

PRZYCZYNY TECHNICZNE

awarii rusztowań

Część 2.



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

W poprzedniej części artykułu przedstawiono analizę rusztowania o dość skomplikowanej geometrii wokół obiektu zabytkowego. Te same problemy występują także w rusztowaniach o znacznie prostszych geometriach. W tej i następnej części zostaną zaprezentowane aspekty techniczne, które mają duże znaczenie dla bezawaryjnego funkcjonowania każdego rodzaju rusztowań.

Ocena stanu rusztowań na budowach została wykonana między innymi na podstawie badań, które zrealizowano na 50 budowach w 2016 roku. Prace badawcze zostały przeprowadzone 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. Zakres i metodykę tych badań opisano w pracach [1, 2].

Zasady funkcjonowania rusztowania jako układu prętowego

Przed przystąpieniem do omawiania poszczególnych czynników technicznych, jakie wpływają na awaryjność rusztowania, na przykładzie rusztowań fasadowych zostaną zaprezentowane podstawowe zasady funkcjonowania rusztowań jako przestrzennych układów prętowych.

Na rys. 1. pokazano ideę budowy rusztowań fasadowych. Główną konstrukcją rusztowania stanowi układ ram i pomostów (rys. 1a). Ramy po połączeniu ze sobą i przy założeniu, że ich połączenia są sztywne, tworzą w przekroju pionowym płaski, statycznie niewyznaczalny układ prętowy. Pomiędzy ramami a podłożem są podstawki, które powinny zapewnić blokadę przesuwu w trzech kierunkach. W praktyce podstawki, ustawione na podkładach, blokują w pełni ruch w kierunku pionowym w dół i to pod warunkiem prawidłowej nośności podłoża. Rusztowanie może być podniesione do góry w kierunku pionowym, np. przez wiatr, a w przypadku zbyt małego tarcia podkładów lub podstawek o podłożu może dojść do przesunięcia fragmentu rusztowania w kierunku poziomym (rys. 1c).

Jak pokazano na rys. 1b i rys. 1c, rusztowanie, składające się tylko z ram i pomostów przy ograniczonej roli podstawek jako blokad ruchu, jest układem geometrycznie zmiennym. Dlatego, w celu zrealizowania konstrukcji zdolnej do przenoszenia obciążeń, w rusztowaniu montowane są stężenia, a cała konstrukcja blokowana jest za pomocą kotwienia do ścian (rys. 1d). Wstawienie stężeń ma na celu stworzenie statycznie niewyznaczalnych fragmentów konstrukcji lub, inaczej mówiąc, przy bardzo dużym uproszczeniu, „sztywnych brył”, pomiędzy którymi są wstawiane fragmenty konstrukcji mogące się dość swobodnie przemieszczać w pionie i poziomie. Ruch w kierunku poziomym blokowany jest za pomocą kotew. Ramy pomiędzy sztywniejszymi fragmentami konstrukcji mają możliwość ruchu w kierunku pionowym, co zabezpiecza konstrukcję przed powstaniem dodatkowych naprężeń w przypadku osiadania tych ram. Jednocześnie jedna płaszczyzna ram powinna być posadowiona na jednym podkładzie. Ma to na celu zabezpieczenie stojaków jednej płaszczyzny przed dodatkowymi wyważeniami, spowodowanymi nierównomiernym osiadaaniem dwóch słupków tej samej ramy. Taka budowa rusztowań pozwala również na stosowanie uproszczeń w obliczeniach statycznych, polegających na wykonywaniu obliczeń tylko dla układów płaskich, jakie powstają w przekrojach pionowych rusztowania (rys. 1d).

Ten idealny układ występuje rzadko i wystarczy wstawienie np. daszka ochronnego, aby zaburzyć podstawowy schemat pracy rusztowania i doprowadzić do przekroczenia warunków stanu granicznego nośności, co zostanie zaprezentowane w ostatniej, czwartej części artykułu.

