

CZESŁAW MACHELSKI¹⁾
GRZEGORZ GŁUCH²⁾
MICHAŁ PIGOŃ³⁾

ANALIZA PARAMETRYCZNA TRZYDŹWIGAROWYCH PRZĘSŁ BETONOWYCH

STRESZCZENIE. W pracy przedstawiono wyniki analizy statycznej przęseł betonowych mostów średniej rozpiętości o konstrukcji trzydźwigarowej. Obliczenia wykonano z wykorzystaniem specjalnie przygotowanego, własnego modelu geometrii przęsła jako układu płytowo-żebrowego. Wyniki obliczeń sprowadzono do powszechnie stosowanych w projektowaniu mostów współczynników rozdziału obciążenia. Jako zmienne parametry analizy przyjęto proporcje: wymiarów rzutu poziomego przęsła, czyli rozpiętości do szerokości; sztywności giętnej oraz sztywności skrętnej dźwigara odniesionych do sztywności płyty pomostowej. Oszacowano również wpływ długości zamocowania płyty wzdłuż żebra oraz ukosu konstrukcji na współczynniki rozdziału obciążenia. Na podstawie rezultatów obliczeń sporządzono wykresy zmian współczynników rozdziału obciążenia. Na przykładzie obliczeń wybudowanej, ukośnej konstrukcji trzyprzęsłowej o zróżnicowanych rozpiętościach wskazano na możliwości wykorzystania podanych w pracy wykresów z analizy parametrycznej również do obliczeń przęseł o złożonej geometrii.

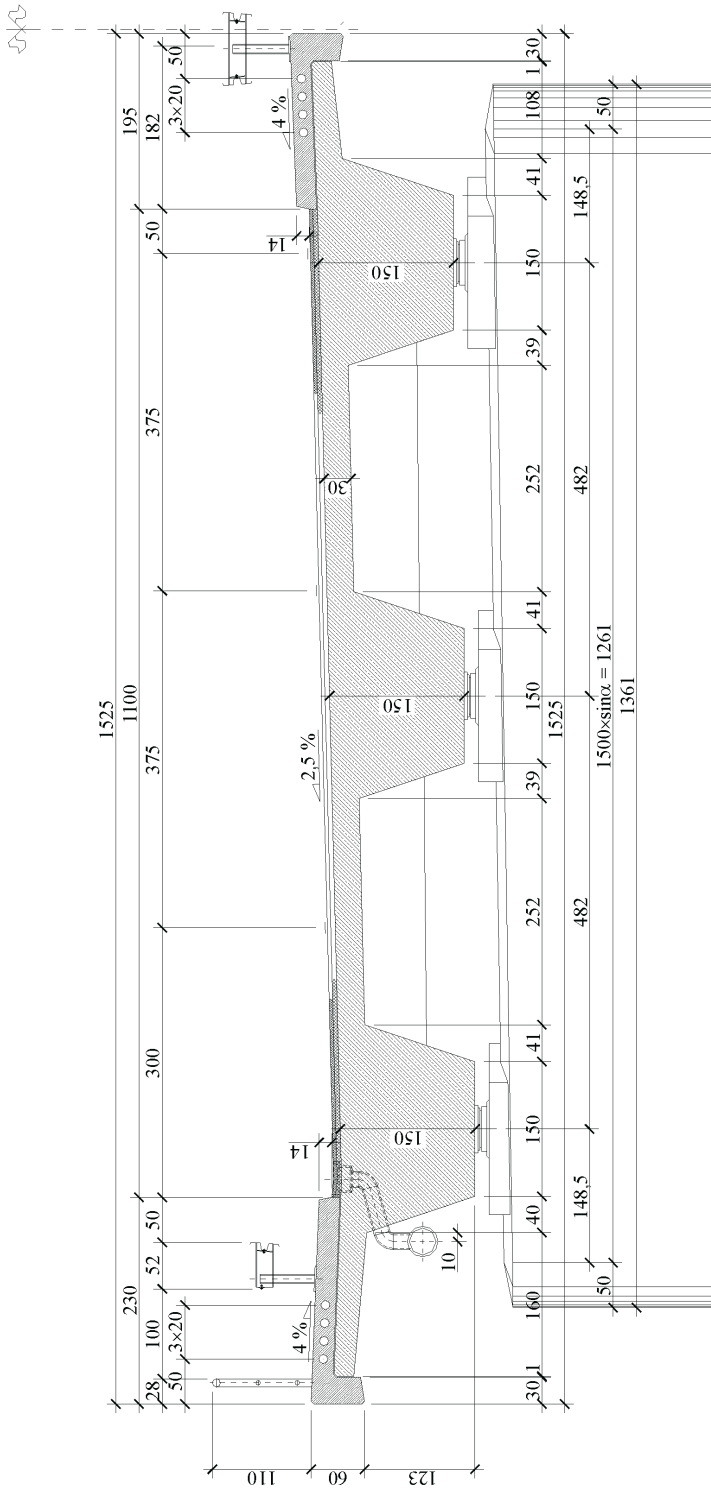
1. WPROWADZENIE

Obecnie budowane przęsła jako układy dwu- i trzydźwigarowe (w przekroju poprzecznym mostu) są efektywne w stosunku do klasycznych mostów wielodźwigarowych.

