

Próbnne obciążenia płyt korytkowych dachu maszynowni w elektrowni



dr hab. inż.
EUGENIUSZ HOTAŁA, PROF. PWR
Politechnika Wrocławska
Wydział Budownictwa Lądowego i Wodnego
ORCID: 0000-0003-2286-8436

W pracy przedstawiono przebieg próbnnych obciążeń płyt korytkowych oraz ich wyniki, które pozwoliły przedłużyć eksploatację dachu w budynku maszynowni w jednej z elektrowni.

Wprowadzenie

W wielu elektrowniach są eksploatowane budynki o konstrukcji stalowej, w których pokrycie dachowe jest wykonane z żelbetonowych płyt korytkowych ze stosownymi warstwami izolacyjnymi. Dość często zdarza się, że zastosowane płyty korytkowe były wykonane przed 50 laty, a więc ich teoretyczny okres przydatności eksploatacyjnej dobiegł już końca.

Tymczasem może zająć potrzeba wydłużenia okresu eksploatacji budynku o kilka lat z uwagi na różne trudności w koordynacji potrzeb produkcyjnych z planami remontowymi. Decyzja o możliwości dalszej, krótkotrwałej eksploatacji płyt korytkowych na dachu 50-letniego obiektu wymaga oczywiście wykonania stosownej oceny stanu technicznego tych płyt, w tym badań stopnia korozji zbrojenia, stopnia karbonatyzacji betonu, a także oceny ich nośności, która wiąże się z potrzebą inwentaryzacji zbrojenia i klasy beto-

nu. Można oczywiście wykorzystywać katalogowe charakterystyki techniczne płyt z okresu realizacji obiektu, ale w wielu przypadkach płyty te były produkowane na indywidualne zamówienie oraz miały inne parametry techniczne niż katalogowe. Zdarzały się przypadki stosowania w dachach maszynowni płyt o szerokości 500 mm zamiast katalogowej szerokości 600 mm, aby w ten sposób zwiększyć ich nośność z uwagi na przewidywane występowanie znacznych obciążeń użytkowych dachu podczas remontów sąsiadujących budynków kotłowni.

W wielu budynkach przemysłowych i obiektach budownictwa mieszkaniowego do tej pory są eksploatowane dachy z płytami korytkowymi sprzed ponad 50 lat, a stan techniczny oraz badania jednego z takich dachów są opisane w pracy [1].

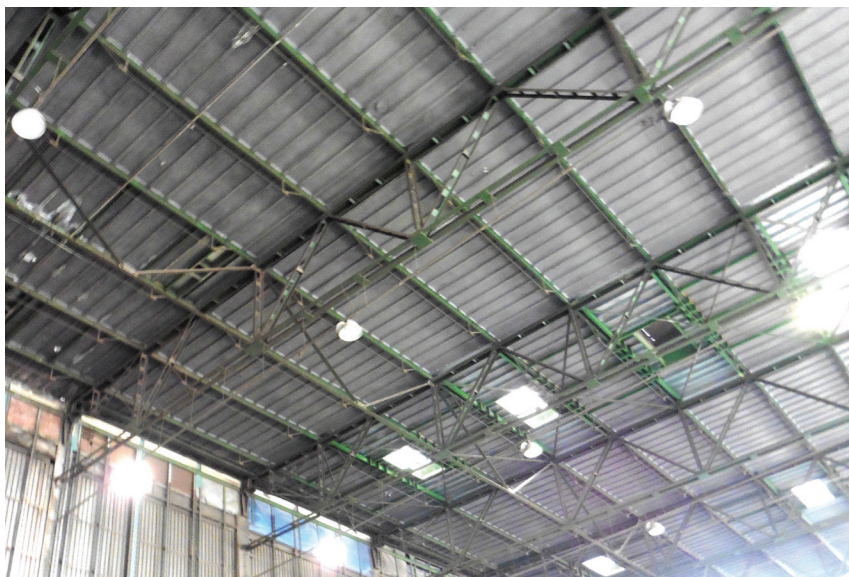
W przypadku potrzeby wykonania oceny zdolności eksploatacyjnej istniejących, starych płyt korytkowych na dachach czyn-

nych obiektów w elektrowniach, które mają być eksploatowane przez niezbyt długi czas, przydatna może się okazać metoda próbnych, nieniszczących obciążeń tych płyt, których przebieg i wyniki przedstawiono w dalszej części pracy.

