

6. slovensko državno prvenstvo v gradbeni mehaniki

Univerza v Ljubljani

Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo

Goran Turk in Marjan Stanek

Ljubljana, 17. maj 2000

6. slovensko državno prvenstvo v gradbeni mehaniki Ljubljana 2000

Letos smo na Fakulteti za gradbeništvo in geodezijo organizirali že 6. 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 četrth letnikov srednjih gradbenih šol iz Celja, Ljubljane, Maribora in Novega mesta. Letos so bili na tekmovanje prvič povabljeni tudi dijaki drugih srednjih tehniških šol. Odbor je pripravil naloge za predtekmovanje in sklepno tekmovanje ter pregledal in ocenil izdelke tekmovalk in tekmovalcev.

Na predtekmovanje se je prijavilo 67 učenk in učencev tretjega in 40 učenk in učencev četrtega letnika. V sredo, 12. aprila 2000 so na srednjih šolah reševali enake predtekmovalne naloge. Dvaintrideset najuspešnejših se je uvrstilo na sklepno tekmovanje, ki je potekalo 17. maja 2000 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
Janez Draksler	Celje ¹	Marlenka Žolnir-Petrič
Peter Esih		
Peter Goršek		
Saša Jakanović		
Andrej Juričko		
Jože Kunšek		
Andrej Leskovšek		
Klemen Svetko		
Davor Žvikart		
Vital Butinar		
Andraž Hočevar		
Peter Lamberger		
Igor Trdin		
Mitja Velikanje		
Vesna Vidmar		
Mihael Korošec	Maribor ³	Vili Vesenjak
Matej Božič	Novo mesto ⁴	Bojan Lutman
Matej Kocjan		
Aleš Lekše		
Franci Sinur		
4. letnik		
ime in priimek	kraj	mentor
Matic Lašič	Celje ¹	Mišo Knežević
Boštjan Matul		
Jernej Škoflek		
Aleš Strašek		
Admin Isaković	Ljubljana ²	Duška Tomšič, Majda Pregl
Andrej Opara		
Iztok Poljanšek		
Miha Eder	Maribor ⁵	Alanka Ambrož Jurgec
Peter Korošec		
Igor Pinter		
Andrej Rojs		
Saša Jelenc	Novo mesto ⁴	Bojan Lutman
Robert Prešeren		

¹ Poklicna in tehniška gradbena šola Celje

² Srednja gradbena in ekonomska šola Ljubljana

³ Srednja kovinarska, strojna in metalurška šola Maribor

⁴ Poklicna in tehniška gradbena in lesarska šola Novo mesto

⁵ Srednja gradbena šola Maribor

Sklepno tekmovanje se je začelo 17. maja 2000 ob 11.00 na Fakulteti za gradbeništvo in geodezijo v Ljubljani. Po 120 minutah reševanja nalog so si tekmovalke in tekmovalci pod vodstvom doc. dr. Violete Bokan Bosiljkov 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 dekan Fakultete za gradbeništvo in geodezijo prof. dr. Jurij Banovec, ki je tekmovanje tudi zaključil. Pohvaljeni so bili vsi udeleženci sklepnega tekmovanja, najuspešnejši pa so bili:

3. letnik			
ime in priimek	kraj	nagrada	točke
Matej Kocjan	Novo mesto	1. nagrada	95
Franci Sinur	Novo mesto	2. nagrada	75
Mihael Korošec	Maribor	3. nagrada	65
4. letnik			
ime in priimek	kraj	nagrada	točke
Iztok Poljanšek	Ljubljana	1. nagrada	80
Aleš Strašek	Celje	2. nagrada	65
Boštjan Matul	Celje	2. nagrada	65
Miha Eder	Maribor	2. nagrada	65
Andrej Rojs	Maribor	3. nagrada	62

V naslednjih dveh preglednicah prikazujemo nekatere podatke o tem, kako so učenke 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 višja od lanske (lani 38.1%), na sklepnem tekmovanju pa je bila v tretjih letnikih precej nižja (lani 38.8%), v četrtilih pa precej višja kot lani (lani 32.1 %). Na sklepno tekmovanje so se uvrstili vsi, ki so na predtekmovanju dosegli vsaj 65 %.