¹⁾ dr hab. inż. – prof. Uniwersytetu Zielonogórskiego, Wydział Inżynierii Lądowej i Środowiska

²⁾ mgr inż. – doktorant Wydziału Budownictwa Lądowego i Wodnego Politechniki Wrocławskiej

³⁾ mgr inż. – Profil, Grupa ARCADIS Polska, Biuro Wrocław



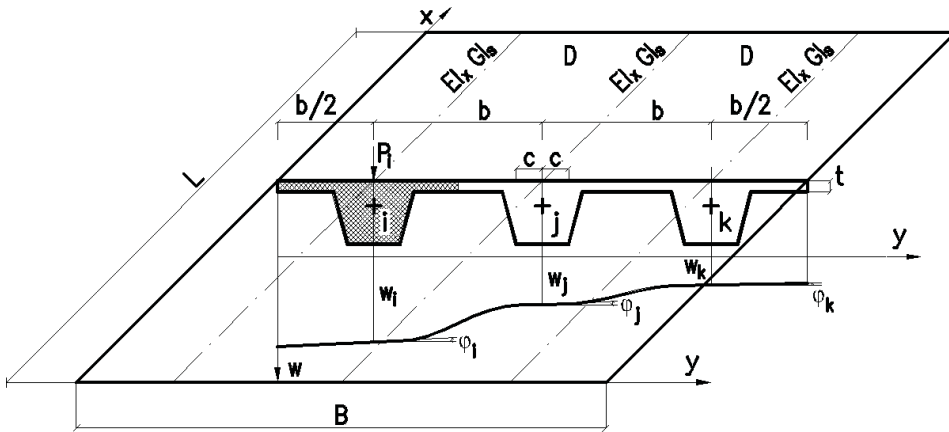
Rys. 1. Przekrój poprzeczny analizowanego przęsła
 Fig. 1. Cross-section of the analysed span

Charakteryzują się one bowiem mniejszym zużyciem materiałów konstrukcyjnych. Przy tym są wystarczająco sztywne w obiektach o dużych szerokościach. Z tego powodu, w wielu przypadkach stosuje się jako mosty drogowe konstrukcje dwudźwigarowe, a przy większych szerokościach przęsła trzydźwigarowe. Mosty o małej liczbie dźwigarów są również atrakcyjne pod względem architektonicznym, szczególnie w układach wieloprzęsłowych o średniej rozpiętości ze względu na ograniczone rozmiary podpór pośrednich np. słupowych. Konstrukcje takie stosuje się zwykle jako obiekty z betonu zbrojonego. Przekrój poprzeczny analizowanego przęsła pokazano na rys. 1.

Obliczenia sił wewnętrznych w dźwigarach głównych z wykorzystaniem rozdziału poprzecznego obciążenia, są w dalszym ciągu efektywnym sposobem, mimo znacznego rozwoju technik komputerowych. Umożliwia on bowiem redukcję modelu geometrii konstrukcji o jeden rząd, czyli z modelu dwuwymiarowego (np. rusztu płaskiego) do belki. W układach dwu- i trzy-dźwigarowych w sposób naturalny widoczne są korzyści ze stosowania rozdziału poprzecznego obciążenia w porównaniu np. do tworzenia powierzchni wpływu sił przekrojowych [1]. Z drugiej strony klasyczne sposoby obliczeń oparte na modelu płyty ortotropowej (np. *Guyon-Massonnet*) są mało skuteczne z uwagi na efekty lokalne w tym przypadku małej liczby dźwigarów. Przedstawiony niżej algorytm pozwala na efektywne wykorzystanie standardowych programów komputerowych gdyż sprowadza obliczenia do jednokrotnego rozwiązania układu sześciu równań. Podany sposób obliczeń umożliwia również ujęcie ukształtowania przekroju podłużnego konstrukcji przęsła.

2. MODEL PRZEŚŁA

Model geometrii przęsła utworzono z płytowego elementu pasmowego [2, 3] zamocowanego w trzech elementach prętowych, usytuowanych wzdłuż brzegów równoległych do osi x . Zakłada się, że zarówno płyta jak i belki są przyzmatyczne (o niezmiennych cechach geometrycznych i fizycznych wzdłuż długości przęsła). Rozdział poprzeczny obciążenia wyznacza się, z założenia, dla przęsła swobodnie podpartych o prostokątnym rzucie w planie. Schemat statyczny takiego przęsła spełnia więc dobrze warunki brzegowe przyjęte dla płyt w rozwiązaniu Levy'ego. Przemieszczenia układu sprowadzone do pasma płytowego można więc ująć w ogólnym rozwiązaniu w postaci sześciu parametrów linii węzłowych położonych wzdłuż krawędzi równoległych [2], jak na rys. 2.



