

AWARIA PREFABRYKOWANEJ BELKI ŻELBETOWEJ PODPIERAJĄCEJ STROP ANTRESOLI MAGAZYNOWEJ W CENTRUM LOGISTYCZNYM

MICHAŁ BABIAK, *e-mail: michal.babiak@put.poznan.pl*

TOMASZ BŁASZCZYŃSKI

PRZEMYSŁAW WIELENTEJCZYK

Politechnika Poznańska, Wydział budownictwa i Inżynierii Środowiska

Streszczenie: Artykuł przedstawia sposób naprawy prefabrykowanej belki stropu antresoli magazynowej. Element znajduje się w budynku o wymiarach 180×530 m zaprojektowanym jako centrum logistyczne. W trakcie wizji lokalnej stwierdzono usterkę belki oraz zarysowania monolitycznej płyty stropowej. Pęknięcie dźwigara nastąpiło w strefie ściskanej elementu i nie wynikało z jego pracy statycznej. Przedstawiono prawdopodobne przyczyny usterki oraz zaproponowano sposób naprawy konstrukcji budynku.

Słowa kluczowe: belka prefabrykowana, pęknięcie, zarysowanie, naprawa konstrukcji

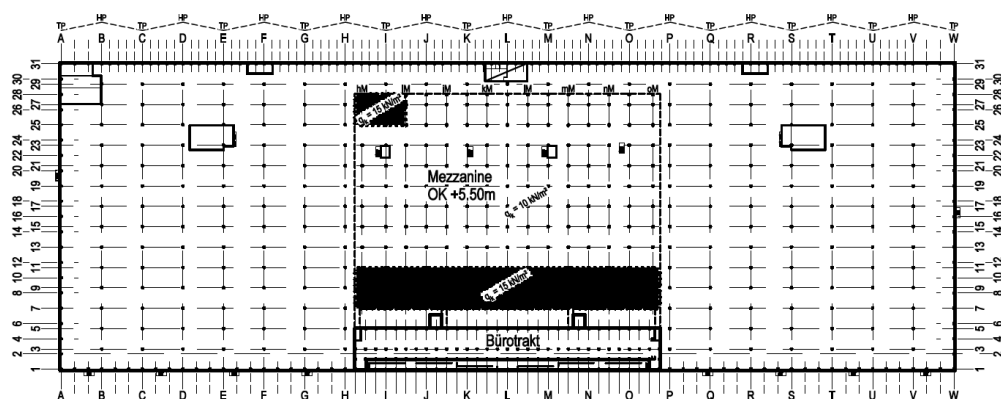
1. Wprowadzenie

Awaria budynku lub jego części często łączy się ze zróżnicowanym podejściem. Szczególnie jest to trudne, gdy mamy do czynienia z budynkami zabytkowymi lub przemysłowymi [1, 2]. Ważnym też są warunki w jakich znajduje się konstrukcja danego obiektu, a warunki te mogą być bardzo zróżnicowane. Czasami mamy do czynienia jedynie z uszkodzeniem poszczególnych elementów konstrukcyjnych w analizowanym obiekcie, mamy wtedy do czynienia z awarią lokalną. Ważnym jest wtedy ocena stanów granicznych takiego uszkodzonego elementu i jego przyszły wpływ na ewentualną awarię, najczęściej lokalną. W przypadku stwierdzenia awarii najważniejsze jest odpowiednie postępowanie naprawcze [3, 4].

