

Witold Szymański, Henryk Dąbrowski

Przestrzenne struktury pneumatyczne

1. Omówienie tematu i celu pracy

W niniejszym opracowaniu podjęto badania i opracowanie teoretyczne wytrzymałości oraz sztywności elementów pneumatycznych do zastosowania w lekkich konstrukcjach obiektów mieszkalnych, umożliwiających ich szybki montaż. Wymienione elementy pneumatyczne, stanowiąc elementy nośne tych konstrukcji wymagają opracowania metody obliczeń oraz badań doświadczalnych, umożliwiających ocenę ich nośności i wytrzymałości. Otrzymane teoretycznie i doświadczalnie parametry tych elementów przyczynią się do opracowania konfiguracji przestrzennych struktur pneumatycznych. Opracowano i wykonano:

- teoretyczną ocenę nośności i sztywności wybranych elementów pneumatycznych w zależności od ich wymiarów, ciśnienia wewnętrznego, warunków zamocowania i podparcia,

- weryfikację doświadczalną otrzymanych wyników.

W następnym etapie opracowania przewiduje się wykonanie prototypu lub modelu przestrzennej struktury pneumatycznej jako modułu mieszkalnego, a zwłaszcza zaprojektowanie takiego systemu, na co się złoży:

- opracowanie podstaw teoretycznych systemu pneumatycznych elementów konstrukcyjnych do projektowania przestrzennych modułów mieszkalnych,

- określenie warunków technicznych i technologicznych wykonania pneumatycznych elementów konstrukcyjnych,

- określenie sposobów ich mocowania, łączenia i podparcia, w celu tworzenia z nich przestrzennych modułów mieszkalnych,

- określenie warunków i metod projektowania rozwiązań funkcji, formy i technicznych w ramach Systemu Awaryjnego Budownictwa Mieszkaniowego (SABM); przykład takiego rozwiązania został opatentowany w polskim Urzędzie Patentowym pod nazwą *Obiekt mieszkalny* [3, s. 9].

Niniejsze opracowanie ma charakter rozpoznawczy i stanowi podstawę do zaprojektowania oraz wdrożenia

oryginalnych rozwiązań technicznych, konstrukcyjnych i architektonicznych w zakresie zastosowań przestrzennych struktur pneumatycznych do systemu awaryjnego budownictwa mieszkaniowego SABM, który stanowi ostateczny cel pracy.

Podjęcie takiego problemu jest uzasadnione wieloma względami, głównie użytkowymi. Wśród stosowanych systemów budowlanych nie ma bowiem takiego, który w maksymalnie krótkim czasie umożliwiłby stworzenie warunków mieszkaniowych o maksymalnie wysokim standardzie, jakie może realizować planowany SABM, którego istotę stanowią płaskie pneumatyczne elementy konstrukcyjne – płyty pneumatyczne.

System został nazwany SABM, ze względu na warunki, w jakich ma być stosowany. Ma on służyć do wznoszenia obiektów mieszkalnych na terenach pozbawionych przygotowania inżynierskiego infrastruktury technicznej, dla pracowników prowadzących tymczasowe prace budowlane, hydrotechniczne, geologiczne, badawcze w naturalnym środowisku. Może być także stosowany w sezonowym budownictwie turystycznym i sportowym, a także w razie zniszczeń wojennych i klęsk żywiołowych.

SABM zostanie opracowany na bazie płyty pneumatycznej, podstawowego elementu konstrukcyjnego, z którego są tworzone moduły mieszkalne o dowolnej formie przestrzennej.

Realizacja SABM umożliwi w razie potrzeby natychmiastowe uzupełnienia w strukturze mieszkalnej, w terenie o dowolnej konfiguracji i warunkach gruntowo-wodnych, ze względu na lekkość konstrukcji oraz możliwość stosowania różnorodnych środków transportu (lądowy, wodny, powietrzny). Gotowe elementy mieszkalne SABM będą przechowywane i transportowane bezpośrednio z wytwórni lub regionalnych, krajowych czy międzynarodowych banków mieszkań SABM.

Elementami ściennymi i stropowymi modułów mieszkalnych są płyty z materiału elastycznego, usztywnione od wewnątrz sprężonym powietrzem. Płyty są ze sobą łączone za pomocą elastycznych złączy, tworząc wieloprzestrzenne moduły mieszkalne o kształtach prostopadłościennych lub innych wielościennych, uzasadnionych funkcjonalnie i konstrukcyjnie.

