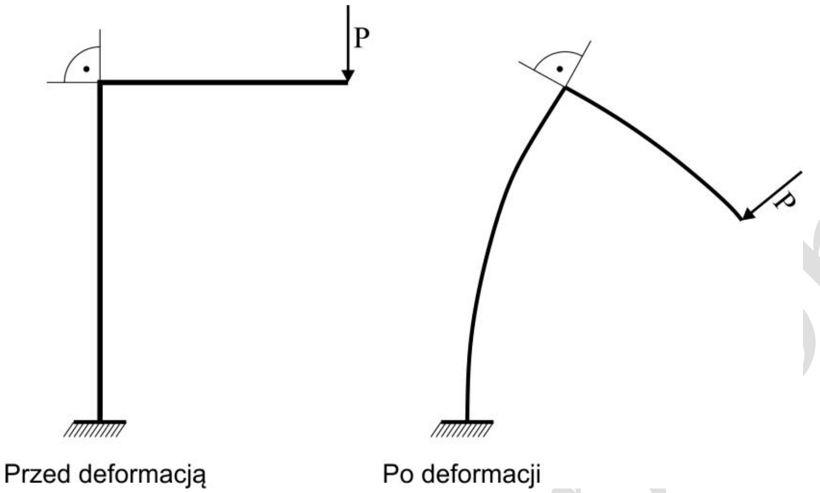
ROZDZIAŁ XIV – RAMY

1) Definicje i klasyfikacja.

Konstrukcją ramową, w skrócie: ramą, nazywamy konstrukcję prętową, w której końce wszystkich lub niektórych prętów łączą się z sobą w sztywnych węzłach. Podczas działania obciążeń węzły te przemieszczają się tak, że kąty pomiędzy osiami prętów schodzących się w danym węźle, zostają niezmienione.



W zależności od wzajemnego ustawienia osi prętów rozróżniamy ramy płaskie, gdy osie wszystkich prętów leżą w jednej płaszczyźnie, tzw. płaszczyźnie ramy i ramy przestrzenne, gdy warunek ten nie jest spełniony.

Jeżeli w ramie płaskiej jedne z głównych centralnych osi bezwładności przekrojów poprzecznych wszystkich prętów leżą w płaszczyźnie ramy, to ramę nazywamy ściśle płaską.

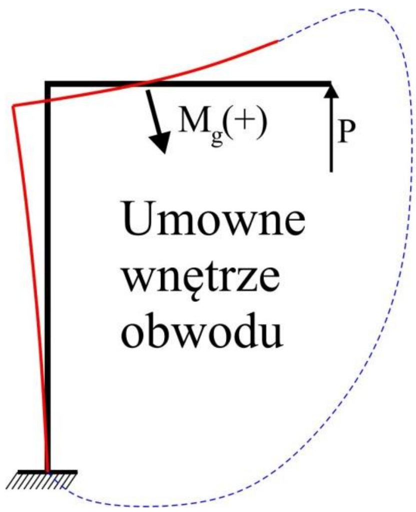
Pręty ram płaskich mogą tworzyć zamknięte łańcuchy, dając w efekcie ramy jednoobwodowe lub wieloobwodowe.

Obciążenie działające na ramę płaską może być płaskie, gdy wszystkie siły leżą w płaszczyźnie ramy lub przestrzenne, gdy istnieją składowe obciążeń prostopadłe do płaszczyzny ramy.

Ze względu na metody rozwiązywania, ramy można podzielić na statycznie wyznaczalne i statycznie niewyznaczalne.

Moment gnący uważamy za dodatni jeżeli wygina element ramy wypukłością zwróconą w stronę wnętrza obwodu

Położenie poprzecznych przekrojów prętów tworzących ramę podajemy poprzez określenie współrzędnej **s** wzdłuż osi ramy, od wybranego punktu początkowego **C**.

