

GENERALNA DYREKCJA DRÓG KRAJOWYCH I AUTOSTRAD

Z A L E C E N I A
DOTYCZĄCE DOBORU MOSTOWYCH
URZĄDZEŃ DYLATACYJNYCH
ORAZ ICH WBUDOWYWANIA I ODBIORU

Załącznik do Zarządzenia Nr 4
Generalnego Dyrektora Dróg Krajowych i Autostrad
z dnia 24 stycznia 2007 roku

ISBN 83-89252-21-X

Warszawa, 2007

Opracowano w Instytucie Badawczym Dróg i Mostów

na zlecenie

Generalnej Dyrekcji Dróg Krajowych i Autostrad
00-848 Warszawa, ul. Żelazna 59

Autor opracowania:

dr inż. *Krzysztof Germaniuk*

Opiniodawcy:

prof. dr hab. inż. *Witold Wołowicki*

mgr inż. *Janusz Kłowan*

© Copyright by Instytut Badawczy Dróg i Mostów, Warszawa 2007

Wydawca, redakcja techniczna i rozpowszechnianie

INSTYTUT BADAWCZY DRÓG I MOSTÓW
Branżowy Ośrodek Informacji Naukowej,
Technicznej i Ekonomicznej Drogownictwa

03-301 Warszawa, ul. Jagiellońska 80
tel. (0-22) 811 39 99, fax. (0-22) 811 17 92

ZARZĄDZENIE NR 4

Generalnego Dyrektora Dróg Krajowych i Autostrad

z dnia 24 stycznia 2007 roku

w sprawie wprowadzenia zaleceń dotyczących doboru mostowych urządzeń dylatacyjnych oraz ich wbudowywania i odbioru.

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 z dnia 19 września 2005 roku, zarządzeniem Nr 25 z dnia 10 października 2005 roku, zarządzeniem Nr 8 z dnia 18 stycznia 2006 roku, zarządzeniem Nr 11 z dnia 8 lutego 2006 roku, zarządzeniem Nr 20 z dnia 13 lipca 2006 roku oraz zarządzeniem Nr 27 z dnia 10 października 2006 roku, zarządza się, co następuje:

§1

Wprowadza się do stosowania „**ZALECENIA DOTYCZĄCE DOBORU MOSTOWYCH URZĄDZEŃ DYLATACYJNYCH ORAZ ICH WBUDOWYWANIA I ODBIORU**”, stanowiące załącznik do Zarządzenia.

§2

Zarządzenie wchodzi w życie z dniem 1 marca 2007 roku.

GENERALNY DYREKTOR
Dróg Krajowych i Autostrad
mgr inż. Zbigniew Kotlański

SPIS TREŚCI

1. WSTĘP	7
1.1. Przedmiot opracowania	7
1.2. Określenia podstawowe	7
2. KLASYFIKACJA URZĄDZEŃ DYŁATACYJNYCH PRZEZNACZONYCH DO OBIEKTÓW MOSTOWYCH	10
3. ZASADY WYZNACZANIA PRZEMIESZCZEŃ KRAWĘDZI SZCZELIN DYŁATACYJNYCH	12
3.1. Uwagi ogólne	12
3.2. Wyznaczanie przemieszczeń krawędzi szczelin dyłatacyjnych w obiektach usytuowanych na terenach, na których nie występują szkody górnicze	14
3.3. Wyznaczanie przemieszczeń krawędzi szczelin dyłatacyjnych wywołanych wpływami reologicznymi	17
3.4. Wyznaczanie przemieszczeń krawędzi szczelin dyłatacyjnych w obiektach usytuowanych w skosie	18
3.5. Wyznaczanie przemieszczeń krawędzi szczelin dyłatacyjnych na terenach, na których występują szkody górnicze	20
3.6. Wyznaczanie przemieszczeń krawędzi szczelin dyłatacyjnych w obiektach mostowych o nietypowym schemacie statycznym lub wywołanych obciążeniami wyjątkowymi	21
4. ZASADY DOBORU RODZAJU URZĄDZENIA DYŁATACYJNEGO DO OKREŚLONEGO OBIEKTU MOSTOWEGO	26
5. PROJEKTOWANIE I MONTAŻ URZĄDZEŃ DYŁATACYJNYCH	31
5.1. Uwagi ogólne	31
5.2. Uciąglenie nawierzchni	35
5.3. Bitumiczne przykrycia dyłatacyjne	38
5.4. Blokowe urządzenia dyłatacyjne	42
5.5. Modułowe urządzenia dyłatacyjne	47
5.6. Jednomodułowe urządzenia dyłatacyjne mocowane przy użyciu betonu polimerowego	53
5.7. Palczaste urządzenia dyłatacyjne	56

6. WYKONYWANIE IZOLACJI I NAWIERZCHNI PRZY URZĄDZENIACH DYLATACYJNYCH	60
6.1. Uwagi ogólne	60
6.2. Wykonywanie izolacji przy urządzeniach dylatacyjnych	61
6.3. Wykonywanie nawierzchni mostowej	61
6.4. Połączenie nawierzchni mostowej z nawierzchnią drogową	63
7. ODWODNIENIE STREF PRZY SZCZELINIE DYLATACYJNEJ	64
8. KONTROLA JAKOŚCI ROBÓT ZWIĄZANYCH Z MONTAŻEM URZĄDZEŃ DYLATACYJNYCH I WYMAGANIA ODBIORCZE	67
8.1. Kontrola jakości materiałów	67
8.2. Kontrola wykonywania robót	68
9. PRZEGLĄDY I UTRZYMANIE STREF PRZY SZCZELINACH DYLATACYJNYCH	69
BIBLIOGRAFIA	71
<u>Załącznik 1</u>	
Procedura badawcza IBDiM Nr PB/TM-07:1998 Badanie odporności konstrukcji modułowego urządzenia dylatacyjnego na powtarzalne obciążenia dynamiczne	73
<u>Załącznik 2</u>	
Procedura badawcza IBDiM Nr PB/TM-08:1998 Badanie odporności konstrukcji blokowego urządzenia dylatacyjnego na powtarzalne obciążenia dynamiczne	81
<u>Załącznik 3</u>	
Procedura badawcza IBDiM Nr PB/TM-1/11:2005 Badanie odporności mostowych dylatacji bitumicznych na koleinowanie	89

1. WSTĘP

1.1. Przedmiot opracowania

Przedmiotem opracowania są zalecenia dotyczące doboru urządzeń dylatacyjnych oraz ich wbudowywania i odbioru w drogowych obiektach mostowych. Zalecenia są przeznaczone do stosowania przy opracowywaniu dokumentacji technicznej, prowadzeniu robót budowlanych, kontroli jakości i odbiorach robót oraz w bieżącym utrzymaniu urządzeń dylatacyjnych. Zalecenia opracowano w celu upowszechnienia w praktyce projektowej i wykonawczej optymalnych rozwiązań zabezpieczeń szczelin dylatacyjnych w obiektach mostowych.

Obiekty mostowe są na ogół dużymi budowlami inżynierskimi. Najdłuższe przęsło mostu wybudowanego w Japonii ma długość prawie 2 km. Zmiany temperatury otoczenia (oraz związane z tym ogrzewanie i ochładzanie materiału konstrukcyjnego) wywołują odkształcenia konstrukcji obiektów mostowych i zmiany długości ich elementów. Aby zapobiec powstawaniu w konstrukcjach budowlanych nadmiernych naprężeń wywołanych zmianami temperatury otoczenia, konieczne jest wykonywanie w nich szczelin dylatacyjnych, czyli szczelin umożliwiających swobodne przemieszczenia krawędzi elementów konstrukcji względem siebie. W przypadku obiektów mostowych przemieszczenia krawędzi szczelin dylatacyjnych osiągają wartości dochodzące do kilkudziesięciu centymetrów. Powoduje to konieczność wbudowywania w strefie szczelin dylatacyjnych specjalnych urządzeń, które pozwalają na swobodne odkształcenia krawędzi przęseł i jednocześnie na utrzymanie niezakłóconego ruchu pojazdów i pieszych.

Mostowe urządzenia dylatacyjne są przeznaczone do stosowania w pomostach drogowych obiektów mostowych. Rodzaj urządzenia powinien być dobrany do wielkości przemieszczeń, które mogą pojawić się w szczelinie dylatacyjnej.

1.2. Określenia podstawowe

Beton polimerowy, polimerobeton - mieszanina kruszywa i żywic syntetycznych, wiążąca po zmieszaniu z utwardzaczem, charakteryzująca się szybkim przyrostem wytrzymałości.

Bitumiczne przykrycie dylatacyjne - odmiana przykrycia dylatacyjnego wykonana ze specjalnie zaprojektowanej mieszanki mineralno – asfaltowej, w którym mieszanka mineralno-asfaltowa ułożona jest na metalowej blasze przykrywającej szczelinę dylatacyjną.

Blokowe urządzenie dylatacyjne - urządzenie dylatacyjne o grubości zbliżonej do grubości nawierzchni obiektu mostowego, wykonane z taśm elastomerowych

zbrojonych blachami metalowymi. W taśmie elastomerowej, naprzeciw blach metalowych naprzemiennie od góry i od dołu ukształtowane są wycięcia. Między wycięciami powstają elementy elastomerowe o przekroju prostokątnym (bloki elastomeru), które przez swoje odkształcenia postaciowe kompensują przemieszczenia krawędzi szczeliny dylatacyjnej.

Długość obliczeniowa obiektu mostowego - odległość od punktu stałego¹⁾ do krawędzi szczeliny dylatacyjnej.

Modułowe urządzenie dylatacyjne - urządzenie dylatacyjne zbudowane w postaci wewnętrznie geometrycznie zmiennego układu prętów. Belecзки wbudowane w płaszczyźnie jezdni mogą być oparte na belkach trawersowych lub na mechanizmach nożycowych. Przemieszczenia krawędzi szczeliny dylatacyjnej są kompensowane przez zmianę odległości między beleczkami wbudowanymi w płaszczyźnie jezdni. System sterowania geometrią rusztu zapewnia, że odległości w świetle między beleczkami jezdni są jednakowe podczas pracy urządzenia. Całkowite przemieszczenie w szczelinie dylatacyjnej jest dzielone na przemieszczenia kilku modułów, z których każdy umożliwia kompensowanie przemieszczenia o tej samej wielkości.

Nakładki wyciszające - płyty metalowe mocowane na stalowych profilach (skrajnych i pośrednich) modułowych urządzeń dylatacyjnych, które zmieniają kształt szczeliny dylatacyjnej. Po zamocowaniu nakładek szczelina dylatacyjna przybiera kształt zbliżony do piły zębatej (lub sinusoidy) i koła pojazdów najeżdżają zawsze na krawędzie szczeliny ustawione skośnie do kierunku ruchu.

Nominalna temperatura montażu - teoretyczna temperatura montażu obiektu mostowego równa +10°C. W tej temperaturze urządzenie dylatacyjne powinno mieć średnie rozwarcie.

Otwarte urządzenie dylatacyjne - urządzenie dylatacyjne, które pozwala na wpływanie wody z jezdni i chodników w głąb szczeliny dylatacyjnej.

Palczaste urządzenie dylatacyjne - urządzenie dylatacyjne, w którym z jednej lub z dwóch stron szczeliny dylatacyjnej są zamocowane wsporniki przekrywające szczelinę dylatacyjną, po których odbywa się ruch pojazdów.

Przemieszczenie nominalne - maksymalny zakres zmiany położenia względem siebie skrajnych elementów urządzenia dylatacyjnego, który zapewnia mu optymalne warunki eksploatacji i zakładaną trwałość.

¹⁾ Punkt stały jest zwykle tożsamy z osią łóżyska nieprzesuwnego obiektu mostowego. W szczególnych przypadkach jest inaczej i wtedy położenie punktu stałego należy wyznaczać na podstawie analizy warunków podparcia obiektu mostowego. Np. w wieloprzęsłowych symetrycznych, układach ramowych o nieparzystej liczbie przęseł punkt stały znajduje się w osi środkowego przęsła.

Przykrycie dylatacyjne - odmiana urządzenia dylatacyjnego przeznaczona do przenoszenia małych przemieszczeń. Jest to element lub zespół elementów konstrukcyjnych o dużej odkształcalności, wbudowywany w szczelinę dylatacyjną lub w nawierzchnię mostową nad szczeliną dylatacyjną, zwykle całkowicie schowany w nawierzchni mostowej.

Punkt stały - punkt w obiekcie mostowym, który nie ulega przemieszczeniu na skutek działania czynników zewnętrznych wywołujących odkształcenia w obiekcie mostowym.

Szczelina dylatacyjna, przerwa dylatacyjna - szczelina wykonana celowo w obiekcie mostowym, która umożliwia kompensowanie odkształceń elementów konstrukcyjnych wywołanych: zmianami temperatury, działaniem obciążeń ruchomych, procesami reologicznymi elementów konstrukcyjnych obiektu, sprężeniem ustroju, itp.

Taśma uszczelniająca - taśma elastomerowa (gumowa) wbudowywana w szczelinę dylatacyjną i mocowana do konstrukcji urządzenia dylatacyjnego, uniemożliwiająca wpływ wody w głąb szczeliny dylatacyjnej.

Temperatura montażu - temperatura konstrukcji obiektu mostowego podczas montażu obiektu mostowego lub jego elementów, np. urządzenia dylatacyjnego.

Uciąglenie nawierzchni nad szczeliną dylatacyjną, zwane dalej **uciągleniem nawierzchni** - odmiana przykrycia dylatacyjnego, w którym warstwy nawierzchniowe wiążąca i/lub ścierna (wykonane z mieszanek mineralno - asfaltowych) są zazbrojone siatkami, które mają na celu przeniesienie naprężeń rozciągających w nawierzchni wywołanych przemieszczeniami krawędzi szczeliny dylatacyjnej.

Urządzenie dylatacyjne - urządzenie wbudowywane w strefie szczeliny dylatacyjnej, umożliwiające swobodne przemieszczenia krawędzi szczeliny dylatacyjnej oraz niezakłócony ruch pojazdów lub osób przez tę przerwę w konstrukcji.

Urządzenie dylatacyjne z płytą przesuwną - urządzenie dylatacyjne wykonane w postaci blachy lub płyty zamocowanej do konstrukcji obiektu mostowego z jednej strony szczeliny dylatacyjnej i opartej na drugiej stronie szczeliny dylatacyjnej.

Wodoszczelne urządzenie dylatacyjne - urządzenie dylatacyjne, które uniemożliwia wpływ wody z jezdni i chodników w głąb szczeliny dylatacyjnej.

2. KLASYFIKACJA URZĄDZEŃ DYLATACYJNYCH PRZEZNACZONYCH DO OBIEKTÓW MOSTOWYCH

Mostowe urządzenia dylatacyjne mogą być konstruowane na podstawie różnych zasad działania, w zależności od nominalnych przemieszczeń, na które pozwala ich konstrukcja. Podziału urządzeń dylatacyjnych można dokonać uwzględniając wartość przemieszczeń nominalnych i zasadę działania. Wśród urządzeń dylatacyjnych wyróżnia się następujące rodzaje:

- uciąglenie nawierzchni,
- bitumiczne przykrycia dylatacyjne,
- blokowe urządzenia dylatacyjne,
- modułowe urządzenia dylatacyjne,
- palczaste urządzenia dylatacyjne.

Uciąglenie nawierzchni²⁾ jest przeznaczone do kompensowania całkowitych przemieszczeń krawędzi szczeliny dylatacyjnej obiektu mostowego nie przekraczających 5 mm. Jest ono konstrukcją schowaną całkowicie w nawierzchni mostowej i mogą być niewidoczne dla użytkownika drogi. Zasada ich działania jest oparta na wbudowaniu w izolację i w nawierzchnię elementów odkształcalnych pozwalających na przenoszenie określonych odkształceń. Uciąglenie nawierzchni jest wykonywane bezpośrednio na budowie.

Bitumiczne przykrycia dylatacyjne²⁾ są przeznaczone do przenoszenia całkowitych przemieszczeń krawędzi szczeliny dylatacyjnej obiektu mostowego nie przekraczających 25 mm. Są one konstrukcjami wbudowanymi w nawierzchnię mostową widocznymi w postaci wąskiego pasa nawierzchni o innej barwie i fakturze wbudowanego w poprzek jezdni nad szczeliną dylatacyjną. Zasada ich budowy polega na wbudowaniu w nawierzchnię odcinka mieszanki mineralno-asfaltowej o specjalnej konstrukcji pozwalającej na przenoszenie określonych odkształceń. Bitumiczne przykrycia dylatacyjne są wykonywane bezpośrednio na budowie.

Blokowe urządzenia dylatacyjne są przeznaczone do przenoszenia całkowitych przemieszczeń krawędzi szczeliny dylatacyjnej obiektu mostowego nie przekraczających 330 mm. Są one konstrukcjami wbudowywanymi w nawierzchnię mostową. Zbudowane są z grubych taśm z elastomeru (gumy) z zatopionymi przy

²⁾ Istnieje możliwość wykonania uciąglenia nawierzchni i bitumicznego przykrycia dylatacyjnego przy większych przemieszczeniach po uzyskaniu zgody ministra właściwego dla spraw transportu na odstępstwo od „Warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać drogowe obiekty inżynierskie i ich usytuowanie” (Rozporządzenie Ministra Transportu i Gospodarki Morskiej z dnia 30 maja 2000 r. (Dz. U. z 2000 r. Nr 63, poz. 735) [25]. Zgodę na odstępstwo od Warunków Technicznych można uzyskać w trybie art. 9 ustawy z dnia 7 lipca 1994 r. Prawo budowlane (tj. Dz. U. z 2003 r. Nr 207, poz. 2016 z późn. zm.) [26].

górnej i dolnej krawędzi bloku blachami stalowymi. Naprzeciw każdej blachy w elastomerze jest ukształtowane wycięcie. Przesunięcia krawędzi szczeliny dylatacyjnej są kompensowane przez odkształcenia postaciowe bloków elastomeru (gumy) zwulkanizowanych z blachami stalowymi. Elementy blokowych urządzeń dylatacyjnych są produkowane fabrycznie. Na budowie elementy blokowe są sklejane w ciągłą taśmę, która jest mocowana śrubami lub sworzniami do podłoża.

Modułowe urządzenia dylatacyjne³⁾ są przeznaczone do kompensowania całkowitych przesunięć krawędzi szczeliny dylatacyjnej obiektu mostowego nie przekraczających około 2000 mm. Są one geometrycznie wewnętrznie zmiennymi mechanizmami o konstrukcji rusztowej. W płaszczyźnie jezdni wbudowane są stalowe profile (skrajne i pośrednie), między którymi są zamocowane uszczelki gumowe. Stalowe profile wbudowywane w płaszczyźnie jezdni mogą być oparte na belkach trawersowych lub na mechanizmach nożycowych. Specjalne elementy lub sprężyny sterujące zapewniają, że całkowite przesunięcie krawędzi szczeliny dylatacyjnej przypadające na urządzenie jest dzielone równomiernie na poszczególne moduły. Szczeliny między stalowymi profilami w urządzeniu dylatacyjnym pozostają zawsze równe, przy czym ich rozwarcie może się zmieniać od 0 do wartości maksymalnej. Przesunięcia krawędzi szczeliny dylatacyjnej wywołują zmiany odległości między stalowymi profilami. Modułowe urządzenia dylatacyjne są produkowane fabrycznie i zmontowane przewożone na budowę. Na budowie modułowe urządzenie dylatacyjne mocuje się do konstrukcji obiektu mostowego poprzez zabetonowanie zakotwień (obiekty betonowe), spawanie albo przykręcanie na śruby (obiekty stalowe).

W drogowych obiektach mostowych przesunięcie nominalne jednego modułu powinno być ograniczone do 80 mm. Opona koła samochodu styka się z nawierzchnią na długości około 200 mm i szczelina w jezdni o szerokości 80 mm stanowi około 1/3 długości podparcia koła. Zwiększenie szerokości tej szczeliny sprawia, że ogumione koło „wpada” w nią i powoduje z jednej strony generację hałasu, a z drugiej zwiększa uderzenia dynamiczne koła o krawędź. Energia tego uderzenia jest przekazywana na konstrukcję urządzenia dylatacyjnego, konstrukcję pomostu i/lub przyczółka oraz na zawieszenie pojazdu. Zwiększenie szerokości szczeliny powyżej 80 mm powoduje szybsze zużycie urządzeń dylatacyjnych i pojazdów.

Producenci modułowych urządzeń dylatacyjnych wykonują urządzenia dylatacyjne, w których jeden moduł może kompensować przesunięcia 100, 120, a nawet 150 mm. Modułowe urządzenia dylatacyjne, w których nominalne przesunięcie jednego modułu przekracza 80 mm nie powinny być montowane

³⁾ Największe znane autorowi modułowe urządzenie dylatacyjne, wbudowane w Japonii, złożone jest z 27 modułów o przesunięciu nominalnym 27 x 80 mm = 2160 mm.

w obiektach usytuowanych na drogach krajowych, z wyjątkiem obiektów usytuowanych na terenach szkód górniczych. W tym ostatnim przypadku cały zakres nominalnych przemieszczeń powyżej 80 mm na jeden moduł powinien być zachowany jako rezerwa pozwalająca na kompensację przemieszczeń wyjątkowych, spowodowanych osiadaniem podłoża wywołanymi eksploatacją górnictw.

Wyjątkiem od podanej wyżej zasady może być zastosowanie modułowego urządzenia dylatacyjnego z nakładkami wyciszającymi, w którym przemieszczenie nominalne jednego modułu może być zwiększone do 100 mm. Zastosowanie nakładek powoduje, że szczelina dylatacyjna w nawierzchni ma kształt zębów piły, a koła pojazdów mechanicznych najeżdżają na szczelinę pod pewnym kątem, co zmniejsza dynamiczne oddziaływania kół pojazdów na krawędź szczeliny dylatacyjnej. Nakładki wyciszające pokazano na rys. 22.

Palcaste urządzenia dylatacyjne są przeznaczone do przenoszenia całkowitych przemieszczeń krawędzi szczeliny dylatacyjnej obiektu mostowego nie przekraczających 800 mm. Przejazd pojazdów odbywa się tu po układzie wąskich beleczek umieszczonych mijankowo w poziomie jezdni. Palcaste urządzenia dylatacyjne mogą być zbudowane w dwojaki sposób:

- z obu stron szczeliny dylatacyjnej do konstrukcji pomostu obiektu mostowego są zamocowane wąskie wsporniki ustawione mijankowo i wchodzące między siebie,
- beleczki są zamocowane z jednej strony szczeliny dylatacyjnej jako wsporniki, a ich swobodne końce są oparte na płycie pomostu z drugiej strony szczeliny dylatacyjnej w sposób umożliwiający ślizganie się ich końców po podłożu.

Elementy palczastych urządzeń dylatacyjnych są produkowane fabrycznie. Na budowie elementy palciste są mocowane śrubami lub sworzniami do konstrukcji obiektu.

3. ZASADY WYZNACZANIA PRZEMIESZCZEŃ KRAWĘDZI SZCZELIN DYLATACYJNYCH

3.1. Uwagi ogólne

Podstawowymi czynnikami, które wpływają na przemieszczenia krawędzi szczelin dylatacyjnych konstrukcji mostowych są:

- zmiany temperatury otoczenia,
- obroty przekrojów podporowych przęseł spowodowane ugięciami konstrukcji od obciążenia taborem samochodowym,
- przemieszczenia podpór spowodowane osiadaniem terenu i/lub uszkodzeniami górnictwymi,

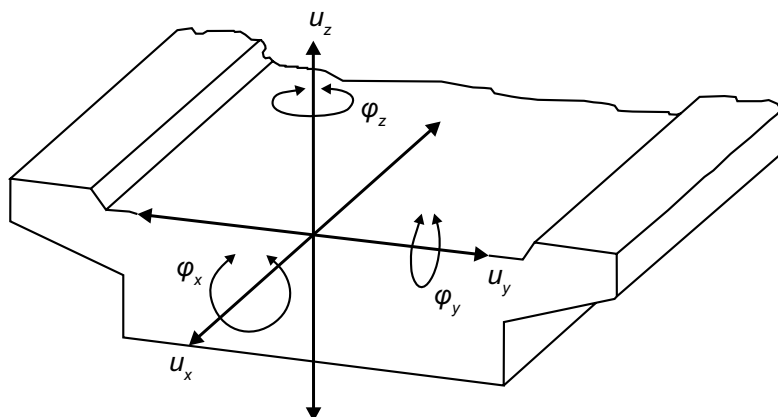
- przemieszczenia wywołane wpływami reologicznymi, tj. skurczem i pełzaniem betonu.

Gdy jest to uzasadnione, przy wyznaczaniu przemieszczeń krawędzi szczelin dylatacyjnych należy uwzględnić:

- odkształcenia sprężyste wywołane sprężeniem konstrukcji,
- odkształcenia od sił hamowania i wiatru, gdy obiekt mostowy oparty jest na wysokich i wiotkich podporach.

Przy wyznaczaniu przemieszczeń krawędzi szczelin dylatacyjnych (oraz przy wyborze rodzaju urządzenia dylatacyjnego) należy uwzględnić rozmieszczenie punktów stałych oraz ograniczeń przemieszczeń w łożyskach jednokierunkowo przesuwnych.

Teoretycznie w szczelinie dylatacyjnej może pojawić się sześć niezależnych przemieszczeń, które pokazano na rys. 1. Są to trzy przemieszczenia liniowe równoległe do osi układu współrzędnych i trzy obroty wokół osi układu współrzędnych w przestrzeni.



Rys. 1. Teoretycznie możliwe przemieszczenia i obroty w szczelinie dylatacyjnej [4]

W praktyce decydujący wpływ na wymiarowanie urządzeń dylatacyjnych ma przemieszczenie pojawiające się w kierunku osi obiektu oznaczone na rys. 1 symbolem u_x , które w dalszej części niniejszych zaleceń będzie oznaczane przez Δl_c .

Pozostałe przemieszczenia pokazane na rys. 1 mogą osiągnąć wartości wpływające na wymiarowanie urządzeń jedynie w dużych obiektach mostowych, w których zastosowano wyjątkowo nietypowe schematy statyczne, np. gdy szczelina dylatacyjna znajduje się na krawędzi wspornika o znaczącym wysięgu.

3.2. Wyznaczanie przemieszczeń krawędzi szczelin dylatacyjnych w obiektach usytuowanych na terenach, na których nie występują szkody górnicze

Przy wyznaczaniu przemieszczeń krawędzi szczelin dylatacyjnych obiektów mostowych położonych poza obszarem występowania szkód górniczych, należy uwzględniać oddziaływania wyszczególnione w p. 3.1. Fundamenty obiektów mostowych powinny być tak zaprojektowane, aby nie nastąpiło ich osiadanie i aby nie mogły się pojawić niekontrolowane ruchy podłoża.

Przemieszczenia wywołane zmianami temperatury otoczenia oraz przejazdem taboru samochodowego należy wyznaczać według normy PN-85/S-10030. Przemieszczenia te należy obliczać w stanie granicznym użytkowania, czyli nie należy ich mnożyć przez współczynniki obciążeń γ_p , które są niezbędne do obliczania naprężeń w stanie granicznym nośności.

