

JÓZEF M. GIGIEL*, WIESŁAW BARAN*

RESTAURACJA ELEMENTÓW NOŚNYCH
PARADNEJ KLATKI SCHODOWEJ
ZESPOŁU KLASZTORNO – PAŁACOWEGO W RUDACH

THE RESTORATION OF ANTIQUE STRUCTURE OF GRAND
STAIRCASE OF CISTERCIAN MONASTERY - PALACE
ANSAMBLE IN RUDY

Streszczenie

Przedmiotem artykułu jest konstrukcja nośna paradnej klatki schodowej Zespołu Klasztorno-Pałacowego w Rudach k. Raciborza. Prace restauracyjne rozpoczęto w roku 2006. W trakcie naprawy zidentyfikowano szereg defektów elementów nośnych, m. in. zaawansowaną korozję stalowych dźwigarów i belek, liczne rysy i pęknięcia kamiennych stopni. Dla celów analizy nośności konstrukcji w stanie istniejącym i po wzmocnieniu przeprowadzono badania laboratoryjne właściwości wytrzymałościowych materiałów zastosowanych w konstrukcji (betonu, stali, kamienia, cegły).

Słowa kluczowe: klasztor, klatka schodowa, nośność konstrukcji, rysy, korozja, naprawa

Abstract

The subject of paper is the structure of antique grand staircase of Cistercian monastery-palace ansamble in Rudy. In 2006 was its renovation begun. In the course of repair was many defects of supporting structure uncovered, e.g.: advanced corrosion of steel beams and girders, a lot of cracks in the stone stairs. For concrete, steel, stone and bricks was made laboratory test of strength of materials. Analysis of load-carrying ability for existing and for reinforcement structures was made.

Key words: monastery, staircase, load-bearing capacity, cracks, corrosion, repair

* Dr inż. – Politechnika Opolska

1. Wstęp

Przedmiotem opracowania jest paradna klatka schodowa stanowiąca reprezentacyjne wejście do zabytkowego pocysterskiego Zespołu Klasztorno-Pałacowego w Rudach koło Raciborza.

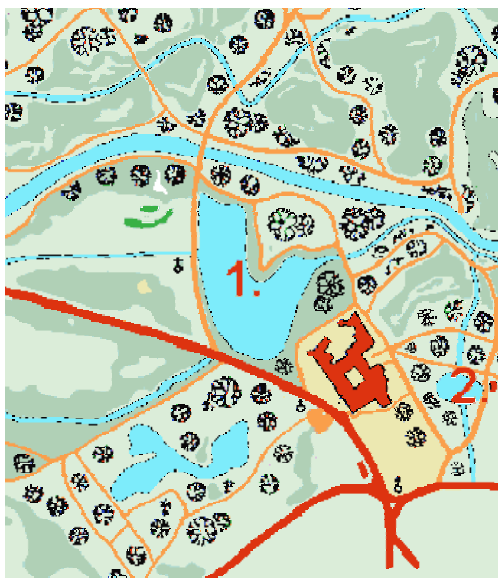
Początki klasztoru datowane są na rok 1258, z którego pochodzi dokument wydany przez księcia Władysława III Opolskiego, potwierdzający wcześniejszy fakt fundacji klasztoru.

W skład zespołu wchodzi romańsko-gotycki kościół p. w. Wniebowzięcia NMP, przebudowany na przełomie XVII i XVIII w. w stylu barokowym, oraz budowane przez kolejne stulecia: klasztor i pałac opacki. Informacje historyczne podane w niniejszej pracy zaczerpnięto z [1].

Cystersi gospodarzyli w obiekcie do roku 1810, kiedy to w następstwie decyzji króla Prus Fryderyka II, nastąpiła kasacja klasztoru. Po kolejnych zmianach właścicieli dobra te w roku 1840 przejął Wiktor von Hochenloche Waldenberg-Schillingfurst, który otrzymał tytuł księcia raciborskiego (von Ratibor). W drugiej poł. XIX w. dokonano przebudowy klasztoru i pałacu opackiego na siedzibę magnacką, a ze świątyni klasztornej uczyniono kościół parafialny. Z tego okresu pochodzi przedmiotowa paradna klatka schodowa (rys. 3, 4 i 5). Obiekt ten zaszczycił swą wizytą cesarz niemiecki Wilhelm II. Ostatnie (przed II wojną światową) prace budowlane prowadzono w latach 30. XX w. i obejmowały one głównie zmianę układu i wystroju wnętrza budynku klauzury.

W trakcie działań wojennych w 1945 roku cały zespół został zniszczony przez pożar (rys. 6).

Po wojnie podjęto odbudowę obiektu prowadzoną głównie przez Pracownię Konserwacji Zabytków. W kolejnych etapach odrestaurowano kościół i parafialną część budynków dawnego klasztoru pochodzących z XIII – XV w.: w latach 1947-50 odbudowano wnętrze kościoła przywracając jego pierwotny gotycki charakter, w latach 1958-61 kościół przykryto dachem. W roku 1981 odrestaurowano kaplicę Mariacką i fresk w kaplicy św. Krzyża oraz odnowiono zachodnią fasadę kościoła.



Rys. 1. Lokalizacja Zespołu Klasztorno-Pałacowego w Rudach k. Raciborza [2].

