

BADANIA MODELOWE CZTEROSPADKOWEJ PRĘTOWEJ STRUKTURY PRZESTRZENNEJ

Z. KOWAL, W. PACZKOWSKI, R. PIETLICKI i W. SEIDEL (WROCŁAW)

W pracy zamieszczono wyniki badań teoretycznych i doświadczalnych prętowej struktury przestrzennej rozpiętości 60×60 m o czterech 10% spadkach. Badania doświadczalne przeprowadzono na modelu zbudowanym w skali 1:20 ze stopu aluminium PA2N i obciążonym w węzłach górnych. Wyznaczono statystyczne parametry sił wewnętrznych w prętach o jednakowych siłach wewnętrznych, korzystając z topologicznych cech struktury, oraz przeprowadzono analizę ekstremalnych sił wewnętrznych w prętach o jednakowym przekroju. Siły wewnętrzne wyznaczone doświadczalnie porównano z obliczonymi metodą przemieszczeń i wyznaczono współczynniki przewyższenia wartości średnich i ekstremalnych.

1. WPROWADZENIE

W toku badań własności prętowych struktur jednosпадkowych o różnych kształtach opublikowanych w pracach [1, 2, 5 i 6] wytypowano do przekrywania hal o rozpiętościach od 48×48 do 96×96 m prętowe struktury przestrzenne z co drugim oczkiem pustym i diagonalnych prętach warstwy dolnej. Aby uniknąć konieczności ułożenia przekrycia w spadku w celu odprowadzenia wód opadowych, zaprojektowano strukturę czterospadkową typu namiotowego o kształcie przedstawionym na rys. 1 i konstrukcji opisanej w pracy [3]. Na rysunku 1 oznaczono pasy górne grubą linią ciągłą, pasy dolne linią przerywaną, krzyżulce cienką linią ciągłą. Podpory oznaczono kółkami. Węzły obciążone oznaczono czarnymi punktami.

W takiej strukturze dotychczas bardzo rzadko stosowanej [4, 7 i 8] do korzyści wynikających z dobrego odprowadzenia wód opadowych dochodzą korzyści wynikające z zachowania jednakowej wysokości ścian hali oraz ze zmniejszenia sił wewnętrznych w prętach struktury w stosunku do struktur o jednym spadku. Wyznaczono parametry losowych sił wewnętrznych zmierzonych w wybranych prętach struktury na modelu zbudowanym w skali 1:20 z rur ze stopów aluminium. Do pomiarów wybrano pręty w taki sposób, aby stanowiły układ o jednakowych oczekiwanych siłach wewnętrznych i o jednakowych przekrojach. Ponadto wybrano krzyżulce i pręty warstwy dolnej lub górnej dostosowane do wszystkich rodzajów przekrojów występujących w modelu. Cały model struktury zbudowano z rur o pięciu różnych przekrojach.

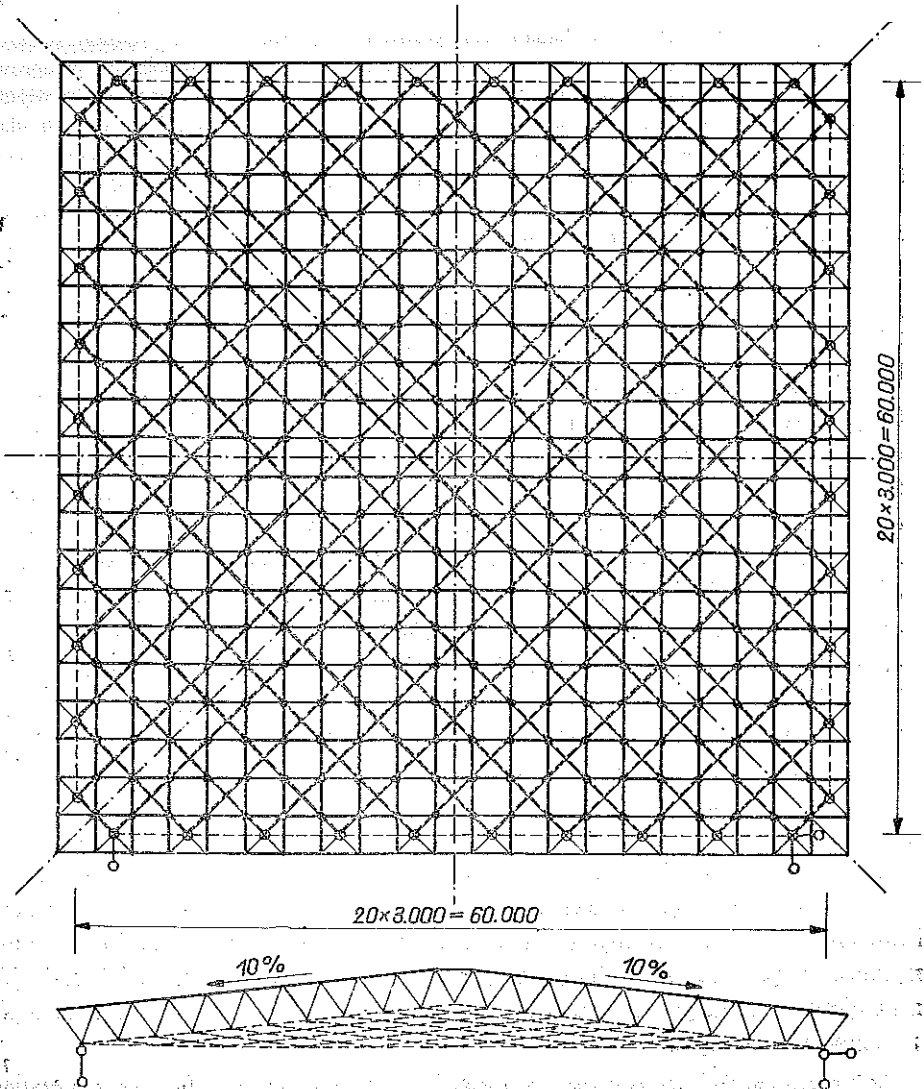
Ze zmierzonych i wyznaczonych wielkości podstawowych obliczono następujące pochodne, przydatne w analizie wyników: współczynniki zmienności, współczynniki