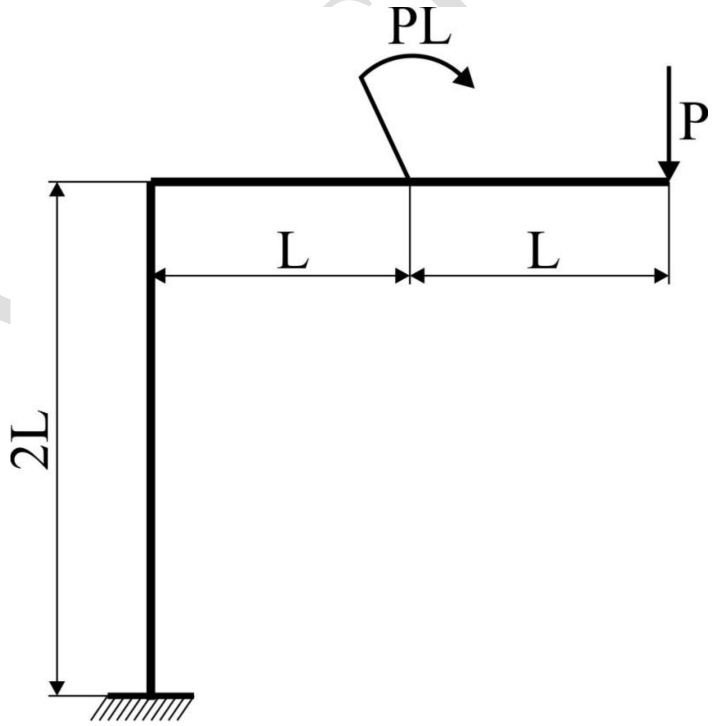


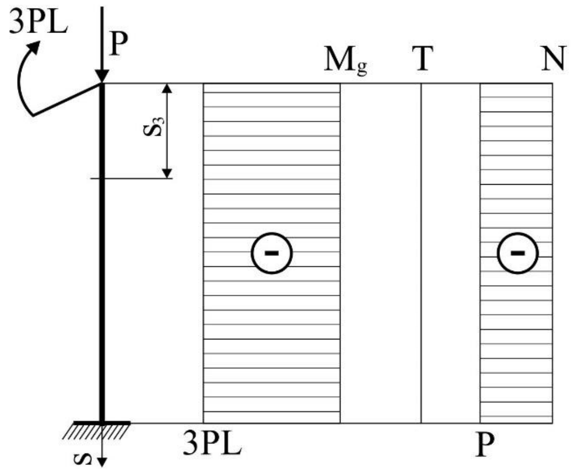
2) Ramy płaskie, statycznie wyznaczalne.

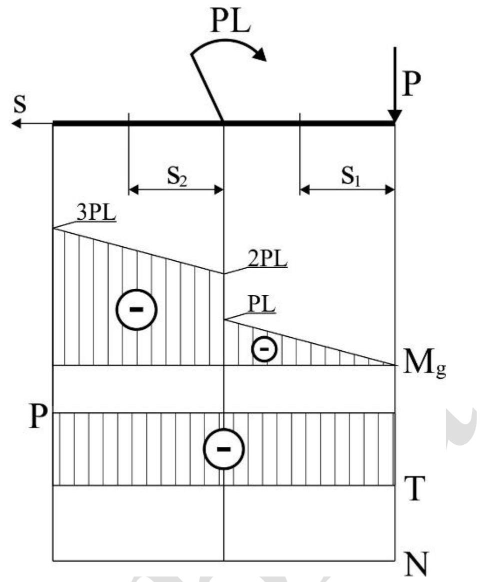
W przypadku ramy statycznie wyznaczalnej, podobnie jak dla pojedynczej belki, można wyznaczyć wartości wszystkich działających na nią obciążeń za pomocą równań statyki.

Rozwiązanie tego typu ramy sprowadza się do określenia funkcji opisujących przebiegi sił normalnych, sił tnących i momentów gnących we wszystkich jej elementach.

Przykład: Wyznaczyć przebiegi momentów gnących, sił tnących i sił normalnych, dla ramy pokazanej na rysunku.







