

# Analiza wykonawcza remontu dwóch wiaduktów o konstrukcji strunobetonowej nad doliną „Przełęcz” w Lublinie

Mgr inż. Łukasz Michalski, Politechnika Krakowska

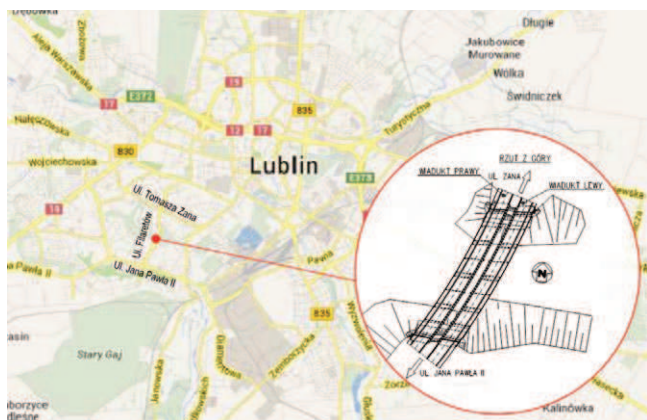
## 1. Wprowadzenie

Umiejętne planowanie inwestycji budowlanych przekłada się na ich powodzenie. Wymaga od kadry kierowniczej wiedzy z obszaru technologii, organizacji oraz bezpieczeństwa. Ponadto oprócz umiejętności fachowych potrzebna jest pewna znajomość psychologii i socjologii pracy.

Przedmiotem niniejszego artykułu jest analiza wykonawcza remontu dwóch wiaduktów o konstrukcji strunobetonowej, w której główny nacisk położono na aspekt organizacyjno-technologiczny planowania procesu remontowego.

## 2. Lokalizacja wiaduktów

Inwestycja, której celem jest remont dwóch wiaduktów drogowych, zlokalizowana jest w miejscowości Lublin, nad doliną „Przełęcz” w ciągu drogi powiatowej nr 2344L ul. Filaretów. Dokładną lokalizację obiektów przedstawiono na rysunek 1.



**Rys. 1.** Lokalizacja remontowanych wiaduktów. Źródło: [www.google.pl](http://www.google.pl), Protechnicon [8]

## 3. Charakterystyka wiaduktów

Przedmiotowe obiekty mostowe wybudowano w roku 1985 (fot. 1 i 2). Zaprojektowano je na klasę nośności 300 kN.

Od daty budowy nie były one przebudowywane, ani remontowane. W stanie istniejącym wiadukty te są obiektami czteroprzęstowymi o schemacie statycznym belek swobodnie podpartych. Przęsła wykonane są z prefabrykowanych belek strunobetonowych typu „Płońsk”, które zespolono żelbetową płytą pomostu gr. 18 cm. Konstrukcję przyczółków i filarów stanowią żelbetowe słupy posadowione na prefabrykowanych palach żelbetowych. Obiekty w planie przebiegają w łuku. Niweleta w przekroju podłużnym ma spadek jednostronny ok. 0,3% od ul. Zana do ul. Jana Pawła II. Główne



**Fot. 1.** Wiadukt lewy. Źródło: Protechnicon [8]



**Fot. 2.** Wiadukt prawy. Źródło: Protechnicon [8]

**Tabela 1.** Parametry geometryczne wiaduktów przed remontem i po remoncie

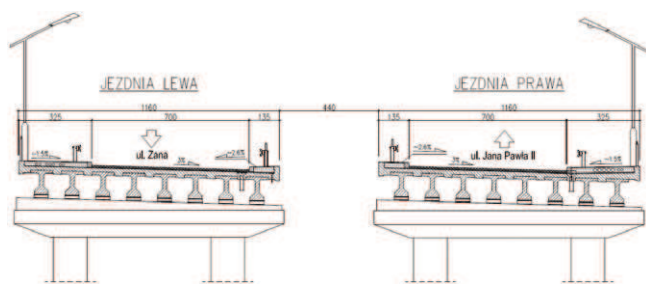
Parametr	Parametry geometryczne wiaduktów			
	Przed remontem		Po remoncie	
	Wiadukt lewy	Wiadukt prawy	Wiadukt lewy	Wiadukt prawy
Długość (w osi jezdni)	98,03 m	98,37 m	98,03 m	98,37 m
Rozpiętości teoretyczne w osiach podpór (w osi jezdni)	23,76 + 24,54 + 24,61 + 23,72 m	23,82 + 24,68 + 24,68 + 23,79 m	23,76 + 24,54 + 24,61 + 23,72 m	23,82 + 24,68 + 24,68 + 23,79 m
Szerokość całkowita	11,60 m	11,60 m	<b>11,64 m</b>	<b>11,64 m</b>
Szerokość jezdni	7,00 m	7,00 m	7,00 m	7,00 m
Spadek poprzeczny jezdni	jednostronny 3%	jednostronny 3%	jednostronny 3%	jednostronny 3%
Szerokość chodników	3,25 + 1,35 m	3,25 + 1,35 m	<b>3,29 + 1,39 m</b>	<b>3,29 + 1,34 m</b>
Spadek poprzeczny chodników	~1,5% i ~2,6%	~1,5% i ~2,6%	<b>3,0% i 4,0%</b>	<b>3,0% i 4,0%</b>
Kąt skrzyżowania osi wiaduktu z osiami podpór	~66°	~66°	~66°	~66°

