

Analiza technologiczna i ekonomiczna wykonania stropów w budynku wpisanym do rejestru zabytków

Jakub Grzyl – student, dr inż. Beata Grzyl, Wydział Inżynierii Lądowej i Środowiska, Politechnika Gdańska

1. Wprowadzenie

Przedmiotem analizy jest budynek dawnego Gimnazjum Miejskiego (Städtisches Gymnasium zu Danzig), zlokalizowany przy ul. Lastadia 2 w Gdańsku. Gmach wybudowany w stylu neogotyckim (rys. 1), o ceglanych ścianach i drewnianych stropach został oddany do użytku w 1837 r. i funkcjonował bez wprowadzania większych zmian aż do początku 1945 r. Z powodu działań wojennych, prowadzonych pod koniec marca 1945 r., śródmieście Gdańska zostało prawie całkowicie zniszczone, w tym m.in. w ruinie znalazła się cenna zabytkowa zabudowa Głównego Miasta i Starego Przedmieścia [1]. Wśród niej znalazł się budynek zlokalizowany przy ul. Lastadia 2, w którym m.in. doszczętnie zostały wypalone drewniane stropy na wszystkich kondygnacjach i bardzo poważnie uszkodzone ściany nośne. W dobrym stanie zachowały się jedynie sklepienia kolebkowe nad piwnicą. W pierwszej połowie lat 50. XX w. odbudowano zrujnowany obiekt – m.in. na dźwigarach stalowych wykonano stropy Kleina, które zachowały się aż do czasów współczesnych. Odbudowany wówczas obiekt stał się siedzibą Technikum Przemysłu Spożywczego i Chemicznego [2]. W kolejnych latach budynek był sukcesywnie remontowany, jednak prace w celu wzmocnienia konstrukcji prowadzone były wybiórczo i nie wyeliminowały przyczyny jego osiadania. Po zakończeniu roku szkolnego 2008/2009, ze względu na pogarszający się stan techniczny budynku i brak środków na remont podjęto decyzję o jego zamknięciu.

W 2015 r. właścicielem obiektu stała się spółka miejska Gdańskie Melioracje Sp. z o.o. W tym samym roku zapadła decyzja o przeprowadzeniu kompleksowej przebudowy, rozbudowy i rewaloryzacji budynku. W celu określenia jego stanu technicznego i zakresu koniecznych



Rys. 1. Widok budynku zlokalizowanego przy ul. Lastadia 2 w Gdańsku (zdjęcie: autor)

robót zlecono wykonanie wielu pomiarów [np. 3] i badań oraz opracowanie licznych ekspertyz [m.in. 2, 4, 5, 6] i opinii technicznych. Przeprowadzone pomiary geodezyjne [3] wykazały znaczne, nierównomierne osiadanie budynku. Stwierdzono także, iż zmiana warunków gruntowo-wodnych w rejonie budynku, korozja biologiczna drewnianych pali fundamentowych, jego długotrwała eksploatacja i niedoskonałość zastosowanych rozwiązań konstrukcyjno-materiałowych w toku remontów prowadzonych od lat 50. XX w. oraz wzmożony ruch na przyległej ulicy Podwałe Przedmiejskie wywołały liczne pęknięcia ścian, zarysowania stropów i wpłynęły na osłabienie konstrukcji całego obiektu [2]. Dodatkowy negatywny wpływ na przedmiotowy obiekt miał przylegający do jego północnej ściany budynek zlokalizowany przy ul. Lastadia 1 (rys. 2), który został dobudowany na przełomie XIX i XX w. Ściana budynku przy ul. Lastadia 1 oparta była na fundamencie budynku Lastadia 2 [4]. W efekcie spowodowało to dodatkowe jego obciążenie, wzmożone osiadanie i sukcesywne pogarszanie stanu



Rys. 2. Budynek przy ul. Lastadia 1 w trakcie rozbioru, stan na 16.10.2018 r. (zdjęcie: autor)



Rys. 3. Budynek przy ul. Lastadia 2 – widok konstrukcji dachu i stropu ostatniej kondygnacji (zdjęcie: autor)

technicznego zabytkowego budynku zlokalizowanego przy ul. Lastadia 2. Ze względu na fakt, iż budynek Lastadia 1 nie był obiektem wpisanym do rejestru zabytków, podjęto decyzję o jego rozbiórce (rys. 2).

Od 1971 r. obiekt Lastadia 2 znajduje się w rejestrze zabytków nieruchomych (nr rej. 422 z 30.10.1971) [m.in. 7]. Ze względu na ten fakt podczas planowania zakresu robót budowlanych należało uwzględnić zachowanie jak największej części jego substancji zabytkowej. Zły stan techniczny obiektu, przekroczenie dopuszczalnych norm w zakresie obciążeń i osiadań wskazały jednak na konieczność przeprowadzenia kompleksowych działań remontowych oraz rozległych napraw powiązanych z wykonaniem specjalistycznych robót wzmocnienia posadowienia i całej konstrukcji [m.in. 2, 4, 5, 6, 7]. W celu dalszej eksploatacji obiektu właściciel podjął decyzję o gruntownym wzmocnieniu konstrukcji (fundamentów, ścian, stropów) oraz wymianie konstrukcji i pokrycia dachu (rys. 3). W ramach planowanych prac przewidziano między innymi wymianę istniejących stropów Kleina [8, 9].

