

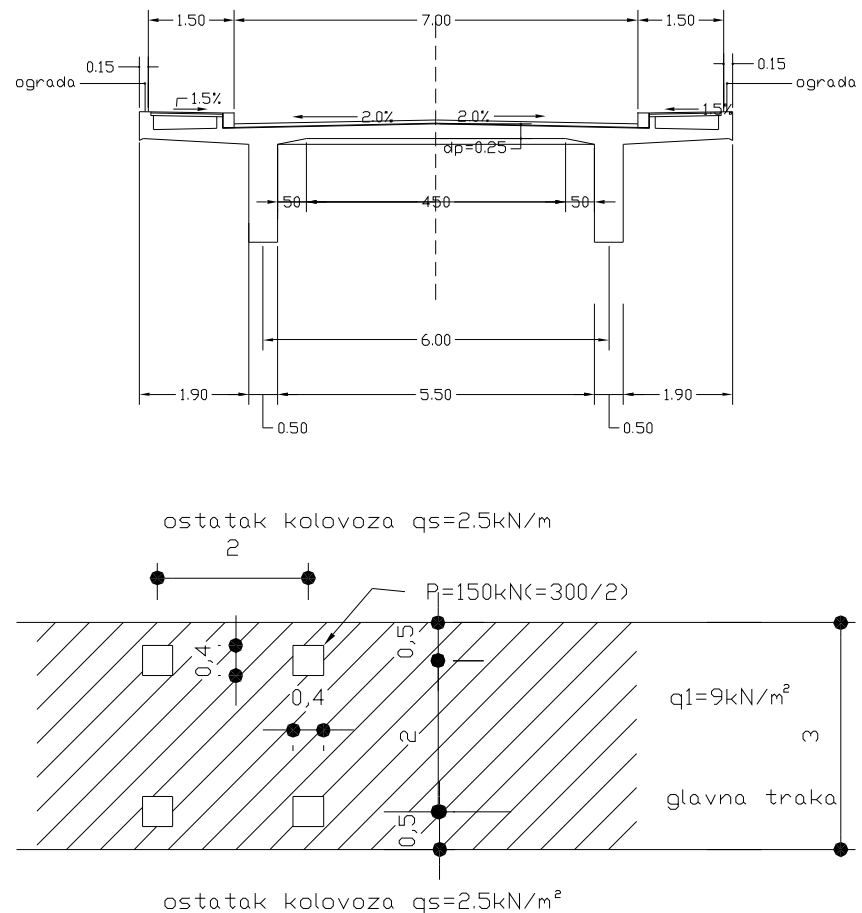
BETONSKI MOSTOVI 1

4.9.2003

Rok I rešenje

ZADATAK 1

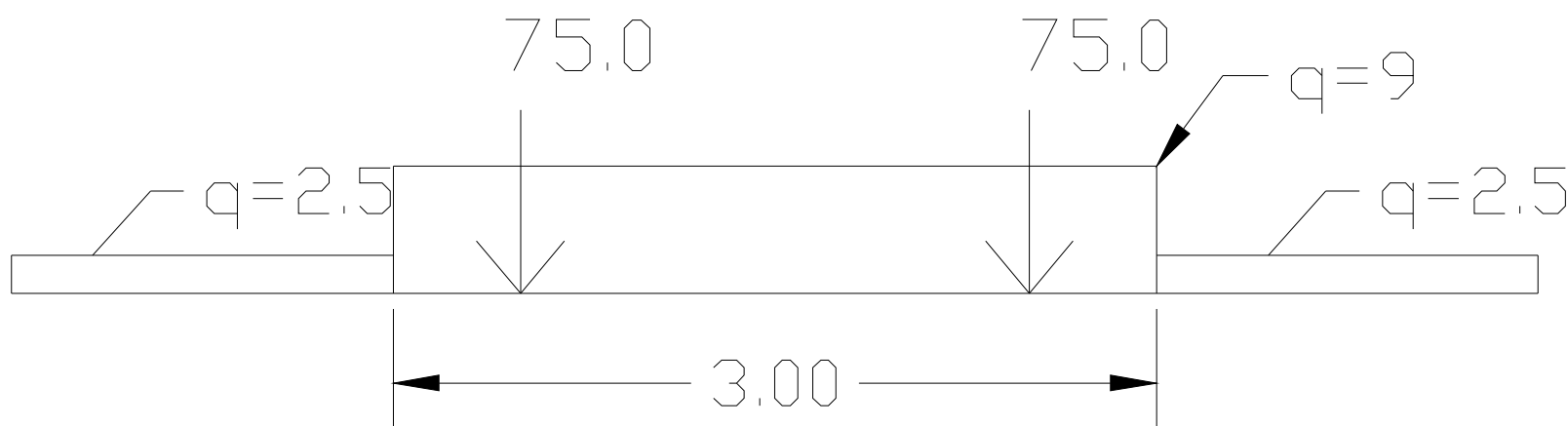
- Dimenzionirati kolovoznu ploču drumskog mosta čija je skica poprečnog preseka data u prilogu . Pri analizi opterećenja usvojiti da je debljina kolovozne ploče $d=25\text{cm}$; debljina hidroizolacije $d_{hi}=1\text{cm}$ ($\gamma_{hi}=16,0\text{kN/m}^3$); debljina asvalta $d_a=7\text{cm}$ ($\gamma_a=24,0\text{kN/m}^3$). Za saobraćajno opterećenje usvojiti * tandem * sistem prikazan na skici (u opterećenje je uračunat dinamički koeficijent). Površina naleganja točka je $0,4\text{m} \times 0,4\text{m}$ sa opterećenjem po jednom točku 150kN (300kN po osovini). Usvojiti da se opterećenje prostire podu uglom od 45° kroz sve slojeve. Razmak poprečnih nosača je 12m (ploča u jednom pravcu). Uticaje u ploči odrediti kao za prostu gredu a zatim raspodeliti na $0,5\text{Mpgr}$ za momenat u polju i $0,7\text{Mpgr}$ za momenat nad glavnim nosačem. Odrediti potrebnu visinu vute nad glavnim nosačem tako da potrebna armatura u sredini ploče i nad glavnim nosačem bude ista



ANALIZA OPTEREĆENJA

- Analiza opterećenja:
 - stalni teret:
 - sopstvena težina $g=0,25 \cdot 25=6,25 \text{ kN/m}^2$
 - težina asfalta $=0,07 \cdot 24=1,68 \text{ kN/m}^2$
 - težina hidroizolacije $=0,01 \cdot 16=0,16 \text{ kN/m}^2$
