

Лекција 8: Прорачун претходно напрегнутих конструкција према захтевима употребљивости**Ограничавање напона**

Код ПН конструкција ограничавању напона подлежу бетон, каблови и арматура.

У Лекцији 3 „Пројектовање претходно напрегнутих конструкција према захтевима носивости и трајности“ објашњено је да се захтевима у погледу ограничавања прслина код претходно напрегнутих конструкција са кабловима који приањају, практично не допушта настајање прслина (услов декомпресије), осим за класе изложености Х0 и ХС1. Због тога је, у оквиру овог курса, изложен приступ пројектовању елемената кроз концепт ограничавања напона у бетону. Тако конципираним елементима проверава се гранична носивост, уместо да се они директно пројектују према захтевима носивости (ULS). Изложени концепт одређивања димензија пресека из услова ограничавања напона према наведеним препорукама значи да тако пројектовани носач испуњава сва прописана и препоручена ограничења напона у бетону. Ова ограничења наведена су у Лекцији 3. У разматраном примеру, у оквиру наставе на предмету ПНБК, ове контроле напона у бетону су већ спроведене и приказане у Прилогу 5.4 (тачка 4.7).

Напон у кабловима ограничава се у одредбама 5.10.2.1, 5.10.3 и 7.2 Еврокода 2. Прва од њих ограничава напон при затезању каблова (напон при раду пресе). Напон је ограничен на мању од вредности

$$\min \{ 0,8 \cdot f_{pk}; 0,9 \cdot f_{p0,1k} \}.$$

Претходно ограничење односи се на краткотрајно стање, током затезања каблова. Ове границе служе за дефинисање максималне силе на преси (P^0).

Ограничења напона у кабловима који остаје непосредно након извршеног затезања (остварени почетни напон, након почетних губитака) дата су у 5.10.3. Почетни напон је ограничен на мању од вредности

$$\min \{ 0,75 \cdot f_{pk}; 0,85 \cdot f_{p0,1k} \}.$$

Ове границе служе за дефинисање максималне почетне силе (P_0).

Претходне границе најчешће су обрађене кроз каталоге произвођача система и на тај начин се узимају у прорачун. Елементи система, пре свега котве, пројектују се у складу са оваквим ограничењима.

Током времена најчешће долази до смањења напона у кабловима, као последица релаксације и услед течења и скупљања бетона. Међутим, при додавању оптерећења долази до увећавања напона у кабловима. Ограничење напона у кабловима у експлоатацији дато је у одредби 7.2 ЕН 1992-1-1 и износи $0,75 \cdot f_{pk}$ при карактеристичној комбинацији.

Код носача без прслина прираст напона у кабловима може се проценити на основу промене напона у бетону на месту каблова. Из услова једнакости (промене) дилатација увећање напона у кабловима једнако је промени напона у бетону умноженој са односом E_p/E_{cm} . Овако одређено увећање редовно је мање од пада напона у кабловима услед временских ефеката, тако да напон у кабловима више не досеже почетну вредност и ограничење од $0,75 \cdot f_{pk}$ је испуњено. Без прслина су носачи који су пројектовани као потпуно претходно напрегнути. Напони код носача који су пројектовани као ограничено претходно напрегнути (тако да се јављају напони затезања мањи од чврстоће при затезању) такође могу да се израчунавају по моделу без прслина (одредба 7.1(2)).

Код парцијално претходно напрегнутих елемената настају прслине и при томе се додатно увећавају напони у кабловима. Укупни напон у кабловима добија се у том случају сабирањем напона одређеног у пресеку са прслином (одређеног на уобичајеном моделу, при чему се каблови могу посматрати као једна од арматура) са напоном у кабловима при декомпресији. На овакав начин одређено увећање напона веће је него код носача без прслина и може бити меродавно. Овај прорачун, као ни пројектовање парцијално ПН елемената не обрађује се у оквиру овог курса.

Код носача који су пројектовани као ограничено претходно напрегнути прслине, ипак, могу да настану. Укупни напон у кабловима може да се израчуна, као за парцијално претходно напрезање, сабирањем напона одређеног у пресеку са прслином са напоном у кабловима при декомпресији. На овакав начин одређено увећање напона веће је него када се одреди по моделу без прслина, али је у већини случајева укупни напон још увек мањи од почетног. Разлог је што прслина не сеже високо у пресек, услед присуства (још увек) високог нивоа ПН.

