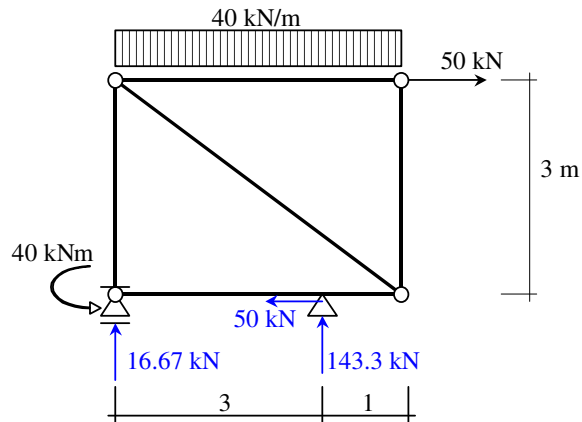
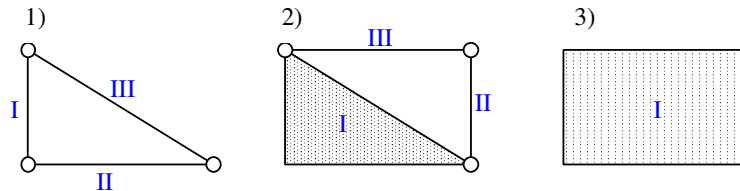


Układy złożone

Przykład 1

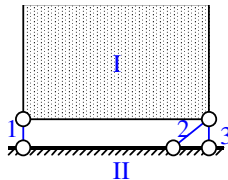


1. Analiza geometrycznej niezmienności wewnętrznej

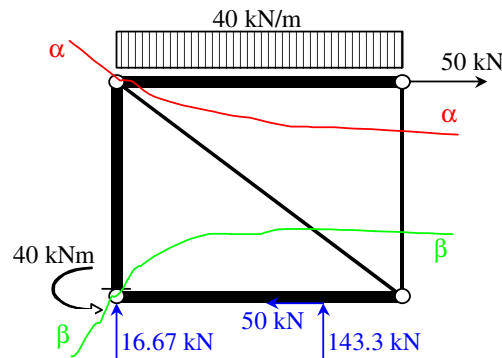


stwierdzamy, na podstawie twierdzenia o geometrycznie niezmiennym połączeniu 3 tarcz, geometryczną niezmienną wewnętrzną układu: krok 1), 2) i 3)

2. Analiza geometrycznej niezmienności zewnętrznej
z twierdzenia o geometrycznie niezmiennym połączeniu 2 tarcz wynika geometryczna niezmienną zewnętrzną układu

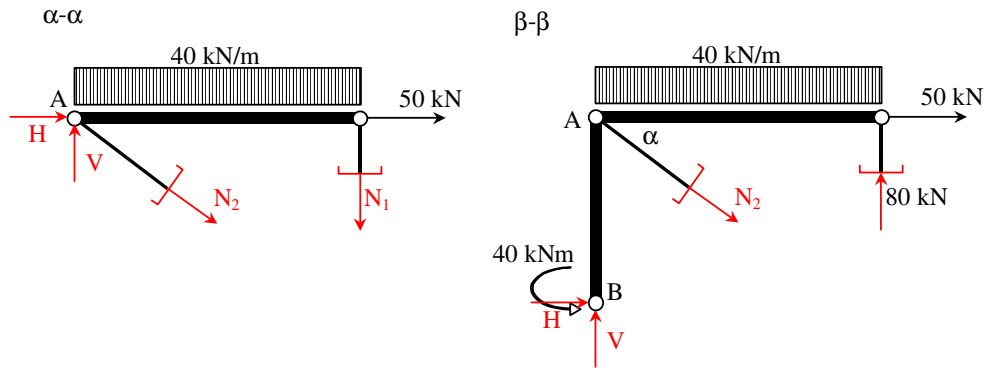


3. Ponieważ układ jest geometrycznie wewnętrznie niezmienny, obliczamy reakcje (standardowo, z równań równowagi). Ich wartości pokazano na pierwszym rysunku.
4. Wyróżnienie elementów zginanych
elementy zginane pogrubiamy, ma to uchronić nas przed (przedwczesnym) cięciem przez elementy zginane, w których mamy 3 niewiadome funkcje sił przekrojowych: $M(x)$, $Q(x)$ i $N(x)$



w naszym przykładzie mamy 3 elementy zginane (z uwagi na obciążenie na nich) oraz 2 pręty kratowe; położenie prętów kratowych sugeruje nam przekroje cięcia: α - α , β - β