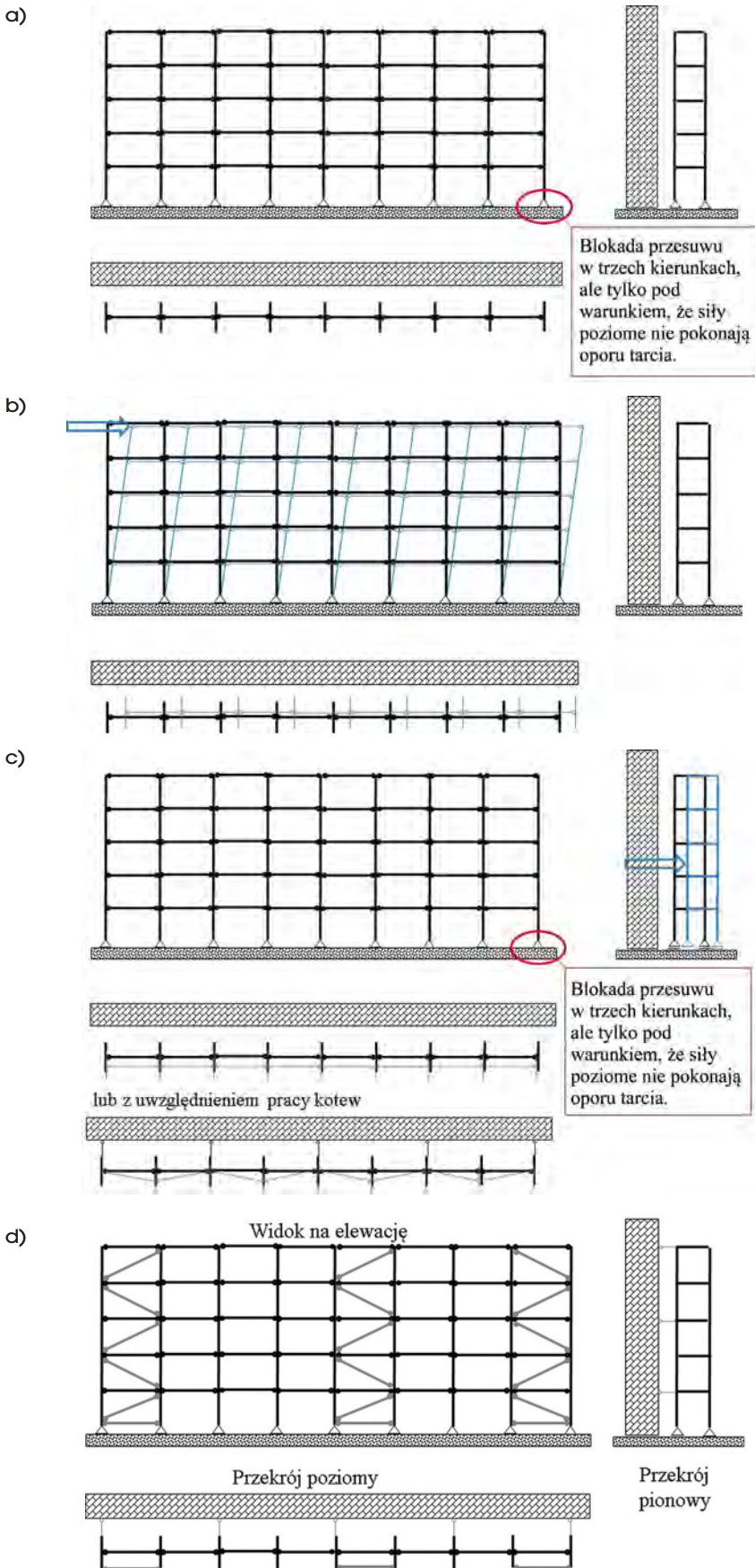
Czynniki techniczne wpływające na nośność rusztowań

Głównym zadaniem rusztowań budowlanych jest zapewnienie bezpieczeństwa jego użytkownikom podczas prac na wysokości lub w miejscach o utrudnionym dostępie. Realizacja tego wymogu wymaga spełnienia wielu warunków, opisanych w pracach [3, 4, 5, 6] i pogrupowanych w zestawy czynników prawno-społeczno-ekonomicznych, środowiskowych, technicznych, organizacyjnych i ludzkich. W tej pracy są omówione jedynie czynniki techniczne. Ta grupa czynników jest szczególnie, ponieważ ma znaczenie dla bezpieczeństwa ludzi z powodu wpływu na pracę konstrukcji rusztowania i możliwość wystąpienia awarii.

Jak pokazano w poprzednim punkcie, praca rusztowania zależy między innymi od: ukształtowania konstrukcji głównej rusztowania;

- układu stężeń;
- posadowienia rusztowania, w tym nośności podłoża i stabilności podkładów;
- nośności układu kotew;
- dokładności montażu, a w szczególności dokładności realizacji geometrii rusztowania i połączeń oraz zabezpieczania pomostów przed podniesieniem;
- stanu technicznego elementów;
- wielkości obciążeń, a w szczególności działania wiatru i obciążenia eksploatacyjnego.

