

EWA KAJRUNAJTYS

PRAKTYKA LABORATORYJNA METODĄ PRZEGUBOWEJ
BADAŃ MODELOWYCH

Streszczenie. Artykuł podaje opis badań modelowych przeprowadzonych metodą eliminacji w celu wyznaczenia linii wpływowych hiperstatycznych oddziaływań belek ciągłych. Artykuł zawiera analizę dwóch sposobów badań: sposobu stałego miejsca obserwacji i stałego miejsca obciążenia. W oparciu o przeprowadzone badania modelowe i analizę wyników tych badań uznano stosowanie metody przegubowej do wyznaczania hiperstatycznych oddziaływań w belkach ciągłych za bardziej dogodnie niż stosowanie metody przemieszczeń wymuszonych.

Wstęp

Trudności przy obliczaniu oddziaływań i sił wewnętrznych bardziej skomplikowanych układach statycznych lub wręcz praktyczna niemożliwość ustalenia wartości tych sił na drodze rachunkowej, wysunęły ideę wyznaczenia ich drogą eksperymentalną.

Badania modelowe przeprowadzone w tym celu, zajmują już od lat w nauce i praktyce poczesne miejsce, jednak nawet mimo ich obecnego zaawansowania wymagają ciągle jeszcze szerokiego propagowania, poszukiwań nowych dróg pomiarów, a nade wszystko nowych opracowań metodyki ich stosowania.

Badania eksperymentalno-modelowe zapoczątkował w 1916 r. G.E. Beggs [1]. W 1930 r. Egipcjanin S. Wahed [7] wprowadził do badań modelowych metodę przegubową.

Teoria badań modelowych została między innymi opracowana w monografii M. Janusza [2]. Praca ta zawiera szerokie teoretyczne omówienie dwóch metod badań modelowych: metody przemieszczeń wymuszonych oraz metody przegubowej.

W ślad za pracą [2] oraz w wyniku płynącej z niej inspiracji powstały dalsze, jak: O. Dąbrowskiego [3], T. Kolendowicza [4], [5], O. Michejdy [6]. Podano w nich rezultaty szeroko rozwiniętych badań w kierunku ustalenia sposobu praktyczno-laboratoryjnej realizacji metody przemieszczeń wymuszonych w odniesieniu do pełnościennych płaskich układów prętowych [3], pełnościennych przestrzennych układów prętowych [4], układów powierzchniowych [5], wpływów niemechanicznych w płaskich układach prętowych [6].

Metoda przegubowa natomiast, zwana inaczej metodą wyłączenia albo eliminacji, nie doczekała się do tej pory opracowania laboratoryjnego, a tym samym udostępnienia jej do stosowania w praktyce konstrukcyjno-inżynierskiej. Celem uzupełnienia tej luki w laboratorium badań modelowych Katedry Mechaniki i Wytrzymałości Materiałów Politechniki Śląskiej podjęto prace nad przystosowaniem metody przegubowej badań modelowych do praktycznego użytku.

Niniejszy artykuł zawiera właśnie relację z pierwszego etapu tych prac, mianowicie z próby zastosowania metody przegubowej do określenia linii wpływowych oddziaływań hiperstatycznych belek ciągłych.

Przedmiotem dalszych badań będzie próba zastosowania metod przegubowej do wyznaczenia linii wpływowych wielkości wewnętrznych w hiperstatycznych układach prętowych.

Metoda przegubowa różni się tym od metody przemieszczeń wymuszonych, że odpowiednie przemieszczenie w miejscu i kierunku wielkości hiperstatycznej, potrzebne do wyznaczenia danej wielkości, nie jest wywoływane stosowanym deformatorem, lecz uzyskujemy je za pomocą odpowiedniego przegubu umieszczonego w badanym przekroju

przy równoczesnym obciążeniu układu pomocniczego dowolnie dobraną siłą, zwaną odciążeniem pomocniczym. Przegub, użyty do badania modelowego metodą eliminacji, musi być przegubem swobodnym, tzn., eliminującym daną wielkość hiperstatyczną z badanego przekroju. Oznacza to, że stopień statycznej niewyznaczalności układu pomocniczego jest o jeden niższy od układu zasadniczego, co nie zachodzi przy metodzie przemieszczeń wymuszonych. W tym miejscu należy zauważyć, że dla wyznaczenia oddziaływania hiperstatycznego przegub nie jest potrzebny. Wystarczy odpowiednia modyfikacja podpory lub jej usunięcie. Jednakże istota, sposoby badań, realizacja pomiarów oraz rodzaj i ilość końcowych obliczeń potrzebnych do wyznaczenia hiperstatycznych wielkości wewnętrznych i hiperstatycznych oddziaływań, są identyczne.

