

Łożyska mostowe – kontrola podczas eksploatacji

Łożyska są ważnym i wrażliwym elementem konstrukcji mostowej. Z tego względu ich odpowiednia trwałość i niezawodność decydują o warunkach eksploatacji obiektów mostowych.

Wstęp

Począwszy od lat 50. i 60. ubiegłego wieku zaczęto stosować nowatorskie rozwiązania łożysk [1-3, 10]. Łożyska tradycyjne (wałkowe, wahaczowe, stalowe liniowo- i punktowo-styczne, przeguby betonowe) odchodziły w przeszłość [11]. Zmieniły się wymagania dotyczące projektowania, wykonywania oraz wbudowywania łożysk mostowych.

Poza tradycyjnymi gatunkami stali zwykłej i podwyższonej wytrzymałości oraz staliwa, we współczesnych łożyskach spotykamy materiały, których dawniej w mostownictwie nie stosowano. Zaliczamy do nich: stal nierdzewną (austenityczną), smar silikonowy, policzerofluoroetylen (PTFE) czyli teflon, materiały kompozytowe, a także elastomery takie jak kauczuk syntetyczny i naturalny oraz poliuretan. Współczesne łożyska mostowe są urządzeniami mechanicznymi, a nie elementami budowlanymi za jakie uważano łożyska tradycyjne. Wymagania wobec nich są zatem większe i innego rodzaju. Brak koncentracji naprężeń oraz przekazywanie docisków na dużych powierzchniach sprawiają, że uszkodzenia lub wady łożysk rzadko prowadzą do katastrof konstrukcji mostowych. Mogą jednak powodować szybsze zużycie ich elementów. Prowadzić to może do położyska gorszenia warunków podparcia przęseł mostowych, a w skrajnym przypadku nawet do blokady przemieszczeń i obrotów.

Podział łożysk ze względu na funkcję

W zależności od rodzaju przyjmowanych przemieszczeń liniowych (przesuwów) łożyska dzielą się na:

- nieprzesuwne (stałe), w szczególnym przypadku są nimi także łożyska blokujące
- jednokierunkowo przesuwne, w szczególnym przypadku są nimi także łożyska prowadzące
- wielokierunkowo przesuwne (swobodne).

W zależności od rodzaju przyjmowanych przemieszczeń kątowych (obrotów) łożyska dzielą się na:

- punktowo-przechyłne, zapewniające obroty we wszystkich płaszczyznach
- liniowo-przechyłne, zapewniające obroty w określonym kierunku.

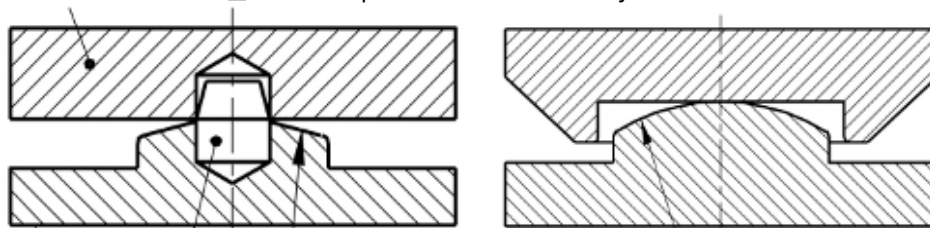
Przenoszenie przez łożyska sił i przemieszczeń wiąże się z pokonywaniem oporów. Ze względu na rodzaj oporów wyróżniamy:

- łożyska, w których występuje tarcie posuwiste lub potoczyste
- łożyska, których działanie jest związane z występowaniem odkształceń sprężystych, których przesunięcia oraz obroty nie są uwarunkowane pokonaniem oporów tarcia.

