

NAPRAWA PREFABRYKOWANEGO STROPODACHU O DUŻEJ ROZPIĘTOŚCI POKRYWAJĄCEGO HAŁE PRODUKCJI PŁYT POROWATYCH

TOMASZ BŁASZCZYŃSKI, *e-mail: tomasz.blaszczynski@put.poznan.pl*

MICHAŁ BABIAK

PRZEMYSŁAW WIELENTEJCZYK

Politechnika Poznańska, Wydział budownictwa i Inżynierii Środowiska

Streszczenie: Artykuł przedstawia sposób naprawy prefabrykowanego stropodachu pokrywającego halę, w której produkują się drewniane płyty porowate. Obiekt znajduje się na terenie zakładu przemysłowego wytwarzającego wyroby drewnopochodne. Stropodach wykonany z płyty panwiowych wsparty na prefabrykowanych dźwigarach żelbetowych o rozpiętości 12 m znajdował się w bardzo złym stanie technicznym i wymagał gruntownej naprawy. Warunki panujące w budynku (oddziaływanie pary wodnej) oraz brak bieżących napraw doprowadziły konstrukcję budynku do stanu przed awaryjnego. W pracy przedstawiono wyniki analizy statycznej stropodachu oraz zaproponowano sposób jego naprawy.

Słowa kluczowe: stropodach, płyty prefabrykowane, naprawa konstrukcji

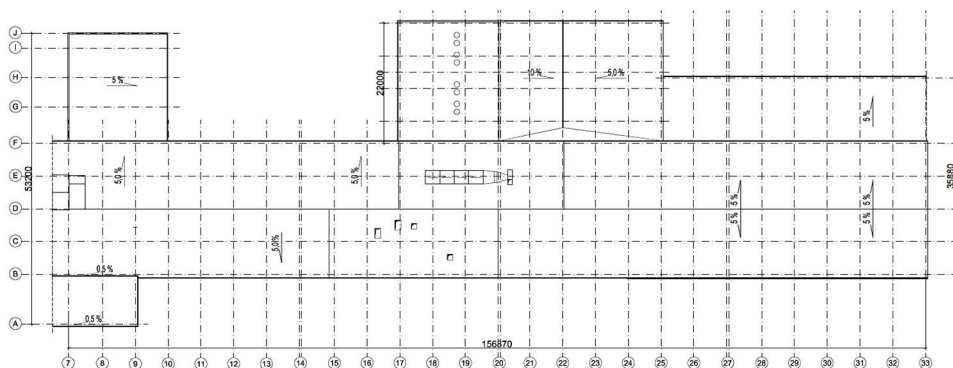
1. Wstęp

Przeprowadzenie naprawy danego obiektu lub konstrukcji, wymaga zróżnicowanego podejścia w zależności od rodzaju obiektu, jego wielkości i funkcji. Takie czy inne postępowanie naprawcze związane jest też ponadto z oddziaływaniem środowiskowa i przyjętym rozwiązaniem konstrukcyjnym [1–3]. W budownictwie przemysłowym mamy do czynienia ze znacznie większą gamą obiektów, które ulegają uszkodzeniu i potrzebują naprawy. Największą grupą są różnego rodzaju budynki przemysłowe, od hal po konstrukcje inżynierskie. Szczególnie ważne jest to w przypadku zakładów o złożonych technologiach, gdzie mamy do czynienia z mieszanym środowiskiem korozyjnym [4, 5]. Kolejną grupą obiektów przemysłowych podlegających zniszczeniu są przemysłowe konstrukcje inżynierskie. Poważnym problemem w przypadku napraw tych konstrukcji jest ich znaczne zaolejenie [6], które często łączy się również z ich silnym zawilgoceniem, co prowadzi do powstania środowiska wodno-olejowego. W wyniku oddziaływania środowiska wodno-olejowego dochodzi tu dodatkowo do korozji biologicznej [7].

