

Andrzej Niemierko*

Łożyska elastomerowe w budownictwie mostowym

Wprowadzenie elastomeru do konstrukcji łożysk mostowych w latach 50. ubiegłego wieku spowodowało poprawę warunków podparcia przęseł mostowych oraz uprościło ich montaż i utrzymanie. W pierwszej części przedstawiono podstawy teoretyczne i obliczeniowe łożysk elastomerowych zbrojonych blachami stalowymi. W drugiej – omówiono historię stosowania łożysk elastomerowych w budownictwie mostowym w świecie oraz w Polsce.

Słowa kluczowe: elastomery, łożyska elastomerowe, łożyska mostowe

Elastomeric bearings used in bridge construction

Introduction of elastomer to the construction of bridge bearings at latest 50-ies of last century had great influence on amelioration of bridge spans supporting condition. Thanks to that their installation and maintenance was also easier. First the basis of theoretical and design considerations for elastomeric bearings reinforced with steel plates were presented. Then the world and Polish history of elastomeric bearings development in bridge construction was shortly described.

Key words: elastomers, elastomeric bearings, bridge bearings

1. Wprowadzenie

Łożyska mostowe są ogniwami konstrukcyjnymi między podporami i przęsłami obiektów mostowych. Ich zadaniem jest przekazywanie sił z przęseł na podpory, a także umożliwianie obrotów konstrukcji niosących przęsła nad podporami, a w przypadku łożysk przesuwnych także przemieszczeń. Wprowadzenie elastomeru jako materiału do konstrukcji łożysk mostowych spowodowało poprawę warunków podparcia przęseł oraz uprościło utrzymanie tych wrażliwych elementów konstrukcji mostowej.

Elastomery stosowane są w różnych rodzajach konstrukcji łożysk np. garnkowych (*pot bearings*), płytowych (*disc bearings*), ale najpowszechniejsze są łożyska elastomerowe zbudowane z warstw elastomeru wulkanizowanych z blachami stalowymi. Instytut Badawczy Dróg i Mostów miał duży udział we wprowadzaniu do krajowego budownictwa mostowego elastomerowych łożysk mostowych dużych nośności [1]. Prace badawcze prowadzono w latach 70. i 80. przy udziale Instytutu Przemysłu Gumowego w Piastowie [2, 3]. W wyniku tych prac Zakłady Przemysłu Gumowego „Stomil” w Piastowie wyprodukowały wówczas pierwsze łożyska o wymiarach 300×400×71 mm i nośności 1,2 MN. Zastosowano je m.in. w mostach na Centralnej Magistrali Kolejowej [4] oraz po raz pierwszy w Polsce w obiekcie betonowanym na miejscu [5], w warszawskim wiadukcie na Trasie Toruńskiej. Korzystając z tych doświadczeń kontynuowano produkcję krajową łożysk elastomerowych różnych nośności w Zakładach Gumowych Górnictwa w Bytomiu [6,7].

2. Podstawy teoretyczne i obliczeniowe łożysk elastomerowych

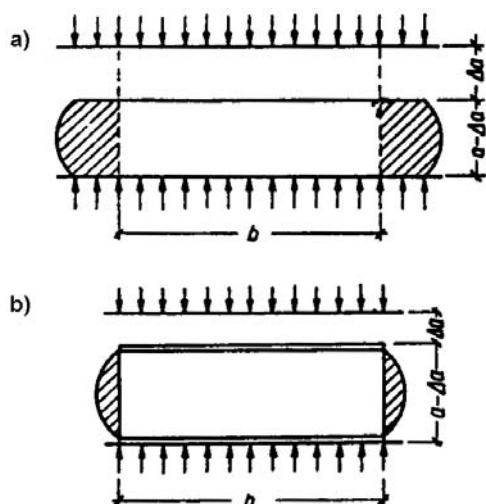
Nieuzbrojona płyta elastomeru podczas ściskania między dwiema płaszczyznami odkształca się w sposób jak na rys.1a, a zwulkanizowana z blachami stalowymi w sposób pokazany na rys.1b. Blachy przejmują siły wypychające elastomer ku obwodowi i zapobiegają wypływowi jego na zewnątrz. Podczas odkształcenia objętość elastomeru pozostaje stała (współczynnik Poissona = 0,5), a zatem blachy wpływają na zmniejszenie odkształceń płyty w kierunku ściskania. W związku z tym sztywność na ściskanie płyty uzbrojonej jest wielokrotnie większa od sztywności płyty nieuzbrojonej.

Dr inż. **Andrzej Niemierko** – studia na Wydziale Inżynierii Lądowej Politechniki Warszawskiej ukończył w 1965 r. W 1977 r. obronił pracę doktorską z mechaniki konstrukcji w Instytucie Podstawowych Problemów Techniki PAN. Od 1970 r. pracuje nieprzerwanie w Zakładzie Mostów Instytutu Badawczego Dróg i Mostów prowadząc prace projektowe, badawcze, wdrożeniowe i certyfikacyjne z dziedziny łożysk mostowych. Były członek Komitetu Technicznego CEN nr 167 „Łożyska konstrukcyjne”.

Dane kontaktowe: dr inż. Andrzej Niemierko, Zakład Mostów IBDiM, ul. Instytutowa 1, 03-302 Warszawa; aniemierko@ibdim.edu.pl, tel. kom. 608 20 44 33 lub ajniem@gmail.com, tel. 22 8397144.



* Instytut Badawczy Dróg i Mostów, Zakład Mostów; aniemierko@ibdim.edu.pl



Rys. 1. Wpływ wulkanizacji elastomeru z blachami stalowymi na wielkość odkształcenia ściskanej warstwy elastomeru, [7]: a – warstwa bez blach, b – warstwa z blachami

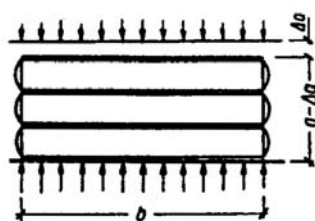
Fig. 1. Effect of elastomer vulcanization with steel plates on compressive deformation of elastomeric layer, [7]: a – layer without external plates, b – layer with vulcanized plates

Jeżeli płytę elastomerową o danej grubości zastąpić kilkoma cieńszymi płytami (rys. 2), których łączna grubość jest równa grubości płyty nierozdzielonej, to wytrzymałość i sztywność płyty pod działaniem sił ściskających wzrośnie w porównaniu z wytrzymałością i sztywnością płyty elastomerowej uzbrojonej tylko dwiema blachami.

