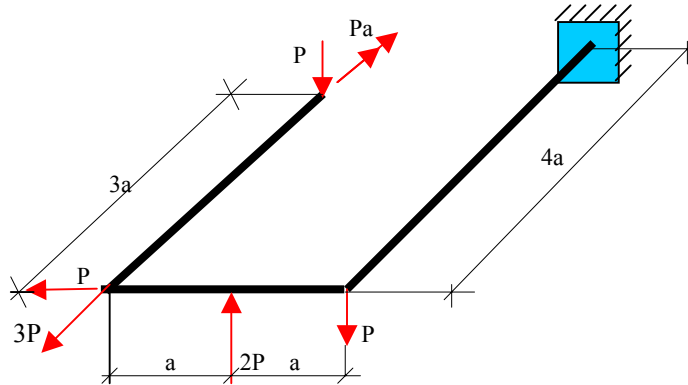


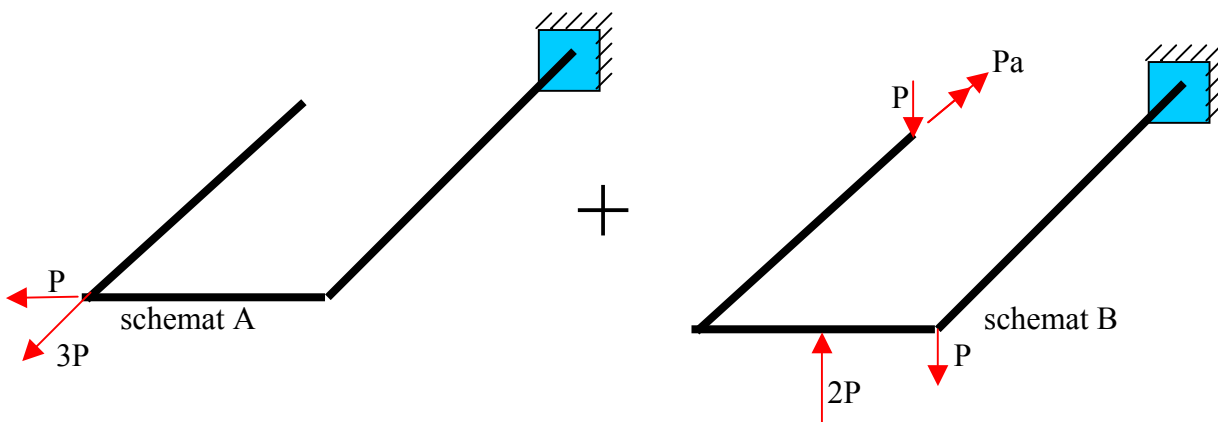
Przykład 9.4. Siły przekrojowe w płaskim załamanym pręcie dowolnie obciążonym.

Obliczyć siły przekrojowe i narysować ich wykresy.



Zadanie zaleca się rozwiązać wykorzystując zasadę "superpozycji". Zadane obciążenie rozkładamy na dwie grupy:

- układ obciążeń leżący w płaszczyźnie pręta (schemat A),
- układ obciążeń prostopadły do płaszczyzny pręta (schemat B).



Rys.2. Wykorzystanie zasady superpozycji schematów

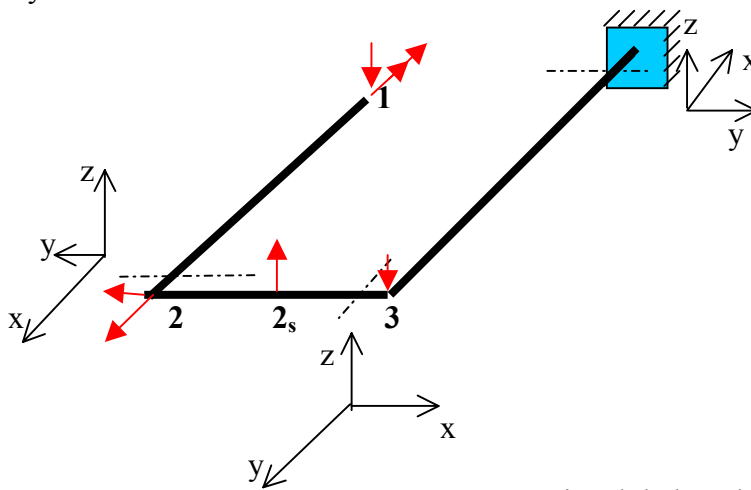
1. Obliczenie reakcji w rozpatrywanym przypadku jest niepotrzebne ponieważ siły przekrojowe można obliczyć analizując przedziały charakterystyczne w kolejności 1-2, 2-2<sub>s</sub>, 2<sub>s</sub>-3, 3-4. Wartości sił przekrojowych na końcu przedziału 3-4 są równe reakcjom.
2. Wybór znaków sił przekrojowych