$0 \leq s_1 \leq L$

$M_{gs_1} = -P \cdot s_1$

$M_{gs_1}\big|_{s_1=0} = 0 \quad ; \quad M_{gs_1}\big|_{s_1=L} = -PL$

$T_{s_1} = -P = const.$

$N_{s_1} = 0$

$0 \leq s_2 \leq L$

$M_{gs_2} = -P(L + s_2) - PL = -2PL - Ps_2$

$M_{gs_2}\big|_{s_2=0} = -2PL \quad ; \quad M_{gs_2}\big|_{s_2=L} = -3PL$

$T_{s_2} = -P = const.$

$N_{s_2} = 0$

$0 \leq s_3 \leq 2L$

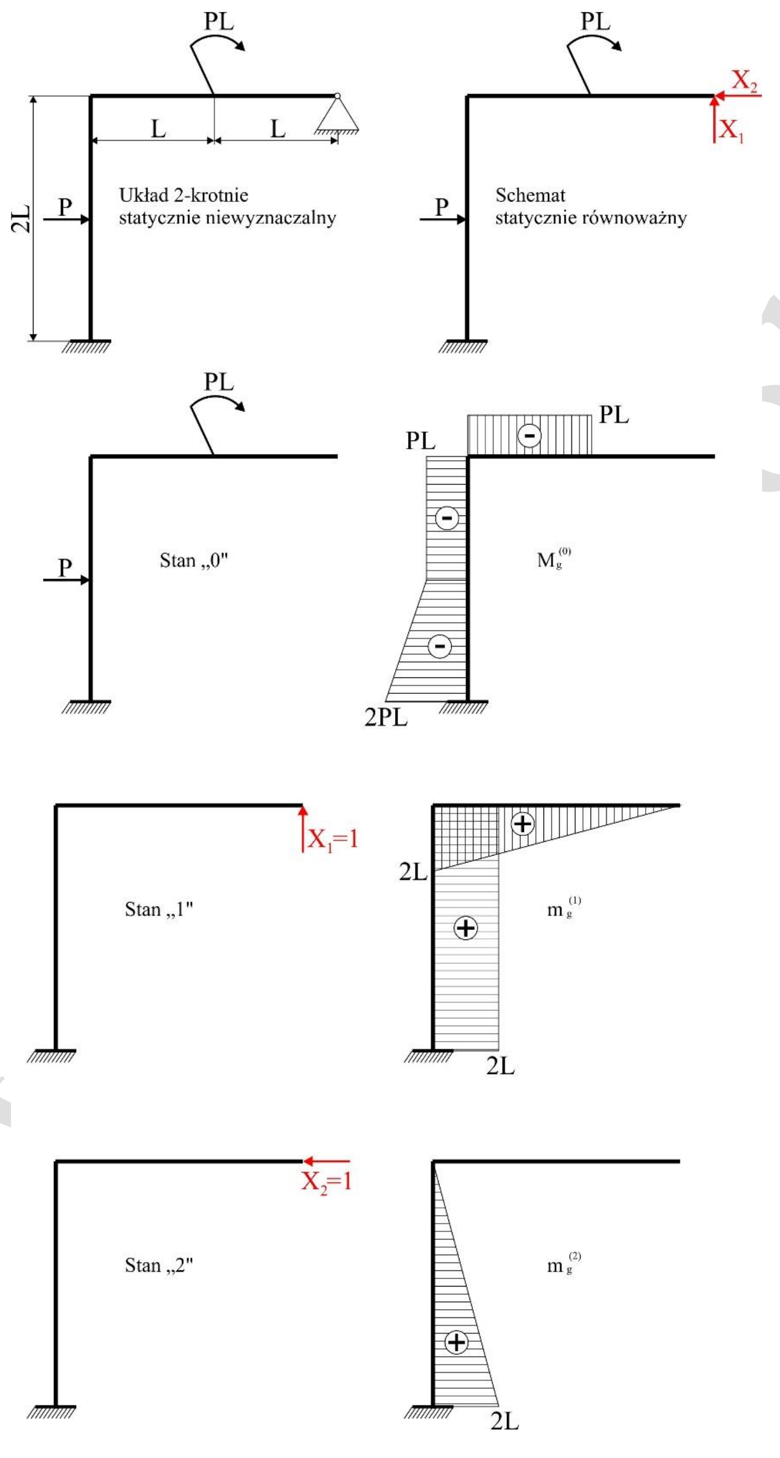
$M_{gs_3} = -3PL = const.$

$T_{s_3} = 0$

$N_{s_3} = -P = const.$

3) Ramy płaskie, statycznie niewyznaczalne.