Źródło: Protechnicon [8]

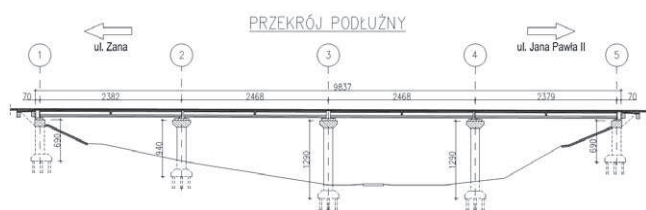
elementy wyposażenia wiaduktów: nawierzchnia jezdni z betonu asfaltowego, nawierzchnia chodników z asfaltu lanego, krawężniki betonowe, kapy chodnikowe betonowe, bariery ochronne i barieroporcze stalowe, balustrady stalowe, łożyska stalowe wałkowe i styczne, odwodnienie poprzez wpusty i sączki. Obiekty nie zostały wyposażone w urządzenia dylatacyjne [8].

Każdy z wiaduktów przeprowadza ruch tylko w jednym kierunku. Wiadukt lewy to obiekt, na którym ruch odbywa się na kierunku od ul. Jana Pawła II do ul. Zana, a wiadukt prawy to obiekt, na którym ruch odbywa się w przeciwnym kierunku (nazewnictwo według Zarządu Dróg i Mostów w Lublinie).

Parametry geometryczne wiaduktów przed remontem i po remoncie przedstawiono poniżej w tabeli 1 oraz na rysunkach 2, 3 i 4. We wspomnianej tabeli kolorem czerwonym zaznaczono parametry, które uległy zmianie w wyniku projektu remontu.



**Rys. 2.** Przekrój poprzeczny wiaduktów przed remontem. Źródło: Protechnicon [8]



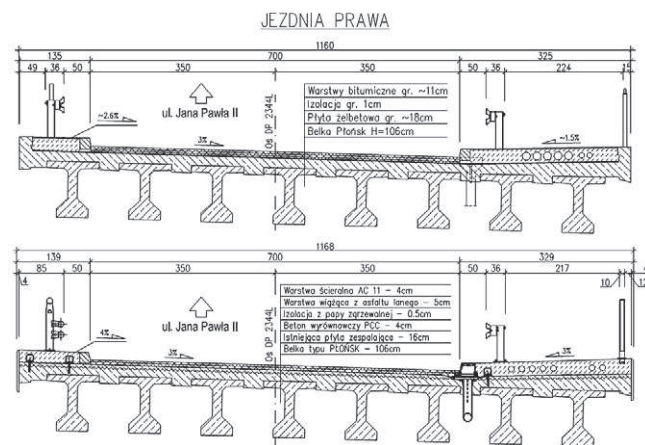
**Rys. 3.** Przekrój podłużny wiaduktu przed remontem – wiadukt prawy. Źródło: Protechnicon [8]

#### 4. Stan uszkodzeń

Obydwa wiadukty charakteryzują się podobnymi uszkodzeniami:

##### 1. Ustrój niosący, przyczółki, filary

Na powierzchniach wszystkich tych elementów znajdują się liczne spękania i ubytki betonu, a lokalnie odstąpienie zbrojenie podlega intensywnej korozji. Na dolnej powierzchni przęseł występują wykwyty świadczące o nieszczelności izolacji i korozji ługującej beton (fot. 3a). Wynikiem nieszczelności izolacji płyty pomostu jest także intensywnie postępująca korozja łożysk wałkowych (fot. 3b). Z uwagi na brak urządzeń dylatacyjnych nad podporami, nawierzchnia jezdni w tych miejscach uległa spękaniu i deformacji (fot. 3c). Stan odwodnienia obiektu jest niepokojący. Zauważalna jest korozja wszystkich rur spustowych oraz sączków, które są zatkane produktami korozji ługującej beton (fot. 3d). Uszkodzenia chodników występują głównie w formie spękań i deformacji nawierzchni. Dodatkowo spadki poprzeczne chodników nie spełniają wymogów normowych wynosząc  $i \approx 1,5\%$  i  $\sim 2,6\%$ . Generuje to utrudnienia z odprowadzeniem wód opadowych z tych po-