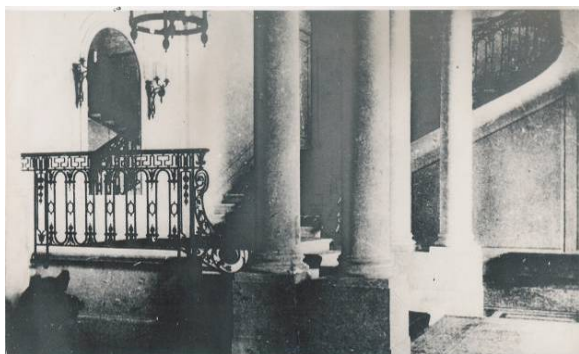
Fig. 1. Location of Cistercian monastery-palace ansamble in Rudy.



Rys. 2. Plan sytuacyjny wg [1]: kolorem czarnym oznaczono część z zachowanymi średniowiecznymi relikdami.

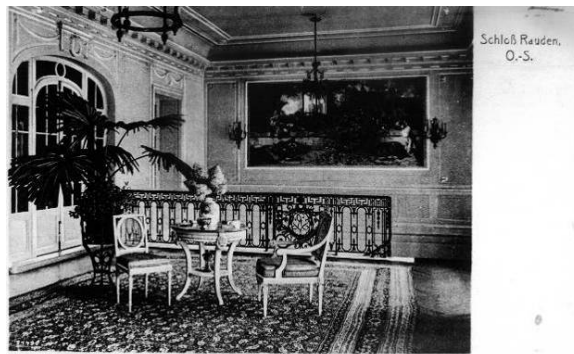
Fig. 2. Situation plan according to [1]: with black color there is marked the part with middle-age relics.

- 1 – kościół p.w. Wniebowzięcia NMP
- 2 - budynek klauzury
- 3 – pałac opacki
- 4 – przedmiotowa paradna klatka schodowa.



Rys. 3. Parter paradowej klatki schodowej w okresie I wojny światowej.

Fig. 3. Ground floor of grand staircase within the period of WWI.



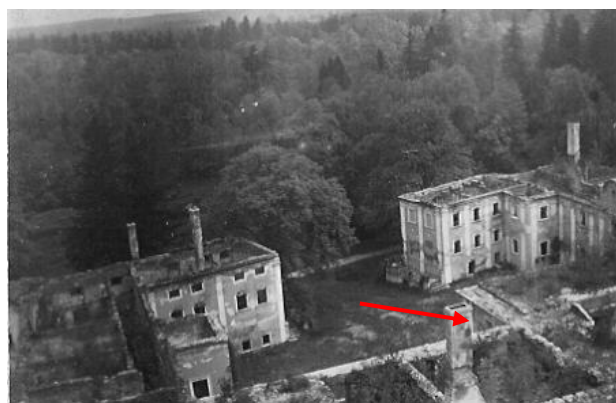
Rys. 4. Piętro paradowej klatki schodowej w okresie I wojny światowej.

Fig. 4. First floor of grand staircase within the period of WWI.



Rys. 5. Widok paradowej klatki schodowej w okresie po I wojnie światowej.

Fig. 5. General view of grand staircase after WWI.



Rys. 6. Widok pałacu po pożarze z 1945 r. – strzałka wskazuje północno-zachodni narożnik paradowej klatki schodowej.

Fig. 6. View of the palace after the fire in 1945 – red arrow indicates north-west corner of the grand staircase.

W roku 1998 klasztor i opactwo stało się własnością Diecezji Gliwickiej i utworzono w nich Ośrodek Formacyjno-Edukacyjny w Rudach. Po tym fakcie zintensyfikowano prace w budynku klauzury: odgruzowano i oczyszczono kolejne pomieszczenia, w 2000 r. wstawiono nowe okna w budynku konwersów, otynkowano niektóre pomieszczenia i udostępniono zwiedzającym.

Natomiast odbudowę części pałacowej, w tym przedmiotowej klatki schodowej pochodzącej z końca XIX w., rozpoczęto dopiero w roku 2006.

2. Opis stanu istniejącego obiektu

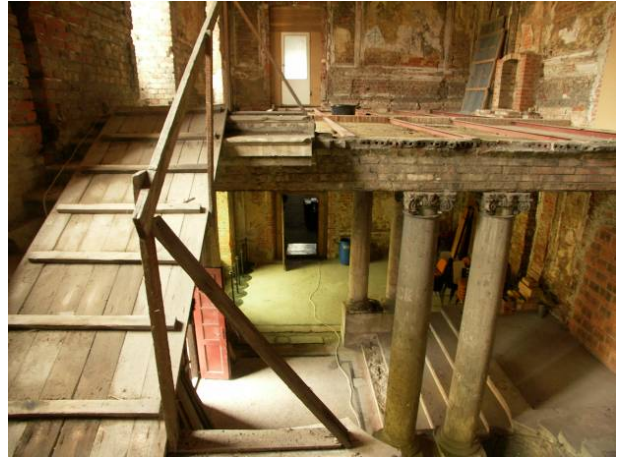
Przedmiotowa paradowa klatka schodowa jest obiektem dwukondygnacyjnym, podpiwniczonym, z poziomem posadzki parteru wyniesionym ok. 1,0 m nad poziom terenu (rys. 5 i 7).

Długość tej części budynku, wynosi 12,25 m, szerokość – 8,14 m, wysokość w kalenicy dachu ok. +12,00 m (rys. 9). Mury o grubości 1 m wykonano z cegły pełnej na zaprawie wapiennej. Strop stalowo-betonowy z ceramicznymi detalami (rys. 8). Dach dwuspadowy o konstrukcji drewnianej, obecnie kryty dachówką ceramiczną karpiówką.



