



BETONSKE KONSTRUKCIJE 2

vježbe, 19.-20.11.2019.

Asistentica: Adriana Cerovečki, mag.ing.aedif.
acerovecki@gfos.hr

DATUM	SATI	TEMATSKA CJELINA
15.-16.10.2019.	2	<ul style="list-style-type: none">• uvod• ponavljanje poznatih postupaka dimenzioniranja (ploče nosive u 2 smjera)
22.-23.10.2019.	2	<ul style="list-style-type: none">• ponavljanje poznatih postupaka dimenzioniranja (sitnobreičasti strop)
29.-30.10.2019.	2	<ul style="list-style-type: none">• ekscentrični vlak i tlak (metoda Wuckovsky)
05.-06.11.2019.	2	<ul style="list-style-type: none">• dvostruko armiranje Wuckovski• ekscentrični tlak i vlak (interakcijski dijagrami)
12.-13.11.2019.	2	<ul style="list-style-type: none">• ekscentrično opterećenje i vitkost stupova
19.-20.11.2019.	2	<ul style="list-style-type: none">• ekscentrično opterećenje i vitkost stupova
26.-27.11.2019.	2	<ul style="list-style-type: none">• ekscentrično opterećenje i vitkost stupova + ponavljanje za kolokvij
Dogovoriti	2	<ul style="list-style-type: none">• konzultativne vježbe
03.-04.12.2019.	2	<ul style="list-style-type: none">• KOLOKVIJ
10.-11.12.2019.	2	<ul style="list-style-type: none">• dimenzioniranje elemenata punog i šupljeg poprečnog presjeka• koso savijanje – dimenzioniranje pomoću dijagrama
17.-18.12.2019.	2	<ul style="list-style-type: none">• torzija
07.-08.01.2020.	2	<ul style="list-style-type: none">• torzija• proračun na proboj
14.-15.01.2020.	2	<ul style="list-style-type: none">• proračun na proboj
Dogovoriti	2	<ul style="list-style-type: none">• Konzultativne vježbe
21.-22.01.2020.	2	<ul style="list-style-type: none">• KOLOKVIJ + predaja programa u zakazanom terminu

U rasporedu su moguće izmjene! Obavijest o eventualnim izmjenama biti će dana na vježbama i/ili na internetskim stranicama predmeta.

POSTUPAK PRORAČUNA STUPA

1) Pojedinačni tlačni element u **horizontalno pomičnim** sustavima smatra se vitkim ako je njegova vitkost:

$$\lambda = l_0/i > \lambda_{lim} = 25 \text{ ili } \lambda > \lambda_{lim} = 15/\sqrt{v_u}$$

gdje je:

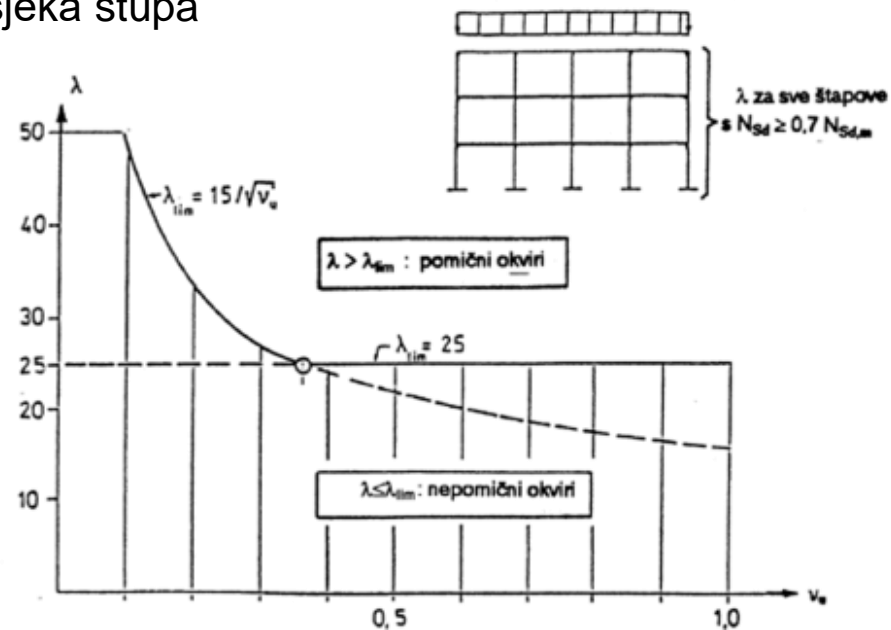
$v_u = N_{sd}/(A_c \cdot f_{cd})$ – bezdimenzijska vrijednost uzdužne sile