Као илустрација, овде ће се приказати израчунавање вредности напона у кабловима, за неколико претходних варијанти понашања ПН елемента. С обзиром на (аритметичку) сложеност, за прорачун је употребљен софтвер, чији се листинг потребних резултата налази у наставку, на стр. 3 (преузимају се само резултати, без детаљнијег објашњења о начину рада).

Бетонски пресек је моделиран према „тачној“ геометрији, са вутама на фланшама. Унети су каблови, са површином (50.22 cm^2) у свом тежишту и подужна арматура (доња и горња, по 6.16 cm^2) најближа ивицама пресека (ове арматуре нису унете јер знатније утичу на резултат, већ да би се пратила величина напона у њима). Софтвер ради са трансформисаним (идеализованим) пресеком, што значи да урачунава све унете материјале. Софтвер нема опцију директног уношења ПН, па су каблови унети као једна од арматура (Aa(1)), а уносе се укупне силе на пресек (од ПН и спољног оптерећења), сведене на тежиште бетонског бруто пресека. Израчунати напони за бетон и арматуру представљају тражени резултат, а за каблове израчунати напон представља додатак на напон при декомпресији (види Лекцију 6; овај напон износио је $4,875 \times 10^{-3} \times 195 \times 10^3 = 951 \text{ MPa}$).

Прорачун је спроведен за стање експлоатације и карактеристичну комбинацију. Трајна сила ПН је 4916 kN (Прилог 5.4, тачка 4.6.2.1), а момент за тежиште бетонског бруто пресека износи $6771 - 4916 \times (2,00/2 - 0,1857) = 2768 \text{ kNm}$.

У првој варијанти пресек је срачунат по моделу без прслине. Добијен је напон затезања у бетону од $0,174 \text{ kN/cm}^2$ (1,74 MPa; у Прилогу 5.4, срачунат „ручно“ и без узимања у обзир арматуре, овај резултат је износио 1,9 MPa), а „прираштај“ напона у кабловима износи свега $0,002 \text{ kN/cm}^2$ (висина затегнутог дела пресека износи $200 - 181,4 = 18,6 \text{ cm}$, тежиште каблова је у зони затезања (мада практично на неутралној линији), па је укупни напон у кабловима $951 - 0,02 = 951 \text{ MPa}$ ($< 0,75 \cdot f_{pk} = 0,75 \times 1770 = 1328 \text{ MPa}$, за ужад из примера).

У другој варијанти пресек је срачунат по моделу са прслином. Висина затегнутог дела пресека износи $200 - 176,4 = 23,6 \text{ cm}$ и тежиште каблова је у прслини. Прираштај напона у кабловима („Sga2“) сада је затезање и износи $0,278 \text{ kN/cm}^2$, па је укупни напон у кабловима $951 + 2,78 = 954 \text{ MPa}$ ($< 0,75 \cdot f_{pk} = 1328 \text{ MPa}$).

Види се да је у оба случаја напон у кабловима мањи од ограничења. То је резултат чињенице да је ограничење поштовано при ПН (при формулисању силе на преси), а да су губици напона током времена већи од прираштаја који настаје при спољним оптерећењима. Овде треба приметити да срачунати резултати само

представљају вредност maksimalnog napona у кабловима у експлоатацији (срачунати прираштаји у софтверу служе само за добијање коначног napона и не показују стварне варијације napона у кабловима током експлоатације). Naponи у кабловима могу се добити директно из силе ПН. Почетни napon, након ПН: $5803(\text{почетна сила})/58,38 = 99,4 \text{ kN/cm}^2 = 994 \text{ MPa}$. Током времена, napon опада услед временских губитака, и, када не би било даљих оптерећења, свео би се на око $4916(\text{трајна сила})/58,38 = 84,2 \text{ kN/cm}^2 = 842 \text{ MPa}$. Напред израчунати maksimalни napon у експлоатацији износи око $951 \div 954 \text{ MPa}$, тако да су промене napона у кабловима, у посматраном примеру, током експлоатационог века реда величине око 100 MPa ($840 \rightarrow 950$). То је очекивани резултат за ПН носаче који су пројектовани као потпуно или ограничено претходно напрегнути.

Такође, треба приметити да прслина, када настане, сеже височије у пресек од висине претходно затегнуте зоне бетона (у примеру $23,6 \text{ cm} > 18,6 \text{ cm}$), што све потврђује приступ објашњен у Лекцији 6 да, када се захтева услов декомпресије, носаче треба пројектовати полазећи од ограничења napона.

