

ZBIGNIEW JANOWSKI*

BETON MONOLITYCZNY
W RENOWACJI OBIEKTÓW ZABYTKOWYCHMONOLITHICAL CONCRETE
IN RENOVATION OF HISTORICAL OBJECTS

Streszczenie

Stosowanie betonu monolitycznego w renowacji obiektów zabytkowych jest dość powszechna praktyką w wielu krajach z uwagi na korzystne właściwości tego materiału: możliwość formowania dowolnych kształtów, relatywnie wysoką wytrzymałość, trwałość i odporność na korozję w porównaniu z innymi materiałami. Przedstawione przykłady zastosowania betonu monolitycznego do wzmocnienia, napraw i renowacji dowodzą jego przydatności dla budynków zabytkowych. Użycie betonu jest szczególnie korzystne do wzmocnienia uszkodzonych fundamentów kamiennych i murowych, a także do napraw konstrukcji ścianowych. Beton może być także zastosowany przy adaptacji budynków zabytkowych do nowych funkcji, w przypadku zwiększenia obciążeń. Często stosowanie betonu wynika także z możliwości jego modyfikacji poprzez przyjęcie stali zbrojeniowej lub materiałów kompozytowych do zbrojenia betonu.

Słowa kluczowe: beton monolityczny, obiekty zabytkowe, renowacja

Abstract

Application of monolithic reinforced concrete for renovation of historical objects is quite common in many countries due to favorable characteristic of this material: possibility to form into different shapes, relatively high strength and durability, resistance to corrosion and compatibility with traditional materials.

Presented examples of monolithic concrete application for strengthening, repair and renovation indicate its suitability for historical buildings. Monolithic concrete is particularly usable for the strengthening of damaged stone and masonry foundations as well as for repairs of wall structures. It may also be used for adaptation of historical buildings to new functions where higher loads are to be considered. Frequent application of monolithic concrete results also from the possibility to modify the concrete with reinforcing steel and different composites that are used for reinforced concrete structures.

Keywords: monolithic concrete, historical building, renovation

* Dr hab. inż. – Politechnika Krakowska

1. Wstęp

Beton zbrojony w rewaloryzacji obiektów zabytkowych stosowany jest od kilkudziesięcioleci. Pozwala to na przedłużenie żywotności obiektów zabytkowych i jednocześnie umożliwia dostosowanie ich do nowych wymagań technicznych, nie powodując utraty wartości zabytkowych obiektów. Umiejętne operowanie przestrzenią oraz przemyślana ekspozycja mogą tworzyć miejsca w obiekcie łączące przeszłość z teraźniejszością i powinny zachwycać subtelnym opracowaniem projektowym jak i detalami.

Budowle zabytkowe ulegają starzeniu się, na co może wpływać wiele czynników. Materiały w budowlach zabytkowych różnią się z uwagi na ich właściwości i mają różne okresy przydatności technicznej w obiekcie.

Program modernizacji i rewitalizacji uwzględnia zasadę, że budowla powinna być restaurowana pod względem architektonicznym i konstrukcyjnym w stylu zgodnym z czasem jej powstania oraz z materiałów zbliżonych do autentycznych w istniejącym obiekcie. W budowlach zabytkowych stosowane są głównie tradycyjne materiały, takie jak: kamień, drewno, elementy murowe najczęściej ceramiczne a ostatnio beton i stal.

Do wzmocnień i napraw wykorzystuje się ostatnio także kompozyty włókniste (FRP) o matrycach z żywic termoplastycznych, termoutwardzalnych oraz kompozyty o matrycach mineralnych (FRCM) zbrojonych włóknami węglowymi, szklanymi lub arachidowymi.

Czynniki wpływające na stan techniczny obiektów zabytkowych spowodowane są różnymi przyczynami, które mogą pochodzić ze źródeł niezależnych od użytkownika obiektu.

Obiekty zabytkowe są używane zwykle w długim okresie czasu, co powoduje, że podlegają one bardzo złożonym procesom technicznym i cywilizacyjnym oraz wyróżnia je w porównaniu z obiektami współczesnymi. Do czynników, które wywierają istotny wpływ na zachowanie się obiektów zabytkowych, wymienić można:

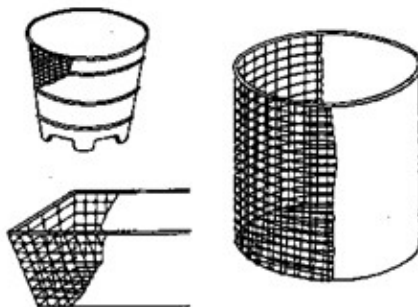
- przebudowy wynikające z adaptacji do aktualnych standardów w danej epoce historycznej,
- niekorzystne lub zmieniające się w czasie warunki gruntowo-wodne,
- rodzaj materiałów, z których wykonano mury, sklepienia, stropy, fundamenty,
- różne rodzaje zaprawy,
- stopień naturalnego zużycia materiałów, głównie w elementach konstrukcji budowli, wynikający z długotrwałej eksploatacji,
- nierównomierne odkształcenia elementów konstrukcyjnych,
- oddziaływania termiczne i wilgotnościowe,
- czynniki atmosferyczne,
- lokalne przeciążenia konstrukcji powodowane wstrząsami i drganiami (obciążenia parasejsmiczne),
- oddziaływania środowiska,
- działania powodujące zniszczenia obiektu (np. działania wojenne).