Współczynniki rozszerzalności liniowej materiałów oraz obliczeniowe zakresy temperatury należy przyjmować dla stali i betonu według tablicy 1. Współczynniki rozszerzalności liniowej materiałów konstrukcyjnych (stali i betonu) przyjęto zgodnie z normą PN-85/S-10030. Przy obliczaniu przemieszczeń krawędzi szczelin dylatacyjnych zaleca się przyjmowanie powiększonego obliczeniowego zakresu temperatury, podanego w tablicy 1 w kolumnie 5. Podane tu zakresy temperatury są powiększone w stosunku do wymagań normy PN-85/S-10030 o 20°C. Stanowi to rezerwę zabezpieczającą bezawaryjną eksploatację urządzenia dylatacyjnego przed oddziaływaniem czynników nieprzewidzianych przy jego projektowaniu, a także wpływa na poprawę komfortu przejazdu przez urządzenia dylatacyjne podczas normalnej eksploatacji. W przypadku obiektów zespolonych zbudowanych z dźwigarów stalowych i żelbetowej płyty współpracującej, zaleca się przyjmować obliczeniowy zakres temperatury tak jak dla stali, ale współczynnik rozszerzalności liniowej należy przyjmować taki jak dla betonu⁴⁾.

⁴⁾ Pomiary przemieszczeń krawędzi szczelin dylatacyjnych dużych obiektów zespolonych wykonane przez IBDiM wykazały, że o wielkości odkształceń termicznych przęsła zespolonego decyduje płyta żelbetowa.

Tablica 1

Zalecane obliczeniowe współczynniki rozszerzalności liniowej materiału oraz obliczeniowe zakresy temperatury dla obiektów mostowych

Lp.	Materiał konstrukcyjny	Współczynnik rozszerzalności liniowej materiału [1/°C]	Obliczeniowy zakres temperatury według PN -85/S-10030 [°C]	Powiększony obliczeniowy zakres temperatury [°C]
1	2	3	4	5
1	Konstrukcje stalowe	0,000012	od -25 do +55 ($\Delta t = 80$)	od -35 do +65 ($\Delta t = 100$)
2	Konstrukcje betonowe, żelbetowe i sprężone	0,000010	od -15 do +30 ($\Delta t = 45$)	od -25 do +40 ($\Delta t = 65$)
3	Konstrukcje zespolone (dźwigary stalowe z żelbetową płytą współpracującą)	0,000010	od -25 do +55 ($\Delta t = 80$)	od -35 do +65 ($\Delta t = 100$)

Przy wyznaczaniu całkowitego przemieszczenia krawędzi szczeliny dylatacyjnej należy uwzględnić następujące składowe:

$$\Delta l_c = \Delta l_t + \Delta l_\varphi + \Delta l_{sk} + \Delta l_p \quad (1)$$

w którym:

Δl_c - całkowite przemieszczenie krawędzi szczeliny dylatacyjnej, [mm]

Δl_t - przemieszczenie wywołane zmianami temperatury wg (2), [mm]

Δl_φ - przemieszczenie wywołane obrotami przekrojów podporowych przęseł wg (3), [mm]

Δl_{sk} - przemieszczenie wywołane skurczem betonu wg (4), [mm]

Δl_p - przemieszczenie wywołane pełzaniem betonu wg (5), [mm]

Przemieszczenia wywołane skurczem i pełzaniem betonu należy uwzględnić w konstrukcjach żelbetowych i z betonu sprężonego. W konstrukcjach zespolonych złożonych ze stalowych dźwigarów oraz żelbetowej płyty współpracującej wpływ skurczu i pełzania na przemieszczenia krawędzi szczelin dylatacyjnych można pominąć⁵⁾.

⁵⁾ W dźwigarach zespolonych płyta żelbetowa połączona jest z dźwigarem stalowym za pomocą specjalnych łączników, które wykluczają możliwość niezależnego odkształcenia części żelbetowej w stosunku do części stalowej. O długości obiektu decyduje sztywność (na ściskanie) części stalowej. Zjawiska reologiczne zachodzące w płycie betonowej objawiają się jedynie przez zamianę naprężeń zarówno w części betonowej, jak i stalowej.

Przemieszczenia wywołane zmianami temperatury należy wyznaczać wg wzoru:

$$\Delta l_t = \alpha_t \times \Delta t \times L_o \quad (2)$$

w którym:

Δl_t - przemieszczenie wywołane zmianami temperatury, [mm]

α_t - współczynnik rozszerzalności liniowej materiału konstrukcyjnego wg tablicy 1, [1/°C]

Δt - obliczeniowa różnica temperatury wg tablicy 1, [°C]

L_o - długość obliczeniowa: odległość od punktu stałego do krawędzi szczeliny dylatacyjnej, [mm]

Przemieszczenia wywołane obrotami przekrojów podporowych przęseł (rys. 2) należy wyznaczać wg wzoru:

$$\Delta l_\varphi = \sum_{i=1}^2 \varphi_i \times h_i \quad (3)$$

w którym:

φ_i - kąt obrotu przekroju podporowego przęsła⁶⁾, [rad]

h_i - wysokość przekroju podporowego przęsła⁷⁾, [mm]

i - oznaczenia (numery) przęseł⁸⁾ dochodzących do szczeliny dylatacyjnej.

⁶⁾ Kąt obrotu przekroju podporowego można wyznaczać na podstawie obliczeń statycznych obiektu mostowego. Zaleca się, aby obliczenia były wykonane w stanie granicznym użytkowania, czyli bez uwzględnienia zwiększających współczynników obciążeń w stanach granicznych nośności. Należy przyjąć przestrzenny schemat obliczeniowy obiektu mostowego.

W sposób przybliżony można też oszacować wartość liczbową kąta obrotu przekroju podporowego korzystając ze wzoru:

$$\varphi_i = \frac{4 \times f_i}{l_i} \quad (4)$$

w którym:

φ_i - kąt obrotu przekroju podporowego przęsła i , [rad]

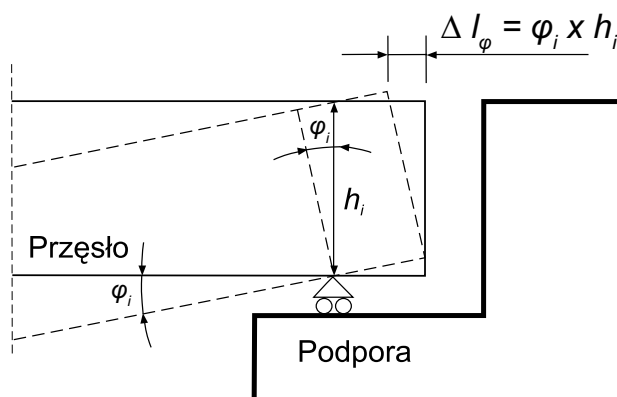
f_i - ugięcie w środku rozpiętości przęsła i , [mm]

l_i - długość obliczeniowa przęsła i , [mm]

Powyższy wzór daje zawyżoną wartość szacunku.

⁷⁾ Wysokość przekroju podporowego przęsła oznacza odległość między górną powierzchnią nawierzchni w osi jezdni a osią obrotu łożyska, na którym oparte jest przęsło.

⁸⁾ Szczelina dylatacyjna może być wykonana między dwoma przęsłami - należy w obliczeniach uwzględnić obroty przekrojów podporowych obu przęseł. Gdy przęsło jest oparte na przyczółku, należy uwzględnić obrót przekroju podporowego jednego przęsła.



Rys. 2. Schemat przemieszczenia wywołanego obrotem przęsła na podporze

W przypadku, gdy rzeczywisty kąt obrotu przęsła na podporze jest nieznamy, do obliczeń można przyjąć szacunkową wartość kąta obrotu przekroju podporowego przęsła $\varphi_i = 0,003$.

W przypadku przęsła o rozpiętości mniejszej od 50 m wpływ obrotu jego przekroju podporowego na przemieszczenia krawędzi szczeliny dylatacyjnej można pominąć.

3.3. Wyznaczanie przemieszczeń krawędzi szczelin dylatacyjnych wywołanych wpływami reologicznymi

Przez wpływy reologiczne należy rozumieć skurcz i pęcznienie betonu w konstrukcjach żelbetowych i z betonu sprężonego.

Przemieszczenie wywołane skurczem betonu należy wyznaczać wg wzoru:

$$\Delta l_{sk} = \Delta \varepsilon_s \times L_o \quad (5)$$

w którym:

- Δl_{sk} - przemieszczenie wywołane skurczem betonu, [mm]
- $\Delta \varepsilon_s$ - odkształcenie skurczu, które pojawi się w konstrukcji po zamontowaniu urządzenia dylatacyjnego, stanowiące różnicę między całkowitym odkształceniem skurczu wyznaczonym według normy PN-91/S-10042 a odkształceniem skurczu, które pojawiło się przed montażem urządzenia dylatacyjnego
- L_o - długość obliczeniowa: odległość od punktu stałego do krawędzi szczeliny dylatacyjnej, [mm]

Przemieszczenie wywołane pełzaniem betonu należy wyznaczać wg wzoru:

$$\Delta l_p = \Delta \varepsilon_p \times L_o \quad (6)$$

w którym:

Δl_p - przemieszczenie wywołane pełzaniem betonu, [mm]

$\Delta \varepsilon_p$ - odkształcenie pełzania, które pojawi się w konstrukcji po wbudowaniu urządzenia dylatacyjnego, stanowiące różnicę między całkowitym odkształceniem pełzania wyznaczonym według normy PN-91/S-10042, a odkształceniem pełzania, które pojawi się przed montażem urządzenia dylatacyjnego

L_o - długość obliczeniowa: odległość od punktu stałego do krawędzi szczeliny dylatacyjnej, [mm]

W konstrukcjach żelbetowych i z betonu sprężonego wpływ skurczu betonu na przemieszczenia krawędzi szczelin dylatacyjnych można pominąć, gdy czas między obciążeniem betonu w konstrukcji a montażem urządzenia dylatacyjnego jest dłuższy od 3 miesięcy. Wpływ pełzania betonu w konstrukcjach sprężonych na przemieszczenia krawędzi szczelin dylatacyjnych można pominąć, gdy czas między sprężeniem konstrukcji a montażem urządzenia dylatacyjnego jest dłuższy od 6 miesięcy.

3.4. Wyznaczanie przemieszczeń krawędzi szczelin dylatacyjnych w obiektach usytuowanych w skosie

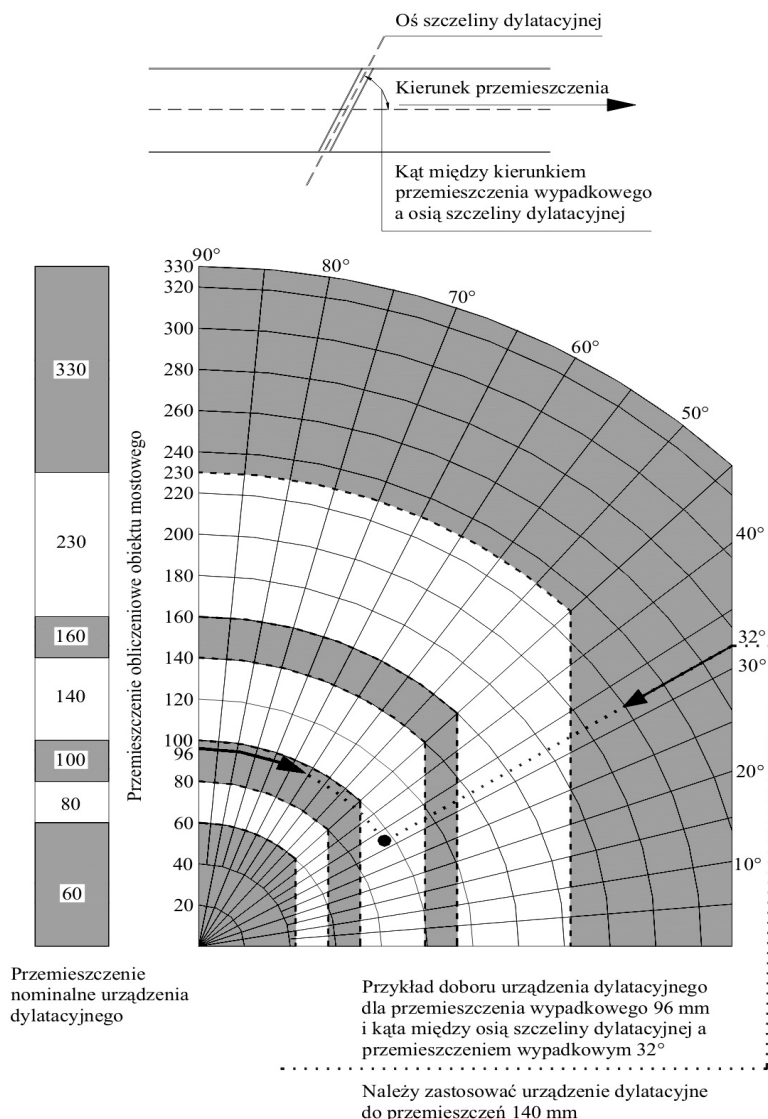
Pod pojęciem obiektu w skosie należy rozumieć obiekt, w którym kierunek przemieszczenia krawędzi szczeliny dylatacyjnej nie jest prostopadły do osi szczeliny dylatacyjnej. Kąt skosu jest to kąt między osią jezdni a osią szczeliny dylatacyjnej (rys. 3).

W przypadku niewielkich obiektów mostowych, w których przemieszczenia krawędzi szczelin dylatacyjnych nie przekraczają 50 mm, wpływ skosu na przemieszczenia krawędzi szczeliny dylatacyjnej można pominąć. W przypadku większych obiektów wpływ ten powinien być uwzględniony. Konstrukcja urządzenia dylatacyjnego powinna być dostosowana przez producenta do kompensowania przemieszczeń wynikających z takiego usytuowania obiektu.

W przypadku blokowych urządzeń dylatacyjnych doboru odpowiedniego urządzenia dylatacyjnego można dokonać na podstawie diagramu przedstawionego na rys. 3. Wynika z niego, że skos większy od 45° można pominąć i w takim przypadku przyjmować urządzenia dylatacyjne, takie jak dla obiektu mostowego prostego.

Wielomodułowe i palczaste urządzenia dylatacyjne wykonane w wersjach standardowych są przystosowane do pracy w obiektach prostych, w których kierunek

przemieszczenia jest prostopadły do osi urządzenia dylatacyjnego. Wielomodułowe i palczaste urządzenia dylatacyjne przeznaczone do montażu na obiektach usytuowanych w skosie powinny być specjalnie zaprojektowane i dostosowane do wymaganych warunków eksploatacji. Standardowe rodzaje tych urządzeń dylatacyjnych w przypadku wbudowywania ich w obiektach usytuowanych w skosie mogą ulec zablokowaniu lub uszkodzeniu.



Rys. 3. Diagram do ustalania rozmiaru blokowego urządzenia dylatacyjnego w przypadku obiektu mostowego w skosie

3.5. Wyznaczanie przemieszczeń krawędzi szczelin dylatacyjnych na terenach, na których występują szkody górnicze

Osiadania terenu wywołane eksploatacją górnictw są wpływami, przed którymi nie można zabezpieczyć obiektu przez wykonanie odpowiednich fundamentów. Wielkość osiadań wywołanych eksploatacją górnictw może wynieść nawet kilka metrów. Ani czas wystąpienia, ani dokładna wielkość osiadań terenu wywołanych szkodami górnictwami nie są znane. Uzależnione są one od sposobu prowadzenia eksploatacji górnictw oraz od budowy geologicznej skał położonych nad wybranym pokładem. W okręgowych urządzeniach górnictw można uzyskać informację o ekstremalnym możliwym osiadaniu danego terenu oraz maksymalnym możliwym kącie stoku osiadającej niecki. Pełne uwzględnienie wartości przemieszczeń wynikających z ekstremalnych osiadań terenu wymagałoby montażu urządzeń dylatacyjnych przeznaczonych do przemieszczeń około 1 m w obiektach mostowych o rozpiętości około 30 m. Takie postępowanie nie byłoby racjonalne ani z technicznego, ani z ekonomicznego punktu widzenia.

Osiadania wywołane szkodami górnictwami pojawiają się w określonym terenie w promieniu kilku kilometrów i trwają kilka miesięcy, po czym zjawisko ulega stabilizacji. Powierzchnia terenu na obszarze objętym szkodami ulega deformacjom, które wymagają przeprowadzenia remontu dróg na całym obszarze objętym osiadaniami. Remont taki oznacza często konieczność nowego zaprojektowania niwelety dróg na obszarze objętym osiadaniami, a nawet podniesienia poziomu niwelety dróg o wartość osiadania terenu. W przypadku obiektów mostowych taki remont wymaga często podniesienia prześłów w pionie nawet o kilka metrów.

Obciążenia wywołane szkodami górnictwami należy traktować jako obciążenie wyjątkowe, po wystąpieniu którego konieczne będzie wykonanie napraw obiektów mostowych. Urządzenia dylatacyjne nie powinny być traktowane jako jedyny element obiektu mostowego, który nie może ulec awarii podczas występowania szkód górnictwami.

W celu dokładnego określenia możliwych osiadań terenu wynikających z bieżącej i przyszłej działalności wydobywczej kopalń, przed rozpoczęciem projektowania obiektu należy wykonać ekspertyzę budowlaną, która uściśli parametry odkształceń powierzchni terenu, na którym znajduje się projektowany obiekt. Gdy brak jest takiej ekspertyzy, przemieszczenia projektowe urządzeń dylatacyjnych przeznaczonych do stosowania na terenach szkód górnictwami należy szacować w sposób następujący:

- przemieszczenie przyjęte w kierunku osi obiektu mostowego powinno wynosić co najmniej 150 % obliczonego według p. 3.2,
- przemieszczenie przyjęte w kierunku prostopadłym do osi obiektu mostowego powinno być równe przemieszczeniom obliczonym w kierunku osi obiektu mostowego według p. 3.2.

Całkowite przemieszczenie urządzenia dylatacyjnego należy wyznaczać ze wzoru:

$$\Delta l_G = \sqrt{\Delta l_{yG}^2 + \Delta l_{xG}^2} = \sqrt{(1,5 \times \Delta l_C)^2 + \Delta l_C^2} \approx 1,8 \times \Delta l_C \quad (7)$$

w którym:

$\Delta l_{yG} = 1,5 \times \Delta l_C$ - przemieszczenie w kierunku osi obiektu, [mm]

$\Delta l_{xG} = 1,0 \times \Delta l_C$ - przemieszczenie w kierunku prostopadłym do osi obiektu, [mm]

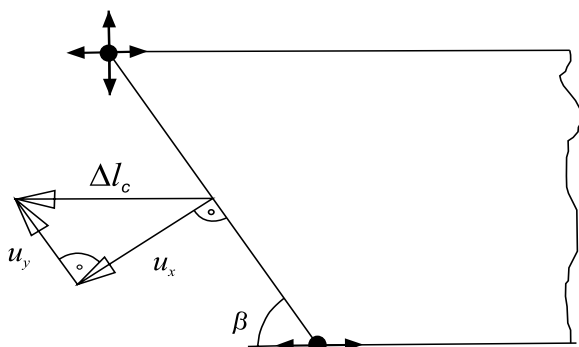
Dobierając urządzenie dylatacyjne należy przyjąć, że przemieszczenie Δl_G wystąpi w kierunku pod kątem 45° w stosunku do osi obiektu mostowego.

3.6. Wyznaczanie przemieszczeń krawędzi szczelin dylatacyjnych w obiektach mostowych o nietypowym schemacie statycznym lub wywołanych obciążeniami wyjątkowymi

W przypadku, gdy obiekt mostowy ma nietypowy schemat statyczny lub poddany jest obciążeniom wyjątkowym, konieczne jest dokonanie szczegółowej indywidualnej analizy przemieszczeń, które mogą pojawić się w szczelinie dylatacyjnej. Przemieszczenia takie należy wyznaczać metodami geometrycznymi. Poniżej podano kilka takich przypadków.

a) Przemieszczenia krawędzi obiektu mostowego w skosie

Przy wyznaczaniu przemieszczeń krawędzi obiektu mostowego usytuowanego w skosie należy uwzględnić, że przemieszczenie przypadające na urządzenie dylatacyjne rozkłada się na dwie składowe: o kierunku równoległym i prostopadłym do osi szczeliny dylatacyjnej (rys. 4). Zależność między składowymi przemieszczeniami należy wyznaczać ze wzorów (8) i (9):



Rys. 4. Schemat rozłożenia przemieszczenia krawędzi szczeliny dylatacyjnej na dwie składowe w obiektach mostowych usytuowanych w skosie [4]

$$u_x = \Delta l_c \times \sin \beta \quad (8)$$

$$u_y = \Delta l_c \times \cos \beta \quad (9)$$

w których:

u_x - składowa przemieszczenia w kierunku prostopadłym do osi szczeliny dylatacyjnej, [mm]

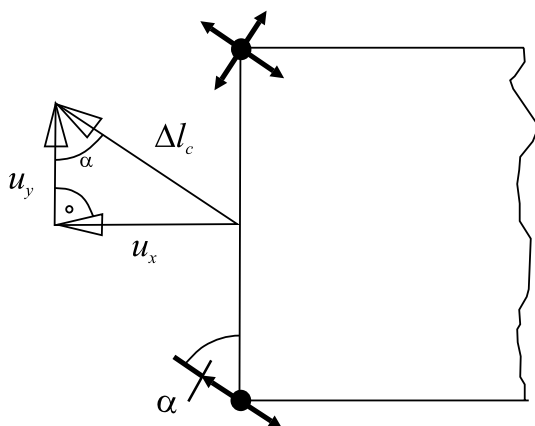
u_y - składowa przemieszczenia w kierunku równoległym do osi szczeliny dylatacyjnej, [mm]

Δl_c - całkowite przemieszczenie krawędzi szczeliny dylatacyjnej, mm

β - kąt skosu, [°]

b) Przemieszczenia krawędzi obiektu mostowego, w którym kierunek przemieszczenia na łożyskach nie jest prostopadły do osi szczeliny dylatacyjnej

Przy wyznaczaniu przemieszczeń krawędzi obiektu mostowego należy uwzględnić przypadki, gdy kierunek przemieszczenia na łożyskach nie jest prostopadły do osi szczeliny dylatacyjnej (rys. 5). Zależność między składowymi przemieszczenia należy wtedy wyznaczać ze wzorów (10), (11) i (12):



Rys. 5. Schemat rozłożenia przemieszczenia krawędzi szczeliny dylatacyjnej na dwie składowe w obiektach mostowych, w których kierunek przemieszczenia na łożyskach nie jest prostopadły do osi szczeliny dylatacyjnej [4]

$$u_x = \Delta l_c \times \sin \alpha \quad (10)$$

$$u_y = \Delta l_c \times \cos \alpha \quad (11)$$

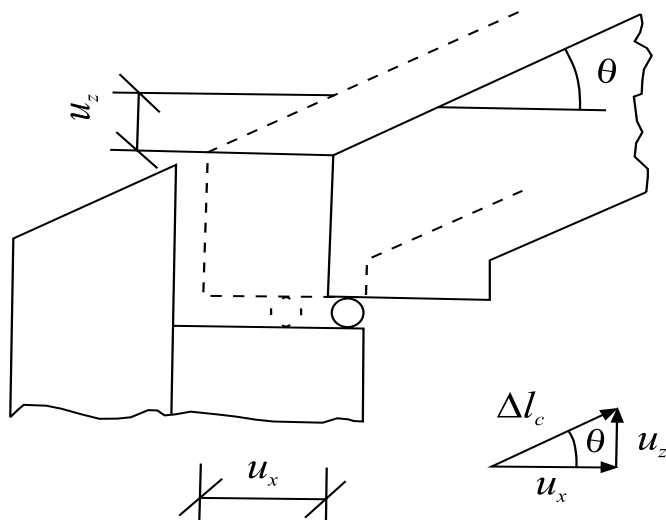
$$u_y = \frac{u_x}{\operatorname{tg} \alpha} \quad (12)$$

w których:

- u_x - składowa przemieszczenia w kierunku prostopadłym do osi szczeliny dylatacyjnej, [mm]
- u_y - składowa przemieszczenia w kierunku równoległym do osi szczeliny dylatacyjnej, [mm]
- Δl_c - całkowite przemieszczenie krawędzi szczeliny dylatacyjnej, [mm]
- α - kąt między osią szczeliny dylatacyjnej a kierunkiem przemieszczenia przęsła na łożyskach, [°]

c) Przeszacowanie pionowe krawędzi obiektu mostowego usytuowanego w dużym spadku podłużnym

Przy wyznaczaniu przemieszczeń krawędzi obiektu mostowego usytuowanego w dużym spadku podłużnym, należy uwzględnić przemieszczenie pionowe spowodowane geometrią schematu statycznego (rys. 6). Zależność między składowymi przemieszczenia należy wyznaczać ze wzorów (13), (14) i (15). Gdy jest to uzasadnione, składową przemieszczenia u_z należy uwzględnić w projektowaniu urządzenia dylatacyjnego.



Rys. 6. Schemat zależności między składowymi przemieszczenia krawędzi szczeliny dylatacyjnej w obiekcie mostowym usytuowanym w dużym spadku podłużnym [4]

$$u_x = \Delta l_C \times \sin \theta \quad (13)$$

$$u_y = \Delta l_C \times \cos \theta \quad (14)$$

$$u_z = u_x \times \operatorname{tg} \theta \quad (15)$$

w których:

u_z - składowa pionowa przemieszczenia krawędzi szczeliny dylatacyjnej, [mm]

u_x - składowa pozioma przemieszczenia krawędzi szczeliny dylatacyjnej, [mm]

Δl_C - całkowite przemieszczenie krawędzi szczeliny dylatacyjnej, [mm]

θ - kąt nachylenia niwelety jezdni na obiekcie mostowym, [°]

d) Przesunięcia pionowe krawędzi wspornika obiektu mostowego

Gdy jest to uzasadnione, należy uwzględnić pionowe przesunięcie krawędzi wspornika obiektu mostowego wywołane ugięciem przęsła (lub wspornika) (rys. 7). Przesunięcie to należy wyznaczać ze wzoru (16):

$$u_z = l_{\text{wspor}} \times \varphi \quad (16)$$

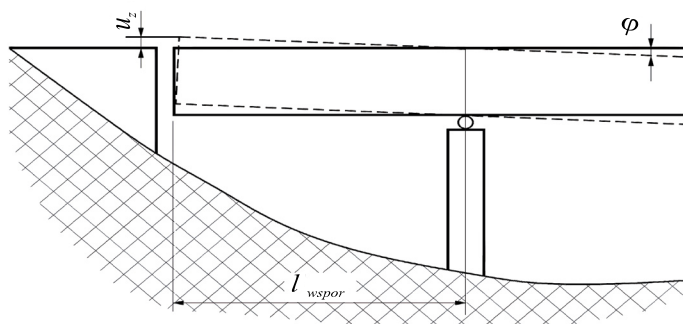
w którym:

u_z - składowa pionowa przemieszczenia krawędzi szczeliny dylatacyjnej, [mm]

l_{wspor} - odległość od osi obrotu łożyska do krawędzi wspornika, [mm]

φ - kąt obrotu przekroju podporowego przęsła, [rad].

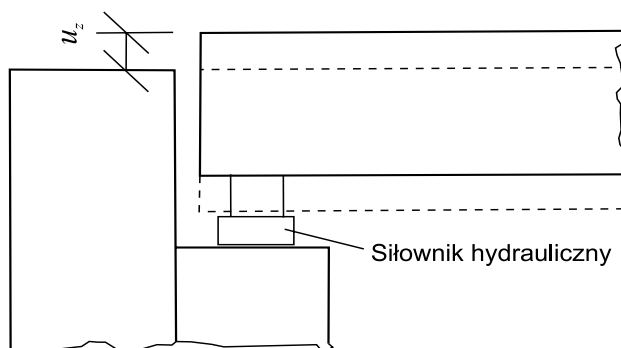
Przesunięcia pionowe wyznaczone ze wzoru (16) należy uwzględniać w obiektach mostowych, w których wspornik usytuowany poza skrajnym łożyskiem ma długość przekraczającą 10 m.



