

dr inż. Aleksander Robak<sup>1)</sup>  
ORCID: 0000-0003-4808-0516

# Analiza numeryczna wpływu uszkodzeń i imperfekcji geometrycznych na nośność rusztowań ramowych

*Numerical analysis of the damage and geometrical imperfections influence on the load capacity of frame scaffoldings*

DOI: 10.15199/33.2023.09.10

**Streszczenie.** W artykule przedstawiono analizy numeryczne konstrukcji rusztowania z uszkodzeniami w postaci łukowego wygięcia stojaków. W przeprowadzonych obliczeniach analizowano wpływ lokalizacji i liczebności uszkodzeń, imperfekcji geometrycznych, normowych wariantów obciążenia oraz wysokości rusztowania na wielkość naprężeń normalnych. Celem przeprowadzonych analiz numerycznych jest zwiększenie poziomu wiedzy na temat wpływu uszkodzeń eksploatacyjnych na nośność głównych elementów konstrukcyjnych w rusztowaniach budowlanych. **Słowa kluczowe:** rusztowania; uszkodzenia eksploatacyjne; analiza numeryczna; obliczenia statyczne.

**Abstract.** The paper presents numerical analyzes of the scaffolding structure with damages in the form of arc bending of the stands. In the calculations carried out, the influence of the location and number of damages, geometrical imperfections, standard load variants and scaffolding height on the value of normal stresses was analysed. The purpose of the conducted numerical analyzes is to increase the level of knowledge on the influence of operational damage on the load carrying capacity of the main structural elements in scaffolding.

**Keywords:** scaffolding; operational damage; numerical analysis; statics calculations.

W artykule przedstawiono analizy numeryczne konstrukcji rusztowania z uwzględnieniem uszkodzeń eksploatacyjnych w postaci łukowego wygięcia stojaków. Zgodnie z [1], tego typu uszkodzenia mają największy wpływ na nośność głównego elementu nośnego systemu ramowego rusztowań. W celu uzyskania wiarygodnej oceny wpływu uszkodzeń na konstrukcję rusztowania, przeprowadzono obliczenia w programie Autodesk Simulation Multiphysics z uwzględnieniem nieliniowości geometrycznej. We wszystkich przeprowadzonych analizach numerycznych obciążenie miało zdefiniowany liniowy charakter przyrostu i było realizowane w stu krokach obliczeniowych. W obliczeniach całej konstrukcji analizowano wpływ lokalizacji i liczebności uszkodzeń wprowadzonych do konstrukcji oraz normowych i rzeczywistych imperfekcji geometrycznych, normowych wariantów obciążenia, a także wysokości rusztowania na wielkość naprężeń normalnych. Celem przeprowadzonych badań oraz analiz numerycznych jest zwiększenie poziomu wiedzy na temat wpływu uszkodzeń eksploatacyjnych na nośność głównych elementów konstrukcyjnych w rusztowaniach budowlanych.

Obecnie na budowach stosowane są najczęściej rusztowania systemowe, czyli konstrukcje stworzone z prefabrykowanych elementów, w których jednoznacznie określono wymiary głównej siatki konstrukcyjnej. W Polsce do jednych z najbardziej popularnych należą **systemy rusztowań ramowych**, które powszechnie stosowanie zawdzięczają prostocie i szybkości montażu oraz czynnikom ekonomicznym. Szczegółowy podział rusztowań został omówiony w [2].

Bardzo ważnym tematem, podejmowanym przez naukowców, są badania związane z węzłami rusztowań. Dokładne procedury określania nośności węzłów rusztowań podają normy [3, 4]. Dużym problemem jest określenie sztywności połączeń między elementami, szczególnie jeżeli chodzi o systemy rusztowań modułowych. W przypadku elementów konstrukcyjnych rusztowań ramowych sytuacja jest dużo prostsza do zdefiniowania, ponieważ zarówno stężenia, poręcze, jak i pomosty są zamocowane obustronnie przegubowo.