Rozwój konstrukcji monolitycznych z betonu zbrojonego prętami stalowymi zapoczątkowany w latach 60. XIX wieku poczynił ogromny postęp wynikający zarówno z rozwoju technologicznego jak i osiągnięć naukowych, związanych z metodami obliczeniowymi tych konstrukcji.

W około 140-letniej współczesnej historii konstrukcji żelbetowych można wyznaczyć kilka dat, które są znaczące w ich rozwoju:

wiek XIX:

- 1867 r. – żelbetowe doniczki, Joseph Monnier (Francja)



Rys. 1. Zbrojone doniczki J. Monnier'a

Fig. 1. J. Monnier's reinforced flowerpots

- 1871–1875 r. – pierwszy budynek wykonany w całości z żelbetu, Portchester, N. Jork

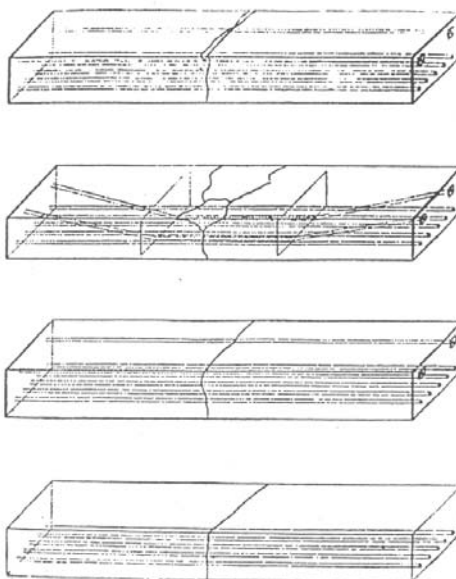


Rys. 2. Jeden z pierwszych budynków W.E. Words'a całkowicie wykonanych z betonu (Portchester koło Nowego Jorku – 1873–1876 r.) [1]

Fig. 2. One of the first W. E. Word's building constructed completely from concrete (Portchester, New York, 1873–1876) [1]

- 1892 r. – Francois Hennebique, dopasowanie przebiegu zbrojenia do trajektorii naprężeń głównych w betonie. Opublikował pierwszą książkę z teorii żelbetu.

Poznawanie cech nowego materiału początkowo opierano na badaniach laboratoryjnych, prowadzonych głównie przez osoby nie posiadające przygotowania zawodowego. Na rysunku 3 pokazano belki zbrojone prętami stalowymi, które uległy spękaniu podczas ich badania.



Rys. 3. Belki żelbetowe z widocznym zbrojeniem i pęknięciami powstałymi podczas badania ich na zginanie (1877 r.) [1]

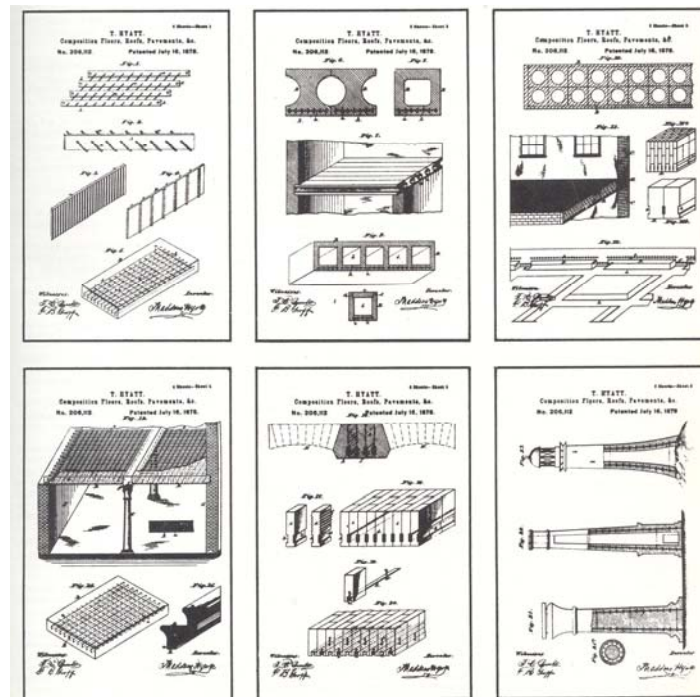
Fig. 3. RC beams with visible reinforcement and fractures due to bending tests (1877) [1]

Z uwagi na niepalność tego wówczas nowego materiału stosowano go do konstrukcji stropów oraz budowy latarni morskich. Rozwiązania te opatentował T. Hyatt w 1878 roku. Na rysunku 4 pokazano stropy z betonu zbrojonego oraz latarnie morskie.

Począwszy od XX wieku w konstrukcjach żelbetowych nastąpił znaczący rozwój w skali światowej. Beton stosowany jest obecnie na każdej szerokości i długości geograficznej świata. Z betonu wykonano najwyższe na świecie budynki i obiekty inżynierskie.

Beton monolityczny z uwagi na swoje zalety znalazł szerokie zastosowanie w rekonstrukcji obiektów zabytkowych w tych krajach gdzie one występują. Łatwość formowania betonu w dowolne kształty, wysoka wytrzymałość na ściskanie i stosunkowo wysoka wytrzymałość na rozciąganie, dobrze rozpoznana zależność naprężenie – odkształcenie tego materiału oraz cechy reologiczne przy dobrej przyczepności betonu do innych materiałów w obiektach zabytkowych pozwoliły na akceptację betonu do rekonstrukcji. Pozytywne wyniki stosowania betonu zbrojonego do rekonstrukcji obiektów zabytkowych rokują dalszy rozwój stosowania betonu.