Rys.2. Schemat przęsła, sztywności elementów i przemieszczenia linii węzłowych
 Fig.2. Scheme of the span, stiffness of elements, displacements of nodes

W sytuacji gdy wyznacza się współczynniki rozdziału poprzecznego obciążenia dla dźwigara i obciążenie pionowe $P_i = 1$ ustawione jest wzdłuż linii i , jak na rys. 2. Wynikiem rozwiązania układu równań [2]:

$$\begin{bmatrix} (r_j + r_{11}) & r_{33} & r_{22} & -r_{44} & 0 & 0 \\ r_{33} & (r_w + r_5) & r_{44} & -r_6 & 0 & 0 \\ r_{22} & r_{44} & (r_j + 2r_{11}) & 0 & r_{22} & -r_{44} \\ -r_{44} & -r_6 & 0 & (r_w + 2r_5) & r_{44} & -r_6 \\ 0 & 0 & r_{22} & r_{44} & (r_j + r_{11}) & 0 \\ 0 & 0 & -r_{44} & -r_6 & -r_{33} & (r_w + r_5) \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} \varphi_i \\ w_i \\ \varphi_j \\ w_j \\ \varphi_k \\ w_k \end{bmatrix} = \frac{b^3}{D} \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} \quad (1)$$

są przemieszczenia przekroju poprzecznego przęsła. Gdy uwzględnia się zamocowanie płyty w dźwigarze głównym na odcinku c , jak na rys. 2, siły brzegowe pasma płytowego r_i [2, 3] podlegają modyfikacji do wartości r_{ii} według wzorów:

$$\begin{aligned} r_{11} &= r_1 + \frac{c}{b} \left(2r_3 + \frac{c}{b} r_5 \right) \\ r_{22} &= r_2 + \frac{c}{b} \left(2r_4 + \frac{c}{b} r_6 \right) \\ r_{33} &= r_3 + \frac{c}{b} r_5 \\ r_{44} &= r_4 + \frac{c}{b} r_6 \end{aligned} \quad (2)$$

Natomiast niezmienione pozostają wartości pozostałych sił brzegowych $r_{55} = r_5$ i $r_{66} = r_6$. Elementy macierzy (1) wyrażone są następującymi wzorami [2]:

$$\begin{aligned} r_1 &= 2a_b [sh(a_b) ch(a_b) - a_b] / M \\ r_2 &= 2a_b [a_b ch(a_b) - sh(a_b)] / M \\ r_3 &= a_b^2 [(1 + \nu) sh^2(a_b) + (1 - \nu) a_b^2] / M \\ r_4 &= 2a_b^3 sh(a_b) / M \\ r_5 &= 2a_b^3 [sh(a_b) ch(a_b) + a_b] / M \\ r_6 &= 2a_b^3 [sh(a_b) + a_b ch(a_b)] / M \end{aligned} \quad , \quad (3)$$

gdzie:

$$M = sh^2(a_b) - a_b^2 \quad , \quad (4)$$

$$a_b = \pi \frac{b}{L} \quad . \quad (5)$$

Dla elementów prętowych i przyjętej funkcji przemieszczeń [2] sztywność giętą pionową belki wyraża się jako

$$r_w = a_b^4 \frac{EI_x}{bD} \quad , \quad (6)$$

a w przypadku sztywności skrętnej pręta otrzymuje się

$$r_\varphi = a_b^2 \frac{GI_s}{bD} \quad . \quad (7)$$

Sztywność płyty pomostowej określona jest wzorem

$$D = \frac{Et^3}{12(1 - \nu^2)} \quad , \quad (8)$$

gdzie ν jest współczynnikiem Poissona. Do obliczania sztywności giętnej pionowej EI_x i sztywności skrętnej GI_s dźwigara głównego przyjmuje się obrys przekroju poprzecznego przęsła, wyróżniony po lewej stronie rys. 2.

3. LINIE WPŁYWU ROZDZIAŁU POPRZECZNEGO OBCIĄŻENIA

Charakterystyczny kształt linii wpływu rozdziału poprzecznego obciążenia (*lwrpo*) dla układu trzydźwigarowego przedstawiono na rys. 3. Wykres ten określony jest przez rzędne podane w osiach dźwigarów głównych, obliczane na podstawie ich ugięć. W przypadku analizowanego dźwigara j od obciążenia $P_i = 1$, położonego na dźwigarze i otrzymuje się

