

(91)

GRAĐEVINSKI MATERIJAL
II Parcijalni ispit, 20.06.2006. godine

1) Za ispitivanje tečenja betona napravljeno je 3 serije od po 3 prizme dimenzija 12x12x36 cm, koje su negovane u identičnim uslovima. Prizme Serije 1 pri starosti od $t_0 = 14$ dana podvrgnute su ispitivanju čvrstoće pri pritisku, pri čemu su dobijene sledeće sile loma: $P_1 = 620,4$ kN, $P_2 = 624,5$ kN i $P_3 = 621,4$ kN

Na uzorcima Serija 2 i 3 već pri starosti od 3 dana pripremljene su meme baza dužine $l_0 = 100$ mm, za praćenje deformacija skupljanja (Serija 2), odnosno tečenja (Serija 3) u funkciji vremena. Pri starosti od $t_0 = 14$ dana, nakon prvog očitavanja na instrumentima (ugibomer satovima), prizme serije 3 su opterećene silom koja odgovara naponu σ_b , koja ostaje konstantna tokom vremena. Drugo očitavanje instrumenata na opterećenim prizmama obavljeno je odmah po završenom nanošenju opterećenja. Sva očitavanja na ugibomer satovima kod uzoraka Serije 2 i Serije 3 data su u priloženoj tablici. Potrebno je uraditi sledeće:

- Sračunati prosečnu čvrstoću pri pritisku betona $f_{b,p}$, definisati napon u betonu σ_b kao 1/3 dobijene čvrstoće i odgovarajuću silu P_b kojom su opterećene prizme Serije 3 za određivanje tečenja betona $\varepsilon_{te}(t, t_0)$ i i modul elastičnosti $E_b(t_0)$, na osnovu prosečne elastične dilatacije $\varepsilon_w(t, t_0)$, dobijene iz čitanja u tabeli pre i posle opterećenja.
- Putem tabelamog pregleda, sračunati razlike očitavanja $\Delta l_{sk}(t)$ i $\Delta l_{te}(t, t_0)$, a zatim deformacije skupljanja $\varepsilon_{sk}(t)$, deformacije tečenja $\varepsilon_{te}(t, t_0)$ i koeficijente tečenja $\phi(t, t_0)$, pojedinačno za svaki uzorak, a zatim i prosečne vrednosti ovih deformacija.
- U razmeri: za $t - 1$ cm = 10 dana, za $\varepsilon - 1$ cm = 0,20 mm/m, nacrtati dijagram ukupnih deformacija u funkciji vremena $\varepsilon_{uk}(t, t_0)$, na kome treba jasno da budu označene i deformacije skupljanja $\varepsilon_{sk}(t)$, trenutna elastična dilatacija $\varepsilon_w(t, t_0)$ i vrednosti deformacija tečenja $\varepsilon_{te}(t, t_0)$ (kao pomoć videti Vežbu br. 21 u Praktikum).

Očitavanja na ugibomer-satovima

Starost betona t (dana)		3	4	7	$t = t_0 = 14$ dana		30	60	90	180
					pre opter.	posle opter.				
Serija 2 (skupljanje)	Uzorak 1	2,150	2,160	2,165	2,172		2,180	2,185	2,189	2,196
	Uzorak 2	2,000	2,007	2,013	2,019		2,028	2,033	2,036	2,044
	Uzorak 3	1,160	1,173	1,177	1,185		1,192	1,197	1,202	1,208
Serija 3 (tečenje)	Uzorak 1				1,400	1,449	1,493	1,538	1,573	1,605
	Uzorak 2				2,100	2,154	2,188	2,236	2,266	2,297
	Uzorak 3				0,800	0,847	0,895	0,940	0,977	1,010

2) Na gredici dimenzija $10 \times 10 \times 120$ cm, izrađenoj od tvrdog drveta, apsolutne vlažnosti 6,5%, ispitivana su deformativna svojstva opterećivanjem silom u sredini raspona $l=100$ cm i merenjem ugiba grede na mestu delovanja sile. Ovim putem trebalo je dobiti vezu između sile P i ugiba u , odnosno odrediti zavisnost $P=P(u)$. Ispitivanje je pokazalo da je ova zavisnost do vrednosti ugiba od 5 mm, kojoj odgovara sila od 40 kN, pravolinijska, nakon čega sve do loma ima oblik parabole drugog reda.

- a) Definirati analitičke izraze za oba navedena područja, pod pretpostavkom da parabola i prava linija u tački spajanja imaju zajedničku tangentu i da ugib u sredini raspona, pri maksimalnoj sili ima vrednost od 15 mm, a pri lomu grede od 18 mm.
- b) Odrediti čvrstoću pri savijanju f_s i modul elastičnosti E_s za datu vlažnost drveta od 6,5%, za standardnu vlažnost drveta i za potpuno suvo drvo.
- c) Koristeći analitičke izraze dobijene pod tačkom a) i opšti izraz za napone pri savijanju σ_s grede silom u sredini raspona, odrediti i zavisnost $\sigma_s = \sigma_s(u)$, pa sračunati vrednosti sile P i napona savijanja σ_s koje odgovaraju sledećim ugibima: 2,5 mm, 5,0 mm, 7,5 mm, 10 mm, 12,5 mm, 15 mm, 17,5 mm i ugibu pri lomu grede.
- d) Na osnovu izračunatih pojedinačnih vrednosti sile i napona savijanja pod tačkom c), u pogodnoj razmeri, u istom koordinatnom sistemu, skicirati dijagrame $P=P(u)$ i $\sigma_s = \sigma_s(u)$. Na ordinatnoj osi naneti dve skale: jednu - za silu $P=P(u)$ u kN, drugu - za napon $\sigma_s = \sigma_s(u)$, u MPa, ali u takvom međusobnom odnosu razmera na skici, da za obe zavisnosti odgovara jedinstvena linija – jedinstveni dijagram.