W przypadku ram statycznie niewyznaczalnych konieczne jest zastosowanie metody pozwalającej wyznaczyć nadmiarowe reakcje więzów, bądź też składowe sił wewnętrznych (ramy zamknięte). Na ogół tego typu układy rozwiązuje się przy użyciu równań Maxwella-Mohra.

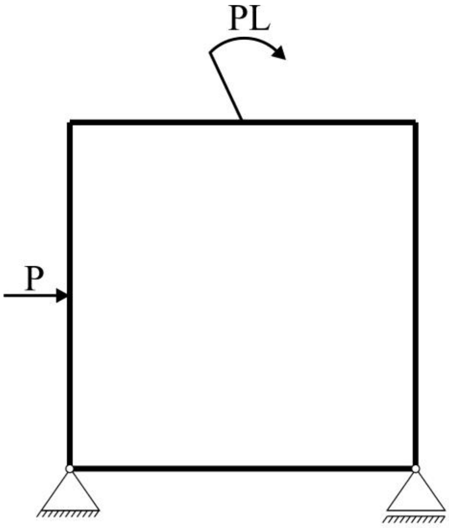


$$\alpha_{10} + \alpha_{11}X_1 + \alpha_{12}X_2 = 0$$
$$\alpha_{20} + \alpha_{21}X_1 + \alpha_{22}X_2 = 0 \qquad => \; X_1, X_2$$

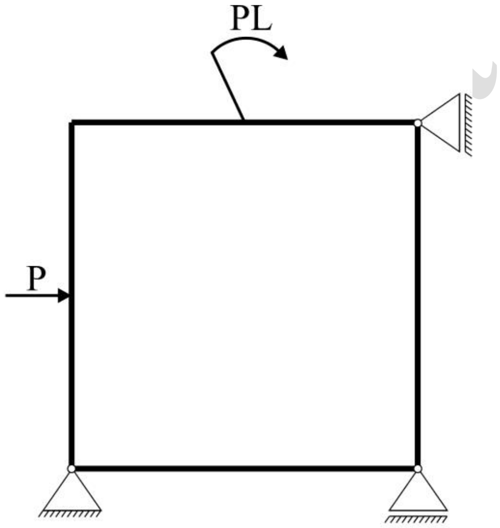
4) Ramy zamknięte, jednoobwodowe.

Jeżeli elementy ramy tworzą zamknięty łańcuch, to ramę taką nazywamy zamkniętą.

Rama zamknięta, traktowana jako bryła sztywna, może być układem statycznie wyznaczalnym, bądź statycznie niewyznaczalnym. Jest to tzw. zewnętrzna statyczna wyznaczalność bądź statyczna niewyznaczalność ramy.