dokładności odwzorowania przeciętnej, współczynniki przewyższenia sił wewnętrznych oraz współczynniki zróżnicowania obliczonych i pomierzonych sił wewnętrznych.

2. TEORETYCZNE WYZNACZENIE SIŁ WEWNĘTRZNYCH

Do wyznaczenia sił wewnętrznych w prętach struktury zastosowano metodę przemieszczeń. Ogólne równanie przemieszczeń ma postać:

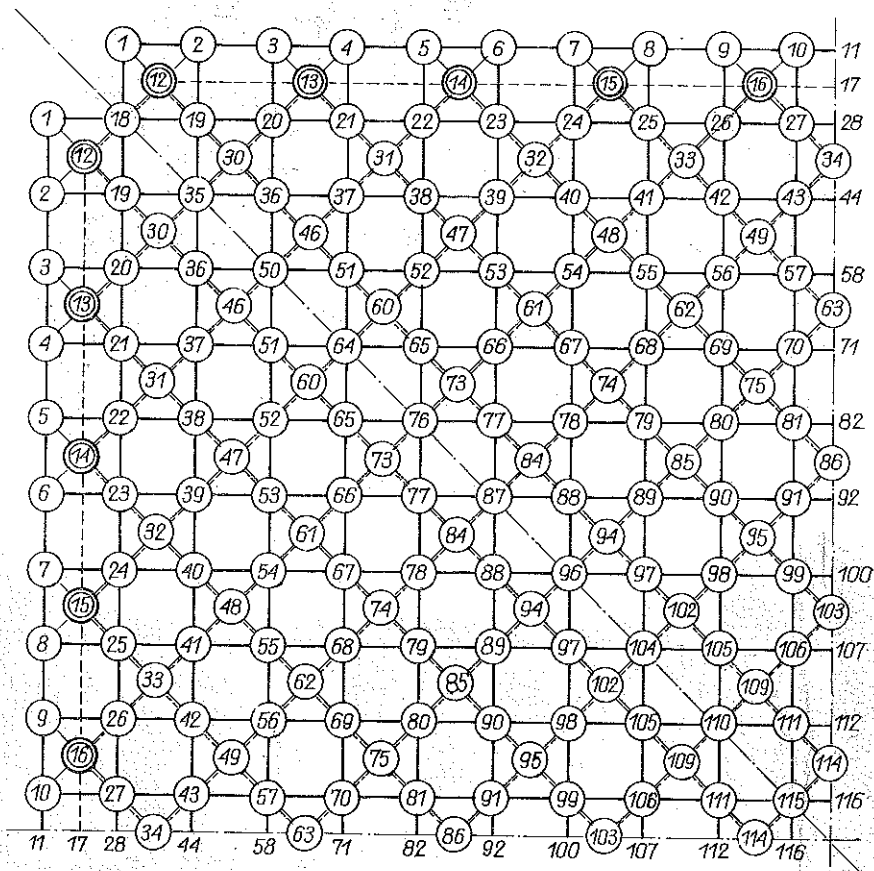
$$(2.1) \quad KX = R,$$



Rys. 1: Kształt prętowej struktury namiotowej

gdzie K oznacza macierz sztywności prętów, X wektor przemieszczeń węzłów oraz R wektor obciążeń węzłów.