 - $g=6,25+1,68+0,16=8,09 \text{ kN/m}^2$
 - Pokretno opterećenje :
 - tandem sistem sa opterećenjem po jednom točku 150kN
 - rasprostiranje opterećenja:
 - » u pravcu vožnje :
 - $b_1=0,4+2x(0,07+0,01+0,25/2)=0,81$
 - » upravno na pravac vožnje
 - $b_2=0,4+2(0,07+0,01+0,25/2)=0,81$
 - $b_{eff}=b_2+l \cdot A/A_p=0,81+6 \cdot 0,35=2,91 > 2,0$ (razmak osovina)
 - $b_{eff}=2,0 \text{ m}$
 - opterećenje od točka :
 - upravno na pravac vožnje – dobija se veći uticaj ako se zanemari rasprostiranje na $b_1=0,81$ - uzima se kao podeljeno linisko opterećenje po m' – pravca vožnje
 - u pravcu vožnje $P=150/b_{eff}=75 \text{ kN/m}$
 - podeljeno opterećenje:
 - u glavnoj traci širine 3m - 9 kN/m^2
 - na ostalom delu kolovoza – $2,5 \text{ kN/m}^2$

svedena šema u poprečnom preseku na mestu vozila



pri tome glavna traka može da zauzima poprečno različite položaje kako bi se dobio najveći uticaj

Statički uticaji – sistem proste grede raspona $l=6,0\text{m}$

- $M_g = 8,09 \cdot 62 / 8 = 36,405 \text{ kNm/m}$
- kontrolišu se dva položaja glavne trake za određivanje maksimalnog uticaja:
 - glavna traka pada simetrično u odnosu na osu mosta
- $M_p = 183,2 \text{ kNm/m}$
 - koncentrisana sila od točka dolazi na sredinu kolovoza
- $M_p = 179,94 \text{ kNm/m}$
- merodavni je prvi položaj opterećenja

Dimenzionisanje :

