



Универзитет у Београду – Грађевински
факултет www.grf.bg.ac.rs

Студијски програм: **ГРАЂЕВИНАРСТВО МАСТЕР АКАДЕМСКЕ СТУДИЈЕ**

Модул: **КОНСТРУКЦИЈЕ**

Година/Семестар: **I година / I семестар**

Назив предмета (шифра): **БЕТОНСКИ МОСТОВИ (MOK1BM)**

Наставник: **асис. Стефан Ж. Митровић**

Наслов вежби: **Испитни задаци.**

Датум: 25.12.2023.

Београд, 2023.

Сва ауторска права аутора презентације и/или видео снимака су заштићена. Снимак или презентација се могу користити само за наставу студената Грађевинског факултета Универзитета у Београду у школској 2023/2024 и не могу се користити за друге сврхе без писмене сагласности аутора материјала.

Грађевински факултет Универзитета у
Београду, 2023.

9. Вежба

- Садржај:

I) Испитни рокови:

1. Задатак 1 - ЈУН 2023
2. Задатак 2 - СЕПТЕМБАР 2023

II) Армирање ПНБ носача:

1. Прорачун арматуре потребне за спрезање носача и коловозне плоче
2. Прорачун арматуре за уношење силе претходног напрезања – осигурање од цепања

ЈУН 2023 – Задатак 1

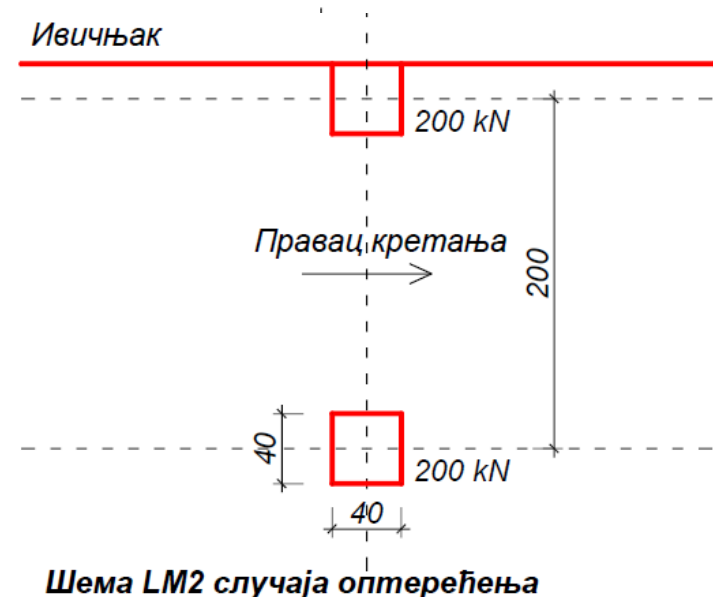
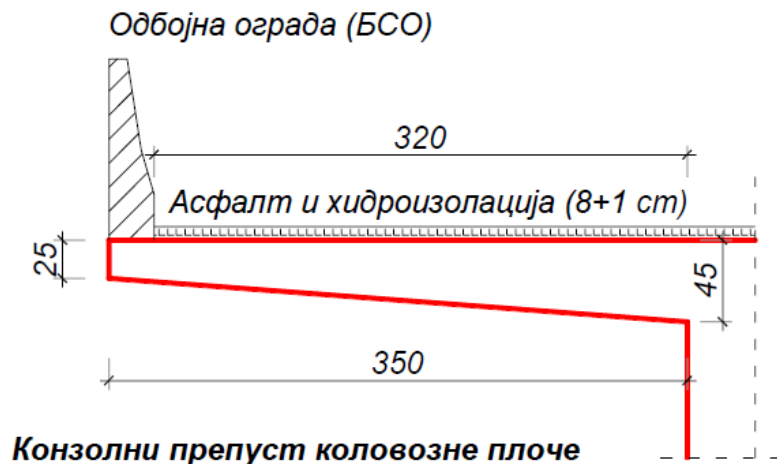
1. За конзолни део коловозне плоче (скица лево) друмског бетонског моста потребно је:

- Одредити потребну површину арматуре плоче усвајајући притом следеће податке: за покретно (саобраћајно) оптерећење усвојити модел оптерећења LM2 (шема оптерећења у основи је дата на скици десно). Усвојити да се оптерећење распростире под 45° кроз све слојеве до средње дебљине плоче. За дебљину плоче усвајати дебљину на месту средине посматраног точка. Тежину оgrade разматрати као линијско подужно оптерећење интензитета од 7.0 kN/m које делује на ивици конзоле. Запреминска тежина хидроизолације је 17.0 kN/m^3 , док је запреминска тежина асфалта 23.0 kN/m^3 . Прорачун спровести према одредбама Еврокода 2, усвајајући притом следећи квалитет материјала C35/45 и B500B.

30 поена

- Спровести контролу напона у пресеку у укљештењу за усвојену количину арматуре из претходне тачке, према одредбама Еврокода 2. Занемарити допринос притиснуте арматуре.

10 поена



* ТН 2023 - Први задаток - Решење:

1.) Сисематика маче и материјали:

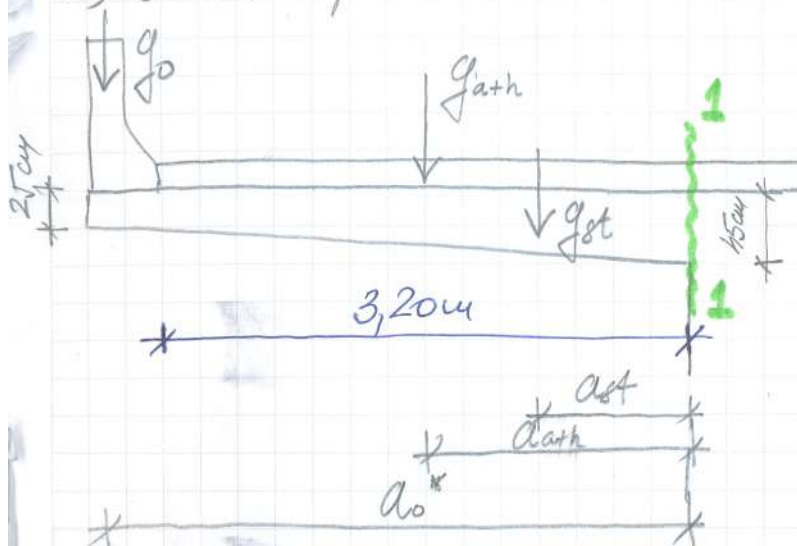
$$C35/45 \rightarrow f_{cd} = \frac{0,85 \cdot 35}{1,50} = 1,983 \frac{\text{кН}}{\text{см}^2}$$

$$B500 B \rightarrow f_{yd} = \frac{50,0}{1,15} = 43,5 \frac{\text{кН}}{\text{см}^2}$$

$$E_{cm} = 34 \text{ ГПа}$$

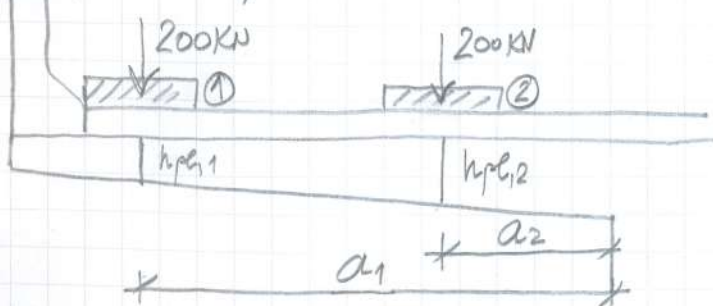
2.) Анализа оптерећења:

а) G оптерећење:



* Уверите се да је обрада на крају постоји!

