



WYDZIAŁ INŻYNIERII
LĄDOWEJ I
TRANSPORTU

BUDOWNICTWO MOSTOWE I

Ćwiczenia projektowe





Poprzeczny rozdział obciążenia ruchomego



Omawiany zakres projektu

4. Poprzeczny rozdział obciążenia (PRO) użytkowego metodą sztywnej poprzeczniczy
 - Założenia metody sztywnej poprzeczniczy (wzór z objaśnieniem symboli)
 - Wyznaczenie linii wpływu PRO dla dwóch dźwigarów (szkice)
 - Wyznaczenie obciążenia wypadkowego dla obu dźwigarów (szkic przekroju z linią wpływu PRO i ustawieniem obciążenia użytkowego na pomoście)
 - Wniosek z PRO



Poprzeczny rozdział obciążenia (PRO) użytkowego pozwala określić wypadkową wartość obciążeń – Q [kN] i q [kN/m] (będących efektem działania obciążeń modelu LM1 oraz tłumy pieszych) przypadających na rozpatrywany dźwigar.

Definicja linii wpływu PRO (LwpRPO): jest to funkcja, która opisuje zależność wartości obciążenia danego dźwigara wywołanego siłą jednostkową w zależności od położenia tej siły na szerokości pomostu.

W zależności od sztywności elementów tworzących ustrój nośny istnieją różne metody wyznaczania linii wpływu poprzecznego rozkładu obciążenia:

- Metoda rozciętej poprzecznicy dla np. układów dwudźwigarowych z pomostem niewspółpracującym,
- Metoda sprężystych podpór (sprężyste dźwigary główne)

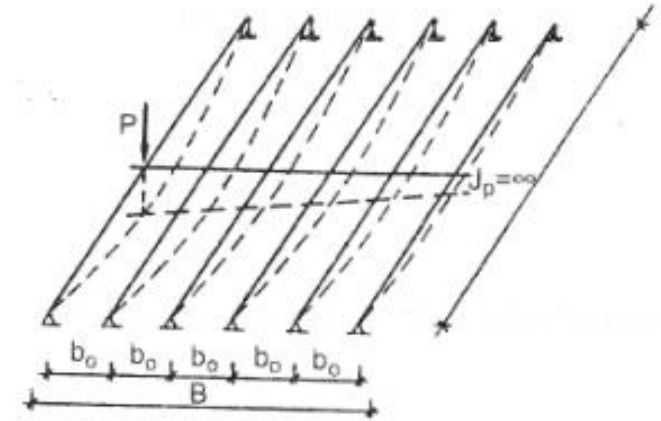


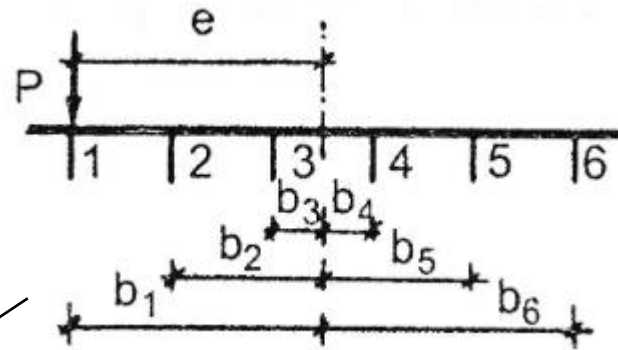
- wykorzystująca podobieństwo ustroju belkowo-płytowego do płyty ortotropowej (np. metoda Guyona-Massonneta)
- traktujące poprzecznice jako element sztywny (**metoda tzw. sztywnej poprzecznicy**)
- metody wykorzystujące linie wpływu albo powierzchnie wpływu wyznaczone przy wykorzystaniu programów do analizy konstrukcji metodą elementów skończonych.

Metoda sztywnej poprzecznicy

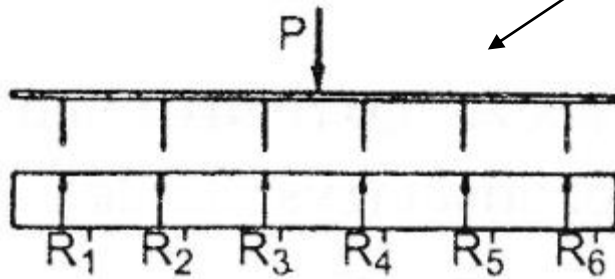
Założenia metody:

- przęsła wielobelkowe traktujemy jako ruszt belkowy przegubowy z jedną nieskończenie sztywną poprzecznicą w środku przęsła
- obciążenie jednostkowe P przyłożone na długości poprzecznicy wywoła jej obrót oraz moment skręcający równy odpowiednim wartościami reakcji dla każdego dźwigara
- rozstawy dźwigarów i ich sztywność są stałe