Rozmiary mieszkań w SABM są zróżnicowane i stanowią wielokrotność przyjętego systemu modularnego. Każde z mieszkań jest wyposażone w przyłącza instalacyjne. Płyty ścienne i stropowe są wykonane z elastycznych powłok o odpowiedniej sprężystości, połączonych ze sobą systemem ciągów i warstwą materiału porowatego, który stanowi zbiornik sprężonego gazu.

Zaletami tego typu budownictwa są:

- duża elastyczność konstrukcyjna i funkcjonalna, umożliwiająca dostosowanie mieszkań do potrzeb rodziny i określonej grupy mieszkańców,
- szybki montaż i demontaż na dowolnym terenie,
- mały ciężar – masa obiektu w przeliczeniu na 1 m² powierzchni mieszkania jest 20–40 razy mniejsza od masy budynków realizowanych tradycyjnymi metodami,
- ze względu na małe gabaryty modułów mieszkalnych przed ich napompowaniem (są one magazynowane i transportowane w formie pakietów) oraz mały ciężar jest możliwe stosowanie wielu form transportu, w tym lotniczego w trudno dostępnym terenie,
- możliwość natychmiastowego użytkowania dzięki zastosowaniu systemu mebli pneumatycznych, folii lub szkła organicznego w otworach okiennych i wyposażeniu każdego mieszkania w blok kuchenny i łazienkowy, stanowiący z nim funkcjonalną i konstrukcyjną całość,
- maksymalne spełnienie zasady nienaruszalności naturalnego terenu i środowiska dzięki tymczasowemu charakterowi zabudowy i jej specyficznym cechom, do których należą: brak robót ziemnych i zminimalizowanie prac inżynierskich i przygotowawczych.

Realizacja rozwiązania SABM wymaga opracowania teoretycznego stateczności oraz właściwości konstrukcyjnych elementów pneumatycznych: płytowych (ściany i stropy) oraz liniowych (słupy i belki), a także

weryfikacji doświadczalnej otrzymanych zależności teoretycznych.

Łączy się z tym również określenie możliwości połączeń tych elementów, ich szczelność i ciepłochronność.

Otrzymane teoretycznie i doświadczalnie wielkości oraz parametry elementów pneumatycznych umożliwią zarówno ich projektowanie, jak i projektowanie przestrzennych struktur pneumatycznych.

Należy dodać, że w znanej literaturze przedmiotu brak podstaw teoretycznych do projektowania takich struktur, których zasadniczym elementem konstrukcyjnym jest płaski element pneumatyczny.

Znane jest jednak zastosowanie płyty pneumatycznej w wojskowym przemyśle lotniczym Stanów Zjednoczonych¹ do skonstruowania samolotu załogowego, którego wszystkie elementy konstrukcyjne (płaty nośne, stateczniki, kadłub) są wykonane z płaskich pompowanych form – płyt pneumatycznych.

W budownictwie nie stosuje się dotychczas takich konstrukcji (wyłączając oczywiście liniowe, niepłaskie elementy, jak łuki, żebra itp.).

Na podstawie wyników badań zaprezentowanych w dalszej części pracy należy stwierdzić, że badany element pneumatyczny – płyta przenosi znaczne wartości sił wybacających², co dobrze rokuje zastosowaniu go na elementy nośne SABM.

Z pomiarów podczas zginania wynika, że sztywność zginania w zakresie stosowanego w eksperymencie ciśnienia wewnętrznego jest niewielka. Oznacza to, że zwiększenie sztywności zginania elementu wymaga zwiększenia ciśnienia wewnętrznego lub przekroju.

Wynika z tego następujący wniosek: zastosowanie płaskich pneumatycznych elementów konstrukcyjnych na ściany nośne oraz stropy modułów mieszkalnych SABM jest możliwe pod warunkiem właściwego doboru ciśnienia oraz przekrojów poprzecznych tych elementów.

¹ Materiał filmowy w posiadaniu autorów.

² Dla przykładu, gdy ciśnienie wewnętrzne wynosi 8 kPa, wtedy siła krytyczna w badanym elemencie przekracza 230 N, gdy natomiast ciśnienie wynosi 20 kPa – siła ta wzrasta do przeszło 922 N.

2. *Pneumatyczne elementy konstrukcyjne*

2.1. *Podstawy teoretyczne obliczeń sztywności podczas ściskania, zginania i wyboczenia pneumatycznych elementów konstrukcyjnych*

Obiektem rozważań jest element pneumatyczny, o kształcie płyty, poddany ciśnieniu wewnętrznemu. Kształt i wymiary elementu podano na ryc. 1. Materiałem, z którego wykonano element jest tkanina gumowana. Obecność tkaniny w powłoce elementu powoduje, że powłoka ma właściwości anizotropowe. Anizotropia ta sprowadza się do ortotropii, której kierunki główne pokrywają się z kierunkami ułożenia włókien.