Jednym z pierwszych, który dostrzegł możliwości wykorzystania betonu do rekonstrukcji budowli zabytkowych był Wenecjanin Carlo Scarpa (1906–1978). Na rysunku 5 przedstawiono przykłady użycia betonu do rekonstrukcji Pałacu Castelvechio.



Rys. 4. Konstrukcje stropów i latarni morskich, które opatentował Stanach Zjednoczonych T. Hyatt w roku 1878 [1]

Fig. 4. Floor and sea-lantern structures patented by T. Hyatt in USA in 1878 [1]



Rys. 5. Zastosowanie stropów żelbetowych i ścian w zabytkowym Pałacu Castelvecchio

Fig. 5. Application of RC floors and walls in historical Castelvecchio Palace

Obecnie zbrojony beton monolityczny stanowi podstawowy materiał do rekonstrukcji i modernizacji budowli zabytkowych. Stosowanie betonu do rekonstrukcji zabytków muszą poprzedzić prace diagnostyczne, które określą skalę, zakres oraz miejsce stosowania betonu, który może być akceptowany przez konserwatorów.

2. Badania diagnostyczne

Diagnostyka budowli zabytkowych dotyczy działań podobnych jak dla budowli nie objętych ochroną konserwatorską. Oprócz działań technicznych obejmują one także badania naukowe z uwzględnieniem uwarunkowań historycznych, archeologicznych, konserwatorskich.

Celem diagnostyki budowli zabytkowych jest bezpieczeństwo konstrukcji, które określa się jak przy projektowaniu nowych konstrukcji i zachowanie zabytkowych form. Badania diagnostyczne muszą poprzedzić wizje lokalne specjalistów, którzy winni stosować właściwe metody dla określenia cech odpowiednich w danej dyscyplinie naukowej. Dużą wagę w diagnostyce obiektów zabytkowych przywiązuje się do specjalistycznych badań laboratoryjnych próbek pobranych z obiektu, dotyczących materiałów i elementów konstrukcji. Informacje te niezbędne są również do określenia zakresu napraw i wzmocnień oraz analizy stanu bezpieczeństwa konstrukcji.

Diagnostyka budowli zabytkowych koncentruje się na następujących działaniach:

- pracach przygotowawczych i diagnostycznych obejmujących badania podstawowe, tak konstrukcyjne jak i architektoniczne, konserwatorskie, archeologiczne, urbanistyczne i inne,
- pracach projektowych w oparciu o wykonane prace diagnostyczne materiałów i elementów oraz konstrukcji budowli,
- pracach wykonawczych, których zakres jest określony przez architektów, konserwatorów i innych specjalistów,
- sprawozdaniu z wykonanych prac, których zakres może niekiedy odbiegać od prac przewidzianych w projekcie.

3. Fundamenty i mury piwniczne

Ważnym zagadnieniem w budowlach zabytkowych są mury piwniczne (fundamenty), które są bardzo zróżnicowane. Do wznoszenia murów piwnicznych stosowano zaprawy: gliniane, gliniano-wapienne, wapienne z różnymi dodatkami oraz cementowo-wapienne i cementowe w ławach i stopach a poniżej beton i żelbet.

Fundamenty w budowlach zabytkowych z reguły nie posiadają izolacji przeciwwilgociowych i przeciwwodnych, tak pionowych jak i poziomych [2].

Diagnostyka fundamentów polega głównie na określeniu:

- materiału użytego do fundamentów,
- poziomu posadowienia i rodzaju podłoża gruntowego,
- poziomu wód gruntowych,

- stanu zachowania części podziemnej (wypłukiwanie zapraw ze spoin oraz wypadanie elementów muru),
- korozji materiałów muru w części podziemnej,
- rys i pęknięć.

Przy wznoszeniu fundamentów murowanych stosowano zasady ich konstruowania podobnie jak dla murów dla odpowiednich rodzajów zapraw.



Rys. 6. Przykład odkopanych fundamentów w obiekcie zabytkowym z elementów ceramicznych wykonanych na zaprawie wapiennej

Fig. 6. Example of excavated foundations in historical building made of masonry elements on limestone mortar

Stosowanie betonu monolitycznego do wzmocnienia części podziemnej budowli zabytkowych jest najmniej kontrowersyjnym działaniem technicznym z punktu widzenia konserwacji zabytków. Z uwagi na niewidoczność wzmocnionego elementu czy ustroju w obiekcie zabytkowym betonem monolitycznym, najważniejsze zadanie spełnia skuteczność wzmocnienia obiektu i przystosowanie go do dalszej eksploatacji. Do każdego obiektu zabytkowego należy stosować indywidualne rozwiązanie techniczne, które pozwoli na utrzymanie autentyczności budowli z poprawieniem jego stanu technicznego i ukryciem konstrukcji wzmocniającej. Beton monolityczny z odpowiednim zbrojeniem oraz wykorzystaniem jego właściwości, aktualnie jest głównym materiałem, który może być zastosowany do wzmocnień i modernizacji podziemnych części budowli zabytkowych. Przykłady stosowania tego typu rozwiązań przedstawiono na podstawie zrealizowanych przez autora obiektów.

