

2. VAJA: KONSTITUTIVNI ZAKONI MATERIALOV – laboratorijska vaja**1. Beton**

Na vajah preiskujemo dve betonski prizmi nazivnih dimenzij 10x10x40 cm z oznakama V1 in V2 pri enoosnem tlačnem preizkusu. Dejanske dimenzije preskušancev (oznake po sliki 1) in ploščina prečnega prereza v sredini višine so naslednje:

Preskušanec	a (cm)	b (cm)	h (cm)	A (cm ²)
V1	-	-	-	-
V2				

Preskušanci so bili zabetonirani _____ in so na dan preizkusa _____ stari ____ dni.

Predhodno je bilo preizkušenih že ____ preskušancev enakih dimenzij. Dobili smo naslednje tlačne trdnosti:

Preskušanec	Tl. trdnost (kN/cm ²)	Preskušanec	Tl. trdnost (kN/cm ²)
V3		V7	
V4		V8	
V5		V9	
V6		V10	

Potek dela v laboratoriju:

Preskušanec V1 obremenjujemo monotono do porušitve. Merimo silo in specifične deformacije na treh mestih (razporeditev po sliki 1). Med preiskavo dobimo zvezo med napetostjo in deformacijo (σ/ε -diagram), tlačno trdnost f_{c1} , in sekantni modul elastičnosti E_c , ki ga določata napetosti $\sigma = 0$ in $\sigma = 0,4f_{c1}$.

Preskušanec V2 uporabimo za določanje statičnega modula elastičnosti E v smislu standarda ISO 6784.

Kot oceno tlačne trdnosti betona $f_{c,oc}$ upoštevamo srednjo vrednost tlačne trdnosti preskušancev V3 do V10 ($f_{c,oc} = \Sigma f_{ci}/n$). Preskušanec večkrat obremenimo in razbremenimo med napetostima $\sigma=0,05$ kN/cm² in $\sigma= f_{c,oc}/3$. Statični modul elastičnosti določamo pri petem razbremenjevanju. Po določitvi modula elastičnosti obremenimo preskušanec do porušitve. Glede na odstopanje dosežene tlačne trdnosti preskušanca f_{c2} napram ocenjeni trdnosti $f_{c,oc}$ se odločimo ali rezultat (E) sprejmemo ali ne (sprejemljivo odstopanje znaša 20%).

Opomba: Zaradi stiske merimo vse le na vzorcu V2 (najprej statični elastični modu E in nato $\sigma-\varepsilon$ diagram).

Rezultati preiskav:

Rezultati, ki so zapisani na izhodnih datotekah so v naslednjih enotah:

Sila P v kN,

Specifične deformacije ($K1$, $K2$, $K3$) v promilih.

Predpostavimo homogeno napetostno stanje po prerezu. Napetost v tem primeru izračunamo po izrazu:

$$\sigma = \frac{P}{A} =$$

Preskušalec V1:

$$A = \underline{\hspace{2cm}} \text{ cm}^2$$

$$P_{\max} = \underline{\hspace{2cm}} \text{ kN} \rightarrow f_{c1} = \underline{\hspace{2cm}}$$

Preskušalec V2:

$$A = \underline{\hspace{2cm}} \text{ cm}^2$$

Ocena tlačne trdnosti: $f_{c,oc} = \left(\frac{\sum_{i=3}^{10} f_{ci}}{8} \right) / 8 = \underline{\hspace{2cm}} \text{ kN/cm}^2$

Napetosti in sile za določanje statičnega modula elastičnosti pri preskušancu V2:

$$\sigma_b = 0,05 \text{ kN/cm}^2 \Rightarrow P_b = \underline{\hspace{2cm}} \text{ kN}$$

$$\sigma_a = f_{c,oc} / 3 = \underline{\hspace{2cm}} / 3 = \underline{\hspace{2cm}} \Rightarrow P_a = \underline{\hspace{2cm}} \text{ kN}$$

Tlačna trdnost:

$$P_{\max} = \underline{\hspace{2cm}} \Rightarrow f_{c2} = \underline{\hspace{2cm}}$$

Srednja tlačna trdnost betona določena na prizmah:

$$f_{cm}(t = \underline{\hspace{1cm}} \text{ dni}) = \left(\frac{\sum_{i=2}^{10} f_{ci}}{9} \right) / 9 = \underline{\hspace{2cm}} \text{ kN/cm}^2$$

Ocena standardne deviacije tlačne trdnosti (n=9):

$$S_n = \sqrt{\frac{\sum (f_{cm} - f_{ci})^2}{n - 1}} = \underline{\hspace{2cm}} \text{ kN/cm}^2$$

Karakteristična tlačna trdnost betona določena na prizmah (pri 5% fraktili in n=9 velja $t_p=1,833$) :

$$f_{ck}(t = \underline{\hspace{1cm}} \text{ dni}) = f_{cm}(t = \underline{\hspace{1cm}} \text{ dni}) - t_p S_n(t = \underline{\hspace{1cm}} \text{ dni}) = \underline{\hspace{2cm}}$$

Karakteristična tlačna trdnost betona določena na prizmah za starost betona 28 dni:

Upoštevamo razmerje $k_t = f_{ct}(t = \underline{\hspace{1cm}} \text{ dni}) / f_{ct}(28 \text{ dni}) = \underline{\hspace{1cm}}$, ki ga za normalne cemente dobimo po SIST EN 1992-1-1:

$$f_{ck} = f_{ck}(t=28 \text{ dni}) = f_{ck}(t = \underline{\hspace{1cm}} \text{ dni}) / k_t = \underline{\hspace{2cm}} \text{ kN/cm}^2$$