Zniszczenie łożyska elastomerowego przy ściskaniu może być spowodowane przez:

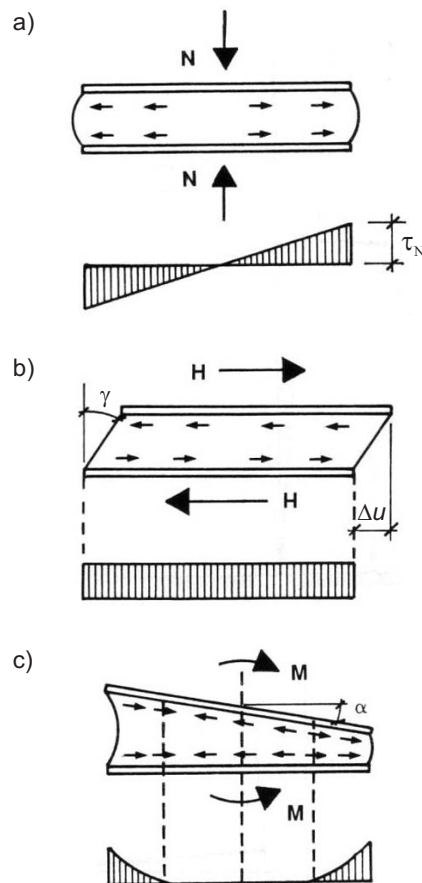
- rozerwanie blach stalowych,
- przekroczenie wytrzymałości na ścinanie połączenia elastomeru z blachami,
- przekroczenie wytrzymałości elastomeru na ścinanie.

Zwiększając grubość blach można ochronić łożysko od zniszczenia wywołanego rozerwaniem blach. Natomiast wyczerpanie obu wytrzymałości zależy od wielkości sił stycznych występujących między blachami a elastomerem. Siły te wzrastają wraz z grubością warstwy elastomeru i maleją wraz z wymiarami łożyska w planie. A zatem wytrzymałość łożyska elastomerowego zależy nie



Rys. 2. Płyta elastomerowa wielowarstwowa [7]

Fig. 2. Multi-layer elastomeric pad [7]



Rys. 3. Rozkłady naprężeń ścinających w warstwie elastomeru poddanej, [9]: a – ściskaniu, b – czystemu ścinaniu, c – działaniu momentu zginającego

Fig. 3. Shear stresses distribution in elastomeric layer under: a – compression, b – pure shear, c – bending moment action [9]

tylko od naprężeń docisku, ale także od wielkości oraz stosunku jego wymiarów w planie i grubości warstw elastomeru.

Łożysko elastomerowe poddawane jest trzem podstawowym oddziaływaniom: ściskaniu, ścinaniu i obrotowi, których skutkiem są odpowiednie odkształcenia (rys. 3).

Naprężenia ścinające w przypadku docisku (rys. 3a) można wyznaczyć według [8] ze wzoru:

$$\tau_N = \frac{1,5\sigma_m}{S} \quad (1)$$

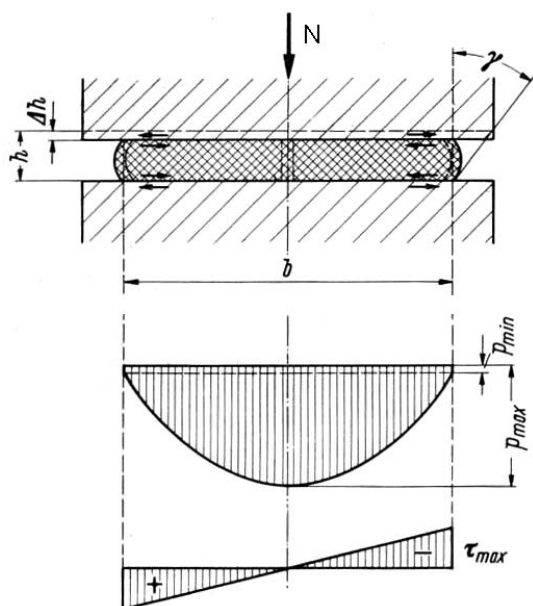
przy czym

$$S - \text{współczynnik kształtu } S = \frac{a \cdot b}{2t(a+b)} \quad (2)$$

$$\sigma_m - \text{średnie naprężenie docisku } \sigma_m = \frac{N}{a \cdot b} \quad (3)$$

a, b – wymiary warstwy elastomeru w planie, t – grubość warstwy elastomeru.

Rzeczywisty rozkład naprężeń docisku ma kształt paraboliczny (rys.4), ale do obliczeń jest przyjmowany rozkład prostokątny w postaci uśrednionej σ_m według wzoru (3).



Rys. 4. Rozkład paraboliczny naprężeń ściskających na szerokości warstwy elastomeru, [10]

Fig. 4. Compressive stress parabolic distribution on the width of elastomeric layer, [10]

Naprężenia ścinające w przypadku przemieszczeń poziomych przęsła i działania sił poziomych (rys.3b) można wyznaczyć według [8] ze wzoru:

$$\tau'_H = \frac{G \cdot \Delta u}{T} \quad (4)$$

– gdy uwzględniamy tylko przemieszczenia przęsła nad łożyskiem spowodowane zmianami temperatury, pełzaniem, skurczem i sprężeniem lub według [8] ze wzoru:

$$\tau''_H = \frac{G \cdot \Delta u}{T} + \frac{H}{2a \cdot b} \quad (5)$$

– gdy uwzględniamy dodatkowo siły poziome od obciążeń ruchomych,

przy czym

a, b – wymiary bloku elastomerowego w planie,

G – moduł odkształcenia postaciowego elastomeru,

H – siła pozioma od obciążenia ruchomego przypadająca na łożysko,

T – grubość warstw elastomeru w łożysku między blachami,

Δu – przemieszczenie wzajemne górnej i dolnej powierzchni bloku elastomerowego.