Lokalizacja i dane techniczne badanego dachu z płytami korytkowymi

Po wyłączeniu na stałe kilku bloków energetycznych i demontażu turbin oraz instalacji technologicznych powstał dylemat odnośnie do wyburzenia pustej hali maszynowni lub przeznaczaniu jej na inne cele produkcyjne po odpowiedniej przebudowie. Ostateczna decyzja w tej sprawie będzie mogła być podjęta w ciągu najbliższych 5 lat, a więc do tego czasu wskazana byłaby dalsza eksploatacja dachu z istniejącymi płytami korytkowymi, które były zamontowane na stalowej konstrukcji dachowej (fot. 1.) podczas realizacji obiektu przed 50 laty.

Dach w osiach konstrukcyjnych ma szerokość 40,0 m oraz długość 91,0 m. Stalowe kratownice dachu hali maszynowni (fot. 1.) mają rozpiętość 40,0 m i są rozstawione co 9,0 m. Na tych kratownicach są oparte stalowe płatwie ciągłe z dwuteowników normalnych I200 w odstępach co 3,0 m. Na płatwiach dachowych są oparte płyty korytkowe o długości 3,0 m, szerokości 0,6 m, wysokości żeber 10 cm i grubości pływicy 2,5 cm. Szerokość półki dwuteownika I200 wynosi 90 mm, stąd dość trudno było zapewnić podczas montażu płyt na tych płatwiach wymaganą szerokość oparcia 40 mm dla każdej z płyt, biorąc pod uwagę nieuniknione odchyłki montażowe. Z tego powodu zastosowano w półkach górnych płatwi dodatkowe podkładki z płaskowników pod wszystkimi podłużnymi żebrami płyt (fot. 2.) i spawano marki płyt do tych płatwi. Z uwagi na okreso-



Fot. 1. Widok fragmentu stalowej konstrukcji dachu maszynowni i płyt korytkowych

we przeciążanie płatwi, skutkujące ich trwałym ugięciem, wykonano w nich przed 20 laty ciągnowe wzmocnienia (fot. 1).