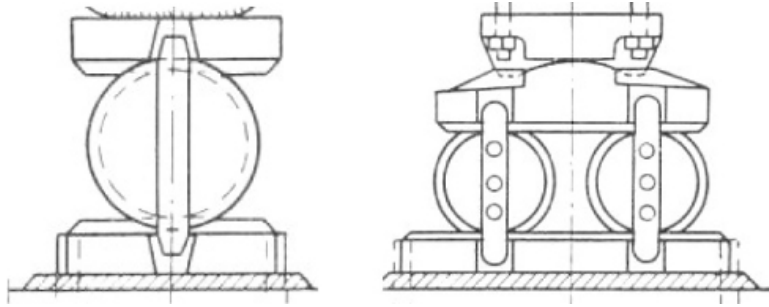
Podział łożysk ze względu na budowę

Z uwagi na budowę i zastosowane materiały wyróżniamy następujące rodzaje łożysk:

- stalowe punktowo- i liniowo-styczne



- stalowe wałkowe



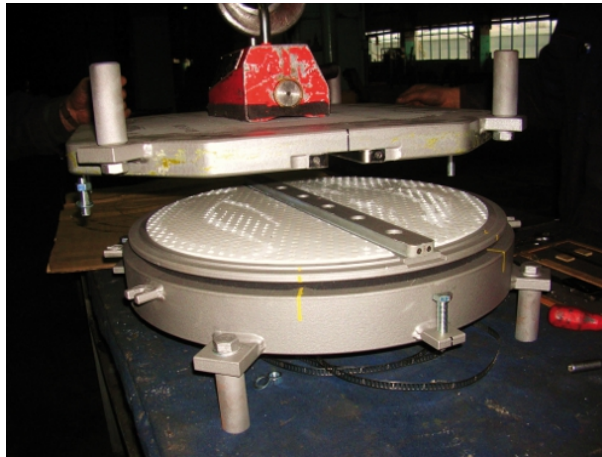
■ elastomerowe



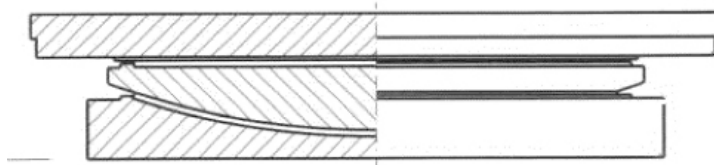
■ elastomerowo-ślizgowe



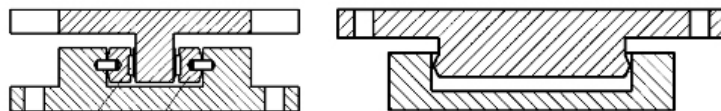
■ garnkowe



■ soczewkowe



■ prowadzące lub blokujące.



Eksploatacja łożysk - zasady ogólne

Podczas rutynowych kontroli łożysk należy podawać w szczególności: wartości luzów w prowadnicach, wielkość występu arkusza PTFE poza osadzenie, stan odkrytej powierzchni płyty ślizgowej ze stali austenitycznej (odchylenia od płaszczyzny, niedostatki zamocowania, uszkodzenia korozyjne) oraz czy względne położenie ruchomych części łożyska odpowiada temperaturze otoczenia. Należy zwracać także uwagę na wszelkie nienormalne odkształcenia lub uszkodzenia sąsiadujących z łożyskiem powierzchni podpór i dolnej części przęsła.

Wymagania wobec łożysk mostowych [6, 7] odnoszą się do kontroli:

- atestów materiałowych
- wykonania łożysk i ich elementów przed ustawieniem na podporach
 - wbudowywania łożysk na podporach
 - zachowania łożysk podczas eksploatacji obiektu.

Powierzchnie ślizgowe łożysk, uszczelki, fartuchy ochronne, skale i wskaźniki oraz zabezpieczenie antykorozyjne są podatne na działania wandalizmu. Powinny być zatem odpowiednio chronione przez utrudniony do nich dostęp lub zabezpieczenie.

Odbiór łożysk w wytwórni

Celem kontroli łożysk w wytwórni jest sprawdzenie czy spełniają one wymagania normy PN-EN 1337 [4, 5].

Wyjątkowo kontrolę można przeprowadzać na budowie w obecności przedstawiciela producenta i upoważnionej jednostki badawczej. Kontroli podlegają z reguły tylko te parametry, które mają istotny wpływ na prawidłową pracę i trwałość łożysk. Wyniki kontroli należy zestawić w arkuszu, którego wzorzec zawiera Załącznik B w PN-EN 1337-10. Dane z arkusza powinny być porównane z danymi w formularzu zakładowej kontroli jakości łożysk i dołączone do dokumentacji budowy.