2. Propozycja rozwiązań w zakresie wykonania stropów

2.1. Przedmiot analizy

W artykule rozpatruje się trzy rozwiązania technologiczne wykonania robót związanych z wymianą i/lub wzmocnieniem stropów w ramach przebudowy, rozbudowy i rewitalizacji budynku zlokalizowanego w Gdańsku przy ulicy Lastadia 2. Rozwiązanie zaproponowane przez projektanta (wykonanie nowych płyt żelbetowych) [8] porównuje się z dwoma alternatywnymi technologiami. Łączna powierzchnia netto budynku wynosi 3141,82 m² [9]. Wykonanie wymiany i/lub wzmocnienia wszystkich stropów generuje zatem znaczny wydatek dla właściciela obiektu. Zastosowanie różnych technologii do wykonania powyższego zakresu prac wiąże się także z różnym czasem realizacji robót. Mając więc na uwadze koszt i czas realizacji prac, uzasadnionym

jest rozważenie kilku, możliwych do zastosowania w praktyce, rozwiązań wykonania tych działań.

2.2. Stan istniejącej konstrukcji

W ramach odbudowy przeprowadzonej na początku lat 50. XX w. w budynku wykonano stropy stalowo-ceramiczne Kleina z płytą typu lekkiego. Wyniki ekspertyzy [np. 2, 7] wskazały, iż w stropach występuje następujący układ warstw: parkiet dębowy (lokalnie lastryko), wylewka betonowa, polepa (żużel, gruz budowlany), wylewka na ceglach ceramicznych, cegły ceramiczne (lokalnie płyty żelbetowe również oparte na belkach stalowych), tynk. Średnia grubość warstw stropowych na wszystkich kondygnacjach waha się od 30 do 40 cm. Prowadzone od października 2017 r. prace budowlane w obiekcie wykazały, iż ceramiczna płyta z cegły pełnej jest oparta na dolnych półkach belek stalowych. Wypełnienie stropów Kleina stanowi luźny gruz, żużlobeton, miejscowo także trocinobeton. Lokalnie występuje warstwa nadbetonu o grubości 5–8 cm. Do wykonania stropów zastosowano dwuteowe belki stalowe o zróżnicowanych profilach w zależności od rozpiętości stropu. W pomieszczeniu pokazanym na rysunku 4 zastosowano belki I200 (h=200 mm, s=90 mm) w rozstawie ~200 cm. Stalowe belki nie są zabezpieczone przed korozją ani działaniem ognia. Stan belek oceniono jako dostateczny. Na potrzeby niniejszej analizy ich nośność przyjęto jako 80% nośności takich samych nowych profili stalowych. Belki opierają się na ścianach murowanych oraz podciągach stalowych.

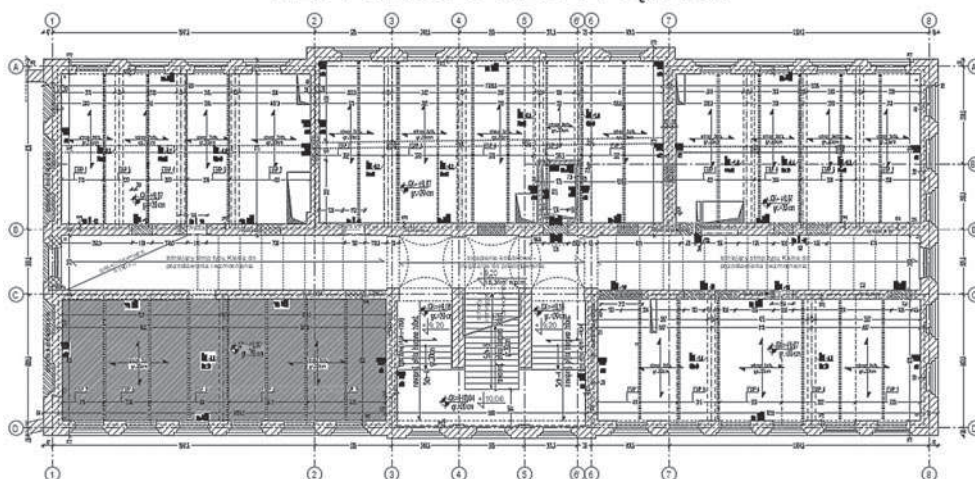


Rys. 4. Widok stropu nad I piętrzem w budynku przy ul. Lastadia 2 w Gdańsku, stan na 30.07.2018 r. (zdjęcie: autor)