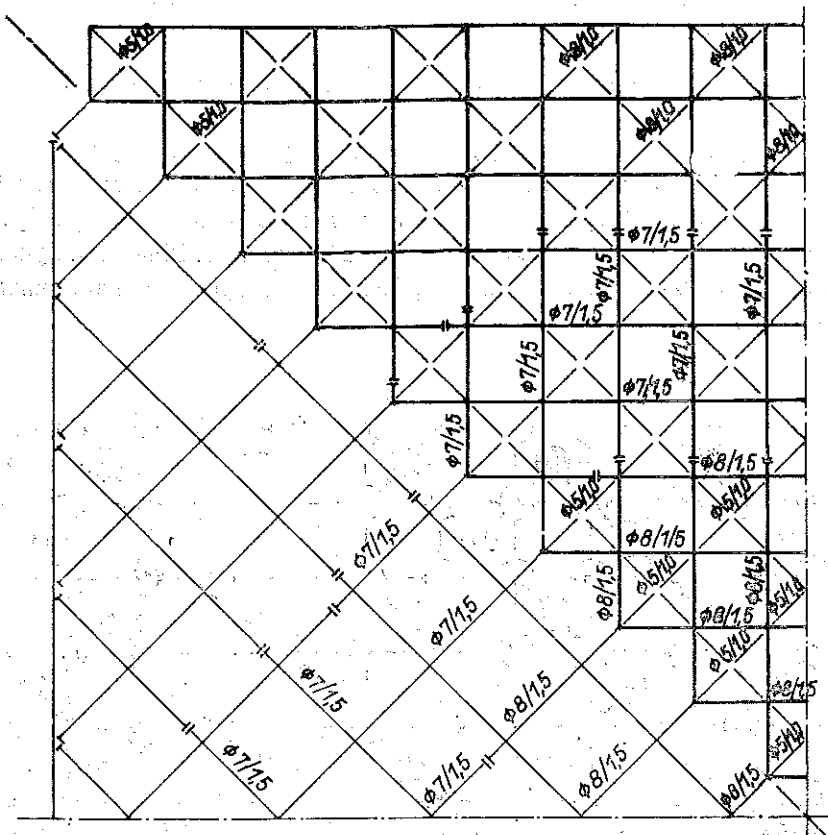
Sily wewnętrzne w strukturze wyznaczono dla prętowej struktury przestrzennej o prętach połączonych przegubowo w węzłach, przyjmując trzy stopnie swobody przemieszczenia węzła. Współrzędne węzłów, położenie prętów, pole powierzchni przekroju wprowadzono do programu według rysunków 1, 2 i 3. Obliczenia wykonano dla obciążeń $P=100\text{ N}$ działających w węzłach oznaczonych czarnymi punktami (rys. 1).



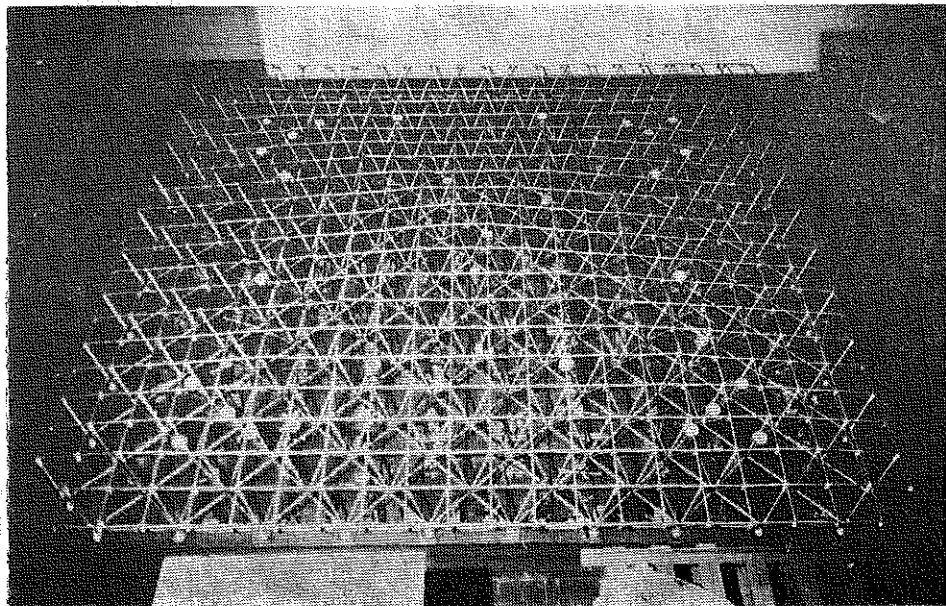
Rys. 2. Numeracja węzłów struktury do tablic

W obliczeniach wykorzystano symetrię obciążenia i symetrię ustroju. Dzięki występowaniu czterech płaszczyzn symetrii do obliczeń numerycznych wzięto 1/8 część struktury według schematu pokazanego na rys. 2 z numerami węzłów ujętymi w kółkach.

Teoretycznie wyznaczone sily wewnętrzne w prętach struktury namiotowej zamieszczono na rys. 5.