a) Načrtati dijagram $f_{ct} - m_c$, pa putem metode najmanjih kvadrata definisati linearnu zavisnost $f_{ct} = b_1 \cdot m_c + b_2$. Koristeći ovako definisanu zavisnost sračunati čvrstoće f_{ct} za sve primenjene vrednosti m_c i uneti i njih u dijagram. Na osnovu iste zavisnosti sračunati potrebne količine cementa m_c i vrednosti vodocementnog faktora w koje odgovaraju vrednostima čvrstoće f_{ct} (koje se prema BAB 'S7 zahtevaju u prethodnim ispitivanjima pri projektovanju betonskih mešavina), za sve tri marke betona i naznačiti ih u dijagramu.

b) Sračunati potrebne količine cementa m_c i vrednosti vodocementnog faktora w koje odgovaraju istim vrednostima f_{ct} kao pod tačkom a) i putem empirijske formule Bolomeja. Od dobijenih vrednosti m_c prema tačkama a) i b) usvojiti prosečne vrednosti zaokružene na najbližih 5 kg/m³ i vodocementni faktor zaokružen na 2 decimale, pa nakon toga sračunati i ukupne potrebne količine agregata m_a i zapreminsku masu svežeg betona γ_{bz} za sve tri marke betona. Pretpostaviću da u svim slučajevima u betonu nakon zbijanja ima 2% zaostalog vazduha. Da li je pretpostavljena zapreminska masa svežeg betona od 2400 kg/m³ u prethodnim probama dovoljno bliska konačno dobijenoj prosečnoj vrednosti?

3) Ispitivanjem deformacionih svojstava jedne vrste čelika dobijen je radni ($\sigma - \epsilon$) dijagram koji se u svom pravolinijskom delu može definisati jednačinom $\sigma(\epsilon) = 193 \cdot \epsilon$, a u krivolinijskom delu, sve do tačke prekida, jednačinom $\sigma(\epsilon) = -0.10417 \cdot \epsilon^2 - 12.50 \cdot \epsilon + 1467$ (za dobijanje napona σ u MPa, dilatacije ϵ treba izražavati u ‰). Izduženje nakon prekida epruvete izmereno je u iznosu $\delta = 8.0 \%$.

a) Definirati modul elastičnosti datog čelika, napon i dilataciju u tački preseka prevolinijskog sa krivolinijskim delom radnog dijagrama, kao i konvencionalnu granicu razvlačenja $\sigma_{0.2}$.

b) Odrediti čvrstoću $f_t = \sigma_m$ i napon pri kidanju σ_k datog čelika, a zatim i grafički predstaviti dijagram $\sigma - \epsilon$ u pogodnoj razmeri (npr.: za $\sigma = 1 \text{ cm} = 200 \text{ MPa}$, za $\epsilon = 10\% = 1.25 \text{ cm}$ ili 1.50 cm). Na skici naznačiti sve osnovne tačke dijagrama: tačku preseka prevolinijskog sa krivolinijskim delom, tačke (σ_m, ϵ_m) i (σ_k, ϵ_k) , kao i granicu $\sigma_{0.2}$, zajedno sa prikazom parametara za njeno određivanje.

c) Odrediti napone koji odgovaraju dilatacijama od 2.5%, 3.5% i 4.5% a zatim i vrednosti elastičnog, odnosno plastičnog dela ovih dilatacija, kao i dilatacija koje odgovaraju zateznoj čvrstoći čelika σ_k i naponu pri kidanju epruvete σ_k .

4) Na jednom gradilištu spravlja se produžni malter sa razmerom mešanja cement : hidratizani kreč : pesak = 1:2:3 (odnos zapremina). Specifične i zapreminske mase komponentnih materijala date su u priloženoj tablici. Pri spravljanju maltera koristi se cement u količini od 220 kg/m³. Pesak koji se koristi ima vlažnost od 3%, a građevinski kreč se upotrebljava u obliku krečnog testa, kod koga je vodokrečni faktor jednak 0.9. U nedostatku dovoljne količine gašenog kreča - spravljenog krečnog testa, neposredno pre pripreme maltera mešavini se dodaje još 50 kg/m³ živog kreča (CaO) u prahu i izvrši dobro mešanje.

Ako se pretpostavi da je u spravljenom i ugrađenom malteru prisutno 6% zaostalog vazduha, odrediti potrebne količine svih komponentnih materijala za 1m³ svežeg ugrađenog maltera, kao i količine koje odgovaraju pojedinim materijalima koji se stvarno doziraju u mešalicu pri spravljanju predmetnog produžnog maltera (cement, krečno-test, živi kreč, pesak, usuta voda). Izračunati takođe i zapreminsku masu svežeg ugrađenog maltera.

