

4. slovensko državno prvenstvo iz gradbene mehanike

Univerza v Ljubljani

Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo

Pripravila: Goran Turk in Marjan Stanek

Ljubljana, 13. maj 1998

4. slovensko državno prvenstvo iz gradbene mehanike, Ljubljana 1998

Letos smo na Fakulteti za gradbeništvo in geodezijo organizirali že 4. državno prvenstvo iz gradbene mehanike. Prvenstvo je pripravil organizacijski odbor v sestavi:

doc. dr. Marjan Stanek (predsednik),
izr. prof. dr. Hinko Šolinc,
izr. prof. dr. Stane Srpčič,
doc. dr. Goran Turk,
Blaž Vratanar,
Alenka Ambrož–Jurgec (Srednja gradbena šola, Maribor),
Bojan Lutman (Srednja tehniška in zdravstvena šola, Novo mesto),
Irena Posavec (Srednja tehniška šola, Celje),
Marlenka Žolnir Petrič (Srednja tehniška šola, Celje) in
mag. Duška Tomšič (Srednja gradbena in ekonomska šola, Ljubljana).

Na tekmovanje smo povabili dijake tretjih in četrtih letnikov srednjih gradbenih šol iz Celja, Ljubljane, Maribora in Novega mesta. Odbor je pripravil naloge za predtekmovanje in sklepno tekmovanje ter pregledal in ocenil izdelke tekmovalk in tekmovalcev.

Predtekmovanja so se udeležili učenci tretjega in četrtega letnika. V sredo, 15. aprila 1998 je 98 učenk in učencev na srednjih gradbenih šolah reševalo enake predtekmovalne naloge. Enaintrideset najuspešnejših se je uvrstilo na sklepno tekmovanje, ki je potekalo 13. maja 1998 v prostorih Fakultete za gradbeništvo in geodezijo v Ljubljani. Na sklepno tekmovanje so se v konkurenci tretjih letnikov uvrstili:

Ime in priimek	Kraj
Dejan Lavbič Vladimir Mijatović Gregor Novak Igor Oblak Aleš Urleb	Celje
Daniel Colnar	Maribor

Ime in priimek	Kraj
Peter Jemec Robert Krajnc Jure Nečimer Boštjan Pohlin	Ljubljana
Jure Balažič Metej Kuhar Marjan Zorko	Novo mesto

V konkurenci četrtih letnikov so se na sklepno tekmovanje uvrstili:

Ime in priimek	Kraj
Gregor Furman Urban Pinter	Celje
Gaber Gomišček Dejan Hribar Aleš Mežič Uroš Strel Marko Volf Drago Žerjav	Novo mesto

Ime in priimek	Kraj
Gregor Bajc Marko Brlič Robert Grnjak Matjaž Nemanič Aleš Perjet Igor Stajnko Aleš Topolnik Aleksander Tušek Anita Zajc Jože Zupanič	Maribor

Sklepno tekmovanje se je začelo 13. maja 1998 ob 10.30 na Fakulteti za gradbeništvo in geodezijo v Ljubljani, ko je tekmovalke in tekmovalce ter njihove mentorje sprejel predstavnik organizacijskega odbora tekmovanja Goran Turk. Po 120 minutah reševanja nalog so si tekmovalke in tekmovalci pod vodstvom izr. prof. Roka Žarnića ogledali Konstrukcijsko prometni laboratorij na Fakulteti za gradbeništvo in geodezijo v Ljubljani.

Po skupnem kosilu so bili popoldne v svečani dvorani Fakultete za gradbeništvo in geodezijo objavljeni rezultati. Pohvaljeni so bili vsi udeleženci sklepnega tekmovanja, najuspešnejši pa so bili:

3. letnik			
Nagrada	Ime in priimek	Šola	Mentor
1.	ni bila podeljena		
2.	Matej Kuhar Jure Nečimer	Novo mesto Ljubljana	Bojan Lutman mag. Duška Tomšič
3.	Peter Jemec Vladimir Mijatović	Ljubljana Celje	mag. Duška Tomšič Marlenka Žolnir Petrič
4. letnik			
Nagrada	Ime in priimek	Šola	Mentor
1.	Drago Žerjav	Novo mesto	Bojan Lutman
2.	Aleksander Tušek Jože Zupanič	Maribor Maribor	Eva Dvořak Eva Dvořak
3.	Urban Pinter Marko Volf	Celje Novo mesto	Mišo Knežević Bojan Lutman

Pohvale in nagrade je dijakom podelil dekan FGG prof. dr. Jurij Banovec, ki je tekmovanje tudi zaključil.

