

inż. Dorota Urbańska\*  
inż. Krzysztof Marcinczak\*  
dr inż. Tomasz Trapko\*

# Uszkodzenia żelbetowej konstrukcji estakady ruchu pieszego

*Damage of reinforced concrete esplanade for pedestrian traffic*

**Streszczenie.** W artykule przedstawiono uszkodzenia prefabrykowanej, żelbetowej konstrukcji estakady ruchu pieszego. Opisano występujące uszkodzenia elementów oraz przyczyny ich powstania. Przedstawiono wyniki analiz obliczeniowych. Stan techniczny oraz wymagania co do nośności elementów konstrukcyjnych powodują, że w chwili obecnej estakada zagraża bezpieczeństwu użytkownika. Zaproponowano koncepcję ograniczenia obciążeń użytkowych oraz naprawy i wzmocnienia elementów nośnych.

**Słowa kluczowe:** beton, trwałość, uszkodzenia, naprawa.

**Abstract.** The article presents an overview of the technical condition of reinforced concrete esplanade. This paper contains descriptions of the damage of prefabricated elements and their causes. There are presented the computational analysis of selected elements. Esplanade is dangerous for the users due to technical condition and current requirements for load capacity. It was proposed the conception of reducing loads on the construction, and the repair and strengthening of elements.

**Keywords:** concrete, durability, damage, repair.

**P**refabrykowana estakada żelbetowa długości 198 m i powierzchni ok. 3400 m<sup>2</sup> powstała w latach 70. ubiegłego wieku i służyła do komunikacji pieszej między pawilonami handlowo-usługowymi zlokalizowanymi na parterze oraz obiektami mieszkalnymi trzech 16-kondygnacyjnych budynków mieszkalnych. Pod estakadą znajdują się garaże i parking. Obiekt jest wykonany z prefabrykowanych kanałowych płyt stropowych w technologii Unifikacja Wrocławska 1970 – 1972 o wymiarach 24 × 150 × 600 cm, belek (rygli) o przekroju 40 × 50 cm oraz słupów o przekroju 40 × 40 cm. Nawierzchnię estakady stanowi zdylatowana posadzka z lastryko wykonana na dwóch warstwach papy i gładzi cementowej. Konstrukcja została podzielona dylatacjami na 7 odcinków w kierunku podłużnym długości: 24, 30, 24, 30, 30, 42 oraz 18 m. W osiach dylatacji wykonano podwójne rygle i słupy. Niektóre z dylatacji mają widoczny odstęp między ryglami i słupami, natomiast w innych jest on zabetonowany.

## Rodzaj uszkodzeń obiektu

Obecnie estakada ma ponad 40 lat i jest intensywnie użytkowana. W decyzji Nadzoru Budowlanego z 1998 r. stwierdzono, że obiekt zagraża bezpieczeństwu ludzi i mienia, a stan estakady jest zły, czyli nadaje się do rozbiórki, choć obiekt jest w dalszym ciągu eks-

\* Politechnika Wrocławska, Wydział Budownictwa Lądowego i Wodnego

plaatowany. Główną wadą estakady jest brak szczelności posadzki oraz źle rozwiązane odwodnienie, co powoduje, że podczas deszczu woda przenika przez warstwy posadzkowe do elementów konstrukcyjnych, powodując ich degradację (fotografie 1 + 5). Zacieki znajdują się prawie na każdej płycie i wszystkich podciągach. Woda dostaje się do kanałów w płytach i rozsadza je w czasie mrozu. Należy podkreślić, że przeciekająca przez nieuszczelnioną izolację woda znacznie przyspieszyła korozję zbrojenia prefabrykatów, marek stalowych i spoin między markami. Grubość otuliny w prefabrykatkach jest zbyt mała, a klasa betonu za niska, ze względu na obecne wymagania dotyczące trwałości. Nie chroni odpowiednio konstrukcji przed środowiskiem zewnętrznym (klasy środowiska XC4 i XF2). Dodatkowo doszło do skażenia elementów chlorkami pochodzącymi z soli odładowanych (środowisko XD3), w wyniku czego wystąpiły białe wykwity oraz korozja wżerowa prętów (fotografia 2). W miejscach złączy płyt moż-

