GENERALNA DYREKCJA DRÓG KRAJOWYCH I AUTOSTRAD

GDDKiA

ZALECENIA

DOTYCZĄCE ŁOŻYSKOWANIA OBIEKTÓW MOSTOWYCH ORAZ KONTROLI ŁOŻYSK PODCZAS EKSPLOATACJI

Instytut Badawczy
Dróg i Mostów

Załącznik do Zarządzenia nr 10
Generalnego Dyrektora Dróg
Krajowych i Autostrad
z dnia 8 lutego 2006 roku

ZALECENIA

DOTYCZĄCE ŁOŻYSKOWANIA OBIEKTÓW MOSTOWYCH ORAZ KONTROLI ŁOŻYSK PODCZAS EKSPLOATACJI

Warszawa 2005

Praca wykonana na zlecenie Generalnej Dyrekcji Dróg Krajowych i Autostrad

© Copyright by Generalna Dyrekcja Dróg Krajowych i Autostrad
Warszawa 2005

ISBN 83-89252-75-9

Autor:
dr inż. Andrzej Niemierko

Opiniodawcy:
prof. dr hab. inż. Wojciech Radomski
mgr inż. Mirosław Tarłowski

Wydawca:
Instytut Badawczy Dróg i Mostów
ul. Jagiellońska 80
03-301 Warszawa
tel.(0-22) 811 32 31, faks: (0-22) 811 17 92
www.ibdim.edu.pl

Druk:
HERA
ul.Golędzinowska 10
03-302 Warszawa
tel./fax (0-22) 811-93-76

ZARZĄDZENIE Nr 10

Generalnego Dyrektora Dróg Krajowych i Autostrad

z dnia 8 lutego 2006 roku

w sprawie wprowadzenia zaleceń dotyczących łożyskowania obiektów mostowych oraz kontroli łożysk podczas eksploatacji.

Na podstawie § 3 ust.2 pkt 1 załącznika do Zarządzenia Nr 33 Generalnego Dyrektora Dróg Krajowych i Autostrad z dnia 29 grudnia 2004 roku w sprawie nadania Regulaminu Organizacyjnego Generalnej Dyrekcji Dróg Krajowych i Autostrad zmienionego Zarządzeniem Nr 22 Generalnego Dyrektora Dróg Krajowych i Autostrad z dnia 19 września 2005 roku i Zarządzeniem Nr 25 z dnia 10 października 2005roku, zarządza się, co następuje:

§ 1

Wprowadza się do stosowania „ **Zalecenia dotyczące łożyskowania obiektów mostowych oraz kontroli łożysk podczas eksploatacji**", stanowiące załącznik do zarządzenia.

§ 2

Zalecenia, o których mowa w § 1 należy stosować w procesie projektowania, budowy i odbioru nowych obiektów mostowych oraz do oceny stanu łożysk podczas okresowych przeglądów istniejących obiektów mostowych.

§3

Zarządzenie wchodzi w życie z dniem 1 marca 2006 roku.

p.o. GENERALNY DYREKTOR
Dróg Krajowych i Autostrad

mgr inż. Zbigniew Kotlarek

Spis treści

Wprowadzenie 7

Rozdział 1 Wstęp 11

1.1 Cel zaleceń 11
1.2 Przedmiot i zakres zaleceń 11
1.3 Podstawowe określenia i definicje 12
1.4 Symbole 13

Rozdział 2 Zasady łożyskowania obiektów mostowych 16

2.1 Zasady ogólne 16
2.2 Łożyskowanie przęseł prostokątnych w planie 23
2.3 Łożyskowanie przęseł ukośnych w planie 26
2.4 Łożyskowanie przęseł zakrzywionych w planie 28
2.5 Łożyskowanie przęseł nieregularnych w planie 33

Rozdział 3 Kontrola podczas odbioru łożysk 35

3.1 Zasady ogólne 35
3.2 Przedmiot kontroli 35
3.3 Kontrola atestów materiałowych 37
3.4 Kontrola elementów ślizgowych 40
3.5 Kontrola prowadnic 43
3.6 Kontrola łożysk elastomerowych 44
3.7 Kontrola łożysk garnkowych 45
3.8 Kontrola łożysk soczewkowych 47
3.9 Kontrola zakotwień 49
3.10 Kontrola zabezpieczenia łożysk przed korozją i zanieczyszczeniami 50
3.11 Kontrola oznakowania i wyposażenia 51

Rozdział 4 Zasady wbudowywania łożysk na podporach 52

4.1 Zasady ogólne 52
4.2 Wbudowywanie łożysk w konstrukcjach stalowych i prefabrykowanych 56
4.3 Wbudowywanie łożysk w konstrukcjach betonowanych na miejscu 56
4.4 Wymiana łożysk 57

Rozdział 5 Kontrola łożysk podczas eksploatacji 58

5.1 Zasady ogólne 58
5.2 Kontrola elementów ślizgowych 59
5.3 Kontrola prowadnic 60
5.4 Kontrola łożysk elastomerowych 60
5.5 Kontrola łożysk garnkowych 62
5.6 Kontrola łożysk soczewkowych 62
5.7 Kontrola łożysk wałkowych i wahaczy 63
5.8 Kontrola łożysk punktowo- i liniowo-stycznych 64
5.9 Kontrola przegubów betonowych 65

Bibliografia 66

Załączniki 69

Załącznik A Karty kontroli łożysk 71

A.1 Karta kontroli łożyska elastomerowego 73
A.2 Karta kontroli łożyska elastomerowo-ślizgowego 74
A.3 Karty kontroli łożysk garnkowych 75
A.4 Karta zestawieniowa kontroli wykonania łożysk garnkowych 78
A.5 Karta kontroli wykonania łożyska soczewkowego 79
A.6 Karty kontroli łożysk garnkowych wbudowanych 81

Załącznik B Wzory protokołów łożysk wg EN 1337 85

B.1 Sprawozdanie z przeglądu łożysk (wg PN-EN 1337-10) 87
B.2 Wzór protokołu łożyska (wg PN-EN 1337-11:2001) 89

Wprowadzenie

Informacje ogólne

W wyniku prowadzonych od 1990 r. prac, w 1994 r. powstały „Warunki techniczne wykonania i odbioru (WTW) łożysk mostowych" [26], zalecone do stosowania w projektowaniu i wykonywaniu obiektów mostowych w ciągach dróg publicznych przez ówczesnego Generalnego Dyrektora Dróg Publicznych. Zalecenia te opracował Instytut Badawczy Dróg i Mostów na podstawie wcześniejszych instrukcji [5, 6] wydanych w ramach serii „Informacje, instrukcje", a także na podstawie norm zagranicznych: niemieckiej DIN 4141 [35], brytyjskiej BS 5400 Part 9 [36], francuskiej T 47 [37] i włoskiej CNR 7100018/85 [38] tj. z krajów, w których normalizacja łożysk była najbardziej zaawansowana. Wykorzystano także normę kolejową UIC [39] dotyczącą stosowania łożysk elastomerowych. W 4 lata później powstała norma PN-S-10060:1998 „Łożyska mostowe – Wymagania – Metody badań" [17, 25]. W normie tej uwzględniono najistotniejsze wymagania określone w ówczesnych projektach normy europejskiej prEN - 1337 „Łożyska konstrukcyjne" [10, 23, 28÷32]. Polska norma z 1998 r. stanowiła rozszerzenie starej normy branżowej BN-66/8935-01 z 1966 roku o nowe odmiany łożysk takie jak garnkowe, soczewkowe, czy elastomerowe ślizgowe. Pominięto w niej nie stosowane dziś przeguby betonowe oraz przekładki bitumiczne i ołowiane. Norma zwracała szczególną uwagę na dokładność wykonywania i wbudowywania łożysk, które jako urządzenia mechaniczne podlegają innym kryteriom oceny niż konstrukcje niosące obiektów mostowych. W normie podano wymagania wobec nowych materiałów takich jak politetrafluoroetylen (PTFE), smar silikonowy, stal austenityczna i poliuretan. Rozszerzono zakres wymagań wobec elastomeru. Zwrócono szczególną uwagę na wymagania w stosunku do najbardziej wrażliwych elementów łożysk mostowych tj. ich powierzchni ślizgowych, utworzonych z blachy austenitycznej lub stali chromowanej oraz PTFE. Rozszerzono i zwiększono wymagania wobec tolerancji i odchyłek wykonawczych ruchomych elementów łożysk. Bardziej szczegółowo określono wymagania dotyczące osadzania łożysk na podporach. Podano także warunki sprawdzania i badań materiałów oraz kompletnych łożysk.

W międzyczasie, powołany w 1989 r. w ramach CEN Komitet Techniczny 167 „Łożyska konstrukcyjne" pracował nad ostatecznymi wersjami 11 części normy europejskiej EN 1337 pod tą samą nazwą. Wykaz i aktualny stan wszystkich części tej normy podano w [23]. Normy te są sukcesywnie tłumaczone na język polski i wydawane jako PN-EN [28÷32]. Wykorzystano je przy opracowywaniu niniejszych zaleceń. Zasady łożyskowania obiektów mostowych oparto na wieloletnich doświadczeniach Instytutu oraz na zaleceniach podanych w publikacjach niemieckich i brytyjskich [1÷4]. Wymagania dotyczące wymiany łożysk są zgodne z rozdziałem 7.4 Vademecum [34], zaś dotyczące wbudowywania łożysk w obiekcie betonowanym na miejscu zgodnie z publikacją [7]. Uwzględniono także przepisy dotyczące łożysk zawarte w rozporządzeniu ministra transportu i gospodarki morskiej z 2000 r. [27].

Cechy wyróżniające współczesne łożyska mostowe a ich stany graniczne

Łożyska są ważnym i wrażliwym elementem konstrukcji mostowej. Z tego względu ich trwałość i niezawodność decydują często o warunkach eksploatacji obiektów mostowych. Inżynierowie mostowcy nie zawsze mają świadomość, że współczesne łożyska mostowe są urządzeniami mechanicznymi, a nie elementami budowlanymi - jak to było jeszcze do niedawna, gdy w powszechnym użyciu były łożyska wałkowe, wahacze, przeguby żelbetowe czy łożyska liniowo styczne [8, 9, 13]. Wymagania wobec współczesnych łożysk są zatem innej klasy i rodzaju [15, 16]. I choć dzięki swej koncepcji projektowej (braku koncentracji naprężeń, przekazywania docisków na dużych powierzchniach), uszkodzenia tych łożysk rzadko prowadzą do katastrof konstrukcji mostowych, to jednak mogą powodować szybsze zużycie ich elementów, pogorszenie warunków podparcia, a w skrajnym przypadku nawet blokadę przemieszczeń liniowych i obrotów [22]. Także i w Polsce odnotowywano przypadki takich uszkodzeń a nawet poważnych awarii, [12, 19, 21, 22].

Łożysko mostowe jest częścią konstrukcji obiektu mostowego, a zatem wydaje się, że powinno być projektowane na tych samych zasadach jak każdy inny jego element. Zastosowanie metody stanów granicznych do projektowania konstrukcji łożysk mostowych napotykało od początku duże trudności. W przypadku stanu granicznego nośności (SGN) trudności te polegały na określeniu przypadających na łożysko obciążeń oraz wytrzymałości - różnych od stali - materiałów użytych do jego wykonania. O użyteczności konstrukcji łożyska decydują na ogół luzy i tolerancje a nie - przypadające na nie obciążenia [20]. Taka sytuacja występuje w tych łożyskach, w których nadmierne przemieszczenie może spowodować ich zniszczenie. Przykładowo, jeżeli w łożysku garnkowym wystąpi zbyt duży obrót, to może on prowadzić do kontaktu elementów stalowych kołnierza tłoka i pierścienia cylindra. Logiczne byłoby zatem stosowanie częściowych współczynników bezpieczeństwa nie do obciążeń ale do tych właśnie przemieszczeń. Do tego potrzebne są jednak odpowiednie dane statystyczne. Niektóre przemieszczenia, takie jak względny obrót części górnej i dolnej łożyska, bardziej zależą od dokładności montażu łożyska i jego ustawienia na podporze niż od ruchów konstrukcji przęsła mostu. Dokładność ustawienia jest zależna z kolei od uwzględnienia odkształceń termicznych konstrukcji podczas montażu. Trudno jest zatem określić odpowiednie współczynniki bezpieczeństwa w przypadku przemieszczeń.

Jednym z założeń metody stanów granicznych jest założenie o znajomości sposobu zniszczenia. Jeżeli tej znajomości brak, to niemożliwe jest określenie wytrzymałości charakterystycznej materiału. W przypadku łożysk, ścisłe określenie chwili zniszczenia jest często trudne do zdefiniowania, nawet podczas obciążenia statycznego. Trudności te dobrze ilustruje przykład łożyska elastomerowego [11, 14, 18]. W prawidłowo zaprojektowanym łożysku, najbardziej prawdopodobną postacią zniszczenia jest zerwanie przyczepności elastomeru do blach stalowych. Okazuje się jednak, że początek tego niszczenia zależy od parametrów trudnych do zmierzenia, takich jak ostrość krawędzi blach, dokładność ich odtłuszczenia i pokrycia klejem. W związku z

tym obciążenia rejestrowane przy pierwszych objawach niszczenia elastomeru mają znaczny rozrzut. Ponadto niszczenie to jest procesem postępującym. Subiektywną jest zatem ocena, w którym momencie jest ono krytyczne.

Dlatego w nowej normie europejskiej EN 1337 przeważyła tendencja, aby w przypadku łożysk mostowych współczynniki bezpieczeństwa w SGN przyjmować równe 1,0, podając jednocześnie taką wartość charakterystyczną wytrzymałości na rozciąganie lub granicy plastyczności, która zapewni bezpieczne warunki eksploatacji łożyska. Podstawową sprawą jest stwierdzenie, czy awaria łożyska w wyniku jego zablokowania może spowodować awarię konstrukcji, czy tylko ograniczyć jego funkcję nie wpływając na bezpieczeństwo obiektu.

Także w stanach granicznych użytkowalności (SGU), bez określenia kryteriów użytkowania łożysk, nie można ich weryfikować. W przyszłości należałoby sporządzić listę efektów niedopuszczalnych oraz odpowiadające im naprężenia graniczne. Na przykład, w przypadku elementów ślizgowych konieczne byłoby wyjaśnienie, który z efektów (np. odkształcenie) mógłby być związany z granicznym ściśnięciem. W PN-EN 1337-2:2005 [29] jako wartość charakterystyczną wytrzymałości PTFE przyjęto 90 MPa (wartość obliczeniowa 64,3 MPa). Innym kryterium użytkowania jest warunek niedopuszczenia do odciążenia powierzchni docisku. Dyskusja nad PTFE jako materiałem ułatwiającym poślizg koncentrowała się wokół zagadnienia, co jest bardziej istotne dla łożyska i całej konstrukcji: współczynnik tarcia PTFE czy raczej wytrzymałość tego materiału. Zniszczenie PTFE nie ogranicza bowiem pionowej nośności łożyska. Z drugiej jednak strony wyciśnięcie PTFE może spowodować tarcie o siebie elementów stalowych łożyska i w konsekwencji radykalną zmianę kinematyki systemu podparcia. Może to w konsekwencji prowadzić do zniszczenia innych niż łożysko elementów konstrukcji.

Dyskusja nad celowością stosowania metody stanów granicznych do projektowania łożysk wynika stąd, że do wyrobów, które są urządzeniami mechanicznymi stosuje się reguły projektowania budowlanego. O ile w elementach budowlanych bezpośrednią przyczyną zniszczenia jest uplastycznienie materiału lub przekroczenie jego granicznej wytrzymałości, to w urządzeniach mechanicznych przyczyną defektu jest ich nadmierne zużycie lub odkształcenie. W urządzeniach mechanicznych rzadko się zdarza, by jednokrotne przyłożenie nadmiernego obciążenia wywołało ich zniszczenie. Ponadto projektując urządzenia mechaniczne można przewidywać możliwość wymiany niektórych, najbardziej zużywających się ich elementów. Mogą być one zatem projektowane na mniejsze obciążenia i krótszą żywotność. Ta zasada projektowania urządzeń mechanicznych działa dobrze, niezależnie od tego czy dany element jest częścią silnika czy częścią łożyska mostowego.

Według EN 1337 ruchome i odkształcalne części łożyska powinny być projektowane na obciążenia SGU a nie SGN. Należy rozróżniać także efekty działania obciążeń stałych i zmiennych. W przypadku łożysk elastomerowych, decydujące są obciążenia zmienne, a w przypadku łożysk

ślizgowych – obciążenia stałe. Częściowe współczynniki bezpieczeństwa określono jako różne dla różnych rodzajów łożysk. Uwzględniono przy tym także efekt, jaki powoduje przekroczenie obciążeń w danym rodzaju łożysk. Zasady te przyjęto przy określaniu wymagań dotyczących projektowania konstrukcji łożysk, traktując je jako urządzenia mechaniczne. Rzutują one także na warunki techniczne, którym powinny odpowiadać łożyska mostowe przy odbiorze i podczas eksploatacji.

Rozdział 1 Wstęp

1.1 Cel zaleceń

Zalecenia mają na celu uporządkowanie różnych koncepcji łożyskowania, stosowanych dotychczas przez projektantów obiektów, wprowadzając jednolite zasady, zgodne z obowiązującym stanem prawnym wprowadzonych przez normę europejską EN 1337 oraz rozporządzenie Ministra Transportu i Gospodarki Morskiej z dnia 30 maja 2000 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać drogowe obiekty inżynierskie i ich usytuowanie [27]. W sferze kontroli łożysk przed ich wbudowaniem a następnie podczas eksploatacji, zalecenia pozwolą na dokładniejszą weryfikację jakości wykonania łożysk oraz ocenę ich stanu podczas okresowych przeglądów obiektów mostowych.

1.2 Przedmiot i zakres zaleceń

Zalecenia obejmują ogólne zasady łożyskowania obiektów mostowych oraz zasady szczegółowe w odniesieniu do przęseł:

- swobodnie podpartych i ciągłych wieloprzęsłowych,
- prostych, zakrzywionych, ukośnych i nieregularnych w planie.

Zalecenia obejmują także wymagania dotyczące kontroli:

- atestów materiałowych,
- łożysk i ich elementów przed wbudowaniem na podporach,
- ustawienia łożysk na podporach,
- wbudowywania,
- podczas eksploatacji obiektu.

Poszczególne wymagania dotyczące kontroli odnoszą się do następujących rodzajów łożysk lub ich elementów:

- elementów ślizgowych łożysk,
- prowadnic,
- łożysk elastomerowych,
- łożysk elastomerowo-ślizgowych,
- łożysk garnkowych,
- łożysk soczewkowych,
- zakotwień,
- zabezpieczeń, oznakowania.

Zalecenia obejmują łożyska wałkowe i wahacze tylko w zakresie kontroli eksploatacyjnej, gdyż tego rodzaju łożyska nie są obecnie zalecane do stosowania w nowych obiektach mostowych. Zalecenia nie obejmują łożysk tymczasowych stosowanych podczas montażu obiektów jak np.

przekładek elastomerowo-ślizgowych. W zaleceniach nie uwzględniono łożysk pracujących na odrywanie i łożysk prowadzących (przenoszących tylko siły poziome), gdyż tego rodzaju łożyska są łożyskami specjalnymi, rzadko stosowanymi.

1.3 Podstawowe określenia i definicje

Blacha austenityczna - blacha ze stali nierdzewnej o odpowiednim składzie chemicznym.

Chropowatość R_z – chropowatość wyznaczona na podstawie średniej wysokości chropowatości według 10 punktów pomiarowych, określana jako średnia arytmetyczna wartości bezwzględnych wysokości 5 najwyższych wzniesień profilu chropowatości i głębokości 5 najniższych wgłębień profilu chropowatości w przedziale odcinka elementarnego.

Główna oś przemieszczeń – oś konstrukcji niosącej, wychodząca z łożyska nieprzesuwnego, wzdłuż której następuje główne przemieszczenie konstrukcji.

Kieszenie smarownicze – zagłębienia czaszowe lub stożkowe w arkuszu PTFE do gromadzenia smaru silikonowego.

Łożysko mostowe - konstrukcja, której zadaniem jest przeniesienie sił z przęsła na podporę, umożliwiająca jednocześnie obroty przekrojów podporowych przęsła i, ewentualnie, przemieszczenia przęsła w płaszczyźnie podparcia.

Łożysko elastomerowe (łożysko odkształcalne) - łożysko wykonane z różnych odmian gumy (np. neoprenu) lub innych polimerów (np. poliuretanu), uzbrojonych lub nieuzbrojonych blachami stalowymi.

Łożysko elastomerowo - ślizgowe - łożysko elastomerowe zwulkanizowane z płytą stalową, w której osadzony jest arkusz PTFE lub bezpośrednio z arkuszem PTFE, kontaktującym się z górną płytą ślizgową.

Łożysko soczewkowe (czaszowe, kalotowe) - łożysko w kształcie płasko-wypukłej soczewki - sferycznej lub cylindrycznej - umieszczonej między płaską płytą górną oraz wklęsłą płytą dolną.

Łożysko garnkowe - łożysko w kształcie płaskiego cylindra (garnka), w którym umieszczona jest płyta elastomerowa, dociskana z zewnątrz tłokiem (pokrywką), wchodzącym częściowo w cylinder.

Łożysko prowadzące – łożysko przeznaczone do przenoszenia wyłącznie obciążeń poziomych działających w jednym kierunku i nie przenoszące reakcji pionowej.

Łożysko punktowo-przechylne – łożysko nieprzesuwne umożliwiające obroty przęsła we wszystkich kierunkach.

Łożysko liniowo-przechylne – łożysko nieprzesuwne umożliwiające obroty w jednym określonym kierunku.

Moduł odkształcenia postaciowego G: stosunek różnicy naprężeń ścinających (τ_{s2} - τ_{s1}) do odpowiadającej jej różnicy odkształceń postaciowych (ε_{q2} - ε_{q1}).

Odkształcenie postaciowe ε_q : stosunek przemieszczenia przy ścinaniu v_x do całkowitej grubości elastomeru t_q, łącznie z otulinami górną i dolną.

Politetrafluoroetylen (PTFE) - tworzywo fluorowęglowe, o bardzo małym współczynniku tarcia.

Punkt centralny przemieszczeń – punkt stały (ognisko) konstrukcji niosącej, względem którego następują jej przemieszczenia.

Smar silikonowy - smar stanowiący kompozycję oleju silikonowego oraz mydła litowego.

