

Metoda Elementów Skończonych

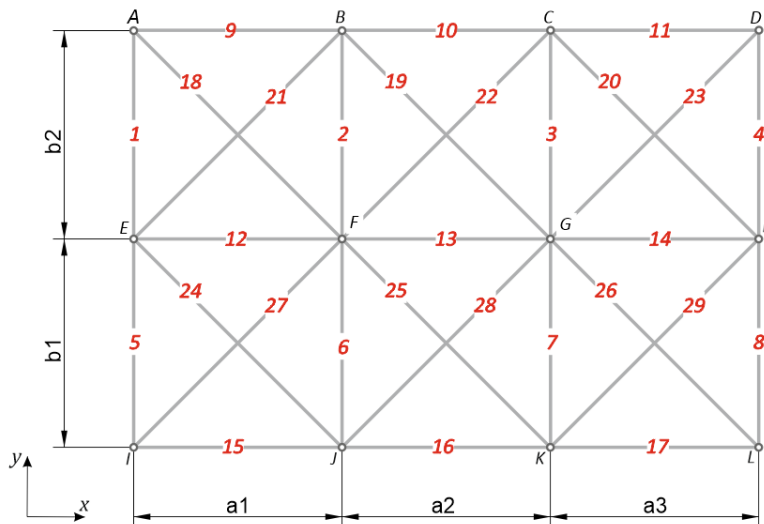
Semestr zimowy r. a. 2023/2024

Zadanie domowe nr 2

Termin oddania pracy: 05.12.2023

Polecenie:

1. Na podstawie Rysunku 1 i Tablicy 1 skonstruować schemat zadania.
2. Rozwiązać zadanie metodą analityczną (znaleźć wartości sił w prętach).
3. Rozwiązać zadanie z wykorzystaniem Metody Elementów Skończonych (znaleźć wartości sił w prętach i przemieszczenia węzłów).
4. Naszkicować układ przed i po deformacji.
5. Porównać otrzymane rezultaty i sformułować wnioski.



Rys.1. Schemat do budowy tematu zadania

Legenda do rysunku 1:

- Liczby 1 do 29 zaznaczone kolorem czerwonym oznaczają numery prętów
- Oznaczenie literowe A do L – węzły kratownicy
- Oznaczenia a_1 , a_2 , a_3 , b_1 , b_2 - wymiary zewnętrzne
- x , y - osie układu odniesienia

UWAGA: W obliczeniach przyjmij własną numerację węzłów i prętów zaczynając od numeru 1

Wytyczne do wykonania pracy:

- W pracy zawrzeć należy pełen tok obliczeń wraz z komentarzami opisującymi wykonywane operacje matematyczne.
- Pracę należy ilustrować odpowiednimi rysunkami.
- Pracę zakończyć słownym podsumowaniem.

Uwagi edycyjne:

- Na ocenę pracy wpływać będzie kompletność, estetyka wykonania, jak również dojrzałość stylu w jakim jest napisana.
- Pracę można wykonać odręcznie lub przy wykorzystaniu dowolnego komputerowego edytora tekstowego.
- Rysunki wykonać odręcznie lub przy wykorzystaniu dowolnego komputerowego programu graficznego. Rysunki wykonać można w dowolnej skali, ale proszę zachować poprawne proporcje pomiędzy wymiarami.
- W przypadku wykorzystania komputerowych pakietów biurowych, tekst proszę justować. Proszę również zwracać uwagę na podstawowe błędy składu tekstu takie jak bękart, wdowy lub sierotki.

Sposób oddania pracy:

- Pracę należy oddać w formie papierowej
- Pracę podpisać wg schematu:

Imię Nazwisko	Data
Symbol roku	
Nr albumu	
Zadanie domowe nr	
Metoda Elementów Skończonych	