Naprężenia ścinające w przypadku zginania wywołanego obrotem (rys.3c i 5) można wyznaczyć według [8] ze wzoru:

$$\tau_\alpha = \frac{G \cdot a^2 \cdot (\alpha + \alpha_0)}{2t^2 \cdot n} \quad (6)$$

przy czym

a – wymiar bloku elastomerowego łożyska w planie w kierunku osi podłużnej obiektu,

n – liczba warstw elastomeru w łożysku,

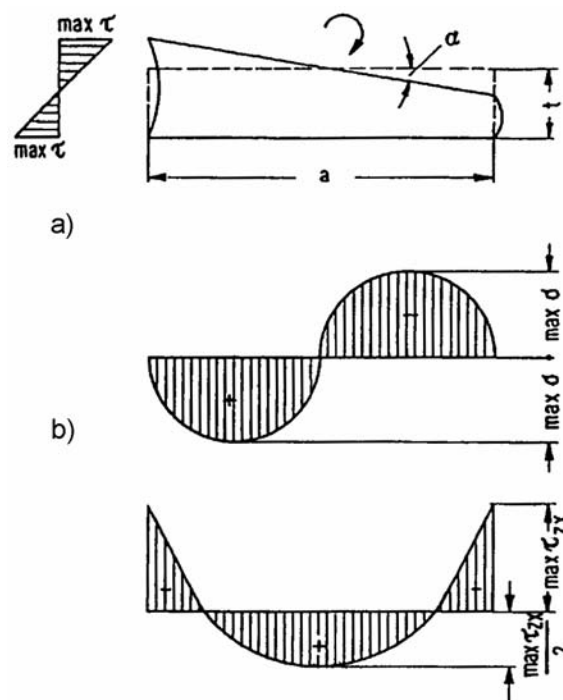
α – kąt obrotu bloku elastomerowego,

α_0 – rezerwa kąta obrotu bloku elastomerowego zależna od rodzaju konstrukcji i technologii wykonywania.

Wielkość oporu, jaki łożysko stawia pochyleniom wzajemnym jego ścian płaskich, podobnie jak i wielkość oporu stawiana wzajemnym przesunięciom tych ścian, zależy nie tylko od właściwości odkształceniowych elastomeru i blach, lecz także od ich grubości, szerokości i długości.

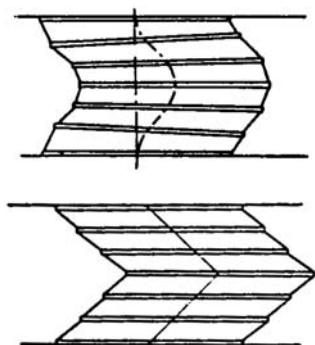
Pod działaniem pary równoważących się momentów, blachy ulegają wzajemnym pochyleniom. Warstwy elastomeru zachowują swoją pierwotną grubość w płaszczyźnie środkowej łożyska, natomiast zmniejszają tę grubość z jednej strony tej płaszczyzny i zwiększają z drugiej (rys. 5). Skróceniom odpowiadają ściskania i naprężenia styczne o tych samych zwrotach co przy ściskaniu równomiernym, a wydłużeniom – rozciągania i naprężenia styczne o zwrotach przeciwnych. W płaszczyźnie środkowej łożyska występują też ściskania. Boczna powierzchnia warstwy elastomeru po stronie ściskanej jest wypukła, a po stronie rozciąganej – wklęsła.

Łożyska elastomerowe ściskane z zachowaniem równoległości powierzchni podlegających dociskowi mogą ulegać wyboczeniu w przypadku schematu przedstawionego na rys.6, przy czym pierwotnie płaskie ich warstwy mogą odkształcać się wskutek pochylenia ich płaszczyzn przez momenty zginające (rys.5a i 6a) lub wskutek równoległych przesunięć wywołanych przez siły styczne (rys.3b i 6b).



Rys. 5. Rozkłady naprężeń w warstwie elastomeru zespolonej z blachami zbrojenia w wyniku obrotu wywołanego działaniem momentu: a – naprężenia normalne, b – naprężenia styczne [33]

Fig. 5. Stress distribution in elastomeric layer bonded with reinforcing plates as a result of rotation due to bending moment action: a – normal stresses, b – shear stresses [33]



Rys. 6. Postaci wybočenja zbrojonego bloku elastomero-
wego [7] w wyniku: a – obrotu poszczególnych warstw,
b – równoległego przemieszczenia warstw

Fig. 6. Reinforced elastomeric pad buckling forms [7] as
a result of: a – rotation of individual layers, b – parallel
displacement of layers

3. Historia mostowych łożysk elastomerowych

Łożyska elastomerowe (*Elastomerlager, elastomeric bearings, appareils d'appui en élastomère fretté*) nazywane wcześniej łożyskami gumowymi (*Gummilager, rubber bearings*) stosowano początkowo w postaci niezbrojonych płaskich płyt z kauczuku naturalnego (NR). Znane i opisane w literaturze [11,12] jest zastosowanie tego rodzaju łożysk na podporach wiaduktu w Australii już w 1887 r. W 1981 r. płyty te były nadal w użyciu. Badania próbek pobranych z tych łożysk, które przeprowadzono po 105-letniej ich eksploatacji wykazały, że degradacja gumy była jedynie powierzchniowa i nie sięgała głębiej niż na 1 mm [11]. Starzenie NR ograniczone było jedynie do powierzchni zewnętrznej, gdyż dostęp tlenu do głębszych warstw ograniczała utleniona warstwa zewnętrzna.