PROGRAM BAB 87-AAEMM1

GEOMETRIJSKE KARAKTERISTIKE PRESEKA
Nb = 6 Na = 3

b(1) = 50.0 yb2(1) = .0 cm
b(2) = 50.0 yb2(2) = 35.0 cm
b(3) = 20.0 yb2(3) = 45.0 cm
b(4) = 20.0 yb2(4) = 155.0 cm
b(5) = 50.0 yb2(5) = 165.0 cm
b(6) = 50.0 yb2(6) = 200.0 cm

Ea = 19500. kN/cm2

Aa(1) = 58.38 cm2 ya2(1) = 181.4 cm
Aa(2) = 8.04 cm2 ya2(2) = 4.5 cm
Aa(3) = 8.04 cm2 ya2(3) = 195.5 cm

yb2 = 100.0 cm Ab = 6400.0 cm2 Ib = .289833E+08 cm4
ya2 = 163.8 cm Aa = 74.46 cm2 Ia = .230252E+06 cm4

OPTERECENJE I REOLOSKJE KARAKTERISTIKE PRESEKA

Mo = 2768.00 kNm No = 4916.00 kN
Eb(to) = 3400. kN/cm2 fbzsm(to) = -.320 kN/cm2
fi(t1,to) = .000 hi(t1,to) = 1.000 Epssk(t1) = .000000

NAPONI, DILATACIJE I KRIVINA PRESEKA

U preseku ne nastaje prslina.

Eps2 = .4976E-03 Eps1 = -.5104E-04 xE = 181.4 cm
Sgb2 = .169E+01 Sgb1 = -.174E+00 kN/cm2 xS = 181.4 cm
Sga2 = -.2030E-02 Sga1 = -.7546E+00 kN/cm2
EpTb = .2233E-03 K = .2743E-05 1/cm

OPTERECENJE I REOLOSKJE KARAKTERISTIKE PRESEKA

Mo = 2768.00 kNm No = 4916.00 kN
Eb(to) = 3400. kN/cm2 fbzsm(to) = .000 kN/cm2
fi(t1,to) = .000 hi(t1,to) = 1.000 Epssk(t1) = .000000

NAPONI, DILATACIJE I KRIVINA PRESEKA

U preseku nastaje prslina.

Eps2 = .5031E-03 Eps1 = -.6721E-04 xE = 176.4 cm
Sgb2 = .171E+01 SgxS = .334E-08 kN/cm2 xS = 176.4 cm
Sga2 = -.2780E+00 Sga1 = -.1060E+01 kN/cm2
EpTb = .2180E-03 K = .2852E-05 1/cm

Контрола прслина

Прихватљиве ширине прслина према Еврокоду 2 дате су у Табела 7.1N:

Класа изложености	Армиранобетонски и претходно напрегнути елементи са кабловима без приањања са бетоном	Претходно напрегнути елементи са кабловима са приањањем
	Квази-стална комбинација оптерећења	Честа комбинација оптерећења
X0, XC1	0,4 ¹	0,2
XC2, XC3, XC4	0,3	0,2 ²
XD1, XD2, XD3, XS1, XS2, XS3		декомпресија
Напомена 1: За класе изложености X0, XC1, ширина прслине нема утицаја на трајност и то ограничење треба само да обезбеди прихватљив изглед конструкције. Ако нема услова који се односе на изглед ово ограничење може да се ублажи. Напомена 2: За те класе изложености, осим тога, треба да се провери и декомпресија за квази-сталну комбинацију оптерећења.		

Треба напоменути да је код ограничено претходно напрегнутих елемената потребно извршити доказивање ширине прслина: прорачун са пресеком без прслина за овакве елементе односи се на контролу напона и угиба.

