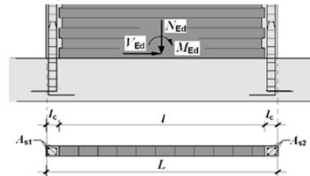
Betonske i zidane konstrukcije 1

401

401

OMEĐENO ZIDE**Omeđeno zide – određivanje armature u vertikalnim serklažima**

- Dimenzije omeđenog zida:



- Kod omeđenog zida proračun ovisi radi li se o čistom savijanju ili savijanju s uzdužnom silom

12. 3. 2024.

Betonske i zidane konstrukcije 2

402

402

OMEĐENO ZIDE**Omeđeno zide – određivanje armature u vertikalnim serklažima**

- Provjerava se uvjet:

$$\frac{N_{Ed}}{L \cdot t} < 0,3 \cdot f_d$$

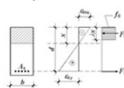
- Ako je uvjet zadovoljen radi se o čistom savijanju – tada je (uz pretpostavljenu armaturu):

$$z = d \cdot \left[1 - 0,5 \cdot \frac{A_s \cdot f_{yk} \cdot \gamma_M}{t \cdot d \cdot f_k \cdot \gamma_S} \right] = d \cdot \left[1 - 0,5 \cdot \frac{A_s \cdot f_{yd}}{t \cdot d \cdot f_d} \right] \leq 0,95 \cdot d$$

$$M_{Rd} = \frac{A_s \cdot f_{yk} \cdot z}{\gamma_S} = A_s \cdot f_{yd} \cdot z$$

$$d = L - \frac{l_c}{2}$$

Podsjetnik – izvod izraza za krak z:



$$\begin{aligned} \xi &= \frac{f_{yk}}{f_{td}} \\ A_s \cdot f_{yk} &= 1 \cdot x \geq \xi_c \Rightarrow 0,5 \cdot z' \geq \xi_c \\ \xi &= \frac{A_s \cdot f_{yk}}{0,8 \cdot b \cdot f_{td}} \\ z' &= 0,8 \cdot z \cdot \xi \\ z &= 0,8 \cdot z' \cdot \xi = 0,8 \cdot \frac{A_s \cdot f_{yk}}{0,8 \cdot b \cdot f_{td}} \cdot \xi = \frac{A_s \cdot f_{yk}}{b \cdot f_{td}} \cdot \xi^2 \\ \xi &= 1 - 0,5 \cdot \sigma \end{aligned}$$

12. 3. 2024.

Betonske i zidane konstrukcije 2

403

403

OMEĐENO ZIDE**Omeđeno zide – određivanje armature u vertikalnim serklažima**

- Pri tome proračunska vrijednost momenta otpornosti, M_{Rd} , mora biti:

$$M_{Rd} \leq 0,4 \cdot f_d \cdot t \cdot d^2$$

- Prethodni izraz vrijedi samo za zidne elemente skupine 1 i ako ti zidni elementi nisu izvedeni od lakagregatnog betona

- Za zidne elemente skupine 2, 3 i 4 i za zidne elemente skupine 1 ako su ti zidni elementi izvedeni od laganog agregata vrijedi:

$$M_{Rd} \leq 0,3 \cdot f_d \cdot t \cdot d^2$$

19. 1. 2024.

Betonske i zidane konstrukcije 1

404

404

OMEĐENO ZIDE**Omeđeno zide – određivanje armature u vertikalnim serklažima**

- Ako se radi o savijanju s uzdužnom silom tada je (uz pretpostavljenu armaturu):

$$z = \frac{M_{Ed} + N_{Ed} \cdot \left(\frac{L}{2} - \frac{l_c}{2}\right)}{N_{Ed} + A_s \cdot f_{yd}} \quad x = (d - z) \cdot 2$$

$$\epsilon_s = \frac{0,8 \cdot \epsilon_{mu} \cdot d - \epsilon_{mu} \cdot x_u}{x_u} \quad x_u = 0,8 \cdot x$$

- $\epsilon_{mu} = 0,0035$ za zidne elemente skupine 1 (uvrštava se kao pozitivno)
- $\epsilon_{mu} = 0,002$ za zidne elemente skupine 2, 3 i 4 (uvrštava se kao pozitivno)

19. 1. 2024.

