



Wyznaczanie funkcji kompensacji momentów podporowych z badań modelu składanej belki ciągłej opartej na podporach stałych

JAN MARSZAŁEK, MIECZYŚLAW PIECHOTA

Wojskowa Akademia Techniczna, Wydział Inżynierii Lądowej i Geodezji,
Instytut Inżynierii Lądowej, Zakład Inżynierii Wojskowej, 00-908 Warszawa, ul. gen. S. Kaliskiego 2,
jan.marszalek@wat.edu.pl, mieczyslaw.piechota@wat.edu.pl

Streszczenie. Artykuł obejmuje metodykę wyznaczenia funkcji kompensacji momentów podporowych dla wieloprzęsłowych belek składanych na podstawie badań modelowych. Funkcja ta ma zasadniczy wpływ na rozkład momentów zginających w zależności od wielkości luzów montażowych występujących w konstrukcjach składanych. Badania modelowe polegały na pomiarze ugięć belek składanych dwu- i trójprzęsłowych opartych na podporach stałych. Wykonano je dla różnych rozpiętości przęseł oraz różnych luzów montażowych pomiędzy dwoma składnikami belki. Uzyskane wyniki pomiarów tych ugięć pozwoliły jednoznacznie określić postać tej funkcji.

Słowa kluczowe: budownictwo, belki składane, funkcja kompensacji momentów podporowych

DOI: 10.5604/12345865.1168870

1. Wprowadzenie

W artykule [4] przedstawiono analizę wpływu luzów montażowych na różne parametry związane z geometrią konstrukcji i warunkami jej pracy w mostach składanych opartych na podporach stałych. Analiza ta dotyczyła głównie rozbieżności wyników dla wyznaczonych z analizy teoretycznej dwóch postaci funkcji kompensacji momentów podporowych. Funkcja ta ma zasadnicze znaczenie dla rozkładu momentów podporowych w zależności od wielkości występujących luzów w konstrukcjach składanych. Dokonuje ona redystrybucji tych momentów w funkcji luzów. W celu rozstrzygnięcia tego problemu zaproponowano przeprowadzenie

badan doświadczalnych na modelu mostu składanego, co pozwoliłoby na jednoznaczne ustalenie tej funkcji. W artykule [5] zaprezentowano metodę szybkiej oceny nośności mostów składanych opartych na podporach stałych i pływających. Przedstawione w nim nomogramy opracowano w oparciu o maksymalne momenty przeszłowe. W rozważaniach tych pominięto ugięcie konstrukcji oraz zanurzenie się podpór. W podsumowaniu zaproponowano analizę tych ugięć w dalszych pracach na ten temat.

Niniejszy artykuł jest nawiązaniem do cytowanych artykułów i kontynuacją rozważań na temat rzeczywistego zachowania się belek składanych, na które działają siły zewnętrzne. W celu przeprowadzenia takich analiz wykonano model mostu składanego oraz stanowisko do pomiarów ugięć. Wykonane pomiary posłużyły do określenia postaci funkcji kompensacji momentów podporowych. W analizie statycznej pracy belki zastosowano Metodę Różnic Skończonych (MRS). Wyniki przeprowadzonych badań i analiz posłużą do rozważań nad pracą wieloprzęsłowych mostów składanych opartych na podporach podatnych obciążonych pojazdem w ruchu. Rozważania te ujęte zostaną w realizowanej rozprawie doktorskiej.

2. Badania modelowe

2.1. Cel i zakres badań

Celem badań był pomiar ugięć dwu- i trójprzęsłowej belki składanej opartej na podporach stałych pod wpływem działania obciążeń statycznych, a następnie porównanie ich z ugięciami obliczonymi według teorii mostów składanych.

Badania obejmowały pomiar ugięć belki składanej wolnopodpartej oraz ciągłej dwu- i trójprzęsłowej, o liczbie składników w przęśle 10 i 12. Pomiary wykonano również dla czterech różnych luzów montażowych występujących między dwoma składnikami belki.