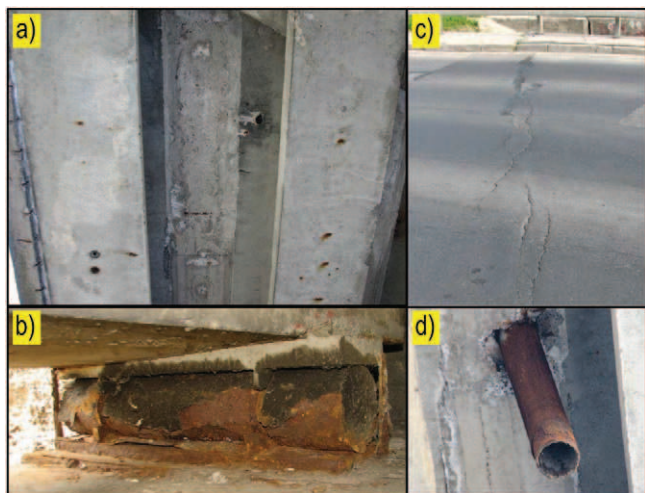
**Rys. 4.** Przekrój poprzeczny pomostu przed i po remoncie – wiadukt prawy. Źródło: Protechnicon [8]

wierzchni. W odniesieniu do urządzeń bezpieczeństwa ruchu (bariery, barieroporęcze, balustrady, latarnie) również można stwierdzić niedostateczny ich stan techniczny. Urządzenia te pokryte są licznymi ogniskami korozji powierzchniowej, a ponadto wysokość barieroporęczy wynosi 100 cm i nie spełnia wytycznych normowych, to jest min. 110 cm wg Rozporządzenia ministra transportu i gospodarki morskiej z 30 maja 2000 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać drogowe obiekty inżynierskie i ich usytuowanie [8].

## 2. Dojazdy

Na obydwu dojazdach występują spękania i deformacje nawierzchni jezdni. Ponadto powierzchnie chodników są zaniżone z powodu osiadania zasypki przyczółków i skoleinowania nawierzchni [8].

Podczas robót remontowych należy także zwrócić uwagę na zabezpieczenie sieci teletechnicznej oraz sieci energetycznej. Sieci te są zlokalizowane w kapach chodnikowych wiaduktów.



Fot. 3. Stan uszkodzeń wiaduktów. Źródło: Protechnicon [8]

## 5. Zakres remontu

Projekt remontu przewiduje zarówno prace remontowe jak również prace rozbiórkowe. W pierwszej kolejności zostaną wykonane prace rozbiórkowe w następującym zakresie:

- sfrezowanie nawierzchni drogowej na obiekcie i dojazdach,
- demontaż urządzeń bezpieczeństwa ruchu, to jest balustrad, barier, barieroporęczy i słupów trakcyjno-oświetleniowych,
- demontaż krawężników betonowych,
- skucie kap chodnikowych i belek podporęczowych wraz z demontażem rur ochronnych na urządzenia obce, izolacji bitumicznej płyty pomostu, wpustów i sączków, kolektorów odwadniających,
- sfrezowanie płyty pomostu do głębokości 2 cm,
- rozbiórka umocnienia skarp i stożków nasypowych,
- skucie ścianek zapleczych i skrzydeł przyczółków.

Po przeprowadzeniu prac rozbiórkowych przewidziano następujące roboty remontowe:

- oczyszczenie strumieniowo-ścierne powierzchni płyty pomostu, czół belek głównych wraz z odcinkami strun sprężających, łożysk, ław podłożyskowych, oczepów oraz słupów,
- reprofilowanie powierzchni betonu zaprawami naprawczymi PCC – płyta pomostu, belki główne, ławy podłożyskowe, oczepy oraz słupy,
- zabezpieczenie antykorozyjne powłokami akrylowymi powierzchni belek głównych, ław podłożyskowych, oczepów oraz słupów,
- zabezpieczenie antykorozyjne powłokami malarskimi końcówek strun sprężających i łożysk,
- wykonanie ścianek zapleczych i skrzydeł przyczółków,
- wykonanie izolacji bitumicznej na zimno na powierzchniach ścianek zapleczych i skrzydeł przyczółków,
- wykonanie zasypki przyczółków,
- montaż rur spustowych i studni wpadowych,
- wykonanie umocnienia skarp i stożków nasypowych,
- ułożenie izolacji z papy zgrzewalnej na płycie pomostu,
- montaż wpustów mostowych, sączków i geodrenów,
- montaż krawężników kamiennych,
- montaż rur ochronnych na urządzenia obce,
- montaż desek gzymsowych,
- wykonanie kap chodnikowych,
- montaż dylatacji mostowych,
- wykonanie nawierzchni drogowej na obiekcie i dojazdach,
- wykonanie nawierzchni bitumicznej modyfikowanej polimerami na powierzchni kap chodnikowych,
- montaż urządzeń bezpieczeństwa ruchu, to jest balustrad, barier, barieroporęczy i słupów trakcyjno-oświetleniowych [8].