Rys. 7. Przesunięcie pionowe krawędzi szczeliny dylatacyjnej wywołane obrotem przekroju podporowego

e) Przesunięcia pionowe krawędzi obiektu mostowego pojawiające się przy podnoszeniu przęsła

Przy podnoszeniu obiektu mostowego należy uwzględnić przesunięcie pionowe (rys. 8) i obrót (rys. 9) krawędzi szczeliny dylatacyjnej spowodowane zmianą położenia przęsła w stosunku do przyczółka.



Rys. 8. Przesunięcie pionowe powstające w wyniku podnoszenia przęsła

W przypadku niesymetrycznego podnoszenia przęsła na podporze przekrój podporowy jest obracany wokół osi poziomej o kąt φ_x , co powoduje, że maksymalne przesunięcie pionowe u_z pojawia się na krawędzi wspornika i że może być ono znacznie większe od wartości, o którą podniesiono przęsło na łożysku u_l . Przesunięcie krawędzi przęsła wywołane niesymetrycznym podniesieniem przęsła na łożysku należy wyznaczać ze wzorów (17), (18) i (19):

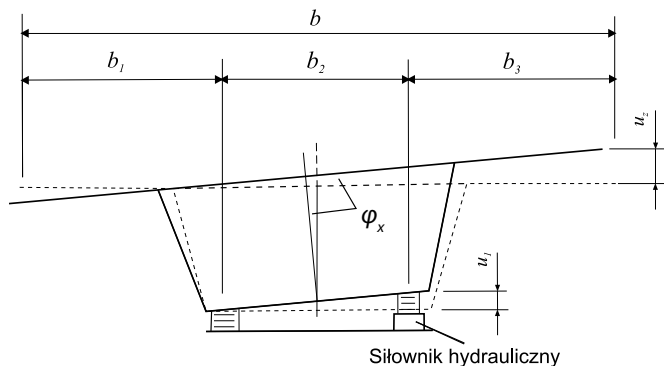
$$b = b_1 + b_2 + b_3 \quad (17)$$

$$u_z = \frac{(b_2 + b_3)}{b_2} \times u_l \quad (18)$$

$$\operatorname{tg} \varphi_x = \frac{u_l}{b_2} \quad (19)$$

w których:

- b - szerokość pomostu, [mm]
- b_2 - odległość między osiami skrajnych łożysk, [mm]
- b_1, b_3 - odległość między osią skrajnego łożyska a krawędzią wspornika, [mm]
- u_l - wartość podniesienia przęsła na łożysku, [mm]
- u_z - składowa pionowa przesunięcia krawędzi szczeliny dylatacyjnej na końcu wspornika, [mm]
- φ_x - kąt obrotu przekroju podporowego przęsła wokół osi poziomej wywołany niesymetrycznym podniesieniem przęsła na jednym łożysku, [°]



Rys. 9. Obrót powstający w wyniku podniesienia jednej krawędzi przęsła

Urządzenia dylatacyjne powinny być tak zaprojektowane, aby nie uległy uszkodzeniu podczas podnoszenia przęsła. Zaleca się, by przęsło było podnoszone równomiernie i symetrycznie, aby nie wywoływać obrotu przekroju podporowego pokazanego na rys. 9. Przykrycia dylatacyjne nie powinny ulegać uszkodzeniu przy podniesieniu równomiernym przęsła na łożyskach o $u_z = 5$ mm, a urządzenia dylatacyjne - o $u_z = 10$ mm.

4. ZASADY DOBORU RODZAJU URZĄDZENIA DYLATACYJNEGO DO OKREŚLONEGO OBIEKTU MOSTOWEGO

Przy doborze rodzaju urządzenia dylatacyjnego do określonego obiektu mostowego należy brać pod uwagę cztery czynniki:

- wymagane przemieszczenia nominalne,
- trwałość pod obciążeniem ruchem pojazdów,
- koszt zakupu i wbudowania urządzenia dylatacyjnego,
- odwodnienie szczeliny dylatacyjnej,
- utrzymanie urządzenia dylatacyjnego.

a) Wymagane przemieszczenia nominalne

Przystępując do projektowania lub wymiany urządzenia dylatacyjnego należy najpierw obliczyć przemieszczenia krawędzi szczelin dylatacyjnych obiektu mostowego. Do zastosowania należy wybrać takie urządzenie dylatacyjne, którego przemieszczenia nominalne są co najmniej równe przemieszczeniom krawędzi szczeliny dylatacyjnej obiektu mostowego obliczonym według p. 3. W żadnym przypadku nie należy montować urządzeń dylatacyjnych o przemieszczeniach nominalnych nawet nieznacznie mniejszych od obliczonych. Wbudowane urządzenia dylatacyjne o zbyt małej możliwości przejmowania przemieszczeń w szybkim czasie ulegną awarii i konieczny będzie ich remont.

Urządzenia dylatacyjne są projektowane dla przenoszenia określonych przemieszczeń, zwanych przemieszczeniami nominalnymi. Urządzenia dylatacyjne nie mogą ulec uszkodzeniu przy wielokrotnych i powtarzalnych przemieszczeniach nominalnych.

b) Trwałość pod obciążeniem ruchem pojazdów

Urządzenie dylatacyjne powinno być bezawaryjnie eksploatowane w obiekcie mostowym w perspektywie kilkunastu lub kilkudziesięciu lat. W czasie eksploatacji urządzenie dylatacyjne będzie poddawane wielokrotnie zmiennym obciążeniom wywołanym przejazdem pojazdów samochodowych, przy czym przejazd każdej osi będzie stanowił pełny cykl obciążenia, podczas którego siła obciążająca będzie się zmieniać od 0 do wartości maksymalnej. Wynika to z geometrii układu.

Orientacyjną trwałość (okres bezawaryjnej eksploatacji) różnych rodzajów urządzeń dylatacyjnych zestawiono w tablicy 2.

Tablica 2

Porównanie trwałości różnych rodzajów urządzeń dylatacyjnych

Rodzaj urządzenia dylatacyjnego	Uciąglenie nawierzchni	Bitumiczne przykrycia dylatacyjne	Blokowe urządzenia dylatacyjne	Modułowe urządzenia dylatacyjne		Palczaste urządzenia dylatacyjne
				Jedno-modułowe	Wielo-modułowe	
1	2	3	4	5	6	7
Wymagana trwałość urządzenia dylatacyjnego wg WT ⁹⁾ , lata	brak ¹⁰⁾	brak ¹⁰⁾	20	20	20	20
Orientacyjna trwałość urządzenia dylatacyjnego wg IBDiM, lata	10	5	15	25	25	20
Metoda oceny trwałości eksploatacyjnej urządzenia dylatacyjnego wg IBDiM	brak	Procedura badawcza IBDiM PB/ TM-1/11:2004	Procedura badawcza IBDiM PB/ TM-08:1998	brak	Procedura badawcza IBDiM PB/ TM-07:1998	brak

⁹⁾ WT – 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. z 2000 r. Nr 63, poz. 735) [25]

¹⁰⁾ Warunki techniczne, jakim powinny odpowiadać drogowe obiekty inżynierskie i ich usytuowanie (WT) określają wymaganą trwałość nawierzchni jezdni w obiektach mostowych na 10 lat. Uciąglenie nawierzchni oraz bitumiczne przykrycia dylatacyjne są konstrukcjami wbudowanymi w nawierzchnię. Należy więc je traktować jako elementy nawierzchni i przyjąć, że ich wymagana trwałość wynosi także 10 lat.

c) Koszt zakupu i wbudowania urządzenia dylatacyjnego

Koszt zakupu i wbudowania urządzenia dylatacyjnego powinien być analizowany jako element kosztu budowy i utrzymania obiektu mostowego. Udział kosztu zakupu i wbudowania urządzenia dylatacyjnego w koszcie budowy całego obiektu nie przekracza 1 %, tak więc na wyborze i zakupie taniego urządzenia dylatacyjnego nie można wiele zaoszczędzić. Natomiast koszty ewentualnych błędów popełnionych przy wyborze i wbudowaniu urządzenia dylatacyjnego będą wielokrotnie wyższe. Oprócz bezpośrednich kosztów zakupu i wbudowania nowego urządzenia dylatacyjnego, należy wziąć pod uwagę także koszty demontażu urządzenia uszkodzonego oraz koszty społeczne związane z zamknięciem lub ograniczeniem ruchu na obiekcie mostowym. Dlatego na podstawie obecnej wiedzy należy zachować daleko idącą ostrożność przy podejmowaniu decyzji o wyborze urządzeń dylatacyjnych wyłącznie na podstawie ceny zakupu. Niska cena oznacza najprawdopodobniej niewielką trwałość urządzenia. Urządzenia dylatacyjne należy kupować od sprawdzonych dostawców, którzy udzielą 5-letniej gwarancji na zakupiony wyrób.

Jak wspomniano, udział kosztu zakupu i montażu urządzenia dylatacyjnego jest niewielki w porównaniu z kosztem całej inwestycji budowy obiektu mostowego. Dlatego też zastosowanie droższego urządzenia dylatacyjnego będzie miało znikomy wpływ na całkowite koszty budowy, a może znacząco wpłynąć na trwałość obiektu i komfort jazdy pojazdów. Na przykład zastosowanie 2-modułowego urządzenia dylatacyjnego, gdy teoretycznie wymagane byłoby urządzenie jednomodułowe, nieznacznie zwiększy bezpośredni koszt inwestycji, ale znacząco wydłuży trwałość urządzenia dylatacyjnego i obiektu mostowego oraz poprawi komfort jazdy. Urządzenie dylatacyjne nie będzie bowiem pracować przy pełnym (nominalnym) rozwarciu szczeliny dylatacyjnej.

d) Odwodnienie szczeliny dylatacyjnej

W polskich warunkach klimatycznych jednym z najważniejszych czynników określających przydatność urządzenia dylatacyjnego do stosowania jest jego wodoszczelność. Tylko wodoszczelne urządzenia dylatacyjne¹¹⁾, które uniemożliwiają wpływanie wody w głąb szczeliny dylatacyjnej prawidłowo chronią krawędzie przęsła i łożyska przed korozją spowodowaną zawilgoceniem. Niezależnie od tego, w celu ograniczenia ilości wody docierającej do urządzenia dylatacyjnego zaleca się wbudowywanie odbiorników wody, takich jak wpusty mostowe lub uliczne albo ścieki skarpowe bezpośrednio przed szczeliną dylatacyjną od strony napływu wody. Wpusty mostowe zaleca się montować w odległości około 2,0 m od

¹¹⁾ Na górnej powierzchni wodoszczelnych urządzeń dylatacyjnych (modułowych i blokowych), w ścieku przy krawężniku zalega woda. Odwodnienie tej strefy konstrukcji nie zostało dotąd rozwiązane.

krawędzi szczeliny dylatacyjnej. Wpusty uliczne (lub ścieki skarpowe) zaleca się wbudowywać w odległości około 2,0 m przed krawędzią skrzydełka przyczółka obiektu mostowego.

Dopuszcza się stosowanie otwartych urządzeń dylatacyjnych (np. palczastych), w których odprowadzenie wody realizowane jest za pomocą układu rynien wbudowanych w szczelinę dylatacyjną. Takie odprowadzenie wody wymaga bardzo starannego utrzymania i czyszczenia elementów odwodnienia w celu zapewnienia jego drożności. Szczeliny dylatacyjne, zwłaszcza w mniejszych obiektach mostowych nie są dostępne do inspekcji - jest to czynnikiem utrudniającym utrzymanie (kontrolę, czyszczenie oraz drobne naprawy) systemu odwodnienia wbudowanego w szczelinę dylatacyjną.

e) utrzymanie urządzenia dylatacyjnego

W obiektach mostowych nie powinny być stosowane urządzenia dylatacyjne wymagające częstego i pracochłonnego utrzymania. Wszystkie zabiegi utrzymaniowe wymagają nakładów finansowych, zajmują czas oraz wprowadzają zakłócenia w ruchu na drodze z uwagi na konieczność ograniczania lub zamykania ruchu na obiekcie. Należy podkreślić, że nie wykonanie koniecznych zabiegów utrzymaniowych (czyszczenie, drobne naprawy) w odpowiednim czasie, może spowodować szybki rozwój niewielkich początkowo uszkodzeń, prowadzących do nieprawidłowości w pracy urządzenia dylatacyjnego. Prace takie jak regulacja ustawień, odtwarzanie powłok antykorozyjnych, uzupełnianie zalewek i kitów, wymiana elastomerowych taśm uszczelniających oraz elastomerowych elementów sterujących powinny być wykonywane w ramach bieżącego utrzymania obiektów mostowych przez wyspecjalizowane firmy.

Czynnikiem decydującym o wyborze urządzenia dylatacyjnego do określonego obiektu mostowego są wymagane przemieszczenia. Inne czynniki (jak np. wyciszenie) należy rozpatrywać dopiero wtedy, gdy wymagania dotyczące przemieszczeń są spełnione. W tablicy 3 podano zakresy zastosowań różnych urządzeń dylatacyjnych pod względem wymaganych przemieszczeń. Zalecany obszar doboru urządzeń dylatacyjnych do określonych przemieszczeń oznaczono na szarym tle.

Tablica 3

Zalecane zakresy zastosowań różnych rodzajów urządzeń dylatacyjnych

Lp.	Obliczeniowe przemieszczenie krawędzi szczeliny dylatacyjnej, [mm]	Orientacyjna długość oblicze- niowa ^{*)} , obiektu o konstrukcji:			Uciąglenie nawierzchni	Bitumiczne przykrycia dylatacyjne	Blokowe urządzenia dylatacyjne	Rodzaj urządzenia dylatacyjnego				Palczaste urządzenia dylatacyjne
		betonowej	stalowej	zespólonej				Modułowe urządzenie dylatacyjne				
								Bez nakładek wyciszających	Wielomo- dulowe	Jednomo- dulowe	Z nakładkami wyciszającymi	
		[m]										
1	do 5	do 8	do 4	do 5	+	+	-	-	-	-	-	-
2	5 ÷ 25	8 ÷ 38	4 ÷ 21	5 ÷ 25	-	+	-	-	-	-	-	-
3	25 ÷ 30	38 ÷ 46	21 ÷ 25	25 ÷ 30	-	(O)	-	+/-	-	+/-	-	-
4	30 ÷ 40	46 ÷ 61	25 ÷ 33	30 ÷ 40	-	(O)	-	+	-	+/-	-	-
5	40 ÷ 50	61 ÷ 77	33 ÷ 42	40 ÷ 50	-	-	-	+	-	+/-	-	-
6	50 ÷ 80	77 ÷ 123	42 ÷ 67	50 ÷ 80	-	-	+	+/-	+	+/-	+/-	-
7	80 ÷ 100	123 ÷ 154	67 ÷ 83	80 ÷ 100	-	-	+	+	-	+/-	+/-	+/-
8	100 ÷ 200	154 ÷ 308	83 ÷ 167	100 ÷ 200	-	-	+	+	+	+/-	+/-	+
9	200 ÷ 330	308 ÷ 508	167 ÷ 275	200 ÷ 330	-	-	+	+	-	+/-	+/-	+
10	330 ÷ 800	508 ÷ 1231	275 ÷ 667	330 ÷ 800	-	-	+	+	-	+/-	+/-	+
11	ponad 800	ponad 1231	ponad 667	ponad 800	-	-	+	+	-	+/-	+/-	-
+	- zalecane											
+/-	- dozwolone											
(O)	- zastosowanie możliwe pod warunkiem uzyskania zgody ministra właściwego dla spraw transportu na odstępstwo od Warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać drogowe obiekty inżynierskie i ich użytkowanie. Por. przypis 2 na str. 10											
-	- niedopuszczalne lub niezalecane											
-	- odległość od punktu stałego do krawędzi szczeliny dylatacyjnej, mm											

5. PROJEKTOWANIE I MONTAŻ URZĄDZEŃ DYLATACYJNYCH

5.1. Uwagi ogólne

Projekt obiektu mostowego powinien określić rodzaj zastosowanego urządzenia dylatacyjnego oraz przemieszczenia, które dane urządzenie dylatacyjne powinno kompensować. Wbudowanie urządzenia dylatacyjnego w innym obiekcie niż ten, do którego zostało ono zaprojektowane oraz wprowadzanie do niego zmian konstrukcyjnych i przeróbek bez pisemnej zgody producenta jest niedopuszczalne.

Przed przystąpieniem do montażu nowych urządzeń dylatacyjnych należy sprawdzić stan techniczny łożysk, na których oparty jest obiekt mostowy. Łożyska powinny zapewniać możliwość realizacji projektowych przemieszczeń konstrukcji obiektu mostowego w stosunku do podpór. Gdy stan techniczny łożysk budzi zastrzeżenia, konieczne jest wykonanie ich naprawy lub wymiany. Największe przemieszczenia konstrukcji obiektu mostowego na łożyskach są spowodowane zmianami temperatury otoczenia. Podczas normalnej eksploatacji przemieszczenia te narastają i zmieniają się powoli. Gdy łożyska są zablokowane, niewielkie zmiany temperatury nie wywołują ruchu konstrukcji na łożyskach. Ruch pojawia się dopiero wtedy, gdy zostanie pokonany czynnik blokujący ruch (np. korozja w łożyskach wałkowych). W takim przypadku następuje duże, gwałtowne przemieszczenie konstrukcji. W niektórych rodzajach urządzeń dylatacyjnych (np. modułowych, blokowych i palczastych), szybkość pojawiania się przemieszczeń nie ma istotnego znaczenia. W przypadku uciąglenia nawierzchni oraz bitumicznych przykryć dylatacyjnych nagle pojawiające się przemieszczenia krawędzi szczeliny dylatacyjnej mogą doprowadzić do uszkodzenia tych konstrukcji. Dlatego też w przypadku wykonywania tych dwóch rodzajów urządzeń dylatacyjnych naprawienie łożysk, na których oparty jest obiekt mostowy ma decydujące znaczenie.

Montaż urządzeń dylatacyjnych w obiekcie mostowym powinien być wykonywany przez wyspecjalizowaną firmę, która została przeszkolona przez producenta danego urządzenia dylatacyjnego i ma jego pisemne upoważnienie do wykonywania takich robót. Dopuszcza się wykonywanie montażu urządzeń dylatacyjnych przez wykonawcę obiektu pod warunkiem wykonania montażu urządzeń dylatacyjnych pod nadzorem ich producenta.

Montaż urządzeń dylatacyjnych powinien zapewnić:

- niezakłócony przejazd pojazdów mechanicznych przez urządzenie dylatacyjne, po jego wbudowaniu,
- szczelność połączenia urządzenia dylatacyjnego z nawierzchnią i izolacją,

- wytrzymałość i trwałość połączenia urządzenia dylatacyjnego z konstrukcją obiektu mostowego,
- zdolność niezakłóconego i optymalnego przejmowania przemieszczeń krawędzi obiektu mostowego przez urządzenie dylatacyjne po zakończeniu montażu (wstępne ustawienie rozwarcia urządzenia dylatacyjnego stosownie do temperatury konstrukcji w czasie jego montażu).

a) Niezakłócony przejazd pojazdów mechanicznych przez urządzenie dylatacyjne po jego wbudowaniu

Zapewnienie możliwości niezakłóconego przejazdu pojazdów mechanicznych przez szczelinę dylatacyjną wymaga, aby górna powierzchnia urządzenia dylatacyjnego, po której odbywa się przejazd była wbudowana dokładnie w płaszczyźnie niwelety drogi na obiekcie mostowym. Aby to osiągnąć konieczne jest precyzyjne wykonanie montażu urządzenia dylatacyjnego w pionie oraz dokładne ułożenie i zagęszczenie nawierzchni.

Błędy ustawienia urządzenia dylatacyjnego w pionie w stosunku do projektowanej niwelety jezdni nie powinny przekraczać ± 2 mm.

Warstwa ścieralna nawierzchni wykonana z mieszanek mineralno-asfaltowych powinna być ułożona od 0 do 3 mm powyżej urządzenia dylatacyjnego. Nadwyżka ta zostanie bardzo szybko zniwelowana częściowo przez dogęszczenie nawierzchni pod ruchem pojazdów, a częściowo przez naturalne ścieranie nawierzchni.

b) Szczelność połączenia urządzenia dylatacyjnego z nawierzchnią i izolacja

Zapewnienie wodoszczelności urządzenia dylatacyjnego wymaga wykonania bardzo starannego montażu. Niedopuszczalne są żadne przecieki przez samo urządzenie dylatacyjne, przez strefy jego zakotwienia oraz przez styk izolacji z urządzeniem dylatacyjnym. Montaż urządzenia dylatacyjnego oraz roboty wykończeniowe powinny być prowadzone bardzo starannie. Niedopuszczalne są wszelkie zabrudzenia powierzchni i niesttarne wykonanie zakończenia izolacji oraz niedogęszczenie warstw nawierzchniowych.

c) Wytrzymałość i trwałość połączenia urządzenia dylatacyjnego z konstrukcją obiektu mostowego

O wytrzymałości i trwałości wbudowanych urządzeń dylatacyjnych decydują dwa elementy: wytrzymałość konstrukcji urządzenia dylatacyjnego oraz wytrzymałość jego zakotwienia.

Zabetonowywanie zakotwień urządzeń dylatacyjnych powinno być wykonane starannie. Niedopuszczalne są raki i niedogęszczenia betonu oraz pustki powietrzne i niedolania betonu w tej strefie. Prawidłowe zalanie i zagęszczenie betonu w strefie zakotwienia urządzenia dylatacyjnego jest trudne z uwagi na

bardzo dużą liczbę prętów zbrojeniowych, które znajdują się w tej strefie. Są to pręty należące do zbrojenia głównego płyty, zbrojenia poprzecznicy podporowej oraz elementy kotwiące urządzenia dylatacyjnego i dodatkowe pręty wiążące oraz usztywniające przestrzenny układ każdego zbrojenia. Należy tu podkreślić, że najważniejsze jest niedopuszczenie do powstania raków w betonie, a to wymaga, aby pręty zbrojeniowe przebiegające równolegle nie stykały się, aby między pręty mógł wpłynąć beton oraz aby między pręty można było włożyć buławę wi-bracyjną. Dlatego też należy przyjąć zasadę, aby między prętami pozostawiać zawsze nieco wolnej przestrzeni w celu włożenia buławy wibracyjnej i aby nigdzie w zakotwieniu trzy pręty nie mogły leżeć obok siebie stykając się. Zbędne pręty utrudniające wylanie i zagęszczenie betonu w zakotwieniu zaleca się usunąć. Stanie się to z korzyścią dla trwałości i wytrzymałości mechanicznej zakotwienia.

d) Zdolność niezakłóconego i optymalnego przejmowania przemieszczeń krawędzi obiektu mostowego przez urządzenie dylatacyjne po zakończeniu montażu (wstępne ustawienie rozwarcia urządzenia dylatacyjnego stosownie do temperatury konstrukcji w czasie jego montażu)

Urządzenia dylatacyjne mają ograniczoną zdolność przejmowania przemieszczeń krawędzi przęsła, tzn. mają określone przemieszczenia nominalne, czyli zakres przemieszczeń, przy którym to urządzenie może bezawaryjnie pracować. Dlatego też, w czasie montażu urządzeń dylatacyjnych należy uwzględniać wpływ temperatury otoczenia na długość obiektu i szerokość szczeliny dylatacyjnej. W większości rodzajów urządzeń dylatacyjnych konieczne jest dokonanie regulacji ustawienia ich stosownie do temperatury panującej w chwili montażu.

W czasie montażu każdego urządzenia dylatacyjnego należy zmierzyć i zanotować w protokole montażu lub dzienniku budowy wyniki pomiarów następujących wielkości:

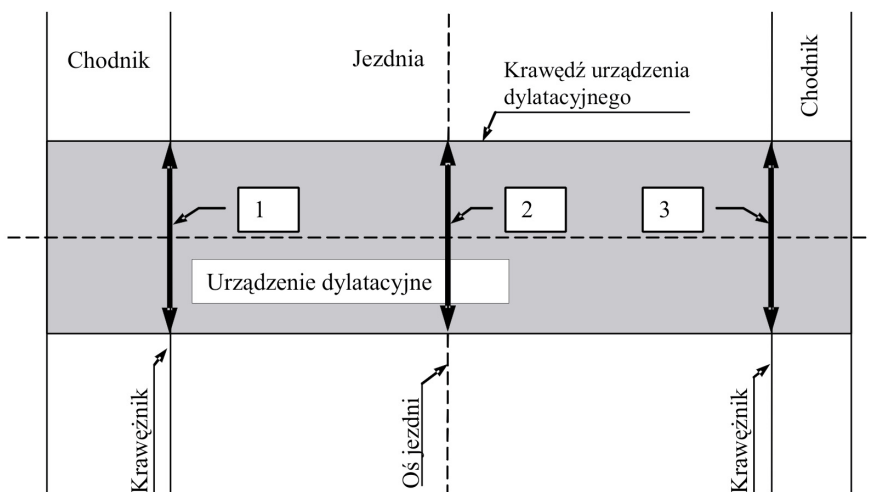
- temperatury konstrukcji, w której dokonano montażu,
- szerokości ustawienia urządzenia dylatacyjnego w poziomie,
- wysokości ustawienia urządzenia dylatacyjnego w pionie w stosunku do projektowanej niwelety drogi.

Pomiar temperatury należy wykonać za pomocą termometru o dokładności odczytu $\pm 1^{\circ}\text{C}$. Przed dokonaniem pomiaru termometr powinien być umieszczony w cieniu bezpośrednio przy obiekcie mostowym przez co najmniej 30 minut.

W przypadku uciągania nawierzchni oraz bitumicznych przykryć dylatacyjnych należy zmierzyć szerokość szczeliny dylatacyjnej w obiekcie mostowym (wymiar *f* na rys. 12, 13 i 14).

W przypadku blokowych i palczastych urządzeń dylatacyjnych należy zmierzyć osiowy rozstaw sworzni lub śrub kotwiących urządzenie dylatacyjne, umieszczonych po obu stronach szczeliny dylatacyjnej (wymiar *g* na rys. 16, 25 i 27).

