

Żelbetowa prefabrykowana estakada wzmocniona konstrukcją stalową

Reinforced concrete prefabricated flyover reinforced with a steel structure

dr inż. Andrzej Malczyk (ORCID: 0000-0002-1902-6265), Katedra Budownictwa, Akademia Śląska, Katowice, dr inż. Bernard Kotala (ORCID: 0000-0001-5065-4588), Katedra Inżynierii Budowlanej, Politechnika Śląska, Gliwice

DOI: 10.5604/01.3001.0054.4874

Streszczenie: W artykule przedstawiono rozwiązanie problemu wzmocnienia prefabrykowanej konstrukcji żelbetowej estakady. Konstrukcję estakady wykonano w latach 70. ubiegłego stulecia pod suwnice o udźwigu 25 i 10 ton. W 2011 r. wykonano obudowę w postaci zadaszanej, zamkniętej hali o niezależnej stalowej konstrukcji. Ze względu na konieczność montażu nowej suwnicy o udźwigu 40 ton, postanowiono wzmocnić estakadę stalową konstrukcją wsporczą.

Słowa kluczowe: prefabrykowane konstrukcje żelbetowe, konstrukcje stalowe, wzmacnianie konstrukcji.

Abstract: This paper presents a solution to the problem of strengthening a precast reinforced concrete crane trestle structure. The crane trestle structure was built in the 1970s for 25 and 10 tonne capacity cranes. In 2011, an enclosure was constructed in the form of a roofed, enclosed hall with an independent steel structure. Because a new 40 tonne capacity crane had to be installed, it was decided to strengthen the crane trestle with a steel support structure

Keywords: precast reinforced concrete structures, steel structures, structural strengthening.

1. Wprowadzenie

W latach 70. ubiegłego wieku powstało wiele hal i estakad o prefabrykowanej konstrukcji żelbetowej. Część z nich jest eksploatowana do dzisiaj. Zmiany ustrojowe z lat 90. i związana z tym prywatyzacja niektórych obiektów wymusiły przeprowadzenie modernizacji dla potrzeb nowych funkcji. Przedmiotowa estakada w roku 2011 została obudowana niezależną, stalową konstrukcją, tworząc zadaszoną w pełni zamkniętą halę produkcyjną. Wcześniej estakada służyła jako konstrukcja wsporcza dla dwóch suwnic o udźwigach 25 i 10 t. Wprowadzanie na rynek nowych produktów spowodowało konieczność zainstalowania w hali suwnicy o udźwigu 40 t z równoczesnym demontażem dotychczasowych suwnic. By zrealizować to zamierzenie, konieczne było sprawdzenie możliwości wzmocnienia istniejącej konstrukcji estakady.

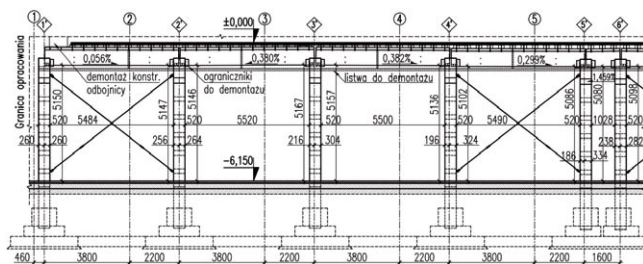
2. Opis istniejącej konstrukcji przed wzmocnieniem

Prefabrykowana, żelbetowa estakada została wybudowana na terenach podlegających wpływom eksploatacji górniczej III kategorii. Estakada w osiach belek podsuwnicowych ma rozpiętość 26,0 m, jej długość wynosi 89,0 m, a wysokość 6,3 m (od podłogi do główki szyny belki podsuwnicowej). Konstrukcja estakady składa się z prefabrykowanych,

żelbetowych dwugałęziowych słupów o przekroju 70x50 cm. Słupy estakady są rozstawione co 6,0 m. Na jej długości wykonano trzy przerwy dylatacyjne, w których odległość pomiędzy słupami wynosi 1,5 m. Słupy są zamocowane w monolitycznych stopach fundamentowych, które ze względu na wpływy górnicze połączono ściągamami żelbetowymi. Na słupach estakady zabudowano prefabrykowane żelbetowe belki podsuwnicowe o symbolu katalogowym C1/1 wg KB1-31.8.2 (1) oraz symbolu projektu P-70/E-504 [1]. Masa jednej belki wynosi 5,2 t, a dopuszczalny moment od obciążeń całkowitych charakterystycznych (łącznie z obciążeniem suwnicą) wynosi 305 kNm, natomiast dopuszczalna siła poprzeczna 256,0 kN.