predtekmovanje [%]					
	1. naloga	2. naloga	3. naloga	4. naloga	skupaj
povprečje	15.47	12.36	7.29	14.29	49.40
najnižja ocena	0	0	0	0	6
najvišja ocena	25	25	25	25	89
sklepno tekmovanje za 3. letnike [%]					
	1. naloga	2. naloga	3. naloga	4. naloga	skupaj
povprečje	12.11	5.37	7.32	7.37	32.16
najnižja ocena	0	0	0	0	5
najvišja ocena	25	25	25	25	95
sklepno tekmovanje za 4. letnike [%]					
	1. naloga	2. naloga	3. naloga	4. naloga	skupaj
povprečje	16.67	6.25	18.33	9.33	50.58
najnižja ocena	0	5	5	0	20
najvišja ocena	25	10	25	25	80

Glede na povprečne ocene posameznih nalog bi lahko sklepali, da so bile 1., 2. in 4. naloga na predtekmovanju ter 1. za tretje letnike ter 1. 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 četrtil letnikih na sklepnem tekmovanju, pri kateri je bila najboljša ocena 10 (od 25 možnih) točk. 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
29 (37.7%)	4 (5.2%)	2 (2.6%)	34 (44.2%)
sklepno tekmovanje za 3. letnike			
1. naloga	2. naloga	3. naloga	4. naloga
4 (21.1%)	1 (5.3%)	2 (10.5%)	2 (10.5%)
sklepno tekmovanje za 4. letnike			
1. naloga	2. naloga	3. naloga	4. naloga
6 (50.0%)	0 (0.0%)	7 (58.3%)	2 (16.7%)

Tekmovanje so finančno podprli:

Ministrstvo za šolstvo in šport,
Slovensko društvo za mehaniko,
Slovensko društvo gradbenih konstruktorjev,
LANCom, Maribor,
Bramac, Škocjan ter naslednje pedagoško–znanstvene enote
Fakultete za gradbeništvo in geodezijo v Ljubljani
Prometno tehnični inštitut,
Katedra za masivne in lesene konstrukcije,
Katedra za mehaniko tal z laboratorijem,
Katedra za mehaniko tekočin z laboratorijem,
Katedra za metalne konstrukcije in
Katedra za preskušanje materialov in konstrukcij.

Vsem sponzorjem se za izkazano podporo lepo zahvaljujemo.

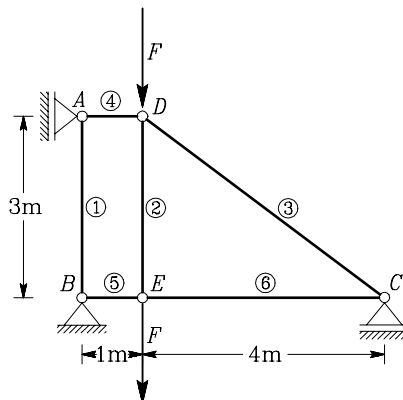
Informacije o tekmovanju lahko najdete tudi na internetu na naslovu:
<http://www.km.fgg.uni-lj.si/tekma/tekma.htm>.

Naloga s predtekmovanja

1. naloga

Izračunaj osne sile v paličju. Sili F sta enaki 10 kN.

Rešitev: Iz ravnotežnih pogojev za vozlišči A in E sledi, da je sila v palici 1 enaka nič, sila v palici 2 pa enaka F . Sili v palicah 5 in 6 pa sta enaki. Iz ravnotežnih pogojev za vozlišči C in D lahko izračunamo sile v palicah 3, 4 in 6.

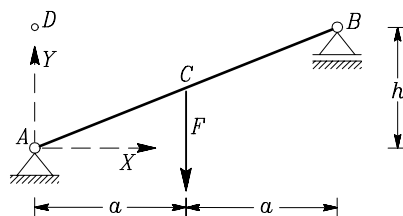


Končni rezultati so:

N_1	N_2	N_3	N_4	N_5	N_6
0.00	10.00	-33.33	-26.67	26.67	26.67

2. naloga

Ugotovi, iz katerih skupin ravnotežnih enačb lahko pravilno določiš reakcije v prikazanem prostoležečem nosilcu. Te označi s "+". Ugotovi, iz katerih skupin ravnotežnih enačb ne moreš izračunati reakcij. Te označi z "×". Pojasni, zakaj se iz določenih skupin ravnotežnih enačb ne da izračunati reakcij!



