

OCENA STANU TECHNICZNEGO ORAZ ANALIZA WYKONALNOŚCI ZADANIA

pn. Modernizacja zabytkowego dworu w Skrzyńkach na potrzeby
ośrodka szkoleniowo-konferencyjnego dla Powiatu Poznańskiego



Opracował:

dr hab. inż. Zbigniew Pozorski

Maciej Podlaski

Wrzesień 2016

OCENA STANU TECHNICZNEGO ORAZ ANALIZA WYKONALNOŚCI ZADANIA

pn. Modernizacja zabytkowego dworu w Skrzynkach na potrzeby
ośrodka szkoleniowo-konferencyjnego dla Powiatu Poznańskiego

1. Podstawa i zakres opracowania

Podstawą opracowania jest zlecenie wykonania oceny stanu technicznego dotyczącej budynku dworu w Skrzynkach zlokalizowanego w miejscowości Skrzynki przy ulicy Plac Parkowy 1.

Niniejsze opracowanie obejmuje ocenę stanu technicznego oraz analizę możliwości przeprowadzenia prac modernizacyjnych, w której podano zakres robót naprawczych i modernizacyjnych zmierzających do zapewnienia pełnej funkcjonalności budynku oraz spełnienia warunków nośności i użytkowania.

2. Materiały źródłowe

Przy wykonaniu opracowania wykorzystano następujące materiały źródłowe:

- wizje terenowe i oględziny dokonane w sierpniu 2016 r. wraz z dokumentacją fotograficzną,
- inwentaryzacja budynku wykonana na potrzeby dalszych prac inwentaryzacyjnych i dokumentacyjnych wykonana przez Architektoniczne Studio Autorskie ARSA Bomerski i Partnerzy Sp. P.,
- PN-77/B-02011- Obciążenia wiatrem,
- PN-B-02011:1977/Az1 – Obciążenie wiatrem,
- PN-80/B-02010 – Obciążenia śniegiem,
- PN-80/B-02010-Az1 – Obciążenia śniegiem,
- PN-82/B-02001 – Obciążenia budowli – obciążenia stałe,
- PN-B-03150:2000 – Konstrukcje drewniane – obliczenia statyczne i projektowanie,
- Jerzy Hoła, Piotr Pietraszek, Krzysztof Schabowicz – Obliczenia konstrukcji budynków wznoszonych tradycyjnie, Dolnośląskie Wydawnictwo Edukacyjne, Wrocław, 2009,
- Janusz Kotwica – Konstrukcje drewniane w budownictwie tradycyjnym, Wydawnictwo Arkady, 2008,
- Helmuth Neuhaus – Budownictwo drewniane, Polskie Wydawnictwo Techniczne, Rzeszów, 2008.

3. Opis stanu istniejącego

W sierpniu 2016 roku przeprowadzono oględziny budynku Dworu w Skrzyńkach zlokalizowanego w miejscowości Skrzyńki przy ulicy Plac Parkowy 1. Istniejący stan został udokumentowany fotograficznie. Analizowany budynek jest obiektem podpiwniczonym, dwukondygnacyjnym, z poddaszem użytkowym. Na rzucie budynku wyróżnić możemy dwie części obiektu. Pierwsza, południowo-zachodnia, jest najstarszą częścią obiektu. Druga będąca skrzydłem od strony północno-wschodniej została dobudowana w późniejszym okresie i nawiązuje bryłą i detałem architektonicznym do głównej części obiektu. Dwór jest wykonany w technologii tradycyjnej. Kondygnacje piwnic w części południowo-zachodniej (2 poł. XIX w.) są wykonane głównie z ciosów kamiennych licowanych od wnętrza cegłą. W części dobudowanej mury piwnic wykonano z bloczków żwirobotonowych na zaprawie cementowej. Ściany kondygnacji nadziemnych w części południowo-zachodniej (2 poł. XIX w.) wykonane są z cegły na zaprawie wapiennej. Ściany oraz przemurowania i zamurowania realizowane w ramach przebudowy w latach 80-tych XX w. zostały wykonane z cegły pełnej klasy 100 na zaprawie cementowo-wapiennej. W części południowo-zachodniej stropy nad piwnicą są oryginalne tj. odcinkowe na belkach stalowych. Z opracowanej inwentaryzacji oraz dostępnej dokumentacji wynika, że stropy nad parterem i piętrem są typu „Kleina” z płytą wykonaną z cegły dziurawki na zaprawie zbrojonej w żeberku. Stropy w części północno-wschodniej zostały wykonane jako prefabrykowane typu DZ-3. Miejscowo (pod ściankami działowymi) zastosowano wzmocnienie w postaci podwojenia belki stropowej. Ściany działowe wykonane w ramach przebudowy i rozbudowy pałacu wykonano z cegły dziurawki kl. 75 na zaprawie cementowo – wapiennej. Dach jest wykonany w konstrukcji płatwiowo-kleszczowej. Pokrycie stanowi blacha stalowa ocynkowana gr. 0,5 mm, łączona na zakłady blacharskie. Blacha jest mocowana do podkładu z desek gr. 22 mm łączonego z krokiewiami za pomocą gwoździ. Dach nie posiada izolacji termicznej. Wyniki analizy materiałów źródłowych oraz ocenę stanu istniejącego poszczególnych elementów budowlanych przedstawiono poniżej.

3.1 Konstrukcja murowa i fundamenty

Opis elementów konstrukcyjnych

Ściany kondygnacji nadziemnych w części południowo-zachodniej (2 poł. XIX w.) są wykonane z cegły na zaprawie wapiennej. Ściany oraz przemurowania i zamurowania wykonane w ramach przebudowy w latach 80-tych XX w. są wykonane z cegły pełnej klasy 100 na zaprawie cementowo-wapiennej. Kondygnacje piwnic starszej części są wykonane z ciosów kamiennych licowanych od wnętrza cegłą, a w dobudowanej części – z bloczków żwirobetonowych na zaprawie cementowej.

Stan techniczny

Cała konstrukcja murowa podziemna jak i nadziemna jest w dobrym stanie technicznym. Nie zauważono żadnych poważnych zarysowań ani przemieszczeń. Występują typowe dla obiektów tego typu lokalne pęknięcia muru i odspojenia tynku. Stan techniczny konstrukcji murowej zilustrowano na fot. 1–6. Niezbędna jest naprawa spękań muru i odspojień tynku.

Wadliwie jest rozwiązane odprowadzenie wody z tarasu znajdującego się nad głównym wejściem (fot. 7). Spadek powierzchni tarasu jest ukierunkowany w stronę budynku, a następnie w kierunku spustu. W wyniku penetracji wody powstają zawilgocenia na suficie przedsionka na parterze tj. w pomieszczeniu 0.01 na rysunku K02 inwentaryzacji (fot. 8). W większości pomieszczeń nie zaobserwowano uszkodzeń tynku oraz miejsc zawilgoconych. Sporadycznie występują zawilgocenia i zagrzybienia ścian piwnic oraz sufitów łazienek w miejscu nieszczelności przy przejściu instalacji przez strop (fot. 9-11). Podczas wykonywania oględzin, posadzka w pomieszczeniu nr -1.17 (rys. K01) była zalana wodą (fot. 12). Przyczyną może być niewłaściwa hydroizolacja posadzki (lub jej brak).



Fot.1 Ubytki w elewacji



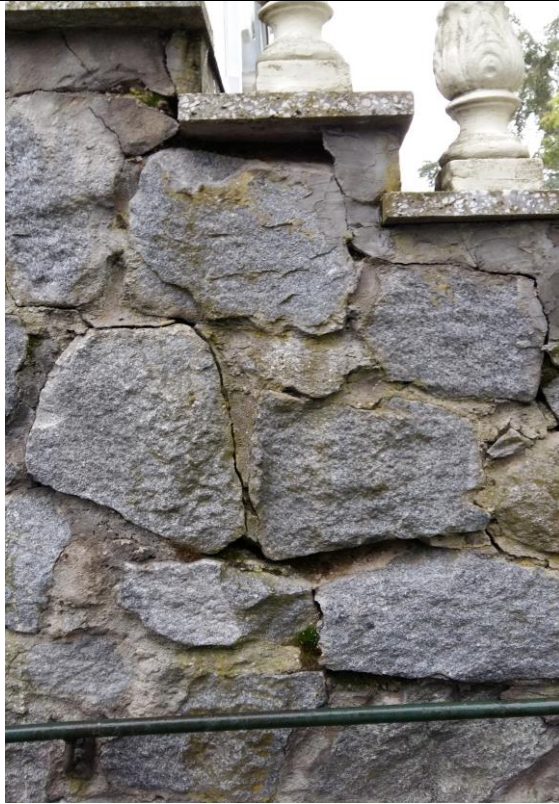
Fot.2 Ubytki w elewacji



Fot.3 Pęknięcie w elewacji



Fot.4 Pęknięcie w elewacji



Fot.5 Pęknięcie w murze kamiennym



Fot.6 Zaniedbany mur kamienny



Fot.7 Widok tarasu nad przedsionkiem (pom. 0.01)



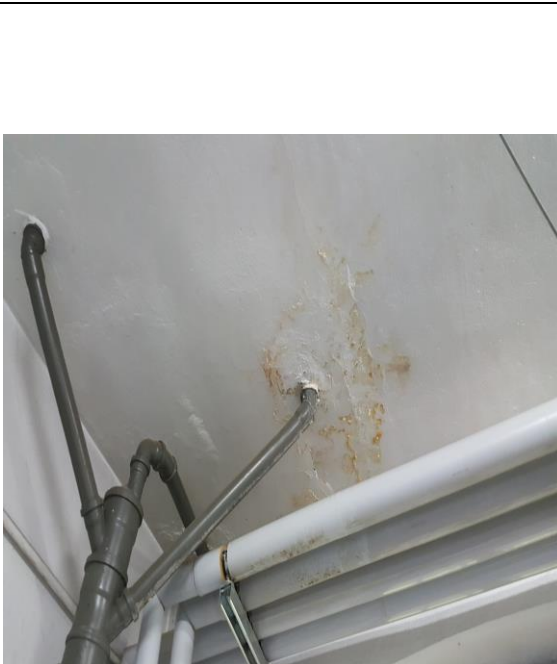
Fot.8 Wilgoć na suficie przedsionka (pom. 0.01 wg K02)