Odbiór łożysk na budowie

Wraz z łożyskami na budowę powinny być dostarczone kopie aktualnych atestów materiałowych wszystkich podstawowych materiałów użytych do wytworzenia łożyska. Atesty materiałowe powinny być potwierdzeniem właściwości materiałowych podanych w normie PN-EN 1337 [6].

Kontrola zabezpieczenia łożysk przed korozją i zanieczyszczeniami

Wszystkie elementy stalowe łożysk narażone na korozję i niekontaktujące się bezpośrednio z betonem, a także 50 mm pas na skraju powierzchni płyty przeznaczonej do zabetonowania, należy zabezpieczyć przed korozją wielowarstwową powłoką ochronną grubości nie mniejszej od 200 mm.

W łożysku nieprzesuwym między kołnierzem pierścieniowym płyty górnej a cylindrem łożyska garnkowego lub płaskowklęsłą płytą podstawy łożyska soczewkowego powinno znajdować się uszczelnienie z pianki z tworzywa sztucznego (np. poliestrowej).

Powierzchnie ślizgowe łożysk jedno- oraz wielokierunkowo przesuwnych należy zabezpieczyć przed zanieczyszczeniami i uszkodzeniami fartuchem z tworzywa sztucznego (fot. 1). Fartuch ten powinien być wystarczająco giętki, w celu umożliwienia oględzin powierzchni ślizgowych oraz pomiaru wysokości występu arkusza PTFE poza osadzenie. Powinien on być mocowany na obrzeżu górnej płyty ślizgowej.



Fot. 1. Przykład prawidłowo zabezpieczonego łożyska garnkowego

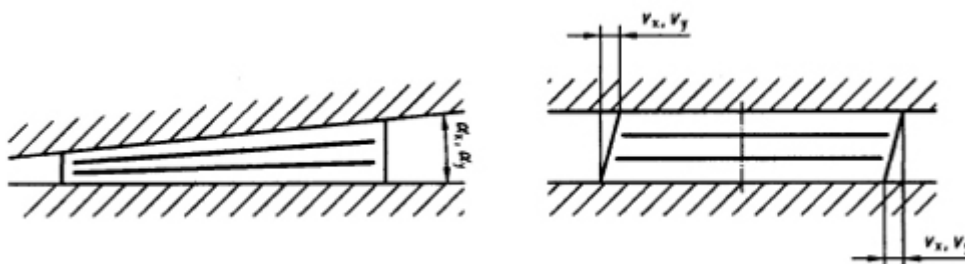
Kontrola oznakowania i wyposażenia

Łożysko powinno być zaopatrzone w tabliczkę znamionową, podającą jego charakterystyczne dane: nazwę producenta, typ i numer łożyska, rok produkcji, założony przesuw i wstępne ustawienie części ruchomych, a także numer normy i certyfikatu. Na wierzchu łożyska powinny znajdować się oznaczenia podające numer typu łożyska, pozycję ustawienia w konstrukcji, osie konstrukcji i łożyska, projektowany kierunek przemieszczenia i ewentualnie wartość wyprzedzenia oraz ciężar łożyska. Jeżeli projektowane przemieszczenie na łożysku przesuwным jest większe od 20 mm, wówczas łożysko to powinno być zaopatrzone we wskaźnik i skalę przemieszczeń. Wskaźniki te mogą być mocowane dopiero po ustawieniu łożyska w pozycji projektowanej.

Kontrola łożysk elastomerowych

Kontrola łożysk elastomerowych podczas eksploatacji polega na:

- oględzinach ich powierzchni zewnętrznych
- ocenie równomierności wałków wybruszenia poszczególnych warstw elastomeru na wysokości łożyska
 - pomiarze położenia łożyska względem ciosu lub odsadzki
- pomiarze obrotu łożyska w obu kierunkach osi głównych (rys. 1a)
 - pomiarze odkształcenia postaciowego (rys. 1b).