Komponenta	Specifična masa (kg/m ³)	Zapreminska masa (kg/m ³)
Cement	3100	1200
Hidratizani kreč	2100	300
Pesak	2620	1350

GRAĐEVINSKI MATERIJALI Pismeni ispit 14.06.2005.

summa

A. Čelik

(46)

W

1) Za betoniranje jednog hidrotehničkog tunela u Alžiru na raspolaganju su dve vrste sitnog agregata: prirodni rečni pesak ("r") koga nema na raspolaganju u dovoljnoj količini, kao i dovoljne količine sitnog drobljenog agregata ("d") i tri frakcije krupnog drobljenog agregata (frakcije II, III i IV). Rezultati prosejavanja svih raspoloživih sitnih i krupnih agregata-frakcija prikazani su u priloženoj tablici. Odlučeno je da se kao sitan agregat koristi mešavina rečnog i drobljenog peska u odnosu rečni: drobljeni = 1:2, ali kako ovakav sitan agregat ne ispunjava uslov preporuka u pogledu najvećeg dopuštenog modula finoće (modula zrnavosti) za betoniranje pumpom (MSJ.1), ova mešavina mora se "popraviti" dodavanjem finog pustinjskog peska (sa peščanih dima-"dp"), čiji je sastav takođe dat u tablici.

a) Odrediti sastav mešavine rečnog i drobljenog peska, tj. ordinate $Y_{r,d}$ njene granulometrijske krive, module finoće (zrnavosti) ove mešavine $M_{r,d}$ i čistog peska M_{dp} , a zatim iz datog uslova o modulu finoće (usvojiti $M=3.1$) i sastav njihove mešavine, tj. sastav sitnog agregata-frakcije I (Y_I).

b) Odrediti učešća sve 4 frakcije u mešavini agregata M_k u kojoj prolasci kroz sita ocvora 4, 8 i 16 mm (zaokruženi na ceo %) odgovaravaju jednačini $Y_{n,d}=100(d/D)^n$, pri čemu n odrediti iz uslova da kroz sito ocvora $d=4$ mm treba da prođe 40% agregata (i učešće frakcija takođe zaokružiti na ceo %). Usvojiti $D=31.5$ mm (iako je nominalno najveće zrno mešavine, tj. gornja nominalna veličina frakcije IV-25 mm, sa 6% nadmerenih zrna 25/31.5 μ m). Učešće frakcija može se odrediti i probanjem (iteracijom), zadovoljavajući se sa dobijenom tačnošću rešenja do na ceo % (tj. vrednosti x_1, x_2 na 2 decimale). Sračunati ordinate ovako dobijene mešavine $Y_{k,d}$, a zatim i njena modul finoće $M_{k,d}$.

Na zajedničkom dijagramu u pogodnoj razmeri prikazati linije prosejavanja sve 4 frakcije (I, II, III i IV) kao i mešavine $M_{k,d}$.

d (mm)	0.125	0.25	0.5	1	2	4	8	16	25	31.5
"r"- Y_r (%)	5	11.5	25	44	71	91	100	100	100	100
"d"- Y_d (%)	10	18.5	30	48	72	93	100	100	100	100
"pd"- Y_{pd} (%)	50	70	80	88	100	100	100	100	100	100
II				0	0.4	2	6	95	100	100
III						0	6	78	100	100
IV							0	0.6	94	100

2) Za izvođenje jedne AB konstrukcije projektom su predviđene marke betona: MB 20, MB30 i MB 40. Pri projektovanju betonskih mešavina za sve tri marke betona odabran je cement klase 42.5 ($\gamma_c=2950$ kg/m³), rečni agregat ($\gamma_a=\gamma_{20}=2720$ kg/m³), opran i granulisan u 4 uobičajene, standardne frakcije ($D=31.5$ mm) i pijuća voda. Na osnovu planova oplata i planova armature usvojena je plastična konzistencija sa sleganjem 6-8 cm, a prethodnim ispitivanjima usvojena količina vode m_w za ovakvu konzistenciju iznosi 170 kg/m³.

U cilju definisanja potrebnih količina cementa m_c (tj. vodocementnih faktora ω) za sve tri marke betona, izrađeno je ukupno 10 probnih betonskih mešavina sa usvojenom količinom vode od 170 kg/m³, uz variranje količine cementa m_c po 25 kg/m³, počev od 200 pa do 425 kg/m³. Ukupna količina agregata m_a (ne menjajući usvojen granulometrijski sastav) takođe je u ovim prethodnim probama menjana, tako da projektovana zapreminska masa svežeg betona uvek iznosi 2400 kg/m³. Nakon propisnog negovanja u trajanju od 28 dana betonskih kocki, uzetih po tri od svake mešavine, izvršeno je ispitivanje čvrstoće pri pritisku. Dobijene prosečne vrednosti čvrstoće $f_{k,28}$ za svaku od 10 mešavina prikazane su u priloženoj tablici.