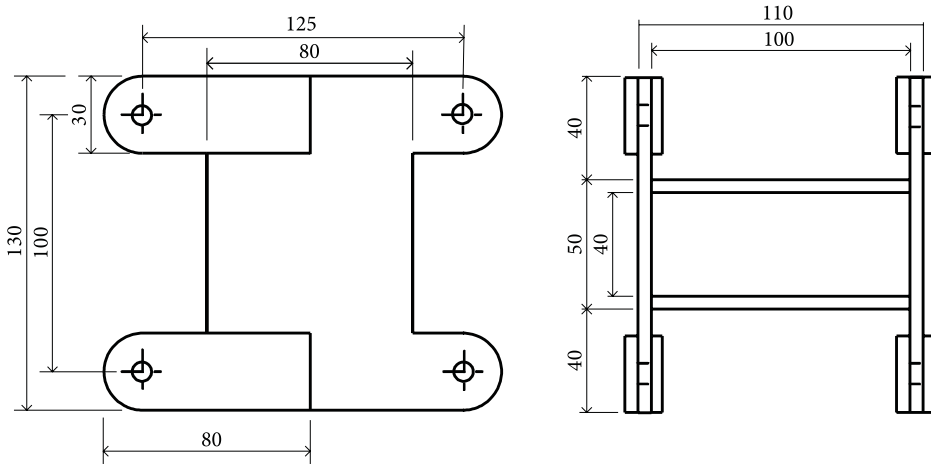
2.2. Opis modelu konstrukcji

2.2.1. Ustalenie skali i zaprojektowanie modelu

Przed ustaleniem wielkości modelu została przeprowadzona szczegółowa analiza dotycząca dostosowania badań do przestrzeni i wyposażenia laboratorium. Uwzględniono takie ograniczenia jak:

- długość pomieszczenia pracowni,
- możliwości ustawienia stanowiska badawczego,
- zakres pomiarowy dostępnych urządzeń pomiarowych.

Analizę dotyczącą doboru skali modelu oparto o literaturę [6] z zachowaniem geometrycznego podobieństwa. Uwzględniając powyższe ograniczenia, zaprojektowano i wykonano model, w którym wymiary główne pojedynczego składnika belki (rys. 2.1) odwzorowują wymiary rzeczywistego pojedynczego elementu konstrukcji mostu składanego MS-54 w skali wymiarów liniowych $k_l = 1:24$.



Rys. 2.1. Wymiary składnika modelu

Luzy montażowe w połączeniach dwóch składników zaprojektowano w skali luzu skażonej $k_{\Delta} = 1:12$. Ciężar i sztywność modelu oraz sprężystość podpór dobrano ze względu na zakres pomiarowy zegarowych czujników przemieszczeń na statywie z podstawą magnetyczną.

2.1.2. Charakterystyka modelu

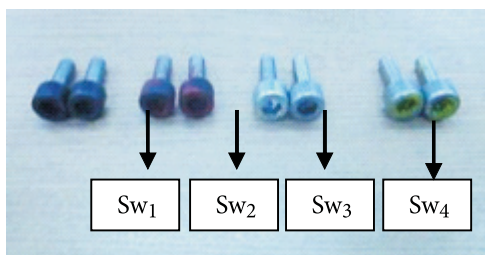
Modelem konstrukcji mostu składanego jest belka stalowa złożona z powtarzalnych składników (rys. 2.2). Wykonano 36 takich elementów. Maksymalna długość modelu (belki składanej) wynosi 4,5 m, co odpowiada 108 m mostu MS-54.

Do połączeń składników w modelu użyto sworzni o różnych średnicach (rys. 2.3a). Średnice dobrano w oparciu o skalę luzu, opisaną w poprzednim podrozdziale, uzyskując cztery różne wielkości luzu. Przykład połączenia dwóch składników przedstawiono na rysunku 2.3b. Widok złożonej konstrukcji modelu pokazano na rysunku 2.4.

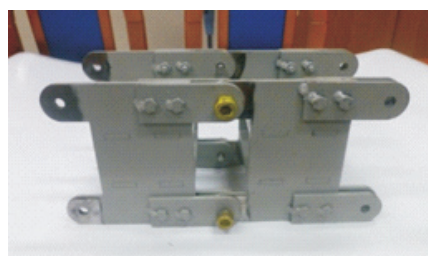


Rys. 2.2. Pojedynczy składnik modelu

a)



b)



Rys. 2.3. Widok sworzni: a) sworznie o różnych średnicach; b) połączenie dwóch składników za pomocą sworzni



Rys. 2.4. Widok złożonej konstrukcji modelu

2.1.3. Opis stanowiska badawczego

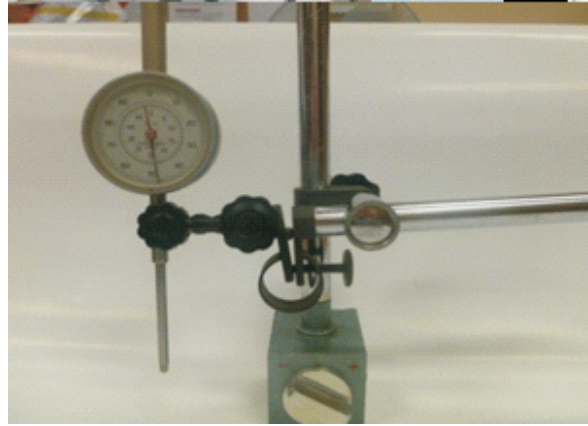
Stanowisko badawcze zostało dostosowane do pomiaru ugięć w belce składanej wolnopodpartej, dwuprzęsłowej i trójprzęsłowej. Bazę pomiarową usytuowano na wysokości około 1 m. Wykorzystano do tego specjalne stabilne stojaki (rys. 2.5a).