W pracy [3] przedstawiono i omówiono szczegółowo od strony teoretycznej dwa zasadnicze sposoby badań modelowych metodą przegubową:

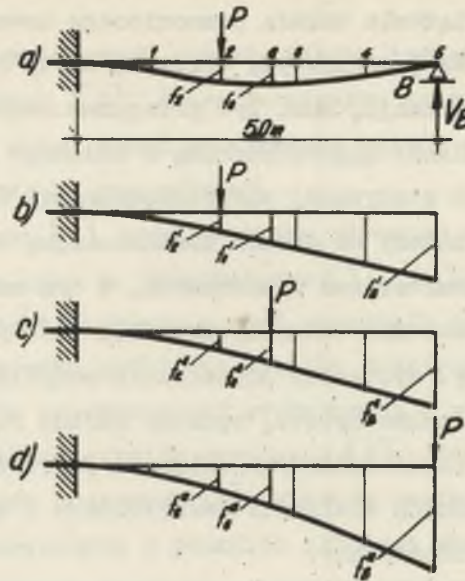
- 1) sposób stałego miejsca obserwacji,
- 2) sposób stałego miejsca obciążenia.

Trzeci sposób, będący kombinacją tych dwóch zasadniczych sposobów badań, nie jest zalecany przez autora pracy [3].

Badania przy stałym miejscu obserwacji

Stosowanie sposobu stałego miejsca obserwacji przy metodzie przegubowej badań modelowych, daje duże korzyści w wypadkach, gdy nie rozporządzamy dużą ilością mikroskopów.

Wyznamy np. dla belki A B jednym końcem utwierdzonej w sposób sztywne, a na drugim podpartej łożyskiem przegubowo - przesuwnym (rys. 1a), wielkość oddziaływania V_B wywołanego działaniem siły P umiejscowionej w danej chwili w punkcie 2.



Rys. 1

Za stałe miejsce obserwacji i pomiaru przyjmujemy dowolny punkt O i działamy w pierw w miejscu 2 wspomnianą siłą P na układ zasadniczy (rys. 1a). Wywoła ona w punkcie O tego układu przemieszczenie f_0 . Usuwny następnie podporę B , przez co eliminujemy występujące tam oddziaływanie i powstały w ten sposób układ pomocniczy (rys. 1b) obciążamy siłą P kolejno w punktach: 2 (rys. 1b), O (rys. 1c) oraz B (rys. 1d). Po zastosowaniu zasady Bettiego-Maxwella do układu zasadniczego (rys. 1a) i pomocniczego (rys. 1c) otrzymujemy związek:

$$P \cdot f_2'' - V_B \cdot f_B'' = P \cdot f_0$$

Z układów 1b i 1c wynika, że

$$P \cdot f_2'' = P \cdot f_0', \text{ skąd } f_2'' = f_0'$$

natomiast z układów lc i ld wynika

$$P f_0''' = P \cdot f_B'', \text{ a także } f_B'' = f_0''$$

Wobec tego

$$P \cdot f_0' - V_B \cdot f_0''' = P \cdot f_0$$

a stąd

$$V_B = P \cdot \frac{f_0' - f_0}{f_0'''} \quad (1)$$

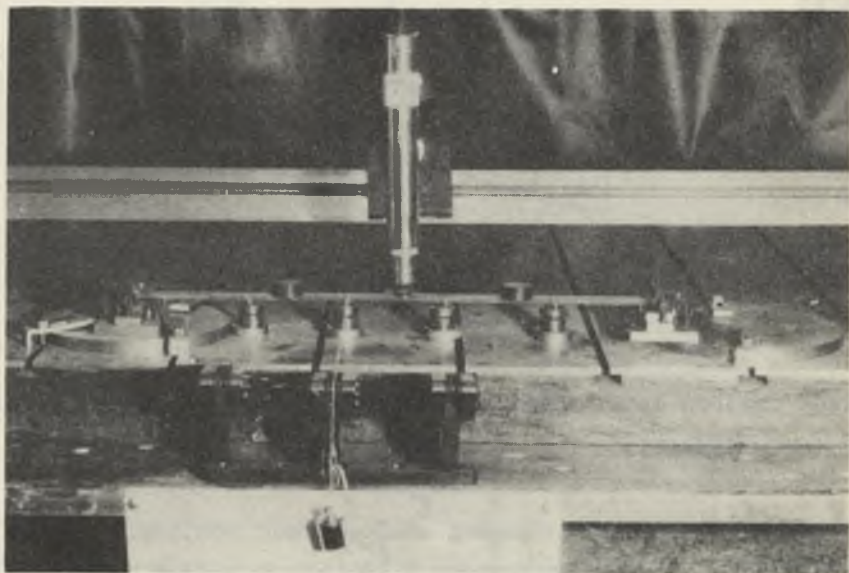
Wartość rzędnej linii wpływowej w punkcie 2 dla oddziaływania V_B wyrazimy w postaci:

$$\eta_{V_B} = \frac{V_B}{P} = \frac{f_0' - f_0}{f_0'''} \quad (2)$$

Celem wyznaczenia rzeczywistych wartości rzędnych linii wpływowej w punktach 1, 2, 3, 4, i 5 dla oddziaływania V_B układu przedstawionego na rys. 1a, sposobem stałego miejsca obserwacji przy stosowaniu omawianej metody przegubowej, wykonano model belki z celuloidu o grubości 2,3 mm przyjmując wysokość przekroju belki równą 18 mm i długości 400 mm. Wymiary modeli, którymi posługiwano się w pracach laboratoryjnych, opisanych w niniejszym artykule, ustalono w oparciu o przedstawione w pracach, [2], [3], [4], [5], [6] podstawowe zasady podobieństwa modelowego.

Model belki (rys. 1a) ułożono na kulkach stalowych, podpartych podstawkami regulującymi poziome położenie modelu. Użyto przy tym podpór aparatury Magne a, a całość urządzenia spoczywała na stole

pomiarowym tejże aparatury. Przeszyczenia obserwowanych punktów modelu mierzono przy pomocy mikroskopów o powiększeniu 110x i o zasięgu obserwacji 2 mm (zdjęcie 2).

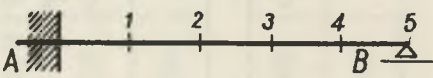


Rys. 2

Pierwszej próby ustalenia wartości rzędnych linii wpływowej oddziaływania V_B dokonano mierząc trzykrotnie każde przemieszczenie punktu O (miejsca stałej obserwacji) wywołane obciążeniem doświadczalnym, działającym na układ zasadniczy i pomocniczy modelu kolejno w punktach 1, 2, 3, 4, 5. Obciążenie doświadczalne stanowiły ciężarki o wielkościach $P = 5G, 10G, 20G, 30G$ i $50G$, zawieszane na nici przrzucowej przez bleczek i przymocowanej do modelu (zdjęcie 2). Wykonując pomiary sprawdzono, czy po odciążeniu modelu punkt O wraca do położenia początkowego, przez co stwierdzono, że odkształcenia belki mieszczą się w granicach proporcjonalności.

Wyniki obliczeń rzędnych linii wpływowej oddziaływania ustalone w oparciu o formułę (2) podaje tablica I.

Tabl. I

Schemat belki					
Punkty na osi belki	1	2	3	4	5

η_{VB} otrzymane przy stosowaniu	$P=0,005$	0,0655	0,1982	0,3740	0,6880	1
	$P=0,010$	0,0560	0,1985	0,4230	0,6700	1
różnych wielkości obciążenia	$P=0,020$	0,0533	0,2030	0,4530	0,6750	1
	$P=0,030$	0,0583	0,1980	0,4250	0,7430	1
doświadczalnego P [kG]	$P=0,050$	0,0569	0,1983	0,4199	0,6970	1
η_{VB} otrzymane metodą eliminacji (średnia z pięciu pomiarów)		0,0580	0,1992	0,4190	0,6946	1
η_{VB} otrzymane rachunkowo		0,056	0,208	0,432	0,704	1
Różnica wyników rachunkowych i otrzymanych metodą eliminacji w %		3,57	4,72	3,01	1,33	-

