

USZKODZENIA I SPOSOBY NAPRAW BALKONÓW ORAZ STROPÓW Z BELKAMI STALOWYMI I MUROWANYM WYPEŁNIENIEM

ŁUKASZ DROBIEC, e-mail: lukasz.drobiec@polsl.pl
Politechnika Śląska

Streszczenie: Praca dotyczy stropów oraz balkonów z belkami stalowymi i ceramicznym wypełnieniem. Podano rys historyczny, omówiono typowe uszkodzenia takich konstrukcji, podano najczęstsze przyczyny uszkodzeń oraz sposoby napraw. Opisano możliwości zwiększenia nośności konstrukcji. Podano przykłady napraw i wzmocnień.

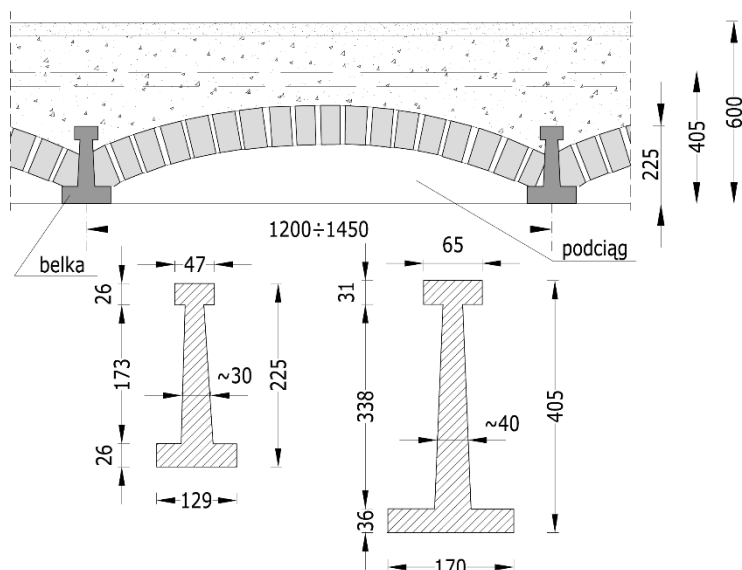
Słowa kluczowe: Stropy na belkach stalowych, strop odcinkowy, strop Kleina, balkony, uszkodzenia i naprawy

1. Wprowadzenie

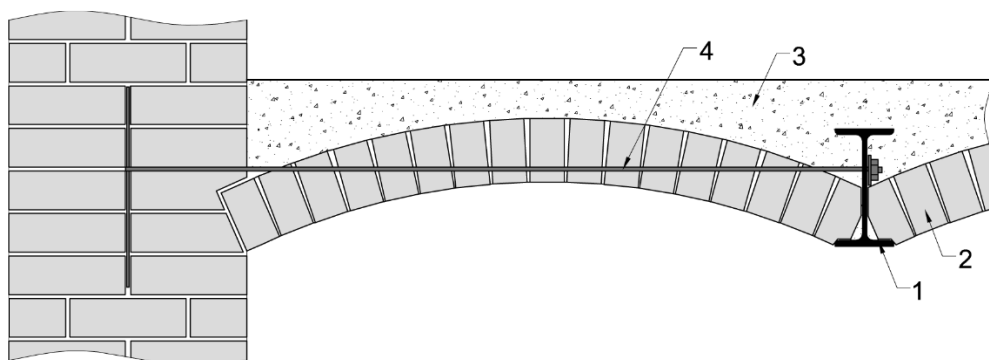
Konstrukcje stropowe ze stalowymi belkami i murowanym wypełnieniem wykonywano powszechnie przez ponad 100 lat. Obecnie tego typu rozwiązań już nie stosuje się, lecz w praktyce inżynierskiej wciąż występują problemy związane z naprawą lub koniecznością zwiększania ich nośności. W pracy omówiono podstawowe przyczyny uszkodzeń stropów ceramicznych ze stalowymi belkami oraz podano typowe sposoby ich naprawy lub zwiększenia nośności.