б) Q оптерећење: LM2



Торак ②:

$$a_2 = 3,20 - 2,00 - 0,20 = 1,00 \text{ м}$$

$$h_{pe,2} = 0,25 + 0,2 \cdot \frac{2,50}{3,50} = 0,3929 \text{ м}$$

$$b_{2,2} = 0,40 + 2 \cdot 0,09 + 0,3929 = 0,9729 \text{ м}$$

$$b_{eff,2} = 0,9729 + 2 \cdot 1,00 = 2,9729 \text{ м}$$

$$q_0 = 7,0 \text{ кН/м}$$

$$a_0 = L = 3,50 \text{ м}$$

$$q_{a+h} = (0,08 \cdot 23 + 0,01 \cdot 17) \cdot 3,20$$

$$q_{a+h} = 6,43 \text{ кН/м}$$

$$a_{a+h} = 3,20 / 2 = 1,60 \text{ м}$$

$$q_{st} = \frac{0,25 + 0,45}{2} \cdot 3,50 \cdot 2,5$$

$$q_{st} = 30,63 \text{ кН/м}$$

$$a_{st} = \frac{\frac{3,50}{2} \cdot 0,25 \cdot 3,5 + \frac{3,5 \cdot 0,2}{2} \cdot \frac{1}{3} \cdot 3,5}{3,5 \cdot 0,25 + \frac{3,5 \cdot 0,2}{2}}$$

$$a_{st} = 1,583 \text{ м}$$

Торак ①:

$$a_1 = 3,20 - 0,20 = 3,00 \text{ м}$$

$$h_{pe,1} = 0,25 + 0,2 \cdot \frac{0,5}{3,5} = 0,2786 \text{ м}$$

$$b_{2,1} = 0,40 + 2 \cdot (0,01 + 0,08) + 0,2786$$

$$b_{2,1} = 0,8586 \text{ м}$$

$$\rightarrow b_{eff,1} = 0,8586 + 2 \cdot 3,00 = 6,6586 \text{ м}$$

3) Суммарная нагрузка:

$$M_G = 70 \cdot 3,5 + 6,43 \cdot 1,6 + 30,625 \cdot 1,5 \cdot 3 = 93,24 \text{ кНм/м'}$$

$$M_Q = 200 \cdot \left(\frac{3,00}{6,8586} + \frac{1,00}{2,9429} \right) = 154,76 \text{ кНм/м'}$$

$$M_{Ed} = 1,35 \cdot M_G + 1,35 \cdot M_Q = 1,35 \cdot 93,24 + 1,35 \cdot 154,76 = 321,34 \text{ кНм/м'}$$

4.) Пропорция попер поперимне арматуры: Ослонна

$$A_{s1} \approx \frac{321,34 \cdot 10^2}{0,9 \cdot (45-5) \cdot 4350} = 20,53 \text{ см}^2/\text{м'}$$

$$A_{s1, usv} = 20,93 \text{ см}^2/\text{м'}$$

$$A_{sp} \approx 0,20 \cdot 20,53 = 4,11 \text{ см}^2/\text{м'}$$

$$\phi 8/12,5 \text{ (поперимне)}$$

$$A_{sp, usv} = 4,02 \text{ см}^2/\text{м'}$$

5.) Конструкция наклон: Ослонна

a) Rare комбинация:

$$M_{RARE} = M_G + M_Q = 238,024 \text{ кНм/м'}$$

$$\rho_1 = \frac{20,93}{100 \cdot 40} = 0,00523; \quad \alpha = \frac{E_s}{E_{cm}} = \frac{200}{34} = 5,882$$

$$\xi = \alpha \cdot \rho_1 \cdot \left(-1 + \sqrt{1 + \frac{2 \cdot \rho_1}{\alpha \cdot \rho_1^2}} \right) \quad \# \text{ без перимиче арматуры!}$$

$$\xi = 0,2192 \rightarrow \chi_{II} = \xi \cdot d = 9,768 \text{ см}$$

$$\sigma_c = \frac{M_{RARE}}{b \cdot d^2} \cdot \frac{1}{\frac{\xi}{2} \cdot \left(1 - \frac{\xi}{3}\right)} = \frac{238,024}{100 \cdot 40^2} \cdot \frac{1}{\frac{0,2192}{2} \cdot \left(1 - \frac{0,2192}{3}\right)} = 1,464 \frac{\text{кН}}{\text{см}^2}$$

$$\sigma_c = 14,64 \text{ МПа} \leq 0,6 \cdot f_{ck} = 0,6 \cdot 35 = 21,00 \text{ МПа} \dots \text{OK}$$

$$\sigma_{s1} = \alpha \cdot \sigma_c \cdot \frac{1 - \xi}{\xi} = 5,882 \cdot 14,64 \cdot \frac{1 - 0,2192}{0,2192} = 306,84 \text{ МПа} \leq 0,80 \cdot f_{yk}$$

$$\sigma_{s1} = 306,84 \text{ МПа} \leq 0,80 \cdot 500 = 400 \text{ МПа} \dots \text{OK}$$

б) гр комбинация:

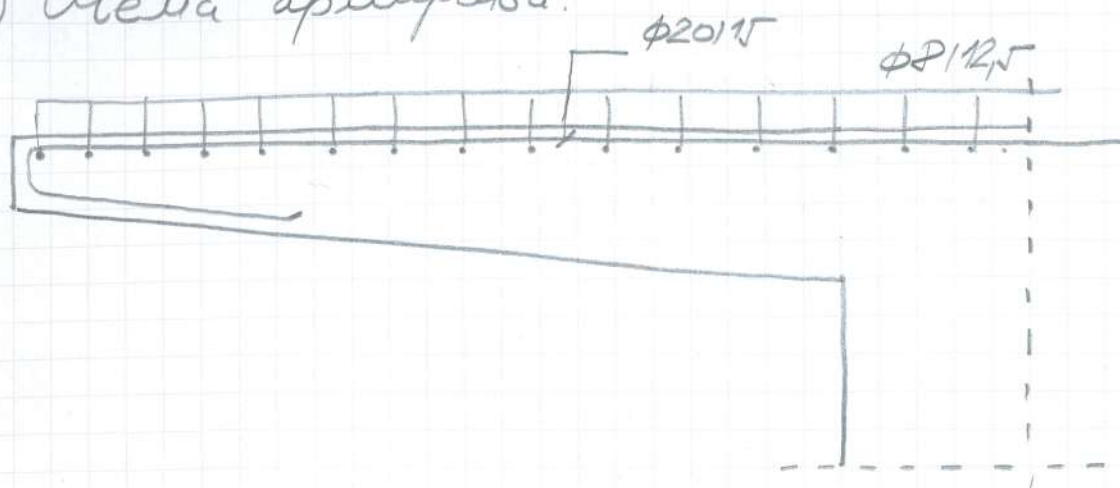
$$M_{RARE} = M_G + 0 \cdot M_Q = 93,24 \text{ кНм/м'}$$

$$\sigma_c = \frac{M_{gr}}{M_{RARE}} \times \sigma_{c, RARE} = \frac{93,24}{238,024} \cdot 14,64 = 5,12 \text{ МПа} \leq 0,45 f_{ck} = 15,75 \text{ МПа} \dots \text{OK}$$

$$\sigma_{s1} = \frac{M_{gr}}{M_{RARE}} \times \sigma_{s1, RARE} = \frac{93,24}{238,024} \cdot 306,84 = 107,35 \text{ МПа}$$

②

6) Шема армирања:



СЕПТЕМБАР 2023 – Задатак 2

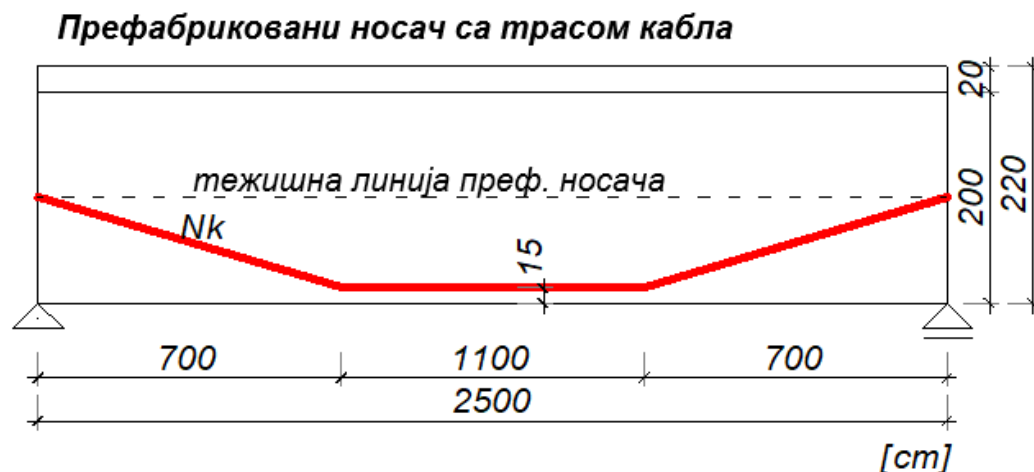
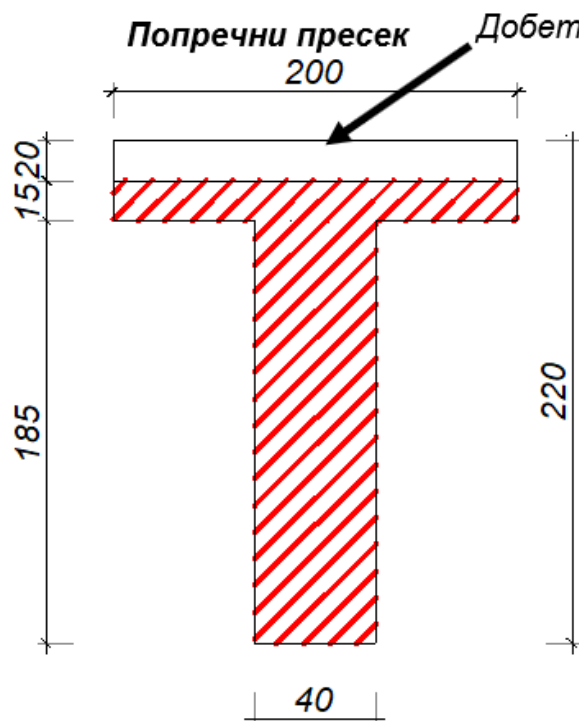
2. Одредити потребну силу претходног напрезања уз услов да се у пресеку у средини распона мостовског носача не појаве напони затезања. Приликом решавања задатка у обзир узети да се мост изводи на следећи начин:

- Префабриковани претходно напрегнути носач (попречног пресека приказаног као шрафирана површина на скици) са трасом каблова приказаном на скици поред, се поставља на ослонце на стубовима,
- Бетонира се коловозна плоча дебљина 20 см усвајајући да је припадајућа а истовремено и прорачунска ширина приказана на скици попречног пресека као нешрафирани део пресека (200 см),
- Након очвршћавања бетона плоче наноси се додатно стално оптерећење у износу од 1.50 kN/m^2 по припадајућој ширини плоче,
- Саобраћајно оптерећење по припадајућој ширини плоче у фази експлоатације износи 5.00 kN/m^2 .

СЕПТЕМБАР 2023 – Задатак 2

Претпоставити да се укупни губици силе претходног напрезања у износу од 15% остваре пре бетонирања коловозне плоче.

Потребну почетну силу претходног напрезања заокружити на 100 kN.



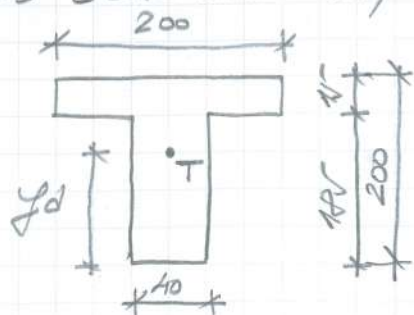
45 поена

Са усвојеном силом претходног напрезања из претходног дела задатка срачунати и скицирати напоне у пресеку у средини распона. Упоредити израчунате напоне са препорученим ограничењима према одредбама Еврокода 2 и коментарисати. Усвојити да је носач израђен од бетона класе C35/45.

20 поена⁵

1) Геометријске карактеристике:

а) Основни пресек: MN



$$A = 0,4 \cdot 1,85 + 2 \cdot 0,15 = 1,04 \text{ m}^2$$

$$y_d = \frac{0,4 \cdot 1,85 \cdot 1,85/2 + 2 \cdot 0,15 \cdot (1,85 + 0,15/2)}{1,04}$$

$$y_d = 1,213 \text{ m}; y_g = 2,00 - 1,213 = 0,787 \text{ m}$$

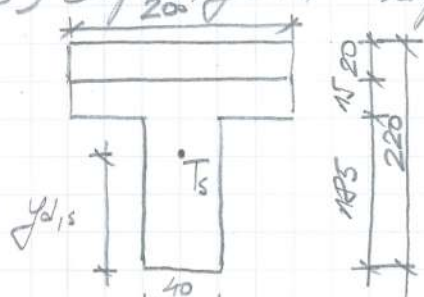
$$I = \frac{1}{12} \cdot 0,4 \cdot 1,85^3 + 0,4 \cdot 1,85 \left(1,213 - \frac{1,85}{2}\right)^2 + \frac{1}{12} \cdot 2 \cdot 0,15^3 + 2 \cdot 0,15 \left(1,85 + \frac{0,15}{2} - 1,213\right)^2$$

$$I = 0,4251 \text{ m}^4$$

$$W_d = \frac{0,4251}{1,213} = 0,3504 \text{ m}^3$$

$$W_g = \frac{0,4251}{0,787} = 0,5401 \text{ m}^3$$

б) Спретнути пресек: SP



$$A_s = 1,04 + 0,2 \cdot 2,0 = 1,44 \text{ m}^2$$

$$y_{d,s} = \frac{1,04 \cdot 1,213 + 0,40 \cdot 2,10}{1,44}$$

$$y_{d,s} = 1,46 \text{ m}; y_{g,s} = 2,20 - 1,46 = 0,74 \text{ m}$$

$$y_{s,s} = y_{g,s} - 0,20 = 0,74 - 0,20 = 0,54 \text{ m}$$

$$I_s = \frac{1}{12} \cdot 0,4 \cdot 1,85^3 + 0,4 \cdot 1,85 \left(\frac{1,85}{2} - 1,46\right)^2 + \frac{1}{12} \cdot 2 \cdot 0,35^3 + 2 \cdot 0,35 \left(1,85 + \frac{0,35}{2} - 1,46\right)^2$$

$$I_s = 0,6534 \text{ m}^4$$

$$W_{d,s} = \frac{0,6534}{1,46} = 0,4476 \text{ m}^3$$

$$W_{g,s} = \frac{0,6534}{0,74} = 0,883 \text{ m}^3$$

$$W_{s,s} = \frac{0,6534}{0,54} = 1,210 \text{ m}^3$$

2) Анализа оптерећења и гуњених статичких величина:

$$\Delta q = 1,50 \text{ kN/m}^2 \rightarrow \Delta q = 1,50 \cdot 2,00 = 3,00 \text{ kN/m}$$