Konstrukcje budowlane w zasadzie nie mają idealnej geometrii. W trakcie procesu ich wznoszenia istnieje wiele czynników wpływających na powstanie niedoskonałości geometrycznych. Rusztowania budowlane są szczególnie narażone na wystąpienie tego zjawiska, ponieważ proces ich wznoszenia jest dosyć szybki. Dodatkowo kontrola prawidłowego kształtowania konstrukcji ogranicza się do użycia przez monterów krótkiej poziomicy, która nie gwarantuje dużej precyzji, szczególnie w przypadku bardzo wysokich konstrukcji. Z tego powodu istnieją zalecenia opisujące sposób uwzględnienia imperfekcji w ramowych konstrukcjach stalowych. Zalecenia te dotyczące rusztowań zostały uściślone w normie [5].

W [6] przedstawiono wyniki badań imperfekcji lokalnych, a także globalnych imperfekcji przechyłowych. Badania te prowadzone były w trakcie eksploatacji rusztowań na terenie Australii. Maksymalne pomierzone wartości imperfekcji w tych badaniach to 2,8 mm/m. Należy jednak zaznaczyć, że badania odbywały się na rusztowaniach podporowych. W trakcie badań przeprowadzonych w Polsce na roboczych rusztowaniach fasadowych uzyskano zdecydowanie większe wartości imperfekcji. Badania te przeprowadzono z użyciem technik geodezyjnych i opisano w [7]. W pracach [8, 9] zamieszczono bardzo obszerne analizy numeryczne, w których uwzględniono

<sup>1)</sup> Politechnika Lubelska, Wydział Budownictwa i Architektury; a.robak@pollub.pl

wpływ imperfekcji geometrycznych na pracę statyczno-wytrzymałościową typowych rusztowań fasadowych. We wnioskach prac [8, 9] autorzy podkreślają, że analizowane przez nich wartości wprowadzonych imperfekcji nie zagrażają nośności typowego rusztowania fasadowego o regularnej budowie. Oba analizowane przypadki powodowały jednak zwiększenie wartości naprężeń w głównych elementach konstrukcyjnych.

## Analiza numeryczna

Rusztowanie jest typową konstrukcją prętową. Badania numeryczne i doświadczalne przeprowadzone w celu weryfikacji modelu numerycznego uwzględniającego uszkodzenia w formie wygięcia stojaka ramy przedstawiono w pracy [10]. W obliczeniach tych model numeryczny zbudowany był z elementów powłokowych i precyzyjnie odzwierciedlał geometrię wszystkich elementów składowych ramy i ich połączeń. W analizie numerycznej konstrukcji rusztowania nie jest możliwe wykorzystanie precyzyjnych modeli wykonanych z powłokowych elementów skończonych, uwzględniających uszkodzenia. Z tego powodu pierwszym krokiem przy budowie modelu całego rusztowania było porównanie wyników uzyskiwanych z jednakowo zamocowanych i obciążonych modeli pojedynczej ramy posiadających uszkodzenie. Porównano wyniki otrzymane z analizy, w której model ramy stworzono przy użyciu powierzchniowych elementów skończonych, oraz wyniki z uproszczonego modelu wykonanego z prętowych elementów skończonych. W tym modelu uszkodzenie stojaka było realizowane przez zbiór prostoliniowych elementów skończonych o długości ok. 1 cm. Porównanie wykazało zgodność wyników uzyskanych z prętowego modelu uproszczonego oraz szczegółowego modelu powłokowego ramy w całym zakresie, w którym naprężenia nie przekraczają granicy plastyczności.

Obliczenia konstrukcji rusztowań prowadzono wg zaleceń obowiązujących norm, dlatego za wartość graniczną przyjęto wartość charakterystyczną granicy plastyczności materiału, z którego są wykonane elementy rusztowań. Takie założenie pozwala na wykorzystanie w obliczeniach całej konstrukcji uproszczonego modelu prętowego ramy z uszkodzeniem. Wyniki obliczeń przedstawione w artykule są efektem obliczeń statycznych pełnej konstrukcji rusztowania wykonanych w 816 wariantach, w których jako uszkodzenie wprowadzono wygięcie osi stojaka, o wielkości strzałki ugięcia równej 30 mm, zlokalizowane w płaszczyźnie prostopadłej do płaszczyzny ramy.