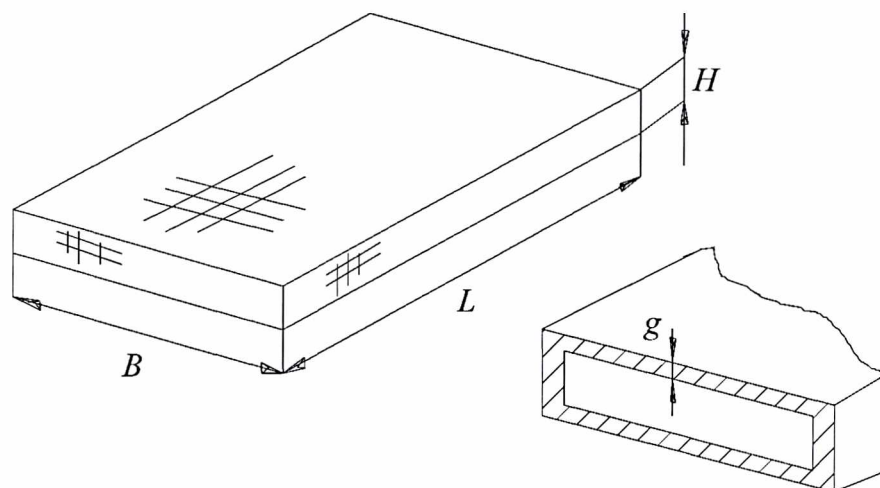
Kierunki anizotropii podano na ryc. 1. W dalszych rozważaniach dotyczących opracowania zależności teoretycz-

nych dla płyty przyjęto następujące założenia upraszczające:

- materiał elementu pneumatycznego przenosi wyłącznie naprężenia rozciągające
- w płycie panuje płaski stan naprężeń, których kierunki główne pokrywają się z kierunkami osi symetrii elementu konstrukcyjnego,
- pominięto anizotropię struktury materiału dwufazowego, jakim jest guma umacniana tkaniną, przyjmując uśrednione właściwości mechaniczne.

Ryc. 1. Wymiary pneumatycznego elementu konstrukcyjnego oraz kierunku anizotropii płyty

Fig. 1. Measurements of the pneumatic constructional element and directions of the plate's anisotropy



2.2. Określenie naprężeń w płycie poddanej ciśnieniu wewnętrznemu

W płycie panuje płaski stan naprężeń, których rozkład podano na ryc. 2.

Wartości naprężeń wynoszą:

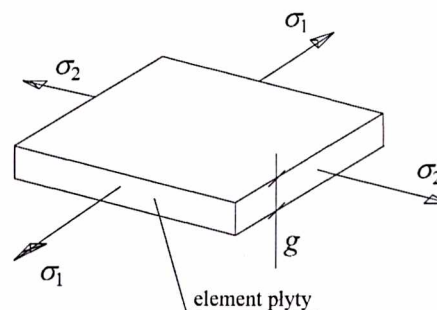
$$\sigma_1 = \frac{F}{A_1} = \frac{p \cdot B \cdot H}{(2 \cdot B + 2 \cdot H) \cdot g}, \quad (1)$$

$$\sigma_2 = \frac{F}{A_2} = \frac{p \cdot L \cdot H}{(2 \cdot L + 2 \cdot H) \cdot g}, \quad (2)$$

przy czym: p – ciśnienie wewnętrzne w płycie, L , H , B , g – wymiary płyty podane na ryc. 1.

Warunek bezpieczeństwa dla materiału płyty określmy na podstawie hipotezy wyężeniowej Hubera:

$$\sigma_{red(H)} = \sqrt{\sigma_1^2 - \sigma_1 \cdot \sigma_2 + \sigma_2^2} \leq k_r, \quad (3)$$



Ryc. 2. Składowe stanu naprężenia w płycie
Fig. 2. Components of the state of strain in the plate

2.3. Ściskanie elementu pneumatycznego (bez wyboczenia)

Schemat obciążenia płyty podczas ściskania podano na ryc. 3.