$$q = 5,00 \text{ kN/m}^2 \rightarrow q = 5,00 \cdot 2,00 = 10,00 \text{ kN/m}$$

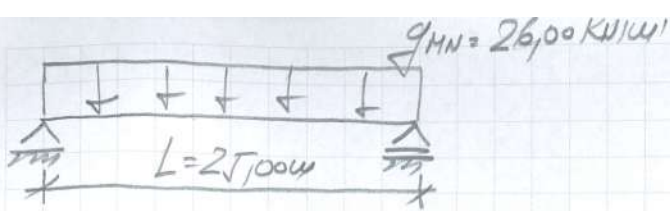
$$q_{MN} = 1,04 \cdot 25 = 26,00 \text{ kN/m}$$

$$q_{gs} = 2,00 \cdot 0,20 \cdot 25 = 10,00 \text{ kN/m}$$

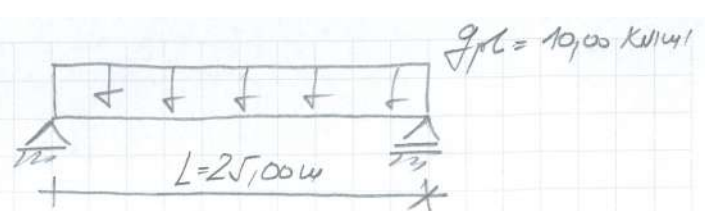
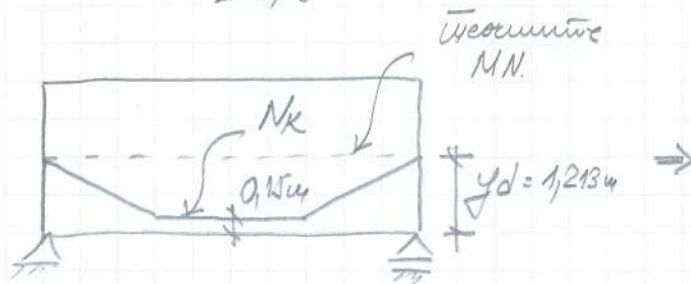
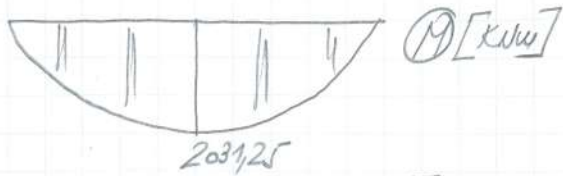
* За одређивање силе N_k - прегледајте

N и M пресекне силе!

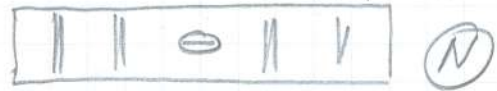
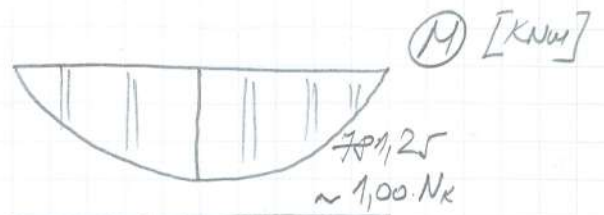
* статички момент се не мења! (пробаци $L=25,00\text{m}$) ①



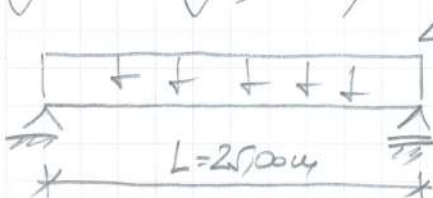
$N [kN]$



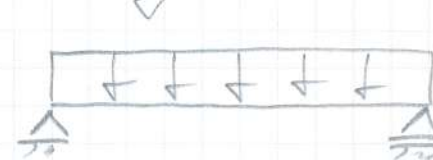
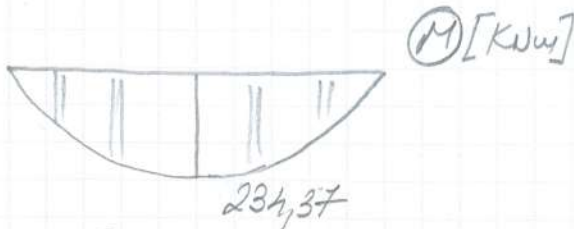
$N [kN]$



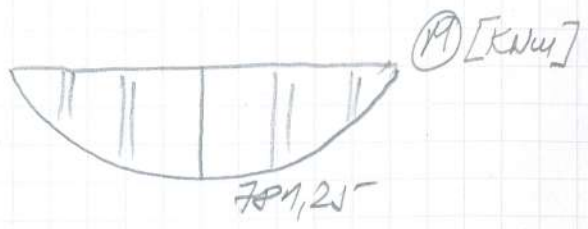
→ димензија од претходног напрезања код С.О.Н је обрнут типичан и има вредност: $N_k \epsilon$ (N -сила у кабу, ϵ -растојак кабла од максималне носеће)
 $\Delta q = 3,00 kN/m$



$N [kN]$



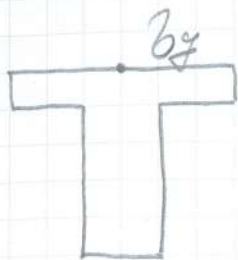
$N [kN]$



3.) Одредивање силе претходног напрезања N_k :
I услов - избегавање лама носећа у форми извлачења каблова?

II услов - избегавање нитача зитачења на доњој страни носећа у форми експлозива (Нема потребе за појачавањем меке армијуре?)

I y cнов:



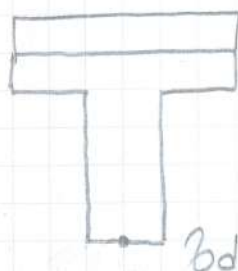
$b_y \geq 0$ - га нема заштреска (* може и f_{ctm})

$$b_y = \frac{N_k}{1,040} - \frac{1,063 \cdot N_k - 2031,25}{0,5401} > 0$$

фаза утврђања - саопштено постоји
носећа + претходно напрезање!

$$0,5401 \cdot N_k - 1,1055 N_k + 2112,5 > 0 \Rightarrow \underline{N_k \leq 3736,29 \text{ kN}}$$

II y cнов:



$b_d \geq 0$ - га нема заштреска (* може и f_{ctm})

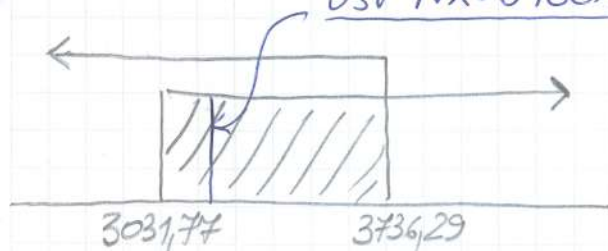
$$b_d = \frac{0,85 N_k}{1,040} + \frac{1,063 \cdot N_k - 2031,25 - 71,25}{0,3504} - \frac{234,37 + 71,25}{0,4476} > 0$$

фаза експлуатације - све објектима
+ будући γ кoлoвина!

$$0,8173 N_k + 2,5786 \cdot N_k - 5796,946 - 2229,595 - 2269,035 > 0$$

$$\Rightarrow \underline{N_k \geq 3031,77 \text{ kN}}$$

$$U_{SV} N_k = 3100 \text{ kN}$$



$\Rightarrow$ могући опсег!
Не требају кoлoвина
у рзне фазе.

$$\underline{U_{SV} N_k = 3100 \text{ kN}}$$

4.) Прорачун напона по фазма са увећаном
ином $N_k = 3100 \text{ kN}$:

① фаза ПН:

$$\sigma_d = \frac{3100}{1,04} + \frac{1,063 \cdot 3100 - 2031,25}{0,3504} = 6588,22 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2} = \underline{6,59 \text{ MPa}}$$

$$\sigma_g = \frac{3100}{1,04} - \frac{1,063 \cdot 3100 - 2031,25}{0,5401} = 6403,7 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2} = \underline{0,64 \text{ MPa}}$$

② - 15% зусилу ПН:

$$\sigma_d = \frac{0,85 \cdot 3100}{1,04} + \frac{1,063 \cdot 0,85 \cdot 3100 - 2031,25}{0,3504} = 4730,44 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2} = \underline{4,73 \text{ MPa}}$$

$$\sigma_g = \frac{0,85 \cdot 3100}{1,04} - \frac{1,063 \cdot 0,85 \cdot 3100 - 2031,25}{0,5401} = 1108,44 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2} = \underline{1,11 \text{ MPa}}$$

③ Накоп деформација бетона:

$$\Delta \sigma_d = - \frac{781,25}{0,3504} = -2229,59 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2} = -2,23 \text{ MPa} \rightarrow \sigma_d = 4,73 - 2,23 = \underline{2,50 \text{ MPa}}$$

$$\Delta \sigma_g = + \frac{781,25}{0,5401} = +1446,49 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2} = +1,45 \text{ MPa} \rightarrow \sigma_g = 1,11 + 1,45 = \underline{2,56 \text{ MPa}}$$

④ $\Delta \sigma$:

$$\Delta \sigma_d = - \frac{234,37}{0,4476} = -523,65 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2} = -0,52 \text{ MPa} \rightarrow \sigma_d = 2,50 - 0,52 = \underline{1,976 \text{ MPa}}$$

$$\Delta \sigma_g = + \frac{234,37}{0,883} = +265,42 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2} = +0,265 \text{ MPa} \rightarrow \sigma_g = 0 + 0,265 = \underline{0,265 \text{ MPa}}$$

$$\Delta \sigma_{g,s} = + \frac{234,37}{1,21} = +193,69 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2} = +0,194 \text{ MPa} \rightarrow \sigma_{g,s} = 0 + 0,194 = \underline{0,194 \text{ MPa}}$$

$$\Delta \sigma_{d,s} = + \frac{234,37}{1,21} = +193,69 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2} = +0,194 \text{ MPa} \rightarrow \sigma_{d,s} = 2,54 + 0,194 = \underline{2,746 \text{ MPa}}$$

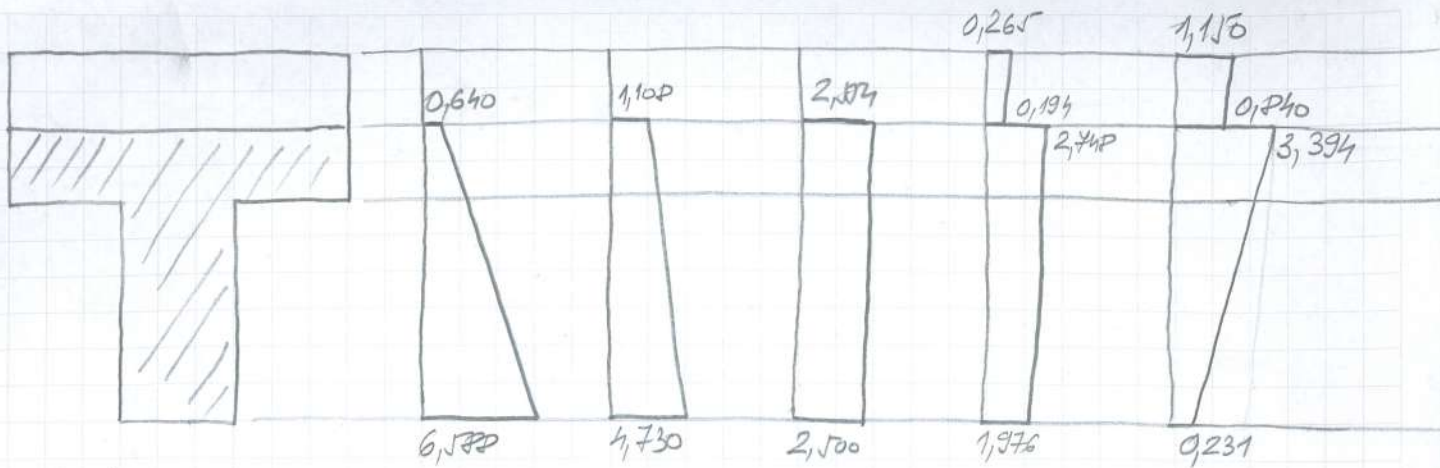
⑤ $g - LM1$:

$$\Delta \sigma_d = - \frac{781,25}{0,4476} = -1745,42 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2} = -1,745 \text{ MPa} \rightarrow \sigma_d = 1,976 - 1,745 = \underline{0,231 \text{ MPa}}$$

$$\Delta \sigma_g = + \frac{781,25}{0,883} = +884,78 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2} = +0,885 \text{ MPa} \rightarrow \sigma_g = 0,265 + 0,885 = \underline{1,150 \text{ MPa}}$$

$$\Delta \sigma_{g,s} = + \frac{781,25}{1,21} = +645,66 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2} = +0,646 \text{ MPa} \rightarrow \sigma_{g,s} = 0,194 + 0,646 = \underline{0,840 \text{ MPa}}$$

$$\Delta \sigma_{d,s} = + \frac{781,25}{1,21} = +645,66 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2} = +0,646 \text{ MPa} \rightarrow \sigma_{d,s} = 2,746 + 0,646 = \underline{3,394 \text{ MPa}} \quad \text{④}$$



5.) Контроль высоты:

$$C35/45 \Rightarrow f_{ck} = 35 \text{ MPa}$$

$$\rightarrow \sigma_{c, \text{daz}} = 0.6 \times f_{ck} = 0.6 \cdot 35 = \underline{21 \text{ MPa}} \text{ (Rare comb)}$$

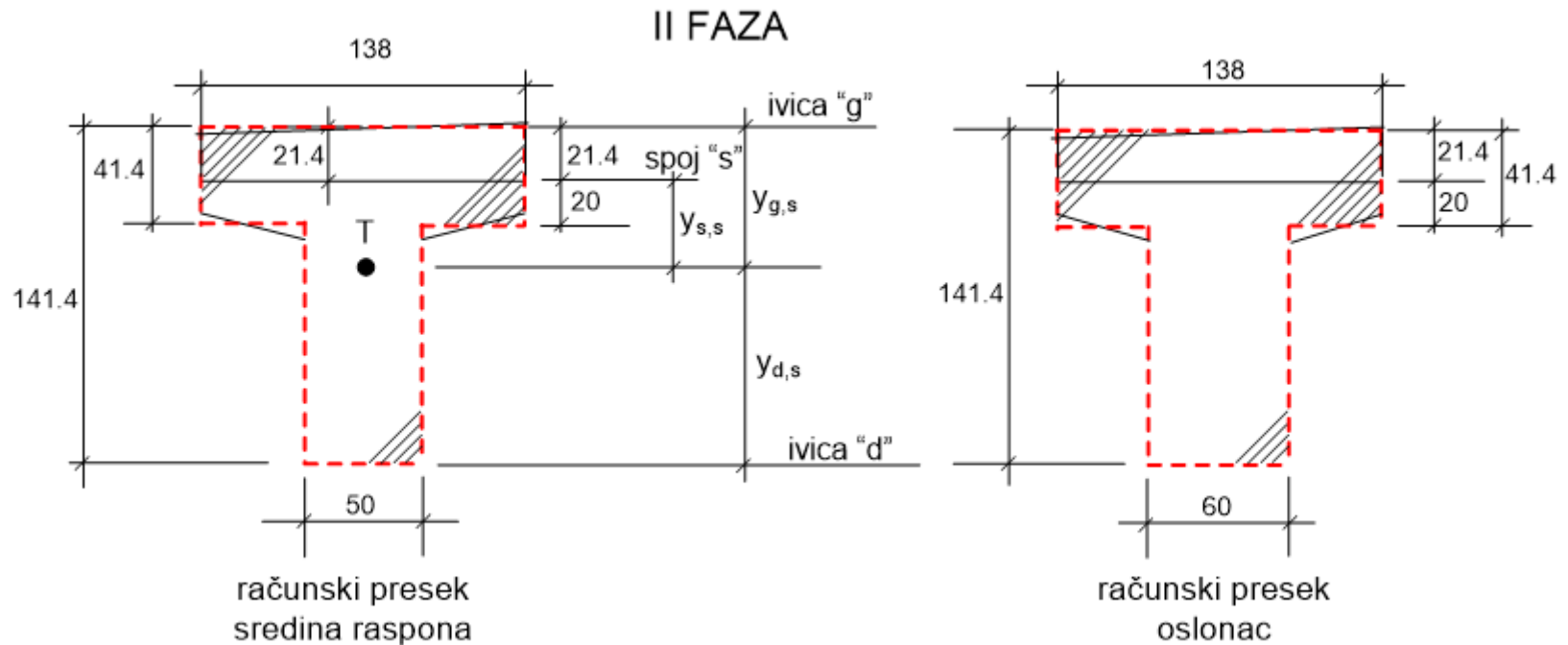
$$\rightarrow \sigma_{t, \text{daz}} = f_{ctm} = \underline{3.20 \text{ MPa}}$$