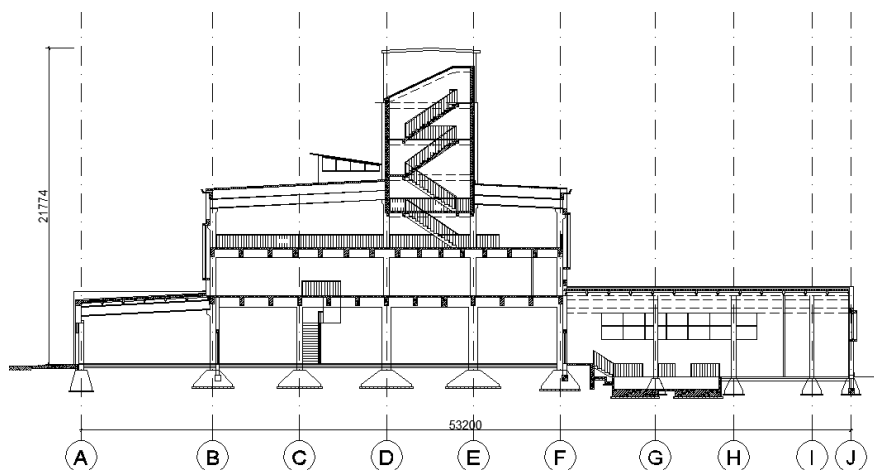
2. Informacje o obiekcie

Budynek hali, w której produkują się drewniane płyty porowate zbudowano w latach 60-tych XX wieku. Jest to obiekt halowy, wielonawowy, dwu i trzykondygnacyjny, o konstrukcji żelbetowej, szkieletowej słupowo-ryglowej z monolitycznymi żelbetowymi stropami oraz prefabrykowanym stropodachem (fragment rzutu i przekroju pokazano na rys. 1 i 2). Główna konstrukcja nośna hali to sześcionawowe ramy żelbetowe o rozpiętości przęseł 6,0 m i 12,0 m. Osiowy rozstaw układów poprzecznych to 6,0 m. Wymiary geometryczne poszczególnych elementów konstrukcyjnych wynoszą odpowiednio: słupy – 40×40 cm i 50×50 cm, podciąg – 110×40 cm, żebra – 80×30 cm i 90×40 cm, grubość płyty stropowej – 12 cm. Stropodach hali tworzą odwrócone prefabrykowane płyty panwiowe o rozpiętości 6,0 m ocieplone płytami pianobetonowymi, zostały

wsparte na prefabrykowanych dźwigarach kablobetonowych typu SB-I-65 o pasach równoległych. Osiowa rozpiętość dźwigarów to 12,00 m. Dźwigary strunobetonowe ułożone są w kierunku poprzecznym hali co 6,0 m, natomiast w kierunku podłużnym hali, między dźwigarami strunobetonowymi, wykonane zostały żebra żelbetowe. Ściany zewnętrzne budynku wykonano jako wypełniające, murowane z cegły ceramicznej gr. 25,0 cm i 38,0 cm na zaprawie cementowo-wapiennej (nie stanowią elementu konstrukcyjnego budynku). Przybliżone wymiary fragmentu hali w zakresie opracowania to: długość – 156,87 m, szerokość – 53,20 m, wysokość budynku – 21,80 m [8]. Schematyczny rzut stropodachu oraz przekroje budynku pokazano na rys. 1–3.