2.3. Czynniki decydujące o wyborze technologii

Dokonując wyboru konstrukcji nośnej stropu, należy uwzględnić m.in. stan budynku (nowo projektowany, przebudowywany czy remontowany), jego rodzaj i przeznaczenie, wymiary pomieszczeń (rozpiętość), wartości obciążeń itp. [10]. Oprócz podstawowych parametrów, o wyborze decydują także czynniki jak: termoizolacyjność, ognioodporność i dźwiękoizolacyjność, trwałość, ale także możliwość ograniczenia

RZUT STROPU NAD 1 PIĘTREM



Rys. 5. Rzut stropu nad I piętrem w budynku przy ul. Lastadia 2 w Gdańsku, źródło: [9]

zakresu prac związanych z wykończeniem dolnej powierzchni stropu [11]. Ważną przesłanką, mającą wpływ na wybór danej technologii konstrukcji stropu przez projektanta i właściciela obiektu, są jednak przede wszystkim: cena, łatwość i czas wykonania robót. Stosowanie coraz wyższych współczynników bezpieczeństwa przy projektowaniu stropów, stawiane im wysokie wymagania m.in. w zakresie odporności ogniowej, akustyki i nośności spowodowały, iż szeroko stosowane niegdyś konstrukcje stropów drewnianych przestały obecnie odgrywać wiodącą rolę w budownictwie wielorodzinnym i użyteczności publicznej. We wznoszonych współcześnie budynkach ważną rolę odgrywają natomiast stropy żelbetowe i prefabrykowane. Ich dużą zaletą jest m.in. możliwość przenoszenia dużych obciążeń przy zachowaniu znacznych rozpiętości i wysokości użytkowych kondygnacji [12]. Zgodnie z zamierzeniem właściciela obiekt zlokalizowany przy ul. Lastadia 2 ma pełnić funkcję biurową użyteczności publicznej.

2.4. Założenia

Ze względu na zabytkowy charakter obiektu, brak możliwości transportu przez otwory okienne i drzwiowe elementów o znacznych wymiarach, brak możliwości ingerencji w elewację, tj. np. rozebrania części ścian zewnętrznych, w celu wprowadzenia do wnętrza dużych monolitycznych elementów w dalszej części artykułu nie rozważa się zastosowania stropów prefabrykowanych. Mając również na względzie projektowaną funkcję obiektu i duże rozpiętości stropów, nie rozpatruje się także możliwości odtworzenia oryginalnych stropów drewnianych.

Podstawę prowadzonych analiz stanowi m.in. dokumentacja projektowa dla inwestycji pt. „Przebudowa, rozbudowa oraz rewaloryzacja budynków zabytkowych na cele biurowe zlokalizowanych przy ul. Lastadia 2 i Lastadia 41 w Gdańsku” [8, 9]. Analizy przedstawione w artykule odnoszą się do wybranego fragmentu stropu – jednego, reprezentatywnego pola stropowego w osiach 1-3/C-D (rys. 5) o powierzchni 103,5 m². Jest to pewnego rodzaju uogólnienie, które ma jednak na celu

pokazanie różnic kosztowych i czasowych pomiędzy proponowanymi technologiami, przy uwzględnieniu zabytkowego charakteru obiektu. Dotychczas wykonane rozbiórki stropów wykazały, iż w toku prac remontowych prowadzonych od lat 50. XX w. zastosowano różne rozstawy i kierunki ułożenia belek stropowych oraz zróżnicowane rodzaje płyt (Kleina: lekkie i półciężkie, lokalnie żelbetowe). Z tego względu, w celu precyzyjnego określenia nakładów oraz kosztów wykonania wszystkich stropów w budynku według trzech proponowanych rozwiązań, konieczne byłoby sporządzenie inwentaryzacji, projektów i kalkulacji kosztorysowych w sposób indywidualny uwzględniających wszystkie pola stropowe, na wszystkich kondygnacjach w całym obiekcie. Autorzy uznali jednak, iż możliwe jest pokazanie na wybranym przykładzie zasadniczych tendencji i różnic w zakresie kosztu i pracochłonności dla trzech proponowanych rozwiązań. Informacje ustalone w ten sposób mogą stanowić podstawę podjęcia decyzji inwestycyjnej.

2.5. Rozpatrywane rozwiązania

Analizie poddaje się trzy rozwiązania technologiczne realizacji stropów w budynku Lastadia 2 [14]:

- wykonanie nowego stropu Kleina, tj. osadzenie w ścianach nowych belek stalowych i wykonanie ceramicznej płyty Kleina typu lekkiego z cegły pełnej,
- wykonanie płyty żelbetowej zbrojonej dwukierunkowo osadzonej w istniejących ścianach,
- wzmocnienie istniejącego stropu Kleina poprzez zespolenie z nową płytą żelbetową zamocowaną do istniejących stalowych belek oraz ceglanych ścian.