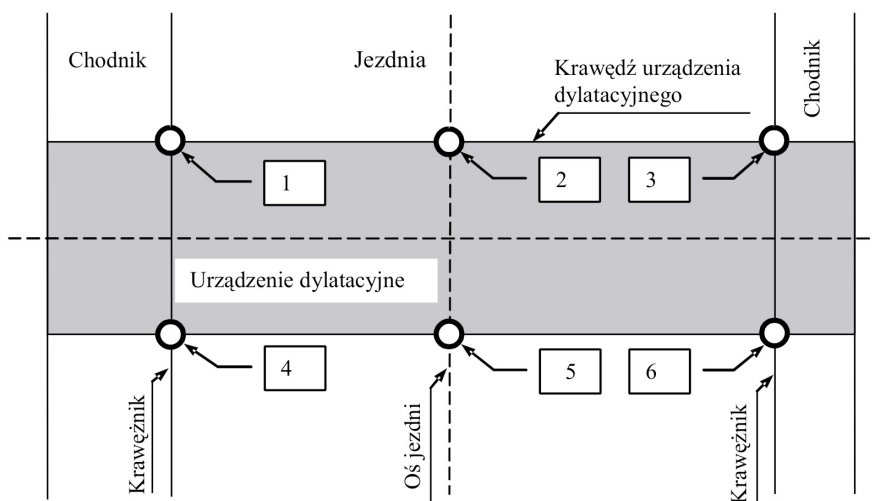
W przypadku modułowych urządzeń dylatacyjnych należy zmierzyć szerokość prześwitu między skrajnymi profilami stalowymi (wymiar a na rys. 18 i 20),



Rys. 10. Schemat rozmieszczenia punktów pomiarowych szerokości ustawienia urządzenia dylatacyjnego

Pomiary szerokości ustawienia urządzenia dylatacyjnego należy wykonać w trzech punktach pomiarowych, pokazanych na rys. 10. Punkty te powinny być usytuowane w osi jezdni i w liniach krawężników, z obu stron urządzenia dylatacyjnego. W przypadku montażu blokowych, modułowych i palczastych urządzeń dylatacyjnych błąd poziomego ustawienia rozwarcia urządzenia dylatacyjnego w żadnym punkcie pomiarowym nie powinien przekroczyć wartości ± 2 mm w odniesieniu do ustawienia teoretycznego obliczonego dla temperatury montażu.

Sprawdzenie wysokościowego ustawienia dotyczy blokowych, modułowych i palczastych urządzeń dylatacyjnych. Pomiary pionowego położenia urządzenia dylatacyjnego należy wykonać w sześciu punktach pomiarowych pokazanych na rys. 11. Punkty te powinny być usytuowane: w osi jezdni i w liniach krawężników, z obu stron urządzenia dylatacyjnego. Błąd wysokościowego ustawienia urządzenia dylatacyjnego w żadnym punkcie pomiarowym nie powinien przekroczyć wartości ± 2 mm.



Rys. 11. Schemat rozmieszczenia punktów pomiarowych wysokościowego ustawienia urządzenia dylatacyjnego

Zanotowanie i przechowanie podanych wyżej informacji ma duże znaczenie dla służb utrzymaniowych, ponieważ ułatwi to w przyszłości dokonanie oceny prawidłowości działania lub zdiagnozowanie przyczyn nieprawidłowej pracy czy awarii urządzenia dylatacyjnego.

5.2. Uciąglenie nawierzchni

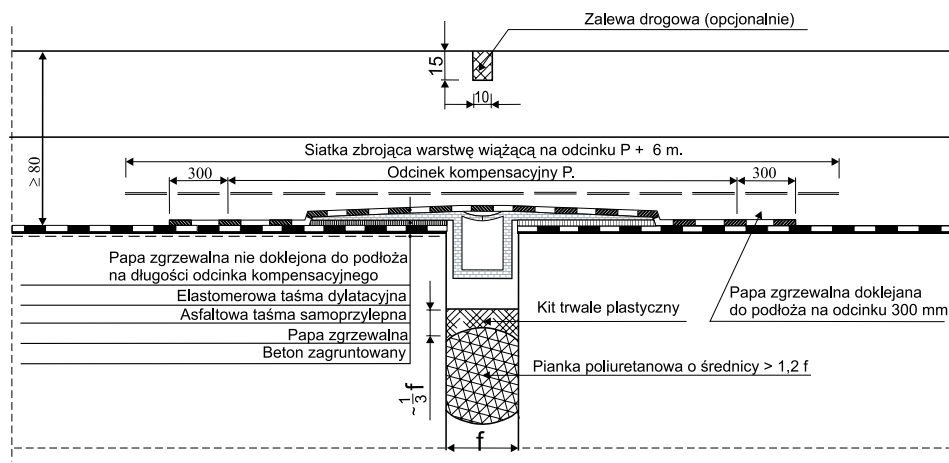
Do zalet uciąglenia nawierzchni należy zaliczyć: niewielki koszt wykonania, trwałość identyczną z trwałością nawierzchni na obiekcie, brak wymagań dotyczących utrzymania i wysoki komfort jazdy – warunki ruchu pojazdów są identyczne w strefie szczeliny dylatacyjnej i poza nią.

Wadami uciąglenia nawierzchni są: zakres stosowania ograniczony do niewielkich przemieszczeń i niewielkich obiektów mostowych, brak możliwości wykonania w obiektach mostowych z nawierzchnią z betonu cementowego oraz w obiektach z ultracienką nawierzchnią z materiałów żywicznych (tzw. izolacyjno-nawierzchnią).

Uciąglenie nawierzchni (rys. 12) może być wykonywane tylko na obiektach, na których ułożona jest nawierzchnia z mieszanek mineralno bitumicznych, takich jak beton asfaltowy, SMA lub asfalt lany. Zbrojona nawierzchnia asfaltowa powinna mieć grubość całkowitą co najmniej 8 cm i powinna być układana w dwóch warstwach.

Szczelinę dylatacyjną należy zamknąć za pomocą elastomerowej taśmy dylatacyjnej wklejonej w izolację pomostu obiektu mostowego z obu stron szczeliny

dylatacyjnej. Mocowanie taśmy do podłoża za pomocą łączników mechanicznych jest zbędne. Kształt taśmy dylatacyjnej powinien być zbliżony do pokazanego na rys. 12.



Rys. 12. Uciąglenie nawierzchni

Zasada działania uciąglenia nawierzchni polega na wykonaniu w nawierzchni mostowej nad szczeliną dylatacyjną specjalnego odcinka kompensacyjnego, który będzie przejmował przemieszczenia krawędzi szczeliny dylatacyjnej obiektu. Odcinek ten będzie ulegał wydłużaniu i skracaniu pod wpływem przemieszczeń krawędzi szczeliny dylatacyjnej obiektu. Aby ułatwić odkształcenia, nawierzchnia nie powinna być sklejana z podłożem na długości odcinka kompensacyjnego. Aby zapobiec zerwaniu odcinka kompensacyjnego podczas przemieszczeń krawędzi szczeliny dylatacyjnej należy go zazbroić siatką z tkaniny technicznej, zakotwioną w nawierzchni mocno skleionej z podłożem. Siatka stosowana do uciąglenia nawierzchni powinna spełniać wymagania podane w tablicy 4. Długość siatki zbrojącej nawierzchnię należy przyjmować według tablicy 5.

Tablica 4

Wymagania w stosunku do siatki przeznaczonej do uciąglenia nawierzchni

Lp.	Właściwości	Jednostki	Wartość wymagana	Metoda badań wg
1	2	3	4	5
1	Minimalne wymiary oczek (w osiach splotów podłużnych i poprzecznych)	mm	$\geq 20 \times 20$	pomiar bezpośredni
2	Masa powierzchniowa	g/m ²	≥ 200	PN-EN ISO: 9864:2007
3	Stosunek powierzchni otworów do całkowitej powierzchni siatki	%	≥ 75	pomiar bezpośredni
4	Wytrzymałość na rozciąganie - wzdłuż pasma - w poprzek pasma	kN/m	≥ 50 ≥ 50	PN-ISO 10319:1996
5	Wydłużenie przy zerwaniu - wzdłuż pasma - w poprzek pasma	%	≥ 12 ≥ 12	PN-ISO 10319:1996

Uciąglenie nawierzchni wykonuje się łącznie z wykonywaniem izolacji oraz nawierzchni na obiekcie mostowym. Wymiary geometryczne uciąglenia nawierzchni należy przyjmować według tablicy 5. W czasie wykonywania uciąglenia nawierzchni należy wykonać następujące operacje techniczne oraz spełnić następujące wymagania technologiczne:

a) Czynności wykonywane podczas układania izolacji:

- zmierzyć i zanotować temperaturę konstrukcji¹²⁾ obiektu mostowego przed wykonaniem uciąglenia nawierzchni,
- zmierzyć i zanotować rzeczywistą szerokość szczeliny dylatacyjnej w konstrukcji obiektu mostowego,
- zamknąć szczelinę dylatacyjną profilem okrągłym z pianki poliuretanowej (o średnicy o 20 % większej od szerokości szczeliny) oraz uszczelnić ją kitem trwale plastycznym,
- ułożyć izolację na przęsle i na przyczółku do krawędzi szczeliny dylatacyjnej,
- wkleić elastomerową taśmę uszczelniającą w szczelinę dylatacyjną za pomocą asfaltowej taśmy samoprzylepnej,
- wykonać odcinek kompensacyjny¹³⁾ poprzez ułożenie nad szczeliną dylatacyjną papy izolacyjnej; długość odcinka kompensacyjnego należy wyznaczać ze wzoru:

¹²⁾ Temperaturę konstrukcji obiektu mostowego należy mierzyć w cieniu (pod obiektem).

¹³⁾ Odcinek kompensacyjny wykonany z papy termozgrzewalnej powinien być doklejony do podłoża tylko na krawędziach na długości po około 30 cm z obu stron szczeliny dylatacyjnej.

$$P = \frac{\Delta l_c}{0,005} \quad (20)$$

w którym:

P - długość odcinka kompensacyjnego, [mm]

Δl_c - całkowite przemieszczenie krawędzi szczeliny dylatacyjnej, [mm]

0,005 - współczynnik empiryczny

b) Czynności wykonywane podczas układania nawierzchni:

- ułożyć siatkę do zbrojenia warstwy wiążącej nawierzchni,
- ułożyć warstwę wiążącą nawierzchni,
- ułożyć siatkę do zbrojenia warstwy ścieralnej nawierzchni,
- ułożyć warstwę ścieralną nawierzchni,
- wykonać nacięcie w warstwie ścieralnej o szerokości 10 mm i głębokości 15 mm i wypełnić je zalewą drogową (asfaltową masą zalewową).

Tablica 5

Wymiary odcinka kompensacyjnego i siatek zbrojących nawierzchnię

Lp.	Przemieszczenie krawędzi szczeliny dylatacyjnej [mm]	Szerokość szczeliny dylatacyjnej w konstrukcji obiektu mostowego a [mm]	Długość odcinka kompensacyjnego P [m]	Długość siatki zbrojącej nawierzchnię w warstwie wiążącej $P + 6 m$ [m]
1	do 5	20	1,0	7,0

5.3. Bitumiczne przykrycia dylatacyjne

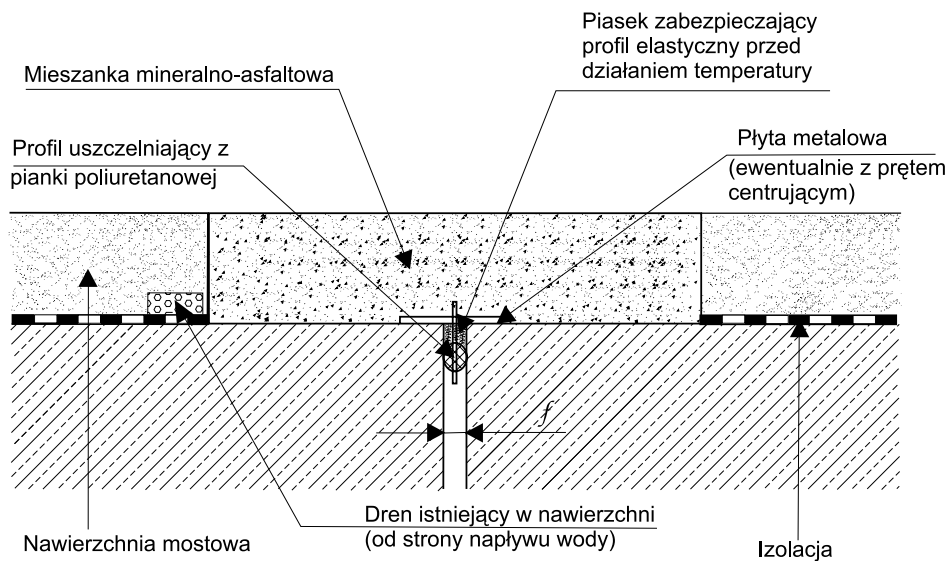
Do zalet bitumicznych przykryć dylatacyjnych należy zaliczyć: niewielki koszt wykonania, łatwość wykonywania napraw, krótki czas wykonywania napraw, możliwość wbudowywania i naprawy przy zamknięciu tylko jednego pasa ruchu, brak wymagań dotyczących utrzymania i wysoki komfort jazdy - warunki ruchu pojazdów są prawie identyczne w strefie szczeliny dylatacyjnej i poza nią.

Wadami bitumicznych przykryć dylatacyjnych są: zakres stosowania ograniczony do niewielkich przemieszczeń i niewielkich obiektów mostowych, ograniczona trwałość, brak dobrego rozwiązania w strefach chodników (wodoszczelność i deformacje), duża podatność na deformacje w przypadku wbudowania w obiektach mostowych, po których odbywa się powolny ruch ciężkich pojazdów, brak możliwości wykonania w obiektach mostowych z ultracienką nawierzchnią z materiałów żywicznych.

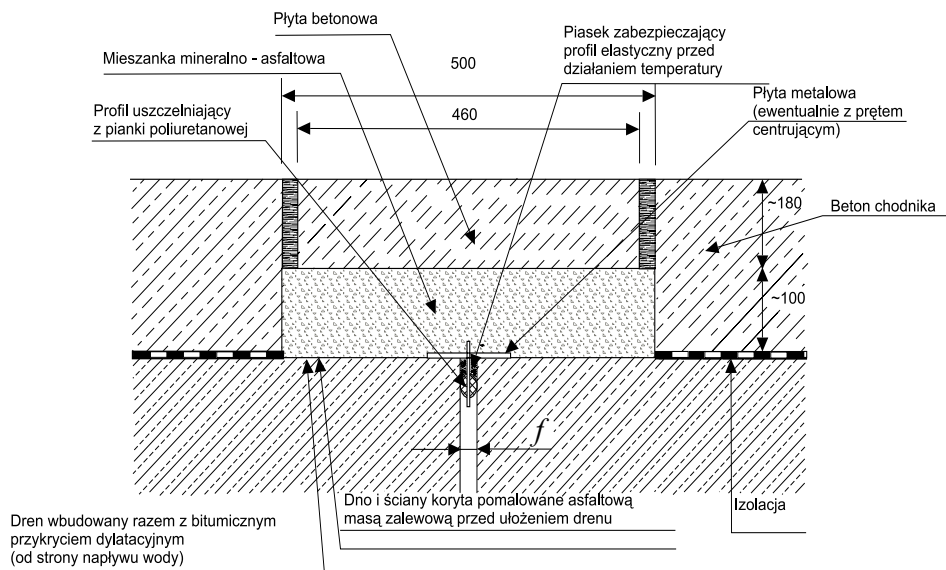
Bitumiczne przykrycie dylatacyjne (rys. 13 i 14) jest zabezpieczeniem szczeliny dylatacyjnej umieszczonym całkowicie w nawierzchni drogowej. Stanowi ono odcinek nawierzchni o specjalnej konstrukcji, dobrze przenoszącej zarówno obciążenia pionowe wywołane naciskami kół pojazdów mechanicznych, jak i obciążenia poziome, wywołane przemieszczeniami krawędzi szczeliny dylatacyjnej w obiekcie mostowym.

Bitumiczne przykrycia dylatacyjne nie powinny być stosowane w obiektach, na których odbywa się powolny ruch ciężkich pojazdów jadących dokładnie jeden za drugim lub, na których dochodzi często do hamowania, zatrzymywania i ruszania pojazdów, np.:

- na obiektach miejskich,
- szczególnie na obiektach usytuowanych przed skrzyżowaniami z sygnalizacją świetlną,
- na obiektach usytuowanych na zjazdach z tras szybkiego ruchu, które położone są w dużym spadku (powyżej 6 %) oraz na ciasnych łukach poziomych.



Rys. 13. Bitumiczne przykrycie dylatacyjne w strefie jezdni



Rys. 14. Bitumiczne przykrycie dylatacyjne w strefie chodnika

W obiektach mostowych usytuowanych w dużym spadku podłużnym zaleca się wbudowywać dreny odprowadzające wodę ze strefy styku nawierzchni z bitumicznym przykryciem dylatacyjnym. Na obiektach nowych dren powinien być wbudowany w nawierzchnię (rys. 13). Na obiektach remontowanych dren może być wbudowany w bitumiczne przykrycie dylatacyjne (rys. 14).

Bitumiczne przykrycie dylatacyjne w strefie chodników powinno być wykonane według rys. 14. Całkowita grubość mieszanki mineralno-asfaltowej, z której wykonywane jest bitumiczne przykrycie dylatacyjne nie powinna przekraczać 150 mm, gdyż łatwo ulega wtedy deformacjom. Dlatego w strefie chodnika należy wykonać przykrycie dylatacyjne tylko na grubości jezdni a przestrzeń ponad jezdnią należy wypełnić blokiem z betonu. Szczeliny między betonem chodnika a blokiem z betonu (będącym elementem przykrycia dylatacyjnego) należy wypełnić masą zalewową. Krawężnik powinien być zdylatowany nad szczeliną dylatacyjną obiektu mostowego oraz podcięty od spodu w taki sposób, aby bitumiczne przykrycie dylatacyjne pod krawężnikiem miało grubość zbliżoną do grubości bitumicznego przykrycia na jezdni. Elementy krawężnika wbudowane po obu stronach szczeliny dylatacyjnej powinny być zakotwione w betonie chodnika. Nie należy zatapiać krawężników w mieszance mineralno-asfaltowej tworzącej bitumiczne przykrycie dylatacyjne.

Masa zalewowa stosowana do wykonywania bitumicznego przykrycia dylatacyjnego, powinna spełniać wymagania według tablicy 6.

Tablica 6

Wymagania w stosunku do masy zalewowej przeznaczonej do wykonywania bitumicznego przykrycia dylatacyjnego

Lp.	Właściwości	Jednostki	Wartość wymagana	Metoda badań wg
1	2	3	4	5
1	Temperatura mięknięcia według metody PiK	°C	$t_{PiK} \pm 10^x$	PN-EN 1427:2001
2	Penetracja w temperaturze 25 °C, igła	0,1 mm	$p \pm 0,1 p^x$	PN-EN 1426:2001
3	Spływność w temperaturze 60 °C	mm	≤ 5	PN-B 24005:1997, Procedura Nr PB/TN-2/1
4	Nawrót sprężysty w temperaturze 25 °C	%	≥ 80	TWT PAD 2003, zeszyt 65 pkt 4.1
5	Temperatura łamliwości według Fraassa	°C	$t_{Fraassa} \pm 5^x$	PN-EN 12593:2002
x) badania według poz. 1, 2 i 5 mają charakter identyfikacyjny w stosunku do danej masy zalewowej.				

Konstrukcja bitumicznego przykrycia dylatacyjnego, powinna spełniać warunki odporności na koleinowanie według Procedury badawczej IBDiM Nr PB/TM-1/11:2004 *Badanie odporności mostowych dylatacji bitumicznych na koleinowanie*.

W czasie wykonywania bitumicznego przykrycia dylatacyjnego należy wykonać następujące operacje techniczne oraz spełnić następujące wymagania technologiczne:

- zmierzyć i zanotować temperaturę konstrukcji¹⁴⁾ obiektu mostowego przed montażem bitumicznego przykrycia dylatacyjnego,
- wyciąć piłą koryto w nawierzchni; szerokość koryta nie powinna różnić się o więcej niż o 5 % od jego szerokości przewidzianej w projekcie technicznym; nawierzchnia oraz izolacja istniejące na obiekcie powinny być przecięte piłą na całej swojej grubości; uszkodzenie więcej niż 5 % powierzchni pionowych krawędzi koryta jest niedopuszczalne,
- z wnętrza koryta należy usunąć całą istniejącą nawierzchnię oraz izolację do odsłonięcia płyty pomostu,
- ewentualne uszkodzenia krawędzi szczeliny dylatacyjnej w konstrukcji obiektu powinny zostać naprawione za pomocą zapraw żywicznych typu PC, przeznaczonych do naprawy betonu, szczelina dylatacyjna po naprawie powinna mieć stałą szerokość oraz równe krawędzie na całej swojej długości,
- zmierzyć i zanotować rzeczywistą szerokość szczeliny dylatacyjnej,

¹⁴⁾ Temperaturę konstrukcji obiektu mostowego należy mierzyć w cieniu (pod obiektem).

- przed przystąpieniem do wbudowywania bitumicznego przykrycia dylatacyjnego, koryto wycięte w nawierzchni powinno być oczyszczone z pyłów, luźnych frakcji i innych zanieczyszczeń przez przedmuchiwanie sprężonym powietrzem,
- bezpośrednio przed wbudowaniem bitumicznego przykrycia dylatacyjnego szczelinę dylatacyjną należy „zamknąć” profilem uszczelniającym z pianki poliuretanowej odpornym na działanie gorącego asfaltu; w przypadku stosowania profilu nie odpornego na temperaturę gorącego asfaltu, można taki profil umieścić nieco głębiej w szczelinie dylatacyjnej i przysypać warstwą suchego piasku o grubości około 2 cm (por. rys. 13 i 14),
- jeżeli instrukcja producenta tego wymaga, dno i ściany koryta należy zagruntować odpowiednim roztworem asfaltowym; w tym przypadku do następnej operacji można przystąpić dopiero po całkowitym wyschnięciu roztworu asfaltowego,
- temperatura grysów stosowanych do wykonywania bitumicznego przykrycia dylatacyjnego powinna wynosić ok. 150 °C, a temperatura masy zalewowej powinna być zgodna z zaleceniami producenta; nie wolno przekroczyć maksymalnej temperatury rozgrzewania masy zalewowej określonej przez producenta (wynoszącej zwykle od 160 °C do 190°C),
- dno i ściany koryta należy pokryć gorącą masą zalewową,
- symetrycznie nad osią szczeliny dylatacyjnej należy ułożyć blachę metalową¹⁵⁾, która ma za zadanie przeciwdziałać wciśnięciu grysów oraz masy zalewowej w głąb szczeliny dylatacyjnej,
- gorący grys układa się w korycie warstwami o grubości około 3 cm; każdą warstwę zagęszcza się płytą wibracyjną, a następnie zalewa gorącą masą zalewową,
- górna powierzchnia wykonanego bitumicznego przykrycia dylatacyjnego nie powinna wystawać więcej niż 3 mm powyżej poziomu otaczającej nawierzchni na obiekcie mostowym.

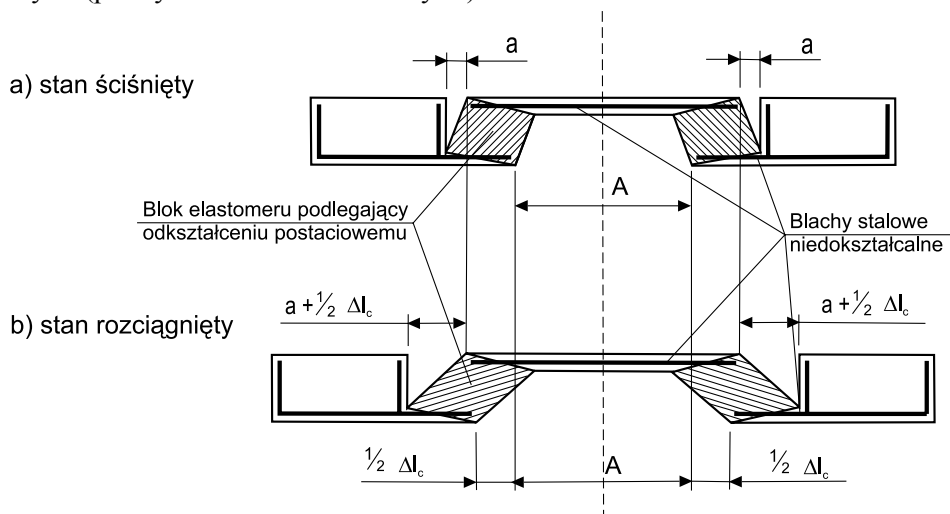
5.4. Blokowe urządzenia dylatacyjne

Do zalet blokowych urządzeń dylatacyjnych należy zaliczyć możliwość naprawy przy zamknięciu pojedynczych pasów ruchu oraz wysoki komfort jazdy pojazdów - generowanie ograniczonego hałasu podczas przejazdu pojazdów.

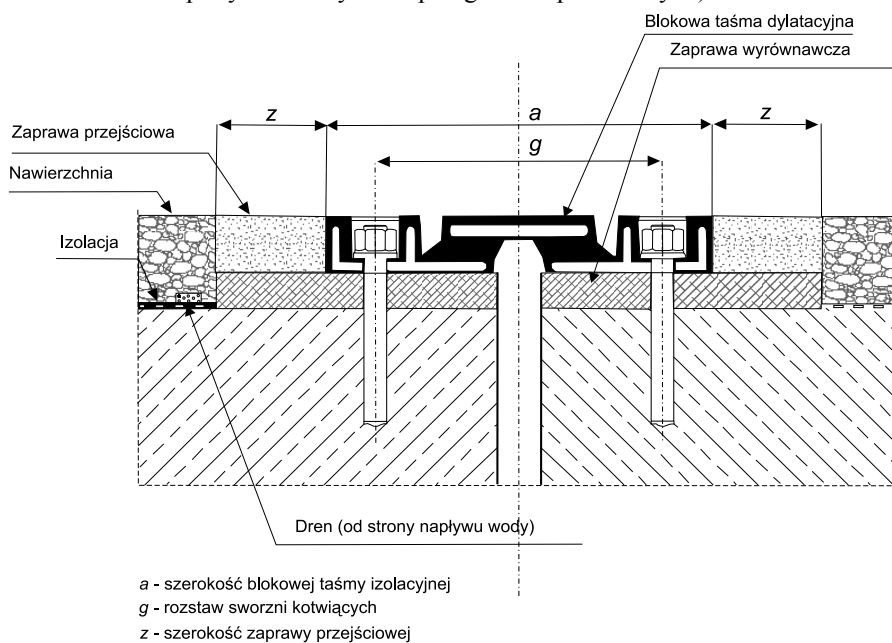
Wadami blokowych urządzeń dylatacyjnych są: ograniczona trwałość i konieczność wymiany urządzenia po około 15 latach eksploatacji oraz problemy z utrzymaniem zaprawy przejściowej na połączeniu urządzenia dylatacyjnego z nawierzchnią.

¹⁵⁾ Blacha metalowa może być wyposażona w pręt centrujący, zapobiegający przed jej przesunięciem podczas wykonywania bitumicznego przykrycia dylatacyjnego.

Schemat działania blokowego urządzenia dylatacyjnego pokazano na rys. 15. Przeszczenia krawędzi szczelin dylatacyjnych są tu kompensowane przez odkształcenia postaciowe bloków elastomeru zwulkanizowanych z blachami stalowymi (praktycznie nieodkształcalnymi).



Rys. 15. Schemat działania blokowego urządzenia dylatacyjnego (zamontowanego nad szczeliną dylatacyjną między krawędziami dwóch prześel opartych na łożyskach przegubowo przesuwnych)



Rys. 16. Schemat blokowego urządzenia dylatacyjnego

Blokowe urządzenie dylatacyjne (rys. 16) jest wbudowywane w poziomie jezdni nad szczeliną dylatacyjną. Złożone jest z produkowanych w odcinkach taśm dylatacyjnych, które na miejscu wbudowania są sklejane w ciągłą taśmę. Taśmy dylatacyjne są mocowane do podłoża betonowego za pomocą sworzni stalowych osadzanych w wierconych otworach, a do konstrukcji stalowych – za pomocą śrub.

Projekt blokowego urządzenia dylatacyjnego powinien określać rodzaj stosowanych taśm dylatacyjnych, sposób ich montażu na budowie, rodzaj stosowanych łączników, rodzaj zaprawy przejściowej oraz warunki odbioru wbudowanego urządzenia dylatacyjnego.

