



## Koncepcje wzmocnienia zabytkowego budynku neogotyckiego kościoła w związku z planowanym prostowaniem obiektu

### Concepts of strengthening the historic, neo-Gothic church due to planned rectification of the building

Dr inż. Krzysztof Gromysz<sup>\*)</sup>

**Treść:** W zabytkowym budynku neogotyckiego kościoła wystąpiły liczne uszkodzenia wywołane eksploatacją górniczą. Najistotniejszym uszkodzeniem jest jednak jego wychylenie, które postanowiono usunąć przez wyprostowanie całej bryły budynku. Budynek kościoła, ze względu na brak ścian wewnętrznych, cechuje się małą sztywnością. W takiej sytuacji wzmocnienie obiektu, oprócz możliwości zapewnienia bezpiecznego przekazania obciążeń z siłowników na obiekt winno zwiększyć sztywność budynku jako całości. Przeanalizowano trzy koncepcje wzmocnienia obiektu, co pozwoliło na odejście od standardowych rozwiązań, zapewniło szersze spojrzenie na zagadnienie i pozwoliło na wybór najkorzystniejszego sposobu postępowania. W budynku neogotyckiego kościoła pochodzącego z 1898 roku za rozwiązanie najkorzystniejsze uznano rozbudowanie istniejącego już wzmocnienia, które stanowi żelbetowa płyta grubości 60 cm znajdująca się na zewnątrz kościoła. Rozbudowa ta polega na wykonaniu dodatkowej konstrukcji stalowej wewnątrz obiektu. Zadaniem tej konstrukcji jest utrzymanie spójności muru w czasie prostowania. Istniejąca płyta grubości 60 cm i szerokości do 2,65 m zapewni odpowiednią sztywność w czasie prostowania. Wykonanie żelbetowych ścian wewnątrz budynku po wyprostowaniu zapewni wzrost jego odporności na oddziaływanie pionowej krzywizny terenu górniczego.

**Abstract:** In the historical building of a neo-Gothic church, number of mining-induced damage occurred. However, the essential damage come from its deviation which was decided to eliminate by straightening the whole building. Due to the lack of inner walls, the building of the church is characterized by low stiffness. In this case, apart from ensuring safety while transferring loads from servo-motors on the building, it should be strengthened by increasing the stiffness of the building as a whole. Three scenarios of strengthening were analyzed which allowed to move away from standard solutions, ensured a broader view on the issue and enabled a selection of the most beneficial procedures. In the building of the neo-Gothic church, founded in 1898, the extension of the existing reinforcement of a 60 cm ferroconcrete slab outside the church, was considered the most beneficial solution. The extension consists in mounting a steel structure inside the building. The structure is to maintain the wall cohesion during straightening. The existing ferroconcrete slab of 60 cm thick and up to 2,65 m wide may ensure the proper stiffness during straightening. Mounting of a ferroconcrete walls inside the building after straightening will increase its resistance to the influence of vertical curvature of the mining area.

#### Słowa kluczowe:

wychylone budynki, prostowanie budynków, wzmocnienie budynków zabytkowych

#### Key words:

deflected buildings, rectification of buildings, strengthening of historic buildings

## 1. Wprowadzenie

W zabytkowym budynku neogotyckiego kościoła wystąpiły liczne uszkodzenia wywołane eksploatacją górniczą, w tym wychylenie. Planowane jest wyprostowanie obiektu, przez nierównomierne podnoszenie [1]. W artykule przedstawiono przyjętą koncepcję wzmocnienia obiektu w poziomie oparcia ceglanych sklepień na murach oraz przeanalizowano trzy koncepcje zabezpieczenia ścian budynku w związku z projektowanym prostowaniem obiektu.

## 2. Opis budynku kościoła

Pochodzący z 1898 roku neogotycki budynek kościoła cechuje się zwartym rzutem, który można wpisać w prostokąt o długości boków 20,31 m i 13,56 m. W skład częściowo podpiwniczonego obiektu wchodzi: nawa główna, nawa boczna, wieża, prezbiterium, zakrystia, zaplecze przy zakrystii, pomieszczenia piwniczne oraz chór. Dłuższy bok budynku pokrywa się w przybliżeniu z kierunkiem wschód – zachód.

Ściany części nadziemnej grubości 0,64 m, murowane z cegły pełnej na zaprawie wapiennej, są wzmocnione pilastrami o przekroju  $0,81 \times 0,55$  m znajdującymi się

<sup>\*)</sup> MPL Katowice, Politechnika Śląska

w rozstawie około 5 m. Podstawa kamiennych ścian fundamentowych znajduje się 3,45 m poniżej poziomu terenu (rys. 1). Dwukrzyżowe sklepienia nad nawami są murywane z cegły dziurawki i wzmocnione żebrami murowanymi z cegły pełnej. Konstrukcję dachu stanowi drewniana więźba w układzie płatiwiowo-jętkowym pokryta blachą na deskowaniu pełnym.

Wysokość nawy głównej od poziomu posadzki do zwieńczenia sklepienia wynosi 10,25 m, a kalenica nad nawą główną przebiega 15,75 m powyżej terenu (rys. 1). Wysokość wieży znajdującej się w północno-zachodniej części budynku wynosi około 29,70 m (rys. 2, rys. 3a). Od 1987 r. kościół jest objęty nadzorem konserwatora zabytków.

### 2.1. Uszkodzenia budynku

W budynku występują liczne, poważne uszkodzenia elementów konstrukcyjnych, do których zalicza się pęknięcia szerokości do 15 mm sklepień i ścian oraz wychylenie obiektu w kierunku południowym. Wychylenia poszczególnych elementów budynku (ściany naw, wieża, posadzka) są różne i podlega ciągłym zmianom ze względu na ujawnianie się obniżen terenu górniczego. Pomierzone maksymalne wychylenie ścian wynosi 35 mm/m.

Obiekt, ze względu na występowanie uszkodzeń, jest wyłączony z eksploatacji przez organy nadzoru budowlanego.