Nowy strop typu Kleina – rozwiązanie I

W celu zrealizowania nowego stropu Kleina proponuje się wykonanie następujących robót [14]:

- rozbiórka istniejącego stropu wraz z wyjęciem stalowych belek osadzonych w ścianach,
- osadzenie nowych stalowych belek (zabezpieczonych antykorozyjnie i ogniowo),

- wykonanie ceramicznych płyt Kleina zazbrojonych w co drugiej spoinie,
 - wypełnienie styropianem przestrzeni pomiędzy belkami (styropian EPS100 8 cm),
 - wykonanie nadbetonu (wylewka betonowa 5 cm),
 - wykonanie warstw wykończeniowych stropu (górnej – folia PF, styropian EPS100 5 cm, posadzka cementowa 6 cm, deski dębowe 2 cm i dolnej – tynk cementowo-wapienny).
- W przypadku wykonania nowego stropu Kleina przyjęto założenie, że nośność konstrukcji ulegnie wydatnemu zwiększeniu dzięki zastosowaniu nowych materiałów o lepszych parametrach wytrzymałościowych od zastosowanych pierwotnie.

Płyta żelbetowa – rozwiązanie II

W celu zrealizowania rozwiązania II konieczne jest wykonanie następujących robót [8, 9, 14]:

- rozebranie istniejącego stropu,
- usunięcie osadzonych w ścianach stalowych belek,
- wykucie bruzd pod nową płytę żelbetową i żebro,
- zakotwienie prętów stalowych w ścianie za pomocą kotew chemicznych,
- wykonanie monolitycznej płyty stropowej grubości 20 cm i żelbetowego żebra,
- wykonanie warstw wykończeniowych stropu (górnej – styropian EPS100 5 cm, folia PE, posadzka cementowa 6 cm, deski dębowe 2 cm i dolnej – tynk cementowo-wapienny).

Rozwiązanie II zostało przewidziane w dokumentacji projektowej dla budynku przy ul. Lastadia 2 [8, 9]. Płyta żelbetowa pracująca dwukierunkowo to klasyczne rozwiązanie, szeroko stosowane w nowoczesnym budownictwie przy realizacji stropów płytowych monolitycznych. W przypadku stropów w przedmiotowym budynku wszystkie pola stropowe mają kształty prostokątów o stosunkach boków dłuższych do krótszych mniejszych niż 2 i rozpiętościach 6,0–8,0 m. Zaprojektowane w [8, 9] stropy żelbetowe płytowe krzyżowo-zbrojone mają grubości 20 cm, są wylane na budowie z betonu C25/30 i zbrojone stalą A-IIIIN. W celu prawidłowego wykonania płyt, w miejscu oparcia stropów, w istniejących ścianach należy wyciąć bruzdę na wieniec o przekroju 20x20 cm [8]. Widok żelbetowej płyty stropowej, zrealizowanej w budynku Lastadia 2 przedstawia rysunek 6.



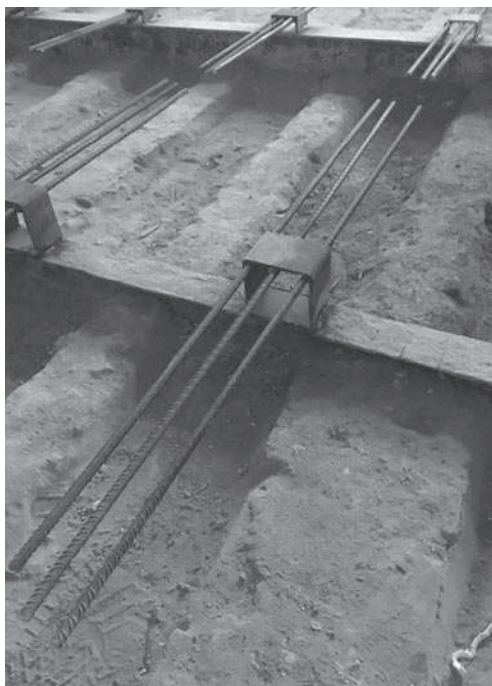
Rys. 6. Zbrojenie płyty żelbetowej w budynku przy ul. Lastadia 2 w Gdańsku (zdjęcie: autor)

Zgodnie z dokumentacją [9] projektowane obciążenie użytkowe dla stropu żelbetowego wynosi 5 kN/m^2 .

Strop zespolony, połączenie z istniejącą konstrukcją – rozwiązanie III

W celu wykonania konstrukcji zespolonej należy usunąć ciężkie warstwy zalegające na płytach, przygotować podłoże, ocenić stan istniejących belek oraz płyt ceramicznych i dokonać ich ewentualnych napraw. Przestrzeń pomiędzy belkami należy wypełnić warstwą ocieplającą i akustyczną.

W dalszej kolejności należy wykonać nową płytę żelbetową, która po połączeniu z istniejącą utworzy przekrój zespolony. W celu zwiększenia nośności stropu i trwałego scalenia z istniejącym proponuje się wykonanie od góry siatki zbrojeniowej krzyżowej z prętów $\varnothing 12$ na obydwu kierunkach w rozstawie co 15 cm. Połączenie żelbetowej płyty ze stalowymi belkami zostanie zapewnione poprzez przyspawanie do górnych półek belek ceowników z przyspawanymi do nich prętami, wchodzącymi w skład siatki zbrojeniowej [13]. Proponowane rozwiązanie [13] przedstawiono na rysunku 7. Przewiduje się także, iż w murowane ściany budynku zostaną wklejone, za pomocą kotew chemicznych, dodatkowe pręty zbrojeniowe [13]. Stalowe belki zostaną całkowicie obetonowane, co zapewni im odporność na korozję i wysokie temperatury.