## 6. Założenia organizacyjno-technologiczne remontu

W niniejszym rozdziale zwrócono uwagę na czynniki organizacyjne oraz technologiczne (np. rodzaj sprzętu, ilość i skład brygad roboczych, czas robót), mające wpływ na przebieg prac remontowych na opisanych wcześniej wiaduktach. W ramach tych czynników zaproponowano konkretne rozwiązania (założenia), które posłużą za punkt wyjściowy do sporządzenia harmonogramu postępu robót remontowych. Podane poniżej założenia wykorzystują informacje zawarte w materiałach przetargowych (przedmiar, kosztorys) oraz specyfikacji istotnych warunków zamówienia, w posiadaniu których jest autor tego artykułu. Organizując plan remontu należy mieć świadomość konieczności wyboru rozwiązań racjonalnych i ekonomicznych, które w możliwe najlepszy sposób zaspokoją wymagania i interesy wykonawcy oraz inwestora.

W przypadku omawianej inwestycji, niezbędnym będzie zapewnienie ciągłości komunikacji w jednym z remontowanych obiektów, w celu minimalizacji utrudnień w ruchu samochodowym (obiekty znajdują się w cią-

gu głównej ulicy Lublina). Dlatego remont będzie prowadzony etapami. Pierwszy z nich obejmie zamknięcie jednego z obiektów, przekierowanie ruchu samochodowego na obiekt sąsiedni i wykonanie prac remontowych na wyłączonym pasie. W drugim etapie ruch odbywać się będzie po wyremontowanej konstrukcji, aby na konstrukcji sąsiedniej wykonać zaplanowany zakres robót remontowych.

W trakcie wykonywania prac remontowych niezbędnym będzie dostęp do dolnych powierzchni przęsła. Z uwagi na trudne warunki terenowe (pochylenie skarp doliny nawet do 50%) zastosowanie rusztowań mobilnych nastręczałoby problemów technicznych z ich umiejscowieniem. Dodatkowo, przy ciągłej potrzebie dostępu do powierzchni remontowanych, rusztowania mobilne generowałyby wyższe koszty w sytuacji ich wynajmu. Biorąc pod uwagę powyższe informacje oraz geometrię obiektów (długość ~100 m, maks. światło pionowe ~11 m – rys. 3), z której wynika znaczny zakres i ilość prac do wykonania, najbardziej odpowiednim wydaje się zastosowanie rusztowań stacjonarnych w formie kolumn z podestami roboczymi, a dla powierzchni filarów – rusztowań fasadowych. Rusztowania te będą także stanowić konstrukcję tymczasową, która umożliwi brygadam pracującym na pomoście bezpieczne wykonanie robót remontowych przy kapach chodnikowych (skucie starej konstrukcji kap i wykonanie nowej).

Analizując obiekty mostowe pod kontem konstrukcyjnym można dostrzec, iż składają się one z czterech przęsła o podobnych rozpiętościach (konstrukcję nośną stanowią belki „Płońsk” L=24 m), na których jest do wykonania taki sam zakres i ilość robót remontowych. W związku z tym każde przęsło może być rozpatrywane jako logicznie wyodrębniona część obiektu budowlanego (działka robocza), na której realizowany jest określony ciąg procesów budowlanych. Przedstawione spostrzeżenia wpisują się w założenia jednej z podstawowych metod organizacji budowy, jaką jest metoda pracy równomiernej. Modelując strukturę organizacyjną remontu właśnie w oparciu o tą metodę zostają wykorzystane szczególnie korzystne właściwości organizacyjne, do których można zaliczyć najlepsze warunki ciągłości i równomierności zatrudnienia zespołów roboczych, równomierności produkcji budowlanej oraz zużycia materiałów. Przytoczona metoda jest powszechnie zalecaną metodą organizacji budowy. W odniesieniu do konstrukcji przyczółków zostanie zaadaptowana metoda kolejnego wykonania, co oznacza kompleksowe wykonanie prac remontowych przy pierwszym przyczółku, a następnie przy drugim. Takie założenie wynika z potrzeby zapewnienia ciągłości:

- w dostawach nowych materiałów na płytę pomostu,
- wywozu gruzu budowlanego np. podczas rozkuwania konstrukcji kap chodnikowych [2], [5], [6].

Sporządzając harmonogram postępu robót budowlanych przypisuje się do każdej z jego czynności określoną liczbę zasobów (środków produkcji), którymi mogą

być zasoby ludzkie, sprzętowe oraz materiałowe, tworząc w ten sposób harmonogram zatrudnienia. Na potrzeby omawianej analizy wykonawczej remontu skupimy się tylko na zasobach ludzkich, a więc na zawiązaniu brygad roboczych. Tak więc niezbędnym będzie określenie składu (liczby pracowników) i specjalności danego zespołu roboczego. Dla opisywanego remontu wystąpią głównie roboty specjalistyczne wymagające zaangażowania wysoko wykwalifikowanych pracowników (np. roboty wyburzeniowe, naprawcze). Natomiast liczba osób przypisanych do każdej z brygad powinna uwzględniać stopień trudności wykonywanych prac przez daną brygadę. Przyjmuje się zasadę, że dla prac łatwych (np. układanie kostki brukowej) jedna osoba może sprawować nadzór maksymalnie nad 20 osobami, a dla prac trudnych (wymagających wysokiej specjalizacji, a tak jest w omawianym przypadku) ta ilość mieści się w przedziale 5–10 osób [3], [4].