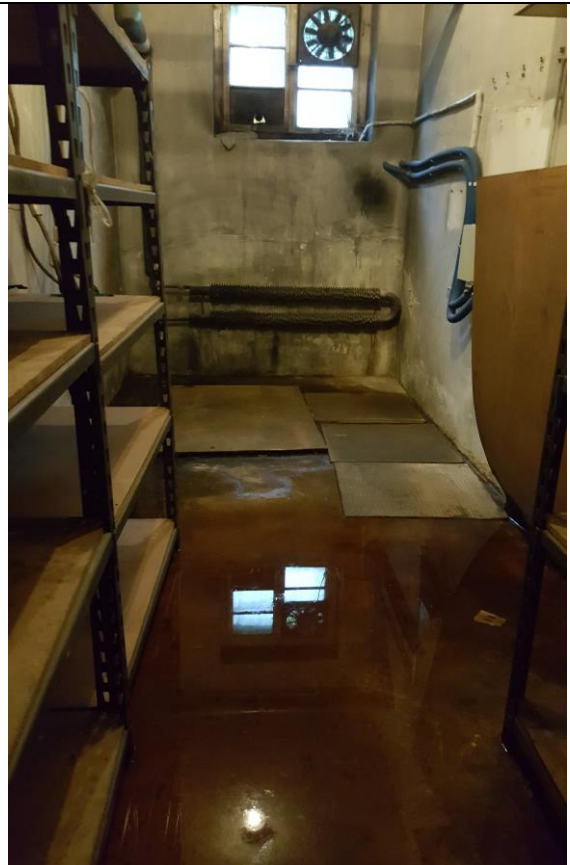
Fot.9 Zawilgocenie i zagrzybienie sufitu w pom. 1.02 (rys. K03)



Fot.10 Uszkodzenie tynku kondygnacji piwnicy



Fot.11 Wilgoć przy przejściu instalacji przez strop

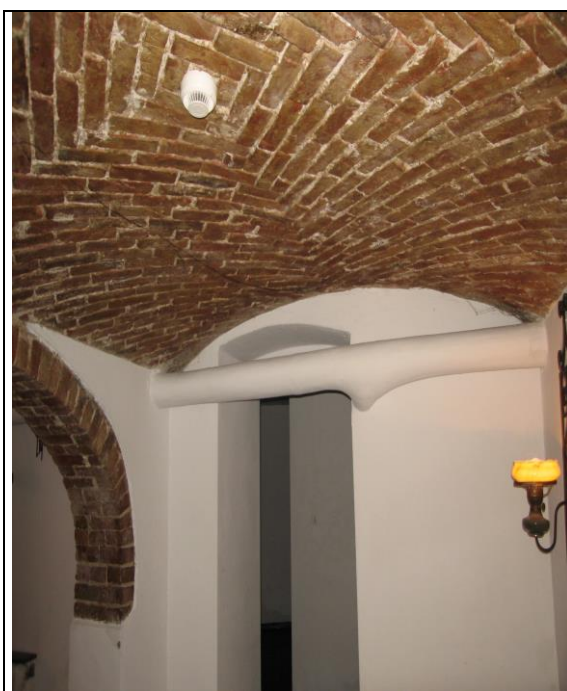


Fot.12 Zalana posadzka piwnicy w pom. -1.17 (rys. K01)

3.2 Strop nad piwnicą

Opis elementów konstrukcyjnych

Stropy nad piwnicą w części południowo–zachodniej (2 poł. XIX w.) są oryginalne tj. odcinkowe typu ciężkiego na belkach stalowych. Większość belek stalowych to dwuteowniki I140. W pomieszczeniach -1.01, -1.26, -1.27 zastosowano I240, a w pomieszczeniu -1.03 dwuteowniki I220. W wielu pomieszczeniach nie ma belek stalowych, bo sklepienia odcinkowe opierają się bezpośrednio na murze. W centralnej części budynku belki ułożone są prostopadłe do frontowej części obiektu. W pomieszczeniu -1.28 kierunek stropu jest równoległy do frontu, dodatkowo belki I140 są wsparte na dwóch podciągach HEB 220. W pomieszczeniach -1.22 i -1.25 wykonane jest sklepienie ceglane (fot. 13). W części dobudowanej wykonano stropy gęstożebrowe typu DZ-3 ułożone w rozstawie co 60 cm (fot. 14).



Fot.13 Sklepienie ceglane w pom. -1.22 i -1.25



Fot.14 Strop DZ-3 w części dobudowanej

Stan techniczny

Stropy piwnic są w stanie dobrym. Podczas wizji lokalnej nie zauważono żadnych istotnych spękań stropu odcinkowego i gęstożebrowego. Oczyszczenia i zabezpieczenia antykorozyjnego wymagają belki stalowe stropu odcinkowego. Większej uwagi wymaga jedyne sklepienie ceglane, na którym widać drobne rysy. Sklepienie powinno być odnowione metodami konserwatorskimi.

3.3 Strop nad parterem i piętrem

Opis elementów konstrukcyjnych

Z dostępnej dokumentacji wynika, że w części południowo-zachodniej (2 poł. XIX w.) nad parterem i piętrem wykonane są stropy typu „Kleina”. Co najmniej strop nad piętrem mógł być częściowo zmieniony podczas przebudowy dokonanej w latach 80-tych. Stropy w części północno-wschodniej (dobudowa z lat 80-tych XX w.) wykonano jako stropy gęstożebrowe typu DZ-3. Stropy są wzmocnione pod ściankami działowymi poprzez zastosowanie podwójnych belek.

Podczas wizji lokalnej dokonano dwóch odkrywek stropu nad piętrem (fot. 15-16). Odkrywki były zlokalizowane w części południowo-zachodniej (tej starszej). Pierwsza odkrywka była wykonana nad pomieszczeniem 1.18a, a druga w obszarze nad pomieszczeniami 1.15, 1.14 i 1.01. Okazało się, że w obu przypadkach odkryto strop gęstożebrowy typu DZ-3. Osiowy rozstaw belek wynosił 60 cm. Nad pustakami żużlobetonowymi o wysokości 19 cm wylana została 3 cm warstwa nadbetonu na której ułożona została warstwa papy i wełny mineralnej gr 4 cm. Całość jest przykryta wylewką cementową grubości 4 cm. Dokonane odkrywki wskazują, że prawdopodobnie cały strop nad piętrem jest gęstożebrowy typu DZ-3. Możliwe też, że strop nad parterem też został zmieniony z Kleina na DZ-3. Ze względu na aktualny stan pomieszczeń nie można było dokonać odkrywki stropu nad parterem.

Stan techniczny

Obecny stan techniczny stropów jest dobry. Nie zauważono zarysowań, spękań i nadmiernych ugięć. Warto jednak zauważyć, że zastosowanie stropu gęstożebrowego DZ-3 nad piętrem nie jest najlepszym rozwiązaniem technicznym ze względu na działanie znacznych obciążeń pochodzących z więźby dachowej. Obciążenia te są przekazywane za pośrednictwem słupów i belek podwalinowych na strop. Problem zostałby rozwiązany gdyby słupy poddasza opierały się na ścianach nośnych, jednak sytuacja jest odmienna. Słupy opierają się na stropie, co zostało przedstawione na rysunku w **Załączniku nr 5**. Znaczne obciążenie stropu stanowi istotny problem w kontekście planowanej zmiany poddasza na użytkowe, co będzie skutkowało dociążeniem konstrukcji stropu. Analiza statyczna stropu została przedstawiona w **Załączniku nr 4**.

Obecny stan pustaków stropowych i nadlewki stropu jest bardzo dobry. Wełna ułożona na stropie jest sucha. Wylewka ułożona na wierzchu konstrukcji jest popękana i należy ją w całości usunąć.



Fot.15 Odkrywka stropu na piętrze



Fot.16 Odkrywka stropu na piętrze

3.4 Konstrukcja dachu

Opis elementów konstrukcyjnych

Więźba dachowa jest wykonana jako konstrukcja płatwiowo-kleszczowa. Pokrycie dachu stanowi blacha stalowa ocynkowana gr. 0,5 mm, łączona na zakłady blacharskie. Blacha mocowana jest do podkładu z desek gr. 22 mm łączonego z krokiewmi za pomocą gwoździ. Spadek połaci wynosi 53,7%. Dach nie posiada izolacji termicznej. Podstawowy układ poprzeczny składa się z krokwi o przekroju 8x14 cm w rozstawie co 100 cm, płatwi 12x15 cm oraz słupów 12x15 cm. Rozpiętość płatwi jest zmniejszona mieczami o przekroju 9 x11 cm. Układ usztywniony jest kleszczami 2x7x14 cm. W narożnikach

dachu zlokalizowane są krokwie narożne 14x15 cm. W całym układzie wyróżnić można cztery ściany stolcowe oraz dwie ściany kolankowe. Wszystkie słupy tych ścian opierają się na belkach podwalinowych o przekroju 12x8 cm. W centralnej części budynku rzędna kalenicy wynosi około 11,57 m, a w pozostałych częściach 10,81 m. W wyższej części układ składa się z 4 krokwi: dwóch jednoprzęsłowych od kalenicy do najwyższych słupów oraz dwóch dwuprzęsłowych od najwyższych słupów do ściany kolankowej. W pozostałych częściach dwie krokwie dwuprzęsłowe zlokalizowane są od kalenicy do niższych słupów oraz dwie krokwie jednoprzęsłowe przebiegają od niższych słupów do ściany kolankowej. Układ konstrukcji został zilustrowany na fotografiach 17-19.



Fot. 17 Widok więźby dachowej



Fot. 18 Widok więźby dachowej



Fot.19 Widok więźby dachowej

Stan techniczny

Po oględzinach konstrukcji drewnianej dachu stwierdzono, że stan więźby dachowej jest zróżnicowany. Znaczna liczba elementów jest dobrze zachowana, jednak kilka elementów konstrukcyjnych zostało zaatakowane przez szkodniki. Przy oknach dachowych widoczne są ślady zawilgocenia mogące prowadzić do pojawienia się grzybów groźnych dla konstrukcji (fot. 20). Dwa słupy znajdujące się w centralnej części wymagają wymiany ze względu na niedopuszczalny kształt oraz korozję wywołaną szkodnikami (fot. 21-23). Na deskowaniu od strony wewnętrznej występują liczne wykwyty (fot. 24, 25).

Analiza statyczna

Aby ocenić stan wyężenia konstrukcji drewnianej, w programie RM-WIN zamodelowano główny układ poprzeczny i przeprowadzono analizę statyczną tego układu. Zebranie obciążeń przedstawiono w **Załączniku nr 1**. Po analizie układu statycznego, przy założeniu drewna klasy C24 stwierdzono wystarczającą nośność wszystkich elementów konstrukcyjnych (**Załącznik nr 2**).

Dodatkowo wykonano analizę statyczną układu przy założeniu dodatkowych obciążeń wynikających z prawdopodobnej termomodernizacji wełną mineralną grubości 30 cm i sufitem z płyt gipsowych. Również w tym przypadku nie zostały przekroczone stany graniczne nośności i użytkowości. Szczegóły analizy przedstawiono w **Załączniku nr 3**.