Инструкције за контролу ширине прслина претходно напрегнутих конструкција нису у тексту Еврокода 2 дате на начин који би пројектантима омогућио да се овај сегмент прорачуна ефикасно спроведе. То је, у највећој мери, резултат настојања да се формулише јединствен поступак за армиранобетонске и претходно напрегнуте елементе. Процедура је постављена према парцијално претходно напрегнутим елементима, обухватањем садејства уграђених каблова и обичне арматуре, са низом корака који урачунавају ефекте различитог приањања и различите величине пресека ових челика. Овакав гломазан поступак је у суштини непотребан:

- Код парцијално претходно напрегнутих елемената са кабловима који не приањају „најоштрије“ ограничење је 0,3 милиметра, при квазисталном оптерећењу, што је врло комотно. Имајући у виду да је положај неутралне линије у пресеку са прслином претходно напрегнутих елемената нижи него код армиранобетонских, може се показати да су у већини случајева прираст напона након декомпресије у кабловима и/или напон у додатној затегнутој арматури такви да рачунска ширина прслина не може да пређе ограничење од 0,3 mm.
- У случају каблова са приањањем, постављање услова декомпресије при квази-сталној или честој комбинацији оптерећења, као што је објашњено у Лекцији 3 („Пројектовање претходно напрегнутих конструкција према захтевима носивости и трајности“) захтева ограничавање напона које практично резултује у ограниченом претходном напрезању. То у ствари значи да је ниво ПН мора да буде такав да је затегнута зона након настајања прслине мала (неутрална линија је ниско у пресеку), па је прираст напона у челику након декомпресије мали (обично доста мањи од 100 МПа), што резултује у малој ширини прслине. На пример, у разматраном носачу прираст напона у најнижој арматури („Sga1“) износио је око 10,6 МПа (у кабловима још мање, јер су ближе неутралној оси), што даје рачунску ширину прслина мању од 0,1 mm.

Претходне чињенице омогућавају да се формулишу употребљивији алгоритми доказивања прслина, коришћењем поједностављења на страни сигурности.

Контрола угиба

Контрола угиба претходно напругнутих елемената спроводи се принципијелно истим поступком као и код армиранобетонских. У случају елемената који се прорачунавају по моделу без прслина (потпуно и ограничено ПН), прорачун је доста једноставнији:

$$u = u_I$$

то јест, вредност угиба се не интерполира између стања I и II.

Потребна ефективна крутости на савијање за израчунавање угиба за пресек без прслине може се узети поједностављено, на страни сигурности, занемаривањем доприноса челика крутости пресека:

$$E_{c,eff} \cdot I_I^* \approx E_{c,eff} \cdot I_c$$

Основни разлог за ово поједностављење потиче од тога што се очекује да ће конструкција задовољити критеријум и овако, а уложени рад је доста мањи (карактеристике трансформисаног пресека су већ рачунате код провере напона, али се оне не могу употребити овде јер бетон није урачунат са $E_{c,eff}$ већ са E_{cm}).

Притом, није погодно да се користи збирни (ефективни) коефицијент течења, као у случају армиранобетонских конструкција

$$\varphi_{eff} = \frac{g \cdot \varphi(\infty, t_1) + \Delta g \cdot \varphi(\infty, t_2) + \psi_2 q \cdot \varphi(\infty, t_3)}{g + \Delta g + \psi_2 q}$$

јер се на тај начин не могу увести сви ефекти ПН, које је такође дуготрајно оптерећење, али се не може пондерисати на приказани начин са осталим једнако подељеним оптерећењима (ЕО не састоји само од једнако подељеног оптерећења). Уместо тога, могу се израчунати појединачни доприноси свих дуготрајних оптерећења, сваки са својим ефективним модулом, према старости у тренутку оптерећивања:

$$E_{c,eff} = \frac{E_c}{1 + \varphi(\infty, t)}$$

За такав приступ погодно је да се у првом кораку одреде „обични“ (еластични) угиби од свих оптерећења: $u(g)$, $u(\Delta g)$, $u(\psi_2 q)$, $u(P_0)$. Тако је, на пример, уколико је сопствена тежина g једнако подељено оптерећење:

$$u(g) = \frac{5}{384} \cdot \frac{g \cdot L^4}{E_c \cdot I_c}$$

Са $u(P_0)$ означен је угиб од еквивалентног оптерећења, израчунатог са почетном вредношћу силе претходног напрезања P_0 . Овај угиб је очекивано супротног знака од осталих, уобичајено негативан.

Угиб од неког дуготрајног оптерећења, на пример од g , може се израчунати као

$$u_t(g) = \frac{5}{384} \cdot \frac{g \cdot L^4}{E_{c,eff} \cdot I_c} = u(g) \cdot [1 + \varphi(\infty, t_0)]$$

где је, као и напред, претпостављено да је оптерећење једнако подељено, а старост бетона при наношењу је означена са t_0 .