W rusztowaniu przede wszystkim należy prawidłowo dobrać rozstawy ram, tak aby przeniosły wszystkie obciążenia. Im rusztowanie wyższe lub im obciążenie jest bardziej nierównomiernie rozłożone, tym te rozstawy powinny być mniejsze. W praktyce z przyczyn ekonomicznych na budowach dąży się do



Rys. 1. Schemat pracy rusztowania: a) główna konstrukcja rusztowania, b) ruch głównej konstrukcji rusztowania bez usztywnień (stężenia i kotwy) wzdłuż elewacji, c) ruch głównej konstrukcji rusztowania bez usztywnień prostopadło do elewacji, d) pełna konstrukcja rusztowania

stosowania rozstawu ok. 3 m, czyli możliwie największego. Z kształtowaniem konstrukcji rusztowań wiąże się montaż stężeń. Stężenia powinny być montowane zawsze w skrajnych polach, odległości pomiędzy polami ze stężeniami nie powinny być większe niż 10 m, a na każdym poziomie powinny być co najmniej dwa stężenia. Niestety z badań rusztowań na budowach wynika, że w ponad 50% przypadków stężenia są nieprawidłowo zamontowane. Najczęściej skrajne pola rusztowań są bez stężeń, tak jak to pokazano na rys. 2. i rys. 3a.

Na rys. 3. pokazane jest również posadowienie rusztowania. Na rys. 3b przedstawione jest prawidłowe posadowienie, tzn. podkład jest ustawiony prostopadło do elewacji i obie podstawki ramy są umieszczone na tym podkładzie. Na rys. 3c widoczny jest inny sposób ustawienia ramy. Zestaw podkładów, na którym postawiono rusztowanie, wygląda dość stabilnie, ale poszczególne elementy mogą się przesuwać, co nie daje gwarancji przeniesienia sił poziomych. Dodatkowo podkłady są obciążone parciem bocznym gruntu oraz obciążeniami statycznymi i dynamicznymi, wywołanymi maszynami budowlanymi przekazywanymi na ten grunt.

Z posadowieniem rusztowań związany jest stan podłoża. Bardzo często rusztowania stawiane są na podłożu utwardzonym, np. kostce brukowej, betonie. Takie podłoża gwarantują, że nie nastąpi osiadanie ram konstrukcji. W przypadku gdy rusztowanie jest ustawione bezpośrednio na gruncie, podłoże powinno być odpowiednio przygotowane, tzn. zagęszczane i wyprofilowane. Z badań wynika, że podłoża gruntowe zwykle nie są prawidłowo przygotowane, a przed wszystkim nie są zagęszczane. Na rys. 4. pokazano wykresy dynamicznego modułu ścisłości E_d dla 6 przykładowych rusztowań. Jak widać na rysunku, dla przypadku najbardziej niekorzystnego wartości maksymalne wartości modułu E_d są 9-krotnie większe



Rys. 2. Rusztowanie fasadowe (W07 w badaniach) bez stężeń w skrajnym niekotwionym polu

od wartości minimalnej. Na 50 przebadanych rusztowań w odniesieniu do 23 stwierdzono, że podłoże zapewnia równierne osiadanie, ale były to sytuacje, gdy rusztowanie było postawione na podłożu betonowym lub z kostki. Gdy rusztowanie było postawione na podłożu gruntowym, to ilorazy wartości minimalnej do maksymalnej modułu ściśliwości mieściły się w przedziale od 0,1 do 0,9. Takie różnice w zagęszczeniu gruntu powodują, że powstają bardzo duże różnice osiadań pomiędzy poszczególnymi ramami. Rusztowania dzięki swojej budowie zwykle nie są wrażliwe na tak duże różnice. Jednak gdy nierównomierne osiadania dotyczą ram stęzonych, gdzie osiadanie doprowadza do „zawieszenia” płaszczyzny ram na innych płaszczyznach ram lub podstawki są postawione na dwóch oddzielnych podkładach, to wtedy już może dojść do powstania dodatkowych wyiężeń w elementach rusztowania.

Analiza posadowień rusztowań na 50 budowach pokazuje, że rusztowania są również źle ustawiane na podkładach. Na 50 przebadanych rusztowań tylko w 20 przypadkach ustawienie rusztowań na podkładach można było potraktować jako prawidłowe. Główne błędy to stawianie stojaków jednej ramy na oddzielnych podkładach, używanie podkładów węższych niż podstawki, ustawianie podkładów na innych elementach-podkładach, nieustawianie podstawek ram w osiach, używanie spękanych podkładów drewnianych, ustawianie podstawek bezpośrednio na podłożu, ustawianie dwóch podstawek na podkładzie składającym się z dwóch równoległych elementów.