Fot.20 Zawilgocona krokiew pod oknem dachowym



Fot.21 Korozja słupa wywołana szkodnikami



Fot.22 Słup nadający się do wymiany



Fot.23 Słup nadający się do wymiany



Fot.24 Wykwity na deskowaniu



Fot.25 Wykwity na deskowaniu

4. Przewidywany zakres prac remontowych

a) Piwnica, parter, piętro

W pomieszczeniach gdzie zlokalizowano występowanie wilgoci lub grzybów oraz stwierdzono zalanie należy wykonać poprawną hydroizolację, a następnie usunąć skutki działania wilgoci (osuszanie, odgrzybianie). Niezbędne jest uszczelnienie przejść instalacji przez strop. Należy uzupełnić ubytki w tynku, naprawić drobne spękania i pokryć mury powłoką malarską.

b) Elewacja i prace zewnętrzne

Ze względu na liczne drobne zarysowania oraz spękania należy wykonać renowację całej elewacji (uzupełnienie ubytków, likwidacja pęknięć, pokrycie powłoką malarską).

Na tarasie nad wejściem głównym należy zapewnić prawidłowe odprowadzenie wody. Niezbędne jest wykonanie nowych warstw hydroizolacyjnych tarasu i prawidłowych spadków powierzchni tarasu. Niezbędne są też prace izolacyjne ścian piwnic.

W murach kamiennych przy wejściach i tarasach zewnętrznych należy wykonać nowe spoiny między ciosami kamiennymi wraz z wypełnieniem pęknięć i zarysowań. Należy wykonać konserwację murów kamiennych tylko tych, które są przewidziane do zachowania.

c) Strop nad piwnicą

Belki stalowe stropu odcinkowego należy oczyścić i zabezpieczyć antykorozyjnie. Jedno sklepienie ceglane (pomieszczenia -1.22 i -1.25) powinno być odnowione metodami konserwatorskimi. Pozostałe stropy należy poddać typowym pracom konserwacyjnym.

- d) Strop nad parterem
Strop nie wymaga żadnych istotnych prac remontowych. Należy zlikwidować miejsca lokalnych zawilgoceń oraz drobnych i nielicznych rys. Strop poddać typowym pracom konserwacyjnym.
- e) Strop nad piętrem
Przy obecnym sposobie użytkowania obiektu, strop nad piętrem wymaga podobnych działań jak strop nad parterem. Dodatkowo należałoby wymienić wylewkę cementową ułożoną na poddaszu. W kontekście planowanej modernizacji zakres prac będzie zdecydowanie wykraczał poza zwykłą konserwację.
- f) Więźba dachowa
Obowiązkowo należy pozbyć się szkodników drewna niszczących elementy drewniane i oczyścić konstrukcję więźby z wykwitów. Należy przeprowadzić konserwację całej więźby w celu zabezpieczenia jej przed szkodnikami drewna i korozją biologiczną. Niezbędna jest wymiana wadliwych słupów. Należy prawidłowo zaizolować oraz wykonać obróbki blacharskie okien dachowych.

5. Analiza możliwości wykonania prac modernizacyjnych

5.1. Wykonanie nowej klatki schodowej

Wersja A i B

Zgodnie z koncepcją architektoniczną A i B przewiduje się nową klatkę schodową zlokalizowaną w obecnych pomieszczeniach -1.19, 0.15, 1.13 (nazewnictwo wg inwentaryzacji budynku). Ponieważ projektowana klatka schodowa jest szersza niż szerokość pomieszczeń, niezbędna jest ingerencja w pomieszczenia -1.20, 0.17, 1.14.

Wykonanie nowej klatki schodowej o takiej geometrii jest największą i najpoważniejszą ingerencją w konstrukcję istniejącego budynku. W celu wykonania klatki schodowej niezbędne jest wyburzenie około 5,5 m ściany nośnej. Układ stropów na każdej kondygnacji jest sprzyjający, tzn. kierunek ułożenia elementów nośnych jest równoległy do ściany nośnej, która będzie musiała ulec wyburzeniu. Wykonanie nowej klatki jest technicznie możliwe, jednak wiąże się z koniecznością wykonania robót budowlanych opisanych poniżej.

Podstawowym warunkiem możliwości wykonania nowej klatki schodowej jest

pełne zastąpienie istniejącej ściany nośnej nową ścianą, przesuniętą w stosunku do obecnego układu. Niezbędne jest wykonanie nowych fundamentów, zintegrowanie ich z fundamentami istniejącymi, a następnie wykonanie nowej ściany na każdej kondygnacji wraz z odpowiednią przeróbką stropów.

W zakresie stropów największa trudność wystąpi w przypadku stropu nad piwnicą. Strop ten jest wykonany jako odcinkowy, a łuk sklepienia o rozpiętości 3,10 m opiera się na ścianie przewidzianej do rozbiórki. Przewiduje się, że sklepienie to w całości trzeba będzie rozebrać i w to miejsce wykonać nowy strop piwnicy.

Stropy nad parterem i nad piętrem są stropami gęstożebrowymi płaskimi. Dokonane odkrywki wskazują, że nad piętrem jest strop gęstożebrowy typu DZ-3. Rozbiórka stropu gęstożebrowego jest jak najbardziej możliwa. Po rozbiórce niezbędne będą drobne wylewki stropu. Podczas projektowania nowej klatki schodowej należy uwzględnić, że w planowanej do rozbiórki ścianie nośnej znajdują się obecnie kanały wentylacyjne.

Wersja C

W wersji C koncepcji architektonicznej przewiduje się zachowanie obecnych ścian konstrukcyjnych przylegających do klatki schodowej oraz wykonanie bruzd na poręcze w istniejących ścianach nośnych. Zakłada się wymaganą głębokość bruzdy 10 cm.

Wykonanie bruzd w ścianach jest możliwe pod warunkiem, że będą one odcinkowe (o długości rzędu 1,0 m). Dodatkowo należy przewidzieć stalową lub żelbetową konstrukcję przekazującą obciążenia z górnej części muru na jego dolną część. Najlepiej jeśli będzie to belka dolna (pod bruzdą), belka górna (nad bruzdą) i pionowe przewiązki w maksymalnym rozstawie co 1,0 m.

5.2. Wykonanie konstrukcji windy osobowej

Wersja A

W pomieszczeniach -1.06, 0.05, 1.02, 1.03 (nazewnictwo wg inwentaryzacji) przewiduje się wykonanie windy osobowej obsługującej parter - 1 piętro. Ze względu na układ ścian nośnych i kierunek ułożenia stropów lokalizacja windy osobowej jest korzystna, a wykonanie robót modernizacyjnych jest możliwe. Oczywiście konstrukcja szybu windy musi być sprowadzona do kondygnacji piwnicy, na której będzie się znajdowało podszybie.

Podczas projektowania konstrukcji szybu windy należy uwzględnić częściową rozbiórkę stropów wszystkich kondygnacji. Na kondygnacji piwnicy należy

uniknąć ingerencji w istniejącą ścianę nośną (pomiędzy pomieszczeniami -1.05 i K3). Pocienianie ściany nośnej nawet na krótkim odcinku jest bardzo trudne. Poza tym poniżej ściany nośnej należy spodziewać się fundamentów, które i tak będą w pewnej kolizji z płytą nowego szybu. W piwnicy należy również zwrócić uwagę na kolizję z krótką ścianą zlokalizowaną pomiędzy pomieszczeniami -1.05 i -1.05. Rozbiórka tej ściany jest możliwa, ale najpierw będzie konieczna zmiana konstrukcji murowej i stropu na kondygnacji parteru. Na kondygnacji piętra w miejscu planowanego szybu występują tylko ściany działowe, które można rozebrać.

Istotną trudność z wykonaniem szybu napotykamy na poziomie poddasza, ponieważ planowany szyb trafia w słup podporowy konstrukcji drewnianej poddasza. Zmiany konstrukcji poddasza są możliwe do wykonania, jednak problem ten jest zdecydowanie bardziej złożony i został opisany w punkcie 5.12.

Przy projektowaniu szybu należy zwrócić uwagę, że prawidłowym rozwiązaniem jest wykonanie nowej konstrukcji szybu obok istniejących ścian. Wymusza to uwzględnienie grubości ścian nowego szybu podczas planowania obszaru modernizacji. Możliwość wykorzystania istniejących ścian jest wątpliwa i wymaga szczegółowych konsultacji z dostawcą urządzenia. Zazwyczaj wymagania dostawcy są tak wysokie, że dostosowywanie istniejącej konstrukcji murowej jest bardzo trudne.

Wersja B

W pomieszczeniach -1.01, 0.24a, 1.26a przewiduje się wykonanie windy osobowej obsługującej piwnicę - parter - 1 piętro. Wykonanie szybu windy jest możliwe, przy czym szyb windy powinien być zlokalizowany w przestrzeni pomieszczeń, a nie w obszarze obecnej konstrukcji murowej. Ingerencja w istniejącą strukturę murów jest bardzo kłopotliwa, złożona technicznie i kosztowna.

Przewiduje się konieczność wykonania podciągów stalowych podtrzymujących ścianę nośną znajdującą się pomiędzy obecnym korytarzem i pomieszczeniami. Ponadto, po ingerencji szybu w stropy, niezbędne będzie wykonanie nowych stropów nad pomieszczeniami -1.01, 0.24, 0.24a. W zależności od geometrii szybu, ze względu na wymagania techniczne urządzenia i przepisy techniczne (np. dotyczące wentylacji szybu) niezbędna może się okazać ingerencja w strop nad pomieszczeniami 1.26 i 1.26a.

Wersja C

W te wersji koncepcji modernizacji nie przewiduje się wykonania windy osobowej.

5.3. Wykonanie konstrukcji windy towarowej piwnica-parter

Nowy szyb windy towarowej jest planowany w pomieszczeniach -1.08, 0.07 i 1.04. Obecnie w tym miejscu znajduje się trzon głównego komina spalinowego. Lokalizacja nowego szybu jest prawidłowa, a układ konstrukcyjny stropów korzystny. Wykonanie nowego szybu jest technicznie możliwe. Przy projektowaniu szybu należy uwzględnić identyczne uwagi jak w przypadku szybu windy osobowej (punkt 5.2).

5.4. Wykonanie konstrukcji podnośnika zewnętrznego

Wykonanie konstrukcji podnośnika zewnętrznego jest możliwe technicznie. Przy projektowaniu konstrukcji należy uwzględnić oddziaływania z projektowanego podnośnika na istniejącą konstrukcję murową i fundamenty budynku. Najbardziej właściwym rozwiązaniem jest sprowadzenie posadowienia podnośnika do poziomu posadowienia budynku. Oznacza to konieczność przegłębienia posadowienia co najmniej do poziomu posadzki piwnicy. W przypadku wyższego posadowienia zawsze należy sprawdzić nośność istniejącej konstrukcji murowej z uwzględnieniem nowych oddziaływań.