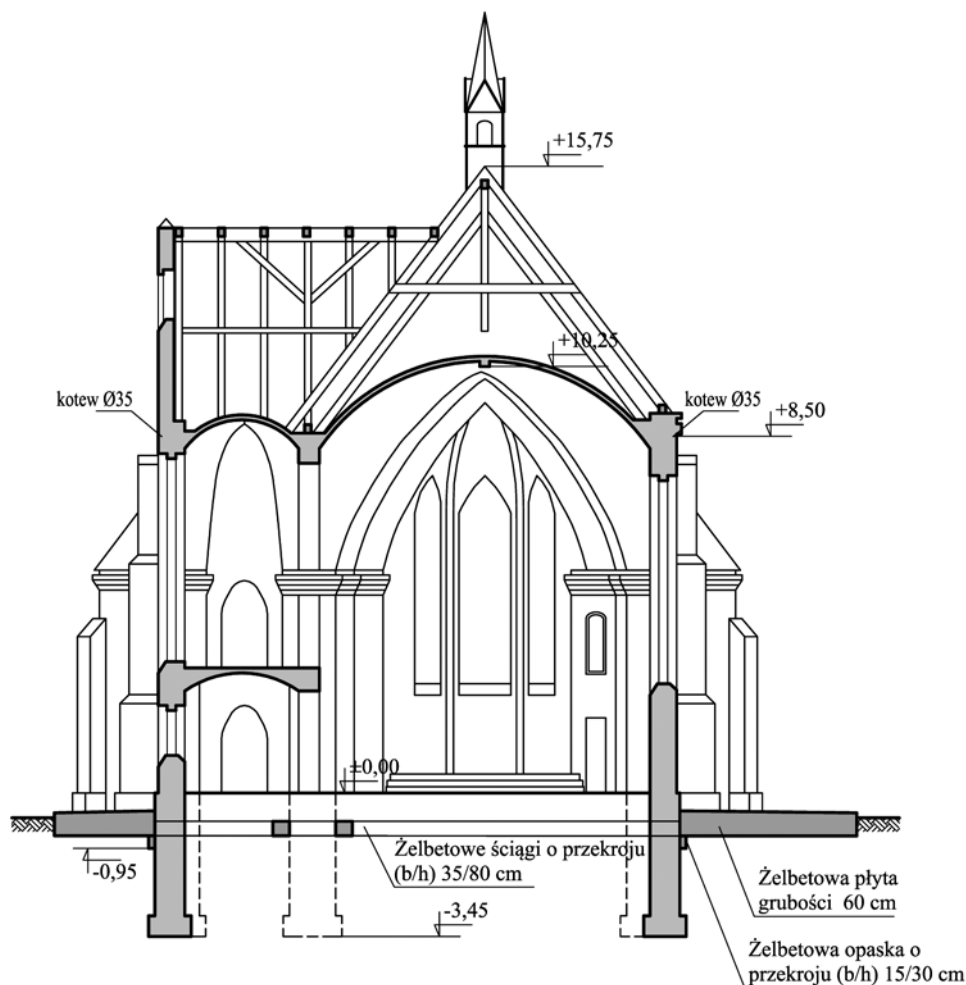
### 2.2. Istniejące wzmocnienia budynku

Budynek kościoła był zabezpieczany przed wpływami eksploatacji górniczej. Pierwsze wzmocnienie pochodzi z początku lat 60. XX w. i stanowi je żelbetowa opaska i stalowe kotwy (rys. 1, rys. 2). Żelbetowa opaska przebiegająca wokół budynku 0,95 m poniżej poziomu terenu cechuje się przekrojem (b/h) 0,15 m/0,30 m, a jej zbrojenie stanowi 8 prętów średnicy 20 mm (rys. 3b). Stalowe kotwy średnicy 35 mm poprowadzone zostały w poziomie zwieńczenia ścian - 8,5 m nad poziomem terenu.

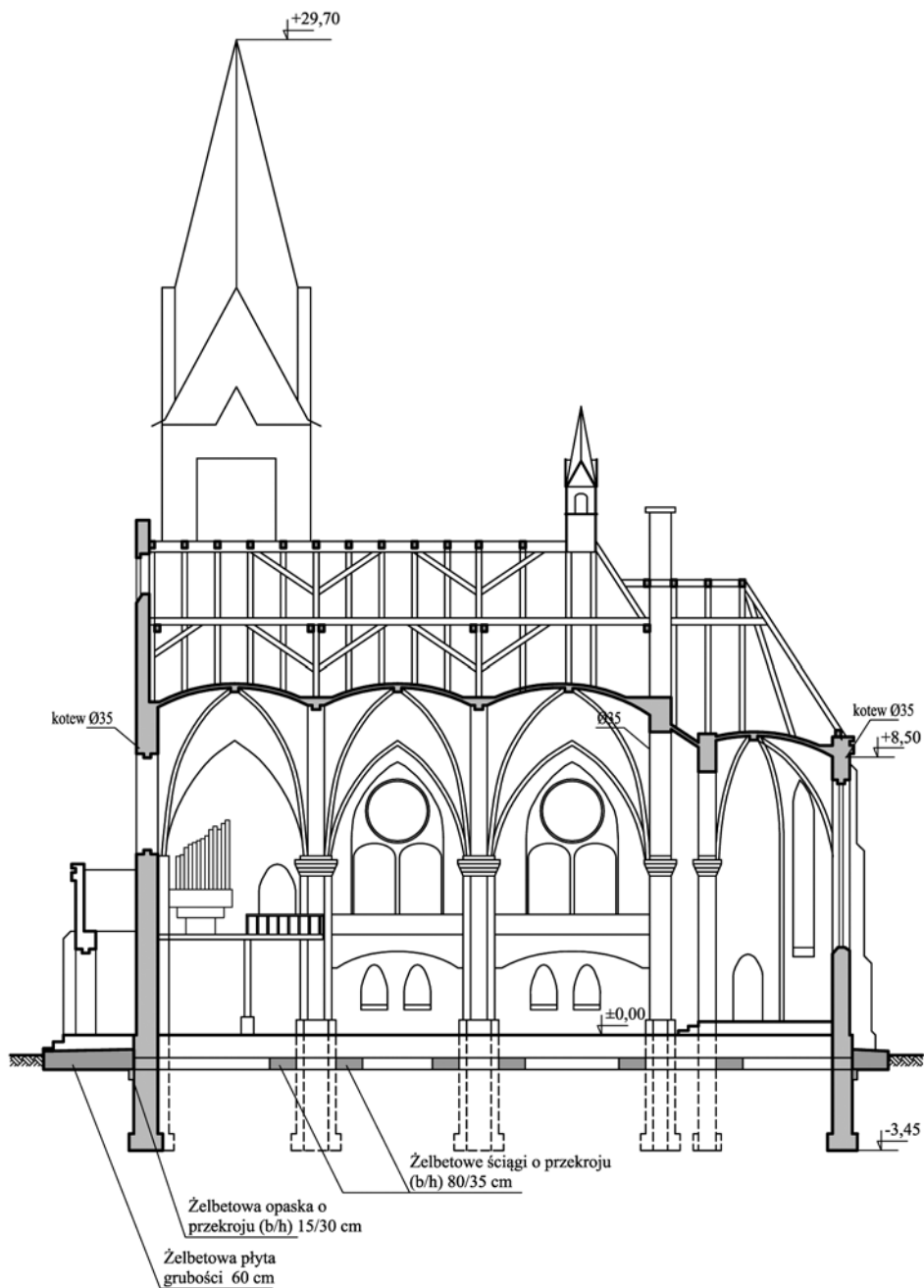
W skład drugiego wzmocnienia pochodzącego z lat 80. XX w. wchodzi żelbetowa płyta znajdująca się na zewnątrz budynku w poziomie terenu i ściągi biegnące wewnątrz budynku pod posadzką.