Betonske i zidane konstrukcije 1

405

405

OMEĐENO ZIDE**Omeđeno zide – određivanje armature u vertikalnim serklažima**

- Za pretpostavljenu armaturu i poznato opterećenje nosivost betona u tlaku iznosi:

$$F_d = \frac{M_{Ed} + N_{Ed} \cdot \left(\frac{L}{2} - \frac{l_c}{2}\right)}{z}$$

- Potrebno je provjeriti da je: $\epsilon_s \leq \epsilon_{s,lim} = 0,01$

- I da je: $F_d \leq F_{d,R} = x_u \cdot t \cdot f_d$

19. 1. 2024.

Betonske i zidane konstrukcije 1

406

406

OMEĐENO ZIDE**Omeđeno zide – nosivost na posmik**

- Nosivost omeđenog zida na posmik sastoji se od doprinosa zida:

$$V_{R,d1} = \frac{f_{yk} \cdot t \cdot d}{\gamma_M}$$

- I doprinosa serklaža:

$$V_{R,d,c,min} = (v_{min} + k_1 \cdot \sigma_{cp}) \cdot t \cdot l_c$$

- Vrijednosti f_{yk} i σ_{cp} dane su u N/mm², b i d su u mm, a $V_{R,d,c}$ u N

- $k_1 = 0,15$;

- $v_{min} = 0,035 \cdot k^{3/2} \cdot f_{ck}^{1/2}$ v_{min} i f_{ck} u [MPa, tj. u N/mm²]

- u izrazu za k su statička visina d i brojka 200 dane u mm $k = 1 + \sqrt{\frac{200}{d}} \leq 2,0$

19. 1. 2024.

Betonske i zidane konstrukcije 1

407

407

OMEĐENO ZIDE**Omeđeno zide – nosivost na posmik**

- Vertikalno naprezanje u zidu iznosi:

$$\sigma_{cp} = \left(\frac{M_{Ed}}{t \cdot L^2} + \frac{N_{Ed}}{t \cdot L} \right) \leq 0,2 \cdot f_{cd}$$

- Na kraju treba provjeriti je li: $V_{Ed} \leq V_{R,d1} + V_{R,d,c,min}$

- Ako nosivost zida i serklaža na posmik nije dovoljna tada treba proračunati horizontalnu armaturu koja će preuzeti dodatni posmik $V_{Ed} - (V_{R,d1} + V_{R,d,c,min})$

- Nosivost te armature iznosi: $V_{R,d,s} = 0,9 \cdot d \cdot \frac{A_{sv}}{s} \cdot \frac{f_{yk}}{f_s} \cdot (1 + \cot \alpha) \cdot \sin \alpha$

- s je razmak horizontalne armature (razmak sljubnica zida)

19. 1. 2024.

Betonske i zidane konstrukcije 1

408

408

OKVIRI ISPUNJENI ZIDEM

26. 1. 2024.

Betonske i zidane konstrukcije 1

409

409

OKVIRI ISPUNJENI ZIDEM

Okviri ispunjeni zidom

- Okviri ispunjeni zidom (engl. "frames with masonry infill" ili "infilled frames") sastoje se od armiranobetonskih ili čeličnih okvira koji se naknadno ispunjavaju zidom.
- Zide im povećava krutost i nosivost na horizontalno opterećenje.
- Za razliku od omeđenog zida, stupovi i grede okvira ispunjenog zidom najčešće su debljine veće od debljine zida ispune.
- Zide ispune okvira nosi samo svoju vlastitu težinu, a vertikalna opterećenja gornjega kata preuzimaju grede okvira.

26. 1. 2024.

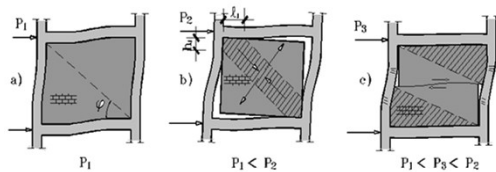
Betonske i zidane konstrukcije 1

410

410

OKVIRI ISPUNJENI ZIDEM

Okviri ispunjeni zidom



26. 1. 2024.