- $\sum X = 0, \quad \sum Y = 0, \quad \sum M_Z^A = 0$
- $\sum X = 0, \quad \sum Y = 0, \quad \sum M_Y^A = 0$
- $\sum X = 0, \quad \sum M_Z^A = 0, \quad \sum M_Z^B = 0$
- $\sum X = 0, \quad \sum M_Z^A = 0, \quad \sum M_Z^D = 0$
- $\sum M_Z^A = 0, \quad \sum M_Z^B = 0, \quad \sum M_Z^C = 0$
- $\sum M_Z^A = 0, \quad \sum M_Z^B = 0, \quad \sum M_Z^D = 0$
- $\sum X = 0, \quad \sum Y = 0, \quad \sum Z = 0$

Rešitev: Reakcije lahko izračunamo z uporabo enačb v a), c) in f). V vseh drugih primerih so ravnotežne enačbe zapisane napačno:

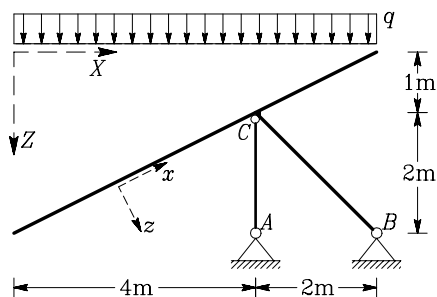
- Momentna ravnotežna enačba okrog osi Y je identiteto izpolnjena, saj vse obravnavane sile sekajo os Y , ali pa so z njo vzporedne. Manjka

tretja ravnotežna enačba za sile v ravnini X, Y .

- d) Ravnotežne enačbe v ravnini sicer lahko napišemo z dvema momentnima pogojema in enim pogojem za sile, vendar smer, za katero zapišemo ravnotežni pogoj za sile, ne sme biti pravokotna na smer, ki jo določata točki, za kateri smo računali momentna pogoja. V tem primeru je smer X pravokotna na smer, ki jo določata točki A in D .
- e) Ravnotežne enačbe v ravnini sicer lahko zapišemo v obliki treh momentnih ravnotežnih pogojev, pod pogojem, da točke, za katere zapišemo momentne ravnotežne pogoje, ne ležijo na isti premici. V tem primeru točke A, B in C ležijo na isti premici.
- g) V smeri Z ni nobene sile, zato je ta ravnotežni pogoj identitčno izpolnjen. Manjka pa tretja ravnotežna enačba za sile v ravnini X, Y .

3. naloga

Določi reakcije, notranje sile (osne in prečne sile ter upogibne momente) v prikazanem nosilcu. Nariši diagrame!
 $q = 5 \text{ kN/m}$.



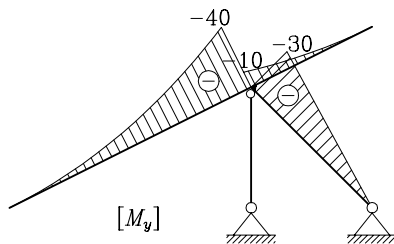
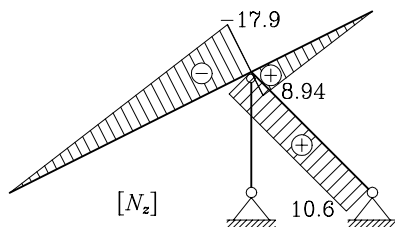
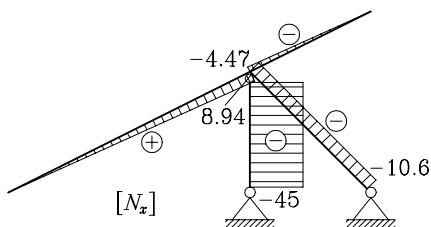
Rešitev: Reakcije A_X, A_Z, B_X in B_Z izračunamo iz štirih ravnotežnih pogojev

$$\sum_{AC} M_y^C = 0 \rightarrow A_X = 0,$$

$$\sum F_x = 0 \rightarrow B_X = 0,$$

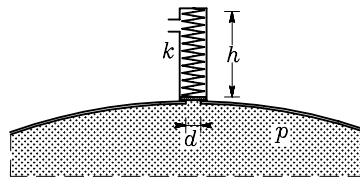
$$\sum M_y^A = 0 \rightarrow B_Z = 15 \text{ kN},$$