Znaki sił przekrojowych określamy przez dobór w poszczególnych przedziałach charakterystycznych lokalnych osi współrzędnych (na końcu lub początku przedziału, kierunki na drugim brzegu mają znaki przeciwne do brzegu pierwszego).

W rozpatrywanym przykładzie wybrano osie na końcach przedziałów w następujący sposób:

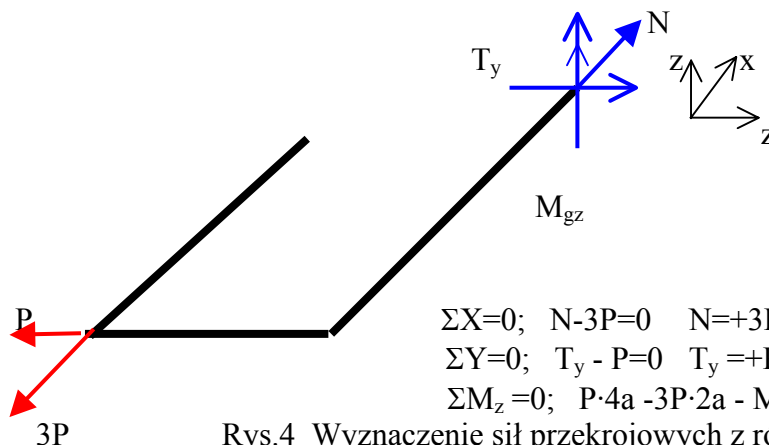
- koniec przedziału 1-2  
oś „x” normalna do części pręta 1-2, oś „y” leży w płaszczyźnie pręta i ma zwrot przypisanym włóknom rozciągającym zwanych włóknami charakterystycznymi, oś „z” tworzy lewoskrętny układ współrzędnych,
- końce przedziałów 2-2<sub>s</sub>, oraz 2-3  
poprzedni lokalny układ współrzędnych z przedziału 1-2 obracamy wg osi „z” tak aby oś „x” była normalna do części pręta 2-3,
- koniec przedziału 3-4  
poprzedni lokalny układ współrzędnych z przedziału 2-3 obracamy wg osi „z” tak aby oś „x” była normalna do części pręta 3-4,

Kierunki i zwroty lokalnych osi dla końców przedziałów charakterystycznych pokazano na rys 3.



Rys.3 Przyjęte lokalne układy współrzędnych na końcach przedziałów charakterystycznych

Rozwiązanie schematu A - klasyczna rama płaska (z sześciu sił przekrojowych, trzy wielkości są zerowe – moment skręcający, moment gnący o wektorze w płaszczyźnie ramy oraz siła tnąca prostopadła do płaszczyzny ramy). Siły przekrojowe dla pozostałych składowych wyznaczamy z warunków równowagi płaskiego układu sił w odciętej przekrojem części pręta (patrz: Ćwiczenie nr 8). Ilustrację szukania sił przekrojowych na końcu przedziału charakterystycznego 3-4 pokazano na rys 4. Pozostałe wielkości podano w tabeli 1



$$\begin{aligned} \Sigma X=0; \quad N-3P=0 \quad N=+3P \\ \Sigma Y=0; \quad T_y - P=0 \quad T_y =+P \\ \Sigma M_z=0; \quad P \cdot 4a - 3P \cdot 2a - M_{gz} = 0 \quad M_{gz} = -2Pa \end{aligned}$$