Betonske i zidane konstrukcije 1

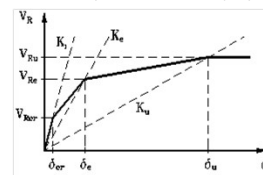
411

411

OKVIRI ISPUNJENI ZIDEM

Okviri ispunjeni zidom – Nosivost u ravnini (SLO)

- V_{Rcr} posmična otpornost u trenutku pojave prvih pukotina,
- V_{Re} posmična otpornost u trenutku odvajanja ispune od okvira,
- V_{Ru} granična posmična sila tj. nosivost okvira ispunjenog zidom,



26. 1. 2024.

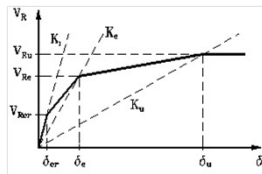
Betonske i zidane konstrukcije 1

412

412

OKVIRI ISPUNJENI ZIDEM**Okviri ispunjeni zidom – Nosivost u ravnini (SLO)**

- K_i početna krutost okvira ispunjenog zidom
- K_e krutost okvira ispunjenog zidom pri odvajanju ispune
- K_u krutost okvira ispunjenog zidom kod doseganja nosivosti.



26. 1. 2024.

Betonske i zidane konstrukcije 1

413

413

OKVIRI ISPUNJENI ZIDEM**Okviri ispunjeni zidom – Nosivost u ravnini (SLO)**

- Početna krutost okvira ispunjenog zidom: $K_i = \frac{1}{\frac{h^3}{3E \cdot I_e} + \frac{1,2 \cdot h}{G_i \cdot A_e}}$

- Proračunski moment tromosti horizontalnog presjeka zida zajedno s okvirom:

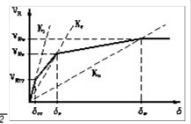
$$I_e = I + 2C_E \frac{E_f}{E} \left(I_f + A_f \frac{(\ell_c + \ell)^2}{4} \right)$$

- Ploština presjeka zida zajedno s okvirom (stupom):

$$A_e = A_m + 2C_E A_f \frac{G_f}{G_i}$$

- Posmični modul zidne ispune:

$$G_p = \frac{1,2}{\frac{A_m}{hK_m} - \frac{1}{E} \left(\frac{h}{\ell} \right)^2}$$



26. 1. 2024.

Betonske i zidane konstrukcije 1

414

414

OKVIRI ISPUNJENI ZIDEM**Okviri ispunjeni zidom – Nosivost u ravnini (SLO)**

- I moment tromosti horizontalnog presjeka zida
- C_E faktor utjecaja stupa okvira na krutost zida ispune. U slučaju idealnog prijanjanja zida i okvira $C_E = 1$, no za praksu kada taj idealni spoj ne postoji može se uzeti $C_E = 0,5$. Ako nema spoja okvira i zida, tada je $C_E = 0$.
- A_f ploština presjeka okvira (stupa)
- A_m ploština horizontalnog presjeka zida ($A_m = t \cdot l$)

26. 1. 2024.

Betonske i zidane konstrukcije 1

415

415

OKVIRI ISPUNJENI ZIDEM**Okviri ispunjeni zidom – Nosivost u ravnini (SLO)**

- E_f modul elastičnosti materijala okvira
- I_f moment tromosti okvira (stupa)
- $I_e, I, h \rightarrow$ oznake kao i za omeđeno zidom
- G_f modul posmika materijala okvira
- G_i početni modul posmika zida.

26. 1. 2024.

Betonske i zidane konstrukcije 1

416

416

OKVIRI ISPUNJENI ZIDEM**Okviri ispunjeni zidem – Nosivost u ravnini (SLO)**

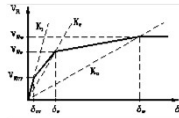
- Krutost zidne ispune: $K_m = \frac{1}{\frac{h^3}{3EI} + \frac{1,2h}{G_p A_m}}$

- Krutost okvira ispunjenog zidem nakon prvih pukotina:

$$K_e = \frac{1}{\frac{h^3}{3EI_e} + \frac{1,2h}{G_p A_e}}$$

- Krutost okvira ispunjenog zidem kod doseganja nosivosti:

$$K_u = \frac{1}{\frac{5 \cdot h_1^3}{3 \cdot EI} + \frac{1,2 \cdot h_1}{G_p \cdot A_m}}$$



26. 1. 2024.