$$\sum M_y^B = 0 \rightarrow A_Z = -45 \text{ kN}.$$



4. naloga

Na sliki je shematsko prikazan varnostni ventil v rezervoarju. Ugotovi, koliko najmanj mora biti dolga vzmet varnostnega ventila v začetnem, nedeformiranem stanju, torej preden jo stisnemo in postavimo v ventil, da bo varnostni ventil vzdržal tlak do 5 barov. (En bar je 100000 Pa.) Varnostni ventil začne



izpuščati plin v trenutku, ko se bat ne prilega rezervoarju – torej, ko je dolžina vzmeti krajša od h . Dolžina stisnjene vzmeti v ventilu, ki ne izpušča plina, je $h = 4$ cm. Premer okrogle odprtine je $d = 5$ mm. Vzmet je linearno elastična, zato je sila v vzmeti proporcionalna spremembi dolžine u vzmeti ($F = k u$). S k označimo togost vzmeti.

$$p = 5 \text{ bar,}$$

$$k = 5 \text{ N/cm.}$$

Rešitev: Sila F v vzmeti v trenutku, ko začne ventil izpuščati plin, je

$$F = p A = k u,$$

kjer je A ploščina okrogle odprtine v ventilu $A = \pi d^2/4 = 19.636 \text{ mm}^2$, tlak je $p = 5 \text{ bar} = 0.5 \text{ N/mm}^2$. Iz zgornje enačbe lahko izračunamo spremembo dolžine vzmeti

$$u = \frac{F}{k} = 1.963 \text{ cm.}$$

Dolžina vzmeti v začetnem, nedeformiranem stanju je torej

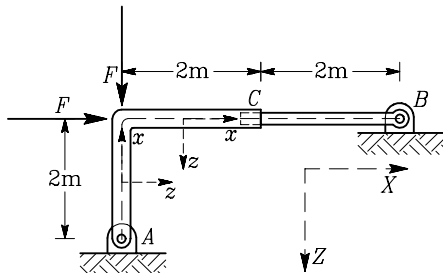
$$L = h + u = 5.963 \text{ cm.}$$

Naloga s sklepnega tekmovanja za 3. letnike

1. naloga

Izračunaj notranje sile (osna in prečna sila ter upogibni moment) v prikazani konstrukciji in nariši diagrame notranjih sil. Vez v točki C je taka, da preprečuje medsebojne zasuke in medsebojne navpične pomike, dovoljuje pa medsebojne vodoravne pomike. Vodoravna (osna) sila v vezi je zato enaka nič, upogibni moment v vezi pa je lahko različen od nič!

$$F = 20 \text{ kN}$$



Rešitev: Ker je vodoravna sila v vezi C enaka nič, lahko zapišemo ravnotežno enačbo za vodoravne sile za del BC takole:

$$\sum_{BC} F_x = 0 \rightarrow B_X = 0.$$

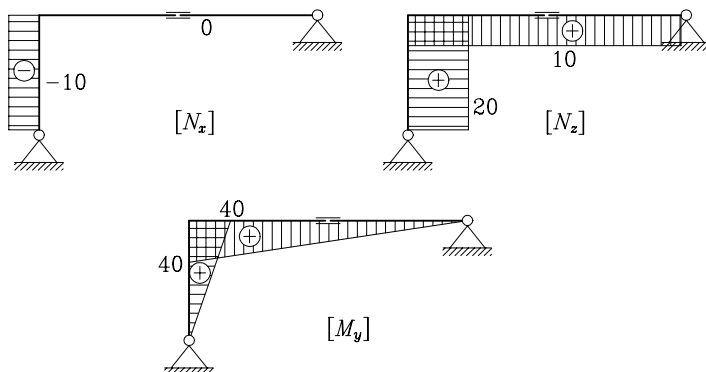
Iz treh ravnotežnih pogojev za celotno konstrukcijo lahko določimo reakcije A_X , A_Z in B_Z :

$$\sum M_y^A = 0 \rightarrow B_Z = -F/2 = -10 \text{ kN},$$

$$\sum F_Z = 0 \rightarrow A_Z = -F/2 = -10 \text{ kN},$$

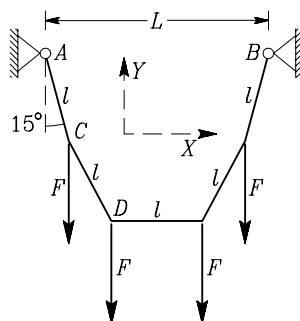
$$\sum F_X = 0 \rightarrow A_X = -F = -20 \text{ kN}.$$

Diagrame notranjih sil prikazujemo na naslednjih slikah.



