



4. LABORATORIJSKA VJEŽBA

Opečni elementi

Ime i prezime: _____

Broj indeksa: _____

Grupa: _____

Materijali potrebni za vježbu:

- Puna opeka

Oprema potrebna za vježbu:

- Prikladan uređaj za ispitivanje
- Ravna ploča od brušenog stakla ili nehrđajućeg čelika
- Ventilirajući sušionik
- Vaga točnosti 0,1 % mase uzoraka u suhom stanju
- Spremnik (kada) za potapanje uzoraka
- Vaga točnosti 0,1 % mase uzoraka u suhom stanju sa mogućnosti hidrostatskog vaganja
- Potpore za oslanjanje za odvajanje uzoraka od spremnika
- Zaporni sat
- Preša stroj s dvije ploče preko kojih se prenosi opterećenje

4.1 ODREĐIVANJE OBLIKA OPEČNIH ZIDNIH ELEMENATA

Studenti će sukladno normi HRN EN 771-1:2011 Specifikacije za zidne elemente – 1.dio: Opečni zidni elementi odabrati oblik opeke koja će se koristiti za ispitivanje u 2.zadatku. Na slici 4.1 studenti trebaju zaokružiti oblik opeke koji prepoznaju.

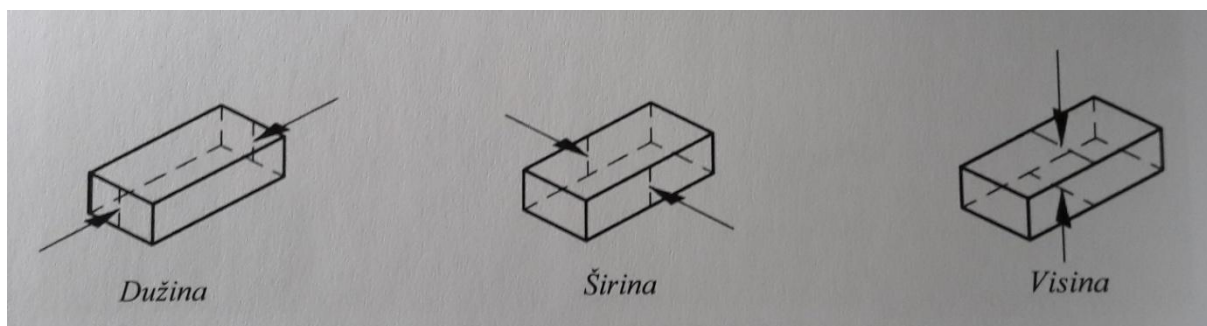
Slika 4.1: Oblici opeke



4.2 ISPITIVANJE ZIDNIH ELEMENATA: ODREĐIVANJE IZMJERA I PARALELNOSTI PLOHA

Studenti će odrediti ukupne izmjere pune opeke sukladno normi HRN EN 772-16:2011 Metode ispitivanja zidnih elemenata – 16. dio: Određivanje izmjera. Prije početka ispitivanja treba odstraniti sav materijal koji strši izvan izmjera zidnih elemenata, a koji je rezultat procesa proizvodnje. Duljinu, širinu i visinu uzoraka određujemo mjerenjem svakog uzorka u sredini duljine, širine i visine kako je prikazano na slici 4.2. Rezultate mjerenja upisujemo u tablicu 4.1. Za mjerenje paralelnosti naliježućih ploha uzorak se postavi na ravnu plohu te se mjere udaljenosti od ravne plohe do gornje naliježuće plohe na sva četiri ugla opeke, a rezultat svakog mjerenja zaokruži na najbližih 0,2 mm. Odstupanje od paralelnosti se izračuna kao razlika između najveće i najmanje udaljenosti i zaokruži na najbližih 0,2 mm. Odstupanje od paralelnosti naliježućih ploha uzima se kao najveća ovako izračunata vrijednost na svim ispitnim uzorcima.