Betonske i zidane konstrukcije 1

417

417

OKVIRI ISPUNJENI ZIDEM**Okviri ispunjeni zidem – Nosivost u ravnini (SLO)**

$$V_{Re} = C_R \frac{A_m f_t}{C_b} \left\{ 1 + \sqrt{C_1^2 \left(1 + \frac{\sigma_d}{f_t} \right) + 1} \right\}$$

- Granična poprečna sila pri slomu okvira ispunjenog zidem: $V_{Ru} = V_{Rf} + V_{Re}$

- V_{Rf} je granična sila otpora okvira (bez ispune):

$$V_{Rf} = \frac{3M_R}{\left(h + \frac{h_2}{2} \right)}$$

26. 1. 2024.

Betonske i zidane konstrukcije 1

418

418

OKVIRI ISPUNJENI ZIDEM**Okviri ispunjeni zidem – Nosivost u ravnini (SLO)**

- C_R koeficijent kakvoće zidanja. U slučaju visoke kakvoće zidanja, taj koeficijent teži jedinici. No njegova je praktična vrijednost u granicama između 0,5 i 1,0. Predložena vrijednost je $C_R = 0,9$.

- b = parametar odnosa posmičnih čvrstoća u zidu. Za zide ispune bez otvora, vrijednost mu je $b = 1,1$, dok za zide s otvorom $b = 1,5$.

$$C_1 = 2\alpha b \frac{\ell}{h} \quad \alpha = \frac{(x_1 - x_2) h}{y_1 \ell} \quad \sigma_d = a \frac{N}{A_m}$$

- a je koeficijent prijenosa vertikalnog opterećenja na zide. Za neoštećeno zide $a = 0,3$, dok se kod oštećenog zida uzima $a = 0$;

26. 1. 2024.

Betonske i zidane konstrukcije 1

419

419

OKVIRI ISPUNJENI ZIDEM**Okviri ispunjeni zidem – Nosivost u ravnini (SLO)**

- h_b ukupna visina grede okvira iznad zida ispuna

- M_R granični moment savijanja za okvir. Pretpostavlja se da otkazivanje (slom) okvira nastupa otkazivanjem armature u stupovima

$$M_R = A_s f_{yk} \left(\frac{\ell_c}{2} - d_1 \right) + f_{ck} t_c x \left(\frac{\ell_c}{2} - \frac{x}{2} \right)$$

- x visina tlačnog područja presjeka stupa okvira:

$$x = \frac{N_s + A_s f_{yk}}{f_{ck} t_c}$$

- Poprečnu silu kod koje nastaju prve pukotine može se približno odrediti sljedećim izrazom: $V_{Rcr} \approx V_{Re} / 3$

26. 1. 2024.

Betonske i zidane konstrukcije 1

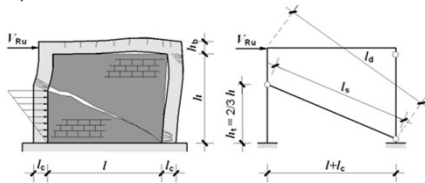
420

420

OKVIRI ISPUNJENI ZIDEM**Okviri ispunjeni zidem – Nosivost u ravni (SLO)**

- Krutost okvira ispunjenog zidem s velikim pukotinama K_u proračunava se kao krutost neraspucanog okvira, koji je poduprt ispunom do $2/3$ svoje visine

$$h_t = 2/3 h$$



26. 1. 2024.