W pracy [13], opublikowanej w 1990 r., przedstawiono wyniki badań na rozciąganie próbek neoprenu przechowywanych w komorze o stałych parametrach otoczenia przez okres 50 lat. Próbkę okresowo badano, określając ich wydłużenie przy zerwaniu. Okazało się, że po 50 latach wartość tego wydłużenia stanowiła 70% wydłużenia początkowego. Na podstawie przebiegu krzywej zmienności przewidywane jest, że nawet po 100 latach wydłużenie przy zerwaniu neoprenu będzie jeszcze stanowić 50% wydłużenia początkowego. W wielu krajach, np. we Francji (LCPC) [14], w Wielkiej Brytanii (TRRL) [15], Niemczech (BASt), a także w Polsce (IBDiM) [16-18], prowadzone obserwacje i badania łożysk elastomerowych po kilkudziesięcioletniej eksploatacji wykazały niewielkie zmiany ich początkowych cech odkształceniowych.

Najszerzą ocenę eksploatowanych łożysk elastomerowych przeprowadzono ostatnio w Iranie [19] dokonując przeglądu 1128 łożysk w 28 dużych obiektach mostowych. Najstarsze łożyska były w eksploatacji od ponad

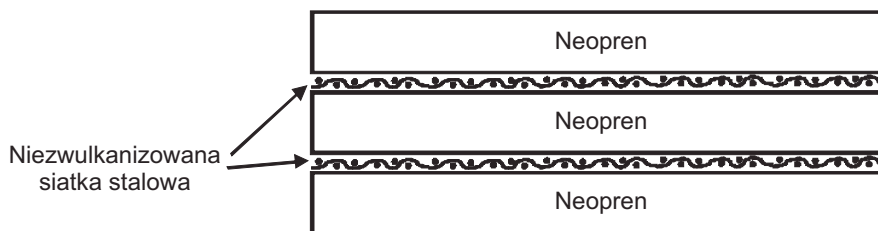
40 lat. Mimo zmian w technologii otrzymywania elastomeru, które zaszły w ciągu tego czasu, nie jakością materiału lecz błędami w ustawianiu i wbudowywaniu łożysk oraz braki właściwego utrzymania były podstawową przyczyną wykrytych ich defektów. Przyczyny te stanowiły około 75% wszystkich odnotowanych niedoskonałości łożysk elastomerowych. Twardość elastomeru w łożyskach usuniętych, eksploatowanych od ponad 40 lat – wynosiła średnio 75 °Shore'a A, a w łożyskach w wieku od 25 do 30 lat – 61 °Shore'a A.

Na podstawie dotychczasowych badań i obserwacji eksploatowanych łożysk elastomerowych, panuje przekonanie, że łożyska te mogą być użytkowane ponad 50 lat, a nawet porównywalnie z długowiecznością samych obiektów mostowych.

Współczesna historia łożysk elastomerowych zaczęła się w 1932 r. od mostu kolejowego we Francji. W celu zmniejszenia wpływu oddziaływań dynamicznych, po raz pierwszy w Europie zastosowano oparcie przęsła na cienkich płytach kauczukowych [20]. Łożyska gumowe o większej wysokości, umożliwiającej przemieszczenia poziome dzięki odkształceniu postaciowemu gumy, zastosowano jednak dopiero w 1945 r. w wiadukcie Le Bourget pod Paryżem. Wprowadzenie zbrojenia do łożysk gumowych zawdzięczamy Eugène Freyssinetowi (1879-1962), francuskiemu inżynierowi, twórcy pierwszych przęsła mostowych z betonu sprężonego. Łożyska Freyssineta to były po prostu warstwy kauczuku przekładane warstwami plecionej siatki stalowej (rys.7). W 1954 r. Freyssinet opatentował takie łożyska wykonane z neoprenu zbrojonego, przez analogię do betonu, siatkami stalowymi zwulkanizowanymi z neoprenem. W latach 1945-1958 we Francji, Algierii i Tunezji łożyska te zastosowano w około 30 obiektach mostowych. Od 1956 r. produkowane były przez założoną przez Freyssineta firmę: STUP – Société Technique pour l'Utilisation de la Précontrainte. Pierwsze łożyska tej firmy zastosowano we francuskim moście rozpiętości 20 m nad kanałem w Beautor (Pikardia) [21]. Rozwiązanie z siatkami zbrojenia nie sprawdziło się w praktyce, gdyż siatki były często przyczyną niszczenia neoprenu podczas odkształceń łożyska.

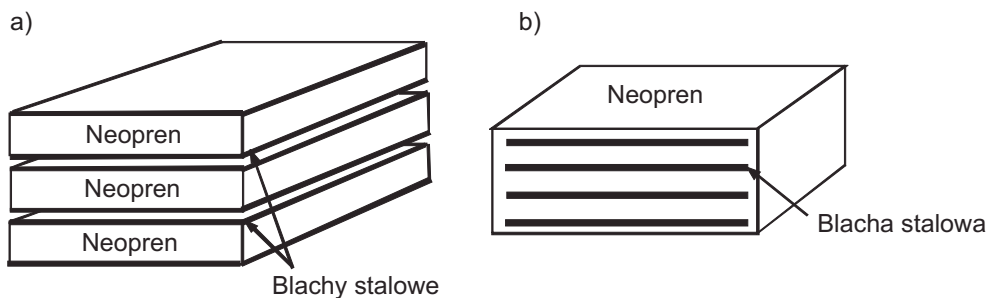
Pierwsze łożyska elastomerowe w Republice Federalnej Niemiec z 1957 r. były łożyskami wzorowanymi na pomysły Freyssineta, to znaczy były zbrojone siatkami z drutu średnicy 1,5 mm. Dopiero po przeprowadzeniu w Düsseldorfie badań doświadczalnych łożysk zbrojonych siatkami i blachami, zdecydowano o tym ostatnim rozwiązaniu (rys.8). W ten sposób od końca lat 50. w Niemczech rozpowszechniło się zbrojenie elastomeru blachami stalowymi [10]. Początkowo blachy zbrojenia wystawały na zewnątrz bloku elastomerowego co powodowało ich przyspieszoną korozję. Pierwsze seryjnie produkowane łożyska miały wymiary w planie nie większe od 200×400 mm. Do 1960 r. zastosowano je w kilkudziesięciu obiektach mostowych.