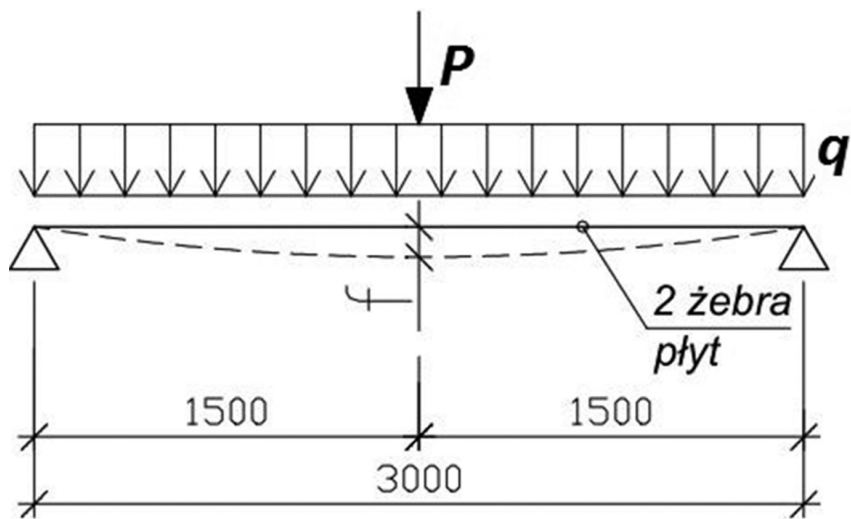
Z uwagi na czas realizacji obiektu (1971 r.) wstępnie przyjęto, że zastosowane płyty korytkowe były wykonane wg katalogu BISTP KB 1-31.6.3(6) – 69, a ich dopuszczalne obciążenie charakterystyczne poza masą własną wynosi 1,8 kN/m². Jeśli weźmie się pod uwagę charakterystyczne obciążenie od ciężaru gładzi cementowej gr. 2 cm, wypełnienia pachwin oraz ciężaru pokrycia pianką PUR (5 cm) wynoszące łącznie ok. 0,60 kN/m², to charakterystyczna wartość obciążenia zmiennego dachu (w tym od śniegu) może wynosić nie więcej niż 1,80 – 0,60 = 1,2 kN/m². Obciążenie śniegiem (wartość charakterystyczna) dla miejsca lokalizacji obiektu wg PN-EN 1991-1-3 (strefa I, $s_k = 0,7$ kN/m²) dla dachu o spadku 5% ($\mu = 0,8$), bez uwzględnienia zasp śnieżnych, wynosi $0,7 \times 0,8 = 0,56$ kN/m². Można by więc wstępnie uznać, że według karty katalogowej płyty mogą przenosić bezpiecznie równomierne obciążenie śniegiem dachu, nawet z pewnym zapasem.

Jeśli jednak weźmie się pod uwagę okres eksploatacji płyt korytkowych, wynoszący 50 lat, to trzeba oczywiście dokonać sprawdzenia ich stanu technicznego, w tym stopnia karbonatacji betonu, stopnia korozji zbrojenia oraz stanu zarysowań i wykruszeń betonu. Ponadto należałoby określić realną nośność tych płyt, choć inwentaryzacja zbrojenia oraz klasy betonu płyt nie jest prostą sprawą w czynnym obiekcie przemysłowym. Alternatywą dla badań materiałowych i szczegółowej inwentaryzacji oraz analiz nośności płyt mogą być ich próbne obciążenia, które mogą odpowiedzieć na pytanie, czy mogą one bezpiecznie przenosić obciążenia przewidywane do wystąpienia podczas zakładanego najbliższego 5-letniego okresu eksploatacji. Jest to jeden z trzech rodzajów obciążeń próbnych budynków, opisanych w pracy [2].