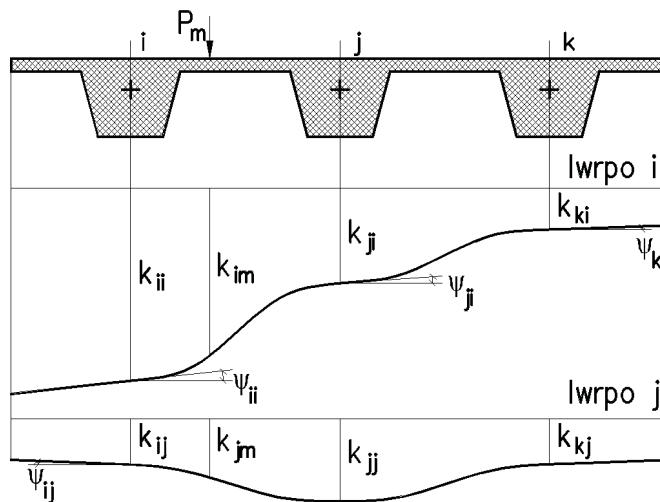
$$k_{ji} = \frac{w_j(P_i)}{w_o}, \quad (9)$$

gdzie

$$w_o = \sum_n w_n(P_i) \quad n = i, j, k. \quad (10)$$

Rzędne *lwrpo* wyznaczone dla dźwigara i oraz dowolnej linii położonej na płycie m określa wzór

$$k_{im} = \frac{w_i(P_m)}{w_o}. \quad (11)$$



Rys.3. Wykresy linii wpływu rozdziału poprzecznego obciążenia dla dźwigarów i oraz j
Fig.3. Transverse load distribution diagrams for the girders i and j

Ponieważ, zgodnie z zasadą Bettiego, zachodzi wzajemność ugięć

$$w_i(P_j) = w_j(P_i) , \quad (12)$$

w przypadku mostu utworzonego z dźwigarów głównych o jednakowej sztywności otrzymuje się zależność

$$k_{ij} = k_{ji} . \quad (13)$$

Pozwala to na tworzenie *lwrpo* dla analizowanego dźwigara i od obciążenia $P_i = 1$, bez konieczności ustawiania sił nad pozostałymi dźwigarami j oraz k . Wniosek ten wynika ze sposobu obliczania rzędnych podanych na rys. 3:

$$k_{ii} = \frac{w_i(P_i)}{w_o} \quad (14)$$

$$k_{ij} = k_{ji} = \frac{w_j(P_i)}{w_o}$$

$$k_{ik} = k_{ki} = \frac{w_k(P_i)}{w_o} .$$

Z symetrii konstrukcji gdy obciążenie $P_j = 1$ wynika równość ugięcia

$$w_i(P_j) = w_k(P_j) . \quad (15)$$

Daje to ostatecznie zależność współczynników $k_{ij} = k_{ji} = k_{kj} = k_{jk}$. Wykorzystując natomiast zasadę statyczną *lwrpo*

$$k_{ji} + k_{jj} + k_{jk} = 1 \quad (16)$$

otrzymuje się możliwość obliczania k_{jj} ze wzoru

$$k_{jj} = 1 - 2k_{ij} . \quad (17)$$

Ponieważ k_{ij} było określone wcześniej przy położeniu obciążenia w punkcie i nie ma więc potrzeby rozwiązywać układu równań (1) powtórnie, dla $P_j = 1$.

Ze wzorów (9) i (12) wynika, że kształt *lwrpo* jest taki sam jak linia ugięcia płyty pomostowej w przekroju poprzecznym przęsła. Podane na wykresie (rys. 2) kąty obrotu dźwigarów głównych φ_i ułatwiają określenie wykresu *lwrpo* pomiędzy dźwigarami oraz w obszarze wsporników w postaci kątów Ψ_{ij} , obliczonych ze wzoru

$$\Psi_{ij} = \frac{\varphi_i}{w_o} . \quad (18)$$

Ponieważ rzędne wykresu *lwrpo* są bezwymiarowe, kąty Ψ_{ij} są w tym przypadku podane jako [m⁻¹]. Na rys. 3 przedstawiono przykładowe wykresy *lwrpo*.

4. ANALIZA PARAMETRYCZNA

Zgodnie z przyjętym modelem geometrii przęsła rozdział poprzeczny obciążenia zależy od proporcji wymiarów rzutu poziomego ujętych w parametrze $\alpha = B / L$ oraz charakterystyk geometrycznych przekroju poprzecznego dźwigarów I_x oraz I_s . W analizowanym przypadku przęsła można wprowadzić parametry charakterystyczne sztywności dźwigara odniesione do sztywności płyty pomostowej układu płytowo-żebrowego (6) i (7) jako:

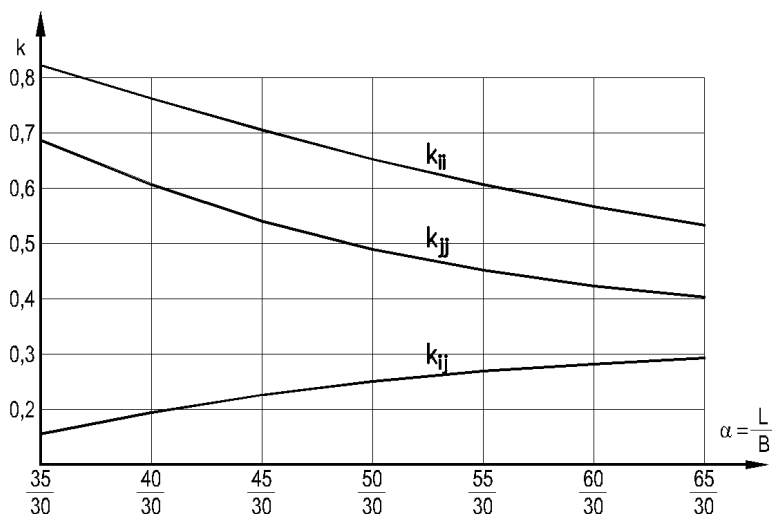
$$\gamma = \frac{EI_x}{Db} = \frac{EI_x}{Ebt^3} 12 (1 - \nu^2) = \frac{35}{2} \frac{I_x}{bt^3} \quad (19)$$

oraz

$$\beta = \frac{GI_s}{Db} = \frac{E}{2(1 + \nu)} \frac{I_s}{Ebt^3} 12 (1 - \nu^2) = 5 \frac{I_s}{bt^3} , \quad (20)$$

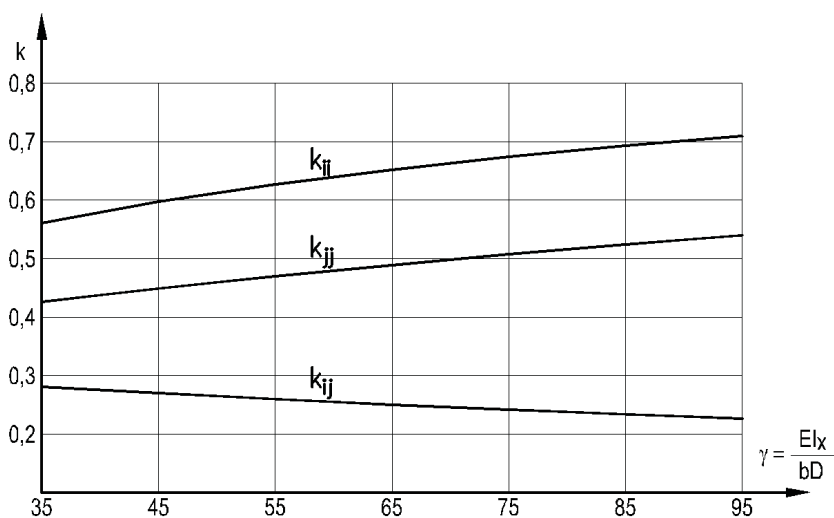
gdy $\nu = 1/6$. Dla analizowanego przęsła, jak na rys. 1, obliczone parametry te przyjmują wartości: $\alpha = 0,60$ oraz $\beta = 40$ i $\gamma = 65$.

Proporcja wymiarów rzutu poziomego przęsła wpływa znacząco na rozdział obciążenia, co przedstawiono na rys. 4. Wyniki są łatwe do przewidzenia – gdy zmniejsza się L (przy stałym B) siła przypadająca na belkę bezpośrednio obciążoną wzrasta, a gdy $B / L \rightarrow \infty$ $k_{ij} \rightarrow 1$ oraz równocześnie $k_{ij} \rightarrow 0$. W sytuacji odwrotnej, gdy zwiększa się L wszystkie współczynniki rozdziału zmierzają do wartości 1/3, czyli do równego obciążenia belek, niezależnie od położenia obciążenia w przekroju poprzecznym przęsła. Pomimo niewielkiego zakresu zmian wartości α podane wyżej tendencje są wyraźnie widoczne.



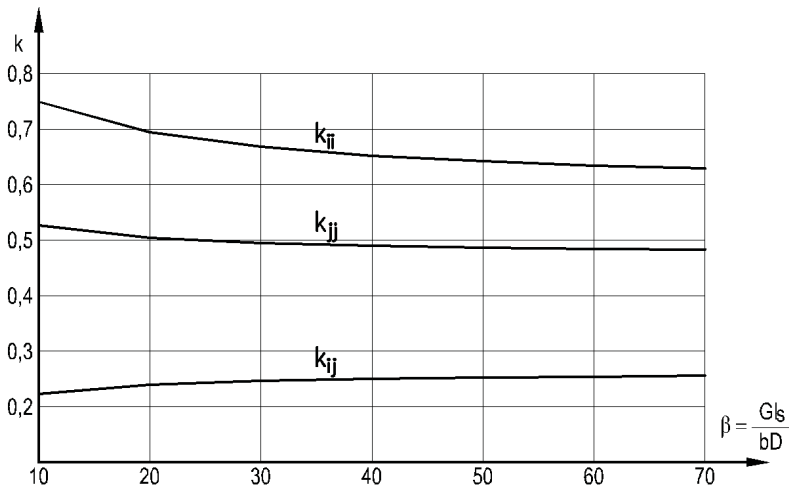
Rys.4. Wykresy współczynników rozdziału obciążenia w funkcji geometrii przęsła
Fig.4. Diagrams of load distribution coefficients versus geometry of the span

Proporcja sztywności giętej dźwigara EI_x do sztywności płyty pomostowej D , ujęta w parametrze γ wpływa znacząco na wartości współczynników rozdziału. W granicznym przypadku, gdy $\gamma \rightarrow \infty$, otrzymuje się rozwiązanie elementarne tj. $k_{ii} = 1$ oraz $k_{jj} = 1$ przy $k_{ij} = 0$. Jest to przypadek konstrukcji z wiotką płytą pomostową. Natomiast gdy wzrasta grubość płyty pomostowej t wyniki zmiierają do rozwiązania jak w moście płytowym.