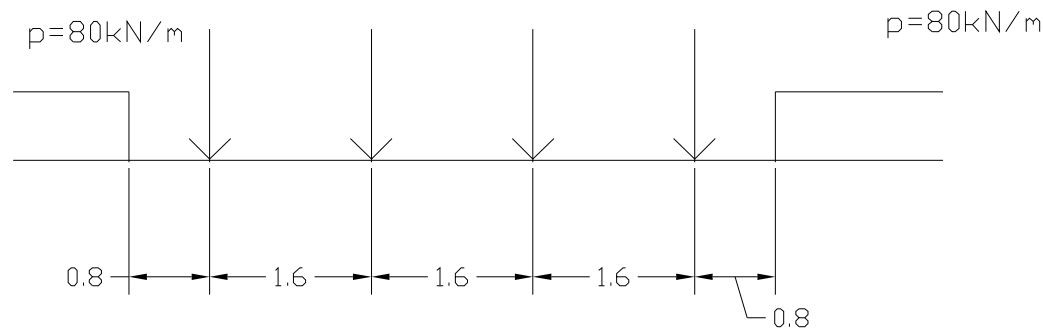
- momenat loma proste grede:
- $M_u = 1,6 \cdot 34,405 + 1,8 \cdot 183,2 = 384,808 \text{ kNm/m}$
- raspodela momenta na polje i oslonac
 - $M_{up} = 0,5 \cdot M_u = 192,404 \text{ kNm/m}$
 - $M_{uo} = 0,7 \cdot M_u = 269,36 \text{ kNm/m}$
- dimenzionisanje armature u polju prema približnom obrascu:
- $d = 25 \text{ cm}$ odstojanje armature uz pretpostavku $R_{\phi 19}$ $a = 1,5 + 1,9/2 = 2,45 \text{ cm}$
- $h = 25 - 2,45 = 22,55 \text{ cm}$
- $F_a @ M_u / (0,9 h s_v) = 192,404 \cdot 100 / 0,9 / 22,5 / 40 = 23,7 \text{ cm}^2/\text{m}$ ($R_{\phi 19/10}$)
- određivanje potrebne visine vute tako da armatura koja je usvojena u polju bude dovoljna i nad osloncem
- usvojena armatura u polju $A = 28,34 \text{ cm}^2$
- koristeći približni obrazac dat gore
- $h @ M_u / (0,9 F_a s_v) = 269,36 \cdot 100 / 0,9 / 28,34 / 40 = 26,4 \text{ cm}$
- visina vute (uz isti zaštitni sloj i prečnik šipke)
- $h_v = 26,4 - 22,55 = 3,85 \text{ cm}$
- *komentar – ovako mala vuta je posledica usvajanja više armature u polju nego što je stvarno potrebno – generalno može se smatrati da za istu količinu armature odnos visina preseka treba da bude jednak odnosu momenata – u konkretnom slučaju 7:5*

ZADATAK 2

- Odrediti potrebnu visinu glavnog nosača jednokolosežnog železničkog mosta sa dva glavna nosača sistema proste grede raspona 25m prema sledećim uslovima:
- saobraćajno opterećenje od voza dato na skici;
- sa kolovozne ploče i pešačkih staza se, kao stalno opterećenje na jedan glavni nosač, prenosi 45kN/m (u ovo opterećenje nije uračunata sopstvena težina samog glavnog nosača);
- širina glavnog nosača je konstantna i iznosi 70cm;
- površina armature iznosi 1% betonskog preseka ($1\%b*d$);
- potrebnu površinu armature odrediti prema približnom obrascu :