Znaczna ilość przewidzianych robót remontowych dotyczy naprawy powierzchni betonowych to znaczy ich reprofilacji. Na rysunku 5 przedstawiono schemat procesu technologicznego reprofilacji powierzchni betonowej.



**Rys. 5.** Schemat naprawy powierzchni betonowej z wykorzystaniem zapraw PCC. Źródło: [www.warunkibudowlane.pl](http://www.warunkibudowlane.pl)

W skład systemu naprawczego przedstawionego na rysunku 5 wchodzi:

- preparat do antykorozyjnego zabezpieczenia zbrojenia,
- preparat do wykonania warstwy szczipnej,
- zaprawa.

Najczęściej do napraw stosuje się niskoskurczowe zaprawy PCC i SPCC (polimerowo-cementowe zaprawy naprawcze do nakładania, odpowiednio: ręcznego i natryskowego). Przed aplikacją takiej zaprawy należy odpowiednio przygotować podłoże. W tym celu stosuje się głównie oczyszczanie strumieniowo-ścierne (np. piaskowanie) zarówno do powierzchni betonowych jak również do odsłoniętych skorodowanych prętów zbrojeniowych. Zmurszałe i skorodowane warstwy betonu można skuć za pomocą młotkowania. Następnie przeprowadza się uszorstnienie powierzchni tzn. usunięcie

betonu do głębokości 15 mm, co powoduje ukształtowanie się tekstury powierzchni dobrze łączącej się z nową warstwą betonu (zaprawy). Czynność tę wykonuje się zazwyczaj przez oczyszczanie strumieniem wody o wysokim ciśnieniu nawet do 110 MPa. Na tak przygotowane podłoże betonowe nakłada się warstwę szepną (w momencie wykonywania prac podłoże powinno być matowo-wilgotne), a pręty zbrojeniowe zabezpiecza się powłoką antykorozyjną. Teraz można przejść do właściwego etapu prac, czyli do reprofilacji powierzchni za pomocą zaprawy. Bardzo ważnym jest aby reprofilacji dokonywać w odpowiednich warunkach pogodowych, które szczegółowo ustala producent zapraw. Powszechnie przyjmuje się temperaturę aplikacji 5°C – 35°C, a wilgotność względną powietrza nie większą od 75%. Po okresie pielęgnacji (1–5 dni) przystępuje się do ostatnich prac związanych z wykonaniem antykorozyjnych warstw akrylowych [1].

Podczas wykonywania prac remontowych zostanie wykorzystany sprzęt ciężki, w skład którego wejdą między innymi: samochody ciężarowe, koparki, betonowozy oraz pompy do betonu. W celu przyspieszenia prac rozbiórkowych (skucie ścianek zapleczy, skrzydeł, kap chodnikowych) koparki zostaną wyposażone w osprzęt w postaci młotów hydraulicznych.

### 7. Harmonogram postępu robót remontowych

Wykorzystując założenia metody pracy równomiernej zobrazowano na rysunku 6 podział remontowanego obiektu mostowego na działki robocze i przedstawiono kierunki rozwoju frontów robót remontowych. Kolorem żółtym zaznaczono sześć dziełek roboczych, na które składają się cztery przęsła oznaczone literami a, b, c, d oraz dwa przyczółki/dojazdy oznaczone jako a' i b'. Kolorowymi strzałkami zamodelowano przejścia brygad roboczych pomiędzy kolejnymi działkami. Z uwagi na sporą ilość prac pod obiektem podwojono w tym miejscu ilość zespołów roboczych.

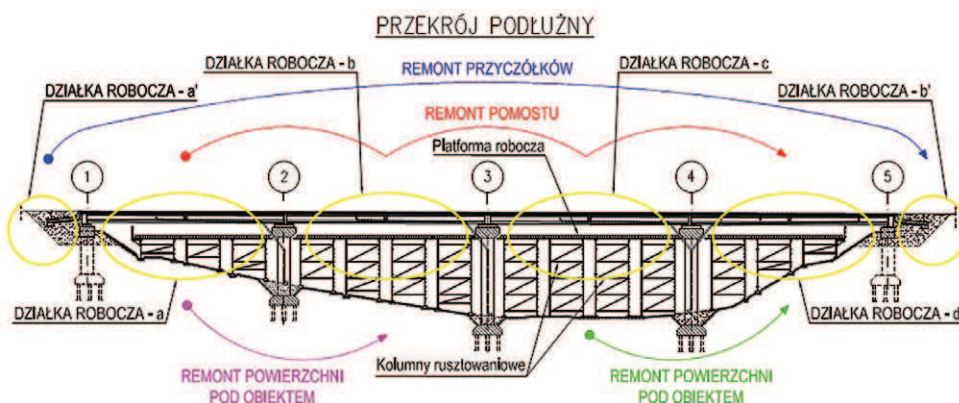
Na podstawie przytoczonych założeń organizacyjno-technologicznych sporządzono harmonogram postępu robót remontowych (rys. 7), na który składają się następujące procesy robocze (przedstawiony poniżej podział

pokrywa się z kolumną „Nazwa zadania” na rysunku 7):