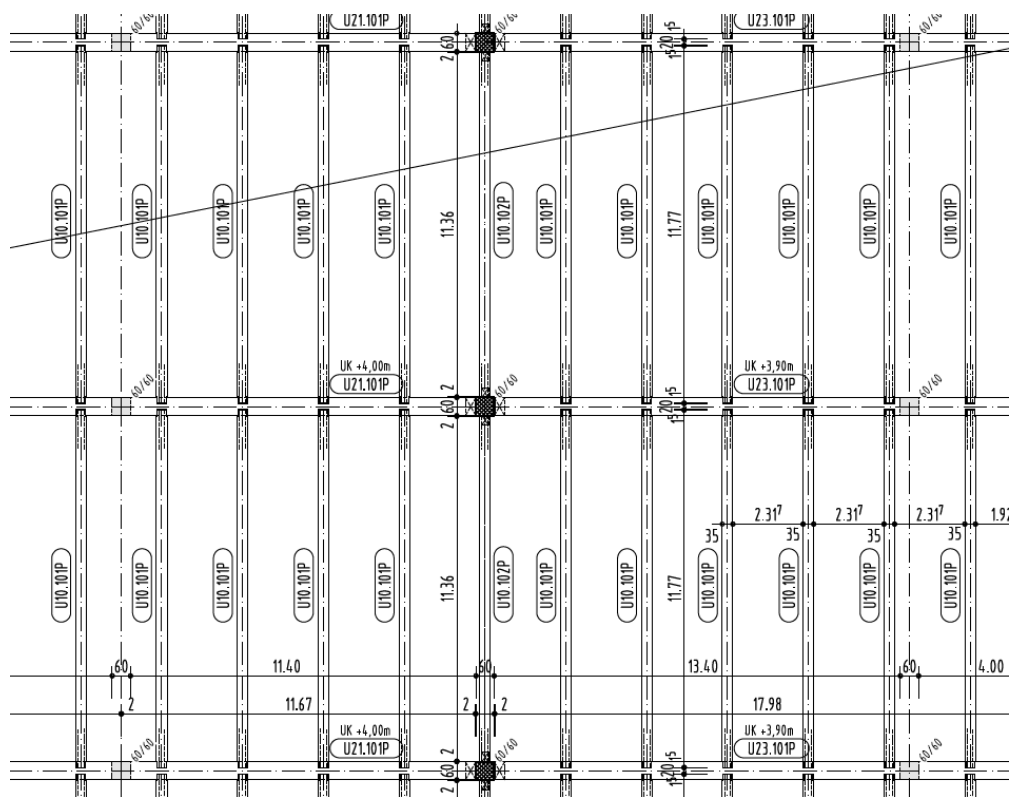
2. Informacje o obiekcie

Budynek w którym doszło do usterki prefabrykowanego dźwigara i zarysowania stropu typu filigran to prefabrykowana, żelbetowa, jednokondygnacyjna hala magazynowo-logistyczna. Podstawowe wymiary budynku to: wysokość – 14,40 m, szerokość – 180,0 m, długość – 528,0 m. Podstawową konstrukcję budynku stanowią poprzecznie prefabrykowane 22-nawowe ramy żelbetowe, o osiowej rozpiętości każdego przęsła wynoszącej 24,0 m, rozmieszczone w osiowych rozstawach wynoszących 9,0 m. Stropodach budynku zaprojektowano jako lekki. Elementem nośnym stropodachu jest pracująca w układzie wieloprzęsłowym blacha trapezowa, która została oparta na prefabrykowanych ryglach ram (w kierunku poprzecznym). Budynek posadowiono na żelbetowych stopach fundamentowych oraz podwalinach. Ze względu na przeznaczenie (magazynowo-logistyczne) w obiekcie znajdują się doki załadunkowe oraz żelbetowe antresole techniczne i biurowe. Konstrukcję antresol tworzą prefabrykowane słupy, podciąg i belki żelbetowe, na których wsparto zespolone stropy typu filigran. Wartość obciążenia zmiennego galerii została zróżnicowana w zależności od przeznaczenia (część biurowa – 5,0 kN/m², część magazynowa – 10,0 i 15,0 kN/m²). Ze względu