1.4 Symbole

Duże litery łacińskie (także z indeksami)

A, A_i pole powierzchni; długość bloku kotwy; pole powierzchni *i*- tego bloku elastomerowego

B rozstaw łożysk; szerokość płyty ukośnej w kierunku prostopadłym do osi przęsła; średnica bloku kotwy

D wymiar wycięcia na osadzenie arkusza PTFE; średnica śruby kotwowej

D_D średnica tłoka łożyska garnkowego

D_G średnica płyty elastomerowej łożyska garnkowego

D_T średnica wewnętrzna cylindra łożyska garnkowego

E moduł sprężystości materiału podpory

E_{cs} moduł odkształcenia przy ściskaniu

F siła pozioma działająca na głowicę podpory

F_H siła pozioma działająca na łożysko elastomerowe

F_x siła ścinająca

F_z pionowa siła ściskająca

G moduł odkształcenia postaciowego elastomeru

I moment bezwładności zginanego przekroju podpory

K sztywność podpory na siły poziome

L wysokość podpory; rozpiętość teoretyczna przęsła w kierunku prostopadłym do linii podparcia

L_{mk} długość paska PTFE lub materiału kompozytowego w prowadnicy

L_p długość przekątnej lub średnicy arkusza PTFE

L_s długość śruby mocującej kotwę

N_s siła osiowa w łożysku soczewkowym

R_z średnia chropowatość powierzchni ślizgowej

S_i sztywność *i*- tego układu łożysko-podpora

V_s siła pozioma w łożysku soczewkowym

Małe litery łacińskie (także z indeksami)

a szerokość części sąsiadującej z przegubem

a_b, b_b wymiary płyty osadzenia

a_l szerokość przegubu

b odległość punktu na zakrzywionej powierzchni ślizgowej od jego rzutu na płaszczyznę poziomą; długość części sąsiadującej z przegubem

b_l odległość między osiami słupów środkowych w przekroju przęsła; długość przegubu

c wysokość przegubu

c_1 luz między elementami ślizgowymi prowadnicy

d średnica płyty elastomerowej

d_1 średnica sworznia czołowo spawanego

e mimośród przy skręcaniu przęsła zakrzywionego w planie

e_t mimośród działania wypadkowej w łożysku soczewkowym

e_{vx}, e_{vy} wyprzedzenie w stosunku do położenia neutralnego

e_x,e_y dopuszczalne przemieszczenia w łożysku przesuwnym

f przemieszczenie poziome górnej powierzchni bloku elastomerowego

h występ arkusza PTFE poza osadzenie; całkowita wysokość przęsła albo grubość płyty pomostu

h_G grubość płyty elastomerowej w łożysku garnkowym

h_1,h_2 luz między ścianką kanału prowadnicy a prowadnicą bez osadzonego paska PTFE

l długość śruby

n grubość płyty dolnej cylindra łożyska garnkowego; liczba pośrednich warstw elastomeru

r promień; promień krzywizny

s_1 odległość między ruchomą częścią górną a nieruchomą częścią dolną łożyska

s_2 luz poziomy w łożysku liniowo-stycznym z ograniczeniem przemieszczeń

s_3 luz poziomy w kanale prowadnicy

s_{4o} luz pionowy górny w kanale prowadnicy

s_{4u} luz pionowy dolny w kanale prowadnicy

t_b grubość stalowej płyty osadzenia; grubość wklęsłej płyty dolnej łożyska soczewkowego

t_e grubość warstwy elastomeru w łożysku elastomerowym

t_o grubość warstw górnej lub dolnej otulających blachy zbrojenia w łożysku elastomerowym

t_p grubość osadzonego arkusza PTFE

t_q całkowita grubość elastomeru w łożysku elastomerowym

t_s grubość blachy zbrojenia w łożysku elastomerowym

v_x, v_y przemieszczenia przęsła na łożysku; wyprzedzenia w stosunku do punktu neutralnego w łożysku przesuwnym

x oś poprzeczna łożyska elastomerowego

x_0 punkt nieruchomy (ognisko) przemieszczenia w ciągłym ustroju wieloprzęsłowym opartym na łożyskach elastomerowych

x_i odcięta położenia podpory w ciągłym ustroju wieloprzęsłowym

y oś wzdłużna łożyska elastomerowego

Litery greckie (także z indeksami lub małymi literami łacińskimi)

$\alpha, \alpha_x, \alpha_y$ kąt obrotu łożyska; kąty obrotu w kierunku osi głównych

β kąt działania na powierzchnię wklęsłą siły wypadkowej w łożysku soczewkowym

γ kąt ustawienia łożyska jednokierunkowo przesuwnego w obiekcie zakrzywionym w planie zapewniający brak wymuszeń

δ_e	przemieszczenie od odkształcenia postaciowego łożyska elastomerowego wywołanego siłą jednostkową
δ_p	przemieszczenie głowicy od siły jednostkowej wynikające ze zginania podpory
δ_φ	przemieszczenie głowicy od siły jednostkowej wynikające z obrotu fundamentu podpory
δ_h	przemieszczenie głowicy od siły jednostkowej wynikające z przemieszczenia fundamentu podpory
ε_q	odkształcenie postaciowe łożyska elastomerowego
θ	połowa kąta środkowego powierzchni wklęsłej łożyska soczewkowego
σ_c	naprężenie docisku
τ_s	naprężenie ścinające
φ	kąt ukosu przęsła
Δ	rzeczywiste poziome przemieszczenie głowicy podpory
$\Delta w_1, \Delta w_2$	strzałki wygięcia płyt kontaktowych w elemencie ślizgowym między promieniem części wklęsłej powierzchni arkusza PTFE osadzonego w płycie dolnej a promieniem krzywizny wypukłej powierzchni soczewki
Δr	różnica między promieniem części wklęsłej powierzchni płyty dolnej wraz z osadzonym arkuszem PTFE a promieniem krzywizny wypukłej powierzchni soczewki

Skróty

CE	oznakowanie wyrobu budowlanego zgodnie z wymaganiami ustawy z dnia 16 kwietnia 2004 r. o wyrobach budowlanych (Dz.U. Nr 92, poz.881)
CM1	materiał kompozytowy składający się z mosiężnej warstwy podkładowej, sczepnej matrycy spiekanej i mieszaniny PTFE z ołowiem
CM2	materiał kompozytowy składający się z siatki metalowej spiekanej z mieszaniną PTFE, włókien szklanych i grafitu
CR	elastomer na bazie kauczuku chloroprenowego
NR	elastomer na bazie kauczuku naturalnego
POM	polioksymetylen
PTFE	politetrafluoroetylen
SGN	stan graniczny nośności
SGU	stan graniczny użytkowalności

Rozdział 2 Zasady łożyskowania obiektów mostowych

2.1 Zasady ogólne

(1) Podparcie przęsła powinno zapewniać:
- możliwość przenoszenia wszelkich sił i oddziaływań z przęseł na podpory,
- swobodę zmian w geometrii ustroju niosącego, zgodnych z jego schematem statycznym.

(2) Z uwagi na swą budowę wyróżniamy następujące rodzaje łożysk:
- elastomerowe,
- elastomerowo-ślizgowe,
- przegubowe betonowe,
- przegubowe stalowe,
- stalowe, płaskie i liniowo-styczne,
- stalowe wałkowe,
- wahaczowe,
- garnkowe,
- soczewkowe (czaszowe),
- przekładkowe.

(3) W zależności od rodzaju przejmowanych przemieszczeń łożyska dzielą się na następujące typy:
- nieprzesuwne (stałe),
- z przesuwem w jednym kierunku (jednokierunkowo przesuwne),
- swobodne (wielokierunkowo przesuwne).

(4) W zależności od rodzaju przejmowanych obrotów łożyska dzielą się na następujące typy:
- punktowo-przechylne, zapewniające obroty we wszystkich kierunkach,
- liniowo-przechylne, zapewniające obroty w określonym kierunku.

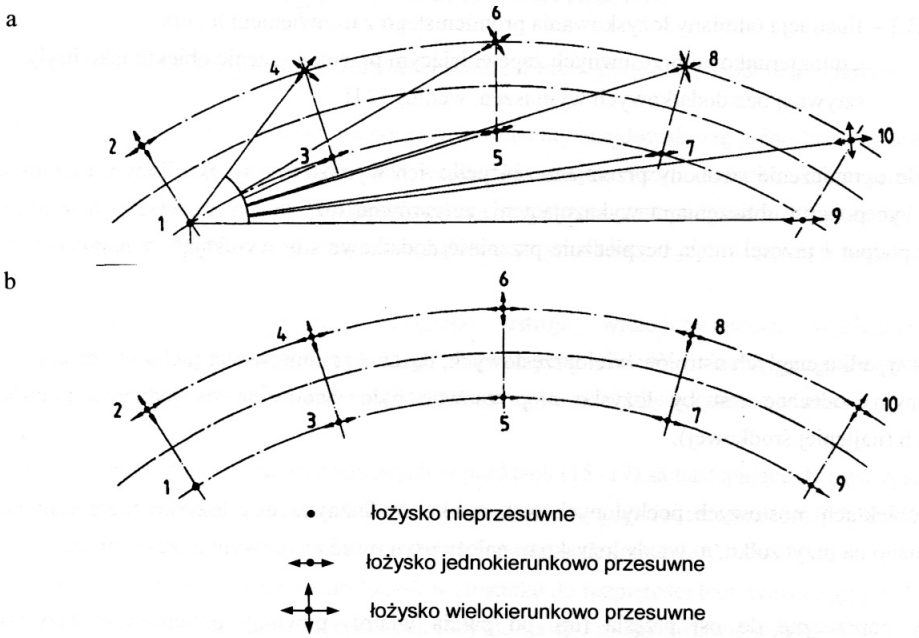
(5) Projektując łożyskowanie obiektu mostowego należy uwzględniać rodzaj zastosowanych urządzeń dylatacyjnych i możliwość przenoszenia przez nie przemieszczeń występujących na końcu pomostu.

(6) Łożyska elastomerowe są łożyskami odkształcalnymi postaciowo (wielokierunkowo przesuwnymi). Aby mogły być zastosowane jako łożyska nieprzesuwne lub jednokierunkowo przesuwne powinny być zaopatrzone w odpowiednie blokady przemieszczeń.

(7) Wyznaczając łożysko nieprzesuwne ustalamy punkt centralny przemieszczeń przęsła (przęseł). Ruchy poziome przęsła są wtedy możliwe w kierunkach promienistych od tego punktu.

Łożyskowanie takie nazywamy łożyskowaniem promienistym (rys. 2.1a). Zastosowanie łożyskowania promienistego wymaga zapewnienia przejęcia przez urządzenie dylatacyjne składowej przemieszczenia prostopadłej do osi obiektu mostowego.

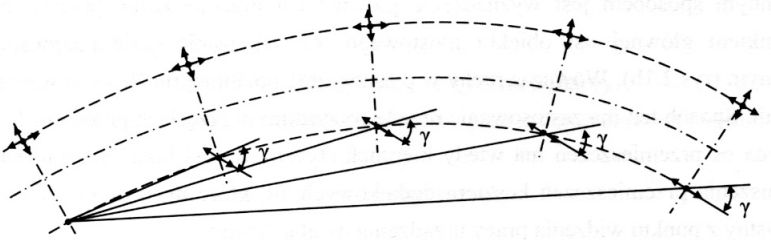
(8) Innym sposobem jest wyznaczenie głównej osi przemieszczeń przęsła, na ogół zgodnej z kierunkiem głównej osi obiektu mostowego. Łożyskowanie takie nazywamy łożyskowaniem stycznym (rys.2.1b). Wówczas ruchy w płaszczyźnie poziomej możliwe są wzdłuż i prostopadle do tej linii. Sposób ten ma zastosowanie przede wszystkim w przęsłach położonych w łuku poziomym. Główna oś przemieszczeń ma wtedy kierunek styczny do osi łuku. Sposób ten wywołuje jednak wymuszenia przemieszczeń kosztem dodatkowych sił, które musi przenieść łożysko. Jest jednak korzystny z punktu widzenia pracy urządzenia dylatacyjnego.



Rysunek 2.1 – Ilustracja definicji łożyskowania ustrojów wieloprzęsłowych zakrzywionych w planie, według [2]:
a- łożyskowanie promieniste,
b- łożyskowanie styczne

(9) Odmianą łożyskowania promienistego jest takie usytuowanie łożysk jednokierunkowo przesuwnych, że możliwe są swobodne przemieszczenia ustroju niosącego jako bryły sztywnej, bez wywoływania sił wymuszających w konstrukcji przęseł (rys.2.2). W tym przypadku wszystkie łożyska jednokierunkowo przesuwne powinny być ustawione w tym samym kierunku pod kątem, który tworzy oś łożyska na podporze skrajnej z linią łączącą to łożysko z łożyskiem

nieprzesuwnym. Rozwiązanie to jest korzystne ze względu na pracę urządzenia dylatacyjnego. Jest ono zalecane także w przypadku, gdy pochodzące od odkształcenia konstrukcji niosącej siły wymuszające w łożyskach jednokierunkowo przesuwnych przekraczają wartości dopuszczalne dla tego typu łożysk.



Rysunek 2.2 – Ilustracja odmiany łożyskowania promienistego z ustawieniem łożysk jednokierunkowo przesuwnych zapewniającym przemieszczenie obiektu jako bryły sztywnej bez dodatkowych wymuszeń, według [24]

(10) Każde ograniczenie swobody przemieszczeń przez ich wymuszenie w określonym kierunku powinno być poparte obliczeniami wykazującymi, że zarówno łożyska jak i sąsiadujące z nimi elementy podpór i przęseł mogą bezpiecznie przenieść dodatkowe siły wynikające z narzuconych więzów.

(11) W przypadku ciągłych ustrojów wieloprzęsłowych, dążąc do zmniejszenia ruchu w urządzeniu dylatacyjnym, zalecane jest by łożysko nieprzesuwne było sytuowane na jednej z podpór pośrednich (najlepiej środkowej).

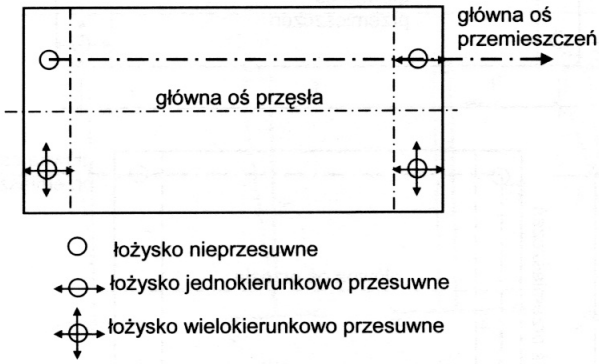
(12) W obiektach mostowych pochylonych w kierunku wzdłużnym, gdy łożysko nieprzesuwne przewidziano na przyczółku, to wtedy łożysko to należy usytuować na niższym z przyczółków.

(13) Siły poprzeczne do osi przęsła (np. od parcia wiatru) powinny przejmować: łożysko nieprzesuwne i łożyska jednokierunkowo przesuwne ustawione w kierunku zgodnym z kierunkiem wzdłużnej osi przęsła.

(14) W mostach ukośnych w planie, zalecane jest sytuowanie łożysk w ten sposób by zapewnić przemieszczenia przęseł w kierunku prostopadłym do przerwy dylatacyjnej. W obiektach tego rodzaju, zwłaszcza przy małym kącie ukosu, należy sprawdzić, czy w narożu ostrokątnym nie występuje odrywanie konstrukcji niosącej ustroju od podpory. Wówczas konieczne jest stosowanie łożysk specjalnie zaprojektowanych do przenoszenia reakcji ujemnych.

(15) Zasadą prawidłowego łożyskowania przęseł opartych na podporach pełnościennych za pośrednictwem łożysk nie elastomerowych jest warunek, że na podporze może znajdować się tylko jedno łożysko przenoszące siłę poziomą.

(16) Zalecany sposób oparcia na łożyskach przęsła swobodnie podpartego pokazano na rys.2.3.



Rysunek 2.3 – Zalecany schemat rozmieszczenia łożysk w przęśle swobodnie podpartym

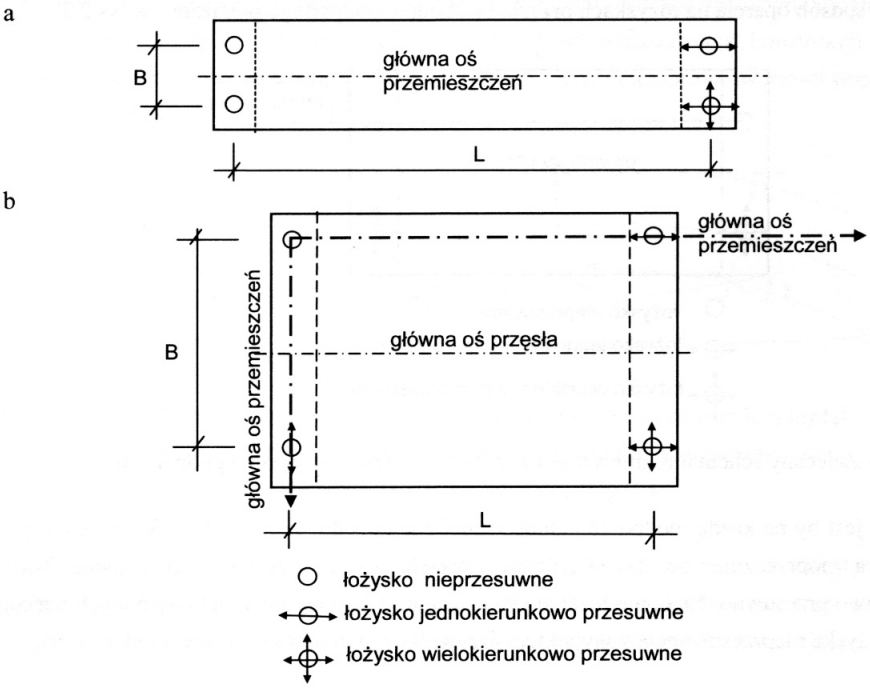
(17) Zalecane jest by na każdej podporze pełnościennej znajdowało się jedno łożysko przenoszące siłę działającą poprzecznie do osi wzdłużnej przęsła czyli łożysko nieprzesuwne bądź jednokierunkowo przesuwne. Niedopuszczalne jest ustawianie na podporach pełnościennych więcej niż jednego łożyska nieprzesuwnego, z wyjątkiem przypadków przedstawionych w punkcie (19).

(18) Sytuowanie na podporze ciągłego ustroju wieloprzęsłowego wyłącznie łożysk wielokierunkowo przesuwnych może być dopuszczone pod warunkiem uwzględnienia takiego podparcia w wymiarowaniu konstrukcji przęsła na zginanie w płaszczyźnie podparcia.

(19) Odstępstwem od zasad wymienionych w punktach (15÷17) są następujące dwa przypadki:

- przęsło z wąskim rozstawem łożysk w stosunku do rozpiętości teoretycznej (gdy $B/L \leq 0{,}15$), w którym obok siebie można ustawić dwa łożyska stałe (rys.2.4a),
- przęsło z szerokim rozstawem łożysk w stosunku do rozpiętości teoretycznej (gdy $B/L \geq 2$) np. sprężone poprzecznie, w którym obok łożyska stałego można ustawić łożysko jednokierunkowo przesuwne w kierunku poprzecznym (rys.2.4b).

W obu jednak przypadkach należy uwzględnić, że każde z obu łożysk musi być zaprojektowane na przeniesienie całej siły poziomej przypadającej na podporę.



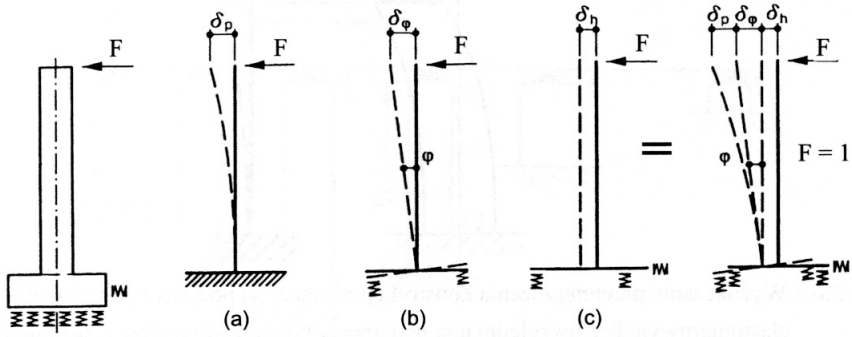
Rysunek 2.4 – Dopuszczalne warunkowo schematy łożyskowania przęseł:
a- wąskich,
b- bardzo szerokich

(20) W przypadku podpory, dla której siła tarcia w łożysku jest większa od siły potrzebnej do sprężystego jej odkształcenia, łożyska przesuwne nie są potrzebne. Łożysk przesuwnych mogą wymagać jedynie sztywniejsze podpory skrajne (przyczółki).

(21) Łożyska elastomerowo-ślizgowe powinny być stosowane tylko wtedy, gdy dopuszczalne odkształcenia graniczne łożysk elastomerowych są przekroczone. Nie należy stosować łożysk elastomerowo-ślizgowych w przypadku, gdy do odkształcenia postaciowego elastomeru potrzebna jest mniejsza siła niż siła tarcia w elemencie ślizgowym.

(22) Jeżeli występuje prawdopodobieństwo wystąpienia podczas użytkowania obrotu na podporze większego niż 0,02 rad, to w niektórych przypadkach bardziej odpowiednimi niż łożyska garnkowe są łożyska soczewkowe. Stosując łożyska soczewkowe należy zapewnić stały docisk na całej powierzchni soczewki do wklęsłego arkusza PTFE płyty dolnej. Dotyczy to szczególnie lekkich stalowych obiektów wieloprzęsłowych o niekorzystnej proporcji rozpiętości sąsiednich przęseł.

(23) W przypadku łożyskowania przęseł opartych na podporach słupowych należy uwzględniać ich podatność na zginanie (a), a także możliwość obrotu fundamentu (b) lub jego przemieszczenia (c) (rys.2.5).



Rysunek 2.5 – Sumaryczne efekty wpływające na podatność podpory, według [40]

Całkowita sztywność podpory K powinna być wyznaczana ze wzoru:

$$K = \frac{1}{\left(\delta_{\mathrm{p}} + \delta_{\varphi} + \delta_{\mathrm{h}}\right)} \tag{2.1}$$

w którym:

δ_p przemieszczenie głowicy od siły jednostkowej wynikające ze zginania podpory,

δ_φ przemieszczenie głowicy od siły jednostkowej wynikające z obrotu fundamentu podpory,

δ_h przemieszczenie głowicy od siły jednostkowej wynikające z przemieszczenia fundamentu podpory,

zaś rzeczywiste przemieszczenie Δ wywołane dowolną siłą F ze wzoru:

$$\Delta = \frac{F}{K} \tag{2.2}$$

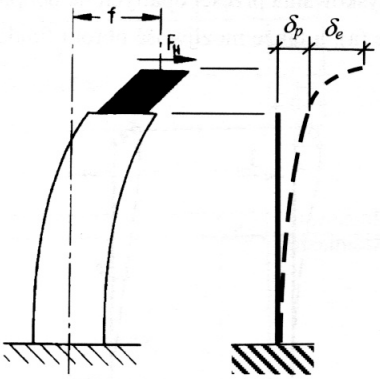
przy czym

F siła pozioma działająca na głowicę podpory.

(24) Udział łożysk elastomerowych w przenoszeniu sił i oddziaływań poziomych powinien uwzględniać nie tylko podatność podpory, ale i podatność łożyska na siły poziome zgodnie z rys. 2.6 i wzorem 2.3.

$$F_H = \frac{f}{\dfrac{t_q}{A \cdot G} + \dfrac{L^3}{3\,EI}} \tag{2.3}$$

w którym



Rysunek 2.6 – Wyznaczanie przemieszczenia konstrukcji niosącej na podporze z łożyskiem elastomerowym bez uwzględniania podatności fundamentu podpory, według [2]

F_H siła pozioma działająca na łożysko elastomerowe,

f przemieszczenie poziome górnej powierzchni bloku elastomerowego w wyniku zginania podpory i odkształcenia bloku elastomerowego,

$\delta_e = \dfrac{t_q}{A \cdot G}$ przemieszczenie od odkształcenia postaciowego łożyska elastomerowego wywołane siłą jednostkową

$\delta_p = \dfrac{L^3}{3EI}$ przemieszczenie głowicy podpory od siły jednostkowej wywołane jej zginaniem

t_q całkowita grubość elastomeru w łożysku,

A pole powierzchni bloku elastomerowego,

G moduł odkształcenia postaciowego elastomeru,

L wysokość podpory,

E moduł sprężystości materiału podpory,

I moment bezwładności zginanego przekroju podpory.

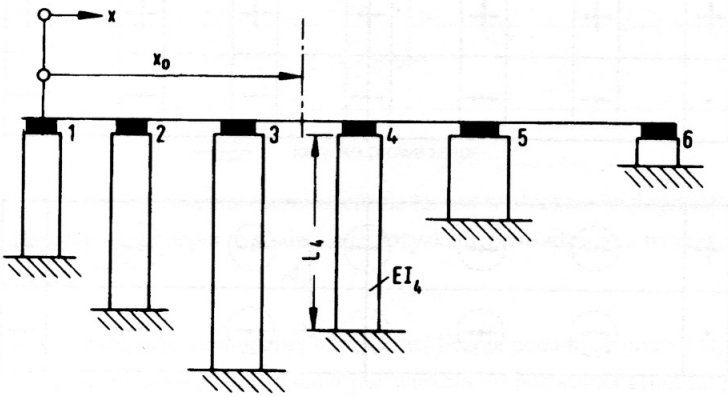
(25) W przypadku ciągłego ustroju wieloprzęsłowego opartego wyłącznie na łożyskach elastomerowych (rys.2.7), położenie punktu nieruchomego x_0 (ogniska) przemieszczeń od oddziaływań rozłożonych w czasie (skurczu, pełzania, temperatury) należy wyznaczać ze wzorów (2.4) i (2.5).

$$x_0 = \frac{\sum_i x_i \cdot S_i}{\sum_i S_i} \tag{2.4}$$

przy czym

$$\frac{1}{S_i} = \frac{t_{qi}}{A_i \cdot G} + \frac{L_i^3}{3EI_i} \tag{2.5}$$

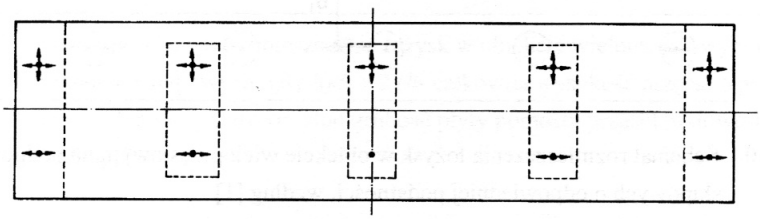
S_i sztywność układu łożysko-podpora.