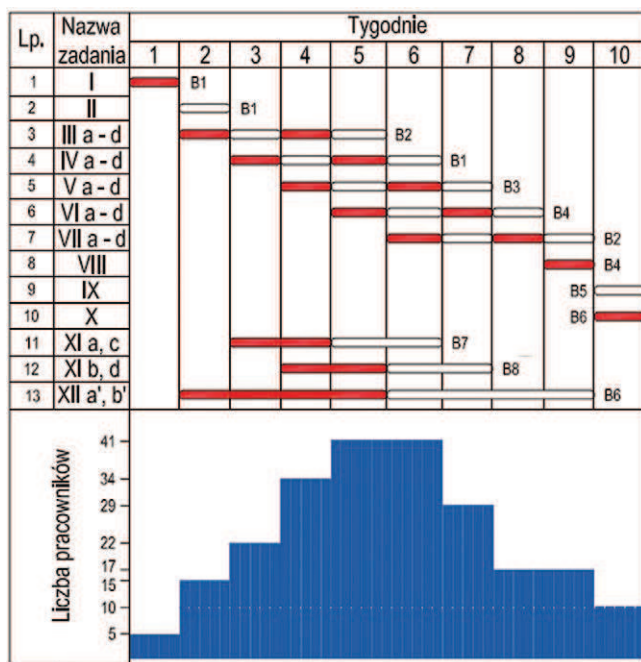
- I – reorganizacja ruchu samochodowego,
- II – sfrezowanie warstw asfaltowych na pomoście i dojazdach,
- III a-d – montaż rusztowania pod przęsłem a-d,
- IV a-d – demontaż wyposażenia pomostu, skucie kap chodnikowych i sfrezowanie płyty pomostu na przęsła a-d,
- V a-d – oczyszczenie sfrezowanej płyty pomostu i wykonanie warstwy betonu wyrównawczego PCC na przęsła a-d,
- VI a-d – wykonanie kap chodnikowych i zabezpieczenia w postaci tymczasowych balustrad na przęsła a-d,
- VII a-d – demontaż rusztowania pod przęsłem a-d,
- VIII – montaż barier i balustrad na pomoście,
- IX – wykonanie nawierzchni asfaltowej na pomoście i dojazdach oraz montaż dylatacji,
- X – prace remontowe przy fundamentach filarów, prace porządkowe pod wiaduktem,
- XI a, c – reprofilacja powierzchni betonowych pod obiektem przęsła a/c,
- XI b, d – reprofilacja powierzchni betonowych pod obiektem przęsła b/d,
- XII a', b' – prace rozbiórkowe i remontowe przy przyczółku a'/b'.

Ponadto przy każdym z wymienionych procesów znajduje się symbol B1 do B8 oznaczający numer zespołu roboczego, który jest odpowiedzialny za ten proces. Zakres harmonogramu obejmuje prace realizowane tylko przy jednym z wiaduktów. Założenie to wynika z bliźniaczej konstrukcji sąsiedniego obiektu, na którym zakres i ilość robót w zasadzie się pokrywa.

Prace rozpoczynają się od przygotowania placu budowy i przekierowania ruchu samochodowego tylko na jeden z wiaduktów (zadanie I). Następnie inicjowane są roboty wykonywane jednocześnie przez trzy brygady robocze. Prace kontynuuje brygada nr B1, która zrealizowała zadanie I i rozpoczyna zadanie II to jest frezowanie nawierzchni asfaltowej na długości całego obiektu wraz z fragmentami na remontowanych dojazdach. W tym samym czasie brygada nr B2 dokonuje montażu rusztowania pod przęsłem a (zadanie III a), aby po jego ukończeniu przejść kolejno pod przęsła b, c oraz d i powtórzyć zadanie (proces III b, III c, III d). W tej samej chwili czasu co brygada nr B2