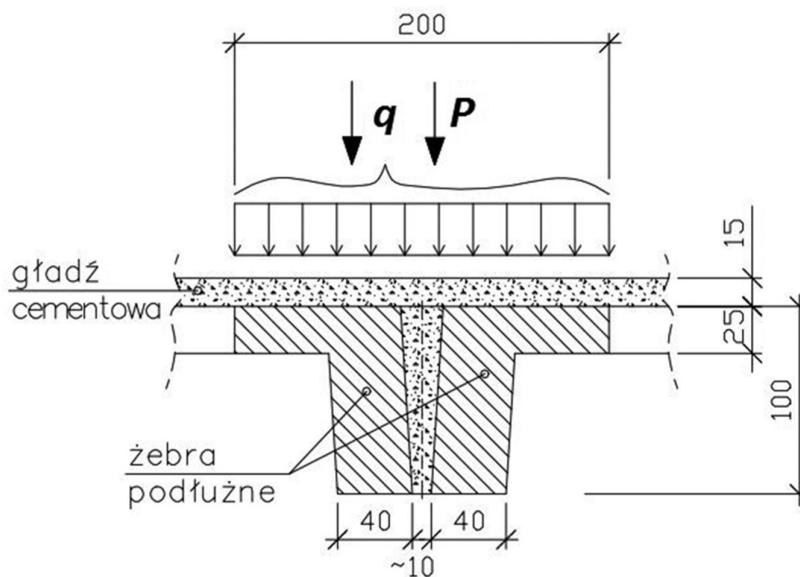
Stan techniczny płyt korytkowych

Płyty korytkowe w badanym dachu były w przeszłości często zawilgacane z powodu nieszczelnego pokrycia papowego oraz przeciążane podczas prac remontowych w sąsiednim, wyższym budynku kotłowni. Problemy związane z trwałością pokryć dachowych w takich obiektach są zaprezentowane w pracy [3]. Przed kilkunastu laty jako pokrycie płyt korytkowych wykonano natrysk z pianki poliuretanowej PUR o grubości 5 cm, wyraźnie poprawiając izolacyjność termiczną i szczelność pokrycia dachowego.

Płyty korytkowe mają dość wyraźne trwałe ugięcia, wynikające z ich wcześniejszego przeciążania oraz zjawisk reologicznych, w tym pelzania betonu. Pomierzone geodezyjnie wartości ugięć żebra płyt korytkowych wynoszą średnio ok. 20 mm



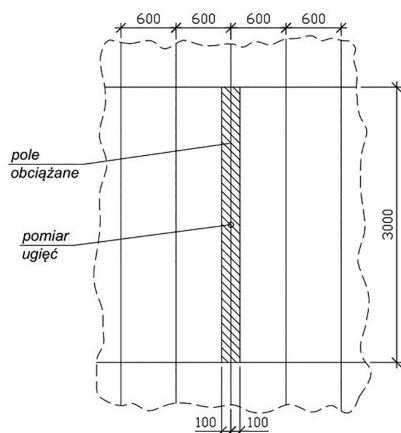
Rys. 1. Schemat statyczny dwóch podłużnych żebrowanych płyt korytkowych



Rys. 2. Przekrój poprzeczny i schemat obciążenia dwóch sąsiadujących żebrowanych płyt



Fot. 2. Widok fragmentu dachu maszynowni i stanu technicznego płyt korytkowych



Rys. 3. Miejsce przyłożenia obciążenia liniowego q na badanych żebrach płyt

(czyli 1/150 rozpiętości), choć są pojedyncze płyty, w których stwierdzono ugięcia wynoszące nawet ok. 30 mm (czyli 1/100 rozpiętości). Trzeba przy tym zauważyć, że podczas pomiarów płyty były obciążone jedynie swoim ciężarem własnym i ciężarem pokrycia, które to obciążenie stanowi tylko ok. 64% maksymalnego obciążenia charakterystycznego płyt, wynoszącego razem z obciążeniem śniegiem 2,00 kN/m².

Płyty były pokryte od spodu lakierem ochronnym, stąd też karbonatyzacji uległa warstwa betonu o niewielkiej grubości 2–3 mm (pH = 9), a odczyn pozostałych części betonu płyciny i żeber płyty korytkowej wynosił pH = 11. W wykonanych kilku odkrywkach nie stwierdzono korozji stalowego zbrojenia płyciny oraz żebrowanych prętów $\varnothing 12$ w żebrach podłużnych płyt. Stan techniczny prawie wszystkich płyt można było uznać za dość dobry (fot. 2 i 3.), jedynie w niektórych stwierdzono niezbyt duże wykruszenia betonu żeber lub drobne złuszczenia farby ochronnej. Można więc uznać, że stan techniczny płyt nie jest przeszkodą do dalszej 5-letniej eksploatacji w dotychczasowych



Fot. 3. Widok badanych żeber po odciążeniu, zlokalizowanych pomiędzy odwiertami

warunkach eksploatacyjnych. Trzeba jednak jeszcze ocenić, czy płyty te mogą przenosić bezpiecznie obciążenia eksploatacyjne dachu. Zdecydowano więc przeprowadzić próbne obciążenie płyt, aby ocenić ich przydatność eksploatacyjną w przewidywanych warunkach obciążenia.