Rysunek 2.7 – Wyznaczanie punktu nieruchomego (ogniska) w ustroju ciągłym wieloprzęsłowym opartym na łożyskach elastomerowych, według [2]

2.2 Łożyskowanie przęseł prostokątnych w planie

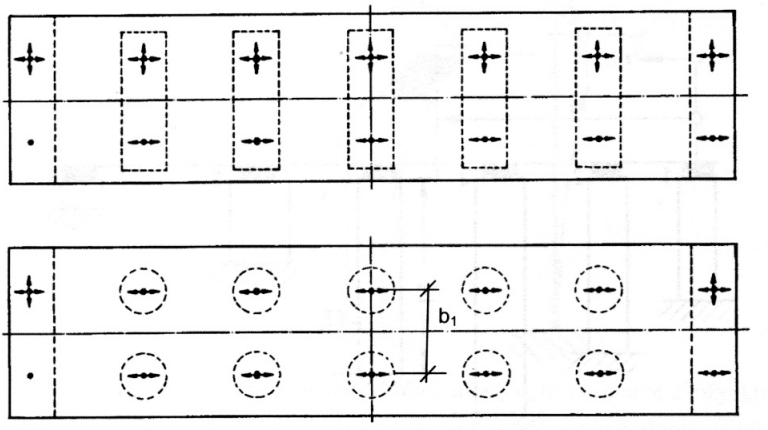
(1) W przypadku ustrojów wieloprzęsłowych zalecane sposoby rozmieszczenia łożysk punktowo-przechylnych na podporach pełnościennych i słupowych pokazano na rysunkach 2.8 ÷ 2.12. Łożysko nieprzesuwne może być ustawione bądź na jednej z podpór środkowych (rys.2.8) bądź na podporze skrajnej (rys.2.9). Wybór schematu łożyskowania zależy od podatności podpór pośrednich oraz warunków ich posadowienia. W przypadku niepewności co do warunków posadowienia podpór pośrednich, zalecane jest łożyskowanie jak na rys. 2.9.



Rysunek 2.8 – Zalecany schemat rozmieszczenia łożysk w obiekcie wieloprzęsłowym i sztywnych podporach (łożysko nieprzesuwne na podporze środkowej), według [2]

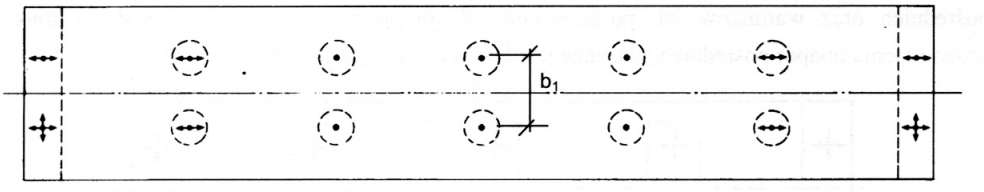
a

b



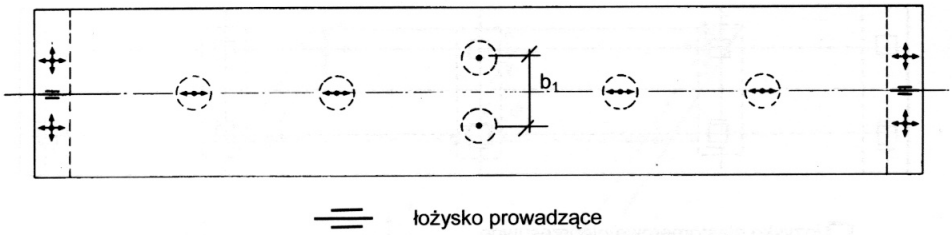
Rysunek 2.9 – Zalecany schemat rozmieszczenia łożysk w obiekcie wieloprzęsłowym (łożysko nieprzesuwne na podporze skrajnej), według [2] ; b_1- odległość między osiami słupów:
a- przy podporach pełnościennych,
b- przy podporach słupowych

(2) Tańszym rozwiązaniem od przedstawionego na rys. 2.9b, ze względu na zastosowanie łożysk nieprzesuwnych zamiast jednokierunkowo przesuwnych, jest schemat przedstawiony na rys. 2.10



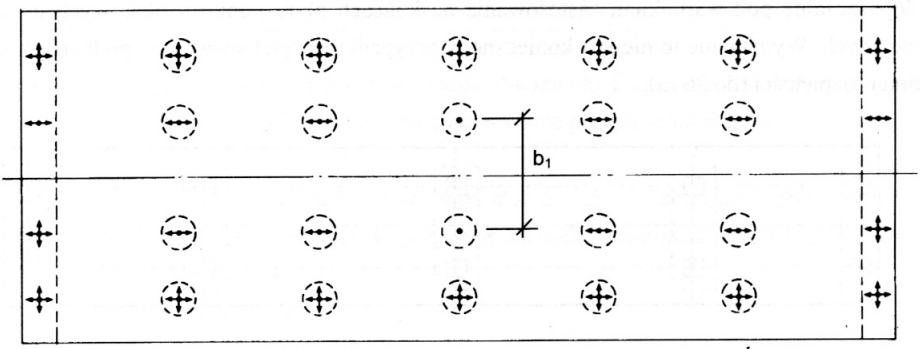
Rysunek 2.10 – Schemat rozmieszczenia łożysk w obiekcie wieloprzęsłowym na podporach słupowych o odpowiedniej podatności, według [1]

(3) W przypadku konieczności zastosowania podpór jednosłupowych zalecane jest by jedna z podpór w sąsiedztwie środka konstrukcji niosącej była podpora dwusłupową przenoszącą skręcania od obciążenia mimośrodowego (rys.2.11).



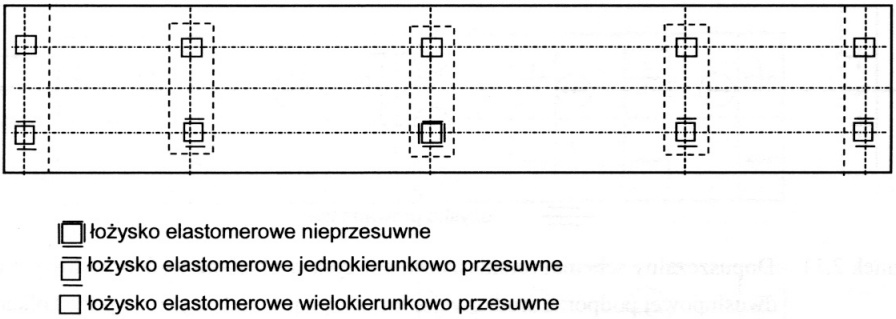
Rysunek 2.11 – Dopuszczalny schemat rozmieszczenia łożysk w obiekcie wieloprzęsłowym na dwusłupowej podporze środkowej z łożyskami prowadzącymi na przyczółkach, według [1]

(4) W przypadku konstrukcji niosącej opartej na większej liczbie podatnych podpór słupowych, gdy odległość b_1 między osiami środkowych słupów jest większa od podwójnej grubości płyty przęsła, to zalecane jest rozwiązanie jak na rys. 2.12.



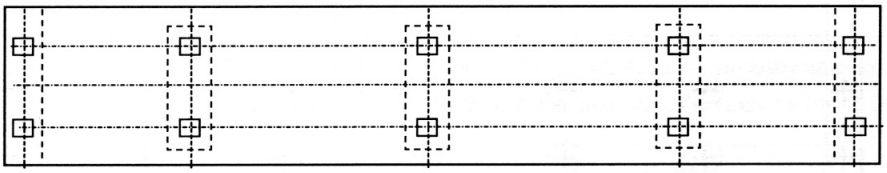
Rysunek 2.12 – Zalecany schemat rozmieszczenia łożysk w obiekcie wieloprzęsłowym na podporach słupowych, gdy $b_1/h > 2$ (h- całkowita wysokość przęsła o przekroju pełnym lub skrzynkowym albo grubość płyty pomostu przęseł płytowo-belkowych), według [1]

(5) Zalecane podparcie na łożyskach elastomerowych (odkształcalnych) w obiekcie wieloprzęsłowym pokazano na rys. 2.13.



Rysunek 2.13 – Przykład rozmieszczenia różnych typów łożysk elastomerowych w obiekcie wieloprzęsłowym, zgodny z zasadą z rys. 2.8.

(6) W ciągłych ustrojach wieloprzęsłowych podparcie zwane „podparciem pływającym" (rys.2.14) jest dopuszczalne pod warunkiem zastosowania na końcach płyty pomostu blokowych urządzeń dylatacyjnych. Wymaganie to nie jest konieczne w przypadku przęseł swobodnie podpartych małej i średniej rozpiętości (do 20 m).



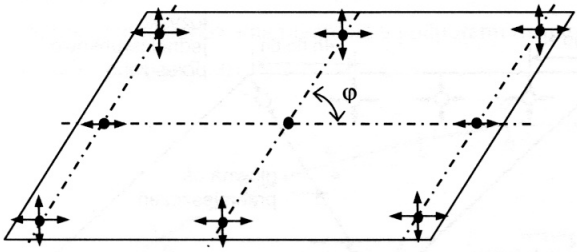
Rysunek 2.14 – Dopuszczalny warunkowo schemat rozmieszczenia łożysk elastomerowych w obiekcie wieloprzęsłowym (tzw. „podparcie pływające")

(7) Projektując „podparcie pływające" z blokowymi urządzeniami dylatacyjnymi należy uwzględnić współpracę urządzenia dylatacyjnego z łożyskami elastomerowymi w przenoszeniu sił poziomych poprzez:

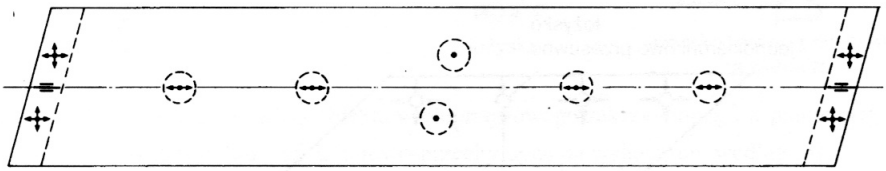
- sprawdzenie wytrzymałości zakotwień urządzeń dylatacyjnych,
- uwzględnienie długości rozszerzania i skracania konstrukcji przęseł.

2.3 Łożyskowanie przęseł ukośnych w planie

(1) W przypadku kąta ukosu $\varphi > 70°$ wpływ ukosu na rozmieszczenie łożysk można pominąć opierając się na zasadach podanych w punktach 2.1 i 2.2 i stosując rozwiązania z rys. 2.15 i 2.16.



Rysunek 2.15 – Zalecany schemat łożyskowania ukośnego obiektu dwuprzęsłowego, według [1]



Rysunek 2.16 – Przykładowy schemat łożyskowania obiektu ukośnego na podporach słupowych, według [1], gdy konieczne jest zastosowanie podpór jednosłupowych

(2) W narożach rozwartych szerokich płyt (gdy $B/L \geq 0{,}5$; B- szerokość płyty w kierunku prostopadłym do osi przęsła, L- rozpiętość przęsła w kierunku prostopadłym do linii podparcia) o kącie ukosu < 40° należy stosować:

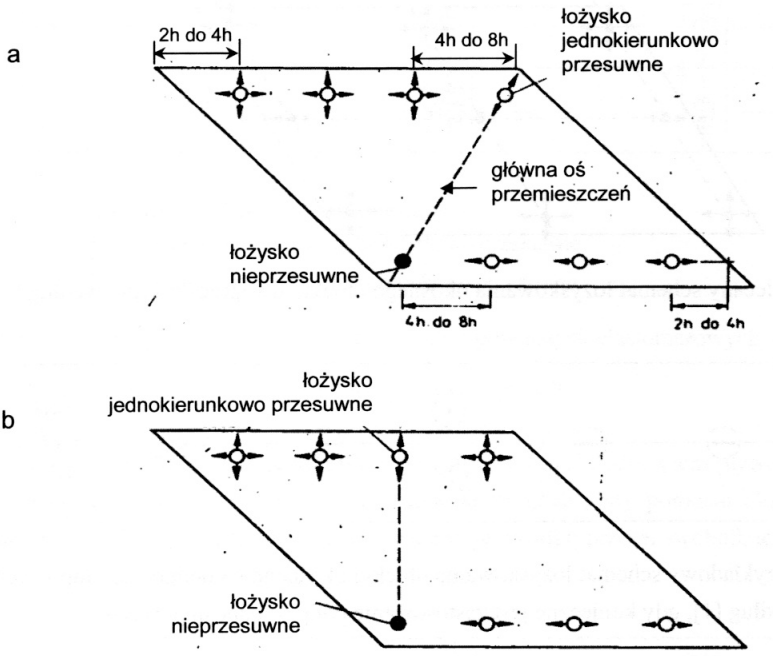
- łożysko punktowo-przechylne,
- łożyska elastomerowe (odkształcalne).

Liczbę i rodzaj łożysk na podporach należy dobierać w ten sposób, by ograniczyć możliwość pojawienia się reakcji ujemnych w łożyskach.

(3) W przypadku płyt szerokich (gdy $B/L \geq 0{,}5$) i gdy kąt ukosu $\varphi < 40°$ należy:

- w narożu rozwartym stosować łożysko nieprzesuwne (rys.2.17),
- zapewnić możliwość przesuwu we wszystkich kierunkach przez łożyska na drugiej podporze, z wyjątkiem łożyska leżącego naprzeciw łożyska nieprzesuwnego w kierunku promienia wychodzącego z tego łożyska,
- cofnąć o $2h \div 4h$ (h – grubość płyty) od brzegu łożysko w narożu ostrym, w celu uniknięcia reakcji ujemnej, sprawdzając jednocześnie warunek na odrywanie.

Ze względu na warunki pracy urządzenia dylatacyjnego zalecane jest rozwiązanie według rys.2.17b.



Rysunek 2.17 – Przykładowe schematy łożyskowania szerokiego przęsła ukośnego, według [4], z łożyskiem jednokierunkowo przesuwnym na podporze sąsiedniej do podpory z łożyskiem nieprzesuwnym:
a- po przekątnej w kierunku naroża rozwartego,
b- ustawionym w kierunku prostopadłym do linii podparcia

2.4 Łożyskowanie przęseł zakrzywionych w planie

(1) W przęsłach zakrzywionych w planie powstają momenty skręcające, do przeniesienia których na podporach należy ustawić co najmniej jedną parę łożysk.

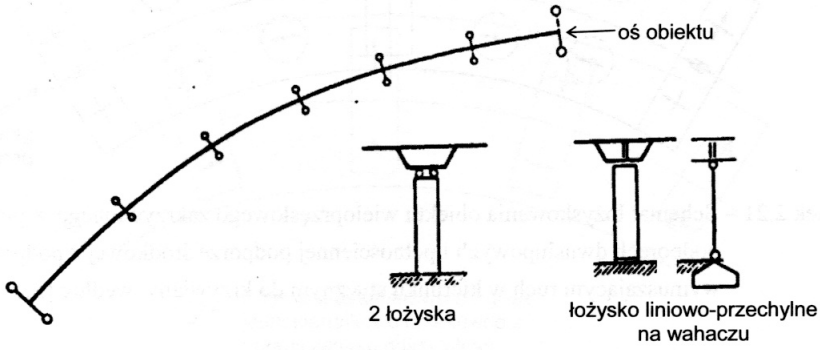
(2) Zalecane jest by łożyskowanie przęseł zakrzywionych w planie wymuszało odkształcenie wzdłuż osi obiektu, co ułatwi dobór odpowiedniego urządzenia dylatacyjnego na końcu obiektu.

(3) Zalecane jest by podparcie zabezpieczające konstrukcję przęsła przed skręceniem było sytuowane na końcu przęsła zakrzywionego w planie, co pozwoli na wyeliminowanie skręcania krawędzi pomostu przy urządzeniu dylatacyjnym.

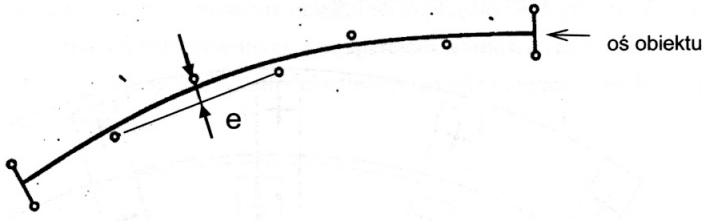
(4) Przy większych promieniach krzywizny (np. > 500 m) zalecane są następujące rozwiązania:
- sztywne w kierunku poprzecznym filary z łożyskami liniowo-przechylnymi i wahaczami lub parą łożysk (rys.2.18),
- podparcie jednosłupowe usytuowane na przemian po obu stronach osi w celu powiększenia

mimośrodu *e* (rys.2.19),

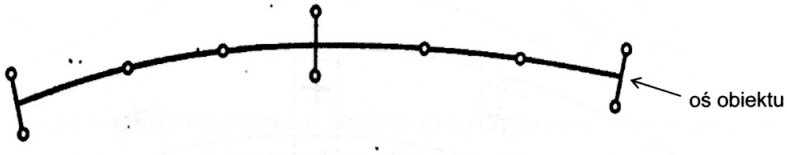
- dwie lub trzy podpory jednosłupowe na przemian z podporami dwusłupowymi lub podporami szerokimi z parami łożysk (rys.2.20).



Rysunek 2.18 – Schemat podparcia obiektu wieloprzęsłowego zakrzywionego w planie przy użyciu par łożysk lub łożysk liniowo-przechylnych na wahaczach, według [4]

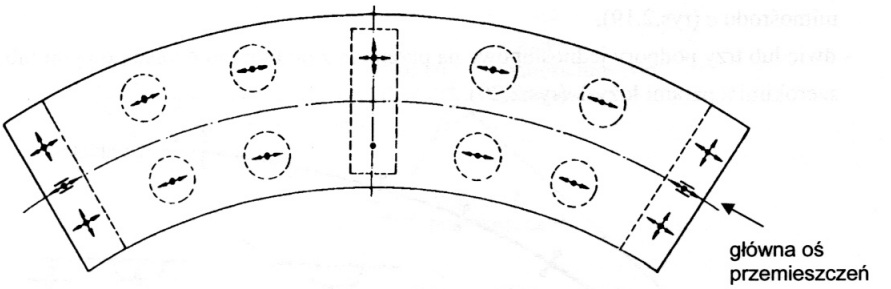


Rysunek 2.19 – Schemat podparcia obiektu wieloprzęsłowego zakrzywionego w planie przy użyciu łożysk pojedynczych sytuowanych naprzemiennie względem osi obiektu, według [4]



Rysunek 2.20 – Schemat podparcia obiektu wieloprzęsłowego zakrzywionego w planie przy użyciu łożysk pojedynczych i par łożysk (na obu przyczółkach i w części środkowej), według [4]

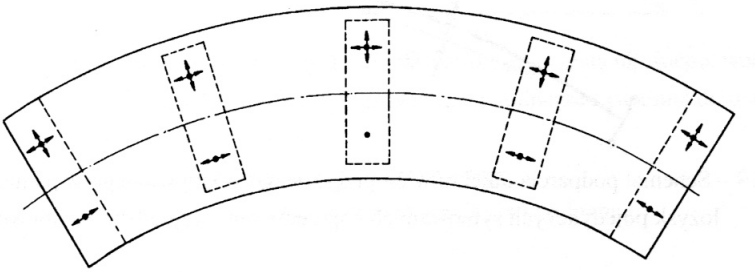
(5) Zalecany schemat łożyskowania w przypadku obiektu wieloprzęsłowego zakrzywionego w planie na podporach dwusłupowych i pełnościennej podporze środkowej podano na rys.2.21.



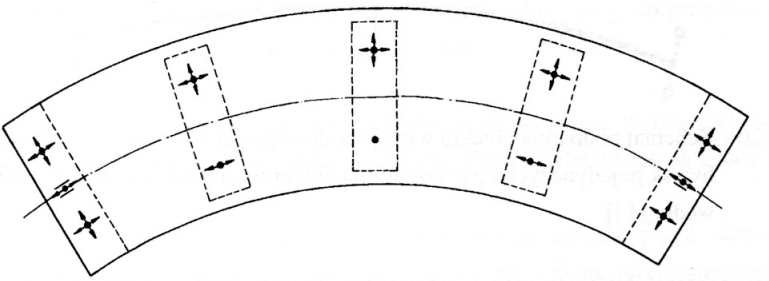
Rysunek 2.21 – Schemat łożyskowania obiektu wieloprzęsłowego zakrzywionego w planie na podporach dwusłupowych i pełnościennej podporze środkowej z podparciem wymuszającym ruch w kierunku stycznym do krzywizny, według [2]

(6) Zalecane schematy łożyskowania w przypadku obiektu wieloprzęsłowego zakrzywionego w planie na podporach pełnościennych podano na rys.2.22. Łożyskowanie według schematu na rys.22b ma zastosowanie w przypadku pomostów szerokich, gdy chodzi o zmniejszenie przemieszczeń wzdłuż przerwy dylatacyjnej.

a



b

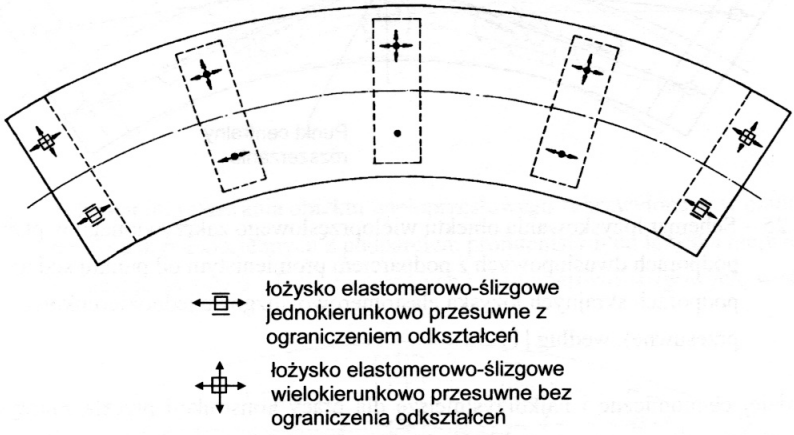


Rysunek 2.22 – Schematy łożyskowania obiektu wieloprzęsłowego zakrzywionego w planie na podporach pełnościennych z podparciem wymuszającym ruch w kierunku stycznym do krzywizny, według [2]:

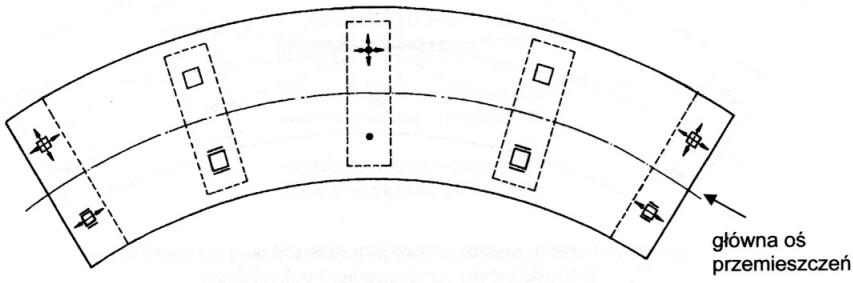
a- w układzie podstawowym,

b- z dodatkowymi łożyskami prowadzącymi na podporach skrajnych

(7) Odmianą łożyskowania przedstawionego na rys.22a jest łożyskowanie z zastosowaniem łożysk elastomerowo-ślizgowych na podporach skrajnych (rys.23), a także łożysk elastomerowych na podporach pośrednich (z wyłączeniem podpory środkowej) (rys.24).



