

Budowa świątyni Świętej Bożej Opatrzności w Warszawie

Na podstawie rozpisane konkursu architektonicznego wybrano do realizacji projekt świątyni opracowany przez arch. *Wojciecha Szymborskiego* i arch. *Lecha Szymborskiego*.

Generalny wykonawca robót budowlano-montażowych, firma budowlana *Z. Marciniak SA* z siedzibą w Gorzowie Wielkopolskim, został wybrany przez inwestora w wyniku rozpisane-go przetargu.

Artykuł dotyczący projektu budowlanego i prac wstępnych do realizacji w terenie opublikowano w miesięczniku „Inżynieria i Budownictwo” nr 10/2002.

Dokumentacja wykonawcza¹⁾ jest dostarczana na budowę sukcesywnie, zgodnie z harmonogramem robót budowlano-montażowych.

Projektowany termin zakończenia robót stanu surowego: luty 2005 r.

Jednocześnie są prowadzone roboty budowlane związane ze wznoszeniem świątyni i domu parafialnego.

Warunki gruntowo-wodne i posadowienie

Teren budowy świątyni i obiektów towarzyszących zajmuje powierzchnię około 6 ha w dzielnicy Warszawa-Wilanów, między ulicami: *Jana III Sobieskiego* i *Franciszka Klimczaka*. W rejonie zabudowy jest on prawie płaski (rys. 1).

Przekrój geologiczny w rejonie zabudowy pokazano na rys. 2. Otwory wiertnicze wykonano do głębokości od 6,0 do 30,0 m.

Badania gruntu zostały wykonane przez:

- „Geowiercenia” *Józef Dmowski* w październiku 1999 r.,
- Zakład Badań Geotechnicznych *GEOTEST* dr inż. *Krzysztof Traczyński* w grudniu 2002 r.,
- GEOTEKO Sp. z o. o.* prof. dr hab. inż. *Wojciech Wolski* w styczniu 2003 r.

Szczegółowe badania warstw gruntu pod fundamentem świątyni wykazały, że stopień ich zagęszczenia $I_D = 0,35 \div 0,65$.

Po analizie wyników badań i charakteru budowli, inwestor podjął decyzję o wykonaniu zagęszczenia podłoża gruntowego. Roboty wykonała metodą wibroflotacji firma *KELLER Polska Sp. z o. o.* w lutym i marcu 2003 roku.

Zagęszczenie gruntu spowodowało obniżenie terenu w miejscu posadowienia budowli średnio o około 20,0 cm. Uzyskano średnią wartość stopnia zagęszczenia gruntu $I_D = 0,55 \div 0,80$.

Wykopy w obszarze posadowienia obiektu zostały odwodnione za pomocą igłofiltrów.

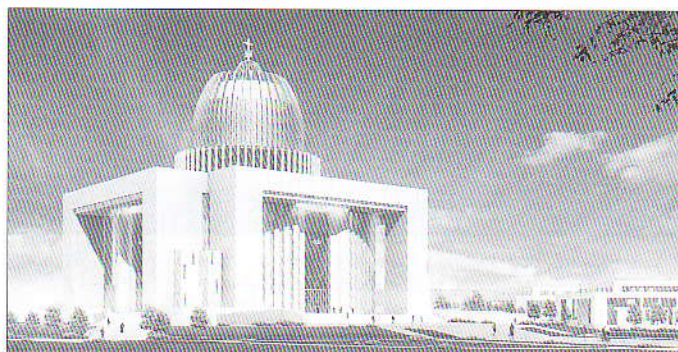
Pod budynkiem domu parafialnego nie wykonywano zagęszczenia podłoża gruntowego.

Wykonanie ustroju nośnego

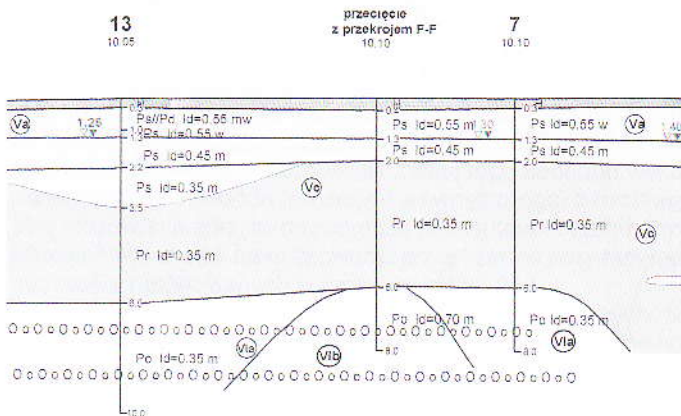
Ustrój nośny budowli (rys. 3) zaplanowano wykonać w następujących etapach:

I – wzmocnienie podłoża gruntowego i wykonanie dolnej części świątyni, złożonej z płyty fundamentowej oraz ścian

¹⁾ Autorzy niniejszego artykułu są autorami projektu konstrukcji budynku świątyni i domu parafialnego.