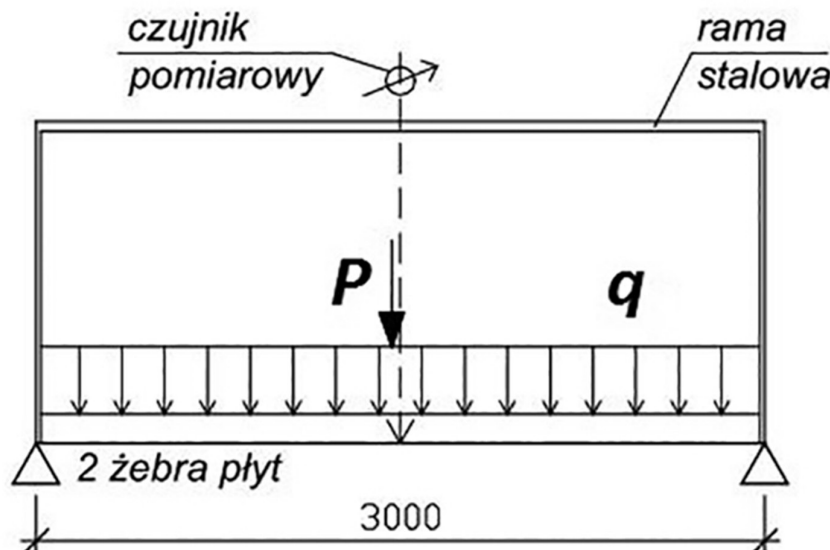
Próbne obciążenia płyt korytkowych

Biorąc pod uwagę występowanie w przeszłości częstych przeciężeń korytkowych płyt dachowych i dość duże ugięcia trwale ich podłużnych żeber nośnych, uznano, że te właśnie żebra są podstawowymi elementami konstrukcyjnymi, których nośność determinuje nośność pokrycia z tych płyt korytkowych. Wytypowano 6 miejsc na dachu, w których poddano obciążeniom próbnym 6 par żeber podłużnych, będących elementami nośnymi 12 płyt korytkowych. Dwa żebra sąsiadujących płyt traktowano jako belkę wolnopodpar-

tą (rys. 1.) obciążoną liniowym obciążeniem q [kN/m], odpowiadającym równoważnemu powierzchniowemu obciążeniu całej płyty p [kN/m²], przy czym z uwagi na szerokość obu sąsiadujących płyt równą 0,6 m zachodziła następująca relacja (z uwzględnieniem powyższych jednostek): $q = 0,6 \times p$. Badając zdolność żeber podłużnych płyt do przeniesienia powierzchniowego obciążenia p , zdecydowano, że podczas obciążeń próbnych będzie do nich przykładane liniowe obciążenie q (rys. 2., 3.), aby uzyskać jednoznaczny i prosty schemat statyczny. Dodatkowo obciążano belkę, złożoną z dwóch podłużnych żeber, siłą skupioną P [kN], a z porównania momentów zginających w belce wolnopodpartej $M(P) = M(q)$ dla rozpiętości $l = 3,0$ m uzyskano zależność na równoważne sile P [kN] obciążenie powierzchniowe płyty: $p = 1,111 P$ [kN/m²]. Siłę P wywoływano poprzez obciążenie skupione od zinwentaryzowanego ciężaru 2 ludzi, ustawionych w środku obu badanych płyt, dzieląc ten ciężar przez 2.

Obciążenie liniowe q przykładano na dachu wzdłuż badanych żeber (rys. 2., 3.) za pomocą plastikowych butelek z wodą (fot. 4.). Schemat stanowiska badawczego przedstawia rys. 4. i fot. 4. Sztynna ramka pomiarowa z ruchomym prętem pionowym połączonym z czujnikiem do pomiaru ugięć badanych żeber umożliwia bezpośredni pomiar ugięć f tych żeber pod wpływem przyłożonego obciążenia q oraz P . Aby wyeliminować ewentualną współpracę sztywnej pianki poliuretanowej z żebrami w przenoszeniu obciążeń próbnych, wycięto tę piankę nad żebrami każdej z badanych par płyt (fot. 4.).