Rys. 1. Rzut stropodachu

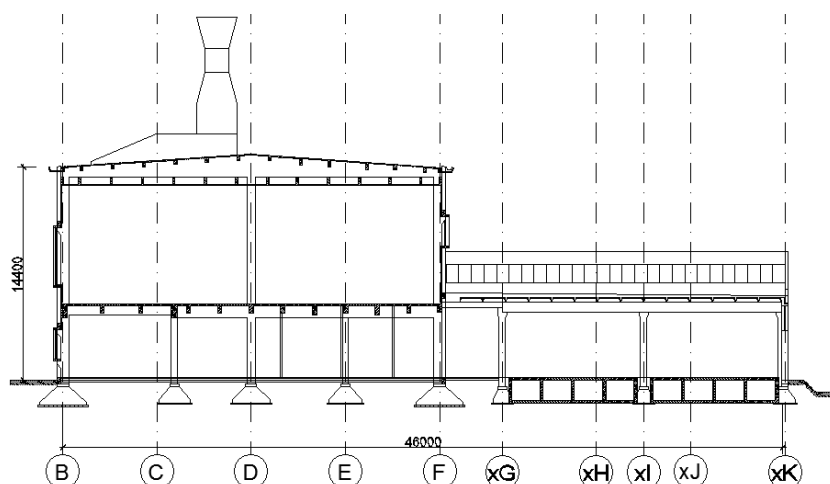


Rys. 2. Przykładowy przekrój poprzeczny pierwszy

W obiekcie znajdują się 8 komór kadzi (zlokalizowane pomiędzy osiami B-D/2-6) stanowią element linii technologicznej służącej do produkcji płyt wiórowych – mieszania miazgi otrzymanej w procesie mielenia trocin. Jest to układ siedmiu monolitycznych, żelbetowych zbiorników ze wspólnymi ścianami. Wymiar jednej komory w rzucie to: długość – 8,5 m, szerokość – 3,35 m, wysokość – 4,5 m. Strop kadzi to żelbetowa płyta monolityczna o grubości 20 cm, oparta na żelbetowych ścianach grubości 20 cm. Dokładny opis stanu technicznego komór kadzi i sposób ich naprawy opisano w [9].

Na podstawie przeprowadzonej wizji lokalnej oraz analizy archiwalnej dokumentacji technicznej określono przybliżony schemat statycznej pracy obiektu. Stwierdzono, że bryłę

budynku do poziomu +5,0 można definiować jako sztywną i nieodkształcalną. Sztywność została zapewniona przez podest techniczny (poziom +5,0 m) powiązany ze wszystkimi murowanymi ścianami budynku. Siły poziome działające w kierunku podłużnym przenoszone są na żelbetowy szkielet budynku i ścianę frontową kotłowni.



Rys. 3. Przykładowy przekrój poprzeczny drugi

3. Opis uszkodzeń

Warunki panujące w hali rozwłóknienia są bardzo niekorzystne dla konstrukcji żelbetowych. Proces technologiczny zakłada wykorzystanie żrącej, gorącej wody (o temperaturze 90°C – skład przedstawiono w tablicy 1), która podczas mieszania z trocinami silnie paruje. Ze względu na brak wentylacji i odpowiednich wyciągów powietrza, dochodzi do gromadzenia pary w budynku, która w dużej ilości skrapla się na stropodachu, zwiększając zawilgocenie konstrukcji. Stwarza to idealne warunki do oddziaływania mieszanego środowiska korozyjnego (tzn. łączonego z różnych środowisk korozyjnych – chemicznego, fizycznego itp.) [4].

Tablica 1. Skład chemiczny wody technologicznej (fragment wyników badań) [2]

Nazwa	Metoda	Jednostka	Wynik badania
Zasadowość	PN-EN ISO 9963-1:2001	mg/l CaCO ₃	< 10
Żelazo	PB/LA-12	mg/l	0,424 ± 0,034
Mangan	PB/LA-12	mg/l	0,0300 ± 0,0027
Azotyny (NO ₂)	PN-EN 26777:1999	mg/l	0,172 ± 0,010
Azotyny (NO ₃)	PN-C-04576-08:1982	mg/l	1,49 ± 0,013
Amoniak (NH ₃)	PN-ISO 7150-1:2002	mg/l	2,15 ± 0,18
Chlorki	PN-ISO 9297:1994	mg/l	2,84 ± 0,14
Siarczany	PN-ISO 6382:2000	mg/l	15,74 ± 0,94
Krzemionka	PN-ISO 6382:2000	mg/l	0,3504 ± 0,028
Fosforany	PN-EN ISO 6878:2006	mg/l	0,0295 ± 0,0041
Potas	PN-EN ISO 9964-2:1994	mg/l	2,26 ± 0,25
Fluorki	PN-ISO 10301-1:2009	mg/l	2,26 ± 0,14
Bar	PB/LP-04	mg/l	0,1294 ± 0,010
Ogólny węgiel organiczny (TOC)	PN-EN 1484:1999	mg/l	344,0 ± 41