Grubość żelbetowej płyty wynosi 60 cm, a jej szerokość jest zmienna i wynosi od 1,16 m do 2,73 m. Główne zbrojenie płyty usytuowane jest przy zewnętrznej krawędzi i stanowi je zbrojenie podłużne, składające się z 10 prętów średnicy 20 mm i 4 prętów średnicy 32 mm (rys. 3b) oraz zbrojenie poprzeczne w postaci czterociętych strzemion średnicy 10 mm w rozstawie 50 cm. Ponadto płyta jest zbrojona górą i dołem ortogonalną siatką z prętów średnicy 10 mm.

Żelbetowe ściągi o przekroju (b/h) 80/35 cm biegnące pod posadzką piwnic są zbrojone dziesięcioma prętami średnicy 20 mm (rys. 3b) i strzemionami średnicy 10 mm w rozstawie 40 cm.



Rys. 1. Przekrój poprzeczny przez budynek kościoła  
Fig. 1. Cross-section of the church



Rys. 2. Przekrój podłużny przez budynek kościoła  
 Fig. 2. Longitudinal section through the church

a)



b)



Rys. 3. Budynek zabytkowego kościoła a) widok ogólny, b) odsłonięte zbrojenie żelbetowej opaski (8Ø20), żelbetowej płyty (10Ø20 + 4Ø32) i ściągów zakotwionych w płycie (10Ø20)

Fig. 3. Building of the historic church a) general view, b) exposed reinforcement of the concrete band (8Ø20), concrete slab (10Ø20 + 4Ø32) and tie-beams anchored in the slab (10Ø20)

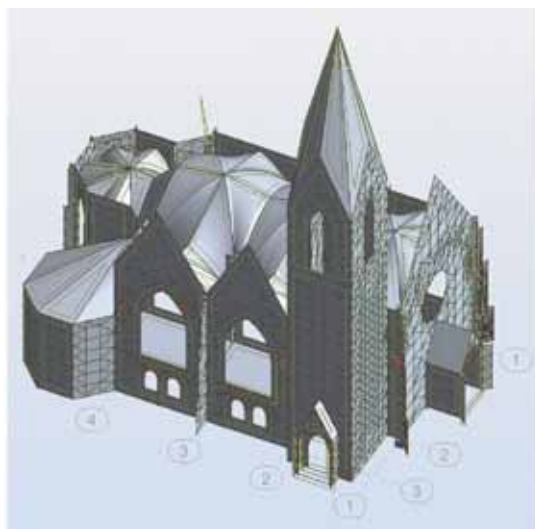
### 3. Wzmocnienie w poziomie oparcia sklepień na murze

Przyjęto technologię prostowania budynku przez podnoszenie. Jak powszechnie wiadomo [1], polega ona na nierównomiernym podnoszeniu całej bryły budynku za pomocą siłowników w taki sposób, aby obiekt przyjął żądane pionowe położenie. Ze względu na zabytkowy charakter budynku wszystkie prace związane z prostowaniem muszą być prowadzone poniżej poziomu terenu i posadzki, co zapewni nieingerowanie w wygląd budynku.

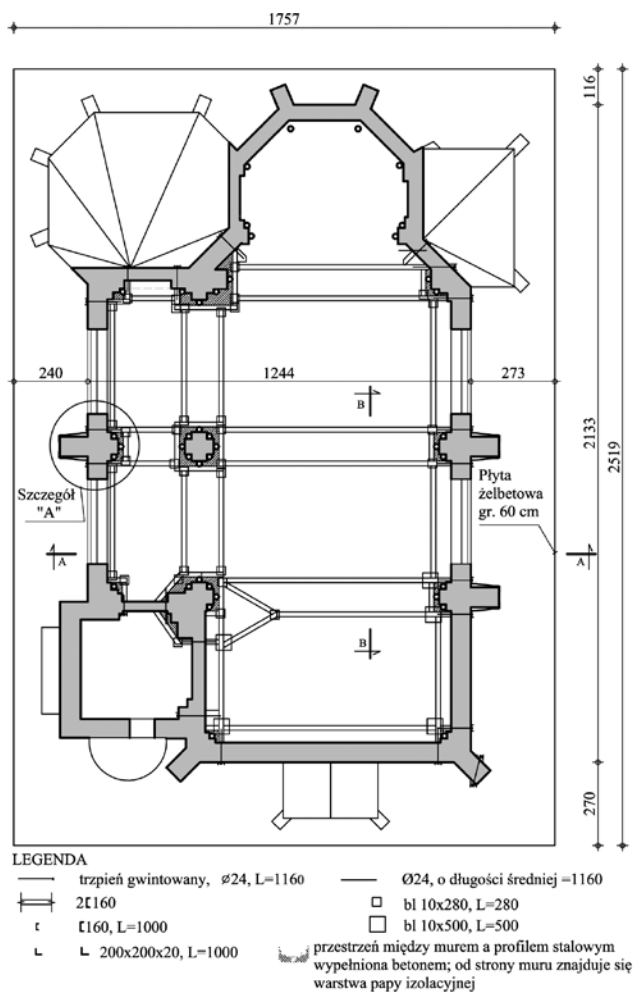
Na podstawie obliczeń statycznych modelu konstrukcji (rys. 4) ustalono, że wyprostowanie budynku wymagać będzie 43 siłowników o nośności 750 kN. Konieczne jest także zabudowanie stalowego wzmocnienia w poziomie oparcia sklepień na murze oraz wzmocnienie ścian. W dalszej części przedstawiono rozwiązanie wzmocnienia w poziomie oparcia sklepień na murze, a w kolejnym punkcie przeanalizowano trzy warianty wzmocnienia ścian.