3.1. Wzmocnienie fundamentów zabytkowego zespołu kościelno-klasztornego OO. Franciszkanów - Reformatów w Wieliczce uszkodzonego w wyniku odkształceń podłoża gruntowego będącego wynikiem katastrofy w Kopalni Soli [3]

Kościół klasztorny jest barokowy, orientowany i ma trójprzęsłowe prezbiterium. W nawie głównej znajdują się cztery przęsła. Obecnie wewnątrz kościoła ma sklepienie kolebkowe z lunetami. Mury piwniczne (fundamenty kamienne) pod kościół zostały wykonane w 1624 r. Budowę kościoła ukończono w 1626 roku.

Kościół klasztorny, jednonawowy jest częściowo podpiwniczony. Pod prezbiterium znajdują się trzy krypty, natomiast w nawie głównej pod chórem przy drzwiach wejściowych znajduje się jedna duża krypta, na całą szerokość kościoła. Prezbiterium ma następujące wymiary: długość 16,0 m, szerokość 6,80 m.

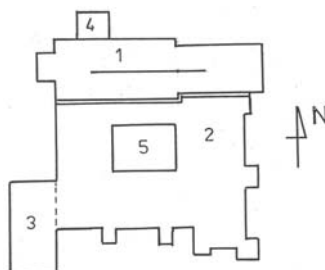
Nawa główna kościoła posiada następujące wymiary: dług. 21,40 m, szer. 10,65 m. Od strony zachodniej przy kościele znajduje się przedsionek o wym.: 4,0 x 5,0 m, natomiast od strony północnej w drugim przęśle (od strony wejścia) znajduje się współczesna kaplica o wym.: 6,5 x 6,5 m. Nad wejściem w nawie głównej znajduje się chór, którego konstrukcję nośną stanowi sklepienie ceglane.

Całkowita długość kościoła wynosi 41,0 m, a szer. nawy głównej 14,0 m. Nad prezbiterium oraz nad nawą główną wykonano sklepienie ceglane, którego grubość wynosi 30 – 35 cm. Wysokość prezbiterium od poziomu posadzki kościoła do kalenicy wynosi 16,0 m, natomiast wysokość nawy głównej 21,5 m.

Nad całym kościołem znajduje się drewniana więźba dachowa, pokryta dachówką ceramiczną.

Od strony południowej do budynku kościoła przylega klasztor, którego wymiary w rzucie poziomym parteru wynoszą 37,0 x 25,5 m. Od strony północnej klasztoru, w części centralnej znajduje się wirydarz o wym.: 14,5 x 10,0 m. Po wybudowaniu chóru w 1936 r. wirydarz został zmniejszony do wymiarów 11,20 x 10,0 m.

Budynek jest częściowo podpiwniczony. Piwnice znajdują się od strony południowo-wschodniej. Posiadają one sklepienia ceglane beczkowe. Ściany piwnic wykonane zostały z kamienia oraz cegieł układanych na zaprawie wapiennej.



Rys. 7. Zespół kościelno-klasztorny:

1. Kościół (1626 r.), 2. Klasztor (1650–1655), 3. Nowicjat (1927–1928), 4. Kaplica (1989 r.), 5. Wirydarz

Fig. 7. Church and monastery complex:

1. Church (1626), 2. Monastery (1650–1655), 3. Noviciate (1927–1928), 4. Chapel (1989), 5. Cloister

Podstawową pionową konstrukcję nośną kościoła stanowią ściany wykonane głównie z kamieni i częściowo w górnych partiach z cegły na zaprawie wapiennej. Grubość murów piwnicznych przekracza 2,0 m, natomiast szerokość pilastrów w części podziemnej wynosi około 1,50 m.

Katastrofa na poziomie IV Kopalni Soli w Wieliczce, na głębokości 170 m pod ziemią, spowodowała znaczne uszkodzenia na powierzchni terenu. Maksymalne osiadania terenu w ogrodzie klasztornym przekroczyło 2,5 m, co spowodowało znaczne uszkodzenia konstrukcji nośnej zespołu kościelno-klasztornego. Uszkodzeniom uległy wszystkie sklepienia i ściany we wszystkich pomieszczeniach obiektu. Wystąpiło także zjawisko

wypadania cegieł ze sklepień, odpadania całych fragmentów sklepień, powstawania rys w ścianach na całej ich grubości oraz powiększania się rys w ścianach. Konstrukcja ścian oraz sklepienia ceglane zespołu kościelno-klasztornego są bardzo wrażliwe na odkształcenia poziome i pionowe podłoża gruntowego. Projekt docelowego wzmocnienia zespołu kościelno-klasztornego przewidywał usztywnianie ścian murowanych w części podziemnej za pomocą tarcz ze zbrojonego betonu monolitycznego.

Obliczenia tarcz żelbetonowych kościoła przeprowadzono dla 10. przypadków położenia zapadliska w kształcie leja sufozyjnego o promieniu $R = 5,0$ m oraz zapadliska w kształcie rowu o szer. 3,4 m i dużej długości. Obliczenia budynku klasztoru przeprowadzono dla 15. przypadków położenia lejów sufozyjnych o promieniu $R = 5,0$ m oraz rowu o szer. 2,0 m.

W części nadziemnej wykonano żelbetową konstrukcję słupowo-belkową połączoną z tarczami z betonu w części podziemnej.

Wokół kościoła i klasztoru od strony zewnętrznej zaprojektowano podziemne tarcze żelbetowe o wys. do 3,50 m (wysokość ich zależy od poziomu posadowienia podeszwy ścian) i szerokości ok. 60 cm. Górny poziom tarcz sięga do poziomu terenu. Dodatkowo w kryptach kościoła i piwnicach klasztoru wykonano tarcze żelbetowe wewnętrzne, które zostały połączone z tarczami zewnętrznymi za pomocą prętów stalowych, umieszczonych w nawierconych otworach w ścianach.