Do pomiarów ugięć wykorzystane zostały zegarowe czujniki przemieszczeń montowane na statywie z podstawą magnetyczną (rys. 2.5b). Zakres pomiarowy czujnika wynosi $0 \div 50$ mm z dokładnością 0,001 mm. Stabilność czujników zapewnia ułożona stabilna baza w postaci stalowego dwuteownika HA 120. Innym przyrządem pomiarowym wykorzystywanym przy pomiarach jest suwmiarka elektroniczna.

a)



b)



Rys. 2.5. a) Stojak pod model; b) zegarowy czujnik przemieszczeń na statywie z podstawą magnetyczną

2.1.4. Charakterystyka obciążeń

Do obciążenia wykorzystywano dwa rodzaje obciążników: duże $Q_1 = 162,7$ N oraz małe $Q_2 = 33,6$ N. Obciążenie modelu dobrano ze względu na zakres pomiarowy zegarowych czujników przemieszczeń. Zakres obciążenia Q wynosi:

$$Q_{\min} = Q_2 = 33,6 \text{ N};$$

$$Q_{\max} = 7 \times Q_1 + 14 \times Q_2 = 1,609 \text{ kN}.$$

2.3. Program badań modelowych

Badania modelowe podzielone zostały na trzy etapy:

Etap I wstępny obejmuje:

- pomiar masy wszystkich składników modelu i określenie ich ciężarów,
- pomiar średnic otworów połączeń elementów,
- pomiar średnic sworzni,
- pomiar masy obciążników i określenie ich ciężarów.

Etap II obejmuje pomiar ugięć w belce wolnopodpartej dla wszystkich rodzajów połączeń. Celem tych pomiarów jest określenie:

- sztywności modelu na zginanie oraz
- statystycznego kąta obrotu pomiędzy dwoma składnikami.

Etap III obejmuje pomiar ugięć belki dwu- i trójprzęsłowej na podporach stałych z uwzględnieniem:

- dwóch rozpiętości 1,50 i 1,25 m (odpowiednio 12 i 10 składników),
- czterech rodzajów połączeń (S_{w1} , S_{w2} , S_{w3} , S_{w4}).

3. Analiza wyników badań modelowych

3.1. Pomiary wstępne

Celem tych pomiarów było określenie wszystkich wielkości wyjściowych niezbędnych do analiz w części zasadniczej badań modelowych: ciężaru własnego konstrukcji, średnic otworów połączeń, średnic sworzni oraz obciążenia zewnętrznego.

Wykonując na tym etapie pomiary, uwzględniono minimalne liczby prób pomiarów na podstawie modelu dla wartości średniej o nieznanym odchyleniu standardowym [1].

W wyniku pomiarów uzyskano:

- ciężar własny konstrukcji modelu: $g_m = 0,20 \pm 0,01$ kN/m,
- średnią średnicę otworów połączeń: $D = 8,01 \pm 0,01$ mm,
- średnie średnice sworzni:

$$d_1 = 7,88 \text{ mm} \pm 0,01 \text{ mm},$$

$$d_2 = 7,75 \text{ mm} \pm 0,01 \text{ mm},$$

$$d_3 = 7,38 \text{ mm} \pm 0,01 \text{ mm},$$

$$d_4 = 6,87 \text{ mm} \pm 0,01 \text{ mm}.$$

- wartości obciążeń zewnętrznych Q_1 i Q_2 .

3.2. Etap II pomiarów

Celem tego etapu pomiarów było określenie sztywności giętej składnika modelu oraz statystycznego kąta obrotu między dwoma składnikami na podstawie pomiaru ugięć belki wolnopodpartej pod obciążeniem Q_i .