**Rys. 6.** Podział wiaduku na działki robocze, schemat rusztowań i przejścia brygad roboczych. Źródło: Protechnicon [8]



**Rys. 7.** Harmonogram postępu robót remontowych i zatrudnienia zasobów ludzkich. Źródło: opracowanie własne

swoją pracę rozpoczyna brygada nr B6 przy przyczółku a' (zadanie XII a'). Wraz z zakończeniem montażu rusztowań pod kolejnymi przęsłami, zostaje otwarty front robót dla zadań XI a do XI d, to jest prac związanych z remontem powierzchni betonowych pod obiektem. Prace prowadzone są przez specjalistów wchodzących w skład brygady nr B7 i B8. Ze względów technologicznych i bezpieczeństwa wcześniejsze wykonanie rusztowań pod przęsłami jest także niezbędne dla rozpoczęcia procesów realizowanych na płycie pomostu. Otóż zmontowane podesty robocze pozwolą zespołom nr B1, B3 i B4, wykonującym zadania IV, V oraz VI, na dostęp do krawędzi zewnętrznych płyty pomostu (np. reprofiliacja powierzchni betonowych, montaż desek gzymsowych) i zapewnią bezpieczne warunki pracy na wysokości dla tych brygad przy zdemontowanych balustradach. Brygady nr B1, B2, B3 oraz B4, pracując w strukturze metody pracy równomiernej, realizują jednotygodniowy rytm pracy. Demontaż rusztowań spod przęseł (zadanie VII a do VII d), realizowany przez brygadę nr B2, może rozpocząć się dopiero po zakończeniu prac, dla których tymczasowa konstrukcja podestów roboczych jest niezbędna. Mowa tu o zadaniach IV, V, VI i XI. Po zakończeniu prac żelbetowych i izolacyjnych na pomoście, brygada nr B4 rozpocznie montaż nowych barier i balustrad (zadanie VIII). Ostatni tydzień prac zostanie przeznaczony na dwa procesy remontowe. Brygada nr B5 wykona nowe warstwy asfaltowe na przęsłach oraz dojazdach (zadanie IX), natomiast brygada nr B6 wyremontuje fundamenty filarów i uporządkuje przestrzeń pod obiektem (zadanie X). Po zakończeniu remontu pierwszego z wiaduktów nastąpi ponowne przekierowanie ruchu samochodowego, aby móc wykonać remont drugiego wiaduktu.

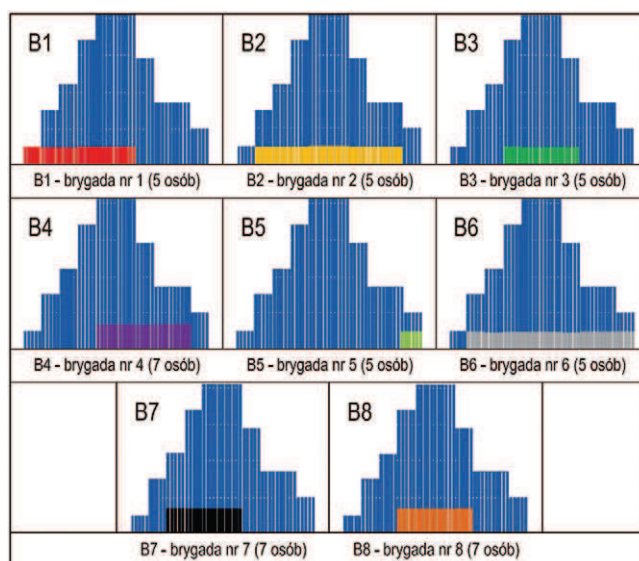
Jak wynika z rysunku 7, czas potrzebny na realizację remontu dla jednego obiektu wynosi 10 tygodni, a więc 2,5 miesiąca. Zatem wykonanie całej inwestycji pochłonie 5 miesięcy. Jest to czas, który wpisuje się w sezon wiosenno-letni, a więc okres sprzyjających warunków pogodowych.

Poniżej harmonogramu postępu robót remontowych (rys. 7) zamieszczono harmonogram zatrudnienia zasobów ludzkich tzw. harmonogram sprawdzający. Analizując jego kształt można wyróżnić trzy okresy:

- okres rozwijania się pracy równomiernej (tydzień 1–4),
- okres ustabilizowanej pracy równomiernej (tydzień 5–6),
- okres zanikania pracy równomiernej (tydzień 6–10).

Z powyższego można wyciągnąć wniosek, iż w trakcie remontu wystąpi równomierny wzrost zapotrzebowania na pracowników w okresie pierwszych 4 tygodni, następnie przez 2 tygodnie zatrudnienie ustabilizuje się na poziomie 41 osób, aby w okresie kolejnych 4 tygodni spadało równomiernie. Taki charakter zatrudnienia pozwoli na racjonalne wykorzystanie pozostałych środków produkcji (np. materiał, sprzęt) oraz racjonalne finansowanie remontu. Ponadto na rysunku 8 przedstawiono wykresy zatrudnienia poszczególnych brygad roboczych na tle zbiorczego wykresu zatrudnienia. Z wykresów tych wynika, iż każda z zatrudnionych brygad pracuje w sposób ciągły od chwili wejścia na plac budowy do momentu jego opuszczenia. W wyniku ciągłej i powtarzalnej pracy następuje podniesienie wydajności zatrudnionych grup roboczych i specjalizacji w wykonywaniu tych samych czynności. Liczebność zespołów roboczych wynosi 5 albo 7 osób i jest to ilość która mieści się w optymalnym przedziale.