Widok tarcz z betonu zbrojonego w kościele przedstawiono na rys. 8 i 9.

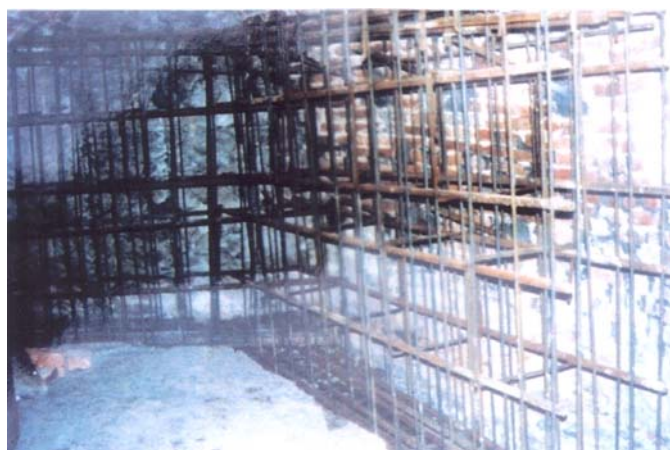


Rys. 8. Zbrojenie fundamentowej tarczy wewnętrznej przy północnej ścianie kościoła

Fig. 8. Reinforcement of internal foundation shield at the north wall of church

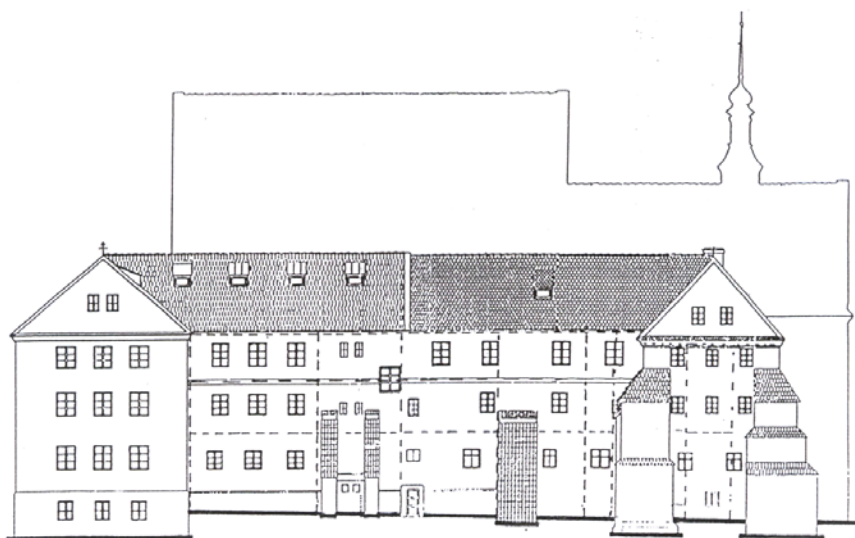
Słupy żelbetowe początkowo były zaprojektowane jako ukryte w ścianach kościoła i klasztoru. Jednak kłopoty z wykonywaniem bruzd w istniejących ścianach kamiennych wpłynęły na decyzję Wojewódzkiego Konserwatora Zabytków, który zezwolił na usytuowanie słupów i rygli żelbetowych sprężonych na zewnątrz obiektu.

Generalne założenie konstruktorskie polegało na tym, aby cała konstrukcja wzmacniająca została ukryta i nie była widoczna. To założenie legło u podstaw projektowania konstrukcji wzmacniającej. Zaprojektowanie wzmocnienia spowodowało, że ruch obiektów składowych, tj. klasztoru i kościoła następuje oddzielnie jak dla brył sztywnych a lokalne różnice osiadań są przenoszone przez wprowadzoną sztywną obudowę obiektu. Dotyczy to przewidywanej sytuacji osiadań typu statycznego, a także tylko ograniczonych efektów wpływów dynamicznych, których charakter nie jest możliwy szczegółowo do ustalenia.



Rys. 9. Zbrojenie tarcz wzmacniających wewnętrzne ściany krypt klasztornych
 Fig. 9. Reinforcement of shields strengthening the inner monastery crypt wall

Wprowadzona z betonu monolitycznego konstrukcja wzmacniająca mury piwniczne i nadbudowę wraz ze stalowymi ściągi sklepienia kościoła spełniły ustalenia konserwatorskie dla obiektu zabytkowego.



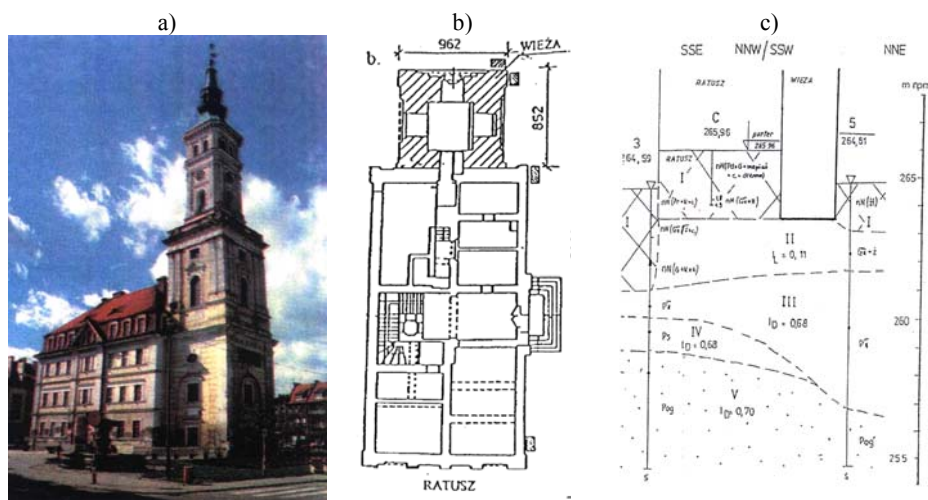
Rys. 10. Schemat rozmieszczenia słupów i rygli sprężonych żelbetowych w ścianie południowej
 Fig. 10. Arrangement system of columns and prestressed beams in the south wall