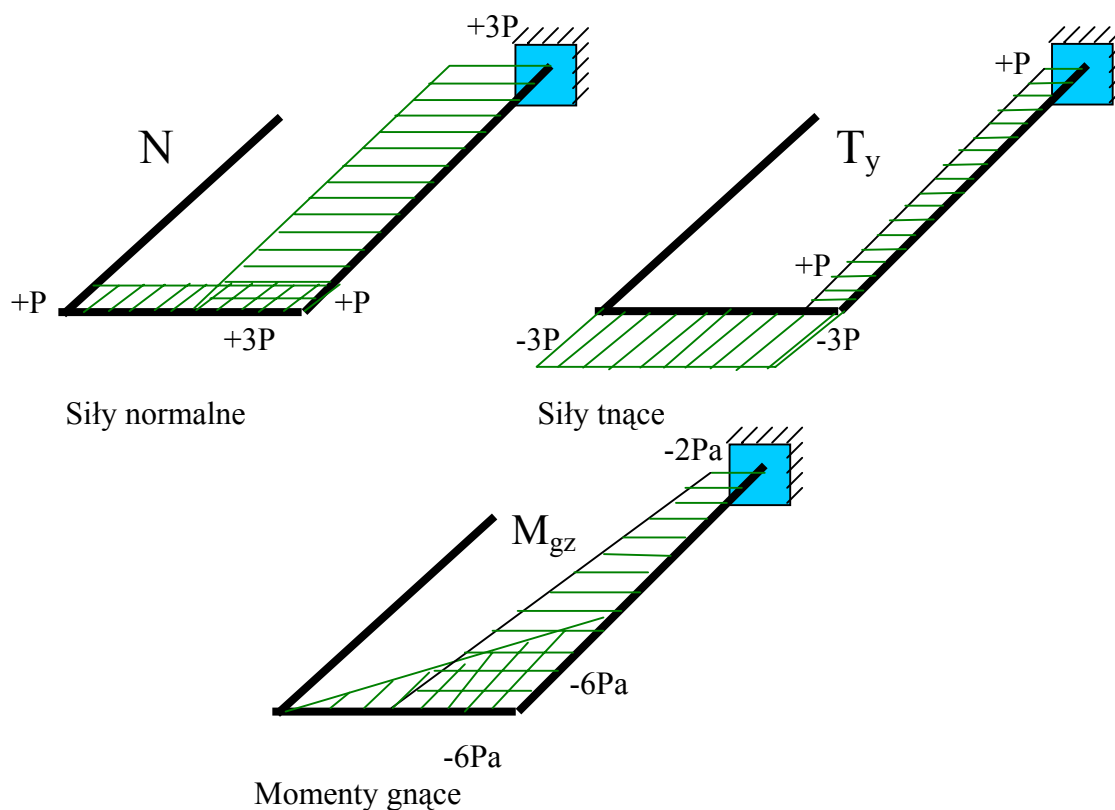
Rys.4 Wyznaczenie sił przekrojowych z równań równowagi na końcu przedziału charakterystycznego 3-4

Tabela 1

Wartości sił przekrojowych określone na brzegach przedziałów charakterystycznych

	Przedział charakterystyczny 1-2		Przedział charakterystyczny 2 - 3		Przedział charakterystyczny 3 - 4	
	i=1	j=2	i=2	j=3	i=3	j=4
N	0	0	+P	+P	+ 3P	+3P
T <sub>y</sub>	0	0	- 3P	-3P	+P	+P
M <sub>gz</sub>	0	0	0	-6Pa	-6Pa	-2Pa

Wykresy sił przekrojowych pokazano na rys 5.