Mešavina broj i	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
m_c (kg/m ³)	200	225	250	275	300	325	350	375	400	425
$f_{k,28}$ (MPa)	19.2	21.3	23.0	27.9	33.2	36.0	39.1	41.9	48.8	50.5

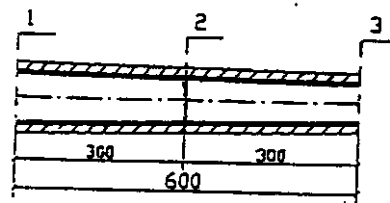
1) За бетон једне масивне конструкције примењује се мешавина агрегата састављена од пет фракција уобичајених казивијих величина, при чему њене ординате на граничном ситику (4, 8, 16 и 31,5 mm) одговарају ЕМРА кривој Y_{Σ} за $D=63$ mm. Састав две најкрупније фракције у оквиру ове мешавине: фракције 1 (16/31,5 mm) и фракције 2 (31,5/63 mm), одговара горњим граничним димензијама крупноће ове фракције, у складу са стандардом ЈУС В. В.82.029. Међутим, за неколико јаче армираних елемената мањих димензија, услед ефекта зида и ефекта решетке, најкрупнија фракција мора да буде изостављена из ове мешавине.

- Одредити састав нове мешавине M_1 , тј. криву $Y_{\Sigma 1}$, која се добија изостављањем фракције 2 из основне мешавине Y_{Σ} и упоредити њен састав са саставом ЕМРА криве за $D=31,5$ mm ($Y_{\Sigma} = Y_{\Sigma 1}$ за $D=31,5$ mm), тј. сразумети разлику ордината - ΔY ове две криве.
- У колико добијена мешавина M_1 садржи мањи проценат зрна крупноће 16/31,5 mm, него одговарајућа ЕМРА крива Y_{Σ} , одредити колико би процената требало додати (тј. вратити) од напред дефинисане (изостављене) фракције 2 (31,5/63 mm) мешавини M_1 , да би се добила мешавина M_2 која ће имати исто учешће зрна крупноће преко 16 mm, као и ЕМРА крива Y_{Σ} . Сразумети затим и све ординате мешавине M_2 (тј. ординате $Y_{\Sigma 2}$), као и ординате мешавине Y_{Σ} , па и њих међусобно упоредити.
- Одредити потребан проценат додавања мешавине M_1 фракције 1 (уместо фракције 2), да би се добила мешавина M_3 која ће испуњавати исти услов као под тачком б), па затим сразумети и ординате ове криве $Y_{\Sigma 3}$ и упоредити их са ординатама Y_{Σ} .
- У погодној размери, у два одвојена координатна система, прикренити гранулометријске криве и то: у првом - за фракције 2 (Y_2), мешавине M_1 и M_2 ($Y_{\Sigma 1}$ и $Y_{\Sigma 2}$), као и обе ЕМРА криве (криве Y_{Σ} и $Y_{\Sigma 1}$), а у другом - за фракције 1 (Y_1), мешавине M_1 и M_3 ($Y_{\Sigma 1}$ и $Y_{\Sigma 3}$), и ЕМРА криву Y_{Σ} .

Упутство: У тачки а) ЕМРА криву Y_{Σ} схватити као мешавину агрегата M_1 (у којој одсе, нема зрна крупноће преко 31,5 mm) и фракције 2, па поставити одговарајући услов на сити $d=31,5$ mm.

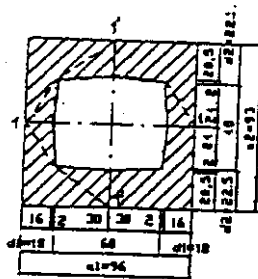
2) Шупљи армиранобетонски стуб приказан на скицама у прилогу испитиван је методом ултразвук, у циљу прецизнијег дефинисања дебљине зглова d_1 и d_2 , односно сталних димензија a_1 и a_2 у средњем пресеку, означеном бројем (2) у подужном пресеку. У ту сврху извршена су прелиминарна у сва три наведена попречна пресека, (1), (2) и (3), са по два међусобно управна очитавања у сваком пресеку, при чему су сонде апаратуре постављане у срединама страних пресека, које су на скицама попречних пресека (1) и (3) означене бројевима 1 и 1', 3 и 3' (у пресеку (2), аналогно, са 2 и 2').

- Користећи очитавања у пресецима (1) и (3) (видети приложну табелу), одредити брзину ултразвука кроз бетон, као просечну вредност из сва 4 мерења, заокруживши на ближи од број.
- На основу брзине ултразвука добијене у тачки а) и очитавања на апаратури у пресеку (2), која су такође дата у приложеној табели, сразумети дебљине d_1 и d_2 , односно сталне димензије стуба a_1 и a_2 , полазећи од претпоставке да су укривљености нанеж дуж целог стуба у геометријском смислу потпуно праве линије. При прорачуну, дебљине зглова стуба заокружити на најближи цео милиметар, или најближи 0,5 милиметара.