2. naloga

Zelo lahko vrvico dolžine 5 m vpnemo med dve podpori. Vrvico nato obtežimo s silami F , kot kaže slika, tako, da je vrv razdeljena na 5 enakih delov $l = 1$ m. Z eksperimentom ugotovimo, da je naklon prvega (in zadnjega) dela vrvice enak 15° (glej sliko). Določi sile v vseh delih vrvice, določi naklon drugega dela vrvice in razdaljo med podporama L .



Rešitev: Ker sta konstrukcija in obtežba simetrični, sta navpični reakciji enaki ($A_Y = B_Y$) in ju lahko izračunamo iz ravnotežnega pogoja za navpične sile

$$\sum F_Y = 0 \rightarrow A_Y + B_Y - F - F - F - F = 0 \rightarrow A_Y = B_Y = \frac{4F}{2} = 2F.$$

Iz ravnotežnega pogoja v podpori A za navpične sile lahko izračunamo silo N_1 v prvem delu vrvice:

$$\sum F_Y = 0 \rightarrow N_1 = \frac{2F}{\cos 15^\circ} = 2.071 F.$$

Iz ravnotežnih pogojev za navpične in vodoravne sile v točki C lahko določimo sil v drugem delu vrvice N_2 in naklon drugega dela vrvice β :

$$\sum F_X = 0 \rightarrow N_1 \sin 15^\circ - N_2 \sin \beta = 0,$$

$$\sum F_Y = 0 \rightarrow N_1 \cos 15^\circ - N_2 \cos \beta - F = 0.$$

Rešitev tega sistema enačb je:

$$\tan \beta = 2 \tan 15^\circ \rightarrow \beta = 28.19^\circ,$$

$$N_2 = N_1 \frac{\sin 15^\circ}{\sin \beta} = 1.135 F.$$

Iz ravnotežnega pogoja za vodoravne sile za točko D lahko izračunamo še silo v vodoravnem delu vrvice

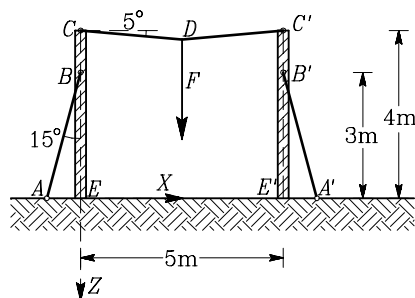
$$\sum F_X = 0 \rightarrow N_3 = N_2 \sin \beta = 0.536 F.$$

Razpon med podporami L je enak:

$$L = l + 2l \sin 15^\circ + 2l \sin \beta = 2.462 \text{ m.}$$

3. naloga

V kablh AB in $A'B'$ je osna sila enaka 5 kN. Navpična sila v točki D na sredini kabla CC' je enaka $F = 0.5$ kN. Določi največjo normalno napetost v 4 m visokih lesenih stebrih CE in $C'E'$ okroglega prečnega prereza s premerom $d = 20$ cm. Ploščina in vztrajnostni moment okroglega prereza sta:



$$A_x = \frac{\pi d^2}{4}, \quad I_y = I_z = \frac{\pi d^4}{64}.$$

Rešitev: Iz ravnotežnih pogojev za točko D za navpične in vodoravne sile lahko izračunamo sili v vrvi CD in $C'D$ (zaradi simetrije sta sili enaki):

$$\sum F_X = 0, \quad \sum F_Z = 0 \rightarrow N_{CD} = \frac{F}{2 \sin 5^\circ} = 2.868 \text{ kN}.$$

