

Analiza konstrukcji nietypowej klatki schodowej w budynku zabytkowym

Analysis of the structure of an unusual staircase in a historic building

dr inż. Ryszard Antonowicz (ORCID: 0000-0002-0026-9961), dr inż. Adam Klimek (ORCID: 0000-0002-4945-4121), Politechnika Wroclawska

DOI: 10.5604/01.3001.0054.1331

Streszczenie: Praca dotyczy analizy konstrukcji klatki schodowej znajdującej się w dawnym pałacu z końca XVIII wieku. Budynek o konstrukcji tradycyjnej ma ściany murowane, stropy w postaci sklepień, stropów odcinkowych, stropów Kleina i drewnianych. Konstrukcja analizowanych schodów wykonana jest z drewna iglastego, z wyjątkiem belek policzkowych i podstopnic wykonanych z drewna liściastego. Niektóre elementy konstrukcji klatki schodowej są wtórnie wzmocnione profilami stalowymi. Na każdej kondygnacji centralny bieg schodowy oparty jest na eliptycznie ukształtowanych belkach policzkowych i na wewnętrznych belkach zastrzałowych. Podesty główne w poziomie stropów międzykondygnacyjnych podparte są podłużnymi i poprzecznymi masywnymi belkami drewnianymi. W pracy podano wyniki obliczeń statyczno-wytrzymałościowych konstrukcji schodów i opisano zalecenia dotyczące wzmocnień i dostosowania klatki schodowej do nowych warunków użytkowania.

Słowa kluczowe: budynek zabytkowy, schody drewniane, wzmocnienie konstrukcji.

Abstract: The work concerns the analysis of the staircase structure located in a former palace from the late eighteenth century. The building of traditional construction has brick walls, ceilings in the form of vaults, sectional ceilings, Klein ceilings and wooden ceilings. The structure of the analyzed stairs is made of softwood, with the exception of stringers and risers made of hardwood. Some elements of the staircase structure are secondary reinforced with steel profiles. On each floor, the central staircase is based on elliptically shaped stringer beams and internal bracing beams. The main landings at the level of inter-storey ceilings are supported by longitudinal and transverse massive wooden beams. The paper presents the results of static and strength calculations of the stair structure and describes the recommendations for reinforcement and adaptation of the staircase to the new conditions of use.

Keywords: historic building, timber stairs, structural reinforcement.

1. Wprowadzenie

Praca dotyczy zagadnień związanych z oceną stanu technicznego schodów o konstrukcji drewnianej, wtórnie wzmocnionych profilami stalowymi. Schody znajdują się w zabytkowym budynku dawnego pałacu z końca XVIII wieku. Przeprowadzono analizę numeryczną konstrukcji klatki schodowej.

2. Opis konstrukcji budynku

Przedmiotowy budynek (rys. 1) był pierwotnie pałacem należącym do rodzin Wallenberg-Pachalych. Został wybudowany w latach 1785–1787 według projektu Karla Gotharda Langhansa i jest jedną z ostatnich we Wrocławiu rezydencji doby fryderycjańskiej. W 1890 r. został przebudowany na bank przez Hermanna Wolframa. W czasie II wojny światowej nie uległ zniszczeniu, po wojnie został przejęty przez Uniwersytet Wrocławski i zaadoptowany do celów bibliotecznych. Obecnie, od kilku lat, jest pustostanem.

