

BADANIA I STUDIA – RESEARCH AND STUDIES

Marek Lechman*

Ryszard Mazurczuk**

Zbigniew Fedorczyk***

BADANIA ELASTOMERÓW W ZŁOŻONYCH STANACH ODKSZTAŁCENIA

W artykule przedstawiono metodykę i wyniki badań podkładek elastomerowych w złożonych stanach odkształcenia według wymagań norm PN-EN 1337-3 i PN-ISO 37. Zaprezentowano również projekt budowy nowoczesnego stanowiska do badań elastomerów na rozciąganie w stanie dwuosiowym, wykraczający poza zakres stosowania wymienionych norm. Realizacja tego projektu ma służyć opracowaniu procedury badawczej do wyznaczania wytrzymałości i wydłużeń elastomerów przy dwuosiowym rozciąganiu.

1. Wstęp

Elastomery zbrojone i niezbrojone znajdują coraz szersze zastosowanie w budownictwie ogólnym i przemysłowym, na przykład jako podkładki i łożyska umożliwiające swobodny przesuw stropów, belek lub jako podkładki o właściwościach tłumienia drgań, czy też łożyska stosowane w przypadku dużych obciążeń statycznych lub dynamicznych.

Projektowanie elementów z elastomerów nie jest tak skodyfikowane, jak choćby elementów stalowych. Właściwości elastomerów określa się na podstawie badań fizycznych i za pomocą modeli analitycznych. W praktycznym projektowaniu stosuje się oba te podejścia. Standardowy zakres badań elastomerów obejmuje wyznaczenie wytrzymałości na ściskanie, oznaczenie modułu ścinania (modułu odkształcenia postaciowego) przy ściskaniu i modułu sprężystości podłużnej oraz określenie wytrzymałości na rozciąganie. Elementy elastomerowe wymiaruje się najczęściej przy założeniu jednoosiowego stanu odkształcenia i naprężenia. Podejście to nie opisuje jednakże adekwat-

* doc. dr hab. inż. – Zakład Konstrukcji i Elementów Budowlanych ITB

** inż. – zakład jw.

*** mgr inż. – zakład jw.

nie ich zachowania, z uwagi na złożony stan odkształcenia występujący w elementach elastomerowych poddanych działaniu obciążeń w rzeczywistych konstrukcjach (np. superpozycja ściskania i ścinania, interakcja ściskania z rozciąganiem, dwuosiowe rozciąganie itp.). Wyniki prób jednoosiowego rozciągania wskazują, iż odkształcenia elastomerów są sprężyste aż do zerwania, które następuje w sposób nagły przy deformacjach sięgających 300–400%, co świadczy o hipersprężystym zachowaniu elastomerów.

Wymagania dotyczące właściwości mechanicznych łożysk i podkładek elastomerowych oraz metod ich badania podano w normie PN-EN 1337-3 Structural bearings. Part 3: Elastomeric bearings (Łożyska konstrukcyjne – Łożyska elastomerowe) [1]. Norma ta została przyjęta do stosowania w Polsce metodą uznaniową w języku oryginału (angielskim).

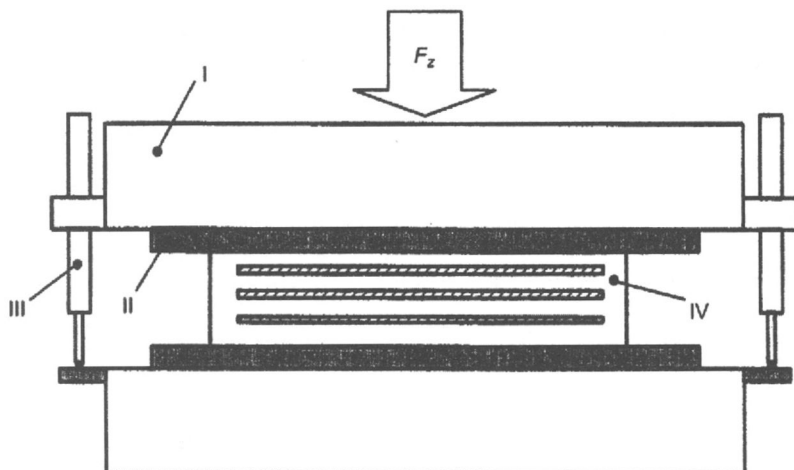
Przy określaniu właściwości elastomerów uwzględniano dotychczas w niewystarczający sposób wytrzymałość na rozciąganie w stanie dwuosiowym. Badanie takie następcza znaczne trudności z uwagi na duże deformacje elastomerów. W literaturze jest niewiele publikacji na ten temat. Jedną z nich jest praca Brieu, Diani i Bhatnagara [3], w której przedstawiono stanowisko do badań elastomerów na rozciąganie w stanie dwuosiowym przy wykorzystaniu maszyn do badania jednoosiowego. Do pomiaru odkształceń autorzy cytowanej pracy zastosowali ekstensometry optyczne.

W niniejszym artykule omówiono badania podkładek elastomerowych w złożonych stanach odkształcenia według ustaleń PN-EN 1337-3 i PN-ISO 37 wraz z ich interpretacją wynikową. Opracowano ponadto projekt budowy nowoczesnego stanowiska do badań elastomerów na rozciąganie w stanie dwuosiowym, wykraczający poza zakres stosowania tych norm.

