

## WZORY DLA METODY SIŁ – OBCIĄŻENIE DOWOLNE

### STOPIEŃ STATYCZNEJ NIEWYZNACZALNOŚCI

$$n_h = e - 3 \cdot t$$

gdzie  $t$  - liczba sztywnych tarcz otwartych,  
 $e$  - liczba więzi elementarnych łączących tarcze  $t$  między sobą i z fundamentem.

### RÓWNANIA KANONICZNE METODY SIŁ

Równania te są zapisem warunków zgodności przemieszczeń układu podstawowego i danego w miejscach i kierunkach przyjętych sił hiperstatycznych.

$$\sum_j \delta_{ij} \cdot X_j + \delta_{io} = \Delta_i^z, \quad \text{dla } i, j = 1, 2, \dots, n_h$$

gdzie

$\sum_j \delta_{ij} \cdot X_j + \delta_{io}$  (lewa strona równania) jest przemieszczeniem w układzie podstawowym w miejscu

i kierunku  $i$ -tej siły hiperstatycznej wywołanym siłami hiperstatycznymi i obciążeniem danym,  $\Delta_i^z$  (prawa strona równania) jest przemieszczeniem w układzie danym w miejscu i kierunku  $i$ -tej siły hiperstatycznej wywołanym obciążeniem danym,

$\delta_{ij} \cdot X_j$  jest przemieszczeniem w układzie podstawowym w miejscu i kierunku  $i$ -tej siły hiperstatycznej wywołanym  $j$ -tą siłą hiperstatyczną,

$\delta_{ij}$  jest przemieszczeniem, w układzie podstawowym, w miejscu i kierunku  $i$ -tej siły hiperstatycznej wywołanym  $j$ -tą siłą hiperstatyczną o wartości  $X_j = 1$ .

$X_j$  jest szukaną wielkością statyczną zastępującą usuniętą więź,

$\delta_{io}$  jest przemieszczeniem, w układzie podstawowym, w miejscu i kierunku  $i$ -tej siły hiperstatycznej wywołanym obciążeniem danym.

Współczynniki  $\delta_{ij}$  są przemieszczeniami wywołanymi siłami wyznaczane są więc z wykorzystaniem wzorów na przemieszczenia wywołane siłami.

Współczynniki  $\delta_{io}$  są przemieszczeniami wywołanymi obciążeniem danym (siły, zmiany temperatury lub przemieszczenia).

Jeśli obciążenie układu danego stanowią siły to współczynniki  $\delta_{io} = \delta_{iF}$  i są wyznaczane z wykorzystaniem wzorów na przemieszczenia wywołane siłami, jeśli układ poddany jest działaniu zmiany temperatury to współczynniki  $\delta_{io} = \delta_{iT}$  i wyznaczane są z wykorzystaniem wzorów na przemieszczenia wywołane zmianami temperatury a jeśli układ rozwiązywany jest od błędów montażu lub przemieszczeń podpór to współczynniki  $\delta_{io} = \delta_{i\Delta}$  i wyznaczane są z wykorzystaniem wzorów na przemieszczenia wywołane przemieszczeniami podpór i błędami montażu.

Współczynniki  $\delta_{ij}$  oraz  $\delta_{iF}$  lub  $\delta_{iT}$  lub  $\delta_{i\Delta}$  wyznaczamy z wzorów na przemieszczenia w układach statycznie wyznaczalnych (izostacyjnych).

### RZECZYWISTE SIŁY PRZEKROJOWE I REAKCJE

Wykorzystuje się tu warunek, że siły przekrojowe i reakcje w układzie danym od obciążenia danego są identyczne jak w układzie podstawowym od obciążenia danego i sił hiperstatycznych. Zamiast, więc wyznaczać określone wielkości statyczne bezpośrednio w układzie danym możemy wyznaczać je pośrednio przez wyznaczenie tych wielkości w układzie podstawowym. Możliwe jest dokonanie tego, po wyznaczeniu wartości sił hiperstatycznych, na dwa sposoby:

1. Rzeczywiste siły przekrojowe i reakcje można wyznaczyć przez rozwiązanie układu podstawowego obciążonego obciążeniem danym i znanymi już siłami hiperstatycznymi.
2. Rzeczywiste siły przekrojowe i reakcje można wyznaczyć wykorzystując zasadę superpozycji

$$S_\alpha = \sum_j \bar{S}_\alpha^j \cdot X_j + \bar{S}_\alpha^o$$

gdzie  $S_\alpha$  jest dowolną wielkością statyczną w miejscu  $\alpha$  (np. moment zginający ( $M_\alpha$ ), siłą tnącą ( $M_\alpha$ ), siłą osiową ( $N_\alpha$ ), reakcją ( $R_\alpha$ ), siłą w więzi sprężystej ( $S_\alpha$ ) itp.),  
 $\bar{S}_\alpha^j$  jest tą samą wielkością statyczną w układzie podstawowym wywołaną siłą hiperstatyczną  $X_j = 1$ ,  
 $\bar{S}_\alpha^o$  jest tą samą wielkością statyczną w układzie podstawowym wywołaną obciążeniem danym:  
 jeśli obciążenie dane stanowią siły to  $\bar{S}_\alpha^o = \bar{S}_\alpha^F$ ,  
 jeśli obciążenie dane stanowią zmiany temperatury to  $\bar{S}_\alpha^o = \bar{S}_\alpha^T = 0$ ,  
 jeśli obciążenie dane stanowią błędy montażu i przemieszczenia podpór to  $\bar{S}_\alpha^o = \bar{S}_\alpha^\Delta = 0$ .

## **RZECZYWISTE PRZEMIESZCZENIA**

Przemieszczenia w układach hiperstatycznych wyznaczamy wykorzystując wzory:

Wyzn-przem-wzory