Tablica 1. Dane liczbowe do skonstruowania tematu zadania

L.p.	Nr albumu	Numery prętów	Obciążenie	Podparcie	E [GPa],	a1, a2, a3, b1, b2 [mm]
			[kN]		A [mm ²]	
	I	II	III	IV	V	VI
1	170032	18,13,20,14,10,9,2,3,22	Fy=-2, Gy=1	Ax, Ay, Cy	70, 50	600,300,600,300,300
2	170040	18,13,20,14,10,9,2,3,22	Ay=-1, Cy=5	Fx, Fy, Hy	70, 30	200,300,200,400,200
3	170044	1,2,5,6,9,12,15,21,24	Ex=-2, lx=-3,	Ax, Ay, Jy	210, 25	500,200,500,250,250
4	170046	13,23,11,10,2,3,22,21,12	Dy=-2, Gy=1	Bx, By, Ex	210, 100	500,500,400,300,200
5	170050	21,10,20,2,22,3,12,13,14	Ex=-1, Ey=5	Cx, Cy, Hy	70, 20	500,600,200,600,400
6	170053	24,16,6,7,25, 13,17,26,12	Ay=1, Cy=-4	Fy, Hx, Hy	70, 25	300,200,400,400,400
7	170071	24,12,13,14,29,16,6,7,25	Ex=-10, Hy=5	Jx, Jy, Ky	70, 300	500,500,400,300,200
8	167342	13,23,11,10,2,3,19,21,12	Dy=-10, Bx=5	Ex, Ey, Gy	70, 300	500,500,400,300,200
9	167345	13,23,11,10,2,3,19,21,12	By=-10, Cy=-5	Ex, Ey, Gy	210, 40	300,300,200,500,500
10	170090	18,13,23,11,10,9,2,3,19	Ay=5, Dx=-2	Fy, Gx, Gy	210, 50	200,200,200,200,200
11	163595	1,2,5,6,9,12,15,21,27	Bx=10, Fx=15,	lx ,ly, Jy	70, 100	500,250,300,100,600
12	167356	1,2,3,9,10,12,13,21,19	Ay=5, Ex=-2	Bx, By, Gy	70,100	300,600,300,600,600
13	163602	24,16,6,7,25, 13,17,26,12	Ly=20, Gy=-10	Jx, Jy, Ex	70, 50	600,300,200,600,300
14	170123	24,16,6,7,28, 13,17,26,12	Jy=-3, Lx=-1	Ex, Ey, Gy	210, 25	600,300,500,300,200
15	165806	12,13,5,6,7,15,16,27,28	Jy=-40, Kx=20	lx, ly, Ky	210, 60	200,500,200,500,200
16	170137	18,13,23,11,10,9,2,3,19	Fy=-5, Gy=-3	Ax, Ay, Dy	70, 250	400,200,400,200,400
17	170164	21,10,20,2,22,3,12,13,14	Bx=10, Cy=-5	Ex, Hx, Hy	210, 15	300,400,500,600,100
18	170173	1,2,5,6,9,12,15,21,27	Ay=-2, Fx=1	Bx ,By, Jx	70, 10	200,200,500,300,400
19	170177	24,16,6,7,28, 13,17,26,12	Jy=-2, Kx=5	Ey, Gx, Gy	210, 20	300,200,500,400,400
20	170182	6,13,14,8,17,16,25,7,29	Jx=-10, Ky=-30	Fy, Hx, Hy	210, 50	400,100,400,100,100
21	170183	13,23,11,10,2,3,22,21,12	Ey=20, Gy=20	Bx, By, Dy	210, 100	200,300,400,200,300
22	170189	1,2,3,9,10,12,13,21,22	By=-30, Fy=-3	Ex, Ey, Gy	210, 50	400,250,300,400,300
23	167021	3,11,4,8,17,7,23,26,14	Ay=-3, Bx=-3	Fx, Fy, Jx	210, 40	300,300,300,200,300
24	167379	2,6,16,7,3,10,19,13,25	By=-10, Jx=15,	Ax, Ay, ly	210, 25	500,200,500,500,500

Tablica 1. Dane liczbowe do skonstruowania tematu zadania – c.d.