Dla poszczególnych średnic sworzni określono luzy montażowe, a następnie korzystając ze wzoru (3.1), obliczono kąty obrotu pomiędzy dwoma składnikami φ_{0p} . Dla porównania określono także kąty obrotu φ_{0b} z badań doświadczal-

nych, wykorzystując wzór (3.2). Tok postępowania zaproponowano w artykule [4]. W tabeli 3.1 zestawiono wartości tych kątów wyznaczonych dwoma sposobami.

$$\varphi_{0p} = \frac{2\Delta}{h_0}, \quad (3.1)$$

gdzie: Δ — luz montażowy jako różnica średnicy otworu i średnicy sworznia;
 h_0 — odległość między dwiema płaszczyznami połączeń.

$$\varphi_{0b} = \frac{8y_k}{L_b m}, \quad (3.2)$$

gdzie: y_k — zmierzone ugięcie w środku belki doświadczalnej od siły powodującej zamknięcie się luzów, które spowodują zwarcie dźwigara;
 m — liczba składników w belce doświadczalnej;
 L_b — rozpiętość belki doświadczalnej.

TABELA 3.1

Zestawienie wartości luzów montażowych i kątów obrotu φ_0

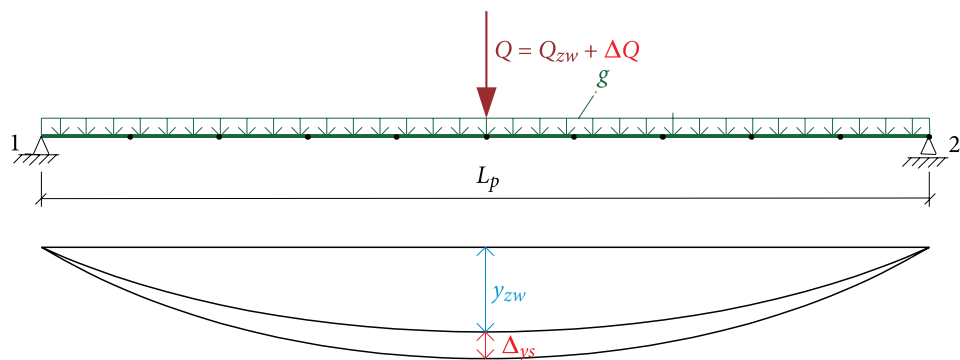
Numer sworznia	Średnica sworznia [mm]	Luz montażowy [mm]	Kąt obrotu φ_{0p} z obliczeń	Kąt obrotu φ_{0b} z badań	Różnica [mm]	Różnica [%]
1.	7,88	0,13	0,00260	0,00254	0,00006	2,3%
2.	7,75	0,26	0,00520	0,00535	0,00015	2,9%
3.	7,38	0,63	0,01260	0,01295	0,00035	2,8%
4.	6,78	1,23	0,02460	0,02493	0,00033	1,3%

Do dalszych rozważań przyjęto kąty obrotu wyznaczone na podstawie pomiarów.

Sztywność giętną określono na podstawie ugięć w środku belki wolnopodpartej, korzystając ze wzoru (3.3). Uwzględniono przy tym różne: luzy montażowe, rozpiętości przęsła wolnopodpartego oraz obciążenia. Schemat pomiarowy przedstawia rysunek 3.1. Ugięcia mierzone były po pełnym zamknięciu się luzów montażowych od obciążenia Q_{zw} (ugięcie y_{zw}), gdy uzyskiwano zbliżone do siebie przyrosty ugięć Δy od kolejnego obciążenia ΔQ . Belka pracowała w fazie sprężystej. Aby określić średnią arytmetyczną, uwzględniono 20 pomiarów. Część wyników tej analizy przedstawiono w tabeli 3.2.

$$EJ = \frac{\Delta Q L_b^3}{48 \Delta y_s}, \quad (3.3)$$

gdzie: Δy_s — zmierzony przyrost ugięcia sprężystego w środku belki doświadczalnej od dodatkowego obciążenia ΔQ ;
 L_b — rozpiętość belki doświadczalnej.



Rys. 3.1. Schemat pomiarowy ugięć

TABELA 3.2

Przykład określenia sztywności giętej pojedynczego składnika

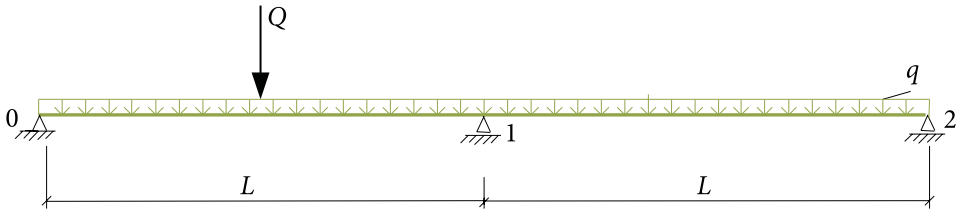
Lp.	Nazwa obciążenia	Wartość przyrostu obciążenia ΔQ [N]	Rozpiętość przęsła L [m]	Liczba składników w przęśle/nr luzu	Przyrost ugięcia Δy [mm]	Sztywność gięta EJ [kNm ²]
1	$Q_{2/5} \div Q_{2/8}$	130,51	1,5	12/2	0,101	90,856
2	$Q_{2/11} \div Q_{2/14}$	131,17	1,5	12/2	0,102	90,420
18	$Q_{2/13} \div Q_{2/14}$	65,44	1,5	12/4	0,052	88,486
19	$Q_{2/3} \div Q_{2/8}$	196,15	1,25	10/4	0,087	91,740
20	$Q_{1/6} \div Q_{1/7}$	325,28	1,25	10/4	0,148	89,430
Średnia						89,99

Do dalszych rozważań przyjęto 89,99 kNm².