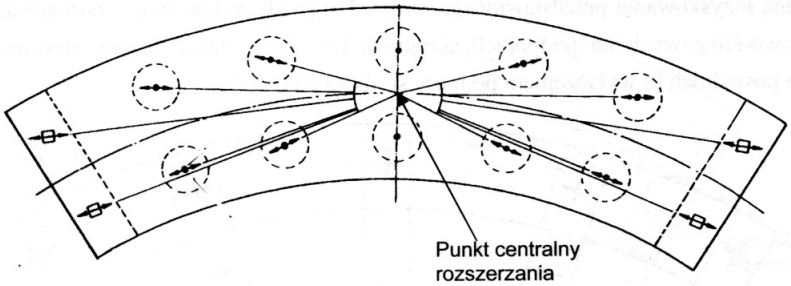
Rysunek 2.23 – Przykład szczególny łożyskowania obiektu wieloprzęsłowego zakrzywionego w planie na podporach pełnościennych z podparciem wymuszającym ruch w kierunku stycznym do krzywizny z łożyskami elastomerowo-ślizgowymi na podporach skrajnych, według [2]



Rysunek 2.24 – Przykład szczególny łożyskowania obiektu wieloprzęsłowego zakrzywionego w planie na podporach pełnościennych z podparciem wymuszającym ruch w kierunku stycznym do krzywizny na łożyskach elastomerowych i elastomerowo-ślizgowych (z wyłączeniem podpory środkowej), według [2]

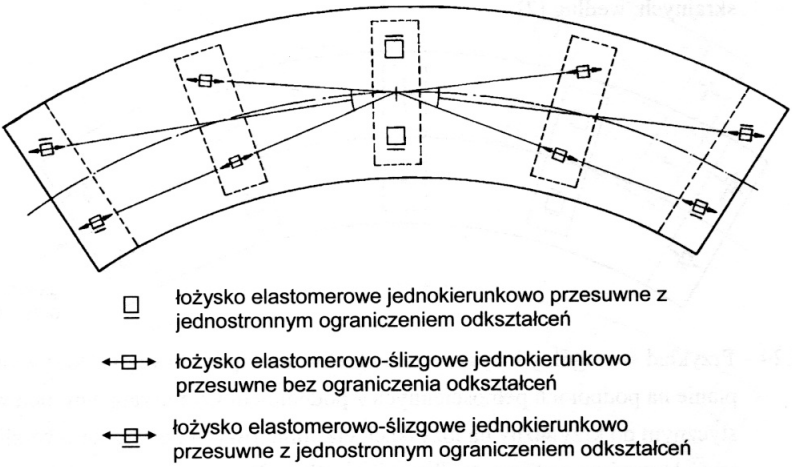
(8) W przypadku większej od 2 liczby rzędów łożysk na podporze, łożyska w kolejnych rzędach powinny być łożyskami wielokierunkowo przesuwnymi.

(9) Punkt centralny rozszerzania może znajdować się także w środku szerokości przęsła między dwoma punktami podparcia, jak na rys.2.25 i 2.26 lub na jednym z łożysk podpory środkowej jak na rys. 2.27 i 2.28.

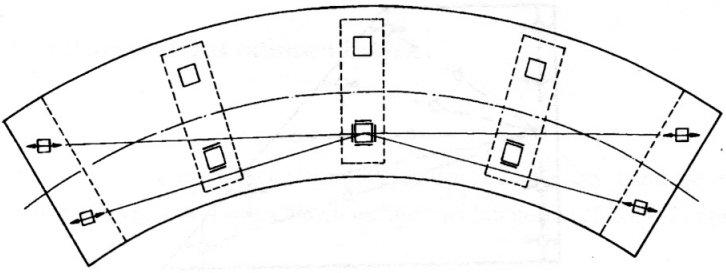


Rysunek 2.25 – Schemat łożyskowania obiektu wieloprzęsłowego zakrzywionego w planie na podporach dwusłupowych z podparciem promienistym od punktu stałego (na podporach skrajnych łożyska elastomerowo-ślizgowe jednokierunkowo przesuwne), według [1]

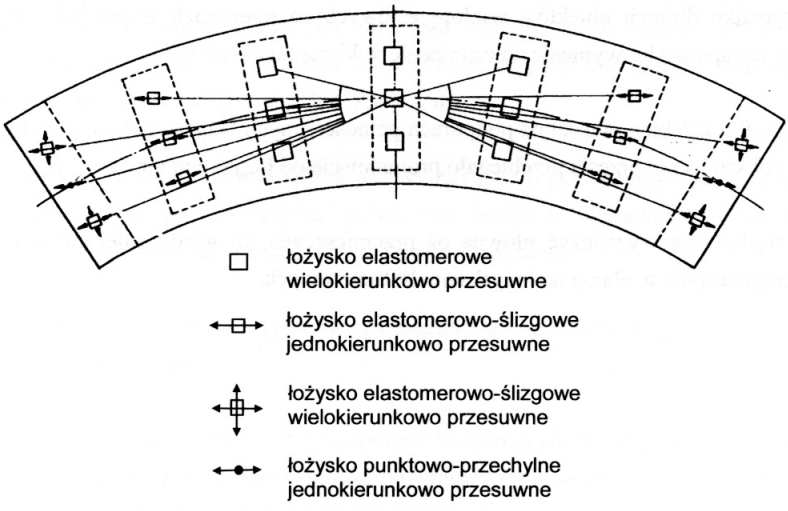
(8) Najbardziej ekonomiczne i najkorzystniejsze dla pracy konstrukcji przęsła zakrzywionego w planie jest podpieranie go za pomocą łożysk elastomerowych i elastomerowo-ślizgowych przy zastosowaniu łożyskowania promienistego (rys.2.26÷2.28). Schematy te mogą być jednak niekorzystne dla pracy urządzeń dylatacyjnych w przypadku dużych składowych przemieszczeń wzdłuż przerwy dylatacyjnej.



Rysunek 2.26 – Schemat łożyskowania obiektu wieloprzęsłowego zakrzywionego w planie na podporach pełnościennych z podparciem promienistym od punktu stałego wyłącznie na łożyskach elastomerowych i elastomerowo-ślizgowych, według [2]



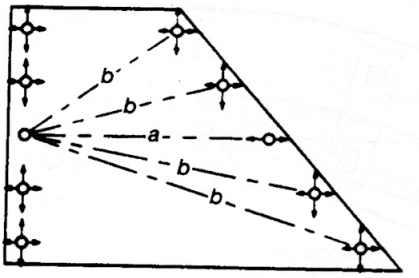
Rysunek 2.27 – Schemat łożyskowania obiektu wieloprzęsłowego zakrzywionego w planie na podporach pełnościennych z podparciem promienistym od łożyska nieprzesuwnego wyłącznie na łożyskach elastomerowych i elastomerowo-ślizgowych, według [2]



Rysunek 2.28 – Schemat łożyskowania obiektu wieloprzęsłowego zakrzywionego w planie na podporach pełnościennych z podparciem na łożyskach elastomerowych i elastomerowo-ślizgowych wraz z łożyskami punktowo-przechylnymi na podporach skrajnych (na 3 podporach środkowych zastosowano „podparcie pływające"), według [1]

2.5 Łożyskowanie przęseł nieregularnych w planie

(1) Schematy łożyskowania przęseł o nieregularnym zarysie w planie powinny uwzględniać zasady przedstawione w punktach 2.1 ÷ 2.4. Przykład łożyskowania szerokiego przęsła, którego jedna z krawędzi podparcia jest ukośna, przedstawiono na rys.2.29.



Rysunek 2.29 – Schemat łożyskowania szerokiego przęsła płytowego z ukośną krawędzią podparcia na jednej z podpór (a- główna oś przemieszczeń, b- kierunek przemieszczenia wywołanego zmianami temperatury i skurczem), według [3]

(2) W przypadku długich obiektów wieloprzęsłowych na podporach słupowych łożyska należy sytuować w ten sposób by wymusić odkształcenie w kierunku osi obiektu.

(3) W przypadku krótkich przęseł na podporach pełnościennych łożyska należy rozmieszczać w ten sposób by odkształcenie przęsła przebiegało promieniście od łożyska nieprzesuwnego.

(4) Jeżeli trudno jest wyznaczyć główną oś przemieszczeń, to wtedy zalecane jest podpieranie przęseł nieregularnych w planie na łożyskach elastomerowych.

Rozdział 3 Kontrola podczas odbioru łożysk

3.1 Zasady ogólne

(1) Celem kontroli łożysk przed ich wbudowaniem jest sprawdzenie czy spełniają one wymagania aprobaty technicznej, szczegółowej specyfikacji technicznej lub norm [25, 28÷32] i przepisów [27].

(2) Kontroli nie podlegają łożyska oznakowane symbolem CE. Pozostałe łożyska powinny być dostarczane wraz z kartami kontroli, których wzorce zawiera Załącznik A (A.1, A.2, A.3, A.4 i A.5) oraz wraz z atestami materiałowymi, których wykazy podano w punkcie 3.3. Karty kontroli wypełnia producent łożysk, a inspektor nadzoru sprawdza zgodność zestawionych danych z wymaganiami podanymi w punkcie 3.3. W przypadku zastrzeżeń co do jakości wykonania łożysk, braku kart kontroli lub niepełnych danych, inspektor nadzoru może zażądać przeprowadzenia dodatkowej kontroli łożysk przez niezależne laboratorium. Wyniki dodatkowej kontroli powinny być zestawione na kartach przedstawionych w Załączniku A.

(3) Jeżeli z jakichś względów kontrola łożysk jest wymagana, to powinna być ona wykonywana w wytwórni u producenta przed wysyłką łożysk na budowę. Wyjątkowo kontrolę można przeprowadzać na budowie w obecności przedstawiciela producenta.

(4) Kontroli podlegają zasadniczo tylko te parametry łożysk, które mają istotny wpływ na prawidłową pracę i trwałość łożysk.

(5) Zalecane jest by wyniki kontroli były zestawione w arkuszach, według wzorców podanych w Załącznikach A i B. Zestawione w nich wartości powinny być porównane z wartościami podanymi w arkuszach zakładowej kontroli jakości łożysk, a wyniki porównania dołączone do dokumentacji budowy.

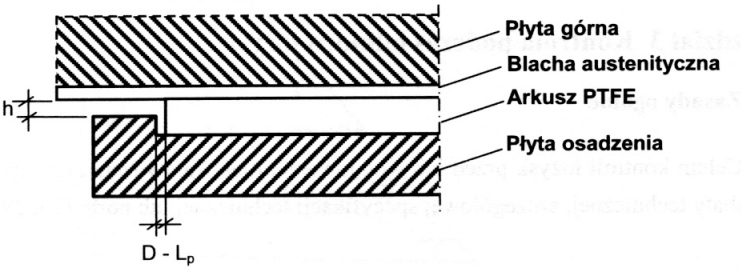
(6) Kartę protokółu łożyska (Załącznik B.2) powinien wypełnić wykonawca obiektu mostowego.

(7) Ocena wyników kontroli podlega ogólnym zasadom stosowanym do oceny statystycznej wyników pomiarów, zdefiniowanym np. w normie [33].

3.2 Przedmiot kontroli

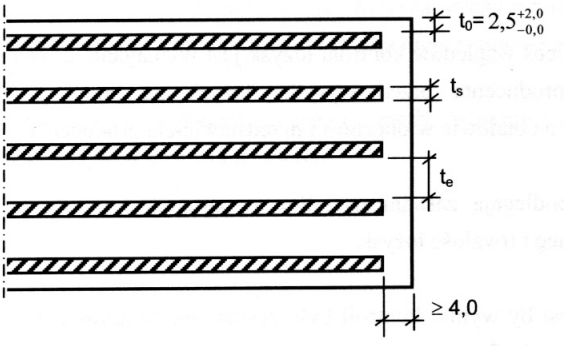
(1) Kontroli podlegają łożyska i ich elementy, których zasadnicze części budowy przedstawiono w punktach (2)÷(5).

(2) Element ślizgowy łożysk składa się z 3 części (rys.3.1): stalowej płyty osadzenia, arkusza PTFE i polerowanej blachy ze stali nierdzewnej (austenitycznej) mocowanej do płyty górnej.



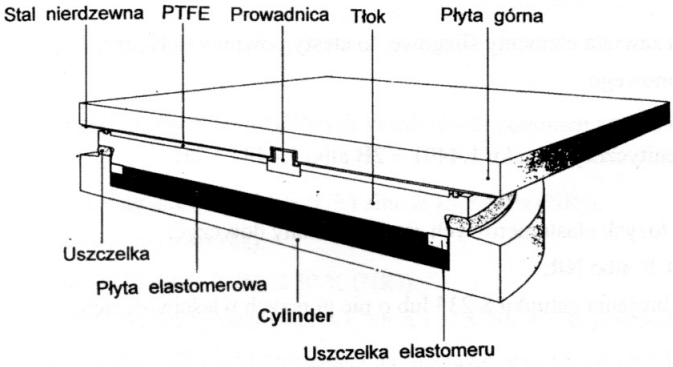
Rysunek 3.1 – Budowa elementu ślizgowego; h- występ arkusza PTFE poza osadzenie, $D - L_p$ – szczelina osadzenia arkusza PTFE

(3) Łożysko elastomerowe stanowi blok elastomeru zbrojony zwulkanizowanymi z nim blachami stalowymi (rys.3.2). Bloki elastomerowe mogą być kształtu prostopadłościennego lub walcowego. Grubość elastomeru przyjmowana do wyznaczania odkształcenia postaciowego łożyska wynosi: $t_q = n \cdot t_e + 2t_o$ (n- liczba pośrednich warstw elastomerowych).



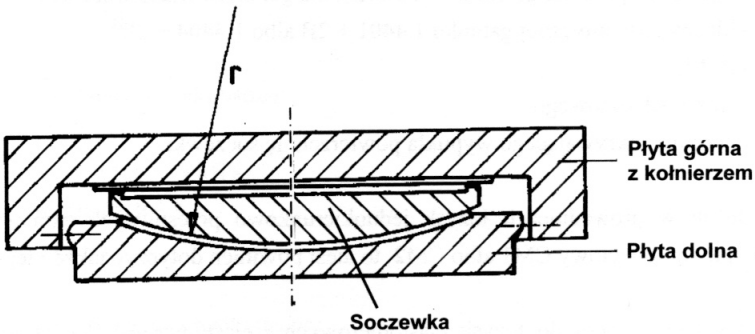
Rysunek 3.2 – Przekrój przez łożysko elastomerowe: t_s - grubość blachy zbrojenia, t_e – grubość warstwy elastomerowej, t_o – grubość otuliny górnej lub dolnej

(4) Łożysko garnkowe składa się z: płaskiego cylindra (garnka), niezbrojonej płyty elastomerowej i tłoka (przykrywki) (rys.3.3). W łożyskach wielokierunkowo przesuwnych na powierzchni tłoka osadzony jest element ślizgowy, a w łożyskach jednokierunkowo przesuwnych dodatkowo – prowadnica (w postaci jednej listwy środkowej – rys.3.3 lub dwóch po bokach). W szczególnych przypadkach łożysko garnkowe można wbudowywać w pozycji odwróconej tzn. z tłokiem na dole.



Rysunek 3.3 – Budowa łożyska garnkowego jednokierunkowo przesuwnego

(5) Łożysko soczewkowe składa się z: płasko-wklęsłej płyty dolnej, płasko-wypukłej soczewki oraz płyty górnej (rys.3.4). Między tymi częściami znajdują się arkusze PTFE: wklęsły – osadzony w płycie dolnej i płaski osadzony na powierzchni płaskiej soczewki. Części będące w kontakcie z arkuszami PTFE są bądź chromowane (soczewka), bądź pokryte blachą austenityczną (płyta górna). W łożysku nieprzesuwnym z płytą górną połączony jest pierścieniowy kołnierz, blokowany przez płytę dolną. W łożysku jednokierunkowo przesuwnym blokadę przemieszczeń prostopadłych do kierunku przesuwu zapewnia prowadnica.



Rysunek 3.4 – Budowa łożyska soczewkowego nieprzesuwnego: *r*- promień krzywizny soczewki

3.3 Kontrola atestów materiałowych

(1) Jeżeli łożysko nie jest oznakowane symbolem CE, to powinny być dostarczone na budowę kopie aktualnych atestów materiałowych wszystkich podstawowych materiałów użytych do jego wytworzenia. Materiały te wymieniono w punktach od (3) do (7).

(2) Atesty materiałowe powinny być potwierdzeniem właściwości materiałowych podanych w aprobacie technicznej łożysk ewentualnie odpowiedniej normie np. [24÷28]. W punktach od (8) do (16) podano parametry i ich wartości, które powinny być zagwarantowane przez producenta łożysk.

(3) Jeżeli łożysko zawiera elementy ślizgowe, to atesty powinny dotyczyć:
- smaru silikonowego,
- PTFE,
- blachy austenitycznej gatunku 1.4401 + 2B albo 1.4404 + 2B.

(4) W przypadku łożysk elastomerowych atesty powinny dotyczyć:
- elastomeru CR albo NR,
- stali blach zbrojenia gatunku S 235 lub o nie gorszych właściwościach.

(5) W przypadku łożysk garnkowych atesty powinny dotyczyć:
- stali blach grubych gatunku S 355 lub o nie gorszych właściwościach,
- elastomeru CR albo NR,
- smaru silikonowego,
- materiału uszczelki pierścieniowej wewnątrz cylindra (mosiądzu gatunku CuZn37 albo CuZn39Pb3, lub blachy austenitycznej gatunku 1.4401 albo 1.4311, lub PTFE z 25 % wypełniaczem węglowym, lub polioksymetylenu (POM)).

(6) W przypadku łożysk soczewkowych atesty powinny dotyczyć:
- stali blach grubych gatunku S 355 lub o nie gorszych właściwościach,
- blachy austenitycznej gatunku 1.4401 + 2B albo 1.4404 + 2B,
- PTFE,
- smaru silikonowego,
- chromu pokrywającego wypukłą powierzchnię soczewki.

(7) Jeżeli w prowadnicach łożysk jednokierunkowo przesuwnych zamiast PTFE zastosowano materiał kompozytowy CM1 albo CM2, to atest powinien dotyczyć także i tego materiału.

(8) Atest elastomeru do łożysk elastomerowych i elastomerowo-ślizgowych powinien zawierać wyniki badań:
- twardości ((50 ± 5), (60 ± 5) lub (70 ± 5) ^{0}Sh A), przy czym zalecana jest wartość (60 ± 5) ^{0}Sh A i do niej odnoszą się poniższe wymagania,
- wytrzymałości na rozciąganie (≥ 16 MPa – próbki formowane albo ≥ 14 MPa – próbki wycinane z łożyska),
- wydłużenia przy zerwaniu (≥ 425 % – próbki formowane albo ≥ 375 % – próbki wycinane z łożyska),
- wytrzymałości na rozrywanie (≥ 10 kN/m (CR) lub ≥ 8 kN/m (NR)),
- odkształcenia trwałego (≤ 15 % (CR), ≤ 30 % (NR)),
- odporności na starzenie (zmiany twardości (-5 ^{0}Sh A i +10 ^{0}Sh A – w przypadku NR, ± 5 ^{0}Sh A – w przypadku CR), wytrzymałości na rozciąganie (± 15 %) i wydłużenia przy

zerwaniu (± 25 %)),
- odporności ozonowej (bez rys).

(9) Atest elastomeru do płyt elastomerowych łożysk garnkowych powinien zawierać wyniki badań:
- twardości (50 ± 5) ^{0}Sh A),
- wytrzymałości na rozciąganie (≥ 13 MPa (CR) albo ≥ 15,5 MPa (NR)),
- wydłużenia przy zerwaniu (≥ 400 %),
- odkształcenia trwałego (≤ 20 % (CR), ≤ 30 % (NR)),
- odporności na starzenie (zmiany twardości (-3 ^{0}Sh A i +15 ^{0}Sh A – w przypadku CR, ± 10 ^{0}Sh A – w przypadku NR), wytrzymałości na rozciąganie (- 15 %) i wydłużenia przy zerwaniu (- 40 % - w przypadku CR, -20 % - w przypadku NR)),
- odporności ozonowej (bez rys).

(10) Atest stali austenitycznej powinien zawierać wyniki badań:
- składu chemicznego,
- wytrzymałości na rozciąganie (≥ 530 MPa),
- granicy plastyczności 0,2 % (≥ 240 MPa),
- granicy plastyczności 1,0 % (≥ 270 MPa),
- wydłużenia przy zerwaniu (≥ 40 %),
- twardości (od 140 do 210 HB).

(11) Atest PTFE powinien zawierać wyniki badań:
- gęstości (od 2,14 do 2,20 g/cm^3),
- wytrzymałości na rozciąganie (≥ 29 MPa),
- wydłużenia przy zerwaniu (≥ 300 %),
- twardości (od 23 do 33 MPa).

(12) Atest mosiądzu powinien zawierać wyniki badań:
- składu chemicznego,
- wytrzymałości na rozciąganie (≥ 430 MPa – w przypadku CuZn39Pb3, ≥ 440 MPa – w przypadku CuZn37),
- wydłużenia przy zerwaniu (≥ 15 % – w przypadku CuZn39Pb3, ≥ 12 % – w przypadku CuZn37),
- twardości (od 125 do 170 HB – w przypadku CuZn39Pb3, ≥ 130 HB - w przypadku CuZn37).

(13) Atest smaru silikonowego powinien zawierać wyniki badań:
- penetracji podczas pracy (od 26,5 do 29,5 mm),
- punktu kroplenia (≥ 180 ^{0}C),
- oddzielania oleju po 24 h w 100° C (≤ 3 %(*m/m*)),

- odporności na utlenianie (spadku ciśnienia po 100 h w 160 °C) (≤ 0,1 MPa),
- temperatury krzepliwości oleju bazowego(≤ -60 ^{0}C).

(14) Atest materiału kompozytowego CM1 powinien zawierać wyniki badań:
- składu chemicznego,
- twardości podkładu z brązu (od 80 do 160 HB),
- grubości (podkładu z brązu: od 1,95 do 2,25 mm, warstwy pośredniej z brązu: $0{,}25^{+0{,}15}_{-0{,}0}$ mm, warstwy wierzchniej z PTFE/Pb: $0{,}01^{+0{,}02}_{-0{,}0}$ mm, całkowitej: 2,48 ± 0,015 mm),
- przyczepności międzywarstwowej (min GT2).

(15) Atest materiału kompozytowego CM2 powinien zawierać wyniki badań:
- gęstości (od 4100 do 4400 kg/m^3),
- wytrzymałości na rozciąganie (≥ 45 MPa),
- wydłużenia przy zerwaniu (≥ 10 %),
- grubości (0,48 ± 0,2 mm),
- przyczepności warstwy wierzchniej (min GT2).

(16) Atest chromu pokrywającego wypukłą powierzchnię soczewki powinien zawierać wyniki pomiaru grubości osadzonej warstwy (≥ 100 μm).

(17) Szczegóły dotyczące warunków przeprowadzania badań cech materiałowych oraz dalszych szczegółów wymaganych wartości podano w odpowiednich normach przedmiotowych oraz w EN 1337.

3.4 Kontrola elementów ślizgowych

(1) Kontrola elementów ślizgowych łożysk (rys.3.1) polega na pomiarze:
- chropowatości polerowanej blachy austenitycznej,
- grubości blachy austenitycznej oraz ocenie sposobu jej mocowania,
- grubości arkusza PTFE oraz jego występu poza osadzenie (rys.3.6),
- płaskości arkusza PTFE,
- szczeliny między arkuszem PTFE a krawędzią osadzenia (rys.3.1),
- głębokości, średnicy i siatki rozmieszczenia kieszeni smarowniczych na powierzchni arkusza PTFE (rys.3.5),
- grubości płyty osadzenia.

(2) Dopuszczalne kombinacje materiałów w elementach ślizgowych podano w tablicy 3.1.

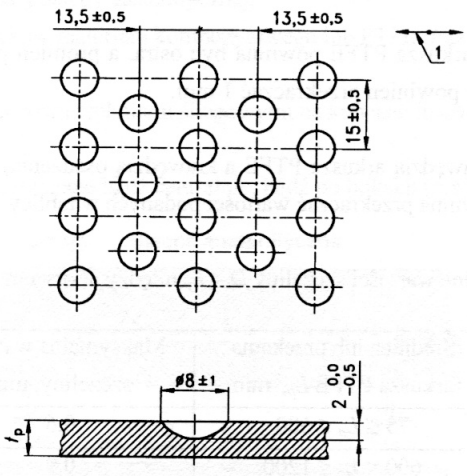
Tablica 3.1 - Dopuszczalne kombinacje materiałów na powierzchnie ślizgowe

Powierzchnia płaska		Powierzchnia zakrzywiona		Prowadnice	
PTFE z zagłębieniami	Stal austenityczna	PTFE z zagłębieniami	stal austenityczna	PTFE bez zagłębień	Stal austenityczna
			twardy chrom	CM1	
			aluminium	CM2	

(3) Minimalna grubość blachy ze stali austenitycznej powinna wynosić albo 1,5 mm - w przypadku jej spawania lub klejenia, albo 2,5 mm - w przypadku jej przykręcania lub nitowania. Chropowatość R_z powierzchni ślizgowej blachy austenitycznej nie powinna przekraczać 1,0 μm.