Rys. 7. Widok paradej klatki schodowej (od strony pñ.-zach.) we wrześniu 2007 r.

Fig. 7. View of grand staircase (from north-west side) in September 2007.



Rys. 8. Widok wnętrza we wrześniu 2007 r.

Fig. 8. View of the interior in September 2007.



Rys. 9. Widok schodów w narożniku pñd.-zach.

Fig. 9. View of stairs in south-west corner.



Rys. 10. Widok biegu przy ścianie zachodniej.

Fig. 10. View of stairs flight at the western Wall.



Rys. 11. Widok pozostałości stopni przy ścianie północnej.

Fig. 11. View of the remains of steps at the northern wall.



Rys. 12. Widok biegu przy ścianie północnej.

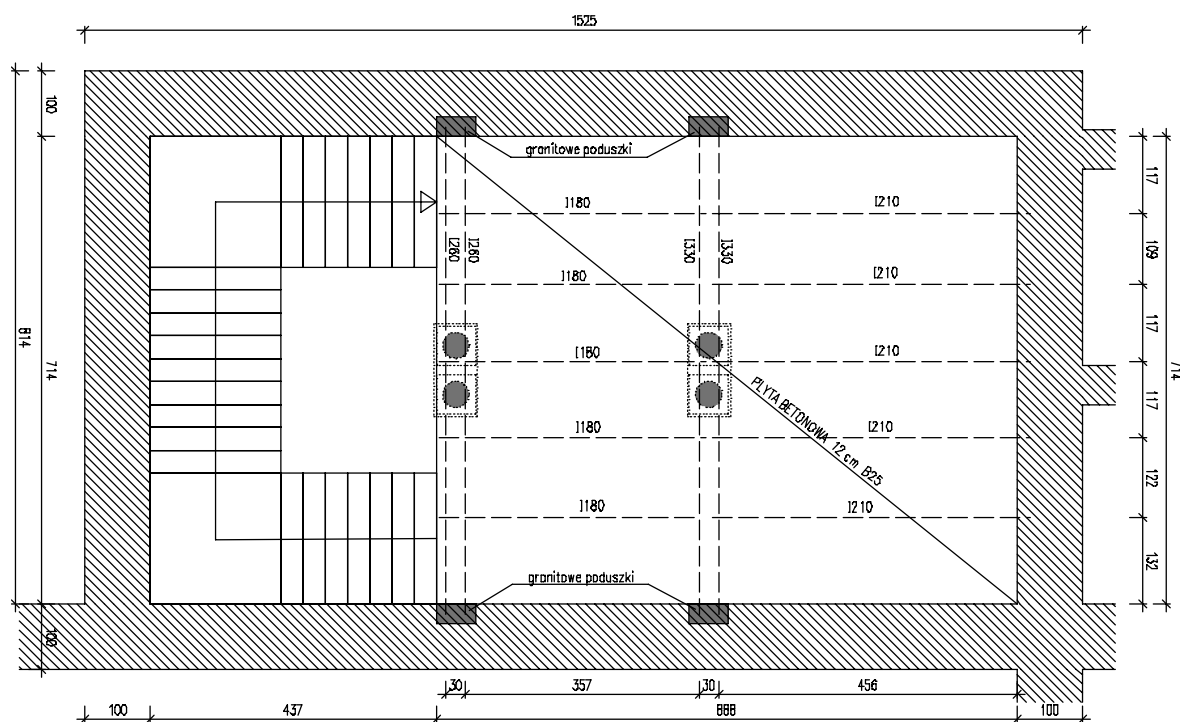
Fig. 12. View of stairs flight at the northern wall.

Największą wartość przedstawiają zachowane kamienne kolumny (rys. 8) i częściowo zachowane zabytkowe schody kamienne, wspornikowe, o wysięgu 2,0 m (rys. 9 - 12).

Zgodnie z założeniami konserwatorskimi, przedmiotowa klatka schodowa powinna być odtworzona w sposób możliwie najbliższy stanowi przed zniszczeniem – co ma ułatwić zachowana dokumentacja fotograficzna pałacu z okresu przed pożarem z 1945 r.

3. Strop - opis stanu istniejącego i zakres prac remontowo-budowlanych

Wizje lokalne wykazały, że stan techniczny stalowych elementów nośnych przedmiotowego stropu wymaga interwencji konstrukcyjno-konserwatorskiej, gdyż belki stalowe I180, I210, I260 oraz I330 (rys.13) są w znacznym stopniu skorodowane (rys.14, 15), a nowa funkcja obiektu wymaga uwzględnienia zwiększonych obciążeń użytkowych.



Rys. 13. Oznaczenie elementów nośnych wewnętrznego stropu paradnej klatki schodowej.

Fig. 13. Notation of structural elements of interior floor for grand staircase.



Rys. 14. Odpadające płyty korozji na dolnych półkach belek stropowych I180.

Fig. 14. Corroded layers at the lower flanges of floor I180 beams.



Rys. 15. Widoczne płyty korozji na dolnych półkach dźwigarów I330.