3.3. III etap pomiarów

3.3.1. Założenia ogólne analizy

W tym podrozdziale przedstawiono analizę ugięć belki dwu- i trójprzęsłowej, która została obciążona siłą Q w środku pierwszego przęsła (rys. 3.2).

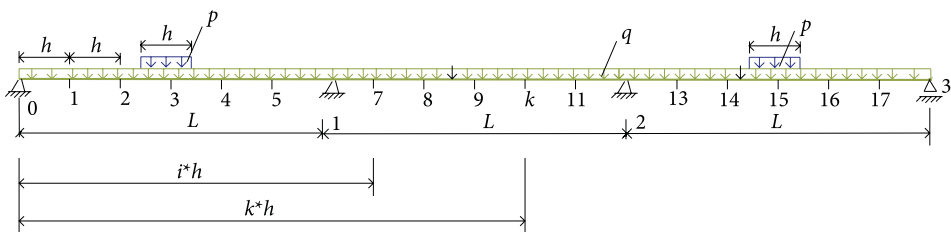


Rys. 3.2. Schemat statyczny dwuprzęsłowej belki składanej

Do analizy wykorzystano równanie różniczkowe ruchu w modelu ciągłym zmodyfikowane elementami uwzględniającymi luzy montażowe w mostach (belkach) składanych (3.4), w oparciu o schemat (rys. 3.3).

$$EJ_z \frac{\partial^4 y}{\partial x^4} + \frac{q}{g} \frac{\partial^2 y}{\partial t^2} = pf(t) \left[1 - \frac{1}{g} \left(\frac{1}{f(t)} \frac{d^2 y}{dt^2} + v^2 \frac{d^2 y_s}{dx^2} \right) \right], \quad (3.4)$$

gdzie: EJ_z — zastępcza sztywność giętna belki składanej;
 q — ciężar jednostki długości belki;
 p — intensywność obciążenia zewnętrznego, rozłożonego równomiernie na odcinku h ;
 g — przyspieszenie ziemskie;
 v — prędkość ruchu pojazdu po moście;
 $f(t)$ — szukana funkcja kompensacji momentów podporowych;
 h — krok podziału różnicowego.



Rys. 3.3. Schemat do metody różnic skończonych

Badania na modelu mają charakter statyczny, stąd są opisane algorytmem wyznaczonym z równania (3.4), przyjmując $v = 0$, uzyskano poniższą postać:

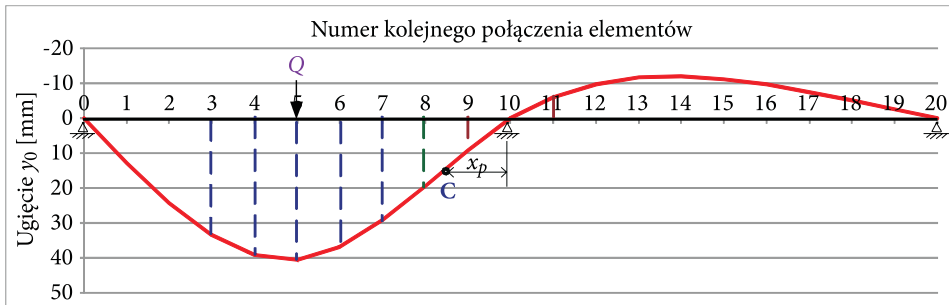
$$EJ_z \frac{\partial^4 y}{\partial x^4} = pf(t). \quad (3.5)$$

Przekształcone równanie (3.5) przyjmuje postać różnicową przedstawioną poniżej:

$$y_{i-2} - 4y_{i-1} + 6y_i - 4y_{i+1} + y_{i+2} = pF_k \frac{h^4}{EJ_z}. \quad (3.6)$$

3.3.2. Metodyka wyznaczenia funkcji kompensacji momentów podporowych

W celu wyznaczenia postaci funkcji wykorzystano wyniki pomiarów ugięć modelu w różnych punktach pomiarowych. Schemat pomiarowy przedstawiono na rysunku 3.4. Wartości tej funkcji określono trzema sposobami.