Ugięcia f mierzono w sześciu środkowych punktach żeber dwóch sąsiadujących płyt (rys. 3.). Na rys. 5. i 6. przedstawiono ścieżki równowagi statycznej dla punktów oznaczonych jako nr 4 i nr 5, uzyskane podczas obciążania żeber. W innych punktach ścieżki

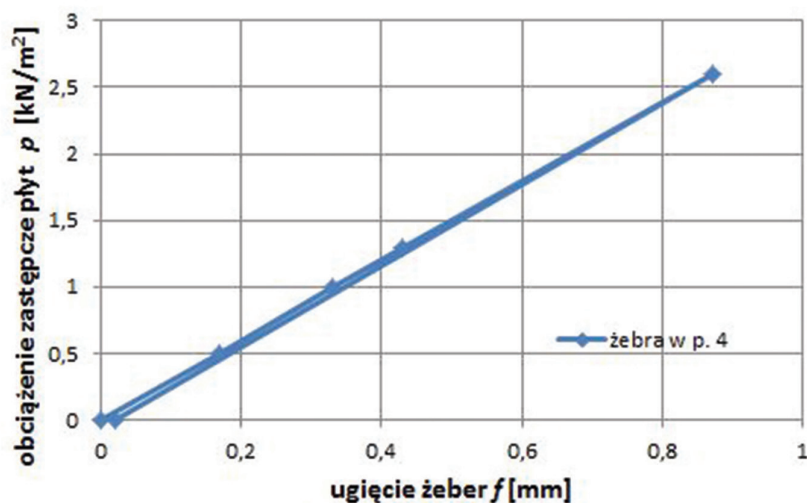


Rys. 4. Schemat stanowiska pomiarowego do badań nośności żeber



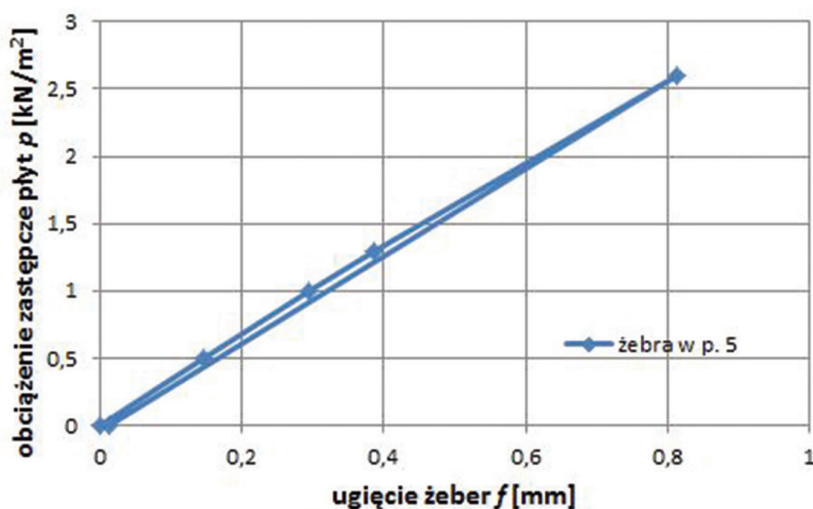
Fot. 4. Widok stanowiska badawczego podczas próbnego obciążenia płyt korytkowych

obciążenie próbne żeber w punkcie nr 4



Rys. 5. Ścieżka równowagi statycznej badanej pary żeber płyt w punkcie nr 4

obciążenie próbne żeber w punkcie nr 5



Rys. 6. Ścieżka równowagi statycznej badanej pary żeber płyt w punkcie nr 5

W wielu obiektach przemysłowych eksploatowanych są od ponad 50 lat dachy, w których zastosowano żelbetowe płyty korytkowe. Na ogół brak dokumentacji projektowej tych płyt i wiarygodnych ich kart katalogowych.

te były praktycznie identyczne. Na osi pionowej tych wykresów są przedstawione wartości równoważnego obciążenia powierzchniowego p odpowiadające przykładowym podczas badań próbnym obciążeniom q oraz P .