W 2012 roku na całej długości estakady zostało wymienione podtorze oraz wykonano nowe stężenia pomiędzy słupami. Od 15 lat teren, na którym znajduje się estakada, nie podlega już wpływom eksploatacji górniczej. Widok konstrukcji estakady przed wzmocnieniem przedstawiono na rysunkach 1 i 2.

Przed dokonaniem wzmocnienia konstrukcji estakady belki podsuwnicowe oraz ażurowe słupy znajdowały się w dobrym stanie technicznym. Nie stwierdzono żadnych istotnych uszkodzeń tych elementów. W związku z tym przyjęto, że ich nośność jest wystarczająca dla występujących obciążeń (suwnice 25 i 10 t). Podtorze oraz odbojnice nie wymagały napraw.



Rys. 1. Konstrukcja estakady przed wzmocnieniem, fragment jednej strony



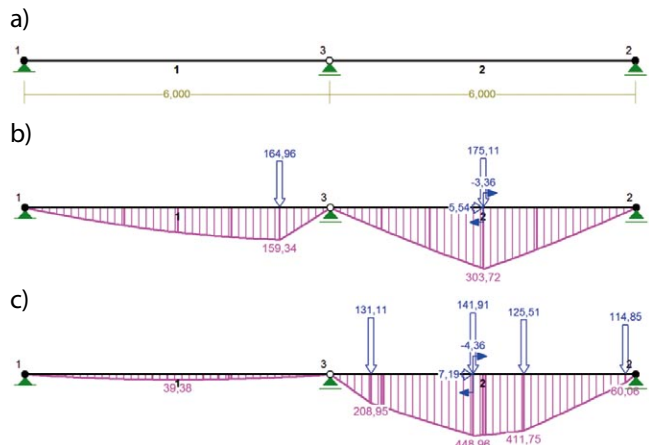
Rys. 2. Widok belek podsuwnicowych i słupów przed wzmocnieniem

3. Analiza wyników obliczeń sprawdzających możliwość montażu suwnicy o udźwigu 40 t

Jednym z podstawowych utrudnień przy projektowaniu wzmocnienia istniejącej konstrukcji jest brak dokumentacji projektowej oraz odmienne metody obliczeń, tak też było i w tym przypadku. Dlatego analizę przeprowadzono na wartościach charakterystycznych obciążeń lecz z uwzględnieniem współczynnika dynamicznego dla obciążeń suwnicy wynoszącego 1,2.

Biorąc pod uwagę możliwość całkowitego odciążenia elementów konstrukcyjnych podczas wykonywania wzmocnienia oraz nieznaczny ciężar elementów w stosunku do obciążenia suwnicami wzmocnienie zaprojektowano jako bierne [2, 3]. Taki typ wzmocnienia włącza się do współpracy po przekroczeniu pewnego poziomu obciążenia. W związku z brakiem dokładnych informacji pozwalających określić cechy wytrzymałościowe elementów estakady poziom ten ustalono w oparciu o siły wewnętrzne oraz uzyskane maksymalne reakcje podporowe. W pierwszej kolejności analizowany schemat (rys. 3a) obciążono programowymi oddziaływaniami od ciężaru własnego belki, podtorza, szyny oraz siłami pochodzącymi od 2-kołowej suwnicy 25 t (sytuacja istniejąca, rys. 3b). Następnie przeprowadzono obliczenia dla tego samego schematu, lecz obciążeń uwzględniających sytuację projektową dla 4-kołowej suwnicy 40 t (rys. 3c). We wszystkich analizowanych sytuacjach uwzględniano najbardziej niekorzystne położenie suwnicy.

