

Analiza wybranych błędów projektowych i montażowych połączeń balustrad z płytami balkonowymi



MACIEJ WARDACH
 Politechnika Białostocka
 Wydział Budownictwa i Nauk o Środowisku
ORCID: 0000-0001-8541-1447



WOJCIECH TALIPSKI
 UNIBEP SA
ORCID: 0000-0001-6633-1767

Nieprawidłowo zaprojektowane lub wykonane połączenia balustrad prowadzą do degradacji warstw wykończeniowych, powstawania nadmiernych przemieszczeń, zmniejszenia poczucia bezpieczeństwa mieszkańców, a nawet awarii budowlanych.

Wprowadzenie

W budynkach wielopłytowych oprócz licznie zdiagnozowanych wad połączeń warstw fakturowych z warstwami nośnymi belkościan [1, 2] często można spotkać się z wadami wykonania podpór płyt balkonowych [3] oraz degradacją wykończenia balkonów i balustrad [4].

Często pomijanym aspektem, istotnym w odniesieniu do awaryjności, są połączenia balustrad. W budynkach wykonanych w systemach wielopłytowych, np. OWT, projektowano połączenia do górnej powierzchni płyty za pośrednictwem stalowych marek zabetonowanych w płycie balkonowej (rys. 1.). Mocowanie do ścian realizowano za pomocą odginanych prętów lub płaskowników. Wadą takich połączeń jest zmniejszenie skuteczności hydroizolacji balkonów – warstwy izolacyjne są „przebite” przez połączenia balustrad z płytami. Akumulacja wody związana z na-

siakliwością betonu i oddziaływania termiczne prowadzą do degradacji betonu oraz stali, a wcześniej do uszkodzenia posadzki płyt balkonowych.

Badania *in situ* obiektów istniejących

W celu zweryfikowania postawionej tezy przeprowadzono badania nieniszczące balustrad budynku OWT wybudowanego w 1990 r. w Białymstoku. Za pomocą młotka Schmidta określono klasę betonu płyty o grubości 16 cm i wysięgu 1,20 m do klasy C16/20. Rozstaw słupków mocujących wykonanych z płaskowników o grubości 6 mm wynosił 1,20 m. Za pomocą twardościomierza ultradźwiękowego wstępnie oszacowano granicę plastyczności stali, z której wykonano elementy balustrad, poprzez korelację twardości z parametrami wytrzymałościowymi. W rezultacie badań niszczących potwierdzono, że

poprawnie zaklasyfikowano stal kształtowników do gatunku S235. Pomiary wykonane grubościomierzem ultradźwiękowym wykazały ubytek grubości słupków wynoszący od 0,2 do 0,4 mm. Zabetonowaną markę stalową o wymiarach 6 x 6 cm i grubości 5 mm również zaklasyfikowano do gatunku S235. Ubytek grubości miejscowo wynosił do 0,2 mm. W wyniku badań makroskopowych określono destrukcję posadzki, zwłaszcza w rejonie czoła płyty i słupków stalowych, oraz korozyję kształtowników i obróbki blacharskiej (rys. 2. i 3.). Zaobserwowano także liczne wykwity oraz spękania tynku od spodu balkonu.

Woda penetrująca przebiła warstwę hydroizolacji, oddziaływania termiczne oraz niewłaściwe zabezpieczenie przeciwkorozyjne kształtowników stanowią główną przyczynę zaobserwowanej degradacji warstw wykończeniowych i słupków balustrad.

Błędy projektowo-wykonawcze w obiektach nowo budowanych

Obecnie autorzy w swojej pracy zawodowej związanej z nowo powstającymi budynkami spotykają błędy projektowe powodujące nadmierne odkształcenia balustrad, które wpływają na zmniejszenie poczucia bezpieczeństwa ich użytkowników. W przypadku barier z wypełnieniem szklanym deformacje mogą skutkować powstawaniem naprężeń grożących awarią. Istotnym aspektem może być rozbieżność przyjmowanych przez projektantów wartości obciążeń poziomych balustrad. Obciążenie poziomą siłą ciągłą, działającą prostopadle do płaszczyzny balustrady wg normy [5] dla budynków mieszkalnych powinno wynosić 1,0 kN/m. Eurokod [6] dopuszcza wybór owego obciążenia z przedziału od 0,2 do 1,0 kN/m, przy czym wartością zalecaną jest 0,5 kN/m.



