

7. slovensko državno prvenstvo v gradbeni mehaniki

Univerza v Ljubljani

Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo

Goran Turk, Blaž Vratinar in Marjan Stanek

Ljubljana, 16. maj 2001

7. slovensko državno prvenstvo v gradbeni mehaniki Ljubljana 2001

Letos smo na Fakulteti za gradbeništvo in geodezijo organizirali že 7. državno prvenstvo v gradbeni mehaniki. Prvenstvo je pripravil organizacijski odbor v sestavi:

Marjan Stanek (predsednik),

Stane Srpčič,

Goran Turk,

Blaž Vratanar,

Rado Flajs,

Dejan Zupan,

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

Duška Tomšič (Srednja gradbena in ekonomska šola, Ljubljana).

Na tekmovanje smo povabili dijake tretjih in četrtih letnikov srednjih tehniških šol in tehniških gimnazij. Odbor je pripravil naloge za predtekmovanje in sklepno tekmovanje ter pregledal in ocenil izdelke tekmovalk in tekmovalcev.

Na predtekmovanje se je prijavilo 55 učenk in učencev tretjega in 49 učenk in učencev četrtega letnika. V sredo, 18. aprila 2001 so na srednjih šolah reševali enake predtekmovalne naloge. Devetindvajset najuspešnejših na predtekmovanju se je uvrstilo na sklepno tekmovanje, ki je potekalo 16. maja 2001 v prostorih Fakultete za gradbeništvo in geodezijo v Ljubljani. Na sklepno tekmovanje so se uvrstili naslednje dijakinje in dijaki.

3. letnik		
ime in priimek	kraj	mentor
David Antolinc	Celje ¹	Ljubo Milenković
Jure Volčanžek		
Robert Novak	Ljubljana ²	Duška Tomšič
Dejan Šetinc		
Robert Krajnc	Maribor ³	Maja Lorger
Jernej Lasbaher	Maribor ⁴	Vili Vesenjāk
Ivo Glasnović	Novo mesto ⁵	Bojan Lutman
Damir Klemenčič		
Marko Malnarič		
Aleš Perše ⁶		
Janko Sotošek		
4. letnik		
ime in priimek	kraj	mentor
Marko Jagodič	Celje ¹	Mišo Knežević
Andrej Juričko		
Jože Kunšek		
Andrej Leskovšek		
Borislav Djukić	Ljubljana ²	Majda Pregl
Andraž Hočevar		
Matjaž Jelušič		
Tanja Marcola		
Mitja Velikanje		
Simon Dovrtel	Maribor ³	Maja Lorger
Vojko Titan		
Teodor Horvat	Maribor ⁴	Vili Vesenjāk
Mihael Korošec		
Gregor Zupan		
Matej Božič	Novo mesto ⁶	Bojan Lutman
Matej Kocjan		
Aleš Lekše		
Franc Sinur		

¹ Poklicna in tehniška gradbena šola Celje

² Srednja gradbena in ekonomska šola Ljubljana

³ Srednja kovinarska, strojna in metalurška šola Maribor

⁴ Srednja gradbena šola Maribor

⁵ Šolski center Novo mesto, Tehniška gimnazija

⁶ Šolski center Novo mesto, Poklicna in tehniška gradbena in lesarska šola

Sklepno tekmovanje se je začelo 16. maja 2001 ob 11.00 na Fakulteti za gradbeništvo in geodezijo v Ljubljani. Po 120 minutah reševanja nalog so si tekmovalke in tekmovalci pod vodstvom mag. Bruna Dujiča 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. Pohvale in nagrade je dijakom podelil izr. prof. dr. Stane Srpčič, ki je tekmovanje tudi zaključil. Pohvaljeni so bili vsi udeleženci sklepnega tekmovanja, najuspešnejši pa so bili:

3. letnik			
ime in priimek	kraj	nagrada	točke
Ivo Glasnović	Novo mesto	2. nagrada	48
Robert Krajnc	Maribor	2. nagrada	40
Marko Malnarič	Novo mesto	3. nagrada	36
Jernej Lasbaher	Maribor	3. nagrada	35
David Antolinc	Celje	3. nagrada	33
4. letnik			
ime in priimek	kraj	nagrada	točke
Mihael Korošec	Maribor	1. nagrada	83
Franc Sinur	Novo mesto	2. nagrada	68
Gregor Zupan	Maribor	2. nagrada	65
Jože Kunšek	Celje	3. nagrada	63
Matej Kocjan	Novo mesto	3. nagrada	62

V naslednjih dveh preglednicah prikazujemo nekatere podatke o tem, kako so učence in učenci reševali predtekmovalne naloge in naloge na sklepnem tekmovanju. Najvišja možna ocena za posamezno nalogo je 25%.