η_{VB} otrzymane metodą przemieszczeń wymuszonych (średnia z pięciu pomiarów)	0,067	0,217	0,445	0,692	1
Różnica wyników rachunkowych i otrzymanych met. przemieszczeń wymusz. w %	19,65	4,32	3,01	1,71	-

Czas pomiarów znacznie się skróci, jeżeli miejsce stałej obserwacji przyjmiemy w punkcie B. Formuła (2) stosowana dla punktu B przyjmie wtedy postać:

$$\eta_{V_B} = \frac{f'_B - f_B}{f''_B}$$

ale ponieważ przemieszczenia f_B punktu B w układzie zasadniczym są równe zero niezależnie od miejsca obciążenia, więc

$$\eta_{V_B} = \frac{f'_B}{f''_B} \quad (3)$$

W celu określenia wartości rzędnych linii wpływowej oddziaływania V_B w punktach 1, 2, 3, 4, 5 w oparciu o wzór (3), obciążono układ pomocniczy obciążeniem doświadczalnym P, działającym w wymienianych punktach. Otrzymane wartości rzędnych linii wpływowej η_{V_B} podaje tablica II.

Na podstawie otrzymanych wyników można zauważyć, że formuła (3) jest bardziej operatywna w stosowaniu, niż formuła (2). Widzimy więc, iż o szybkości oraz łatwości uzyskania poszukiwanych wyników, jak również o dokładności tych wyników, decyduje wybór miejsca stałej obserwacji.

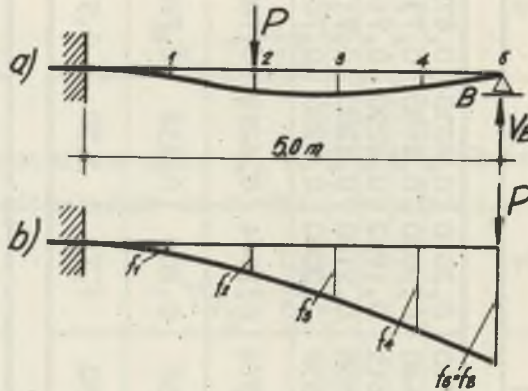
Badania przy stałym miejscu obciążenia

Charakterystyczną cechą sposobu stałego miejsca obciążenia metody przegubowej (eliminacji) badań mechaniczno-optycznych jest stałe miejsce działania obciążenia doświadczalnego i to zarówno w układzie zasadniczym jak i w układzie pomocniczym modelu.

TABL. II

Schemat belki						
Punkty na osi belki		1	2	3	4	5
$\frac{1}{3}$ otrzymane przy stosowaniu różnych wielkości obciążenia doświadczalnego P [kg]	P=0,005	0,0520	0,2010	0,4030	0,6750	1
	P=0,010	0,0640	0,2020	0,4180	0,7330	1
	P=0,012	0,0613	0,1992	0,4290	0,7140	1
	P=0,022	0,0568	0,2120	0,4280	0,7130	1
	P=0,032	0,0530	0,2080	0,4280	0,7030	1
$\frac{1}{3}$ otrzymane metodą eliminacji /średnia z pięciu pomiarów/		0,0574	0,2044	0,4212	0,7076	1
$\frac{1}{3}$ otrzymane rachunkowo		0,056	0,208	0,432	0,704	1
Różnica wyników rachunkowych i otrzymanych metodą eliminacji w %		2,50	1,73	2,50	0,51	-
$\frac{1}{3}$ otrzymane metodą przemieszczeń wymuszonych /średnia z pięciu pomiarów/		0,067	0,217	0,445	0,692	1
Różnica wyników rachunkowych i otrzymanych met. przemieszczeń wymusz. w %		19,65	4,32	3,01	1,71	-

Dokładność wyników metody przegubowej, otrzymanych sposobem stałego miejsca obciążenia, zależy poważnie od wyboru sposobu obciążenia i od wyboru miejsca działania tego obciążenia.



Rys. 3

Dla porównania dwóch sposobów badań modelowych metody przegubowej, a to przedstawionego już sposobu stałego miejsca obserwacji i sposobu stałego miejsca obciążenia, wyznaczono rzędne linii w wpływowej oddziaływania V_B belki przedstawionej na rys. 1, używając tego drugiego sposobu badań.

Model użyty w badaniach poprzednio omówionych obciążono teraz w punkcie B siłą o wartościach $P = 5 \div 15 \text{ G}$.