Slika 4.2: Postupak izmjere duljine, širine i visine ispitnih uzoraka



Tablica 4.1: Dimenzije zidnih elemenata

Izmjera	Oznaka	Dimenzija (mm)		
		Zidni element 1	Zidni element 2	Zidni element 3
Duljina zidnog elementa	l_u			
Širina zidnog elementa	w_u			
Visina zidnog elementa	h_u			

Tablica 4.2: Paralelnost naliježućih ploha

Izmjera	Oznaka	Dimenzija (mm)				Odstupanje od paralelnosti (mm)
		Ugao 1	Ugao 2	Ugao 3	Ugao 4	
Zidni element 1	O1					
Zidni element 2	O2					
Zidni element 3	O3					

4.3 ISPITIVANJE ZIDNIH ELEMENATA: ODREĐIVANJE NETO OBUJMA I POSTOTKA ŠUPLJINA HIDROSTATSKIM VAGANJEM

Sukladno normi HRN EN 772-3:2003 Metode ispitivanja zidnih elemenata – 3.dio: Određivanje neto obujma i postotka šupljina opečnih zidnih elemenata hidrostatskim vaganjem, ispitni uzorak se potopi u vodu barem jedan sat, tj.dok se vrijednosti prividne mase (M_{wu}) pri dva uzastopna vaganja u razmaku od 30 minuta ne razlikuju više od 0,2 % te se zapiše podatak vaganja kao prividna masa pod vodom – M_{wu} . Nakon toga ispitni uzorak se izvadi iz vode, obriše se višak vlage s površine uzorka te se uzorak izvaže (M_{au}). Dimenzije uzoraka se očitaju iz zadatka br.2.

Netoobujam se izračunava kao (rezultat se zaokružuje na 10^4 mm^3):

$$V_{n,u} = (M_{au} - M_{wu}) / \rho_w$$

Brutoobujam se izračunava kao (rezultat se zaokružuje na 10^4 mm^3):

$$V_{g,u} = l_u \times w_u \times h_u$$

Obujam šupljina se izračunava kao:

$$V_{v,u} = V_{g,u} - V_{n,u}$$

Postotni udio šupljina se izračunava kao (zaokružuje se na 1 %):

$$p = (V_{v,u} / V_{g,u}) \times 100$$

Rezultati ispitivanja se upisuju u tablicu 4.3.

Tablica 4.3.: Netoobujam i brutoobujam te obujam šupljina

Izmjera	Oznaka	Zidni element 1	Zidni element 2	Zidni element 3
Duljina zidnog elementa	l_u (mm)			
Širina zidnog elementa	w_u (mm)			
Visina zidnog elementa	h_u (mm)			
Prividna masa pod vodom	M_{wu} (g)			
Masa na zraku	M_{au} (g)			
Netoobujam	$V_{n,u}$ (mm ³)			
Brutoobujam	$V_{g,u}$ (mm ³)			
Obujam šupljina	$V_{v,u}$ (mm ³)			
Postotni udio šupljina	P (%)			
Gustoća vode	ρ_w (g/mm ³)	0,001	0,001	0,001

4.4 ISPITIVANJE ZIDNIH ELEMENATA: ODREĐIVANJE NETO I BRUTO **OBJUJAMSKE MASE SUHIH ZIDNIH ELEMENATA**

Sukladno normi HRN EN 771-13:2003 Metode ispitivanja zidnih elemenata – 13.dio: Određivanje neto i bruto objujske mase suhih zidnih elemenata, nakon sušenja do stalne mase te određivanja neto i brutoobjuma, proračunavaju se neto i brutoobjumska masa opeke u suhom stanju. Stalna masa ($m_{dry,u}$) je postignuta ako za vrijeme postupka sušenja u sušioniku u dva uzastopna vaganja u razmaku od 24 sata, gubitak mase između dva mjerenja nije veći od 0,2 % ukupne mase. Neto i brutoobjum se očitaju iz zadatka 3, dok se rezultati ispitivanja upisuju u tablicu 4.4.

Netoobjumska masa se izračunava kao:

$$\rho_{n,u} = 10^6 \times m_{dry,u} / V_{n,u} \text{ (kg/m}^3\text{)}$$

Netoobjumska masa u suhom stanju svake opeke zaokružuje se na 5 kg/m³ za mase do 1000 kg/m³ i na 10 kg/m³ za mase veće od 1000 kg/m³.

Brutoobjumska masa se izračunava kao:

$$\rho_{g,u} = 10^6 \times m_{dry,u} / V_{g,u} \text{ (kg/m}^3\text{)}$$

Brutoobjumsku masu u suhom stanju svake opeke zaokružuje se na 5 kg/m³ za objujske mase do 1000 kg/m³ i na 10 kg/m³ za objujske mase veće od 1000 kg/m³.