Дуготрајни угиб услед претходног напрезања $u_t(P)$ може се одредити према истом принципу, узимајући средњу вредност еквивалентног оптерећења (оно се мења јер сила ПН опада од P_0 до $P_t = \eta \cdot P_0$):

$$u_t(P) = \frac{1+\eta}{2} \cdot u(P_0) \cdot [1 + \varphi(\infty, t_0)]$$

На тај начин, почетни угиб (након претходног напрезања, уколико делују само ПН и споствена тежина) износи:

$$u_0 = u(P_0) + u(g)$$

Дуготрајни угиб под квази-сталним оптерећењем је:

$$u_t = \frac{1+\eta}{2} \cdot u(P_0) \cdot [1 + \varphi(\infty, t_0)] + u(g) \cdot [1 + \varphi(\infty, t_0)] + u(\Delta g) \cdot [1 + \varphi(\infty, t_1)] + u(\psi_2 q) \cdot [1 + \varphi(\infty, t_2)]$$

Претходни изрази важе за елементе без прслина (потпуно и ограничено ПН).

Критеријуми за угиб исти су као и за армиранобетонске конструкције, према ISO 4356. Дуготрајни угиб под квази-сталним оптерећењем ограничен је, генерално, на величину распон/250. Функционални разлози могу наметати и друга ограничења. На пример код разматраног примера кровног носача (у оквиру курса) требало би проверити преостали нагиб кровне површине, у функцији одводњавања.

Изложени приступ, суштински базиран на одсуству прслина, омогућава једноставно израчунавање угиба или прираштаја угиба за различита оптерећења, што је у основи свих ограничења угиба. Израчунавање одговарајућих угиба или прираштаја угиба код армиранобетонских конструкција (са прслинама) представља у већини случајева знатно сложенији проблем.

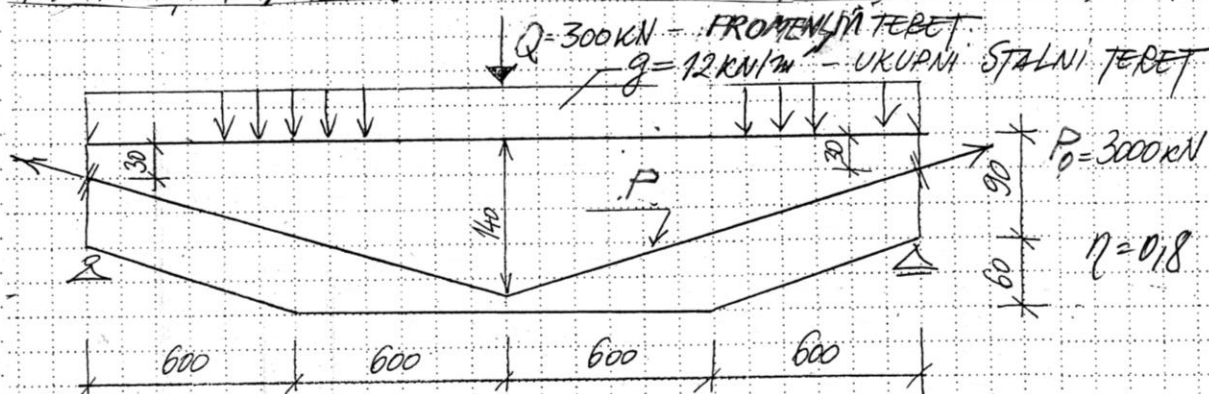
У наставку је дат пример примене горњег обрасца. Угиби од појединачних оптерећења срачунати су коришћењем готових израза (таблични случајеви – једнако подељено оптерећење по читавом распону, концентрисана сила у средини распона, моменти на крајевима). ЕО је посматрано као скуп неколико табличних оптерећења. У суштини, примењују се израчунати интегрални кривине