Povprečna ocena na predtekmovanju je bila precej nižja od lanske (lani 49.4%), na sklepnem tekmovanju pa nekoliko nižja kot lani (lani v tretjih letnikih 32.2%, v četrth pa 50.6 %). Na sklepno tekmovanje so se v konkurenci tretjih letnikov uvrstili vsi, ki so na predtekmovanju dosegli vsaj 35 %, v konkurenci četrth letnikov pa je bilo za uvrstitev na sklepno tekmovanje potrebno doseči 55% ali več točk.

predtekmovanje [%]					
	1. naloga	2. naloga	3. naloga	4. naloga	skupaj
povprečje	8.40	16.32	9.13	3.58	37.43
najnižja ocena	0	0	0	0	0
najvišja ocena	25	25	25	25	100

sklepno tekmovanje za 3. letnike [%]					
	1. naloga	2. naloga	3. naloga	4. naloga	skupaj
povprečje	13.64	4.09	5.36	4.82	27.91
najnižja ocena	3	0	0	0	3
najvišja ocena	25	20	18	25	48

sklepno tekmovanje za 4. letnike [%]					
	1. naloga	2. naloga	3. naloga	4. naloga	skupaj
povprečje	12.61	15.83	12.78	5.56	46.78
najnižja ocena	0	0	5	0	20
najvišja ocena	25	25	25	15	80

Glede na povprečne ocene posameznih nalog moramo sklepati, da so bile 2. naloga na predtekmovanju ter 1. za tretje letnike ter 1., 2. in 3. za četrte letnike na sklepnem tekmovanju nekoliko lažje, druge pa so bile težje. Iz preglednice lahko sklepamo, da je bila najtežja 2. naloga pri tretjih letnikih na sklepnem tekmovanju. Zanimivo je tudi pogledati, koliko tekmovalk in tekmovalcev je pravilno rešilo posamezne naloge.

Število tekmovalk in tekmovalcev, ki so pravilno rešili posamezne naloge				
predtekmovanje				
1. naloga	2. naloga	3. naloga	4. naloga	
17	23	8	1	
(23.6%)	(31.9%)	(11.1%)	(1.4%)	
sklepno tekmovanje za 3. letnike				
1. naloga	2. naloga	3. naloga	4. naloga	
1	0	0	1	
(9.1%)	(0.0%)	(0.0%)	(9.1%)	
sklepno tekmovanje za 4. letnike				
1. naloga	2. naloga	3. naloga	4. naloga	
1	5	2	0	
(5.6%)	(27.8%)	(11.1%)	(0.0%)	

Tekmovanje so finančno podprli:

Ministrstvo za šolstvo, znanost in šport,
Slovensko društvo gradbenih konstruktorjev,
LANCom, Maribor,
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,
Katedra za mehaniko tal z laboratorijem,
Katedra za mehaniko tekočin z laboratorijem,
Katedra za metalne konstrukcije,
Katedra za preskušanje materialov in konstrukcij in
Katedra za stavbe in konstrukcijske elemente.

Vsem sponzorjem se za izkazano podporo lepo zahvaljujemo.

Informacije o tekmovanju lahko najdete tudi na internetu na naslovu:
<http://www.km.fgg.uni-lj.si/tekma/tekma.htm>.

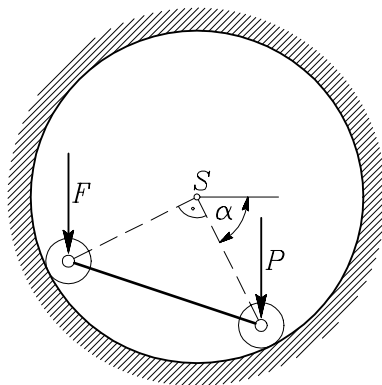
Naloge s predtekmovanja

1. naloga

Voziček z idealnimi kolesci (tako, da v ležajih ni trenja) postavimo v cev, kot je prikazano na sliki. Določi ravnotežno lego vozička (kot α), če je sila P dvakrat večja od sile F . Nariši skico ravnotežne lege.

Rešitev: Skica ravnotežne lege je prikazana na sliki.

Kot α , ki določa ravnotežno lego, dobimo iz momentnega ravnotežnega pogoja na točko S . Zaradi idealnih kolesc je sila podlage na voziček pravokotna na podlago, kar pomeni, da gre njena smernica skozi točko S in zato ne nastopa v momentni enačbi.



$$\begin{aligned} \sum M^S = 0 &\rightarrow 2Fr \cos \alpha - Fr \sin \alpha = 0 \rightarrow \operatorname{tg} \alpha = 2 \rightarrow \\ &\rightarrow \alpha = 63.4^\circ. \end{aligned}$$

2. naloga

Natezno vezno spono napenjamo toliko časa, da je sila v palici 1 enaka 15 kN. Izračunaj reakcije in osne sile v vseh drugih palicah paličja.

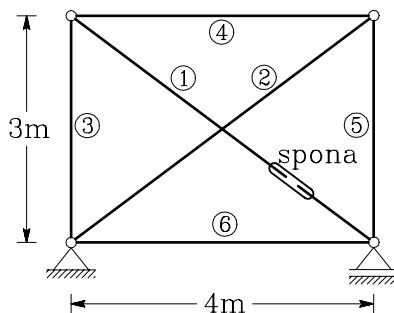
Rešitev: Vse reakcije so enake nič, saj sili, ki jih povzroči spona, ležita na isti smernici in sta nasprotno usmerjeni!