Obciążenia próbne, zwiększane stopniowo w 4 krokach, odpowiadały w końcowym stadium obciążenia wartości równomiernej p nieco większej niż $2,5 \text{ kN/m}^2$. Uzyskane ugięcia żeber f były stosunkowo niewielkie i nie przekraczały $0,9 \text{ mm}$, co może świadczyć o pewnym uciągnięciu płyt korytkowych nad płatwiami z uwagi na spawanie marek płyt do płatwi. Najważniejszą informacją uzyskaną podczas badań było potwierdzenie sprężystego charakteru ścieżek równowagi, gdyż po odciążeniu żeber nie pozostawały w nich trwałe ugięcia. Nie stwierdzono też żadnych zarysowań żeber tych płyt (fot. 3.), co również potwierdza sprężyste zachowanie się żeber podczas obciążenia próbnego $p = 2,5 \text{ kN/m}^2$.

Jeśli przyjmiemy się do uzyskanych wyników próbnych obciążeń współczynnik bezpieczeństwa o wartości $2,0$, to można założyć, że próbne obciążenia 12 płyt potwierdziły ich zdolność eksploatacyjną do bezpiecznego przyjmowania obciążenia charakterystycznego $p = 2,5/2 = 1,25 \text{ kN/m}^2$, oprócz ciężaru własnego płyt, gładzi i istniejącego pokrycia pianką PUR. Przewidywane charakterystyczne obciążenie śniegiem o wartości $0,56 \text{ kN/m}^2$ może być bezpiecznie przenoszone przez te płyty, a także montażowe obciążenie użytkowe o wartości $1,0 \text{ kN/m}^2$ w przypadku braku śniegu na dachu.

Podsumowanie

Wyniki przeprowadzonych próbnego obciążenia żelbetowych płyt korytkowych dachu maszynowni, eksploatowanych w jednej z elektrowni już przez 50 lat, wykazały, że jest to dość praktyczna i prosta metoda oceny stanu technicznego, w tym przede wszystkim oceny zdolności do bezpiecznego przenoszenia przewidywanych obciążeń eksploatacyjnych, elementów konstrukcyjnych starych obiektów budowlanych. W analizowanym przypadku dachu przewidywane cha-



rakterystyczne obciążenia eksploatacyjne, a więc obciążenie śniegiem lub obciążenie użytkowe podczas prac remontowych w sąsiednim budynku, wynosi nie więcej niż 1,0 kN/m². Przeprowadzone próbne obciążenia 12 płyt korytkowych wykazały, że mogą one bezpiecznie przenosić obciążenie charakterystyczne o wartości 1,25 kN/m². Biorąc także pod uwagę stan techniczny płyt, można było dopuścić do ich eksploatacji przez najbliższe 5 lat, przy czym wymagana jest standardowa okresowa kontrola ich stanu technicznego 2 razy w roku, zgodnie z przepisami ustawy Prawo budowlane.

Szczegółowy zakres próbnych obciążeń eksploatacyjnych obiektów budowlanych przedstawiony jest w pracy [2], a w prezentowanych w pracy badaniach wykonano jedynie wybraną zasadniczą część tego zakresu.