Budynek jest zróżnicowany pod względem liczby kondygnacji: ma parter, dwa piętra i poddasze, a w centralnej części skrzydła

południowego dodatkowo także piwnicę. Posadowiony jest na ceglanych ławach fundamentowych ze stromymi odsadzkami. Ściany nośne są murowane z cegły na zaprawie wapiennej. Niektóre ze ścian wykonane są w formie warstwowej jako



Rys. 1. Ogólny widok budynku dawnego pałacu od strony ul. Szajnochy we Wrocławiu (oznaczony strzałkami)

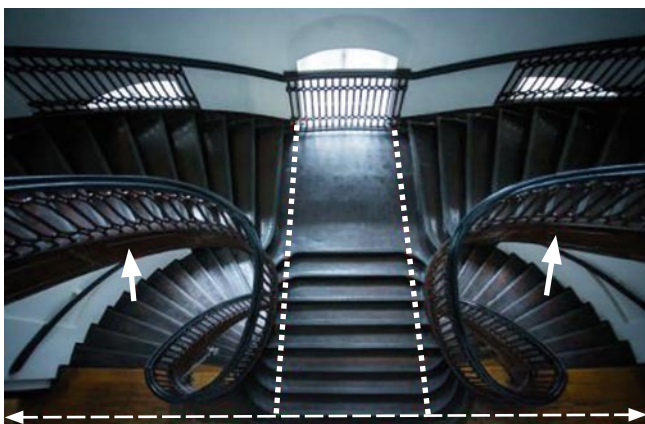
murowane o grubości 12 cm z pustką wewnętrzną (łącznie grubość takiej ściany wynosi 80 cm). W części budynku, w piwnicy i na parterze, występują filary murowane oraz kolumny z piaskowca i granitu. W budynku występują różne rodzaje stropów i sklepień, co jest powszechne w tego typu obiektach. Nad piwnicami są to sklepienia ceglane jedno- i dwukrzywiźnowe, lokalnie krzyżowe, stropy Kleina oraz stropy odcinkowe na belkach stalowych. Nad dużymi salami parteru występują sklepienia żaglaste. W przeważającej części parteru występują głównie stropy drewniane ze ślepym pułapem z lokalnymi wzmocnieniami w postaci podciągów stalowych pod ciężkimi ścianami działowymi. Pozostałe stropy nad parterem to stropy Kleina oraz odcinkowe na belkach stalowych. Konstrukcja wyższych stropów nad I, II i III piętrzem jest również mieszana – występują tu stropy drewniane, Kleina i odcinkowe. W ścianach budynku występują łuki ceglane o zróżnicowanej geometrii oraz nadproża kamienne i stalowe Kleina.

Budynek ma trzy klatki schodowe: główną drewnianą, ewakuacyjną o konstrukcji mieszanej z ciosów kamiennych i stali oraz schody kręte stalowe w kondygnacji parteru.

Więźba dachowa budynku jest tradycyjna, drewniana, częściowo płatiwowo-kleszczowa, częściowo jętkowa.

3. Opis głównej klatki schodowej

Główna klatka schodowa usytuowana jest na wprost wejścia głównego do budynku, ma na każdej kondygnacji trzy biegi: 1 prosty, centralny, wprowadzający na spocznik oraz dwa biegi wyższe, kręcone, prowadzące ze spocznika na podest wyższej kondygnacji. W rzucie klatka schodowa posiada kształt elipsy (rys. 2).



Rys. 2. Klatka schodowa widziana z poziomu III piętra; wzdłuż biegu oznaczono wzmocnienia „belki zastrzałowych” z lat 50. XX w. z ceowników 180, poziomą linią przerywaną belkę główną 24x40 cm; belka ta nie została wzmocniona podczas remontu w latach 50.

Klatka biegnie przez 4 kondygnacje, biegi w piwnicy mają konstrukcję deskową i są oparte na ścianach murowanych. Skonstruowana jest ona następująco:

- ma na każdej kondygnacji 3 biegi: 1 prosty, centralny, wprowadzający na spocznik pośredni oraz 2 symetryczne

wyższe, kręcone, prowadzące ze spocznika na podest wyższej kondygnacji (rys. 2, 3);

- konstrukcja wykonana jest z drewna iglastego, za wyjątkiem stopnic i belek policzkowych, które są wykonane z drewna dębowego; w drugiej połowie lat 50. XX wieku klatka została wzmocniona elementami stalowymi według opracowania [2];