Rys. 3. Schemat montażowy modelu. Oznaczenia przekrojów



Rys. 4. Zdjęcie modelu na stanowisku badawczym

3. KONSTRUKCJE MODELU BADAWCZEGO I POMIAR SIŁ WEWNĘTRZNYCH

Model o schemacie montażowym pokazanym na rysunku 3 zbudowano ze stopu aluminium PA2N. Diagonalne pasy dolne pokazane w dolnej ósemce na rys. 3 zbudowano z rur $\varnothing 6/1$, $\varnothing 7/1,5$ i $\varnothing 8/1,5$. Pasy górne, równoległe do konturu przekrycia, oznaczone grubą linią ciągłą w górnej ósemce (rys. 3), zbudowano z rur $\varnothing 6/1$, $\varnothing 7/1,5$ i $\varnothing 8/1,5$. Krzyżulce oznaczone linią cienką $\varnothing 5/1$. Oczywiście największe przekroje krzyżulców występują w strefie podporowej. Wszystkie cztery krzyżulce w jednym oczku mają ten sam przekrój. Krzyżulce nie opisane na rys. 3 są zbudowane z rur $\varnothing 6/1$. Również nie opisane pręty warstwy dolnej i górnej zbudowano z rur $\varnothing 6/1$. Pręty warstwy górnej i dolnej wykonano w sposób ciągły. Krzyżujące się w węzłach pasy z rur spłaszczono i połączono z węzłem za pomocą klejenia żywicą epoksydową epidian 5 utwardzaną na zimno i jednej śruby cierniej M3. Zakładkowe styki ciągłych pasów połączono za pomocą klejenia i śrub ciernych. Spłaszczone końce krzyżulców połączone ze stalowym węzłem, tłoczonym z blachy grubości 2 mm również za pomocą klejenia i śruby cierniej. Błąd rozstawu otworów na śruby w pasach i krzyżulcach mieścił się w granicach $\pm 0,1$ mm.

Model oparto na łożyskach przesuwnych z pionową regulacją śrubową. Przesuw poziomy umożliwiono za pomocą łożysk kulkowych, a przytrzymanie modelu w poziomie zrealizowano za pomocą trzech prętów stabilizujących.

Obciążenie modelu zrealizowano za pomocą odważników podwieszonych do węzłów górnych. Ciężar odważników wyznaczono z dokładnością do 0,01 N. Zdjęcie modelu na stanowisku badawczym pokazano na rys. 4.

Losowe siły wewnętrzne $S_i(\omega)$ w układach prętów o jednakowych oczekiwanych siłach wewnętrznych i liczbie 8 lub 4 wyznaczono na podstawie pomiaru osiowego wydłużenia d_i bazy pomiarowej prętów:

$$S_i(\omega) = C_k d_i(\omega),$$

gdzie C_k oznacza współczynnik sprężystości pręta.

Pomiary przeprowadzono za pomocą specjalnie skonstruowanych tensometrów mechanicznych z urządzeniami żyroskopowymi eliminującymi wpływ losowego zginania prętów na wyniki pomiaru [6].

Średnią siłę wewnętrzną \bar{S}_0 , wariancję $D^2(S_0)$ i odchylenie standardowe S_0 lub odchylenie wg Gaussa losowych sił wewnętrznych w poszczególnych układach prętów o jednakowej oczekiwanej sile wewnętrznej wyznaczono w znany sposób [1 i 5].

Wyniki pomiarów w postaci parametrów losowych sił wewnętrznych w prętach struktury namiotowej zamieszczono w kolumnie 4, 5, 6, 7 i 8 w tablicy 1, 2 i 3.

Parametry \bar{S}_0 i s_0 sił wewnętrznych wyznaczone na podstawie pomiaru na modelu dla obciążenia w węzłach wynoszącego 9,81 N przeliczono za pomocą skali modelowej $k_p = 100/9,81 = 10,19$ na obciążenie 100N na węzeł za pomocą wzorów