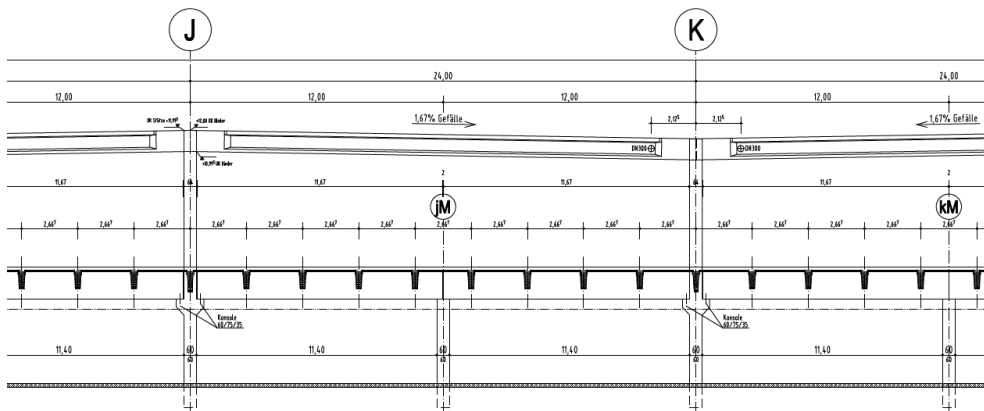
na krótki okres eksploatacji budynku jego stan techniczny oceniono jako bardzo dobry. Właściwie stwierdzono, że obiekt pod względem technicznym jest „praktycznie nowy”. Schematyczne rzuty i przekrój przedstawiono na rys. 1 do 3.



Rys. 1. Rzut budynku – schemat



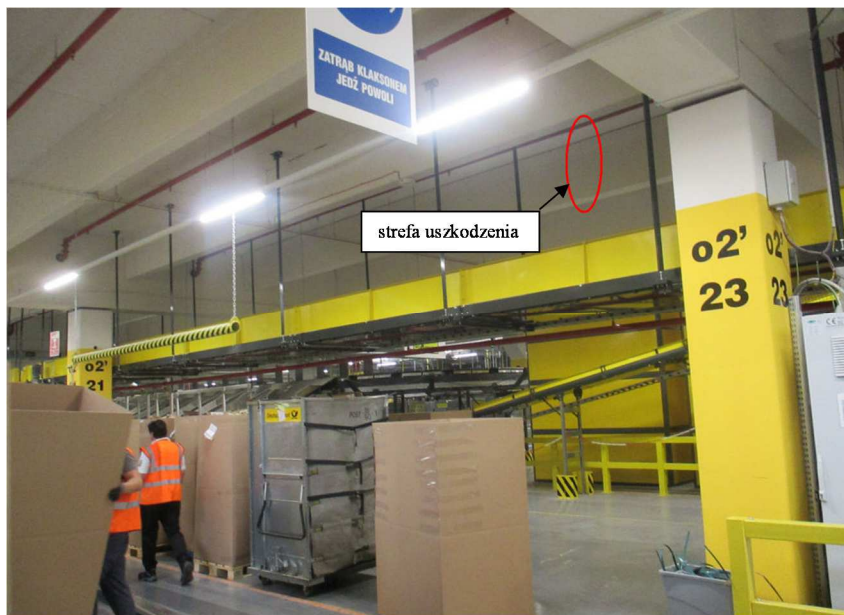
Rys. 2. Rzut konstrukcji galerii w części magazynowej (fragment)



Rys. 3. Przekrój podłużny budynku (fragment)

3. Opis uszkodzonych elementów

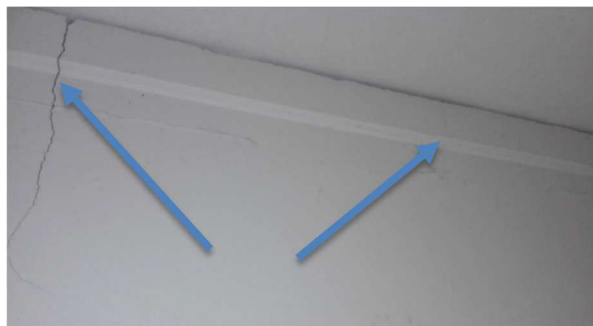
W trakcie przeglądu technicznego obiektu stwierdzono uszkodzenie prefabrykowanego, żelbetowego dźwigara (podpierającego strop antresoli w części magazynowej) oraz zarysowanie płyty stropowej antresoli. Uszkodzone elementy znajdowały się między słupami w osiach 2'/21 i 2'/23 (rys. 4).