**Przypadki obciążeń.** Zgodnie z zaleceniami normy [5], przy projektowaniu rusztowań należy uwzględnić **obciążenia stałe**, tj. ciężar własny konstrukcji oraz **obciążenia zmienne**: eksploatacyjne (na pomoście roboczym), a także wiatrem, śniegiem i lodem. Obciążenia wiatrem, śniegiem i oblodzeniem są brane pod uwagę tylko w przypadku rusztowań ustawionych na zewnątrz obiektów budowlanych. W artykule uwzględniono obciążenie wiatrem, natomiast pominięto obciążenie śniegiem i oblodzeniem. Analizowane przypadki uwzględniają najbardziej niekorzystne kombinacje obciążeń statycznych w warunkach eksploatacji oraz kiedy rusztowanie nie jest używane. Zgodnie z ogólnymi zasadami projektowania rusztowań oraz zaleceniami dotyczącymi sposobu przykładania obciążenia wia-

trzem na konstrukcję rusztowania przyjęto obciążenia w dwóch kierunkach: równoległe i prostopadłe do fasady, bez uwzględnienia efektu ekranowania. Maksymalne obciążenie wiatrem przyjęto na podstawie normy wiatrowej [11]. Szczegółowy opis przyjmowania wartości obciążenia wiatrem rusztowań fasadowych został przedstawiony w [12]. Uwzględniając zalecenia normowe, wartości obciążeń wyznaczono w przypadku rusztowania klasy 3, ustawionego na zewnątrz obiektu budowlanego w okresie letnim. Dało to cztery kombinacje obciążenia, których parametry zestawiono w tabeli 1.

**Tabela 1. Przypadki obciążeń**

*Table 1. Load cases*

Kombinacje obciążenia	Ciężar własny	Obciążenie wiatrem	100% obciążenia najwyższego pomostu	50% obciążenia pomostu niższego	25% obciążenia najwyższego pomostu
Wariant obciążenia I	•	maksymalne, prostopadłe do elewacji			•
Wariant obciążenia II	•	robocze, prostopadłe do elewacji	•	•	
Wariant obciążenia III	•	maksymalne, równoległe do elewacji			•
Wariant obciążenia IV	•	robocze, równoległe do elewacji	•	•	

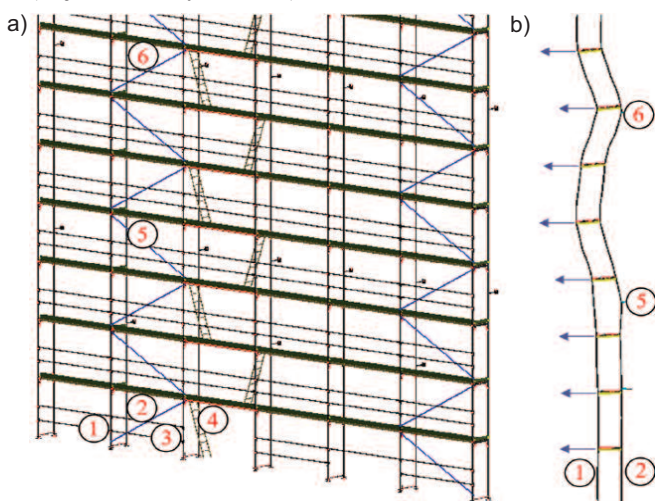
**Lokalizacja uszkodzeń.** Zasady pracy rusztowania jako konstrukcji prętowej zostały opisane w [13]. W przypadku rusztowań ramowych ich główną konstrukcją stanowi układ sztywnych ram i pomostów. Ramy, ustawione jedna na drugiej, przy założeniu, że ich połączenia są sztywne, w przekroju pionowym tworzą płaski statycznie niewyznaczalny układ prętowy, oparty na podłożu za pośrednictwem podstawek śrubowych. Rusztowanie, składające się tylko z ram i pomostów, jest układem geometrycznie zmiennym. W celu zrealizowania konstrukcji zdolnej do przenoszenia obciążeń, w rusztowaniu montowane są stężenia oraz układ kotew blokujących możliwość przesuwu w kierunku prostopadłym do fasady budynków. Montaż stężeń w standardowych konfiguracjach rusztowań ramowych realizowany jest w wybranych pionach i ma na celu stworzenie sztywnych fragmentów konstrukcji, które blokują ruch konstrukcji w kierunku poziomym równoległym do fasady. Pomiedzy tymi sztywnymi pionami pozostają fragmenty konstrukcji, mogące się dość swobodnie przemieszczać w pionie, co zabezpiecza konstrukcję przed zwiększeniem naprężenia z powodu przenoszenia się obciążeń z sąsiednich pionów. Do przenoszenia obciążeń między poszczególnymi pionami ram dochodzi za pośrednictwem stężeń. Największy stopień wyteżenia w rusztowaniach fasadowych, realizowanych w typowych konfiguracjach, występuje u podstawy rusztowania. Wynika to z faktu, że dominującym obciążeniem typowych konfiguracji rusztowań, szczególnie w przypadku rusztowań wysokich, jest ciężar własny. Biorąc to pod uwagę, lokalizację uszkodzeń przyjęto metodą deterministyczną bez analizy wrażliwości konstrukcji na losową zmianę parametrów opisujących lokalizację uszkodzeń. Z tego powodu w analizowanym rusztowaniu, warianty odnoszące się do lokalizacji uszkodzenia ograniczono do wprowa-