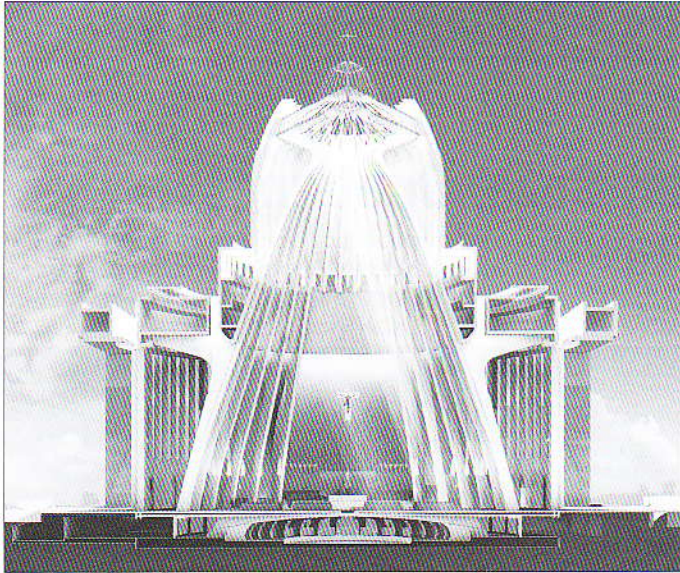
Rys. 1. Ogólny widok zaprojektowanej świątyni (wizualizacja: *W. Szymborski, L. Szymborski z zespołem*) i plac budowy



Rys. 2. Układ warstw gruntu na terenie zabudowy (fragment przekroju geotechnicznego)

i słupów dolnej kondygnacji oraz stropu nad sepulcrium (rys. 4),

II – wykonanie ramy parteru nawy bocznej, złożone ze słupów ukośnych nawy głównej, rygla połączonego ze słupami skrajnymi, na których opiera się strop położony na obwodzie nawy głównej pod pomieszczeniami muzeum *Jana Pawła II*,



Rys. 3. Przekrój poprzeczny konstrukcji świątyni. Opracowanie: W. Szymborski, L. Szymborski z zespołem

III – wykonanie kondygnacji muzeum Jana Pawła II, wraz z tarasami widokowymi,

IV – wykonanie kopuły stanowiącej przekrycie głównej nawy świątyni.

Na wzmocnionym podłożu gruntowym ułożono warstwę zagęszczoną pospółki grubości 30 cm, a następnie wykonano płytę fundamentową.

Fundament świątyni stanowi żelbetowa płyta kwadratowa o wymiarach $84,00 \times 84,00$ m, połączona z fundamentami kaplic usytuowanych w narożach. Grubość płyty fundamentowej wynosi w części centralnej 50 i 100 cm, a pierścienia na obwodzie pod nawą boczną 150 cm.

Ze względów wykonawczych płytę podzielono przerwami technologicznymi i dylatacyjnymi. Do wykonania fundamentów zużyto $10\ 300$ m³ betonu klasy B30 i B45, o stopniu wodochłonności W8, oraz 1130 t stali zbrojeniowej gatunku BSt 500. Zbrojenie płyty fundamentowej przedstawiono na rys. 5.

Płyta fundamentowa spoczywa na warstwie izolacji przeciwwodnej wykonanej z powłoki systemu DUALSEAL. Spód płyty fundamentowej jest położony na poziomie $-1,70$ m poniżej istniejącego terenu.