Sili v vrveh CD in AB razstavimo na vodoravno in navpično komponento:

$$C_X = N_{CD} \cos 5^\circ = 2.858 \text{ kN},$$

$$C_Z = N_{CD} \sin 5^\circ = 0.250 \text{ kN},$$

$$B_X = -N_{AB} \sin 15^\circ = -1.294 \text{ kN},$$

$$B_Z = N_{AB} \cos 15^\circ = 4.830 \text{ kN}.$$

Po absolutni vrednosti največje normalne napetosti nastopijo na dnu stebrov. Tam sta osna sila N_x in upogibni moment M_y enaki:

$$N_x = -B_Z - C_Z = -5.080 \text{ kN},$$

$$M_y = C_X \cdot 4 + B_X \cdot 3 = 7.548 \text{ kNm} = 754.8 \text{ kNcm}.$$

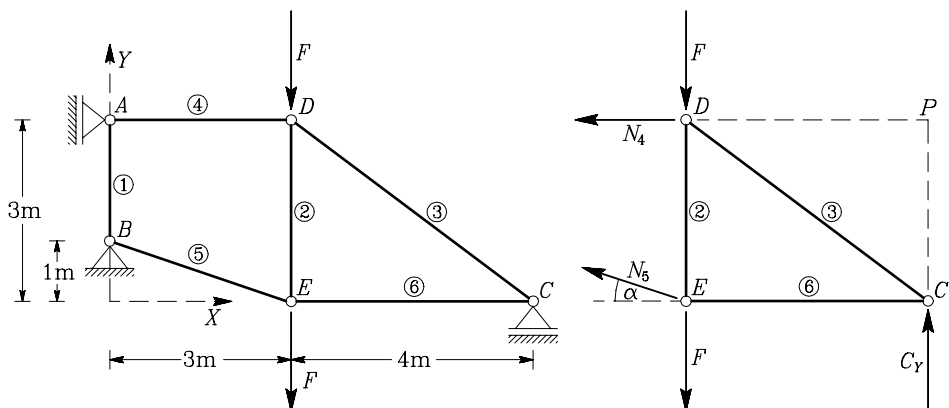
Ekstremne normalne napetosti σ_{xx}^{min} in σ_{xx}^{max} izračunamo po naslednjih enačbah, v kateri upoštevamo, da je $A_x = 314.2 \text{ cm}^2$, $I_y = 7854.0 \text{ cm}^4$, $z_{min} = -10 \text{ cm}$ in $z_{max} = 10 \text{ cm}$

$$\sigma_{xx}^{min} = \frac{N_x}{A_x} + \frac{M_y z_{min}}{I_y} = -0.9772 \text{ kN/cm}^2,$$

$$\sigma_{xx}^{max} = \frac{N_x}{A_x} + \frac{M_y z_{max}}{I_y} = 0.9448 \text{ kN/cm}^2.$$

4. naloga

Izračunaj osne sile v paličju. Sili F sta enaki 10 kN.



Rešitev: Iz ravnotežne enačbe za navpične sile v vozlišču A sledi, da je sila N_1 v prvi paliči enaka nič. Vse druge osne sile v paličah lahko določimo na več načinov. Lahko zapišemo ravnotežne pogoje za vodoravne in navpične sile za vozlišča C , D in E ter iz šestih enačb izračunamo šest nezanih sil N_2 , N_3 , N_4 , N_5 , N_6 in C_Y . Ker sistema 6 enačb ni lahko rešiti, nalogo hitreje rešimo tako, da iz konstrukcije izrežemo del CDE (glej sliko) in za ta del konstrukcije zapišemo tri ravnotežne enačbe za tri neznanke C_Y , N_4 in N_5 . Iz momentnega ravnotežnega pogoja na točko P lahko določimo silo N_5 , pri čemer upoštevamo, da je $\alpha = \arctan 1/3 = 18.43^\circ$

$$\sum_{CDE} M_Z^P = 0 \rightarrow F \cdot 4 + F \cdot 4 - N_5 \sin \alpha \cdot 4 - N_5 \cos \alpha \cdot 3 = 0 \rightarrow$$

$$\rightarrow N_5 = \frac{8F}{4 \sin \alpha + 3 \cos \alpha} = 19.46 \text{ kN.}$$

Iz vsote vseh sil v navpični in vodoravni smeri za del CDE lahko sedaj določimo še silo N_4 in reakcijo C_Y :

$$\sum_{CDE} F_X = 0 \rightarrow N_4 = -18.46 \text{ kN,}$$

$$\sum_{CDE} F_Y = 0 \rightarrow C_Y = 13.85 \text{ kN.}$$

Velikost osnih sil v paličah 2, 3 in 6 lahko določimo iz ravnotežnih pogojev za vozlišča E in C . Rezultate za vse paliče podajamo v naslednji preglednici.