Zasadniczymi elementami stalowego wzmocnienia w poziomie oparcia sklepień na murze są układy zespawanych ze sobą dwóch profili [ 160 (2 [ 160), które przejmą siły rozciągające oraz ściskające. Po dwa równoległe profile (2 [ 160) biegną wzdłuż trzech poprzecznych osi wyznaczonych przez przypory budynku w nawie głównej oraz w jednej osi w poprzek nawy bocznej (rys. 5). Ponadto profile (2 [ 160) poprowadzone zostały równoległe do dłuższego boku kościoła i przebiegają przez słup znajdujący się między nawą główną i boczną. Wzmocnienie (2 [ 160) przyjęto również wzdłuż ścian podłużnych budynku kościoła i wzdłuż ściany poprzecznej nawy głównej. Mocowanie profili (2 [ 160) przeprowadza się na ścianie zewnętrznej za pomocą trzpieni gwintowanych  $\phi 24$  mm w taki sposób, że jeden profil jest mocowany z wykorzystaniem dwóch trzpieni (rys. 6). Trzpień przeprowadzane są na wylot muru i mocowane są na stronie zewnętrznej przez dwie nakrętki, przy czym funkcję elementów oporowych stanowią profile [ 200. Połączenie trzpieni z profilami (2 [ 160) przyjęto przez spawanie przy długości spoiny wynoszącej 400 mm i grubości 4 mm. Połączenia między profilami (2 [ 160) zaprojektowano jako spawane z wykorzystaniem blach nakładkowych grubości 10 mm i wymiaru zależnego od kształtu połączenia.

Opisany tu sposób wzmocnienia jest stosowany w wielu budynkach sakralnych na terenie Górnego Śląska i, jak wskazują obserwacje autora, poprawnie zabezpiecza obiekty, w których występują wymuszenia kinematyczne podpór.

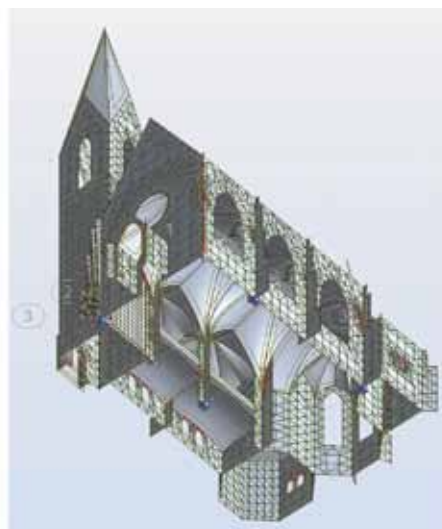


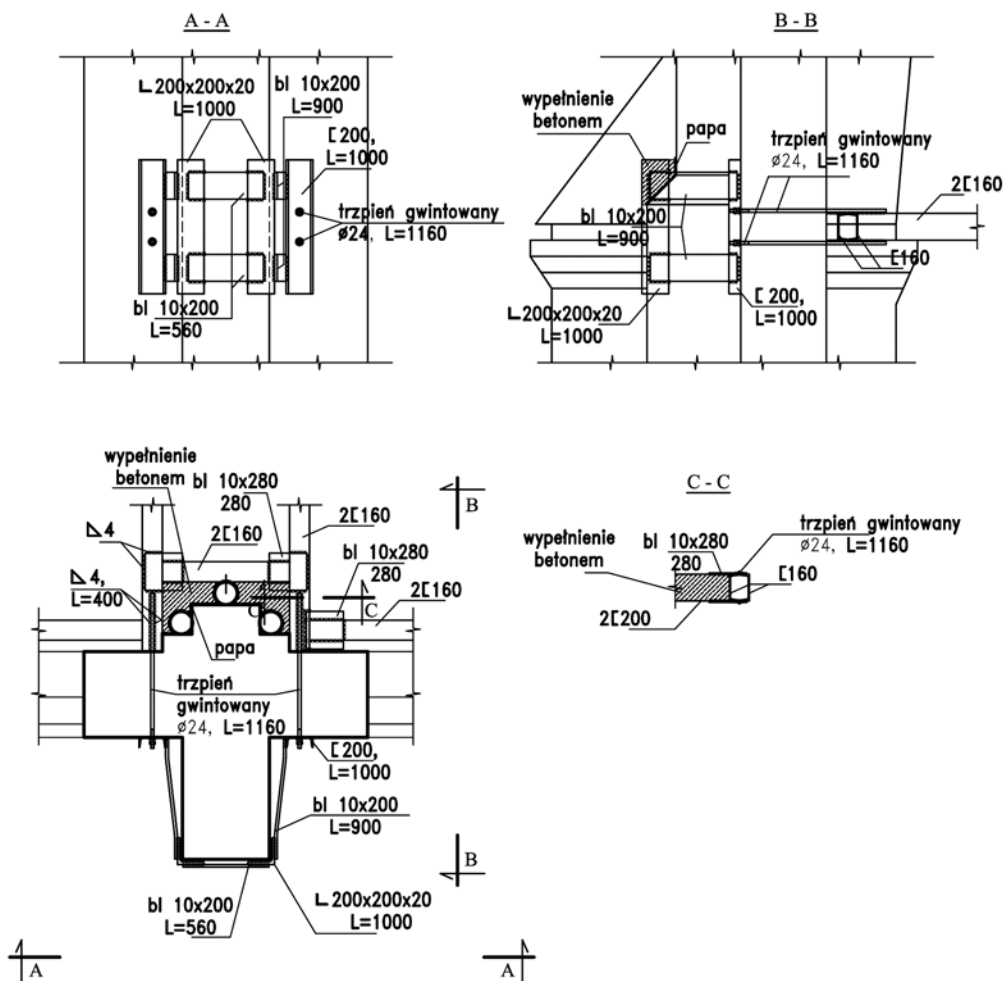
Rys. 4. Numeryczny model budynku kościoła  
Fig. 4. Numerical model of the church



Rys. 5. Szkic wzmocnienia w poziomie oparcia sklepień na murze (przekroje A-A i B-B dotyczą pierwszego wariantu wzmocnienia ścian przedstawionego na rys. 7)