dzania ich do ram najniższego poziomu pionu, w którym zamontowane zostały stężenia pionowe. W tabeli 2 określono, do których stojaków wprowadzono uszkodzenia w poszczególnych wariantach. Schematyczne oznaczenie lokalizacji uszkodzeń zostało przedstawione na rysunku 1. Jak widać, pierwszy wariant jest wariantem referencyjnym bez uszkodzeń. Dwa ostatnie warianty to analiza wpływu uszkodzenia w miejscach występowania maksymalnych naprężeń powodowanych momentem zginającym. Są to charakterystyczne sytuacje w przypadku rusztowań fasadowych, w których największe zginanie powstaje, jeżeli kotwienie jest zrealizowane w środku wysokości stojaka (stojak nr 5 na rysunku 1b) lub na załamaniu, wynikającym z oddziaływań poziomych i powstającym wówczas, gdy w rusztowaniu nie jest kotwionych kilka kolejnych poziomów (stojak nr 6 na rysunku 1b).

**Tabela 2. Warianty lokalizacji uszkodzeń**

Table 2. Variants of damage location

Lp.	Nazwa wariantu	Numery stojaków, w których wprowadzono uszkodzenia
1	U_b	brak
2	U_1	1
3	U_2	2
4	U_3	3
5	U_4	4
6	U_12	1, 2
7	U_34	3, 4
8	U_234	2, 3, 4
9	U_134	1, 3, 4
10	U_1234	1, 2, 3, 4
11	U_6	6
12	U_5	5



**Rys. 1. Schemat lokalizacji stojaków z uszkodzeniem: a) widok izometryczny; b) przekrój poprzeczny**

Fig. 1. Scheme of the location of standard with damage: a) isometric view; b) cross-section