Także i we Francji zmieniono sposób zbrojenia bloków elastomeru stosując 2 blachy stalowe grubości



Rys. 7. Oryginalne rozwiązanie Freyssineta łożyska gumowego zbrojonego luźnymi siatkami stalowymi z początku lat 50. [22]

Fig. 7. Freyssinet original concept for rubber bearings reinforced with non vulcanized steel mesh (at the beginning of 50-ies), [22]



Rys. 8. Pierwsze łożyska zbrojone blachami stalowymi [22]: a – rozwiązanie francuskie, b – rozwiązanie niemieckie

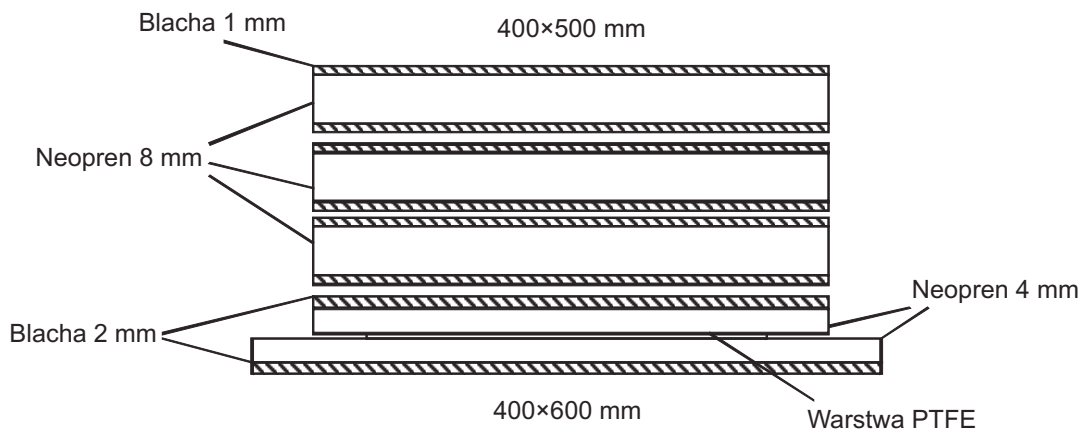
Fig. 8. First bearings reinforced with steel plates, [22]: a – French concept, b – German concept

1 mm zwulkanizowane z pojedynczą płytą elastomeru grubości 8 mm. Płyty te nie były jednak ze sobą łączone, a jedynie układane jedna nad drugą w zależności od wymaganego przemieszczenia na łożysku (rys.8a). Takie rozwiązanie zastosowano w wiaduktach dojazdowych do lotniska Orly pod Paryżem w 1960 r. (rys.9). Jednakże łożyska nieprzesuwne miały zupełnie inną postać, przedstawioną na rys.10. Tworzyły je soczewkowe rdzenie z betonu zbrojonego umieszczone między cienkimi warstwami neoprenu zbrojonego siatkami stalowymi. Ten rodzaj łożysk zastosowano także w 1959 r. w wiaduktach dojazdowych do słynnego mostu Tancarville przy ujściu Sekwany.

Blachy zewnętrzne łożysk francuskich były zabezpieczone powłoką antykorozyjną. Z takich zwulkanizowa-

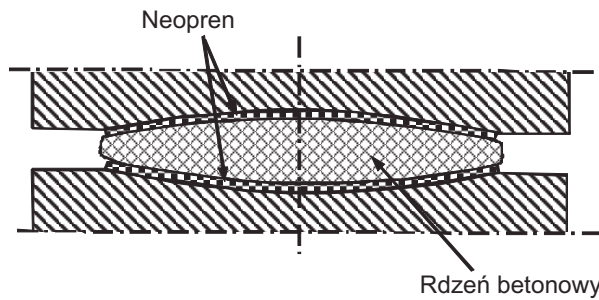
nych płyt można było wycinać płyty o dowolnych rozmiarach i kształtach. Po doświadczeniach niemieckich zaczęto blachy wulkanizować w całości z elastomerem. Nastąpiło to jednak dopiero w latach 70. Takie łożyska stosowano też w NRD [23] oraz ZSRS [24], a także w innych krajach europejskich. Szeroki przegląd wymagań wobec łożysk elastomerowych w tamtych czasach przedstawiono w [25].

W Stanach Zjednoczonych w 1931 r. firma Du Pont de Nemours uzyskała patent na nowy rodzaj kauczuku syntetycznego – neopren. W 1936 r. do mieszanki kauczuku butadienowego z antyoksydantami i inhibitorami pleśni jako zbrojenie wprowadzono kilka warstw napiętej tkaniny bawełniano-poliestrowej (50/50). Nazwano je *Fabreeka pads* (rys.11) [12].



Rys. 9. Przekrój poprzeczny łożyska przesuwne w wiaduktach dojazdowych na lotnisku Orly pod Paryżem w 1960 roku, [21]

Fig. 9. Cross-section of movable bearing on approach viaducts to the Orly Airport in Paris built in 1960, [21]



Rys. 10. Przekrój poprzeczny łożyska nieprzesuwnego w wiaduktach dojazdowych na lotnisku Orly pod Paryżem [21]

Fig. 10. Cross-section of fixed bearing on approach viaducts to the Orly Airport [21]

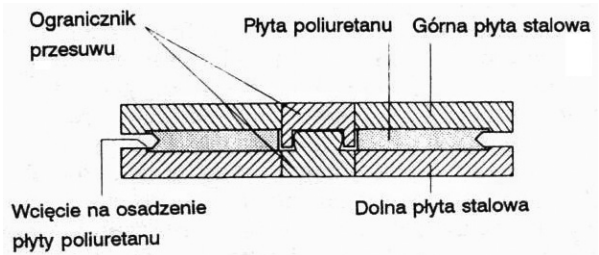


Rys. 11. Fragment łożyska elastomerowego zbrojonego włóknami bawełniano-poliestrowymi (fot. ze zbioru autora)

Fig. 11. Sample of elastomeric bearing reinforced with cotton-polyester fabric (Fot. from author's archive)

Stosowane są one do tej pory według specyfikacji AASHTO. Wymagało to jednak dopuszczenia dwukrotnie mniejszych nacisków (0,7 MPa) w stosunku do stosowanych w przypadku łożysk zbrojonych blachami. Badania wykazały, że wytrzymałość przy ściskaniu bloków zbrojonych włóknami była nawet 10-krotnie większa (7 MPa). łożyska wykonywano o wysokości nie przekraczającej 1 cala. W przypadku wymaganych większych wysokości, poszczególne bloki klejono ze sobą. Od 1957 roku szerzej stosowane są jednak łożyska zbrojone blachami stalowymi, ale o wysokości znacznie większej niż w przypadku łożysk europejskich.