$$u = \int \frac{M \cdot \bar{M}}{E \cdot I} dx$$

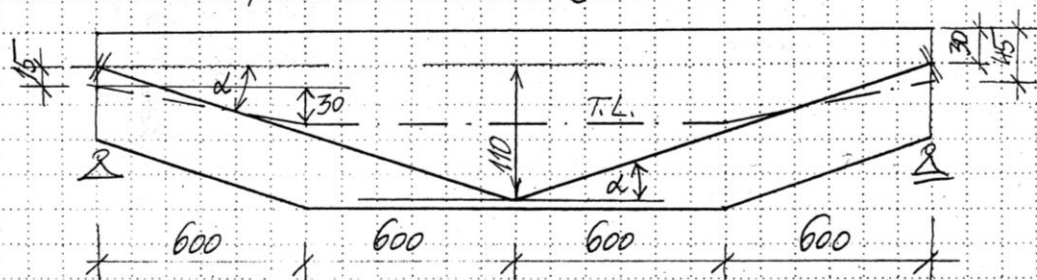
при чему су израчунати моменти од појединих оптерећења. Међутим, када тежишна линија није права, као што је случај у разматраном примеру у наставку, постоји момент (а тиме и кривина коју треба урачунати при одређивању угиба) од (хоризонталних) нормалних сила од ЕО на крајевима носача. Овај део дијаграма момента од ЕО има облик површине између линије правца ових сила и тежишне линије (трапез у разматраном примеру). Да би и њега обухватили табличним случајевима, можемо увести додатак у ЕО, фиктивно попречно оптерећење (на носачу са исправљеном тежишном линијом) које производи исти дијаграм момената (таблице постоје за носаче са правом тежишном линијом и попречним оптерећењем). У разматраном примеру то су две концентрисане силе, на местима прелома тежишне линије, чији су смер и интензитет одређени из услова да дају исти дијаграм момената као и подужна сила (део дијаграма момента који се „изгуби“ кад се тежишна линија „исправи“).

Из Лекције 9, ради се (последњи) задатак број 7, који ће, као и претходни бити доступан за све студенте помоћу информација на предметној страни. Садржај 7. задатка се може видети у наставку, на страни 9.

SRACUNATI UGIB POD KVAZI-STALNIM OPTEREĆENJEM PRETHODNO
NAPREGNUTOG NOSACA PRIKAZANOG NA SLICI. SILE U KABLU
SMATRATI KONSTANTNOM DVA RASPONA. POPREČNI PRESEK
JE PRAVOUTAONI $b = 20 \text{ cm}$, USVOJITI $E_s \approx \text{const}$, PREMA
VREDNOSTI ZA PRESEK U SREDINI RASPONA $E_s = 306 \text{ GPa}$. SOP-
STVENA TEŽINA I ΔG POČINJU DA DELUJU ISTOVREMENO SA PN
 $\varphi(\alpha, t_0) = 2,0$; $\gamma_s = 0,4$ ZA PROMENJIV TERET; $\varphi(\alpha, t_2) = 15,24 \text{ R}$



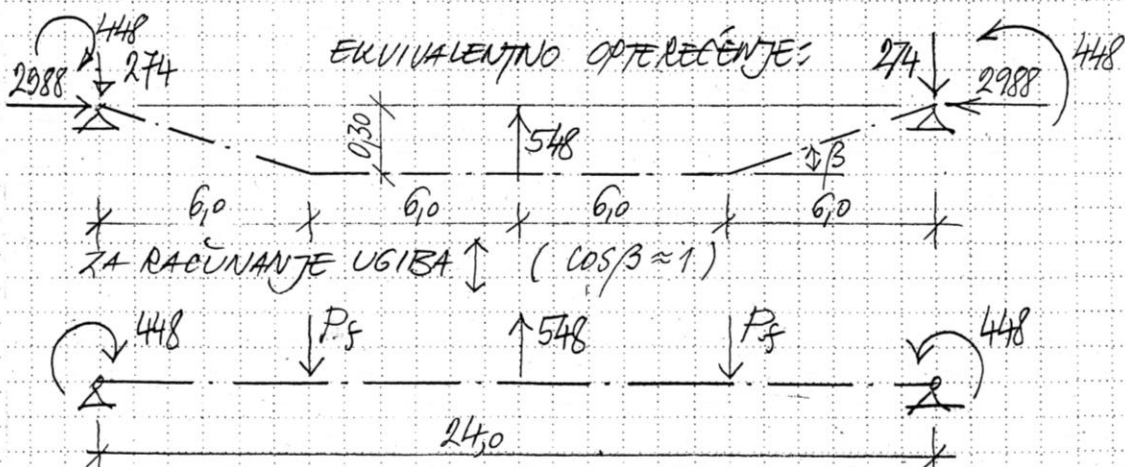
- OD PRETHODNOG NAPREZANJA = ($t = t_0$)



$$\tan \alpha = \frac{140}{1200} = 0,0917 \quad \sin \alpha = 0,0913 \quad \cos \alpha = 0,996$$

$$V = 3000 \cdot 0,0913 = 274 \text{ kN} \quad P_e = 2 \cdot 3000 \cdot 0,0913 = 548 \text{ kN}$$

$$H = 3000 \cdot 0,996 = 2988 \text{ kN} \quad M = 2988 \cdot 0,15 = 448 \text{ kNm}$$