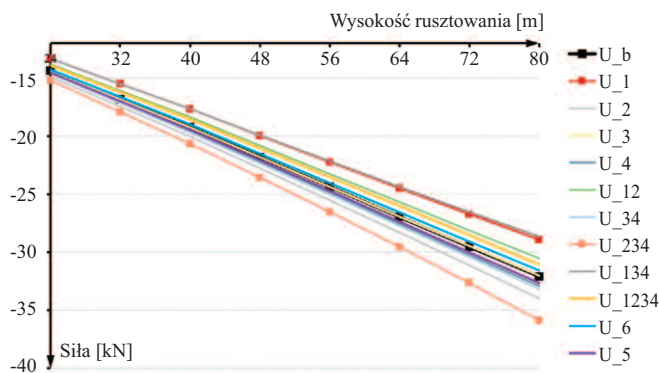
**Imperfekcje geometryczne.** Kolejnym analizowanym w obliczeniach wpływem są imperfekcje. Rozpatrzono trzy ich warianty. Pierwszym jest **wariant referencyjny**, w którym rusztowanie nie ma imperfekcji geometrycznych. Drugi wariant to taki, w którym w geometrii rusztowania uwzględniono imperfekcje rzeczywiste. Wprowadzono je do modelu numerycznego na podstawie danych uzyskanych z pomiarów przeprowadzonych z użyciem technik geodezyjnych. Pomiaru te wykonano na rzeczywistym rusztowaniu, użytkowanym w warunkach budowy. Imperfekcje rzeczywiste w rusztowaniach mają charakter przechyłowy. Wielkości wychyleń mają różny rozkład na wysokości w kolejnych pionach w obrębie jednego rusztowania. Podobnie jest z wielkościami maksymalnymi wychyleń.

W analizowanym rusztowaniu maksymalna zarejestrowana wartość wychYLENIA to 10,2 cm. Przez wychYLENIA rozumiemy przemieszczenia poziome względem teoretycznej płaszczyzny pionowej. Trzecim, ostatnim wariantem jest wprowadzenie imperfekcji geometrycznych do konstrukcji rusztowania wg zaleceń normowych. Są to imperfekcje przechyłowe wynikające z możliwości wzajemnego obrotu rur w miejscu łączenia rama-rama. W tym przypadku do modelu numerycznego wprowadza się przesunięcia węzłów na poziomie pomostów o zadaną wartość imperfekcji. Przesunięcia te są realizowane zgodnie z kierunkiem dominującego obciążenia poziomego, czyli obciążenia wiatrem, przy czym przemieszczenia węzłów na kolejnych poziomach mają przeciwny zwrot.

**Wysokość konstrukcji.** Warianty obliczeń, w których wprowadzano rzeczywiste imperfekcje geometryczne, były przeprowadzone tylko w przypadku wysokości rusztowania 40 m. Jest to faktyczna wysokość analizowanego rusztowania. Natomiast obliczenia uwzględniające oba warianty teoretyczne, czyli obliczenia rusztowania bez imperfekcji i z imperfekcjami normowymi, zostały dodatkowo rozszerzone o warianty, w których zmieniano wysokość konstrukcji. Rozpatrzono dwa warianty o zmniejszonej wysokości rzeczywistego rusztowania o 8 i o 16 m. Zmniejszenie polegało na usunięciu w kolejnych krokach czterech najwyższych poziomów rusztowania. Rozpatrywano też konstrukcje o wysokości większej. W tym przypadku, podobnie jak przy zmniejszaniu, w kolejnych wariantach dodawano po 4 poziomy. Kolejne poziomy dodawano, zachowując wszystkie wyjściowe założenia konstrukcyjne, takie jak schemat kotwienia i układ stężeń. Najwyższe analizowane rusztowanie miało wysokość 80 m.

## Wyniki obliczeń statycznych

Wprowadzone uszkodzenia zmieniają rozkład sił w elementach zlokalizowanych u podstawy rusztowania. Uszkodzenia mają także istotny wpływ na stan naprężeń przede wszystkim w stojakach, w których zostały wytworzone. Zaobserwowano, że w stojaku, w którym wprowadzono uszkodzenie, siła normalna zmniejszyła się. Obciążenie pionowe jest przyjmowane przez sąsiednie stojaki, głównie te, które nie są uszkodzone. Ma to związek z tym, że uszkodzenie zmienia sztywność wzdłużną elementu. Siły pionowe ze stojaków ram początkowych (na najniższym poziomie) są przekazywane bezpośrednio do podstawek, czyli są to również wartości oddziaływania rusztowania na podłoże, na którym zostało posadowione. Na rysunku 2 przedstawiono zależność siły w podstawie od wysokości rusztowania w poszczególnych wariantach lokalizacji uszkodzenia. Są to wartości pochodzące z III wariantu obciążenia w rusztowaniu bez imperfekcji, w podstawie, która jest zlokalizowana pod słupkiem oznaczonym nr 1. Ze wszystkich przeanalizowanych wariantów, to właśnie w tej podstawie uzyskano największą wartość siły normalnej. W porównaniu z wariantem bez uszkodzeń, we wszystkich przypadkach, w których uszkodzenie jest wprowadzane do stojaka nr 1, siła w podstawie pod nim maleje. Natomiast jeśli stojak nr 1 nie ma uszkodzenia, to siła w podstawie pod nim zwiększa się. Maksymalna różnica między siłami normalnymi w tym przypadku, względem wariantu bez uszkodzenia, to 12,3%.