Podczas ściskania elementu pneumatycznego, zabezpieczonego przed utratą stateczności, obliczono maksymalną siłę ściskającą, zakładając, że powłoka przenosi wyłącznie naprężenia rozciągające, których minimalna wartość może być równa 0, czyli:

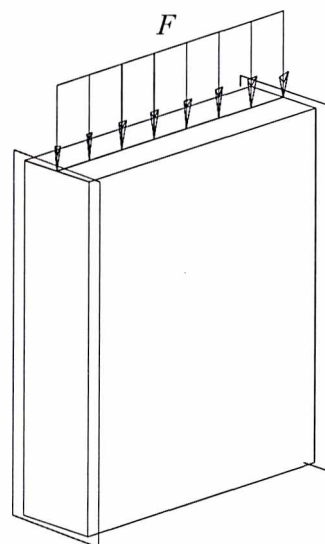
$$\sigma_p + \sigma_F = 0, \quad (4)$$

przy czym: σ_p – naprężenie w powłoce spowodowane działaniem ciśnienia p , σ_F – naprężenia w powłoce spowodowane działaniem siły ściskającej F_c .

Z warunku 4. otrzymamy wartość maksymalną siły ściskającej:

$$F_c = p \cdot B \cdot H, \quad (5)$$

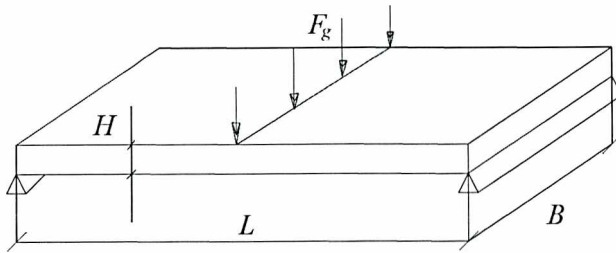
w którym: p – ciśnienie wewnętrzne w płycie, B – szerokość płyty, H – grubość płyty.



Ryc. 3. Schemat obciążeń podczas ściskania elementu pneumatycznego
Fig. 3. Schema of loads when the pneumatic element is compressed

2.4. Zginanie elementu pneumatycznego

Sposób obciążenia elementu pneumatycznego podczas zginania podano na ryc. 4.



Ryc. 4. Schemat obciążenia elementu pneumatycznego podczas zginania
Fig. 4. Schema of load when the pneumatic element is bent

Do obliczania ugięć elementu zastosowano równanie:

$$f = \frac{F_g \cdot L^3}{48 \cdot EJ_z}, \quad (6)$$

w którym: F_g – siła zginająca, EJ_z – sztywność zginania zależna od ciśnienia wewnętrznego p , którą się wyznacza z pomiaru, f – strzałka ugięcia.

Na podstawie pomiaru ugięć jest możliwe ustalenie nieznaney i trudnej do ustalenia sztywności zastępczej EJ_z od ciśnienia wewnętrznego. W tym celu zastosujemy zależność 6 w postaci:

$$EJ_z = \frac{F_g \cdot L^3}{48 \cdot f}. \quad (6a)$$

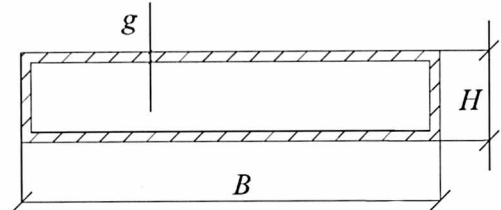
Wyboczenie. W dalszych rozważaniach przyjęto, że element pneumatyczny jest liniowo sprężysty. Założenie

to umożliwi określenie siły krytycznej, powodującej utratę stateczności na podstawie zależności Eulera:

$$F_k = \frac{\pi^2 \cdot EJ_z}{(\beta \cdot L)^2}, \quad (7)$$

w której: EJ_z – sztywność zastępcza zginania, β – współczynnik zależny od sposobu zamocowania elementu.

Moment bezwładności przekroju elementu pneumatycznego obliczymy na podstawie wymiarów podanych na ryc. 5.



Ryc. 5. Wymiary przekroju elementu pneumatycznego
Fig. 5. Measurement of cross-section of the pneumatic element

Przyjmując, że $H \ll B$ pominiemy w dalszych rozważaniach część momentu bezwładności przekroju, jaki wykazują ścianki boczne elementu o wysokości H . Przy tym uproszczeniu otrzymamy:

$$J_z \cong 2 \cdot B \cdot g \cdot \left(\frac{H}{2}\right)^2 = \frac{B \cdot g \cdot H^2}{2}. \quad (8)$$

Minimalny promień bezwładności przekroju jest równy:

$$i_z = \sqrt{\frac{J_z}{A}} = \sqrt{\frac{B g H^2}{4 B g}} = \frac{H}{2}. \quad (9)$$

2.5. Badania doświadczalne

Element pneumatyczny. Badania doświadczalne wykonano na elemencie pneumatycznym w kształcie prostopadłościanu. Za obiekt badań posłużył materac turystyczny. Do badań dobrano materac o płaskich ściankach.

