

PRZYCZYNY TECHNICZNE

awarii rusztowań

Część 3.



dr hab. inż.
Ewa Błazik-Borowa
prof. PL
Politechnika Lubelska

Na spełnienie głównej funkcji rusztowania, jaką jest zapewnienie bezpieczeństwa użytkownikom, oprócz czynników wskazanych w części 2. mają również wpływ: nośność układu kotew, dokładność montażu, a w szczególności dokładność realizacji geometrii rusztowania i połączeń oraz zabezpieczanie pomostów przed podniesieniem, stan techniczny elementów oraz wielkość obciążeń, a w szczególności działania wiatru i obciążenia eksploatacyjnego.

Artykuł jest kontynuacją opracowań zaprezentowanych w poprzednich numerach czasopisma „Builder”, dotyczących czynników technicznych wpływających na możliwość wystąpienia awarii. Tak jak w drugiej części pracy, w tym artykule wykorzystano wyniki badań rusztowań na 50 budowach, które zrealizowano w 2016 roku w ramach projektu „Model oceny ryzyka wystąpienia katastrof budowlanych, wypadków i zdarzeń niebezpiecznych na stanowiskach pracy z wykorzystaniem rusztowań budowlanych” o akronimie ORKWIZ, finansowanego przez NCBiR w ramach PBS3 na podstawie umowy nr PBS3/A2/19/2015.

Czynniki techniczne wpływające na nośność rusztowania

Bardzo duże znaczenie dla prawidłowej pracy rusztowania ma kotwienie. Zgodnie z zaleceniami normy [1] rusztowanie powinno być kotwione w odstępach w pionie co 4 m i w poziomie w okolicach co drugiego połączenia ramek (rys. 1a). Kotwienia powinny być ustawione w szachownicę. W praktyce realizacja tych zaleceń jest bardzo trudna, ponieważ kotwienia nie można wykonać w okolicach okien, w wielu materiałach okładzinowych, pustych przestrzeniach układów szkieletowych itp. Konsekwencją tego, że obszar elewacji, w którym można umieszczać kotwy, jest ograniczony, łączniki kotew są często montowane do słupków w znacznej odległości od pomostów, tak jak to pokazano na rys. 1b. Taki sposób montażu wywołuje przy obciążeniach poziomych mo-

menty zginające w słupkach, czego efektem jest wzrost wyężenia oraz zwiększenie możliwości wystąpienia utraty stateczności. W związku z tym, że często tylko w taki sposób można przykotwić rusztowanie do budynku, w niniejszej pracy nie oceniano kotew pod kątem ich układu, a jedynie pod względem jakości montażu, nośności i obciążeń przekazywanych na kotwy z rusztowania. Rusztowanie z nietypowym układem kotew powinno być zawsze sprawdzone za pomocą obliczeń statyczno-wytrzymałościowych.

Siła wyrywająca kotwy powinna być większa niż podana w dokumentacji technicznej rusztowania dla danego układu kotew, rozwiązania konstrukcyjnego i zastosowanej osłony rusztowania. Jeżeli w dokumentacji technicznej rusztowania nie ma podanej siły wyrywającej kotwy, to siła wyrywająca kotwy zgodnie z Rozporządzeniem [2] powinna być większa niż 2,5 kN. Zespół badawczy projektu ORKWIZ wykonywał pomiary siły wyrywającej kotwy na budowach za pomocą siłomierza BUK-02p. Z badań wynika, że siła wyrywająca kotew zależy oczywiście przede wszystkim od materiału, w którym jest montowana. W przypadku takich materiałów, jak beton komórkowy i pustaki ceramiczne zwykle uzyskiwane siły wyrywające są mniejsze niż 2,5 kN. Natomiast cegła pełna i beton raczej gwarantują, że zakotwienie rusztowania w tych materiałach spełni swoją rolę. Siły wyrywające kotwy ze ścian zależą także od jakości wykonania kotwienia, na przykład w betonie o wyższej klasie wytrzymałości kotwienie może być słabsze, ponieważ trudniej jest w nim zrobić do-

kładny otwór. Podczas wykonywania otworu wiertarka może wpadać w niekontrolowane drgania lub wykonanie otworu wymaga wielokrotnych prób realizacji zadania.