FIKTIVNO EKUIVALENTNO OPTEREĆENJE (U OVOM SLUČAJU PAR SILA P_f) ODGOVARA MOMENTU OD SILE $H = 2988 \text{ kN}$ PRI STVARNOM OBLIKU TEŽISNE LINIJE, KOJI JE IZGUBLJEN PRELAZKOM NA ISPRAVENU TEŽISNU LINIJU ($\cos \beta \approx 1,0$). ZNAČI DA JE KOSA DUZINA Približno jednaka svojoj HORIZONTALNOJ PROJEKCIJI.

$$2988 \cdot 0,3 = P_f \cdot 6,0 \rightarrow P_f = 149 \text{ kN}$$

VELICINE ELAST. UGIBA OD POJEDINIH OPTEREĆENJA (+ NAJVEĆE)

$$u(548) = - \frac{548 \cdot 24,0^3}{48 E_c J_c} = - \frac{157800}{E_c J_c}$$

$$u(P_f) = \frac{149 \cdot 24,0^2 \cdot 6,0 \cdot (3 - 4(\frac{1}{4})^2)}{24 E_c J_c} = \frac{59000}{E_c J_c}$$

$$u(448) = \frac{448 \cdot 24,0^2}{8 E_c J_c} = \frac{32200}{E_c J_c} \quad E_c J_c = 1,687 \cdot 10^6 \text{ kNm}^2$$

$$u(P_0) = - 66600 / E_c J_c = - 0,039 \text{ m}$$

$$u(g) = \frac{5}{384} \frac{12,0 \cdot 24,0^4}{E_c J_c} = 0,031 \text{ m}$$

$$u(\frac{1}{2}Q) = \frac{1}{48} \frac{(0,4 \cdot 300) 24,0^3}{E_c J_c} = 0,020 \text{ m}$$

$$u_0 = u(P_0) + u(g) = - 0,039 + 0,031 = - 0,008 \text{ m}$$

$$u_t = \frac{1+\eta}{2} u(P_0) + u(g)(1 + \eta(\alpha, t_0)) + u(\Delta g)(1 + \eta(\alpha, t_1)) + u(\frac{1}{2}Q)(1 + \eta(\alpha, t_2))$$

$$u_t = - \frac{1+0,8}{2} 0,039 \cdot (1+2,6) + 0,031(1+2,6) + 0,020(1+1,5) = 0,035 \text{ m}$$

$$(3,5 \text{ cm NA NIŽE}; < \frac{l}{250} = \frac{2400}{250} = 9,6 \text{ cm})$$

ZADATAK 7

Napomena 1: Zadatak broj 7 je povezan sa Zadatkom broj 2 (koriste se ulazni podaci i rezultati proračuna iz Zadatka broj 2)!

Za nosač iz Zadatka broj 2 sračunati ugib nakon prethodnog naprezanja ($t = 0$) i ugib pod kvazi-stalnim opterećenjem u eksploataciji ($t \rightarrow \infty$). Usvojiti da je trasa rezultantnog kabla jedna parabola duž celog raspona, sa ekscentricitetom na osloncu i u sredini raspona prema vrednostima usvojenim u Zadatku broj 2. Za proračun koristiti usvojenu vrednost početne sile P_0 iz tačke b) Zadatka 2 i vrednost koeficijenta trajne sile η zadatu u Zadatku 2.

Napomena 2: U slučaju nedostajućih podataka, za težište kablova u sredini raspona usvojiti $d_{p, polje} = \text{nn}$ cm, za težište kablova u preseku iznad oslonca usvojiti $d_{p, osl} = \text{nn}$ cm, a za početnu silu prethodnog naprezanja usvojiti $P_0 = \text{nnnn}$ kN.

Potrebne koeficijente tečenja odrediti prema sledećim podacima:

- prethodno naprezanje pri starosti betona od nn dana
- dodatni stalni teret Δg nanosi se pri starosti od nn dana
- relativna vlažnost sredine nn%

Usvojiti konstantnu (zamenjujuću) krutost $E_c I_c$ prema preseku sa srednjom visinom (na $L/4$). Raspon nosača je $L = \text{nn}$ m.