Konstrukcja blokowego urządzenia dylatacyjnego, powinna spełniać warunek odporności na powtarzalne obciążenia dynamiczne według Procedury badawczej IBDiM Nr PB-TM-08:1998 *Badanie odporności konstrukcji blokowego urządzenia dylatacyjnego na powtarzalne obciążenia dynamiczne*.

W czasie montażu blokowego urządzenia dylatacyjnego należy wykonać następujące operacje techniczne oraz spełnić następujące wymagania technologiczne:

- zmierzyć i zanotować temperaturę konstrukcji¹⁶⁾ obiektu mostowego przed montażem urządzenia dylatacyjnego,
- wyciąć piłą koryto w nawierzchni; szerokość koryta nie powinna różnić się o więcej niż o 5 % od szerokości przewidzianej w projekcie technicznym; nawierzchnia oraz izolacja istniejące na obiekcie powinny być przecięte piłą na całej swojej grubości; uszkodzenie więcej niż 5 % powierzchni pionowych krawędzi koryta jest niedopuszczalne.

Szerokość koryta powinna być ustalona ze wzoru:

$$b_k = a + 2 \times z \quad (21)$$

w którym:

- b_k - szerokość koryta wyciętego w nawierzchni, [mm]
- a - szerokość blokowej taśmy dylatacyjnej, [mm]
- z - szerokość blokowej zaprawy przejściowej, [mm]

Szerokość zaprawy przejściowej należy przyjmować według tablicy 7 w zależności od wartości całkowitego przemieszczenia krawędzi szczeliny dylatacyjnej Δl_c .

¹⁶⁾ Temperaturę konstrukcji obiektu mostowego należy mierzyć w cieniu (pod obiektem).

Tablica 7

Zalecana szerokość zaprawy przejściowej w zależności od całkowitego przemieszczenia krawędzi szczeliny dylatacyjnej

Lp.	Całkowite przemieszczenie krawędzi szczeliny dylatacyjnej, Δl_c [mm]	Szerokość zaprawy przejściowej, z [mm]
1	2	3
1	$\Delta l_c \leq 50$	50
2	$\Delta l_c \leq 50$	100

- usunąć z koryta całą nawierzchnie oraz izolację do odsłonięcia czystego betonu,
- wyrównać podłoże pod taśmę dylatacyjną za pomocą zapraw wyrównawczych lub/i szpachlowych typu PCC lub PC; zaprawy stosowane do wyrównywania podłoża powinny spełniać wymagania według tablicy 8; wyrównanie podłoża powinno być wykonane w taki sposób, aby poziom górnej powierzchni zmontowanego urządzenia dylatacyjnego był ustawiony dokładnie w poziomie powierzchni otaczającej nawierzchni,

Tablica 8

Wymagania w stosunku do zapraw typu PC lub PCC, przeznaczonych do wyrównania podłoża przed montażem blokowego urządzenia dylatacyjnego oraz do wykonania zaprawy przejściowej

Lp.	Właściwości	Jednostki	Wartość wymagana	Metoda badań wg
1	2	3	4	5
Zaprawa wyrównawcza i przejściowa				
1	Wytrzymałość na ściskanie	MPa	≥ 45	PN-85/B-04500
2	Wytrzymałość na zginanie	MPa	≥ 9	PN-85/B-04500
3	Nasiąkliwość	%	≤ 4	PN-85/B-04500
Zaprawa szpachlowa				
1	Wytrzymałość na ściskanie	MPa	≥ 30	PN-85/B-04500
2	Nasiąkliwość	%	≤ 1	PN-85/B-04500

- trasowanie i wiercenie otworów na sworznie oraz osadzenie sworzni powinno być wykonane zgodnie z projektem; trasowanie otworów powinno być wykonane z poprawką uwzględniającą temperaturę konstrukcji podczas montażu; poprawki montażowe należy wyznaczać ze wzoru (2) przyjmując obliczeniowe różnice temperatury według kolumny 3 w tablicy 9; przykład poprawek montażowych, które należy uwzględnić przy montażu urządzenia dylatacyjnego pokazano w tablicy 9.

Tablica 9

Przykład poprawek montażowych wyznaczonych dla blokowego urządzenia dylatacyjnego

Lp.	Rzeczywista temperatura montażu [°C]	Różnica temperatury w stosunku do teoretycznej temperatury montażu = 10°C	Rozstaw sworzni g [mm]	Szerokość koryta $a + 2 \times z$ [mm]	Poprawka montażowa [mm]
1	2	3	4	5	6
1	0	- 10	221	378	+ 8
2	5	- 5	217	374	+ 4
3	10	0	213	370	0
4	15	+ 5	209	366	- 4
5	20	+ 10	205	362	- 8
6	25	+ 15	201	358	- 12

a, g i z – według rys. 16

Przykład dotyczy mostu żelbetowego o długości 80 m i blokowego urządzenia dylatacyjnego do przemieszczeń 50 mm. Szerokość blokowej taśmy dylatacyjnej przyjęto: $a = 270$ mm, szerokość zaprawy przejściowej przyjęto: $z = 50$ mm. Wartości przykładowe wyróżniono na szarym tle.

- po związaniu zapraw mocujących sworznie należy ułożyć kit uszczelniający styk taśm dylatacyjnych z podłożem a następnie zamontować blokowe taśmy dylatacyjne; taśmy należy rozciągnąć albo ścisnąć, aby ich szerokość była zgodna z rozstawem sworzni w chwili montażu; styki poprzeczne taśm dylatacyjnych należy skleić,
- po osadzeniu taśm należy dokręcić nakrętki śrub mocujących taśmy za pomocą kluczy dynamometrycznych, momentem określonym w projekcie technicznym dla danej średnicy sworzni,
- sprawdzić dokładność pionowego ustawienia urządzenia dylatacyjnego w stosunku do istniejącej niwelety na obiekcie,
- ułożyć zaprawę przejściową wypełniającą przestrzeń między taśmą dylatacyjną oraz nawierzchnią; zaprawa przejściowa typu PCC lub PC powinna spełniać wymagania według tablicy 8; zaprawa przejściowa powinna być ułożona w sposób zapewniający wodoszczelność połączenia z urządzeniem dylatacyjnym i nawierzchnią.

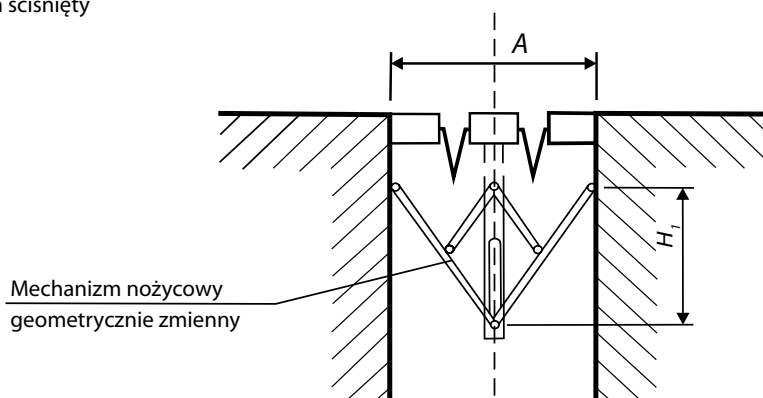
5.5. Modułowe urządzenia dylatacyjne

Do zalet modułowych urządzeń dylatacyjnych należy zaliczyć: możliwość montażu we wszystkich obiektach mostowych bez względu na rozpiętość, niewielkie wymagania dotyczące utrzymania, duża trwałość do ok. 30 lat.

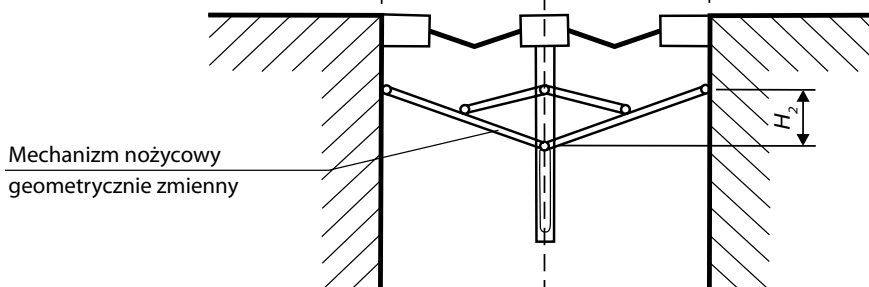
Wadami modułowych urządzeń dylatacyjnych są: wysoka cena, trudności w wykonaniu montażu i/lub remontu przy utrzymaniu ruchu na obiekcie, duży poziom hałasu generowany podczas przejazdu pojazdów (za wyjątkiem urządzeń z nakładkami wyciszającymi).

Schemat działania modułowego urządzenia dylatacyjnego pokazano na rys. 17. Przeszczenia krawędzi szczelin dylatacyjnych są tu kompensowane przez zmianę geometrii układu belek (mechanizmu nożycowego) podpierających stalowe profile pośrednie (w jezdni).

a) Stan ściśnięty



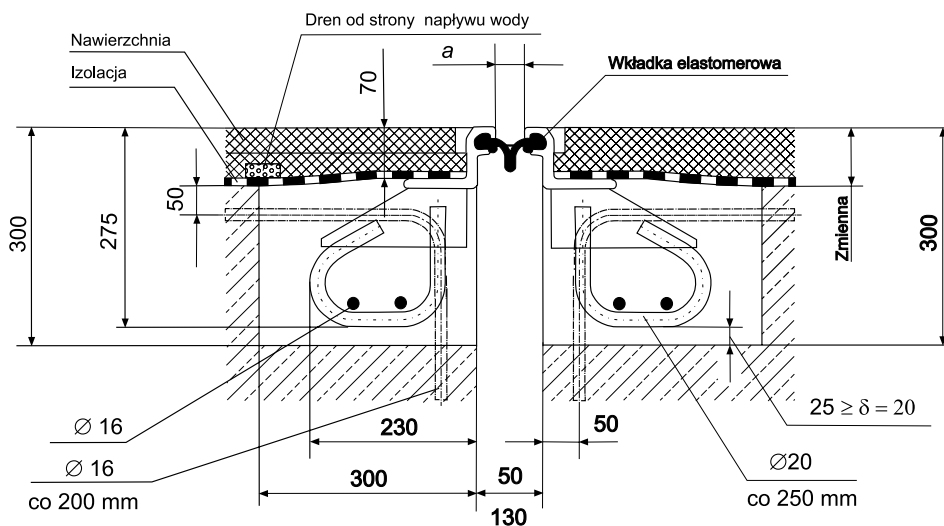
b) Stan rozciągnięty



Rys. 17. Schemat działania modułowego urządzenia dylatacyjnego (zamontowanego nad szczeliną dylatacyjną między krawędziami dwóch prześel opartych na łożyskach przegubowo przesuwnych)

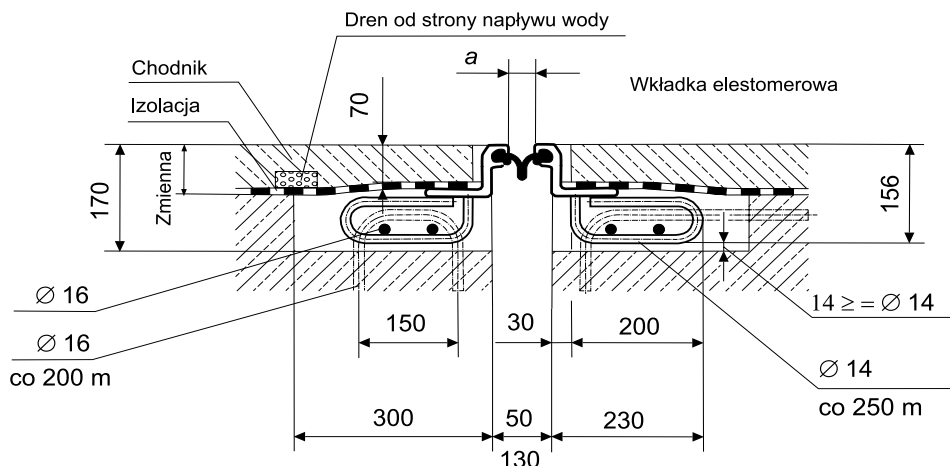
Modułowe urządzenia dylatacyjne (rys. 18, 19, 20 i 21) są wbudowywane w szczelinę dylatacyjną i mocowane do konstrukcji za pomocą zakotwień zabetonowywanych w pozostawionych w konstrukcji wnękach. W konstrukcjach stalowych modułowe urządzenia dylatacyjne są mocowane do konstrukcji obiektu za pomocą spawania.

Istotnym elementem modułowych urządzeń dylatacyjnych są zakotwienia, które powinny być odpowiednio wytrzymałe. Minimalne zakotwienia w jednomodułowych urządzeniach dylatacyjnych przeznaczonych do montażu na jezdniach drogowych obiektów mostowych pokazano na rys. 18 a przeznaczone do montażu na chodnikach - na rys. 19. Zakotwienie przeznaczone do montażu na jezdni powinno być złożone z blachy o gr. 15 mm z przyspawaną pętlą z pręta $\varnothing 20$ mm. Zakotwienie przeznaczone do montażu na chodniku powinno być wykonane z pętli z pręta $\varnothing 14$ mm. Elementy kotwiące powinny być zamontowane w rozstawie co 250 mm. Pozostałe wymiary elementów kotwiących i wnęk koniecznych do zakotwienia pokazano na rys. 18 i 19.



a - szerokość prześwitu pomiędzy skrajnymi profilami stalowymi

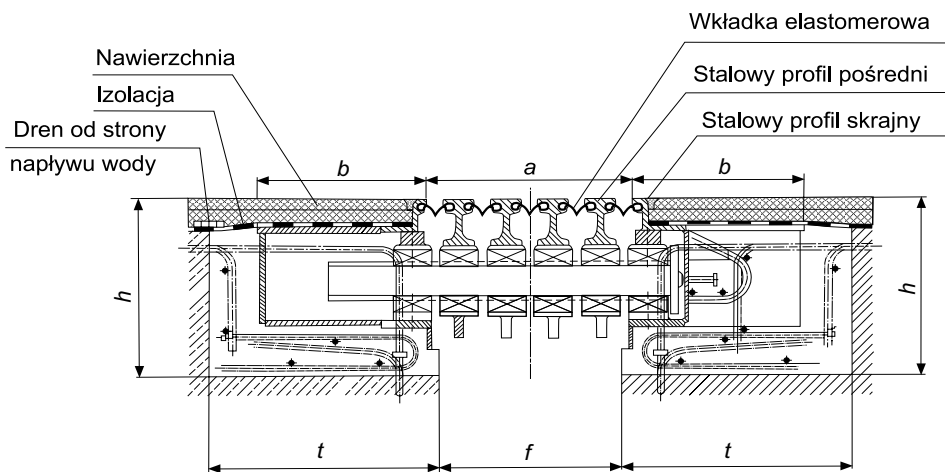
Rys. 18. Schemat jednomodułowego urządzenia dylatacyjnego przeznaczanego do montażu na jezdni



a - szerokość prześwitu pomiędzy skrajnymi profilami stalowymi

Rys. 19. Schemat jednomodułowego urządzenia dylatacyjnego przeznaczonego do montażu na chodniku

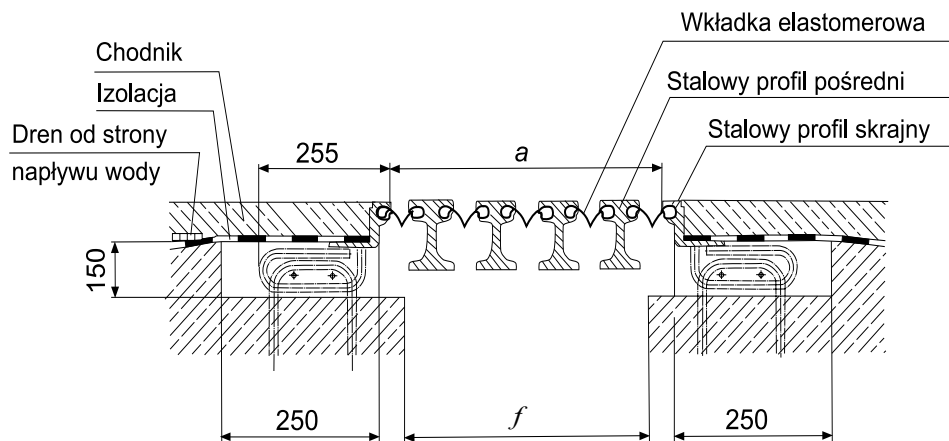
Wielomodułowe urządzenia dylatacyjne pokazano na rys. 20 i 21.



Oznaczenia:

- a - szerokość prześwitu pomiędzy skrajnymi profilami stalowymi
- b - szerokość komory, w której są zamontowane belki trawersowe
- f - szerokość szczeliny dylatacyjnej w obiekcie mostowym
- h - głębokość wneki w konstrukcji obiektu mostowego
- t - szerokość wneki w konstrukcji obiektu mostowego

Rys. 20. Schemat wielomodułowego modułowego urządzenia dylatacyjnego. Przekrój przez belkę trawersową na jezdni



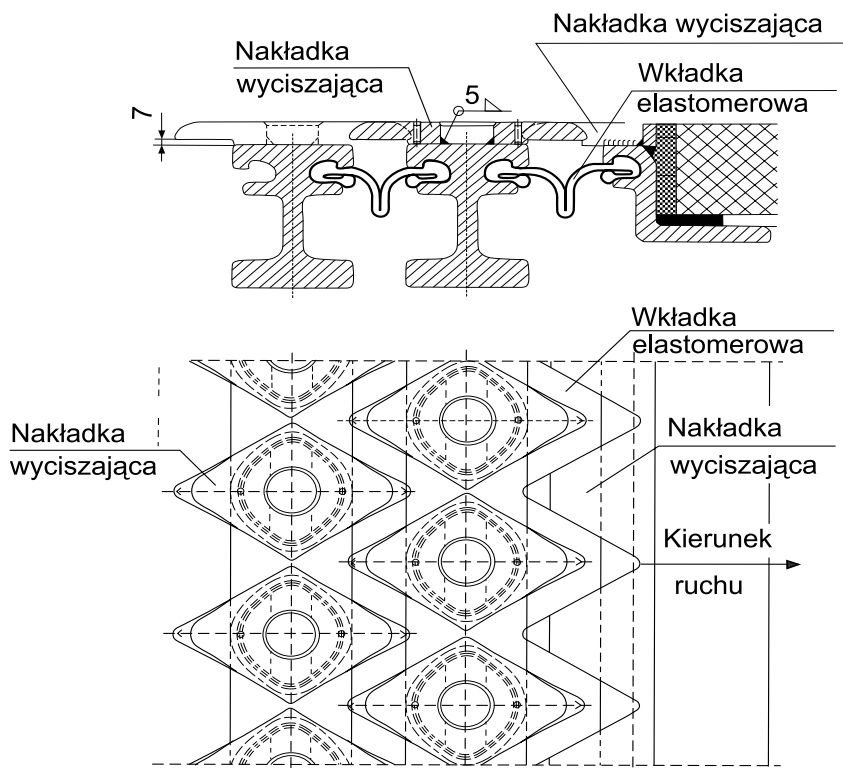
Oznaczenia

a - szerokość prześwitu pomiędzy skrajnymi profilami

f - szerokość szczeliny dylatacyjnej w obiekcie mostowym

Rys. 21. Schemat wielomodułowego modułowego urządzenia dylatacyjnego. Przekrój na chodniku

Modułowe urządzenia dylatacyjne mogą być wyposażone w nakładki wyciszające (rys. 22.) Nakładki te są montowane na górnej powierzchni profili stalowych jezdni. Zasada działania nakładek polega na zmianie kształtu szczeliny dylatacyjnej. Po zamocowaniu nakładek szczelina dylatacyjna przybiera kształt zbliżony do piły zębatej (lub sinusoidy) i koła pojazdów najeżdżają zawsze na krawędzie szczeliny ustawione skośnie do kierunku ruchu.



Rys. 22. Schemat elementów tłumiących hałas w modułowych urządzeniach dylatacyjnych

W czasie montażu modułowego urządzenia dylatacyjnego w obiekcie betonowym lub zespolonym należy wykonać następujące operacje techniczne oraz spełnić następujące wymagania technologiczne:

- zmierzyć i zanotować temperaturę konstrukcji¹⁷⁾ obiektu mostowego przed montażem urządzenia dylatacyjnego,
- oczyścić przestrzeń wnek pozostawionych w konstrukcji obiektu mostowego z wszelkich zanieczyszczeń oraz opiaskować powierzchnię istniejącego betonu (we wnękach),
- sprawdzić rozwarście urządzenia dylatacyjnego w dowiązaniu do przewidywanej temperatury montażu,
- ustawić urządzenie dylatacyjne we wnękach,
- sprawdzić dokładność pionowego ustawienia urządzenia dylatacyjnego w stosunku do projektowanej niwelety na obiekcie mostowym,

17) Temperaturę konstrukcji obiektu mostowego należy mierzyć w cieniu (pod obiektem).

- zamontować zbrojenie łączące elementy kotwiące urządzenia dylatacyjnego ze zbrojeniem konstrukcji obiektu mostowego,
- bezpośrednio przed zabetonowaniem zakotwień oczyścić wnętrza za pomocą sprężonego powietrza z pyłów, luźnych frakcji, wody na powierzchni betonu i innych zanieczyszczeń,
- beton stosowany do zabetonowania zakotwień powinien spełniać wymagania wg tablicy 10; dopuszcza się stosowanie do zabetonowywania zakotwień urządzeń dylatacyjnych betonów polimerowych typu PC lub PCC o właściwościach spełniających wymagania wg tablicy 8,

Tablica 10

Wymagania w stosunku do betonu przeznaczonego do zabetonowywania zakotwień urządzeń dylatacyjnych

Lp.	Właściwości	Jednostki	Wartość wymagana	Metoda badań wg
1	2	3	4	5
1	Klasa betonu ^{x)}	-	≥ C 25/30	PN-EN 206-1:2003
2	Nasiąkliwość	%	≤ 4	PN-88/B-06250 ¹⁸⁾
3	Przepuszczalność wody, stopień wodoszczelności	-	≥ W 8	
4	Odporność na działanie mrozu, stopień mrozoodporności	-	≥ F 150	
^{x)} klasa betonu stosowanego do zabetonowania zakotwień nie powinna być niższa od klasy betonu, z którego wykonano płytę pomostu obiektu mostowego.				

- blokady utrzymujące urządzenie dylatacyjne w czasie betonowania należy zwolnić około 2 - 4 godziny po zabetonowaniu zakotwień, w zależności od warunków betonowania.

W czasie montażu modułowego urządzenia dylatacyjnego w obiekcie stalowym należy wykonać następujące operacje techniczne oraz spełnić następujące wymagania technologiczne:

- zmierzyć i zanotować temperaturę konstrukcji¹⁹⁾ obiektu mostowego przed montażem urządzenia dylatacyjnego,

¹⁸⁾ Powołana w tablicy 10 norma PN-88/B-06250 została unieważniona i formalnie zastąpiona przez normę PN-EN 206-1:2003. Ponieważ dotąd nie wprowadzono do stosowania innych arkuszy normy EN 206, to wymagań podanych w tablicy 10, poz. 2 (nasiąkliwość), poz. 3 (przepuszczalność wody) i poz. 5 (mrozoodporność) nie ma czym zastąpić. Dlatego też do czasu wyjaśnienia sytuacji w normalizacji betonu konieczne jest stosowanie nieaktualnej normy PN-88/B-06250 przy określaniu wymagań w stosunku betonu przeznaczonego do zalewania zakotwień urządzeń dylatacyjnych.

¹⁹⁾ Temperaturę konstrukcji obiektu mostowego należy mierzyć w cieniu (pod obiektem).

- sprawdzić rozwarcie urządzenia dylatacyjnego w dowiązaniu do przewidywanej temperatury montażu,
- ustawić urządzenie dylatacyjne we wnękach,
- sprawdzić dokładność pionowego ustawienia urządzenia dylatacyjnego w stosunku do projektowanej niwelety na obiekcie mostowym,
- sprawdzić dokładność poziomego ustawienia rozwarcia urządzenia dylatacyjnego i dostosować je do temperatury montażu,
- połączyć urządzenie dylatacyjne z konstrukcją obiektu mostowego za pomocą spawania lub skręcania; kontrola jakości wykonania połączeń urządzenia dylatacyjnego z konstrukcją stalową obiektu mostowego powinna być wykonywana w taki sam sposób jak kontrola innych połączeń wykonywanych na budowie,
- blokady utrzymujące urządzenie dylatacyjne w czasie montażu należy zwolnić natychmiast po wykonaniu pierwszych szzepnych połączeń urządzenia z konstrukcją obiektu.

5.6. Jednomodułowe urządzenia dylatacyjne mocowane przy użyciu betonu polimerowego

Do zalet jednomodułowych urządzeń dylatacyjnych mocowanych przy użyciu betonu polimerowego należy zaliczyć: bardzo szybki montaż i krótkie wyłączenie obiektu z ruchu (w przypadku wymiany urządzenia dylatacyjnego w obiekcie remontowanym), wykonywanie montażu bez rozkuwania stref przydylatacyjnych pomostu i przyczółka obiektu mostowego.

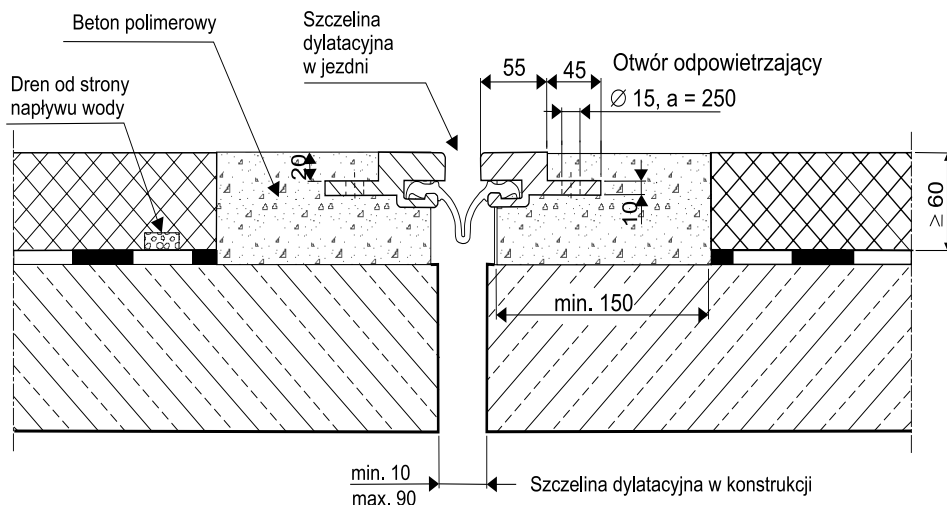
Wadami jednomodułowych urządzeń dylatacyjnych mocowanych przy użyciu betonu polimerowego są: wysoka cena i duży poziom hałasu generowany podczas przejazdu pojazdów (za wyjątkiem urządzeń z nakładkami wyciszającymi).

Montaż jednomodułowych urządzeń dylatacyjnych przy użyciu betonu polimerowego typu PC jest szczególnie zalecany w przypadkach, gdy:

- konieczne jest bardzo szybkie przywrócenie ruchu na obiekcie,
- urządzenie dylatacyjne należy zamontować na obiekcie z cienką płytą pomostu (o grubości mniejszej od 20 cm) i przy braku poprzecznicy podporowej.