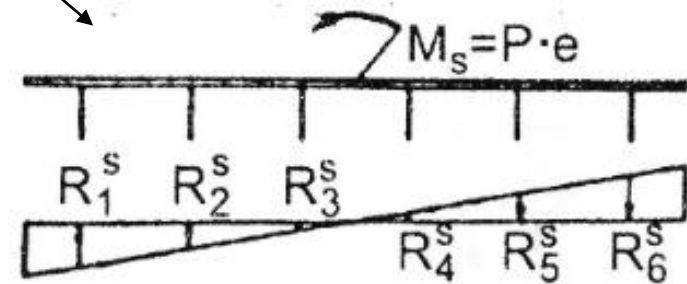
$$R_1 = R_1' + R_1^s$$



Efekt siły P

$$R_1' = \frac{1}{6}$$

Ilość dźwigarów



Efekt momentu skręcającego $M=Pe$

$$R_1^s = \frac{M_s \cdot b_1}{\sum_{i=1}^6 b_i^2}$$



Rzędne linii wpływu RPO

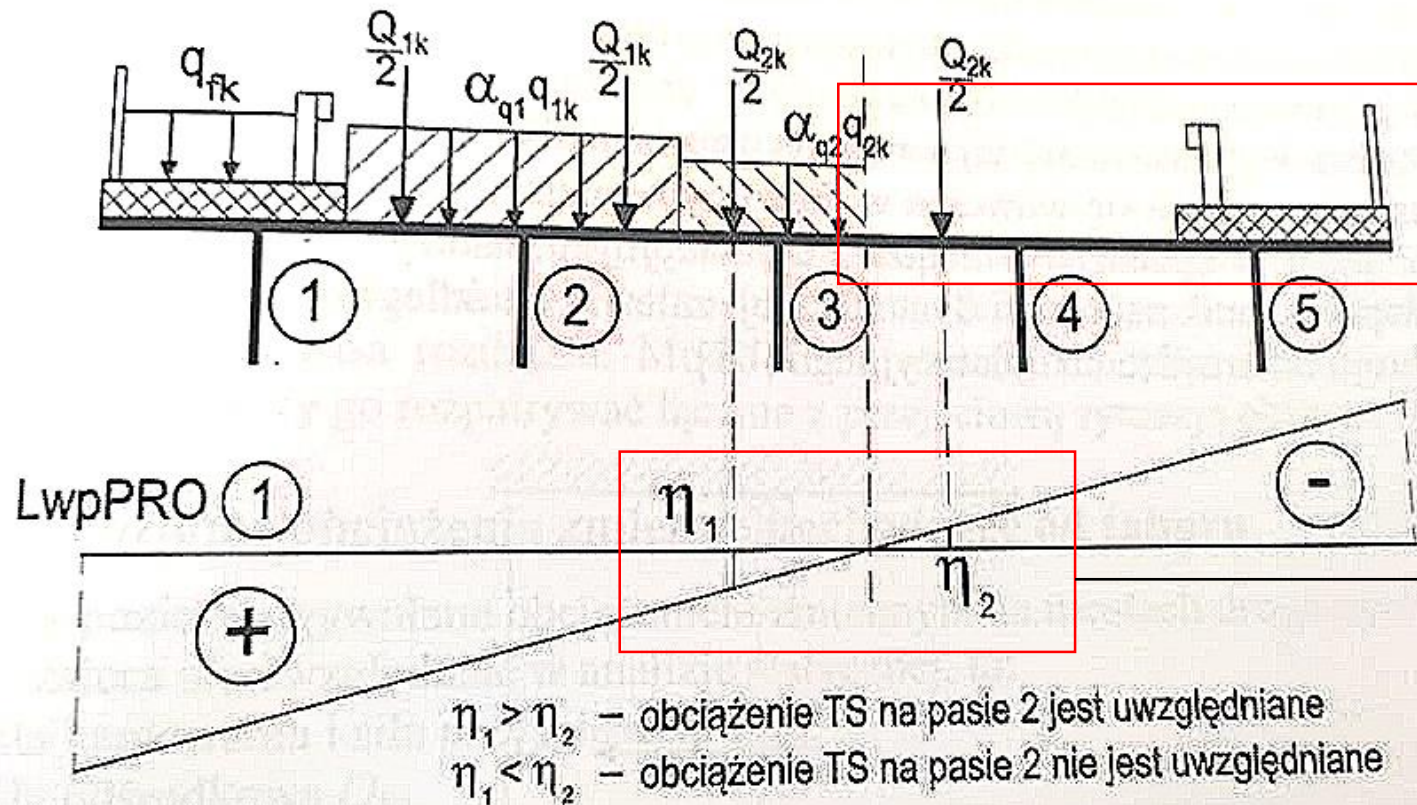
$$\eta_{ij} = \frac{1}{n} \pm \frac{b_i \cdot b_j}{\sum_{i=1}^n b_i^2}$$

Gdzie:

n – liczba dźwigarów

b_i – odległość osi i -tego dźwigara od środka ciężkości rusztu

b_j – odległość położenia siły od środka ciężkości rusztu



Nie przykładamy obciążenia ciągłego tam, gdzie linia wpływu jest ujemna, obciążenie ciągłe możemy przerywać dowolnie

Jeżeli suma rzędnych η_1 i η_2 jest dodatnia to uwzględnia się cały tandem przy obliczaniu Q , w innym przypadku pomija się tandem (tandemu nie można rozdzielać!)



Obliczanie wartości obciążenia zastępczego

Wartości obciążenia Q i q oblicza się następująco:

$$Q = \sum_{i=1}^n \frac{Q_{ik}}{2} \cdot \eta_j \quad [kN] \qquad q = \sum_{i=1}^n q_{ik} \cdot A_j \quad [kN/m]$$

Gdzie:

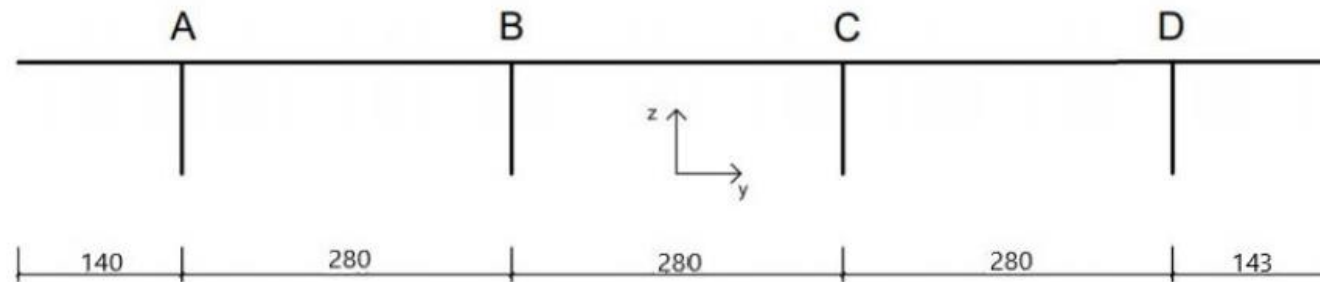
η_j – rzędne linii wpływu RPO pod poszczególnymi siłami skupionymi tandemów

A_j [m] – pola linii wpływu pod poszczególnymi obciążeniami UDL z obszaru jezdni oraz obciążeniem tłumy pieszych na chodniku

Obliczenia wykonujemy dla najbardziej obciążonych dźwigarów skrajnych.