Obliczenia przeprowadzono na prostych schematach dwuprzęsłowej belki przegubowo połączonej uwzględniając zmienność położenia oddziaływań od suwnicy zarówno



Rys. 3. Analizowany schemat belki podsuwnicowej istniejącej estakady: a) obliczeniowy, b) wykres momentów wraz z przypadkiem obciążenia suwnicą 25 t, c) wykres momentów wraz z przypadkiem obciążenia suwnicą 40 t

w pionowym jak i poziomym układzie obciążeń. Uzyskane wartości wybranych sił wewnętrznych przedstawiano w tabeli 1, natomiast wartości uzyskanych reakcji zawiera tabela 2. Dla nowo projektowanej suwnicy o udźwigu 40 t dopuszczalne wartości momentów zginających zostały przekroczone o 23%, natomiast pionowych sił poprzecznych o 8%. Zatem elementy estakady wymagają wzmocnienia. Przy czym należy przypomnieć, że wartości te zostały wyznaczone dla charakterystycznych obciążeń uwzględniających jedynie współczynnik dynamiczny oddziaływania suwnicy.

Tabela 1. Zestawienie maksymalnych sił wewnętrznych w odniesieniu do sił dopuszczalnych

Lp.	Sytuacja	Max. moment zginający [kNm]	Max. siła poprzeczna [kN]
1.	Istniejąca (suwnica 25 t)	303,7 (83%)	254,1 (83%)
2.	Projektowa (suwnica 40 t)	449,0 (123%)	331,4 (108%)
3.	Dopuszczalna [1]	$305,0 \times 1,2 = 366,0$ (100%)	$256,0 \times 1,2 = 307,2$ (100%)

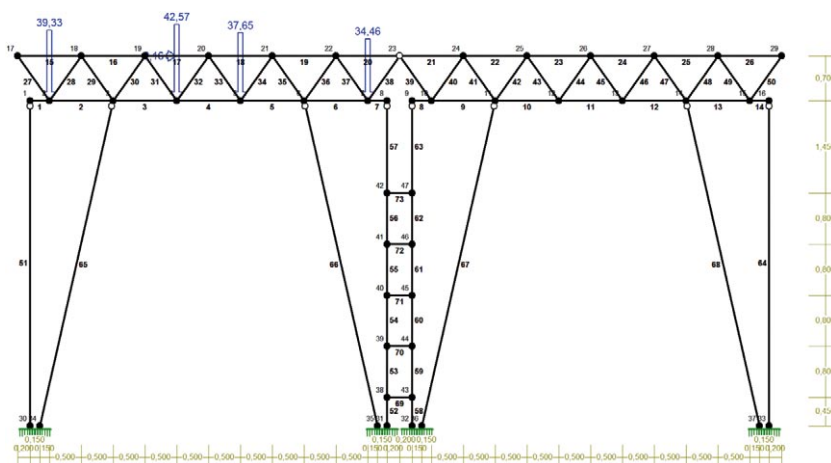
Tabela 2. Zestawienie maksymalnych reakcji

Lp.	Sytuacja	Max. reakcja pionowa [kNm]	Max. reakcja pozioma [kN]
1.	Istniejąca (suwnica 25 t)	281,5 (100%)	51,2 (100%)
2.	Projektowa (suwnica 40 t)	454,9 (162%)	54,9 (107%)

Na podstawie danych przedstawionych w tabelach 1 i 2 przyjęto, że nowa konstrukcja musi przenieść nie mniej niż 60% obciążenia pionowego. Stanowi to procentową wartość przekroczenia reakcji oraz połowę procentowej wartości dla momentów zginających. Jako że wzmocnienie umieszczono z obu