$$Fa = \frac{Mu}{0.9 * h * S_v}; \quad h \cong 0.9d \quad S_v = 400MPa$$

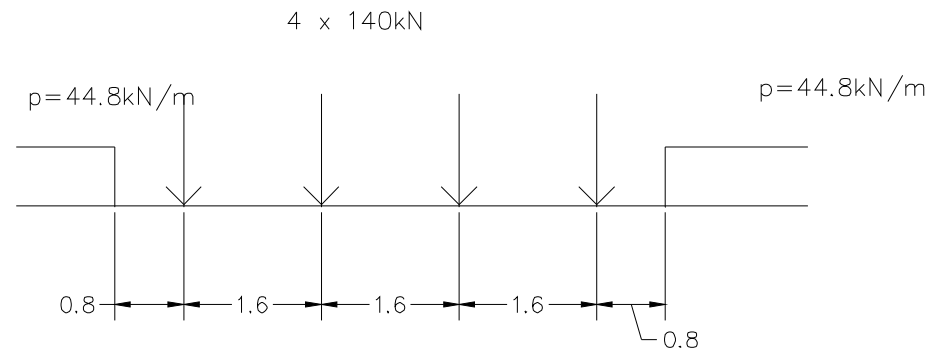
4 × 250kN



Analiza opterećenja

- stalni teret
 - sopstvena težina $0,7 \cdot d \cdot 25 = 17,5 \cdot d$ kN/m
 - opterećenje kolovozne ploče i pešačkih staza 45kN/m
 - $g = 45 + 17,5d$ kN/m
- pokretno opterećenje od voza:
 - dinamički koeficijent ($L_f = 25m$)
- pošto je most jednokolosečni železnički podužna šema opterećenja za jedan glavni nosač se dobija iz date liniske šeme deljenjem sa 2 i množenjem sa dinamičkim koeficijentom

$$f = \frac{1.44}{\sqrt{L_f} - 0.2} + 0.82 = 1.12$$



Statički uticaji sistem proste grede raspona 25m

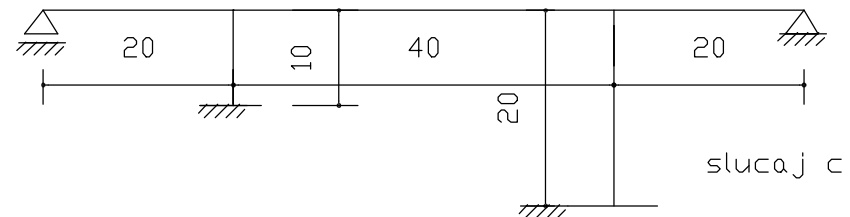
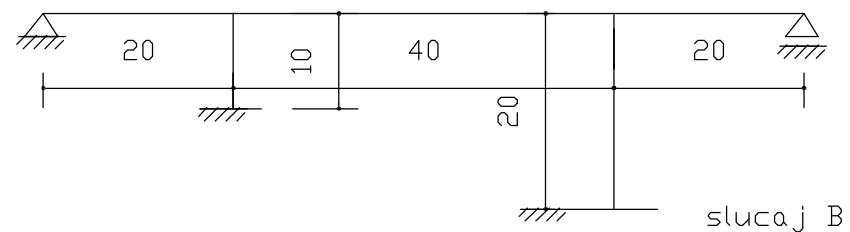
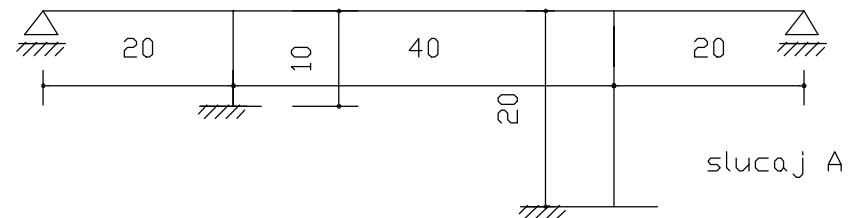
- $M_g = 252 \cdot (45 + 17,5d) / 8 = 3515,625 + 1367,19d$
- uticaji od pokretnog opterećenja - kontrolišu se dva položaja glavne trake za određivanje maksimalnog uticaja:
 - polovina mosta pada na sredinu između dva točka lokomotive
- $M_p = 4989,7 \text{ kNm/m}$
 - jedan srednji točak lokomotive pada na sredinu mosta
- $M_p = 5003,71 \text{ kNm/m}$
- merodavni je drugi položaj opterećenja

Dimenzionisanje

- uslov je da je potrebna armatura (određena na osnovu približnog obrasca 1% betonskog preseka)
- $M_u = 1,6M_g + 1,8M_p = 14631,7 + 2187,5d$
- $F_a \sim M_u / (0,9h * s_v) \sim M_u / (0,9 * 0,9 * d * s_v) = 0,01 * 70 * d = 0,7d$
- $M_u = 14631,7 * 100 + 2187,5d = 0,7d * 0,81d * 40$
- $36579,25 = 0,567d^2 - \underline{\underline{54,6875d}}$ (kvadratna jednačina)
- rešenja su 306,7cm i negativno rešenje
- *kontola: $M_u = 14631,7 + 3,06 * 2187,5 = 21325,45 \text{ kNm}$ $h \sim 0,9 * 306 = 275 \text{ cm}$*
- *$F_a \sim 21325,45 * 100 / (0,9 * 275 * 40) = 215 \text{ cm}^2$ ($0,7 * 306 = 214,2 @ 215 \text{ cm}^2$)-što je bio postavljeni uslov)*