Iz ravnotežnih pogojev za posamezna vozlišča lahko izračunamo osne sile v palicah:

$$N_2 = 15 \text{ kN},$$

$$N_3 = N_5 = -9 \text{ kN in}$$

$$N_4 = N_6 = -12 \text{ kN}.$$

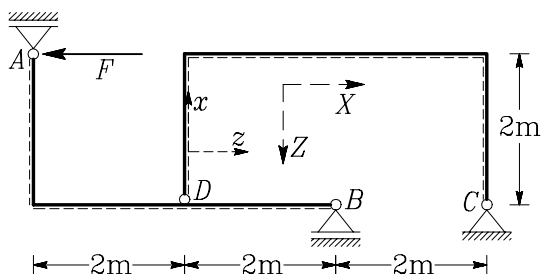


3. naloga

Določi reakcije, notranje sile (osno, prečno silo in upogibni moment) v prikazanem nosilcu.

Nariši diagrame notranjih sil!

$F = 15 \text{ kN}$.



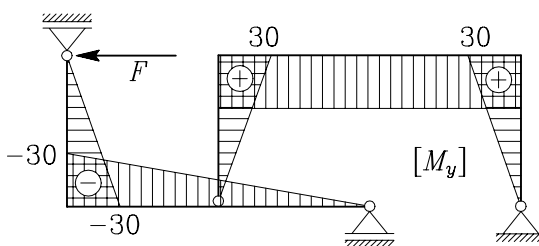
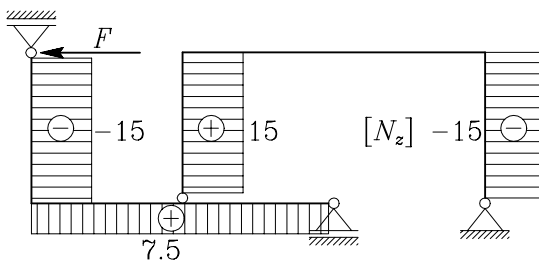
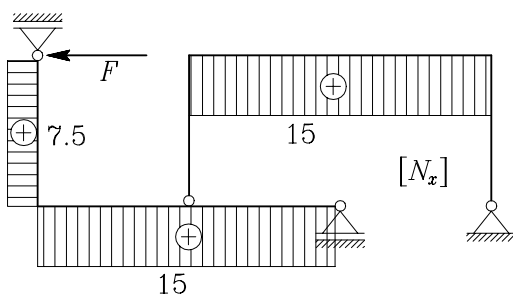
Rešitev: Reakcije A_Z , B_Z , C_X in C_Z izračunamo iz štirih ravnotežnih pogojev

$$\sum_{DC} M_y^D = 0 \rightarrow C_Z = 0,$$

$$\sum F_x = 0 \rightarrow C_X = F = 15 \text{ kN},$$

$$\sum M_y^B = 0 \rightarrow A_Z = -F/2 = -7.5 \text{ kN},$$

$$\sum F_Z = 0 \rightarrow B_Z = 7.5 \text{ kN}.$$



4. naloga

Sili F sta enaki 15 kN. Togost vseh palic je enaka: $EA_x = 20000$ kN. Določi pomike podpor A in C .

Rešitev: Določiti moramo sile v palicah 1, 5 in 6:

$$\sum_A F_Y = 0 \rightarrow N_1 = 0,$$

$$\sum_B F_Y = 0 \rightarrow B_Y = -N_1 = 0,$$

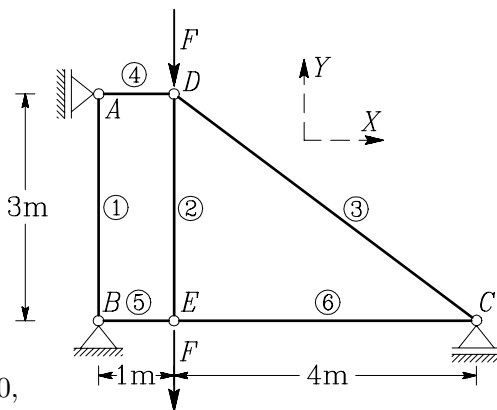
$$\sum_{\text{cela}} F_X = 0 \rightarrow A_X + B_X = 0 \rightarrow B_X = -40,$$

$$\sum_{\text{cela}} F_Y = 0 \rightarrow B_Y + C_Y - 2F = 0 \rightarrow C_Y = 30,$$

$$\sum_{\text{cela}} M_Z^B = 0 \rightarrow -A_X \cdot 3 - 2F \cdot 1 + C_Y \cdot 5 = 0 \rightarrow A_X = 40,$$

$$\sum_B F_X = 0 \rightarrow N_5 = -B_X = 40,$$

$$\sum_E F_X = 0 \rightarrow N_5 = N_6 = 40.$$



Navpični pomik podpore A je:

$$v_A = \frac{N_1 L_1}{EA_x} = 0 \text{ m.}$$

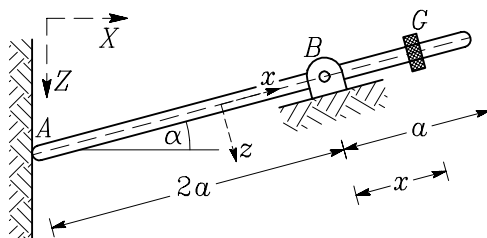
Vodoravni pomik podpore C pa je:

$$u_C = \frac{N_5 L_5}{EA_x} + \frac{N_6 L_6}{EA_x} = \frac{40 \cdot 1}{20000} + \frac{40 \cdot 4}{20000} = 0.01 \text{ m.}$$