2. Próba ściskania elastomerów według PN-EN 1337-3

Siły ściskające wywołują w elementach elastomerowych odkształcenia ściskania w kierunku działania obciążenia oraz odkształcenia rozciągania w płaszczyźnie prostopadłej. Schemat statyczny próby ściskania elastomerów przedstawiono na rysunku 1. Badanie tego typu jest realizowane w maszynie wytrzymałościowej. Badane próbki elastomeru umieszcza się między sztywnymi stalowymi płytami dociskowymi. Próbę ściskania przeprowadza się w temperaturze $23^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ zgodnie z procedurą opisaną w punktach H.6–H.7 Załącznika H do normy PN-EN 1337-3: czerwiec 2005, stosując następujący sposób postępowania:

- 1) obciążenie do wartości maksymalnej $5 \cdot G \cdot A' \cdot S / 1,5$, utrzymywanej przez 1 min, a następnie odciążenie (dwa pełne cykle); G – moduł ścinania (odkształcenia postacowego), A' – efektywna powierzchnia podkładki w planie, S – współczynnik kształtu,
- 2) po 10 min pozostawania w stanie nieobciążonym przyrostowe obciążanie próbki aż do osiągnięcia wartości maksymalnej (min. 6 przyrostów, obciążenie utrzymywane na każdym kolejnym poziomie przez 2 min),
- 3) ocena wizualna próbek przy maksymalnym obciążeniu.



Rys. 1. Schemat statyczny próby ściskania elastomerów według normy [1]: I – płyty dociskowe, II – płyty rowkowane zapobiegające poślizgowi, III – czujnik przemieszczenia, IV – próbka
 Fig. 1. Schematic diagram of compression test for elastomers according to [1]: I – press platens, II – lining plates with grooves to prevent slippage, III – deflection gauges, IV – test piece

Moduł sprężystości podłużnej elastomeru przy ściskaniu wyznacza się na podstawie doświadczalnej zależności obciążenie-odkształcenie, korzystając z podanych niżej zależności.

Odkształcenie przy ściskaniu jest wyrażone wzorem

$$\varepsilon_c = \frac{v_z}{T_0} \quad (1)$$

w którym: v_z – średnie zarejestrowane przemieszczenie,
 T_0 – średnia grubość początkowa próbki elastomeru.

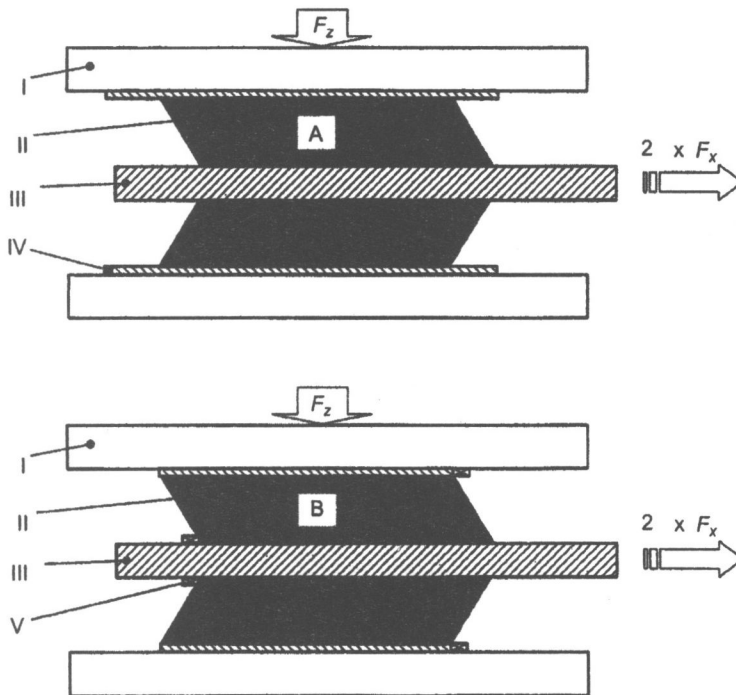
Moduł śięczny przy ściskaniu E_{cs} określa się na podstawie pomiarów, korzystając z zależności

$$E_{cs} = \frac{\sigma_{c2} - \sigma_{c1}}{\varepsilon_{c2} - \varepsilon_{c1}} \quad (2)$$