V naslednjih dveh preglednicah prikazujemo nekatere podatke o uspešnosti srednješolk in srednješolcev pri reševanju nalog na predtekmovanju in sklepnem tekmovanju. Povprečna ocena na predtekmovanju je bila približno enaka kot lani (lani 44.4 %), na sklepnem tekmovanju pa je bila prav enaka kot lani (37.1 %). Na sklepno tekmovanje so se uvrstili vsi, ki so na predtekmovanju dosegli vsaj 55 %.

Ocena		
	Predtekmovanje	Sklepno tekmovanje
povprečna ocena	44.0 %	37.1 %
standardna deviacija	19.0 %	18.8 %
pov. ocena 1. naloge	4.9 % (max. 25 %)	9.7 % (max. 25 %)
pov. ocena 2. naloge	15.7 % (max. 25 %)	13.2 % (max. 25 %)
pov. ocena 3. naloge	14.5 % (max. 25 %)	7.3 % (max. 25 %)
pov. ocena 4. naloge	8.9 % (max. 25 %)	6.9 % (max. 25 %)
najnižja ocena	5 %	5 %
najvišja ocena	100 %	95 %

Zanimivo je tudi pogledati, koliko tekmovalk in tekmovalcev je pravilno rešilo posamezne naloge. Vidimo, da je bil najtrši oreh 4. naloga na sklepnem tekmovanju, ki je ni nihče v celoti rešil.

Število tekmovalk in tekmovalcev, ki so pravilno rešili posamezne naloge		
	Predtekmovanje	Sklepno tekmovanje
1. naloga	4 (4.1 %)	12 (38.7 %)
2. naloga	22 (22.4 %)	1 (3.2 %)
3. naloga	25 (25.5 %)	1 (3.2 %)
4. naloga	8 (8.2 %)	0 (0.0 %)

Relativno najlažje so bile 2. in 3. naloga s predtekmovanja ter 1. s sklepnega tekmovanja. Sestavljalce nalog je nekoliko presenetil izredno slab rezultat za prvo nalogo s predtekmovanja, ki ima celo najnižjo povprečno oceno (4.9 %) od vseh osmih nalog. Pri tej statistiki pa je vendarle potrebno upoštevati, da so se na sklepno tekmovanje uvrstili le tisti, ki so naloge s predtekmovanja dobro reševali, zato uspeha za posamezne naloge na predtekmovanju in sklepnem tekmovanju ne moremo prav primerjati.

Tekmovanje so finančno podprli:

Ministrstvo za šolstvo in šport,
Slovensko društvo za mehaniko,
Bramac, Škocjan ter naslednje pedagoško–znanstvene enote
Fakultete za gradbeništvo in geodezijo v Ljubljani
Prometno tehnični inštitut,
Inštitut za konstrukcije, potresno inženirstvo in računalništvo,
Katedra za masivne in lesene konstrukcije,
Katedra za mehaniko tal z laboratorijem,
Katedra za mehaniko tekočin z laboratorijem,
Katedra za metalne konstrukcije,
Katedra za preskušanje materialov in konstrukcij,
Katedra za splošno hidrotehniko in
Katedra za stavbe in konstrukcijske elemente.

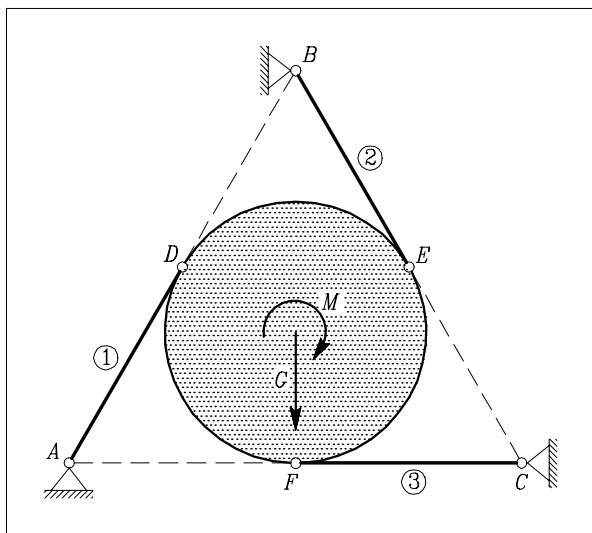
Vsem sponzorjem se za izkazano podporo lepo zahvaljujemo.