Częstym błędem przy realizacji kotwienia jest stosowanie długich kotew o długości tak dobranej, aby oczka kotew wystawały po założeniu wszystkich warstw elewacyjnych (rys. 1c) lub niemontowanie łącznika i kotwy w jednej linii, tak jak jest to pokazane na rys. 1d. Niestety takie kotwienie nie spełnia swojej roli, polegającej na blokowaniu ruchu ram w poziomie. Takie rusztowania są podatne również na wszelkiego rodzaju obciążenia dynamiczne, w tym dynamiczne działanie wiatru oraz poruszanie się pracowników po pomostach. Doprowadza to do dyskomfortu użytkowników rusztowania.

Kolejnym czynnikiem, który także decyduje o funkcjonalności rusztowania, jest stan techniczny elementów. Na 50 przebadanych rusztowań stwierdzono, że 9 rusztowań nie posiada uszkodzeń, 39 posiada elementy uszkodzone, a 2 rusztowania zmontowane są z elementów o bardzo dużym stopniu zużycia. Na rys. 2. pokazano przykładowe uszkodzenia wpływające na nośność konstrukcji, a na rys. 3. uszkodzenia, które zmniejszają bezpieczeństwo użytkowników rusztowania. Uszkodzeniami, które negatywnie wpływają na nośność rusztowania, są: uszkodzenia stężeń w formie wygięcia z płaszczyzny, uszkodzenia dolnych poprzeczek ram, polegające na wygięciu tych elementów lub wręcz wycięciu, uszkodzenia blach węzłowych ram oraz uszkodzenia pomostów. Pomosty są elementami w najgor-



Rys. 1. Przykłady realizacji kotwienia rusztowań

szym stanie technicznym. W trakcie badań stwierdzono, że większość z nich ma uszkodzenia. Występowanie uszkodzeń oznacza, że rola pomostów w tworzeniu sztywności poziomej jest ograniczona. W efekcie poszczególne płaszczyzny ram pracują oddzielnie i w przypadku braku kotwienia mogą być poddane zginaniu np. od działania wiatru, a kolejne ramy rusztowania mogą być skręcane.

Problem niedokładnego montażu, którego efektem są obroty ram na połączeniach, a co za tym idzie, przesunięcia ich połączeń, nazywane w tej pracy imperfekcjami, został opisany w pracy [3]. Przeanalizowano w niej wzajemne przesunięcia poziomów ram o wartościach do 4 cm. Ten zakres zo-



Wycięte usztywnienie węzła ramy



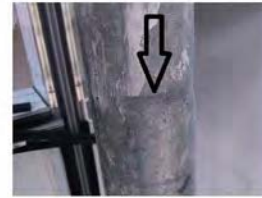
Widok z góry - pęknięcie połączenia dolnej poprzeczki i słupka ramy

Rys. 2. Przykłady uszkodzeń elementów rusztowań wpływających na nośność konstrukcji

stał wybrany na podstawie literatury, np. pracy [4], w której podaje się, że zbadane maksymalne wychylenia z pionu rusztowań w Australii wyniosły ok. 6,72 cm oraz po wzięciu pod uwagę, że zgodnie z normą [5] dopuszczalna różnica przesunięć dwóch kolejnych poziomów ram wynosi 2 cm. W niniejszej pracy potwierdzono, że imperfekcje na



Uszkodzona górna poprzeczka ramy - wygięcie



Uszkodzenie słupka ramy



Uszkodzona dolna poprzeczka - rozcięta



Uszkodzenie pomostu - wygięcie blach poprzecznic



Uszkodzenie pomostu - wygięcie wzmocnienia bocznego



Uszkodzenie pomostu - ugięcie w pionie perforowanej powierzchni pomostu

poziomie 4 cm mogą w przypadku typowego rusztowania (typowego według normy [5]) spowodować, że stan graniczny nośności nie zostanie spełniony z powodu zginania elementów rusztowania, które nie są do tego przystosowane. Poza wzrostem naprężeń normalnych w zginanych elementach powstaje inny negatywny efekt, tj. nierówno-



Uszkodzone zamocowanie drabinki - wygięty pręt



Uszkodzony trzpień mocowania krawężnika - wygięty



Uszkodzony krawężnik (bortnica)



Złe zamocowane poręcz

Nieprzymocowane krawężniki

Materiały, przeszkadzające w poruszaniu się po pomoście



Spękany i jednocześnie zabrudzony pomost drewniany



Brak ciągłości poręczy



Wygięta poręcz

Rys. 3. Przykłady uszkodzeń elementów rusztowań wpływających głównie na bezpieczeństwo pracowników

mierne rozłożenie sił na podłożu. Jeżeli do tego dojdzie ustawienie podstawek na oddzielnych podkładach, to ramy są dodatkowo obciążane z powodu nierównomiernego osiadania. Dlatego wydaje się, że problem niedokładności montażu rusztowania jest największym zagrożeniem dla konstrukcji rusztowań. Zwłaszcza że z badań zespołu ORKWIZ wynika, że w Polsce imperfekcje w rusztowaniach mogą znacznie przekroczyć nawet 15 cm.