$$(3.1) \quad \bar{S} = k_p \bar{S}_0, \quad s = k_p s_0.$$

Tablica 1. Analiza sił wewnętrznych w wybranych prętach warstwy górnej

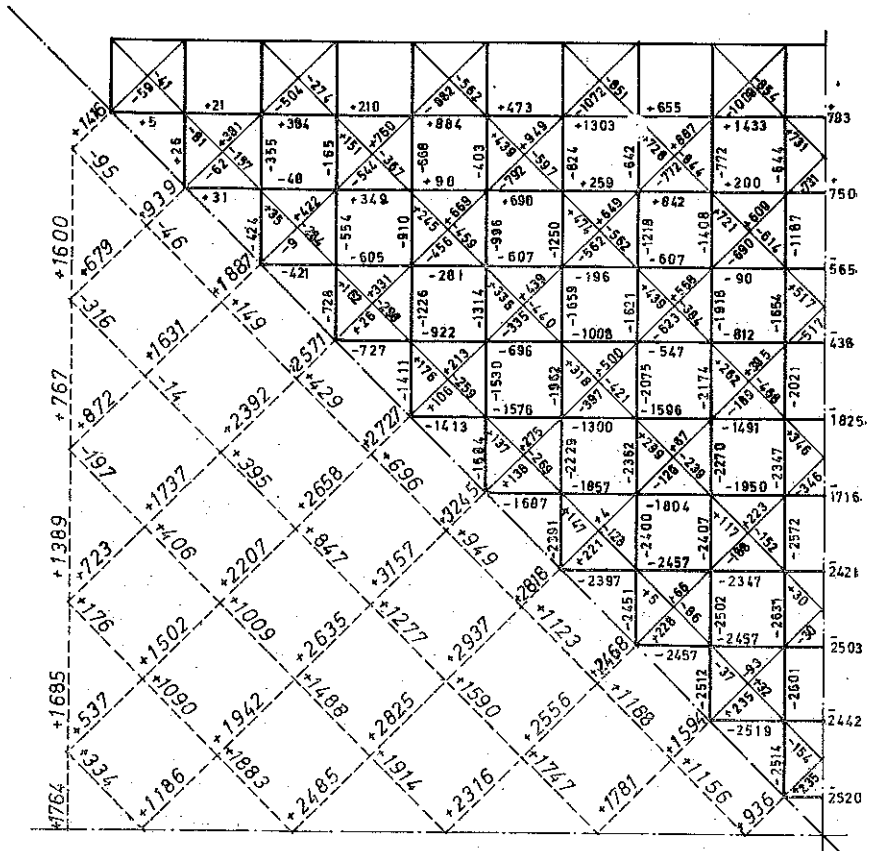
Przekrój pręta	Numer pręta	S_i teore- tyczne		S_i doświad- czalne		s	v	S_{ei}		a = $\frac{\bar{S}_i}{S_i}$	b = $\frac{S_{ei}}{S_i}$	c = $\frac{S_{ei}}{S_i}$	f = $\frac{S_i}{\max S_i}$
		N	3	N	4			N	5				
1	2												
	115-116	-2520	-2559	-2559	482	0,188	-3221	-2071	1,015	1,278	1,221	0,956	
	111-115	-2514	-2656	-2656	399	0,150	-3164	-1841	1,056	1,259	1,200	0,953	
	99-100	-2421	-2239	-2239	296	0,132	-2628	-1956	0,925	1,086	0,997	0,918	
	104-105	-2457	-2593	-2593	544	0,210	-3690	-1841	1,055	1,502	1,399	0,932	
	106-99	-2637	-2445	-2445	248	0,101	-2991	-2071	0,927	1,134	1,134	1,000	
	96-88	-2391	-2911	-2911	350	0,120	-3221	-2358	1,217	1,347	1,221	0,906	
	76-65	-1411	-1412	-1412	119	0,084	-1586	-1189	1,001	1,124	0,676	0,601	
	68-79	-2075	-2167	-2167	211	0,097	-2577	-1876	1,044	1,242	1,098	0,884	
	81-91	-2347	-2327	-2327	457	0,196	-3048	-1524	0,991	1,299	1,299	1,000	
	87-88	-1687	-1747	-1747	227	0,130	-2081	-1388	1,036	1,233	0,887	0,719	
	77-87	-1684	-1784	-1784	233	0,130	-2180	-1487	1,059	1,294	0,929	0,718	
	43-57	-1187	-1044	-1044	296	0,284	-1438	-609	0,880	1,211	1,019	0,841	
	42-56	-1408	-1403	-1403	53	0,038	-1494	-1327	0,996	1,061	1,059	0,998	
	53-66	-1314	-1382	-1382	62	0,045	-1438	-1273	1,052	1,094	1,019	0,931	
	76-65	-1411	-1438	-1438	96	0,067	-1659	-1273	1,019	1,176	1,176	1,000	
	40-54	-1250	-1168	-1168	139	0,119	-1382	-996	0,934	1,106	0,979	0,886	