- na każdej kondygnacji niższej, centralny bieg schodowy oparty jest na eliptycznie ukształtowanych belkach policzkowych; ponadto posiada on wewnętrzne belki podłużne z krawędziaków drewnianych o przekrojach 16x16 cm, zwane w opracowaniu [2] „belkami zastrzałowymi”;

- dwa wyższe, kręcone biegi schodowe opierają się na spiralnie ukształtowanych belkach policzkowych, a po przeciwnych stronach na ścianach zewnętrznych budynku;

- dębowe belki policzkowe posiadają przekrój 10x38 cm i łączone są na swoich długościach z 4 elementów przy pomocy płaskowników stalowych i czopów (rys. 5);

- główne podesty w poziomie stropów międzykondygnacyjnych posiadają wzdłuż swojej krawędzi maszyną belkę drewnianą o przekroju 24x40 cm (rys. 2, 3, 6, 7); konstrukcja tej belki jest złożona z 2 mniejszych krawędziaków drewnianych;

- do ww. belki głównej dochodzą prostopadle w rozstawach co 82 cm poprzeczne belki nośne podestu o przekrojach 22x28 cm (rys. 3, 7); belki te prawdopodobnie przechodzą jako ciągłe przez ścianę nośną ograniczającą klatkę schodową i biegną aż do ściany zewnętrznej budynku od strony północnej, co zasugerowano w opracowaniu [2]. Stan techniczny klatki schodowej jest następujący:

- stopnice są wytarte, wyeksploatowane;
- zawiesia z prętów stalowych, podwieszające najwyższy podest do belek stalowych stropu nad III piętrzem (rys. 4) są stabilne i dobrze umocowane; strop do którego podwieszono zawiesia nie jest odkształcony;

- spiralne belki policzkowe górnych biegów posiadają znaczne odkształcenia, które powstały wskutek rozluźnień połączeń ich elementów składowych (rys. 5);

- następstwem w/w odkształceń belek policzkowych są wyraźne odczuwalne opady stopni w kierunku od ściany zewnętrznej do belki policzkowej; opady te są zróżnicowane, mniejsze w dolnych, a większe w górnych częściach biegów; maksymalny pomierzony opad stopnia wynosi 10 cm, a opad spocznika 7 cm; opady spoczników są mniejsze od ich opadów pomierzonych w opracowaniu [2], co może świadczyć o tym, że podczas remontu klatki schodowej w latach 50. XX wieku jej konstrukcja została częściowo wyprostowana, co zaplanowano w tym opracowaniu; ceowniki stalowe wzmacniające „belki zastrzałowe” miały zostać w środku długości połączone przegubowo a następnie ściągnięte, co miało w zamysle autorów projektu wzmocnienia doprowadzić do ich wyprostowania;

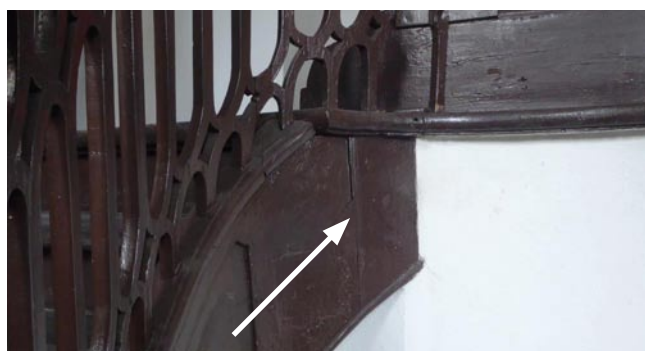
- spoczniki i biegi podczas obciążeń dynamicznych wykazują nieznaczne drgania;
- wykonane badania (głębokie przewiertory oraz pomiary elektromagnetyczne) wykazały, że przewidziane w opracowaniu [2]



Rys. 3. Klatka schodowa widziana z poziomu I piętra, liniami przerywanymi oznaczono wzmocnienia z lat 50. XX w. – z ceowników 180, linią ciągłą belkę główną podestu 24x40 cm, liniami kropkowymi wspornikowe belki podestu o przekrojach 22x28 cm