Fig. 5. Strengthening in the level of supporting the rib vault (sections A-A and B-B concern the first variant of wall strengthening presented in Fig. 7)





Rys. 6. Szczegół „A” wzmocnienia w poziomie oparcia sklepień na murze  
 Fig. 6. Detail “A” of strengthening in the level of supporting the rib vault

**4. Wzmocnienie ścian**

W trakcie prostowania zmienia się schemat statyczny budynku, co wynika z faktu, że ciężar obiektu jest równoważony przez punktowe podpory w postaci siłowników. Wzmocnienie ścian ma na celu przejęcie sił wywołanych przez reakcje tych podpór. W przypadku konstrukcji murywnych wzmocnienie zabezpiecza ponadto przed wypadaniem pojedynczych cegieł z fragmentów murów znajdujących się między siłownikami. Ze względu na techniczną złożoność procesu prostowania, w przypadku neogotyckiego kościoła, rozważono trzy warianty wzmocnienia ścian.

**4.1. Wariant pierwszy**

Wariant pierwszy wzmocnienia ścian nawiązuje do stosowanego powszechnie rozwiązania polegającego na zabudowie nad poziomem rozzerwania budynku układu profili walcowanych biegnących z dwóch stron ścian [1].

W wariantcie tym siłowniki są zabudowane w ścianach fundamentowych 1,52 m poniżej poziomu terenu (2,12 m poniżej poziomu posadzki – rys. 7).

**4.1.1. Opis wzmocnienia**

W wariantcie pierwszym przyjęto, że ściany fundamentowe zostaną wzmocnione powyżej poziomu zabudowy siłowników oraz poniżej tego poziomu.

Wariant zakłada, że powyżej poziomu siłowników zabudowana zostanie stalowa konstrukcja wzmacniająca biegnąca z dwóch stron każdej ściany oraz połączony z nią układ zastrzałów i stężeń. Konstrukcja wzmacniająca w opisywanym wariantcie przyjmuje formę kratownicy wysokości 1,40 m składającej się z pasów dolnego i górnego (profile [ 200] mocowanych do ścian za pomocą prętów średnicy 25 mm w rozstawie 300 mm oraz skratowania (profile [ 160]), co przedstawiano na widoku B-B z rysunku 7. Siła z siłowników będzie przekazywana na stalową konstrukcję wzmacniającą ściany w węzłach. Wejście do budynku, schody oraz przypory zostaną przykotwione do stalowego wzmocnienia ścian. Prostopadle do stalowej konstrukcji wzmacniającej ściany, w omawianym wariantcie, będą biegly stężenia poprzeczne przyjmujące również formę kratownicy wysokości 140 cm (przekrój A-A z rys 7). Rolą tych elementów jest równoważenie sił przekazywanych przez elementy przykotwione do konstrukcji wzmacniającej oraz zmniejszenie długości wyoboczeniowej pasów stalowego wzmocnienia ścian. Ponadto stężenia poprzeczne, włącznie ze stalowym wzmocnieniem ścian i stężeniem podłużnym (stężenie biegnące równoległe do konstrukcji wzmacniającej – przekrój A-A z rys. 7) zapewnią niezbędną sztywność podnoszonej części budynku.

W opisywanym wariantcie zakłada się, że pod siłownikami, 2,02 m poniżej poziomu terenu (poziom -2,62 m), zabudowane zostanie wzmocnienie ścian w postaci żelbetowych ław. Z dwóch stron wszystkich ścian zostaną wykonane żelbetowe

elementy o przekroju kwadratowym długości boku 50 cm. W miejscu zabudowy siłowników ławy te zostaną ze sobą połączone, w taki sposób, że połączenie to będzie stanowić podstawę dla siłownika. W przedstawianej koncepcji przyjęto, że połączenie to będzie stanowić układ wykonany z trzech profili (3 [ 200 - przekrój A-A rys. 7). Konieczność wykonania żelbetowych ław w omawianym wariantcie wynika z małej, wynoszącej około 0,8 m, wysokości kamiennej ściany pod siłownikami.

#### 4.1.2. Analiza wzmocnienia

Realizacja zakresu prac przedstawionego w wariantcie pierwszym wymaga uprzedniej rozbiórki istniejącego wzmocnienia w postaci żelbetowej płyty wokół budynku i żelbetowych ściągów. Po wyprostowaniu budynku stalowa konstrukcja zostałaby rozebrana, a obiekt pozostałby praktycznie niezabezpieczony na wpływy przyszłych eksploatacji górniczych. Powyższe przemawia na niekorzyść wariantu pierwszego.

#### 4.2. Wariant drugi

W wariantcie drugim, podobnie jak w wariantcie pierwszym, zakłada się rozbiórkę istniejących wzmocnień. Jednocześnie przyjęto wykonanie żelbetowego wzmocnienia ścian fundamentowych i stropu wewnątrz budynku w poziomie posadzek.

Elementy te po wyprostowaniu budynku nie byłyby rozebrane i zapewniałyby odporność obiektu na prognozowane wpływy eksploatacji górniczej.