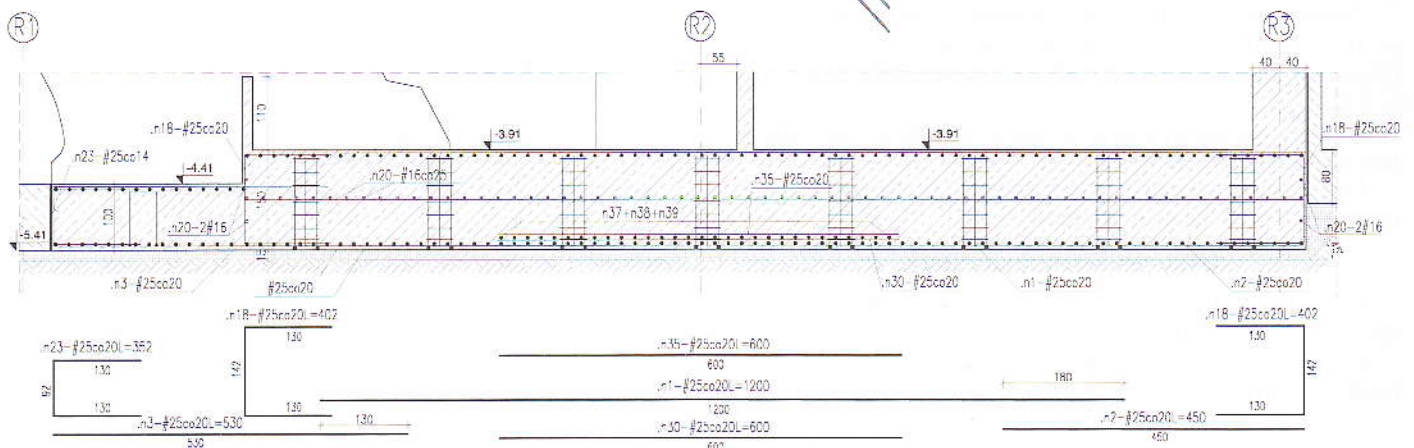
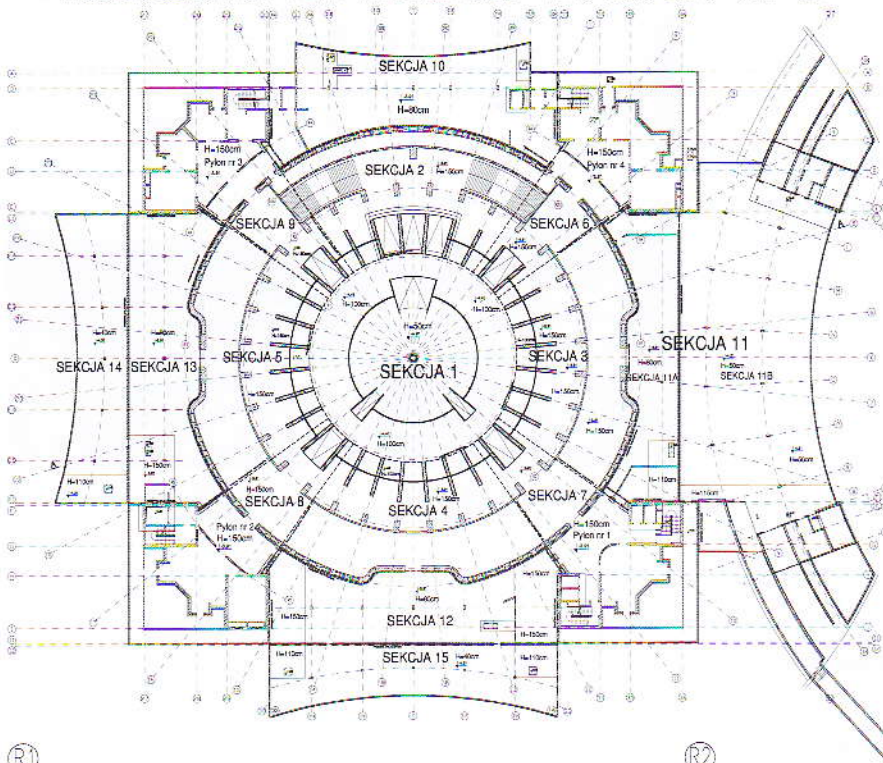
Strop nad dolną częścią świątyni jest usytuowany na poziomie $+2,0$ m nad poziomem projektowanego terenu i na wysokości $3,90$ m nad poziomem płyty fundamentowej. Ustrój nośny części dolnej stanowią ściany ustawione promieniście, które w części środkowej przechodzą w żebra stropowe o rozpiętości $13,90$ m i zmiennym przekroju (rys. 6), połączone zwornikiem pierścieniowym o przekroju $2,40 \times 0,45$ m.

Roboty budowlano-montażowe etapu II

Na odchylonych od poziomu słupach nawy głównej (por. rys. 3) opiera się znaczna część pomieszczeń muzeum Jana Pawła II, tarasy widokowe oraz dach, który stanowi kopuła zakończona krzyżem. Słupy nawy głównej są obciążone przeważającą częścią konstrukcji budowli, wywierając w ustrojach ramowych siły poziome skierowane do wnętrza nawy. Siły te po wykonaniu robót betonowych przejmie płyta stropowa i wieniec obwodowy pod ścianą muzeum.

Po szczegółowej analizie rozkładu sił w kolejnych fazach realizacji etapu II autorzy projektu architektoniczno-konstrukcyjnego, wspólnie z generalnym wykonawcą, rozważali trzy warianty wykonania świątyni.