Inną cechą charakterystyczną łożyska elastomerowe na kontynencie amerykańskim jest stosowanie niezbrojonego poliuretanu, umieszczonego między dwiema płytami stalowymi znacznej grubości [12]. Tego rodzaju łożyska (tzw. *disc bearings*), o nazwie handlowej Wabo-Fyfe i opatentowane przez firmę kanadyjską, zastosowano po raz pierwszy w 1972 r. Poliuretan jest materiałem o znacznie większej odporności na oleje, rozpuszczalniki, utlenianie, ozon, wilgoć i wodę morską niż neopren. Przedstawione na rys.12 rozwiązanie pełni funkcję łożyska nieprzesuwnego, a więc tylko przegubu. W łożyskach przesuwnych na górnej płycie dodano ele-

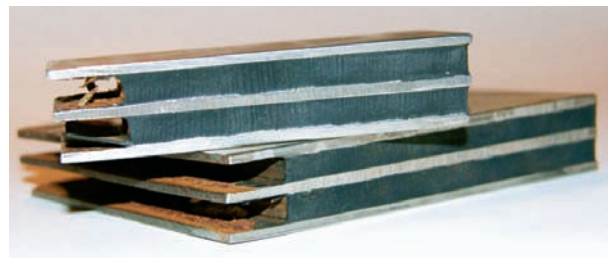


Rys. 12. Nieprzesuwne łożysko poliuretanowe Wabo-Fyfe, [12]

Fig. 12. Wabo-Fyfe polyurethane fixed bearing, [12]

ment ślizgowy. Dopuszczalny docisk do poliuretanu przyjęto na poziomie 35 MPa, a odkształcenie trwałe pod długotrwałym dociskiem nie przekracza 7%. W Europie nie są spotykane i nie ujmują ich norma PN-EN 1337 [8].

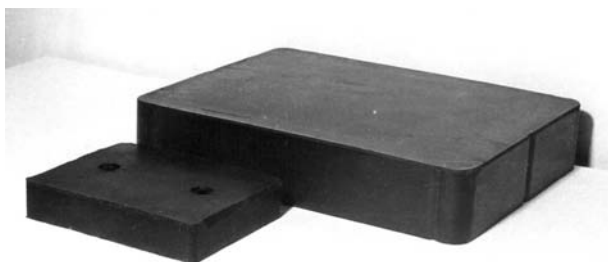
W Polsce pierwsze łożyska elastomerowe zbrojone blachami stalowymi o wymiarach w planie 200×300 mm i nośności 0,6 MN zastosowano w 1963 r. w moście przez rzekę Długą w Zielonce k. Warszawy [16]. Składały się z 3 blach grubości 2 mm zwulkanizowanych z 2 warstwami neoprenu grubości po 8 mm (rys.13). Inicjatorem podjętych rok wcześniej prac badawczych i wdrożeniowych był profesor Zbigniew Wasiutyński (1902-1974), kierownik Katedry Budowy Mostów Politechniki Warszawskiej [26]. łożyska te przez prawie 30 lat spełniały swe zadanie [16,18], a w 1992 r. wymieniono je na łożyska o tych samych wymiarach, ale z blachami otulonymi całkowicie elastomerem.



Rys. 13. Wycinki z pierwszych w Polsce łożysk elastomerowych usuniętych w 1992 r. po 30 latach eksploatacji (fot. ze zbioru autora)

Fig. 13. Sections of first used in Poland elastomeric bearings removed in 1992 after 30 years in service (Fot. from author's archive)

W latach 70. uruchomiono na niewielką skalę produkcję łożysk elastomerowych 0,3 MN w Zakładach Przemysłu Gumowego „Stomil” w Piastowie, a w 1977 r. dzięki podjętym w IBDiM pracom we współpracy z Instytutem Przemysłu Gumowego w Piastowie zastosowano po raz pierwszy łożyska elastomerowe większej nośności – 1,2 MN (rys.14) – w dwóch mostach w ciągu Centralnej Magistrali Kolejowej [4] (rys.15). Seryjną produkcję łożysk elastomerowych różnych nośności



Rys. 14. Pierwsze polskie łożysko elastomerowe większej nośności 1,2 MN (300×400×71 mm) oraz łożysko 0,3 MN (150×200×38 mm), produkowane w 1970 r. (fot. ze zbioru autora)

Fig. 14. First Polish elastomeric bearing of greater capacity 1,2 MN (300×400×71 mm) and 0,3 MN capacity bearing (150×200×38 mm) manufactured since 1970 (Fot. from author's archive)



Rys. 15. Pierwsze polskie łożyska elastomerowe nośności 1,2 MN wbudowane zamiennie zamiast łożysk wałkowych w moście na CMK, [4]

Fig. 15. First Polish elastomeric bearing of 1,2 MN capacity installed instead of roller bearing in Railway Central Main Line bridge, [4]

uruchomiono w Polsce dopiero w połowie lat 80. [1,6,7,27] (w Zakładach Gumowych Górnictwa w Bytomiu na podstawie umowy wdrożeniowej zawartej między IBDiM a PRInż. Katowice). Obecnie łożyska elastomerowe są częściowo wykonywane w kraju, ale w większości sprowadzane z zagranicy. Wszystkie powinny mieć certyfikat zgodności z wymaganiami PN-EN 1337-3 [8,28].