(4) Powierzchnia PTFE kontaktująca się z blachą ślizgową powinna być zaopatrzona we wgłębienia (kieszenie smarownicze) jak na rys.3.5 do gromadzenia smaru. Wymagany rozstaw kieszeni smarowniczych oraz ich głębokość podano na rys. 3.5.

wymiary w milimetrach



1- główny kierunek poślizgu

Rysunek 3.5 - Szczegóły rozmieszczenia kieszeni smarowniczych na powierzchni osadzanego arkusza PTFE, według [29]: t_p - grubość arkusza

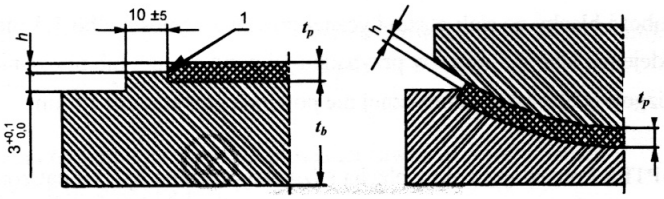
(5) Płaskie arkusze PTFE mogą być dzielone, ale na nie więcej niż 4 identyczne części, a najmniejszy wymiar tych części nie może być mniejszy od 50 mm. Arkusze PTFE osadzane na zakrzywionych powierzchniach ślizgowych mogą być dzielone, ale także pod określonymi warunkami. W przypadku powierzchni cylindrycznych najwyżej na dwie części, a w przypadku sferycznych na środkowy krążek o średnicy ≥ 1000 mm oraz pierścień dzielony na równe odcinki o szerokości ≥ 50 mm. W przypadku średnicy mniejszej od 1120 mm, okrągłe arkusze PTFE nie mogą być dzielone.

(6) Występ h oraz grubość t_p arkuszy PTFE (rys.3.6) powinny spełniać zależności:

$$h = 1{,}75 + \frac{L_p}{1200} \geq 2{,}2\ mm \tag{3.1}$$

$$2{,}2h \leq t_p \leq 8\ mm \tag{3.2}$$

L_p - długość przekątnej lub średnicy arkusza PTFE (mm).



Rysunek 3.6 - Szczegóły osadzenia płaskiego i wklęsłego arkusza PTFE, według [29]: 1- krawędź osadzenia

(7) Krawędź osadzenia arkusza PTFE powinna być ostra, a promień przejścia ze ścianki pionowej wycięcia do jego dna nie powinien przekraczać 1 mm.

(8) Szczelina między krawędzią arkusza PTFE a krawędzią osadzenia, w którym jest on zagłębiony (rys.3.1), nigdzie nie powinna przekraczać wartości podanych w tablicy 3.2.

Tablica 3.2 – Dopuszczalne wartości szczeliny $D - L_p$ między arkuszem PTFE a krawędzią osadzenia

Średnica lub przekątna arkusza PTFE L_p, mm	Maksymalna wartość szczeliny, mm
$75 \leq L_p \leq 600$	0,6
$600 < L_p \leq 1200$	0,9
$1200 < L_p \leq 1500$	1,2

(9) Odchyłki wysokości h występu arkusza PTFE ponad jego osadzanie wynoszą: ± 0,2 mm w przypadku gdy $L_p \leq 1200$ mm oraz ± 0,3 mm w przypadku gdy $L_p > 1200$ mm.

(10) Tolerancja płaskości w obszarze arkusza PTFE wynosi $0{,}0003 \cdot L_p$ lub 0,2 mm (decyduje większa wartość).

(11) Grubość płyty, w której osadzony jest arkusz PTFE powinna spełniać warunek:

$$t_b \geq 0{,}04\sqrt{a_b^2 + b_b^2} \text{ lub } 10 \text{ mm (decyduje większa wartość)} \tag{3.3}$$

Natomiast grubość płyty, do której mocowany jest arkusz ze stali austenitycznej powinna spełniać warunek:

$$t_b \geq 0{,}025\sqrt{a_b^2 + b_b^2} \text{ lub } 10 \text{ mm (decyduje większa wartość)} \tag{3.4}$$

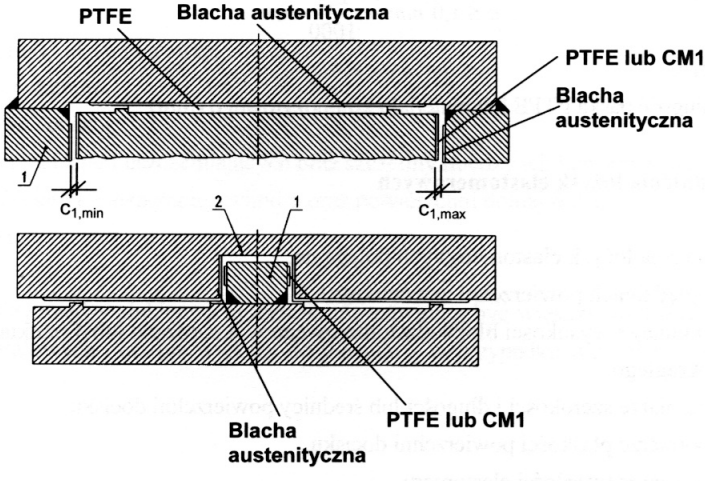
(12) Arkusze PTFE mogą być także wulkanizowane z elastomerem. Niedopuszczalne jest stosowanie PTFE bez kieszeni smarowniczych. Grubość takiego arkusza powinna wynosić od 1,5 do 2,5 mm. Stosowanie tego rodzaju łożysk jest dopuszczalne tylko w przypadku robót montażowych.

(13) Przyklejane arkusze PTFE powinny być stosowane tylko w przypadku zakrzywionych powierzchni ślizgowych.

3.5 Kontrola prowadnic

(1) Kontrola prowadnic (rys.3.7) w łożyskach jednokierunkowo przesuwnych polega na pomiarze:
- chropowatości polerowanej blachy austenitycznej,
- grubości i szerokości pasków materiału kompozytowego lub PTFE oraz ocenie stanu ich zamocowania,
- szczeliny między obiema powierzchniami ślizgowymi na końcach listew prowadnic.

(2) Prowadnice mogą być umieszczane bądź centralnie, bądź po bokach (rys.3.7).



Rysunek 3.7 - Dopuszczalne usytuowanie prowadnic w łożyskach jednokierunkowo przesuwnych, według [29]: 1- listwa, 2- kanał prowadnicy

(3) Listwy prowadnic mogą być przykręcane lub spawane (rys.3.7).

(4) Paski PTFE powinny być osadzane w wycięciach części metalowych prowadnic i przykręcane do nich śrubami mosiężnymi z wpuszczanymi łbami. Stosunek długości paska do jego szerokości nie powinien być większy od 25. W przypadku dłuższych prowadnic paski PTFE powinny być zatem dzielone na dwie części.

(5) Grubość pasków PTFE w prowadnicach powinna wynosić co najmniej 5,5 mm, a ich występ poza osadzenie (2,3 ± 0,2) mm. Szerokość pasków PTFE powinna wynosić co najmniej 15 mm.

(6) Paski PTFE nie powinny mieć kieszeni smarowniczych. Ich powierzchnia powinna być jednak pokryta smarem silikonowym w czasie składania łożyska w wytwórni.

(7) Chropowatość R_z powierzchni ślizgowych blachy austenitycznej zamocowanej w prowadnicach nie powinna przekraczać 1 μm.

(8) Paski materiału kompozytowego powinny być przyklejane na całej swej powierzchni z dodatkowym mocowaniem przy użyciu śrub lub nitów na swoich końcach. Niedopuszczalne jest spawanie materiału kompozytowego do stali podłoża. Szerokość pasków powinna być większa od 10 mm, a grubość wynosić 2,48 ± 0,015 mm.

(9) Luz $c = c_{1,min} + c_{1,max}$ między elementami ślizgowymi prowadnic (rys.3.7) przed wbudowaniem łożyska powinien spełniać warunek:

$$c \leq 1{,}0\ mm + \frac{L_{mk}}{1000}\ mm \tag{3.5}$$

w którym

L_{mk} - długość paska PTFE lub materiału kompozytowego (mm).

3.6 Kontrola łożysk elastomerowych

(1) Kontrola łożysk elastomerowych polega na:

- oględzinach powierzchni zewnętrznych,
- pomiarze wysokości bloku elastomerowego w 4 narożach lub 4 punktach na obwodzie łożyska okrągłego,
- pomiarze szerokości i długości lub średnicy powierzchni docisku,
- pomiarze płaskości powierzchni docisku,
- pomiarze twardości elastomeru.

(2) W przypadku zastrzeżeń do jakości wykonania łożyska należy je przeciąć w celu pomiaru grubości warstw elastomeru, usytuowania blach zbrojenia oraz otuliny zewnętrznej tych blach (rys.3.2). Grubość blach wewnętrznych zbrojenia powinna wynosić co najmniej 2 mm. Grubość górnej i dolnej warstwy zewnętrznej elastomeru w zbrojonych łożyskach elastomerowych powinna

wynosić co najmniej $2{,}5^{+2{,}0}_{-0{,}0}$ mm. Minimalna odległość między stalowymi blachami zbrojenia, a krawędzią boczną łożyska wynosi 4 mm.

(3) Blachy zbrojenia powinny być całkowicie otulone elastomerem.

(4) Jeżeli w łożyskach elastomerowo-ślizgowych warstwy wewnętrzne elastomeru mają grubość ≤ 8 mm, to minimalna grubość blach zewnętrznych na osadzenie arkuszy PTFE, zwulkanizowanych z łożyskiem, powinna wynosić 15 mm, a w przypadku warstw grubszych 18 mm.

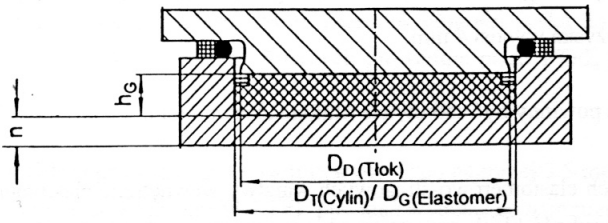
(5) Dopuszczalne są zmiany grubości między dwoma sąsiednimi narożami łożyska, jeżeli nie przekraczają 0,2 % odległości między nimi lub 1,0 mm (decyduje większa wartość).

(6) Płaskość określana jest poprzez pomiar szczeliny między spodem poziomicy, przyłożonej wzdłuż przekątnej lub średnicy powierzchni obciążonej łożyska a tą powierzchnią. Szczelina ta nie może przekraczać 0,3 % przekątnej (średnicy) lub 1,5 mm (decyduje większa wartość).

3.7 Kontrola łożysk garnkowych

(1) Kontrola łożysk garnkowych (rys.3.8) polega na pomiarze:
- szczeliny między kołnierzem tłoka a pierścieniem cylindra w 4 punktach na jego obwodzie,
- głębokości i średnicy wewnętrznej cylindra,
- średnicy tłoka,
- grubości i średnicy płyty elastomerowej,
- grubości płyty dolnej cylindra,
- płaskości powierzchni docisku,
- szerokości i grubości pierścieni uszczelniających oraz szczeliny między ich końcami (rys.3.9),
- chropowatości dna i ścianki wewnętrznej cylindra oraz powierzchni dolnej tłoka,
- twardości elastomeru.

(2) Luz $D_T - D_D$ (rys.3.8) między tłokiem a cylindrem nie powinien być większy od 1,0 mm - w przypadku uszczelek metalowych oraz nie większy od 0,8 mm - w przypadku uszczelek z innych materiałów.



Rysunek 3.8 – Przekrój poprzeczny łożyska garnkowego nieprzesuwnego

(3) Chropowatość R_z zakrzywionych powierzchni wewnętrznych cylindra, kontaktujących się z elastomerem, nie powinna przekraczać 6,3 μm. W przypadku powierzchni dna cylindra oraz płaskiej powierzchni tłoka, ograniczenie to wynosi 25 μm.

(4) Grubość h_G płyty elastomerowej powinna być równa lub większa od 1/15 jej średnicy D_G (rys.3.8) i nie powinna być mniejsza od 16 mm.

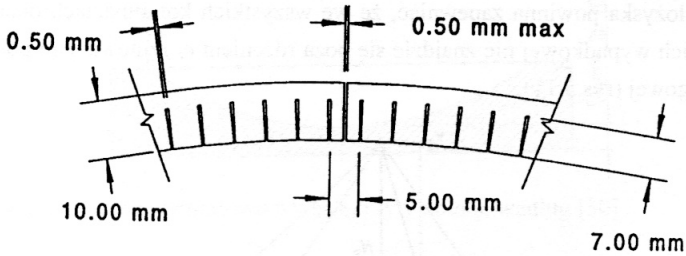
(5) Średnica D_G nieobciążonej płyty elastomerowej powinna być najwyżej o 0,2 % lub o 1,0 mm mniejsza od średnicy wewnętrznej D_T cylindra (decyduje większa wartość).

(6) Tolerancja równoległości górnej i dolnej powierzchni płyty elastomerowej wynosi ± 0,25 mm. Odchyłki grubości płyty elastomerowej wynoszą: + 2,5 mm, - 0 mm, w przypadku gdy $d \leq 750$ mm oraz + d/300, - 0 mm, w przypadku gdy 750 mm < d < 1500 mm. Na górnej krawędzi płyty powinna być umieszczona lub wtopiona uszczelka pierścieniowa, zabezpieczająca przed wyciśnięciem elastomeru przez szczelinę między tłokiem a cylindrem.

(7) Pierścienie uszczelniające krawędź płyty elastomerowej powinny być wykonane z mosiądzu lub stali nierdzewnej lub PTFE z wypełniaczem węglowym lub POM.

(8) Uszczelka mosiężna powinna składać się z co najmniej dwóch przeciętych pierścieni o przekroju co najmniej 6 x 1,5 mm każdy i o średnicy dopasowanej do średnicy wewnętrznej cylindra. Niedopuszczalne są pierścienie, których końce po wyjęciu z cylindra zachodzą na siebie .

(9) Maksymalna szerokość szczeliny między końcami pierścienia mosiężnego wstawionego w cylinder nie może przekraczać 0,5 mm. Szczeliny poszczególnych pierścieni powinny być rozmieszczone w jednakowym odstępie na obwodzie cylindra. Szczeliny nie powinny się znajdować w punkcie maksymalnego przemieszczenia wywołanego obrotem. W celu ułatwienia ich montażu, pierścienie o przekroju 10 x 2 mm mogą mieć nacięcia jak na rys.3.9. Pierścienie o mniejszym przekroju poprzecznym nie powinny mieć nacięć.



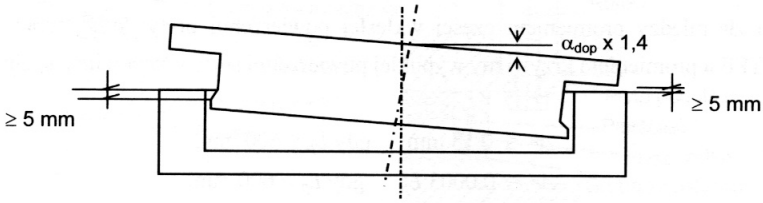
Rysunek 3.9 - Szczegół nacięć na pierścieniu mosiężnym o przekroju 10 x 2 mm

(10) Uszczelka ze stali nierdzewnej powinna mieć przekrój w kształcie kątownika równoramiennego i być osadzona z odpowiednim zakładem.

(11) Uszczelki z PTFE z wypełniaczem węglowym oraz z POM powinny mieć kształt litego pierścienia. Uszczelka z POM powinna być wwulkanizowana w płytę elastomerową.

(12) Grubość podstawy cylindra *n* nie powinna być mniejsza od 12 mm.

(13) Po obrocie tłoka w stanie nieobciążonym o dopuszczalny kąt obrotu α, zwiększony o 40 %, powinny być zachowane warunki podane na rys.3.10.



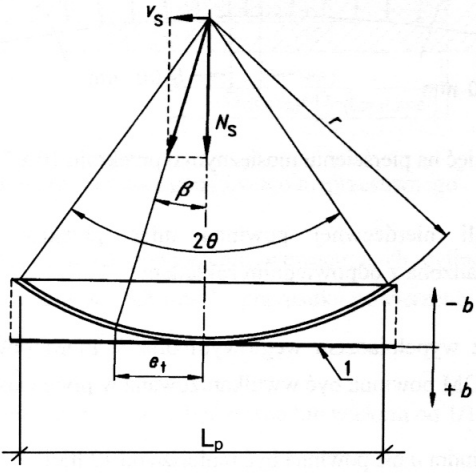
Rysunek 3.10 - Warunki wzajemnego położenia cylindra i tłoka po jego maksymalnym obrocie

3.8 Kontrola łożysk soczewkowych

(1) Kontrola łożysk soczewkowych (rys.3.4) polega na pomiarze:

- szczeliny pionowej i poziomej między pierścieniem płyty górnej a płytą dolną w 4 punktach na jego obwodzie w łożysku nieprzesuwnym,
- odległości między płytą górną a płytą dolną w 4 punktach na jej obwodzie w łożyskach jedno- i wielokierunkowo przesuwnych,
- głębokości i średnicy wklęsłej powierzchni płyty dolnej,
- grubości i średnicy soczewki,
- grubości płyty dolnej w jej najniższym punkcie,
- chropowatości wypukłej powierzchni soczewki.

(2) Konstrukcja łożyska powinna zapewniać, że we wszystkich kombinacjach obciążeń V_s i N_s w SGU mimośród ich wypadkowej nie znajdzie się poza rdzeniem e_t rzutowanego pola zakrzywionej powierzchni ślizgowej (rys.3.11).



Rysunek 3.11 – Relacje geometryczne między wklęsłą powierzchnią płyty dolnej a jej rzutem na płaszczyznę (1), według [30]

(3) Różnica Δr między promieniem części wklęsłej powierzchni płyty dolnej wraz z osadzonym arkuszem PTFE a promieniem krzywizny wypukłej powierzchni soczewki powinna spełniać warunki:

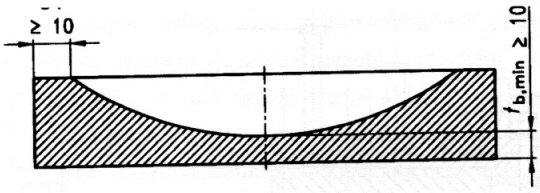
$$\Delta r \leq 0{,}18 \text{ mm} \quad \text{gdy } L_p \leq 600 \text{ mm}, \qquad (3.6)$$
$$\Delta r \leq 0{,}0003\, L_p \quad \text{gdy } L_p > 600 \text{ mm}.$$

L_p – długość średnicy lub przekątnej arkusza PTFE zrzutowanego na płaszczyznę (rys.3.11).

(4) Chropowatość R_z metalowych zakrzywionych powierzchni ślizgowych nie powinna przekraczać 3,0 μm.

(5) Warstwa chromu technicznego na wypukłej powierzchni soczewki powinna mieć grubość co najmniej 100 μm.

(6) Minimalna grubość (w najniższym punkcie) wklęsłej płyty dolnej (rys.3.12) wynosi 10 mm.



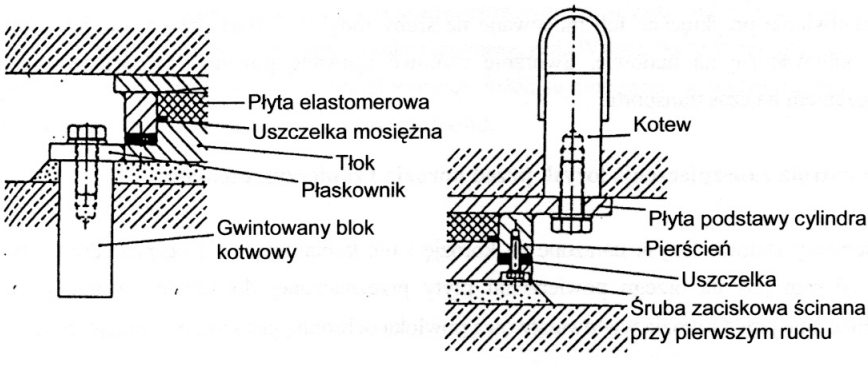
Rysunek 3.12 – Ograniczenia wymiarowe wklęsłej płyty dolnej, według [30]

(7) Luz między pierścieniem płyty górnej a pionową powierzchnią cylindryczną płyty dolnej w łożysku nieprzesuwnym nie powinien przekraczać 1,0 mm.

3.9 Kontrola zakotwień

(1) Zakotwienie powinno umożliwiać w przyszłości ewentualną wymianę bądź całego łożyska, bądź jego elementów. Płyty ślizgowe łożysk nie mogą być zatem spawane bezpośrednio do stalowej konstrukcji przęsła.

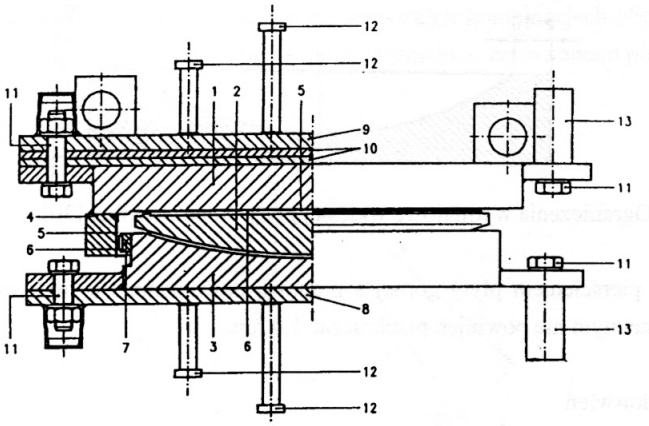
a b



Rysunek 3.13 – Przykłady zakotwień płyty tłoka (a) i płyty cylindra (b) w ciosie podłożyskowym i betonowej konstrukcji przęsła w przypadku łożyska garnkowego wbudowanego w pozycji odwróconej

(2) Zakotwienie może być wykonane w postaci kotew stalowych przykręcanych (rys. 3.13), śrub lub sworzni czołowo spawanych. Każda z płyt (górna i dolna) powinna być stabilizowana co najmniej czterema kotwami.

(3) W przypadku sworzni czołowo spawanych powinny być one mocowane do przekładkowej płyty kotwowej (rys.3.14). Grubość tej płyty powinna wynosić co najmniej 0,02 długości jej przekątnej lub średnicy, ale nie mniej niż 18 mm. Rozstaw osiowy sworzni czołowo spawanych w kierunku działania siły poziomej nie powinien być mniejszy od $5d_1$, a w kierunku prostopadłym nie mniejszy od $4d_1$ (d_1 - średnica sworznia).



Rysunek 3.14 – Przykład zakotwień łożyska soczewkowego jednokierunkowo przesuwnego z płytami przekładkowymi (10) oraz płytami kotwowymi dolną (8) i górną (9); 11– śruba kotwowa, 12- sworzeń czołowo spawany, 13- kotwa przykręcana (oznaczenia 1÷7 odnoszą się do konstrukcji samego łożyska)

(4) Zakotwienia przykręcane lub mocowane na śruby mogą być dostarczane osobno, a ich montaż może odbywać się na budowie. Sworznie czołowo spawane powinny być zabezpieczone przed uszkodzeniem na czas transportu.

3.10 Kontrola zabezpieczenia łożysk przed korozją i zanieczyszczeniami

(1) Elementy stalowe łożysk narażone na korozję i nie kontaktujące się bezpośrednio z betonem, a także 50 mm pas na brzegu powierzchni płyty przeznaczonej do zabetonowania, powinny być zabezpieczone przed korozją wielowarstwową powłoką ochronną grubości nie mniejszej niż 200 μm.

(2) Powierzchnie płaskie pod arkuszami PTFE powinny być pokryte co najmniej jedną warstwą gruntującą grubości od 20 do 100 μm. Powłoka ta powinna być nałożona w ten sposób by zachowana była ostra krawędź wycięcia na osadzenie arkusza PTFE zgodnie z 3.4 (7).

(3) Powierzchnia stali pod blachą ślizgową powinna być również zabezpieczona powłoką ochronną.

(4) Gwintowane otwory montażowe na bocznych powierzchniach płyt powinny być zabezpieczone smarem i kołkiem np. z PTFE lub innego tworzywa sztucznego.

(5) W łożysku nieprzesuwnym między kołnierzem pierścieniowym płyty górnej a cylindrem łożyska garnkowego lub płasko-wklęsłą płytą podstawy łożyska soczewkowego powinno znajdować się uszczelnienie (rys. 3.8 i 3.13) z pianki z tworzywa sztucznego (np. poliestrowej), dobranej wymiarowo w ten sposób aby jej ściśnięcie wynosiło od 50 do 75 % początkowej grubości.