Urządzenie pomiarowe. Do pomiarów zestawiono układ składający się z następujących elementów:

- układu obciążającego,
- sprężarki powietrza o ciśnieniu maksymalnym $p = 5$ MPa,
- manometru o zakresie pomiarowym 0–0,05 MPa.

Układ obciążający został specjalnie zaprojektowany i wykonany do badania elementów pneumatycznych na wyboczenie. Układ ten podano na ryc. 10. Układ obciążający umożliwia realizowanie ściskania elementu pneumatycznego trzema, podanymi na ryc. 6 sposobami zamocowania końców elementu.

Program pomiarów. Program pomiarów obejmował pomiary strzałki ugięcia podczas zginania, gdy ciśnienie

w powłoce jest następujące: 8; 11,5; 15 i 20 kPa. Dla każdej wartości ciśnienia mierzono strzałkę ugięcia, gdy następujące obciążenia były przyłożone w środku długości elementu: 70, 100 i 150 N. Ten program pomiarów umożliwił ocenę wpływu ciśnienia wewnętrznego na sztywność zginania elementu oraz ocenę liniowości ugięć w funkcji obciążenia. Program pomiarów na wyboczenie zawierał badania stateczności elementu powłokowego, gdy zastosowano, podane na ryc. 6 dwa sposoby zamocowania końców powłoki. Program realizowano na urządzeniu obciążającym.

Ściskanie elementu (bez wyboczenia) nie wymaga eksperymentu, gdyż maksymalną siłą ściskającą, jaką można obciążyć element pneumatyczny określimy na podstawie równania 4. Również określenie naprężeń w powłoce nie wymaga eksperymentu, gdyż ich wartości mogą być określone teoretycznie. W dalszych rozważaniach nie uwzględniano wyężenia materiału powłoki, gdyż najslabszym ele-

Tabela 1

Wyniki pomiarów elementów pneumatycznych podczas zginania

Lp.	Nr pomiaru	Ciśnienie p [kPa]	F [N]	f [m]	f_{or} [m]	EJ_z [Nm ²]	$E \cdot J_{z(sr)}$ [Nm ²]	E [MPa]	E_{sr} [MPa]
1	1	8	70	0,080		50,02			
2	2	8	70	0,080	0,078	50,02	51,1	20	
3	3	8	70	0,075		53,3			
4	1	8	100	0,125		45,7			19
5	2	8	100	0,120	0,125	47,6	45,8	18	
6	3	8	100	0,130		44,0			
7	1	11,5	70	0,040		100			
8	2	11,5	70	0,035	0,040	114	100,1	39,1	
9	3	11,5	70	0,045		88,9			
10	1	11,5	100	0,075		76,2			
11	2	11,5	100	0,078	0,075	73,3	75,9	30,0	32,1
12	3	11,5	100	0,073		78,3			
13	1	11,5	150	0,125		68,6			
14	2	11,5	150	0,123	0,123	69,7	68,6	27,0	
15	3	11,5	150	0,127		67,5			
16	1	15	70	0,030		133,0			
17	2	15	70	0,030	0,030	133,0	134,7	52,7	
18	3	15	70	0,029		136,0			
19	1	15	100	0,048		120,3			
20	2	15	100	0,046	0,047	124,3	121,2	47,4	47,0
21	3	15	100	0,048		112,1			
22	1	15	150	0,086		102,3			
23	2	15	150	0,084	0,085	105,7	104,2	41,0	
24	3	15	150	0,085		104,5			
25	1	20	70	0,019		210,6			
26	2	20	70	0,018	0,019	222,3	214,5	84,4	
27	3	20	70	0,019		210,6			
28	1	20	100	0,032		178,6			
29	2	20	100	0,030	0,032	190,5	180,8	71,2	70,4
30	3	20	100	0,033		173,2			
31	1	20	150	0,065		132,0			
32	2	20	150	0,060	0,061	143,0	141,0	55,5	
33	3	20	150	0,058		147,8			

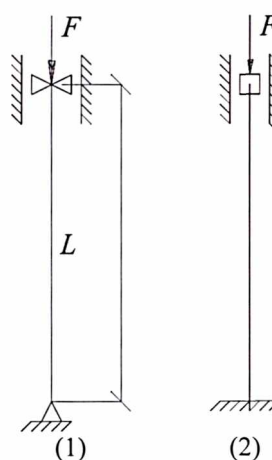
mentem były połączenia klejone. Stosowane podczas pomiarów wartości ciśnienia zapewniały znaczną sztywność powłoki, bez utraty przez nią szczelności.

