

## **7. PROJEKT ZABEZPIECZENIA STATECZNOŚCI PRZĘŚLA SKRAJNEGO MOSTU NA PRZYCZÓŁKU PRAWOBRZEŻNYM**

### **7.1. Zakres i cel projektu**

Zakres niniejszego opracowania obejmuje wykonanie projektu zabezpieczenia stateczności pionowej przęsła skrajnego mostu na przyczółku prawobrzeżnym. W skład projektu wchodzi w szczególności:

- naprawa łożysk ruchomych mostu,
- zabezpieczenie przed odrywaniem się najkrótszego przęsła mostu na przyczółku nr 1 (prawobrzeżnym),
- zabezpieczenie antykorozyjne stalowej konstrukcji przęseł skrajnych mostu w strefach podparć na przyczółkach,
- ustalenie metody techniczno-organizacyjnej prowadzenia robót.

Celem opracowania jest przygotowanie kompletnej dokumentacji projektowo-kosztorysowej, w oparciu o którą zostanie zrealizowana naprawa mostu.

### **7.2. Dane szczegółowe**

#### **7.2.1. Charakterystyka obiektu oraz przyczyny jego naprawy**

Opis konstrukcji mostu wraz z charakterystyką jego stanu technicznego w formie Kart Przeglądu Szczegółowego podano, odpowiednio w p. 2 i 3 tego opracowania. W punkcie 5 przedstawiono spostrzeżenia i zalecenia wynikające z wykonanych badań łożysk mostu pod obciążeniem eksploatacyjnym, wskazujące na konieczność zakotwienia w strefie podparcia na przyczółku prawobrzeżnym przęsła I (skrajnego od strony centrum miasta).

#### **7.2.2. Stan projektowany**

##### **7.2.2.1. Założenia projektowe**

Projektowane roboty, polegające na naprawie lokalnego uszkodzenia w konstrukcji mostu nie powodują zmian jego geometrii, zarówno przęseł, jak i podpór.

Zachowując obecny układ i typ łożysk, zmianie zasadniczej ulega strefa podparcia najkrótszego przęsła mostu (nr I) na przyczółku prawobrzeżnym. Zaprojektowano zakotwienie tego przęsła do przyczółka na każdym z dwóch łożysk, na których spoczywają dźwigary, tj.:

- łożysko nr 1 (od strony górnej wody) oraz
- łożysko nr 2 (od strony dolnej wody).

Zakres tych prac ma na celu poprawę pracy przęseł mostu w zakresie obciążeń statycznych i dynamicznych, a także stanu technicznego obiektu w strefach podparć na łożyskach. Prace naprawcze związane z zakotwieniem przęsła I mostu na przyczółku nr 1 nie wpłyną bezpośrednio na ograniczenie ruchu na obiekcie, co dotyczy liczby użytkowanych pasów ruchu oraz dopuszczalnego nacisku osi. Należy mieć jednak na uwadze, że przed

dokonaniem tej operacji **konieczne jest** zrealizowanie prac konserwacyjnych łożysk na tym przyczółku, a przede wszystkim doprowadzenie do usunięcia wady w łożysku nr 1 (brak wzajemnej równoległości wałków), co związane jest z zamknięciem obiektu dla ruchu pojazdów, lub przynajmniej z częściowym odciążeniem mostu w przekroju, w którym będzie wykonane podniesienie przęsła I o wartość maksymalną do 20-30 mm. Odciążenie mostu powinno polegać na zamknięciu ruchu dla dwóch pasów jezdnii od strony wody górnej, jeśli naprawie będzie podlegało łożysko nr 1 oraz dwóch od strony wody dolnej, jeżeli konserwacji będzie podlegało łożysko nr 2. Reasumując, w obu przypadkach ruch powinien odbywać się tylko jednym pasem jezdnii, na przemian od strony wody dolnej i górnej – koniecznie z ograniczeniem prędkości ruchu pojazdów do 40 km/h.

Dodatkowe prace naprawcze wszystkich łożysk ruchomych na moście dotyczą uzupełnienia brakujących płaskowników oraz wymianie istniejących, łączących ze sobą wałki, na nowe, według zaproponowanego rozwiązania.

#### **7.2.2.2. Parametry techniczne**

Przewidziany do naprawy przedmiotowy most będzie charakteryzował się następującymi parametrami techniczno-użytkowymi w zakresie wielkości obciążeń przekazywanych z przęsła I na łożyska nr 1 i 2 na przyczółku nr 1 (prawobrzeżnym), wynikającymi z zastosowanej metody naprawy (tj. przeciwdziałania odrywaniu się tego przęsła od łożysk):

a) w zakresie nośności:

- zakotwienie łożysk na nośność mostu wg klasy B [16],

b) w zakresie ujemnych wartości sił reakcyjnych przekazywanych na przyczółek nr 1:

- maksymalna reakcja dla schematu odciążenia łożyska nr 1 – 320 kN,
- maksymalna reakcja dla schematu odciążenia łożyska nr 2 – 320 kN (ze względu na unifikację robót oraz stosunkowo niewielki koszt naprawy zdecydowano się na przyjęcie tego samego sposobu zakotwienia dla obu łożysk).