2. Rodzaje stropów

Wśród stropów z belkami stalowymi i ceramicznym wypełnieniem rozróżnić należy dwa podstawowe rodzaje: stropy odcinkowe i stropy Kleina. Jak powszechnie wiadomo strop odcinkowy składa się z belek o przekroju dwuteowym, ułożonych w rozstawie do 2,5 m ($\geq 1/3$ rozpiętości belki) i murowanych sklepień zabudowanych między belkami. Początki stosowania stropów odcinkowych wiązać należy z czasem rozpoczęcia produkcji dwuteowych belek żeliwnych. Można zatem przyjąć, że stropy takie mogły być stosowane już na przełomie XVIII i XIX wieku [1]. Jednym z najstarszych znanych w kraju stropów odcinkowych są stropy XIX wiecznej tkalni w Wałbrzychu, wzniesione w 1834 r. (rys. 1) [2]. Stropy odcinkowe zyskały w pierwszej połowie XIX wieku bardzo dużą popularność, do czego przyczynił się znaczny rozwój przemysłu ciężkiego. Istotnym mankamentem tych konstrukcji jest występowanie poziomej składowej reakcji od sklepienia ceramicznego, co wymagało wykonywania masywniejszych ścian w kierunku równoległym do belek nośnych. Dlatego stropy te stosowano często do przekrywania piwnic, gdyż odpór gruntu na ściany zewnętrzne piwnic zapewnia odpowiednią stateczność ścian. W publikacjach niemieckich [3] z końca XIX wieku zaleca się nawet stosowanie ukrytych w sklepieniu stalowych ściągów, prostopadłych do belek, zabudowanych w skrajnym polu stropu (rys. 2). W późniejszych publikacjach [4] znaleźć można wytyczne dotyczące sytuowania ściągów nieco niżej w dwóch skrajnych polach. Podobne wytyczne podano w dawnej normie niemieckiej DIN 1053 [5].

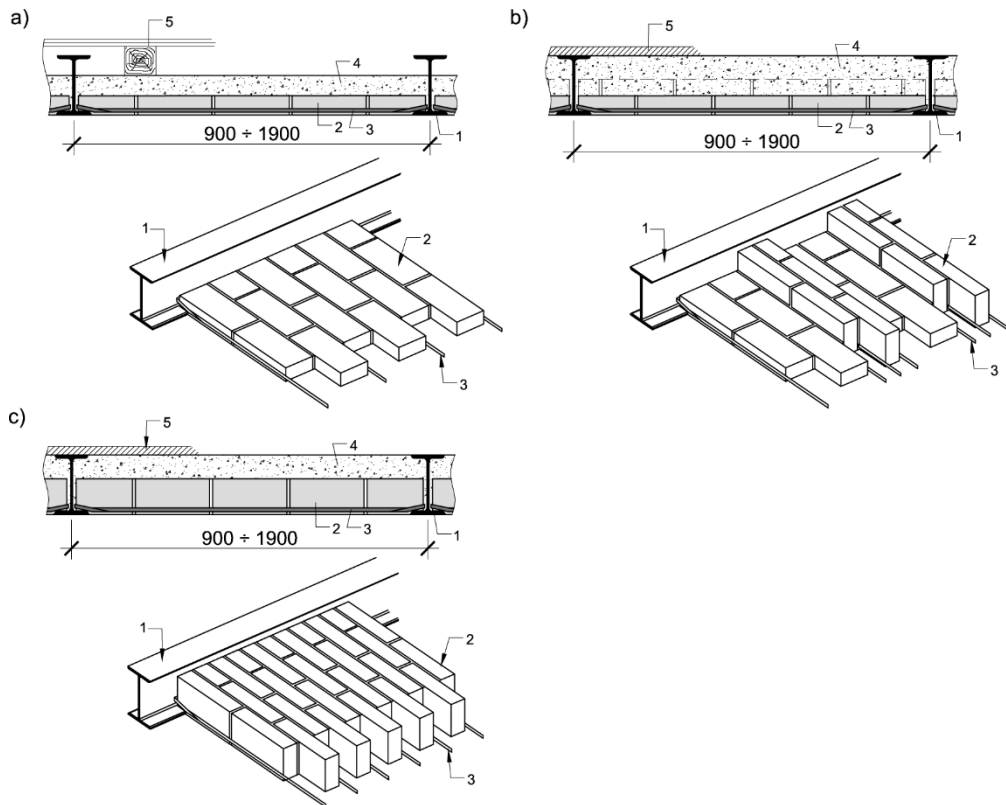


Rys. 1. Fragment przekroju stropu z 1834 r. z żeliwnymi belkami i podciągami [2]