Rys. 4. Widok uszkodzonej belki stropowej antresoli

W trakcie wizji lokalnej autorzy opracowania potwierdzili występowanie opisywanych uszkodzeń, w postaci występowania dwóch pionowych pęknięć górnej części belki (w odległości 1,0 m i 3,0 m od podpory) oraz zarysowania płyty stropowej typu filigran. Stwierdzono, że pęknięcie belki nastąpiło w nietypowym miejscu, czyli w górnej części przekroju (w strefie ściskanej).

Pęknięcia belki przebiegały przez całą szerokość przekroju (na wylot), pionowo od góry w kierunku dolnej krawędzi elementu. Zakres pęknięć był zbliżony do połowy wysokości analizowanego elementu. Na końcu jednego z pęknięć nastąpiło jego rozdzielenie na dwie rysy biegnące pod kątem zbliżonym do 45° od pionu i wyłupanie fragmentu elementu. Zarysowanie płyty stropowej galerii przebiegało prawie prostopadłe do uszkodzonej belki i było widoczne po obu jej stronach. Pęknięcia belki przedstawiono na rys. 5 i 6, a zarysowanie płyty stropowej galerii na rys. 7.



Rys. 5. Belka stropowa – widoczne pęknięcia (w odległości 1,0 m i 3,0 m od podpory)



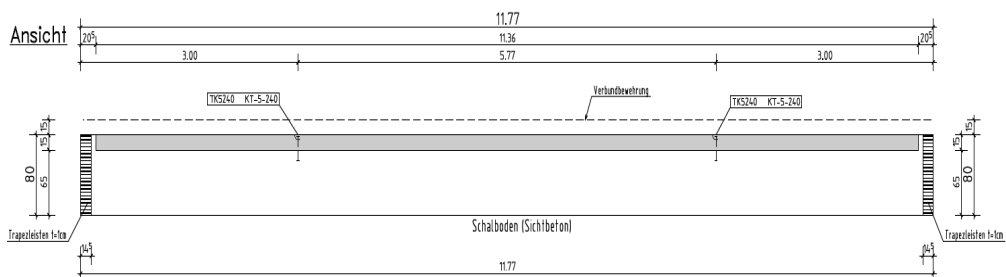
Rys. 6. Belka stropowa – widok pęknięcia w odległości 3,0 m od podpory



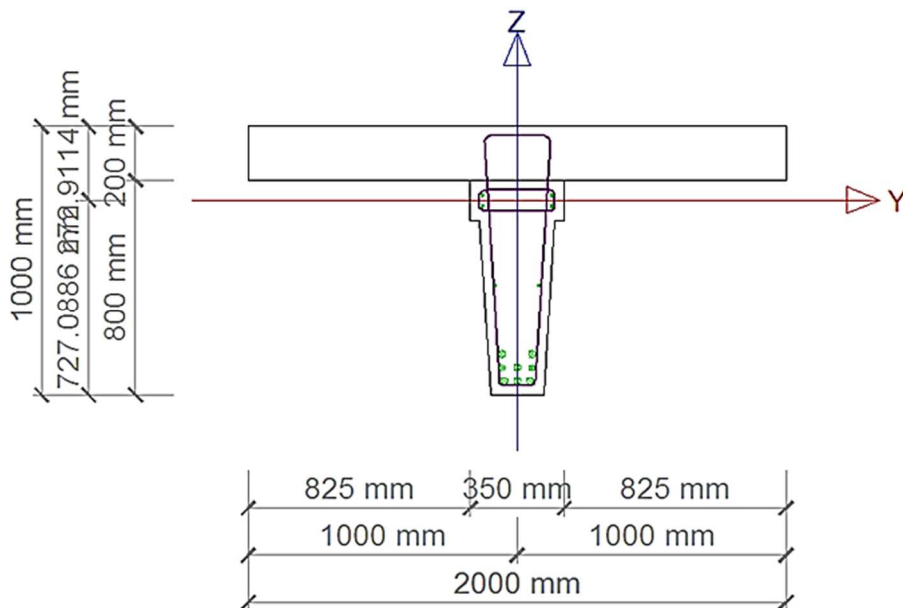
Rys. 7. Płyta stropowa od strony spodniej – rysa biegnąca prostopadłe do podparcia stropu