Naloge s predtekmovanja

1. naloga

Toga plošča okrogle oblike s polmerom $r = 0.2 \text{ m}$ je navpično postavljena tako, kot kaže slika. Na ploščo deluje sila teže G in zunanja momentna obtežba M . Plošča je podprta s tremi vrvicami. Kvadratni meter plošče tehta 0.1 kN .

Kolikšen mora biti zunanji moment, da so sile v vrvicah natezne? Točke A , B in C ležijo v krajiščih enakostraničnega trikotnika, temu trikotniku včrtana krožnica pa določa lego in velikost okrogle plošče.



Rešitev: Sila teže okrogle plošče je $G = \pi r^2 0.1 = 0.0126 \text{ kN}$.

Sile v vrvicah določimo iz momentnih ravnotežnih pogojev na točke A , B in C . Sile v vrvicah so:

$$\sum M^C = 0 \rightarrow N_1 = -\frac{2}{a\sqrt{3}} \left(G \frac{a}{2} - M \right) > 0 \rightarrow M > \frac{Ga}{2},$$

$$\sum M^A = 0 \rightarrow N_2 = \frac{2}{a\sqrt{3}} \left(G \frac{a}{2} + M \right) > 0 \rightarrow M > -\frac{Ga}{2},$$

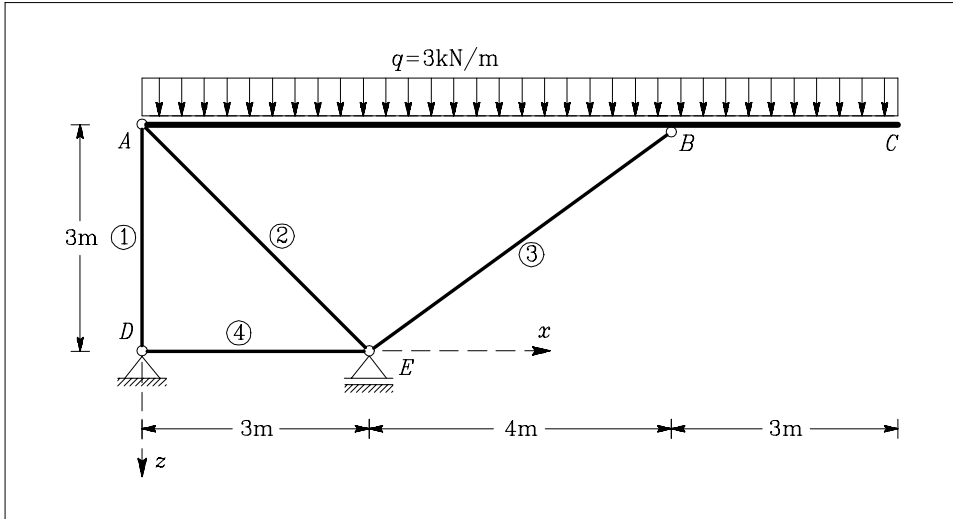
$$\sum M^B = 0 \rightarrow N_3 = \frac{2}{a\sqrt{3}} M > 0, \quad \rightarrow M > 0,$$

pri čemer z $a = 2\sqrt{3}r$ označimo dolžino stranice trikotnika ABC . Merodajen je pogoj za silo N_1 :