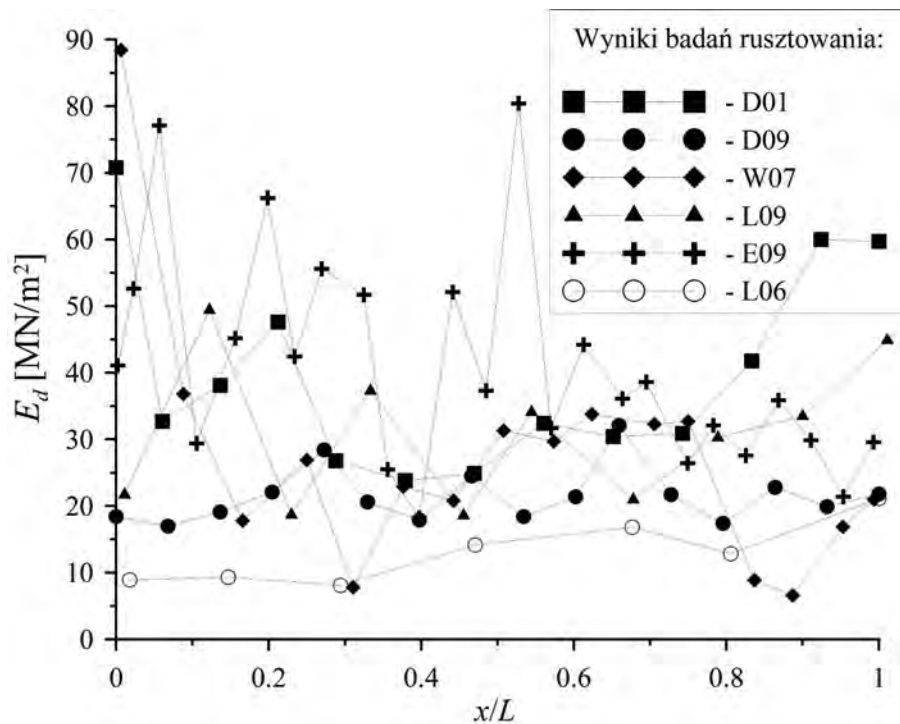
Rys. 3. Rusztowanie fasadowe (L01 w badaniach): a) całe rusztowanie, b) prawidłowe ustawienie ram na podkładach, c) ustawienie ram na podkładach, które są obciążone dodatkowo parciem gruntu

Zakończenie

W tej części artykułu omówiono pierwsze dwie grupy czynników technicznych wpływających na prawidłowe funkcjonowanie rusztowań, tj. kształtowanie konstrukcji oraz jej posadowienie. W kolejnej części artykułu zostaną omówione takie zagadnienia, jak kotwienie rusztowania, dokładność montażu, stan techniczny elementów oraz obciążenia rusztowań.

BIBLIOGRAFIA

- [1] Błażik-Borowa E., Czarnocki K., Hoła B., Szer J.: Projekt badawczy „Model oceny ryzyka wystąpienia katastrof budowlanych, wypadków i zdarzeń niebezpiecznych na stanowiskach pracy z wykorzystaniem rusztowań budowlanych”, „Rusztowania”, 1/2016 (40), 2016, 18-20.
- [2] Hoła B., Sawicki M., Szóstak M., Błażik-Borowa E., Czarnocki K., Szer J.: Badania rusztowań na placu budowy, „Builder”, grudzień 2016, 80-83.
- [3] Błażik-Borowa E., Szer J.: The analysis of the stages of scaffolding “life” with regard to the decrease in the hazard at building works, “Archives of Civil and Mechanical Engineering”, nr 2, vol. 15, 2015, 516-524.
- [4] Jagielski P., Szer J., Błażik-Borowa E.: Ocena bezpieczeństwa i zagrożeń użytkowników rusztowań budowlanych na świecie, „Materiały budowlane”, 9/2015 (517), 128-130.
- [5] Błażik-Borowa E. i inni: Bezpieczeństwo pracy w budownictwie, Wydawnictwo Politechniki Lubelskiej, Lublin 2015.
- [6] Błażik-Borowa E., Szer J.: Podstawowe elementy modelu oceny ryzyka wystąpienia zdarzeń niebezpiecznych na rusztowaniach, „Przegląd budowlany”, (10), 2016, 24-29.



Rys. 4. Zmiany dynamicznego modułu odkształcenia E_d gruntu wzdłuż elewacji budynku; x - odległość punktu pomiarowego od pierwszego stojaka rusztowania, L - długość rusztowania