L.p.	Nr albumu	Numery prętów	Obciążenie	Podparcie	E [GPa],	a1, a2, a3, b1, b2 [mm]
			[kN]		A [mm ²]	
	<i>I</i>	<i>II</i>	<i>III</i>	<i>IV</i>	<i>V</i>	<i>VI</i>
25	167456	18,13,23,11,10,9,2,3,22	Fy=10, Gy=20	Ay,Dx,Dy	210,50	200,200,200,200,200
26	170192	24,16,6,7,25, 13,17,26,12	Fy=-2, Jx=-4	Ex,Ey,Ly	70, 25	200,500,500,500,200
27	170193	1,2,3,9,10,12,13,18,19	Fy=-30, Gx=-10	Ex,Ey,Gy	210, 40	500,200,500,200,200
28	170194	24,12,13,14,29,16,6,7,28	Jx=10, Ky=-5	Ex,Ey,Hy	210, 20	600,300,600,300,300
29	170198	18,13,20,14,10,9,2,3,22	Hx=-2, Fy=5	Ay,Cx,Cy	210, 20	400,250,300,400,300
30	170202	18,13,23,11,10,9,2,3,22	Ay=-3, Dy=-2	Fx,Fy,Gy	210, 25	500,200,400,200,600
31	170207	13,23,11,10,2,3,22,21,12	Fy=1, Gy=2	Ex,Ey,Dy	210, 50	300,200,200,300,400
32	170225	21,10,20,2,22,3,12,13,14	Cy=-5, Fx=1	Hx,Hy,Ey	210, 50	300,300,300,500,500
33	170231	1,2,3,9,10,12,13,21,19	Ax=-1, Ey=3	Bx,By,Cy	210, 35	500,200,500,200,200
34	170237	21,10,20,2,22,3,12,13,14	By=-5, Hy=2	Ex,Ey,Cy	70, 150	400,300,200,500,200
35	170248	18,13,23,11,10,9,2,3,22	Fx=10, Gy=-20	Ax,Ay,Dy	70, 200	300,600,300,600,600

Opis tablicy 1:

W kolumnie I znajduje się numer albumu wskazujący osobę, której dotyczy temat.

W kolumnie II zamieszczono numery prętów kratownicy (rys.1), które należy wykorzystać do budowy układu.

W kolumnie III zawarto obciążenie zewnętrzne kratownicy wyrażone w kN. Litera duża wskazuje węzeł, do którego przyłożono siłę. Litera mała wskazuje kierunek działania siły (zgodnie z układem osi współrzędnych). Znak przed wartością liczbową określa zwrot siły. Znak minus oznacza kierunek przeciwny do zwrotu osi układu współrzędnych.

W kolumnie IV wskazano miejsca, w których podparta ma być kratownica. Litera duża wskazuje węzeł, natomiast litera małą kierunek przemieszczenia, który jest zablokowany.

W kolumnie V podano dwie liczby. Pierwsza z nich oznacza wartość modułu Younga (E) w GPa. Liczba druga wskazuje na wielkość pola przekroju poprzecznego prętów (A) w mm².

W kolumnie VI zawarto informację o wymiarach zewnętrznych kratownicy. Liczby oddzielone przecinkami oznaczają kolejno wymiary a1, a2, a3, b1, b2 wyrażone w mm. Oznaczenia odpowiadają tym zamieszczonym na rysunku 1.

Przykładowy sposób odczytania danych do zadania:

Tablica P1. Przykładowe dane do zadania

Nr albumu	Numery prętów	Obciążenie [kN]	Podparcie	E [GPa], A [mm ²]	a1, a2, a3, b1, b2 [mm]
I	II	III	IV	V	VI
-----	1,2,3,9,10,12,13,14,18,19,20	Ax=200, By=-400, Hy=-100	Ex, Ey, Fy	70, 10	1000, 1000, 1000, 1000, 1000

W kolumnie I znajduje się numer albumu wskazujący osobę, której dotyczy temat.

W kolumnie II zamieszczono numery prętów kratownicy (1,2,3,9,10,12,13,14,18,19,20), które należy wykorzystać do budowy układu. Omawiany przykład na tle pełnego schematu i bez niego zaprezentowano odpowiednio na rysunkach 2 i 3.

W kolumnie III (Ax=200, By=-400, Hy=-100) zawarto informacje o obciążeniu zewnętrznym kratownicy wyrażonym w kN:

- Ax=200 – siła 200 kN przyłożona w węźle A, na kierunku osi x, o zwrocie zgodnym z tą osią (zwrot w prawo)
- By=-400 - siła 400 kN przyłożona w węźle B, na kierunku osi y, o zwrocie przeciwnym do tej osi (zwrot w dół)
- Hy=-100 - siła 100 kN przyłożona w węźle H, na kierunku osi y, o zwrocie przeciwnym do tej osi (zwrot w dół)

W kolumnie IV wskazano miejsca, w których podparta ma być kratownica (Ex, Ey, Fy).