Zginanie. Pomiary odkształceń podczas zginania powłoki miały na celu określenie doświadczalnej sztywności zginania elementu oraz modułu sprężystości podłużnej materiału, w zależności od stosowanego ciśnienia.

Wyniki pomiarów strzałek ugięcia podczas zginania podano w tab. 1. W tabeli tej podano również wartości średniej zastępczej sztywności zginania $E \cdot J_{z(sr)}$, gdy są różne wartości ciśnienia i otrzymane za pomocą tego eksperymentu wartości modułów sprężystości E_{sr} , również zależnych od ciśnienia są różne.

Wyboczenie. Pomiary sił krytycznych podczas wyboczenia wykonano dla dwóch sposobów zamocowania końców elementu pneumatycznego. Realizowane sposoby mocowania elementu podano na ryc. 6.

Badania prowadzono dla różnych wartości, ciśnienia wewnętrznego. Przyjęto – podobnie jak podczas zginania – następujące wartości ciśnienia: 8; 11,5; 15 oraz 20 kPa. Wyniki pomiarów podano w tab. 2.



Ryc. 6. Realizowane sposoby zamocowania prętów podczas wyboczenia

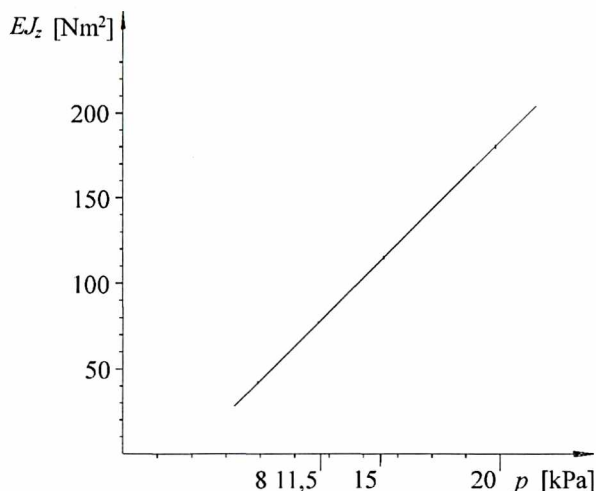
Fig. 6. Realized instances of fastening bars when buckling

Na podstawie wyników podanych w tab. 1 sporządzono wykres zależności $E \cdot J_{z(sr)}$ od ciśnienia wewnętrznego p . Wykres ten podano na ryc. 7.

Tabela 2
Wyniki pomiarów siły krytycznej
podczas wyoboczenia elementu pneumatycznego*

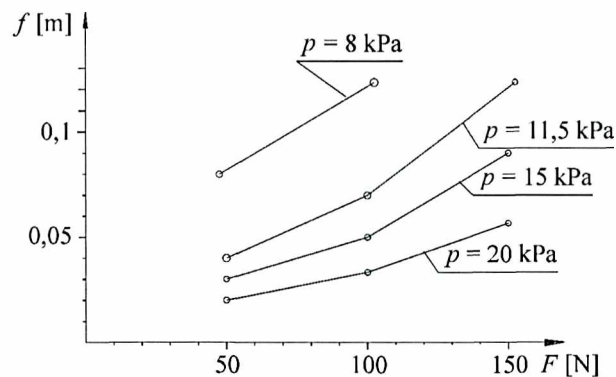
Lp.	Sposób zamocowania	β	Ciśnienie p [kPa]	Siła krytyczna F_{kr} [N]	Średnia siła krytyczna $F_{kr(śr)}$ [N]
1	1	1,0	8	240	233,7
2	1	1,0	8	226	
3	1	1,0	8	235	
4	1	1,0	11,5	410	386,7
5	1	1,0	11,5	390	
6	1	1,0	11,5	360	
7	1	1,0	15	660	617,3
8	1	1,0	15	620	
9	1	1,0	15	572	
10	1	1,0	20	980	922,3
11	1	1,0	20	925	
12	1	1,0	20	862	
13	2	0,5	8	556	476,3
14	2	0,5	8	450	
15	2	0,5	8	423	
16	2	0,5	11,5	860	790,0
17	2	0,5	11,5	800	
18	2	0,5	11,5	710	

*Współczynnik sposobu zamocowania β wynosi 1 (sposób 1), 0,5 (sposób 2).