Rys. 3.4. Schemat pomiaru ugięć

- a) W pierwszym sposobie wartość funkcji wyznaczono jawnie na podstawie równania (3.7) przekształconego z równania (3.6), dla kroku podziału różnicowego równego długości pojedynczego składnika modelu, $h = l_0 = 0,125$ m.

$$F_k = [y_{i-2} - 4y_{i-1} + 6y_i - 4y_{i+1} + y_{i+2}] \frac{EJ_z}{ph^4}. \quad (3.7)$$

Na podstawie pomierzonych wartości ugięć w pięciu punktach pomiarowych (3÷7 dla belki dziesięcioskładnikowej oraz 4÷8 dla belki dwunastoskładnikowej) przy różnych luzach montażowych, korzystając z równania 3.7, wyznaczono wartości funkcji F_k .

- b) W drugim sposobie moment podporowy wyznaczono w oparciu o równanie (3.9), przekształcone z równania (3.8), na podstawie wartości ugięć w trzech punktach pomiarowych (9÷11 dla belki dziesięcioskładnikowej oraz 11÷13 dla belki dwunastoskładnikowej). Następnie z równania (3.10) wyznaczono szukany parametr F_k .

$$EJ_z \frac{d^2 y}{dx^2} = -M(x), \quad (3.8)$$

$$M_i = [y_{i-1} - 2y_i + y_{i+1}] \frac{EJ_z}{h^2}, \quad (3.9)$$

$$F_k = \frac{M_i}{M_i^0}, \quad (3.10)$$

gdzie: M_i^0 — moment podporowy dla belki monolitycznej.

- c) W trzecim sposobie zbadano przemieszczenie się punktu przegięcia konstrukcji modelu (miejsce zerowania się momentów zginających) w porównaniu do belki monolitycznej. Na podstawie wartości ugięć w dwóch punktach pomiarowych (8 i 9 dla belki dziesięcioskładnikowej oraz 10 i 11 dla belki dwunastoskładnikowej) określono położenie punktu przegięcia konstrukcji C (rys. 3.4) w odległości x_p od podpory. Z przeprowadzonych analiz wynika, że punkt ten przemieścił się w granicach 2-3 cm w stronę podpory, porównując do miejsca przegięcia się konstrukcji belki monolitycznej. Wyznaczając w tym miejscu umowny przegub, otrzymano nowy moment podporowy M_1 obliczony w programie Belka. Korzystając ze wzoru (3.11), określono wartość funkcji F_k .

$$F_k = \frac{M_1}{M_1^0}. \quad (3.11)$$

3.3.3. Analiza wyników

Przedstawione powyżej sposoby wyznaczenia funkcji kompensacji momentów podporowych zastosowano dla belki opartej na podporach stałych. Dla różnych schematów statycznych i obciążeń oraz różnych luzów montażowych i sprężystości podpór uzyskano wartości funkcji F_k . Część tych wyników przedstawiono w tabeli 3.3.

Do określenia przebiegu funkcji kompensacji momentów podporowych dla belek opartych na podporach stałych wykorzystano dwumian (wz. 3.12) przedstawiający dowolną kombinację kątów φ_n i φ_0 .

$$F_n(\varphi_n, \varphi_0) = a_0 + a_1 \frac{\varphi_0}{\varphi_n}, \quad (3.12)$$

gdzie: φ_n — sumaryczny kąt obrotu na n -tej podporze stałej w układzie statycznym belki składnikowej uwzględniający kąt obrotu kinematycznego oraz kąt obrotu od obciążenia zewnętrznego;
 a_0, a_1 — stałe dwumianu.

TABELA 3.3

Wyznaczenie funkcji kompensacji momentów podporowych

Lp.	Schemat statyczny	Wartość kąta obrotu φ_0	Wartość obciążenia g [N/m] Q [N]	Wartość sztywności zastępczej EJ_z [Nm ²]	Sposób	Wartość funkcji
1	Belka dwuprzęsłowa 2×12 składników	0,02493	200 1139	1106	1	0,909
					2	0,928
					3	0,911
2	Belka trójprzęsłowa 3×12 składników	0,00254	200 813,5	7520	1	0,921
					2	0,914
					3	0,920
3	Belka trójprzęsłowa 3×10 składników	0,01295	200 1139	1731	1	0,899
					2	0,884
					3	0,886

Następnie uwzględniono warunek brzegowy, że dla belki ciągłej bezskładnikowej ($\varphi_0 = 0$) funkcja $F_n = 1$. Uzyskano uproszczoną postać funkcji:

$$F_n(\varphi_n, \varphi_0) = 1 + a_1 \frac{\varphi_0}{\varphi_n}. \quad (3.13)$$

Dla poszczególnych wartości funkcji F_k , korzystając z przekształcenia wzoru (3.13), wyznaczono stałą a_1 . Część tych analiz przedstawiono w tabeli 3.4.