Jednomodułowe urządzenie dylatacyjne należy montować w korycie wyciętym w nawierzchni, w sposób pokazany na rys. 23. Beton polimerowy stosowany do montażu jednomodułowych urządzeń dylatacyjnych powinien charakteryzować się bardzo dobrą przyczepnością do betonu cementowego, stali oraz dobrą przyczepnością do asfaltu. Wbudowany blok z betonu polimerowego pełni jednocześnie funkcję zakotwienia jednomodułowego urządzenia dylatacyjnego oraz

wodoszczelnej nawierzchni w strefie przy urządzeniu dylatacyjnym. Sklejenie betonu polimerowego z nawierzchnią asfaltową i izolacją gwarantuje szczelność połączenia urządzenia dylatacyjnego z obiektem mostowym.



Rys. 23. Schemat jednomodułowego urządzenia dylatacyjnego mocowanego do konstrukcji przy użyciu betonu polimerowego

W czasie montażu jednomodułowego urządzenia dylatacyjnego przy użyciu betonu polimerowego należy wykonać następujące operacje techniczne oraz spełnić następujące wymagania technologiczne:

- sprawdzić stan nawierzchni na obiekcie; nawierzchnia na obiekcie powinna być w dobrym stanie technicznym,
- zmierzyć i zanotować temperaturę konstrukcji²⁰⁾ obiektu mostowego przed montażem urządzenia dylatacyjnego,
- wyciąć piłą koryto w nawierzchni o szerokości min. 300 mm; nawierzchnia oraz izolacja istniejące na obiekcie powinny być na całej swojej grubości przecięte piłą w kierunku pionowym; uszkodzenie więcej niż 5 % powierzchni pionowych krawędzi koryta jest niedopuszczalne,
- z wnętrza koryta należy usunąć całą istniejącą nawierzchnię oraz izolację do odsłonięcia płyty pomostu,
- bezpośrednio przed przystąpieniem do wbudowywania urządzenia dylatacyjnego, koryto wycięte w nawierzchni a zwłaszcza płyta pomostu powinny być oczyszczone z pyłów, luźnych frakcji i innych zanieczyszczeń,
- wykonać deskowanie zapobiegające wpływaniu betonu polimerowego w głąb szczeliny dylatacyjnej oraz ustawić urządzenie dylatacyjne w szcze-

20) Temperaturę konstrukcji obiektu mostowego należy mierzyć w cieniu (pod obiektem).

- linie dylatacyjnej; górna powierzchnia urządzenia dylatacyjnego powinna być ustawiona dokładnie w poziomie nawierzchni,
- sprawdzić dokładność poziomego ustawienia rozwarcia szczeliny w urządzeniu dylatacyjnym i dostosować je do temperatury montażu,
 - jeżeli instrukcja producenta i Aprobata Techniczna betonu polimerowego tego wymaga dno i ściany koryta należy zagruntować odpowiednim środkiem gruntującym,
 - wypełnić koryto betonem polimerowym; beton stosowany do zabetonowania zakotwień powinien spełniać wymagania wg tablicy 11,
 - blokady utrzymujące urządzenie dylatacyjne w czasie montażu należy zwolnić natychmiast po rozpoczęciu procesu wiązania polimerobetonu.

Tablica 11

Wymagania w stosunku do betonu polimerowego przeznaczonego do montażu jednomodułowych urządzeń dylatacyjnych

Lp.	Właściwości	Jednostki	Wartość wymagana	Metoda badań wg
1	2	3	4	5
1	Wytrzymałość na ściskanie	MPa	≥ 15	PN-85/B-04500
2	Wytrzymałość na zginanie	MPa	≥ 5	PN-85/B-04500
3	Skurcz po 90 d	‰	$\leq 1,2$	PN-85/B-04500
4	Współczynnik sprężystości przy ściskaniu	GPa	$0,1 \div 6^x$	Instrukcja ITB 194
5	Mrozoodporność po 150 cyklach	-	F150	PN-88/B-06250 ²¹⁾
6	Przyczepność do podłoża betonowego. Metoda „pull-off”			
	- próbka nie poddana badaniu mrozoodporności	MPa	$\geq 1,5$	Procedura IBDiM PB/TM-1/6
	- próbka po badaniu mrozoodporności F150 wg PN-88/B-06250 ²²⁾	MPa	$\geq 1,2$	Procedura IBDiM PB/TM-1/6
7	Przyczepność do podłoża stalowego. Metoda „pull-off”		≥ 3	Procedura IBDiM PB/TM-1/6
^{x)} moduł sprężystości betonu polimerowego przy ściskaniu powinien być określony w Aprobacie Technicznej				

²¹⁾ Powołana w tablicy 11 norma PN-88/B-06250 została unieważniona i formalnie zastąpiona przez normę PN-EN206-1:2003. Ponieważ dotąd nie wprowadzono do stosowania innych arkuszy normy EN206, to wymagań podanych w tablicy 11, poz. 5 (mrozoodporność) nie ma czym zastąpić. Dlatego też do czasu wyjaśnienia sytuacji w normalizacji betonu konieczne jest stosowanie nieaktualnej normy PN-88/B-06250 przy określaniu wymagań w stosunku do betonu przeznaczonego do zalewania zakotwień urządzeń dylatacyjnych.

5.7. Palczaste urządzenia dylatacyjne

Do zalet palczastych urządzeń dylatacyjnych należy zaliczyć:

- wysoki komfort przejazdu pojazdów samochodowych; palczaste urządzenia dylatacyjne generują najmniej hałasu w porównaniu z innymi urządzeniami przeznaczonymi do przejmowania podobnych przemieszczeń, dlatego też są szczególnie zalecane do stosowania w miastach oraz w obiektach usytuowanych na obszarach, gdzie ochrona przed hałasem ma specjalne znaczenie.
- możliwość wykonania montażu i naprawy przy zamknięciu tylko pojedynczych pasów ruchu na obiekcie mostowym, co jest bardzo trudne lub niemożliwe do zorganizowania przy stosowaniu innych rodzajów urządzeń dylatacyjnych.

Wadami palczastych urządzeń dylatacyjnych są:

- wysoka cena,
- konieczność czyszczenia fartucha z folii EPDM²²⁾, na którym zbierają się śmieci przedostające się przez szczeliny między elementami palczastymi,
- brak możliwości dopuszczenia ruchu rowerowego na palczastym urządzeniu dylatacyjnym; podłużne szczeliny między „palcami” mają szerokość ok. 40 mm; są tej szerokości, że może w nie wpaść i zaklinować się koło roweru; dlatego też zaleca się je stosować tylko na obiektach przeznaczonych wyłącznie do ruchu samochodowego.

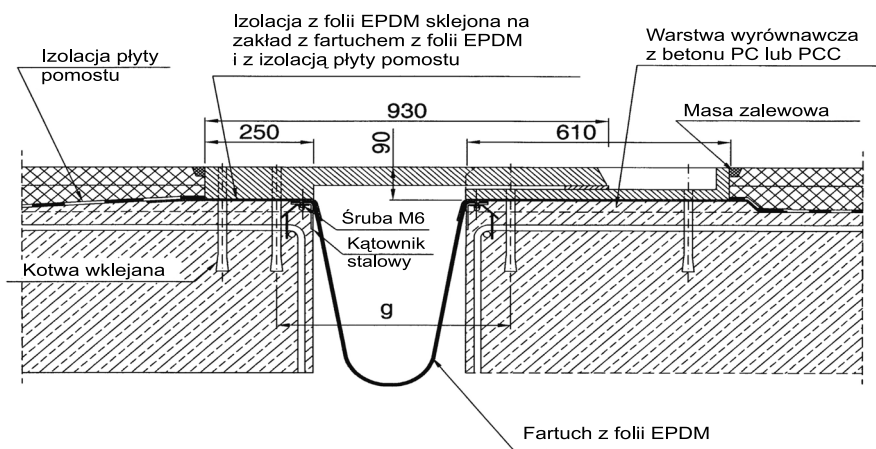
Palczaste urządzenie dylatacyjne (rys. 24 i 25) zbudowane jest z płyt palczastych, które są zamocowane tylko z jednej strony szczeliny dylatacyjnej, a oparte w sposób zapewniający przesuw po drugiej stronie. Elementy palczaste są wykonane ze stali. Część kotwiąca płyty palczastej jest zbudowana z laminatu stalowo - elastomerowego, dzięki czemu palce są połączone z częścią kotwiącą w sposób sprężysty. Kształt elementu palczastego jest tak dobrany, aby wolne krawędzie palców były zawsze lekko dociśnięte do podłoża, bez względu na obroty przekroju podporowego przęsła. Beleczyki palców urządzenia dylatacyjnego pracują jako belki swobodnie podparte, a nie jako wsporniki, co redukuje powstające w nich naprężenia i zwiększa trwałość urządzenia. Uszczelnienie urządzenia dylatacyjnego jest zapewnione przez fartuch z folii EPDM, który jest zamontowany w szczelinie dylatacyjnej i zbiera wodę przepływającą przez palczastą konstrukcję. Woda z fartucha jest odprowadzana do kanalizacji. Pod elementami palczastymi przyklejona jest izolacja z folii EPDM, która jest sklejana na zakład z fartuchem z folii EPDM oraz z izolacją płyty pomostu (rys 26).

²²⁾ EPDM jest to kauczuk etylenowo - propylenowo - diemowy. Akronim EPDM złożony jest z pierwszych liter angielskich słów: Ethylene, Propylene, Diem, Monomer

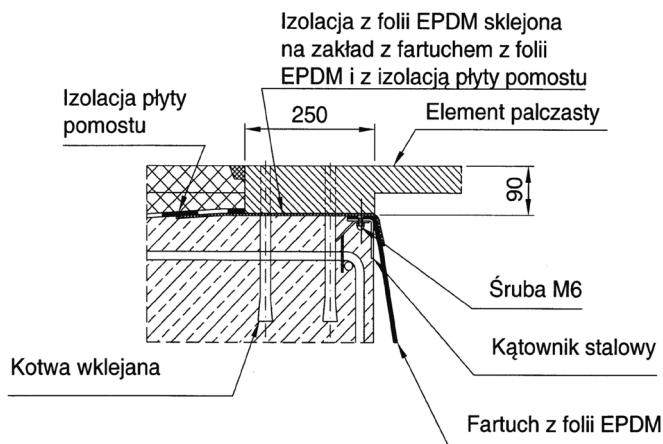


Rys. 24. Palczaste urządzenie dylatacyjne. Widok

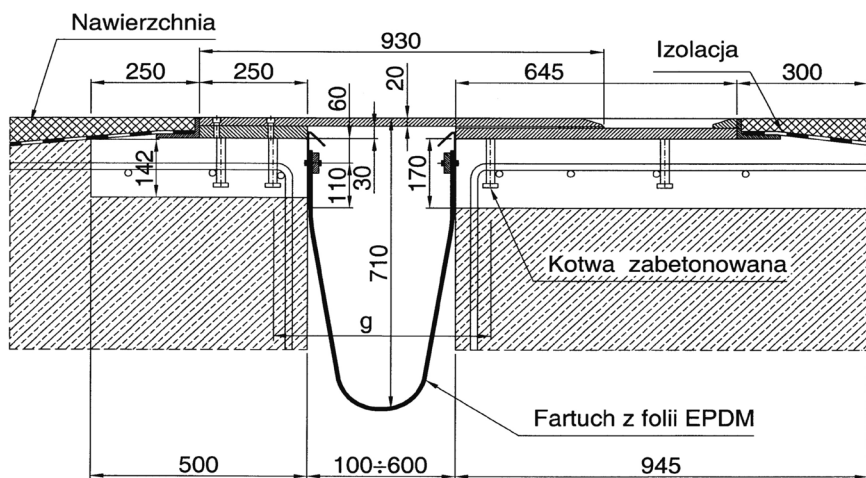
Na chodnikach zamiast elementów palczastych można wbudować blachy przesuwne (rys. 27), co umożliwi ruch rowerowy. Podobne blachy przesuwne można wbudowywać pod torowiskami tramwajowymi i kolejowymi. Blacha przesuwna zapobiega tu wsypywaniu się tłucznia w głąb szczeliny dylatacyjnej. Fartuch z folii EPDM, zbierający wodę wpływającą do szczeliny dylatacyjnej powinien być wykonany jako ciągły na całej szerokości obiektu mostowego. Woda przedostająca się przez konstrukcję palczastego urządzenia dylatacyjnego powinna być odprowadzana do kanalizacji. Elementy stalowe urządzenia dylatacyjnego chodnika należy zabezpieczyć przed korozją za pomocą powłoki malarskiej lub metalizacyjno - malarskiej. Powłoka antykorozyjna powinna spełniać wymagania w stosunku do powłok dopuszczonych do stosowania na obiektach mostowych. Całkowita grubość powłoki antykorozyjnej nie powinna być mniejsza od 160 μm .



Rys. 25. Palczaste urządzenie dylatacyjne. Przekrój poprzeczny na jezdni



Rys. 26. Palczaste urządzenie dylatacyjne. Szczegół wykonania izolacji pod elementem palczastym



Rys. 27. Przekrój poprzeczny przez urządzenie dylatacyjne na chodniku

W czasie montażu palczastego urządzenia dylatacyjnego należy wykonać następujące operacje techniczne oraz spełnić następujące wymagania technologiczne:

- bezpośrednio przed wykonaniem warstwy wyrównawczej na krawędziach płyty podłoże należy oczyścić za pomocą sprężonego powietrza z pyłów, luźnych frakcji, z wody na powierzchni betonu i innych zanieczyszczeń,

- wykonać warstwę wyrównawczą na krawędziach płyty pomostu przy szczelinie dylatacyjnej, przyjmując materiały według tablicy 12; do wykonania warstwy wyrównawczej można stosować zaprawy typu PC i PCC; wilgotność podłoża powinna być zgodna z wymaganiami określonymi dla stosowanej zaprawy wyrównawczej,

Tablica 12

Zestawienie materiałów przeznaczonych do wykonywania warstw wyrównawczych

Lp.	Grubość warstwy	Materiał	Wymagania według
1	2	3	4
1	Powyżej 5 cm	Beton cementowy drobnoziarnisty	Tablica 10
2	2 do 5 cm	Zaprawa wyrównawcza	Tablica 8
3	do 2 cm	Zaprawa szpachlowa	Tablica 8

- zmierzyć i zanotować temperaturę konstrukcji²³⁾ obiektu mostowego przed montażem urządzenia dylatacyjnego,
- wytrasować położenie otworów w betonie przeznaczonych do osadzenia sworzni mocujących elementy palczaste; sprawdzić dokładność trasowania otworów i dostosować je do temperatury montażu,
- osadzić sworznie na zaprawach żywicznych,
- elementy chodnikowe można osadzać na kotwach zabetonowywanych lub na sworzniach wierconych (identycznie jak na jezdni); sposób montażu elementów chodnikowych określa projekt techniczny; w przypadku, gdy elementy chodnikowe są osadzane na kotwach zabetonowywanych, beton stosowany do zabetonowywania kotew powinien spełniać wymagania według tablicy 10,
- zamocować fartuch z folii EPDM w szczelinie dylatacyjnej,
- ułożyć izolację z folii EPDM na warstwie wyrównawczej, wycinając w niej otwory na sworznie mocujące urządzenie dylatacyjne; styk izolacji z folii EPDM z podłożem betonowym należy uszczelnić układając wałek kitu trwale plastycznego o średnicy co najmniej $\varnothing 5$ mm, wzdłuż osi sworzni mocujących elementy palczaste i wokół każdego sworznia,
- skleić izolację z folii EPDM z fartuchem z folii EPDM na zakład,

²³⁾ Temperaturę konstrukcji obiektu mostowego należy mierzyć w cieniu (pod obiektem).

- osadzić elementy palczaste na sworzniach. Styk elementów palczastych z izolacją z folii EPDM uszczelnić układając wałek kitu trwale plastycznego o średnicy co najmniej $\varnothing$ 5 mm, wzdłuż osi sworzni mocujących elementy palczaste i wokół każdego sworznia, nakrętki dokręcić kluczem dynamometrycznym momentem określonym dla danej średnicy sworznia; sworznie oraz nakrętki powinny być ocynkowane lub wykonane ze stali nierdzewnej,
- skleić „na zakład” izolację płyty pomostu z izolacją z folii EPDM; sposób sklejenia jest uzależniony od rodzaju izolacji. (np. izolację z folii EPDM można skleić „na gorąco” z papą zgrzewalną po nadtopieniu papy i dociśnięciu sklejących warstw).

6. WYKONYWANIE IZOLACJI I NAWIERZCHNI PRZY URZĄDZENIACH DYLATACYJNYCH

6.1. Uwagi ogólne

Nawierzchnia i izolacja przy urządzeniach dylatacyjnych powinna być wykonywana ze szczególną starannością. Nawet niewielkie błędy wykonania tego połączenia powodują powstawanie przecieków wody. Brak szczelności w tej strefie może być spowodowany kilkoma czynnikami:

- niewłaściwym zagęszczeniem betonu w strefie zabetonowanych zakotwień urządzenia dylatacyjnego,
- niewłaściwym połączeniem (doklejeniem) izolacji do urządzenia dylatacyjnego,
- niewłaściwym zagęszczeniem nawierzchni przy urządzeniu dylatacyjnym,
- nieszczelnością samego urządzenia dylatacyjnego,
- brakiem drenażu przed urządzeniem dylatacyjnym.

Każdy z wymienionych czynników jest wystarczający do spowodowania pojawienia się przecieków w szczelinie dylatacyjnej i dopiero wyeliminowanie wszystkich daje pewność długotrwałej i bezawaryjnej eksploatacji mostowego urządzenia dylatacyjnego.

Wpływ montażu zakotwienia na szczelność strefy przydylatacyjnej w przypadku różnych rodzajów urządzeń dylatacyjnych omówiono w rozdziale 4.

Izolacja powinna być połączona z urządzeniem dylatacyjnym w sposób szczelny. Szczegół połączenia izolacji z urządzeniem dylatacyjnym jest uzależniony od konstrukcji tego urządzenia:

- w uciąganiu nawierzchni uszczelnienie szczeliny dylatacyjnej zapewnia elastomerowy profil uszczelniający wklejany w izolację,
- w bitumicznych przykryciach dylatacyjnych uszczelnienie styku nawierzchni z konstrukcją przykrycia dylatacyjnego i konstrukcją obiektu mostowego jest realizowane przy użyciu masy zalewowej, którą należy pomalować krawędzie nawierzchni i odsłoniętą powierzchnię płyty pomostu przed wbudowaniem konstrukcji przykrycia,
- w modułowych urządzeniach dylatacyjnych skrajne profile stalowe są wyposażone w poziomą półkę, do której należy dokleić izolację,
- w blokowych urządzeniach dylatacyjnych do uszczelnienia połączenia izolacji z urządzeniem dylatacyjnym jest przeznaczona zaprawa przejściowa, układana między blokową taśmą dylatacyjną a nawierzchnią,
- w palczastych urządzeniach dylatacyjnych izolację należy skleić na zakład z folią z kauczuku EPDM.

W każdym przypadku roboty należy wykonywać ściśle z wymaganiami instrukcji producenta urządzenia dylatacyjnego, zwracając szczególną uwagę na oczyszczenie podłoża i jego wilgotność oraz na wymagane warunki temperaturowe i pogodowe podczas wykonywania robót.

6.2. Wykonywanie izolacji przy urządzeniach dylatacyjnych

Do układania izolacji przeciwwodnej i nawierzchni na obiekcie mostowym w strefie przydylatacyjnej można przystąpić:

- po okresie 14 dni wiązania betonu, w przypadku mocowania zakotwień urządzenia dylatacyjnego przy użyciu betonu cementowego lub betonu polimerowo-cementowego typu PCC,
- po uzyskaniu przez beton polimerowy 60 % pełnej wytrzymałości, w przypadku mocowania urządzenia dylatacyjnego przy użyciu betonu polimerowego typu PC,
- po ukończeniu montażu, w przypadku mocowania urządzenia dylatacyjnego w konstrukcjach stalowych.

6.3. Wykonywanie nawierzchni mostowej

Wykonanie nawierzchni mostowej [2] przy urządzeniu dylatacyjnym jest trudne. Urządzenie dylatacyjne przerywa ciągłość nawierzchni i uniemożliwia wykonanie nawierzchni (bezpośrednio przy urządzeniu dylatacyjnym) za pomocą sprzętu i według technologii stosowanej do wykonywania nawierzchni na drodze lub na obiekcie mostowym poza strefą szczeliny dylatacyjnej. Trudność wykonania dotyczy wąskiego pasa nawierzchni o szerokości około 0,5 m z każdej

strony urządzenia dylatacyjnego. Pasa tego nie można zagęścić za pomocą zwykłych walców stosowanych do zagęszczania warstw mineralno – asfaltowych na drodze. Walec dojeżdżając do krawędzi urządzenia dylatacyjnego opiera się o jego krawędź i przestaje oddziaływać na mieszankę mineralno – asfaltową ułożoną bezpośrednio przy tej krawędzi. Wąski pas mieszanki mineralno – asfaltowej pozostaje niezagęszczony. Pod wpływem ruchu drogowego ten pas nawierzchni ulega dogęszczeniu i osiada, a przy krawędzi urządzenia dylatacyjnego pojawia się najpierw zagłębienie, a potem wybój. Naprawa uszkodzenia przy użyciu za-
lew drogowych (asfaltowych lub poliuretanowych) jest nieskuteczna. Gdy przy urządzeniu dylatacyjnym pojawi się wybój, uszkodzeniu ulega izolacja i pojawia się trudny do uszczelnienia przeciek. Aby zapobiec uszkodzeniom nawierzchni przy krawędzi urządzenia dylatacyjnego, konieczne jest dokładne zagęszczenie nawierzchni w tej strefie.

Nawierzchnia na drogowym obiekcie mostowym przy połączeniu z urządzeniami dylatacyjnymi może być wykonywana w dwojaki sposób.

Sposób 1: Nawierzchnia przy urządzeniu dylatacyjnym jest wykonywana w taki sam sposób jak na obiekcie mostowym. Należy zwrócić uwagę na staranne zagęszczenie nawierzchni bezpośrednio przy urządzeniu dylatacyjnym. Zagęszczenie nawierzchni przy urządzeniu dylatacyjnym można wykonać małym walcem o szerokości roboczej ok. 1 m, który będzie poruszał się równolegle do osi urządzenia dylatacyjnego (rys. 28) lub ręcznie płytą wibracyjną (rys. 29).



Rys. 28. Zagęszczanie warstwy wiążącej nawierzchni przy urządzeniu dylatacyjnym za pomocą małego walca poruszającego się równolegle do osi urządzenia dylatacyjnego



Rys. 29. Zagęszczanie warstwy ścieralnej nawierzchni przy urządzeniu dylatacyjnym za pomocą płyty wibracyjnej

Sposób 2: Pas nawierzchni przy urządzeniu dylatacyjnym o szerokości ok. 0,5 m może być wykonany z asfaltu lanego. Asfalt lany na tym pasie należy ułożyć ręcznie, ale wówczas zaleca się jego uszorstnienie i zagęszczenie małym walcem, który będzie poruszał się równolegle do osi urządzenia dylatacyjnego.

Na krawędzi urządzenia dylatacyjnego (sposób 1) oraz na krawędzi nawierzchni układanej mechanicznie (sposób 1 i 2), na grubości przyszłej warstwy ścieralnej należy nakleić elastomerowo-asfaltową taśmę topliwą. Taśma ta zapewnia uszczelnienie styku nawierzchni i urządzenia dylatacyjnego oraz zapobiega penetracji wody w głąb konstrukcji.

Warstwa ścieralna nawierzchni powinna być ułożona od 0 do 3 mm powyżej urządzenia dylatacyjnego. Nadwyżka ta zostanie bardzo szybko zniwelowana częściowo przez dogęszczenie nawierzchni pod ruchem pojazdów, a częściowo przez naturalne ścieranie nawierzchni.

6.4. Połączenie nawierzchni mostowej z nawierzchnią drogową

Połączenie nawierzchni mostowej z drogową [2] powinno być wykonane w strefie płyty przejściowej. Połączenia warstw ścieralnej i wiążącej powinny być przesunięte względem siebie o co najmniej 0,5 m. Krawędzie poprzeczne łączonych warstw wiążącej i ścieralnej nawierzchni drogowej powinny być odcięte piłą. Połączenia powinny być uszczelnione elastomerowo-asfaltową taśmą topliwą. Taśma ta zapewnia uszczelnienie połączenia warstw i zapobiega penetracji wody w głąb konstrukcji.

Na obiektach mostowych, w których są wbudowywane urządzenia dylatacyjne (modułowe, blokowe lub palczaste), nawierzchnia mostowa powinna być ułożona na prześle do urządzenia dylatacyjnego. Za urządzeniem dylatacyjnym (na przyczółku) powinna być wykonana nawierzchnia drogowa.

7. ODWODNIENIE STREF PRZY SZCZELINIE DYLATACYJNEJ

Na obiektach mostowych powinny być ukształtowane spadki podłużne wynikające z przebiegu niwelety drogi i zarazem zapewniające odwodnienie jezdni. Urządzenie dylatacyjne powinno być wbudowane w taki sposób, aby jego przebieg był zgodny z układem spadków na jezdni i na chodnikach.

Gdy na obiekcie mostowym jest zamontowana instalacja odwodnieniowa, wpusty zbierające wodę powinny być zawsze montowane powyżej szczeliny dylatacyjnej od strony napływu wody. Gdy woda wpływa z drogi na obiekt, na przyczółku należy zamontować wpusty drogowe (uliczne). Gdy woda spływa z obiektu na drogę, wpusty mostowe należy osadzić w płycie pomostu przed szczelinami dylatacyjnymi. Wpusty powinny być montowane możliwie jak najbliżej szczeliny dylatacyjnej. W praktyce oznacza to, że wpust mostowy powinien być osadzony w odległości około $0,8 \div 2,0$ m od krawędzi szczeliny. Nie należy osadzać wpustów bliżej urządzenia dylatacyjnego ze względu na konieczność odprowadzenia wody poza ławę podłożyskową przyczółka lub podpory oraz na trudności z zamontowaniem rury odprowadzającej wodę w gęsto zbrojonej poprzecznicy podporowej.