Rys. 4. Schemat obliczeniowy konstrukcji wzmacniającej estakadę

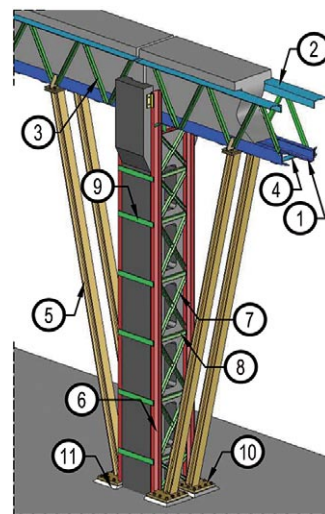
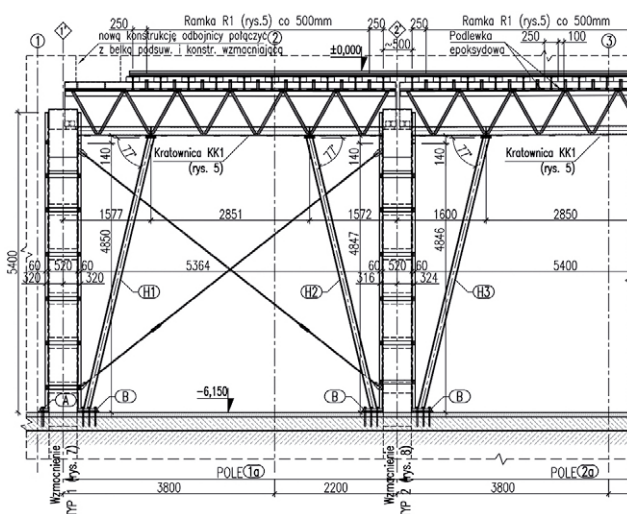
stron belki podsuwnicowej, stąd na każdą przypada po 30%. Założono, że pozostałe początkowo 40% obciążenia przeniesie istniejąca konstrukcja. Natomiast w stosunku do sił poziomych ustalono, że nowa konstrukcja musi przenieść nie mniej niż 20% obciążenia poziomego. Dla tak ustalonych wartości rozkładu obciążeń przeprowadzono obliczenia statyczno-wytrzymałościowe konstrukcji wzmacniającej, której schemat pokazano na rysunku 4. Programowe obciążenia dla nowo projektowanej konstrukcji przyłożono do pasów dolnych, podpierających belkę podsuwnicową. W obliczeniach uwzględniono ciężar własny konstrukcji wsporczej, dodatkowe obciążenie równomiernie rozłożone wynikające z możliwości podwieszenia instalacji do konstrukcji wsporczej oraz siły skupione od oddziaływania 4-kołowej suwnicy o udźwigu 40 t. Przekroje poszczególnych elementów opisano w tekście poniżej i przedstawiono na rysunku 5.



4. Wzmocnienie konstrukcji estakady

Wzmocnienie konstrukcji estakady obejmuje prefabrykowane belki podsuwnicowe oraz prefabrykowane ażurowe słupy (rys. 5). Ponadto w związku z zabudową nowej suwnicy o udźwigu 40 t wymieniono dotychczasowe podtorza oraz odbojnice. Belki podsuwnicowe są wzmocnione obustronnymi, stalowymi kratownicami połączonymi górną obejmą z ceowników 50. Dolne pasy kratownic wykonano z ceowników

Rys. 5. Widok fragmentu konstrukcji wzmocnienia estakady: a) widok z przodu wzdłuż osi podłużnej, b) widok 3D (opis pozycji 1–11 w tekście)



Rys. 6. Fragment wykonanej konstrukcji wzmocnienia: a) belek podsuwnicowych, b) słupów



160 (1), a pasy górne z kątowników 200x100x10 mm (2). Pasy połączono krzyżulcami wykonanymi z ceowników 50 (3) i stężono dołem poprzecznie do osi belek podsuwnicowych płaskownikami 100x10 mm (4). Kratownice oparto na elementach wzmocnienia słupów oraz zastrzałach (5) wykonanych z kształtowników HEB 120 (rys. 5 i 6a). Wzmocnienie słupów wykonano na całym obwodzie w postaci kratownic połączonych przewiązkami (rys. 5 i 6b). Pasy kratownic słupów wykonano z ceowników 140 (6) i połączono krzyżulcami z ceowników 45 (7) oraz słupkami z rury prostokątnej 60x40x4 mm (8). Kratownice połączono z sobą przewiązkami wykonanymi z płaskowników 70x7 mm (9). Pasy kratownic słupów zakotwiono w istniejącej posadzce betonowej opartej na górnych odsadzkach stóp fundamentowych. Pod blachy oparcia (10) zastosowano podlewkę ekspansywną (11). W celu zapewnienia współpracy żelbetowych belek podsuwnicowych z nowymi elementami stalowymi kratownic spawano je na miejscu, a szczeliny pomiędzy pasami kratownic a istniejącą belką wypełniono epoksydową zaprawą bezskurczową. Nośność fundamentów została zapewniona poprzez współpracę stóp fundamentowych z poprzecznymi, podłużnymi i ukośnymi ściągamymi żelbetowymi połączonymi monolitycznie ze stopami. Całość wzmacniającej konstrukcji stalowej jest wykonana ze stali S235JR.