Naloga s sklepnega tekmovanja za 3. letnike

1. naloga

Določi najmanjšo razdaljo x uteži G od podpore B tako, da se nosilec ravno še dotika navpičnega zidu v točki A . Določi tudi notranje sile (osna sila, prečna sila in upogibni moment) ter nariši pripadajoče diagrame. Prerez nosilca je 10×12 cm, gostota je 750 kg/m^3 , masa uteži 40 kg , razdalja $a = 1 \text{ m}$, kot $\alpha = 15^\circ$. Trenja med nosilcem in zidom ni!



Rešitev: Določimo najprej zvezno obtežbo q zaradi lastne teže in teže bremena G :

$$q = 0.1 \cdot 0.12 \cdot 750 \cdot 9.81 = 88.3 \text{ N/m},$$

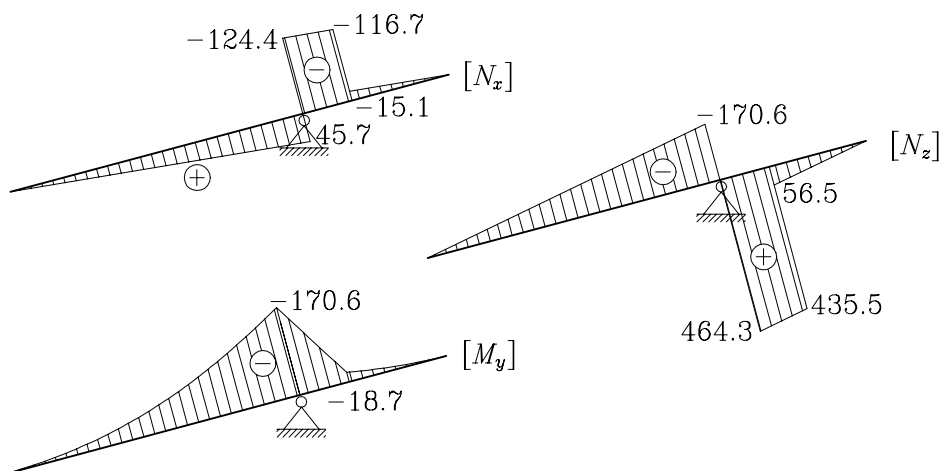
$$G = 40 \cdot 9.81 = 392.4 \text{ N}.$$

Pri mejni legi bremena je reakcija v točki A enaka nič. Momentni ravnotežni pogoj:

$$\sum M_Y^B = 0 \rightarrow Gx \cos \alpha - q \cdot 3 \cdot 0.5 \cdot \cos \alpha = 0 \rightarrow$$

$$\rightarrow x = \frac{q \cdot 3 \cdot 0.5}{G} = 0.338 \text{ m}.$$

Diagram notranjih sil prikazujemo na naslednji sliki.



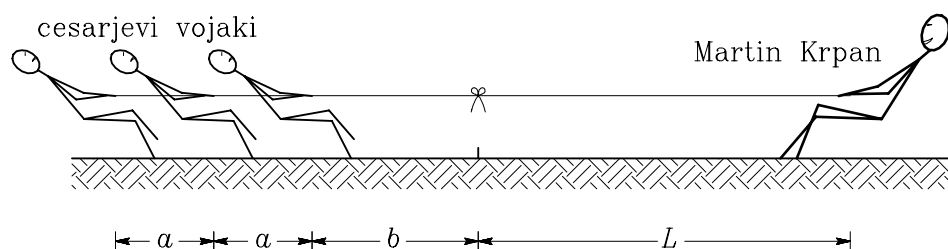
2. naloga

Martin Krpan se bori proti trem cesarjevim vojakom. Martin Krpan vleče s silo $F = 30 \text{ kN}$, toliko kot trije enako močni cesarjevi vojaki skupaj. Sedem metrov dolga vrv je nenavadno raztegljiva, saj je specifična osna togost vrvi le $k = 150 \text{ kN m/m}$. Kako dolgo mora biti igrišče, če ena stran zmagata tedaj, ko je oznaka s pentljo 1 m od začetne lege. Razdalje, označene na sliki, ki veljajo za trenutek, preden začnejo vsi štirje vleči, so:

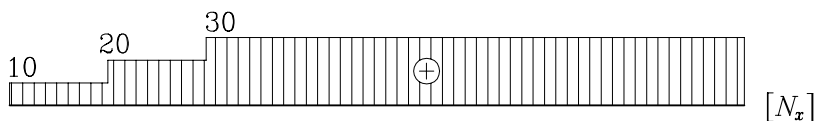
$$a = 1 \text{ m,}$$

$$b = 1.5 \text{ m,}$$

$$L = 3.5 \text{ m.}$$



Rešitev: Igrišče mora biti dolgo vsaj toliko, kolikor je dolga raztegnjena vrv plus dva metra, ki omogočata, da ena ali druga stran potegne vrv za en meter od začetne lege. Najprej določimo osno silo N_x v vrvi, ki jo prikazujemo v naslednjem diagramu.