Rozważono 2 racjonalne rozwiązania zakotwienia przęsła I na łożyskach: w pierwszym stateczność pionowa przęsła zapewniona jest przez 2 elementy ciągnowe / dźwigar, wstępnie sprężone i łączone przegubowo z dźwigarem i z zakotwieniami dolnymi w przyczółku, a w drugim zasugerowano konstrukcję kotwiącą w postaci dwóch łożysk oporowych / dźwigar, dociskających od góry pas dolny dźwigara i połączonych na sztywno z półramą przestrzenną zakotwioną również w przyczółku.

Z dwóch ww. rozwiązań, do celów projektowych przyjęto pierwsze, jednak drugie, z wyjątkiem zużycia stali, w niczym nie ustępuje pierwszemu – ma nawet pewną przewagę polegającą na redukcji wartości sił przekazywanych na podporę skrajną mostu.

#### **7.2.2.3. Przyczółki**

Przed wykonaniem zakotwień przęsła I należy oczyścić z zanieczyszczeń całą ławę podłożyskową wraz z ciosami przyczółka prawobrzeżnego.

Pomimo, że operacja kotwienia łożysk dotyczy tylko przyczółka nr 1, zalecane jest, aby uporządkować ławę podłożyskową wraz z ciosami także na przyczółku lewobrzeżnym (nr 2).

#### 7.2.2.4. Łożyska

W projekcie przyjęto pozostawienie wszystkich łożysk istniejących, jednak przed wykonaniem zabezpieczenia stateczności pionowej przęsła I należy wykonać dokładne zabezpieczenia antykorozyjne łożysk nr 1 i 2 (przyczółek prawobrzeżny). Korzystając z dostępnego sprzętu, w podobny sposób należy postąpić z łożyskami nr 9 i 10 (przyczółek lewobrzeżny).

Przed osadzeniem zabezpieczonych antykorozyjnie wałków w miejsca docelowe, należy zminimalizować tarcie toczne łożysk na przyczółkach przez zastosowanie smaru, np. grafitowego. Należy pamiętać, aby pracami konserwatorskimi objąć płyty dolne i górne łożysk.

Rozpatrując wszystkie łożyska ruchome na moście, pracom naprawczym, polegającym na uzupełnieniu brakujących płaskowników łączących ze sobą wałki danego łożyska oraz na wykonaniu nowych połączeń w miejscach zerwanych śrub należałoby poddać w sumie 7 łożysk (wykaz niezbędnych prac naprawczych w łożyskach ruchomych podano w tabeli 7.1).

Tabela 7.1. Wykaz łożysk ruchomych podlegających natychmiastowej naprawie

Lp.	Oznaczenie łożyska	Oznaczenie podpory	Rodzaj naprawy
1.	Nr 1	Przyczółek nr 1, prawobrzeżny	- uzupełnić brakujący płaskownik oraz - naprawić zerwane połączenie drugiego płaskownika
2.	Nr 2		- uzupełnić brakujący płaskownik oraz - naprawić zerwane połączenie drugiego płaskownika
3.	Nr 3	Filar nr 1	- naprawić zerwane połączenie drugiego płaskownika
4.	Nr 4		- uzupełnić brakujący płaskownik
5.	Nr 7	Filar nr 3	- naprawić zerwane połączenie drugiego płaskownika
6.	Nr 9	Przyczółek nr 1, lewobrzeżny	- uzupełnić brakujący płaskownik oraz - naprawić zerwane połączenie drugiego płaskownika
7.	Nr 10		- uzupełnić brakujący płaskownik oraz - naprawić zerwane połączenie drugiego płaskownika
W sumie:			1. Wykonać i wstawić 6 płaskowników 2. Naprawić 6 zerwanych połączeń

**Pomimo, że zgodnie z powyższym wykazem (tabela 7.1) natychmiastowej naprawie powinno podlegać 6 brakujących płaskowników, łączących wałki łożysk, to ze względu na niewłaściwie zaprojektowane płaskowniki w obecnej postaci, zaproponowano wymianę wszystkich na nowe, w sumie:  $8 \text{ (liczba łożysk)} \times 2 = 16 \text{ sztuk}$ .**

#### 7.2.2.5. Zakotwienie łożysk przęsła I na przyczółku prawobrzeżnym

Zgodnie z informacją podaną w pp. 7.2.2.2 zaprojektowano zakotwienie przęsła I w postaci konstrukcji stalowej, całkowicie spawanej, mocowanej do istniejących dźwigarów.

W strefach podparć dźwigarów głównych na wałkowych łożyskach ruchomych zlokalizowanych na przyczółku nr 1 zostaną przymocowane obustronnie do każdej belki

stalowe stołki w formie krótkich wsporników (zakotwienie górne), stanowiące oparcie dla zamocowania przegubowego prętów kotwiących przeszło do przyczółka (w zakotwieniu dolnym).

- **Zakotwienie górne - stołek oporowy**

Każdy ze stołków, będących przestrzenną konstrukcją złożoną z blach stanowi identyczną konstrukcję, zróżnicowaną jedynie zewnętrznym rozstawem blach pionowych, uzależnionym od rozstawu zewnętrznych podporowych żeber poprzecznych dźwigara.