(6) Powierzchnie ślizgowe łożysk jedno- oraz wielokierunkowo przesuwnych powinny być zabezpieczone przed zanieczyszczeniami i uszkodzeniami fartuchem ochronnym. Fartuch ten powinien być wystarczająco giętki, w celu umożliwienia oględzin powierzchni ślizgowych oraz pomiaru wysokości występu arkusza PTFE poza osadzenie. Powinien on być trwale zamocowany na obrzeżu górnej płyty ślizgowej np. za pomocą śrub z podkładkami oraz taśmy ze stali nierdzewnej.

3.11 Kontrola oznakowania i wyposażenia

(1) Łożysko powinno być zaopatrzone w tabliczkę znamionową podającą charakterystyczne dane łożyska: nazwę producenta, typ i numer łożyska, rok produkcji, założony przesuw i wstępne ustawienie części ruchomych, a także numer Aprobaty Technicznej IBDiM lub normy.

(2) Na wierzchu łożyska powinny znajdować się oznaczenia podające numer i typ łożyska, pozycję ustawienia w konstrukcji, osie konstrukcji i łożyska, projektowany kierunek przemieszczenia i ewentualnie wartość wyprzedzenia oraz ciężar łożyska.

(3) Jeżeli projektowane przemieszczenie na łożysku przesuwnym jest większe od ± 20 mm, to łożysko to powinno być zaopatrzone we wskaźnik i skalę przemieszczeń. Wskaźniki te mogą być mocowane dopiero po ustawieniu łożyska w pozycji projektowanej. Jeżeli są mocowane w wytwórni, to powinny być zabezpieczone przed uszkodzeniem na czas transportu.

Rozdział 4 Zasady wbudowywania łożysk na podporach

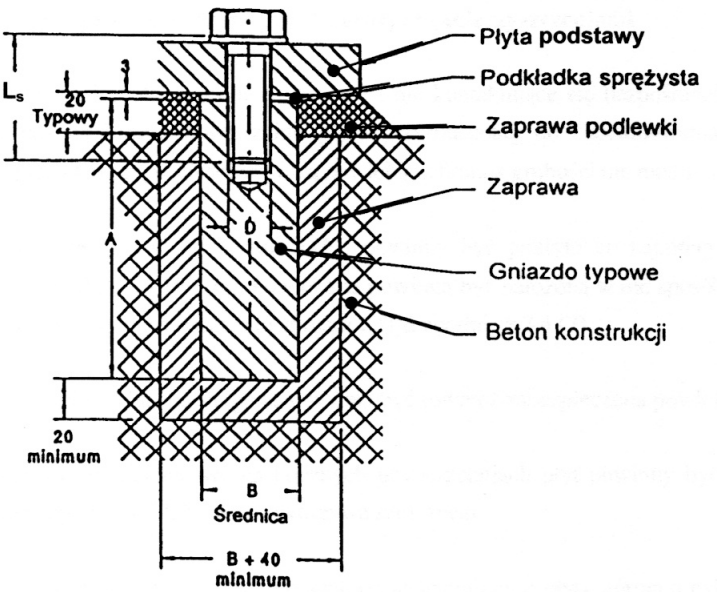
4.1 Zasady ogólne

(1) Po dostarczeniu łożysk na budowę należy przechowywać je w pomieszczeniu osłoniętym od wpływów atmosferycznych i zanieczyszczeń. Nie należy zdejmować ich z palet i należy dbać o nieuszkodzenie zabezpieczającej je folii.

(2) Wbudowując łożyska należy przestrzegać generalnej zasady, że podlewki i nadlewki powinny być wykonywane po ustawieniu łożyska na klinach w projektowanym położeniu między spodem przęsła a powierzchnią podpory.

(3) W przypadku przewidywanego osiadania fundamentu podpory, powinna być zapewniona możliwość wstawienia płyty rektyfikacyjnej.

(4) Sworznie lub kotwy blokowe powinny być osadzone w uzbrojonym betonie na głębokość co najmniej 90 mm. Zbrojenie betonu powinno składać się z siatek prętów użebrowanych o średnicy co najmniej ∅ 12 mm.



Rysunek 4.1 – Typowa kotwa blokowa; A- długość kotwy, B- średnica kotwy, D, L_s – średnica i długość śruby mocującej

(5) Łożyska powinny być składane w wytwórni. Płyty górna (ślizgowa) i dolna powinny być ze sobą skręcane za pomocą śrub stalowych, aluminiowych lub z tworzywa sztucznego. Po ustawieniu łożysk na podporach i opuszczeniu na nie konstrukcji przęsła powinny być one usunięte. Śruby metalowe powinny być malowane na jaskrawy kolor. Mogą być one także zaprojektowane w ten sposób, że pękają samoczynnie po włączeniu łożyska do współpracy z przęsłem.

(6) Jeżeli wymagane jest wstępne ustalenie wzajemnego położenia ruchomych elementów łożyska, to należy o tym uprzedzić producenta. Czynność ta powinna być wykonywana w wytwórni, a nie na budowie.

(7) Rysunki projektowe wskazujące na sposób ustawienia łożysk powinny być podstawą do prawidłowego ich usytuowania na podporze. Należy zwracać uwagę na wszelkie zamieszczone na nich uwagi dotyczące ewentualnych odstępstw i uściśleń.

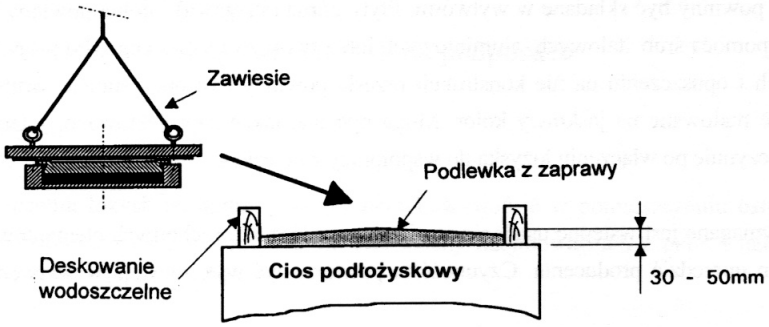
(8) Łożyska nie nadające się do przenoszenia ręcznego powinny być zaopatrzone w odpowiednie uchwyty transportowe. Łożysk nie można chwytać za zaciski montażowe.

(9) Punktem odniesienia do ustawienia wysokościowego jest środek górnej płyty lub płyty ślizgowej, a do ustawienia łożyska w poziomie - górna krawędź płyty dolnej lub powierzchni ślizgowej (w łożyskach przesuwnych).

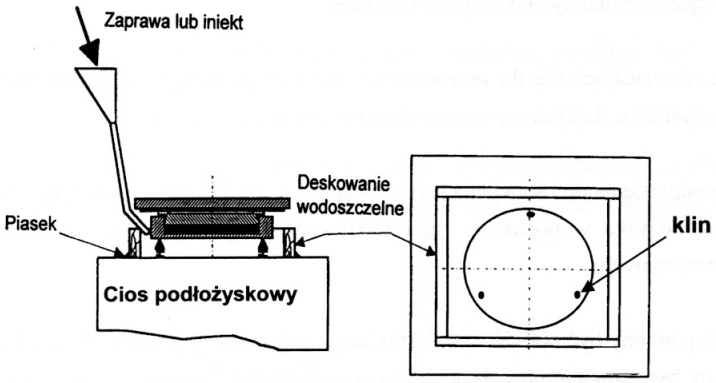
(10) Łożyska powinny być opuszczane i ustawiane na śrubach nastawczych lub na klinach stalowych, które powinny być usunięte po osiągnięciu przez podlewkę z zaprawy odpowiedniej wytrzymałości. Dopuszczalne jest także zastosowanie klinów z materiału ściśliwego. Przestrzeń pod płytą dolną należy wypełnić całkowicie zaprawą. Warstwa nieuzbrojonej zaprawy (podlewki) nie może być cieńsza niż 20 mm i grubsza od 50 mm. Na podlewki zalecane są zaprawy ciekłe, samorozlewne, nisko skurczowe, na bazie zaczynu cementowego, wtłaczane w przestrzeń ograniczoną ramką wodoszczelnego deskowania. Wszelkie zaprawy powinny mieć Aprobaty Techniczne IBDiM.

(11) Zalecana jest jedna z dwóch metod wykonania podlewki:

- przez ułożenie wypukłej warstwy gęsto plastycznej zaprawy w szczelnym obramowaniu (rys.4.2),
- przez wlewanie grawitacyjne lub iniekcję pod ciśnieniem zaprawy samorozlewnej (rys.4.3).

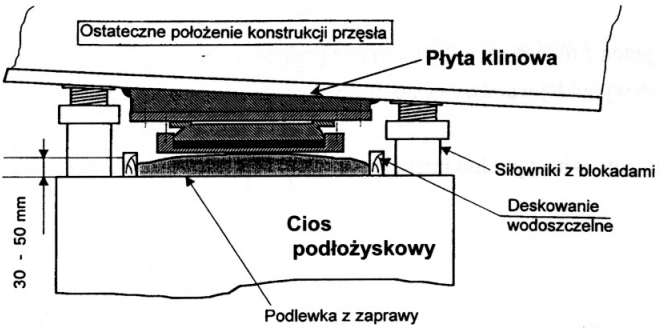


Rysunek 4.2 – Ustawianie łożyska garnkowego na ułożonej podlewce z zaprawy



Rysunek 4.3 – Wykonywanie podlewki pod płytą dolną łożyska ustawionego na klinach

(12) W przypadku spodu konstrukcji położonego w spadku, opuszczanie przęsła na wypukłą warstwę podlewki powinno przebiegać przez regulację położenia na podnośnikach (rys.4.4).



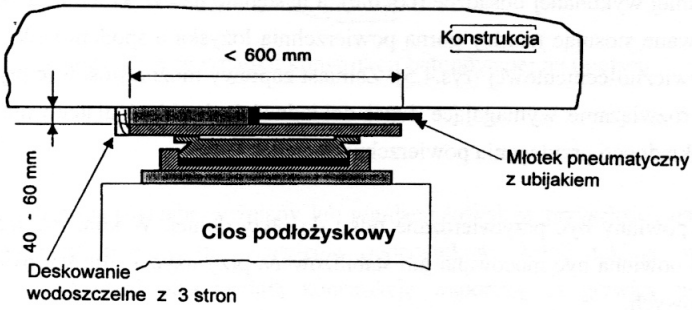
Rysunek 4.4 – Ustawianie łożyska na podlewce w przypadku konstrukcji w spadku

(13) Na nadlewki zalecane są zaprawy na bazie żywicy epoksydowej.

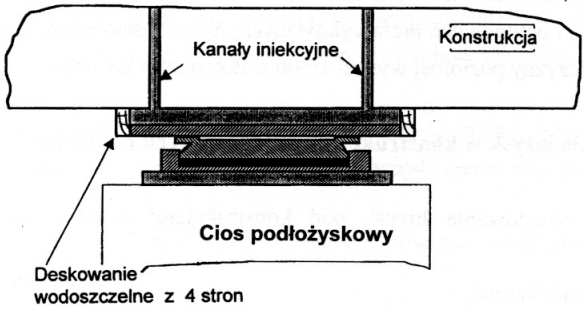
(14) Zalecana jest jedna z dwóch metod wykonania nadlewki:

- przez upychanie zaprawy (dotyczy łożysk o długości krótszego boku mniejszej od 500 mm) (rys.4.5 a).
- przez wlewanie grawitacyjne lub iniekcję pod ciśnieniem zaprawy samorozlewnej (rys.4.5b).

a



b



Rysunek 4.5 – Wykonywanie nadlewki łożyska w przypadku konstrukcji prefabrykowanych:
a- metodą wbijania zaprawy,
b- metodą iniekcji

(15) Podczas wtłaczania zapraw należy kontrolować stopień wypełnienia przez nie przestrzeni pod lub nad łożyskiem.

(16) Po wstępnym związaniu zaprawy, krawędzie ciosu lub odsadzek należy wykończyć.

(17) Roboty spawalnicze przy łożyskach, jak np. mocowanie sworzni i uchwytów, są dopuszczone do wykonywania na budowie tylko za zgodą producenta łożysk. Wykonując spawanie w sąsiedztwie elastomeru i arkuszy PTFE należy w ciągły sposób kontrolować temperaturę tych materiałów.

(18) W protokole wbudowania łożysk (według Załącznika B2) należy podać: temperaturę podczas montażu, pomierzone odchyłki podłużne i poprzeczne oraz ewentualną zmianę położenia ruchomych

części łożyska w stosunku do położenia neutralnego. Protokół powinien być dołączony do dziennika budowy.

4.2 Wbudowywanie łożysk w konstrukcjach stalowych i prefabrykowanych

(1) Wbudowując łożyska w konstrukcjach stalowych i prefabrykowanych przęseł można ustawiać je na wcześniej wykonanej odsadzce (cokole), a następnie na łożyskach ustawiać belki stalowe lub prefabrykowane stosując między górną powierzchnią łożyska a spodem belki warstwę nadlewki z zaprawy żywiczno-cementowej (rys.4.5). Zamiast zaprawy można stosować płyty klinowe (rys.4.4) ale jest to rozwiązanie wymagające dużej dokładności obróbki i dlatego nie zawsze spełniające warunki dokładnego przylegania powierzchni docisku.

(2) Kotwy powinny być przytwierdzane tylko do płyty dolnej. W konstrukcjach stalowych przęseł płyta górna powinna być mocowana lub stabilizowana przy użyciu śrub wysokiej wytrzymałości lub opórek stalowych.

(3) Odchylenie ustawienia łożysk w planie w stosunku do projektowanego, w przypadku konstrukcji niosących stalowych i betonowych prefabrykowanych, nie powinno przekraczać 2 mm. Dopuszczalne odchylenie od płaszczyzny poziomej wynosi 1:300 w dowolnym kierunku.

4.3 Wbudowywanie łożysk w konstrukcjach betonowanych na miejscu

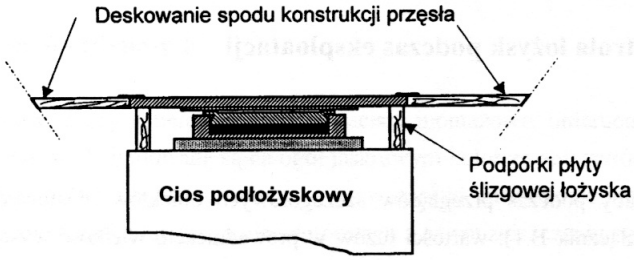
(1) W projekcie wbudowania łożysk pod konstrukcjami betonowanymi na miejscu należy uwzględniać:

- skurcz i pełzanie betonu,
- temperaturę konstrukcji betonu stwardniałego,
- skrócenie sprężyste od sprężenia,
- technologie wykonywania ustroju niosącego.

(2) Łożysko należy osadzić w podporze przed wykonaniem ustroju niosącego, przestrzegając tolerancji wbudowywania.

(3) Odchylenie ustawienia łożysk w planie w stosunku do projektowanego, w przypadku konstrukcji niosących betonowanych na miejscu, nie powinno przekraczać 5 mm. Dopuszczalne odchylenie od płaszczyzny poziomej wynosi 1:200 w dowolnym kierunku.

(4) Płyty ślizgowe, przed betonowaniem konstrukcji przęseł, należy sztywno podeprzeć w czterech narożach (rys.4.6).



Rysunek 4.6 – Ustawianie łożyska w przypadku konstrukcji betonowanej na miejscu

4.4 Wymiana łożysk

(1) Ze względu na ewentualną potrzebę wymiany lub regulacji łożysk w przyszłości, na podporach powinno być przewidziane miejsce na ustawienie podnośników. Jeżeli takiego miejsca nie zapewniono, to należy wykonać odpowiednią konstrukcję wsporczą na głowicy podpory lub bezpośrednio na gruncie.

(2) Przed przystąpieniem do wymiany łożyska należy przeprowadzić analizę przyczyn jego uszkodzeń. Przyczyny te powinny być usunięte zanim podjęte będą właściwe roboty związane z wymianą łożyska.

(3) W przypadkach awaryjnych zagrażających bezpieczeństwu ruchu, łożysko powinno być prowizorycznie zabezpieczone przed efektami uszkodzenia a przęsło oparte na podporze tymczasowej.

(4) Ustawienie części ruchomych łożysk wbudowywanych powinno uwzględniać temperaturę, w której wykonywana jest ta operacja.

(5) W przypadku wymiany łożysk wbudowanych na łożyska o znacznie mniejszej wysokości, istnieje potrzeba nadbudowy ław lub ciosów podłożyskowych. Należy wówczas przestrzegać zaleceń normowych dotyczących łączenia starego betonu z nowym.

(6) Podczas wbudowywania nowych łożysk należy zapewnić niezmienną niweletę spodu konstrukcji przęsła oraz odpowiedni docisk na powierzchnię łożyska. Jest to szczególnie istotne w przypadku więcej niż dwóch łożysk na jednej podporze. Nie zachowanie jednakowych docisków może prowadzić do przeciążenia niektórych z nich. Odnosi się to zwłaszcza do łożysk elastomerowych, których ściśnięcia pod obciążeniem nominalnym wynoszą około 1,0÷2,0 mm. Położenie łożysk w pionie powinno być poddane zabiegowi rektyfikacji.

Rozdział 5 Kontrola łożysk podczas eksploatacji

5.1 Zasady ogólne

(1) Zalecane jest aby podczas przeglądów szczegółowych obiektów mostowych kontrolować w łożyskach (patrz Załącznik B.1): 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 przemieszczenia liniowe i kątowe ruchomych części łożyska. Szczegóły dotyczące wypełniania poszczególnych pozycji formularza podano w normie PN-EN 1337-10.

(2) Podczas kontroli łożysk należy zwracać uwagę na wszelkie odchylenia od typowych odkształceń lub uszkodzenia sąsiadujących z łożyskiem powierzchni ciosów i ław podłożyskowych, a także spodu konstrukcji przęsła.

(3) Minimalny zakres przesuwu w głównym kierunku ruchu łożysk garnkowych i soczewkowych wynosi ± 50 mm, zaś w kierunku do niego prostopadłym ± 20 mm (w łożyskach wielokierunkowo przesuwnych).

(4) W skrajnym położeniu łożyska garnkowe i soczewkowe powinny mieć zachowane następujące minimalne rezerwy:

- obrotu ± 0,005 rad lub ± 10/r rad (r – promień obrotu, w mm),
- przesuwu ± 20 mm w obu kierunkach.

(5) Całkowity luz w łożysku, na który się składają:

- luz między cylindrem a tłokiem (w łożysku garnkowym – rys.3.8) lub między pierścieniem płyty górnej a płytą dolną (w łożysku soczewkowym – rys.3.4),
- luz w prowadnicy (rys.3.7),

nie może być większy od 2,0 mm.

(6) Niespełnienie wymagań rozdziału 5 prowadzi do:

- konieczności indywidualnej oceny zagrożenia bezpiecznej pracy łożyska i obiektu mostowego,
- rektyfikacji ustawienia łożyska,
- wymiany elementu lub elementów łożyska,
- wymiany całego łożyska.

(7) Powierzchnie ślizgowe łożysk, uszczelki, fartuchy ochronne, skale i wskaźniki oraz zabezpieczenie antykorozyjne powinny być odpowiednio chronione przez utrudniony do nich dostęp lub odpowiednie zabezpieczenie.

5.2 Kontrola elementów ślizgowych

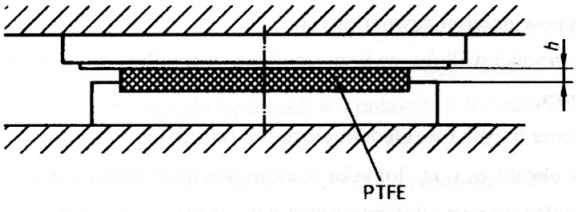
(1) Należy skontrolować czy usunięto wszystkie zaciski montażowe, unieruchamiające elementy ślizgowe łożyska. Zaciski te malowane są na ogół jaskrawym kolorem aby zwrócić na nie uwagę w czasie wbudowywania łożyska. Nieusunięte w porę zaciski montażowe mogą prowadzić do zniszczenia elementów łożyska lub mogą ulec deformacji a nawet zniszczeniu po włączeniu łożyska do przenoszenia obciążeń.

(2) Należy skontrolować czy położenie płyty ślizgowej względem krawędzi łożyska odpowiada temperaturze otoczenia, uwzględniając fakt, że położenie neutralne płyty ślizgowej powinno odpowiadać temperaturze otoczenia + 10°. Brak ustawienia płyty ślizgowej w wytwórni z odpowiednim wyprzedzeniem, uwzględniającym temperaturę montażu (opuszczenia przęsła na łożysko), może prowadzić do niewystarczającej drogi poślizgu przy maksymalnym wzroście lub spadku temperatury.

(3) Powierzchnie ślizgowe łożysk nie powinny mieć żadnej powłoki zabezpieczającej. Należy kontrolować czy niezabezpieczona fartuchem ochronnym powierzchnia blachy ślizgowej nie została przypadkiem pomalowana podczas okresowego odnawiania powłok malarskich konstrukcji przęsła. Powierzchnie te mogą być także zachlapane zaczynem cementowym, który należy delikatnie usunąć.

(4) Po odsłonięciu powierzchni ślizgowych należy ocenić stan blachy ślizgowej oraz czy arkusz PTFE na całym obwodzie jest wewnątrz wycięcia płyty osadzenia.

(5) Do kontroli zużycia PTFE należy użyć punktów pomiarowych, które powinny być zaznaczone na obwodzie PTFE: co najmniej 2 w kierunku obrotu łożyska oraz co najmniej 3 - do oceny wysokości *h* występu płaskiego arkusza PTFE poza jego osadzenie (rys.5.1).



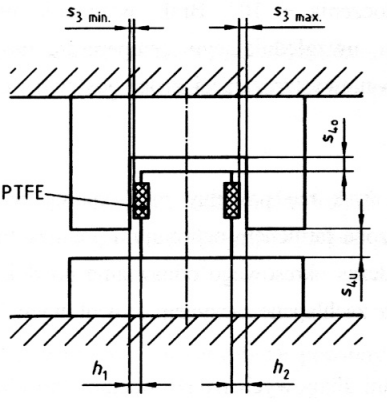
Rysunek 5.1 – Kontrola występu PTFE poza osadzenie, według EN 1337-10:2003

(6) Jeżeli występ *h* arkusza PTFE poza osadzenie jest mniejszy od 1,0 mm, to element ślizgowy powinien być częściej kontrolowany. Zmniejszenie występu do 0,2 mm dyskwalifikuje dany element ślizgowy.

5.3 Kontrola prowadnic

W prowadnicach należy kontrolować:

- luz poprzeczny $s_3 = s_{3min} + s_{3max}$ w obu szczelinach prowadnicy na obu jej końcach (rys.5.2),
- prześwit w pionie s_{4u} między listwą prowadnicy a kanałem prowadnicy (rys.5.2),
- prześwit w pionie s_{4o} między płytą ślizgową a płytą podstawy lub płytą dolną (rys.5.2),
- występ $h_1 - s_{3min}$ i $h_2 - s_{3max}$ paska PTFE poza osadzenie (o ile takie rozwiązanie przyjęto w prowadnicy) (rys.5.2),
- stan zamocowania pasków PTFE lub materiału kompozytowego.

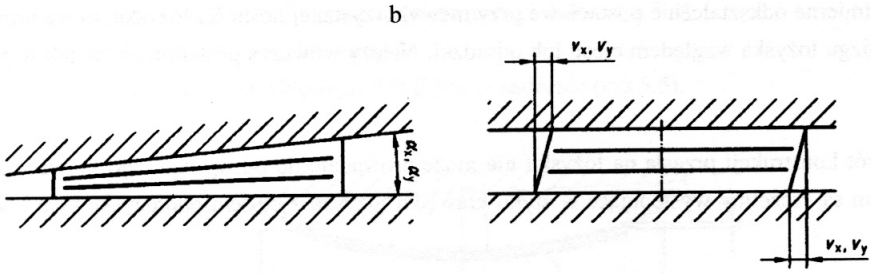


Rysunek 5.2 – Kontrola położenia prowadnicy w kanale prowadnicy i względem płyty podstawy lub płyty dolnej, według EN 1337-10:2003

5.4 Kontrola łożysk elastomerowych

(1) Kontrola łożysk elastomerowych polega na:

- oględzinach ich powierzchni zewnętrznych,
- ocenie równomierności wałków wybrzuszenia poszczególnych warstw elastomeru na wysokości łożyska,
- pomiarze położenia łożyska względem ciosu lub odsadzki,
- pomiarze kątów obrotu α_x i α_y łożyska w kierunkach osi głównych x i y łożyska (rys.5.3),
- pomiarze odkształcenia postaciowego przez pomiar przemieszczeń v_x i v_y w kierunkach osi głównych x i y łożyska (rys.5.3).