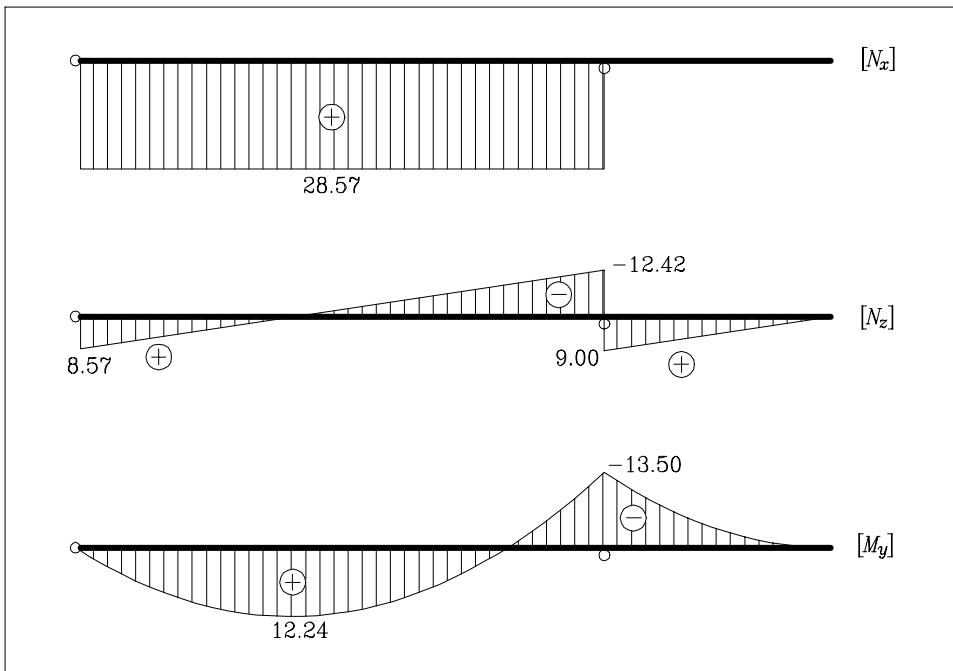
$$M > \frac{Ga}{2} = Gr\sqrt{3} = 0.00435 \text{ kNm}$$

2. naloga

Izračunaj upogibne momente v nosilcu ABC in osne sile v palicah, ki nosilec podpirajo! Skiciraj tudi diagram upogibnih momentov za nosilec ABC !



Rešitev: Reakcije te konstrukcije so: $D_x = 0$, $D_z = 20$ kN in $E_z = -50$ kN. Sile v palicah so: $N_1 = 20$ kN, $N_2 = -40.41$ kN, $N_3 = 35.71$ kN in $N_4 = 0$. Diagrame notranjih sil v nosilcu ABC prikazujemo na naslednji sliki.



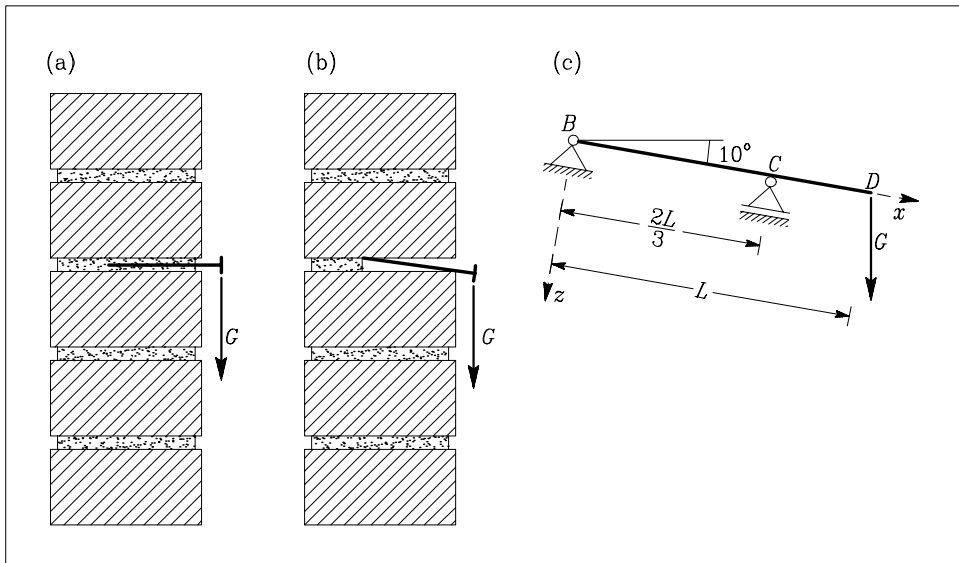
3. naloga

Žičnik zabijemo v malto med opečna zidaka (slika (a)). Ker trdnost malte ni dovolj velika, se stik med malto in žičnikom zrahlja, tako da žičnik držita le še opečna zidaka, kot kaže slika (b). Računski model tega žičnika je prikazan na sliki (c). Dolžina žičnika je $L = 10$ cm, premer okroglega prečnega prereza pa je $\phi = 5$ mm. Obtežba G je enaka 50 N. Določi notranje sile v žičniku (osno silo, prečno silo in upogibni moment) ter izračunaj ekstremne normalne napetosti po formuli