W latach 70. w Instytucie Podstawowych Problemów Techniki PAN podjęto próby z niezbrojonymi płytami poliuretanowymi. Próby te kontynuowano w latach 80. w IBDiM w kooperacji z Instytutem Chemii Przemysłowej oraz Instytutem Chemii Organicznej i Żywnościowej Politechniki Gdańskiej [29,31]. Podjęto po raz pierwszy w świecie badania nad zastosowaniem łożysk poliuretanowych zbrojonych blachami stalowymi (rys.16). łożyska tego rodzaju są prostsze w produkcji, nie wymagają



Rys. 16. Wycinek łożyska poliuretanowego zbrojonego blachami stalowymi (fot. ze zbioru autora)

Fig. 16. Section of polyurethane bearing reinforced with steel plates (Fot. from author's archive)

ani wulkanizacji i skomplikowanych form, ani ciśnienia i wysokiej temperatury. Jedynym problemem było dokładne odpowietrzenie mieszaniny dwóch składników, z których powstawał poliuretan. Przeprowadzone badania odkształceniowe i wytrzymałościowe wykazały, że w łożyskach tego rodzaju można było dopuścić dwukrotnie większe dociski. Wyniki tych badań przedstawiono na Światowym Kongresie w Sacramento (USA) [32]. Ograniczeniem w szerokim stosowaniu zbrojonych łożysk poliuretanowych jest ich koszt.

Współczesne łożyska elastomerowe (rys.17) charakteryzują się dużą nośnością (ich rozmiary dochodzą do 1200×1200 mm w planie i wysokości 360 mm) oraz urozmaiconą budową [33].

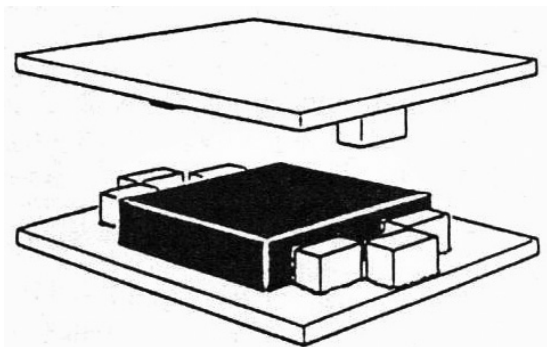
Mogą być kotwione do konstrukcji dzięki zastosowanym zewnętrznym płytom stalowym zwulkanizowanym z blokiem elastomerowym. Mogą być także stosowane jako łożyska nieprzesuwne (rys.18) lub jednokierunkowo przesuwne – dzięki umieszczeniu bloku elastomero-



Rys. 17. łożysko elastomerowe dużej nośności (ponad 10 MN) po wbudowaniu (fot. ze zbioru autora)

Fig. 17. High capacity (over 10 MN) elastomeric bearing after its installation (Fot. from author's archive)

wego między płytami dociskowymi wyposażonymi w odpowiednie blokady przemieszczeń. Stosowane też są jako amortyzatory drgań.



Rys. 18. Sposób uniemożliwienia przemieszczeń łożyska elastomerowego – łożysko przegubowe nieprzesuwne (fot. ze zbiorów autora)

Fig. 18. Constructive restraints non admitting for elastomeric bearing horizontal displacements – fixed elastomeric bearing (Fot. from author's archive)

Jako innowacyjne rozwiązania stosowane są, na razie tytułem eksperymentu, łożyska elastomerowe z czujnikami światłowodowymi pozwalającymi na rejestrację zmian obciążenia i naprężeń ściskających [34].

Wykonywane są na ogół z kauczuków syntetycznych (chloroprenowych, butadienowych, poliuretanu) lub naturalnych. Najbardziej popularny wśród kauczuków syntetycznych jest neopren.