- 1) $\max \sigma_c = 6.577 \leq \sigma_{c, \text{daz}} = 21 \text{ MPa}$
 - 2) по двум фазам в пресек (нема забивка)
- OK

АРМИРАЊЕ ПНБ НОСАЧА – Задатак 1

За спрегнути пресек приказаног на скици испод потребно је срачунати потребну површину арматуре за спрезање префабрикованог носача и коловозне плоче. Приликом прорачуна користити следеће податке:

- Прорачунску вредност смичуће силе од 1487.5 kN,
- Крак унутрашњих сила срачунати као $0.75 \cdot h$, где је h висина спрегнутог пресека,
- Усвојити да се ради о глатким површинама на месту споја,
- Користити бетон квалитета С 35/45 и арматуру квалитета В500 В.



* АРМИРАКЕ ПНБ НОСАТА - Задача 1- Проверка:

$$V_{Ed,i} = \beta \cdot \frac{V_{Ed}}{z \cdot b_i}$$

$$h_s = h = 141,40 \text{ см}$$

$$z = 0,75 \cdot h = 0,75 \cdot 141,40 = 106,05 \text{ см}$$

$$\beta = 1,00$$

$$b_i = b_{\text{плоск}} = 138 \text{ см} \rightarrow A_i = 100 \cdot 138 = 13800 \text{ см}^2$$

$$V_{Ed} = 1487,50 \text{ кН}$$

$$V_{Ed,i} = 1,00 \cdot \frac{1487,50}{106,05 \cdot 138} = 0,102 \frac{\text{кН}}{\text{см}^2} = 1,02 \text{ МПа}$$

$$0,5 \cdot V \cdot f_{cd} = 0,5 (0,6 \cdot (1 - 35/250)) \cdot 19,83 = 5,12 \text{ МПа} > 1,02 \text{ МПа}$$

$$V_{Rd,i} = V_{Ed,i} \rightarrow \rho \text{ (армирование)}$$

$$V_{Rd,i} = C \cdot f_{ctd} + \mu \cdot \sigma_n + \rho \cdot f_{yd} \cdot (\mu \cdot \sin \alpha + \cos \alpha) \leq 0,5 \cdot V \cdot f_{cd}$$

$$\Rightarrow \rho = \frac{V_{Ed,i} - C \cdot f_{ctd} - \mu \cdot \sigma_n}{f_{yd} \cdot (\mu \cdot \sin \alpha + \cos \alpha)} = \frac{1,02 - 0,20 \cdot 1,813 - 0,60 \cdot 0}{435 \cdot (0,6 \cdot 1 + 0)}$$

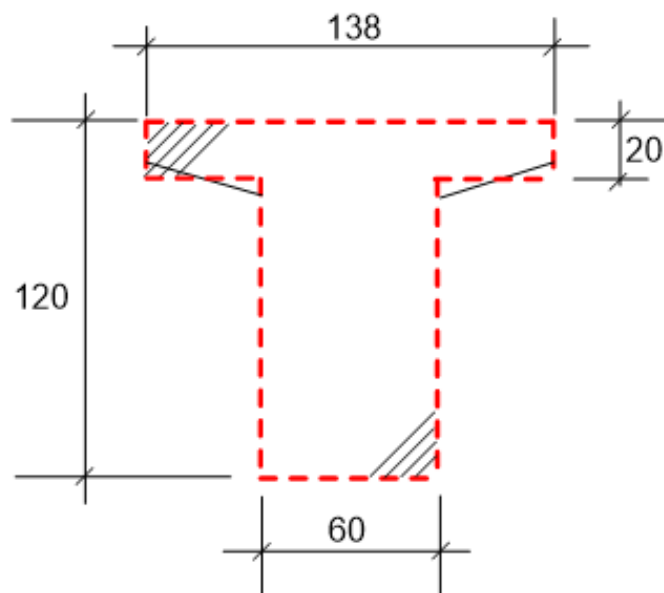
$$\rho = 2,5188 \cdot 10^{-3}$$

$$A_{s,sp} = A_i \cdot \rho = 100 \cdot 138 \cdot 2,5188 \cdot 10^{-3} = \underline{34,76 \text{ см}^2/\text{м}}$$

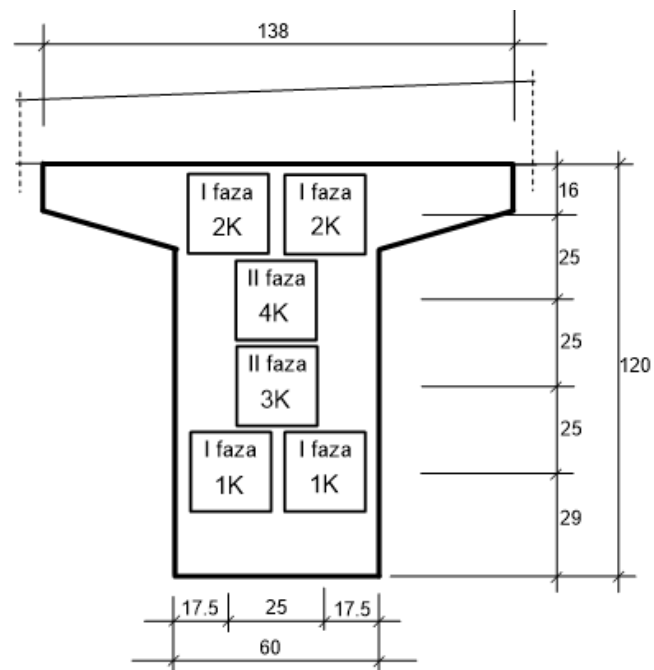
АРМИРАЊЕ ПНБ НОСАЧА – Задатак 2

За префабриковани носач попречног пресека приказаног на скици испод потребно је срачунати потребну површину арматуре за осигурање од цепања у зони уношења силе претходног напрезања у носач. Приликом прорачуна користити следеће податке:

- Носач се преднапреже са кабловима у две фазе са распоредом котви који је дат на скици испод,
- Почетна сила у кабловима за фазу I износи 1148 kN, док за фазу II износи 1279 kN. За обе групе каблова предвидети да су почетни губиви у износу од 5%,
- Користити арматуру квалитета B500 B.