Tablica 4.4.: Neto i brutoobjumska masa opeke

Izmjera	Oznaka	Zidni element 1	Zidni element 2	Zidni element 3
Masa opeke nakon sušenja	$m_{dry,u}$ (g)			
Netoobjum	$V_{n,u}$ (mm ³)			
Brutoobjum	$V_{g,u}$ (mm ³)			
Netoobjumska masa	$\rho_{n,u}$ (kg/m ³)			
Brutoobjumska masa	$\rho_{g,u}$ (kg/m ³)			

4.5 ISPITIVANJE ZIDNIH ELEMENATA: ODREĐIVANJE VODOUPOJNOSTI

Uzorci se sukladno normi HRN EN 772-21:2011 Metode ispitivanja zidnih elemenata – 21.dio: Određivanje vodoupojnosti opečnih i vapnenosilikatnih zidnih elemenata upijanjem hladne vode prvo suše u sušioniku pri 105 ± 5 °C do stalne mase. Uzorci se izvažu te se zapiše njihova masa m_d . Smatra se da je postignuta stalna masa ako gubitak mase tijekom sušenja pri dva uzastopna vaganja, u razmaku od najmanje 24 sata, nije veći od 0,2 % od stalne mase. Ispitni uzorci se prije vaganja trebaju ohladiti na sobnoj temperaturi. Nakon toga, svaka opeka pri sobnoj temperaturi se potopi u spremnik s vodom na način da se dodir s vodom svih površina opeke osigura postavljanjem opeka na razmačnike. Opeke se drže u vodi neprekidno 7 dana (za potrebe vježbi 45 minuta), izvade se iz vode, višak vode ukloni se s površine mokrom krpom ili spužvom. Ispitni uzorci se izvažu te se zapiše masa vlažnih uzoraka m_w . Sadržaj vode se izračuna prema formuli:

$$w_m = 100 \times (m_w - m_d) / m_d$$

i zaokruži na najbližih 1 %. Rezultati ispitivanja se upisuju u tablicu 4.5.

Tablica 4.5.: Vodoupojnost opečnih zidnih elemenata

Izmjera	Oznaka	Zidni element 1	Zidni element 2	Zidni element 3
Masa osušene opeke	m_d (g)			
Masa opeke nakon 45 minuta pod vodom	m_w (g)			
Sadržaj vode	w_m (%)			

4.6 ISPITIVANJE ZIDNIH ELEMENATA: ODREĐIVANJE KAPILARNE VODOUPOJNOSTI

Uzorci se sukladno normi HRN EN 772-11:2011 Metode ispitivanja zidnih elemenata – 11.dio: Određivanje kapilarne vodoupojnosti zidnih elemenata od betona, porastog betona, umjetnog i prirodnog kamena i početne vodoupojnosti opečnih zidnih elemenata suše do stalne mase $m_{dry,s}$ u provjetravanom sušioniku na temperaturi od 105 ± 5 °C do stalne mase. Smatra se da je postignuta stalna masa ako gubitak mase tijekom sušenja pri dva uzastopna vaganja, u razmaku od najmanje 24 sata, nije veći od 0,2 % od ukupne mase. Uzorci se hlade do sobne temperature te kada se ohlade, mjere se ploštine koje će biti uronjene u vodu te proračuna bruto ploština A_s . Ispitni uzorci se postavljaju na način da su njihova lica, tj. sljubnice, oslonjene na potpore tako da ne naliježu na dno spremnika, te da su uronjeni u vodu do dubine 5 ± 1 mm za vrijeme trajanja ispitivanja. Aktivira se mjerač vremena. Nakon 20, 40, 60 minuta uzorci se izvažu te se zabilježi povećanje mase uzorka. Nakon toga proračuna se upijanje vode za svaku opeku u uzorku, zaokruženo na 0,1 kg / ($m_2 \cdot \text{min}$) prema sljedećoj formuli:

$$C_{wi,s} = 10^3 \times (m_{so,s} - m_{dry,s}) / (A_s \times t), \text{ gdje je } t = 1 \text{ min}$$

Rezultati se upisuju u tablicu 4.6.