ZADATAK 3

- Za ramove prikazane na skici (slučajevi **a, b,c**) odrediti približnim postupkom za određivanje uticaja u stubovima rama na vitkim stubovima uticaje usled promene temperature u osi rama od 350C.
 $I_s=0.24m^4$; $E_s=30GPa$



Približni proračun ramova na vitkim stubovima za uticaje temperature i kočenja

- proističe iz uprošćenja gde se stubovi posmatraju kao vertikalni obostrano uklješteni štapovi sa horizontalno pomerljivim jednim krajem – vrhom

$$M = \frac{6EI}{l^2} \quad H = \frac{12EI}{l^3}$$

- izjednačavanjem zbira reakcija u dnu stubova sa silom kočenja – usvaja se da su pomeranja svih vrhova međusobno jednaka
- zbir reakcija je 0 u slučaju promene temperature-usvaja se da su pomeranja proporcionalna sa odstojanjem vrha stuba od "nepokretne tačke"

$$a_n = \frac{\sum \frac{E_i I_i a_i}{h_i^3}}{\sum \frac{E_i I_i}{h_i^3}}$$

» a_i , kao i a_n meri od neke referentne tačke npr. jednog krajnjeg oslonca

Slučaj „a”

- U ovom slučaju potrebno je odrediti položaj nepokretne tačke prema gore izvedenom obrascu a obzirom da su momenti inercije svih stubova jednaki dobije se :
- $a_n = (20/103 + 60/203) / (1/103 + 1/203) = 24,444m$ – *mereno od levog oslonca*
 - $a_1 = 4,44 \quad \Delta_1 = 4,44 * 35 * 10^{-5} = 1,54 * 10^{-3}m$;
- $H_1 = (12 * 30 * 106 * 0,24 * 1,54 * 10^{-3}) / 103 = 133,56kN$;
 $M = h * H / 2 = 133,56 * 10 / 2 = 667,8kNm$
 - $a_2 = 35,555 \quad \Delta_2 = 35,555 * 35 * 10^{-5} = 12,44 * 10^{-3}m$
- $H_1 = (12 * 30 * 106 * 0,24 * 12,44 * 10^{-3}) / 203 = 133,56kN$ - što se i očekuje ; $M = h * H / 2 = 133,56 * 20 / 2 = 1335,6kNm$

Slučaj „b”

- U ovom slučaju nepokretna tačka je levi oslonac te je :
 - $a_1=20 \quad \Delta_1=20*35*10^{-5}=7*10^{-3}\text{m}$;
- $H_1=(12*30*106*0,24*7*10^{-3})/103=604,8\text{kN}$;
 $M=h*H/2=604,8*10/2=3024\text{kNm}$
 - $a_2=60 \quad \Delta_2=60*35*10^{-5}=21*10^{-3}\text{m}$
- $H_1=(12*30*106*0,24*21*10^{-3})/203=1814,4\text{kN}$
- $M=h*H/2=1814,4*20/2=18144\text{kNm}$
- očito da horizontalno ležište na levom osloncu mora da prihvati silu od $1814,4+604,8=2419,2\text{kNm}$;
- takođe se javljaju veliki momenti u stubovima – naročito u udaljenijem stubu

Slučaj „c”

- U ovom slučaju nepokretna tačka je desni oslonac te je :
 - $a_1=60 \Delta 1=60*35*10^{-5}=21*10^{-3}\text{m}$;
- $H_1=(12*30*106*0,24*21*10^{-3})/103=1814,4\text{kN}$;
 $M=h*H/2=604,8*10/2=9072\text{kNm}$
 - $a_2=20 \Delta 2=20*35*10^{-5}=7*10^{-3}\text{m}$
- $H_1=(12*30*106*0,24*7*10^{-3})/203=604,8\text{kN}$
- $M=h*H/2=604,8*20/2=6048\text{kNm}$
- očito da horizontalno ležište na desnom osloncu mora da prihvati silu od $1814,4+604,8=2419,2\text{kNm}$;
- takođe se javljaju veliki momenti u stubovima – naročito u udaljenijem stubu