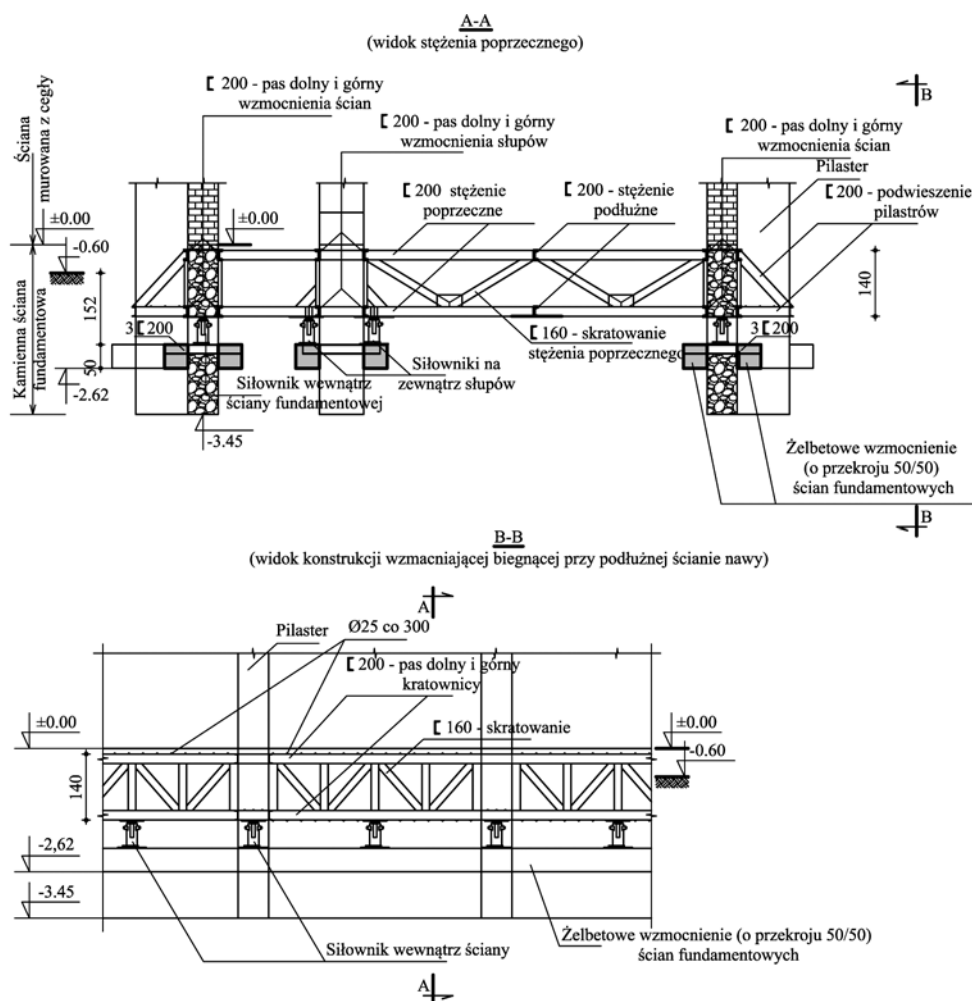
#### 4.2.1. Opis wzmocnienia

W omawianym wariantcie, siłowniki (43 sztuki), zostaną zabudowane w ścianach fundamentowych 2,45 m pod poziomem posadзки (około 1,85 m poniżej poziomu terenu).

Powyżej poziomu zabudowy siłowników wykonane zostaną wzmocnienia w postaci żelbetowych ścian o szerokości 0,35 m i wysokości od 1,95 m do 2,45 m biegnące z dwóch stron każdej ze ścian (rys. 8). Wzmocnienia zostaną połączone wykonanymi pod poziomem posadzek żelbetowymi ścianami (ściany o szerokości 0,35 m i wysokości od 2,05 m do 2,45 m) pełniącymi rolę ściągów i oparcia stropu żelbetowego wewnątrz budynku (rys. 9). W opisywanym wariantcie, po wyprostowaniu obiektu, funkcję usuniętej żelbetowej płyty znajdującej się na zewnątrz obiektu przejmie nowy strop wykonany wewnątrz.

Pod siłownikami zostaną wykonane żelbetowe poszerzenia kamiennych ścian fundamentowych (rys. 9). Rolą tych poszerzeń jest przekazanie obciążeń z siłowników na grunt.

Ze względu na fakt, że budynek kościoła podlegał znacznym odkształceniom w przeszłości przyjęto, że rozbiórka płyty znajdującej się na zewnątrz budynku może być prowadzona po uprzednim wykonaniu żelbetowych ścian wewnątrz budynku.



Rys. 7. Wzmocnienie ścian konstrukcją stalową (wariant pierwszy wzmocnienia. Położenie przekrojów A-A i B-B przedstawiono na rys. 5)

Fig. 7. Strengthening of the walls using steel structure (first variant of strengthening. Cross sections A-A and B-B are presented on Fig. 5)



#### 4.2.2. Analiza wzmocnienia

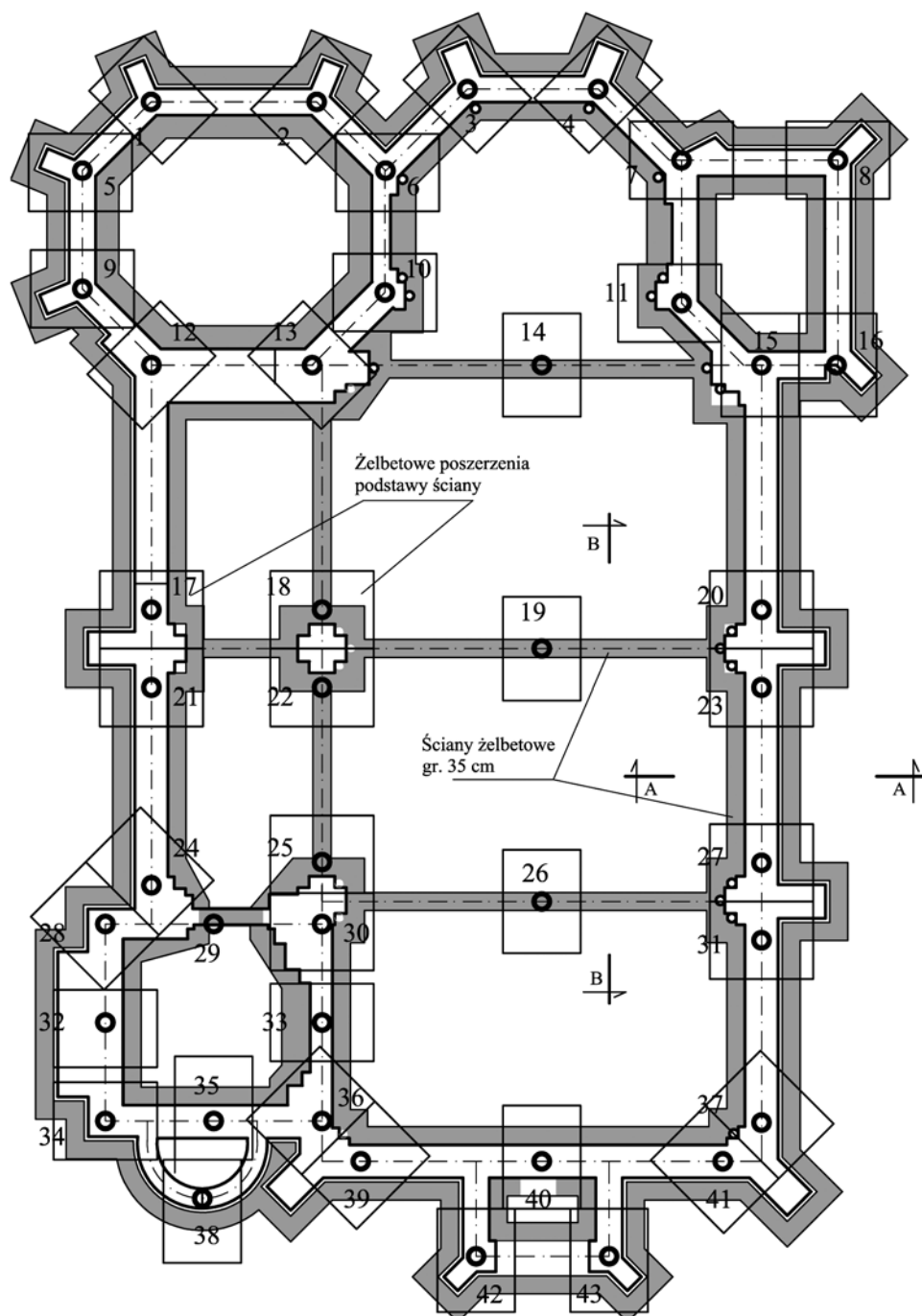
Wariant drugi przewiduje rozebranie istniejącej płyty na zewnątrz budynku i wykonanie nowego żelbetowego stropu wewnątrz. Ponadto murowane ściany fundamentowe zostaną wzmocnione ścianami żelbetowymi. W opisywanym wariancie elementy tenie zostaną rozebrane po wyprostowaniu. Za przenoszenie odkształceń poziomych terenu górniczego, po wyprostowaniu, odpowiadać będzie nowo wykonany żelbetowy strop, a siły wywołane krzywizną będą przejmowały żelbetowe ściany biegnące z dwóch stron ścian fundamentowych. Rozwiązanie to jest korzystne w szczególności ze względu na zwiększenie odporności budynku na oddziaływanie krzy-