Punkt B był więc miejscem stałego obciążenia (rys. 3). Miejscami obserwacji były punkty 1, 2, 3, 4, i 5, których przemieszczenia mierzono przy pomocy mikroskopów, dokonując trzykrotnych pomiarów dla każdej wartości siły.

Ażeby wyznaczyć oddziaływanie V_B wywołane siłą P działającą np. w punkcie 2 (rys. 2a, b), piszemy zgodnie z zasadą Bettiego-Maxwella

$$P f_2 - V_B \cdot f_B = 0$$

więc

$$V_B = P \frac{f_2}{f_B} \quad (4)$$

Rzędną linią wpływowej dla oddziaływania V_B w punkcie 2 wyrazimy w postaci

$$\eta_{V_B} = \frac{V_B}{P} = \frac{f_2}{f_B} \quad (5)$$

a dla dowolnego punktu

$$\eta_{V_B} = \frac{f}{f_B} \quad (6)$$


Wyniki wykonanych badań podaje tablica III.

W trakcie wykonywania pomiarów można było zauważyć, że sposób stałego miejsca obciążenia jest bardziej wygodny w stosowaniu i szybciej prowadzi do celu, aniżeli sposób stałego miejsca obserwacji. Sposób stałego miejsca obciążenia jednakże wymaga użycia do pomiaru przemieszczeń większej liczby mikroskopów. Posługiwanie się jednym mikroskopem jest kłopotliwe ze względu na niebezpieczeństwo poruszenia modelu przy zmianie stanowiska mikroskopu oraz z uwagi na stratę czasu wynikającą z każdorazowego przestawienia mikroskopu. Sposób stałego miejsca obciążenia jest najdogodniejszy w stosowaniu wtedy, kiedy dysponujemy liczbą mikroskopów, równą liczbie punktów, dla których musimy zmierzyć przemieszczenia celem wyznaczenia poszukiwanej wielkości.

W celu określenia rzędnych i linii wpływowej oddziaływania V_B sposobem stałego miejsca obciążenia, układ pomocniczy dziewięć razy obciążano i odciążano. Stosując sposób stałego miejsca obserwa-

TABL. III

S c h e m a t b e l k i



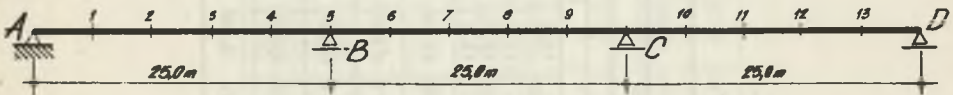
Punkty na osi belki	1	2	3	4	5
---------------------	---	---	---	---	---

1/3 otrzymane przy stosowaniu różnych wielkości obciążenia doświadczalnego P [kN]	0,0550	0,2080	0,4250	0,7200	0,7200	1
1/3 otrzymane metodą eliminacji /średnia z trzech pomiarów/	0,0530	0,1995	0,4130	0,6970	0,6970	1
1/3 otrzymane metodą eliminacji /średnia z trzech pomiarów/	0,0540	0,2060	0,4280	0,6830	0,6830	1
1/3 otrzymane metodą eliminacji /średnia z trzech pomiarów/	0,0540	0,2045	0,4220	0,7000	0,7000	1
1/3 otrzymane rachunkowo	0,056	0,208	0,432	0,704	0,704	1
Różnica wyników rachunkowych i otrzymanych metodą eliminacji w %	3,57	1,68	2,31	0,57	0,57	-

1/3 otrzymane metodą przemieszczeń wymuszonych /średnia z pięciu pomiarów/	0,067	0,217	0,445	0,692	0,692	1
Różnica wyników rachunkowych i otrzymanych met. przemieszczeń wynusz. w %	19,65	4,32	3,01	1,71	1,71	-

cji dla wyznaczenia rzędnych linii wpływowej η_{V_B} w oparciu o najkorzystniejszą dla tego sposobu formułę (3) oraz przy zachowaniu tej samej dokładności badań (trzy różne wartości siły P), należałoby układ pomocniczy obciążać i odciążać czterdzieści pięć razy. Uwzględniając czas potrzebny do uspokojenia modelu po każdym jego obciążeniu i odciążeniu widzimy, że krócej trwają pomiary sposobem stałego miejsca obciążenia. Stanowi to poważne i godne uwagi kryterium przy wyborze sposobu prowadzenia badań.