Rys. 11. Elewacja południowo-wschodnia z widocznymi ryglami i słupami wzmacniającymi klasztor
 Fig. 11. South-east elevation with visible beams and columns strengthening the monastery

3.2. Wzmocnienie fundamentów wieży ratuszowej

Przykład wzmocnienia fundamentów wieży ratuszowej o wysokości około 65 m, która uległa spękaniu na całej wysokości z trzech stron. Fundamenty wieży wykonane były z kamienia na zaprawie wapiennej. Wieża posadowiona około 1,90 m poniżej terenu. Wzmocnienie fundamentów wieży ratuszowej polegało na wykonaniu na jedynej odsadce opaski żelbetowej z trzech stron i przepuszczeniu zbrojenia do belki za ścianą ratuszową, gdzie wykonano czwartą belkę zamykającą. Opaska żelbetowa posiadała przekrój poprz. 60 x 70 cm. Zbrojenie opaski stanowiło 16 prętów $\phi 20$ mm. Dla zmonolityzowania opaski żelbetowej z wieżą wykonano kotwy z prętów stalowych zakotwionych w fundamencie. Szczegóły przedstawiono na rys. 12 i 13.

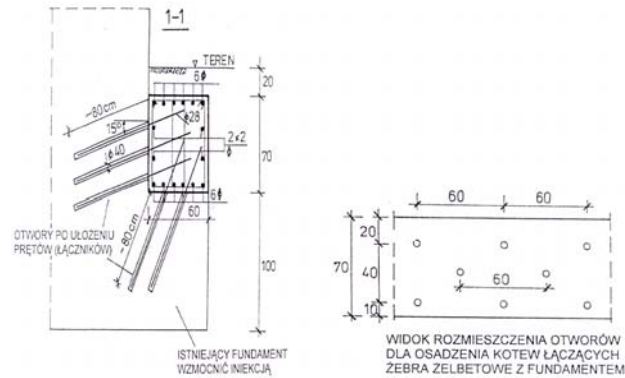


Rys. 12. Wieża ratuszowa:

a) widok, b) usytuowanie wieży przy budynku ratusza, c) przekrój geologiczny i usytuowanie wieży

Fig. 12. Town hall tower:

a) general view, b) location of tower at the town hall building, c) geological cross-section and tower situation



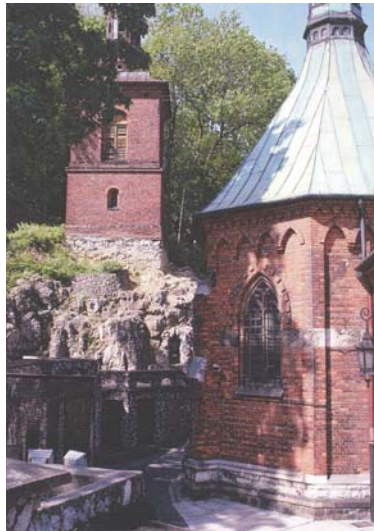
Rys. 13. Opaska żelbetowa fundamentu kamiennego wieży ratuszowej

Fig. 13. RC strengthening strap for stone foundation of town hall tower

3.3. Wzmocnienie fundamentu kamiennego dzwonnicy kościelnej

Zabytkowa wieża kościelna dzwonnicy po około 150. letniej eksploatacji uległa awarii grożącej zawaleniem w wyniku uszkodzenia fundamentu wykonanego z kamienia wapiennego na zaprawie wapiennej. Wypadanie kamieni z fundamentu na górnej powierzchni spowodowało konieczność wyłączenia z eksploatacji dzwonnicy i konieczność wykonania wzmocnień fundamentów.

Na rysunku 14 pokazano wieżę dzwonnicy a na rys. 15 widoczne są wypadające kamienie z fundamentu, co doprowadziło do uszkodzeń dzwonnicy (spękanie ścian ceglanych).



Rys. 14. Widok fundamentu kamiennego (wapienia) na zaprawie wapiennej

Fig. 14. View of stone foundation (limestone) on limestone mortar



Rys. 15. Widok wypadających kamieni z fundamentu i pęknięcia muru ceglanego dzwonnicy

Fig. 15. Stones falling off from foundation and cracks on masonry wall of bell tower

Wzmocnienie fundamentu polegało na wykonaniu opaski żelbetowej wokół fundamentu w celu scalenia kamieni.

3.4. Przykład podbicia istniejących murów piwnicznych (fundamentów) z uwagi na potrzebę zwiększenia wysokości piwnic

Na rysunku 16 przedstawiono wykonanie podbicia murów piwnicznych o około 1,50 m z zastosowaniem betonu monolitycznego w zabytkowym obiekcie, którego kształt pomieszczeń piwnic dostosowano do nowej funkcji. Na rysunku widoczna jest nowa izolacja pozioma i pionowa na części podbicia.