Obciążenia rusztowań budowlanych

Z badań w ramach projektu ORKWIZ wynika również, że obciążenia, zarówno eksploatacyjne, jak i środowiskowe, w zasadzie nie przekraczają charakterystycznych wartości normowych. Obciążenia eksploatacyjne w dwóch przypadkach na 50 przebadanych rusztowań osiągnęły wartości normowe. Natomiast obciążenia środowiskowe, stwierdzone na budowach, są zwykle znacznie mniejsze. Jednak należy pamiętać, że badania obejmowały krótki okres, a obciążenia środowiskowe wymagają długiego czasu badań. Normowe wartości działania wiatru odpowiadają czasowi powrotu 50 lat.

Rzeczywiste działanie wiatru na elementy rusztowań różni się znacząco od zaleceń normowych, co zostało pokazane np. w pracy [6]. Dotyczy to zarówno wartości, jak i kierunków działania obciążenia. Gdy budynek ma pełną elewację, to siły od wiatru, działające na stojaki przy narożach budynku, są poddawane obciążeniom kilkukrotnie wyższym niż normowe. Dalsze stojaki są zwykle poddawane obciążeniom równoległym do elewacji budynku. Sytuacja się zmienia, gdy zostanie założona siatka ochronna. Tutaj działanie wiatru jest zwykle prostopadłe do elewacji i oczywiście siły przekazywane na kotwy są znacznie większe niż w sytuacji, gdy siatka nie jest montowana. Zarówno w sytuacji z siatką ochronną, jak i bez siatki negatywny wpływ na bezpieczeństwo konstrukcji ma dynamiczne działanie wiatru, które obecnie jest zagadnieniem niezbadanym, ale potwierdzonym awariami rusztowań, których jest często bezpośrednią przyczyną.

Z badań zespołu ORKWIZ wynika także, że rusztowania są poddawane obciążeniom dynamicznym, wywołanym przez pompy torkretowe, zsyпы, urządzenia na rusztowaniach itp. Te zagadnienia wymagają znacznie szerszych badań i nie zostały ujęte w niniejszej pracy.

Podsumowanie

Analizując przydatność rusztowania i jego awaryjność, można każdy z czynników technicznych wymienionych w II i niniejszej części artykułu analizować oddzielnie, ale najlepszym podejściem jest analiza rusztowania jako całej konstrukcji z rzeczywistą geometrią i posadowieniem. Dlatego w ostatniej, czwartej części artykułu zostanie zaprezentowana analiza statyczno-wytrzymałościowa rzeczywistego rusztowania fasadowego użytkowanego w 2016 r.

BIBLIOGRAFIA

- [1] PN-EN 12810-1: Rusztowania elewacyjne z elementów prefabrykowanych. Część 1: Specyfikacje techniczne wyrobów.
- [2] Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 6 lutego 2003 r. w sprawie bezpieczeństwa i higieny pracy podczas wykonywania robót budowlanych (Dz.U. 2003 nr 47 poz. 401).
- [3] Blazik-Borowa E., Gontarz J.: The influence of the dimension and configuration of geometric imperfections on the static strength of a typical façade scaffolding, Archives of Civil and Mechanical Engineering, 16, 2016, s. 269-281.
- [4] Chandrangu T., Rasmussen K.J.R.: Investigation of geometric imperfections and joint stiffness of support scaffold system, Journal Of Constructional Steel Research, 67, 2011, s. 576-579.
- [5] PN-EN 12811-1: Tymczasowe konstrukcje stosowane na placu budowy. Część 1: Rusztowania. Warunki wykonania i ogólne zasady projektowania.
- [6] Jamińska P.: Analiza działania wiatru na układ budynku z rusztowaniem, „Budownictwo i Architektura”, 12(2), 2013, s. 111-118.