Rys.5. Wykresy współczynników rozdziału obciążenia w funkcji sztywności giętej dźwigara
Fig.5. Diagrams of load distribution coefficients versus girder bending stiffness

Wartość parametru β daje pogląd o kształcie przekroju poprzecznego żebra podłużnego. Dla przekrojów krępych, jak w analizowanym przypadku (rys. 1) uzyskuje się zwykle zbliżone wartości I_x oraz I_s . W mostach wykonanych z belek o przekroju teowym sztywność na skręcanie jest wielokrotnie mniejsza od sztywności na zginanie. W takiej sytuacji zmniejszenie parametru β (w odniesieniu do $\beta = 40$) powoduje wzrost współczynników rozdziału obciążenia k_{ii} oraz k_{jj} . Praktycznie przypadek gdy $\beta \rightarrow 0$ może dotyczyć mostu zespolonego, wykonanego z belek stalowych.



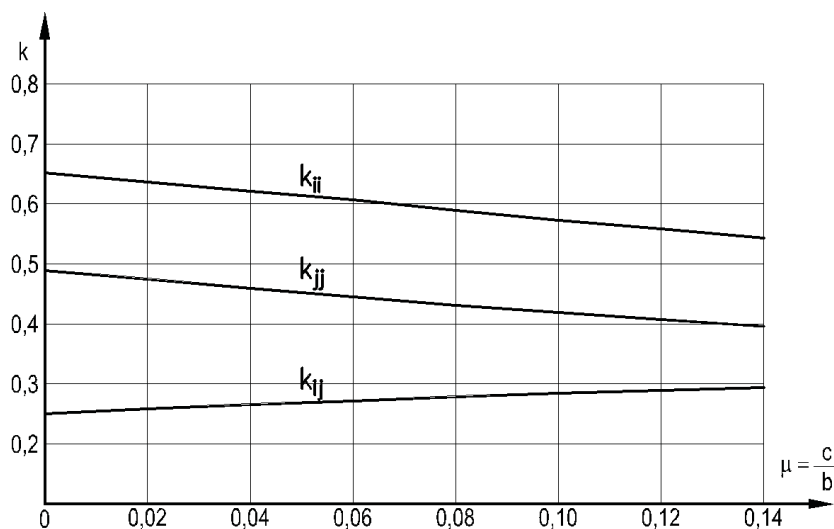
Rys.6. Wykresy współczynników rozdziału obciążenia w funkcji sztywności skrętnej dźwigara
Fig.6. Diagrams of load distribution coefficients versus girder torsional stiffness

Znaczną szerokość żeber c w stosunku do ich rozstawu b występującą w analizowanych przekrojach poprzecznych mostów, jak na rys. 2, można uwzględnić w postaci „sztywnego węzła”. W sensie fizycznym odpowiada to brakowi odkształceń płyty pomostowej na odcinku c . Ujęto to we wzorach (2). Wpływ parametru μ na współczynniki rozdziału można przyjmować jako funkcję liniową. Znacznie większe wartości niż podano na rys. 7 można z powodzeniem ekstrapolować.

Wyniki podane na wykresach pozwalają na obliczenie pozostałych rzędnych $lwrpo$, podanych na rys. 3. Przykładowo dla dźwigara i brakującą wielkość k_{ik} uzyskuje się z zależności analogicznej do (16), czyli

$$k_{ik} = 1 - k_{ii} - k_{ij} . \quad (21)$$

Dla dźwigara j korzysta się z wcześniej podanych zależności współczynników $k_{ij} = k_{ji} = k_{kj} = k_{jk}$.



Rys.7. Wykresy współczynników rozdziału obciążenia w funkcji sztywności węzła płyty i dźwigara

Fig.7. Diagrams of load distribution coefficients versus slab-girder joint stiffness

Na podstawie wykresów podanych na rys. 4 – rys. 7 można również oszacować współczynniki rozdziału dla układów konstrukcji przęsła o innych parametrach niż analizowane ($\alpha = 0,60$ oraz $\beta = 40$ i $\gamma = 65$). W tym celu proponuje się interpolację liniową określoną np. dla k_{ij} jako

$$k_{ij} = \frac{1}{4}(k_{ij}^{\alpha} + k_{ij}^{\beta} + k_{ij}^{\gamma} + k_{ij}^{\mu}) . \quad (22)$$