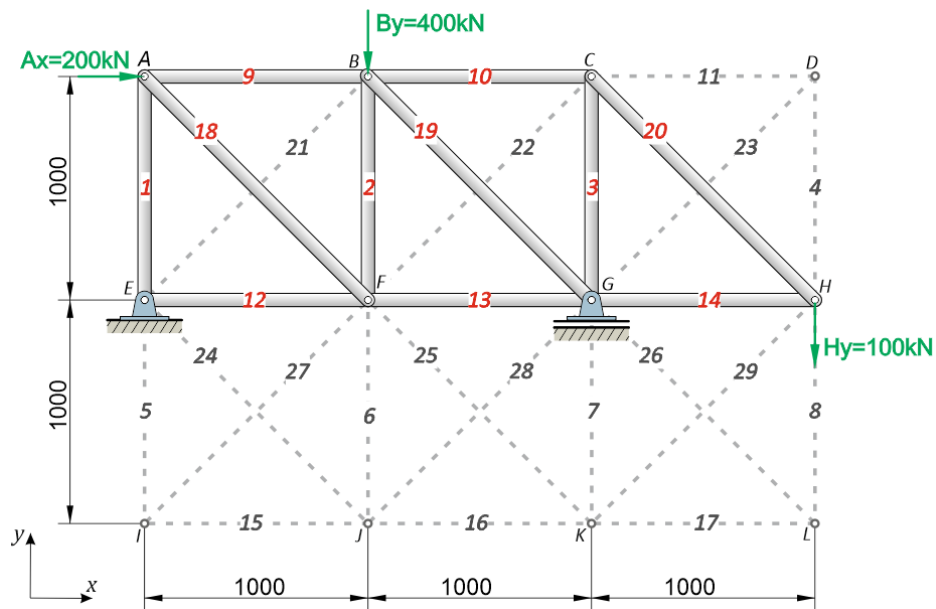
- Ex i Ey – w węźle E zablokowano możliwość przemieszczania się wzdłuż osi x i y, tzn. umieszczono podporę stałą w węźle E
- Fy – w węźle F przemieszczenia na kierunku y są niemożliwe, tzn. w węźle F zastosowano podporę przesuwającą blokującą przemieszczenia pionowe

W kolumnie V podano dwie liczby (70,10), które odczytać należy jako.

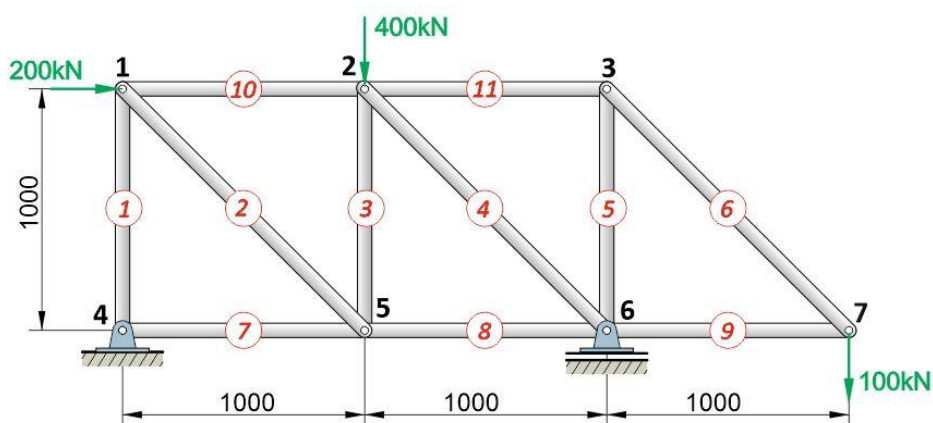
- 70 - wartość modułu Younga (E) w GPa.
- 10 - wielkość pola przekroju poprzecznego (A) w mm².

W kolumnie VI zawarto informację o wymiarach zewnętrznych kratownicy (1000, 1000, 1000, 1000, 1000) oznaczające:

- a₁=1000 mm,
- a₂=1000 mm,
- a₃=1000 mm,
- b₁=1000 mm - w podanym przykładzie wymiar b₁ nie jest wykorzystywany,
- b₂=1000 mm



Rys.2. Kratownica z przykładu na tle pełnego schematu zadania z rys.1



Rys. 3. Kratownica zbudowana na podstawie danych z tabelicy P1
Kratownica po zmianie numeracji