$$\sigma_{xx}^{\text{ekst.}} = \frac{N_x}{A_x} \pm \frac{M_y}{W_y}$$

V zadnji enačbi je N_x osna sila, A_x ploščina okroglega prečnega prereza žičnika, M_y upogibni moment in W_y odpornostni moment prereza, ki ga za okrogli prerez izračunamo po formuli

$$W_y = \frac{\pi \phi^3}{32}$$



Rešitev: Reakcije v podporah statičnega modela žičnika so:

$$B_x = -8.68 \text{ N,}$$

$$B_z = 24.62 \text{ N in}$$

$$C_z = -73.86 \text{ N.}$$

Diagrame notranjih sil prikazujemo na naslednji sliki (diagram upogibnih momentov je podan v Nmm).

Ploščina prereza in odpornostni moment sta:

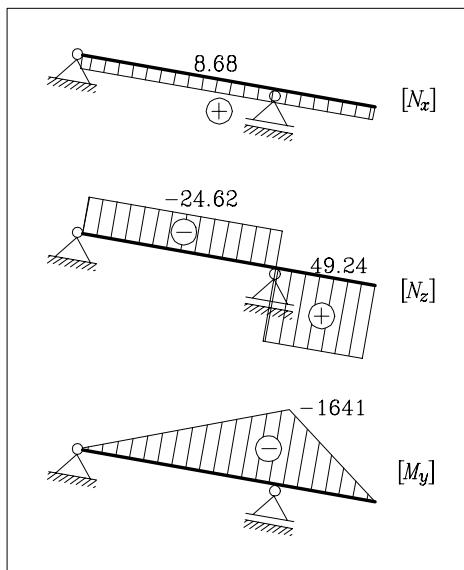
$$A_x = 19.63 \text{ mm}^2 \text{ in}$$

$$W_y = 12.27 \text{ mm}^3.$$

Ekstremne normalne napetosti nastopijo v prerezu ob podpori B :

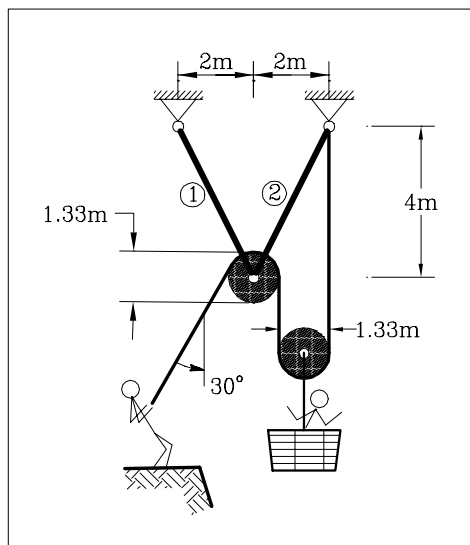
$$\sigma_{xx}^{\max} = 134.2 \text{ N/mm}^2 \text{ in}$$

$$\sigma_{xx}^{\min} = -133.3 \text{ N/mm}^2.$$



4. naloga

Recimo, da so te postavili v košaro, prikazano na sliki. S kolikšno silo mora prijatelj držati za vrvi, da ne padeš v globino? Kolikšni sta tedaj sili v palicah, ki nosita levi škripec? Pri računu upoštevaj le svojo lastno težo.



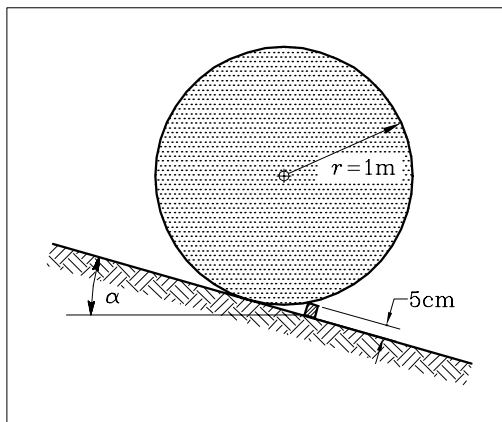
Rešitev: Sila V v vrvi, ki jo drži tvoj prijatelj, je enaka polovici teže bremenena $V = G/2$.