wizny pionowej terenu górniczego. Ten parametr wywoływał dotychczas najwięcej uszkodzeń w murowanych sklepieniach budynku. Jednak na niekorzyść omawianego wariantu wzmocnienia przemawia znaczny zakres prac rozbiórkowych.

#### 4.3. Wariant trzeci

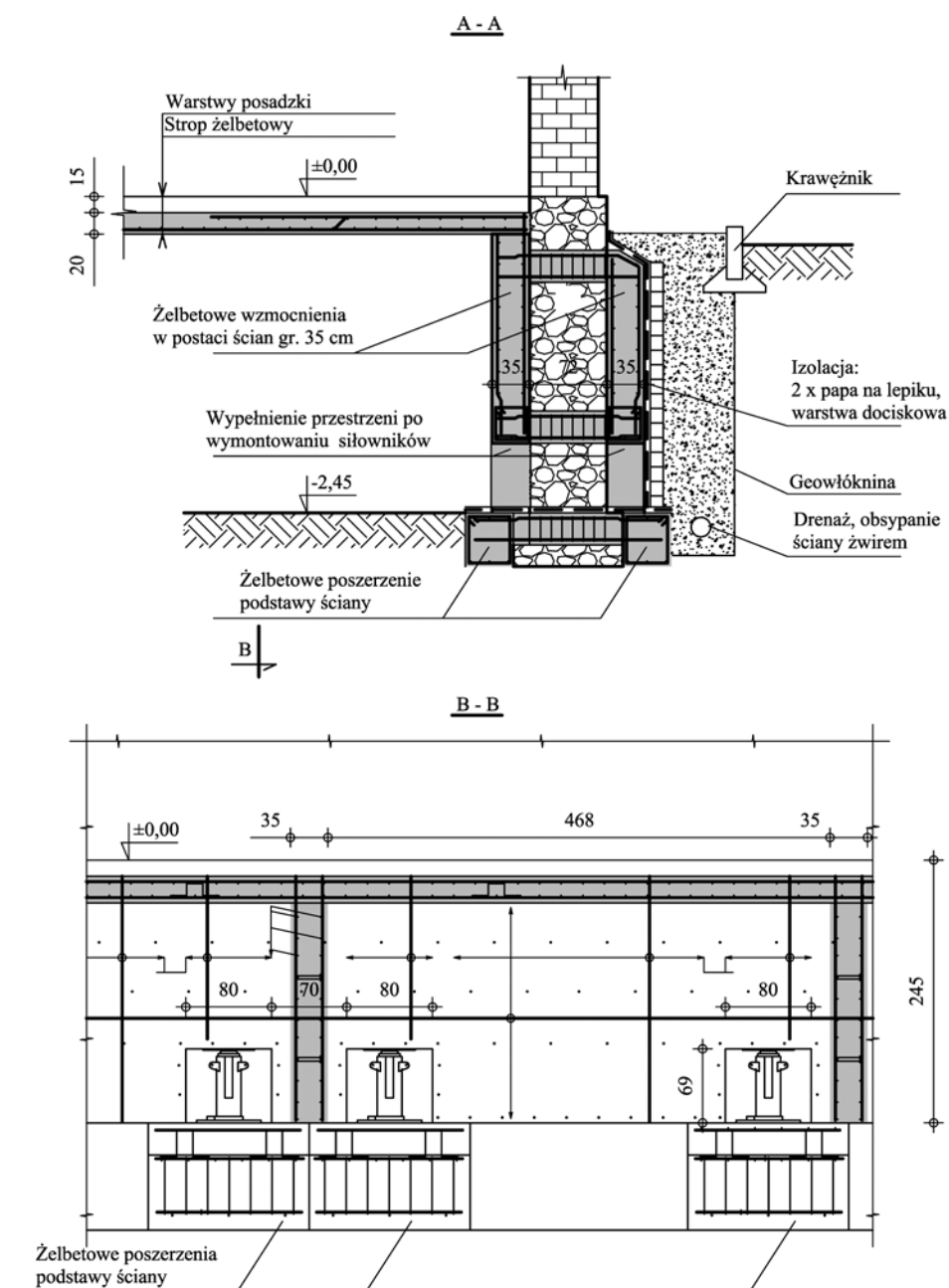
##### 4.3.1. Opis wzmocnienia

Trzecia koncepcja zakłada pozostawienie istniejących wzmocnień, to jest żelbetowej płyty grubości 0,6 m znajdującej się na zewnątrz budynku i żelbetowych ściągów wewnątrz. Na czas prostowania od wewnątrz budynku zostanie zabudowane tymczasowe stalowe wzmocnienie, wykonane