Przykład obliczeniowy

Przykład obliczeń dla dźwigara A:

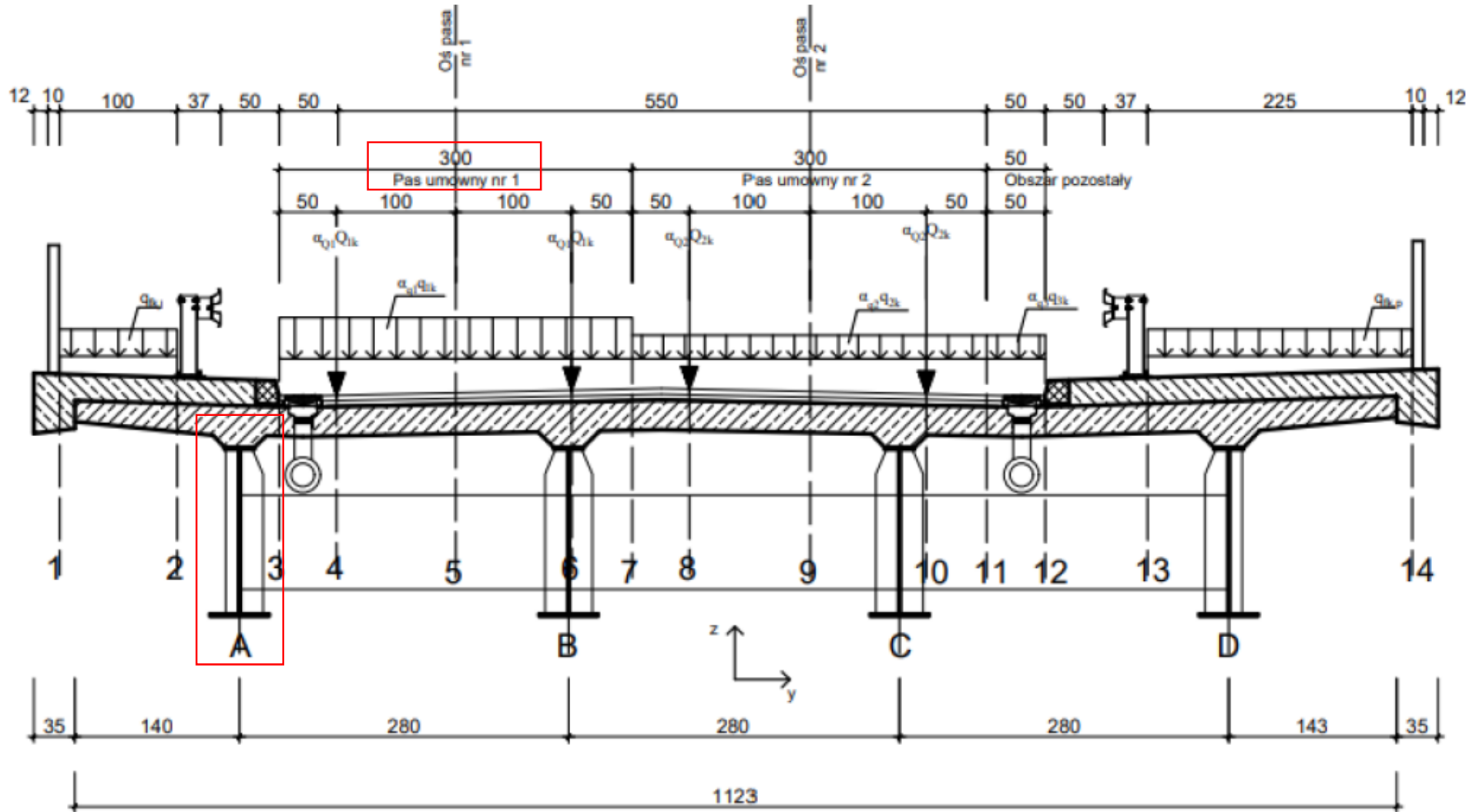


$$\eta_{ij} = \frac{1}{n} + \frac{b_i \cdot b_j}{\sum_{i=1}^n b_i^2}$$