TABELA 3.4

Wyznaczenie parametru a_1

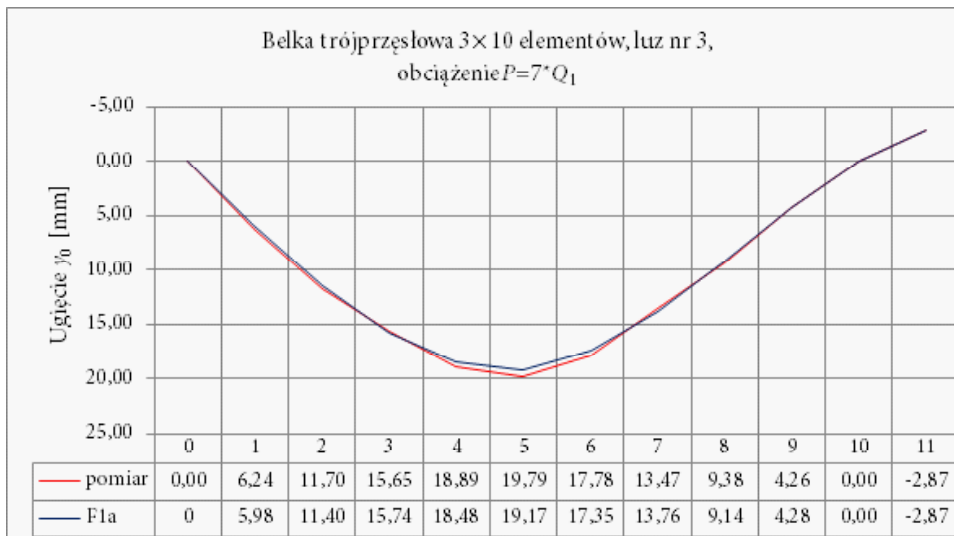
Lp.	Wartość funkcji F_k	Wartość kąta φ_0	Wartość kąta φ_n	Wartość parametru a_1
1	0,9112	0,02493	0,2766	-0,985
2	0,9013	0,02493	0,2766	-1,095
3	0,8964	0,02493	0,2766	-1,149
4	0,9213	0,00254	0,02921	-0,905
5	0,9144	0,00254	0,02921	-0,984
6	0,9196	0,00254	0,02921	-0,920
7	0,8994	0,01295	0,1180	-0,917
8	0,8840	0,01295	0,1180	-1,057
9	0,8861	0,01295	0,1180	-1,038
			Średnia	-1,006

Średnia wartość parametru a_1 , wyznaczona dla wszystkich analizowanych wartości funkcji F_k , wynosi -1 . Podstawiając tę wartość do wzoru (3.13), uzyskano postać funkcji kompensacji momentów podporowych określoną wzorem (3.14). Ta postać funkcji jest tożsama z postacią F_n określoną w podręczniku [3].

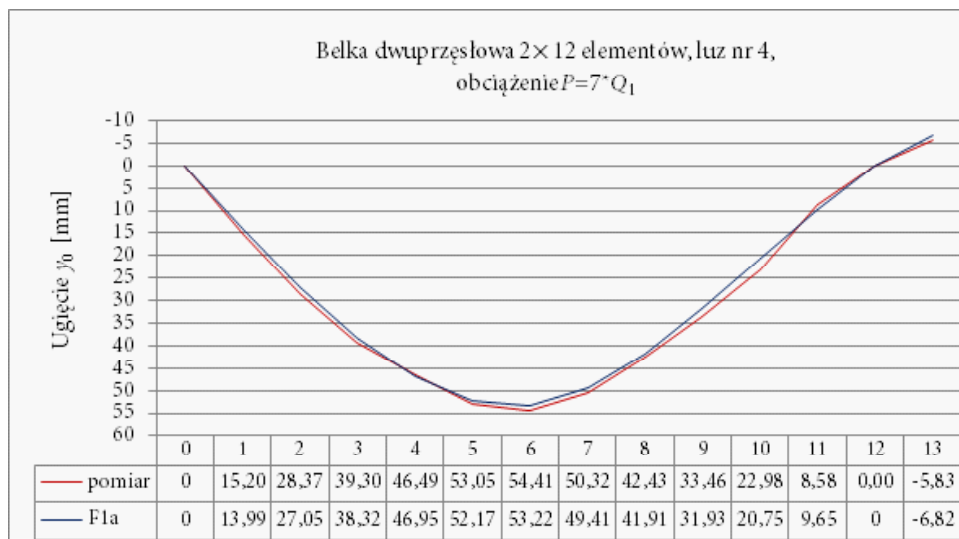
$$F_n = 1 - \frac{\varphi_0}{\varphi_n} \quad (3.14)$$