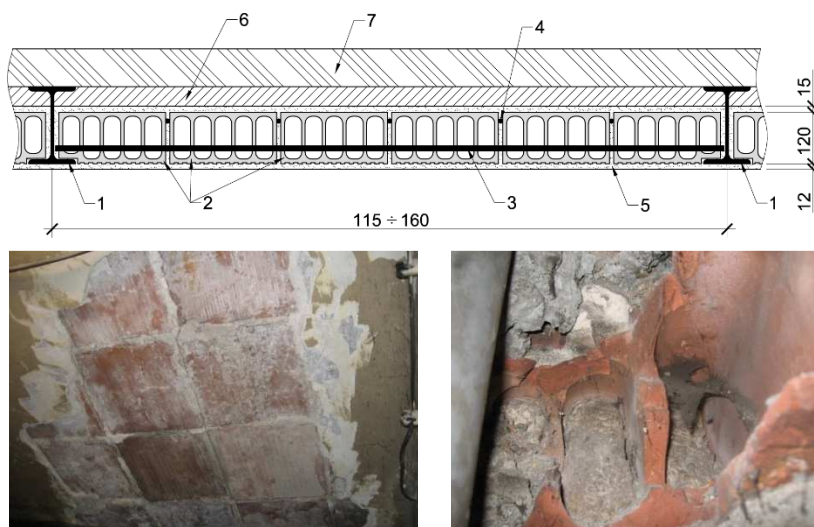


Rys. 2. Strop odcinkowy ze ściągiem w skrajnym polu według [3]: 1 – belka stalowa, 2 – murowane sklepienie, 3 – polepa, 4 – ściąga

W 1892 r. mistrz murarski J. F. Klein z Essen opatentował konstrukcję płaskiego stropu w postaci płyty ceramicznej, zbrojonej stalowymi płaskownikami. Płyty Kleina rozpowszechniły się szybko w budownictwie i w ciągu niespełna 2 lat, do 1893 r. zrealizowano ponad 614 000 m² powierzchni takich stropów [6]. Powszechnie stosowano typ lekki, półciężki i ciężki (rys. 3) [7]. Brak poziomej składowej reakcji umożliwiał stosowanie stropu na wyższych kondygnacjach bez dodatkowych zabezpieczeń oraz pozwolił na wykonywanie balkonów – z czego chętnie korzystano. Oprócz wykonywania płyt ceramicznych z cegieł pełnych i dziurawek stosowano również wypełnienie w postaci różnego rodzaju elementów drążonych poziomo o kwadratowym rzucie. Przykład takiego stropu pokazano na rys. 4.



Rys. 3. Stropy Kleina: a) typ lekki, b) typ półciężki, c) typ ciężki, 1 – dwuteownik, 2 – płyta ceramiczna, 3 – bednarka lub pręt okrągły, 4 – polepa, 5 – konstrukcja podłogi



Rys. 4. Nietypowe rozwiązanie stropu Kleina z ceramicznymi bloczkami drażonymi (budynek w Katowicach): 1 – dwuteownik stalowy, 2 – pustak ceramiczny, 3 – pręt stalowy $\phi 12\text{ mm}$, 4 – pręt stalowy górny, 5 – zaprawa wapienna, 6 – wylewka cementowa, 7 – warstwy podłogi

3. Przyczyny uszkodzeń i typowe uszkodzenia

Główną przyczyną uszkodzeń stropów z belkami stalowymi i ceramicznym wypełnieniem jest korozja stali belek. Rzadziej uszkodzeniom ulegają ceramiczne płyty i sklepienia [8]. Najbardziej narażone na uszkodzenia są stropy zabudowane w miejscach o podwyższonej wilgotności, jak piwnice. W takich warunkach często stan dolnych półek dwuteowników jest bardzo zły. Na rys. 5 pokazano przypadki znacznych uszkodzeń korozyjnych belek. Uszkodzenia takie mogą doprowadzić do zawalenia się stropu (rys. 6).