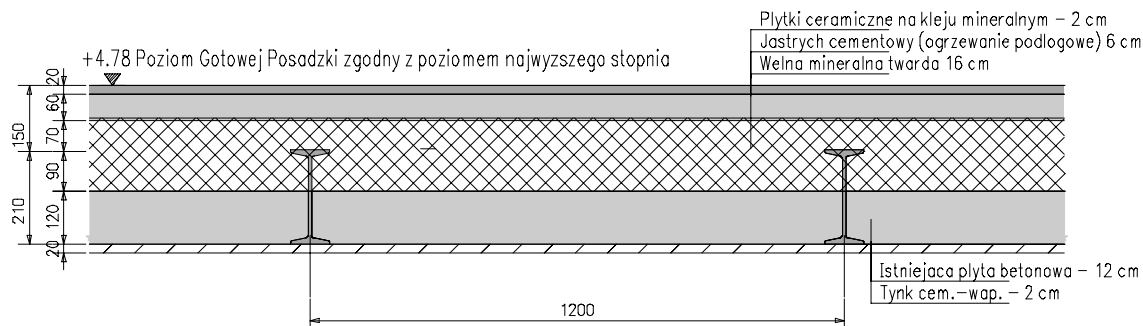
Fig. 15. Corroded layers at the lower flanges of I330 girders.

Badania laboratoryjne cech wytrzymałościowych materiałów wykazały, że wytrzymałość betonu na ściskanie wynosi $f_{c,cube}^G = 30,2$ MPa - co odpowiada klasie B25/B30 wg kryteriów zgodności zawartych w normie PN_EN 2006-1:2006, a stal jest spawalna i jej granica plastyczności wynosi $R_{e,min} = 255,3$ MPa, co pod względem wytrzymałości odpowiada stali St4.

Natomiast przeprowadzone obliczenia statyczno-wytrzymałościowe wykazały, że:

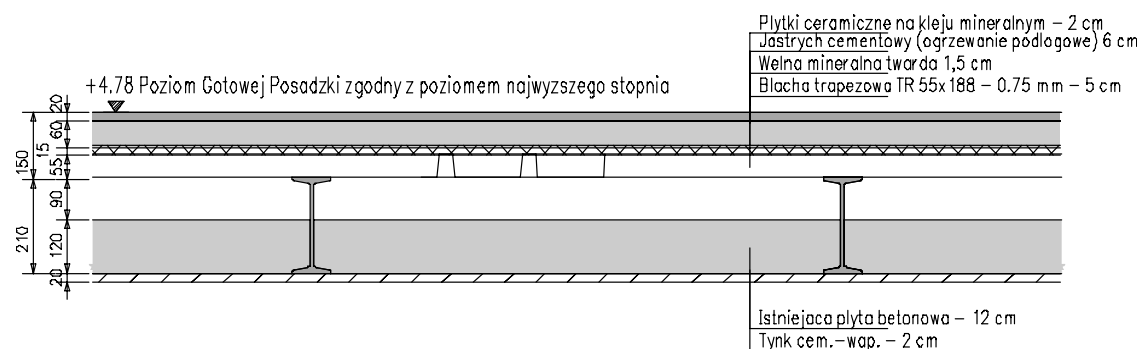
- betonowa płyta stropowa wypełniająca przestrzeń między belkami stalowymi posiada wystarczającą nośność do przeniesienia przewidywanych obciążeń;
- wszystkie stalowe belki stropu i podciągają wymagają wzmocnienia;
- mur w strefie podparcia stalowych dźwigarów posiada granitowe poduszki zapewniające wystarczającą redukcję naprężeń w płaszcz. styku poduszek z murem.

Dla stropu przewidziano dwa alternatywne rozwiązania (rys. 16 i 17).



Rys. 16. Wymiary istniejącej betonowej płyty stropowej oraz przewidywany układ warstw posadzkowych przedmiotowego stropu.

Fig. 16. Dimensions of existing concrete floor slab and planned system of floor layers.



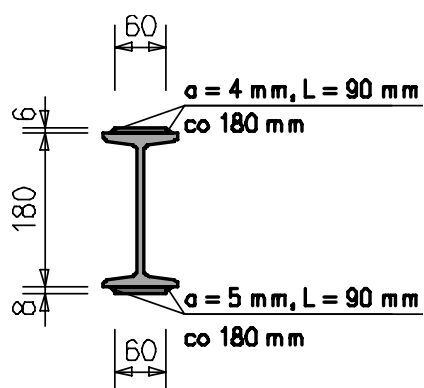
Rys. 17. Rozwiązanie alternatywne z zastosowaniem blachy trapezowej TR 55x188 – 0.75 mm, opartej na górnych półkach belek stropowych I180 i I210.

Fig. 17. Alternative solution with the application of TR 55x188 – 0.75 mm sheets, supported on the upper flanges of floor I180 and I210 beams.

Przy wyborze sposobu wzmocnienia stalowych belek przyjęto następujące wymogi:

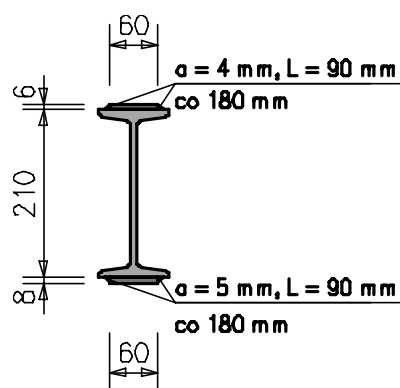
- sposób wzmocnienia osłabionych elementów nośnych nie powinien wpływać na zmianę wyglądu i wymiarów gabarytowych elementów istniejącego stropu;
- zabytkowe kolumny kamienne znajdujące się na parterze pod przedmiotowym stropem powinny pozostać nieobciążone – gdyż tradycyjnie w obiektach zabytkowych były to elementy dekoracyjne, a nie elementy nośne – co potwierdzają wyniki analizy statyczno-wytrzy. oraz fakt istnienia zauważalnego luzu między kamienną głowicą kolumny a dolną półką dźwigara I330 na rys. 15.