5.5. Obniżenie posadzki (i fundamentów) piwnicy

Obniżenie głębokości posadowienia budynku jest często stosowane w praktyce inżynierskiej. Obecny stan budynku jest dobry, co oznacza, że nie ma żadnych przeciwwskazań do przegłębienia jego fundamentów. Ze względów bezpieczeństwa zaleca się zastosowanie sprawdzonych technologii wykonania robót budowlanych, które nie stanowią zagrożenia dla stanu konstrukcji budynku. W pierwszej kolejności należy polecić wykonanie iniekcji wysokociśnieniowych „jet-grouting”.

Problemami związanymi z obniżeniem posadowienia budynku jest zapewnienie odpowiedniej izolacyjności przeciwwilgociowej ścian i posadzek. W związku z tym, przed przystąpieniem do prac projektowych należy bezwzględnie wykonać badania gruntowe mające na celu określenie stanu gruntów i poziomu zwierciadła wody. W przypadku, gdy poziom wody będzie zbyt wysoki, obniżenie posadzki piwnicy z jednoczesnym zapewnieniem jej wodoszczelności będzie bardzo trudne. Podczas wykonywania wizji lokalnej stwierdzono, że pomieszczenie oznaczone jako -1.17 jest zalane cienką warstwą wody. Poziom

tego pomieszczenia jest obniżony o około 1,0 m w stosunku do posadzki piwnicy starej części budynku. Nawet w przypadku wysokiego poziomu wody obniżenie poziomu fundamentów starej części budynku jest możliwe.

5.6. Rozbiórka ścian działowych piwnicy

Rozbiórka ścian działowych piwnicy jest możliwa. Ewentualna rozbiórka fragmentów ścian nośnych powinna być ograniczona do minimum. Podczas prac projektowych należy zwrócić uwagę, że w pomieszczeniu -1.28 zamontowane są dwa podciągi stalowe (HEB200/HEB220), które podpierają konstrukcję stropu odcinkowego. Podciągi stalowe znacznie obniżają wysokość użytkową pomieszczenia -1.28.

5.7. Wykonanie tarasu zewnętrznego na parterze

Nowy taras zewnętrzny jest planowany przy ścianie szczytowej nowszej części istniejącego budynku. Wykonanie nowego tarasu jest możliwe. Przewiduje się całkowitą rozbiórkę obecnego zejścia od tej strony do piwnicy oraz wykonanie całkowicie nowej konstrukcji. Posadowienie nowego tarasu powinno (przynajmniej częściowo) schodzić do poziomu istniejących fundamentów. Przy płytszym fundamentowaniu należy uwzględnić oddziaływanie konstrukcji tarasu na istniejącą konstrukcję murową.

5.8. Wykonanie otworów w ścianie nośnej parteru

Na kondygnacji parteru przewiduje się wykonanie nowych otworów w ścianie nośnej zlokalizowanej pomiędzy pomieszczeniami 0.12, 0.13 i 0.14. Zgodnie z uzyskanymi informacjami otwór ma być maksymalnie duży. Ściana, w której przewiduje się wykonanie otworów ma podstawowe znaczenie konstrukcyjne, ponieważ przekazuje obciążenia od stropu nad parterem i piętrem na ścianę kondygnacji piwnicy. Wykonanie otworów w ścianie jest możliwe, jednak przy obliczeniach statycznych należy uwzględnić zmianę sposobu przekazywania obciążenia na kondygnację piwnicy. Między innymi należy unikać przekazywania obciążenia nad otworami drzwiowymi piwnicy, ewentualnie należy w piwnicy wykonać nowe nadproża otworów drzwiowych.

Za rozsądne należy uznać dwa rozwiązania:

- a) wykonanie jednego otworu o maksymalnej rozpiętości 6,00 m,
- b) wykonanie większego otworu podzielonego słupem podporowym.

W każdym z przypadków kluczowa jest nośność i sztywność podciągu oraz nośność konstrukcji murowej w miejscu oparcia podciągu. Możliwość wykonania

podciągu jednoprzęsłowego o rozpiętości 8,00 m jest bardzo wątpliwa ze względu na znaczne wymiary samego podciągu oraz trudność w prawidłowym (równomiernym) przekazaniu obciążeń z podciągu na konstrukcję murową. Znaczna nierównomierność w przekazywaniu obciążenia wpływa na istotną zmianę układ sił w istniejącej konstrukcji murowej, co zazwyczaj prowadzi do spękań i zarysowań konstrukcji murowej.

5.9. Rozbiórka ścian działowych parteru

W pomieszczeniach parteru 0.20, 0.21, 0.22, 0.23 oraz 0.08, 0.09, 0.10, 0.11 przewiduje się rozbiórkę ścian działowych. Rozbiórka ścian działowych jest możliwa i nie wpłynie na stan konstrukcji budynku. Inną kwestią jest ewentualne wykonanie nowych ścian działowych.

Strop piwnicy pod pomieszczeniami 0.20, 0.21, 0.22, 0.23 jest stropem odcinkowym. Z dokonanych pomiarów wynika, że belki stalowe tego stropu to I140, a ich kierunek ułożenia jest korzystny. Przewiduje się, że wykonanie nowych ścian działowych będzie możliwe, choć kwestia ta powinna być szczegółowo sprawdzona na etapie projektu budowlanego. Ścianki działowe powinny być ułożone prostopadle do kierunku ułożenia belek stalowych.

Strop piwnicy pod pomieszczeniami 0.20, 0.21, 0.22, 0.23 jest typowym stropem gęstożebrowym. Z zebranych informacji wynika, że jest to strop DZ-3. Wykonanie ścianek działowych będzie możliwe jeśli działające obciążenia (wraz z ciężarem stropu) nie przekroczą dopuszczalnego obciążenia dla tego stropu. Dodatkowym warunkiem jest układ ścianek, które powinny być prostopadle do belek stropowych. W praktyce oznacza to wykonywanie ścianek co najwyżej z pustaków poryzowanych lub z betonu komórkowego. Wykonanie ścianek ułożonych wzdłuż belek stropowych, ale zlokalizowanych pomiędzy tymi belkami (a więc stojących na pustakach stropowych) jest niedopuszczalne. Przy projektowaniu nowego stropu takie rozwiązanie byłoby możliwe przy wykonaniu dodatkowej konstrukcji przekazującej obciążenia ze ścianki na belki (mogłaby to być np. wzmocniona płyta stropowa). Wykonanie ścianek w technologii lekkiej zabudowy (stelaż + płyta gipsowa) jest możliwe.

5.10. Rozbiórka ścian działowych na piętrze

Rozbiórka ścian działowych piętra jest możliwa. Większość obecnych ścian jest wykonana z cegły dziurawki. Ściany te nie spełniają roli konstrukcyjnej. Tak jak w punkcie 5.9, nieco innym zagadnieniem jest wykonanie nowych ścianek

działowych piętra, które będą się opierały na stropie parteru. Ze względu na obecny stan budynku (wszystkie pomieszczenia parteru i piętra wykończone, bez widocznych uszkodzeń) nie wykonano niszczących odkrywek stropu nad parterem. Według inwentaryzacji wykonanej przez firmę Studio Autorskie ARSA Bomerski i Partnerzy Sp. P., w starej części budynku strop nad parterem jest wykonany jako strop Kleina, natomiast w nowej części jako strop DZ-3. Ponieważ brak niewielkich zarysowań wzdłuż kierunku ułożenia stropu, które są charakterystyczne dla stropów typu Kleina, należy się liczyć z tym, że stropy parteru zlokalizowane w starej części budynku zostały wymienione. Bardzo możliwe, że są to stropy DZ-3 wykorzystane przy dobudowie nowego skrzydła.

Niezależnie od tego, czy jest to płyta Kleina, czy strop gęstożebrowy, zasady postępowania są bardzo podobne. Wykonanie ścianek działowych pomiędzy belkami stropu (wzdłuż tych belek) jest nieprawidłowe. Możliwe jest wykonywanie ścianek ułożonych prostopadle do kierunku ułożenia belek, o ile całkowite obciążenia działające na strop będą mniejsze od dopuszczalnych. W trakcie wykonywania projektu budowlanego (albo nawet na etapie wykonawstwa) należy dokonać odkrywek stropu parteru. Wykonanie ścianek w technologii lekkiej zabudowy (stelaż + płyta gipsowa) jest możliwe.

5.11. Wydzielenie pokoi na kondygnacji poddasza

W trakcie wizji lokalnej wykonano dwie odkrywki stropu nad piętrem. Obie odkrywki wykonano w starej części budynku i w obu przypadkach okazało się, że wykonany jest strop gęstożebrowy DZ-3. Szczegóły dokonanych odkrywek zostały opisane w punkcie 3.3. Kierunek ułożenia belek był zgodny z oczekiwaniami. W związku z tym można byłoby powiedzieć, że możliwości obciążenia stropu obciążeniem użytkowym, jak również ciężarem ścianek działowych są typowe. Powołując się na książkę autorstwa Jerzego Hoły, Piotra Pietraszka oraz Krzysztofa Schabowicza „Obliczanie konstrukcji budynków wznoszonych tradycyjnie”, strop DZ-3 ma dopuszczalne charakterystyczne obciążenie użytkowe (bez ciężaru własnego konstrukcji stropu) wynoszące od 3,25 kN/m² do 4,50 kN/m² w zależności od rodzaju użytej belki.

W przypadku analizowanego poddasza należy zauważyć, że sytuacja jest odmienna niż w przypadku stropu nad parterem. Wynika to z tego, że konstrukcja drewniana dachu opiera się na stropie. W związku z tym strop piętra przejmuje dodatkowe obciążenia śniegiem, wiatrem, ciężarem konstrukcji i pokrycia dachu. Słupy drewniane opierają się na stropie poprzez belki

podwalinowe o przekroju 12x8 cm, które zapewniają pewne rozłożenie obciążenia. Mimo to, koncepcję przekazywania obciążeń z dachu na zwykły strop gęstożebrowy należy uznać za błędną.

Z wykonanych przez nas obliczeń wynika, że przy założeniu zwykłego układu belek stropowych, najniższej dopuszczalnej wartości obciążenia (3,25 kN/m²) i uwzględnieniu aktualnych obciążeń, stan graniczny nośności stropu piętra jest przekroczony o około 25%. Szczegółowe rezultaty obliczeń podane są w **Załączniku nr 4**.

Uwzględnienie wszystkich obecnych obciążeń działających na strop, powiększonych o ciężar ścian działowych oraz przewidywane obciążenia użytkowe prowadzi do wniosku, że obecna konstrukcja stropu nad parterem nie spełni warunków granicznych nośności i użytkowania. Możliwe są trzy rozwiązania:

- a) przeprojektowanie konstrukcji dachowej tak, aby obciążenia z dachu były przekazywane na ściany nośnej niższej kondygnacji,
- b) wymiana lub wzmocnienie istniejącej konstrukcji stropowej,
- c) rezygnacja z planowanego użytkowania poddasza.