Opierając się na przedstawionych dotąd rozważaniach wyznaczono dodatkowo rzędne linii wpływowej oddziaływania V_B belki ciągłej przedstawionej na rys.4, przy czym posługiwano się sposobem stałego miejsca obciążenia. Badania przeprowadzono na dwóch modelach wykonanych z różnych materiałów.



Rys. 4

Model pierwszy wykonano z celuloideu w skali długości 1:100. Przekrój poprzeczny posiadał wymiary 2,3x200 mm, Model obciążono w punkcie B. Rzędne osi odkształconej układu pomocniczego mierzono mikroskopami w punktach od 1 do 13 dokonując pięciokrotnych odczytów wielkości ugięcia wywołanego jedną wartością obciążenia pomocniczego: P = 0,020 kG, 0,050 kG, 0,100 kG, 0,150 kG oraz 0,200 kG. Rzędne η_{V_B} (tablica IVa) ustalono w oparciu o serię pomiarów przemieszczeń poszczególnych punktów przy P = 0,150 kG, charakteryzującej się najmniejszymi błędami odchylenia standardowego (poz. 3 tablicy IVa).

Tabl. IVa

Schemat belki														
Punkty na osi belki		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1. Przemieszczenia f_n [10 ⁻³ mm] punktów 1 ÷ 13 z przedu kolejnych pomiarów		4,7	9,1	12,2	14,2	14,5	13,0	10,0	6,7	3,0	-1,5	-2,0	-1,6	-0,9
		4,9	9,3	12,5	14,2	15,0	13,1	10,1	6,8	3,1	-1,6	-2,1	-1,6	-0,9
		4,8	9,1	12,2	14,4	14,9	13,0	10,0	6,7	3,0	-1,5	-2,1	-1,6	-1,0
		4,8	9,0	12,0	14,1	14,9	12,9	10,0	6,6	3,1	-1,5	-2,2	-1,8	-1,0
		4,8	9,0	12,3	14,5	14,8	13,2	10,2	6,7	3,1	-1,6	-2,1	-1,7	-0,9
2. Przemieszczenia średnie \bar{f}_n		4,80	9,10	12,24	14,28	14,80	13,04	10,06	6,70	3,06	-1,54	-2,10	-1,66	-0,96
3. Błąd standardowy $S = \sqrt{\frac{\sum(f_n - \bar{f}_n)^2}{n-1}}$		0,032	0,071	0,081	0,086	0,084	0,051	0,019	0,032	0,012	0,012	0,032	0,040	0,027
4. $\eta_{1/2}$ otrzymane metodą eliminacji		0,325	0,615	0,827	0,965	1	0,884	0,680	0,453	0,207	-0,104	-0,142	-0,112	-0,065
5. $\eta_{1/6}$ otrzymane rachunkowo		0,315	0,602	0,890	0,973	1	0,896	0,696	0,448	0,200	-0,115	-0,154	-0,134	-0,077
6. Różnica wyników rachunkowych i otrzy- manyh metodą eliminacji w %		3,18	2,11	0,36	0,82	-	1,35	2,30	1,12	3,50	9,57	7,70	16,40	15,60