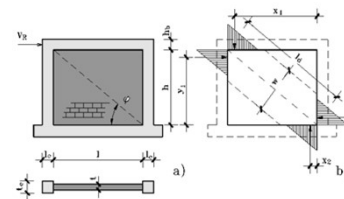
Betonske i zidane konstrukcije 1

421

421

OKVIRI ISPUNJENI ZIDEM**Okviri ispunjeni zidem – Nosivost u ravni (SLO)**

- a) skica okvira ispunjenog zidem
- b) idealizirana naprezanja u uglovima tlačne dijagonale



26. 1. 2024.

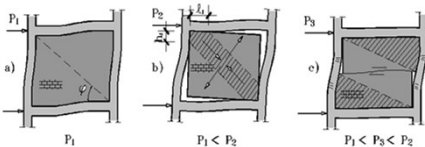
Betonske i zidane konstrukcije 1

422

422

OKVIRI ISPUNJENI ZIDEM**Okviri ispunjeni zidem**

- Deformiranje i načini sloma okvira ispunjenog zidem
 - a) deformiranje kod punog kontakta
 - b) tlačna dijagonala
 - c) posmični slom po horizontalnoj sljubnici morta



26. 1. 2024.

Betonske i zidane konstrukcije 1

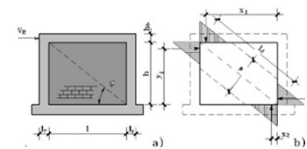
423

423

OKVIRI ISPUNJENI ZIDEM**Okviri ispunjeni zidem**

- Istraživači u svijetu i kod nas su eksperimentalno ispitivali okvire ispunjene zidem na seizmičku pobudu
- Uspoređujući rezultate došli su do zaključka da je dovoljno zide ispune modelirati tlačnim dijagonalnim štapom

$$V_{Ru} = \left\{ \frac{24E_t I_t \varepsilon_m \ell_d}{h^3 \left[1 + \left(\frac{I_t}{I_b} \right) \cot \varphi \right]} + w t f_k \right\} \cos \varphi$$



26. 1. 2024.

Betonske i zidane konstrukcije 1

424

424

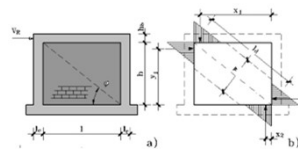
OKVIRI ISPUNJENI ZIDEM**Okviri ispunjeni zidom**

- Horizontalnu i vertikalnu duljinu dodirne plove, l_1 i h_1 , po prijedlogu Smitha, moguće je odrediti izrazima:

$$l_1 = \pi \sqrt[3]{\frac{4 E_r I_1 \ell}{E t (\sin 2\varphi)}} \quad h_1 = \frac{\pi}{2} \sqrt[3]{\frac{4 E_r I_1 h}{E t (\sin 2\varphi)}}$$

- Jednostavan izraz Hendrya za proračun proračunske širine tlačne dijagonale:

$$w = \frac{1}{2} \sqrt{\ell_1^2 + h_1^2}$$



26. 1. 2024.

Betonske i zidane konstrukcije 1

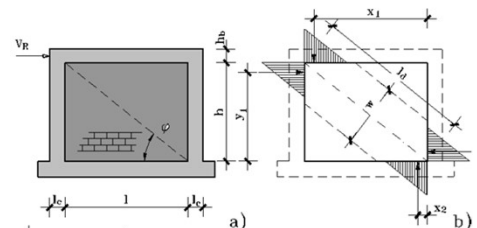
425

425

OKVIRI ISPUNJENI ZIDEM**Okviri ispunjeni zidom**

- Novozelandski propisi preporučuju širinu tlačne dijagonale, prema slici, jednaku (5.64):

$$w = \frac{1}{4} \sqrt{\ell^2 + h^2}$$



26. 1. 2024.

Betonske i zidane konstrukcije 1

426

426

OKVIRI ISPUNJENI ZIDEM**Okviri ispunjeni zidom**

- Prijedlog, da dijagonala preuzima tlačno naprezanje jednako karakterističnoj čvrstoći zida daje rezultate koji ne moraju biti na strani sigurnosti.
- Poznato je da tlačna čvrstoća zida ovisi o obliku i položaju šupljina u zidnim elementima te da nije jednaka u svim smjerovima
- Svako odstupanje od okomice (kut djelovanja sile manji od 90°) dat će manju tlačnu čvrstoću.