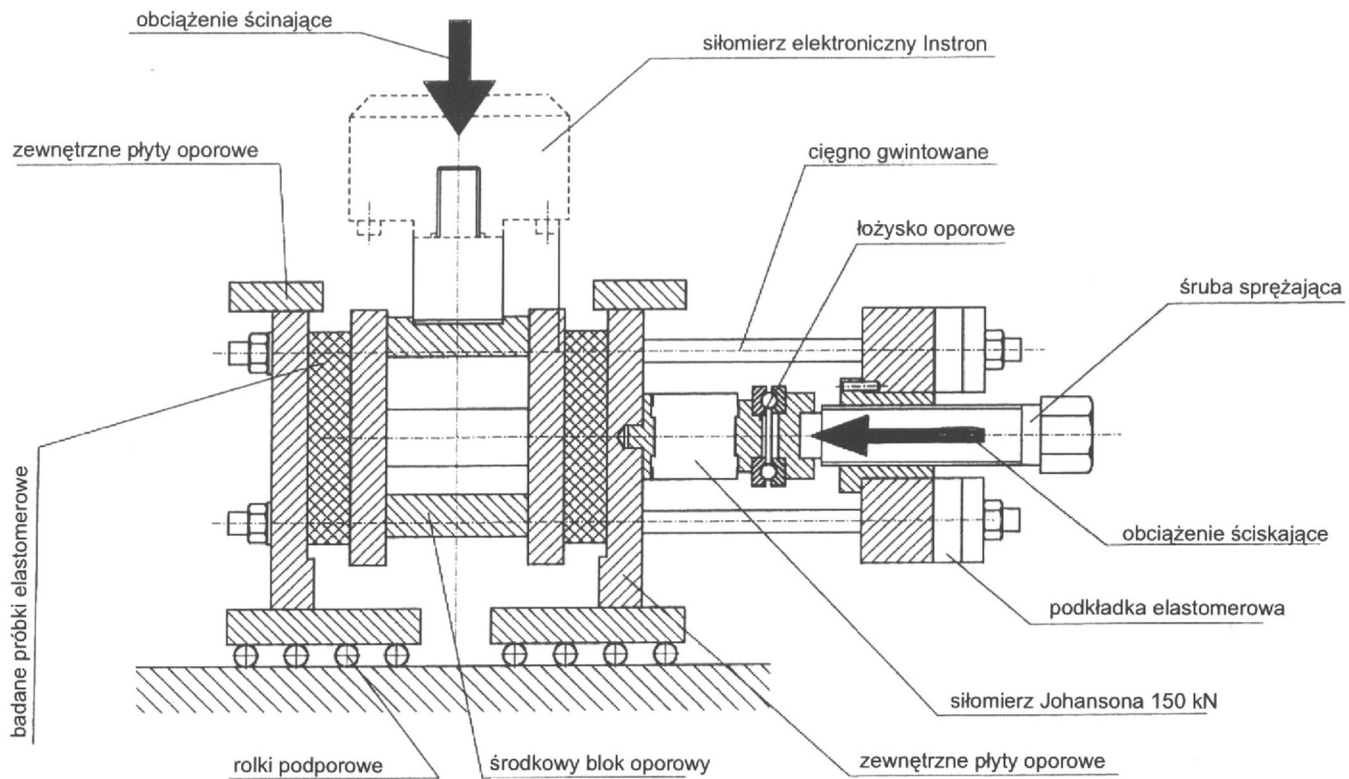
gdzie: σ_{c2} – naprężenie ściskające przy maksymalnym obciążeniu,
 σ_{c1} – naprężenie ściskające przy 1/3 maksymalnego obciążenia,
 ε_{c2} – odkształcenie przy ściskaniu odpowiadające maksymalnemu obciążeniu,
 ε_{c1} – odkształcenie przy ściskaniu odpowiadające 1/3 maksymalnego obciążenia.

3. Wyznaczanie modułu ścinania elastomerów przy ściskaniu G według PN-EN 1337-3

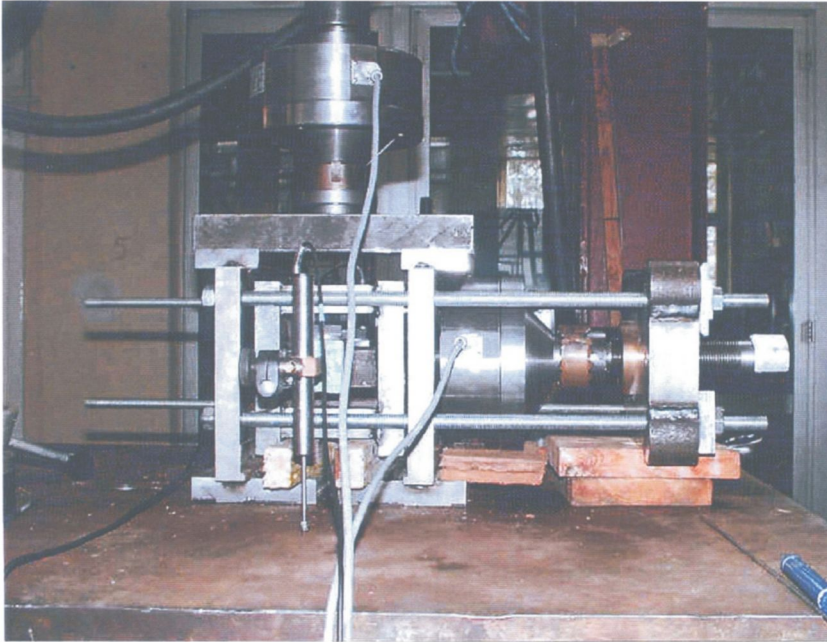
Zasadę wyznaczania modułu ścinania elastomerów przy ściskaniu zinterpretowano na rysunku 2. Na rysunku 3 i fotografii 1 przedstawiono specjalnie zaprojektowany i wykonany w ITB przyrząd umożliwiający dwuosiowe obciążanie pary próbek elastomerów. Siły ściskające wywierane są na próbki elastomerów przez przemieszczenie zewnętrznych płyt oporowych centralnie usytuowanego mechanizmu śrubowego. Próbę ścinania przeprowadza się przy średnim naprężeniu ściskającym 6 MPa w temperaturze $23^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$.



Rys. 2. Schemat statyczny wyznaczania modułu ścinania elastomerów typu E (A) i typu C (B) przy ściskaniu według normy [1]:
I – płyty dociskowe, II – próbka, III – płyta ruchoma, IV – płyty rowkowane zapobiegające poślizgowi, V – taśma stalowa zapobiegająca poślizgowi
Fig. 2. Schematic diagram of shear modulus test for elastomers according to [1]:
I – press platens, II – test piece, III – movable plate, IV – lining plates with grooves to prevent slippage, V – metal strip to prevent slippage



Rys. 3. Przyrząd do wyznaczania modułu ścinania elastomerów przy ściskaniu
 Fig. 3. Device for determining the shear modulus of elastomers under compression



Fot. 1. Przyrząd do wyznaczania modułu ścinania elastomerów przy ściskaniu, zaprojektowany i wykonany w Laboratorium Badań Wytrzymałościowych ITB

Photo 1. Device for determining the shear modulus of elastomers under compression, designed and made in Laboratory of Strength Testing

Moduł ścinania przy ściskaniu wyznacza się na podstawie doświadczalnej zależności obciążenie-odkształcenie, korzystając z podanych niżej zależności.