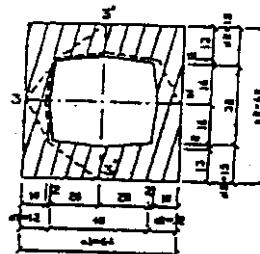


ПОДУЖНИ ПРЕСЕК СТУБА

Попр. пресек	Мерни правац	Очитавање l (mm)
(1)	1-1	241,7
	1'-1'	244,9
(2)	2-2	200,5
	2'-2'	205,4
(3)	3-3	159,4
	3'-3'	165,5



ПОПРЕЧНИ ПРЕСЕК 1



ПОПРЕЧНИ ПРЕСЕК 3

1) Радни (σ - ϵ) дијаграм једне врсте латентираних, хладно гучених челика, чији је модул еластичности $E=195000$ МПа, за $0 \leq \epsilon \leq 0,8\%$ је праволинијски, а за $0,8\% \leq \epsilon \leq 8\%$ има облик параболо другог реда, која за $\epsilon=6\%$ има свој максимум, а за $\epsilon=8\%$ "излаже", тј. максимум за $\epsilon=6\%$: $\sigma=\sigma_m$, а за $\epsilon=8\%$: $\sigma=\sigma_m/1300$ МПа, где је σ_m означена тачкасто, а σ_m напон при излазу пресека челичне жолце.

- а) Дефинисати функције $\sigma=\sigma(\epsilon)$ за оба наведена подручја.
- б) Одредити конвенционалну границу развлачења $\sigma_{0,2}$ датог челика, уз графичку представу (своју) дијаграма σ - ϵ у погођеној размери. На осцима означити основне тачке дијаграма: тачку прелома праме и параболо, тачке (σ_m, ϵ_m) и (σ_k, ϵ_k) , као и границу $\sigma_{0,2}$ и параметре за њено одређивање.
- в) Срачунати напоне и еластичне дилатације које одговарају укупном дилатацијом ϵ од 2% и 4%, односно само еластичне дилатације које одговарају укупном дилатацијом ϵ од 6% и 8%.

Напомена: Код прорачуна, као и у дијаграму, ϵ изражава се у %, а σ у МПа.

1) Једна врста тврдог грађевинског дрвета (белогрн) испитивана је путем савијања склом у средњим влажностама $1-600$ мм узорка-греднице димензија $50/50/750$ мм у потпуно сувом стању ($H=0$), у циљу извођења дијаграма сила-угиба (P - u) односно дијаграма напон при савијању - угиба (σ - ϵ) и вредности модула еластичности E . За вредности угиба $u \leq 9$ мм, коме одговара сила $P(u)=12,6$ кН, добијена је праволинијска зависност, након чега све до лома дијаграм има облик параболо 2. реда.

- а) Дефинисати аналитичке изразе $P=P(u)$ за оба наведена подручја, на основу од следећих услова:
 - параболо и права линија у тачки спајања (за $u=9$ мм) имају заједничку тангенту, тј. не постоји "сингуларитет" у заједничкој тачки.
 - максимална вредност силе $P=P(u)$ одговара угибу $u=30$ мм, а до зема греднице долази при угибу $u=34$ мм.
- б) Одредити тачкосту при савијању σ_s и модула еластичности E_s за потпуно суво дрво, а затим и за стандардну влажност $H=15\%$.
- в) Користећи аналитичке изразе добијене у тачки а), израчунати вредности силе $P=P(u)$ за вредности угиба $u=0$, $u=9$ мм - праволинијски део дијаграма $P=P(u)$, а затим и за вредности угиба $u=12$ мм, $u=15$ мм, и тако по 3 мм све до $u=30$ мм, као и за $u=32$ мм и $u=34$ мм (лом греднице) - параболни део дијаграма. (Под претпоставком да и за све вредности напона савијања σ , важи извештајна емпиријска зависност од влажности дрвета H као и за максимални напон $\sigma_{lim}=f_s$ (тврстоћу дрвета при савијању) и за модула еластичности E , на основу срачунатих вредности силе $P=P(u)$ срачунати и напоне σ_s за потпуно суво дрво ($H=0$), а затим и за стандардну влажност дрвета $H=15\%$ - $\sigma_{s,15}$. Са овим прорачун спровести табеларно.
- г) Резултате добијене у оквиру тачке в) приказати графички, као дијаграм $P=P(u)$ и дијаграме $\sigma_s=\sigma_s(u)$ за обе дате влажности, у наведеној размери, а све то у заједничком, јединственом координатном систему (одвојене ординате за силу P и за напон σ_s).

Размера за дијаграме - за угиба: 1 см=2,5 мм, - за силе: 1 см=2,5 кН, - за напоне: 1 см=20 МПа.

ГРАЂЕВИНСKI MATERIJALI

Pismeni ispit, 02.10.2005.

1. АГРЕГАТ
2. МАЛТЕР
3. БЕТОН
4. ЧЕЛИК

33

1. zadatak (2,5 poena):

a) Definisati granulometrijski sastav mešavine agregata M_1 koji je dat jednačinom

$$Y_n = 100 \left(\frac{d}{31,5} \right)^n, \text{ uz uslov da zrna krupnoće preko 16 mm u mešavini treba da bude 26\%, a zatim}$$

sračunati sve ordinate ovakve mešavine. Veličinu n u jednačini zaokružiti na više, na tri decimale.

b) Odrediti koliko procenata frakcije 16/31,5 mm, čiji sastav odgovara gornjoj granici (prema standardu JUS B.B3.100) treba dodati mešavini definisanoj pod a), da bi se dobila mešavina M_2 u kojoj zastupljenost zrna krupnoće preko 16 mm odgovara Fulerovoj krivoj za $D=31,5$ mm, pa sračunati i sve ordinate ove mešavine.

c) Koliko procenata frakcije 31,5/63 mm, čiji sastav takođe odgovara gornjoj granici (prema standardu JUS B.B3.100) treba dodati istoj mešavini definisanoj pod a), da bi se dobila još jedna mešavina - M_3 , u kojoj zastupljenost zrna krupnoće preko 31,5 mm odgovara Fulerovoj krivoj za $D=63$ mm, pa zatim sračunati sve ordinate i za mešavinu M_3 .

d) U pogodnoj razmeri nacrtati linije prosejavanja sve tri napred definisane mešavine i navedenih frakcija IV i V.