Skroplona woda technologiczna doprowadza do rozpuszczenia i odprowadzenia składników betonu (korozja typu I). Dodatkowo zawarte w wodzie jony siarczanowe, mogą reagować z wodorotlenkiem wapnia, doprowadzając do wytworzenia kryształków gipsu. Kryształki te po

uwodnieniu wiąże się z glinianem trójwarstwowym tworząc etryngit (korozja typu III). Kryształki gipsu i etryngit posiadają większą objętość (ponad dwukrotnie) w stosunku do składników wyjściowych betonu. Początkowo uszczelniają one beton i zwiększają jego wytrzymałość na ściskanie, jednak po przekroczeniu granicy uszczelnienia mogą rozsadzać i niszczyć beton. Wysoka temperatura powietrza i cieczy produkcyjnych oraz duża wilgotność panująca w hali rozwłókniania mogą przyspieszać i potęgować te procesy korozyjne.

4. Ocena stanu technicznego

Na podstawie przeprowadzonej wizji lokalnej stwierdzono przekroczenie stanu granicznego użyteczności konstrukcji stropodachu (w obszarze między osiami D–F/7–14 oraz D–F/27–33). W omawianym fragmencie stwierdzono liczne wady konstrukcji zarówno płyt stropodachowych jak i dźwigarów dachowych w postaci:

- ubytków betonu,
- odspojenia zbrojenia nośnego,
- znaczącej korozji zbrojenia,
- znaczącej karbonatyzacji betonu.

Warstwa odspojonego betonu osiągała, szczególnie w elementach konstrukcyjnych stropodachu 4–7 cm. Ponad 30% powierzchni płyt zostało uszkodzone (ubytki otuliny i odspojenie prętów zbrojeniowych). W wielu miejscach nastąpiło przerwanie ciągłości zbrojenia nośnego płyt stropowych oraz podciągów. Na wszystkich elementach konstrukcji widoczne był zanieczyszczenia w postaci brązowo-czarnego nalotu. Omawiane usterki konstrukcji stropodachu zostały przedstawione na rys. 4–11.



Rys. 4, 5. Stropodach od strony wierzchniej – widok ogólny



Rys. 6–7. Konstrukcja stropodachu – widoczny brązowo-czarny nalot i ślady korozji

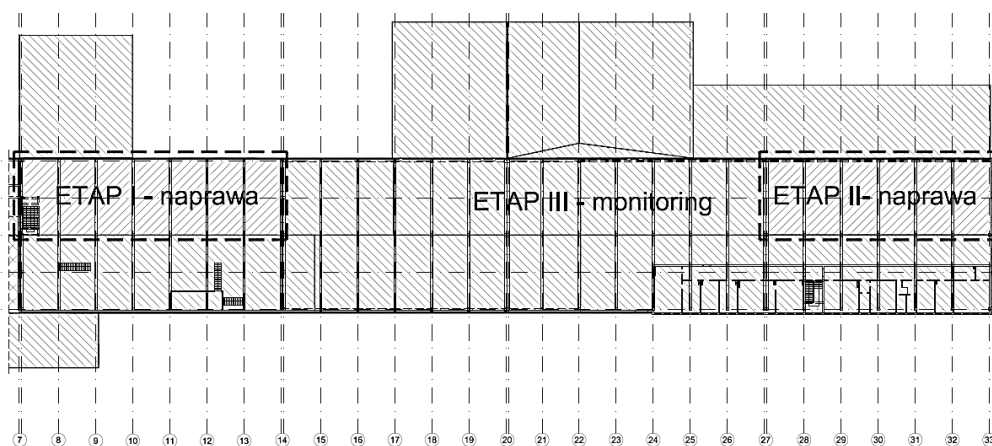


Rys. 8–9. Konstrukcja stropodachu – widoczny brązowo-czarny nalot i ślady korozji