Literatura

- Niemierko A., Germaniuk K., Nowe odmiany łożysk mostowych – Doświadczenia wdrożeniowe IBDiM, *Inżynieria i Budownictwo*, 2, 1980, s. 74-78.
- Niemierko A., Wyniki badań doświadczalnych prototypowych gumowych łożysk mostowych dużych nośności, *Prace IBDiM*, 3-4, 1976, s. 159-180.
- Niemierko A., Germaniuk K., Wpływ sztucznego starzenia i zamrażania na odkształcalność gumowych łożysk mostowych dużych nośności, *Prace IBDiM*, 1, 1978, s. 49-80.
- Niemierko A., Wpływ ruchu pojazdów szynowych na zachowanie się gumowych łożysk mostowych, *Prace IBDiM*, 1, 1980, s. 49-82.
- Niemierko A., Zastosowanie łożysk gumowych w obiekcie betonowanym na miejscu, *Drogownictwo*, 9, 1985.
- Niemierko A., Weryfikacja doświadczalna łożysk gumowych 1,2 MN wykonywanych w Zakładach Gumowych Górnictwa, *Prace IBDiM*, 3-4, 1986, s. 55-89.
- Wasiutyński Z., Przeguby i łożyska gumowe, rozdz. 4.6 w „Mosty. Część I”, Arkady, Warszawa 1967, s. 263-294.
- PN-EN 1337-3: 2010 łożyska konstrukcyjne – Część 3: łożyska elastomerowe.
- Daguzé M., Les appareils d'appui à base d'élastomère, *Annales de l'ITBTP*, No 497 Octobre 1991, s. 116-121.
- Andrů W., Leonhardt F., Neue Entwicklungen für Lager von Bauwerken, *Gummi- und Gummitopflager, Die Bautechnik*, 2, 1962, s. 37-50.
- Itoh Y., Gu H.S., Prediction of Aging Characteristics in Natural Rubber Bearings Used in Bridges, *Journal of Bridge Engineering ASCE*, March/April 2009, s. 122-128.
- Lee D.J., *Bridge Bearings and Expansion Joints*, E & FN SPON 1994
- Burpulis J.S., Seay J.R., Graff R.S., Neoprene in Bridge Bearing Pads – The Proven Performance, Extending the Life of Bridges, Maupin, Brown, Lichtenstein, editors, *ASTM STP1100*, Philadelphia, 1990, s. 32-43.
- Chabert A., Dauwilliers M., Durabilité des appareils d'appui en élastomère fretté, *Bull.de liaison des lab.des ponts et chauss.*, No 129, 1984, s. 57-69.
- Price A.R., Fenn M.A., Removal and testing of elastomeric bridge bearings, *TRRL Report 812*, Crowthorne 1983.
- Niemierko A., Rubber Bearings Assessment After 30 Years in Service (Ocena łożysk gumowych po 30 latach eksploatacji), *II International Scientific Conference „Durability and Service Life of Bridge Structures”*, Poznań 1994, s. 203-210.
- Niemierko A., Bridge Bearings Durability and Reliability Factors (Czynniki trwałości i niezawodności łożysk mostowych), *International Bridge Conference Warsaw'94, Road and Bridge Research Institute 1994*, s. 97-106.
- Niemierko A., Rubber Bridge Bearings Test Results After 30 Years in Service (Wyniki badań gumowych łożysk mostowych po 30-letniej eksploatacji), *Fourth World Congress on Joint Sealants and Bearing Systems for Concrete Structures*, ed. Barrie Atkinson, vol.2, *ACI, SP-164*, Sacramento, Ca (USA), 1996, s. 1199-1208
- Aria M., Akbari R., Inspection, condition evaluation and replacement of elastomeric bearings in road bridges, *Structure and Infrastructure Engineering*, Vol.9, No.9, September 2013, s. 918-934.
- Brandt A., O zastosowaniu łożysk kauczukowych w mostownictwie, *Inż. i Bud.*, 3, 1962, s. 104-109.
- Brandt A., O zastosowaniu łożysk gumowych w mostownictwie, *Konf. nauk.-techn. SITK pt. Aktualne problemy w projektowaniu i budowie mostów kolejowych i drogowych*, Toruń 11-13 czerwca 1967, s. 49-71.
- Topaloff B., Gummilager für Brücken – Berechnung und Anwendung, *Der Bauingenieur*, 39, 2, 1964, s. 50-64.
- Hänsch H., Spaethe G., Entwicklung und Anwendung von Gummischichtenlagern in der DDR, *Bauplanung-Bautechnik*, 2, 1967, s. 80-86.
- Pszencznikov S.N., Vasiliev W.W., Rezinovyje opornyje czasti mostov, *Avtom. Dorogi*, 11, 1984, s. 17-18.
- Stanton J.F., Roeder Ch.W., Elastomeric Bridge Bearings Specifications: Review of the Present and Proposals for the Future, *ACI Journal*, Nov-Dec 1983, s. 514-525.
- Wasiutyński Z., Brandt A.M., Potocki A., Dudek B., Wyniki badań doświadczalnych gumowych łożysk mostowych, *Archiwum Inżynierii Lądowej*, 1, 1963.
- Niemierko A., Wytyczne stosowania łożysk elastomerowych w mostach, *IBDiM, Seria I, Zeszyt 26*, Warszawa 1988.

28. Niemierko A., *Conclusions from Bridge Bearings Approval Tests (Wnioski z badań aprobacyjnych łożysk mostowych), Fifth World Congress on Joints, Bearings and Seismic Systems for Concrete Structures, Rome, 7-11 October 2001*
29. Niemierko A., Germaniuk K., *Badania doświadczalne łożysk poliuretanowych, Prace IBDiM, 1-2, 1983, s. 127-145*
30. Niemierko A., *Wyniki doświadczeń z uzbrojonymi łożyskami poliuretanowymi, Prace IBDiM, 3-4, 1986, s. 31-54.*
31. Niemierko A., *Wyniki badań łożysk mostowych z Adiprenu L-42 uzbrojonych blachami stalowymi, Prace IBDiM, 3, 1988, s. 77-102*
32. Niemierko A., *Test Results on Reinforced Polyurethane Bridge Bearings, The 3rd World Congress on Joints and Bearings, Toronto, October 1991, s. 799-815.*
33. Block T., Eggert H., Kauschke W., *Lager im Bauwesen. 3. Auflage, Wilhelm Ernst & Sohn, 2013.*
34. Chabert A., *Les élastomères dans les travaux publics et le bâtiment, Bull. de liaison des lab. des ponts et chauss., No. 183, 1993, s. 59-64.*



**Instytut Inżynierii
Materiałów Polimerowych i Barwników
ODDZIAŁ ELASTOMERÓW I TECHNOLOGII GUMY**

05-820 Piastów, ul. Harcerska 30
tel. (22) 723-60-25, fax: (22) 723-71-96
www.impib.pl



AB 147

Akredytowane przez PCA

LABORATORIUM BADAWCZE „Labgum”

Certyfikat Akredytacji PCA Nr AB 147

w zakresie badań fizykochemicznych i mechanicznych gumy i wyrobów gumowych

Laboratorium jest wyspecjalizowane w badaniach wyrobów gumowych, m.in. różnego rodzaju elementów, uszczelnień, granulatu gumowego oraz surowców i mieszanek przeznaczonych do ich produkcji.

Posiada nowoczesną aparaturę badawczą, ma wdrożony system jakości zgodny z wymaganiami PN-EN ISO/IEC 17025:2005 i akredytację od 1998 r.

LABORATORIUM WYKONUJE BADANIA

według aktualnych norm krajowych, zagranicznych, UE i międzynarodowych ISO oraz procedur własnych

Kierownik Laboratorium i Kierownik Zespołu Badania Właściwości Chemicznych:
dr inż. Małgorzata Piaskiewicz, tel. wew. 161, m.piaskiewicz@ipgum.pl, m.piaskiewicz@impib.pl
Z-ca Kierownika Laboratorium i Kierownik Zespołu Badania Właściwości Fizycznych:
mgr inż. Michał Lewandowski: tel. wew. 182, m.lewandowski@ipgum.pl, m.lewandowski@impib.pl

*Wszystkim Naszym Klientom i Partnerom
składamy najlepsze
Życzenia Świąteczne i Noworoczne
Pomyślności, Szczęścia oraz dalszych Sukcesów*

*Dziękując za dotychczasową współpracę
z zaproszeniem do jej kontynuacji
Kierownictwo i Pracownicy
Laboratorium Badawczego „Labgum”*