5. Podsumowanie

Podstawą do sprawdzenia możliwości wzmocnienia istniejących konstrukcji budowlanych jest wykonanie ekspertyzy

oceniającej stan techniczny konstrukcji. Dostęp do dokumentacji archiwalnej, na podstawie której wykonano daną konstrukcję, jest bardzo pomocny przy dokonywaniu takiej oceny, gdyż pozwala porównać stan projektowany ze stanem faktycznym. W przedstawianym przypadku dokumentacja archiwalna nie była kompletna i obejmowała tylko część istniejącej konstrukcji hali (belki podsuwnicowe i słupy estakady). Konieczne było wykonanie inwentaryzacji oraz lokalnych odkrywek w celu zweryfikowania istniejącej dokumentacji i udokumentowania pozostałych elementów konstrukcji estakady (fundamentów). Wykonana ekspertyza techniczna określiła warunki jakie należy spełnić w przypadku wzmocnienia konstrukcji estakady dla obciążeń od nowej suwnicy o udźwigu 40 t. Wykonany projekt wzmocnienia został zrealizowany, a estakada od 2022 r. funkcjonuje bezawaryjnie pod nowym zwiększonym obciążeniem. Koszt wykonanych wzmocnień był wielokrotnie mniejszy od budowy nowej estakady i hali o podobnych parametrach. Zatem, biorąc pod uwagę trudności związane z koniecznością wykonania wzmocnienia bezpośrednio na miejscu w budowania, ostatecznie należy stwierdzić że warto wzmacniać istniejące konstrukcje. W szczególności gdy znajdują się w dobrym stanie technicznym.

BIBLIOGRAFIA

- [1] Katalog typowych rozwiązań do projektowania żelbetowych prefabrykowanych hal przemysłowych – zeszyt 2, Centralny ośrodek badawczo-rozwojowy budownictwa przemysłowego 1971, str. 118
- [2] Król M., Naprawy i wzmocnienia konstrukcji budowlanych, Przegląd Budowlany 3/2009, str. 30–36
- [3] Kałuża M., Wybór odpowiedniej metody wzmocnienia konstrukcji żelbetowych kompozytami, Materiały Budowlane 6/2013, str. 63–65

XXIII KONFERENCJA NAUKOWO-TECHNICZNA KONTRA' 2024 TRWAŁOŚĆ BUDOWLI I OCHRONA PRZED KOROZJĄ 9-11 października 2024



TEMATYKA KONFERENCJI

- odporność materiałów budowlanych na działanie agresywnych czynników zewnętrznych,
- trwałość i ochrona przed korozją konstrukcji żelbetowych, stalowych, drewnianych i murowych,
- trwałość nawierzchni drogowych i mostów,
- modelowanie procesów degradacji materiału i konstrukcji, badania laboratoryjne,
- metody diagnostyki korozyjnej konstrukcji,
- wyroby antykorozyjne, systemy naprawcze, technologie prac antykorozyjnych i metody napraw,
- gospodarka obiegu zamkniętego – kryterium trwałości,
- dekarbonizacja budownictwa a trwałość obiektów budowlanych,
- inne, związane z trwałością materiałów i konstrukcji.

WAŻNE DATY

- 31.03.2024 r. Zgłoszenie uczestnictwa, tematu artykułu lub informacji o wystąpieniu promocyjnym
 31.05.2024 r. Przesłanie pełnych tekstów artykułów i wniesienie opłaty konferencyjnej
 16.09.2024 r. Przesłanie uczestnikom Komunikatu nr 2 z programem konferencji oraz informacji o akceptacji referatów

ORGANIZATOR:

Komitet Trwałości Budowli Zarządu Głównego Polskiego Związku Inżynierów i Techników Budownictwa

WSPÓLORGANIZATOR:

Wydział Inżynierii Łądowej Politechniki Warszawskiej

KONTAKT: e-mail: kontra@zgpzibt.org.pl, www.kontra.il.pw.edu.pl

Wydział
Inżynierii Łądowej