Sposób wzmocnienia elementów stalowych pokazano na rys. 18 - 21. Widok od spodu wzmocnionych elementów stalowych pokazano na rys. 22, a na rys. 23 pokazano śruby i bloki oporowe służące do wymuszenia wstępnego ugięcia elementów wzmacniających przed włączeniem ich do współpracy z elementami wzmacnianymi.



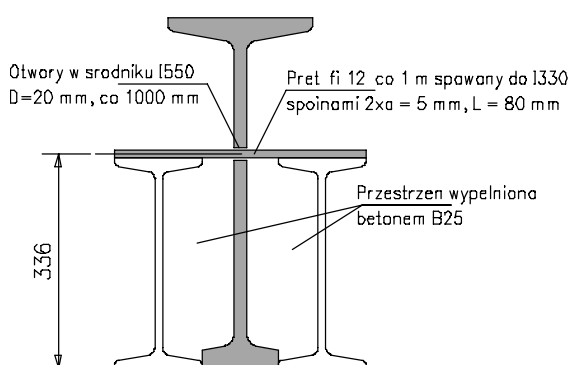
Rys. 18. Wzmocnienie belki I180.

Fig. 18. Strengthening the I180 beam.



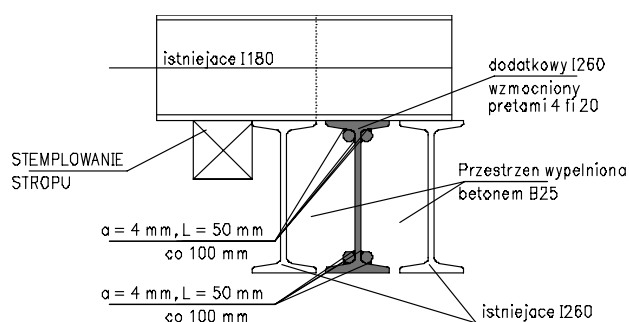
Rys. 19. Wzmocnienie belki I210.

Fig. 19. . Strengthening the I210 beam.



Rys. 20. Wzmocnienie podciągu 2xI330.

Fig. 20. Strengthening the 2xI330 beam.



Rys. 21. Wzmocnienie podciągu 2xI260 za pomocą dodatkowego dwuteownika I260+4Ø20.

Fig. 21. Strengthening the 2xI260 beam with additional double-tee beam I260+4Ø20.

Zapewnienie współpracy dwóch istniejących dwuteowników I330 (obciążonych różnymi obciążeniami) z dodatkowym dwuteownikiem I550 uzyskano poprzez wprowadzenie wstępnego ugięcia belki I550, wypełnienie przestrzeni przestrzeni między belkami betonem i „spięcie” belek I330 prętami Ø12.



Rys. 22. Widok stropu od dołu po wzmocnieniu stalowych belek i podciągów.

Fig. 22. View of the floor after strengthening the steel beams.

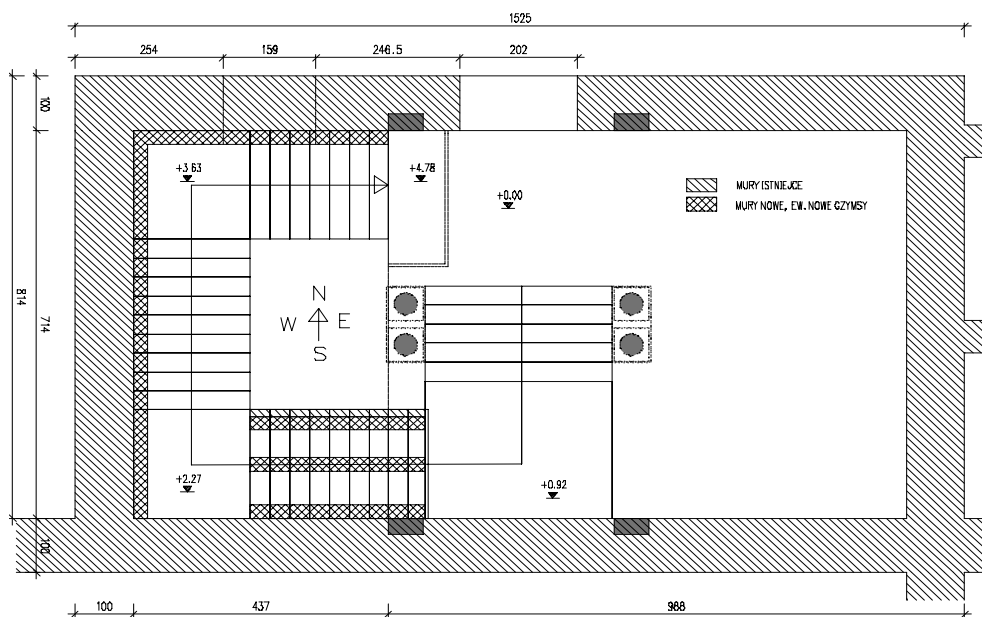


Rys. 23. Widok śrub wymuszających początkowe ugięcie elementów wzmacniających.

Fig. 23. View of bolts evoking the initial deflection of strengthening elements.