Rys. 7. Ceownik z prętami przyspawany do górnej półki stalowych belek – rozwiązanie przed zabetonowaniem (zdjęcie wykonane przez autora przy innej realizacji)

KONSTRUKCJE – ELEMENTY – MATERIAŁY

Tabela 1. Zestawienie zalet i wad technologii dla proponowanych rozwiązań

Rozwiązanie I Nowy strop Kleina	Rozwiązanie II Płyta żelbetowa	Rozwiązanie III Strop zespolony
ZALETY TECHNOLOGII		
<ul style="list-style-type: none"> zastosowanie tradycyjnych, sprawdzonych materiałów brak konieczności wykuwania nowych gniazd pod belki uzyskanie stosunkowo lekkiej konstrukcji 	<ul style="list-style-type: none"> najmniejsza grubość płyty stropowej dodatkowe wzmocnienie ścian konstrukcyjnych konstrukcja o największej sztywności przestrzennej popularne rozwiązanie, znane wykonawcom uzyskanie jednolitej powierzchni pod warstwy wykończeniowe małe ryzyko niepoprawnego wykonania 	<ul style="list-style-type: none"> brak konieczności rozbiórki wszystkich warstw stropu brak konieczności stemplowania i deskowania powierzchni całego stropu najmniejsza ingerencja w konstrukcję zabytkowego budynku wydatne zwiększenie nośności istniejącego stropu odciążenie istniejącego stropu dzięki usunięciu warstwy polepy i ciężkich warstw wykończeniowych stosunkowo mały ciężar konstrukcji
WADY TECHNOLOGII		
<ul style="list-style-type: none"> trudność znalezienia doświadczonych wykonawców trudność wprowadzenia nowych belek dwuteowych do wnętrza budynku trudność prawidłowego osadzenia nowych belek konieczność stosowania deskowania stropu duży zakres robót rozbiórkowych duża ilość gruzu do wyniesienia i utylizacji wysokie prawdopodobieństwo niepoprawnego wykonania 	<ul style="list-style-type: none"> duża ingerencja w konstrukcję budynku duży zakres robót rozbiórkowych duża ilość gruzu do wyniesienia i utylizacji konieczność betonowania dużych powierzchni stropu „na raz” konieczność deskowania powierzchni całego stropu 	<ul style="list-style-type: none"> finalnie najsłabsza konstrukcja (strukturalnie niejednolita) różna rzędna stropów (w obrębie kondygnacji) wynikająca ze zróżnicowanych profili oryginalnych belek wysoki stopień skomplikowania robót (trudna technologia obejmująca m.in. spawanie i naprawę istniejącego stropu Kleina) trudna do oszacowania ilości napraw, stosunkowo mała sztywność przestrzenna konstrukcji stropu brak wzmocnienia oparcia stropu na ścianach

Opracowanie własne na podstawie [14]

W celu realizacji rozwiązania III – stropu zespolonego z wykorzystaniem istniejących stalowych belek stropowych konieczne jest wykonanie następujących robót [13, 14]:

- podstemplowanie belek na całej długości,
 - rozbiórka górnych warstw stropowych (wylewki betonowej, wypełnienia z żużlobetonu),
 - oczyszczenie stalowych belek i ceramicznych płyt Kleina,
 - dokonanie niezbędnych napraw stalowych belek stropowych i płyt ceramicznych,
 - wypełnienie przestrzeni pomiędzy belkami izolacją akustyczną i termiczną (styropian EPS100 8 cm),
 - przyspawanie ceowników z prętami do górnych stopek belek i wykonanie nowej siatki zbrojenia oraz zamocowanie jej w ścianach poprzez wklejenie prętów (za pomocą kotew chemicznych),
 - zabetonowanie stropu (płyta żelbetowa 10 cm),
 - ułożenie wierzchnich warstw stropu (styropian EPS100 5 cm, posadzka cementowa 6 cm, deski dębowe 2 cm),
 - naprawa spękań w tynku od spodu konstrukcji przy użyciu siatek zatapiających w tynku cementowo-wapiennym.
- Przyjmuje się, że obciążenie użytkowe nowej konstrukcji wyniesie 5 kN/m².