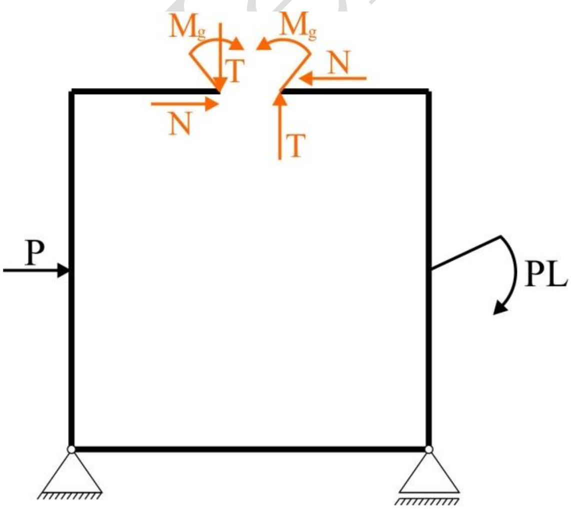


Rama zewnętrznie
statycznie wyznaczalna



Rama 1-krotnie zewnętrznie
statycznie niewyznaczalna

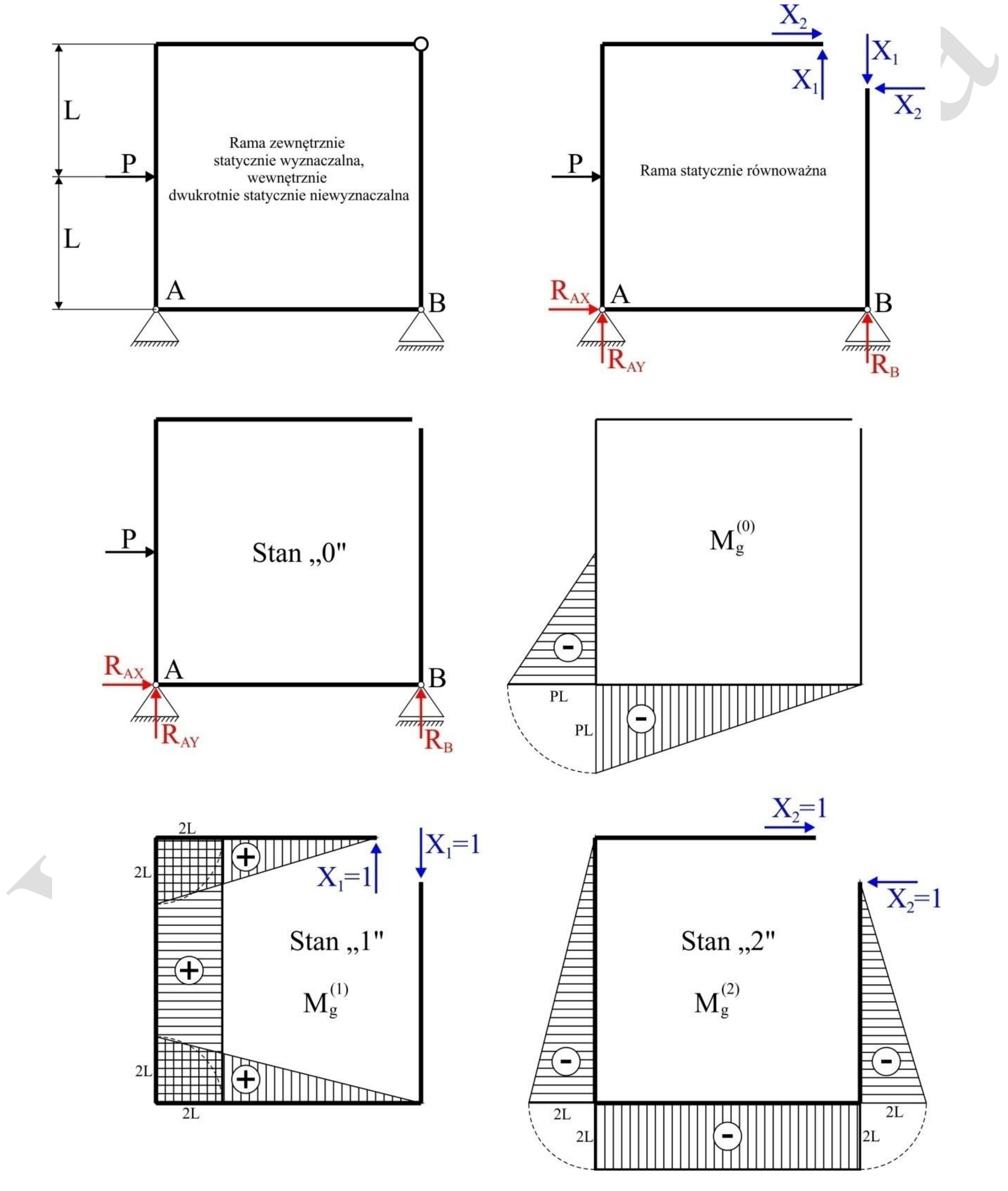
W obwodzie ramy, w dowolnym przekroju dowolnego z jej elementów, występują 3 składowe sił wewnętrznych:



Jednoobwodowa rama zamknięta,
nie posiadająca połączeń przegubowych,
jest układem 3-krotnie
wewnętrznie statycznie niewyznaczalnym.