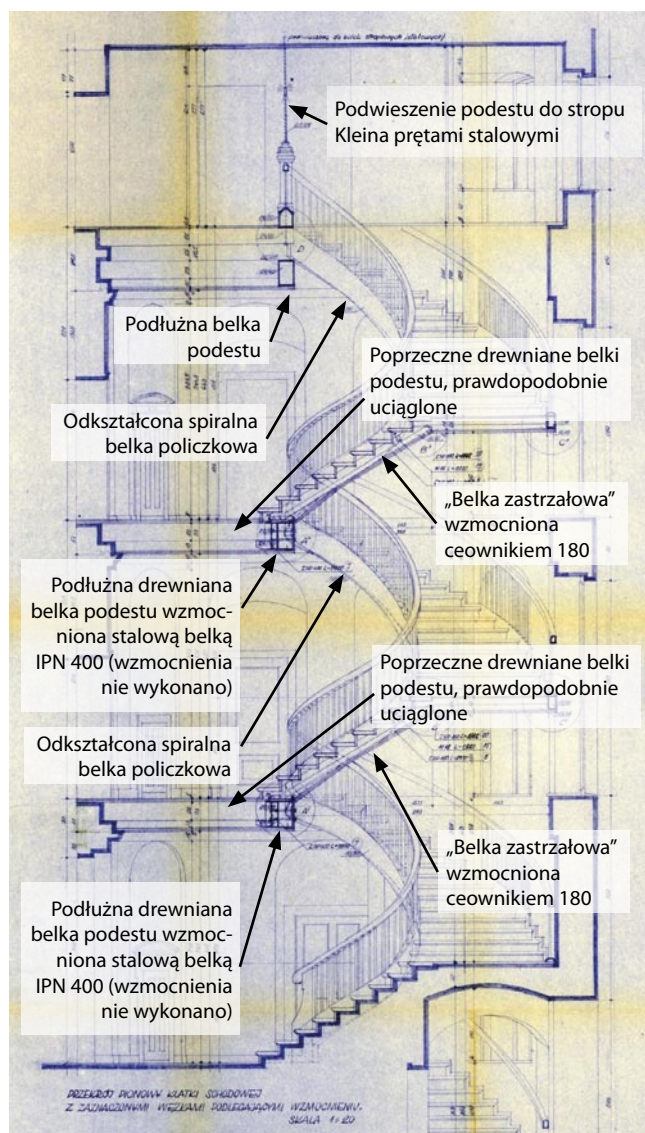


Rys. 4. Pręty stalowe, podwieszające najwyższy podest klatki schodowej do stropu Kleina (oznaczono strzałkami)



Rys. 5. Pęknięcie na połączeniu elementów składowych spiralnej belki policzkowej górnego biegu klatki schodowej (oznaczono strzałką)

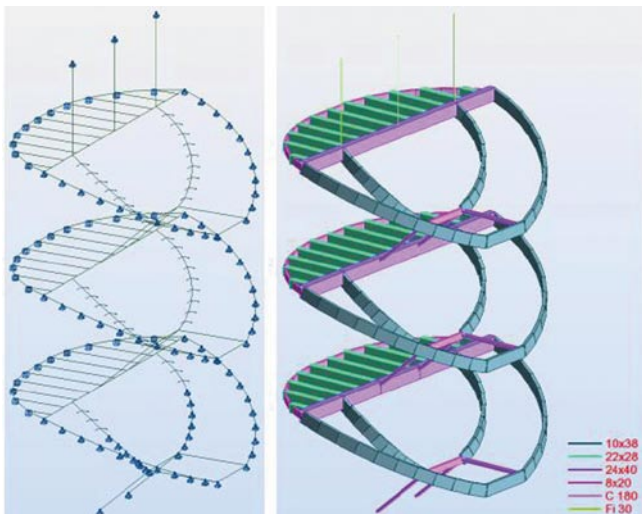
wzmocnienia zostały wykonane jedynie w zakresie osadzenia ceowników 180 pod belkami zastrzałowymi biegów dolnych i spocznika międzykondygnacyjnego (rys. 3, 6); nie wykonano wzmocnień głównych belek podestowych belkami stalowymi IPN 400 (rys. 6);