2. zadatak (1,5 poena):

Na jednom gradilištu spravlja se produžni malter sa razmerom mešanja cement : hidratizani kreč : pesak = 1:2:5 (odnos zapremina). Specifične i zapreminske mase komponentnih materijala date su u priloženoj tablici. Pri spravljanju maltera koristi se cement u količini od 220 kg/m^3 . Pesak koji se koristi ima vlažnost od 3%, a građevinski kreč se upotrebljava u obliku krečnog testa, kod koga je vodikrečni faktor jednak 0,9. U nedostatku dovoljne količine gašenog kreča - spravljenog krečnog testa, neposredno pre pripreme maltera mešavini se dodaje još 50 kg/m^3 živog kreča (CaO) u prahu i izvrši dobro mešanje.

Ako se pretpostavi da je u spravljenom i ugrađenom malteru prisutno 6% zaostalog vazduha, odrediti potrebne količine svih komponentnih materijala za 1 m^3 svežeg ugrađenog maltera, kao i količine koje odgovaraju pojedinim materijalima koji se stvarno doziraju u mešalicu pri spravljanju predmetnog produžnog maltera (cement, krečno test, živi kreč, pesak, usuta voda). Izračunati takođe i zapreminsku masu svežeg ugrađenog maltera.

Komponenta	Specifična masa (kg/m^3)	Zapreminska masa (kg/m^3)
Cement	3100	1200
Hidratizani kreč	2100	500
Pesak	2620	1350

3. zadatak (3,0 poena):

Za izvođenje jedne AB konstrukcije projektom su predviđene marke betona: MB 20, MB30 i MB 40. Pri projektovanju betonskih mešavina za sve tri marke betona odabran je cement klase 42,5 ($\gamma_{ce}=2950 \text{ kg/m}^3$), rečni agregat ($\gamma_{ag}=\gamma_{20}=2720 \text{ kg/m}^3$), opran i granulisan u 4 uobičajene, standardne frakcije ($D=31,5$ mm) i pijaca voda. Na osnovu planova oplata i planova armature usvojena je plastična konzistencija sa sleganjem 6-8 cm, a prethodnim ispitivanjima usvojena količina vode m_w za ovakvu konzistenciju iznosi 170 kg/m^3 .

U cilju definisanja potrebnih količina cementa m_c (tj. vodocementnih faktora w) za sve tri marke betona, izrađeno je ukupno 10 probnih betonskih mešavina sa usvojenom količinom vode od 170 kg/m^3 , uz variranje količine cementa m_c po 25 kg/m^3 , počev od 200 pa do 425 kg/m^3 . Ukupna količina agregata m_a (ne menjajući usvojen granulometrijski sastav) takođe je u ovim prethodnim probama menjana, tako da projektovana zapreminska masa svežeg betona uvek iznosi 2400 kg/m^3 . Nakon propisnog negovanja u trajanju od 28 dana

7

betonskih kocki, uzetih po tri od svake mešavine, izvršeno je ispitivanje čvrstoće pri pritisku. Dobljene prosečne vrednosti čvrstoće $f_{k,28}$ za svaku od 10 mešavina prikazane su u priloženoj tablici.

Mešavina broj i	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
m_c (kg/m ³)	200	225	250	275	300	325	350	375	400	425
$f_{k,28}$ (MPa)	19,2	21,3	23,0	27,9	33,2	36,0	39,1	41,9	48,8	50,5

a) Nacrtati dijagram $f_{k,28}-m_c$, pa putem metode najmanjih kvadrata definisati linearnu zavisnost $f_{k,28}=b_1 \cdot m_c + b_2$. Koristeći ovako definisanu zavisnost sračunati čvrstoće $f_{k,28}$ za sve primenjene vrednosti m_c i uneti i njih u dijagram. Na osnovu iste zavisnosti sračunati potrebne količine cementa m_c i vrednosti vodocementnog faktora w koje odgovaraju vrednostima čvrstoće $f_{k,28}$ (koje se prema BAB '87 zahtevaju u prethodnim ispitivanjima pri projektovanju betonskih mešavina), za sve tri marke betona i naznačiti ih u dijagramu.

b) Sračunati potrebne količine cementa m_c i vrednosti vodocementnog faktora w koje odgovaraju istim vrednostima $f_{k,28}$ kao pod tačkom a) i putem empirijske formule Bolomeja. Od dobijenih vrednosti m_c prema tačkama a) i b) usvojiti prosečne vrednosti zaokružene na najbližih 5 kg/m³ i vodocementni factor zaokružen na 2 decimale, pa nakon toga sračunati i ukupne potrebne količine agregata m_a i zapreminsku masu svežeg betona $\gamma_{k,28}$ za sve tri marke betona. Pretpostaviti da u svim slučajevima u betonu nakon zbijanja ima 2% zastalog vazduha. Da li je pretpostavljena zapreminska masa svežeg betona od 2400 kg/m³ u prethodnim probama dovoljno bliska konačno dobijenoj prosečnoj vrednosti?