Oba rozwiązania zmian konstrukcji są bardzo poważne, głównie ze względów ekonomicznych, ale oba są możliwe do wykonania.

Wymiana konstrukcji dachowej

Analizując obecny stan całej konstrukcji budynku należy stwierdzić, że możliwa jest całkowita wymiana obecnej konstrukcji dachowej. Nowa konstrukcja może mieć zmienioną geometrię (wysokość, nachylenie, rozstaw układów konstrukcyjnych). Zmieniona konstrukcja powinna spełniać warunki graniczne nośności i użytkowania dla założeń projektowanej modernizacji.

Jeśli nowa konstrukcja dachu będzie zaprojektowana tak, że obciążenia będą przekazywane na ściany nośne budynku, to wzmocnienia obecnego stropu nie będą konieczne. Możliwy jest również wariant polegający na jednoczesnym przeprojektowaniu więźby oraz wykonaniu wzmocnień istniejącego stropu, w miejscach, w których zmiana lokalizacji słupów nie będzie możliwa.

Wzmocnienie istniejącej konstrukcji stropowej pod poddaszem

Jednym z rozwiązań przeniesienia obciążeń ze słupów poddasza (po modernizacji) na konstrukcję murową jest wykonanie wzmocnień stropu pod słupami. Ze wstępnych obliczeń wynika, że wymagane belki stalowe pod słup poddasza będą miały przekrój HEB 220. W przypadku zaprojektowania belek

żelbetowych należy się spodziewać belek o wysokości minimum 0,35 m (oraz szerokości w granicach 0,40-0,60 m). Ze względów technologicznych wskazane jest najpierw przygotowanie konstrukcji podporowej pod słup w pobliżu obecnej jego lokalizacji, później montaż nowego słupa, a na końcu usunięcie słupa istniejącego opartego bezpośrednio na stropie.

5.12. Zmiana konstrukcji drewnianej poddasza

Przewidywane docieplenie połaci dachowej zmienia obciążenia przekazywane na konstrukcję drewnianą poddasza. W celu oceny wpływu docieplenia poddasza na bezpieczeństwo konstrukcji drewnianej wykonano obliczenia statyczne głównych układów. Założono drewno klasy C24, klasę obciążenia średniotrwłą. Jako dodatkowe obciążenie przyjęto wełnę mineralną grubości 30 cm oraz wykończenie z dwóch warstw płyt kartonowo-gipsowych na stelażu. Uzyskane wyniki dowodzą, że termomodernizacja dachu jest możliwa i bezpieczna (dla samej konstrukcji drewnianej). Stan graniczny nośności i użytkowości jest spełniony. Najbardziej wyťažonym elementem jest krokiew. Jej obecne wykorzystanie nośności wynosi 65 %. Po dodaniu dodatkowego obciążenia jej wyężenie zwiększy się do 85%.

6. Wnioski końcowe

Na podstawie przeprowadzonych analiz należy jednoznacznie stwierdzić, że **obecny stan obiektu nie zagraża bezpieczeństwu budynku i ludzi**. Stan obiektu jest dobry, a drobne usterki są typowe dla tego typu budynku i formy jego eksploatacji. Planowane prace modernizacyjne mają różny charakter. Do najtrudniejszych zadań należy zaliczyć budowę nowej klatki schodowej oraz uporządkowanie rozwiązania konstrukcyjnego kondygnacji poddasza. Przewidywane zmiany są możliwe do wykonania przy prawidłowym zaprojektowaniu, doborze odpowiednich technologii i wysokiej jakości realizacji robót budowlanych.

Opracowali:

.....
dr hab. inż. Zbigniew Pozorski
(2/PW/99)

.....
Maciej Podlaski

ZAŁĄCZNIKI

Załącznik nr 1. Zebranie obciążeń

Załącznik nr 2. Analiza nośności więźby drewnianej

Załącznik nr 3. Analiza nośności więźby drewnianej po termomodernizacji

Załącznik nr 4. Analiza nośności stropu

Załącznik nr 5. Lokalizacja słupów poddasza w stosunku do ścian piętra

ZAŁĄCZNIK NR 1

Zebranie obciążeń

Zestawienie obciążeń na połacie dachu

Rodzaj obciążenia	Obciążenie charakterystyczne [kN/m ²]	Współcz. bezp. γ_f	Obciążenie oblicz. [kN/m ²]
Obciążenia stałe (na powierzchnię połaci):			
- blacha stalowa ocynkowana gr. 0,5 mm	0,35	1,2	0,42
- deski gr. 2,2 cm	-	-	-
0,022 x 5,5 kN/m ²	0,121	1,1	0,13
- krokiew (0,08 x 0,14 x 5,5 kN/m ³)/1,0	0,062	1,1	0,068
RAZEM	0,533	1,13	0,62
Obciążenia zmienne:			
- obciążenie technologiczne (na powierzchnię połaci)	0,20	1,2	0,24
- obciążenie śniegiem II strefa śniegowa (na rzut połaci)			
0,9 x 1,15=1,04 kN/m ²	1,04	1,5	1,55
0,9 x 0,8=0,72 kN/m ²	0,72	1,5	1,08
- obciążenie wiatrem (prostopadle do połaci)			
0,3 kN/m ² x 1,03 x 1,8 x 0,22= 0,12	0,12	1,5	0,18
0,3 kN/m ² x 1,03 x 1,8 x (-0,54) = -0,30	-0,30	1,5	-0,45

Zebranie dodatkowych obciążeń na dach, wynikających z termomodernizacji

Rodzaj obciążenia	Obciążenie charakterystyczne [kN/m ²]	Współcz. bezp. γ_f	Obciążenie oblicz. [kN/m ²]
Obciążenia stałe (na powierzchnię połaci):			
- wełna mineralna gr. 30 cm			
1,2 kN/m ³ x 0,3=0,36 kN/m ²	0,36	1,2	0,43
- 2 x płyta G-K gr. 12,5 mm			
12 kN/m ³ x 0,0125 x 2	0,30	1,2	0,36
RAZEM	0,66	1,2	0,79

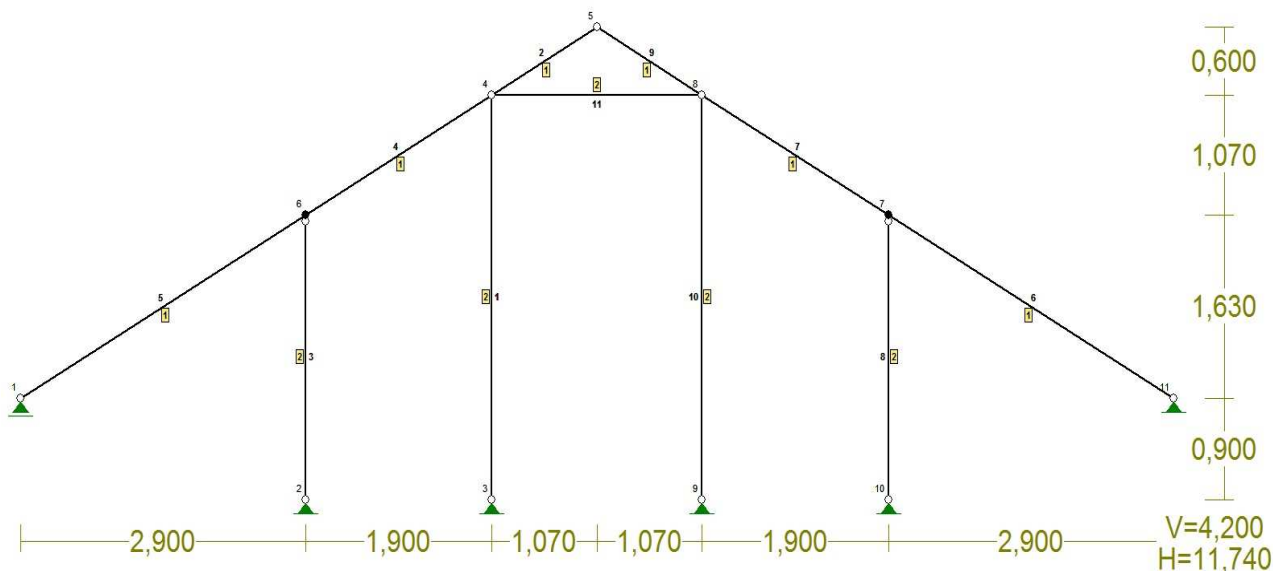
Zebranie obciążeń na jednostkę rzutu powierzchni stropu

Rodzaj obciążenia	Obciążenie charakterystyczne [kN/m ²]	Współcz. bezp. γ_f	Obciążenie oblicz. [kN/m ²]
Obciążenia stałe:			
- strop DZ-3	2,65	1,1	2,92
- warstwa betonu gr 3 cm			
24 kN/m ³ x 0,03=0,72 kN/m ²	0,72	1,3	0,94
- wełna mineralna			
1,0 kN/m ³ x 0,04=0,04 kN/m ²	0,04	1,2	0,05
- warstwa betonu gr 5 cm			
24 kN/m ³ x 0,05=1,2 kN/m ²	1,2	1,3	1,56
RAZEM	4,61		5,47

ZAŁĄCZNIK nr 2

Analiza nośności więźby

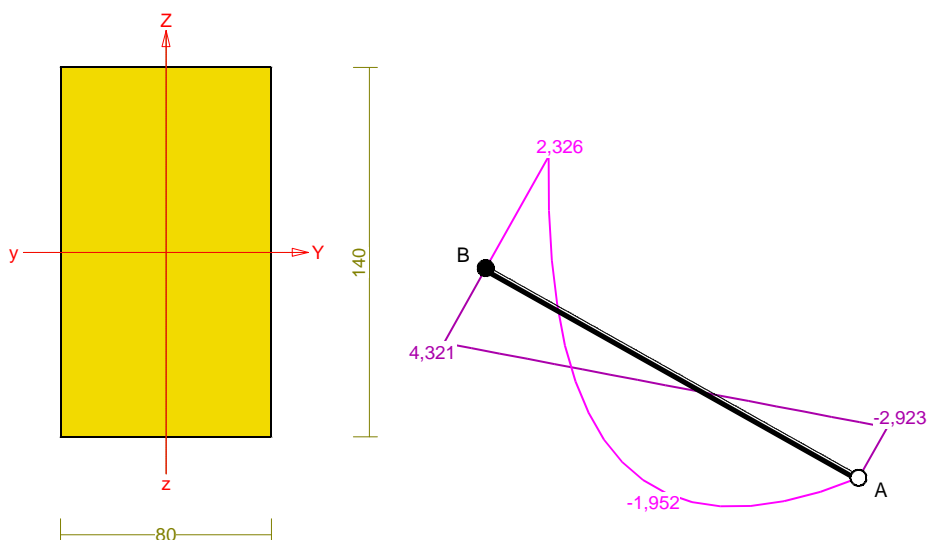
1. Schemat statyczny



2. Zebranie obciążeń

Zestawienie obciążeń zostało podane w załączniku nr 1.