Rys. 1 a, b. Kontrola odkształcenia łożyska elastomerowego według PN-EN 1337-10

W przypadku stwierdzenia kruchości, mięknienia lub kleistości elastomeru, a także obecności siatki spękań powierzchniowych, łożysko należy wymienić. Obecność pęknięć wynikających na ogół z przecinania elastomeru przez ostre krawędzie blach zbrojenia dyskwalifikuje łożysko, jeżeli pęknięcia te znajdują się na długości większej niż połowa długości boku i odsłaniają blachy zbrojenia. Nadmierne, nieregularne wybruszenia na powierzchniach bocznych świadczą o wadliwej konstrukcji łożyska lub braku właściwej

wulkanizacji. Łożyska takie mają mniejszą nośność i powinny być wymienione. Różnica w obrazach powierzchni bocznych sąsiadujących ze sobą łożysk, polegająca na tym, że jedno z łożysk ma regularnie rozmieszczone wybrzuszenia a drugie ich nie ma, świadczy o przeciążeniu łożyska z wybrzuszeniami. Przeciążenie to może wynikać bądź z nierównego ustawienia wysokościowego łożysk, różnej ich wysokości, ewentualnie z podatności poprzecznicy podporowej lub samej podpory.

Nierównomierność odkształceń elastomeru na powierzchniach bocznych może być spowodowana nierównoległością powierzchni docisku, bądź samego bloku elastomerowego, bądź powierzchni podpory i spodu przęsa będących w kontakcie z łożyskiem. Odkształcenie postaciowe bloku elastomerowego jest wówczas groźne, gdy przemieszczenie górnej powierzchni względem dolnej jest większe od 0,7 grubości warstw elastomeru w łożysku. W przypadku stwierdzenia przekroczenia tej wartości, łożysko takie należy odciążyć przez uniesienie przęsa na podporze. Przy niewielkim docisku nadmierne odkształcenie postaciowe łożyska niekotwionego może prowadzić także do poślizgu łożyska względem ciosu lub odsadki.

Kontrola elementów ślizgowych

Elementy ślizgowe są ważną częścią konstrukcji łożysk przesuwnych. Podczas eksploatacji powinna być kontrolowana wysokość występu PTFE ponad jego osadzanie. Jeżeli jest mniejsza od 0,5 mm, to istnieje zagrożenie kontaktu elementów stalowych łożyska. Natomiast luz między elementami ślizgowymi prowadnic (fot. 2) powinien spełniać według PN-EN 1337-2 warunek:

$$c < 1,0 \text{ mm} + L_{mk}/1000 \text{ mm}$$

w którym:

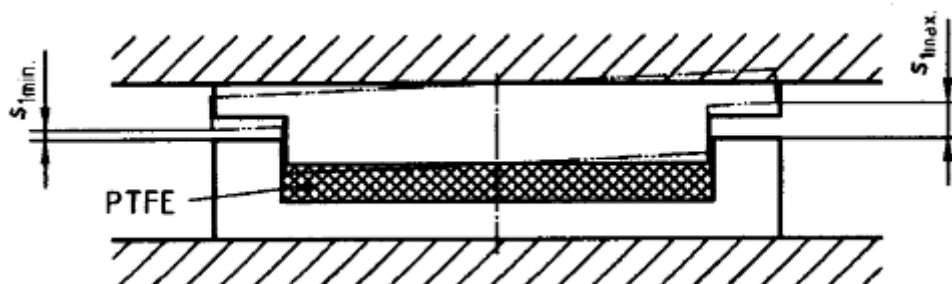
L_{mk} - długość paska PTFE lub materiału kompozytowego [mm].

Kontrola łożysk garnkowych

Kontrola łożysk garnkowych (fot. 3) podczas eksploatacji polega na:

- ocenie stanu podlewek i nadlewek
- pomiarze kąta obrotu tłoka względem cylindra (rys. 2)
- pomiarze zagłębienia tłoka w cylindrze
- ocenie stanu zakotwień dolnych i górnych.