Sprememba dolžine vrvi je

$$D = \frac{10 \cdot 1}{150} + \frac{20 \cdot 1}{150} + \frac{30 \cdot 5}{150} = 1.2 \text{ m.}$$

Velikost igrišča mora biti

$$B = 2a + b + L + D + 2 = 10.2 \text{ m.}$$

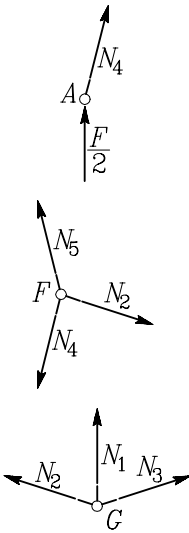
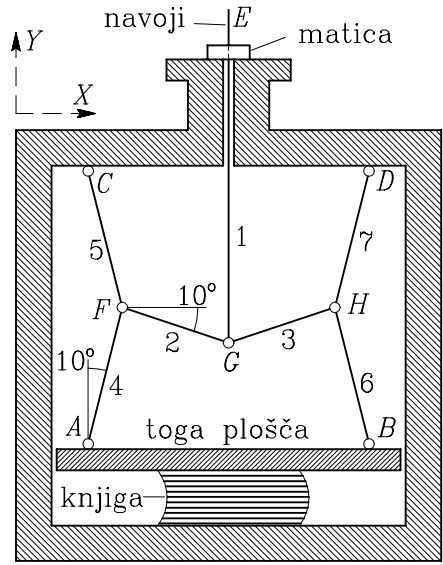
3. naloga

Knjigo formata B5 (18 × 25 cm) želimo pri vezavi stisniti s pritiskom 20 kPa. Določi silo v palici 1, ki bo povzročila natanko tak pritisk. Palice AF , CF , BH , DH so dolge 30 cm, njihov naklon glede na navpičnico je 10° , palici FG in GH sta dolgi 20 cm, njun naklon glede na vodoravnico je 10° .

Rešitev: Izračunajmo najprej skupno navpično silo, s katero moramo pritisniti na knjigo:

$$F = 20 \cdot 0.18 \cdot 0.25 = 0.9 \text{ kN.}$$

Polovico te sile prevzame palica 4, polovico pa palica 6.



Sile v palicah izračunamo iz ravnotežnih pogojev za posamezna vozlišča.

$$\sum_A F_Y = 0 \rightarrow \frac{F}{2} + N_4 \cos 10 = 0,$$

$$\sum_F F_X = 0 \rightarrow -N_4 \sin 10 - N_5 \sin 10 + N_2 \cos 10 = 0,$$

$$\sum_F F_Y = 0 \rightarrow -N_4 \cos 10 + N_5 \cos 10 - N_2 \sin 10 = 0,$$

$$\sum_G F_X = 0 \rightarrow -N_2 \cos 10 + N_3 \cos 10 = 0,$$

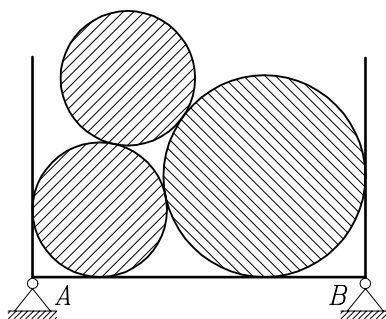
$$\sum_G F_Y = 0 \rightarrow N_2 \sin 10 + N_3 \sin 10 + N_1 = 0.$$

Zaradi simetrije velja, da je $N_7 = N_5$ in $N_6 = N_4$. Rezultate prikazujemo v naslednji preglednici:

N_1	N_2	N_3	N_4	N_5	N_6	N_7
0.058	-0.166	-0.166	-0.457	-0.486	-0.457	-0.486

4. naloga

Trije neskončno dolgi valji z enako specifično težo $\gamma = 20 \text{ kN/m}^3$ so ograjeni s togimi okvirji, ki so razporejeni na razdaljah 2 m. Eden izmed teh okvirjev in prečni prerez valjev so prikazani na sliki. Manjša valja imata premer 1 m, večji pa premer 1.5 m. Trenja med valji, kakor tudi med valji in okvirji, ni. Kolikšni sta navpični reakciji v podporah okvirjev.