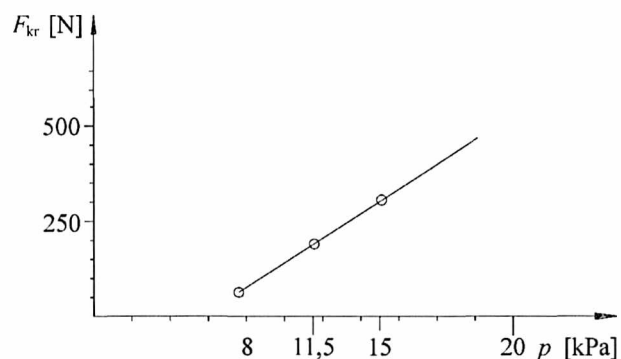
Ryc. 7. Zależność sztywności zginania od ciśnienia wewnętrznego elementu pneumatycznego

Fig. 7. Dependence of bending stiffness on inner pressure of the pneumatic element



Ryc. 8. Zależność ugięć elementu pneumatycznego od wartości siły obciążającej podczas zginania

Fig. 8. Dependence of the pneumatic element's deflections on the value of loading strength when bending



Ryc. 9. Zależność siły krytycznej według Eulera od ciśnienia p dla dwuprzegubowego zamocowania

Fig. 9. Dependence of critical force according to Euler, on pressure p for a doubly articulated fastening

Zależność ugięć od wartości siły obciążającej podano na ryc. 8.

Jak wynika z tabeli 2 pełny zakres obciążeń podczas wyoboczenia zrealizowano jedynie w zamocowaniu dwuprzegubowym. Pozostałe sposoby zamocowania uniemożliwiły realizację programu obciążeń, ze względu na zbyt małe wartości ciśnienia wewnętrznego, co powodowało odkształcenie elementu w wyniku ściskania, zanim wystąpiła utrata stateczności. Z tego względu sporządzono tylko jeden wykres ilustrujący zależność siły krytycznej od ciśnienia wewnętrznego p . Wykres ten, opracowany na podstawie tab. 2 (dla pierwszego sposobu zamocowania końców elementu) podano na ryc. 9.

2.6. Wnioski

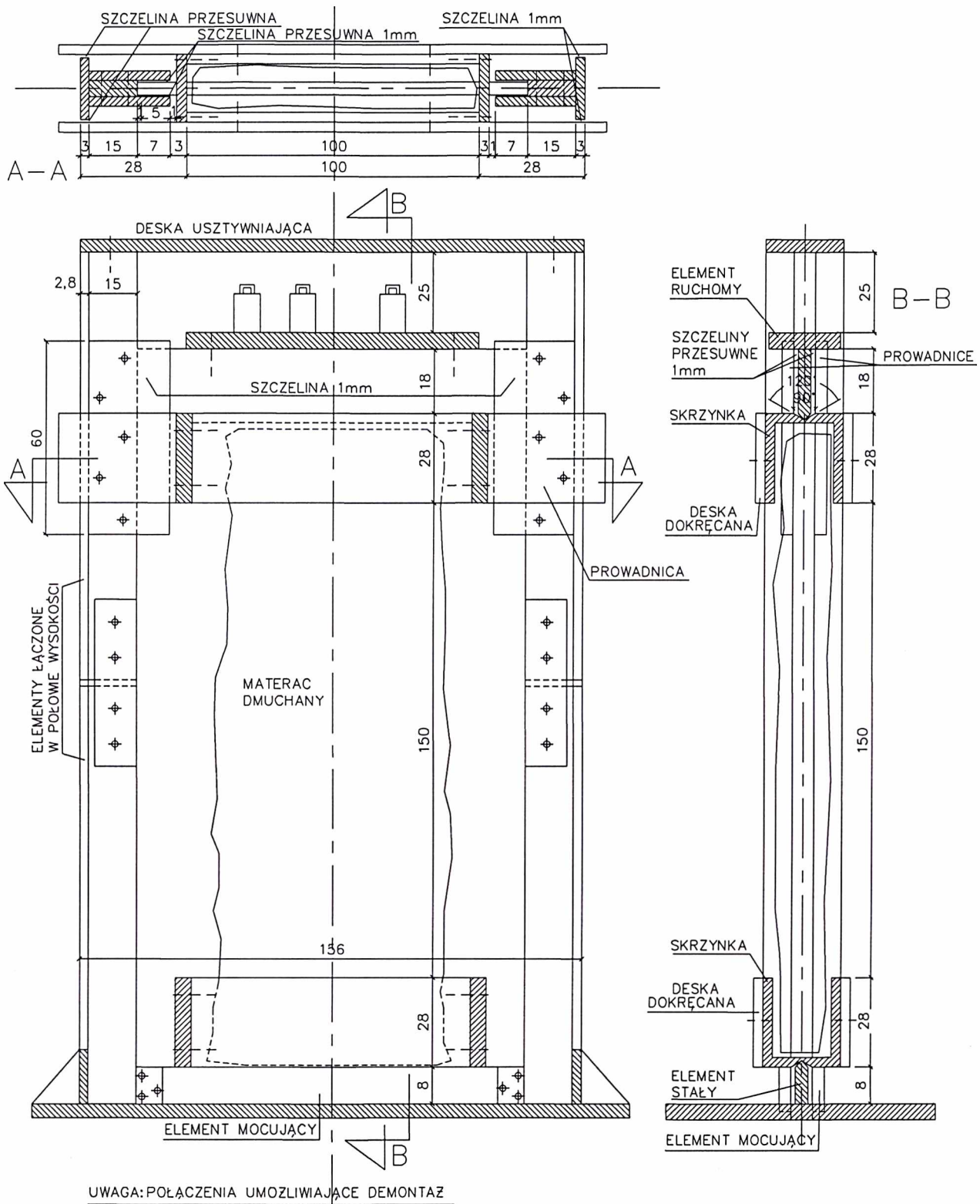
1. Sztywność zginania elementu pneumatycznego jest liniową funkcją ciśnienia wewnętrznego.