4. zadatak (3,0 poena):

Ispitivanjem deformacionih svojstava jedne vrste čelika dobijen je radni ($\sigma-\epsilon$) dijagram koji se u svom pravolinijskom delu može definisati jednačinom $\sigma(\epsilon)=197\epsilon$, a u krivolinijskom delu, sve do tačke prekida, jednačinom $\sigma(\epsilon) = -0,192 \cdot \epsilon^2 + 21,5 \epsilon + 1345$ (za dobijanje napona σ u MPa dilatacije ϵ treba izražavati u ‰). Izduženje nakon prekida epruvete izmereno je u iznosu $\delta=7,6 \%$.

a) Definisati modul elastičnosti datog čelika, napon i dilataciju u tački preseka prevolinijskog sa krivolinijskim delom radnog dijagrama, kao i konvencionalnu granicu razvlačenja $\sigma_{0,2}$.

b) Odrediti čvrstoću $f_t = \sigma_m$ i napon pri kidanju σ_k datog čelika, a zatim i grafički predstaviti dijagram $\sigma-\epsilon$ u pogodnoj razmeri (npr.: za $\sigma - 1 \text{ cm} = 200 \text{ MPa}$, za $\epsilon - 10‰ = 1,25$ ili $1,50 \text{ mm}$). Na skici naznačiti sve osnovne tačke dijagrama: tačku preseka prevolinijskog sa krivolinijskim delom, tačke (σ_m, ϵ_m) i (σ_k, ϵ_k) , kao i granicu $\sigma_{0,2}$, zajedno sa prikazom parametara za njeno određivanje.

c) Odrediti napone koji odgovaraju dilatacijama od 2,0‰, 3,0‰ i 4,0‰, a zatim i vrednosti elastičnog, odnosno plastičnog dela ovih dilatacija, kao i dilatacije koje odgovaraju zateznoj čvrstoći čelika σ_m i naponu pri kidanju epruvete σ_k .

(69) 1040-11

GRAĐEVINSKI MATERIJALI
Pismeni ispit, 16.09.2006.

1) Mešavina agregata M_{2x} , čiji granulometrijski sastav odgovara Fuler-ovoj referentnoj krivoj za $D=31,5$ mm, sastavljena je od četiri uobičajene (standardne) frakcije agregata, pri čemu frakcija III (8/16 mm) i frakcija IV (16/31,5 mm) ne sadrže nadmerena zrna.

- a) Odrediti mešavinu M_1 koja bi se dobila izostavljanjem frakcije IV iz mešavine agregata M_{2x} , pod pretpostavkom da ova frakcija sadrži 10% podmerenih zrna, sa prolaskom od 3% na sito otvora 8 mm, a zatim sračunati razlike ordinata ovako dobijene mešavine M_1 i mešavine M_{1F} , čiji sastav odgovara Fuler-ovoj krivoj za $D=16$ mm. Grafički prikazati granulometrijski sastav sve tri navedene mešavine agregata, zajedno sa granulometrijskim sastavom frakcije IV, u jednom koordinatnom sistemu.
- b) Odrediti potreban procenat dodavanja napred definisane frakcije IV mešavini M_{2x} iz tačke a) da bi se dobila nova mešavina M_2 , kod koje prolaz kroz sito otvora $d=8$ mm odgovara referentnoj EMPA krivoj za $D=31,5$ mm, a zatim sračunati razlike ordinata mešavine M_2 i referentne EMPA mešavine M_{2F} za $D=31,5$ mm. Na koordinatnom sistemu iz tačke a) već ucrtanim finijama prosejavanja dodati i linije prosejavanja za mešavine M_2 i M_{2F} .

Uputstvo: U tač. a) potrebno je najpre napisati dve jednačine za određivanje nepoznatih učešća: učešća X_{IV} - tražene mešavine M_1 i učešća X_{IV} - frakcije IV, u mešavini M_{2x} kojoj prolaz kroz sito otvora $d=8$ mm treba da odgovara Fulerovoj krivoj. Na osnovu dobijenih vrednosti X_{IV} i X_{IV} napisati izraz za sračunavanje mešavine M_1 koji zatim treba rešiti po nepoznatoj X_{IV} , LLd.

2) Za spravljanje jednog 1 m^3 hidrauličnog, krečno-pucolanskog, masnog maltera, kod koga je ukupna zapremina vezivne kaše veća za 20% od zapremina šupljina između zrnaca upotrebljenog peska, potrebno je odrediti:

- a) Količine (mase) materijala za izradu 1 m^3 ovakvog maltera, ako se on spravlja u sledećim zapreminskim odnosima suvih komponenti:

hidratizani kreč : pucolan : pesak = 1 : 1,8 : 8

I ako njegova zapreminska masa u svežem, ugrađenom stanju iznosi 2109 kg/m^3 .