Rys. 5. Przykłady uszkodzeń korozyjnych belek stropów odcinkowych



Rys. 6. Częściowo zawalone sklepienie

Duże uszkodzenia wykazują często konstrukcje balkonów. Wynika to z braku izolacji przeciwwodnej oraz braku obróbek blacharskich. Konsekwencją czego jest wnikanie wód

opadowych do wnętrza konstrukcji balkonów oraz podciekanie tych wód na spód balkonów (rys. 7). Wówczas występują uszkodzenia korozyjne belek stalowych oraz uszkodzenia mrozowe płyty ceramicznych. Na rysunku 8 pokazano widok balkonu od spodu, w którym wystąpiły znaczne uszkodzenia korozyjne belek nośnych oraz ubytki płyty ceramicznej sięgające otworów w zastosowanej cegle dziurawce. Nakazano wykonanie natychmiastowego remontu polegającego na usunięciu posadzki, oczyszczeniu, wzmocnieniu i zabezpieczeniu antykorozyjnym belek, założeniu tynków na siatce metalowej od spodu oraz wykonaniu obróbek blacharskich i nowej posadzki. Naprawy jednak nie wykonano, a po trzech latach doszło do katastrofy budowlanej – balkon uległ zawaleniu (rys. 9).



Rys. 7. Przecieki przez płytę balkonu w okolicy stalowych belek nośnych (z lewej) oraz uszkodzenia korozyjne belek i mrozowe płyty ceramicznej i wypraw tynkarskich (z prawej)



Rys. 8. Zły stan techniczny balkonu (styczeń 2006 r.) – widoczne uszkodzenia i odspojenia cegieł dziurawek do poziomu pierwszego rzędu otworów, zły stan belek stalowych



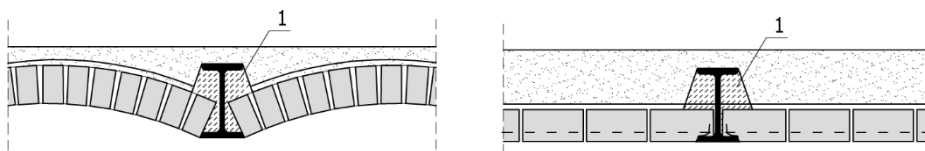
Rys. 9. Katastrofa budowlana balkonu (marzec 2009 r.)

4. Sposoby napraw

Naprawa stropów z belkami stalowymi i ceramicznym wypełnieniem wynika najczęściej z konieczności:

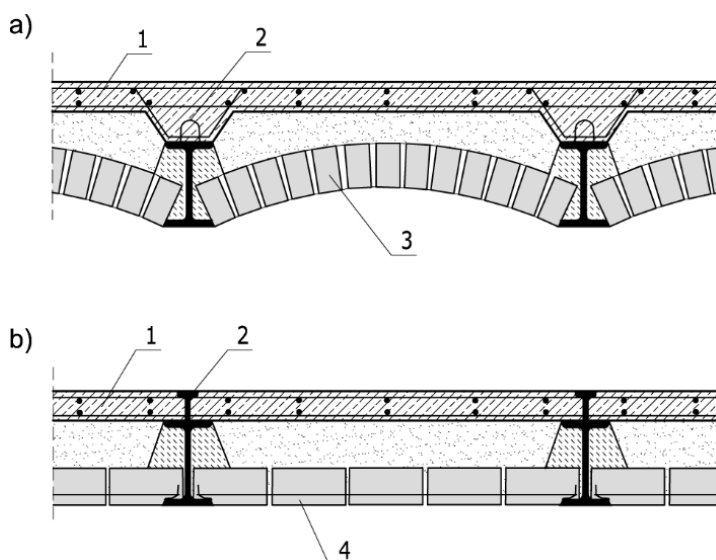
- zwiększenia nośności konstrukcji ze względu na projektowaną zmianę funkcji (zwiększenie obciążeń),
- przywrócenia nośności i sprawności technicznej obniżonej na skutek uszkodzeń wywołanych wpływami środowiskowymi (np. korozja), naturalnym zużyciem, błędami wykonawczymi, projektowymi i użytkowania, a także oddziaływaniami losowymi (pożar, wybuch).