Naprężenie ścinające, MPa, oblicza się ze wzoru

$$\tau = \frac{F_x}{A} \quad (3)$$

w którym: F_x – siła pozioma,

A – powierzchnia próbki (rys. 2).

Odkształcenie przy ścinaniu jest wyrażone zależnością

$$\varepsilon_q = \frac{v_x}{T_q} \quad (4)$$

w której: v_x – maksymalne przemieszczenie względne w kierunku osi x (rys. 2),

T_q – średnia grubość początkowa próbki.

Umowny moduł ścinania przy ściskaniu określa się na podstawie pomiarów, korzystając z zależności

$$G_g = \frac{\tau_{s2} - \tau_{s1}}{\varepsilon_{qx2} - \varepsilon_{qx1}} \quad (5)$$

- w której:
- τ_{s2} – naprężenie ścinające,
 - ϵ_{qx2} – odkształcenie przy ścinaniu, odpowiadające przemieszczeniu v_{x2}
 $= 0,58 T_q$,
 - τ_{s1} – naprężenie ścinające,
 - ϵ_{qx1} – odkształcenie przy ścinaniu, odpowiadające przemieszczeniu v_{x1}
 $= 0,27 T_q$.

Wyznaczona w opisany sposób wartość modułu G spełnia wymagania PN-EN 1337-3, jeżeli mieści się w jednym z trzech zakresów: $0,7 \pm 0,10$; $0,9 \pm 0,15$ lub $1,15 \pm 0,2$.

Nieniszczącą metodę określania modułu ścinania elastomerów przy ścisnaniu, zwaną próbą ścisnania przy nachyleniu, zaproponowali Topkaya i Yura [4].

4. Badania elastomerów na rozciąganie

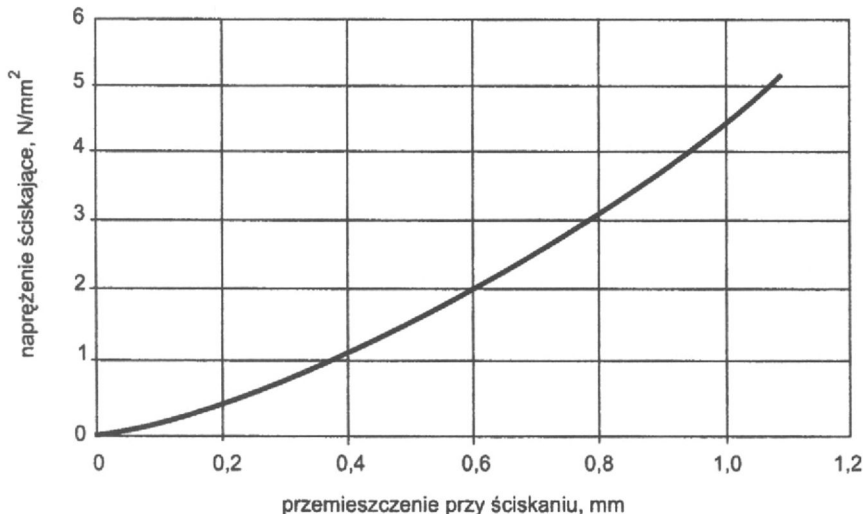
Siły rozciągające wywołują w elementach elastomerowych złożony stan odkształcenia, wyrażony występowaniem odkształceń rozciągania w kierunku działania obciążenia (wydłużenia) oraz odkształceń ścisnania w płaszczyźnie prostopadłej (skrócenia). Metodę oznaczania właściwości wytrzymałościowych elastomerów przy jednoosiowym rozciąganiu opisano w normie PN-ISO 37 [2]. Najczęściej oznaczanymi właściwościami są wytrzymałość na rozciąganie oraz wydłużenie przy zerwaniu. Próbę rozciągania przeprowadza się na standardowych próbkach w kształcie wiosełek lub pierścieni w maszynie wytrzymałościowej (np. Instron), przy stałej prędkości rozciągania. Próbkę do badań mogą być przy tym specjalnie uformowane w wytwórni bądź wycięte z podkładki. Naprężenie przy rozciąganiu oblicza się jako siłę odniesioną do jednostki powierzchni początkowego przekroju poprzecznego odcinka pomiarowego badanej próbki elastomeru. Wytrzymałość na rozciąganie definiuje się jako maksymalne zarejestrowane naprężenie przy rozciąganiu, zaś wydłużenie przy zerwaniu jako odkształcenie odcinka pomiarowego w chwili zerwania. W tak przyjętym sposobie oznaczania wytrzymałości elastomerów na rozciąganie nie uwzględnia się wpływu odkształceń poprzecznych próbki w czasie badania. Wymagania dotyczące właściwości elastomerów przy rozciąganiu według PN-EN 1337-3 podano w tablicy 1.

Tablica 1. Wymagania dotyczące właściwości elastomerów przy rozciąganiu
 Table 1. Tensile test requirements for elastomers

Cecha	Wymagania		
	0,7	0,9	1,15
Moduł G , MPa			
Wytrzymałość na rozciąganie , MPa próbka uformowana próbka wycięta z podkładki	≥ 16	≥ 16	≥ 16
	≥ 14	≥ 14	≥ 14
Minimalne wydłużenie przy zerwaniu , % próbka uformowana próbka wycięta z podkładki	450	425	300
	400	375	250

5. Przykłady badań wraz z interpretacją wynikową

Przedmiot badań stanowiły podkłady elastomerowe o nazwach handlowych Leschuplast oraz Calenberg (Jordahl). Badania te obejmowały oznaczenie modułu sprężystości podłużnej i modułu ścinania przy ściskaniu oraz określenie wytrzymałości na rozciąganie i odkształcenia przy zerwaniu. Przykładowy wykres zależności obciążenie-przemieszczenie dla podkładki elastomerowej Calenberg poddanej ściskaniu przedstawiono na rysunku 4. W tabelicy 2 zestawiono wartości modułu sprężystości podłużnej przy ściskaniu E_{CS} podkładek Leschuplast, uzyskane na podstawie procedury opisanej w p. 2.