4. Schody - opis stanu istniejącego i zakres prac remontowo-budowlanych

Lokalizację schodów i układ poszczególnych elementów pokazano na rys. 24. Wizje lokalne wykazały, że stan techniczny elementów nośnych schodów jest zróżnicowany. Dwie płyty spocznikowe znajdujące się w narożach: południowo-zachodnim i północno-zachodnim zachowały się w całości i mają jedynie niewielkie ubytki o charakterze kosmetycznym pozostającym bez wpływu na ich nośność. Natomiast stan techniczny stopni jest zróżnicowany i wymaga interwencji konstrukcyjno-konserwatorskiej. Część stopni przy ścianie południowej (rys. 9 i 25), uległa poważnym uszkodzeniom mechanicznym. Jednakże połamane stopnie zostały zachowane niemal w całości, co umożliwia odtworzenie ich wyglądu oraz funkcji nośnej w biegu południowym, gdyż pod tym biegiem można wykonać niewidoczną z zewnątrz dowolną konstrukcję wsporczą przenoszącą obciążenia ze stopni tego biegu.



Rys. 24. Oznaczenie elementów nośnych kamiennych schodów paradowej klatki schodowej.

Fig. 24. Notation of stone structural elements for grand staircase.



Rys. 25. Detale zniszczenia stopni biegu przy ścianie południowej.

Fig. 25. Damages of steps at southern wall – detail.



Rys. 26. Głębokość zakotwienia stopni w ścianie płn. wynosi 22 cm.

Fig. 26. Anchorage length for steps in the southern wall equal to 22 cm.

Stopnie biegu przy ścianie zachodniej (rys. 10) zachowały się w całości – wyjątkiem jest jeden wyłamany stopień. W najgorszym stanie technicznym są stopnie biegu przy ścianie północnej (rys. 11 i 12). Stopnie te praktycznie zostały obłamane przy samej ścianie, prawdopodobnie przez spadające elementy stropu i dachu w trakcie pożaru w 1945 r.

Od czasów pożaru obiekt pozostawał niezadaszony i podlegał działaniu czynników atmosferycznych.

Przeprowadzone badania laboratoryjne cech wytrzymałościowych kamiennego materiału stopni i spoczników oraz cegły, z której wykonano mury nośne wykazały, że:

- wytrzymałość gwarantowana na ściskanie materiału stopni (wapień mikrytyczny) w rozumieniu normy PN-B-03264:2002 wynosi $f_{c,cube,0.95}^G = 73$ MPa, a wytrż. obliczeniowa $f_{cd} = 40,5$ MPa;
- wytrzymałość obliczeniowa na rozciąganie przy zginaniu kamienia stopni w rozumieniu normy PN-B-03264:2002 wynosi $f_{ctd} = 5,361$ MPa;
- znormalizowana wytrzymałość na ściskanie elementu murowego (cegła ceramiczna pełna) w rozumieniu normy PN-B-03002:1999 wynosi $f_b = 26,24$ MPa;
- wytrzymałość charakterystyczną muru na ściskanie (cegła ceramiczna pełna na zaprawie wapiennej) w rozumieniu normy PN-B-03002:1999 można szacować na poziomie nie niższym niż $0,1f_b$ czyli $f_k = 2,624$ MPa (wg [3] do $f_k = 3,325$ MPa);
- wytrzymałość obliczeniową muru na ściskanie (cegła ceramiczna pełna na zaprawie wapiennej) w rozumieniu normy PN-B-03002:1999 można szacować na poziomie nie niższym niż $f_d = 1,05$ MPa.

Brak jakichkolwiek rys na powierzchni cegieł w ściskanej strefie muru pod podniebieniem schodów (rys. 27 i 28) świadczy, że rzeczywista wytrzymałość istniejącego muru na ściskanie jest większa niż wynika z przytoczonego powyżej oszacowania.

Z przeprowadzonych obliczeń wynika, że naprężenia ściskające na krawędzi muru od obciążeń stałych (ciężar własny stopni i balustrady) wynoszą $\sigma_1 = 1,722$ MPa, a naprężenia ściskające na krawędzi muru od obciążeń całkowitych (ciężar własny stopni i balustrady + obciążenia użytkowe stopnia i balustrady) wynoszą $\sigma_1 = 3,475$ MPa.

Biorąc pod uwagę fakt, że pierwsze rysy pionowe w murach na zaprawie wapiennej pojawiają się w ceglach przy naprężeniach ściskających wynoszących $(0,4 - 0,6) f_k$, wytrzymałość charakterystyczną na ściskanie istniejącego muru można oszacować jako $\leq f_k = 1,722 / (0,4 \div 0,6) = 2,87 \div 4,30$ MPa. Brak uszkodzeń powierzchni ściany w strefie zakotwienia tych stopni pozwala szacować wytrzymałość charakterystyczną muru na ściskanie na znacznie wyższym poziomie - co świadczyłoby, że mur został wykonany nie na czystej zaprawie wapiennej, lecz na znacznie mocniejszej zaprawie cem.-wap.



Rys. 27. Brak zarysowania pod stopniami biegu na ścianie zachodniej.

Fig. 27. Lack of cracks below steps on western wall.



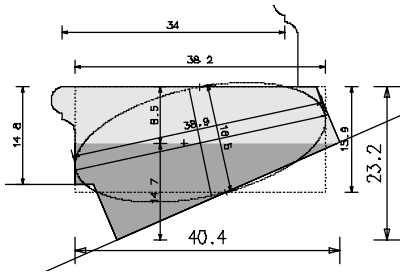
Rys. 28. Brak zarysowania pod stopniami biegu na ścianie północnej.