Zwiększanie nośności konstrukcji wymaga zazwyczaj ingerencji od góry stropu lub podparcia belek. W wypadkach, gdy stalowe belki wykazują niewielki niedobór nośności (do około 20%) wystarczającym wzmocnieniem jest obetonowanie górnych stref stalowych belek (rys. 10), oczywiście, jeżeli nie zostało ono już wykonane w istniejącej konstrukcji [9].



Rys. 10. Wzmocnienie stropów ceramicznych przez obetonowanie stalowych belek, 1 – dodatkowy beton

W wypadku stropów odcinkowych i kleina bardzo dobre efekty daje wzmocnienie przez zespolenie belek stalowych z wykonaną nad nimi monolityczną płytą żelbetową [9]. Żelbetowe płyty należy kształtować w taki sposób by mogły być w pełni wykorzystane na ściskanie, a stalowa belka na rozciąganie przy maksymalnym ramieniu sił wewnętrznych. W celu ograniczenia ugięć należy tymczasowo podeprzeć belki na okres betonowania i dojrzewania betonu. Zespolenie elementów współpracujących winno się realizować za pomocą łączników spawanych do belki i kotwionych w betonie monolitycznym. Sposób wzmocnienia przez nadbetonowanie żelbetowej płyty pokazano na rys. 11.



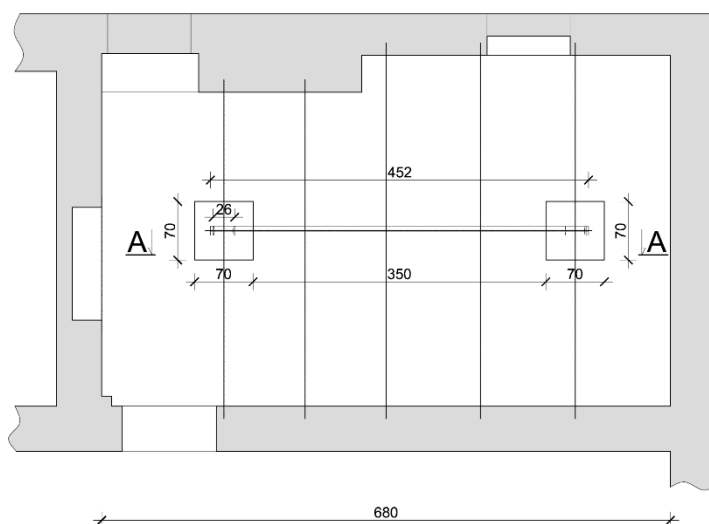
Rys. 11. Wzmocnienie przez zespolenie z żelbetową płytą: a) strop odcinkowy, b) strop Kleina;
1 – żelbetowa płyta, 2 – stalowe łączniki, 3 – sklepienie ceramiczne, 4 – płyta ceramiczna zbrojona

Wzmocnienie stropu na belkach stalowych można w prosty sposób uzyskać przez dodatkowe podparcie. Nie ma tu bowiem problemu z koniecznością dozbrojenia stref nad nowymi podporami. W wypadku stropów ceramicznych na belkach stalowych dodatkowe podpory umieszcza się bezpośrednio pod belkami stalowymi. Mogą to być słupy na niezależnych fundamentach lub odpowiednio sztywne belki oparte na poprzecznych ścianach nośnych. Dodatkowe podpory słupowe najlepiej projektować jako stalowe. W wypadku stosowania jako podpór np. słupów ceglanych należy brać pod uwagę możliwości skurczu i oddzielenie się słupa od podpieranej belki. Wzmacnianie przez podparcie belek stalowych stropu będzie racjonalne wówczas, gdy nośność płyt ceramicznych między belkami jest znacznie większa niż nośność belek stalowych. Z reguły tak bywa, gdy stalowe belki mają znaczną rozpiętość, a płyty ceramiczne są dobrze zbrojone.