Rys. 10, 11. Konstrukcja stropodachu – widoczne ubytki otuliny, zaawansowana korozja prętów zbrojeniowych, liczne spękania i zarysowania

Przeprowadzone oględziny wykazały, że do pilnej naprawy nadają się dwa fragmenty stropodachu, dla pozostałej części zalecono monitoring i okresowe przeglądy techniczne. Zakres naprawy przedstawiono na rys. 12.



Rys. 12. Konstrukcja stropodachu – zakres naprawy

5. Propozycja naprawy

Naprawa stropodachu między osiami D–F/7–14 i D–F/27–33 wymagała rozbiórki istniejących prefabrykowanych płyt panwiowych stropodachu wraz z płytami pianobetonowymi i zastąpienie ich nową konstrukcją. Na podstawie analizy archiwalnej dokumentacji technicznej stwierdzono, że rozbiórka płyt stropodachu nie zmieni schematu statycznego konstrukcji obiektu bądź jego sztywności, gdyż prefabrykowane dźwigary żelbetowe są mocowane przegubowo do konstrukcji nośnej i oparte na pośrednich słupach wahaczowych. Autorzy opracowania wydali szczegółowe wytyczne odnośnie sposobu prowadzenie prac rozbiórkowych i metod zabezpieczenia obiektu. W celu zabezpieczenia niższych pomieszczeń przez spadającym gruzem nakazano wykonanie pełnego deskowania od spodu stropodachu. Rozbiórkę, polegającą na odspojeniu istniejących płyt panwiowych od sprężonych dźwigarów oraz demontażu warstw dachowych nakazano wykonywać etapami.

Po wykonaniu rozbiórek pokrycia oczyszczone i osuszone dźwigary poddano ocenie. Stwierdzono nieliczne zarysowania betonu oraz braki w otulinie zbrojenia. W celu naprawy zlecono wykonanie iniekcji ciśnieniowych z żywic epoksydowych oraz uzupełnienie brakujących warstw otuliny. Zaproponowane materiały naprawcze były odporne na warunki panujące w zakładzie, tj. wysoką temperaturę, wilgotność, kwaśną wodę (wskaźnik $\text{pH} < 4$) oraz jony siarczanowe. Zgodnie z zaleceniami normy [10] naprawiona konstrukcja winna spełniać wysokie wymagania dla klasy ekspozycji XA3. Autorzy opracowania zwracają uwagę, że przed podjęciem decyzji o wyborze danego systemu, należy wykonać szczegółowe badania przydatności podłoża do zastosowań danego rozwiązania; zaproponowano wybór jednego z powszechnych systemów naprawczych PCC.

Po dokonaniu naprawy dźwigarów dachowych przystąpiono do odbudowy pokrycia dachowego. W tym celu zaprojektowano nowe płatwie stalowe oparte przegubowo na istniejących dźwigarach dachowych. W celu odciążenia konstrukcji budynku zaprojektowano lekkie pokrycie dachu, w postaci blachy trapezowej pokrytej termoizolacją i membraną PCV.

Poszczególne etapy naprawy pokrycia dachu przedstawiono na rys. 13–16.