Tablica 4.6: Određivanje kapilarne vodoupojnosti

Izmjera	Oznaka	Zidni element 1	Zidni element 2	Zidni element 3
Masa uzorka nakon sušenja	$m_{dry,s}$ (g)			
Površina lica uronjena u vodu	A_s (mm ²)			
Masa uzorka nakon 20 minuta	$m_{so,s-20}$ (g)			
Masa uzorka nakon 40 minuta	$m_{so,s-40}$ (g)			
Masa uzorka nakon 60 minuta	$m_{so,s-60}$ (g)			
Vrijednost upijanja vode nakon 20 minuta	$C_{wi,s 20}$ (kg / m ² min)			
Vrijednost upijanja vode nakon 40 minuta	$C_{wi,s 40}$ (kg / m ² min)			
Vrijednost upijanja vode nakon 60 minuta	$C_{wi,s 60}$ (kg / m ² min)			

4.7 ISPITIVANJE ZIDNIH ELEMENATA: ODREĐIVANJE TLAČNE ČVRSTOĆE

Sukladno normi HRN EN 772-1:2011 Metode ispitivanja zidnih elemenata – 2.dio: Određivanje tlačne čvrstoće uzorci se opterećuju sve do pojave loma na uzorku. Prethodno se površina uzoraka pripremi brušenjem ili izradom sloja za izravnjanje pomoću cementnog morta. Ovako pripremljeni uzorci se njeguju do trenutka ispitivanja sušenjem na zraku, u sušioniku ili uranjanjem u vodu. Uzorci se postavljaju centrično na ploče stroja za ispitivanje – prešu. Jednolično raspoređeno opterećenje nanosi se kontinuirano do sloma uzorka tako da se najveće opterećenje dosegne u ne manje od približno jedne minute. Tablica 4.7. prikazuje orijentacijske vrijednosti odabira prikladnih brzina opterećenja. Bilježi se maksimalno opterećenje pri slomu svakog uzorka.

Tablica 4.7.: Brzina opterećenja

Očekivana tlačna čvrstoća (N/mm ²)	Brzina prirasta sile / opterećenja ((N/mm ²)/s)
< 10	0,05
11 – 20	0,15
21 – 40	0,3
41 – 80	0,6
> 80	1,0

Brutopovršina svakog uzorka se proračuna u kvadratnim milimetrima, množeći duljinu i širinu svakog uzorka. Tlačna čvrstoća izračunava se kao srednja vrijednost tlačne čvrstoće pojedinačnih uzoraka, tako da se maksimalno opterećenje pri slomu podijeli s opterećenom površinom svakog elementa u uzorku te zaokruži na 0,1 N/mm².

Tablica 4.8.: Tlačna čvrstoća opeke

Izmjera	Duljina uzorka (mm)	Širina uzorka (mm)	Bruto površina (mm ²)	Sila sloma (N)	Tlačna čvrstoća (N/mm ²)	Tlačna čvrstoća – srednja vrijednost (N/mm ²)
Zidni element 1						
Zidni element 2						
Zidni element 3						

Tlačna čvrstoća je vrijednost koja se upotrebljava za procjenu sukladnosti s deklaracijama proizvođača i mora se za primjenu u proračunu svesti na normnu – svedenu vrijednost. Prvo se tlačna čvrstoća pretvori u istovrijednu tlačnu čvrstoću sukladno režimu njegovanja uzoraka sušenjem. Faktor pretvorbe za opeku njegovanu sušenjem na zraku iznosi 1,0, za opeku njegovanu u sušioniku 0,8 te za opeku njegovanu uranjanjem u vodu 1,2. Kako bi se dobila normna tlačna čvrstoća (f_b), tlačna čvrstoća pomnoži se sa faktorom oblika (Δ) prikazanih u tablici 4.9.

Tablica 4.9.: Faktor oblika (Δ) za ispitane izmjere uzorka pune opeke nakon obrade površina

Visina zidnog elementa	Najmanja horizontalna dimenzija zidnog elementa (mm)				
	50	100	150	200	≥ 250
40	0,8	0,7	-	-	-
50	0,85	0,75	0,7	-	-
65	0,95	0,85	0,75	0,7	0,65
100	1,15	1,0	0,9	0,8	0,75
150	1,3	1,2	1,1	1,0	0,95
200	1,45	1,35	1,25	1,15	1,1
≥ 250	1,55	1,45	1,35	1,25	1,15