CELULOID

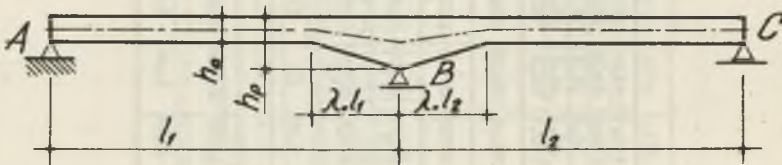
Tabl. IVb

1. Przemieszczenia f_0 [10^2 mm]	1	5,3	10,1	14,1	16,5	17,0	15,1	11,6	7,5	3,4	-1,8	-2,5	-2,3	-1,2
2. Punkty 1 ÷ 13 z pięciu kolejnych pomiarów	2	5,4	10,2	14,3	16,7	17,2	15,2	11,7	7,7	3,5	-2,0	-2,6	-2,4	-1,2
	3	5,3	10,2	14,2	16,6	17,1	15,2	11,6	7,6	3,4	-1,7	-2,5	-2,1	-1,2
	4	5,2	10,2	14,0	16,5	17,0	15,3	11,5	7,6	3,3	-1,8	-2,5	-2,0	-1,2
	5	5,3	10,1	14,2	16,6	17,1	15,2	11,6	7,6	3,4	-1,7	-2,4	-2,0	-1,2
2. Przemieszczenia średnie \bar{f}_0		5,30	10,16	14,16	16,60	17,08	15,20	11,60	7,60	3,40	-1,80	-2,50	-2,18	-1,20
3. Błąd standardowy $s = \sqrt{\frac{\sum(f_0 - \bar{f}_0)^2}{n}}$		0,032	0,027	0,051	0,039	0,038	0,032	0,032	0,032	0,032	0,027	0,032	0,041	0
4. η_0 otrzymana metodą eliminacji		0,311	0,595	0,830	0,973	1	0,882	0,680	0,445	0,199	-0,106	-0,146	-0,128	-0,070
5. η_0 otrzymane rachunkowo		0,315	0,602	0,830	0,973	1	0,896	0,696	0,448	0,200	-0,115	-0,154	-0,134	-0,077
6. Różnica wyników rachunkowych i otrzymanych metodą eliminacji w %		1,29	1,16	0	0	-	1,56	2,30	0,67	0,50	7,83	5,20	4,47	9,10
η_0 otrzymane metodą przemieszczeń wymuszonych /średnia z pięciu pomiarów/		0,297	0,597	0,788	0,946	1	0,865	0,688	0,431	0,204	-0,111	-0,142	-0,127	-0,075
Różnica wyników rachunkowych i otrzymanych metodą przemieszczeń wymusz. w %		5,72	0,83	5,06	2,78	-	3,46	1,15	3,80	2,00	3,48	7,80	5,22	2,60

P L E X I

Model drugi, o tych samych wymiarach co pierwszy, wykonano z plexiglasu (szkła organicznego). Sposób badań i tok postępowania przy wykonywaniu pomiarów był ten sam, co w badaniach na modelu wykonanym z celuloиду. Układ pomocniczy obciążono w punkcie B siłami $P = 0,100 \text{ kG}$, $0,200 \text{ kG}$, $0,300 \text{ kG}$ oraz $0,400 \text{ kG}$. Najmniejsze wartości błędu odchylenia standardowego otrzymano przy stosowaniu obciążenia $P = 0,300 \text{ kG}$ i na podstawie serii pomiarów przemieszczeń wywołanych tą siłą obliczono wartości η_{V_B} (tablica IVb). Rzędne linii wpływowej η_{V_B} , uzyskane w oparciu o badania na modelu wykonanym ze szkła organicznego, są bliższe wartościom rzędnych otrzymanych drogą rachunkową, aniżeli wartości tychże rzędnych, uzyskanych przy pomocy badań na modelu z celuloиду.

Wyznaczono także linię wpływową oddziaływania podpory dla dwuprzęsłowej belki, ze skosami nad podporą środkową (rys. 5).



Rys. 5

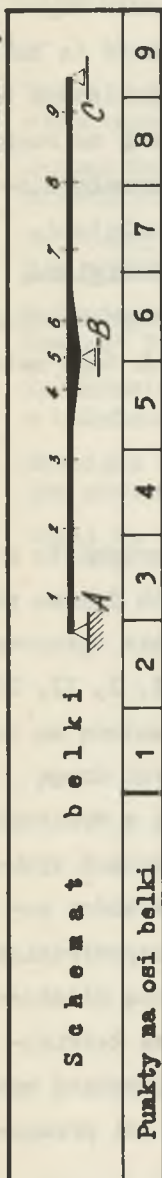
Charakterystyczne parametry belki wynosiły: $l_1 : l_2 = 1$,
 $\mu = I_o : I_p = 0,197$ względna długość skosów $\lambda = 0,25$.

Wysokość modelu na długości stałego momentu bezwładności I_o przyjęto $h_o = 2,8 \text{ cm}$. Wysokość nad podporą wypada zatem

$$h_p = \frac{h_o}{\sqrt[3]{\mu}} = \frac{2,8}{\sqrt[3]{0,197}} = 4,8 \text{ cm}$$

Otrzymane wyniki podaje tablica V.

