

# Metoda Elementów Skończonych

Semestr zimowy r. a. 2024/2025

Grupa C3

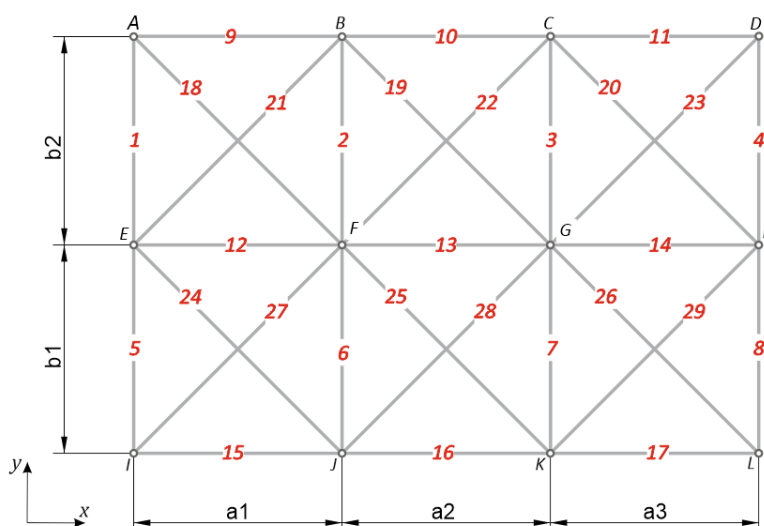
## Zadanie domowe nr 2

Termin oddania pracy: 10.12.2024

---

### 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 przyjąć 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], A [mm2]	a1, a2, a3, b1, b2 [mm]
			[kN]			
	I	II	III	IV	V	VI
1	172705	18,13,20,14,10,9,2,3,22	Fy=-3, Gy=2	Ax, Ay, Cy	70, 50	600,300,600,300,300
2	172714	18,13,20,14,10,9,2,3,22	Ay=-2, Cy=6	Fx, Fy, Hy	70, 30	200,300,200,400,200
3	172716	1,2,5,6,9,12,15,21,24	Ex=-1, lx=-2,	Ax, Ay, Jy	210, 15	500,200,500,250,250
4	172726	13,23,11,10,2,3,22,21,12	Dy=-3, Gy=2	Bx, By, Ex	210, 20	500,500,400,300,200
5	172731	21,10,20,2,22,3,12,13,14	Ex=-2, Ey=4	Cx, Cy, Hy	70, 20	500,600,200,600,400
6	172733	24,16,6,7,25, 13,17,26,12	Ay=2, Cy=-5	Fy, Hx, Hy	70, 25	300,200,400,400,400
7	172743	24,12,13,14,29,16,6,7,25	Ex=-5, Hy=1	Jx, Jy, Ky	70, 30	500,500,400,300,200
8	170116	13,23,11,10,2,3,19,21,12	Dy=-2, Bx=4	Ex, Ey, Gy	70, 25	500,500,400,300,200
9	172749	13,23,11,10,2,3,19,21,12	By=-12, Cy=-7	Ex, Ey, Gy	210, 30	300,300,200,500,500
10	172761	18,13,23,11,10,9,2,3,19	Ay=8, Dx=-3	Fy, Gx, Gy	210, 40	200,200,200,200,200
11	172763	1,2,5,6,9,12,15,21,27	Bx=4, Fx=2,	lx ,ly, Jy	70, 25	500,250,300,100,600
12	167365	1,2,3,9,10,12,13,21,19	Ay=3, Ex=-2	Bx, By, Gy	70, 30	300,600,300,600,600
13	172764	24,16,6,7,25, 13,17,26,12	Ly=4, Gy=-2	Jx, Jy, Ex	70, 50	600,300,200,600,300
14	172775	24,16,6,7,28, 13,17,26,12	Jy=-10, Lx=-8	Ex, Ey, Gy	210, 25	600,300,500,300,200
15	172776	12,13,5,6,7,15,16,27,28	Jy=-20, Kx=10	lx, ly, Ky	210, 30	200,500,200,500,200
16	172785	18,13,23,11,10,9,2,3,19	Fy=-3, Gy=-5	Ax, Ay, Dy	70, 25	400,200,400,200,400
17	172796	21,10,20,2,22,3,12,13,14	Bx=10, Cy=-3	Ex, Hx, Hy	210, 15	300,400,500,600,100
18	172801	1,2,5,6,9,12,15,21,27	Ay=-3, Fx=2	Bx ,By, Jx	70, 10	200,200,500,300,400
19	172802	24,16,6,7,28, 13,17,26,12	Jy=-8, Kx=10	Ey, Gx, Gy	210, 10	300,200,500,400,400
20	172804	6,13,14,8,17,16,25,7,29	Jx=-6, Ky=-10	Fy, Hx, Hy	210, 15	400,100,400,100,100
21	172806	13,23,11,10,2,3,22,21,12	Ey=15, Gy=20	Bx, By, Dy	210, 40	200,300,400,200,300
22	172811	1,2,3,9,10,12,13,21,22	By=-20, Fy=-5	Ex, Ey, Gy	210, 40	400,250,300,400,300
23	172814	3,11,4,8,17,7,23,26,14	Ay=-8, Bx=-4	Fx, Fy, Jx	210, 30	300,300,300,200,300
24	172817	2,6,16,7,3,10,19,13,25	By=-10, Jx=12,	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 [mm2]	
	<i>I</i>	<i>II</i>	<i>III</i>	<i>IV</i>	<i>V</i>	<i>VI</i>
25	172830	18,13,23,11,10,9,2,3,22	Fy=6, Gy=-8	Ay,Dx,Dy	210, 20	200,200,200,200,200
26	172833	24,16,6,7,25, 13,17,26,12	Fy=-1, Jx=-3	Ex,Ey,Ly	70, 25	200,500,500,500,200
27	135058	1,2,3,9,10,12,13,18,19	Fy=-10, Gx=-15	Ex,Ey,Gy	210, 30	500,200,500,200,200
28	172855	24,12,13,14,29,16,6,7,28	Jx=8, Ky=-4	Ex,Ey,Hy	210, 10	600,300,600,300,300
29	172871	18,13,20,14,10,9,2,3,22	Hx=-8, Fy=6	Ay,Cx,Cy	210, 10	400,250,300,400,300
30	172875	18,13,23,11,10,9,2,3,22	Ay=-5, Dy=-4	Fx,Fy,Gy	210, 25	500,200,400,200,600