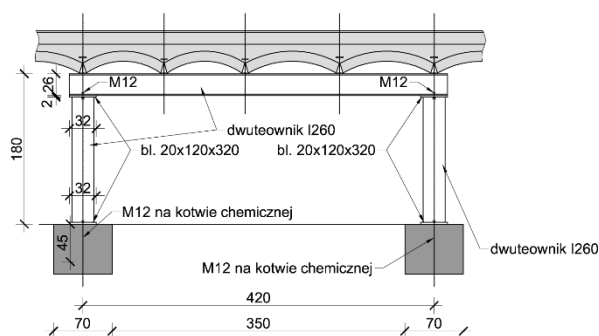
W wypadku konieczności naprawy i przywrócenia stanu technicznego zdegradowanego przez korozję belek stalowych konieczna jest zazwyczaj ingerencja od spodu stropu. Wzmocnienie od spodu stropu jest również często wymuszone brakiem możliwości prowadzenia robót od góry, z uwagi na ciągłą eksploatację stropu. Jeżeli stopień degradacji przekroju dolnej półki belki nie jest bardzo duży, to zazwyczaj wystarczy wykonanie dodatkowej podpory w postaci liniowej belki zabudowanej pod belkami stropowymi. Dodatkową belkę podporową można opierać na ścianach poprzecznych lub, w wypadku ich niewystarczającej nośności, na dodatkowych słupach wspartych na niezależnych fundamentach. Przykład takiej naprawy pokazano na rys. 12.

Czasem zdarza się, że korozyjne uszkodzenia stalowych belek są na tyle duże, iż konieczne jest stosowanie podparcia liniowego pod każdą z belek. Wówczas belki podpierające należy oprzeć na dodatkowych słupach i fundamentach. Przykład takiego wzmocnienia pokazano na rys. 13.

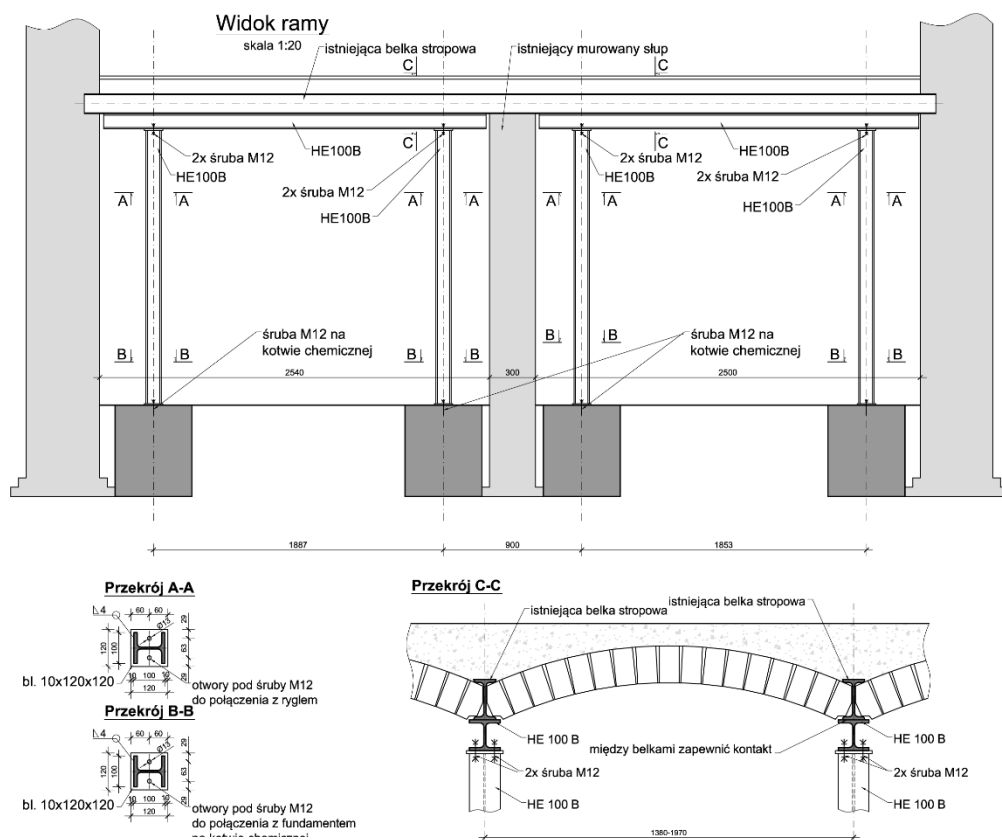
Wzmocnienie wspornikowych belek nośnych balkonów prowadzi się zazwyczaj przez dospawanie blach lub kształtowników do istniejących belek. Nie zaleca się wymiany belek, z uwagi na trudności zakotwienia nowych belek w istniejącym murze. Przykład wzmocnienia przez dospawanie blach do istniejącej belki pokazano na rys. 14.