Obdelava rezultatov preiskav, ki jo opravi vsak študent s pomočjo programske opreme za delo s preglednicami (Excel):

a) Narišite zvezo σ/ε za preskušane V2. Za deformacijo ε upoštevajte vrednost izmerjenih deformacij. Določite tlačno trdnost f_{c2} in sekantni modul betona E_{c2} , ki ga določata napetosti $\sigma=0$ in $\sigma \approx 0,4f_{c2}$:

$$E_{c2} = \frac{\Delta\sigma}{\Delta\varepsilon} =$$

Izmerjeni zvezi σ/ε dodajte na isti sliki še računski konstitutivni zakon betona za analizo konstrukcij po standardu SIST EN 1992-1-1 (t. 3.1.5): ki ga določa enačba:

$$\sigma_c = f_{c2} \frac{k\eta - \eta^2}{1 + (k-2)\eta} \quad (\text{tlačne napetosti so negativne})$$

pri tem je:

$$\eta = \varepsilon_c / \varepsilon_{c1}$$

$$\varepsilon_{c1} = 0.7 \cdot f_{c2}^{0.31} < 2.8 \text{ [‰]} \quad (\text{računska deformacija pri ekstremni vrednosti napetosti; } f_{c2} \text{ v [MPa]})$$

$$k = 1.05 E_{c2} | \varepsilon_{c1} | / f_{c2}$$

Računski diagram zrišite za območje deformacij $-3.5\text{‰} \leq \varepsilon_c \leq 0$.

b) Na sliko skupaj z izmerjeno zvezo σ/ε za preskušane V2 narišite še računski konstitutivni zakon betona sestavljen iz kv. parabole in premice po SIST EN 1992-1-1 (t. 3.1.7) za dimenzioniranje prereзов. Pri tem pri vaji upoštevajte, da je tlačna trdnost določena na preizkušanih prizmah (10x10x40cm) kar enaka tlačni trdnosti določeni na valju (15x30cm). *Za druge namene je to pregroba predpostavka - takrat moramo razmerja trdnosti najti v literaturi ali izvesti primerjalne preiskave.*

Računsko tlačno trdnost betona αf_{cd} določite v odvisnosti od trdnostnega razreda C. Ker je trdnostni razred betona definiran kot karakteristična tlačna trdnost določena na valju s premerom 15 cm in višino 30 cm pri starosti betona 28 dni je v skladu z gornjo poenostavitvijo

$$“C” = f_{ck}(t=28 \text{ dni}) = f_{ck}(t= \text{__ dni}) / k_t = \text{_____} \text{ kN/cm}^2$$

$$\alpha f_{cd} = \alpha f_{ck} / \gamma_c = 1.0 \cdot \text{_____} / 1.5 = \text{_____} \text{ kN/cm}^2 \quad (\alpha=1.0; \gamma_c=1.5)$$

c) Za preskušane V2 določite statični modul elastičnosti pri 5. razbremenitvi preskušanca:

napetosti $\sigma_b = 0,05 \text{ kN/cm}^2$ odčitajte pripadajočo deformacijo ε_{cb}

napetosti $\sigma_a = f_{c,oc} / 3 = \text{_____}$ odčitajte pripadajočo deformacijo ε_{ca}

$$E = \frac{\Delta\sigma}{\Delta\varepsilon} = \frac{\sigma_a - \sigma_b}{\varepsilon_{ca} - \varepsilon_{cb}} = \text{_____} \text{ kN/cm}^2.$$

2. Jeklo

Na vajah opravimo standardni natezni preizkus jekla za armiranje (rebrasta armatura S 400).

Potek dela v laboratoriju

Preiskujemo vzorec z naslednjimi karakteristikami:

Preskušane	ϕ_{nom} (mm)	L_t (mm)	L_o (mm)	m (g)	L_u (mm)	$d=12,74 \cdot \sqrt{\frac{m}{L_t}}$ (mm)	$A=1,274 \cdot m/L_t$ (cm ²)
S 400							

Vzorca obremenjujemo do porušitve in pri tem beležimo silo v kN in specifično deformacijo v prom. na datoteko. Ročno po preiskavi izmerimo raztezek L_u , začetne merske dolžine L_o , po pretrgu.

Za armaturo S 400 velja $f_{yk}=40\text{kN/cm}^2$.

Obdelava rezultatov preiskav, ki jo opravi vsak študent s pomočjo programske opreme za delo s preglednicami (Excel):

a) Narisati izmerjeni zvezi σ/ϵ skupaj z računskima konstitutivnima zakonoma armature po SIST EN 1992-1-1 za dimenzioniranje prerezov (t. 3.2.7.-varianta brez upoštevanja utrditve):

$$\text{pri tem upoštevamo } \sigma = \frac{P}{A}.$$

Računska meja elastičnosti jekla je določena z izrazom $f_{yd}=f_{yk}/\gamma_s$ (pri tem je $\gamma_s=1,15$)

S 400: $f_{yd}=f_{yk}/\gamma_s=$ _____ / _____ = _____

b) Določiti napetost na meji elastičnosti, natezno trdnost in pripadajoči deformaciji za preskušane.

S 400: $f_y=$ _____; $f_t=$ _____;

$\epsilon_y =$ _____; $\epsilon_u=$ _____

c) Določiti procentualni raztezek po pretrgu na dolžini 10ϕ za preskušane.

S 400: $A_{10} = \frac{L_u - L_0}{L_0} =$ _____