Przekroczenie dopuszczalnego kąta obrotu tłoka względem cylindra, wynoszącego 0,003 rad może prowadzić do zablokowania możliwości obrotu tłoka w czasie eksploatacji obiektu lub/i do wyciśnięcia elastomeru na zewnątrz cylindra.



Rys. 2. Kontrola obrotu tłoka łożyska garnkowego podczas eksploatacji według PN-EN 1337-10

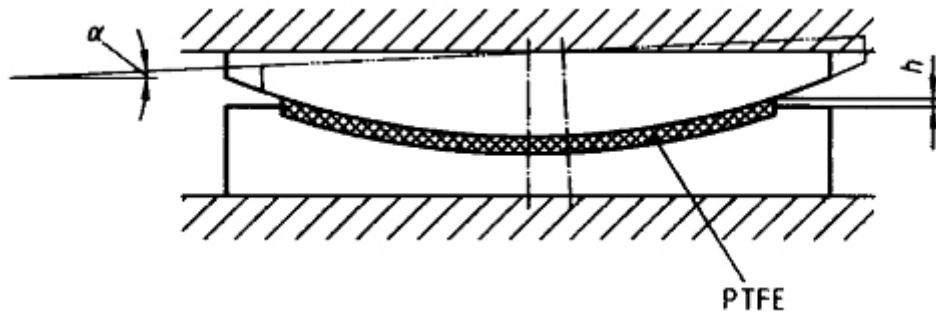
Kontrola łożysk soczewkowych

Kontrola łożysk soczewkowych (fot. 4) podczas eksploatacji polega na:

- ocenie stanu podlewek i nadlewek
- pomiarze kąta obrotu soczewki lub płyty górnej (w łożysku nieprzesuwym) względem płyty dolnej (rys.

3)

- pomiarze w 4 punktach szczeliny między płytą górną i dolną
 - ocenie stanu zakotwień dolnych i górnych
- pomiarze występu arkusza wklęsłego PTFE poza osadzenie (rys. 3).