Sili v palicah sta: $N_1 = 0.242 G$ in $N_2 = 0.801 G$.

Naloge s sklepnega tekmovanja

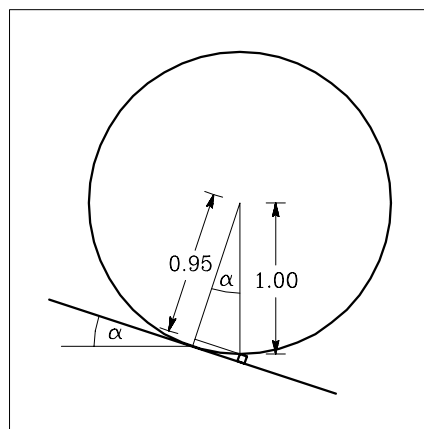
1. naloga

Homogen valj polmera 1 m je položen na poševna tla, kot kaže slika. Kotaljenje valja navzdol preprečuje v tla zabita 5 cm visoka gredica. Določi naklon α , pri katerem se valj prevrne čez gredico in se skotali po poševnini.



Rešitev: Mejna lega, pri kateri se valj že lahko prevrne čez gredico, je tista, pri kateri je težišče valja navpično nad zgornjim robom gredice. Naklon določimo iz enačbe:

$$\cos \alpha = 0.95/1.00 \quad \rightarrow \quad \alpha = 18.2^\circ$$



2. naloga

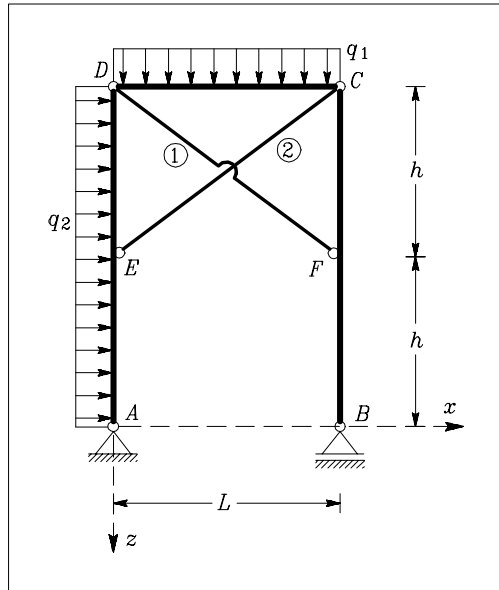
Izračunaj in nariši notranje sile za prikazani okvir. Poševni palici 1 in 2 se ne dotikata.

$$L = 4 \text{ m,}$$

$$h = 3 \text{ m,}$$

$$q_1 = 2 \text{ kN/m,}$$

$$q_2 = 1 \text{ kN/m.}$$

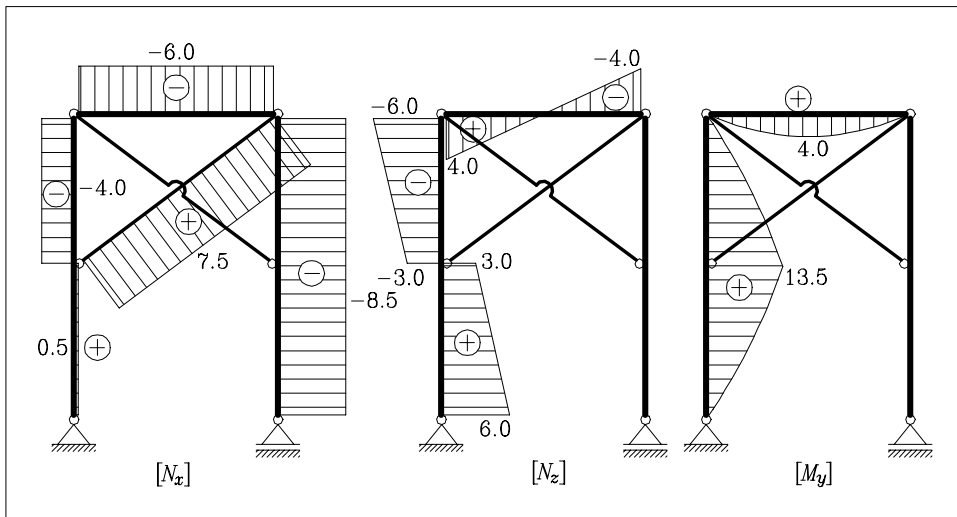


Rešitev: Reakcije so:

$$A_x = -6.0 \text{ kN, } A_z = 0.5 \text{ kN in } B_z = -8.5 \text{ kN.}$$

Osne sile v palicah 1 in 2 izračunamo iz momentnih ravnotežnih pogojev glede na točke D in C za del konstrukcije AD oziroma BC.