2.6. Wady i zalety proponowanych technologii

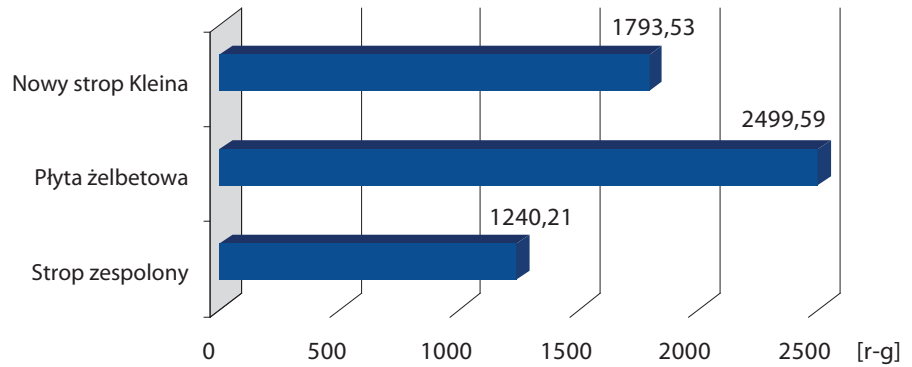
Najważniejsze zalety i wady każdego z proponowanych w rozdziale 2.5 rozwiązań technologicznych podano w tabeli 1.

3. Analiza wyników

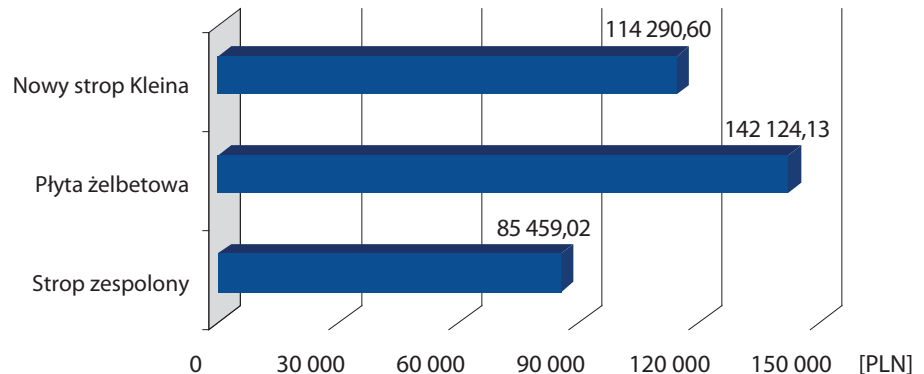
W celu dokonania analizy ekonomicznej dla zaproponowanych rozwiązań została sporządzona kalkulacja kosztorysowa metodą szczegółową. Ze względu na historyczny charakter obiektu w kalkulacji i przy ustalaniu pracochłonności dla poszczególnych robót wykorzystano przede wszystkim katalogi nakładów rzeczowych opracowane przez Pracownię Konserwacji Zabytków. Dzięki temu możliwe było obliczenie i porównanie analizowanych rozwiązań w aspekcie rzeczywistych kosztów oraz czasu realizacji.

Pracochłonność w postaci liczby r-g niezbędnych do zrealizowania zakresów robót dla trzech proponowanych rozwiązań (patrz rozdział 2.5) przedstawiono na rysunku 8. Koszty realizacji prac dla trzech zaproponowanych rozwiązań, obejmujące wartość R, M, S, Kp, Z przedstawiono na rysunku 9.

Rys. 8. Pracochołność przy realizacji stropu w trzech proponowanych technologiach (opracowanie własne)



Rys. 9. Koszty wykonania robót dla trzech proponowanych rozwiązań (wartość netto); opracowanie własne



Analiza zestawień (rys. 8 i 9) wskazuje, iż istnieją duże różnice w liczbie r-g i kosztach realizacji prac przewidzianych w ramach trzech proponowanych rozwiązań. Różnice widać również w wartościach poszczególnych nakładów (R, M, S) dla porównywanych rozwiązań. Strukturę kosztów bezpośrednich (R, M, S) dla trzech proponowanych rozwiązań przedstawiono na rysunku 10a, b i c.

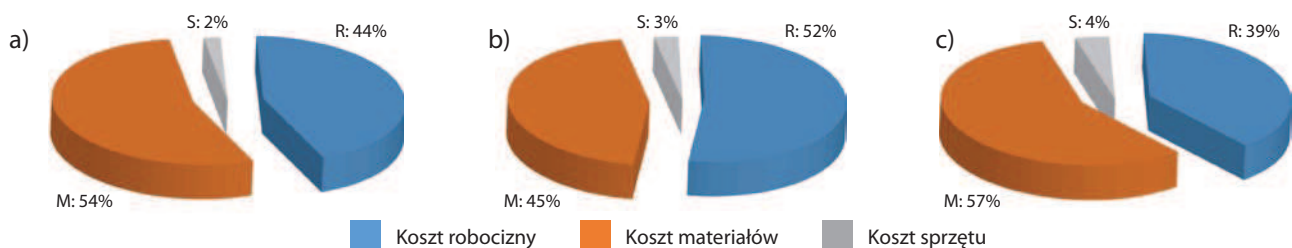
Przeprowadzona analiza pozwala stwierdzić, iż zarówno pod względem pracochołności jak i kosztów rozwiązanie I (wykonanie nowego stropu Kleina) znajduje się pośrodku zestawienia (rys. 8 i rys. 9). W tym przypadku należy zwrócić uwagę na jego prostotę, czy nawet niewspółczesny charakter. Odtworzenie stropów, które zostały wykonane w latach 50. XX w., z konserwatorskiego punktu widzenia nie niesie zbyt wielu walorów historycznych. Niezadowalający efekt odniesie również jego zastosowanie dla całości układu konstrukcyjnego budynku (połączenia stropów i ścian), ponieważ stropy Kleina nie charakteryzują się tak dobrą sztywnością jak płyty monolityczne.