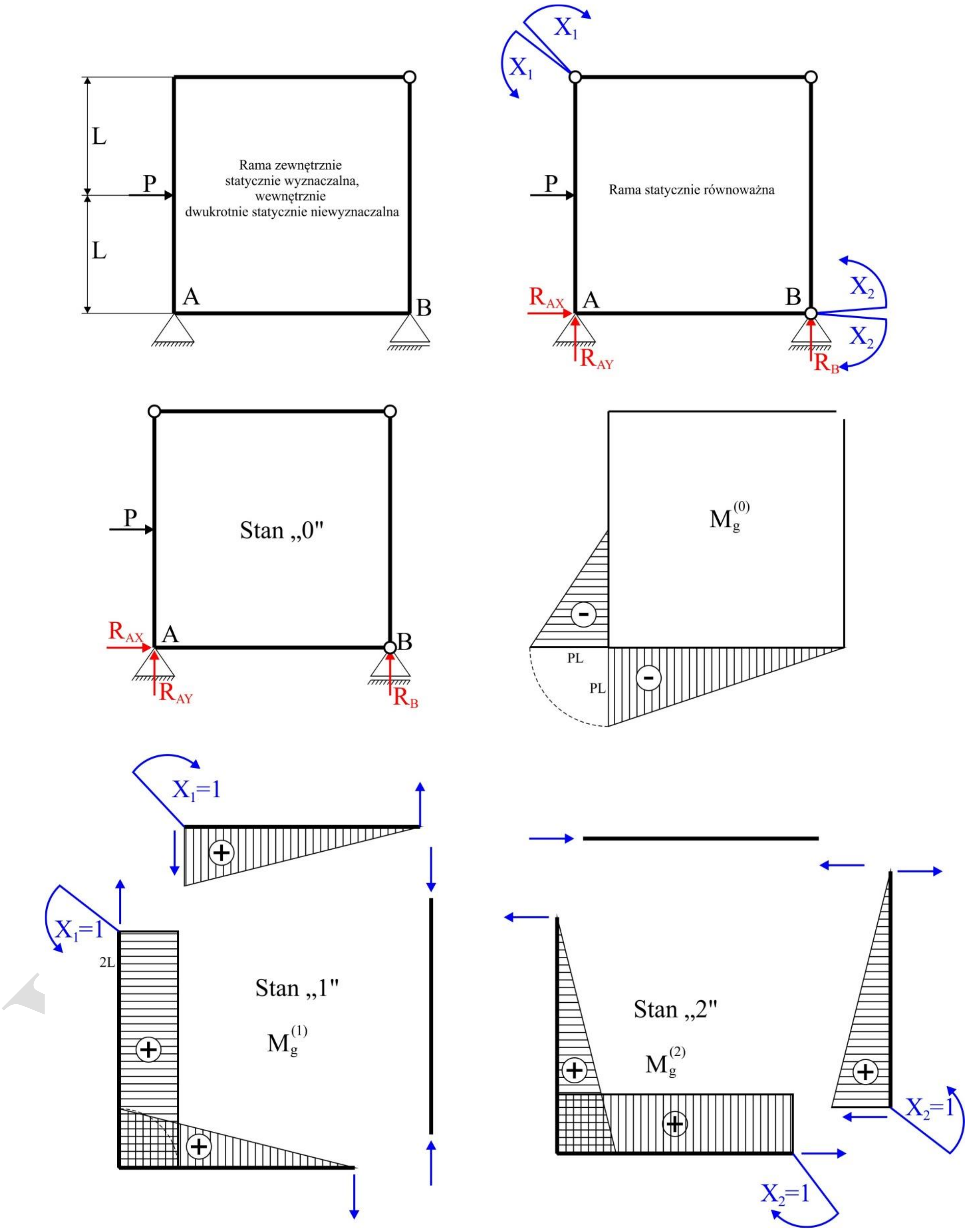
Ramy zamknięte w większości przypadków rozwiązuje się przy użyciu tzw. metody przecięć. W przypadku gdy wykonanie wymaganej liczby przecięć elementów ramy powoduje zamianę układu w mechanizm, stosuje się tzw. metodę przegubów.