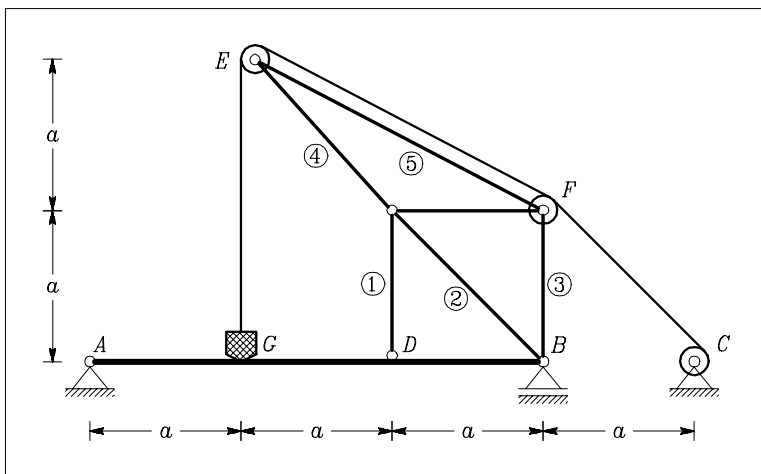
Diagrame notranjih sil prikazujemo na naslednji sliki.



3. naloga

Dvigalo je postavljeno na prostoležeči nosilec \overline{AB} , kot kaže slika ($a = 3$ m). Sila bremena v točki G je 5 kN. V točki C vlečemo s silo V v vrvi, ki je manjša ali enaka teži bremena ($0 \leq V \leq G$). Določi silo V v vrvi tako, da so upogibni momenti v prostoležečem nosilcu \overline{AB} najmanjši.

Navodilo: Najprej izračunaj silo v palici 1. Nato določi obtežbo na prostoležeči nosilec \overline{AB} in izračunaj upogibne momente. Premer škipcev v točkah E in F , preko katerih je speljana vrv od bremena G do točke C , je zelo majhen v primerjavi z dimezijami konstrukcije. Breme G upoštevaj kot točkovno obtežbo.



Rešitev: Paličje prerežemo preko palic 1, 2 in 3 ter iz vsote momentov na točko B za zgornji del paličja, ki je obtežen le s silo V v vrvi, izračunamo silo v palici 1: $N_1 = V(-2 + \sqrt{2}/2)$.

Obtežba na nosilec AB v točki G je teža bremena minus sila v vrvi, ($G - V$), obtežba v točki D pa je N_1 . Momenta v točkah G in D sta:

$$M_y^G = \left(2G - \frac{\sqrt{2}}{2}V\right) \frac{a}{3} \quad M_y^D = (G + 3V - \sqrt{2}V) \frac{a}{3}$$

Ekstremni upogibni momenti pri taki obtežbi bodo najmanjši, če sta v obeh točkah momenta enaka, $M_y^G = M_y^D$, iz česar sledi, da je sila v vrvi enaka

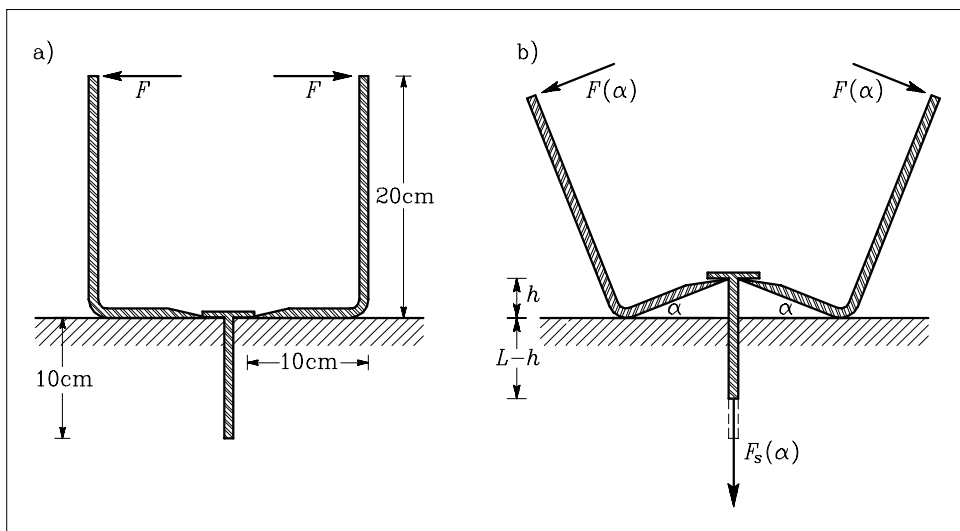
$$V = \frac{G}{3 - \sqrt{2}/2} = 2.181 \text{ kN}$$