3. Analiza krokwi jako najbardziej wyężonego elementu



Przekrój: 1 „B 140x80”

Wymiary przekroju:

$$h=140,0 \text{ mm} \quad b=80,0 \text{ mm.}$$

Charakterystyka geometryczna przekroju:

$$J_{yg}=1829,3; \quad J_{zg}=597,3 \text{ cm}^4; \quad A=112,00 \text{ cm}^2; \quad i_y=4,0; \quad i_z=2,3 \text{ cm}; \quad W_y=261,3;$$

$$Wz=149,3 \text{ cm}^3.$$

Własności techniczne drewna:

Przyjęto 1 klasę użytkowania konstrukcji (*temperatura powietrza 20°i wilgotności powyżej 65% tylko przez kilka tygodni w roku*) oraz klasę trwania obciążenia: **Średniotrwałe** (1 tydzień - 6 miesięcy, np. obciążenie użytkowe).

$$K_{mod} = 0,80$$

$$\gamma_M = 1,3$$

Cechy drewna: **Drewno C24.**

$$f_{m,k} = 24,00$$

$$f_{m,d} = 14,77 \text{ MPa}$$

$$f_{t,0,k} = 14,00$$

$$f_{t,0,d} = 8,62 \text{ MPa}$$

$$f_{t,90,k} = 0,50$$

$$f_{t,90,d} = 0,31 \text{ MPa}$$

$$f_{c,0,k} = 21,00$$

$$f_{c,0,d} = 12,92 \text{ MPa}$$

$$f_{c,90,k} = 2,50$$

$$f_{c,90,d} = 1,54 \text{ MPa}$$

$$f_{v,k} = 2,50$$

$$f_{v,d} = 1,54 \text{ MPa}$$

$$E_{0,mean} = 11000 \text{ MPa}$$

$$E_{90,mean} = 370 \text{ MPa}$$

$$E_{0,05} = 7400 \text{ MPa}$$

$$G_{mean} = 690 \text{ MPa}$$

$$\rho_k = 350 \text{ kg/m}^3$$

Sprawdzenie nośności pręta nr 6

Sprawdzenie nośności przeprowadzono wg PN-B-03150:2000. W obliczeniach uwzględniono ekstremalne wartości wielkości statycznych przy uwzględnieniu niekorzystnych kombinacji obciążeń.

Nośność na rozciąganie:

Wyniki dla $x_a=3,33 \text{ m}$; $x_b=0,00 \text{ m}$, przy obciążeniach „ABDRT”.

Pole powierzchni przekroju netto $A_n = 112,00 \text{ cm}^2$.

$$\sigma_{t,0,d} = N / A_n = 4,473 / 112,00 \times 10 = \mathbf{0,40} < \mathbf{8,62} = f_{t,0,d}$$

Nośność na ściskanie:

Wyniki dla $x_a=0,00 \text{ m}$; $x_b=3,33 \text{ m}$, przy obciążeniach „ABEGHW”.

- długość wyboczeniowa w płaszczyźnie układu (wyznaczona na podstawie podatności węzłów):

$$l_c = \mu l = 0,809 \times 3,327 = 2,692 \text{ m}$$

- długość wyboczeniowa w płaszczyźnie prostopadłej do płaszczyzny układu:

$$l_c = \mu l = 1,000 \times 3,327 = 3,327 \text{ m}$$

Długości wyboczeniowe dla wyboczenia w płaszczyznach prostopadłych do osi głównych przekroju, wynoszą:

$$l_{c,y} = 2,695 \text{ m};$$

$$l_{c,z} = 3,327 \text{ m}$$

Współczynniki wyboczeniowe:

$$\lambda_y = l_{c,y} / i_y = 2,695 / 0,0404 = 66,67$$

$$\lambda_z = l_{c,z} / i_z = 3,327 / 0,0231 = 144,05$$

$$\sigma_{c,crit,y} = \pi^2 E_{0,05} / \lambda_y^2 = 9,87 \times 7400 / (66,67)^2 = 16,43 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{c,crit,z} = \pi^2 E_{0,05} / \lambda_z^2 = 9,87 \times 7400 / (144,05)^2 = 3,52 \text{ MPa}$$

$$\lambda_{rel,y} = \sqrt{f_{c,0,k} / \sigma_{c,crit,y}} = \sqrt{21/16,43} = 1,131$$

$$\lambda_{rel,z} = \sqrt{f_{c,0,k} / \sigma_{c,crit,z}} = \sqrt{21/3,52} = 2,443$$

$$k_y = 0,5 [1 + \beta_c (\lambda_{rel,y} - 0,5) + \lambda_{rel,y}^2] = 0,5 \times [1 + 0,2 \times (1,131 - 0,5) + (1,131)^2] = 1,202$$

$$k_z = 0,5 [1 + \beta_c (\lambda_{rel,z} - 0,5) + \lambda_{rel,z}^2] = 0,5 \times [1 + 0,2 \times (2,443 - 0,5) + (2,443)^2] = 3,677$$

$$k_{c,y} = 1 / (k_y + \sqrt{k_y^2 - \lambda_{rel,y}^2}) = 1 / (1,202 + \sqrt{1,202^2 - 1,131^2}) = 0,621$$

$$k_{c,z} = 1 / (k_z + \sqrt{k_z^2 - \lambda_{rel,z}^2}) = 1 / (3,677 + \sqrt{3,677^2 - 2,443^2}) = 0,156$$

Powierzchnia obliczeniowa przekroju $A_d = 112,00 \text{ cm}^2$.

Nośność na ściskanie:

$$\sigma_{c,0,d} = N / A_d = 3,542 / 112,00 \times 10 = \mathbf{0,32} < \mathbf{2,01} = 0,156 \times 12,92 = k_c f_{c,0,d}$$

Ściskanie ze zginaniem dla $x_a=1,25 \text{ m}$; $x_b=2,08 \text{ m}$, przy obciążeniach „ABDW”:

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,y} f_{c,0,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} = \frac{0,07}{0,621 \times 12,92} + 0,7 \times \frac{0,00}{14,77} + \frac{6,85}{14,77} = \mathbf{0,473} < \mathbf{1}$$

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,z} f_{c,0,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} = \frac{0,07}{0,156 \times 12,92} + \frac{0,00}{14,77} + 0,7 \times \frac{6,85}{14,77} = \mathbf{0,359} < \mathbf{1}$$

Nośność na zginanie:

Wyniki dla $x_a=3,33 \text{ m}$; $x_b=0,00 \text{ m}$, przy obciążeniach „ABDRT”.

Długość obliczeniowa dla **pręta swobodnie podpartego, obciążonego równomiernie lub momentami na końcach**, przy obciążeniu przyłożonym do powierzchni górnej, wynosi:

$$l_d = 1,00 \times 3327 + 140 + 140 = 3607 \text{ mm}$$

$$\lambda_{rel,m} = \sqrt{\frac{l_d h f_{m,d}}{\pi b^2 E_k}} \sqrt{\frac{E_{0,mean}}{G_{mean}}} = \sqrt{\frac{3607 \times 140 \times 14,77}{3,142 \times 80^2 \times 7400}} \times \sqrt[4]{\frac{11000}{690}} = 0,447$$

Wartość współczynnika zwiczenia:

$$\text{dla } \lambda_{rel,m} \leq 0,75 \quad k_{crit} = 1$$

Warunek stateczności:

$$\sigma_{m,d} = M / W = 2,326 / 261,33 \times 10^3 = \mathbf{8,90} < \mathbf{14,77} = 1,000 \times 14,77 = k_{crit} f_{m,d}$$

Nośność dla $x_a=3,33 \text{ m}$; $x_b=0,00 \text{ m}$, przy obciążeniach „ABDRT”:

$$\frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \frac{0,40}{8,62} + \frac{8,90}{14,77} + 0,7 \times \frac{0,00}{14,77} = \mathbf{0,649} < \mathbf{1}$$

$$\frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \frac{0,40}{8,62} + 0,7 \times \frac{8,90}{14,77} + \frac{0,00}{14,77} = \mathbf{0,468} < \mathbf{1}$$

Nośność ze ściskaniem dla $x_a=1,25 \text{ m}$; $x_b=2,08 \text{ m}$, przy obciążeniach „ABDW”:

$$\frac{\sigma_{c,0,d}^2}{f_{c,0,d}^2} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \frac{0,07^2}{12,92^2} + \frac{6,85}{14,77} + 0,7 \times \frac{0,00}{14,77} = \mathbf{0,464 < 1}$$

$$\frac{\sigma_{c,0,d}^2}{f_{c,0,d}^2} + k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \frac{0,07^2}{12,92^2} + 0,7 \times \frac{6,85}{14,77} + \frac{0,00}{14,77} = \mathbf{0,325 < 1}$$

Nośność na ścinanie:

Wyniki dla $x_a=3,33$ m; $x_b=0,00$ m, przy obciążeniach „ABDRT”.

Naprężenia tnące:

$$\tau_{z,d} = 1,5 V_z / A = 1,5 \times 4,321 / 112,00 \times 10 = 0,58 \text{ MPa}$$

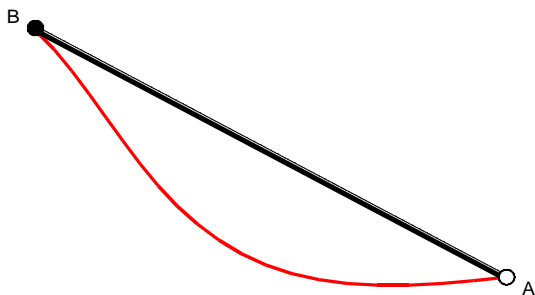
$$\tau_{y,d} = 1,5 V_y / A = 1,5 \times 0,000 / 112,00 \times 10 = 0,00 \text{ MPa}$$

Przyjęto $k_v = 1,000$.

Warunek nośności

$$\tau_d = \sqrt{\tau_{z,d}^2 + \tau_{y,d}^2} = \sqrt{0,58^2 + 0,00^2} = \mathbf{0,58 < 1,54} = 1,000 \times 1,54 = k_v f_{v,d}$$

Stan graniczny użytkowania:



Wyniki dla $x_a=1,46$ m; $x_b=1,87$ m, przy obciążeniach „ABGHRT”.