Zewnętrzne blachy pionowe stołka (2 szt.), symetryczne względem płaszczyzny pionowej prostopadłej do płaszczyzny środka, zaprojektowano o wymiarach 556x445x20 mm, z dolnym wyokrągleniem o promieniu  $R_l = 420$  mm, redukującym naprężenia od zginania na dolnych krawędziach tych elementów. Blachy te mocowane są spoinami czołowymi do żeber pionowych środka dźwigara głównego. Dodatkowo, na długości 32 mm opierają się one za pośrednictwem blach podstawkowych (stopek) o wymiarach 140x110x40 mm na pasie dolnym dźwigara. Ze względu na obecność śrub łączących płytę nadłożyskową z dolnym pasem dźwigara, stopki zaprojektowano w dwóch wersjach: bez wyfrezowania i z wyfrezowanym otworem (60x50x20 mm) na istniejące śruby.

Zewnętrzne blachy pionowe, wyposażone dodatkowo w pas dolny (80x20 mm), znajdują się w średnim rozstawie osiowym  $D = 438$  mm, i stanowią przedłużenie żeber poprzecznych dźwigara w formie wspornika. Na końcu wspornika łączone są one ze sobą dwiema poprzecznymi blachami pionowymi (w rozstawie osiowym, równym 67 mm) o grubości 28 mm każda, szerokości 150 i 154 mm, oraz długości wynikającej z rozstawu zewnętrznych blach pionowych (średnio 418 mm). W poprzecznych blachach pionowych wywiercono na sworzeń przegubowego mocowania ciężna kotwiącego otwór o średnicy 44 mm.

Wspornik stołka wzmocniony jest dodatkowo blachą poziomą w kształcie litery U, o grubości 20 mm, spawaną do górnych krawędzi (poziomych) zewnętrznych blach pionowych, a także do górnych krawędzi dwóch poprzecznych blach pionowych (mocujących ciężno). Blacha ta, na odcinkach ramion „U”, stanowi jednocześnie pasy górne obu zewnętrznych blach pionowych stołka, łączonych bezpośrednio ze środkiem dźwigara, bądź - od strony wewnętrznej - z poziomym żebrzem usztywniającym środek belki głównej mostu (dlatego wykonana jest ona w dwóch wersjach).

Powierzchnia górnej blachy każdego stołka będzie wyniesiona ponad dolną krawędź pasa dolnego dźwigara głównego o 460 mm.

- **Zakotwienie dolne w ławie podłożyskowej i korpusie przyczółka**

W skład zakotwienia dolnego wchodzi następujące zasadnicze elementy:

- blachy górne, do których mocowane jest przegubowo ciężno łączące zakotwienie górne z zakotwieniem dolnym,
- pręty (szkielet) kotwiące, łączone od góry spoinami z blachami górnymi oraz od dołu za pomocą śrub z blachą dolną (kotwią),

- zaprawa o wysokiej wytrzymałości, wypełniająca otwór wywiercony w ciosach podłożyskowych, w którym osadzone są pręty kotwiące wraz z kotwią (blachą dolną).

Blacha górna zakotwienia dolnego jest prostą konstrukcją, złożoną z blachy poziomej o wymiarach 400x200x20 mm, do której od góry przyspawane są dwie prostopadłe do niej i wyokrąglone na jednej krawędzi blachy (300x150x28 mm) z otworami kołowymi średnicy 44 mm. Otwory te służą do zamocowania przegubowego (na sworzeń) ciężkiego kotwiącego. Rozstaw blach pionowych wynosi 67 mm. Blacha pozioma została tak zaprojektowana, że przylega dolną powierzchnią do zaprawy o wysokiej wytrzymałości i jest wyniesiona o 2 cm (tj. na grubość spawanych do niej od spodu prętów kotwiących, opartych na ciosie) ponad powierzchnię żelbetowego ciosu podłożyskowego.

Blachy pionowe zakotwienia dolnego powinny być zlicowane z płaszczyzną blach pionowych zakotwienia górnego (stołka), w których wykształcono otwory na mocowanie przegubowe ciężkiego.

Reakcje z blach górnych zakotwienia dolnego przekazywane są na korpus przyczółka poprzez specjalnie wykonuowane zakotwienie. Polega ono na wykonaniu odwiertu w betonie ciosu podłożyskowego o średnicy  $d = 180$  mm i długości  $L_d = 1240$  mm. Odwiert należy wykonać centrycznie pod blachą poziomą górną zakotwienia dolnego (na przecięciu jej przekątnych), tj. w średniej odległości od osi dźwigara równej 710 mm (**wymiar ten nie jest jednak wiążący**).

Tak wykonany kołowy otwór, po uprzednim uszorstnieniu ścianek, odpyleniu i zwilżeniu (wg wymagań SST) wypełniany jest następnie specjalną zaprawą o wysokiej wytrzymałości i odpowiedniej płynności, w której osadzany jest szkielet stalowej konstrukcji zakotwienia dolnego. Szkielet ten, o całkowitej długości  $L_s = 1185$  mm, zaprojektowano w postaci czterech pionowych prętów podwójnie żebrowanych o średnicy 20 mm (ułożonych na planie kwadratu, w rozstawie osiowym  $L_p = 83$  mm), spawanych u góry (na odgięciach) do spodu poziomej blachy górnej zakotwienia dolnego i spiętych dwiema stycznymi obręczami (średnica wewnętrzna  $d_o = 138$  mm), wykonanymi z prętów o średnicy 10 mm, natomiast od dołu zakończone są one przykręcaną na śruby kołnierzowe M20 klasy 10.9 kotwią dolną w postaci kwadratowej blachy o wymiarach 125x125x15 mm. W dolnej strefie, wokół 4-ch prętów pionowych zastosowano uzwojenie z pręta o średnicy 6 mm, o skoku 50 mm i liczbie zwojów równej 6.