Rys. 8. Wzmocnienie ścian konstrukcją żelbetową (wariant drugi wzmocnienia ścian)

Fig. 8. Strengthening of the walls using concrete structure (second variant of strengthening)



Rys. 9. Przekroje A-A i B-B według rysunku 8  
Fig. 9. Cross sections A-A and B-B according to Fig. 8

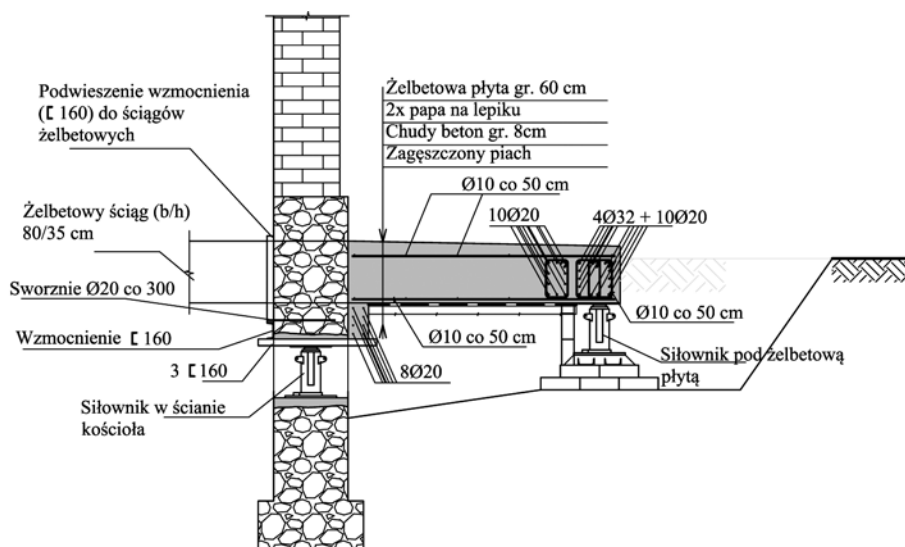
z ceownika 160 połączonego z murem za pomocą stalowych sworzni. Stalowe wzmocnienie zostanie ponadto podwieszane do żelbetowych ściągów (rys. 10). Ponadto oparciem dla stalowego wzmocnienia będą profile zabudowane pod siłownikami. Zabezpieczeniem ścian budynku kościoła od zewnątrz, przenoszącym siły wynikające ze zmiany układu statycznego obiektu, będzie istniejąca płyta żelbetowa. Po przeprowadzeniu prostowania stalowa konstrukcja wykonana wewnątrz budynku zostanie rozebrana. W jej miejsce zostaną wykonane żelbetowe ściany i strop wewnątrz budynku, analogicznie jak przewidziano to w koncepcji drugiej.

#### 4.3.2. Analiza wzmocnienia

Trzeci wariant wzmocnienia zakłada wykorzystanie istniejącej żelbetowej płyty i ściągów jako elementów prze-

noszących siły wynikające z punktowego obciążenia ścian przez siłowniki w czasie prostowania. Zabezpieczenie muru między siłownikami przed wypadaniem pojedynczych cegieł stanowić będzie konstrukcja stalowa zabudowana wewnątrz kościoła. Po wyprostowaniu zakłada się wykonanie wewnątrz budynku żelbetowych ścian, na których oparty zostanie żelbetowy strop. W konsekwencji pod budyniem powstanie przestrzeń technologiczna ułatwiająca prostowanie budynku w przyszłości. Równocześnie żelbetowe ściany znajdujące się pod podszkłą piwnic zwiększą odporność budynku na oddziaływanie krzywizn terenu górniczego. W omawianym wariancie należy jednak przewidzieć dodatkowe siłowniki pod płytą żelbetową grubości 60 cm na zewnątrz budynku (rys. 10).





**Rys. 10. Istniejąca płyta żelbetowa oraz zabudowana opaska stalowa jako wzmocnienie ścian (trzeci wariant wzmocnienia)**

**Fig. 10. Existing strengthening of the church in the form of: concrete band, concrete slab and tie-beams anchored in the slab**

Za najkorzystniejszy sposób wzmocnienia budynku uznano rozwiązanie opisane w wariantcie trzecim. Ingeruje ono w najmniejszym stopniu w istniejące wzmocnienia. Ponadto po wykonaniu żelbetowych ścian wewnątrz wzrosnie odporność budynku na oddziaływanie pionowej krzywizny terenu górniczego.

## 5. Podsumowanie

Prostowanie wychylonych z pionu budynków starych i zabytkowych jest jednym z trudniejszych zagadnień związanych z usuwaniem szkód górniczych. Jest ono wyjątkowo istotne w przypadku obiektów sakralnych, które ze względu na brak ścian wewnętrznych, cechują się małą sztywnością. W takiej sytuacji wskazane jest przeanalizowanie większej liczby wariantów wzmocnienia obiektu w związku z planowanym prostowaniem. Takie podejście do projektowania wymusza odejście od standardowych rozwiązań, zapewnia szersze spojrzenie na zagadnienie i pozwala na wybór najkorzystniejszego sposobu postępowania.

W budynku neogotyckiego kościoła pochodzącego z 1898 roku za rozwiązanie najkorzystniejsze uznano rozbudowanie istniejącego już wzmocnienia, które stanowi żelbetowa płyta grubości 60 cm znajdująca się na zewnątrz kościoła. Rozbudowa ta polega na wykonaniu dodatkowej konstrukcji stalowej wewnątrz obiektu. Zadaniem tej konstrukcji jest utrzymanie spójności muru w czasie prostowania. Istniejąca płyta grubości 60 cm i szerokości do 2,65 m zapewni odpowiednią sztywność w czasie prostowania. Wykonanie żelbetowych ścian wewnątrz budynku po wyprostowaniu zapewni wzrost jego odporności na oddziaływanie pionowej krzywizny terenu górniczego.

## Literatura

1. Gromysz K., Niemiec T.: Wybrane problemy prostowania obiektów budowlanych wychylonych z pionu. Bezpieczeństwo i Ochrona Obiektów Budowlanych na Terenach Górniczych, Ustroń Zawodzie 4-6.10.2010. Prace Naukowe GIG. Kwartalnik nr 4/1/2010 s. 43÷65.