Rys. 16. Widok podbicia (około 1,5 m) muru piwnicznego budynku zabytkowego (widok muru piwnicznego budynku zabytkowego)

Fig. 16. View of stamp (about 1,5 m) for basement wall of historical building

3.5. Ściany w budynkach zabytkowych wzmocniane betonem

Wzmocnianie ścian i pilastrów murowanych z takich materiałów jak kamień lub elementy ceramiczne można wykonywać z betonu monolitycznego zbrojonego stalą prętową lub kompozytami włóknistymi. Beton monolityczny również ma zastosowanie do wznoszenia nowych konstrukcji ściennych, które mogą wynikać z różnych rozwiązań konstrukcyjnych w budownictwie zabytkowym. Beton konstrukcyjny monolityczny ma tę zaletę, że można regulować jego wytrzymałość oraz częściowo jego odkształcalność zbliżoną do odkształcalności konstrukcji murowej. Stosowanie betonu do wzmocnień czy rekonstrukcji ścian ułatwia połączenie go z ewentualną nową konstrukcją betonową stropów. Określenie odkształcalności starych murów i dopasowanie do nich odpowiedniej odkształcalności betonu oraz jego wytrzymałości jest zagadnieniem bardzo trudnym.

Przykłady wykorzystania betonu zbrojonego prętami stalowymi w renowacji i rekonstrukcji ścian w budynkach zabytkowych przedstawiono na zrealizowanych przykładach.

Nowy pogląd na stosowanie betonowych konstrukcji obiektów inżynierskich przedstawił Santiago Calatrava. Zastąpił on klasyczne konstrukcje ramowe, w których występowały rygle i słupy – „rzeźbą” z konstrukcji żelbetowych. Stosował ją niemal we wszystkich swoich konstrukcjach inżynierskich. Przykładem takiej konstrukcji jest dworzec w Lizbonie.



Rys. 17. Konstrukcja z betonu monolitycznego dworca w Lizbonie – projektant S. Calatrava

Fig. 17. Concrete structure of railway station in Lisbon – design by S. Calatrava

S. Calatrava stosuje beton monolityczny kształtując go w formy daleko odbiegające od tradycyjnych układów. Oprócz powszechnie znanych projektów jak dworzec w okolicy Lyonu, Calatrava działa również w konserwacji zabytków, czego przykładem jest stadion olimpijski w Atenach.

Poniżej przedstawiono zastosowanie betonu monolitycznego do rekonstrukcji obiektów zabytkowych w Polsce. Na rysunku 18 przedstawiono wzmocnienie ściany murowanej słupem żelbetowym dla przeniesienia obciążeń z kładki komunikacyjnej o rozp. ok. 9,0 m.



Rys. 18. Zastosowanie słupów żelbetowych do przejścia obciążeń ze stropów żelbetowych w modernizowanym budynku zabytkowym

Fig. 18. Application of RC columns for transferring loads from RC floors in modernized historical building



Rys. 19. Wzmocnienie ścian ceglanych pilastrami ceglany oraz przygotowanie słupów żelbetowych do oparcia stropów żelbetowych w obiekcie zabytkowym

Fig. 19. Strengthening of masonry walls with pilaster and preparation of RC columns for supporting RC floors in historical building

Zastosowanie ściany żelbetowej monolitycznej dla usztywnienia przestrzennego modernizowanego budynku zabytkowego przedstawia rys. 20.



Rys. 20. Ściana żelbetowa usztywniająca zabytkową konstrukcję ścienną, która jednocześnie pełni funkcję nośną dla szybu windowego

Fig. 20. RC wall stiffening historical wall structure and simultaneously playing a carrying role for lift shaft

Przykład zastosowania słupów ukośnych podpierających balkony i stropy żelbetowe w modernizowanym budynku zabytkowym. Stosowanie ukośnych słupów wynika z rozwiązań statycznych stropów i pomostów komunikacyjnych.

Przykłady zastosowania wielokondygnacyjnej monolitycznej konstrukcji z betonu podtrzymującej pomosty komunikacyjne oraz stalową przeszkloną konstrukcję dachową nad patiem w obiekcie zabytkowym. W obiekcie tym występują ustroje konstrukcyjne wykonane z elementów murowych (cegła ceramiczna), monolityczny beton konstrukcyjny, wiązary stalowe oraz stropy szklane. Zastosowanie tak zróżnicowanego pod względem stosowanych materiałów rozwiązania konstrukcyjnego wymaga doboru odpowiednich schematów statycznych z uwagi na różne moduły sprężystości i różną odkształcalność materiałów stosowanych do tak skomplikowanej konstrukcji.