4. Analiza obliczeniowa belki i określenie przyczyn jej uszkodzenia

W celu oceny wyężenia belki i określenia przyczyny jej uszkodzenia przeanalizowano dokumentację techniczną obiektu oraz przeprowadzono kontrolną analizę obliczeniową. Zgodnie z dokumentacją obiektu uszkodzona belka została zaprojektowana jako prefabrykowaną, żelbetową, o przekroju trapezowym, a po zespoleniu z płytą stropową pracującą jako teowa. Belka została zaprojektowana z betonu C45/55 zbrojonego stalą B 500B. Całkowita długość elementu to 11,77 m. Główne zbrojenie belki stanowią podłużne pręty proste, rozmieszczone w górnej i dolnej części belki oraz zbrojenie poprzeczne (w postaci strzemion). Z górnej części belki wypuszczono zbrojenie (strzemiona) w celu zespolenia belki z zespoloną płytą stropową typu filigran. Po wykonaniu stropu (zespoleniu ze spodnią płytą prefabrykowaną i żelbetową trapezową belką prefabrykowaną) obliczeniowy przekrój belki uległ zmianie na teowy. W odległości 3,0 m od podpory w belce zaprojektowano haki montażowe. Wymiary geometryczne belki przedstawiono na rys. 8. i 9., a zaprojektowane zbrojenie na rys. 10.



Rys. 8. Wymiary zewnętrzne belki



Rys. 9. Przekrój poprzeczny belki

bezpieczeństwu użytkowania obiektu. Ze względu na trwałość konstrukcji zaproponowano odpowiednią naprawę.

5. Propozycja naprawy elementu

Ze względu na trwałość konstrukcji zaproponowano naprawę i monitoring uszkodzonych elementów. Pęknięcie belki nastąpiło w strefie ściskanej, stąd podjęto decyzję o naprawie elementu za pomocą iniekcji ciśnieniowej z żywicy epoksydowej. Żywice epoksydowe charakteryzują się wysoką przyczepnością do betonu, dużą wytrzymałością na ściskanie (od 30 do ok. 85 MPa), zginanie (od 3 do 60 MPa) oraz rozciąganie (do ok. 40 MPa). Ze względu na dobrą przyczepność do betonu i wysoką wytrzymałość na ściskanie stwierdzono, że żywice epoksydowe w omawianym przypadku są najskuteczniejszym materiałem do naprawy elementu i wypełnienia rys. Do naprawy widocznych zarysowań belki wybrano iniekcję średniociśnieniową ($0,15 \text{ MPa} < p < 0,80 \text{ MPa}$), którą zalecono realizować według zasady „niskie ciśnienie i długi czas tłoczenia”, a następnie zalecono stopniowe zwiększanie ciśnienia do ciśnienia roboczego. Takie postępowanie zapewnia laminarny przepływ iniektu.

Autorzy opracowania zwracają uwagę na często popełniany błąd, czyli rozpoczynanie iniekcji od wysokiego ciśnienia, co powoduje spienienie iniektu i powstawanie bąbelków powietrza, które zmniejszają skuteczność naprawy. W celu uzyskania zamierzonego efektu naprawy należy przestrzegać określonego schematu prac. Naprawę należy rozpocząć od usunięcia luźnych fragmentów betonu, pogrubienia i „otwarcia” rysy oraz oczyszczenia i osuszenia powierzchni elementu. Iniekcję ciśnieniową żywicy wykonują się poprzez pakery, które należy zamontować w wywierconych otworach albo wbić w rysy. Pakery rozmieszcza się zwykle naprzemiennie wzdłuż przebiegu rysy, w odstępach odpowiadających ok. $\frac{1}{2}$ grubości elementu. Pakery powinny przecinać rysę pod kątem 45° , w połowie grubości naprawianego elementu konstrukcyjnego.

Rozmieszczenie i rodzaj pakerów należy dostosować do rodzaju użytej żywicy. Po zamocowaniu pakerów można przystąpić do tłoczenia żywicy. Prace należy rozpocząć od najniżej położonego pakera w przypadku pęknięcia pionowego (dla belki) oraz skrajnego pakera w przypadku rysy poziomej (w płycie stropowej). Autorzy artykułu zwracają uwagę, że ze względu na skurcz żywicy bardzo często konieczne jest przeprowadzenie ponownego dopełnienia już naprawionych miejsc.