Rys. 1. Marka stalowa osadzona w płycie balkonowej systemu OWT

Autorzy przeprowadzili obliczenia statyczne, które wykazały, że największy wpływ na stabilność połączenia ma korelacja pomiędzy grubością płytki kotwowej a ilością kotew i działających na balustradę obciążeń. Do ukazania różnic w wyężeniu płytek kotwowych stworzono model obliczeniowy w programie Ansys [7].

Założono połączenie doczołowe ze stali gatunku S235 (obecnie najczęściej stosowana do wykonywania balustrad i ich połączeń). Słupki w rozstawie co 0,75 m, balustrada obciążona ciężarem własnym oraz siłą ciągną o wartości 0,5 lub 1 kN/m działającą poziomo prostopadłe do płaszczyzny balustrady na pochwył balustrady. Współczynniki obliczeniowe przyjęto jak dla kombinacji SGN, tj. $\gamma_{Gj,sup}=1,35$ i $\gamma_{Q,1}=1,5$ [8]. Schemat połączenia balustrady z płytą balkonową oraz analizowany model numeryczny zaprezentowano na rys. 4.

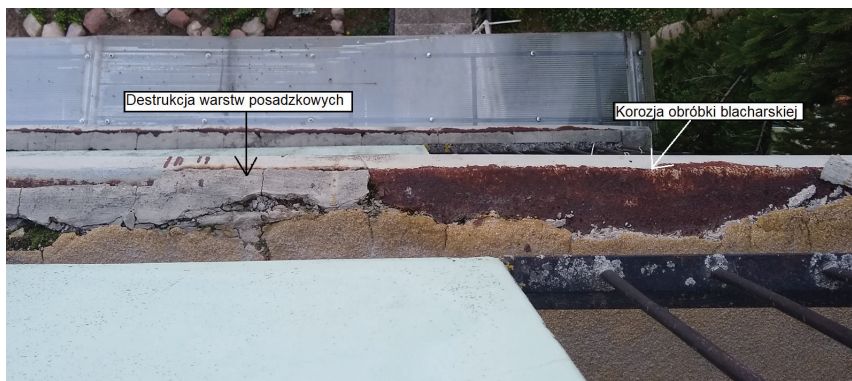
Wyniki analizy przedstawiono w postaci wykresów naprężeń w płytkach kotwowych w zależności od ich grubości, liczby kotew oraz wielkości obciążeń (rys. 5.).

Obliczenia wykazały, że przyjęcie obciążenia 0,5 kN/m działającego prostopadłe na pochwył balustrady nie powoduje przekroczenia naprężeń nawet w najcieńszej płytce, czyli o gr. 8 mm mocowanej na 2 kotwy. Przyjęcie obciążenia 1 kN/m i mocowanie na 2 kotwy powoduje powstanie naprężeń na poziomie ponad 264 MPa, co oznacza, że dopiero płytka o grubości 12 mm jest w stanie spełnić stan graniczny nośności. W przypadku stosowania 4 kotew wystarczająca jest płytka o grubości 10 mm (rys. 6.).