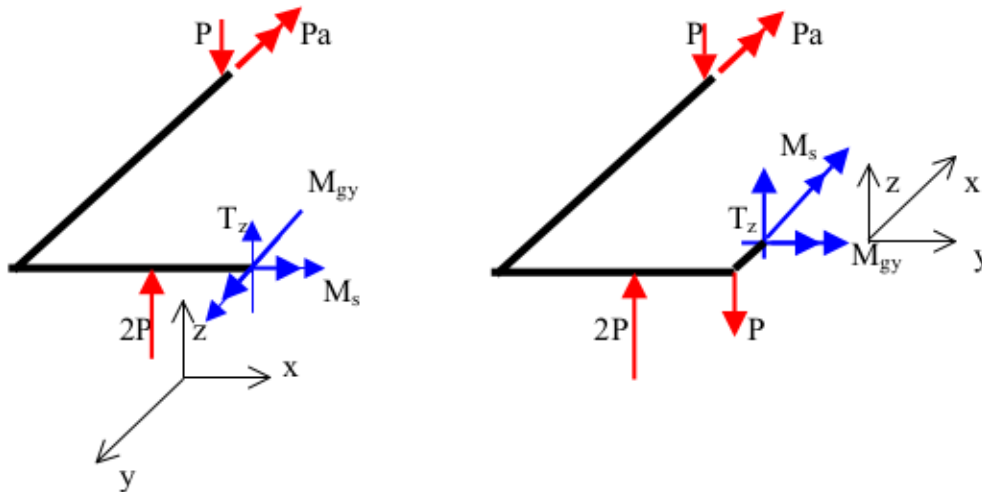
Rys. 5 Wykresy sił przekrojowych

Rozwiązanie schematu B - rama płaska z obciążeniem działającym prostopadle do płaszczyzny pręta (z sześciu sił przekrojowych, trzy wielkości są zerowe – siła normalna, moment gnący o wektorze w prostopadłym do płaszczyzny pręta, oraz siła tnąca w płaszczyźnie ramy). Siły przekrojowe w każdym przedziale charakterystycznym dla pozostałych (niezerowych) składowych wyznaczamy z warunków równowagi:

- sumy momentów na oś „x” pręta,

- sumy momentów na oś 'y' pręta (dodatni kierunek osi „y” został tak dobrany aby rozciągał dolne włókna pręta),
- sumy rzutów na oś „z” prostopadłą do płaszczyzny pręta.

Obliczone wartości sił przekrojowych podano w tabeli 2. Dla łatwiejszego opanowania obliczania wyżej wspomnianych wartości, dla dwóch przypadków (końca przedziału charakterystycznego 2-3 oraz początku przedziału 3-4 wykonano ilustrację graficzną szukanych wielkości i napisano niezbędne równania (rys. 6)



Rys.6 Ilustracja graficzna do wyznaczenia sił przekrojowych

Obliczenie sił przekrojowych (przedział 2-3, punkt 3).

$$\begin{aligned} \Sigma M_x=0; & \quad -P \cdot 3a + M_s = 0 & \quad M_s = +3Pa \\ \Sigma M_y=0; & \quad P \cdot 2a - Pa - 2P \cdot a + M_{gy} = 0 & \quad M_{gy} = +Pa \\ \Sigma T_z=0; & \quad -P + 2P + T_z = 0 & \quad T_z = -P \end{aligned}$$

Obliczenie sił przekrojowych (przedział 3-4, punkt 3).