Na podstawie analizy harmonogramu zatrudnienia można stwierdzić, iż harmonogram postępu robót remontowych został sporządzony poprawnie i uwzględnia



**Rys. 8.** Wykresy zatrudnienia poszczególnych brygad roboczych na tle zatrudnienia zbiorczego. Źródło: opracowanie własne

podstawowe cechy racjonalnej organizacji robót budowlanych [2], [6].

## 8. Podsumowanie

Celem artykułu było zaproponowanie przebiegu prac remontowych dla dwóch wiaduktów drogowych, o konstrukcji strunobetonowej w miejscowości Lublin. W procesie analizy stanu istniejącego oraz dokumentacji projektowej, sporządzono harmonogram postępu robót remontowych spełniający wymagania inwestora zawarte w SIWZ oraz uwzględniający podstawowe cechy racjonalnej organizacji robót budowlanych. Poniżej zestawiono główne cechy tego harmonogramu, a są nimi:

- poprawnie skonstruowany ciąg procesów organizacyjno-technologicznych,
- adaptacja powszechnie zalecanej struktury organizacyjnej jaką jest metoda pracy równomiernej,
- czas realizacji remontu mieści się w okresie sprzyjających warunków pogodowych, to jest sezon wiosenno-letni,
- dobór specjalistycznych brygad roboczych dla wykonywanych procesów budowlanych,
- optymalna liczebność zespołów roboczych,
- równomierny przebieg zatrudnienia, a co za tym idzie racjonalne wykorzystanie pozostałych środków produkcji,
- ciągłość w komunikacji samochodowej w czasie realizowanych prac.

Ponadto w artykule zwrócono uwagę, iż przy organizacji robót remontowych należy brać pod uwagę specyficzne cechy odróżniające tego rodzaju prace od robót inwestycyjnych. Za najważniejsze z tych cech uznaje się:

- prowadzenie robót na obiektach, które zazwyczaj są w czasie ich trwania nadal użytkowane (przynajmniej częściowo),
- najczęściej znacznie ograniczony plac budowy,
- krótki czas realizacji,
- etapowanie robót.

Należy mieć także świadomość, iż realizacja robót remontowych napotyka często na sytuacje z gołą odmienne od założonych (np. gorszy stan techniczny odświeżanych elementów konstrukcyjnych od przewidywanego). W takich przypadkach, w podejmowaniu racjonalnych decyzji, z pomocą przychodzi wiedza oraz doświadczenie wykonawcy.

### BIBLIOGRAFIA

- [1] Czarnecki L., Łukowski P., „Betony polimerowo-cementowe”, Cement-Wapno-Beton 5/2010
- [2] Jaworski K. M., „Metodologia projektowania realizacji budowy”, PWN, Warszawa 2009
- [3] Lenkiewicz W., Pieniżek J., „Propozycja metody określania racjonalnej wielkości zatrudnienia w przedsiębiorstwach budowlanych”, Materiały pokonferencyjne, Problemy naukowo-badawcze budownictwa, Tom 6 Materiały budowlane, technologia i organizacja, Wydawnictwo Politechniki Krakowskiej, Kraków – Krynica 1996
- [4] Maj T., „Organizacja budowy”, WSiP, Warszawa 2009
- [5] Marcinkowski R., „Optymalizacja wyboru technologii realizacji zadań w planowaniu przedsięwzięć inżynierijno-budowlanych”, Biuletyn WAT nr 2(498), 1994
- [6] Rowiński L., „Organizacja produkcji budowlanej”, Arkady, Warszawa 1982
- [7] Zieliński B., Sikorski W., „Microsoft Project 4”, MIKOM, Warszawa 1998

### WYKORZYSTANE MATERIAŁY

- [8] Projekt remontu dwóch wiaduktów nad doliną „Przełęcz” w ciągu ul. Filaretów w Lublinie, biuro projektowe ProtechniCon Konstrukcje Inżynierskie, Kraków 2012

# Analiza wad projektowych i wykonawczych konstrukcji hali sportowej z drewna klejonego warstwowo



XXVI  
Konferencja  
Naukowo-Techniczna

awarie budowlane 2013

Dr inż. Tomasz Nowak, mgr inż. Krzysztof Raszczuk, prof. dr hab. inż. Jerzy Jasieńko,  
Wydział Budownictwa Lądowego i Wodnego, Politechnika Wrocławska

## 1. Wprowadzenie

Prowadzone w wielu krajach analizy wad, uszkodzeń, awarii oraz katastrof obiektów budowlanych mają na celu doskonalenie ich metod projektowania, realizacji, użytkowania i utrzymania [1].

Pomimo tego, że awarie i katastrofy powstałe z przyczyn losowych (większość spowodowana silnym wiatrem) stanowiły w Polsce w 2009 roku około 80% ogólnej ich liczby [1], to nie sposób bagatelizować również czynnika ludzkiego mającego wpływ na ich powstanie. Przyczynami awarii lub katastrof budowlanych mogą