N_1	N_2	N_3	N_4	N_5	N_6
0.00	3.85	-23.08	-18.46	19.46	18.46

Naloge s sklepnega tekmovanja za 4. letnike

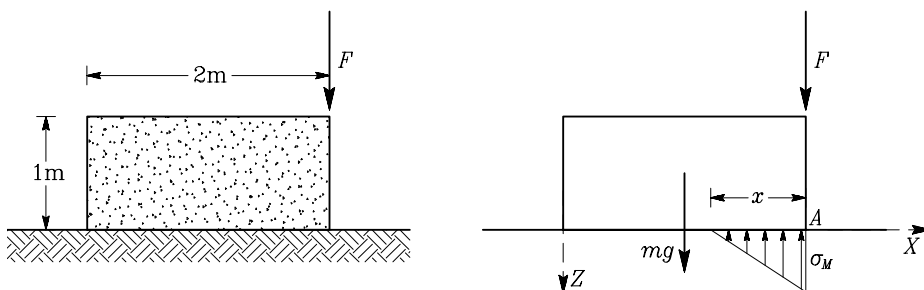
1. naloga

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

2. naloga

Betonski blok velikosti $2\text{ m} \times 0.5\text{ m} \times 1\text{ m}$ je položen na vodoravno podlago. Poleg lastne teže na blok deluje tudi sila F na desnem robu. Predpostavimo, da so napetosti na stiku med blokom in tlemi porazdeljene linearno. Vemo tudi, da nateznih napetosti v stiku med tlemi in blokom ne more biti. Določi območje, kjer so normalne napetosti v stiku enake nič. Določi tudi velikost največje napetosti v stiku. Na katerem mestu nastopi ta napetost? Gostota betona je $\rho_b = 2548.4\text{ kg/m}^3$.

$F = 50\text{ kN}$



Rešitev: Na sliki prikazujemo potek napetosti, ki uravnotežujejo silo F in lastno težo $mg = \rho_b \cdot 2 \cdot 1 \cdot 0.5 \cdot g = 25000\text{ N} = 25\text{ kN}$. Določiti moramo neznanu razdaljo x in neznanu največjo napetost σ_M . Zapišemo ravnotežno enačbo za sile v navpični smeri in momentno ravnotežno enačbo glede na točko A :

$$\sum F_Z = 0 \rightarrow \frac{\sigma_M x}{2} \cdot 0.5 - F - mg = 0 \rightarrow \frac{1}{4} \sigma_M x - F - mg = 0,$$

$$\sum M^A = 0 \rightarrow \frac{\sigma_M x \cdot 0.5}{2} \frac{x}{3} - mg \cdot 1 = 0 \rightarrow \frac{1}{12} \sigma_M x^2 - mg = 0.$$

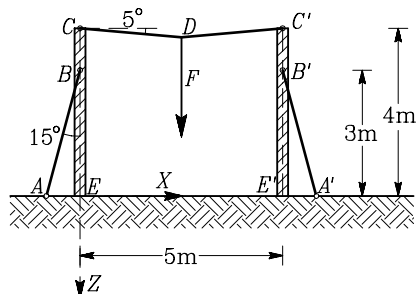
Rešitev tega sistema enačbe je:

$$x = 1\text{ m}, \quad \sigma_M = 300\text{ kN/m}^2.$$

Izračun je pokazal, da so na levi polovici betonskega bloka normalne napetosti enake nič. Največja napetost $\sigma_M = 300\text{ kN/m}^2$ nastopi v točki A na robu obravnavanega betonskega bloka.

3. naloga

V kablh AB in $A'B'$ je osna sila enaka 5 kN. Navpična sila v točki D na sredini kabla CC' je enaka $F = 0.5$ kN. Določi navpični pomik točke C oziroma C' na vrhu lesenih stebrov CE in $C'E'$ okroglega prečnega prereza s premerom $d = 20$ cm. Elastični modul lesa je $E_l = 1200$ kN/cm².