Wykresy dla płytek kotwowych mocowanych na 2 kotwy wskazują na koncentrację naprężeń w środku płytek oraz w miejscach styku płytka-kotwy. Największe naprężenia w przypadku mocowania na 4 kotwy występują w górnej, rozciąganej strefie połączenia



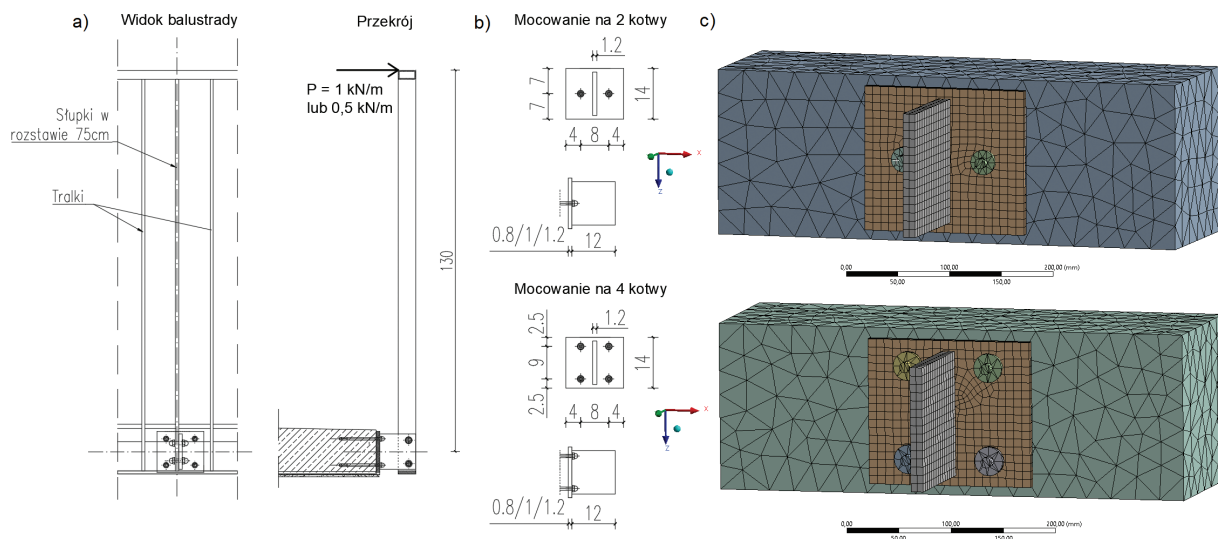
Rys. 2. Korozja słupka balustrady w miejscu połączenia z płytą balkonową