Ugięcie graniczne

$$u_{net,fin} = l / 150 = 22,2 \text{ mm}$$

Ugięcia od obciążeń stałych (ciężar własny + „A”):

$$u_{z,fin} = u_{z,inst} (1+k_{def}) = 2,2 \times (1 + 0,60) = 3,5 \text{ mm}$$

$$u_{y,fin} = u_{y,inst} (1+k_{def}) = 0,0 \times (1 + 0,60) = 0,0 \text{ mm}$$

Ugięcia od obciążeń zmiennych („BGHRT”):

Klasa trwania obciążeń zmiennych: **Stale** (więcej niż 10 lat, np. ciężar własny).

$$u_{z,fin} = u_{z,inst} (1+k_{def}) = 4,7 \times (1 + 0,60) = 7,5 \text{ mm}$$

$$u_{y,fin} = u_{y,inst} (1+k_{def}) = 0,0 \times (1 + 0,60) = 0,0 \text{ mm}$$

Ugięcie całkowite:

$$u_{z,fin} = 3,5 + 7,5 = \mathbf{11,1 < 22,2} = u_{net,fin}$$

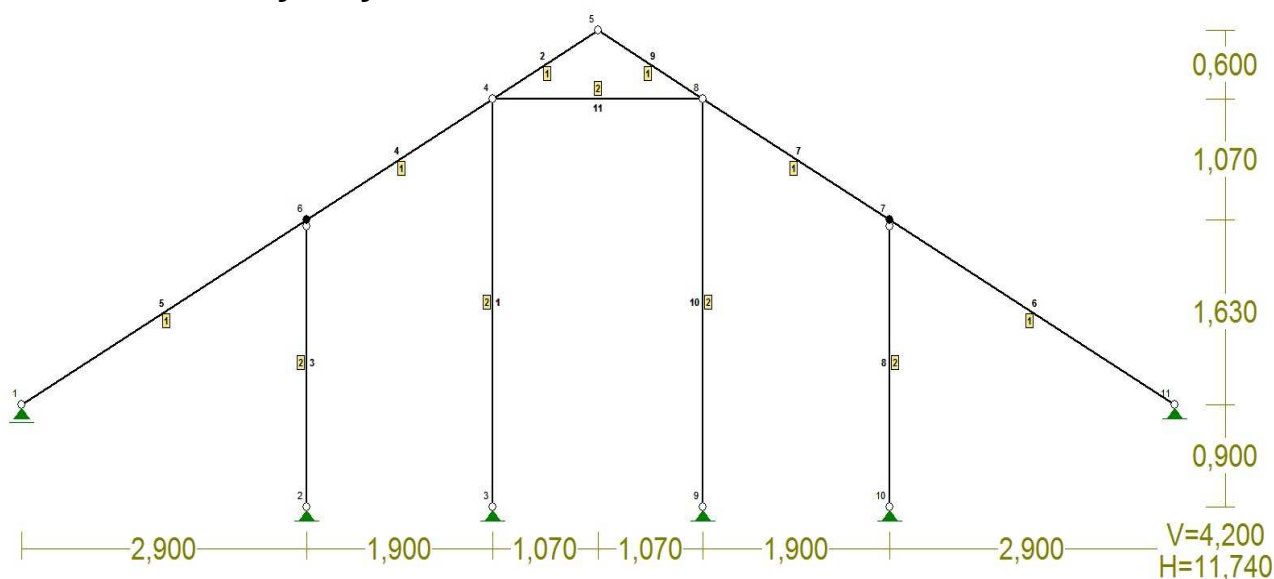
4. Wnioski

Stan graniczny nośności oraz użytkowości jest spełniony. Maksymalne wykorzystanie elementów wynosi 65%.

ZAŁĄCZNIK nr 3

Analiza nośności więźby po termomodernizacji

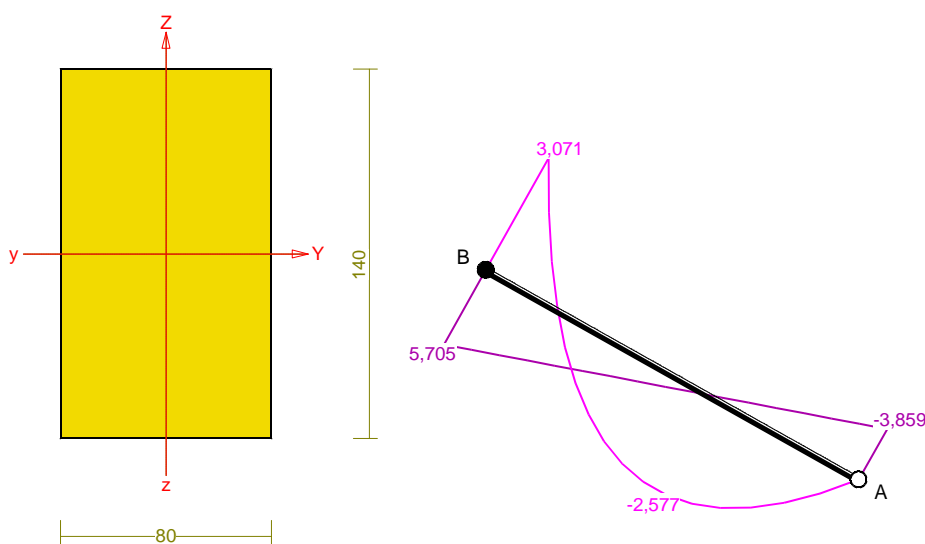
1. Schemat statyczny



2. Zebranie obciążeń

Zestawienie obciążeń zostało podane w załączniku nr 1.

3. Analiza krokwi jako najbardziej wyężonego elementu



Przekrój: 1 „B 140x80”

Wymiary przekroju:

$h=140,0$ mm $b=80,0$ mm.

Charakterystyka geometryczna przekroju:

$J_{yg}=1829,3$; $J_{zg}=597,3$ cm⁴; $A=112,00$ cm²; $i_y=4,0$; $i_z=2,3$ cm; $W_y=261,3$;

$$Wz=149,3 \text{ cm}^3.$$

Własności techniczne drewna:

Przyjęto 1 klasę użytkowania konstrukcji (*temperatura powietrza 20°i wilgotności powyżej 65% tylko przez kilka tygodni w roku*) oraz klasę trwania obciążenia: **Średniotrwałe** (1 tydzień - 6 miesięcy, np. obciążenie użytkowe).

$$K_{mod} = 0,80$$

$$\gamma_M = 1,3$$

Cechy drewna: **Drewno C24.**

$$f_{m,k} = 24,00$$

$$f_{m,d} = 14,77 \text{ MPa}$$

$$f_{t,0,k} = 14,00$$

$$f_{t,0,d} = 8,62 \text{ MPa}$$

$$f_{t,90,k} = 0,50$$

$$f_{t,90,d} = 0,31 \text{ MPa}$$

$$f_{c,0,k} = 21,00$$

$$f_{c,0,d} = 12,92 \text{ MPa}$$

$$f_{c,90,k} = 2,50$$

$$f_{c,90,d} = 1,54 \text{ MPa}$$

$$f_{v,k} = 2,50$$

$$f_{v,d} = 1,54 \text{ MPa}$$

$$E_{0,mean} = 11000 \text{ MPa}$$

$$E_{90,mean} = 370 \text{ MPa}$$

$$E_{0,05} = 7400 \text{ MPa}$$

$$G_{mean} = 690 \text{ MPa}$$

$$\rho_k = 350 \text{ kg/m}^3$$

Sprawdzenie nośności pręta nr 6

Sprawdzenie nośności przeprowadzono wg PN-B-03150:2000. W obliczeniach uwzględniono ekstremalne wartości wielkości statycznych przy uwzględnieniu niekorzystnych kombinacji obciążeń.

Nośność na rozciąganie:

Wyniki dla $x_a=3,33 \text{ m}$; $x_b=0,00 \text{ m}$, przy obciążeniach „ABGHRT”.

Pole powierzchni przekroju netto $A_n = 112,00 \text{ cm}^2$.

$$\sigma_{t,0,d} = N / A_n = 5,251 / 112,00 \times 10 = \mathbf{0,47} < \mathbf{8,62} = f_{t,0,d}$$

Nośność na ściskanie:

Wyniki dla $x_a=0,00 \text{ m}$; $x_b=3,33 \text{ m}$, przy obciążeniach „ABEGHW”.

- długość wyboczeniowa w płaszczyźnie układu (wyznaczona na podstawie podatności węzłów):

$$l_c = \mu l = 0,810 \times 3,327 = 2,695 \text{ m}$$

- długość wyboczeniowa w płaszczyźnie prostopadłej do płaszczyzny układu:

$$l_c = \mu l = 1,000 \times 3,327 = 3,327 \text{ m}$$

Długości wyboczeniowe dla wyboczenia w płaszczyznach prostopadłych do osi głównych przekroju, wynoszą:

$$l_{c,y} = 2,695 \text{ m};$$

$$l_{c,z} = 3,327 \text{ m}$$

Współczynniki wyboczeniowe:

$$\lambda_y = l_{c,y} / i_y = 2,695 / 0,0404 = 66,67$$

$$\lambda_z = l_{c,z} / i_z = 3,327 / 0,0231 = 144,05$$

$$\sigma_{c,crit,y} = \pi^2 E_{0,05} / \lambda_y^2 = 9,87 \times 7400 / (66,67)^2 = 16,43 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{c,crit,z} = \pi^2 E_{0,05} / \lambda_z^2 = 9,87 \times 7400 / (144,05)^2 = 3,52 \text{ MPa}$$

$$\lambda_{rel,y} = \sqrt{f_{c,0,k} / \sigma_{c,crit,y}} = \sqrt{21/16,43} = 1,131$$

$$\lambda_{rel,z} = \sqrt{f_{c,0,k} / \sigma_{c,crit,z}} = \sqrt{21/3,52} = 2,443$$

$$k_y = 0,5 [1 + \beta_c (\lambda_{rel,y} - 0,5) + \lambda_{rel,y}^2] = 0,5 \times [1 + 0,2 \times (1,131 - 0,5) + (1,131)^2] = 1,202$$

$$k_z = 0,5 [1 + \beta_c (\lambda_{rel,z} - 0,5) + \lambda_{rel,z}^2] = 0,5 \times [1 + 0,2 \times (2,443 - 0,5) + (2,443)^2] = 3,677$$

$$k_{c,y} = 1 / (k_y + \sqrt{k_y^2 - \lambda_{rel,y}^2}) = 1 / (1,202 + \sqrt{1,202^2 - 1,131^2}) = 0,621$$

$$k_{c,z} = 1 / (k_z + \sqrt{k_z^2 - \lambda_{rel,z}^2}) = 1 / (3,677 + \sqrt{3,677^2 - 2,443^2}) = 0,156$$

Powierzchnia obliczeniowa przekroju $A_d = 112,00 \text{ cm}^2$.