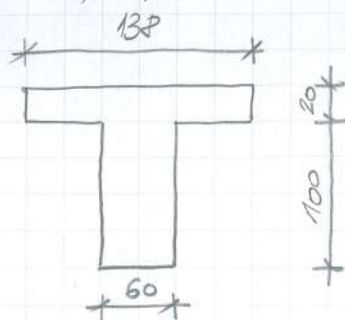


računski presek
oslonac



* АРМЧРАКЪЕ ПНБ НОСАГА - Зогултук 2-Решение:

1) Прорисун температурна карактеристика:



$$\Rightarrow A = 1,38 \cdot 0,20 + 0,60 \cdot 1,00 = 0,876 \text{ м}^2$$

$$y_d = \frac{1,38 \cdot 0,20 \cdot 1,10 + 0,6 \cdot 1,0 \cdot 0,5}{0,876} = 0,689 \text{ м}$$

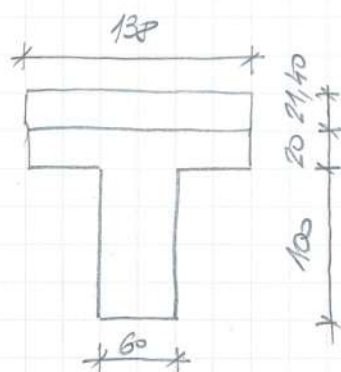
$$y_y = 1,20 - 0,689 = 0,511 \text{ м}$$

$$I = \frac{1,38 \cdot 0,2^3}{12} + 1,38 \cdot 0,2 \cdot (1,1 - 0,689)^2 + \frac{0,6 \cdot 1,0^3}{12} + 0,6 \cdot 1,0 \cdot (0,689 - 0,5)^2 = 0,1189 \text{ м}^4$$

$$W_d = \frac{0,1189}{0,689} = 0,173 \text{ м}^3$$

$$W_{gs} = \frac{0,1189}{0,311} = 0,382 \text{ м}^3$$

$$W_y = \frac{0,1189}{0,511} = 0,233 \text{ м}^3$$



$$\Rightarrow A_s = 1,38 \cdot 0,414 + 0,60 \cdot 1,00 = 1,17 \text{ м}^2$$

$$y_{ds} = \frac{1,38 \cdot 0,414 \cdot 1,207 + 0,6 \cdot 1,0 \cdot 0,5}{1,17} = 0,845 \text{ м}$$

$$y_{ys} = 1,414 - 0,845 = 0,569 \text{ м}$$

$$I_s = \frac{1,38 \cdot 0,414^3}{12} + 1,38 \cdot 0,414 \cdot (1,207 - 0,845)^2 + \frac{0,6 \cdot 1,0^3}{12} + 0,6 \cdot 1,0 \cdot (0,845 - 0,5)^2 = 0,204 \text{ м}^4$$

$$W_{ds} = \frac{0,204}{0,845} = 0,242 \text{ м}^3$$

$$W_{ys} = \frac{0,204}{0,569} = 0,359 \text{ м}^3$$

$$W_{ss, \text{пол}} = \frac{0,204}{0,385} = 0,529 \text{ м}^3$$

$$W_{ss, \text{бл}} = \frac{0,204}{0,115} = 1,773 \text{ м}^3$$

2) Прорисун температурна характеристика от ПН-а:

I фаза → 4 кабеля одновременно:

$$P_{\text{ред}} = 1,20 \times 0,25 \times 1148 = 1309 \text{ кВт} \Rightarrow N = 4 \cdot 1309 = 5236 \text{ кВт}$$

$$e = y_d - y_{\text{кор}, \text{I}} = 0,689 - \left(\frac{2 \cdot 29 + 2 \cdot 129 + 75}{4} \right) / 100 = 0,024 \text{ м}$$

$$M = N \cdot e = 5236 \cdot 0,024 = 125,66 \text{ кВт}$$

II фаза → 2 кабеля одновременно:

$$P_{\text{ред}} = 1,20 \times 0,25 \times 1279 = 1458 \text{ кВт} \Rightarrow N = 2 \cdot 1458 = 2916 \text{ кВт}$$

$$e = y_{ds} - y_{\text{кор}, \text{I}, \text{с}} = 0,845 - \left(\frac{1 \cdot 54 + 1 \cdot 154 + 251}{2} \right) / 100 = 0,184 \text{ м}$$

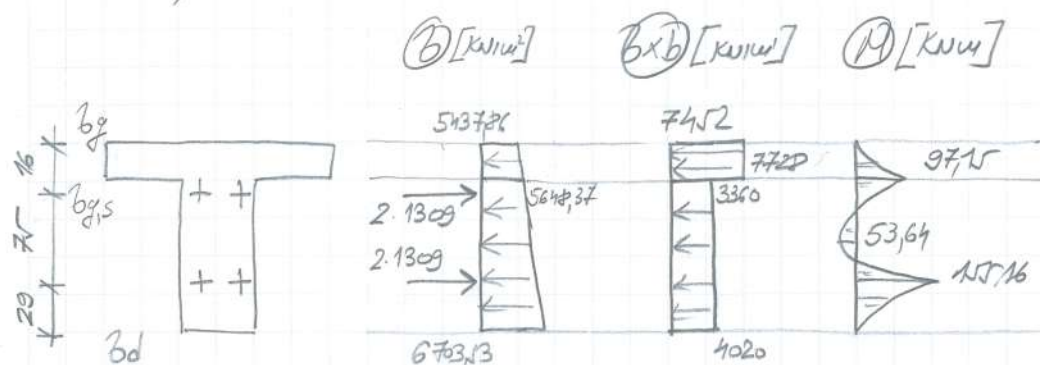
$$M = N \cdot e = 2916 \cdot 0,184 = 524,88 \text{ кВт}$$

→ аўгустеке: $R_{Ed} = \gamma_p \cdot R_0 \rightarrow$ пошчына сила (прыйш 5%)
зубытка

→ 1,20 (локалы нспрэзаче)

3.) Пророчун утваруа н арматурае оу снре ПН:

а) I фазе:



$$b_d = \frac{N}{A} + \frac{M}{W_d} = \frac{5236}{0,876} + \frac{125,66}{0,143} = 6703,53 \text{ KN/m}^2 = \underline{0,67 \text{ KN/m}^2}$$

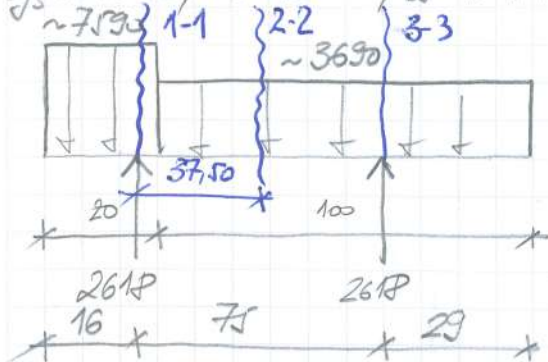
$$b_g = \frac{N}{A} - \frac{M}{W_g} = \frac{5236}{0,876} - \frac{125,66}{0,233} = 5437,86 \text{ KN/m}^2 = \underline{0,54 \text{ KN/m}^2}$$

$$b_{gs} = \frac{N}{A} - \frac{M}{W_{gs}} = \frac{5236}{0,876} - \frac{125,66}{0,382} = 5648,37 \text{ KN/m}^2 = \underline{0,56 \text{ KN/m}^2}$$

$$b_d \times b = 0,67 \cdot 10^4 \cdot 0,60 = 4020 \text{ KN/m}$$

$$b_g \times b = 0,54 \cdot 10^4 \cdot 1,38 = 7452 \text{ KN/m}$$

$$b_{gs} \times b = 0,56 \cdot 10^4 \cdot 1,38 = 7728 \text{ KN/m} \quad (3360 \text{ KN/m})$$