Rozwiązanie II (wykonanie nowej płyty żelbetowej) charakteryzuje się największą pracochołnością i najwyższym

kosztem wykonania. Jednocześnie rozwiązanie to zapewnia największe wzmocnienie i trwałość konstrukcji. Jest to szczególnie istotne w aspekcie długiego okresu użytkowania zażytkowego obiektu.

Przeprowadzona analiza wskazała, iż rozwiązanie III polegające na wykonaniu konstrukcji zespolonej z wykorzystaniem starych elementów stropu charakteryzuje się najmniejszą pracochołnością, tj. najkrótszym czasem wykonania spośród analizowanych wariantów. Dodatkowym jego atutem jest najniższy koszt realizacji. Należy jednak podkreślić, iż rozwiązanie to z całą pewnością nie jest tak trwałe i kompleksowe jak rozwiązanie II. Prawdopodobnie w dłuższej perspektywie rozwiązanie III nie zapewni tak dobrych efektów, z punktu widzenia konstrukcji i trwałości, jak rozwiązanie I i II. Można przypuszczać, że stare elementy stalowe i ceramiczne płyty Kleina będą z biegiem lat ulegać stopniowej degradacji, co w konsekwencji zmusi właściciela obiektu do podjęcia w nieodległej przyszłości kolejnych działań remontowych.

Analiza struktury kosztów bezpośrednich dla rozpatrywanych rozwiązań (rys. 10) pozwala stwierdzić, iż udział kosztu



Rys. 10. Struktura kosztów bezpośrednich (R, M, S) dla trzech rozwiązań: a) nowy strop Kleina, b) nowa płyta żelbetowa, c) strop zespolony (opracowanie własne)

robotyczny w łącznej wartości kosztów bezpośrednich dla wykonania płyty żelbetowej (rozwiązanie II) jest większy niż w pozostałych przypadkach. Stanowi on 52% kosztu bezpośredniego realizacji robót. Jest to szczególnie ważne w aspekcie obecnej sytuacji w branży budowlanej, tj. bardzo dotkliwego dla firm braku pracowników zarówno wysoko wykwalifikowanych, jak i niewykwalifikowanych. W wielu przypadkach stanowi on większy problem niż ceny oraz dostępność i ceny materiałów oraz sprzętu. Naturalnym skutkiem deficytu pracowników jest zatem wzrost wynagrodzeń, a w efekcie wyraźne zwiększenie kosztu całej inwestycji. Przed dokonaniem wyboru rozwiązania należy również wziąć pod uwagę ewentualny dalszy wzrost kosztu wynikający z rosnących płac.

Z punktu widzenia właściciela obiektu istotna jest zatem decyzja dotycząca wyboru odpowiedniego rozwiązania technologicznego, przy uwzględnieniu zabytkowego charakteru obiektu, nakładów początkowych, czasu realizacji robót i kosztów ponoszonych w perspektywie kilkudziesięciu lat.

4. Podsumowanie

Przeprowadzona analiza pozwala na sformułowanie poniższych wniosków.

- Rozwiązanie I odznacza się archaicznym charakterem, a dodatkowo jego zastosowanie nie spowoduje wydatnego usztywnienia konstrukcji całego obiektu.
- Wykonanie płyty żelbetowej (rozwiązanie II) jest działaniem najdroższym, a jednocześnie najlepszym z technologicznego i konstrukcyjnego punktu widzenia. Utworzenie monolitycznego elementu o dużej powierzchni wydatnie wzmacnia konstrukcję całego budynku poprzez spięcie starych, ceglanych ścian i nowych stropów.
- Wybierając rozwiązanie III (przekrój zespolony) – najtańsze i najmniej pracochłonne, finalnie otrzymuje się konstrukcję o najmniejszej nośności z uwagi na wykorzystanie starych, częściowo skorodowanych elementów. Rozwiązanie, które jest najlepsze z czysto ekonomicznego punktu widzenia (strop zespolony), w praktyce jest trudne w realizacji. Wynika to m.in. z faktu, iż na etapie planowania nie jest możliwe precyzyjne określenie zakresu robót naprawczych, a tym samym jednoznaczne oszacowanie ich kosztu.
- Dokonując wyboru określonego rozwiązania, właściciel obiektu musi uwzględnić przede wszystkim dostępny budżet, możliwy czas realizacji, trwałość w dłuższej perspektywie i ich wpływ na całość konstrukcji zabytkowego obiektu.
- W analizowanym przypadku zostało zastosowane powszechnie znane rozwiązanie w postaci nowej płyty żelbetowej. Umożliwiło to m.in. skuteczne wyeliminowanie niektórych błędów wykonawczych, przy jednoczesnym efektywnym usztywnieniu konstrukcji całego obiektu. Płyta żelbetowa zbrojona dwukierunkowo, osadzona w istniejących ścianach, została zastosowana na około 80% powierzchni stropów w budynku zlokalizowanym przy ul. Lastadia 2.