Nośność na ściskanie:

$$\sigma_{c,0,d} = N / A_d = 4,068 / 112,00 \times 10 = \mathbf{0,36} < \mathbf{2,01} = 0,156 \times 12,92 = k_c f_{c,0,d}$$

Ściskanie ze zginaniem dla $x_a=0,83 \text{ m}$; $x_b=2,50 \text{ m}$, przy obciążeniach „ABGHR”:

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,y} f_{c,0,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} = \frac{0,02}{0,621 \times 12,92} + 0,7 \times \frac{0,00}{14,77} + \frac{8,48}{14,77} = \mathbf{0,577} < \mathbf{1}$$

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,z} f_{c,0,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} = \frac{0,02}{0,156 \times 12,92} + \frac{0,00}{14,77} + 0,7 \times \frac{8,48}{14,77} = \mathbf{0,412} < \mathbf{1}$$

Nośność na zginanie:

Wyniki dla $x_a=3,33 \text{ m}$; $x_b=0,00 \text{ m}$, przy obciążeniach „ABGHRT”.

Długość obliczeniowa dla **pręta swobodnie podpartego, obciążonego równomiernie lub momentami na końcach**, przy obciążeniu przyłożonym do powierzchni górnej, wynosi:

$$l_d = 1,00 \times 3327 + 140 + 140 = 3607 \text{ mm}$$

$$\lambda_{rel,m} = \sqrt{\frac{l_d h f_{m,d}}{\pi b^2 E_k}} \sqrt{\frac{E_{0,mean}}{G_{mean}}} = \sqrt{\frac{3607 \times 140 \times 14,77}{3,142 \times 80^2 \times 7400}} \times \sqrt[4]{\frac{11000}{690}} = 0,447$$

Wartość współczynnika zwiczenia:

$$\text{dla } \lambda_{rel,m} \leq 0,75 \quad k_{crit} = 1$$

Warunek stateczności:

$$\sigma_{m,d} = M / W = 3,071 / 261,33 \times 10^3 = \mathbf{11,75} < \mathbf{14,77} = 1,000 \times 14,77 = k_{crit} f_{m,d}$$

Nośność dla $x_a=3,33 \text{ m}$; $x_b=0,00 \text{ m}$, przy obciążeniach „ABGHRT”:

$$\frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \frac{0,47}{8,62} + \frac{11,75}{14,77} + 0,7 \times \frac{0,00}{14,77} = \mathbf{0,850} < \mathbf{1}$$

$$\frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \frac{0,47}{8,62} + 0,7 \times \frac{11,75}{14,77} + \frac{0,00}{14,77} = \mathbf{0,611} < \mathbf{1}$$

Nośność ze ściskaniem dla $x_a=0,83 \text{ m}$; $x_b=2,50 \text{ m}$, przy obciążeniach „ABGHR”:

$$\frac{\sigma_{c,0,d}^2}{f_{c,0,d}^2} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \frac{0,02^2}{12,92^2} + \frac{8,48}{14,77} + 0,7 \times \frac{0,00}{14,77} = \mathbf{0,574 < 1}$$

$$\frac{\sigma_{c,0,d}^2}{f_{c,0,d}^2} + k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \frac{0,02^2}{12,92^2} + 0,7 \times \frac{8,48}{14,77} + \frac{0,00}{14,77} = \mathbf{0,402 < 1}$$

Nośność na ścinanie:

Wyniki dla $x_a=3,33$ m; $x_b=0,00$ m, przy obciążeniach „ABGHRT”.

Naprężenia tnące:

$$\tau_{z,d} = 1,5 V_z / A = 1,5 \times 5,705 / 112,00 \times 10 = 0,76 \text{ MPa}$$

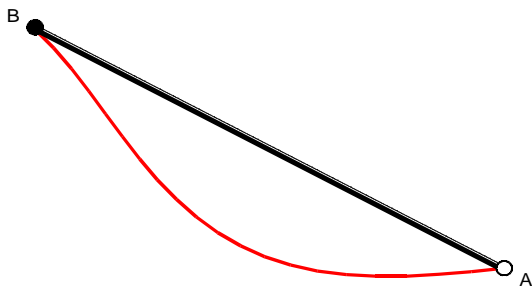
$$\tau_{y,d} = 1,5 V_y / A = 1,5 \times 0,000 / 112,00 \times 10 = 0,00 \text{ MPa}$$

Przyjęto $k_v = 1,000$.

Warunek nośności

$$\tau_d = \sqrt{\tau_{z,d}^2 + \tau_{y,d}^2} = \sqrt{0,76^2 + 0,00^2} = \mathbf{0,76 < 1,54} = 1,000 \times 1,54 = k_v f_{v,d}$$

Stan graniczny użytkowania:



Wyniki dla $x_a=1,46$ m; $x_b=1,87$ m, przy obciążeniach „ABGHRT”.

Ugięcie graniczne

$$u_{\text{net,fin}} = l / 150 = 22,2 \text{ mm}$$

Ugięcia od obciążeń stałych (ciężar własny + „A”):

$$u_{z,\text{fin}} = u_{z,\text{inst}} (1+k_{\text{def}}) = 4,7 \times (1 + 0,60) = 7,6 \text{ mm}$$

$$u_{y,\text{fin}} = u_{y,\text{inst}} (1+k_{\text{def}}) = 0,0 \times (1 + 0,60) = 0,0 \text{ mm}$$

Ugięcia od obciążeń zmiennych („BGHRT”):

Klasa trwania obciążeń zmiennych: **Stale** (więcej niż 10 lat, np. ciężar własny).

$$u_{z,\text{fin}} = u_{z,\text{inst}} (1+k_{\text{def}}) = 4,7 \times (1 + 0,60) = 7,5 \text{ mm}$$

$$u_{y,\text{fin}} = u_{y,\text{inst}} (1+k_{\text{def}}) = 0,0 \times (1 + 0,60) = 0,0 \text{ mm}$$

Ugięcie całkowite:

$$u_{z,\text{fin}} = 7,6 + 7,5 = \mathbf{15,1 < 22,2} = u_{\text{net,fin}}$$

4. Wnioski

Stan graniczny nośności oraz użytkowości jest spełniony. Maksymalne wykorzystanie elementów wynosi 85%.

ZAŁĄCZNIK nr 4

Analiza nośności stropu

1. Schemat statyczny

Belka swobodnie podparta. Obciążona charakterystycznymi wartościami reakcji przekazywanej od słupa oraz ciężarem warstw stropu (bez ciężaru własnego konstrukcji stropu)

2. Charakterystyka analizowanego elementu

Analizowany strop zlokalizowany jest nad pomieszczeniem 1.03 oraz częściowo nad korytarzem (1.01).

strop	gęstożebrowy DZ-3
Osiowy rozstaw belek	60 cm
Długość przęsła	585 cm
Dopuszczalne charakterystyczne obciążenie (bez ciężaru stropu)	3,25 kN/m ²

3. Zebranie obciążeń

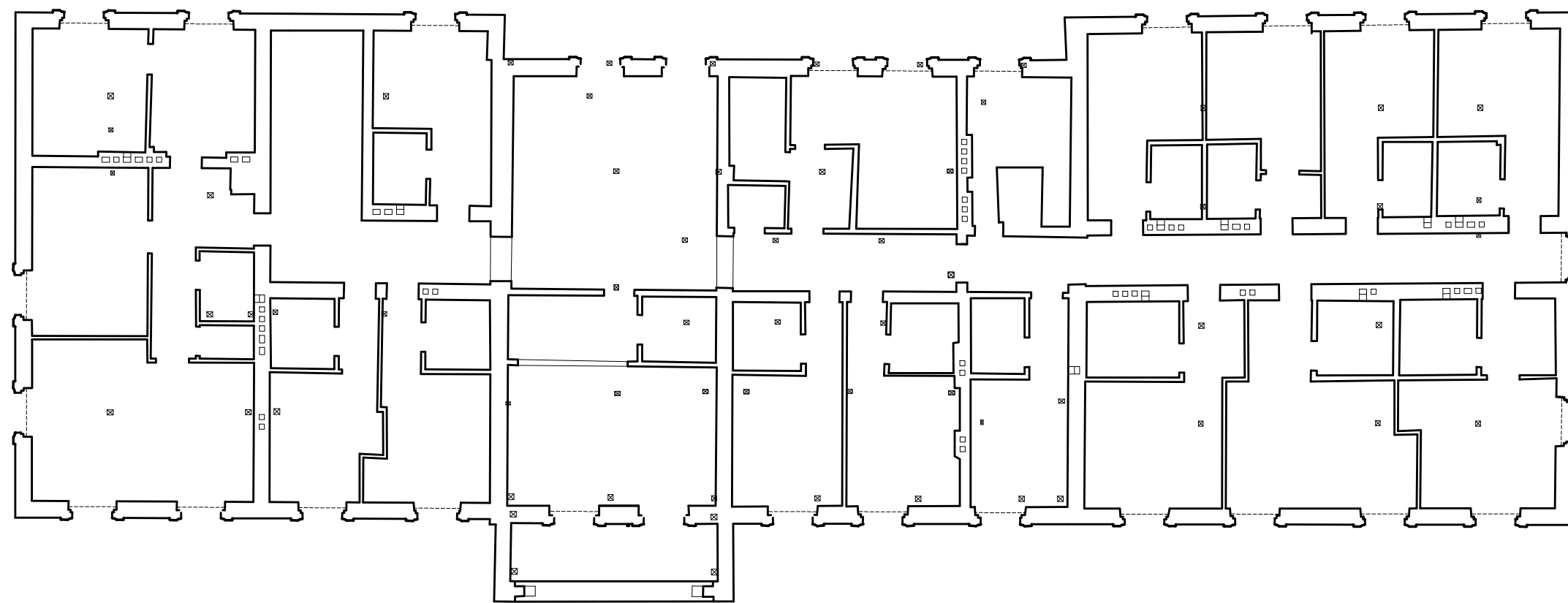
Zestawienie obciążeń podane zostało w załączniku nr 1. Do obliczeń uwzględniono charakterystyczne wartości ciężaru własnego stropu, dachu oraz obciążenia klimatyczne. Rezultaty obliczeń

Reakcja przekazywana od słupa	3,87 kN
Obciążenie stałe warstw stropu (charakterystyczne bez ciężaru własnego stropu)	1,18 kN/m
Maksymalny moment działający na belkę (wartość charakterystyczna, bez uwzględnienia ciężaru własnego stropu)	11,53 kNm
Równoważne obciążenie równomierne (charakterystyczne) działające na jednostkę rzutu stropu. Obciążenie nie uwzględnia ciężaru własnego stropu.	4,06 kN/m ²
Wykorzystanie nośności stropu	$\frac{4,06}{3,25} \times 100 = 125 \%$

Wnioski

Rzeczywista konstrukcja stropu nie spełnia warunku nośności.

ZAŁĄCZNIK nr 5
Lokalizacja słupów poddasza w stosunku to ścian piętra



LEGENDA

☒ słup