(* упрощае!).

$$M_{1-1} = \frac{7530 \cdot 0,16^2}{2} = \underline{97,17 \text{ KNm}}$$

$$M_{3-3} = \frac{3690 \cdot 0,29^2}{2} = \underline{155,16 \text{ KNm}}$$

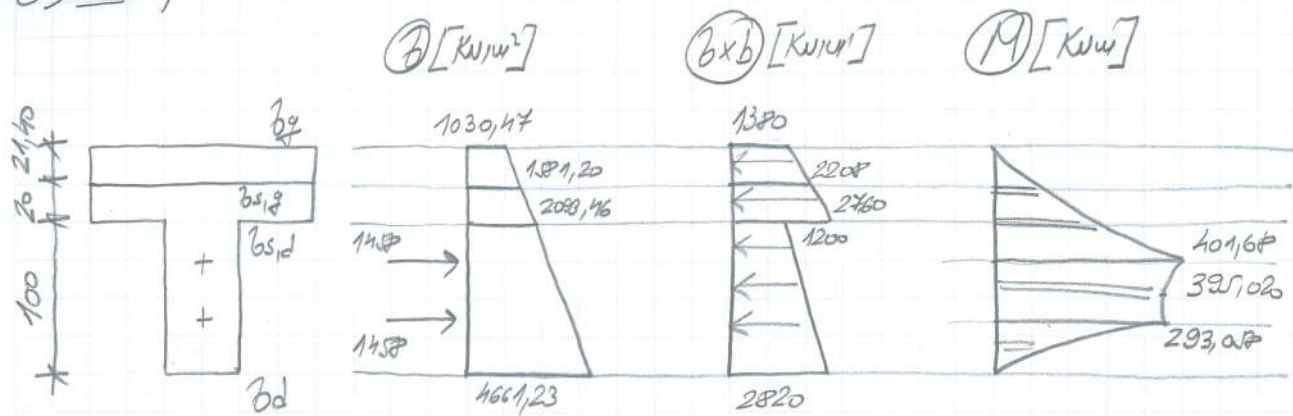
$$M_{2-2} = 7530 \cdot 0,20 \cdot 0,475 + 3690 \cdot \frac{0,335^2}{2} - 2648 \cdot 0,37 =$$

$$M_{2-2} = \underline{-53,64 \text{ KNm}}$$

$$\bar{x} = 0,75 \cdot h = 0,75 \cdot 120 = 90 \text{ cm}$$

$$A_{s, \text{PNI}} = \frac{M_{Ed, \text{max}}}{\gamma \cdot f_{sd}} = \frac{125,16 \cdot 10^2}{90 \cdot 0,43 \cdot 10^8} = 3,96 \text{ cm}^2 \rightarrow \text{на } h \text{ оу осложа: } A_{s, \text{PNI}} = 3,96 / 1,20 = \underline{3,30 \text{ cm}^2}$$

5) II фаза:



$$\sigma_d = \frac{N}{A} + \frac{M}{W_d} = \frac{2916}{1,17} + \frac{524,88}{0,242} = 4661,23 \text{ kN/m}^2 = \underline{0,47 \text{ kN/cm}^2}$$

$$\sigma_g = \frac{N}{A} - \frac{M}{W_g} = \frac{2916}{1,17} - \frac{524,88}{9,359} = 1030,47 \text{ kN/m}^2 = \underline{0,10 \text{ kN/cm}^2}$$

$$\sigma_{s,d} = \frac{N}{A} - \frac{M}{W_{s,d}} = \frac{2916}{1,17} - \frac{524,88}{1,316} = 2093,46 \text{ kN/m}^2 = \underline{0,20 \text{ kN/cm}^2}$$

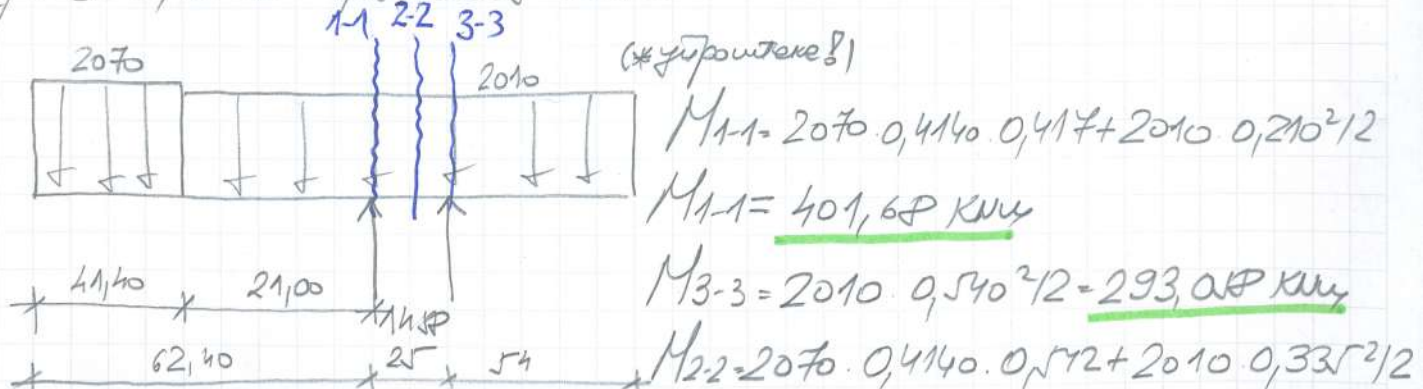
$$\sigma_{s,g} = \frac{N}{A} - \frac{M}{W_{s,g}} = \frac{2916}{1,17} - \frac{524,88}{0,576} = 1181,20 \text{ kN/m}^2 = \underline{0,16 \text{ kN/cm}^2}$$

$$\sigma_d \times b = 0,47 \cdot 10^4 \cdot 0,60 = 2820 \text{ kN/cm}$$

$$\sigma_g \times b = 0,10 \cdot 10^4 \cdot 1,38 = 1380 \text{ kN/cm}$$

$$\sigma_{s,d} \times b = 0,20 \cdot 10^4 \cdot 1,38 = 2760 \text{ kN/cm} \quad (1200 \text{ kN/cm})$$

$$\sigma_{s,g} \times b = 0,16 \cdot 10^4 \cdot 1,38 = 2208 \text{ kN/cm}$$



$$z = 0,75 \cdot h = 0,75 \cdot 141,40 = 105,80 \text{ cm} \quad - 1458 \cdot 0,25/2 = 395,02 \text{ kN/cm}$$

$$A_{s,PNII} = \frac{M_{ed,max}}{z \cdot \sigma_d} = \frac{401,68 \cdot 10^2}{105,80 \cdot 13,80} = 8,73 \text{ cm}^2/\text{cm} \Rightarrow A_{s,PNII} = 8,73 / 1,17 = \underline{6,17 \text{ cm}^2/\text{cm}}$$

$$\Rightarrow A_{s,PN} = 3,30 + 6,17 = \underline{9,47 \text{ cm}^2/\text{cm}}$$

⇒ На основании $\ell = 1,50 \text{ m}$ от основания:

$$A_{s,uz} = A_{s,sp} + A_{s,PN} = 34,76 + 9,47 = \underline{44,23 \text{ cm}^2/\text{cm}} \Rightarrow \underline{\phi 12/10, m=4} \quad (3) \quad (45,20 \text{ cm}^2/\text{cm})$$