Po wykonaniu odwiertu w podporze należy odpowiednio dobranym wiertłem koronkowym uszorstnić jego ścianki po to, aby zwiększyć przyczepność zaprawy do betonu korpusu przyczółka.

**Bardzo ważne jest, aby całość prac związanych z wykonaniem zabezpieczenia stateczności przęsła I mostu realizować w zakresie temperaturze otoczenia od 10 - 20°C. W innym przypadku należy dostosować wzajemne położenie konstrukcji zakotwienia górnego i dolnego w planie (dotyczy to przesunięcia w widoku z boku osi otworu w betonie względem punktu mocowania zakotwienia górnego do dźwigara) do warunków termicznych otoczenia, panujących w trakcie realizacji robót.**

- **Cięgno kotwiące**

Konstrukcje zakotwienia górnego i zakotwienia dolnego łączone są ze sobą ciągnem wykonanym z pręta o pełnym przekroju, o średnicy 42 mm, i z końcówkami szpadowymi. Końce takiego cięgna łączone są przegubowo za pomocą sworzni z odpowiednio przygotowanymi blachami zakotwień górnego i dolnego. Długość cięgna w osiach przegubów wynosi  $L_c = 925$  mm.

Po wykonaniu połączenia ciągnem zakotwień górnego z dolnym należy wyeliminować luzy oraz wprowadzić w element prętowy (przez dokręcenie) siłę sprężającą równą 12 kN.

Skuteczność przyjętego połączenia cięgowego gwarantuje element systemowy firmy Mekano4 (MK4) o symbolu katalogowym M42.

**Cięgno kotwiące należy wmontować w konstrukcje zakotwień dopiero po uzyskaniu przez zaprawę zakotwienia dolnego minimalnej gwarantowanej wytrzymałości, tj. po 7 dniach.**

#### **7.2.2.6. Zabezpieczenie antykorozyjne stali**

Elementy dźwigarów głównych w strefach podporowych (pasy dolne, blachy ukośne pasów dolnych oraz żebra poprzeczne), do których mocowane będą stołki kotwiące należy oczyścić ze starej farby i powierzchniowej korozji metodą strumieniowo-ścierną. Niezależnie od usunięcia starych powłok malarskich należy usunąć ogniska rdzy, a zwłaszcza wżery rdzy w załamaniach, zagłębieniach i przy blachach nakładkowych. Następnie, po zamocowaniu stołków, na oczyszczone do stopnia czystości Sa 2,5 konstrukcje stalowe dźwigarów i stołków (które również należy poddać odpowiedniemu przygotowaniu powierzchni), odpylone i odtłuczone należy nanieść powłoki malarskie. Elementy cięgnowe powinny być zabezpieczone przeciw korozji przez zastosowanie metalizacji oraz powłok malarskich (zapewnia producent wyrobu). Kolorystykę stołków należy dostosować do koloru powłoki malarskiej dźwigarów głównych. W trakcie wykonywania prac związanych z oczyszczeniem mostu należy zabezpieczyć obiekt przed przedostaniem się odpadów starej farby do środowiska.

Lokalne, obustronne zabezpieczenie antykorozyjne konstrukcji stalowej dźwigarów w strefie mocowania zakotwień górnych (stołków) - na powierzchni 2020 (wysokość) x 1100 (długość od końca dźwigara do odległości 500 mm poza zewnętrzną krawędź stołka) - oraz stołków po ich połączeniu z dźwigarami należy wykonać w obu dźwigarach na przyczółku prawobrzeżnym, a także w strefie podporowej dźwigarów na przyczółku lewobrzeżnym (na której nie projektuje się zabezpieczenia stateczności łożysk).

### 7.2.2.7. Zastosowane materiały konstrukcyjne

- **Stal konstrukcyjna**

Do wykonania płaskowników, łączących wałki łożysk należy zastosować stal St3S. Do wykonania zabezpieczenia stateczności przęsła I (stołki zakotwienia górnego oraz blachy zakotwienia dolnego) zastosowano stal 18G2A.

Do projektowanego gatunku stali 18G2A należy stosować elektrody otulone EB 150, a do stali St3 elektrody EA 146. Według normy PN-EN 499 „Elektrody otulone do ręcznego spawania łukowego stali niestopowych i drobnoziarnistych”, można przyjąć elektrody o symbolu E 50 3 B 32 H5 lub E 38 3 B 52 H5

- **Łączniki stalowe**

Połączenia płaskowników z wałkami łożysk zaprojektowano w postaci śrub znormalizowanych M24 klasy 10.9.

Połączenia prętów kotwiących zakotwienia dolnego w korpusie przyczółka z kotwią dolną zaprojektowano od spodu w postaci nakrętek kołnierзовych M20 o zwiększonej grubości, natomiast od góry – w postaci nakrętek znormalizowanych M20 klasy 10.9.

- **Stal zbrojeniowa**

Szkielet kotwiący w korpusie przyczółka zaprojektowano z prętów zbrojeniowych gatunku B500SP (BSt 500S) klasy A-IIIN, zgodnie z normą PN-H-93220:2006. Dla tej klasy stali zastosowano średnicę prętów  $\varnothing 20$  mm. Obręcze w górnej strefie prętów kotwiących zaprojektowano z tej samej stali zbrojeniowej o średnicy 10 mm. Dodatkowo, na uzwojenie zakotwień należy przyjąć pręty ze stali gładkiej o średnicy  $\varnothing 6$  mm ze stali gat. A-I klasy St3.