Rys. 3. Kontrolowane parametry łożyska soczewkowego według PN-EN 1337-10



Fot. 2. Widok kanału przewodnicy w łożysku jednokierunkowo przesuwym

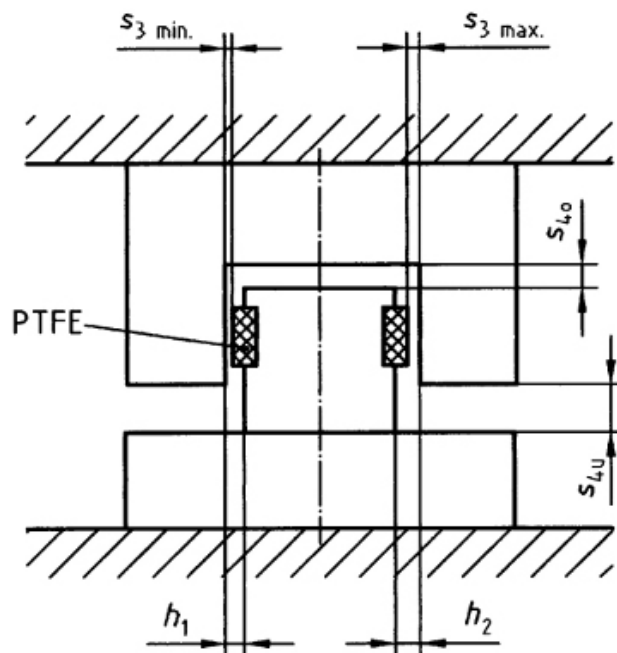


Fot. 3. Ustawienie łożyska garnkowego w czasie budowy obiektu

Kontrola łożysk prowadzących lub blokujących

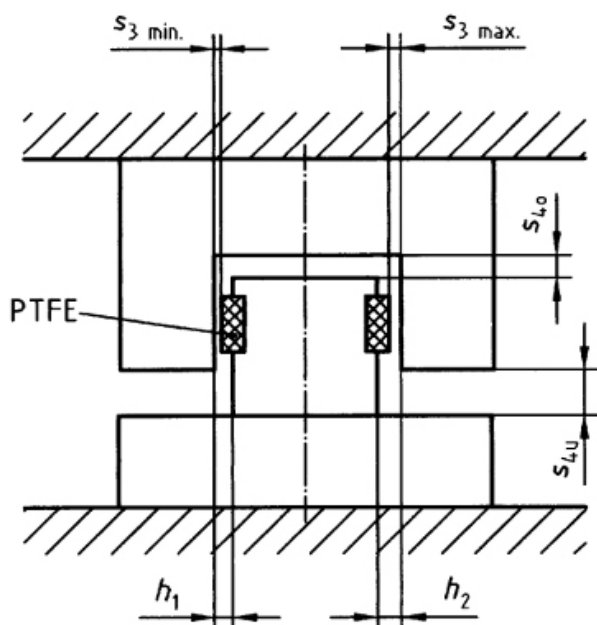
Kontrola łożysk prowadzących lub blokujących podczas eksploatacji polega na:

- ocenie stanu zakotwień dolnych i górnych
- pomiarze luzu poprzecznego między powierzchniami prowadzącymi (rys. 4)
 - pomiarze kąta obrotu płyty górnej względem płyty dolnej
 - pomiarze występu pasków PTFE poza osadzenie.



Rys. 4. Kontrola położenia przewodnicy w kanale łożyska prowadzącego według PN-EN 1337-10

W przypadku gdy luz poprzeczny $s_3 = s_{3 \text{ min}} + s_{3 \text{ max}}$ w obu szczelinach przewodnicy na obu jej końcach (rys. 4) przekracza wartość 2 mm, to należy wymienić elementy ślizgowe przewodnicy, a gdy to nie poprawi sytuacji - wymienić cały element łożyska, np. górną płytę ślizgową.



Rys. 4. Kontrola położenia przewodnicy w kanale łożyska prowadzącego według PN-EN 1337-10

Niedopuszczalny jest prześwit w pionie s_{4u} lub s_{4o} między płytą górną a dolną poniżej 10 mm, istnieje wówczas ryzyko zablokowania łożyska i uniemożliwienia przesuwu.

Jeżeli występ $h_1 - s_{3 \text{ min}}$ i $h_2 - s_{3 \text{ max}}$ paska PTFE poza osadzenie (o ile takie rozwiązanie przyjęto w przewodnicy) jest mniejszy od 0,5 mm, to element ślizgowy wymaga wymiany. Grozi to bowiem zwiększeniem oporów tarcia w przewodnicach.



Fot. 4. Montaż największego w Polsce łożyska soczewkowego o nośności 110 MN

Normalizacja łożysk

Norma PN-EN 1337 „łożyska konstrukcyjne” jest obecnie podstawowym dokumentem gwarantującym jakość wykonania i niezawodność pracy współcześnie stosowanych łożysk w mostownictwie [8, 9]. Poszczególne części mają status norm zharmonizowanych, co oznacza, że ich stosowanie jest obowiązkowe oraz niezharmonizowanych - obowiązujących tylko, wtedy gdy zostaną zalecone przez kraje członkowskie CEN lub są powołane w innych normach zharmonizowanych. Zgodność z normą zharmonizowaną jest oznaczana na łożysku znakiem CE. Oznaczenie to nie jest tylko stwierdzeniem zgodności, ale także atestem jakości danego wyrobu o większej wadze niż znak ISO 9001. Normy niezharmonizowane, a więc Części 1, 2, 9, 10 i 11 odnoszą się do zasad projektowania lub części składowych łożysk.

Aby uzyskać znak CE producent powinien być zatwierdzony przez organ notyfikowany (ministerstwo, uczelnię lub laboratorium zatwierdzone przez CEN). Przed wydaniem aprobaty przez organ notyfikowany przeprowadzana jest przez producenta łożysk Zakładowa Kontrola Produkcji (ZKP) oraz wstępne badania typu przewidziane w odpowiedniej części PN-EN 1337. Zakładowa Kontrola Produkcji powinna być prowadzona w regularnych odstępach czasu i obejmować następujące czynności:

- specyfikację i sprawdzenie surowców oraz materiałów
- kontrolę i badania bieżące podczas produkcji z częstością określoną w odpowiedniej części PN-EN 1337
- kontrolę i badania gotowych wyrobów z częstością określoną w odpowiedniej części PN-EN 1337.