Na tym etapie wykonano szereg pomiarów ugięć pierwszego przęsła dwu- i trójprzęsłowej belki dla zmiennych wartości luzów montażowych oraz rozpiętości przęseł. Dla wszystkich wariantów pomiarowych przeprowadzono szczegółową analizę teoretyczną z uwzględnieniem wyznaczonej postaci funkcji oraz wyników pomiarów. Przykładowe wyniki tych analiz przedstawiono w formie wykresów na rysunkach 3.5 i 3.6. Podparcia belki występują w punktach 0 i 10 oraz 0 i 12.

Przedstawione na powyższych wykresach granatowe linie ugięć z wykorzystaniem wyprowadzonej funkcji F_n mają zbliżony przebieg do linii ugięcia z badań doświadczalnych (kolor czerwony). W każdym z tych przykładów różnice nie przekraczają 5% (taki poziom istotności założono w badaniach).



Rys. 3.5. Wykres ugięć pierwszego przęsła belki trójprzęsłowej opartej na podporach stałych



Rys. 3.6. Wykres ugięć pierwszego przęsła belki dwuprzęsłowej opartej na podporach stałych

Wnioski

1. Wykonanie precyzyjnych pomiarów ugięć wieloprzęsłowej belki składanej dla różnych luzów oraz schematów obciążeń pozwoliło na określenie funkcji kompensacji momentów podporowych. Badania potwierdziły, że wyznaczona funkcja przyjmuje postać określoną wzorem $F_n = 1 - \frac{\varphi_0}{\varphi_n}$, szerzej opisaną w pracy [3] i artykule [4].
2. Przeprowadzona analiza wyników pomiaru ugięć badanego modelu potwierdziła zasadę, że wzrost luzów montażowych powoduje zbliżanie się umownego przegubu (pkt C, rys. 3.4) do podpory. Przyrost luzów do ∞ transformuje układ ciągły do układu belek wolnopodpartych.
3. Analiza dotycząca funkcji kompensacji momentów podporowych dla wieloprzęsłowych belek opartych na podporach podatnych przedstawiona zostanie w rozprawie doktorskiej. Postać tej funkcji będzie wykorzystana w analizie pracy wieloprzęsłowych mostów składanych opartych na podporach pływających obciążonych pojazdem w ruchu.

Artykuł wpłynął do redakcji 30.04.2014 r. Zweryfikowaną wersję po recenzji otrzymano 1.06.2015 r.

Źródło finansowania: PBS-855.

LITERATURA

- [1] BORUSZAK A., SYGULSKI R., WRZEŚNIEWSKI K., *Wytrzymałość materiałów, doświadczalne metody badań*, PWN, Warszawa-Poznań, 1984.

- [2] BURSZTYNOWSKI Z., *Mosty pływające na oddzielnych podporach*, WAT, Warszawa, 1988.
- [3] MARSZAŁEK J. i in., *Mosty składane. Projektowanie, badania i eksploatacja*, podręcznik, Wydawca GDDKiA i WAT, Warszawa, 2005.
- [4] MARSZAŁEK J., PIECHOTA M., *Analiza statyczna wieloprzęsłowych mostów składanych przy różnych warunkach ich podparcia*, Biul. WAT, 62, 2, 2013.
- [5] MARSZAŁEK J., PIECHOTA M., *Metoda szybkiej oceny nośności mostów składanych opartych na podporach pływających*, Biul. WAT, 63, 4, 2014.
- [6] MÜLLER L., *Zastosowanie analizy wymiarowej w badaniach modeli*, PWN, Warszawa, 1983.

J. MARSZAŁEK, M. PIECHOTA

Determination of compensation function of moments at the support on the basis of the research model of the folding continuous beam based on fixed supports

Abstract. The following paper presents the experimental study of methodology for determination of a compensation function of moments at the support as regards the multi-span folding beams. This function plays pivotal role on bending moments distribution in relation to the assembly clearance appeared in the folding constructions. The scope of the experimental research ranged the two-span and three-span folding beams deflection measurements founded on fixed supports. The authors considered different factors influenced the effect of the examined process, including different lengths of spans and different size of the assembly clearance. The obtained results of the experimental measurements enabled us to unequivocally determine the mathematical form of this function.

Keywords: building engineering, folding beams, compensation function of moments at the support
DOI: 10.5604/12345865.1168870