- **Stal ciągną**

Elementy ciągnowe zakotwień w postaci prętów o pełnym przekroju zaprojektowano jako wyposażone w standardowe zakończenia typu M42 systemu MKT460 o dopuszczalnej nośności obliczeniowej 515 kN (wg rozwiązania katalogowego firmy MK4), wykonane ze stali węglowej uspokojonej.

- **Zaprawa zakotwienia dolnego**

Przestrzeń wywierconych w przyczółku otworów należy wypełnić zaprawą o wysokiej wytrzymałości na ściskanie. Do tego celu przyjęto zaprawę do podlewek firmy Pagel V1/50 o wytrzymałości na ściskanie równej po 7 dniach 70 MPa.

## 7.3. Technologia wykonania naprawy mostu

### 7.3.1. Etap I – prace naprawcze w łożyskach ruchomych (na przyczółkach i filarach) oraz prace antykorozyjne w łożyskach ruchomych nr 1, 2, 9 i 10, tj. na przyczółkach nr 1 (prawo-) i nr 2 (lewobrzeżnym)

- a) Przed przystąpieniem do prac związanych z naprawą łożysk na obu przyczółkach należy w pierwszej kolejności naprawić łożyska ruchome na filarach nr 1 i 3 (4 sztuki). Prace te polegają na uzupełnieniu brakujących i wymianie wszystkich płaskowników, łączących ze sobą wałki danego łożyska na nowe (o przekroju 60x12 mm), wg zaproponowanego rozwiązania. Płaskowniki należy łączyć z wałkami za pomocą śrub nominalnych M24 klasy 10.9.
- b) Zamknięcie dwóch pasów ruchu dla pojazdów samochodowych od strony górnej wody wraz z ograniczeniem prędkości ruchu pojazdów na trzecim pasie (od strony dolnej wody) do 40 km/h (rozwiązanie alternatywne w stosunku do wyłączenia z ruchu na czas robót antykorozyjnych łożysk na przyczółkach nr 1 i 2 całego mostu).
- c) Wykonanie konstrukcji podparcia tymczasowego dźwigara głównego nr 1 lub, w ostateczności, poprzecznicę podporowej na odcinku o długości nie mniejszej niż 1,00 m oraz w odległości osiowej od podnoszonego dźwigara nie większej niż 2 m. Do tego celu można wykorzystać oparte na ławie podłożyskowej przyczółka nr 1 drewniane podkłady kolejowe, umieszczając na nich siłowniki hydrauliczne. W celu uniknięcia zwichrzenia poprzecznic, nacisk od spodu na jej pas dolny powinien być wywierany przez siłownik(i) za pośrednictwem belki walcowanej HEB 400-500 mm, umieszczonej między siłownikiem i poprzecznica. **W przypadku realizacji podniesienia przęsła na poprzecznicę ruch na cały moście powinien być zamknięty, ponadto realizacja podniesienia przęsła na poprzecznicę powinna być poprzedzona wnikliwą analizą statyczno-wytrzymałościową wykonaną przez Wykonawcę robót.**
- d) Podniesienie przęsła I (od strony centrum miasta) na wysokość nie większą, niż 20-30 mm. Przed podniesieniem przęsła należy kontrolować przemieszczenia łożysk wałkowych podpory sąsiedniej (filara nr 1) przed niekontrolowanym przemieszczeniem ich osi.

**Należy zwrócić uwagę na dostosowanie rodzaju siłowników do wielkości reakcji na podparciu skrajnym przęsła I, w związku z czym powinny one zapewnić przeniesienie następujących sił (w nawiasie podano wartości dla mostu zamkniętego dla pojazdów):**

- łożysko nr 1 (górną wodą, przyczółek prawobrzeżny)  $N_{1\max} = 2,0 \text{ MN} (0,7 \text{ MN})$ ,
- łożysko nr 2 (dolną wodą, jw.)  $N_{2\max} = 2,5 \text{ MN} (1,0 \text{ MN})$ ,
- łożysko nr 9 i 10 (górną i dolną wodą, przyczółek nr 2)  $N_{9,10\max} = 2,8 \text{ MN} (1,4 \text{ MN})$ .

**Jeżeli podczas operacji podnoszenia przęsła I lub IV na łożyskach podpór skrajnych będzie odbywał się ruch na obiekcie, należy go zminimalizować, a prace prowadzić z dużą ostrożnością.**

- e) Demontaż wałków stalowych łożyska nr 1, z natychmiastowym wstawieniem w ich miejsce uprzednio przygotowanych konstrukcji wsporczych (np. piaskownic) i opuszczenie na nie przęsła, co umożliwi odciążenie urządzeń podnoszących na dźwigarze (bądź poprzecznicy).