Rezultate za tri različne vrednosti sile V v vrvi prikazujemo v naslednji preglednici.

V [kN]	M_y^G [kNm]	M_y^D [kNm]
0.000	10.000	5.000
2.181	8.458	8.458
5.000	6.464	12.929

4. naloga

Žičnik dolžine $L = 10\text{ cm}$ in premera $d = 3\text{ mm}$ želimo izvleči iz neke snovi, tako kot je prikazano na sliki. Sila F je vselej usmerjena pravokotno na zgornji krak kavlja. Konstantni normalni pritisk p , s katero okolišna snov pritiska na žičnik, je 0.5 kN/cm^2 . Koefficient trenja med žičnikom in snovjo je $k_t = 0.2$. Določi silo F v odvisnosti od kota α , s katero moramo pritisniti na kavlja, da žičnik izvlečemo iz snovi. Ali je sila $F(\alpha)$ manjša od sile $F_s(\alpha)$, s katero snov učinkuje na žičnik? Nariši tudi diagram razmerja med silama F in F_s .



Rešitev: Sila, s katero snov učinkuje na žičnik, je enaka

$$F_s = k_t p A,$$

kjer je A ploščina stika med žičnikom in podlago. Ploščino A izračunamo po enačbi

$$A = \pi d(L - h).$$

S h ($h = a \sin \alpha$) označimo višino izvlečenega dela žičnika (iz slike vidimo, da je $a = 10$ cm). Sila, s katero snov učinkuje na žičnik, je torej

$$F_s(\alpha) = k_t p \pi d (L - a \sin \alpha)$$

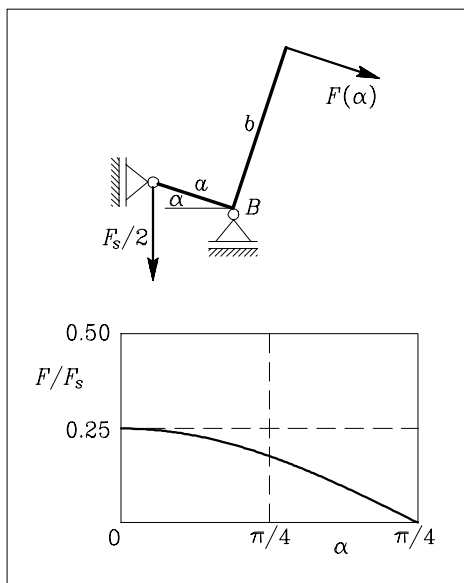
Iz momentnega ravnotežnega pogoja na točko B izračunamo silo $F(\alpha)$

$$F(\alpha) = k_t p \frac{\pi a d}{2b} (L - a \sin \alpha) \cos \alpha,$$

kjer z $b = 20$ cm označimo daljšo stranico kavljja. Razmerje med silama F in F_s je

$$\frac{F}{F_s} = \frac{a}{2b} \cos \alpha < 1,$$

kar pomeni, da je sila, s katero pritiskamo na kavljja vedno manjša od sile, s katero snov učinkuje na žičnik. Diagram razmerja med silama $F(\alpha)$ in $F_s(\alpha)$ prikazujemo na naslednji sliki.



TURK, Goran, STANEK, Marjan

4. slovensko državno prvenstvo iz gradbene mehanike

Založnik: Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Ljubljana

Tisk: TIČ d.o.o., Ljubljana

Obseg: 15 strani

Naklada: 100 izvodov

Ljubljana, 1998