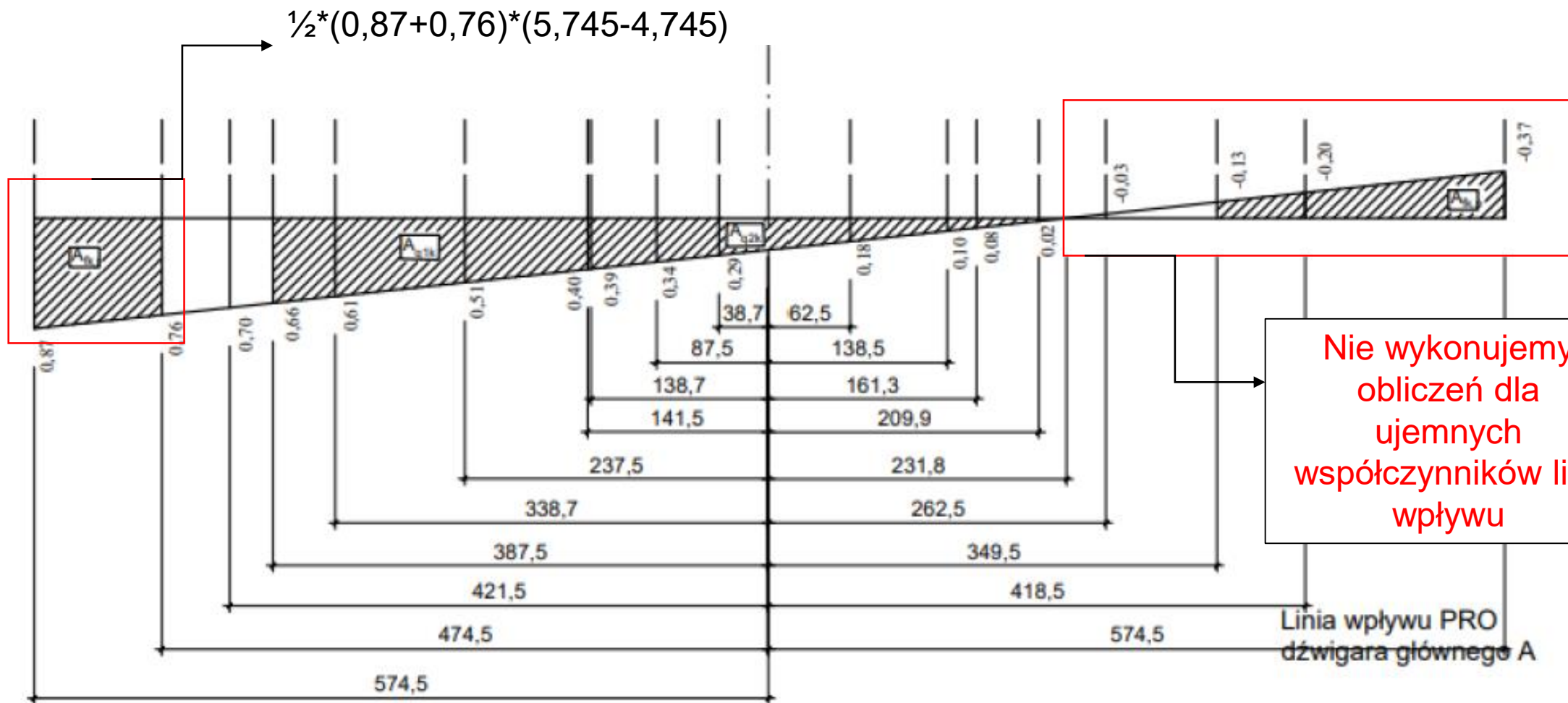
4

4,2

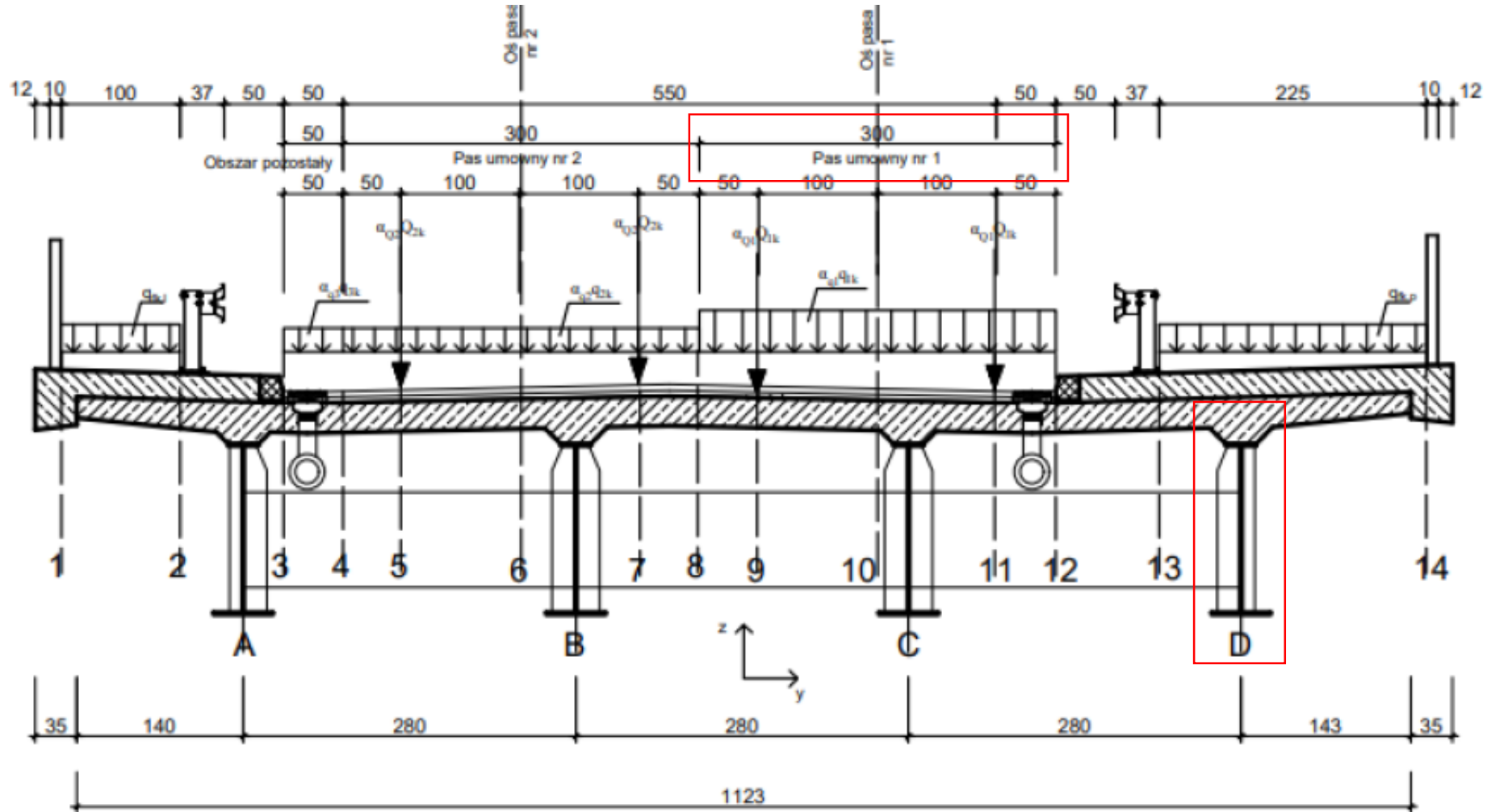
$4,2^2 + 1,4^2 + (-4,2)^2 + (-1,4^2) = 39,2$