Rešitev: Izračunajmo teže cevi, ki pripadajo posameznemu okvirju:

$$G_1 = \frac{\gamma \pi 1^2}{4} \cdot 2 = 31.42 \text{ kN},$$

$$G_2 = \frac{\gamma \pi 1.5^2}{4} \cdot 2 = 70.69 \text{ kN}.$$

Razdalje d , x in L ter kota α in β izračunamo z naslednjimi enačbami:

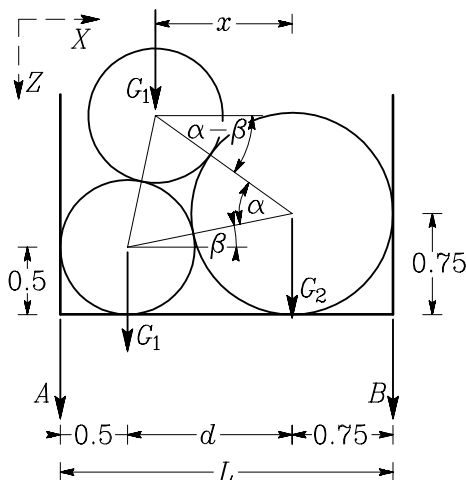
$$d = \sqrt{1.25^2 - 0.25^2} = 1.225,$$

$$L = 0.5 + d + 0.75 = 2.475,$$

$$\sin \frac{\alpha}{2} = \frac{0.5}{1.25} \rightarrow \frac{\alpha}{2} = 23.58^\circ \rightarrow \alpha = 47.16^\circ,$$

$$\sin \beta = \frac{0.25}{1.25} \rightarrow \beta = 11.548^\circ,$$

$$x = 1.25 \cdot \cos(\alpha - \beta) = 1.016.$$



Navpični reakciji izračunamo iz ravnotežnih pogojev:

$$\begin{aligned} \sum M^B = 0 &\rightarrow A L + G_2 \cdot 0.75 + G_1 (L - 0.5) + G_1 (0.75 + x) = 0 \rightarrow \\ &\rightarrow A = -68.91 \text{ kN}, \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \sum Z = 0 &\rightarrow A + B + 2 G_1 + G_2 = 0 \rightarrow \\ &\rightarrow B = 64.61 \text{ kN}. \end{aligned}$$

Naloga s sklepnega tekmovanja za 4. letnike

1. naloga

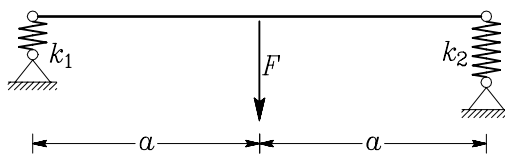
Glej 1. nalogo s sklepnega tekmovanja za 3. letnike.

2. naloga

Glej 2. nalogo s sklepnega tekmovanja za 3. letnike.

3. naloga

Nosilec ima vztrajnostni moment $I_y = 1.25 \cdot 10^{-6} \text{ m}^4$, elastični modul je $E = 21000 \text{ kN/cm}^2$, sila F je 15 kN . Razdalja a je $a = 1.5 \text{ m}$. Vzmeti sta različni, leva vzmet je bolj toga od desne:

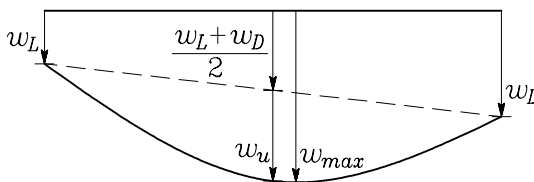


$k_1 = 400 \text{ kN/m}$, $k_2 = 200 \text{ kN/m}$. Določi pomik na sredini nosilca. Poskusi oceniti, ali je ta pomik največji.

Rešitev: Reakciji v obeh podporah sta enaki $F/2$. Izračunajmo pomika podpor:

$$w_L = \frac{F}{2k_1} = 0.01875 \text{ m},$$

$$w_D = \frac{F}{2k_2} = 0.0375 \text{ m}.$$



Pomik na sredini nosilca zaradi upogiba izračunamo po naslednji enačbi:

$$w_u = \frac{F(2a)^3}{48EI_y} = 0.03214 \text{ m}.$$

Skupni pomik na sredini nosilca pa izračunamo takole (glej sliko):

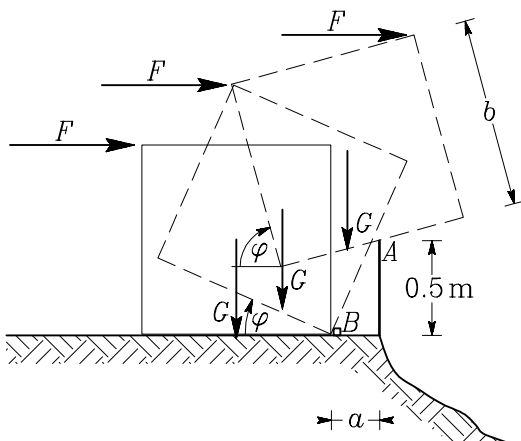
$$w = \frac{w_L + w_D}{2} + w_u = 0.0603 \text{ m}.$$

To ni največji skupni pomik. Če zapišemo enačbo upogibnice, ugotovimo, da največji pomik nastopi pri $x = 1.6537 \text{ m}$ in znaša

$$w_{max} = 0.0607 \text{ m}.$$

4. naloga

Homogeno kocko z maso 50 kg in robom $b = 1$ m želimo spraviti čez 0.5 m visoko ograjo. Zvrčamo le z vodoravno silo v zgornjem (levem) robu kocke (glej sliko). Določi in nariši zvezo med silo F in nagnjenostjo kocke φ od začetka zvrčanja, do trenutka, ko se kocka prevesi čez ograjo. Upoštevaj, da je trenje tolikšno, da v nobenem primeru ne pride do zdrsa med kocko in ograjo.