**Należy zwrócić szczególną uwagę na osiowe ustawienie urządzeń wsporczych względem podnoszonego elementu konstrukcyjnego mostu.**

**We wszystkich etapach naprawy konstrukcji przęsla I oraz prac konserwatorskich łożysk przyczółka nr 2 (lewobrzeżnego) należy zwrócić szczególną uwagę na prawidłowe wykonanie rusztowań do podniesienia przęseł I i IV, z jednoczesnym zabezpieczeniem pozostałych łożysk ruchomych, znajdujących się na filarach, odpowiednio nr 1 i 3. Podnoszenie tych przęseł powinno odbywać się zgodnie z wcześniej przygotowanym przez Wykonawcę programem, a wykonanie rusztowań służących do podniesienia przęseł i do ich późniejszego podparcia, w miejsce usuniętych tymczasowo łożysk, powinno zostać poprzedzone stosownymi obliczeniami statyczno-wytrzymałościowymi. Ponadto, podparcie przęseł powinno być tak zrealizowane, aby nie wpłynęło na zasadniczą zmianę schematu statycznego mostu.**

- f) Oczyszczenie wałków łożyska nr 1 do stopnia czystości określonego w SST, z zastosowaniem metody strumieniowo-ściernej oraz wykonanie zabezpieczenia antykorozyjnego obu stalowych wałków.
- g) Ponowne podniesienie przęsla znad konstrukcji wsporczej, usunięcie tymczasowego podparcia dźwigara w miejscu lokalizacji łożyska oraz oczyszczenie płyty podłożyskowej i blachy łożyskowej, na której oparty jest bezpośrednio pas dolny dźwigara głównego do stopnia czystości, jak dla wałków łożyska (ad. 7.3.1f), a następnie wykonanie zabezpieczenia antykorozyjnego.
- h) Umieszczanie w konstrukcji łożyska zabezpieczonych antykorozyjnie wałków. Operacja ta powinna zostać poprzedzona smarowaniem części stykowych, aby zminimalizować tarcie toczne tych elementów (np. stosując smar grafitowy).
- i) Po umieszczeniu wałków w docelowym miejscu należy je następnie obustronnie połączyć ze sobą nowymi (wg projektu) płaskownikami o przekroju 95x25 mm (po 2 na łożysko) i śrubami nominalnymi M24 klasy 10.9, a następnie opuścić przęsło na łożysko.
- j) Demontaż podparcia tymczasowego.
- k) Wykonanie powyższych operacji w identycznej kolejności, lecz dla łożyska nr 2 (tj. od strony dolnej wody, przyczółek nr 1). Należy wykonać, jak poprzednio zamknięcie ruchu na dwóch pasach jezdni, lecz symetrycznie względem osi podłużnej mostu.
- l) Przed przystąpieniem do operacji zabezpieczenia antykorozyjnego łożysk nr 9 i 10 zlokalizowanych na przyczółku nr 2 (lewobrzeżnym) należy lokalnie oczyścić z rdzy i starej powłoki malarskiej obydwie dźwigary, a następnie zabezpieczyć je antykorozyjnie.
- m) Konserwację łożysk nr 9 i 10 należy wykonać z etapowaniem robót, jak dla łożysk nr 1 i 2 (ad. 7.3.1b-k).

**Należy zwrócić uwagę na dostosowanie rodzaju siłowników do wielkości reakcji na podparciu skrajnym przęsla IV (ad. 7.3.1d).**

- n) Udostępnienie wszystkich pasów na moście dla ruchu samochodowego, z usunięciem oznakowania ograniczającego prędkość.

### **7.3.2. Etap II – zabezpieczenie stateczności przęsła I mostu nad łożyskami nr 1 i 2 (tj. na przyczółku prawobrzeżnym)**

Prace etapu II mogą być wykonywane jednocześnie z robotami antykorozyjnymi łożysk nr 9 i 10 na przyczółku lewobrzeżnym, a także pod nieograniczonym ruchem samochodowym na moście.

- a) Wykonanie w wytwórni 4 sztuk stołków wsporczych (zakotwień górnych) oraz 4 sztuk zakotwień dolnych i dostarczenie ich na miejsce wbudowania z wykonanym uprzednio zabezpieczeniem antykorozyjnym tych elementów.
- b) Dopasowanie stołków do miejsca wmontowania w konstrukcjach obu dźwigarów głównych (nr 1 i 2) i dokładne wyznaczenie w konstrukcjach ciosów podłożyskowych punktów wykonania odwiertów (**uzależnionych od temperatury otoczenia, w jakiej będą wykonywane te prace, tj. w zakresie temperatur 10-20°C**).
- c) Wiercenie w wyznaczonych uprzednio punktach ciosów podłożyskowych przyczółka nr 1 czterech otworów o średnicy  $d = 180$  mm każdy (po jednym z każdej strony danego dźwigara głównego) na głębokość  $h = 1240$  mm. Jeżeli okaże się to niezbędne ze względów technologicznych, wiercenie otworów od wewnętrznej strony przęsła należy poprzedzić demontażem zastrzałów łączących dźwigary z pasami dolnymi poprzecznic.

**Nie należy demontować jednocześnie dwóch zastrzałów, lecz wykonywać odwierty kolejno, najpierw przy dźwigarze nr 1, a następnie, po zamontowaniu zastrzału, należy zdemontować zastrzał dźwigara nr 2 i wykonać otwory przy łożysku nr 2.**

**W czasie, kiedy jeden z zastrzałów jest tymczasowo zdemontowany, konstrukcja przęsła na jednym z dźwigarów nie może być tymczasowo podniesiona.**

- d) Wybranie zwiercin z otworów oraz uszorstnienie ścian otworów wiertłem koronkowym o projektowej średnicy tak, aby uzyskać skok uszorstnienia w stosunku do gładzi otworu o wartości około 1-3 mm.
- e) Na końcach prętów kotwiących zakotwień dolnych należy przymocować na śruby blachę oporową (ad. 7.3.2a).
- f) Ostateczne oczyszczenie otworów ze zwiercin i pyłu oraz przygotowanie powierzchni otworu zgodnie z załączoną SST.