---

### 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 zablockowany.

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 mm<sup>2</sup>.

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 <sup>2</sup> ]	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).

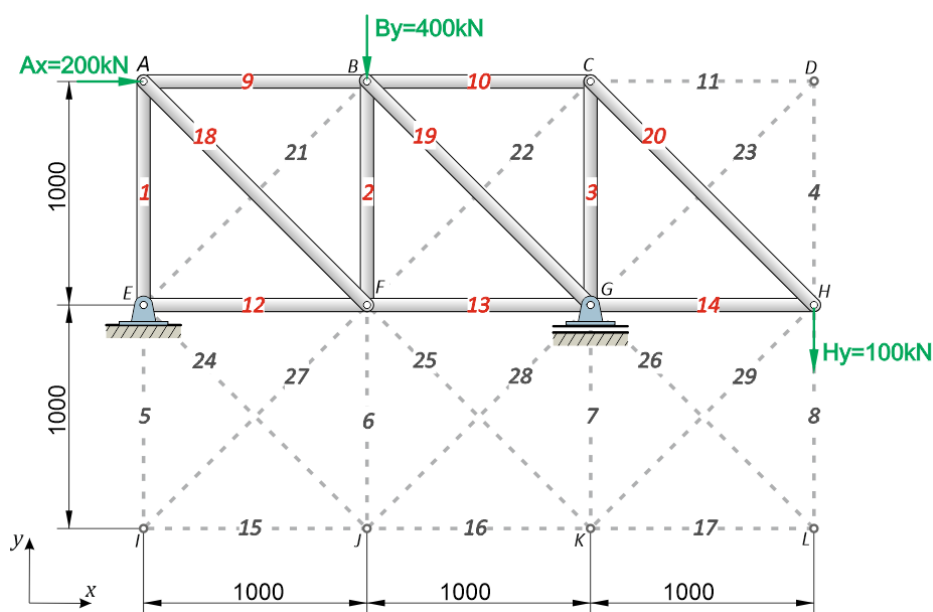
- Ex i Ey – w węźle E zablockowano możliwość przemieszczania się wzdłuż osi x i y, tzn. umieszczono podporę stałą w węźle E
- Fy – w węźle F przemieszczenia na kierunku y są niemożliwe, tzn. w węźle F zastosowano podporę przesuwną blokującą przemieszczenia pionowe

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

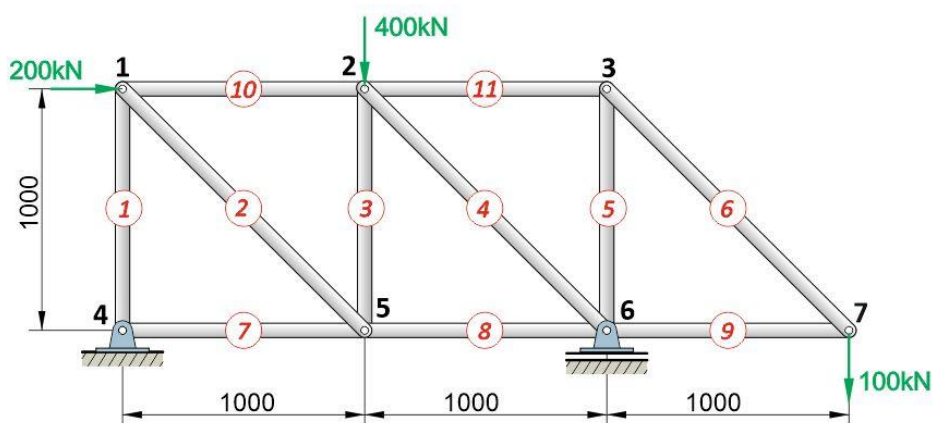
- 70 - wartość modułu Younga (E) w GPa.
- 10 - wielkość pola przekroju poprzecznego (A) w mm<sup>2</sup>.

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

- a<sub>1</sub>=1000 mm,
- a<sub>2</sub>=1000 mm,
- a<sub>3</sub>=1000 mm,
- b<sub>1</sub>=1000 mm - w podanym przykładzie wymiar b<sub>1</sub> nie jest wykorzystywany,
- b<sub>2</sub>=1000 mm



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



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