Rys. 4. Wykres zależności naprężenie-odkształcenie w próbie ściskania podkładek elastomerowych Calenberg

Fig. 4. Stress-strain relationship resulted from the compression test of the Calenberg elastomeric bearings

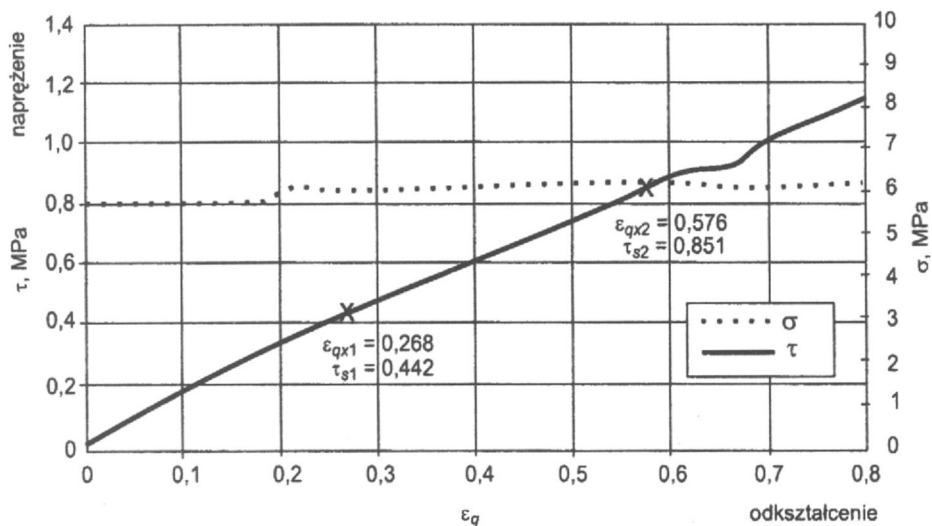
Według wymagań podanych w normie PN-EN 1337-3 próbki po próbie ściskania nie powinny wykazywać żadnych widocznych okiem nieuzbrojonym pęknięć, naderwań i rozwarstwień. Na podstawie wykonanych pomiarów grubości i szerokości badanych podkładek przed i po próbie ściskania nie stwierdzono istotnych zmian ich wymiarów, co oznacza, że zachowały one swój pierwotny kształt.

Moduł ścinania podkładek elastomerowych przy ściskaniu G wyznaczano za pomocą przyrządu opisanego w p. 3, przy wykorzystaniu urządzenia nastendowego składającego się z siłownika i pulpitu sterowniczego. Na rysunku 5 zinterpretowano graficznie sposób wyznaczania modułu G na przykładzie podkładki Jordahl (Calenberg). Wyniki oznaczenia modułu ścinania przy ściskaniu G podkładek Leschuplast zestawiono w tabelicy 3, zaś podkładek Calenberg w tabelicy 4.

Tablica 2. Zestawienie wartości modułu sprężystości podłużnej przy ściskaniu E_{cs} podkładek Leschuplast GLT

Table 2. Values of the intersecting compression modulus E_{cs} of the Leschuplast GLT bearings

Symbol i wymiary podkładki szer. x dł. x grub.	Współczynnik kształtu S	Moduł sprężystości podłużnej przy ściskaniu na podstawie badań
mm x mm x mm		N/mm ²
N15: 100 x 100 x 10	1,389	28,98
N15: 100 x 100 x 10	1,389	19,53
Typ 1: 100 x 100 x 21	4,5	176,15
Typ 1: 100 x 100 x 21	4,5	166,02
N3: 100 x 100 x 10	1,389	34,00
N3: 100 x 100 x 10	1,389	30,17
R5: 100 x 100 x 10	1,389	25,61
R5: 100 x 100 x 10	1,389	22,51



Rys. 5. Wykres zależności naprężenie-odkształcenie w próbie ścinania przy ściskaniu podkładek elastomerowych Calenberg (Jordhal)

Fig. 5. Stress-strain relationship resulted from the shear modulus test under compression of the Calenberg (Jordhal) elastomeric bearings

Tablica 3. Zestawienie wartości modułu ścinania przy ściskaniu G podkładek Leschuplast GLT
 Table 3. Values of the shear modulus G of the Leschuplast GLT bearings under compression

Symbol i wymiary podkładki szer. × dł. × grub.	Współczynnik kształtu S	Moduł ścinania przy ściskaniu G na podstawie badań	Moduł ścinania przy ściskaniu G wg wymagań PN-EN 1337-3
mm × mm × mm		N/mm ²	N/mm ²
N15: 100 × 100 × 10	1,389	0,953	0,9 ± 0,15
N15: 100 × 100 × 10	1,389	0,956	0,9 ± 0,15
Typ 1: 100 × 100 × 21	4,5	0,718	0,7 ± 0,10
Typ 1: 100 × 100 × 21	4,5	0,671	0,7 ± 0,10
N3: 100 × 100 × 10	1,389	1,13	1,15 ± 0,2
N3: 100 × 100 × 10	1,389	1,14	1,15 ± 0,2
R5: 100 × 100 × 10	1,389	0,585	0,7 ± 0,10
R5: 100 × 100 × 10	1,389	0,665	0,7 ± 0,10