**Operację przygotowania otworów oraz osadzania elementów zakotwienia dolnego należy prowadzić indywidualnie dla każdego otworu, tj. przygotowanie powierzchni otworu powinno być wykonane bezpośrednio przed osadzeniem szkieletu zakotwienia dolnego w betonie przyczółka. Kolejność wykonywania kotew dolnych nie ma wpływu na późniejsze fazy montażu zakotwień przęsła I do podpory skrajnej.**

- g) Wypełnienie otworu zaprawą o wysokiej wytrzymałości (przygotowaną zgodnie z SST), oraz centryczne osadzenie stalowej konstrukcji zakotwienia dolnego.

**Górna blacha zakotwienia dolnego powinna być wyniesiona ponad płaszczyznę ciosu o 2 cm, co zapewnia przyjęte rozwiązanie – blacha ta opiera się na płaszczyźnie ciosu za pośrednictwem prętów kotwiących przyspawanych do niej od spodu.**

- h) Profilowanie zaprawy wokół blachy poziomej, z nadaniem jej spadków 1:1.
- i) Powtórzenie czynności (ad. 7.3.2f-h) dla pozostałych trzech otworów.
- j) Mocowanie stołków do dźwigarów głównych, z uprzednim przygotowaniem powierzchni stykanych elementów, tj. łączonych z dźwigarem blach pionowych stołków oraz pionowych skrajnych (sąsiednich względem środkowego) żeber usztywniających środkik dźwigara w punkcie podparcia na łożysku i elementów pasa dolnego.
- k) Wykonanie prac antykorozyjnych w stykach stołków z konstrukcjami dźwigarów.
- l) Połączenie sworzniem poprzecznych blach pionowych stołka (z otworami na sworzeń) z końcem szpadowym cięgna kotwiącego, a następnie połączenie w ten sam sposób tego samego elementu cięgowego z górnymi blachami pionowymi zakotwienia dolnego.

**Łączenie za pomocą elementu cięgowego zakotwień górnego z dolnym należy wykonać dopiero po uzyskaniu przez zaprawę zakotwienia dolnego minimalnej wytrzymałości gwarantowanej, tj. po 7 dniach.**

- m) Wykonanie wstępnego sprężenia elementu cięgowego siłą 12 kN.

**Sprężenie powinien wykonać dostawca cięgien, jednocześnie w dwóch zakotwieniach (dla jednego dźwigara). Zalecane jest wykonanie w pierwszej kolejności sprężenia przęsła I nad łożyskiem nr 1, tj. od strony wody górnej.**

### **7.3.3. Tymczasowe podpory ustroju nośnego**

Na czas naprawy obiektu (naprawa i prace konserwacyjne łożysk na obu przyczółkach) proponuje się wykonanie konstrukcji wsporczej (tymczasowej) dźwigarów głównych, ustawianej na ławie przyczółka prawobrzeżnego (nr 1), zlokalizowanej 0,5 m od osi podparć dźwigarów głównych na łożyskach w kierunku rzeki. Konstrukcję tą mogą stanowić np. dwie połączone ze sobą belki wykonane z profili HEB 300 o nośności obliczeniowej min. 2,0 MN, które ustawione będą na dwóch siłownikach zlokalizowanych symetrycznie względem płaszczyzny pionowej dźwigara i oddalone od siebie o około 1,20 m. Belki te mają wykształtowane podparcia (w formie odwróconej ramy), umożliwiające wsunięcie siłowników między nie i ławę przyczółka. Belki połączone są ze sobą blachami płaskimi o grubości 15 mm, tworzącymi przewiązki, natomiast w strefach podparć dodatkowo są wzmocnione blachami o grubości 25 mm. Podkładka wykonana z blachy o grubości min. 20 mm umieszczona jest w środkowej strefie belek, na której oparty będzie podnoszony dźwigar.

**Ze względu na duży ciężar wałków łożysk (ok. 500 kg/szt.) może okazać się niemożliwe całkowite wysunięcie tych elementów z konstrukcji łożyska, dlatego należy przewidzieć możliwość etapowego wykonania prac konserwacyjnych tych łożysk, przetaczając każdy z wałków z jednego położenia w drugie.**

#### **7.3.4. Organizacja ruchu na czas budowy**

Wykonanie naprawy łożysk i zakotwień przęsła I na przyczółku prawobrzeżnym przedmiotowego mostu nie wymaga jego całkowitego zamknięcia, a tym samym wyłączenia z ruchu odcinka drogi wojewódzkiej nr 435. Należy jednak zamknąć wybrane pasy ruchu na moście w zależności od podnoszonego dźwigara, co opisano w p. 7.3.2.