Fig. 28. Lack of cracks below steps on northern wall.

Wykonana analiza statyczno-wytrzymałościowa stanu istniejącego wykazała, że:

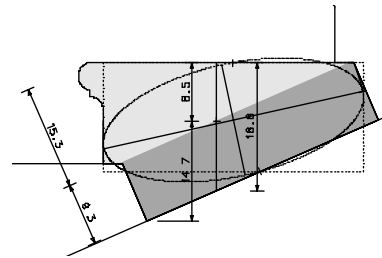
- wytrzymałość na rozciąganie przy zginaniu kamiennego materiału stopni i spoczników jest wystarczająca do bezpiecznego przeniesienia obciążeń wynikających z przewidywanej funkcji stopni i spoczników oraz aktualnych obciążeń normowych – naprężenia główne na górnej powierzchni stopnia wynikające z jednoczesnego zginania i skręcania wynoszą $\sigma_1 = 3,886$ MPa co stanowi 72,5% wytrzymałości kamienia na rozciąganie przy zginaniu $f_{ctd} = 5,361$ MPa – przy belkowym modelu obliczeniowym stopnia (rys. 29), ewentualne sklejenie stopni jest niedopuszczalne gdyż prowadzi do płytowego modelu pracy schodów (rys. 30) i w konsekwencji do wzrostu naprężeń na górnej powierzchni stopnia do poziomu $\sigma_1 = 5,454$ MPa - co stanowi 101,7% wytrzymałości kamienia na rozciąganie przy zginaniu;

- istniejąca głębokość zakotwienia stopni pokazana na rys. 26 (22 cm) nie spełnia aktualnych wymogów konstrukcyjnych (co najmniej 25 cm przy wysięgu wspornika do 1,5 m);
- istniejąca głębokość zakotwienia nie zapewnia wymaganego przez aktualne normy projektowe zapasu bezpieczeństwa z uwagi na stateczność na przewrócenie;
- oszacowana wytrzymałość muru na ściskanie jest zbyt mała i przy istniejącej głębokości zakotwienia nie zapewni bezpiecznego przeniesienia przewidywanych obciążeń użytkowych – w rozumieniu aktualnych norm projektowych;
- istniejąca głębokość zakotwienia nie zapewnia wymaganego przez aktualne normy projektowe zapasu bezpieczeństwa z uwagi na brak zapewnienia nośności muru na ściskanie w strefie zakotwienia stopni.



Rys. 29. Przy belkowym modelu schodów odległość krawędzi rozciąganej = 8,5 cm.

Fig. 29. For the beam model of stairs the distance from the tensile edge = 8,5 cm.



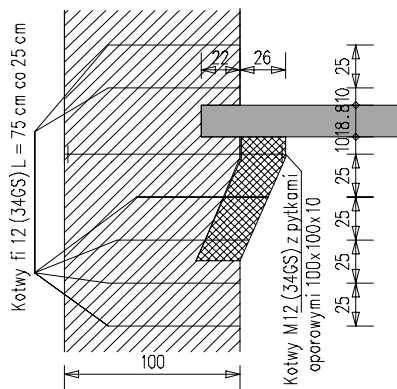
Rys. 30. Przy płytowym modelu schodów odległość krawędzi rozciąganej = 15,3 cm.

Fig. 30. For the slab model of stairs the distance from the tensile edge = 15,3 cm.

Wobec powyższego podjęto decyzję o zwiększeniu szerokości podparcia stopni do wartości zapewniającej wymagany zapas bezpieczeństwa z uwagi na stateczność na przewrócenie. Wykonana analiza statyczno-wytrzymałościowa wykazała, że:

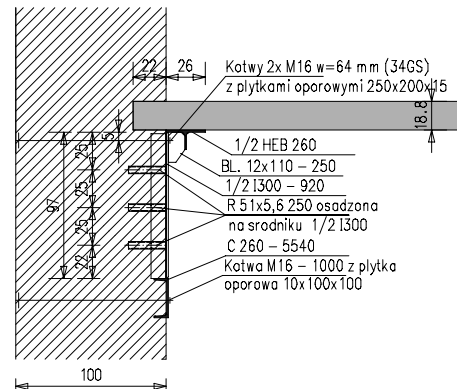
- dla zapewnienia wymaganego poziomu bezpieczeństwa z uwagi na stateczność na przewrócenie niezbędne jest zwiększenie szer. podparcia stopni z 22 cm do 48 cm - czyli praktycznie o jedną cegłę - przy tym zapas bezpieczeństwa z uwagi na stateczność na przewrócenie (od obciążeń całkowitych) w murze w strefie zakotwienia zmieni się z poziomu $M_{obracający}/M_{utrzymujący} = 2,092$ do wartości $M_{obracający}/M_{utrzymujący} = 0,776 < 0,800$ tj. poziom bezpiecznie przenieszonego przez istniejący mur;
- zwiększenie głębokości podparcia do 48 cm spowoduje redukcję krawędziowych naprężeń ściskających (od obciążeń całkowitych) w murze w strefie zakotwienia stopni z poziomu $\sigma_1 = 3,475$ MPa do wartości $\sigma_1 = 0,872$ MPa, tj. poziom bezpiecznie przenieszonego przez istniejący mur.

Z uwagi na konserwatorski wymóg minimalnej ingerencji w wygląd obiektu, rozwiązania konstrukcyjne przedstawiono w dwóch wersjach na rys. 31 i 32.