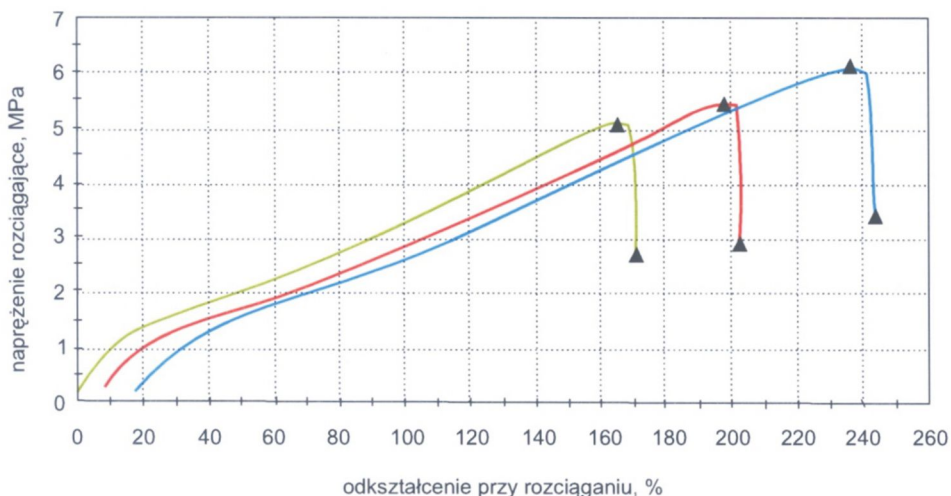
Tablica 4. Zestawienie wartości modułu ścinania G podkładek Calenberg
 Table 4. Values of the shear modulus G of the Calenberg bearings under compression

Symbol i wymiary podkładki szer. × dł. × grub.	Moduł ścinania przy ściskaniu G na podstawie badań	Moduł ścinania przy ściskaniu G wg wymagań PN-EN 1337-3
mm × mm × mm	N/mm ²	N/mm ²
Podkład kompresyjny: 100 × 100 × 10	1,33	1,15 ± 0,20
Cigular: 100 × 100 × 10	1,62	1,15 ± 0,20
Podkład perforowany 205-ST	1,10	1,15 ± 0,20

Na podstawie analizy wyników zestawionych w tablicy 3 można stwierdzić, że uzyskane wartości modułu ścinania G badanych podkładek elastomerowych Leschuplast – poza jednym przypadkiem podkładki R5 – spełniają wymagania podane w normie PN-EN 1337-3: czerwiec 2005.

Z danych liczbowych zestawionych w tablicy 4 wynika, że moduły ścinania badanych podkładek elastomerowych Calenberg spełniają wymagania określone w PN-EN 1337-3, z wyjątkiem podkładki Cigular, wykazującej zawyżoną wartość modułu ścinania G . Fakt ten wynika ze sposobu przeprowadzania badania według procedury opisanej w normie, zgodnie z którą moduł G oznacza się przy średnim naprężeniu ściskającym 6 MPa, znacznie przekraczającym dopuszczalne naprężenie 1,25 MPa przyjmowane dla tej podkładki.

Przykładowe wyniki próby jednoosiowego rozciągania podkładek Leschuplast przedstawiono na rysunku 6. Zobrazowane wykresy pokazują, iż odkształcenia elastomerów przy rozciąganiu są sprężyste aż do zerwania, które następuje w sposób nagły przy deformacjach sięgających przeszło 200%, co świadczy o hipersprężystej charakterystyce materiału.



Rys. 6. Wykres zależności naprężenie-odkształcenie w próbie rozciągania podkładek elastomerowych Leschuplast

Fig. 6. Stress-strain relationship resulted from the tensile test of the Leschuplast elastomeric bearings

6. Projekt stanowiska do badania elastomerów na rozciąganie w stanie dwuosowym

Celem, jaki przyświecał projektowi, było zbudowanie stanowiska badawczego do wyznaczania wytrzymałości elastomerów na rozciąganie w płaskim stanie odkształcenia, przy wykorzystaniu siłowników Instron, którymi dysponuje Laboratorium Badań Wytrzymałościowych ITB. Hipersprężyste zachowanie elastomerów sprawia, że pomiary ich odkształceń przy rozciąganiu (300–400%) są trudne w realizacji, zwłaszcza w stanie dwuosowym.

Podstawowym założeniem przyjętym w projektowaniu stanowiska badawczego było zapewnienie równomiernego rozciągania próbki elastomerowej o specjalnie dobranym kształcie w dwóch prostopadłych kierunkach (rys. 7). Z uwagi na prowadzone podczas badań pomiary próbka musi być rozciągana w czterech kierunkach w celu zachowania stałego położenia centralnego punktu próbki, będącego bazowym punktem pomiarów.

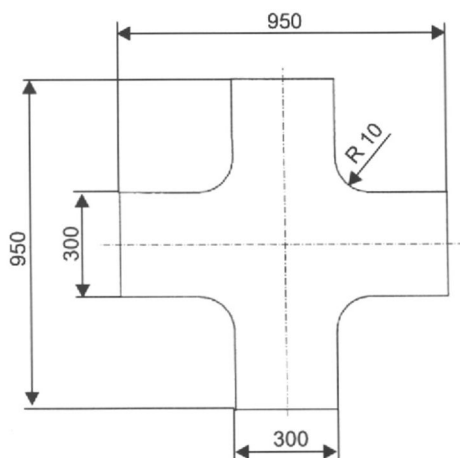
Do realizacji badań przewiduje się zastosowanie układu czterech siłowników Instron o dużym skoku roboczym i zakresie obciążenia do 50 kN, wchodzącym w skład wyposażenia Zakładu NK Instytutu Techniki Budowlanej. System ten, o nazwie Labtronic 8800,

zapewnia pełną i precyzyjną kontrolę zarówno obciążenia, jak i przemieszczeń. Posiadane wyposażenie systemu i oprogramowanie Labsite pozwala na bardzo elastyczne programowanie reakcji systemu siłowników na różne sytuacje podczas przebiegu obciążeń. System pozwala na zbieranie danych pomiarowych z 4 kanałów pomiaru sił i 12 kanałów pomiaru odkształceń lub przemieszczeń. Dużą dokładność utrzymania założonych parametrów badań zapewnia dobrej klasy regulator PID (proporcjonalnie-całkująco-różniczkujący), zapewniający możliwość precyzyjnego dostosowania wszystkich elementów regulatora do charakterystyki badanej próbki.