λ – vitkost

l_0 – duljina izvijanja

i – polumjer tromosti u “slabijem” smjeru presjeka stupa

Kod dimenzioniranja valja uzeti u obzir nepouzdanosti pri pretkazivanju učinaka teorije II reda, osobito zbog netočnosti izmjera i nepouzdanosti položaja i smjera uzdužnih sila. Ako se ne propisuju druge mjere, rabe se geometrijske zamjenjujuće nesavršenosti.



POSTUPAK PRORAČUNA STUPA

2) Pojedinačne tlačne elemente u **nepomičnim konstrukcijama** (čak i kada su razvrstani kao vitki) nije potrebno proračunavati po teoriji II reda ako je zadovoljen uvjet:

$$\lambda = l_0/i = l_0/\sqrt{I/A} \leq \lambda_{\text{crit}} = 25 \cdot (2 - e_{01}/e_{02})$$

gdje su e_{01} i e_{02} ekscentričnosti uzdužne tlačne sile na krajevima elementa, a uzima se da je $|e_{02}| \geq |e_{01}|$.

U tom slučaju valja elemente dimenzionirati na unutarnje sile:

$$N_{Rd} = N_{Sd}$$

$$M_{Rd} = N_{Sd} \cdot h/20$$

pri čem su: N_{Rd} i M_{Rd} proračunske nosivosti na uzdužnu silu i moment savijanja. Element između svojih krajeva ne smije biti poprečno opterećen.

Tlačne elemente koji ne zadovoljavaju navedeni kriterij valja proračunati po teoriji II reda, pri čemu vitkost elementa ne smije prelaziti graničnu vrijednost: $\lambda < \lambda_{\text{lim}} = 140$.

Može se koristiti i **pojednostavljeni postupak** koji vrijedi za elemente konstantnog presjeka i armature.

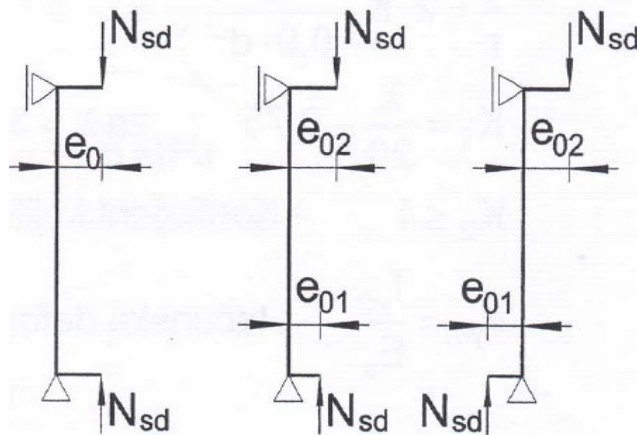
POSTUPAK PRORAČUNA STUPA

Pojednostavljeni postupak proračuna pojedinačnih elemenata

Proračunski model za određivanje ukupne ekscentričnosti:

Po pojednostavljenom postupku se element promatra kao pojedinačni tlačni element (izdvojen iz sustava) i pretpostavlja se pojednostavljeni oblik deformiranja.

Nosivost tlačnih elemenata u sustavu većinom će biti veća od one kada se stup izdvoji, pa smo ovakvim modelom proračuna na strani sigurnosti.



(a) jednake ekscentričnosti na oba kraja elementa

(b) i (c) različite ekscentričnosti na krajevima elementa

POSTUPAK PRORAČUNA STUPA

(a) Ekscentričnosti prema teoriji I reda na oba kraja elementa jednake (sl. a):
(postupak prema EC2)

Ukupna ekscentričnost za tlačne elemente sa stalnim poprečnim presjekom u kritičnom presjeku iznosi:

$$e_{tot} = e_o + e_a + e_2$$

gdje je:

e_o – ekscentričnost prema teoriji I reda ($e_o = M_{sd}/N_{sd}$)

e_a – dodatna ekscentričnost (zbog imperfekcija)

$$e_a = v \cdot l_o/2$$

$l_o = \beta \cdot l_{col}$ - dužina izvijanja (iz nomograma)

$v = 1/(100 \cdot \sqrt{h_{tot}}) \geq v_{min}$ - kut nagiba konstrukcije prema vertikali

gdje je:

β – koeficijent izvijanja (iz nomograma)

l_{col} – stvarna dužina stupa

h_{tot} – ukupna visina građevine (u metrima)

Ako su učinci prema teoriji II reda zanemarivi treba uzeti:

$v_{min} = 1/400$ ako su učinci prema teoriji II reda zanemarivi (pridržani sustavi)

$v_{min} = 1/200$ ako učinci prema teoriji II reda nisu zanemarivi (nepridržani sustavi)

e_2 – ekscentričnost prema teoriji II reda

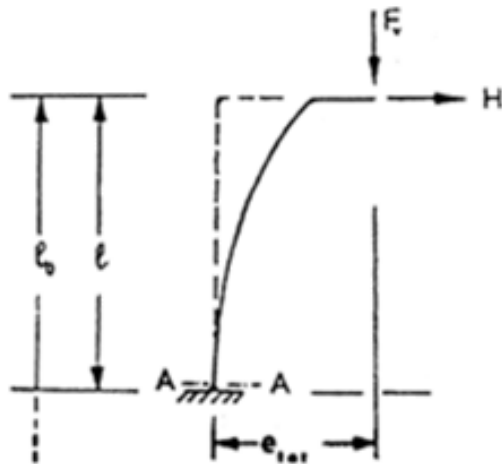
POSTUPAK PRORAČUNA STUPA

(b) Ekscentričnosti prema teoriji I reda različite na oba kraja elementa (sl. b i c):

Ukupna ekscentričnost za tlačne elemente sa stalnim poprečnim presjekom naprezane momentima koji se linearno mijenjaju uzduž elementa i za koje ekscentričnosti na krajevima imaju različite vrijednosti i/ili predznak, u kritičnom presjeku iznosi:

$$e_{tot} = e_o + e_a + e_2$$

Proračunski model stupa (konzolni stup):



Napomena*
izrazi za e_o i e_a sa prošlog primjera
(a) vrijede i ovdje

POSTUPAK PRORAČUNA STUPA

e_2 – ekscentričnost zbog deformiranja sustava (odgovara teoriji II reda) može se izračunati po izrazu:

$$e_2 = 0.1 \cdot K_1 \cdot l_0^2 \cdot (1/r)$$

gdje je:

l_0 – dužina izvijanja

K_1 – korekcijski faktor

$$\text{za } 15 \leq \lambda \leq 35 \quad K_1 = \lambda/20 - 0,75$$

$$\text{za } \lambda > 35 \quad K_1 = 1$$

$1/r$ – zakrivljenost

$$1/r = 2 \cdot K_2 \cdot \varepsilon_{yd} / (0,9 \cdot d)$$

gdje je:

K_2 – koeficijent kojim se uzima u obzir smanjenje zakrivljenosti $1/r$ kod istodobnog povećanja uzdužne sile

$$K_2 = (N_{ud} - N_{sd}) / (N_{ud} - N_{bal})$$

$$N_{ud} = 0,85 f_{cd} A_c + f_{yd} (A_{s1} + A_{s2})$$

$$N_{bal} = 0,4 f_{cd} A_c$$

$$K_2 \leq 1 \quad (K_2 = 1 - \text{na strani sigurnosti})$$

$\varepsilon_{yd} = f_{yd} / E_s$ – proračunska deformacija armature pri proračunskoj granici popuštanja

d – proračunska (statička) visina presjeka u očekivanom smjeru otkazivanja stabilnosti

POSTUPAK PRORAČUNA STUPA

(c) Proračunske rezne sile N_{sd}^{II} i M_{sd}^{II} na deformiranom sustavu, na koje element valja dimenzionirati:

$$N_{sd}^{II} = N_{sd}^I$$

$$M_{sd}^{II} = N_{sd}^I \cdot e_{tot} + (\Delta M_{\phi}^I)$$

ΔM_{ϕ}^I – dodatni moment savijanja zbog puzanja (puzanje betona povećava ekscentričnost):

$$\Delta M_{\phi}^I = 0,1 \cdot \gamma_F \cdot M_G^I$$

gdje je:

M_G^I – moment savijanja prema teoriji I reda

$\gamma_F = 1,2$ – za statički određene sustave

$\gamma_F = 1,1$ – za statički neodređene sustave



Hvala na pozornosti!
Pitanja?

Adriana Cerovečki, mag.ing.aedif.
acerovecki@gfos.hr