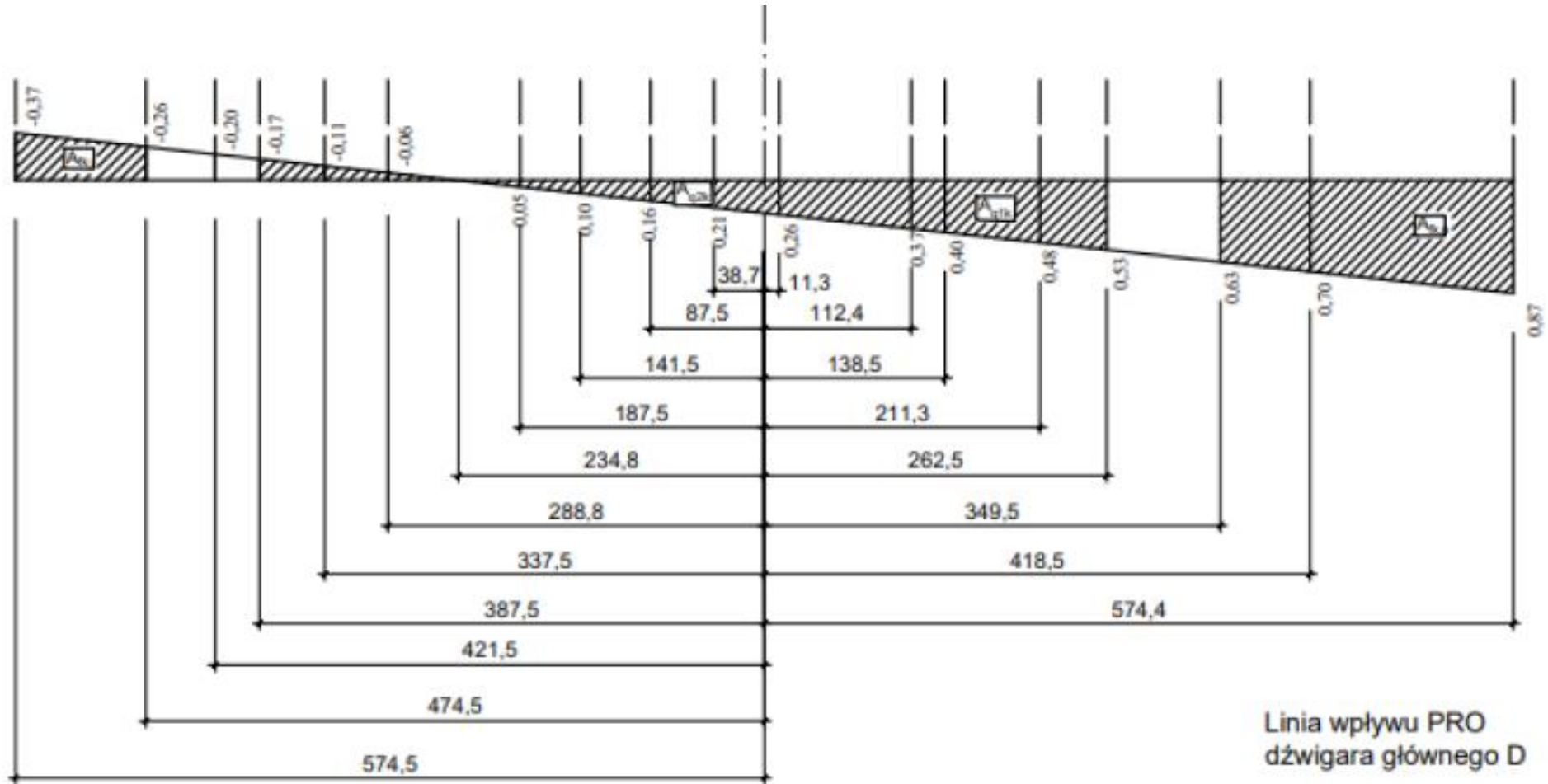


Liczmy wartości rzędnych linii wpływu w osiach dźwigarów, na początku i końcu UDL i w miejscu przyłożenia sił skupionych tandemem.



Dla symetrycznych przekrojów poprzecznych linia wpływu dźwigara D byłaby lustrzanym odbiciem linii wpływu dźwigara A







Należy obliczyć obciążenie wypadkowe przypadające na skrajne dźwigary i wyznaczyć dźwigar mocniej obciążony do obliczeń statycznych.

$$q_A = ?$$

$$Q_A = ?$$

$$q_D = ?$$

$$Q_D = ?$$

Pod obliczeniem obciążenia wypadkowego należy załączyć komentarz o wyborze dźwigara.



Statyka



Omawiany zakres projektu

5. Wyznaczenie wartości sił wewnętrznych z podziałem na obciążenia

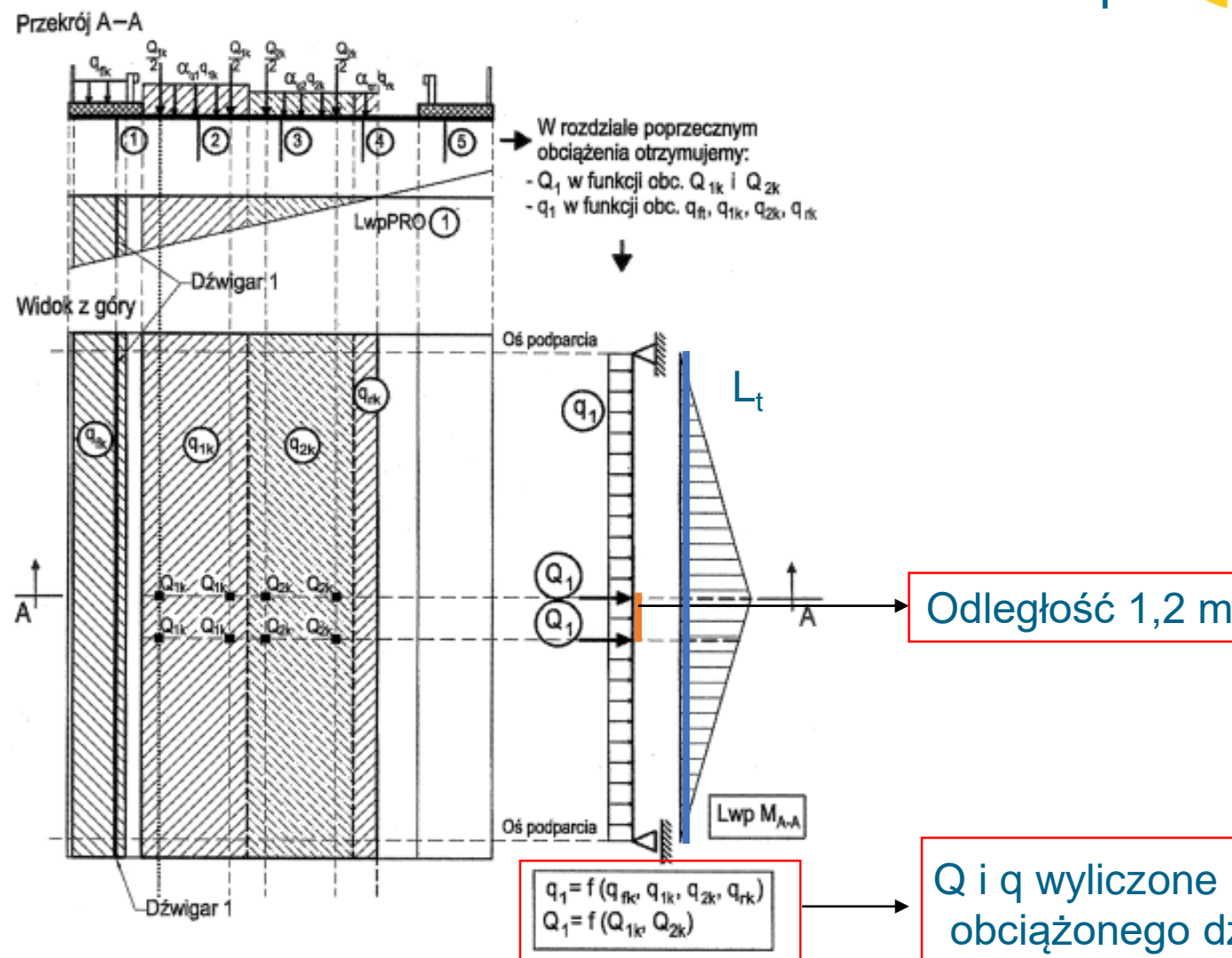
- Belkę podzielić na 10 równych odcinków ($\Delta L_t = 1/10 \cdot L_t$)
- Obliczenia wykonać na podstawie linii wpływowych (szkice) w przekrojach:

5.1 1,2,3,4,5 – dla momentu zginającego

5.2 0,1,2,3,4,5 – dla siły poprzecznej

5.3 Zestawić wartości sił dla poszczególnych przekrojów tabelarycznie i za pomocą wykresów węzły numerować od 0 (podpora lewa) do 10 (podpora prawa)

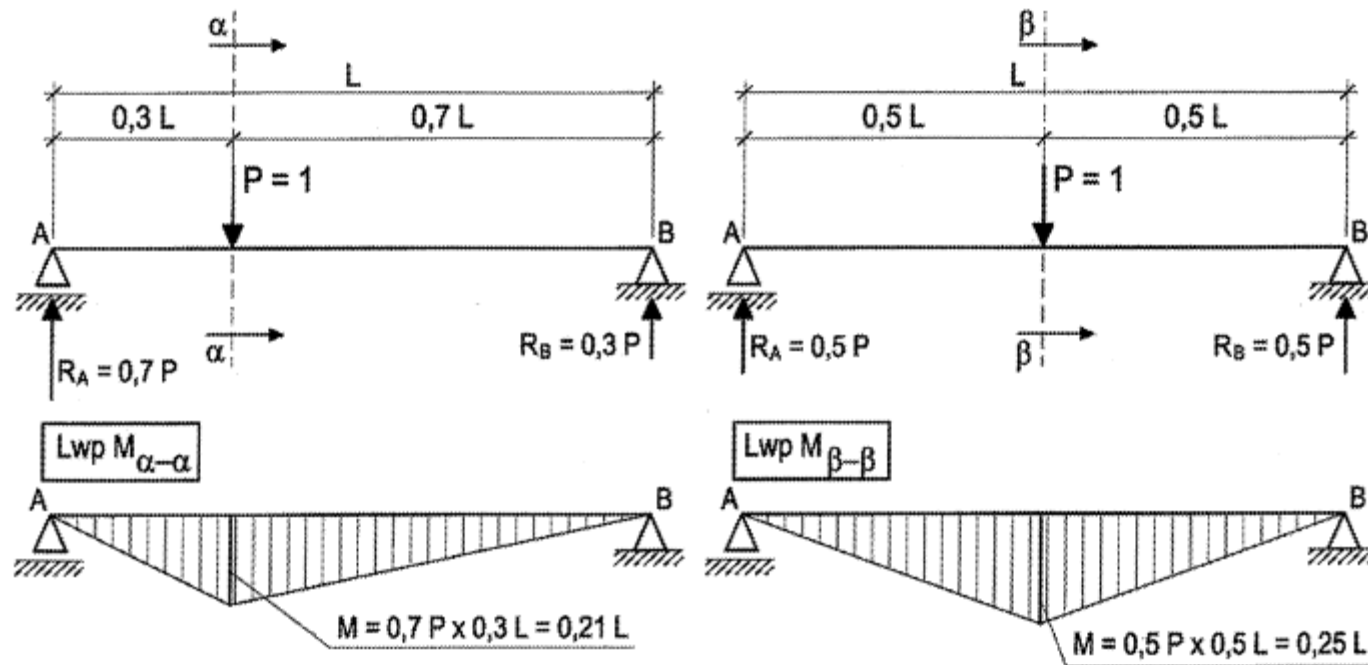
5.4 liczba przekrojów wynika z symetrii belki



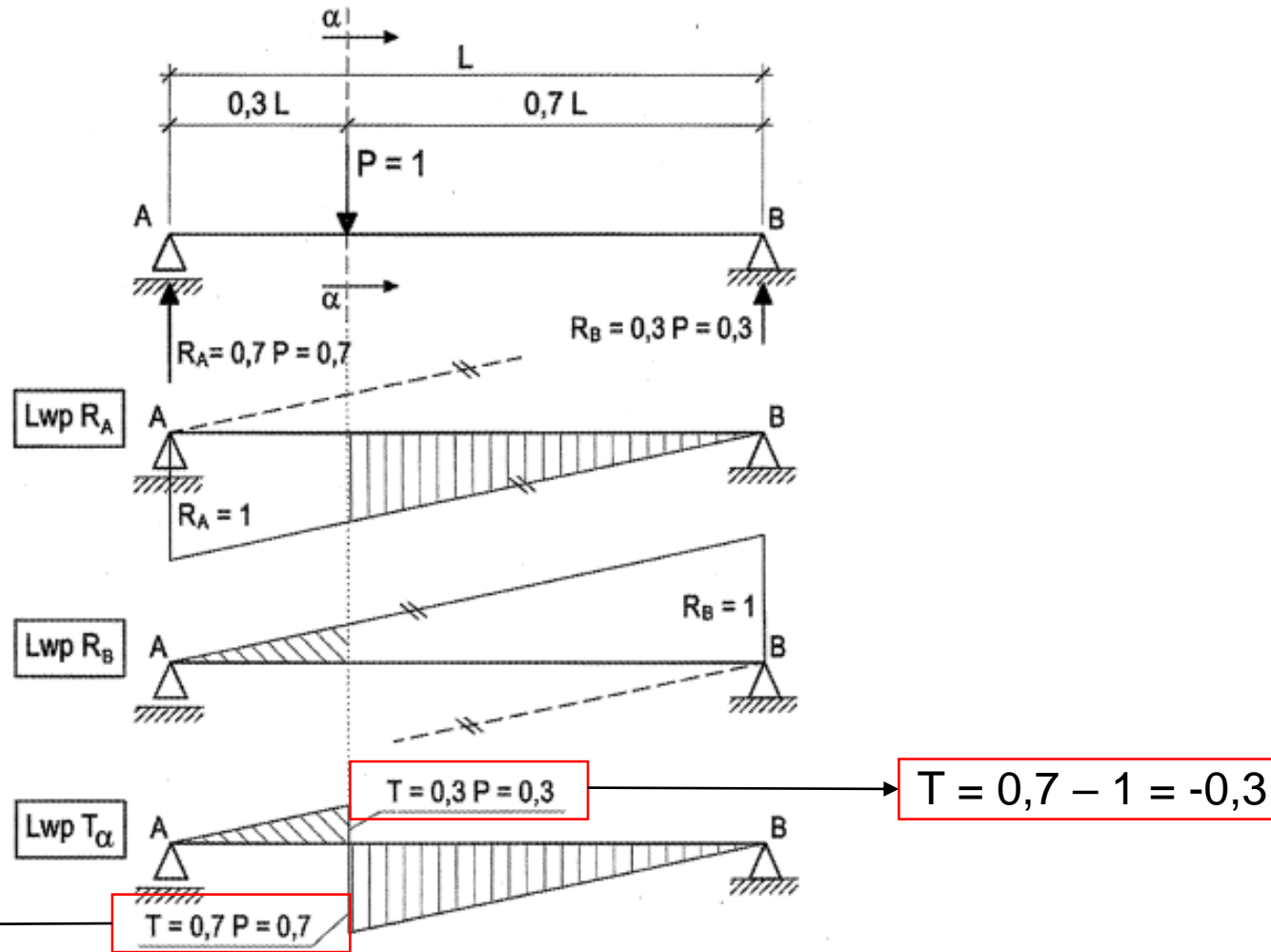
Rys. 5.24. Wykorzystanie rozdziału poprzecznego obciążenia w typowym moście belkowym. Przykład przyłożenia obciążeń zmiennych (dla schematu LMI zgodnie z systemem norm PN-EN) działających na dźwigar skrajny (1)