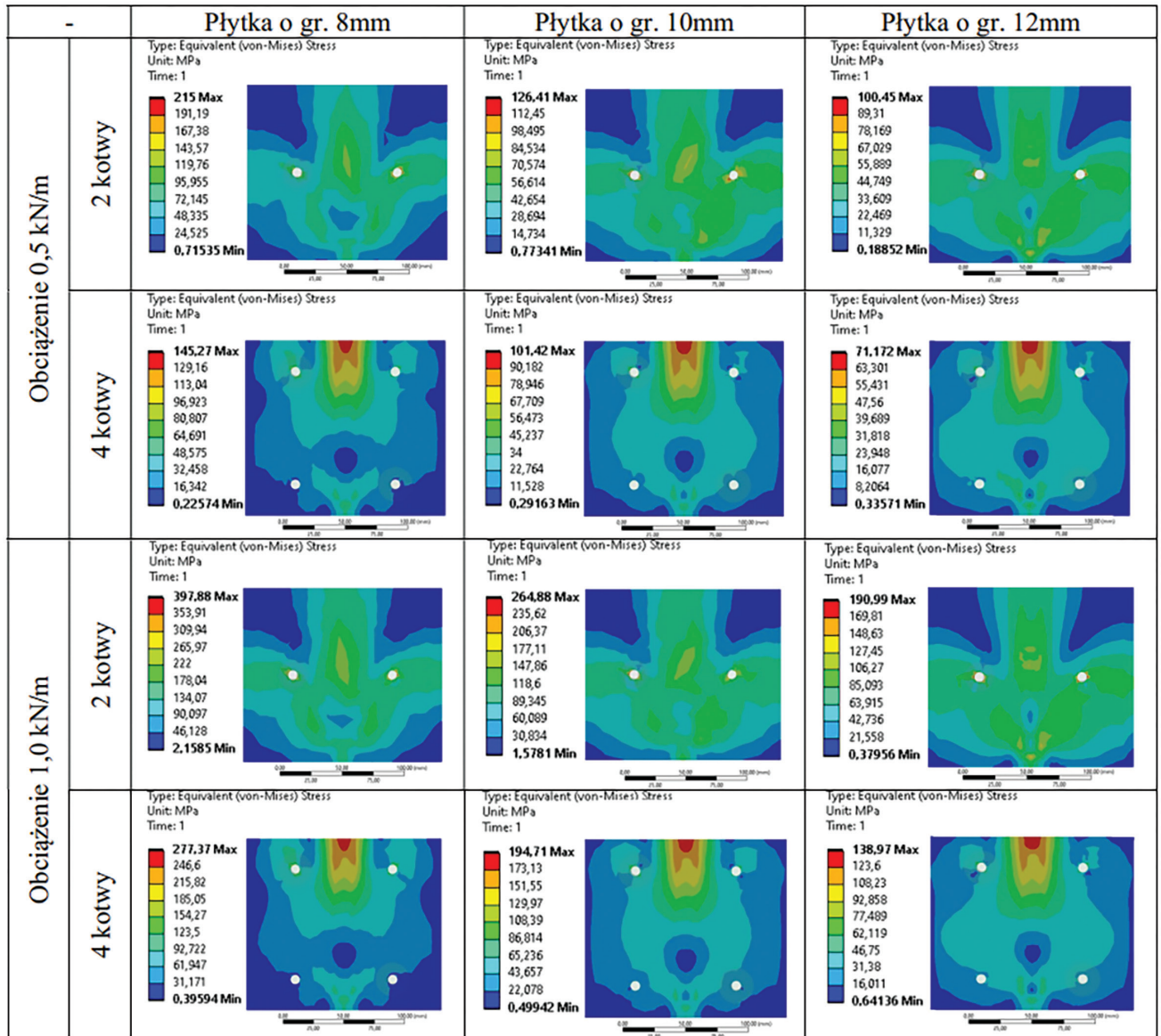
Rys. 3. Degradacja wykończenia płytki balkonowej: zniszczona warstwa posadzki i skorodowana obróbka blacharska

z blachą stalową, do której montowany jest słupki balustrady. Różnica w naprężeniach pomiędzy dwoma sposobami kotwienia wynosi od 25% do 48% i jest największa w przypadku najcieńszej płytki.

Przyjęcie obciążenia zalecanego przez Eurokod, tj. 0,5 kN/m, może skutkować takim doborem sposobu mocowania i grubości płytki kotwowej, który w przypadku incydentalnych, większych obciążeń prowadzi do



Rys. 4. Widok analizowanego połączenia: a) schemat połączenia balustrady z płytą balkonową; b) detale płytki kotwowej; c) modele numeryczne

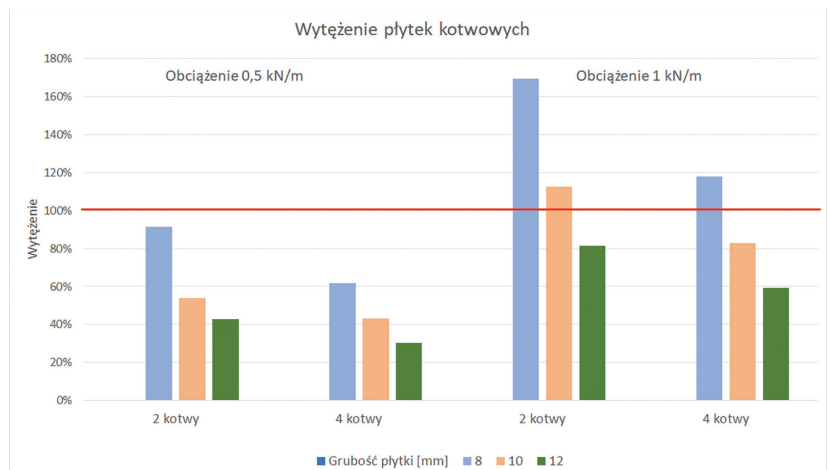


Rys. 5. Wykresy naprężeń w płytce kotwowej przy różnym sposobie mocowania i obciążenia

przekroczenia naprężeń oraz nadmiernych odkształceń balustrady, a nawet jej awarii.