Tablica 2. Analiza sił wewnętrznych w wybranych prętach warstwy dolnej

Przekrój pręta	Numer pręta	S_i (teore- tyczne)	\bar{S}_i	s	v	S_{ei}		9	10	11	12.	
						max	min					
	1	2	3	4	5	6	7	8	10	11	12.	
		114—114	936	1215	29	0,024	1237	1208	1,298	1,322	0,484	0,366
		109—114	1156	1441	342	0,237	1840	920	1,246	1,592	0,720	0,452
		109—109	1594	1876	267	0,142	2013	1553	1,177	1,263	0,788	0,624
		103—109	1781	1922	391	0,203	2646	1496	1,079	1,486	1,035	0,697
		102—95	2556	2660	234	0,088	2761	2416	1,041	1,080	1,080	1,000
		102—102	2468	2344	108	0,046	2646	1898	0,950	1,072	1,035	0,966
		84—84	3245	3374	399	0,118	3701	3048	1,040	1,141	1,141	1,000
		74—84	3157	3349	398	0,119	3810	2721	1,061	1,207	1,174	0,973
		94—94	2818	2904	97	0,033	3172	2973	1,031	1,126	0,978	0,868
		85—94	2937	3011	209	0,069	3667	2577	1,025	1,249	1,130	0,905
		95—103	1747	1858	364	0,196	2379	1488	1,063	1,362	0,733	0,538
		60—60	2571	2212	207	0,094	2434	1936	0,860	0,947	0,893	0,943
		60—47	2392	2282	785	0,343	2875	1438	0,954	1,202	1,054	0,877
		46—46	1887	1757	539	0,307	2544	1383	0,933	1,348	0,933	0,692
		61—73	2658	2469	181	0,073	3000	1938	0,929	1,129	1,100	0,975
		73—73	2727	2797	129	0,046	2937	2625	1,026	1,077	1,077	1,000
		31—46	1631	1528	390	0,255	2267	996	0,937	1,390	0,831	0,598
		30—30	939	1057	514	0,468	1603	498	1,126	1,707	0,588	0,344
		13—30	679	830	313	0,378	1382	442	1,222	2,035	0,507	0,249
		12—12	142	263	138	0,525	442	111	1,852	3,113	0,162	0,052

Tablica 3. Analiza sił wewnętrznych w wybranych krzyżulcach

Przekrój pręta	Numer pręta	S_i	\bar{S}_i	s	v	S_{ei}		$a = \frac{\bar{S}_i}{S_i}$	$b = \frac{S_{ei}}{S_i}$	$c = \frac{s_i}{\max S_i}$	$f = \frac{S_i}{\max S_i}$
						max	min				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Ø 8/1,0	26-33	887	1027	179	0,174	1340	894	1,158	1,511		
	16-26	-1009	-1117	204	0,183	-1430	-804	1,107	1,417	1,334	0,941
	16-27	-854	-938	266	0,259	-1340	-894	1,098	1,569	1,250	0,797
	15-25	-851	-1203	288	0,222	-1519	-894	1,122	1,785	1,417	0,794
Ø 6/1,0	15-24	-1072	-1084	297	0,253	-1340	-894	1,011	1,250	1,250	1,000
	24-32	949	961	286	0,297	1562	688	1,013	1,646		
	14-22	-882	-879	182	0,207	-1187	-625	0,997	1,346	1,346	1,000
	14-23	-562	-739	156	0,211	-1051	-553	1,315	1,870	1,192	0,637
Ø 5/1,0	13-20	-504	-622	154	0,248	-719	-498	1,234	1,427	0,815	0,571
	13-21	-274	-340	90	0,265	-407	-188	1,241	1,485	0,461	0,311
Ø 5/1,0	20-30	381	537	94	0,175	629	423	1,409	1,651		
	19-30	-081	-112	42	0,378	-141	-81	1,383	1,741	1,741	1,000
	12-19	-041	-87	91	1,051	-138	54	2,122	3,366	1,704	0,506
	12-18	-059	-63	107	1,698	-71	-61	1,068	1,203	0,877	0,728



Rys. 5. Teoretycznie wyznaczone siły wewnętrzne w prętach dla obciążenia 100 N na węzeł

4. ANALIZA WYNIKÓW

Na podstawie teoretycznie i doświadczalnie wyznaczonych parametrów osiowych sił wewnętrznych w prętach struktury »namiotowej« wyznaczono wielkości pochodne i zamieszczono w tablicach 1, 2 i 3. Współczynnik dokładności odwzorowania a przeciętnych sił wewnętrznych (kolumna 9) wyznaczono ze wzoru

$$(4.1) \quad a_i = \bar{S}_i / S_i,$$

gdzie S_i oznacza teoretycznie wyznaczoną siłę wewnętrzną w i -tym pręcie, a \bar{S}_i przeciętną oczekiwaną siłę wewnętrzną w i -tym pręcie.

Współczynnik przewyższenia b teoretycznych sił wewnętrznych (kolumna 10) wyznaczono ze wzoru

$$(4.2) \quad b_i = S_{ei} / S_i,$$

gdzie S_{ei} oznacza ekstremalną siłę wewnętrzną pomierzoną w układzie prętów o jednakowych oczekiwanych siłach wewnętrznych.

Współczynnik rzeczywistego zróżnicowania c sił wewnętrznych (kolumna 11) wyznaczono ze wzoru

$$(4.3) \quad c_i = S_{ei} / \text{maks } S_i,$$

gdzie $\text{maks } S_i$ oznacza największą teoretycznie wyznaczoną siłę wewnętrzną w prętach o jednakowym przekroju w warstwie górnej, dolnej lub krzyżulcach.