Literatura

- [1] Zaboklicki A., Owsiak Z., 2013, Uszkodzenia żelbetonowych płyt dachowych przyczyną stanu awaryjnego dachu hali przemysłowej, XXVI Konferencja naukowo-techniczna, referaty, Szczecin-Międzyzdroje, 21–24 maja 2013. T. 2. Wydawnictwo Uczelniane Politechniki Szczecińskiej, s. 897-904.
- [2] Runkiewicz R., Steczkowski J., 2015, Stosowanie obciążeń próbnych do oceny stanu technicznego budynków, „Przeгляд budowlany” nr 7-8, s. 39–44.
- [3] Hotała E., 2020, Zagadnienia trwałości pokryć dachowych w głównych budynkach elektrowni, „Builder” 4 (273), DOI: 10.5604/01.3001.0013.8804.

DOI: 10.5604/01.3001.0015.7811

PRAWIDŁOWY SPOSÓB CYTOWANIA

Hotała Eugeniusz, 2022, Próbne obciążenia płyt korytkowych dachu maszynowni w elektrowni, „Builder” 4 (297). DOI: 10.5604/01.3001.0015.7811

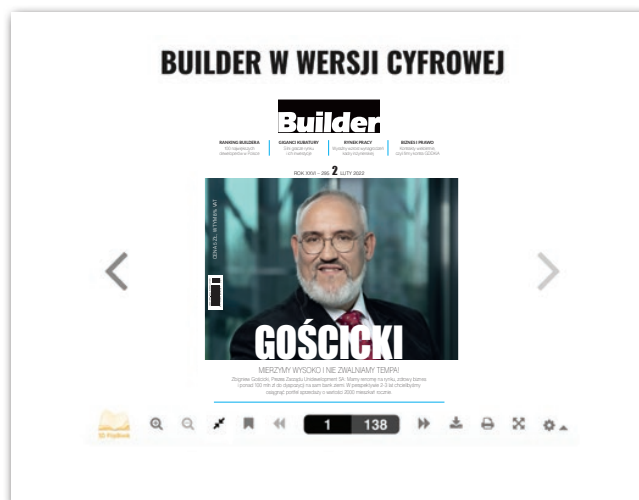
Streszczenie: W wielu obiektach przemysłowych eksploatowane są od ponad 50 lat dachy, w których zastosowano żelbetowe płyty korytkowe. Na ogół brak dokumentacji projektowej tych płyt i wiarygodnych ich kart katalogowych. Jeśli zamierza się eksploatować te płyty jeszcze przez jakiś czas, to trzeba ocenić ich stan techniczny oraz przydatność do bezpiecznego przyjmowania przewidywanych obciążeń eksploatacyjnych. Zamiast dokonywać dość pracochłonnej i trudnej inwentaryzacji klasy betonu oraz rodzaju zbrojenia i wykonywać analizy obliczeniowe nośności płyt, można wykonać próbne obciążenia tych płyt. W pracy przedstawiono przebieg takich próbnych obciążeń oraz ich wyniki, które pozwoliły przedłużyć eksploatację dachu w budynku maszynowni w jednej z elektrowni.

Słowa kluczowe: konstrukcja żelbetowa, obciążenia budowli, trwałość konstrukcji

Abstract: TEST LOADS ON THE TROUGH SLABS OF THE ENGINE ROOM ROOF OF A POWER STATION. Many industrial buildings have had roofs using reinforced concrete trough slabs being in service for over 50 years. There is generally a lack of design documentation and reliable catalogue data cards for them. If the slabs are to be used for a longer period of time, then it is necessary to assess their technical condition and their suitability to safe carrying of the expected operating loads. Instead of making the rather laborious and difficult inventory of the concrete class and type of reinforcement as well as performing of computational analysis of the load capacity of the slabs, the trial test loads on these slabs can be performed. The paper presents the course of such load tests and their results, which allowed to prolong the exploitation of the roof over the engine room building in one of the power stations.

Keywords: reinforced concrete structure, building loads, durability of structures

REKLAMA



Czytaj na www.builderpolska.pl