2. Siła krytyczna w dwuprzegubowym podparciu jest liniową funkcją ciśnienia.

3. Wnioski końcowe

1. W pracy wskazano i uzasadniono – ze względu na lekkość, łatwość i szybkość montażu oraz korzystne właściwości nośne, co wykazano obliczeniami i doświadczalnie – możliwość zastosowania w budownictwie mieszkaniowym

przestrzennych struktur pneumatycznych, których podstawowym elementem konstrukcyjnym jest płaski element pneumatyczny, zastosowany do konstrukcji ścian nośnych i stropów przestrzennych modułów mieszkalnych.



Ryc. 10. Układ obciążający

Fig. 10. The loading system

2. Wykazano liniową zależność siły krytycznej od ciśnienia wewnętrznego w płaskim elemencie pneumatycznym, co umożliwiła zwiększenie jego sztywności, poprzez zwiększenie przekroju lub ciśnienia. Podczas zginania podobna zależność występuje między sztywnością zginania a ciśnieniem wewnętrznym.

3. Zależności podane w części teoretycznej stanowią podstawę do opracowania w następnym etapie różnych modeli płaskich elementów pneumatycznych, np. żeberań i rozważenie różnych sposobów ich połączeń i oparcia.

4. Jak wynika z punktu 2. i 3. niezbędne jest zbudowanie elementów struktury pneumatycznej z uwzględnieniem

wyników niniejszej pracy i przebadanie ich w podanych warunkach oraz zweryfikowanie wymiarów i ciśnienia w tych elementach. Na tej podstawie będzie można zbudować prototyp lub model przestrzennej struktury pneumatycznej, w formie modułu mieszkalnego.

5. Na podstawie wyników niniejszej pracy (punkt 2) oraz wyników otrzymanych na podstawie założeń z punktu 4. Będzie możliwe pełne opracowanie obliczeń i wytycznych do projektowania przestrzennych struktur mieszkalnych.

Bibliografia

[1] Jakubowicz A., Orłoś Z., *Wytrzymałość materiałów*, Warszawa 1984.

[2] Lundgren H., *Powłoki walcowe*, Arkady, Warszawa 1983.

[3] Patent nr 131 528, *Obiekt mieszkalny* z 18.04.1988 r., Urząd Patentowy PRL.

Pneumatic spatial structures

The paper presents investigations and a theoretical elaboration of the resistance and rigidity of flat pneumatic elements allowing their speedy assembling to be applied in light constructions of dwelling objects.

The obtained theoretical and experimental parameters of these elements allow working out spatial configurations of pneumatic structures. Especially the following have been elaborated and carried out:

- theoretical estimation of carrying capacity and stiffness of chosen pneumatic elements depending on their size, inner pressure, conditions of fastening and support,
- experimental verification of the results obtained.

The work presented has a reconnaissance character and constitutes the basis for designing and initiating original technical, constructional and architectonic solutions in the application of spatial pneumatic structures in the housing system.

It should be mentioned that in the known literature on the subject there are no theoretical bases for designing such structures, whose fundamental construction element is a flat pneumatic element. For the present such constructions have not been used in building.

The example of the solution of spatial housing structure has been patented under the name "Obiekt mieszkalny" ("Dwelling object"), (patent no. 203966, from 18.04.1988).