Właściciel obiektu i projektant dostrzegli m.in. następujące zalety najdroższego z rozpatrywanych rozwiązań: pozytywny wpływ konstrukcji stropowych na pracę konstrukcji całego obiektu, ale również oszczędności związane z użytkowaniem w dłuższym cyklu jego życia.

- Rozległy zakres uszkodzeń elementów konstrukcji obiektu (w tym m.in. stropów) uniemożliwił jego użytkowanie. Liczne walory historyczne, architektoniczne i atrakcyjna lokalizacja w zabytkowej części Gdańska przesądziły jednak o podjęciu decyzji o kapitalnym remoncie i wyborze rozwiązania, które zapewni najbardziej efektywne wzmocnienie konstrukcji obiektu. Zastosowane w praktyce kompleksowe rozwiązania, dotyczące fundamentów, ścian, stropów, konstrukcji dachowej spowodują skuteczne wyeliminowanie czynników powodujących degradację budynku i efektywne usunięcie przyczyn poważnych uszkodzeń konstrukcji w tym m.in. stropów. Takie podejście pozwoli m.in. na zmianę pierwotnej funkcji obiektu i istotne wydłużenie cyklu życia, przy zachowaniu jego licznych walorów.

Autorzy wyrażają podziękowania firmie Gdańskie Wody Sp. z o.o. za udostępnienie materiałów źródłowych dotyczących przedmiotowej inwestycji.

BIBLIOGRAFIA

- [1] Zabytki i historia Pomorza – Gdańsk 1945 – wyzwolenie i zniszczenia, http://zds.pl/historia/6-gdansk-1945-wyzwolenie-i-zniszczenia#_ftn-ref26, (data dostępu 02.12.2018)
- [2] Ekspertyza techniczna – Konstrukcyjno-budowlana budynku po byłej szkole przy ul. Lastadia 2 w Gdańsku, Pracownia Inżynierska Leszek Niedostatkiwicz, Gdynia, styczeń 2015
- [3] Ekspertyza geodezyjna pomiar kontrolny wskazanych elementów budynku – inż. Henryk Lenartowicz Gdańsk, 2015
- [4] Ekspertyza techniczna – Koncepcja wzmocnienia fundamentów budynku użyteczności publicznej ul. Lastadia 2 w Gdańsku, opracowanie – dr inż. Marcin Blockus, Gdynia, grudzień 2014
- [5] Ekspertyza techniczna dotycząca stanu technicznego budynku byłego zespołu Szkół Przemysłu Spożywczego i Chemicznego wykonana przez Arpro Pracownia Projektowa Sp. z o.o., Gdańsk, październik 2011
- [6] Ekspertyza – Wzmocnienie konstrukcji budynku Zespołu Szkół Przemysłu Spożywczego i Chemicznego oraz budynku mieszkalnego Gdańsk, Lastadia 2, wykonana przez Centrum Konsultingowo-Projektowe Dexbud Sp. z o.o., Gdańsk, wrzesień 2004
- [7] Ekspertyza techniczna dotycząca stanu technicznego budynku byłego zespołu szkół przemysłu spożywczego i chemicznego, opracowanie – Gurszyn B., 2011
- [8] Linkowski W., Projekt robót budowlanych przebudowy, rozbudowy oraz rewaloryzacji budynku zabytkowego z adaptacją na cele biurowe, 2016
- [9] Miller T., Projekt robót budowlanych przebudowy, rozbudowy oraz rewaloryzacji budynku zabytkowego z adaptacją na cele biurowe Branża: Architektura, Projekt Budowlany, 2016
- [10] Praca zbiorowa pod kierownictwem dr. hab. inż. Lecha Lichołai, Budownictwo ogólne, tom 3, Elementy budynków, podstawy projektowania, Arkady, Warszawa, 2008
- [11] Poradnik kierownika budowy, tom 2, praca zbiorowa, wydanie piąte zmienione i uzupełnione, Arkady, Warszawa, 1990
- [12] Poradnik kierownika budowy, tom 1, praca zbiorowa, wydanie piąte zmienione i uzupełnione, Arkady, Warszawa, 1989
- [13] MUZINSKI-CONSTRUCTION, Richert B., Bruździak P., Muziński A., Projekt robót budowlanych przebudowy i rozbudowy oraz rewaloryzacji budynku zabytkowego z adaptacją na cele biurowe, projekt wykonawczy, kwiecień 2017
- [14] Praca inżynierska pt. Analiza technologiczno-ekonomiczna wykonania stropów w budynku wpisanym do rejestru zabytków, autor pracy: Jakub Grzył, Wydział Inżynierii Łądowej i Środowiska, Politechnika Gdańska, Kierunek Budownictwo, r. akad. 2018/2019