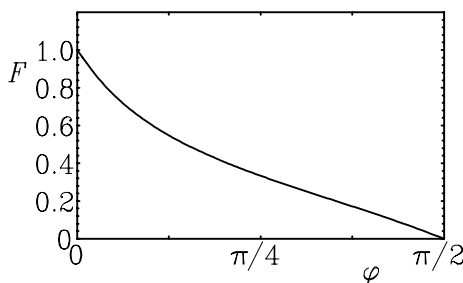
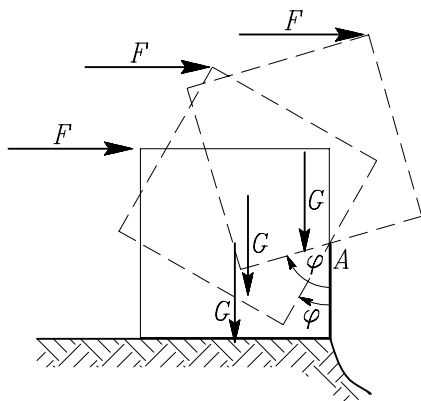
Najprej določi zvezo za primer, da je začetna lega kocke tik ob ograji. Zvrčanje kocke si lahko olajšamo tako, da v tla pritrdimo letvico, okoli katere se bo kocka najprej zvrnila, ko se kocka nasloni na vrh ograje se vrtil še okoli te točke. Poskusi predvideti, kako daleč (a) od ograje moramo pritrditi letvico, da bo potrebna sila zvrčanja najmanjša.

Rešitev: Zvezo med nagnjenostjo kocke φ in potrebno silo zvrčanja F določimo iz ravnotežnega pogoja glede na točko A (glej spodnjo sliko):

$$\sum M^A = 0 \rightarrow G \frac{b}{2} \cos \varphi - F \left(\frac{b}{2} \cos \varphi + b \sin \varphi \right) = 0 \rightarrow$$

$$\rightarrow F = G \frac{\cos \varphi}{\cos \varphi + 2 \sin \varphi} = G \frac{1}{1 + 2 \operatorname{tg} \varphi}$$

Zvezo med nagnjenostjo kocke in potrebno silo prikazujemo tudi na naslednji sliki. Sila F je največja na začetku, ko je enaka teži kocke G .



V primeru, da si pri zvrčanju kocke pomagamo z letvico, moramo račun razdeliti na dva dela: v prvem se kocka zvrča okoli letvice B , ko se kocka dotakne ograje se začne vrteti okoli roba ograje A . Pri obračanju kocke okoli letvice zapišemo momentni ravnotežni pogoj glede na točko B (glej sliko ob besedilu naloge):

$$\begin{aligned} \sum M^B = 0 &\rightarrow G \left(\frac{b}{2} \cos \varphi - \frac{b}{2} \sin \varphi \right) - F (b \cos \varphi + b \sin \varphi) = 0 \rightarrow \\ &\rightarrow F = G \frac{\cos \varphi - \sin \varphi}{2(\cos \varphi + \sin \varphi)} = G \frac{1 - \operatorname{tg} \varphi}{2(1 + \operatorname{tg} \varphi)}. \end{aligned}$$

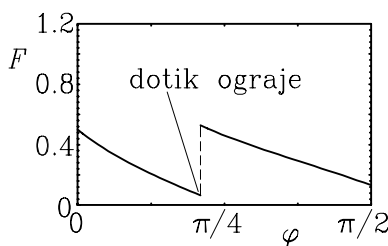
Preden zapišemo še ravnotežni pogoj glede na točko A , ki velja za drugi del zvrčanja kocke, moramo določiti še razdaljo $y = \overline{AB}$

$$y = \sqrt{(b/2)^2 + a^2}.$$

Ravnotežni pogoj glede na točko A je (glej sliko ob besedilu naloge):

$$\begin{aligned} \sum M^A = 0 &\rightarrow \\ &\rightarrow G \left((y - \frac{b}{2}) \sin \varphi + \frac{b}{2} \cos \varphi \right) - F ((b - y) \cos \varphi + b \sin \varphi) = 0 \rightarrow \\ &\rightarrow F = G \frac{\left((y - \frac{b}{2}) \sin \varphi + \frac{b}{2} \cos \varphi \right)}{\left((b - y) \cos \varphi + b \sin \varphi \right)} \end{aligned}$$

Pri zvrčanju kocke z uporabo letvice je potrebna sila F največja v trenutku, ko kocka dotakne ograjo, kar lahko ugotovimo z risanjem grafov $F(\varphi)$ za različne vrednosti a . Določiti želimo tak a , da bo sila F v trenutku, ko datakne ograjo, najmanjša. To lahko določimo le z numričnimi metodami: potrebna sila zvrčanja je najmanjša, če je $a = 0.3854$ m. Zvezo med nagnjenostjo kocke in potrebno silo za najugodnejšo postavitev letvice prikazujemo na sliki. Na začetku je za zvrčanje kocke potrebna sila $F = 0.5 G$, nato pada do trenutka, ko stranica kocke dotakne ograjo. Največja sila F , ko kocka dotakne ograjo, znaša $F = 0.528 G$. Nato sila F pada in doseže vrednost $F = 0$ v trenutku, ko se kocka prevesi čez ograjo.