Przykład: Rozwiązać ramę pokazaną na rysunku, stosując metodę przecięć



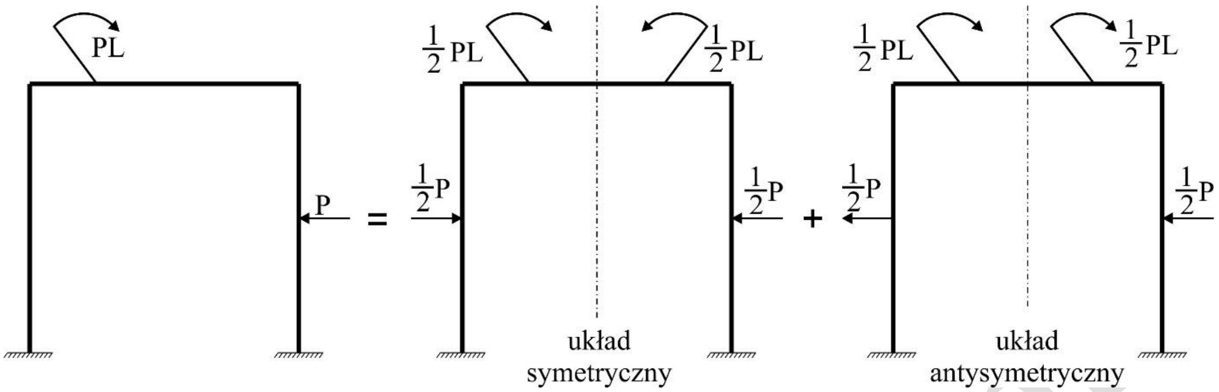
$$\alpha_{10} + \alpha_{11}X_1 + \alpha_{12}X_2 = 0$$
$$\alpha_{20} + \alpha_{21}X_1 + \alpha_{22}X_2 = 0 \qquad => \; X_1, X_2$$

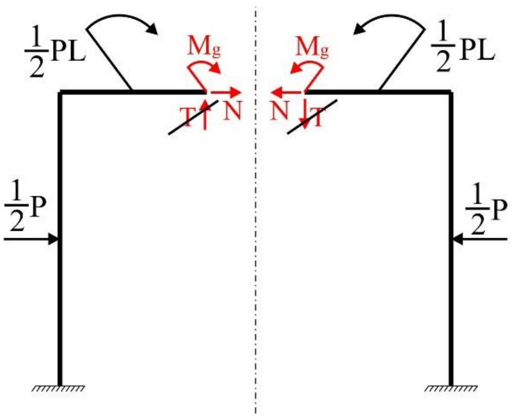
Przykład: Rozwiązać ramę pokazaną na rysunku, stosując metodę przegubów.

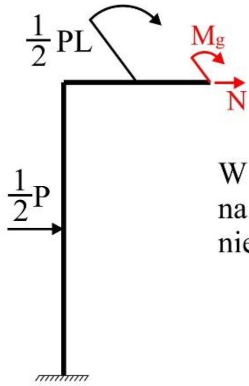


$$\alpha_{10} + \alpha_{11}X_1 + \alpha_{12}X_2 = 0$$
$$\alpha_{20} + \alpha_{21}X_1 + \alpha_{22}X_2 = 0 \qquad => \ X_1, X_2$$

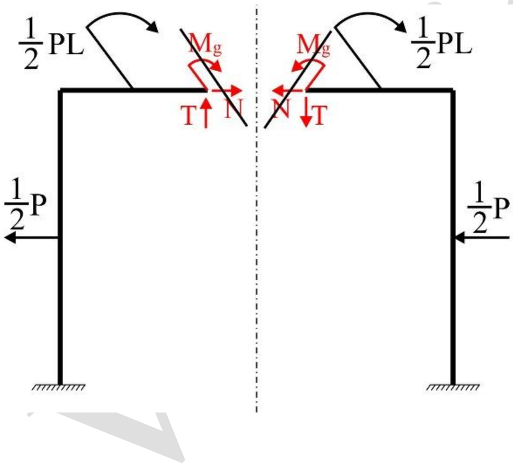
5) Symetria i antysymetria.

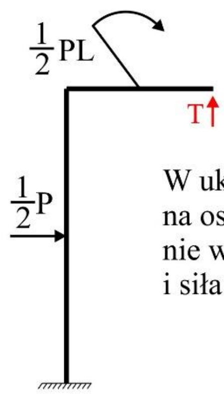






W układach symetrycznych
na osi symetrii
nie występuje siła tnąca!





W układach antysymetrycznych
na osi symetrii
nie występuje moment gnący
i siła normalna!