Rys. 31. Poszerzenie podparcia schodów w wersji ceramicznego gzymsu wzmocnionego sta. ściągam.

Fig. 31. Widening the stairs support for the version of ceramic cornice strengthened with steel ties.



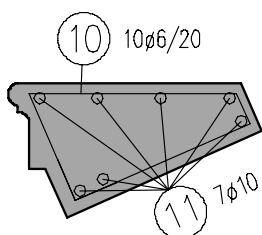
Rys. 32. Poszerzenie podparcia schodów w wersji stalowej konstrukcji wsporczej.

Fig. 32. Widening the stairs support for the version of steel supporting structure.

Pierwsze rozwiązanie wymagałoby wykonania wspornika w postaci gzymsu znacznych rozmiarów. Rozwiązanie w wersji konstrukcji stalowej, podobne do omówionego w pracy [3], stwarza szansę na ukrycie tej konstrukcji, a w szczególności wystającej poza lico ściany półki $\frac{1}{2}$ HEB 260, pod gzymsem o kształcie i rozmiarach porównywalnych ze sztukaterią pokrywającą ceramiczną obudowę stalowego podciągu widocznego na rys. 23.

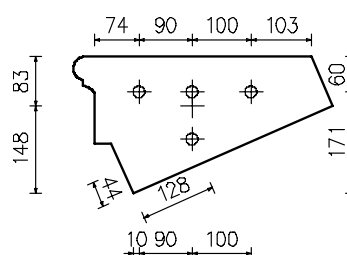
Rozwiązanie problemu brakujących stopni przedstawiono w dwóch wersjach:

- implanty żelbetowe z betonu B25, barwionego w masie, zbrojone prętami $\varnothing 10$ ze stali A-III - układ zbrojenia pokazano na rys. 33, zastosowanie długości belek zwiększonej do 2,5 m pozwoli zwiększyć głębokość zakotwienia do 50 cm i ew. odstąpić rozwiązań przedstawionych na rys. 31 i 32;
- implanty z wapienia mikrytycznego, złożone z pięciu odcinków o długości 50 cm każdy, ze skośnymi otworami $\varnothing 20$ mm nawierconymi w miejscach wskazanych na rys. 34 - całość sprężana jest prętami $\varnothing 16$ ze stali RB 500.



Rys. 33. Układ zbrojenia żelbetowego implantu stopni.

Fig. 33. Reinforcement arrangement for steps RC implants



Rys. 34. Poszerzenie podparcia schodów w wersji konstrukcji stalowej.

Fig. 34. Widening the stairs support for the steel structure version.

Pręty wklejane są w skrajny widoczny element, następnie na pręty nakładane są pozostałe cztery elementy, a ich styki wypełniane są klejem. Na powierzchni czołowej ostatniego elementu umieszczana jest na kleju podkładka stalowa z otworami jak na rys. 34. W pręcie dolnym zadawana jest siła wstępnego naciągu ok. 1,0 kN, a w każdym z trzech prętów górnych siły 52 kN. W następstwie w tych trzech prętach powstają wstępne naprężenia rozciągające $\sigma_{s0} = 258,63$ MPa, a na górnej krawędzi przekroju kamiennego naprężenia ściskające $\sigma_{k0} = 4,02$ MPa. Po obciążeniu stopnia momentem zginającym od całkowitych obciążeń obliczeniowych naprężenia w stali osiągają wartość $\sigma_{s1} = 258,63 + 139,68 = 398,31$ MPa $< f_d = 420$ MPa, natomiast naprężenia ściskające na górnej krawędzi przekroju kamiennego spadają do wartości $\sigma_{k1g} = 4,02 - 3,86 = 0,16$ MPa, a naprężenia ściskające na dolnej krawędzi na dolnej przekroju kamiennego wzrastają do wartości $\sigma_{k1d} = 6,38$ MPa.

5. Uwagi końcowe

- Przedstawione rozwiązania konstrukcyjne opierają się na wynikach stosownych obliczeń statyczno-wytrzymałościowych, uwzględniają wnioski inwestora i uwagi wykonawcy.
- Dla każdej ingerencji w konstrukcję opracowano szczegółowe zalecenia dotyczące kolejności wykonania robót ze szczególnym uwzględnieniem bezpieczeństwa.
- Prace konstrukcyjne w przedmiotowej klatce schodowej wykonywane są pod nadzorem osób posiadających przygotowanie i doświadczenie zawodowe związane z renowacją obiektów zabytkowych.

Autorzy wyrażają podziękowanie ks. Janowi Roškowi, Dyrektorowi Ośrodka Formacyjno-Edukacyjnego w Rudach, za udostępnienie archiwalnych fotografii i publikacji dotyczących przedmiotowego obiektu oraz inż. Dariuszowi Makoszowi za rzeczową dyskusję nad rozważanymi rozwiązaniami konstrukcyjnymi.

Literatura

- [1] Ł u ż y c k a E.: *Przeobrażenia architektury średniowiecznego klasztoru cysterskiego w Rudach na podstawie Badań architektonicznych prowadzonych w 2001 r.* Architectus Nr 1(11) 2002 s.23-43.
- [2] Strona internetowa Diecezji Gliwickiej www.kuria.gliwice.pl/rudy/
- [3] J a s i e ń k o J., Ł o d y g o w s k i T., R a p p P.: *Naprawa, konserwacja i wzmacnianie wybranych, zabytkowych konstrukcji ceglanych.* Dolnośląskie Wydawnictwo Edukacyjne, Wrocław 2006 r.