LANCom

COMPUTERS

*Človek v življenju kupi veliko
neuporabnih stvari...*



Pri nas ne!

Oprema za napredna informacijska okolja.

LANCom d.o.o.

MARIBOR - Tržoiška c. 63, Tel: 02/33-00-300, info@lancom.si

LJUBLJANA - Tbilisjska 81, Tel: 01/24-27-350 info-lj@lancom.si

WWW.LANCOM.SI

**pedagoška
dejavnost**

**raziskovalna
in strokovna
dejavnost**

prometno planiranje

**projektiranje
prometnih objektov**

prometna varnost

**sistemi za vodenje
prometa**

varstvo okolja

**geografski
informacijski sistemi v
prometnem inženirstvu**

vodenje projektov

**informacijski sistemi v
prometu**



**Univerza v Ljubljani
Fakulteta za gradbeništvo**

**in geodezijo
Prometnotehniški inštitut**

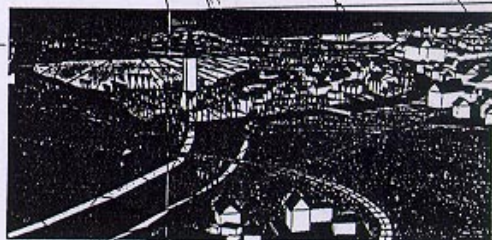
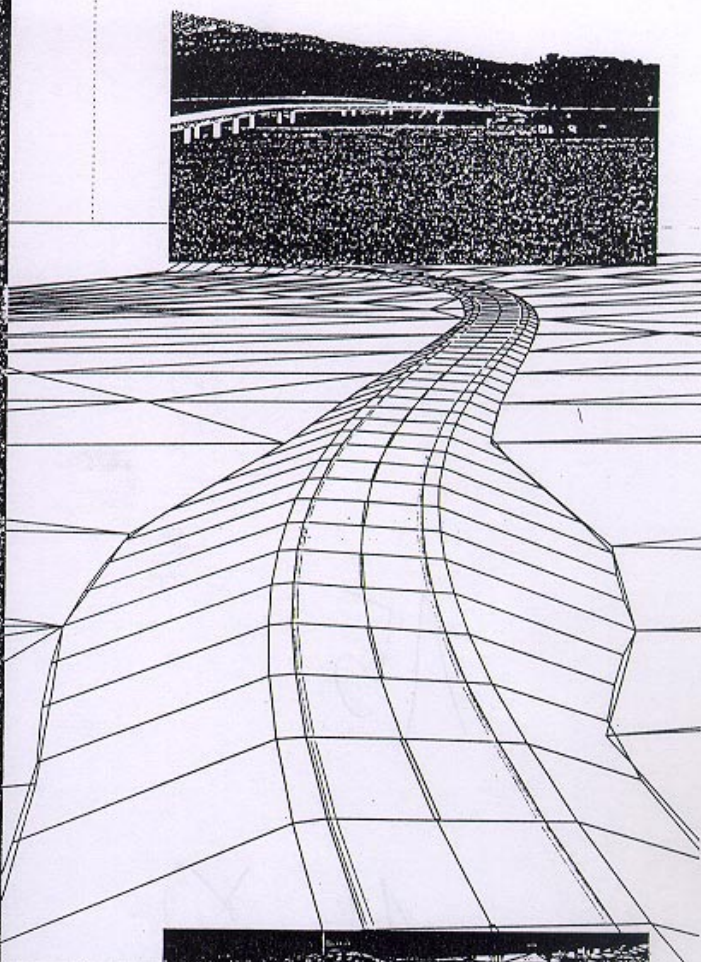
Jamova 2, p.p. 579

61000 Ljubljana, Slovenija

Telefon: 061 / 176 85 00

061 / 125 07 01


Faks: 061 / 125 06 92



Prometnotehniški inštitut

30 let

NAJ VAM KAPNE, PREDEN VAM KAPNE

 0602 85 058

www.bramac.si

UKREPITE PREDEN BO PREPOZNO! O TVEGANJU IN STRANSKIH UČINKIH SE
POSVETUJTE Z NAŠIM STROKOVNJAKOM ALI KROVCEM.

BRAMAC
Vse za streho

© 2011 BRAMAC

TURK, Goran; VRATANAR, Blaž; STANEK, Marjan
7. slovensko državno prvenstvo v gradbeni mehaniki

Založnik: Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Ljubljana

Oblikovanje naslovnice: SAJE, Veronika

Tisk: Fotokopiranje Slatner, s.p., Ljubljana

Obseg: 17 strani

Naklada: 100 izvodov

Ljubljana, 2001