26. 1. 2024.

Betonske i zidane konstrukcije 1

427

427

OKVIRI ISPUNJENI ZIDEM**Okviri ispunjeni zidom**

- Ako se sila nanosi paralelno sljubicama morta tj. horizontalno, postići će se čvrstoća jednaka posmičnoj čvrstoći zida f_{vk0}

$$f_{kD} = f_k (f_k / f_{vk0}) \cdot \cos \varphi$$

- gdje je:

- f_{kD} dijagonalna tlačna čvrstoća zida (pod kutom φ)
- f_k tlačna čvrstoća zida
- f_{vk0} posmična čvrstoća zida
- φ kut nagiba tlačne dijagonale.

26. 1. 2024.

Betonske i zidane konstrukcije 1

428

428

OKVIRI ISPUNJENI ZIDEM**Okviri ispunjeni zidom**

- Kada su određene geometrijske karakteristike tlačne dijagonale, konstrukcijski je sustav definiran.
- On se sastoji od okvira unutar kojeg se nalaze tlačne dijagonale koje su globno vezane na nasuprotne (dijagonalne) čvorove okvira.
- Okviri sami za sebe nemaju zglobove nego su im čvorovi kruti. U slučaju djelovanja horizontalnih vanjskih sila u suprotnom smjeru (potres) aktivira se druga dijagonala, tako da je aktivna uvijek samo jedna dijagonala i to ona koja je trenutno tlačna.

26. 1. 2024.

Betonske i zidane konstrukcije 1

429

429

OKVIRI ISPUNJENI ZIDEM**Okviri ispunjeni zidom**

- Na temelju jednostavnog proračuna (nekog od poznatih kompjutorskih programa) mogu se sada odrediti: krutost, unutarnje sile, pomaci i nosivost konstrukcije okvira ispunjenog zidom.
- Sila u tlačnoj dijagonali N_D zajedno s okvirom opire se horizontalnoj proračunskoj poprečnoj sili V_D , pa se može napisati: $N_D = k_D \cdot V_D$.
- Koeficijent $k_D < 1$, je faktor kojim se određuje koji dio poprečne sile preuzima tlačna dijagonala određenog ispuna, a koji ovisi o geometriji sustava i karakteristikama materijala.

26. 1. 2024.

Betonske i zidane konstrukcije 1

430

430

OKVIRI ISPUNJENI ZIDEM**Okviri ispunjeni zidom**

- Kada poprečna sila dosegne nosivost V_{Ru} , tj.: $V_D = V_{Ed} = V_{Ru}$,
- tada i granična sila u tlačnoj dijagonali iznosi:
$$N_{Du} = k_D \cdot V_{Ru}$$
- Ujedno je granična sila u dijagonali jednaka umnošku dijagonalne tlačne čvrstoće zida, f_{kD} prikazane izrazom i ploštine presjeka tlačne dijagonale:
$$N_{Du} = (t \cdot w) \cdot f_{kD}$$
- Sada se iz zadnja dva izraza može odrediti nosivost tlačne dijagonale, tj. granična poprečna sila:
$$V_{Ru} = (t \cdot w) \cdot f_{kD} / k_D$$

26. 1. 2024.

Betonske i zidane konstrukcije 1

431

431

OKVIRI ISPUNJENI ZIDEM**Nosivost okvira ispunjenog zidom u kojem se nalaze otvori**

- Bez uporabe računalnog programa, proračun je okvira ispunjenog zidom u kojem se nalaze otvori, vrlo složen zbog većeg broja parametara koji utječu na ponašanje takve konstrukcije.
- Ti parametri, osim do sada navedenih karakteristika materijala i vanjskih dimenzija okvira ispunjenog zidom, uključuju i položaj i veličinu otvora, što dodatno otežava proračun.

26. 1. 2024.