Współczynnik teoretycznego zróżnicowania f sił wewnętrznych (kolumna 12) wyznaczono ze wzoru

$$(4.4) \quad f_i = S_i / \text{maks } S_i.$$

Współczynniki zmienności v sił wewnętrznych (kolumna 6) wyznaczono ze wzoru

$$(4.5) \quad v_i = s_i / \bar{S}_i.$$

W tabelicy 1 zamieszczono wyniki analizy losowych sił wewnętrznych w wybranych zbiorach prętów warstwy górnej. W kolumnie 1 oznaczono profil pręta w modelu. W kolumnie 2 podano numer pręta według rysunku 2. W kolumnie 3 podano teoretycznie wyznaczone siły wewnętrzne S . W kolumnie 4 podano przeciętne siły wewnętrzne \bar{S} w układach prętów. W kolumnie 5 podano odchylenie standardowe s . W kolumnie 6 podano współczynnik zmienności v . W kolumnie 7 i 8 podano ekstremalne pomierzone siły wewnętrzne S_e w zbiorach. W kolumnie 9 podano współczynnik a dokładności odwzorowania przeciętnej. W kolumnie 10 podano współczynniki przewyższenia b . W kolumnie 11 zamieszczono współczynniki c rzeczywistego zróżnicowania sił wewnętrznych. W kolumnie 12 zamieszczono współczynniki f teoretycznego zróżnicowania sił wewnętrznych w grupie prętów o jednakowym przekroju. W tabelicy 2 zamieszczono wyniki analizy losowych sił wewnętrznych w prętach warstwy dolnej struktury namiotowej według takiego samego układu jak w tabelicy 1. W tabelicy 3 zamieszczono wyniki analizy losowych sił wewnętrznych w wybranych zbiorach krzyżulców również według takiego układu jaki przyjęto w tabelicy 1.

5. UWAGI I WNIOSKI

W badanym modelu struktury 60×60 m wykonanym w skali 1:20 możemy wyróżnić w warstwie górnej, dolnej i środkowej po trzy grupy prętów o jednakowym przekroju. Pozwala to zamiast analizy sił wewnętrznych we wszystkich prętach przeprowadzić analizę opartą na zachowaniu się maksymalnie wyteżonych prętów w poszczególnych grupach o jednakowym przekroju.

W tabelicy 4 pokazano taką skróconą analizę. W kolumnie 1 podano warstwę struktury, w której występuje dany pręt. W kolumnie 2 podano profil pręta. W kolumnie 3 zamieszczono wyznaczone teoretycznie maksymalne siły wewnętrzne w poszczególnych grupach prętów struktury płaskiej. W kolumnie 4 zamieszczono wyznaczone teoretycznie największe siły wewnętrzne w grupach prętów struktury czterospadkowej będącej przedmiotem badań doświadczalnych. W kolumnie 5 zamieszczono stosunki największych sił wewnętrznych w strukturze czterospadkowej i płaskiej. W kolumnie 6 zamieszczono największe średnie siły wewnętrzne w grupach prętów pomierzone w modelu. W kolumnie 7 podano współczynnik a dokładności

odwzorowania wartości średniej w modelu. W kolumnie 8 podano ekstremalną siłę wewnętrzną zmierzoną w modelu, w poszczególnych grupach prętów. W kolumnie 9 podano współczynnik losowego ekstremalnego przewyższenia największych teoretycznych sił wewnętrznych w poszczególnych grupach prętów.

Tablica 4. Średnie i ekstremalne przewyższenie teoretycznych sił wewnętrznych w ustroju czterospadkowym

Pręt	Profil	Teoretyczne			Doświadczalne w ustroju 4-spadkowym				
		płaski maks S_{ip} kG	4-spadk. maks S_t kG	$\frac{S_t}{S_{ip}}$	maks $E(S_i)$ kG	$\frac{E(S_i)}{S_i}$	maks S_t^d kG	$\frac{S_t^d}{S_i}$	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	
Warstwy górnjej	∅ 8/1,5	-4599	-2637	0,573	-2911	1,104	-3690	1,399	
	∅ 7/1,5	-3587	-2347	0,654	-2327	0,991	-3048	1,299	
	∅ 6/1,0	-2535	-1411	0,557	-1438	1,019	-1659	1,176	
Warstwy dolnej	∅ 8/1,5	4531	2556	0,564	2660	1,041	2761	1,080	
	∅ 7/1,5	4715	3245	0,688	3374	1,040	3810	1,174	
	∅ 6/1,0	3829	2727	0,712	2797	1,026	3000	1,100	
Krzyżulce	∅ 8/1,0	925	887	0,959	1027	1,158	1340	1,511	
		-1149	-1072	0,933	-1203	1,122	-1519	1,417	
	∅ 6/1,0	1008	+949	0,941	+961	1,013	+1562	1,646	
		-1005	-882	0,878	-879	0,997	-1187	1,346	
	∅ 5/1,0	375	+381	1,016	+537	1,409	+629	1,651	
	-36	-81	2,250	-112	1,383	-141	1,741		

Z tablicy wynika, że największe siły wewnętrzne w prętach o jednakowym przekroju w warstwie górnej i dolnej czterospadkowej struktury o 10% spadku są znacznie mniejsze (do 44%) od sił wewnętrznych w strukturze płaskiej. Natomiast siły wewnętrzne w krzyżulcach są niewiele mniejsze, a w prętach najmniej wyjęzonych mogą zdarzać się pręty bardziej wyjęzone.