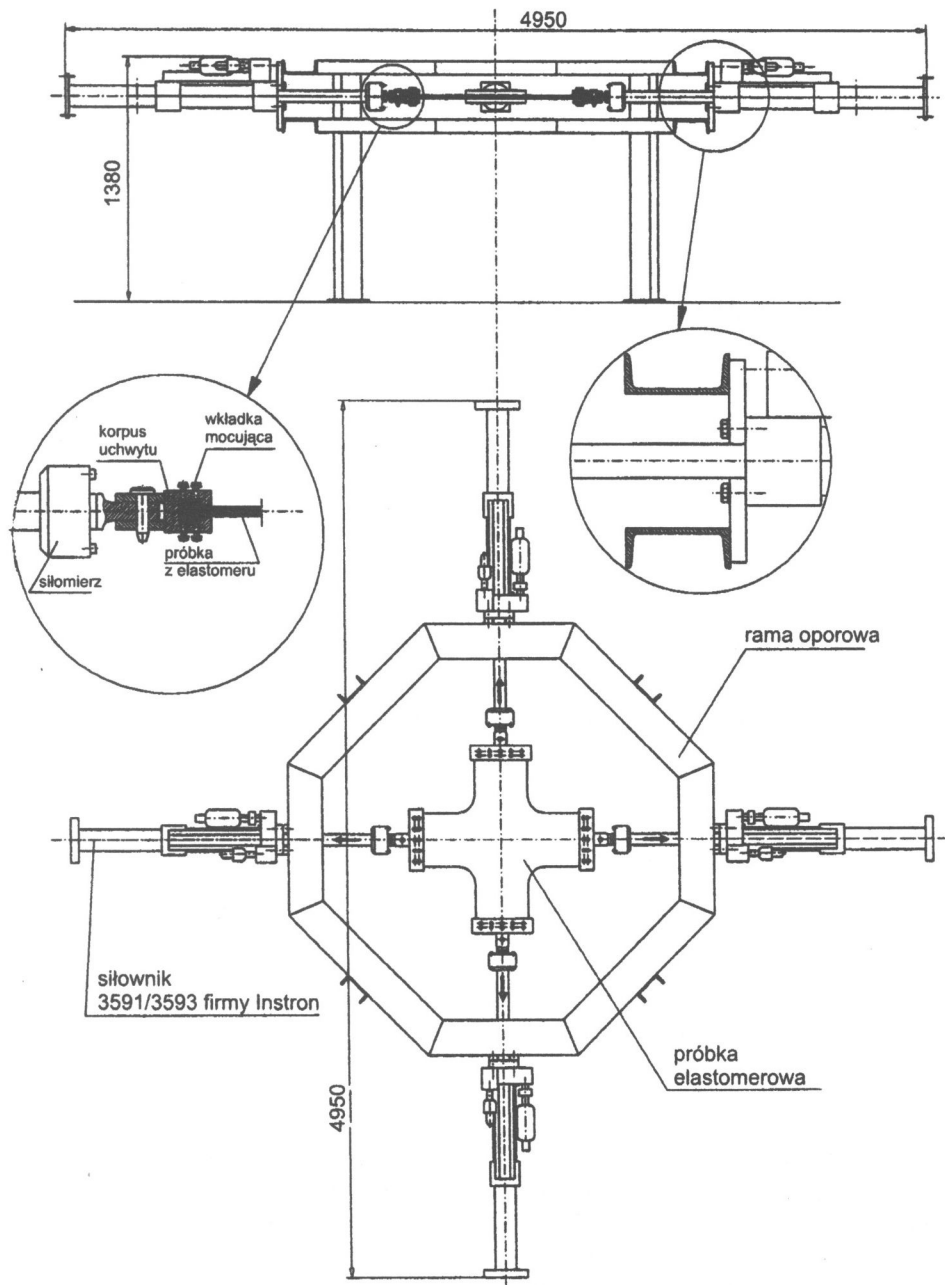
Konstrukcję stanowiska oparto na sztywnej ramie w formie ośmiokąta, zbudowanej z kształtowników C200 (rys. 8). Do ramy w czterech prostopadłych kierunkach zamocowane są siłowniki Instron typu 359/393-325. Do siłomierzy, będących częścią siłowników, przymocowano specjalnie zaprojektowane płaskie uchwyty do mocowania próbek elastomerów (rys. 9).