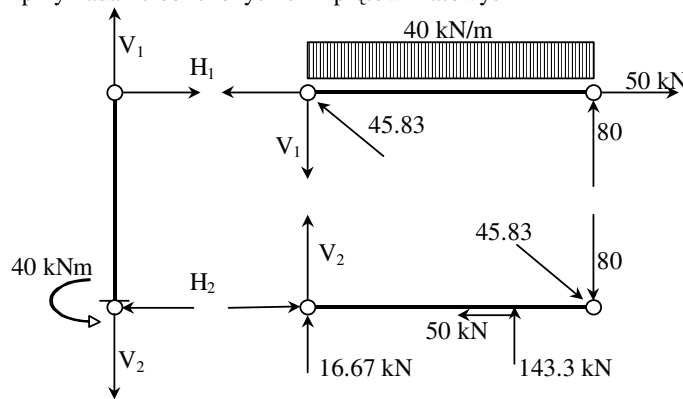
5. Obliczenie prętów kratowych



z przekroju α - α : $\Sigma M_A = 0 \rightarrow 4 N_1 + 40 \cdot 4 \cdot 2 = 0 \rightarrow N_1 = -80 \text{ kN}$,

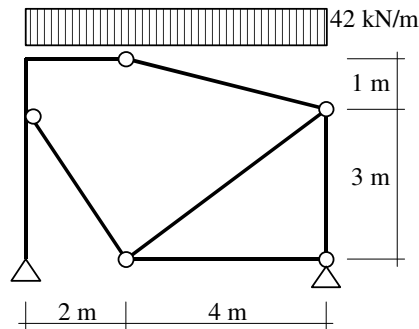
z przekroju β - β : $\Sigma M_B = 0 \rightarrow 3 N_2 \cos\alpha + 40 \cdot 4 \cdot 2 - 80 \cdot 4 + 50 \cdot 3 - 40 = 0 \rightarrow N_2 = -45.83 \text{ kN}$

6. Wykresy $M(x)$, $Q(x)$, $N(x)$ dla elementów zginanych
po obliczeniu prętów kratowych określamy siły przekrojowe w elementach zginanych poprzez kolejne ich wycinanie z układu i przykładanie obliczonych sił z prętów kratowych

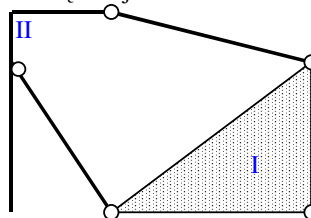


7. Sprawdzenia

Przykład 2

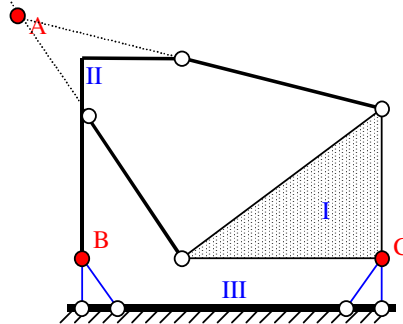


1. Analiza geometrycznej niezmienności wewnętrznej



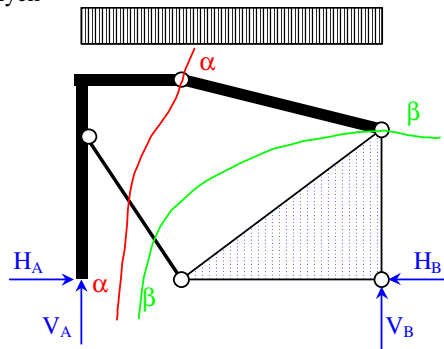
z twierdzenia o 2 tarczach: układ wewnętrznie geometrycznie zmienny; wewnętrzna zmienność sugeruje że obliczenie reakcji będzie wymagało – oprócz równań równowagi – dodatkowych równań (przegubów lub wynikających z koniecznych dodatkowych cięć); w tym wypadku, ponieważ nie jest to klasyczny układ 3-przegubowy, będzie trzeba wykonać dodatkowe cięcia, sugerowane powyższą analizą (tnąc staramy się nie rozcinać tarcz)