**Rys. 2.** Wartości siły normalnej w podstawie pod stojakiem nr 1, wariant III obciążenia – rusztowanie bez imperfekcji

Fig. 2. Normal force values in the base jack under standard no. 1, load variant III – scaffolding without imperfections

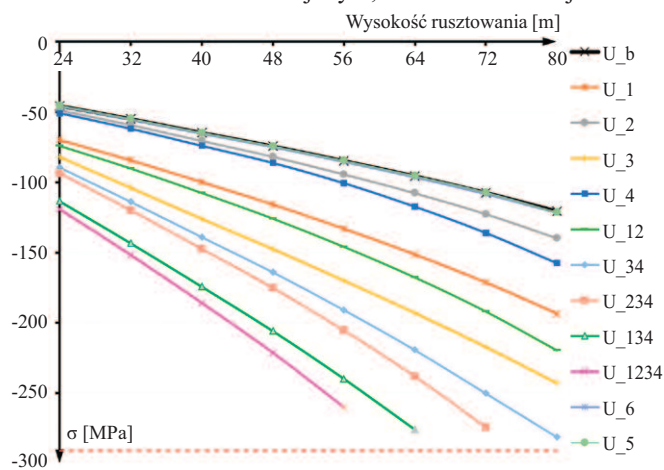
Rysunek 3 przedstawia wartości pochodzące z ramy, w której uzyskano największe wartości naprężeń normalnych ze wszystkich zrealizowanych wariantów obliczeń. Wartość naprężeń normalnych została ustalona na podstawie wzoru:

$$\sigma = N/A + M_2/W_2 + M_3/W_3 \quad (1)$$

gdzie:

N – siła normalna; A – pole przekroju poprzecznego stojaka;  
 $M_2$  – moment zginający o wektorze zgodnym z drugą osią lokalnego układu współrzędnych;  $W_2$  – wskaźnik wytrzymałości względem drugiej osi lokalnego układu współrzędnych;  $M_3$  – moment zginający o wektorze zgodnym z trzecią osią lokalnego układu współrzędnych;  $W_3$  – wskaźnik wytrzymałości względem trzeciej osi lokalnego układu współrzędnych.

Na rysunku 3 widać wyraźnie, że wartość naprężeń w rozpatrywanym stojaku zwiększa się wraz z wprowadzaniem uszkodzeń do sąsiednich stojaków. Naprężenia wyraźnie wzrastają wraz ze zwiększaniem liczby uszkodzonych stojaków. W zależności od rozpatrywanego wariantu wysokości, nastąpił nawet trzykrotny wzrost naprężeń względem referencyjnego wariantu bez uszkodzeń. Na rysunku 3 czerwoną przerywaną linią zaznaczono również wartość charakterystycznej granicy plastyczności materiału. Jak widać, rusztowanie bez uszkodzeń, we wszystkich wariantach wysokości, uzyskuje wartości zdecydowanie poniżej tej granicy. Wprowadzenie uszkodzeń skutkuje tym, że w analizowanej konfi-



**Rys. 3.** Wartości naprężeń normalnych w stojaku nr 3, wariant IV obciążenia – rusztowanie z imperfekcjami rzeczywistymi

Fig. 3. Normal stresses values in standard no. 3, load variant IV – scaffolding with real imperfections

guracji rusztowania, w przypadku wysokości większej niż 56 m, dochodzi do przekroczenia wartości granicznych naprężeń.