Dla przykładu analizowanego przęsła $\alpha = 0,7083$, $\beta = 25$, $\gamma = 80$ oraz $\mu = 0,09$ otrzyma się z wykresów:

$$k_{ii} = (0,733 + 0,681 + 0,683 + 0,581)/4 = 0,670 \quad (-6,7\%) ,$$

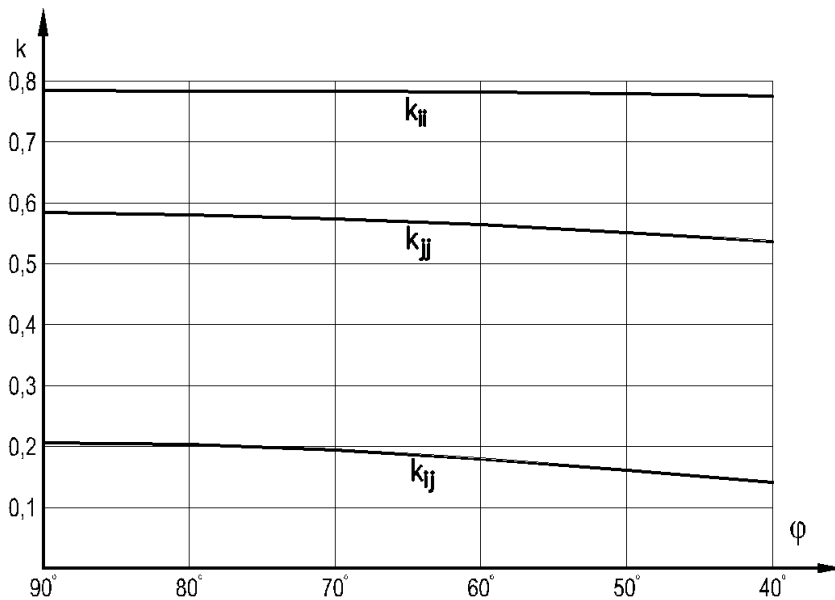
$$k_{ij} = (0,210 + 0,243 + 0,238 + 0,281)/4 = 0,243 \quad (+3,3\%) ,$$

$$k_{jj} = (0,573 + 0,499 + 0,516 + 0,425)/4 = 0,503 \quad (-3,6\%) .$$

W nawiasie podano błąd w stosunku do wyniku uzyskanego z obliczeń bezpośrednich: $k_{ii} = 0,71809$ i $k_{ij} = 0,23509$ oraz $k_{jj} = 0,52223$.

5. UKŁADY UKOŚNE I WIELOPRZĘŚLOWE

Występowanie skosu konstrukcji powoduje redukcję współczynników rozdziału obciążenia. Powszechnie przyjmuje się, że gdy skos przęsła mieści się w przedziale $75^\circ < \varphi < 90^\circ$, w projektowaniu przyjmuje się je jak dla obiektów prostokątnych. Podane na rys. 8 wyniki potwierdzają tę zasadę. Wartości współczynników k obliczono wg wzoru (9) gdy w_o wyznaczone zostało dla przęsła prostokątnego. Podane na rys. 8 współczynniki rozdziału obciążenia dla $\varphi = 90^\circ$ różnią się nieco od rezultatów podanych na rys. 3 – 7. Wynika to z przyjęcia odmiennego modelu geometrii przęsła i realizacji obliczeń przy wykorzystaniu programu MES.



Rys.8. Wykresy współczynników rozdziału obciążenia w funkcji skosu przęsła
Fig.8. Diagrams of load distribution coefficients versus span bevel angle

W przypadku przęseł o schemacie statycznym innym niż swobodnie podparte stosuje się w mostownictwie współczynnik korygujący k . Wyliczany jest on na podstawie ugięć belki swobodnie podpartej i schematu przyjętego do obliczeń. Jako obciążenia stosuje się siłę jednostkową ustawioną, w obydwu przypadkach, w środku rozpiętości przęsła. Współczynnik k jest stosunkiem ugięcia belki swobodnie podpartej do ugięcia elementu analizowanego. W celu uzyskania rozpiętości zastępczej koryguje się rozpiętość L według zależności

$$L_{kor} = \frac{L}{\sqrt[3]{k}} \quad (23)$$

Gdy w moście stosuje się schemat belki wieloprześłowej o jednakowej rozpiętości L (np. estakada) parametr k przyjmuje następujące wartości:

dla przęsła skrajnego $k = 1,43$
 dla przęsła środkowego $k = 1,90$.