na zaobserwować białe nacieki związków wapnia wypłukiwanych przez przesączającą się wodę (fotografia 3). Otulina jest w wielu miejscach popękana i odspojona, pręty skorodowane. Z powodu dużej wilgotności na belkach w niektórych miejscach znajdują się naloty związków organicznych (fotografie 1, 2, 4). Pręty niektórych podciągów mają tak zaawansowaną korozję, że miejscowo ich pole przekroju zostało zmniejszone prawie o połowę (fotografia 2). W płytach znajdują się otwory, przez które przecieka woda. Niektóre z nich zostały podparte stalowymi kształtownikami lub osłonięte folią, ze



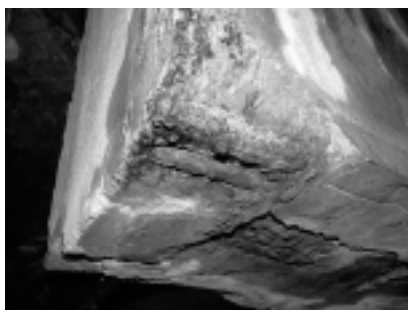
Fot. 1. Ogólny widok stropu nad parkingiem



Fot. 2. Korozja prętów zbrojeniowych



Fot. 3. Przecieki na złączach płyt kanałowych



Fot. 4. Korozja prętów zbrojeniowych



Fot. 5. Podpory stalowe rygli żelbetowych

względu na wykruszającą się otulinę i spadające fragmenty betonu. Ze słupów częściowo odpadły płytki klinkierowe i doszło do korozji zbrojenia oraz odspojenia otuliny. Niektóre z elementów są niestarannie zamocowane (podciągi mimośrodowo ustawione na słupach, marki stalowe ustawione w złych miejscach), natomiast szczeliny dylatacyjne są w większości zabetonowane.

Konstrukcja miejscami była naprawiana, odłonięte pręty zabezpieczone powłoką antykorozyjną, a beton odtworzono. Nie było to jednak efektywne rozwiązanie, ponieważ nie usunięto podstawowej przyczyny korozji, jaką jest woda przedostająca się do konstrukcji.

## Przyczyny uszkodzeń

Na obecny stan estakady złożyło się wiele przyczyn:

- nieprawidłowe wykonanie dylatacji; zabetonowane dylatacje nie spełniają swojej roli przy wpływie temperatury i ewentualnym nierównomiernym osiadaniu części wysokiej (budynki mieszkalne) i niskiej (estakada);

- nieprawidłowe odwodnienia estakady; zbyt mała liczba i średnica punktów odbioru wody, złe wykonanie kratk ściekowych;

- zbyt słabe warstwy izolacji przeciwwodnej pod posadzką, co spowodowało przedostawanie się wody z dodatkami środków odladzających do elementów konstrukcyjnych;

- przedłużająca się przez ponad 10 lat realizacja inwestycji, brak zabezpieczenia podczas postoju robót, użytkowanie estakady bez warstw posadzkowych, brak jakiegokolwiek formalnego odbioru; już w trakcie budowy konstrukcja wykazywała liczne błędy i była naprawiana;

- błędy projektowe i wykonawcze; zły dobór materiałów oraz rozwiązań konstrukcyjnych ze względu na trwałość w danych klasach środowiska, niska jakość wykonania, słabe zagęszczenie nadbetonu, braki strzemion w elementach, które miały umożliwić współpracę belek z nadbetonem, niedokładny montaż elementów prefabrykowanych.

## Obliczenia i koncepcja naprawy

Przed analizą obliczeniową wykonano badania nieniszczące, określające parametry betonu oraz grubość otuliny i rozstaw zbrojenia. Wytrzymałość betonu w badanych elementach była różna – C20/25 i C25/30. Wpływ na otrzymane wyniki miał stopień zawilgocenia oraz korozja elementów. Średnia grubość otuliny w podciągach i słupach wynosiła 33 mm i była podobna we wszystkich badanych elementach konstrukcyjnych. Jedynie w przypadku jednego podciągu wynosiła  $22 \div 46$  mm.