Przeprowadzono również analizę wyników obliczeń pod kątem wpływu imperfekcji geometrycznych na stan naprężeń w stojakach rusztowania. Wpływ przechyłowych imperfekcji geometrycznych okazał się znacznie mniejszy od wpływu uszkodzeń, który pokazano na rysunku 3. Porównanie wartości maksymalnych naprężeń normalnych, w modelach uwzględniających imperfekcje rzeczywiste, wykazało wzrost maksymalnie o 7% w porównaniu z takim samym wariantem bez imperfekcji. W przypadku imperfekcji normowych zaobserwowano natomiast wzrost maksymalnie o 3%.

## Podsumowanie

Przedstawione obliczenia pokazują, jak duży wpływ na wielkość naprężeń normalnych mogą mieć uszkodzenia w postaci łukowego wygięcia stojaka ramy. W celu uzyskania wiarygodnej oceny wpływu uszkodzeń na konstrukcję rusztowania należy przeprowadzić obliczenia z uwzględnieniem nieliniowości geometrycznej, a także zweryfikować model prętowy uszkodzonej ramy, przyjęty do obliczeń całej konstrukcji. W obliczeniach warto też uwzględniać rzeczywiste imperfekcje geometryczne, które ze względu na nieregularny charakter mogą dodatkowo zwiększać wartość naprężeń. Na ostateczny stan naprężeń w konstrukcji rusztowania bardzo duży wpływ ma lokalizacja, a także liczebność elementów posiadających uszkodzenia.

## Literatura

- [1] Robak A, Pieńko M, Błazik-Borowa EI. Analysis of Exploitation Damages of the Frame Scaffolding, MATEC Web of Conferences. 2019; 284: 1 – 14.
- [2] Gawęcka D, Gnot D, Kraszkiewicz P, Piłka A, Woźniak T. Rusztowania budowlane – Nowoczesne systemy rusztowań roboczych, Polska Izba Gospodarcza Rusztowań, 2006.
- [3] PN-EN 74-1 Złącza, sworznie centrujące i podstawki stosowane w deskowaniach i rusztowaniach – Część 1: Złącza do rur – wymagania i metody badań, 2006.
- [4] PN-EN 74-2 Złącza, sworznie centrujące i podstawki stosowane w deskowaniach i rusztowaniach – Część 2: Złącza specjalne – wymagania i metody badań, 2009.
- [5] PN-EN 12811-1 Tymczasowe konstrukcje stosowane na placu budowy – Część 1: Rusztowania Warunki wykonania i ogólne zasady projektowania, 2007.
- [6] Chandrangsu T, Rasmussen KJR. Investigation of geometric imperfections and joint stiffness of support scaffold systems, J. Constr. Steel Res. 2011; 67: 576 – 584.
- [7] Błazik-Borowa E, Borowa A, Kawecki B, Kotowicz M, Robak A. Geodesic inventory of scaffolding geometry, Engineering Structures. 2019; 196: 1 – 10.
- [8] Błazik-Borowa E, Gontarz J. Wpływ imperfekcji na pracę statyczno-wytrzymałościową typowego rusztowania. Budownictwo i Architektura. 2014; 13 (2): 325 – 332.
- [9] Błazik-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. 2016; 16: 269 – 281.
- [10] Robak A. Wpływ uszkodzeń mechanicznych na nośność głównych elementów konstrukcyjnych systemu fosadowego rusztowań budowlanych, Przegląd Budowlany. 2022; <https://pub.fosadlub.pl/publication/56/>.
- [11] PN-EN 1991-1-4:2008. Eurokod 1. Oddziaływania na konstrukcje. Część 1-4: Oddziaływania ogólne. Oddziaływania wiatru.
- [12] Lipeccki T, Jamińska-Gadomska P, Błazik-Borowa E. Dynamic wind action on facade scaffoldings, AIP Conference Proceedings 1922, 110001, 2018.
- [13] Błazik-Borowa E. Obciążenia i oddziaływania na rusztowania jako konstrukcje inżynierskie, Wydawnictwo Politechniki Lubelskiej, 2018.

Przyjęto do druku: 21.08.2023 r.