Rysunek 5.3 – Kontrola odkształcenia łożyska elastomerowego, według EN 1337-10:2003:
a- poddanego działaniu momentu,
b- poddanego działaniu sił poziomych (odkształcenie postaciowe)

(2) W przypadku stwierdzenia kruchości, mięknienia lub kleistości elastomeru, a także obecności siatki spękań powierzchniowych, łożysko takie należy wymienić.

(3) 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.

(4) Nadmierne, nieregularne wybrzuszenia na powierzchniach bocznych świadczą o wadliwej konstrukcji łożyska lub braku właściwej wulkanizacji. Łożyska takie mają mniejszą nośność i powinny być wymienione.

(5) 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.

(6) Nierównomierność odkształceń elastomeru na powierzchniach bocznych może być spowodowana nierównoległością dociskanych powierzchni, bądź samego bloku elastomerowego, bądź powierzchni podpory i spodu przęsła będących w kontakcie z łożyskiem.

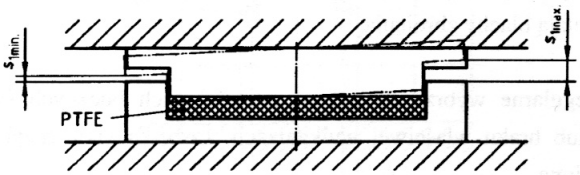
(7) Odkształcenie postaciowe bloku elastomerowego jest niedopuszczalne, gdy przemieszczenie górnej powierzchni względem dolnej jest większe od 0,7 grubości warstw elastomeru w łożysku (t_q). W przypadku stwierdzenia przekroczenia tej wartości należy znaleźć przyczynę przemieszczenia przęsła lub podpory i ją usunąć. Łożysko takie należy odciążyć przez uniesienie przęsła na podporze, ale po uprzednim sprawdzeniu redystrybucji sił poziomych, którą to odciążenie może spowodować.

(8) Nadmierne odkształcenie postaciowe przy niewykorzystanej nośności łożyska, może prowadzić do poślizgu łożyska względem ciosu lub odsadzki. Należy wówczas postępować tak jak w punkcie (7).

(9) Obrót konstrukcji przęsła na łożysku nie może prowadzić do odciążenia jego krawędzi, czego objawem są szczeliny występujące w styku krawędzi łożyska z ciosem podłożyskowym i spodem przęsła.

5.5 Kontrola łożysk garnkowych

(1) Kontrola łożysk garnkowych polega na:
- ocenie stanu podlewek i nadlewek,
- pomiarze kąta obrotu tłoka względem cylindra przez pomiar szczelin s_{1min} i s_{1max} (rys.5.4),
- pomiarze zagłębienia tłoka w cylindrze na podstawie średniej z pomiarów szczelin między kołnierzem tłoka a pierścieniem cylindra w 4 punktach na jego obwodzie,
- ocenie stanu zakotwień dolnych i górnych.



Rysunek 5.4 – Kontrola obrotu tłoka łożyska garnkowego, według EN 1337-10:2003

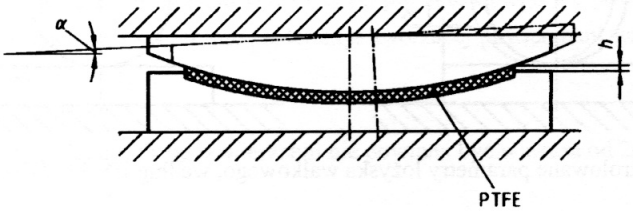
(2) Niewłaściwa jakość podlewki oraz brak wypełnieniem zaprawą całej przestrzeni pod płytą dolną łożyska, mogą prowadzić do trwałego odkształcenia cienkiej płyty dolnej cylindra i w rezultacie do zablokowania tłoka.

(3) Przekroczenie dopuszczalnego kąta obrotu tłoka względem cylindra, wynoszącego 0,003 rad – podczas ustawiania łożyska, może prowadzić do zablokowania możliwości obrotu tłoka w czasie eksploatacji obiektu lub/i do wyciśnięcia elastomeru na zewnątrz cylindra. Objawem świadczącym o wyciskaniu elastomeru z cylindra może być np. obecność ścinków elastomeru w otoczeniu cylindra.

5.6 Kontrola łożysk soczewkowych

(1) Kontrola łożysk soczewkowych polega na:
- ocenie stanu podlewek i nadlewek,
- pomiarze kąta obrotu α soczewki lub płyty górnej (w łożysku nieprzesuwnym) względem płyty dolnej (rys.5.5),

- pomiarze w 4 punktach szczeliny między płytą górną i dolną (rys.3.4),
- ocenie stanu zakotwień dolnych i górnych,
- pomiarze występu arkusza wklęsłego PTFE poza osadzenie (rys 5.5).



Rysunek 5.5 - Kontrolowane parametry łożyska soczewkowego, według EN 1337-10:2003

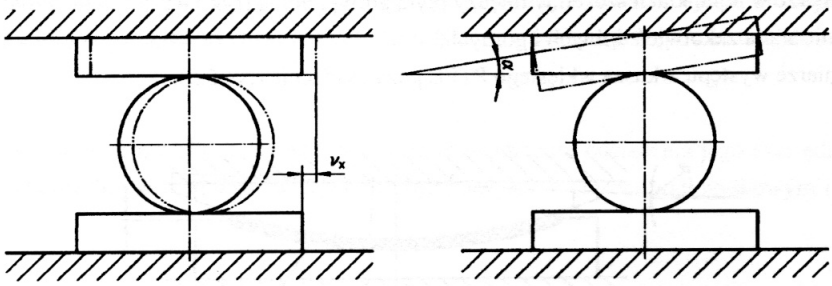
(2) Przekroczenie dopuszczalnego kąta obrotu płyty górnej z pierścieniem względem płyty dolnej w łożysku nieprzesuwnym - wynoszącego 0,003 rad – podczas ustawiania łożyska, może prowadzić do zablokowania możliwości obrotu na łożysku w czasie użytkowania obiektu.

(3) Powstanie szczeliny na krawędzi między spodem soczewki a wklęsłym arkuszem PTFE może przyczynić się do zanieczyszczenia powierzchni ślizgowych oraz zwiększenia współczynnika tarcia między tymi powierzchniami, a także szybszego zużycia PTFE.

5.7 Kontrola łożysk wałkowych i wahaczy

(1) Kontrola łożysk wałkowych i wahaczy polega na:
- ocenie stanu powierzchni tocznych,
- pomiarze wzajemnego przemieszczenia v_x płyt górnej i dolnej (rys.5.6),
- pomiarze szczeliny w linii kontaktu wałka z płytami górną i dolną,
- pomiarze kąta obrotu α płyty górnej względem płyty dolnej (rys.5.6),
- pomiarze ustawienia wałków w stosunku do osi wzdłużnej przęsła,
- ocenie stanu listew lub płyt ograniczających wałki,
- ocenie stanu zakotwień dolnych i górnych.

(2) Tolerancje płaskości płyt wałkowych i wahaczowych, mierzone w kierunku osi wałka lub wahacza powinny spełniać następujące warunki:
- 0,1 mm przy długości wałka $\leq$ 250 mm,
- 0,0004 $\cdot L$ przy długości wałka > 250 mm.



Rysunek 5.6 – Kontrolowane parametry łożyska wałkowego, według EN 1337-10:2003

(3) Tolerancja cylindryczności wynosi 0,05 mm. Tolerancja średnicy wałka w łożysku wielowałkowym wynosi: +0,08 mm, -0,0 mm.

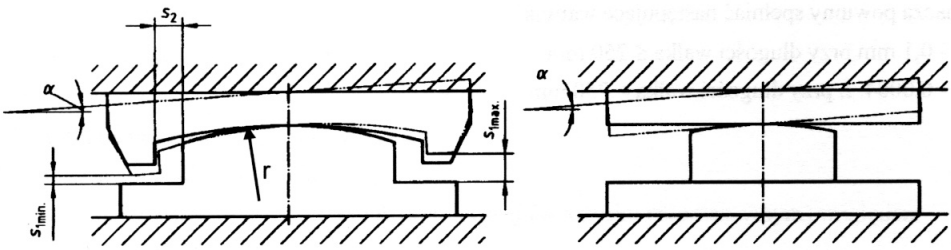
(4) Dolne i górne płyty powinny być ustawione poziomo, przy czym tangens kąta pochylenia do poziomu nie powinien przekraczać 0,004 z tym, że górna płaszczyzna płyty dolnej powinna być równoległa do dolnej płaszczyzny płyty górnej przy tangensie kąta pochylenia nie przekraczającym 0,002.

(5) W łożysku jednowałkowym wałek toczny powinien być ustawiony prostopadle do osi dźwigara z dokładnością do 2°, zaś w łożysku wielowałkowym z dokładnością do 1°.

(6) Przekroczenie dopuszczalnego przemieszczenia w łożyskach wałkowych ściętych prowadzi do blokady przemieszczeń w wyniku wzajemnego kontaktu ściętych powierzchni wałków.

5.8 Kontrola łożysk punktowo- i liniowo-stycznych

(1) Kontrola łożysk punktowo- i liniowo-stycznych polega na:
- ocenie stanu powierzchni tocznych,
- pomiarze wzajemnego obrotu płyt górnej i dolnej przez pomiar szczelin s_{1min} i s_{1max} (rys.5.7),
- pomiarze wzajemnego przemieszczenia s_2 płyt górnej i dolnej (rys.5.7),
- pomiarze szczeliny w linii kontaktu płyty górnej i dolnej,
- ocenie stanu zakotwień dolnych i górnych.



Rysunek 5.7 – Kontrolowane parametry łożyska stycznego, według EN 1337-10:2003

(2) Tolerancja powierzchni płyty płaskiej na obszarze styku z płytą o powierzchni walcowej wynosi 0,1 mm.

(3) Odchylenie promienia r powierzchni walcowej od projektowanego nie powinno przekroczyć 5 % i nie powinno być większe od 50 mm. Tolerancja tworzącej powierzchni walcowej w obszarze styku wynosi 0,1 mm.

(4) Chropowatość R_z stykających się powierzchni nie powinna być większa od 20 μm.

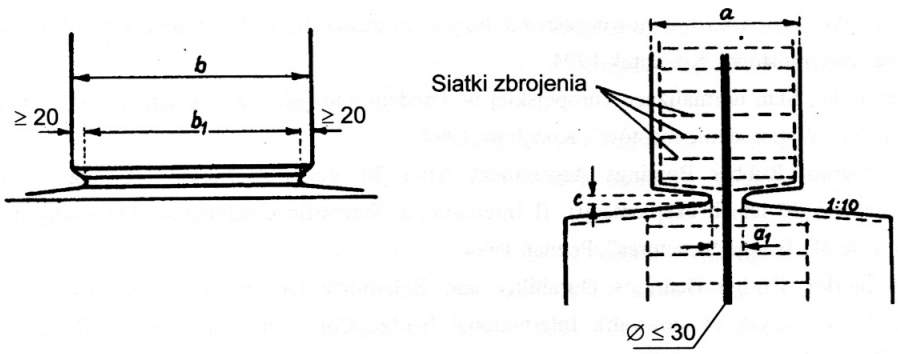
(5) Odchylenia s_2 odległości obrzeża płyty górnej od krawędzi płyty dolnej po obu stronach (rys.5.7) nie powinny przekraczać 1,0 mm.

5.9 Kontrola przegubów betonowych i żelbetowych

(1) Kontrola przegubów betonowych i żelbetowych (rys.5.8) polega na:

- ocenie stanu powierzchni zewnętrznych,
- pomiarze wymiarów przegubów a_1, b_1 i c oraz części z nimi sąsiadujących a i b,
- pomiarze wzajemnego obrotu części górnej i dolnej podpory w sąsiedztwie przegubu,
- ocenie stanu uszczelnienia przegubu,
- rejestracji układu rys i ubytków betonu w otoczeniu przegubu.

a b



Rysunek 5.8 – Przegub żelbetowy jednokierunkowy:
a- widok z boku,
b- przekrój

(2) Odchylenia wymiarów części sąsiadujących z przegubami a i b w stosunku do projektowanych nie powinny przekraczać 5 mm, a odchylenia grubości c samych przegubów nie powinny przekraczać 2 mm.

(3) Szerokość przegubu żelbetowego jednokierunkowego a_1 powinna być większa od 80 mm (betonowego – większa od 50 mm) i spełniać warunek $a_1 \leq 0{,}3\ a$, zaś jego długość $b_1 \leq b - 40$ (betonowego - $b_1 \leq b - 100$).

(4) Wysokość c przegubu żelbetowego jednokierunkowego powinna być większa od 10 mm ale nie większa od 50 mm (betonowego – nie większa od 20 mm) oraz spełniać warunek $c \leq 0{,}15\ a$.

Bibliografia

1. H.Eggert, J.Grote, W.Kauschke - Lager im Bauwesen. Band I. Entwurf, Berechnung, Vorschriften, Wilhelm Ernst & Sohn,1974
2. H.Eggert, W.Kauschke - Lager im Bauwesen. 2. Auflage, Wilhelm Ernst & Sohn,1995
3. D.J.Lee - Bridge Bearings and Expansion Joints, E & FN SPON, 1994
4. F. Leonhardt - Podstawy budowy mostów betonowych, WKŁ, Warszawa 1982
5. A.Niemierko - Wytyczne stosowania łożysk elastomerowych w mostach, IBDiM, Seria I, Zeszyt 26, Warszawa 1988
6. A.Niemierko - Wytyczne stosowania łożysk kalotowych w mostach, IBDiM, Seria I, Zeszyt 27, Warszawa 1988
7. A.Niemierko - Zastosowanie łożysk gumowych w obiekcie betonowanym na miejscu, Drogownictwo, 9,1985
8. A.Niemierko - Stan i perspektywy wdrożeń nowoczesnych łożysk mostowych w warunkach krajowych, Drogownictwo, 7,1982
9. A. Niemierko Stan rozwoju nowoczesnych łożysk mostowych, II Konferencja Mostowców „Wyposażenie mostów", Kozubnik 1994
10. A. Niemierko, Stan normalizacji europejskiej w dziedzinie łożysk mostowych, II Konferencja Mostowców „Wyposażenie mostów", Kozubnik 1994
11. A. Niemierko, 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
12. A. Niemierko, Bridge Bearings Durability and Reliability Factors (Czynniki trwałości i niezawodności łożysk mostowych), International Bridge Conference Warsaw'94, Road and Bridge Research Institute 1994
13. A. Niemierko, Przyszłość łożysk mostowych, Inżynieria i Budownictwo, 10, 1995
14. A.Niemierko, 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, p.1199
15. A. Niemierko, Łożyska mostowe na Czwartym Światowym Kongresie w Sacramento (USA). Część I, Drogownictwo, 5, 1997

16. A. Niemierko, Łożyska mostowe na Czwartym Światowym Kongresie w Sacramento (USA). Część II, Drogownictwo, 6, 1997
17. A. Niemierko, Nowa norma dotycząca wymagań i metod badań łożysk mostowych, Referaty III Ogólnopolskiej Konferencji Mostowców „Konstrukcja i wyposażenie mostów", Wisła 18-20 czerwca 1997 r.
18. A. Niemierko, 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
19. A. Niemierko, Bridge Bearings Pathological Behaviour: Polish Case History (Zachowanie patologiczne łożysk mostowych: historia polskich przypadków), Fifth World Congress on Joints, Bearings and Seismic Systems for Concrete Structures, Rome, 7-11 October 2001
20. A.Niemierko, Zasady doboru i ustawiania łożysk mostowych, Referaty XIV Seminarium „Współczesne metody wzmacniania i przebudowy mostów", Inst. Inż. Ląd. Pol. Poznańskiej, Poznań 8-9.06.2004
21. A. Niemierko, Awarie łożysk mostowych a błędy w ich ustawianiu lub wbudowywaniu, L Konferencja Naukowa KILiW PAN i KN PZITB „Krynica 2004", t.V, 2004
22. A. Niemierko, Podstawowe błędy w doborze i ustawianiu łożysk mostowych, Materiały Budowlane, 5, 2005
23. A. Niemierko, Wymagania wobec łożysk mostowych w świetle nowej normy europejskiej, Pięćdziesiąta Pierwsza Konferencja Naukowa KILiW PAN i KN PZITB „Krynica 2005", t.IV, 2005
24. G. Ramberger, Structural Bearings and Expansion Joints for Bridges, IABSE Structural Engineering Documents, 6, Zurich 2002
25. PN-S-10060:1998 Obiekty mostowe - Łożyska - Wymagania i metody badań
26. Wymagania techniczne wykonania i odbioru (WTW) łożysk mostowych, IBDiM Informacje, instrukcje, Zeszyt Nr 43, Warszawa 1994
27. Rozporządzenie Ministra Transportu i Gospodarki Morskiej z dnia 30 maja 2000 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać drogowe obiekty inżynierskie i ich usytuowanie [Dz.U. Nr 63, poz.735]
28. PN-EN 1337-1:2003 Łożyska konstrukcyjne - Część 1: Postanowienia ogólne
29. PN-EN 1337-2:2005 Łożyska konstrukcyjne - Część 2: Elementy ślizgowe
30. PN-EN 1337-7:2003 Łożyska konstrukcyjne - Część 7: Łożyska sferyczne i cylindryczne z PTFE
31. PN-EN 1337-9: 2001 Łożyska konstrukcyjne - Część 9: Zabezpieczenie
32. PN-EN 1337-11: 2001 Łożyska konstrukcyjne - Część 11: Transport, magazynowanie i ustawianie
33. PN-ISO 2859-1 + AC1:1996 Plany badania na podstawie akceptowanego poziomu jakości (AQL) stosowane podczas kontroli partii za partią

34. Vademecum bieżącego utrzymania i odnowy drogowych obiektów mostowych, Tom 7 Wyposażenie mostów, Rozdział 7.4 Naprawa lub wymiana łożysk, GDDP Warszawa 1994 (autor: A. Niemierko)
35. DIN 4141 Lager im Bauwesen, 1984
36. BS 5400 Part 9 Steel, concrete and composite bridges – Bridge bearings, BSI 1983
37. T47 801÷815 Appareils d'appui en caoutchouc, AFNOR 1989
38. CNR – 10018/85 Apparechi d'appoggio in gomma e PTFE nelle construzioni
39. Code UIC 772R Directives pour l'utilisation des appareils d'appui en caoutchouc dans les ponts-rails, 1969
40. EN 1992-2 Oddziaływania na konstrukcje – Część 2: Obciążenia ruchome mostów

ZAŁĄCZNIKI

ZAŁĄCZNIK A

Karty kontroli łożysk

A.1 Karta kontroli łożyska elastomerowego

Wyniki badań i pomiarów geometrycznych łożyska elastomerowego

.....

Temperatura badania: °C

Lp.	Wielkość	Wymaganie	Wartość zmierzona	Odchyłka dopuszczalna	Przekroczenie
1	Twardość elastomeru, ^{0}Sh A	60		± 5	
2	Wysokość łożyska, mm			*)	
3	Szerokość łożyska, mm			+4,0 −2,0	
4	Grubość pośrednich warstw elastomeru, mm			*)	
5	Grubość górnej warstwy otulającej, mm	2,5		+2,0 −0,0	
6	Grubość dolnej warstwy otulającej, mm	2,5		+2,0 −0,0	
7	Grubość otuliny pionowej, mm	4,0		≥ 4,0	
8	Szerokość blachy zbrojenia, mm			+2,0 −1,0	
9	Grubość blachy zbrojenia, mm			+0,8 −0,4	

*) Zależy od wysokości lub grubości (patrz EN 1337-3:2005)

Uwagi:

....., dnia Kontrolujący .....

A.2 Karta kontroli łożyska elastomerowo-ślizgowego

Wyniki badań i pomiarów geometrycznych łożyska elastomerowo-ślizgowego

.....

Temperatura badania: °C

Lp.	Wielkość	Wymaganie	Wartość zmierzona	Odchyłka dopuszczalna	Przekroczenie
1	Twardość elastomeru, ^{0}Sh A	60		± 5	
2	Wysokość bloku, mm			*)	
3	Wysokość łożyska, mm				
4	Wymiary w planie bloku, mm			+4,0 −2,0	
5	Wymiary w planie łożyska, mm				
6	Grubość pośrednich warstw elastomeru, mm			*)	
7	Grubość warstw otulających, mm	2,5		+2,0 −0,0	
8	Grubość otuliny pionowej, mm	≥ 4,0			
9	Szerokość blachy zbrojenia, mm			+2,0 −1,0	
10	Grubość blachy zbrojenia, mm	≥ 2,0		+0,8 −0,4	
11	Luz w prowadnicy lub opórkach, mm	wg wzoru 3.5			
12	Grubość otuliny pod PTFE, mm	1,5		+2,0 −0,0	
13	Wysokość występu arkusza PTFE, mm	wg wzoru 3.1		± 0,2 (± 0,3 gdy L_p >1200)	
14	Grubość arkusza PTFE, mm	wg wzoru 3.2			
15	Luz w osadzeniu arkusza PTFE, mm	wg tabl. 3.2			
16	Chropowatość blachy ślizgowej, μm	≤ 1,0			

*) Zależy od wysokości lub grubości (patrz EN 1337-3:2005)

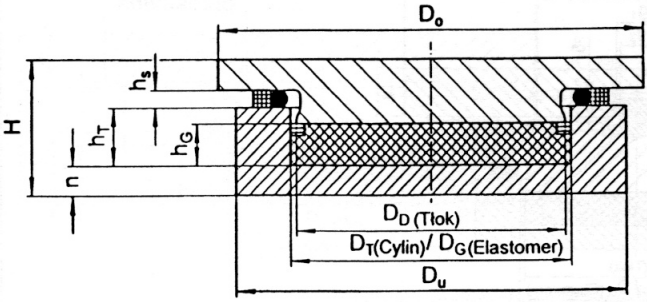
Uwagi:

....., dnia..... Kontrolujący .....

A.3 Karty kontroli łożysk garnkowych

Producent	**Karta kontrolna łożyska garnkowego**	**Nr**

Obiekt/łożysko:.....



Rodzaj łożyska:
nieprzesuwne

Łożysko: ..... kN
Rysunek nr:.....

Usytuowanie: .....
Arkusz : .....

Wymiary w mm

Wymiar	D_T	D_D	D_T-D_D	D_G	D_T–D_G	h_G	h_s	h_T	n
Nominalny			≤ 1,0		≤ 1,0				
Rzeczywisty									

Wymiar	D_o	D_u	H						
Nominalny									
Rzeczywisty									

Atest nr:

Stal gat..... .....
Mosiądz gat ....
Elastomer rodzaj .....twardość .....° Sh A .....
Smar rodzaj ....

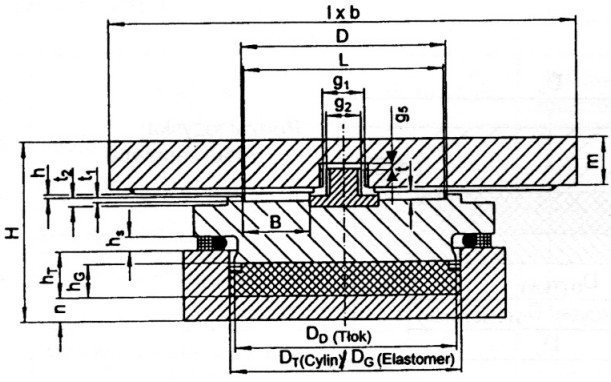
Uwagi:

Data: .....

Kontrolujący: .....

Producent	Karta kontrolna łożyska garnkowego	Nr

Obiekt/łożysko:.....