Rys. 13. Naprawiona konstrukcja dachu – montaż płatwi stalowych



Rys. 14. Widok z dołu na styk naprawionej i istniejącej konstrukcji dachu



Rys. 15. Miejsce styku nowej (naprawionej) konstrukcji dachu z częścią istniejącą



Rys. 16. Naprawiona konstrukcja dachu – widok od dołu

6. Podsumowanie i wnioski

Konstrukcja stropodachu hali produkcji płyt porowatych w wyniku zużycia i doznanych uszkodzeń spowodowanych oddziaływaniem mieszanego środowiska korozyjnego (co zostało wyjaśnione w p. 3) była w bardzo złym stanie technicznym. Zaniechanie przez właściciela sukcesywnych konserwacji doprowadziło do stanu przedawaryjnego konstrukcji. Skutkowało to znacznym wzrostem kosztów napraw. W celu przywrócenia budynku do sprawności technicznej zalecono szereg prac naprawczych oraz zabezpieczających jego konstrukcję. Autorzy artykułu zwracają uwagę, że wybierając sposób wzmocnienia konstrukcji budynku, inżynierowie muszą dokładnie przeanalizować nie tylko stan konstrukcji, działające obciążenia, ale przede wszystkim warunki panujące w miejscu prowadzenia prac (możliwość demontażu instalacji, dostępną przestrzeń manewrową, wilgotność i temperaturę powietrza).

Literatura

1. Błaszczyński T., Babiak M., Wielentejczyk P.: Naprawa i wzmocnienie stropu hali rozwłókniania pod nowy ciąg technologiczny. XXVII Konferencja Naukowo-Techniczna „Awary Budowlane”, Szczecin-Międzyzdroje, 2015, s. 585–592.
2. Błaszczyński T., Babiak M., Wielentejczyk P.: Naprawa zniszczeń wywołanych pożarem żelbetowego silosu na biomasę. Materiały Budowlane, Nr 9/2015, s. 61–62.
3. Błaszczyński T., Babiak M., Wielentejczyk P.: Naprawa prefabrykowanego żelbetowego budynku biurowego zniszczonego w wyniku pożaru. Materiały Budowlane, Nr 11/2016, s. 98–99.
4. Błaszczyński T., Zgoła B.: Stan awaryjny konstrukcji żelbetowej poddanej oddziaływaniu mieszanego środowiska korozyjnego. Konferencja Naukowo-Techniczna „Awary Budowlane”. Szczecin-Międzyzdroje, 1997, s. 355–361.
5. Błaszczyński T., Łowińska-Kluge A.: Corrosion behaviour of zinc, galvanized, mild steel in water-concrete environment. Corrosion, Nr 11/2007, s. 1063–1069.
6. Błaszczyński T.: The influence of crude oil product on RC structure destruction. Journal of Civil Engineering and Management, vol. 17, Nr 1/2011, s. 146–156.
7. Błaszczyński M., Błaszczyński. Trwałość konstrukcji żelbetowych poddanych oddziaływaniu produktów ropopochodnych. w Trwałość budynków i budowli, red. T. Błaszczyński, DWE, Wrocław, 2012, s. 45–60.
8. Ekspertyza stanu technicznego konstrukcji komór kadzi; NEOKON, czerwiec 20163.
9. Babiak M., Wielentejczyk P., Błaszczyński T.: Naprawa żelbetowych komór kadzi masy rafinowanej zakładu produkcji płyt wiórowych, Trwałe metody naprawcze w obiektach budowlanych, ed. T. Błaszczyński, W. Buczkowski, J. Jasiczak, M. Kamiński, DWE, Wrocław, 2015 s. 279–295.
10. PN-EN 206. Beton: Wymagania, właściwości, produkcja i zgodność.

STRUCTURAL REPAIR OF PRECAST LONG SPAN FLAT ROOF OVER THE POROUS PLATES MANUFACTURING WAREHOUSE

Abstract: This paper describes the repair of a precast long span flat roof covering the production hall, where the porous wooden boards are produced. The structure belongs to the industrial plant producing the wood based products. The flat roof is made of corrugated plates supported by precast reinforced concrete girders with a span of 12 m. Inspection proved the obsolete condition of the roof structure and the necessity of the extensive repair. The constant high humidity and lack of proper maintenance led the whole building to the state of emergency. This paper presents the results of a static analysis and possible ways to repair the roof.

Keywords: flat roof, precast panels/slabs, structural repair