- b) Vrednost vodovezivnog faktora, kompaktnost maltera po Feret-u, kao i zapremine vezivne kaše i šupljina između zrnaca peska.
- c) Površinu zrnaca peska u 1 m^3 maltera, kao i zamišljenu debljinu μ sloja vezivne kaše, preostale posle popunjavanja šupljina između zrnaca peska, za obavljanje ovih zrnaca.

Materijal	Specifična masa (g/cm^3)	Zapreminska masa (g/cm^3)
Hidratizani kreč	2,30	0,75
Pucolan	2,45	0,95
Pesak (0/4 mm)	2,65	1,65

(zrna peska su 100 % kompaktna).

3) Promena čvrstoće pri pritisku jedne vrste betona u funkciji vremena definisana je analitičkim izrazom $f_k(t) = 39 (1 - e^{-0.1t})$.

- a) Odrediti sastav ovog betona, njegovu zapreminsku masu u svežem stanju i ukupnu poroznost, ako se pretpostavi sledeća:

- čvrstoća pri pritisku betona nakon 7 dana iznosi polovinu njegove konačne čvrstoće (kada $t \rightarrow \infty$);
- pri stepenu hidratacije $\alpha_h = 0,80$ kapilarna poroznost betona iznosi 9 %;
- nakon ugrađivanja u beton je zaostalo 1 % vazduha;
- čvrstoća betona pri pritisku na 28 dana slede zakon Skramtajev-a (kvalitet cementa i agregata normalan);
- za spravljanje betona koristi se cement čija čvrstoća na 28 dana iznosi 45,0 MPa ($\gamma_m = 3 \text{ g/cm}^3$) i rečni agregat ($\gamma_m = 2,67 \text{ g/cm}^3$) sa 100 % kompaktnim zrnima.

Određiti sastav i zapreminsku masu u svežem stanju novog betona koji se dobija uz pretpostavku da se dodavanjem jedne vrste superplastifikatora betonu iz tačke a) može smanjiti količina vode u njemu za 25 % (pri istoj količini cementa i istoj zaostaloj poroznosti). Sračunati čvrstoću pri pritisku na 28 dana, kapilarnu i ukupnu poroznost ovakvog novog betona, pri istom stepenu hidratacije α_h , a zatim za isti beton odrediti i zavisnost $f_k = f_k(t)$ u istom obliku kao za beton iz tač. a), pretpostavljajući da su ove dve zavisnosti međusobno affine.

- c) Koristeći date analitičke izraze za betone pod tačkama a) i b), sračunati čvrstoće oba betona na 3, 7, 14 i 21 dan, na 60 i 90 dana, a zatim u pogodnoj razmeri, na zajedničkom dijagramu, dati i grafički prikaz dobijenih funkcija $f_k = f_k(t)$ i $f_{k0} = f_{k0}(t)$.

4) U priloženoj tablici date su veličine izmerenih prečnika otisaka (u mm) dobijenih ispitivanjem jedne čelične konstrukcije metodom Brinela. Iz tri elementa konstrukcije, na mestima na kojima su izmerene vrednosti otisaka d od (1) 5,45 mm, (2) 5,65 mm i (3) 5,75 mm, isečeni su uzorci za ispitivanje čelika statičkim zatezanjem. Ovim ispitivanjem dobijene su zatezne čvrstoće čelika od (1) 415 MPa, (2) 380 MPa i (3) 370 MPa.

- a) Predstaviti histogram (poligon frekvencija) rezultata merenja metodom Brinela, usvajajući intervale od po 0,10 mm: 5,30-5,39 mm, 5,40-5,49 mm, 5,50-5,59 mm, itd. Ako je srednja vrednost prečnika otisaka $d_m = 5,5917 \text{ mm}$, a srednje kvadratno odstupanje $S_m = 0,1190 \text{ mm}$, odrediti koeficijent varijacije i karakterističnu vrednost rezultata ispitivanja koja odgovara fraktilu od 5%.

- b) Upoređivanjem data 3 para vrednosti prečnika otisaka d i zatezne čvrstoće σ_m putem metode najmanjih kvadrata, definisati eksponencijalnu zavisnost oblika $\sigma_m(d) = a \cdot e^{b \cdot d}$ (za d u mm, dobija se σ_m u MPa).

Koristeći dobijenu zavisnost sračunati zateznu čvrstoću čelika koja odgovara karakterističnoj vrednosti prečnika otisaka i proveriti da li ovako dobijena čvrstoća odgovara čvrstoći konstrukcijskog čelika sa oznakom Č 0452, za proizvode debljina većih od 3 mm.

5,30	5,60	5,60	5,50	5,60	5,70
5,35	5,60	5,70	5,60	5,50	5,60
5,75	5,65	5,55	5,65	5,65	5,45
5,40	5,65	5,55	5,80	5,60	5,60
5,80	5,65	5,45	5,65	5,70	5,55

- c) Koristeći zavisnost iz tačke b) sračunati zatezne čvrstoće čelika za sve izmerene prečnike otisaka d , pa na osnovu toga u pogodnoj razmeri grafički prikazati dobijenu funkcionalnu zavisnost $\sigma_m = \sigma_m(d)$, sa posebno označenim tačkama koje odgovaraju rezultatima ispitivanja uzoraka (1), (2) i (3) izvađenih iz konstrukcije.