Tablica 1. Podział normy PN-EN 1337 na części

| Lp. | Tytuł | Oznaczenie części i data |
|-----|---|--------------------------|
| 1 | Postanowienia ogólne | PN-EN 1337-1:2003 |
| 2 | Elementy ślizgowe | PN-EN 1337-2:2005 |
| 3 | Łożyska elastomerowe | PN-EN 1337-3: 2010 |
| 4 | Łożyska wałkowe | PN-EN 1337-4:2010 |
| 5 | Łożyska garnkowe | PN-EN 1337-5:2010 |
| 6 | Łożyska wahaczowe | PN-EN 1337-6:2010 |
| 7 | Łożyska sferyczne i cylindryczne z PTFE | PN-EN 1337-7:2010 |
| 8 | Łożyska prowadzące i łożyska blokujące | PN-EN 1337-8: 2008 |
| 9 | Zabezpieczenie | PN-EN 1337-9:2001 |
| 10 | Przeglądy i utrzymanie | PN-EN 1337-10:2005 |
| 11 | Transport, magazynowanie i ustawianie | PN-EN 1337-11:2001 |

Znak CE oznacza, że łożysko zostało wyprodukowane i zbadane zgodnie z odpowiednią częścią PN-EN 1337. Według przepisów CEN odbiorca takich łożysk nie powinien wymagać dodatkowych badań lub kontroli w celu sprawdzenia ich zgodności z normą. Ma natomiast prawo stawiać łożyskom dodatkowe wymagania, których sprawdzenie może wymagać dalszych badań lub weryfikacji.

dr inż. Andrzej Niemierko
Instytut Badawczy Dróg i Mostów

Literatura

1. Andra W., Leonhardt F., *Neue Entwicklungen fur Lager von Bauwerken, Gummiund Gummitopflager*, Die Bautechnik, 2, 1962, str. 37-50.
2. Block T, Eggert H., Kauschke W., *Lager im Bauwesen. 3. Auflage*, Wilhelm Ernst & Sohn, 2013.
3. Lee D.J., **Bridge Bearings and Expansion Joints**, E & FN SPON, 1994.
4. Marioni A., *The European Standard EN 1337 on Structural Bearings*, 6th World Congress on Joints, Bearings and Seismic Devices Systems for Concrete Structures, ACI, September 17-21, 2006, Halifax, Nova Scotia, Canada.
5. Niemierko A., *Wymagania wobec łożysk mostowych W świetle nowej normy europejskiej*, Pięćdziesiąta pierwsza Konferencja Naukowa KILiW PAN i KN PZITB „Krynica 2005”, t. IV, 2005.
6. Niemierko A., *Wymagania wobec wykonania łożysk mostowych oraz ich kontroli podczas eksploatacji*. Zakład Mostów Politechniki Warszawskiej, Centrum Kształcenia Ustawicznego w Inżynierii Komunikacyjnej „IKKU”, Warszawa, 17 marca 2008, s. 1-18.
7. Niemierko A., *Warunki techniczne wykonania i odbioru dróg i mostów*. Tom III. CZĘŚĆ 10, rozdział 2, 10.2. łożyska. Verlag Dashofer. X aktualizacja - kwiecień 2008.
8. Niemierko A., *Aspekty prawne stosowania urządzeń dylatacyjnych i łożysk mostowych*, Materiały Budowlane 2011 nr 7, str. 39-40, 85.
9. Niemierko A., *Łożyska mostowe i urządzenia dylatacyjne W świetle norm i zaleceń*, Mosty 2011 nr 5, str. 39-44.
10. Ramberger G., *Structural Bearings and Expansion Joints for Bridges*. IABSE, Zurich, 2002.
11. Wasiutyński Z., *Przeguby i łożyska gumowe*, rozdz.4.6. w "Mosty. Część I", Arkady, Warszawa 1967, str. 263-294.