Inne wadliwe rozwiązania zaobserwowane na etapie prac projektowych i wykonawczych we współcześnie wznoszonych obiektach to m.in.:

- błędnie przyjmowane gatunki stali używane do wykonania połączeń, profili oraz kotew; stal ocynkowana po dłuższym czasie eksploatacji traci właściwości ochronne i ulega degradacji; zalecane jest stosowanie stali nierdzewnej;
- stosowanie w warunkach zimowych kotew chemicznych z iniektem nieprzystosowanym do działania ujemnych temperatur, powodującym spadek oczekiwanej nośności;
- stosowanie otworów o tzw. kształcie falołowym w płytkach kotwowych przy jednoczesnym niestosowaniu połączeń sprężanych; brak sprężenia powoduje wraz z upływem czasu luzowanie



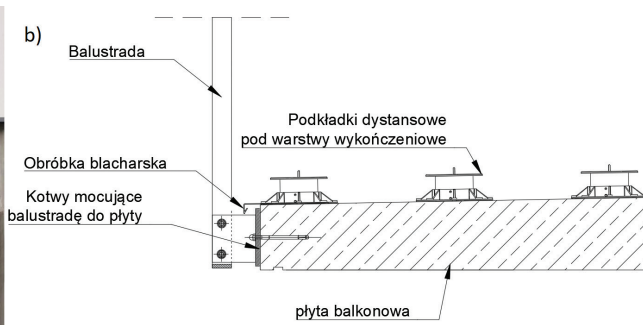
Rys. 6. Wykres wytyżenia płytek kotwowych przy różnym sposobie mocowania i obciążenia

śrub prowadzące do utraty sztywności połączenia;

- wadliwie wykonane spadki w płytach balkonowych oraz niedbałe wykonanie hydroizolacji.

Podsumowanie i wnioski

Na podstawie przeprowadzonych badań, zarówno obiektów istniejących, jak i nowo powstających, autorzy zalecają stosowanie do-czołowych połączeń balustrad z płytą balko-



Rys. 7. Zalecane propozycje rozwiązań: a) doczołowe połączenia balustrad z płytą balkonową; b) wykończenie płyt balkonowych w postaci płyt ceramicznych na podkładkach dystansowych

nową (rys. 7a), unikając w ten sposób przeciecia warstwy hydroizolacji, a co za tym idzie – problemów z przenikaniem wody i szybszą korozją stali. Atrakcyjnym rozwiązaniem z punktu widzenia trwałości jest wykończenie płyt balkonowych płytami ceramicznymi układanymi na podkładkach dystansowych (rys. 7b). Eliminuje to usterki związane z destrukcją posadzek w postaci płytek ceramicznych na zaprawie klejowej, a także jest korzystne ze względu na szybkość prowadzonych prac.

Projekty warsztatowe balustrad powinny zawierać precyzyjne wytyczne co do stosowania połączeń sprężanych w przypadku otworów fasolowych oraz uwzględniać warunki atmosferyczne podczas montażu, jeśli przewidziano zastosowanie kotew chemicznych. Klarowne wytyczne montażowe pozwalają na zmniejszenie ilości błędów wykonawczych.

Przeprowadzone obliczenia potwierdziły istnienie silnej korelacji pomiędzy grubością płytki kotwowej a liczbą kotew i działających na balustradę obciążeń. Prawidłowy dobór geometrii połączenia balustrady z płytą balkonową wymaga przeprowadzenia kompletnych obliczeń statycznych połączeń, uwzględniających schemat statyczny balustrad i ich obciążeń.

W celu zachowania zapasów bezpieczeństwa autorzy, na podstawie własnych doświadczeń, zalecają stosowanie wartości obciążeń zgodnie z Polską Normą [5] lub o równoznacznych, górnych wartościach określonych w Eurokodzie [6].