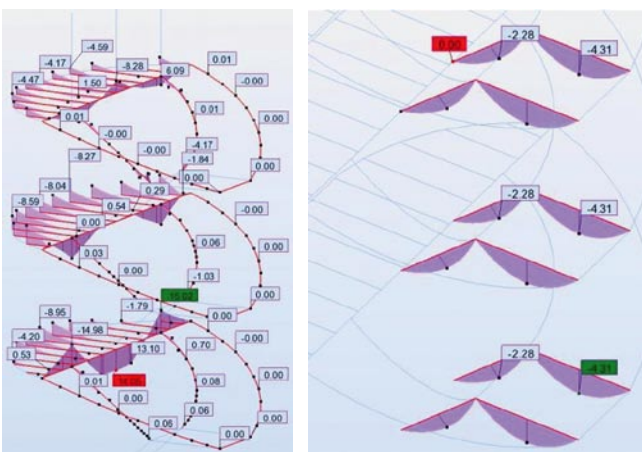
Rys. 6. Projekt wzmocnienia klatki schodowej według [2]

- podesty klatki w poziomie stropów mimo znacznej rozpiętości głównej belki podestowej (ponad 9 m) nie wykazują odczuwalnych drgań, co najprawdopodobniej świadczy o ich usztywnieniu dochodzącymi do niej belkami poprzecznymi, przechodzącymi jako ciągle przez ścianę zamykającą klatkę schodową i kontynuującymi się w stronę północnej ściany zewnętrznej budynku (rys. 3, 7).

Rozwiązanie podestów klatki schodowej nie jest typowe dla tradycyjnych konstrukcji drewnianych, gdzie stosowano zazwyczaj schematy wolnopodparte; uciągnięcie poprzecznych belek podestowych jest najprawdopodobniej najważniejszym pierwotnym rozwiązaniem konstrukcyjnym, dzięki któremu klatka znajduje się w relatywnie dobrym stanie technicznym. Jedyne oba górne biegi (ponad „belkami zastrzałowymi”) są na każdej kondygnacji trwale odkształcone wskutek rozluźnień połączeń spiralnych belek policzkowych (jak na rysunku 5) i powinny zostać wzmocnione. Prostowanie trwałych opadów stopni i podestów nie jest konieczne z uwagi na wymagania konstrukcyjne i będzie zależne od wymagań inwestora.



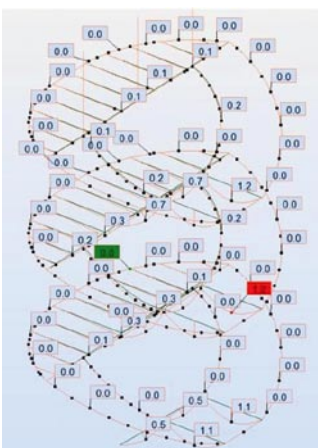
Rys. 7. Schemat statyczny i przekroje prętów



Rys. 8. Po lewej momenty zginające w prętach drewnianych, po prawej w ceownikach stalowych, wzmocniających „belki zastrzałowe”, kNm