Q i q wyliczone dla bardziej obciążonego dźwigara na podstawie RPO

Linie wpływu oblicza się z **zgodnie z zasadami mechaniki budowli**. Na ich podstawie można określić wartości poszukiwanych wielkości statycznych wywołanych obciążeniami zarówno stałymi jak i zmiennymi, przyjętymi zgodnie z dowolnym systemem norm obciążeniowych



Rys. 5.26. Tworzenie linii wpływu momentów zginających w belce wolnopodpartej



Obciążenia zmienne

$$A = \frac{1}{2} \cdot L_t \cdot \eta_1$$

$$M(\text{LM1}) = q_{k, d\dot{z}-1} \cdot A + Q_{k, d\dot{z}-1} \cdot (\eta_1 + \eta_2)$$

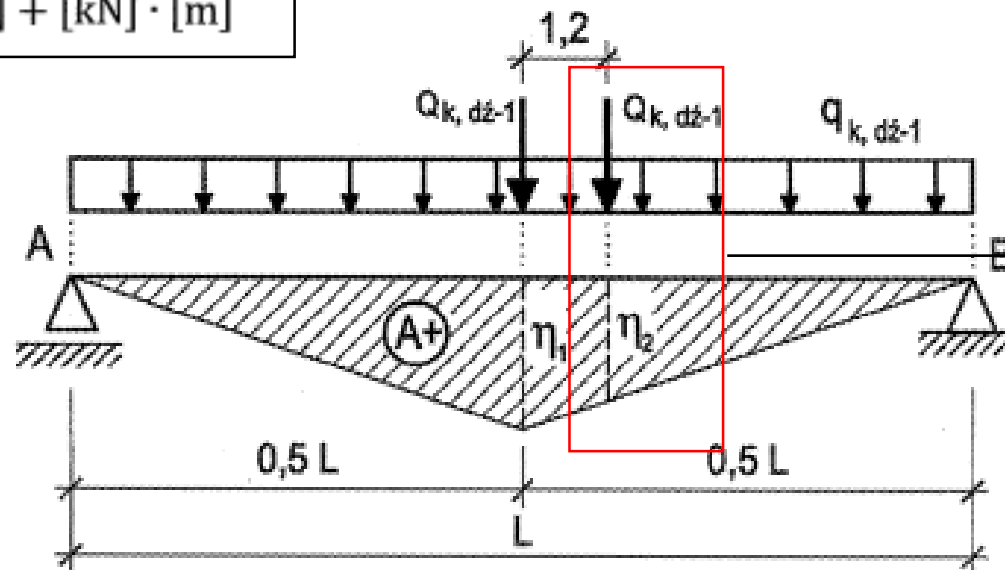
$$[\text{kNm}] = \left[\frac{\text{kN}}{\text{m}} \right] \cdot [\text{m}^2] + [\text{kN}] \cdot [\text{m}]$$

$$M_{\text{inf}} = q_{\text{inf}} \cdot A$$

$$M_{\text{sup}} = q_{\text{sup}} \cdot A$$

M_{maks}

Lwp $M_{1/2}$



$$\eta_2 = 0,5 \cdot (0,5L_t - 1,2\text{m})$$

Rys. 5.31. Linia wpływu momentu zginającego dla przekroju w środku rozpiętości przęsła wraz z obciążeniem zastępczym

$$T_{maks}(LM1) = q_{k, d\dot{z}-1} \cdot A^+ + Q_{k, d\dot{z}-1} \cdot (\eta_1 + \eta_2)$$

$$T_{min}(LM1) = q_{k, d\dot{z}-1} \cdot A^- + Q_{k, d\dot{z}-1} \cdot (\eta_1' + \eta_2')$$