Bibliografia

- [1] J.R. Krentowski, P. Knyziak, M. Mackiewicz, Durability of interlayer connections in external walls in precast residential buildings, „Engineering Failure Analysis”, 2021, DOI: 10.1016/j.engfailanal.2020.105059.
- [2] J.R. Krentowski, P. Knyziak, M. Wardach, Płyta na wieszaku, „Inżynier Warmii i Mazur: informator Warmińsko-Mazurskiej Okręgowej Izby Inżynierów Budownictwa”, nr 1/2020, s. 14–15.
- [3] P.M. Bieranowski, P. Knyziak, Non-invasive Tests of Precast Cantilever Balcony in OWT-67 System, MATEC Web of Conferences 196, 2018, DOI: 10.1051/mateconf/201819602023.
- [4] J. Dębowski, K. Firek, Stan techniczny elementów balkonów w budynkach wielkopłytowych, „Przegląd Budowlany”, nr 6/2015, s. 18–22.
- [5] PN-82/B-02003:1982 Obciążenia budowli – Obciążenia zmienne technologiczne – Podstawowe obciążenia technologiczne i montażowe.
- [6] PN-EN 1991-1-1:2004 Oddziaływania na konstrukcje, Część 1-1: Oddziaływania ogólne. Ciężar objętościowy, ciężar własny, obciążenia użytkowe w budynkach.
- [7] ANSYS Inc, Ansys R2 [program komputerowy] (2021).
- [8] PN-EN 1990:2004 Eurokod, Podstawy projektowania konstrukcji.

DOI: 10.5604/01.3001.0015.3856

PRAWIDŁOWY SPOSÓB CYTOWANIA

Wardach Maciej, Taliński Wojciech, 2021, Analiza wybranych błędów projektowych i montażowych połączeń balustrad z płytami balkonowymi, „Builder” 11 (292). DOI: 10.5604/01.3001.0015.3856

Streszczenie: Nieprawidłowo zaprojektowane lub wykonane połączenia balustrad prowadzą do degradacji warstw wykończeniowych, powstawania nadmiernych przemieszczeń, zmniejszenia poczucia bezpieczeństwa mieszkańców, a nawet awarii budowlanych. W artykule wskazano na genezę wad, a także zbadano stan degradacji połączeń balustrad i wykończenia płyt balkonowych w budynku OWT po 21 latach eksploatacji. Ponadto przeanalizowano szereg współcześnie wykonywanych projektów balustrad oraz zweryfikowano obliczeniowo nośność połączeń w różnorodnych wariantach. Brak w aktualnych normach

jednoznacznej wartości obciążeń przekazywanych na balustrady może powodować przekroczenie stanów granicznych w stalowych elementach kotwiących i prowadzić do ich degradacji lub awarii. Konsekwencją tych wad jest konieczność licznych napraw oraz pogorszenie komfortu mieszkańców. Istotne jest jednoznaczne określenie dopuszczalnych obciążeń działających na balustrady i opracowanie wytycznych sposobu ich montażu.

Słowa kluczowe: balustrady, połączenia, degradacja, wielka płyta

Abstract: ANALYSIS OF SELECTED DESIGN AND ASSEMBLY ERRORS IN CONNECTIONS OF BALUSTRADES WITH BALCONY SLABS. Incorrectly designed or constructed balustrade connections lead to finish degradation, excessive displacement, reduced occupant safety and failure. The article points out the genesis of the faults, investigates the degradation state of the balustrade connections and balcony slab finishes in the OWT building after 21 years of operation. In addition, a number of modern balustrade designs were analysed and the load-bearing capacity of the connections in different variants was verified computationally. The lack of a clear value in the current standards for loads transferred to balustrade elements can cause limit states to be exceeded in steel anchoring elements and lead to degradation or failure. The consequence of failure is repairs and reduced comfort for residents. It is important to clearly define the permissible loads for balustrades and their installation guides.

Keywords: railings, connections, degradation, large-panel