TABL. V



1/8 otrzymane przy stosowaniu różnych wielkości obciążenia doświadczalnego P [kg]	0,207	0,591	0,883	0,985	1	0,989	0,881	0,562	0,201
1/8 otrzymane metodą eliminacji /średnia z trzech pomiarów/	0,208	0,578	0,873	0,986	1	0,986	0,874	0,577	0,212
1/8 otrzymane rachunkowo	0,212	0,582	0,874	0,989	1	0,989	0,874	0,582	0,212
Różnica wyników rachunkowych i otrzymanych metodą eliminacji w %	1,89	0,69	0,11	0,30	-	0,30	0	0,96	0

1/8 otrzymane metodą przeszczerzeń wymusz. /średnie z pięciu pomiarów/	0,209	0,595	0,863	0,990	1	0,985	0,877	0,593	0,219
Różnica wyników rachunkowych i otrzymanych metodą przeszczerzeń wymusz. w %	1,46	2,15	1,24	0,10	-	0,39	0,30	1,91	3,30

Na podstawie wstępnych badań wytrzymałościowych szkła organicznego można bardzo pozytywnie ocenić jego przydatność do budowy modeli. Plexiglaz posiada wyższą granicę proporcjonalności niż celuloid, jest ponadto bardziej sztywny, więcej odporny na ruchy podłoża i otoczenia, nie zmienia też swych cech wytrzymałościowych w czasie (nie starzeje się) w takim stopniu co celuloid.

Dalsze dokładne badania własności mechanicznych plexigglazu, jak również dalsze badania na modelach wykonanych z tego materiału, pozwolą na bardziej szczegółowe sprecyzowanie cech tego materiału jako tworzywa do wykonywania modeli.

Uwagi końcowe

Przykłady przedstawione w niniejszym artykule zaczerpnięto z pracy 2 co pozwoliło na porównanie wyników otrzymanych dwiema metodami: metodą przemieszczeń wymuszonych i nowo obecnie opracowywaną metodą eliminacji. Z porównania rezultatów (tabl. I, II, III, IV, V) wynika, że wielkości otrzymane jedną i drugą metodą są dostatecznie dokładne w porównaniu z wynikami otrzymanymi drogą rachunkową, a minimalne różnice nie wskazują na żadną z wymienionych metod jako na bardziej dokładną. Metoda przemieszczeń wymuszonych stosowana do wyznaczania hiperstatycznych wielkości zarówno wewnętrznych jak i zewnętrznych wymaga użycia odpowiednich deformatarów. Badania na modelach przeprowadzone metodą eliminacji w celu wyznaczenia oddziaływań hiperstatycznych są łatwiejsze w realizacji niż badania prowadzone metodą przemieszczeń wymuszonych, gdyż nie wymagają użycia ani deformatarów ani przegubów swobodnych.

LITERATURA

- [1] Beggs G.E. - "The Beggs Deformeter for the Mechanical of structures" Deformeter Bulletin N^o 1, 1932.
- [2] Janusz Marian - "Teoria badań modelowych ustrojów statycznie niewyznaczalnych" Wrocław - 1952 - WTN.
- [3] Dąbrowski O. - "Statyka modelowa pełnościennych płaskich układów prętowych" Praca doktorska niepublikowana.
- [4] Kolendowicz T. - "Statyka modelowa przestrzennych układów prętowych" Praca doktorska niepublikowana.
- [5] Kolendowicz T. - "Modelowe wyznaczanie wielkości statycznych w układach powierzchniowych" Gliwice - 1964 - Z.N. Pol.Śl.
- [6] Michejda O. - "Badania modelowe wpływów niemechanicznych ustrojów prętowych" Praca doktorska niepublikowana.
- [7] Wahed S. - "Die Gelenkmethode" Berlin - 1931 r.

КРАТКОЕ СОДЕРЖАНИЕ

Статья содержит описание исследований, произведённых на моделях для определения линий влияния реакций неразрезных многопролётных балок. Сделано анализ двух способов исследования: способа постоянного места наблюдения и постоянного места приложения нагрузки.

Из анализа результатов описанных исследований делается вывод, что для определения линий влияния реакций неразрезных многопролётных балок, шарнирных метод является более удобным чем метод вынуждённых перемещений.

Summary

The article gives an account of model investigations made with the help of a method of elimination in in order to determinate the streamlines of hyperstatic reactions of continuous beams and contains an analysis of two methods of investigation: method fof permanent position observations, and method of permanent load position.

On the basis of executed model investigations and analysis of results it has been recognized that it is more advisable to apply the jointed method for determiniong hyperstatic reactions of flat rod systems, than the method of forced displacements.