6. Monitorowanie konstrukcji po naprawie

W celu weryfikacji skuteczności naprawy elementów wydano zalecenia odnośnie monitorowania konstrukcji. Zaproponowano montaż analogowych szczelinomierzy monitorujących rozwarcie rys w dwóch prostopadłych kierunkach oraz rejestrujący wzajemny obrót elementu. Zalecana dokładność pomiaru to 0,05 mm. Zwraca się uwagę, że ze względu na różny stopień wykorzystania nośności elementów, każdą z rys należy monitorować osobno. Zaleca się przyklejenie dwóch szczelinomierzy do belki (po 1 do każdego pęknięcia) i dwóch do płyty stropowej (po 1 z każdej strony belki). W przypadku belki szczelinomierze należy zamocować w jej górnej części (możliwie blisko płyty stropowej). Odczyt rozwarcia rys należy dokonywać systematycznie; uzyskane wartości należy odnotowywać w książce obiektu. Przez pierwszy rok od momentu naprawy, kontrolę zarysowania należy przeprowadzać co najmniej raz w miesiącu.

7. Podsumowanie i wnioski

Przeprowadzona wizja lokalna wykazała nietypową usterkę prefabrykowanej, żelbetowej konstrukcji antresoli technicznej, w postaci występowania dwóch pionowych pęknięć górnej części belki (w odległości 1,0 i 3,0 m od podpory) oraz zarysowanie płyty stropowej typu filigran. W celu oceny stopnia wykorzystania nośności konstrukcji i określenia przyczyny jej usterki przeanalizowano dokumentację techniczną obiektu oraz przeprowadzono kontrolne obliczenia statyczne. Wyniki obliczeń wykazały prawidłowy dobór geometrii elementów, poprawną ilość i rozmieszczeni prętów zbrojeniowych. Skontrolowano zasięg stref ściskanych oraz wartość naprężeń ściskających w betonie. Ostatecznie stopień wykorzystania nośności elementów określono na poziomie 80–85%. Autorzy opracowania przypuszczają, że przyczyną usterki konstrukcji budynku są błędy popełnione na etapie wznoszenia konstrukcji (niestanny montaż lub silne uderzenie od spodu belki). Ze względu na trwałość konstrukcji wydano zalecenia naprawcze i monitoringu uszkodzonych elementów.

Literatura

1. Błaszczyński T., Babiak M., Wielentejczyk P. Naprawa i wzmocnienie stropu hali rozwłókniania pod nowy ciąg technologiczny. XXVII Konferencja Naukowo-Techniczna „Awarie Budowlane”, Szczecin-Międzyzdroje, 2015, s. 585–592.
2. Błaszczyński T., Pawlik A.: Zapobieżenie awarii szybu windowego w jednym z zabytkowych obiektów na terenie centrum sztuki i biznesu „Stary Browar” w Poznaniu, XXVI Konferencja Naukowo-Techniczna „Awarie Budowlane”, Szczecin-Międzyzdroje, 2013 s. 469–476.
3. Masłowski E., Spiżewska D.: Wzmacnianie konstrukcji budowlanych, Warszawa 2000 r.
4. Runkiewicz L.: Wzmacnianie Konstrukcji żelbetowych, Instytut Techniki Budowlanej, Warszawa 2011 r.

FAILURE OF THE PRECAST REINFORCED CONCRETE BEAM SUPPORTING THE MEZZANINE IN LOGISTIC FACILITY WAREHOUSE

Abstract: The scenario for structural repair of precast reinforced concrete floor beam is presented in this paper. The analyzed beam is a part of storage structure with the plan dimensions of 180×530 m, designed as a logistics center. During the site inspection, local cracks were detected in the monolithic slab. The beam cracking occurred in the compression zone of the element, which was unexpected because it was in contradiction with predicted static behavior. The possible cause of the failure and structural repair scenario are presented and discussed herein.

Keywords: precast beam, cracking, structural repair