Niżej podano przykład analizy wybudowanej konstrukcji trzyprześłowej mostu przez rzekę Skorą na odcinku autostrady A4 Krzywa – Wądroże Wielkie. Wymiary przekroju poprzecznego przęsła podano na rys. 1. Rozpiętości przęsła skrajnych $L_1 = L_3 = 23,5$ m, przęsła środkowego $L_2 = 31,0$ m, a ukos konstrukcji wynosił $\varphi = 57,24^\circ$. Na podstawie podanych na rys. 1 wymiarów płyty pomostowej: $b = 4,83$ m i $t = 0,30$ m wyliczono następujące parametry geometryczne $J_x = 0,72151$ m⁴ oraz $J_s = 1,0744$ m⁴ i $J_p = t^3/12 = 0,00225$ m³. Z bezpośredniego rozwiązania modelu tego przęsła, jako ukośnego rusztu płaskiego uzyskano następujące wyniki:

- dla przęsła środkowego

$$k_{ii} = 0,68845 \quad k_{ij} = 0,23547 \quad k_{jj} = 0,51461$$

- dla przęsła skrajnego

$$k_{ii} = 0,79172 \quad k_{ij} = 0,17329 \quad k_{jj} = 0,62746 \quad .$$

Na podstawie charakterystyk geometrycznych podanych wyżej obliczono $\gamma = 66,4$ i $\beta = 41,2$. Przyjmując $c = 0$, jak w modelu wykorzystywanym wyżej oraz uwzględniając rozpiętości przęsła otrzymano z przedstawionego w pracy algorytmu obliczeń dla:

- przęsła środkowego $k = 1,3667$ $L_{kor} = 21,17$ m

$$k_{ii} = 0,64424 \quad k_{ij} = 0,25346 \quad k_{jj} = 0,48320$$

- przęsła skrajnego $k = 1,993$ $L_{kor} = 24,62$ m

$$k_{ii} = 0,71971 \quad k_{ij} = 0,21767 \quad k_{jj} = 0,55682 \quad .$$

W tym przypadku nie uwzględniono ukosu konstrukcji, a jedynie fakt występowania w schemacie statycznym układu wieloprześłowego. Pomimo korzystania z dwóch różnych modeli konstrukcji uzyskano dobrą ich zgodność – przydatną do obliczeń projektowych.

6. PODSUMOWANIE

W pracy przedstawiono wyniki obliczeń które mogą być przydatne do kształtowania geometrii przęseł betonowych. Analizę statyczną wykonano z wykorzystaniem własnego modelu geometrii przęsła jako układu płytowo-żebrowego i algorytmu obliczeń opartego na współczynnikach rozdziału obciążenia, stosowanych w projektowaniu mostów. Pozwala to na właściwe odwzorowanie pracy konstrukcji.

Jako zmienne parametry analizy przyjęto w pracy proporcje: wymiarów rzutu poziomego przęsła oraz sztywności giętej i skrętnej dźwigara odniesionej do sztywności płyty. Wykazano duży wpływ na rozdział obciążenia proporcji rzutu poziomego przęsła oraz schematu statycznego (układy wieloprzęsłowe). Wskazano również, że wymiary przekroju poprzecznego, a właściwie sztywności gięta i na skręcanie dźwigara, wpływają znacząco na wartości współczynników rozdziału. W przęsłach wykonanych z betonu znaczny wpływ na obliczone siły wewnętrzne ma również szerokość żeber w stosunku do ich rozstawu. Natomiast występowanie skosu konstrukcji powoduje niewielką redukcję współczynników rozdziału obciążenia. Powszechnie przyjmowana zasada nie uwzględniana skosu przęsła gdy mieści się on w przedziale $90^\circ > \varphi > 75^\circ$ może być w tym przypadku rozszerzona do 50° .

BIBLIOGRAFIA

- [1] *Machelski Cz.*: Zastosowanie metody kinematycznej do wyznaczania funkcji wpływu sił wewnętrznych w układach prętowych. Inżynieria i Budownictwo, nr 7/1998, 372-375
- [2] *Machelski Cz.*: Rozdział poprzeczny obciążenia w przęsłach dwudźwigarowych. Inżynieria i Budownictwo, nr 9/2003, 490-493
- [3] *Głuch G.*: Możliwości uproszczeń modeli MES przęseł skrzynkowych z pomostem ortotropowym. V Krajowa Konferencja Naukowo - Techniczna, Wrocław 2-3 XII 2004, Dolnośląskie Wydawnictwo Edukacyjne, Wrocław 2004, 161-169
- [4] *Holst K. H.*: Bücken aus Stahlbeton und Spanbeton. Entwurf, Konstruktion und Berechnung, Ernst & Sohn, Berlin 1985

PARAMETRIC ANALYSIS OF THREE-GIRDER CONCRETE SPANS

In the paper the results of static analysis of three-girder concrete bridge structures of medium spans are presented. Calculations are based on authors' own model of span geometry, consisting of slab and beam elements. The results are shown in a form of transverse load distribution coefficients, commonly used in bridge engineering practice. Span dimension relationships (the length to width ratio) and flexural and torsional stiffness of the girder compared with stiffness of the deck slab are considered as variables. The influence of slab fastening along the girder as well as span bevel are estimated. Diagrams of changes of load distribution coefficient based on the results of the analyses are presented. A possible application of the diagrams to bridge design process is shown in an example of static analysis of spans of complicated geometry. Different lengths of spans of the analysed structure are taken into account.