2. Analiza geometrycznej niezmienności zewnętrznej



z twierdzenia o 3 tarczach (punkty A,B,C nie leżą na jednej prostej) układ jest zewnętrznie geometrycznie niezmienny

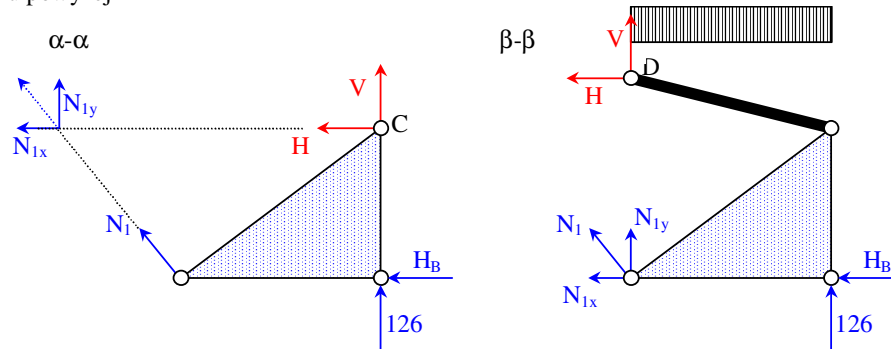
3. Wyróżnienie elementów zginanych



wyróżniamy 2 pręty zginane: oba z uwagi na obciążenie a jeden z nich dodatkowo ze względu na to że nie jest prętem prostym, pozostałe pręty są kratowe; z sumy momentów względem podpór, mamy:
 $V_A = V_B = 126.0 \text{ kN}$

4. Dobór przekrojów i obliczenie siły w pręcie kratowym

mamy jedynie 2 możliwości, aby nie przecinać przekrojem tarczy ani pręta zginanego: są to cięcia α - α i β - β na rysunku powyżej



na podstawie narysowanych przekrojów, obliczamy:

$$\Sigma M_C = 0: \quad 6 N_{1y} + 3 H_B = 0 \rightarrow 6 \cdot 0.8321 N_1 + 3 H_B = 0 \rightarrow H_B = -1.664 N_1$$

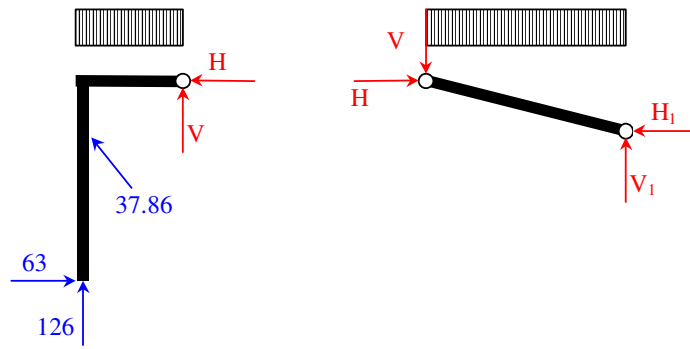
$$\Sigma M_D = 0: \quad 4 N_{1x} + 42 \cdot 4 + 4 H_B - 4 \cdot 126 = 0 \rightarrow \dots \rightarrow N_1 = -37.86 \text{ kN}, H_B = 63.0 \text{ kN}$$

5. Obliczenie pozostałych prętów kratowych

metodą równoważenia węzłów obliczamy pozostałe pręty kratowe

6. Rozwiązanie elementów zginanych

A. Zaborski Układy złożone



7. Wykresy zbiorcze
po obliczeniu prętów zginanych sporządzamy dla nich zbiorcze wykresy (bez prętów kratowych, dla których wystarczy podać wartość siły podłużnej ze znakiem)

8. Sprawdzenia

dla kontroli sprawdzamy równowagę węzła D:

$$\Sigma X = 42 - 22.92 \cdot 0.9701 - 81.49 \cdot 0.2425 = 0.004 \text{ kN} \approx 0$$

$$\Sigma Y = 73.5 + 22.92 \cdot 0.2425 - 81.49 \cdot 0.9701 = 0.005 \text{ kN} \approx 0$$