Rešitev: Iz ravnotežnih pogojev za točko D za navpične in vodoravne sile lahko izračunamo sili v vrvi CD in $C'D$ (zaradi simetrije sta sili enaki):

$$\sum F_X = 0, \quad \sum F_Z = 0 \rightarrow N_{CD} = \frac{F}{2 \sin 5^\circ} = 2.868 \text{ kN}.$$

Iz sil v vrveh izračunamo navpični sili B_Z in C_Z

$$B_Z = N_{AB} \cos 15^\circ = 4.830 \text{ kN}.$$

$$C_Z = N_{CD} \sin 5^\circ = 0.250 \text{ kN},$$

Ploščina prečnega prereza je $A_x = 314.2$ cm², osna sila v delu BC je enaka $N_{BC} = -C_Z = -0.250$ kN, osna sila v delu BE pa je $N_{BE} = -B_Z - C_Z = -5.080$ kN. Pomik na vrhu stebra EC izračunamo po enačbi

$$w_C = -\frac{N_{BE} \cdot 300}{E_l A_x} - \frac{N_{BC} \cdot 100}{E_l A_x} = 0.0041 \text{ cm}.$$

4. naloga

Glej 4. nalogo s sklepnega tekmovanja za 3. letnike.



LANCom

COMPUTERS

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



Pri nas ne!

Oprema za napredna informacijska okolja.

LANCom d.o.o.

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

LJUBLJANA - Tbilisijska 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**

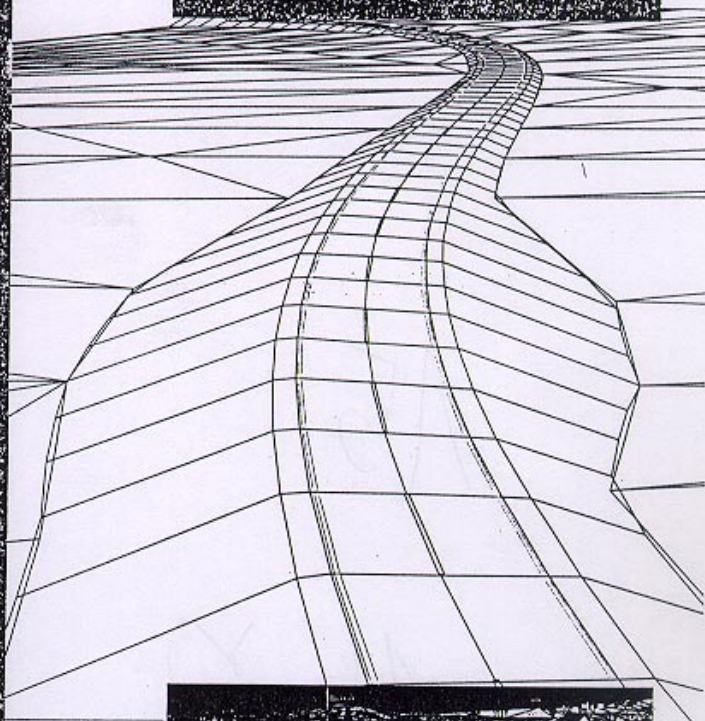
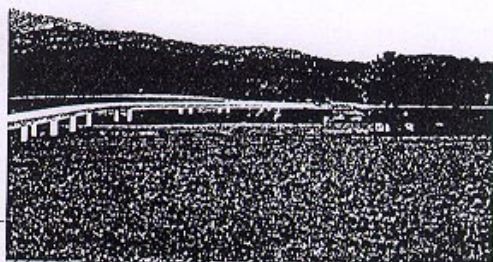
vodenje projektov

**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 PREPOZNOI O TVEGANJU IN STRANSKIH UČINKIH SE
POSVETUJTE Z NAŠIM STROKOVNJAKOM ALI KROVCEM.

© 2010 BRAMAC

BRAMAC
Vse za streho

TURK, Goran; STANEK, Marjan

6. slovensko državno prvenstvo v gradbeni mehaniki

Založnik: Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Ljubljana

Oblikovanje naslovnice: SAJE, Veronika

Tisk: Fotokopiranje Slatner, s.p., Ljubljana

Obseg: 16 strani

Naklada: 100 izvodov

Ljubljana, 2000