Wierność odwzorowania teoretycznego modelu przestrzennej struktury prętowej o czterech spadkach w modelu fizycznym określana stosunkiem przeciętnych sił wewnętrznych zmierzonych w modelu do teoretycznych sił wewnętrznych jest bardzo dobra w prętach warstwy dolnej (do 4,1%), dość dobra w prętach warstwy górnej (do 10,4%) jak i w krzyżulcach najbardziej wyjęzonych (do 12,2%) i mała w krzyżulcach najmniej wyjęzonych (40,9%).

Ekstremalne przewyższenie teoretycznych sił wewnętrznych wywołane wpływami losowymi jest dość znaczne, co można przypisać częściowo wpływowi geometrycznego ukształtowania struktury czterospadkowej, w której kąt pomiędzy poszczególnymi płaszczyznami warstwy górnej jest niewielki. Należy oczekiwać, że powiększenie spadku w strukturze namiotowej wpłynie zarówno na dalsze zmniejszenie sił wewnętrznych w prętach jak i na zmniejszenie losowego ich rozproszenia.

LITERATURA CYTOWANA W TEKŚCIE

1. A. BIEGUS, Z. KOWAL, *Badania modelowe struktury przestrzennej o oczkach warstwy górnej obróconych o 45° względem konturu*, XXI Konferencja KILW PAN i KN PZTIB, Referaty T. II, Konstrukcje Metalowe, Kraków-Krynica 1975, 125-135.
2. A. BIEGUS, Z. KOWAL, *Badania modelowe struktury przestrzennej z oczkami pustymi*, PNIB PW 18, Konferencje, 2, Wrocław 1976.
3. A. BIEGUS, Z. KOWAL, J. WOŹNIAK *Prętowe przestrzenne przekrycie czterosпадkowe hal o dużych rozpiętościach*, XXII Konferencja Naukowa KIL i W PAN i KNPZITB, Referaty T. II, Krynica 1976, s. 493-503.
4. O. BÜTTNER, H. STENKER, *Lekkie budownictwo metalowe*, Arkady, Warszawa 1975.
5. Z. KOWAL, W. SEIDEL, *An attempt of measurement of random internal forces in bars of a regular space structures*, 2-nd International Conference on Space Structures, Raports s. 762-766, University of Surrey, Guildford, Great Britain 1975.
6. Z. KOWAL, W. SEIDEL, *Doświadczalna analiza losowych sił wewnętrznych w strukturach przestrzennych o diagonalnych prętach warstwy dolnej*, Arch. Inż. Łąd., 3, 1976.
7. V. I. TROFIMOW i inni, *Stierżniewyje pokrytija tipa struktur dla promyślennych zdaniij*, Moskwa 1968.
8. *Building with steel*, Space Structure, 12, 1973.

Резюме

МОДЕЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ЧЕТЫРЕХСКАТНОЙ СТЕРЖНЕВОЙ ПРОСТРАНСТВЕННОЙ СТРУКТУРЫ

В работе помещены результаты теоретических и экспериментальных исследований стержневой пространственной структуры с пролетом 60×60 м с четырьмя 10% скатами. Экспериментальные исследования проведены на модели построенной в масштабе 1:20 из сплава алюминия PA2N и нагруженной в верхних узлах. Определены статистически параметры внутренних сил в стержнях с одинаковыми внутренними силами, используя топологические свойства структуры, а также проведен анализ экстремальных внутренних сил в стержнях с одинаковым сечением. Внутренние силы определенные экспериментально сравнены с рассчитанными методом перемещений и определены коэффициенты превышения средних и экстремальных значений.

SUMMARY

MODEL INVESTIGATION OF SPATIAL FOUR-SLOPE BAR STRUCTURE

The results of theoretical and experimental research of spatial bar structure having 60×60 m of span and four 10% slopes are presented. The experiments were performed on the model in 1:20 scale built from aluminum alloy PA2N and loaded in upper hinges. The parameters of the interior forces in bars exhibiting the same interior forces were evaluated statistically by use of topological aspects of the structure. The analysis of the extreme interior forces in the bars having the same cross-sections was performed. The internal forces in bars evaluated experimentally were compared with the corresponding numerical values computed by means of the displacement method and the coefficients of the excess of the average and extreme values were evaluated.

POLITECHNIKA WROCŁAWSKA

Praca została złożona w Redakcji dnia 22 maja 1976 r.