Rodzaj łożyska:
jednokierunkowo przesuwne

Płaskość powierzchni ślizgowej $f \leq 0{,}0003\ L_p$ = ...mm
Łożysko: ..... kN Usytuowanie: ..... $e_x = \pm$ ..... mm
Rysunek nr:..... Arkusz : ..... $v_x = \pm$ ..... mm

Wymiary w mm

Wymiar	D_T	D_D	$D_T - D_D$	D_G	$D_T - D_G$	h_G	h_s	h_T	g_5 - h	l x b	g_1/g_2
Nominalny			≤ 1,0		≤ 1,0						
Rzeczywisty											

Wymiar	D	L	D - L	B	t	t_1	h	m	g_5	n	H
Nominalny											
Rzeczywisty											

Atest nr:

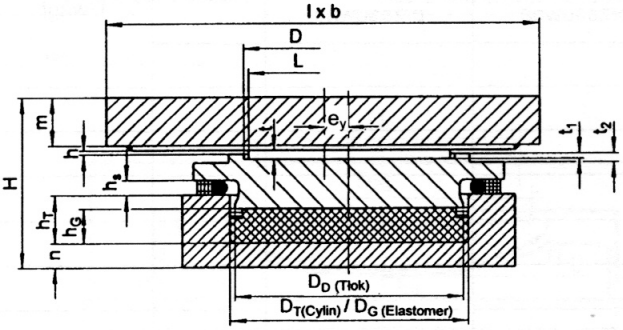
Stal gat ....
Mosiądz lub stal austenityczna gat..... .....
Elastomer rodzaj ..... twardość .....° Sh A .....
Smar rodzaj ....
PTFE .....
Materiał kompozytowy .....
Stal austenityczna gat ..... twardość ..... HB .....
grubość ..... mm chropowatość R_z .....µm.

Uwagi:

Data: ..... Kontrolujący: .....

Producent	**Karta kontrolna łożyska garnkowego**	**Nr**

Obiekt/łożysko:.....



Rodzaj łożyska:
wielokierunkowo przesuwne

Płaskość powierzchni ślizgowej $f \leq 0{,}0003\ L_p$ = ...mm

Łożysko: ..... kN Usytuowanie: ..... e_x/e_y = ± ..... mm

Rysunek nr:..... Arkusz : ..... v_x/v_y = ± ..... mm

Wymiary w mm

Wymiar	D_T	D_D	$D_T - D_D$	D_G	$D_T - D_G$	h_G	h_s	h_T	l x b
Nominalny			≤ 1,0		≤ 1,0				
Rzeczywisty									

Wymiar	D	L	D - L	t	t_1	h	m	n	H
Nominalny									
Rzeczywisty									

Atest nr:

Stal gat ....

Mosiądz lub stal austenityczna gat ....

Elastomer rodzaj ..... twardość .....° Sh A .....

Smar rodzaj ....

PTFE .....

Stal austenityczna gat ..... twardość ..... HB .....

grubość ..... mm chropowatość R_z .....µm.

Uwagi:

Data: ..... Kontrolujący: .....

A.4 Karta zestawieniowa kontroli wykonania łożysk garnkowych

Lp.	Wielkość	Wymaganie	Rodzaj łożyska			Uwagi
			Wielokierunkowo przesuwne	Jednokierunkowo przesuwne	Stałe	
1	$D_T - D_D$	≤ 1,0 mm				
2	$D_T - D_G$	≤ 1,0 mm				
3	n	≥ 12 mm				
4	Δh_G	≥ 0,0; ≤+2,5 mm				
5	g_1-g_2	≤ 1,5 mm				
6	$D - L$	≤ 0,6 mm				
7	t_{PTFE}	≥ 4,8 mm				
8	h	≥ 2,2 mm				
9	$g \times s$	≥(1,5 x 6) mm				
10	c_P	≤ 0,5 mm				
11	Twardość	50 ± 5 °Sh A				
12	$R_{z,blachy}$	≤ 1,0 μm				
13	$R_{z,tłoka}$	≤ 25,0 μm				
14	$R_{z,cyl\text{-}dna}$	≤ 25,0 μm				
15	$R_{z,cyl\text{-}ścianki}$	≤ 6,3 μm				

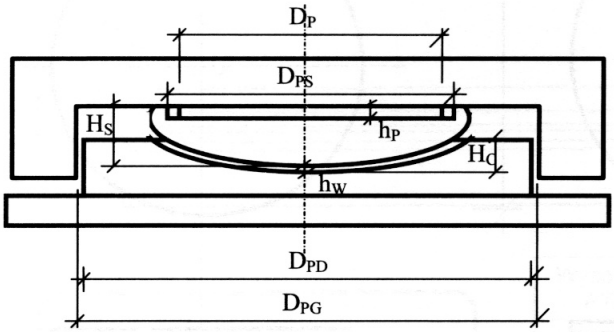
Oznaczenia:

$D_T - D_D$ - różnica między wewnętrzną średnicą cylindra a zewnętrzną tłoka,
$D_T - D_G$ - różnica między wewnętrzną średnicą cylindra a zewnętrzną płyty elastomerowej,
n - grubość dna cylindra,
Δh_G - różnica między projektowaną a rzeczywistą grubością płyty elastomerowej,
g_1-g_2 - różnica między szerokością kanału prowadnicy i trzonu prowadnicy (luz prowadnicy),
$D - L$ - różnica między średnicą osadzenia a średnicą arkusza PTFE,
t_{PTFE} - grubość arkusza PTFE,
h - wysokość występu arkusza PTFE poza osadzenie,
$g \times s$ – wymiary mosiężnej uszczelki pierścieniowej bloku elastomerowego,
c_P- rozwarcie przerwy pierścienia uszczelniającego,
$R_{z,blachy}$ - chropowatość blachy ślizgowej,
$R_{z,tłoka}$ - chropowatość spodu tłoka,
$R_{z,cyl\text{-}dna}$ - chropowatość dna cylindra,
$R_{z,cyl\text{-}ścianki}$ - chropowatość ścianki cylindra.

A.5 Karta kontroli wykonania łożyska soczewkowego

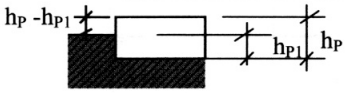
Producent	Karta kontrolna łożyska soczewkowego	Nr

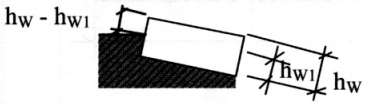
Obiekt:.....



Rodzaj łożyska

- ☐ Stałe
- ☐ Jednokierunkowe
- ☐ Wielokierunkowe





Płaskość powierzchni ślizgowej f = ... ≤ 0,0003 L_p= mm

Rysunek nr:..... Łożysko: ..... kN

Arkusz : ..... Usytuowanie: ..... e_x/e_y = ± ..... mm

Wymiar	D_{PS}	D_{WP}	D_P	D_W	D_{PS} -D_P	D_{WP} -D_W	h_P	h_W	
Nominalny									
Rzeczywisty									

Wymiar	H_S	H_C	D_{PD}	D_{PG}	D_{PG} - D_{PD}	h_{P1}	h_{W1}	h_P - h_{P1}	h_W - h_{W1}
Nominalny									
Rzeczywisty									

Atest nr:

Stal gat ....

Smar rodzaj ....

PTFE grubość ..... mm .....

Stal austenityczna gat .....twardość ..... HB .....

grubość ..... mm chropowatość R_a .....μm.

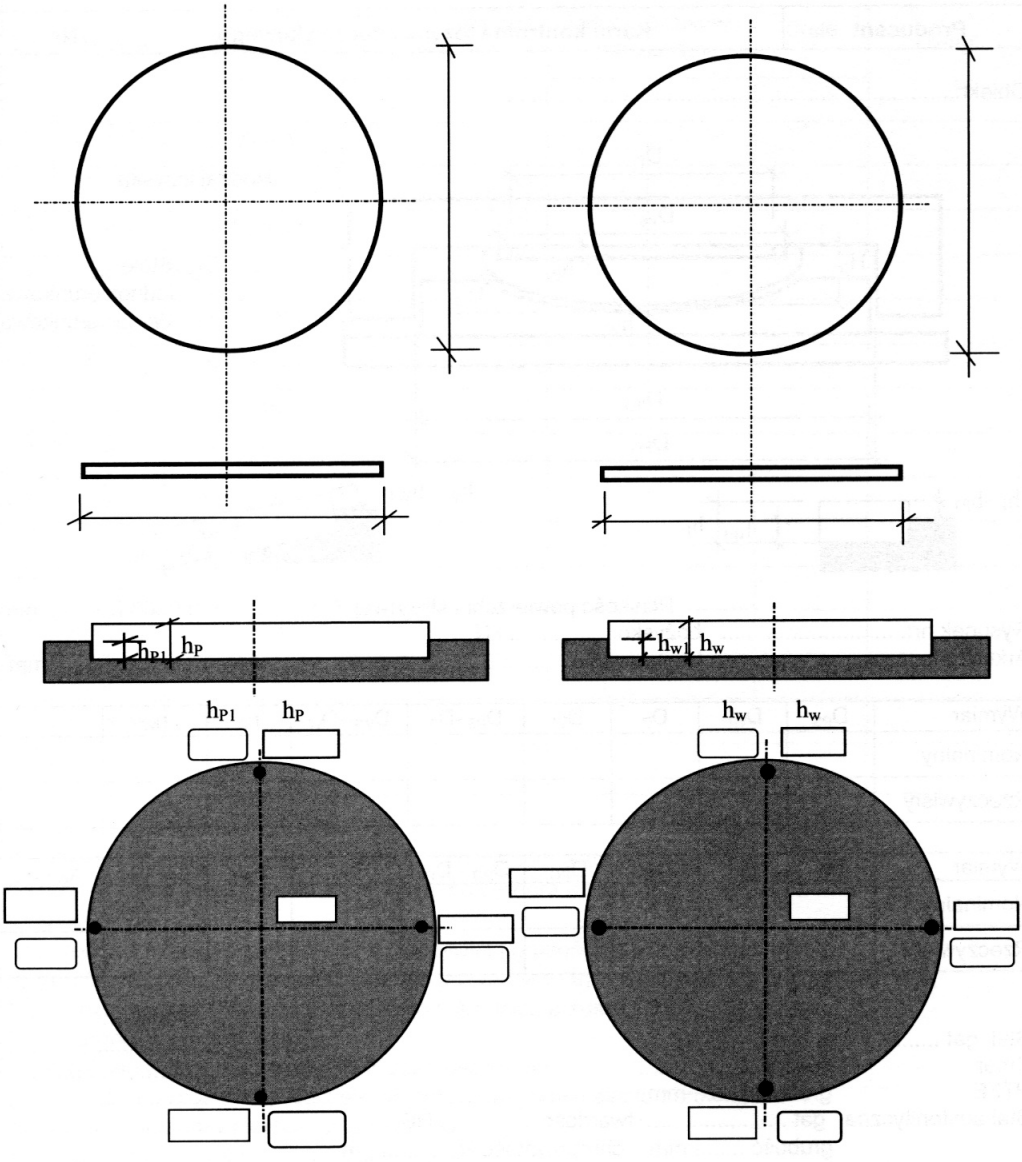
Uwagi:

Data: ..... Kontrolujący: .....

Nr łożyska .....

Płaski PTFE

Wypukły PTFE (wymiary w rzucie na płaszczyznę)



Temperatura:.....°C

Data: .....

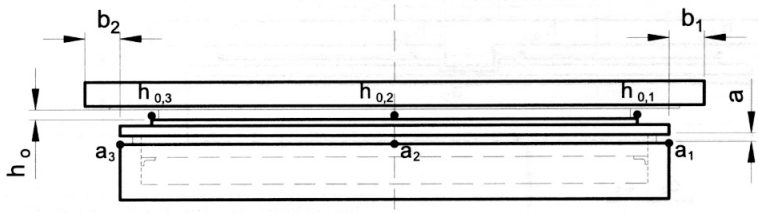
Kontrolujący: .....

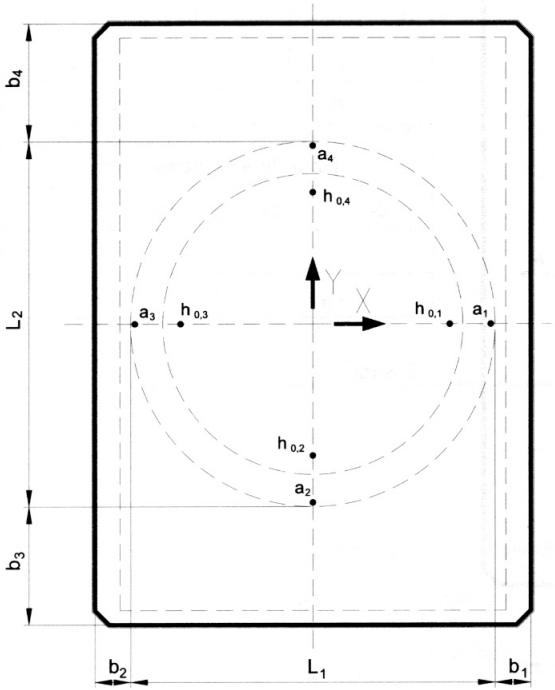
A.6 Karty kontroli łożysk garnkowych wbudowanych

A.6.1 Wyniki pomiarów łożysk garnkowych wielokierunkowo przesuwnych wbudowanych

Obiekt.....

Nr łożyska	Oznaczenie	Podpora	Oś





Wysokość występu arkusza PTFE poza osadzenie			
$h_{0,1}$	$h_{0,2}$	$h_{0,3}$	$h_{0,4}$
$h_{śr}$=			

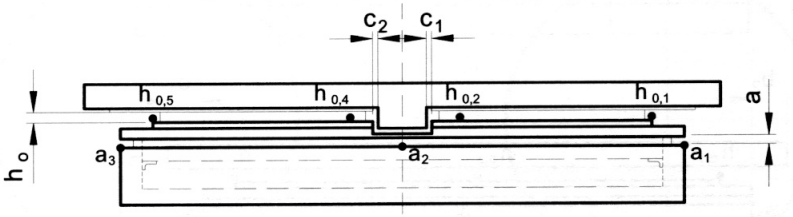
Uwagi

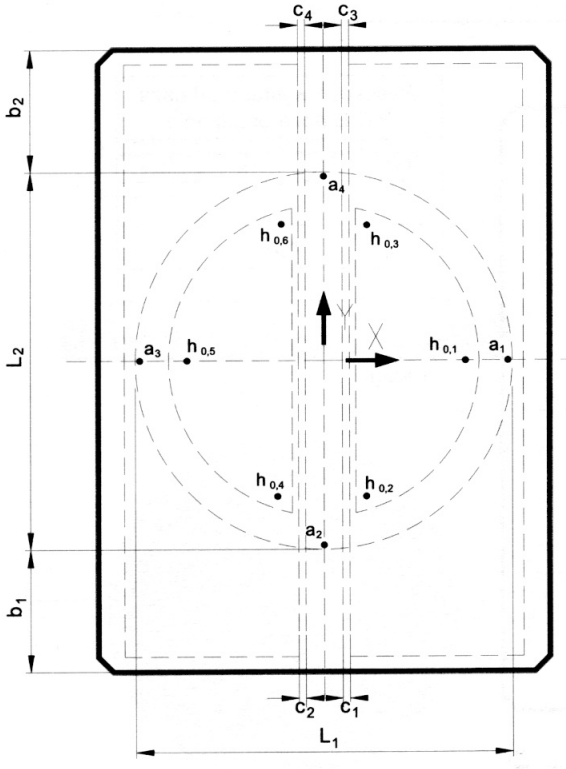
Odległość tłoka od cylindra				Odległość krawędzi płyty ślizgowej od cylindra			
a_1=	**a_3=**	**a_2=**	**a_4=**	**b_1=**	**b_2=**	**b_3=**	**b_4=**
a_1- a_3=		a_2- a_4=		b_1- b_2=		b_3- b_4=	
L_1=		**L_2=**		V_X=		V_Y=	
$\alpha_1 = \frac{a_1 - a_3}{L_1} =$		$\alpha_2 = \frac{a_2 - a_4}{L_2} =$					

A.6.2 Wyniki pomiarów łożysk garnkowych jednokierunkowo przesuwnych wbudowanych

Obiekt:.....

Nr łożyska	Oznaczenie	Podpora	Oś





Wysokość występu arkusza PTFE poza osadzenie					
$h_{0,1}$	$h_{0,2}$	$h_{0,3}$	$h_{0,4}$	$h_{0,5}$	$h_{0,6}$
$h_{śr}$=			$h_{śr}$=		

Szczelina w prowadnicy			
c_1	c_3	c_2	c_4
$c_{śr}$=		$c_{śr}$=	

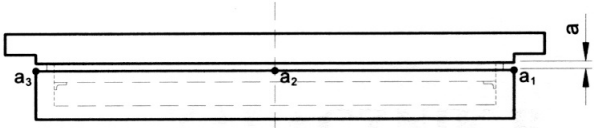
Uwagi:

Odległość tłoka od cylindra				Odległość krawędzi płyty ślizgowej od cylindra	
a_1=	**a_3=**	**a_2=**	**a_4=**	**b_1=**	**b_2=**
a_1- a_3=		a_2- a_4=		b_1- b_2=	
L_1=		**L_2=**		V_Y=	
$\alpha_1 = \frac{a_1 - a_3}{L_1} =$		$\alpha_2 = \frac{a_2 - a_4}{L_2} =$			

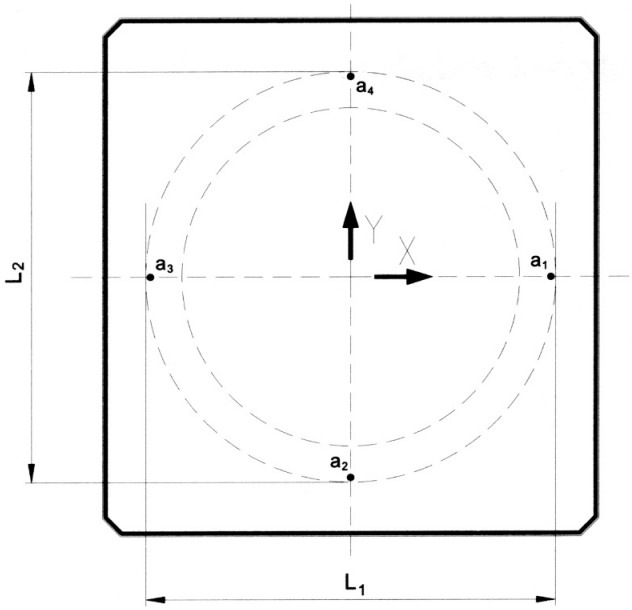
A.6.3 Wyniki pomiarów łożysk garnkowych stałych wbudowanych

Obiekt:.....

Nr łożyska	Oznaczenie	Podpora	Oś



Uwagi:



Odległość tłoka od cylindra			
a_1=	**a_3=**	**a_2=**	**a_4=**
a_1- a_3=		a_2- a_4=	
L_1=		**L_2=**	
$\alpha_1 = \frac{a_1 - a_3}{L_1} =$		$\alpha_2 = \frac{a_2 - a_4}{L_2} =$	

ZAŁĄCZNIK B

Wzory protokołów łożysk wg EN 1337

Załącznik B.1 Sprawozdanie z przeglądu łożysk (wg PN-EN 1337-10)

Obiekt .....

Nazwisko inspektora.....

Rok budowy .....

Data przeglądu .....

Aktualna temperatura konstrukcji obiektu .....

			Łożysko...	Łożysko...
1	Usytuowanie łożyska/identyfikacja (patrz 7.3 w PN-EN 1337-1:2003)			
2	Rodzaj łożyska/producent (patrz tablica 1 w PN-EN 1337-1:2003)			
3	Rysunek nr			
4	Fartuch ochronny	wymagany		
		na miejscu		
5	Wskaźnik	wymagany		
		na miejscu		
6	Położenie wskaźnika	mm		
7	Ruch łożyska (do oddzielenia w łożyskach złożonych, gdy obie części mogą się swobodnie przemieszczać)			
	Przemieszczenie podłużne	v_x		
	Przemieszczenie poprzeczne	v_y		
	Obrót podłużny	a_x		
	Obrót poprzeczny	a_{max}		
	Luzy/występy	h		
		s_{1min}		

8	s_{1max}		
	s_2		
	s_{3min}/s_{3max}		
	s_{4u}/s_{4o}		
9	Łożyska ślizgowe uszkodzenia zamocowań oraz stan arkusza blachy nierdzewnej, kontakt z PTFE		
10	Łożysko elastomerowe: wygląd, opis pęknięć, odciążenie		
11	Łożysko wałkowe i liniowe łożyska wahaczowe: linia kontaktu, płaskość i równoległość powierzchni płyt tocznych, poprawność kąta, smar		
12	Łożysko garnkowe, wahaczowe łożysko punktowe		
13	Urządzenie blokujące Urządzenie prowadzące (w przypadku łożysk prowadzących i prowadnic łożysk)		
14	Zabezpieczenie przed korozją		
15	Położenie i stan płyt zewnętrznych/zakotwień		
16	Uszkodzenie części stalowych		
17	Stan sąsiadujących elementów konstrukcyjnych (konstrukcja, zaprawa, gniazda)		
18	Uwagi (np. nieoczekiwany hałas, brud itd.)		
19	Wynik przeglądu, wymagane działania (korekta, wymiana, naprawa itd.) (jeżeli konieczne, użyć oddzielnego arkusza)		
20	Następny przegląd (rok) (ustalić czy przegląd bieżący czy podstawowy)*)		
UWAGA Wszystkie wymiary mają być w milimetrach a wszystkie kąty w stopniach. Znak dodatni oznacza kierunek od punktu stałego konstrukcji obiektu oraz w dół, jeśli odnosi się do przemieszczenia pionowego			

Podpis inspektora .....

*) według definicji w PN-EN 1337-10

Załącznik B.2 Wzór protokołu łożyska (wg PN-EN 1337-11:2001)

Konstrukcja (opis, położenie): .....

Metoda budowy: .....

Zamawiający: .....

Wykonawca: .....

Rodzaj łożyska: .....

Producent/umowa nr: .....

Niezależna kontrola, jeżeli wymagana, przez: .....

Schemat systemu łożyskowania i/lub plan usytuowania łożysk nr: .....

Rodzaj zastosowanej zaprawy i badanie jej zgodności

Sposób wykonania warstwy pośredniej: podlewka: nadlewka:

	0		1	2	3	4
1	Pozycja ustawienia (nr podpory/kierunek) jak na rysunku					
2	Przed ustawieniem	Rodzaj łożyska (skrót zgodnie z PN-EN 1337-1:2003)/Łożysko nr				
3		Obciążenie F_z w kN				
4		Siły poziome F_x/F_y w kN				
5		Obliczone przemieszczenie w milimetrach, + wskazuje kierunek przesunięcia od punktu stałego $v_x \pm$				
		$v_y \pm$				
6		Wyprzedzenie w milimetrach e_{vx}				
		e_{vy}				
7		Rysunek nr/arkusz nr				
8		Data dostawy				
9		Właściwe rozładowanie, ułożenie na palecie i przykrycie				
10		Umieszczenie oznaczeń na górnej powierzchni łożyska				
11		Dostarczony wskaźnik przemieszczeń				
12		Tabliczka wskazująca typ łożyska				
13		3-punktowa płytka pomiarowa na dolnej powierzchni łożyska				
14		Czystość i ochrona przed korozją				
15		Właściwe i pewne zamocowanie tymczasowych zacisków montażowych				
16		Pozycja ustawienia jak w wierszu 1				
17		Uniesienie konstrukcji niosącej				
		Data i godzina				
18		Czystość powierzchni kontaktujących się z zaprawą				
19	Ustawianie	Kierunek i wartość wyprzedzenia w milimetrach, + wskazuje kierunek od punktu stałego				
20		Odchylenie od poziomu, w milimetrach na metr, wyznaczone w punktach pomiarowych (podłużne/poprzeczne)				
21		Układanie zaprawy Data				

		Godzina (od...do...)				
22		Temperatura powietrza/temperatura konstrukcji, w stopniach Celsjusza				
23		Grubość podlewki z zaprawy w milimetrach (u) = niezbrojona, (b) = zbrojona	górna			
			dolna			
24	Początek pracy	Opuszczanie konstrukcji niosącej				
		Data/godzina				
25		Zwolnienie/usunięcie tymczasowych zacisków montażowych				
26		Ochrona powierzchni ślizgowych na miejscu				
27		Czystość i ochrona przed korozją				
28	Pomiary wyjściowe	Data/godzina				
29		Temperatura powietrza/Temperatura konstrukcji, w stopniach Celsjusza				
30		Odchylenie od poziomu, w milimetrach /metr, wyznaczone w punktach pomiarowych (podłużne/poprzeczne)				
31		Przemieszczenie w milimetrach, + wskazuje kierunek od punktu stałego v_x/v_y				
32		Szczelina ślizgowa w milimetrach max/min				
33		Szczelina przechyłowa w milimetrach max/min				
34	Uwagi lub inne informacje, np. uwzględniające procedury budowy, tymczasowe zmiany punktów stałych itd.					
Uwaga: Łożyska powinny być regulowane tylko za pomocą śrub nastawczych						

Kierownik budowy .....

Miejscowość .....

Data .....

Inspektor nadzoru .....

Miejscowość .....

Data .....

ISBN 83-89252-75-9