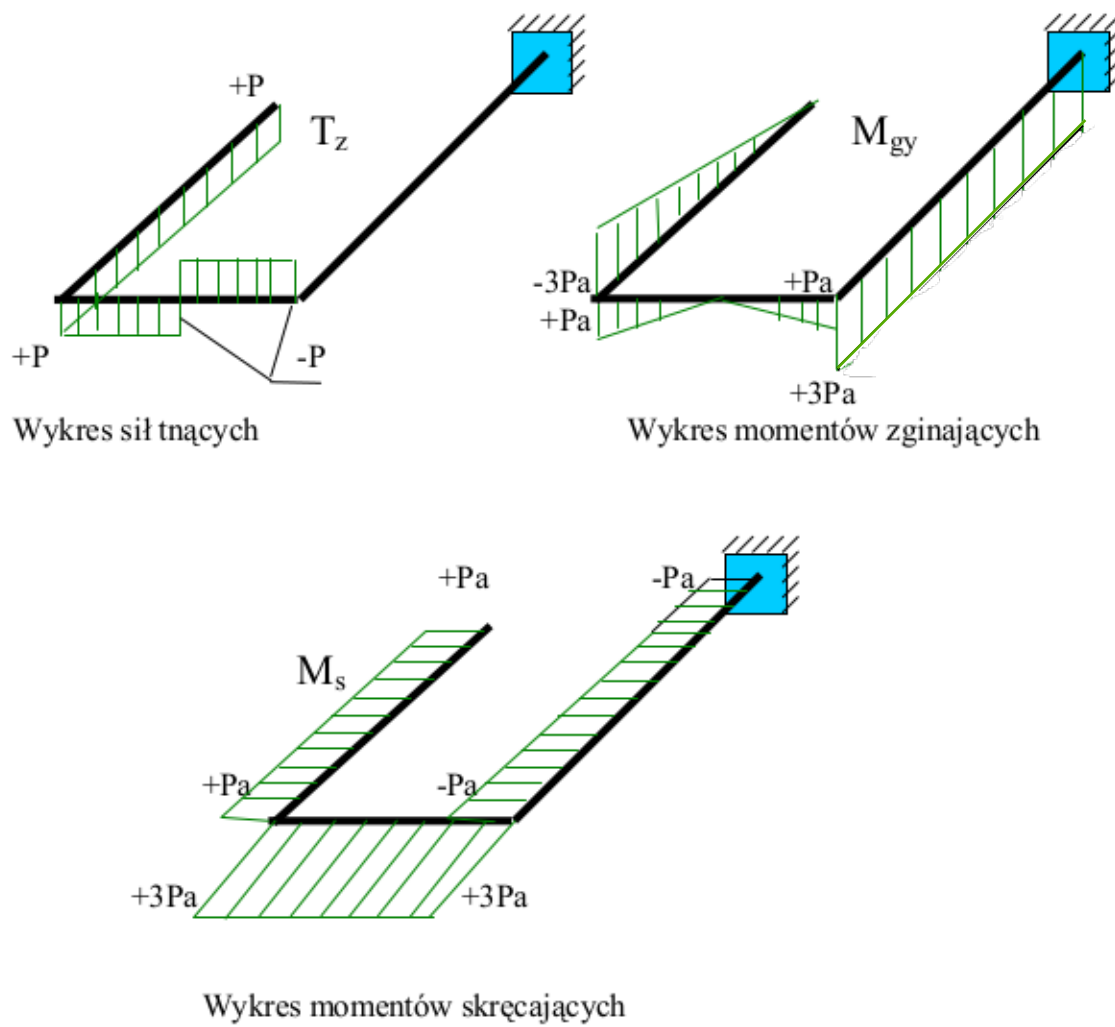
$$\begin{aligned} \Sigma M_x=0; & \quad P \cdot a - P \cdot 2a + 2P \cdot a + M_s = 0 & \quad M_s = -Pa \\ \Sigma M_y=0; & \quad -P \cdot 3a + M_{gy} = 0 & \quad M_{gy} = +3Pa \\ \Sigma T_z=0; & \quad -P + 2P - P + T_z = 0 & \quad T_z = 0 \end{aligned}$$

Tabela 2

Wartości sił przekrojowych określone na brzegach przedziałów charakterystycznych

	Przedział charakterystyczny 1-2		Przedział charakterystyczny 2-2 <sub>s</sub>		Przedział charakterystyczny 2 <sub>s</sub> - 3		Przedział charakterystyczny 3-4	
	i=1	j=2	i=2	j=2 <sub>s</sub>	i=2 <sub>s</sub>	j=3	i=3	j=4
M <sub>s</sub>	+Pa	+Pa	+3Pa	+3Pa	+3Pa	+3Pa	-Pa	-Pa
M <sub>gy</sub>	0	-3Pa	+Pa	0	0	+Pa	+3Pa	+3Pa
T <sub>z</sub>	+P	+P	+P	+P	-P	-P	0	0

Wykresy sił przekrojowych pokazano na rys 7.



Rys. 7. Wykresy sił przekrojowych dla schematu B