Pomiary odkształceń próbki wywołane rozciąganiem są wykonywane trzema metodami:

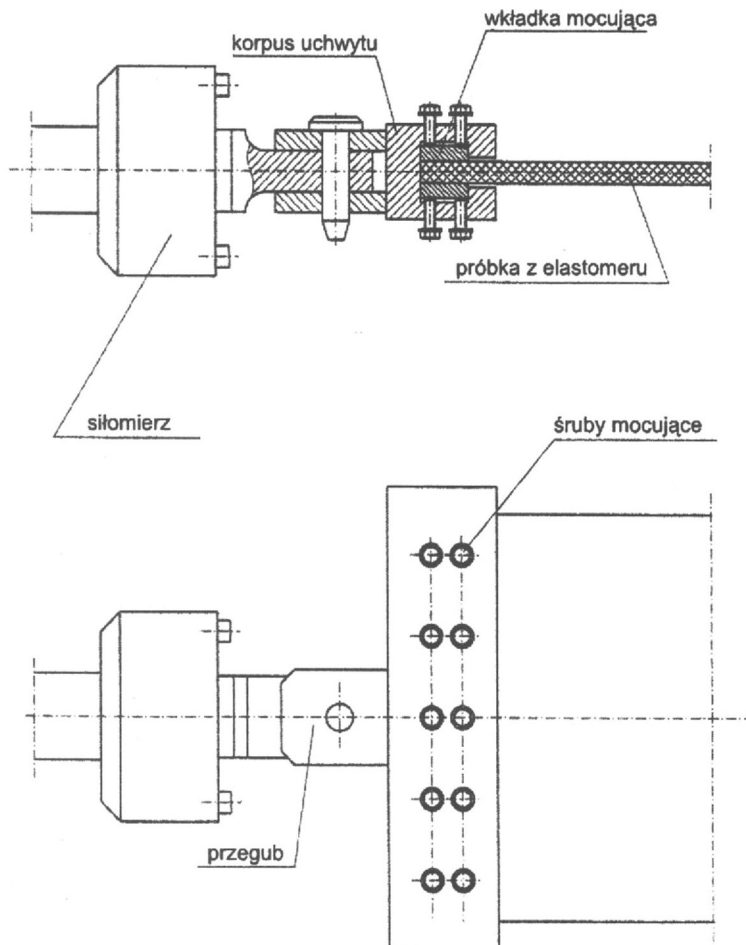
- za pomocą pomiarów odkształceń globalnych w czterech kierunkach rozciągania z zastosowaniem czujników LVDT zamocowanych w środku geometrycznym siłowników,
- z zastosowaniem ekstensometrów Instron na bazie 100 mm, podłączonych do systemu siłowników (do 8 kanałów pomiarowych),
- metodami fotogrametrycznymi w punktach węzłowych siatki o oczku 1×1 cm, naniesionej na powierzchnię próbki.



Rys. 7. Próbkę elastomerowa do badań
Fig. 7. Test piece of elastomer



Rys. 8. Schemat stanowiska do badań elastomerów przy dwuosiowym rozciąganiu
 Fig. 8. Diagram of the biaxial tensile test of elastomers



Rys. 9. Sposób mocowania próbki elastomerowej
 Fig. 9. Fastening of test piece of elastomer

7. Podsumowanie

W artykule przedstawiono metodykę oraz przykłady badań podkładek elastomerowych niezbrojonych i zbrojonych w złożonych stanach odkształcenia, zgodnie z wymaganiami podanymi w PN-EN 1337-3 i PN-ISO 37. Realizacja tego typu badań wymagała zbudowania odpowiedniego stanowiska badawczego oraz zaprojektowania i wykonania specjalnego przyrządu umożliwiającego dwuosiowe obciążenie podkładek (ściskanie przy ściskaniu). Stanowisko to było wielokrotnie wykorzystywane w badaniach aprobacyjnych podkładek elastomerowych w Instytucie Techniki Budowlanej.

Podstawowym założeniem projektowym stanowiska badawczego do oznaczania wytrzymałości elastomerów na rozciąganie w stanie dwuosiowym jest zapewnienie równomiernego rozciągania próbki elastomerowej o specjalnie dobranym kształcie, w dwóch prostopadłych kierunkach. Realizacja tego projektu ma służyć opracowaniu procedury badawczej do wyznaczania wytrzymałości i wydłużeń elastomerów przy dwuosiowym rozciąganiu. Jest ona oparta na następujących założeniach:

- doborze kształtu i wymiarów próbki elastomerowej,
- realizacji równomiernego rozciągania próbki w czterech kierunkach za pomocą konstrukcji składającej się z ośmiobocznej sztywnej ramy z zamocowanymi czterema siłownikami Instron,
- rejestracji odkształceń wywołanych rozciąganiem minimum dwoma alternatywnymi metodami, wymienionymi w opisie projektu stanowiska.

Przedstawiony projekt stanowiska badawczego może służyć nie tylko do badań elastomerów, ale także innych materiałów kompozytowych, na przykład folii uszczelniających itp.

Bibliografia

- [1] PN-EN 1337-3: czerwiec 2005 Structural bearings – Part 3: Elastomeric bearings (Łożyska konstrukcyjne – Łożyska elastomerowe)
- [2] PN-ISO 37: marzec 2007 Guma i kauczuk termoplastyczny – Oznaczanie właściwości wytrzymałościowych przy rozciąganiu
- [3] Brieu M., Diani J., Bhatnagar N.: A New Biaxial Tension Test Fixture for Uniaxial Testing Machine – A Validation for Hyperelastic Behavior of Rubber-Like Materials. *Journal of Testing and Evaluation*, 2007, Vol. 35, No 4
- [4] Topkaya C., Yura J. A.: Test method for determining the shear modulus of elastomeric bearings, *ASCE Journal of Structural Engineering*, June 2002, vol. 128, Issue: 6

TESTING OF ELASTOMERS IN COMPLEX STATE OF STRAIN

Summary

The paper presents the test results of elastomeric bearings in complex state of strain according to the requirements of the standards PN-1337-3 and PN-ISO 37. Moreover, a new design for biaxial tension test for elastomers is described which was prepared in the Department of Structures and Strength Testing of the Building Research Institute.

Praca wpłynęła do Redakcji 7 X 2009 r.