$$[kN] = \left[\frac{kN}{m} \right] \cdot [m] + [kN] \cdot [-]$$

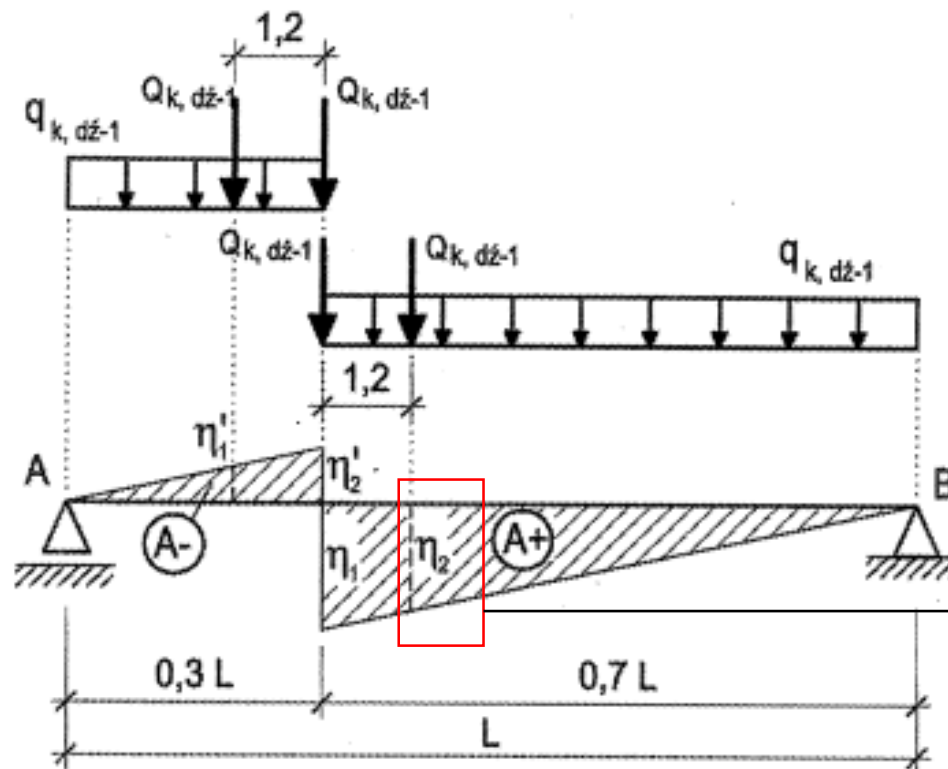
$$T_{inf} = q_{inf} \cdot (A^+ + A^-)$$

$$T_{sup} = q_{sup} \cdot (A^+ + A^-)$$

T_{min}

T_{maks}

Lwp $T_{1/3}$



Można wyznaczyć z proporcji $\eta_1/0,7L = \eta_2/(0,7L - 1,2)$

Rys. 5.32. Linia wpływu siły poprzecznej dla przekroju w 0,3 rozpiętości L przęsła wraz z obciążeniem zastępczym



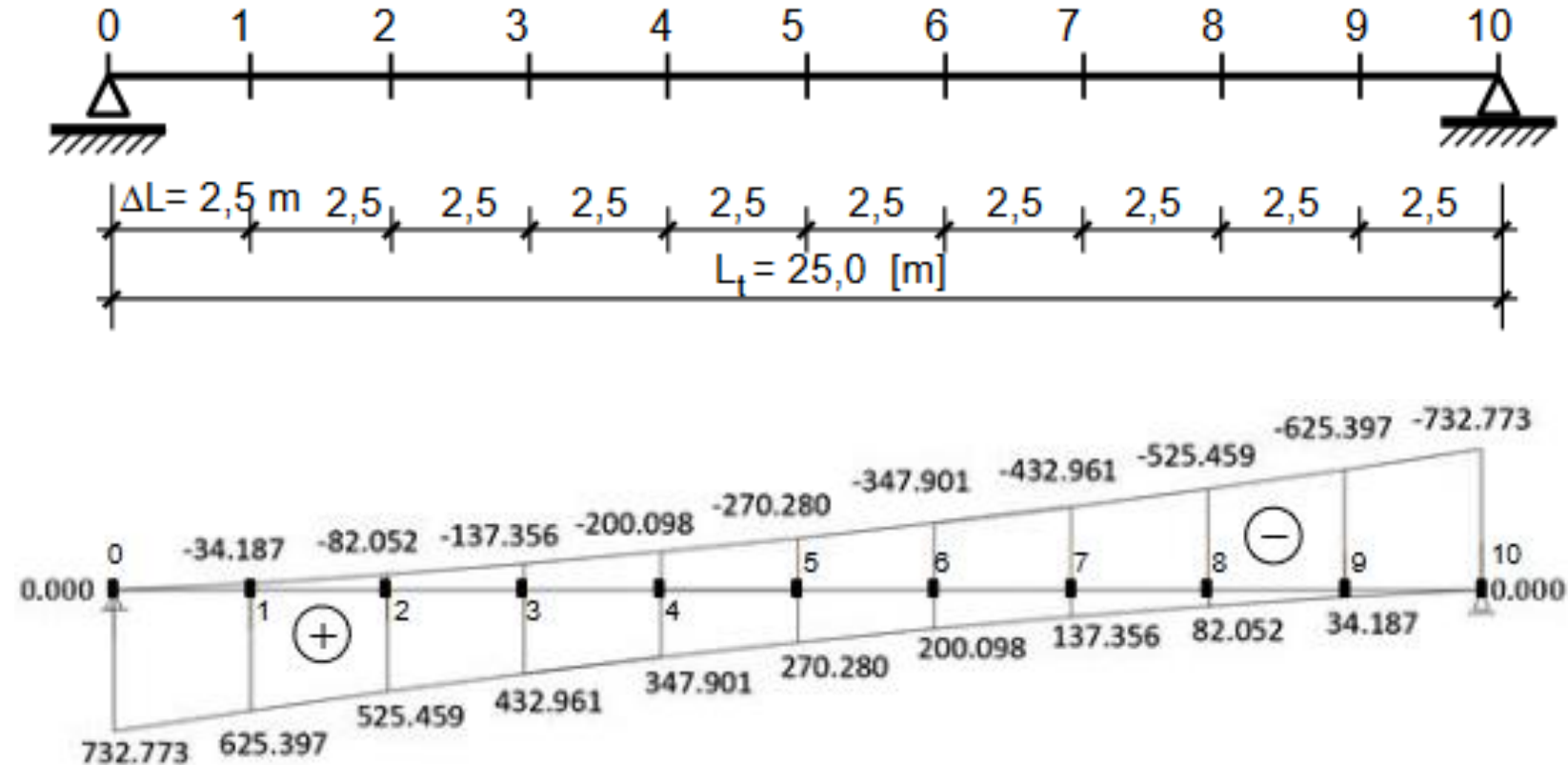
W obliczeniach statycznych należy wykonać również obliczenia M_{sup} i M_{inf} oraz T_{sup} i T_{inf} dla tych samych linii wpływu stosując odpowiednio q_{sup} i q_{inf} .

Wartości momentów i tnących w przekrojach od 1 do 10 należy zestawić tabelarycznie i narysować tzw. **obwiednie momentów** dla wartości obliczeniowych.

Punkt	Oddziaływania stałe		Oddziaływania zmienne
	M_{inf} [kNm]	M_{sup} [kNm]	M [kNm]
1 - 10			

Punkt	Oddziaływania stałe		Oddziaływania zmienne	
	T_{inf} [kN]	T_{sup} [kN]	T_{min}	T_{max}
1 - 10				

Obwiednią sił wewnętrznych (T lub M) nazywamy wykres przedstawiający zakres zmienności danej wielkości statycznej (minimum i maksimum) dla dowolnego wybranego przekroju konstrukcji wynikający ze zmienności położenia obciążeń ruchomych. Obwiednia jest wykreślana dla wszystkich zdefiniowanych przekrojów wzdłuż całej belki (konstrukcji).



Obwiednia sił poprzecznych T od obciążeń zmiennych. Należy wykonać również obwiednie tnących i momentów od oddziaływań stałych.