W celu oszacowania nośności elementów i zaproponowania ewentualnych napraw i wzmocnień przeprowadzono obliczenia sprawdzające na podstawie norm [1 ÷ 5]. Porównując wyniki obliczeń statycznych z faktyczną nośnością elementów, stwierdzono, że każdy z podciągów ma przekroczony stan graniczny nośności. Prawdopodobnie podciągi obliczono przy założeniu współpracy z nadbetonem wypełniającym przestrzeń między opierającymi się na nich płytami kanałowymi. Zgodnie z założeniami projektowymi z podciągów miały wystawać strzemiona, które umożliwiałyby wciągnięcie do współpracy nadbetonu. Z ekspertyzy wykonanej w 1983 r. wynika, że tej współpracy nie uzyskano, gdyż podczas budowy większość strzemion została zniszczona lub pucynana.

W celu określenia realnej nośności konstrukcji przeprowadzono ponowną analizę, wykorzystując wartości charakterystyczne obciążeń. Stwierdzono, że obciążenie  $5,0$  kN/m<sup>2</sup> wynikające z normy [5] dla kategorii użytkowania

C5 jest zbyt duże, dlatego za maksymalne, dopuszczalne obciążenie użytkowe przyjęto  $2,17$  kN/m<sup>2</sup>. Tylko dla tak zmniejszonego poziomu obciążenia użytkowego możliwe było opracowanie realnej koncepcji naprawy i wzmocnienia podciągów, polegającej na:

- wykonaniu nowych strzemion łączących podciągi z nadbetonem, przez wklejenie odpowiednio wyprofilowanych prętów w nawiercone otwory;

- odkuciu i wykonaniu prawidłowych szczelin dylatacyjnych;

- wykonaniu nowej warstwy izolacji i posadzki oraz zaprojektowaniu nowego systemu odwodnienia;

- naprawie istniejących elementów konstrukcyjnych (usunięcie uszkodzonego betonu, aż do warstwy nieobjętej korozją, zabezpieczenie antykorozyjne zbrojenia, wykonanie warstwy szczepnej, zwiększenie wymiarów przekroju poprzecznego podciągów, mających na celu odbudowanie otuliny) oraz wyrównaniu powierzchni [6, 7];

- wzmocnieniu elementów konstrukcyjnych kompozytami z włókien węglowych [8].

Konstrukcja estakady wymaga natychmiastowej naprawy i wzmocnienia. Najrozsądniejszym rozwiązaniem byłby demontaż konstrukcji i wykonanie nowej zgodnie ze sztuką budowlaną.

Fotografie – Autorzy

## Literatura

[1] PN-B-02000:1982. Obciążenia budowli Zasady ustalania wartości.

[2] PN-B-02001:1982. Obciążenia budowli. Obciążenia stałe.

[3] PN-B-02003:1982. Obciążenia budowli. Obciążenia zmienne technologiczne. Podstawowe obciążenia technologiczne i montażowe.

[4] PN-EN 1990:2004/(Ac:2010). Eurokod. Podstawy projektowania konstrukcji.

[5] PN-EN 1991-1-1:2004/(Ac:2009). Eurokod 1: Obciążenia na konstrukcję. Część 1-1: Oddziaływania ogólne. Ciężar objętościowy, ciężar własny, obciążenia użytkowe w budynkach.

[6] PN-EN 1504-3:2006. Wyroby i systemy do ochrony i napraw konstrukcji betonowych – Definicje, wymagania, sterowanie jakością i ocena zgodności – Część 3: Naprawy konstrukcyjne i niekonstrukcyjne.

[7] PN-EN 1504-9:2010. Wyroby i systemy do ochrony i napraw konstrukcji betonowych – Definicje, wymagania, sterowanie jakością i ocena zgodności – Część 9: Ogólne zasady dotyczące stosowania wyrobów i systemów.

[8] Bulletin FIB 14: Externally bonded FRP reinforcement for RC structures. Technical report, ISBN 978-2-88394-054-3, October 2001.