Rys. 21. Zastosowanie słupów pochyłych w modernizacji budynku zabytkowego – słupy podtrzymujące pomosty komunikacyjne w wielokondygnacyjnym budynku murowanym

Fig. 21. Application of skewed columns in modernized historical building – columns supporting communication platforms in multi-storey masonry building



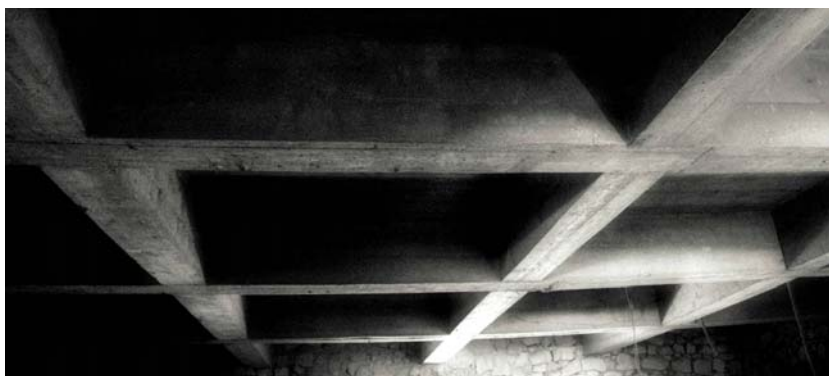
Rys. 22. Zastosowanie betonu monolitycznego do rozwiązań konstrukcyjnych w zabytkowym budynku murowanym, w którym występuje również szkło oraz stal

Fig. 22. Monolithic concrete for structural solutions in historical masonry building with glass and steel elements present

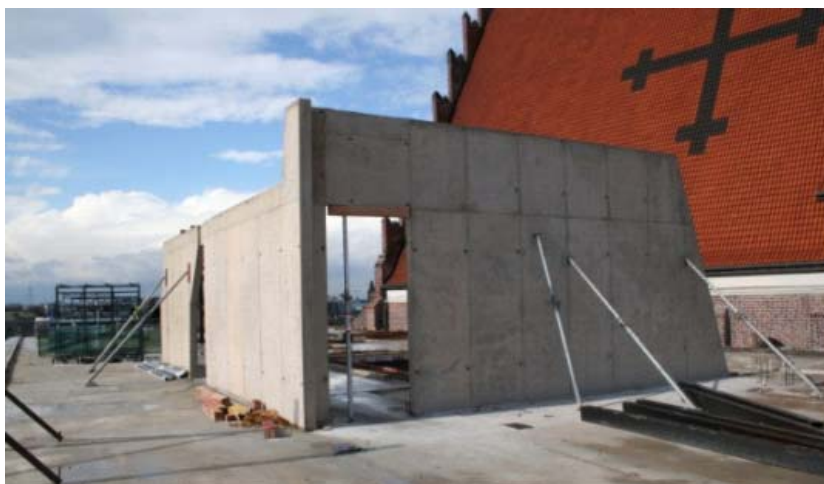
Przykłady stosowania w obiektach zabytkowych ścian z betonu monolitycznego, które mogą występować w piwnicach, wewnątrz budynków jak i na dachach pokazano na rys. 23–25.



Rys. 23. Zbrojenie nowej ściany z betonu w piwnicy modernizowanego budynku zabytkowego
Fig. 23. Reinforcement for new wall made of concrete in basement of modernized building



Rys. 24. Stropy z betonu monolitycznego w rewaloryzowanym budynku zabytkowym [4]
Fig. 24. Floors from concrete in renovated historical building [4]



Rys. 25. Ściany z betonu monolitycznego na tarasie modernizowanego budynku zabytkowego

Fig. 25. Walls from monolithical concrete on the terrace of modernized historical building

4. Podsumowanie

Beton monolityczny, którego współczesne stosowanie rozpoczęto przed około 150. laty, znalazł zastosowanie do wznoszenia różnego rodzaju budowli na całym świecie. W ostatnich dziesięcioleciach odnosi się to także do renowacji budowli zabytkowych. Dialog pomiędzy tradycją a współczesnością w budownictwie prowadzi do pokazania tendencji, które przyczyniły się do realizacji założeń o różnej funkcji, formie i oprawie plastycznej stosowania betonu monolitycznego na tak szeroką skalę, wynika z możliwości formowania go w dowolne kształty. Ma to duże znaczenie przy odnowie budowli powstałych w różnych czasookresach na świecie. Jest to niezbędne dla odtworzenia dzieła zawartego w zabytkowych budowlach dawnych stuleci. Do tego celu wykorzystuje się też zaletę dobrej przyczepności betonu z materiałami, z których wykonane są budowle zabytkowe.

W pracy przedstawiono przykłady zrealizowanych przez autora renowacji zabytkowych obiektów na terenie Polski. Częstym zastosowaniem betonu monolitycznego jest wykorzystanie go w renowacji i rekonstrukcji fundamentów, ścian, stropów i innych ustrojów, zwłaszcza gdy istnieje potrzeba zwiększenia nośności obiektu lub jego nadbudowa.

Beton monolityczny używany do renowacji może być modyfikowany stałą prętową lub innymi kompozytami w celu poprawy jego cech fizycznych.

Literatura

- [1] R a a f a t A., Reinforced Concrete In Architecture, Renhold Publishing Corporation, New York.
- [2] J a n o w s k i Z., *Nośność i trwałość konstrukcji murowych w obiektach zabytkowych.*, IV Konf. N-T, Inżynieryjne problemy odnowy staromiejskich zespołów zabytkowych, Kraków 1998.
- [3] J a n o w s k i Z., *Uszkodzenia i projekt zabezpieczenia klasztoru OO. Franciszkanów-Reformatów w Wieliczce po katastrofie w Kopalni Soli*, Wiadomości Konserwatorskie Województwa Krakowskiego, nr 3, Kraków 1995.
- [4] J a n o w s k i Z., *Problemy konstrukcyjne związane z odbudową Biblioteki Tynieckiej - „Wielkiej Ruiny” w Opactwie Tynieckim*, XXIV Konferencja Naukowo-Techniczna Szczecin-Międzyzdroje 2009, s. 631-642.