Wpusty mostowe powinny być tak zamontowane, aby ich górna powierzchnia była położona ok. $0,5 \div 1$ cm poniżej poziomu otaczającej nawierzchni. Takie usytuowanie wpustu ułatwia zebranie wody spływającej wzdłuż krawężnika. Montaż wpustu wykonuje się w kilku fazach:

- kielich wpustu należy zamontować w płycie pomostu przed ułożeniem izolacji; powinien być on tak usytuowany, aby woda z izolacji mogła spływać do kielicha; izolacja powinna być wklejona na kołnierz kielicha wpustu;
- na izolacji należy obowiązkowo wykonać drenaż podłużny i poprzeczny; drewny powinny wprowadzać wodę do kielichów wpustów oraz sączków;
- w nawierzchni wokół wpustu należy pozostawić wolną przestrzeń o szerokości około $5 \div 7$ cm, która będzie wypełniona lakierowanymi grysami;
- montaż korpusu (górnej części) wpustu należy wykonać przed układaniem warstwy ścieralnej nawierzchni; korpus wpustu należy ustawić w kielichu we właściwym położeniu pod kontrolą geodezyjną; zamocowanie korpusu wpustu wykonuje się przez obsypanie go lakierowanym grysem frak-

cji 6,3/8 mm; lakierowane grysy należy zagaęcić ręcznie natychmiast po ułożeniu; powinny one wypełnić całą wolną przestrzeń między korpusem wpustu a warstwą wiążącą (rys. 30); do zamocowania wpustu można użyć grysów lakierowanych asfaltem lub żywica epoksydową;

- ◇ grysy lakierowane asfaltem drogowym układa się „na gorąco” (zaleca się stosowanie tego samego rodzaju asfaltu, który będzie wykorzystany do wykonania nawierzchni);
- ◇ grysy lakierowane żywica epoksydową układa się „na zimno”;
- grysy należy otoczyć lepiszczem (asfaltem lub żywica) dokładnie, lecz bez nadmiaru; lakierowane grysy powinny utworzyć wokół korpusu wpustu porowatą strukturę („drenaż”) pozwalającą na zebranie wody przesączającej się po izolacji; nie należy dopuścić do zaklejenia otworów w korpusie wpustu, przeznaczonych od zbierania wody z izolacji;



Rys. 30. Wpust mostowy przed ułożeniem warstwy ścieralnej. Wokół wpustu widoczny jest dren z lakierowanych grysów

- bezpośrednio przed układaniem warstwy ścieralnej na krawędziach korpusu wpustu, które będą się stykać z warstwą ścieralną należy nakleić elastomerowo-asfaltową taśmę topliwą;
- po ułożeniu warstwy ścieralnej, szczelinę między korpusem wpustu a krawężnikiem należy wypełnić asfaltową lub asfaltowo-kauczukową masą zalewową.

Odwodnienie strefy połączenia izolacji z urządzeniem dylatacyjnym powinno być zrealizowane z wykorzystaniem drenu umieszczonego na izolacji równolegle do szczeliny dylatacyjnej od strony napływu wody. Dren taki powinien być wprowadzony do najbliższego wpustu lub sącza zamontowanego pod nawierzchnią

i zbierającego wodę z izolacji (rys. 31). Sączone powinny być montowane w najniższych punktach płyty pomostu.



Rys. 31. Dren prefabrykowany zbierający wodę z najniższego punktu przy urządzeniu dylatacyjnym

Do odwodnienia strefy szczeliny dylatacyjnej należy stosować dreny identyczne z drenami stosowanymi dla zbierania wody spod nawierzchni przy krawężnikach. Mogą to być prefabrykowane dreny zbudowane z wytłoczki z tworzywa sztucznego owiniętej geowłókniną. Można też wykonać takie dreny samodzielnie. W tym celu pasek geowłókniny filtracyjnej o gramaturze 250 g/m² o szerokości 20 cm należy złożyć w taki sposób, aby uzyskać dren złożony z 4 warstw geowłókniny ułożonych na sobie. Dren taki należy zeszyć, aby zabezpieczyć go na czas montażu przed przypadkowym rozwinięciem się. Dreny zarówno prefabrykowane jak i wykonane samodzielnie mocuje się do podłoża przyklejając punktowo roztworem asfaltowym do gruntowania.

Nad drenami liniowymi z geowłókniny bez prefabrykowanej wytłoczki oraz nad sączkami należy wykonać niewielki „drenaż” z grysów frakcji 6,3/8 mm lakierowanych żywicą epoksydową lub asfaltem. „Drenaż” z grysów ułożony nad drenem liniowym z geowłókniny powinien mieć szerokość około 10 – 12 cm, a „drenaż” ułożony nad sączkiem powinien mieć średnicę równą średnicy kołnierza sączka. Grubość „drenażu” z grysów powinna wynosić około 30 mm.

8. KONTROLA JAKOŚCI ROBÓT ZWIĄZANYCH Z MONTAŻEM URZĄDZEŃ DYLATACYJNYCH I WYMAGANIA ODBIORCZE

Wykonawca robót związanych z montażem urządzeń dylatacyjnych powinien prowadzić wewnętrzną kontrolę jakości, dokumentację robót oraz wykonywać badania kontrolne [5].

Kontrola jakości obejmuje:

- kontrolę wykonywania prac zgodnie z projektem,
- kontrolę jakości materiałów,
- kontrolę wykonywania robót przeprowadzaną przez wykonawcę,
- kontrolę zużycia materiałów.

8.1. Kontrola jakości materiałów

Kontrolę wytwarzania urządzeń dylatacyjnych oraz materiałów przeznaczonych do ich montażu prowadzi producent, który dokonuje oceny zgodności wyrobu zgodnie z systemem 1 według Rozporządzenia Ministra Infrastruktury z dnia 11 sierpnia 2004 roku w sprawie sposobów deklarowania zgodności wyrobów budowlanych oraz sposobu znakowania ich znakiem budowlanym (Dz. U. z 2004 r. Nr 198, poz. 2041).

W przypadku systemu 1 oceny zgodności obowiązuje certyfikacja zgodności wyrobu przez akredytowaną jednostkę certyfikującą na podstawie:

a) zadania producenta:

- zakładowej kontroli produkcji,
- uzupełniających badań próbek pobranych w zakładzie, prowadzonych przez producenta zgodnie z ustalonym planem badań,

b) zadania akredytowanej jednostki:

- wstępnego badania typu,
- wstępnej inspekcji zakładu produkcyjnego i zakładowej kontroli produkcji,
- ciągłego nadzoru, oceny i akceptacji zakładowej kontroli produkcji.

Za sprawdzenie przydatności urządzeń dylatacyjnych, materiałów przeznaczonych do ich montażu oraz jakości wbudowania, odpowiada wykonawca robót. Przed przystąpieniem do prac związanych z montażem urządzeń dylatacyjnych wykonawca zobowiązany jest przedstawić nadzorowi inwestorskiemu:

- aktualne Aprobaty Techniczne dla urządzeń dylatacyjnych oraz normy lub Aprobaty Techniczne dla materiałów przeznaczonych do ich montażu: zapraw montażowych, środków gruntujących, mas zalewowych, itp.,
- deklarację zgodności danego urządzenia dylatacyjnego oraz danej partii materiału przeznaczonego do montażu urządzeń dylatacyjnych z Polską Normą a w przypadku jej braku z Aprobata Techniczną,
- Karty Techniczne stosowanych materiałów i wyrobów.

Na żądanie inwestora wykonawca powinien przedstawić aktualne wyniki badań materiałów przeznaczonych do montażu urządzeń dylatacyjnych wykonywanych w ramach nadzoru wewnętrznego przez producenta.

Przed wbudowaniem urządzenia dylatacyjnego wykonawca zobowiązany jest sprawdzić:

- nr produktu,
- kompletność i stan techniczny dostarczonego urządzenia.

Przed zastosowaniem materiałów przeznaczonych do montażu urządzeń dylatacyjnych wykonawca zobowiązany jest sprawdzić:

- nr produktu,
- stan opakowań materiału,
- warunki przechowywania materiału,
- datę produkcji i datę przydatności do stosowania.

8.2. Kontrola wykonywania robót

Kontrolę wykonania robót związanych z montażem urządzeń dylatacyjnych prowadzi wykonawca robót, który dokonuje oceny zgodności wyrobu zgodnie z systemem 4 według rozporządzenia Ministra Infrastruktury z dnia 11 sierpnia 2004 roku w sprawie sposobów deklarowania zgodności wyrobów budowlanych oraz sposobu znakowania ich znakiem budowlanym (Dz. U. z 2004 r. Nr 198, poz. 2041).

Wykonawca robót powinien sporządzić protokół z wykonania robót montażowych urządzenia dylatacyjnego, w którym w formie tabelarycznej podaje wszystkie niezbędne informacje o warunkach atmosferycznych, a przede wszystkim o temperaturze otoczenia podczas montażu, stanie urządzenia dylatacyjnego oraz materiałów używanych do jego montażu, prawidłowości ustawienia urządzenia dylatacyjnego i ilości zastosowanych materiałów.

Zakres kontroli wykonania robót jest uzależniony od rodzaju wbudowywanego urządzenia dylatacyjnego i został szczegółowo omówiony w rozdziale 6.

9. PRZEGLĄDY I UTRZYMANIE STREF PRZY SZCZELINACH DYLATACYJNYCH

Wszystkie urządzenia dylatacyjne (i przykrycia dylatacyjne) wymagają wykonywania okresowych przeglądów i bieżącego utrzymania.

Przeglądy stref przy szczelinach dylatacyjnych należy wykonywać według Instrukcji przeprowadzania przeglądów drogowych obiektów inżynierskich [24] w ramach przeglądu szczegółowego obiektu mostowego. Może on stanowić element ekspertyzy. Celem przeglądu urządzeń dylatacyjnych jest udokumentowanie:

- stanu technicznego i funkcjonalnego tych urządzeń,
- uszkodzeń, które powinny zostać usunięte przez wykonanie prac w ramach planu remontów,
- celowości poprawy cech użytkowych w ramach planu przebudów,
- potrzeby opracowania ekspertyzy.

W czasie przeglądu strefy przy szczelinie dylatacyjnej należy zwrócić uwagę na następujące elementy:

- szczelność urządzenia dylatacyjnego,
- stan nawierzchni w strefie bezpośrednio przy urządzeniu dylatacyjnym,
- hałas generowany przez urządzenie dylatacyjne,
- zakłócenia w ruchu pojazdów podczas przejazdu przez urządzenie dylatacyjne,
- uszkodzenia w konstrukcji urządzenia dylatacyjnego,
- swoboda odkształceń urządzenia dylatacyjnego,
- inne nieprawidłowości w pracy urządzenia dylatacyjnego,

Szczelność urządzenia dylatacyjnego należy ocenić w czasie oględzin szczeliny dylatacyjnej od spodu obiektu. Należy sprawdzić czy ze szczeliny dylatacyjnej wypływa woda i ocenić czy woda przecieka przez urządzenie dylatacyjne, czy przez strefę jego zakotwienia.

Stan nawierzchni w strefie bezpośrednio przy urządzeniu dylatacyjnym. Należy sprawdzić, czy w nawierzchni bezpośrednio przy urządzeniu dylatacyjnym nie pojawiły się pęknięcia, ubytki lub wyboje (ubytki na grubość co najmniej warstwy ścieralnej) oraz czy nawierzchnia bezpośrednio przy urządzeniu dylatacyjnym nie osiadła.

Hałas generowany przez urządzenie dylatacyjne. Ocena poziomu hałasu generowanego przez urządzenie dylatacyjne jest bardzo subiektywna. Hałas genero-

wany przez urządzenie dylatacyjne może mieć bezpośredni związek z uszkodzeniem nawierzchni, ale może pojawić się także, gdy nawierzchnia przy urządzeniu dylatacyjnym jest w dobrym stanie. W przypadku, gdy zdaniem dokonującego przeglądu, hałas generowany podczas przejazdu pojazdów przez urządzenie dylatacyjne jest nadmierny może to świadczyć o nadmiernym rozwarciu szczeliny dylatacyjnej lub o uszkodzeniach pojawiających się wewnątrz konstrukcji urządzenia dylatacyjnego. Mogą to być luzy między elementami urządzenia lub pęknięcia w jego elementach.

Zakłócenia w ruchu pojazdów podczas przejazdu przez urządzenie dylatacyjne. Obserwacja takich zakłóceń jest możliwa podczas przejazdu pojazdów samochodowych, które albo „podskakują” na urządzeniu dylatacyjnym albo gwałtownie przyhamowują po przejeździe przez urządzenie dylatacyjne. Powodem takiego zachowania się kierowców może być osiadanie (lokalne dogęszczenie) lub zużycie warstwy ścieranej przy urządzeniu dylatacyjnym – górny poziom urządzenia dylatacyjnego znajduje się powyżej poziomu otaczającej jezdni i w poprzek jezdni pojawia się próg. Możliwe też jest, że urządzenie dylatacyjne nadmiernie ugina się podczas przejazdu pojazdu samochodowego, co oznacza, że w jego konstrukcji pojawiły się uszkodzenia mechaniczne.

Uszkodzenia w konstrukcji urządzenia dylatacyjnego mogą być obserwowane bezpośrednio. Będą to widoczne ugięcia lub odkształcenia elementów urządzenia dylatacyjnego albo rysy i pęknięcia na tych elementach. Czasem, zwłaszcza we wstępnej fazie, uszkodzenia konstrukcji urządzenia dylatacyjnego mogą być obserwowane tylko pośrednio jako zwiększenie hałasu lub nadmierne ugięcia.

Swoboda odkształceń urządzenia dylatacyjnego. W szczelinie dylatacyjnej mogą pojawić się przypadkowo lub zostać zamontowane elementy, które zablokują swobodę przemieszczeń urządzenia dylatacyjnego, np. elementy metalowe, pręty, śruby lub kamienie. Wszystkie elementy blokujące przemieszczenia urządzenia dylatacyjnego powinny być bezwzględnie usuwane.

Inne nieprawidłowości w pracy urządzenia dylatacyjnego oznaczają inne nie wymienione wyżej objawy, które zaniepokoją prowadzącego przegląd.

Po wykonaniu przeglądu urządzenia dylatacyjnego należy zanotować wszelkie stwierdzone nieprawidłowości i dokonać oceny przyczyn ich pojawienia się. Gdy jest to możliwe należy bezzwłocznie dokonać naprawy zaobserwowanych uszkodzeń. W przeciwnym wypadku konieczne jest wykonanie przeglądu specjalnego.

Najważniejszym elementem, który należy naprawić w pierwszej kolejności jest nawierzchnia w strefie bezpośrednio stykającej się z urządzeniem dylatacyjnym. Nawet niewielkie pęknięcia i ubytki warstwy ścieralnej przy urządzeniu dylatacyjnym nie mogą być pozostawione bez naprawy, ponieważ dynamiczne oddziaływania kół pojazdów będą prowadzić do szybkiego rozwoju uszkodzeń.

BIBLIOGRAFIA

Publikacje

- [1] Germaniuk K.: Prognozowanie trwałości eksploatacyjnej mostowych urządzeń dylatacyjnych. IBDiM, Warszawa 1996. Studia i Materiały nr 44
- [2] Germaniuk K., Sybilski D.: Zalecenia wykonywania izolacji z pap zgrzewalnych i nawierzchni asfaltowych na drogowych obiektach mostowych. IBDiM, Warszawa 2005. Informacje Instrukcje nr 68
- [3] Głomb J.: Wyposażenie mostów. WKiŁ, Warszawa 1976
- [4] Ramberger G.: Structural Bearings and Expansion joints for Bridges. IABSE, Structural Engineering Documents 2002
- [5] Żurawicka A., Germaniuk K., Kilarski R., Łukowski P., Michałowska M., Pryga A., Wysokowski A.: Katalog Zabezpieczeń powierzchniowych drogowych obiektów inżynierskich. Część I: Wymagania. GDDKiA, IBDiM, Żmigród 2002
- [6] Katalog Detali Mostowych. GDDKiA, Biuro Projektowo - Badawcze Dróg i Mostów „Transprojekt - Warszawa”, Warszawa 2002

Normy i procedury badawcze

- [7] PN-EN 1426:2001 Asfalty i produkty asfaltowe - Oznaczanie penetracji igłą
- [8] PN-EN 1427:2001 Asfalty i produkty asfaltowe - Oznaczanie temperatury mięknięcia - Metoda Pierścieni i Kula
- [9] PN-EN 12593:2004 Asfalty i produkty asfaltowe - Oznaczanie temperatury łamliwości metodą Fraassa
- [10] PN-ISO 10319:1996 Geotekstylii - Badanie wytrzymałości na rozciąganie metodą szerokich próbek
- [11] PN-EN ISO 9864 Geosyntetyki - Metoda badań do wyznaczania masy powierzchniowej geotekstyliów i wyrobów pokrewnych
- [12] PN-B-03264:2002 Konstrukcje betonowe, żelbetowe i sprężone - Obliczenia statyczne i projektowanie
- [13] PN-85/B-04500 Zaprawy budowlane - Badania cech fizycznych i wytrzymałościowych
- [14] PN-88/B-06250 Beton zwykły
- [15] PN-B-24005:1997 Asfaltowa masa zalewowa
- [16] PN-85/S-10030 Obiekty mostowe - Obciążenia

- [16] PN-91/S-10042 Obiekty mostowe - Konstrukcje betonowe, żelbetowe i sprężone - Projektowanie
- [18] Procedura badawcza IBDiM Nr PB/TM-1/6:2005 Pomiar przyczepności przez odrywanie
- [19] Procedura badawcza IBDiM Nr PB/TM-1/11:2004 Badanie odporności mostowych dylatacji bitumicznych na koleinowanie
- [20] Procedura badawcza IBDiM Nr PB/TM-07:1998 Badanie odporności konstrukcji modułowego urządzenia dylatacyjnego na powtarzalne obciążenia dynamiczne
- [21] Procedura badawcza IBDiM Nr PB/TM-08:1998 Badanie odporności konstrukcji blokowego urządzenia dylatacyjnego na powtarzalne obciążenia dynamiczne
- [22] Procedura badawcza IBDiM Nr PB/TN-2/1 Termoplastyczne zalewy drogowe. Spływność
- [23] Sybilski D.: Tymczasowe Wytyczne Techniczne; polimeroasfalty drogowe (TWT-PAD-2003). IBDiM, Warszawa 2003. Informacje, Instrukcje nr 65

Przepisy prawne

- [24] Janas L., Jarominiak A., Michalak E.: Instrukcje przeprowadzania przeglądów drogowych obiektów inżynierskich. GDDKiA, Warszawa 2005
- [25] 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. z 2000 r. Nr 63, poz. 735)
- [25] Ustawa z dnia 7 lipca 1994 r. Prawo budowlane (Dz. U. z 2003 r. Nr 207, poz. 2016 z późn. zm.)

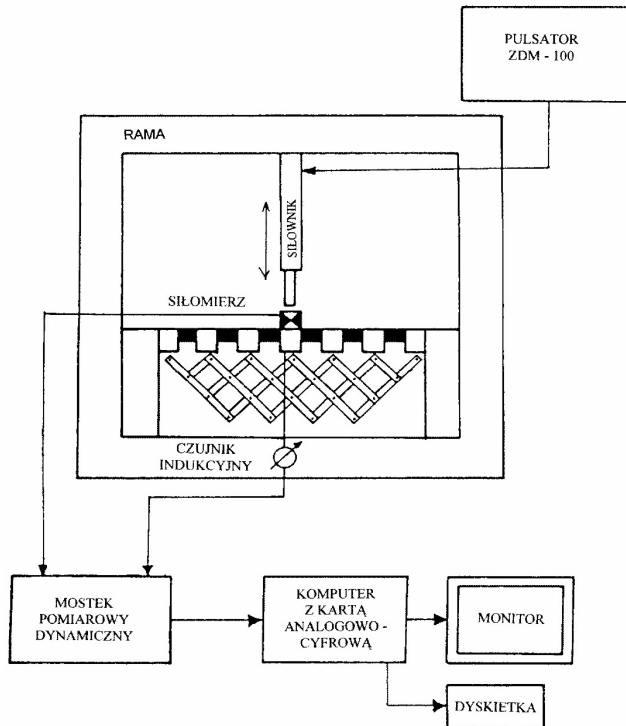
Załącznik 1

PROCEDURA BADAWCZA IBDiM
Nr PB/TM-07:1998

BADANIE ODPORNOŚCI KONSTRUKCJI
MODUŁOWEGO URZĄDZENIA
DYLATACYJNEGO NA POWTARZALNE
OBCIĄŻENIA DYNAMICZNE

1. Cel procedury

Celem procedury jest określenie trybu postępowania przy badaniu odporności konstrukcji modułowego urządzenia dylatacyjnego na powtarzalne obciążenia dynamiczne.



Rys. 1. Schemat stanowiska pomiarowego do badań urządzeń dylatacyjnych pod obciążeniem dynamicznym

2. Określenie obiektu badania

Do badań należy przygotować odcinek urządzenia dylatacyjnego wykonany tak jak na jezdni, zawierający co najmniej 3 elementy podpierające, na których oparte są beleczki jezdni tzn.: mechanizmy nożycowe lub belki trawersowe. Długość odcinka modułowego urządzenia dylatacyjnego nie może być mniejsza niż 4 m.

W przypadku oceny wielomodułowego systemu urządzeń dylatacyjnych przeznaczonych dla różnych przemieszczeń, do badań należy przyjąć urządzenie przeznaczone dla przemieszczeń co najmniej 240 mm (trójmodułowe).

3. Zakres stosowania z podaniem ograniczeń

Badanie według procedury ma zastosowanie do wszystkich rodzajów mostowych modułowych urządzeń dylatacyjnych.

4. Wymagane wyposażenie. Stanowisko pomiarowe

Do wykonania badania potrzebne są następujące urządzenia:

- rama do zamocowania odcinka urządzenia dylatacyjnego i siłownika hydraulicznego według rysunku 1,
- maszyna wytrzymałościowa z pulsatorem umożliwiającą uzyskanie częstotliwości obciążenia około 5 - 7 Hz,
- siłownik hydrauliczny umożliwiający wywieranie siły 0 - 200 kN oraz umożliwiający pełne odciążenie badanego urządzenia dylatacyjnego w każdym cyklu obciążenia,
- mostek pomiarowy do badań dynamicznych,
- komputer z kartą analogowo cyfrową do zapisywania wyników pomiarów,
- czujniki indukcyjne dla przemieszczeń do 10 mm i klasie dokładności 0,4,
- siłomierz o zakresie pomiarowym do 160 kN i klasie dokładności 0,6.

5. Wymagane parametry obciążenia

W czasie badań modułowego urządzenia dylatacyjnego pod obciążeniem dynamicznym należy przyjąć następujące parametry obciążenia:

- siła pionowa zmienna w zakresie - 0 - 80 kN,
- częstotliwość obciążenia - 5 - 7 Hz,
- liczba cykli obciążenia - 2 mln,
- pełne odciążenie urządzenia dylatacyjnego w każdym cyklu obciążenia,
- prowadzenie badania z przerwami, maksymalny czas obciążenia w ciągu doby nie powinien przekroczyć 8 h.

6. Wymagania dotyczące próbek (liczba, przechowywanie, przygotowanie przed badaniem)

6.1. Liczba próbek

Do badań należy przygotować jeden odcinek urządzenia dylatacyjnego według p. 2.

6.2. Przechowywanie próbek

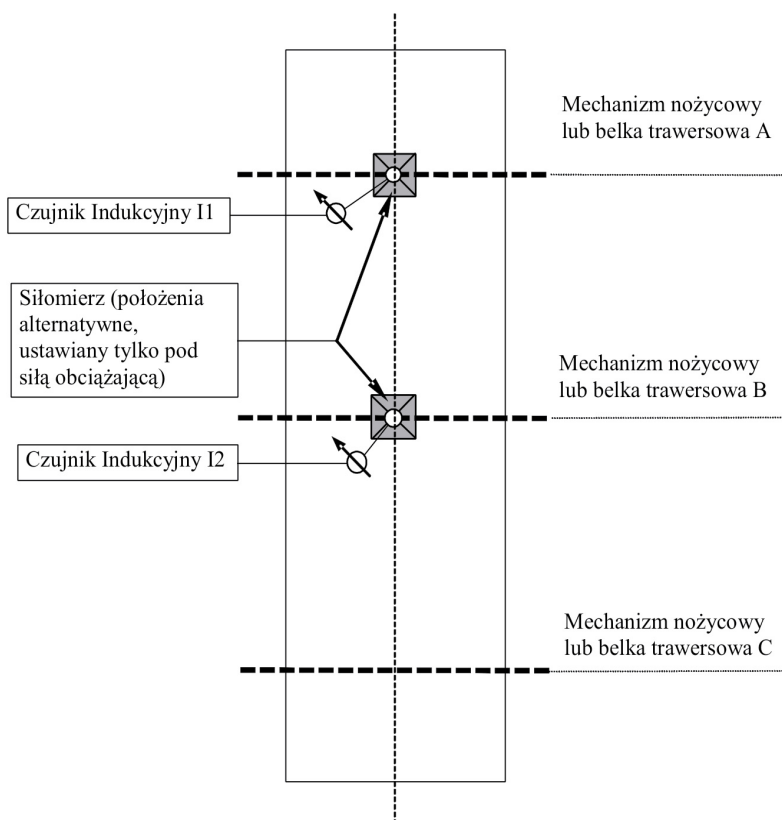
Odcinek urządzenia dylatacyjnego przygotowany do badań należy przechowywać pod wiatą, zabezpieczony przed opadami deszczu.

6.3. Przygotowanie próbek do badań

Odcinek urządzenia dylatacyjnego przygotowany do badań należy zamocować na stanowisku pomiarowym do ramy według rysunku 1 pomocy spawania lub skręcania na śruby sprężające w taki sposób, aby skrajne beleczki jezdni były w sposób sztywny połączone z ramą. Urządzenie dylatacyjne należy ustawić na stanowisku pomiarowym w stanie maksymalnego rozwarcia zalecanego przez producenta.

7. Wykonanie badań

Pionową siłę obciążającą należy ustawić kolejno nad dwoma elementami podpierającymi beleczki jezdni (mechanizmami nożycowymi lub belkami trawersowymi) wykonując przy każdym ustawieniu siły po co najmniej 2 mln cykli obciążenia według p. 5. Siłę obciążającą należy ustawić nad środkową beleczką jezdni (gdy badane urządzenie dylatacyjne złożone jest z parzystej liczby modułów) lub nad jedną z beleczek jedni położonych najbliżej osi urządzenia dylatacyjnego (przy nieparzystej liczbie modułów). Obciążenie należy przyłożyć za pośrednictwem ceownika [120 o długości 620 mm wzmocnionego nakładką na średniku z blachy bl. 620 x 95 x 20 mm Ceownik układa się na płasko (średnikiem do dołu) na beleczce jezdni na przekładce elastycznej z twardej gumy wymiarach 120 x 600 mm i grubości 10 mm.



Rys. 2. Schemat rozmieszczenia punktów pomiarowych na badanym urządzeniu dylatacyjnym

W czasie badania należy prowadzić pomiary:

- wartości siły obciążającej,
- częstotliwości obciążenia,
- ugięcie urządzenia dylatacyjnego w punkcie bezpośrednio obciążonym siłą.

Pomiary te należy wykonywać pod obciążeniem statycznym (siła obciążająca i ugięcie) oraz pod obciążeniem dynamicznym (siła obciążająca, częstotliwość obciążenia i ugięcie) po następującej liczbie cykli obciążenia:

- 3 000 (pomiar zerowy),
- 250 000,
- 500 000,
- 750 000,
- 1 000 000,

- 1 250 000,
- 1 500 000,
- 1 750 000,
- 2 000 000 (pomiar końcowy).

Na podstawie wyników pomiarów sporządza się wykresy przebiegów wielkości mierzonych (wartości siły obciążającej, częstotliwości obciążenia, ugięć urządzenia dylatacyjnego w punkcie bezpośrednio obciążonym siłą) w funkcji liczby cykli obciążenia.

Siła obciążająca zmierzona w ciągu całego cyklu badań powinna mieścić się w zakresie 72 - 88 kN. Częstotliwość obciążenia zmierzona w ciągu całego cyklu badań powinna mieścić się w zakresie 5 – 7 Hz.

8. Kryteria oceny

W ciągu całego badania w konstrukcji urządzenia dylatacyjnego nie mogą pojawić się żadne pęknięcia ani zarysowania.