A - A



Rys. 12. Wzmocnienie w środku rozpiętości belek stropu odcinkowego



Rys. 13. Wzmocnienie przez podparcie liniowe każdej z belek stropu odcinkowego



Rys. 14. Belka wspornikowa balonu przed i po wzmocnieniu

5. Podsumowanie

Stropy z belkami stalowymi i ceramicznym wypełnieniem były popularnym rozwiązaniem, szczególnie w XIX wieku. Istnieje wiele możliwości napraw i zwiększenia nośności tego typu rozwiązań. Każdą konstrukcję należy jednak rozpatrywać indywidualnie, a ostateczna ocena stanu powinna być poparta odpowiednimi odkrywkami i analizą obliczeniową.

Literatura

1. Czaplński K., Wydra W.: Gatunki stali i asortyment wyrobów w ujęciu historycznym. XXXI Ogólnopolskie Warsztaty Pracy Projektanta Konstrukcji. Szczyrk, 24–27 luty 2016 r., tom III, s. 559–615.
2. Czaplński K.: Konstrukcje budowlane z danych tworzyw żelaznych. XXIII Ogólnopolskie Warsztaty Pracy Projektanta Konstrukcji. Szczyrk, 5–8 marca 2018 r., tom I, s. 147–214.
3. Breymann G.A.: Allgemeine Baukonstruktionslehre. Teil III. Konstruktionen in Eisen. Leipzig, J.M. Gebhard's Verlag, 1890.
4. Barkhausen G.: Die Hochbaukonstruktionen. Handbuch für Architektur. Stuttgart, Verlag A. Bergsträsser, 1901.
5. DIN 1053: Mauerwerk, Berechnung und Ausführung. 1952.
6. Ahnert R., Krause K.H.: Typische Baukonstruktionen von 1860 bis 1960. VEB Verlag für Bauwesen, Berlin 1985.
7. Drobiec Ł., Pająk Z.: Stropy z drobnowymiarowych elementów. Wydawnictwo Politechniki Śląskiej. Wydanie 4, 2013.
8. Szelaż R., Tribiño R.: O destrukcji płaskich stropów ceglanych. Inżynieria i Budownictwo, nr 6/2011, s. 305–307.
9. Pająk Z., Drobiec Ł.: Konstrukcja i obliczanie wzmocnień płaskich stropów ceramicznych. XIV Ogólnopolska Konferencja Warsztat Pracy Projektanta Konstrukcji. Ustroń 25–27 luty 1999 r, s. 193–208.

DAMAGE AND REPAIR OF CEILINGS AND BALCONIES WITH STEEL BEAMS AND BRICK FILLING

Abstract: The paper is about the ceilings and balconies with steel beams and ceramic filling. Historical facts and the typical damage of such structures described. Additionally, the most common causes of damage and repair methods are presented. Possible ways of increasing the capacity of the structure were proposed. The examples of repairs and strengthening are shown.

Keywords: slabs on steel beams, Klein ceiling, balconies, damage and repair