4. Wyniki obliczeń numerycznych

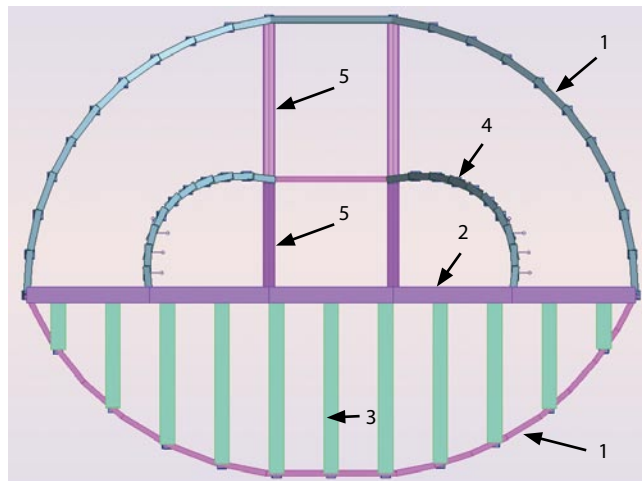
Ze względu na znaczne odkształcenia belek policzkowych przeprowadzono analizę numeryczną klatki schodowej w modelu przestrzennym programem Robot. Na rysunku 7 pokazano schemat statyczny i przyjęte profile prętów drewnianych i stalowych, na rysunku 8 momenty zginające w prętach, na rysunku 9 deformacje chwilowe od obciążeń charakterystycznych.



Rys. 9. Deformacje prętów od obciążeń charakterystycznych, cm (bez uwzględnienia reologii)

5. Podsumowanie

W wyniku analizy stwierdzono, że wszystkie elementy drewniane spełniają warunki stanów granicznych



Rys. 10. Schemat statyczny nietypowego pierwotnego rozwiązania klatki schodowej w widoku z góry: 1) owalna murowana ściana klatki schodowej; 2) podłużna belka podestu o długości 9,15 m, wolno podparta; 3) poprzeczne wspornikowe belki podestowe, tworzące ruszt drewniany wraz z belką 2; zamodelowano je jako utwierdzone w ścianie owalnej 1 ze względu na ich uciąglenie poza ścianę owalną aż do ściany zewnętrznej budynku; 4) odkształcone spiralne belki policzkowe górnych biegów; 5) łamane „belki zastrzałowe” dolnego biegu, wzmocnione ceownikami w latach 50. XX w.

nośności, a największe naprężenia występują we wspornikowych belkach policzkowych, utrzymujących główne podłużne belki podestów w poziomach stropów. Ceowniki stalowe, założone w latach 50. XX wieku, również spełniają warunki stanów granicznych, choć niektóre są na granicy nośności. Ugięcia konstrukcji schodów, obliczone bez uwzględnienia podatności węzłów i reologii są niewielkie i spełniają warunki stanów granicznych użyteczności. Jediną wadą konstrukcji schodów są rozluźnienia połączeń spiralnych belek policzkowych, które spowodowały nierówne odkształcenia biegów. Powinny one ulec wzmocnieniu.

Klatka schodowa zawdzięcza względnie dobry stan techniczny nietypowemu rozwiązaniu konstrukcyjnemu, polegającym na zastosowaniu wspornikowych poprzecznych belek podestowych, podtrzymujących podłużne belki podestów o rozpiętości ponad 9 m (rys. 10). Belki poprzeczne uzyskały sztywność na zginanie dzięki ich przedłużeniu poza ścianę na której się opierają aż do następnej ściany nośnej. Jak się okazuje, belki poprzeczne o zmiennym wysięgu (do 2,67 m), skutecznie współpracują z podłużną belką podestową o długości 9,15 m, powodując jej usztywnienie do takiego stopnia, że podest pomimo ponad 200-letniej eksploatacji nie wykazuje widocznych odkształceń oraz nie drga pod obciążeniami dynamicznymi.

BIBLIOGRAFIA

- [1] Klimek A., Ekspertyza stanu konstrukcji budynku przy ul. Szajnochy 10 we Wrocławiu Wrocław, 2020
- [2] Orzeczenie techniczne nt. rekonstrukcji drewnianej klatki schodowej, wykonane w Zakładzie Statyki i Konstrukcji Specjalnych Politechniki Wrocławskiej przez prof. inż. Oskara Muchę oraz mgr. inż. Zenona Nasterskiego dla Uniwersytetu Wrocławskiego im. Bolesława Bieruta w kwietniu 1957 r.