Ugięcia urządzenia dylatacyjnego zmierzone w punkcie pod siłą obciążającą, w czasie 2 obciążenia (tzn. po zmianie punktu przyłożenia siły obciążającej) powinny spełniać następujące kryteria:

- ugięcie sprężyste urządzenia dylatacyjnego w punkcie położonym bezpośrednio pod siłą obciążającą nie może być większe niż 5 mm
- stosunek wartości ugięcia zmierzonego pod obciążeniem statycznym i dynamicznym po 2 mln cykli obciążenia do odpowiednich wartości zmierzonych w czasie pomiaru zerowego nie powinien przekroczyć wartości 1,2.
- stosunek wartości ugięcia zmierzonego pod obciążeniem dynamicznym do wartości ugięcia zmierzonego pod obciążeniem statycznym po 2 mln cykli obciążenia nie powinien przekroczyć wartości 1,2.

9. Ocena wyników

Urządzenie dylatacyjne powinno spełniać wszystkie kryteria opisane w p. 8.

10. Sposób udokumentowania badania

W karcie badań powinny się znajdować następujące dane i uwagi:

- nr zlecenia,
- nr umowy
- nazwa i adres zlecniodawcy,
- nazwa i adres producenta,

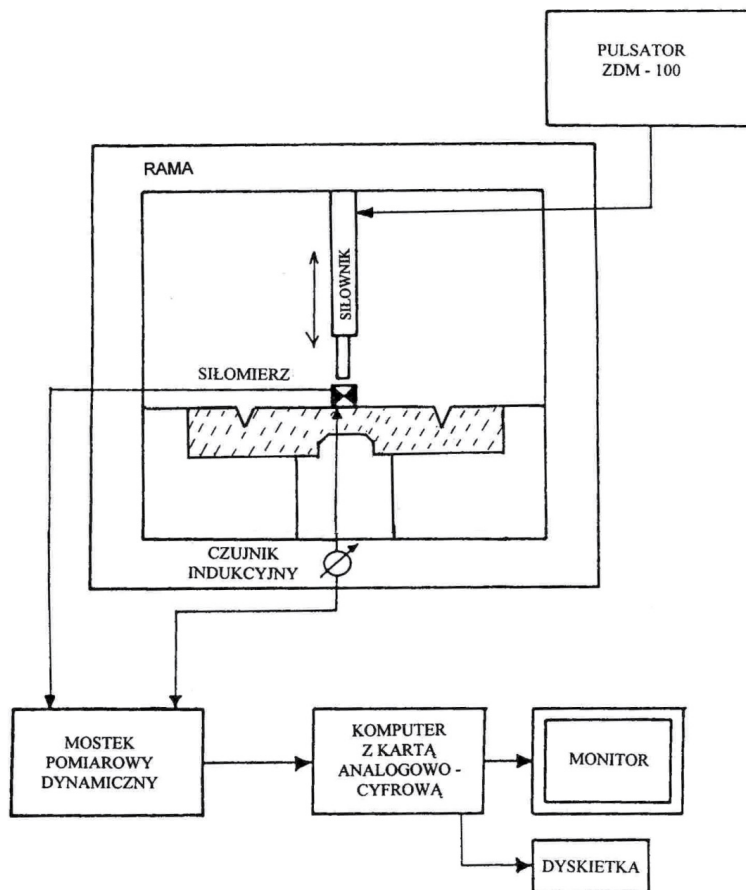
- data dostarczenia odcinka urządzenia dylatacyjnego do badań,
- data i dane dotyczące wykonania badania (wyniki pomiarów: siły obciążającej, częstotliwości obciążenia, ugięcia w punkcie pod siłą, liczby cykli obciążenia przy których wykonano pomiary, ustawienia siły obciążającej),
- uwagi (dotyczące pojawiających się uszkodzeń i deformacji, itp.),
- zapisy w karcie badań muszą być potwierdzone podpisem osoby wykonującej badanie.

PROCEDURA BADAWCZA IBDiM
Nr PB/TM-08:1998

BADANIE ODPORNOŚCI KONSTRUKCJI
BLOKOWEGO URZĄDZENIA
DYLATACYJNEGO NA POWTARZALNE OB-
CIĄŻENIA DYNAMICZNE

1. Cel procedury

Celem procedury jest określenie trybu postępowania przy badaniu odporności konstrukcji blokowego urządzenia dylatacyjnego na powtarzalne obciążenia dynamiczne.



Rys. 1. Schemat stanowiska pomiarowego do badań urządzeń dylatacyjnych pod obciążeniem dynamicznym

2. Określenie obiektu badania

Do badań należy przygotować odcinek urządzenia dylatacyjnego wykonany tak jak na jezdni, złożony z co najmniej dwóch elementów blokowych taśm dylatacyjnych. Blokowe urządzenie dylatacyjne mocuje się do dwóch bloków z betonu zbrojonego o wymiarach co najmniej 50 x 30 x 400 cm każdy ustawionych w równym rozstawie montażowej rozwartości szczeliny dylatacyjnej dla

danego typu urządzenia. Długość odcinka blokowego urządzenia dylatacyjnego nie może być mniejsza niż 3 m. W przypadku oceny systemu blokowych urządzeń dylatacyjnych przeznaczonych dla różnych przemieszczeń, do badań należy przyjąć urządzenie przeznaczone dla przemieszczeń co najmniej 120 mm.

3. Zakres stosowania z podaniem ograniczeń

Badanie według procedury ma zastosowanie do wszystkich rodzajów mostowych blokowych urządzeń dylatacyjnych.

4. Wymagane wyposażenie. Stanowisko pomiarowe

Do wykonania badania potrzebne są następujące urządzenia:

- rama do zamocowania odcinka urządzenia dylatacyjnego i siłownika hydraulicznego według rysunku 1,
- dwa bloki żelbetowe o wymiarach co najmniej 50 x 30 x 400 cm do których mocowane będzie urządzenie dylatacyjne,
- maszyna wytrzymałościowa z pulsatorem umożliwiającą uzyskanie częstotliwości obciążenia około 5 - 7 Hz,
- siłownik hydrauliczny umożliwiający wywieranie siły 0 - 200 kN oraz umożliwiający pełne odciążenie badanego urządzenia dylatacyjnego w każdym cyklu obciążenia,
- mostek pomiarowy do badań dynamicznych,
- komputer z kartą analogowo cyfrową do zapisywania wyników pomiarów,
- czujniki indukcyjne dla przemieszczeń do 10 mm i klasie dokładności 0,4,
- siłomierz o zakresie pomiarowym do 160 kN i klasie dokładności 0,6.

5. Wymagane parametry obciążenia

W czasie badań blokowego urządzenia dylatacyjnego pod obciążeniem dynamicznym należy przyjąć następujące parametry obciążenia:

- siła pionowa zmienna w zakresie - 0 - 50 kN,
- częstotliwość obciążenia - 5 - 7 Hz,
- liczba cykli obciążenia - 2 mln,
- pełne odciążenie urządzenia dylatacyjnego w każdym cyklu obciążenia,
- prowadzenie badania z przerwami, maksymalny czas obciążenia w ciągu doby nie może przekroczyć 8 h.

6. Wymagania dotyczące próbek (liczba, przechowywanie, przygotowanie przed badaniem)

6.1. Liczba próbek

Do badań należy przygotować jeden odcinek urządzenia dylatacyjnego według p. 2.

6.2. Przechowywanie próbek

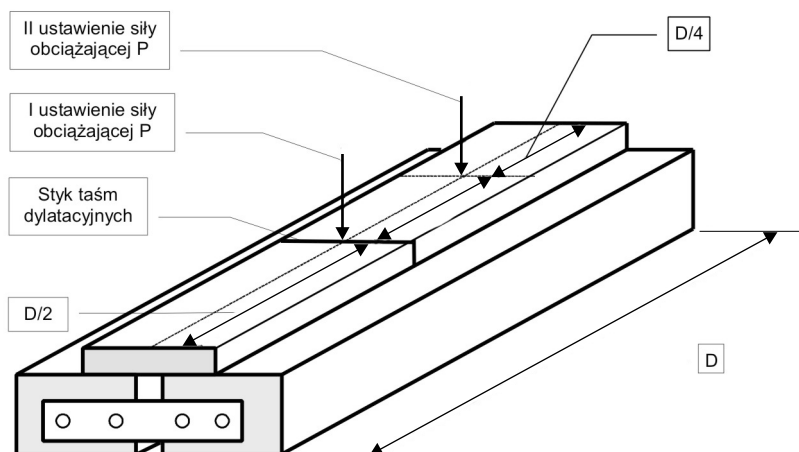
Odcinek urządzenia dylatacyjnego przygotowany do badań należy przechowywać pod wiatą, zabezpieczony przed opadami deszczu.

6.3. Przygotowanie próbek do badań

Odcinek urządzenia dylatacyjnego przygotowany do badań należy zamocować na stanowisku pomiarowym do ramy według rysunku 1 pomocy spawania lub skręcania na śruby sprężające w taki sposób, aby bloki betonowe, do których jest zamocowane urządzenie dylatacyjne były w sposób sztywny połączone z ramą. Urządzenie dylatacyjne należy ustawić na stanowisku pomiarowym w stanie nominalnego rozwarcia według producenta.

7. Wykonanie badań

Pionową siłę obciążającą należy ustawić kolejno nad dwoma przekrojami urządzenia dylatacyjnego: nad stykiem dwóch taśm dylatacyjnych oraz nad środkiem jednej z badanych taśm. W obu przypadkach należy ustawić siłę obciążającą w osi podłużnej urządzenia dylatacyjnego. Przy każdym ustawieniu siły należy wykonać po co najmniej 2 mln cykli obciążenia według p. 5. Obciążenie należy przyłożyć za pośrednictwem ceownika [120 o długości 620 mm wzmocnionego nakładką na średniku z blachy bl. 620 x 95 x 20 mm Ceownik układa się na płasko (średnikiem do dołu) na beleczce jezdni na przekładce elastycznej z twardej gumy wymiarach 120 x 600 mm i grubości 10 mm.



Rys. 2. Schemat ustawienia siły obciążającej w czasie badań urządzeń dylatacyjnych pod obciążeniem dynamicznym

W czasie badania należy prowadzić pomiary:

- wartości siły obciążającej,
- częstotliwości obciążenia,
- ugięcie urządzenia dylatacyjnego w punkcie bezpośrednio obciążonym siłą.

Pomiary te należy wykonywać pod obciążeniem statycznym (siła obciążająca i ugięcie) oraz pod obciążeniem dynamicznym (siła obciążająca, częstotliwość obciążenia i ugięcie) po następującej liczbie cykli obciążenia:

- 3 000 (pomiar zerowy),
- 250 000,
- 500 000,
- 750 000,
- 1 000 000,
- 1 250 000,
- 1 500 000,
- 1 750 000,
- 2 000 000 (pomiar końcowy).

Na podstawie wyników pomiarów sporządza się wykresy przebiegów wielkości mierzonych (wartości siły obciążającej, częstotliwości obciążenia, ugięcie urządzenia dylatacyjnego w punkcie bezpośrednio obciążonym siłą) w funkcji liczby cykli obciążenia.

Siła obciążająca zmierzona w ciągu całego cyklu badań powinna mieścić się w zakresie 45 - 55 kN. Częstotliwość obciążenia zmierzona w ciągu całego cyklu badań powinna mieścić się w zakresie 5 - 7 Hz.

8. Kryteria oceny

W ciągu całego badania w konstrukcji urządzenia dylatacyjnego nie mogą pojawić się żadne pęknięcia ani zarysowania.

Ugięcia urządzenia dylatacyjnego zmierzone w punkcie pod siłą obciążającą, w czasie 2 obciążenia (tzn. po zmianie punktu przyłożenia siły obciążającej) powinny spełniać następujące kryteria:

- ugięcie sprężyste urządzenia dylatacyjnego w punkcie położonym bezpośrednio pod siłą obciążającą nie może być większe niż 5 mm,
- stosunek wartości ugięcia zmierzonego pod obciążeniem statycznym i dynamicznym po 2 mln cykli obciążenia do odpowiednich wartości zmierzonych w czasie pomiaru zerowego nie powinien przekroczyć wartości 1,2,
- stosunek wartości ugięcia zmierzonego pod obciążeniem dynamicznym do wartości ugięcia zmierzonego pod obciążeniem statycznym po 2 mln cykli obciążenia nie powinien przekroczyć wartości 1,2.

9. Ocena wyników

Urządzenie dylatacyjne powinno spełniać wszystkie kryteria opisane w p. 8.

10. Sposób udokumentowania badania

W karcie badań powinny się znajdować następujące dane i uwagi:

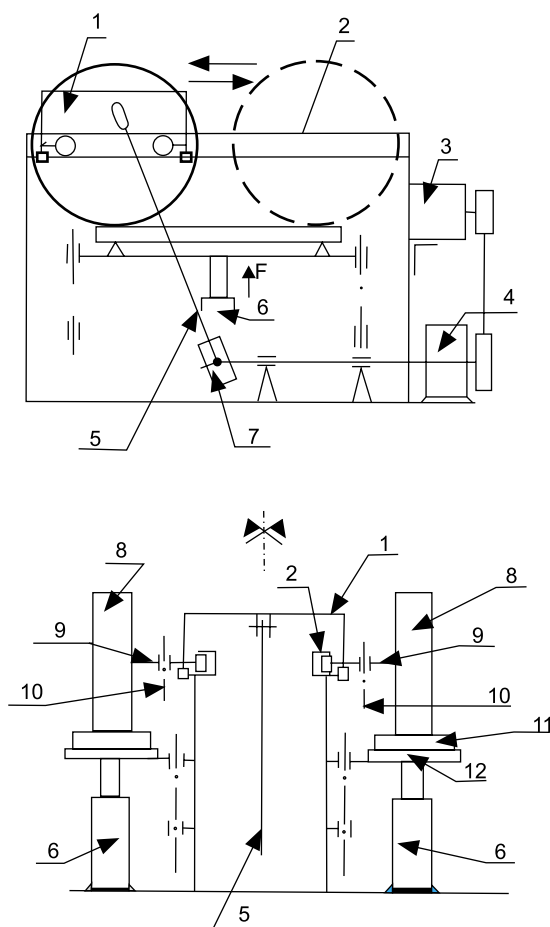
- nr zlecenia,
- nr umowy
- nazwa i adres zlecniodawcy,
- nazwa i adres producenta,
- data dostarczenia odcinka urządzenia dylatacyjnego do badań,
- data i dane dotyczące wykonania badania (wyniki pomiarów: siły obciążającej, częstotliwości obciążenia, ugięcia w punkcie pod siłą, liczby cykli obciążenia przy których wykonano pomiary, ustawienia siły obciążającej),
- uwagi (dotyczące pojawiających się uszkodzeń i deformacji, itp.),
- zapisy w karcie badań muszą być potwierdzone podpisem osoby wykonującej badanie.

Załącznik 3

PROCEDURA BADAWCZA IBDiM
Nr PB/TM-1/11:2005

BADANIE ODPORNOŚCI MOSTOWYCH
DYLATACJI BITUMICZNYCH
NA KOLEINOWANIE

Procedura badawcza ma zastosowanie do wszystkich mostowych dylatacji bitumicznych. Procedura opracowana w IBDiM stanowi modyfikację normowej procedury pomiaru odporności na koleinowanie nawierzchni z mieszanek mineralno – asfaltowych wg normy PrDIN EN 12697-22:1999 Asphalt - Prüfverfahren für Heiasphalt - Teil 22: Bestimmung der Spurbildung; Asphalt - Badania gorącego asfaltu – Część 22: Oznaczanie koleinowania.



Rys. 1. Schemat konstrukcji aparatu LCPC 1 – wózek, 2 – szyna prowadząca, 3 – silnik, 4 – reduktor, 5 – ramię teleskopowe, 6 – siłownik pneumatyczny, 7 – przegub, 8 – koło, 9 – czop, 10 – oś obrotowa, 11 – próbka, 12 – stalowa podstawa.

Metoda badania jest oparta na zmodyfikowanej metodzie określania odporności mieszanek mineralno-asfaltowych na trwałe deformacje lepko-plastyczne przy pomocy aparatu LCPC (zwanego w projekcie normy PrDIN EN 12697-22:1999

aparatem dużym – schemat aparatu pokazano na rysunku 1). Badanie polega na poddaniu zagęszczonej próbki z mieszanki mineralno-asfaltowej wielokrotnym przejazdom znormalizowanego koła ogumionego, w znormalizowanych warunkach temperatury, nacisku i liczby cykli obciążenia (1 cykl obciążenia = przejazd koła po próbce tam i z powrotem). Po określonej liczbie cykli obciążenia i po zakończeniu badania mierzona jest głębokość koleiny utworzonej na próbce pod działaniem koła.

Badanie wykonywane jest w następujących warunkach:

- temperatura badania - $45 \pm 2^{\circ}\text{C}$
- skok opony - $410 \pm 5 \text{ mm}$
- częstotliwość ruchu koła - $1 \pm 0,15\text{Hz}$
- ciśnienie powietrza w oponie - $0,6 \pm 0,01\text{MPa}$
- obciążenie ruchome wstępne w temperaturze otoczenia od 15 do 25°C , 30 cykli obciążenia - $5000 \pm 50 \text{ N}$
- termostatowanie w temperaturze badania $45 \pm 2^{\circ}\text{C}$ - 12 h
- obciążenie ruchome pomierzone statystycznie w osi próbki - $5000 \pm 50\text{N}$
- odchylenie osi śladu opony od osi próbki - $\leq 5 \text{ mm}$
- brak kąta załomu.

Urządzenie symulujące obciążenie ruchome zwane aparatem LCPC powinno zawierać następujące elementy:

- koło z gładką oponą $\varnothing 400 \times 80 \text{ mm}$ o szerokości śladu opony $80 \pm 5 \text{ mm}$,
- co najmniej 2 formy o wymiarach wewnętrznych $180 \times 500 \times 100 \text{ mm}$; formy powinny być nieodkształcalne,
- komorę termostatową o zmiennej, regulowanej temperaturze; regulacja za temperatury dokonywana jest na podstawie wskazań czujników temperatury umieszczonych w komorze i wewnątrz próbek zgodnie z rysunkami 2 i 3; należy zagwarantować stałą temperaturę próbki z dokładnością $\pm 2^{\circ}\text{C}$,
- czujniki temperatury wewnątrz próbek oraz na powierzchniach form powinny być umieszczone zgodnie z rysunkami 2 i 3,

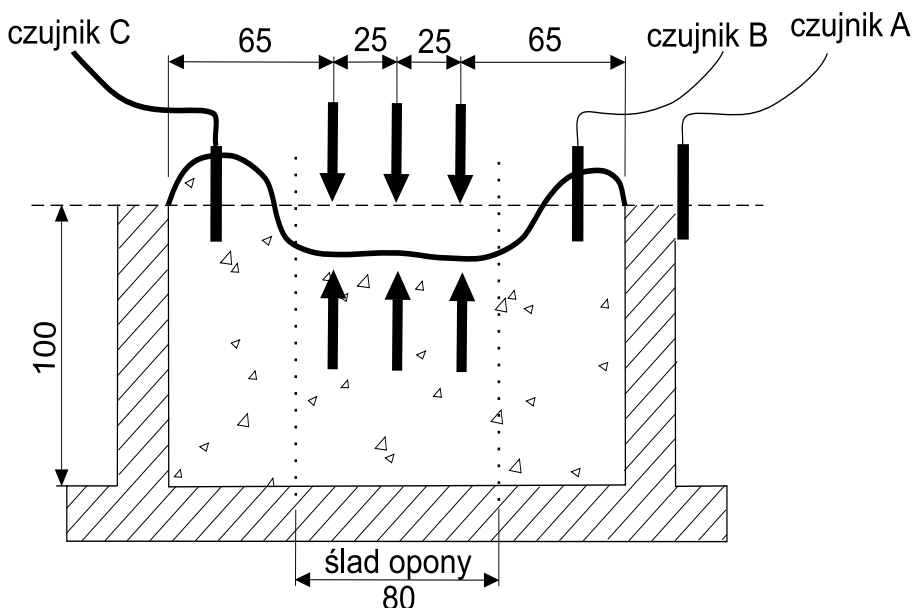
- stalowa podstawa próbki, której odkształcenie pomierzone linijką po przekątnych nie powinno przekroczyć 1 mm, zaś strzałka ugięć w warunkach badania nie powinna przekroczyć 0,5 mm.

Pomiar odkształcenia pionowego próbki dokonywany jest za pomocą miarki głębokości z dokładnością co najmniej 0,1 mm i zakresie pomiarowym co najmniej do 30 mm. Powierzchnia stopki miarki może być kwadratowa lub okrągła, a jej powierzchnia powinna być zawarta między 5 a 10 mm². Do pomiaru można stosować bezkontaktowy czujnik pomiarowy.

Do badań należy przygotować 2 próbki w formach o wymiarach wewnętrznych 180 x 500 x 100 mm. Lepiszczę należy zmieszać z grysem w proporcji podanej przez producenta mostowej dylatacji bitumicznej. Do uformowania jednej próbki należy przygotować około 22 kg mieszanki mineralno-asfaltowej.

Lepiszczę i grys przeznaczone do wykonania próbek należy odważyć z dokładnością do 0,1 kg. Odważone ilości lepiszcza i grys należy rozgrzać w suszarce laboratoryjnej do maksymalnej dopuszczalnej temperatury rozgrzewania lepiszcza asfaltowego podanej przez producenta. Jeżeli producent nie poda inaczej, lepiszcze i grys należy rozgrzewać w temperaturze $190 \pm 5^{\circ}\text{C}$ przez okres 2 h lub do momentu uzyskania odpowiedniej konsystencji lepiszcza. Odchyłka temperatury rozgrzania lepiszcza i grys nie powinna być większa niż $\pm 5^{\circ}\text{C}$. Wybór sposobu układania składników w formie zależy od technologii wykonania dylatacji podanej przez producenta. Rozgrzane lepiszcze i grys można wstępnie wymieszać w pojemniku, a następnie układać w formie warstwami o grubości około 3 cm lub układać warstwami grys i masę naprzemiennie bez wstępnego wymieszania składników. Każdą warstwę grys należy starannie, ręcznie zgęścić. Górną powierzchnię próbki należy posypać gorącym grysem bazaltowym frakcji około 2/5 mm i wygładzić wałkiem stalowym. W celu ograniczenia przyklejania się lepiszcza do opony koła obciążającego próbkę, na górnej powierzchni próbki można przykleić papier silikonowany (folię silikonowaną lub pergamin). Po wykonaniu, próbki powinny być przechowywane w laboratorium przez co najmniej 12 h w temperaturze pokojowej.

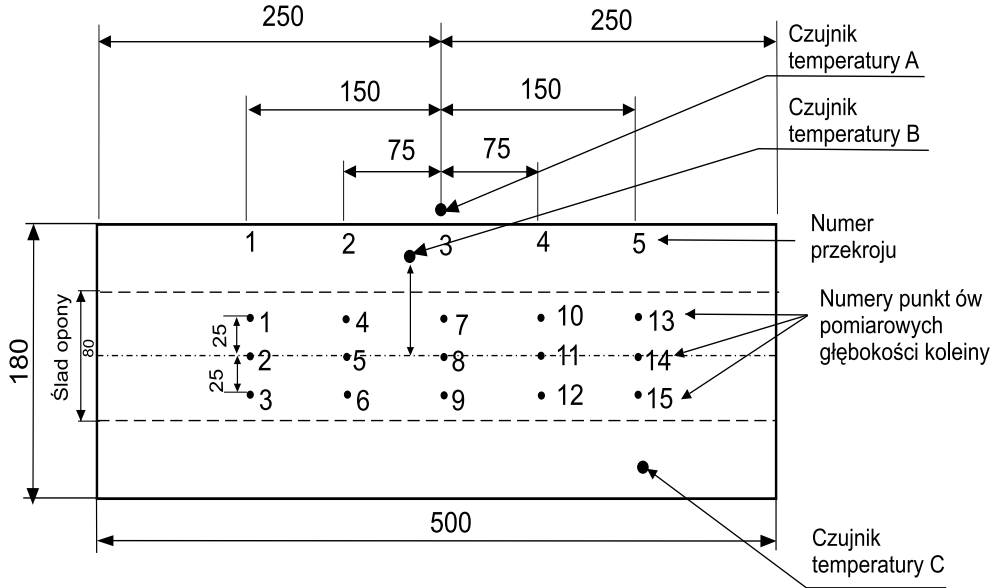
W przygotowanej do badania próbce należy wywiercić otwory na czujniki temperatury zgodnie ze schematem podanym na rysunkach 2 i 3.



Rys. 2. Schemat pomiaru koleiny oraz kontroli temperatury w aparacie LCPC,
A, B, C – czujniki temperatury

Każda próbka badana jest w formie, w której została wykonana. Formę zawierającą próbkę umieszcza się w aparacie do koleinowania na stalowej płycie - podstawie. Próbkę poddaje się działaniu obciążenia wstępnego ruchomego równego 30 cykli obciążenia w temperaturze otoczenia zawartej między 15°C a 25°C. Po tej wstępnej fazie badania, dokonuje się pomiaru zerowego w punktach pomiaru odkształceń pionowych zgodnie z rysunkiem 3.

W komorze należy ustawić odpowiednią temperaturę. Temperatura powietrza w komorze jest kontrolowana przez czujniki umieszczone na ściankach form a temperatura próbek przez czujniki umieszczone wewnątrz próbek w sposób pokazany na rysunkach 2 i 3. Temperatura wskazywana przez czujniki B, C umieszczone wewnątrz próbek nie powinna przekroczyć $45 \pm 2^\circ\text{C}$. Próbkę powinna być przechowywana w tych warunkach co najmniej 12 h przed badaniem.



Rys. 3. Schemat usytuowania punktów pomiaru głębokości koleiny oraz punktów zainstalowania czujników temperatury w aparacie LCPC

Próbki obciąża się obciążeniem ruchomym. Głębokość kolein należy mierzyć po wykonaniu odpowiednio 100, 300, 700, 1 000, 3 000, 7 000, 10 000, 15 000, 20 000 i 30 000 cykli obciążenia ruchomego. Dopuszcza się wykonywanie pomiarów głębokości kolein po innej liczbie cykli obciążenia ruchomego.

Badanie należy przerwać, jeżeli średnia głębokość koleiny P_i przekroczy 15 mm.

Średnią głębokość koleiny po odpowiedniej liczbie cykli obciążenia oblicza się wg wzoru:

$$P_i = \frac{\sum_{j=1}^{15} (m_{i,j} - m_{0,j})}{15}$$

gdzie:

P_i - głębokość koleiny, po liczbie cykli obciążenia i ,

$m_{i,j}$ - głębokość koleiny w punkcie j , po liczbie cykli obciążenia i ,

$m_{0,j}$ - pomiar zerowy głębokości koleiny w punkcie j ,

Wyniki oraz średnią z pomiarów podaje się z dokładnością do 0,1 mm.

Zmiana głębokości koleiny P_i w funkcji liczby cykli obciążenia może być przedstawiona na wykresie.

Z wyników pomiarów głębokości koleiny uzyskanych dla dwóch próbek $P_{i,1}$ i $P_{i,2}$ należy wyliczyć średnią według wzoru:

$$P_{i,S} = \frac{P_{i,1} + P_{i,2}}{2}$$

w którym:

$P_{i,1}$ - średnia głębokość koleiny zmierzona na próbce 1, po liczbie cykli obciążenia i ,

$P_{i,2}$ - średnia głębokość koleiny zmierzona na próbce 2, po liczbie cykli obciążenia i ,

Dylatacja bitumiczna jest odporna na koleinowanie, gdy średnia głębokość koleiny po 10 000 cykli obciążenia $P_{i,S}$ obliczona dla 2 próbek jest mniejsza od 15 mm.