#### **7.3.5. Urządzenia obce**

W obszarze objętym niniejszym opracowaniem stwierdzono występowanie urządzeń obcych w postaci przewodów telekomunikacyjnych umieszczonych w rurach osłonowych wykonanych z PVC, przebiegających w kapie chodnika mostu od strony wody dolnej. Ich przebieg nie może zostać zakłócony w czasie wykonywania prac naprawczych mostu, co gwarantuje maksymalna określona w projekcie wartość podniesienia konstrukcji każdego z dźwigarów przęsła I i IV (nad przyczółkami prawo- i lewobrzeżnym), nie przekraczająca 20-40 mm. W przewidzianym zakresie deformacji nie wpłynie to negatywnie na przebieg i konstrukcję tych urządzeń, zaliczanych do układów podatnych.

#### **7.3.6. Uwagi końcowe**

1. Wszystkie materiały zastosowane do naprawy obiektu muszą posiadać aktualne atesty materiałowe, tj. certyfikaty, aprobaty techniczne uzyskane od uprawnionych do tego celu instytucji (np. IBDiM).
2. Wszystkie prace należy wykonać zgodnie ze Szczegółowymi Specyfikacjami Technicznymi.
3. Niniejsza dokumentacja projektowa nie obejmuje swoim zakresem wykonania projektu konstrukcji rusztowań wsporczych (w opisie podano tylko przykład) w przypadku operacji podnoszenia przęsła I i IV nad podporami skrajnymi. Wykonawca zobowiązany jest do wykonania takiego projektu we własnym zakresie, z uwzględnieniem własnego parku maszynowo-materiałowego.
4. Ze względu na brak możliwości na etapie projektowania wykonania odkrywek ciosów i korpusu przyczółka prawobrzeżnego (nr 1) i sprawdzenia jakości betonu oraz lokalizacji zbrojenia na docisk, w trakcie robót należy takich odkrywek dokonać, zgłosić Projektantowi i poddać jego weryfikacji.
5. Ze względu na wysoki stopień skomplikowania technologii wykonania robót, w trakcie realizacji prac na obiekcie należy przewidzieć wprowadzenie nadzoru autorskiego.
6. Dopuszcza się alternatywną technologię i kolejność wykonywania robót za wiedzą Projektanta.

#### 7.4. Warunki dotyczące bezpieczeństwa i higieny pracy

Prace związane z podnoszeniem przęsła nad łożyskami oraz wykonania zabezpieczenia antykorozyjnego stwarzają duże zagrożenie dla zdrowia pracowników. W związku z tym należy przestrzegać poniższych zaleceń:

- prace podnoszenia przęsła należy prowadzić zespołowo, wyłącznie przez wykwalifikowany personel,
- każdy z dźwigarów powinien być podnoszony pojedynczo, z natychmiastowym umieszczeniem w miejscu usuniętych wałków łożyska konstrukcji wsporczej (np. piaskownic), a po wykonaniu niezbędnych prac należy postępować w kolejności odwrotnej,
- tymczasowy demontaż zastrzałów łączących dźwigary z poprzecznicami w celu wykonania odwiertów w konstrukcji przyczółka oraz montażu stołków od wewnętrznej strony mostu powinien odbywać się wyłącznie dla jednego z dźwigarów; do prac związanych z usuwaniem zastrzału dźwigara drugiego można przystąpić dopiero po wmontowaniu zastrzału do dźwigara pierwszego (w kolejności wykonywanych prac),
- podnoszenie konstrukcji dźwigarów nad podporami skrajnymi należy prowadzić z dużą ostrożnością, zachowując warunki stateczności i osiowości konstrukcji wsporczych, a wielkość siły w siłownikach należy kontrolować na bieżąco (**nie wolno pozostawiać pracujących siłowników bez kontroli ze strony operatora tych urządzeń**),
- czyszczenie strumieniowo-ściernie powinno odbywać się w zamkniętych pomieszczeniach obsługiwanych z zewnątrz (dotyczy wytwórni konstrukcji stalowych); gdy odbywa się ono z udziałem pracownika, to należy zaopatrzyć go w pyłoszczelny skafander z doprowadzeniem i odprowadzeniem powietrza; przy śrutowaniu pracownik powinien mieć kask dźwiękoszczelny, a przy czyszczeniu szczotkami okulary ochronne,
- jeśli prowadzone są w pobliżu inne roboty, sektory, w których odbywa się czyszczenie strumieniowo-cierne muszą być zaopatrzone w ekrany chroniące przed oddziaływaniem ścierniwa na innych pracowników i urządzenia obce znajdujące się na moście,
- przy pracach związanych z transportem, przechowywaniem i nakładaniem materiałów malarskich należy przestrzegać zasad higieny osobistej, a w szczególności nie przechowywać żywności i ubrań w pomieszczeniach roboczych i w pobliżu stanowisk pracy, nie spożywać posiłków bezpośrednio w miejscu robót.

#### 7.5. Badania odbiorcze

Po wykonaniu naprawy przedmiotowego mostu, polegającej na zabezpieczeniu stateczności pionowej przęsła I, należy przewidzieć przeprowadzenie badań kontrolnych, pozwalających na weryfikację skuteczności zastosowanej metody pod obciążeniem eksploatacyjnym. Badania te powinny polegać przynajmniej na pomiarze wielkości

przemieszczeń pionowych i poziomych konstrukcji przęsła I mostu w osi łożysk nr 1 i 2 (na przyczółku prawobrzeżnym), łożysk oraz systemu kotwiącego.

#### **7.6. Obliczenia statyczno-wytrzymałościowe zakotwienia (w opracowaniu pisemnym)**