Betonske i zidane konstrukcije 1

432

432

OKVIRI ISPUNJENI ZIDEM**Nosivost okvira ispunjenog zidom u kojem se nalaze otvori**

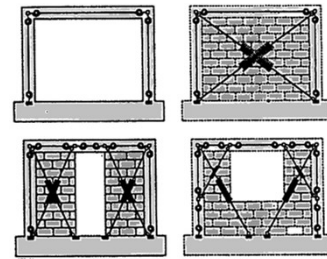
- Eksperimentalni rezultati ispitivanja okvira ispunjenog zidom s otvorima pokazuju značajno smanjenje krutost takvih konstrukcija.
- Otvori se nalaze "na putu" djelovanja tlačne dijagonale uzrokujući posmični slom zida na obje strane otvora.

26. 1. 2024.

Betonske i zidane konstrukcije 1

433

433

OKVIRI ISPUNJENI ZIDEM**Nosivost okvira ispunjenog zidom u kojem se nalaze otvori**

26. 1. 2024.

Betonske i zidane konstrukcije 1

434

434

OKVIRI ISPUNJENI ZIDEM**Nosivost ispunskog zida okvira okomito na svoju ravninu**

- Nosivost ispune na opterećenje okomito na njezinu ravninu dosegnuta je kod progiba δ koji je dao McDowell još 1956. godine.
- Izraz za progib ispune okvira:
$$\delta = \frac{t \cdot f_k}{E \left[1 - \frac{h}{2 \cdot L'} \right]}$$
- daje vrijednost progiba δ u sredini visine zida ispune okvira, a progibi na ostalim mjestima mogu se odrediti linearnom interpolacijom prema dimenzijama sa slike:

26. 1. 2024.

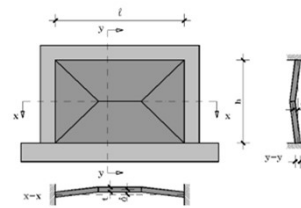
Betonske i zidane konstrukcije 1

435

435

OKVIRI ISPUNJENI ZIDEM**Nosivost ispunskog zida okvira okomito na svoju ravninu**

- Idealizirani oblik progiba zida unutar okvira pretpostavlja lučno djelovanje u vertikalnom i u horizontalnom smjeru.



26. 1. 2024.

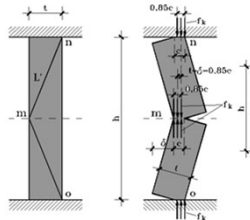
Betonske i zidane konstrukcije 1

436

436

OKVIRI ISPUNJENI ZIDEM**Nosivost ispunskog zida okvira okomito na svoju ravninu**

- Dimenzije i naprezanja zida ispune pod djelovanjem opterećenja okomito na njegovu ravninu



26. 1. 2024.

Betonske i zidane konstrukcije 1

437

437

OKVIRI ISPUNJENI ZIDEM**Nosivost ispunskog zida okvira okomito na svoju ravninu**

- Nosivost zidne ispune za $h/t < 30$ pri najvećem progibu δ dana je sljedećim izrazom i predstavlja moment savijanja po jedinici duljine:

$$M = \frac{f_k}{4} (t - \delta)^2$$

- najveće jednoliko bočno proračunsko opterećenje zida ispune, kod dostignuća nosivosti, daje drugi McDowellov izraz:

$$q_{sd} = \frac{\gamma f_k}{2 \left(\frac{h}{t} \right)^2}$$

- gdje je: γ koeficijent koji ovisi o bočnom progibu, debljini zida i vitkosti h/t .

26. 1. 2024.

Betonske i zidane konstrukcije 1

438

438

OKVIRI ISPUNJENI ZIDEM**Nosivost ispunskog zida okvira okomito na svoju ravninu**

- Autori navode da je za vrijednost vitkosti zida $h/t = 10$, koeficijent $\gamma = 1,08$
- Ako se prethodni izraz usporedi s izrazom za lučno djelovanje iz poglavlja 4, vidi se sličnost, osim što izraz (5.71) umjesto duljine ispune zida L , uzima visinu zida h .
- Zaključuje se da ispuna daje veliku krutost okviru, te da povećava nosivost i disipaciju energije okvira, čak i u slučajevima istodobnog djelovanja inercijalnih sila u ravnini i izvan ravnine zida.

26. 1. 2024.

Betonske i zidane konstrukcije 1

439

439