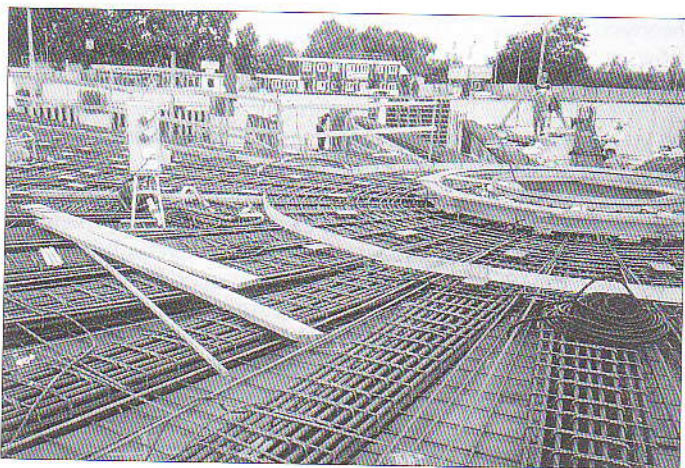
RYСУNEK SZALUNKOWY PŁYTY FUNDAMENTOWEJ $-4,41, -4,91, -3,91, -4,21, -4,31$



Rys. 4. Przekrój poprzeczny dolnej części świątyni: a) widok fundamentu, b) przekrój poprzeczny przez sepulchrum



Rys. 5. Zbrojenie dolne płyty fundamentowej, sekcja 3



Rys. 6. Zbrojenie stropu nad sepulchrum

Wariant I proponowany przez generalnego wykonawcę zakłada wykonanie pomostu technologicznego z poziomu +20,0 m oraz indywidualnych rusztowań na całej powierzchni budowli, z ograniczoną możliwością transportu wewnętrznego. Zgodnie z harmonogramem robót poszczególne elementy byłyby dobetonowywane co około dwa miesiące, w kolejności: słup wewnętrzny, słup zewnętrzny, rygiel ramy i płyta stropowa, a następnie wieniec i ściany obwodowe muzeum. Ilość sta-

li konstrukcyjnej, która może być potrzebna na wykonanie pomostu technologicznego, szacuje się na około 200÷300 t.

Wariant II proponowany przez autorów projektu konstrukcyjnego przewiduje sukcesywną realizację pary ram tworzących sztywny ustrój przestrzenny w okresie realizacji. Do wykonania ram są potrzebne rusztowania systemowe, składające się z elementów dostępnych na rynku. Rusztowania te są przestawne, przewidziane do wielokrotnego użycia. Cała rama może być wykonana segmentami z krótkimi przerwami (12÷24 h) w układaniu mieszanki betonowej. Zaletą tego sposobu wykonania ram jest swoboda transportu wewnętrznego, z możliwością stosowania sprzętu do montażu elementów i betonu. Projektowana ilość stali na rusztowania przestrzenne pary ram jednocześnie betonowanych wynosi około 20÷25 t.

Wariant III przewiduje rozpoczęcie robót betonowych od słupów zewnętrznych oraz pierścienia obwodowego w poziomie stropu muzeum. Potem nastąpi ustawienie rusztowań słupów wewnętrznych i rygli ram. Siły poziome (rozpręgi) będą przenoszone na pierścień obwodowy w sposób podobny jak szprychy w kole rowerowym. Do wykonania rygli i ram przewiduje się ten sam rodzaj rusztowań i form, które omówiono w wariantcie II. Betonowanie słupa wewnętrznego i rygli powinno odbywać się segmentami, z krótkimi przerwami w czasie (12÷24 h).

Autorzy projektu budowlanego przedstawili wstępną koncepcję wykonania robót budowlano-montażowych etapów III i IV, uwzględniając koszty i możliwości generalnego wykonawcy.

Podsumowanie

Wszystkie elementy konstrukcyjne przewidziane do wykonania w etapie I mają proste kształty geometryczne, charakteryzując się zastosowaniem dużych mas betonu i są łatwe w wykonaniu.

Elementy konstrukcji etapów II i III mają również proste kształty, ale ich wykonanie (montaż zbrojenia) i układanie mieszanki betonowej może stanowić większe utrudnienie ze względu na usytuowanie tych elementów nad terenem, a to wymaga zmiany organizacji robót etapu I i stosowania odpowiednich form i rusztowań.

Najbardziej złożoną częścią ustroju konstrukcyjnego jest kopuła, na której realizację trzeba przewidzieć więcej czasu, a przygotowania rozpocząć już na obecnym etapie budowy.

Bryła świątyni Świętej Bożej Opatrzności w ujęciu architektonicznym należy do rozwiązań oryginalnych. Również konstrukcja nadziemna budowli jest niepowtarzalna.

Sposoby realizacji robót etapu II i następnych wymagają ścisłej współpracy uczestników procesu inwestycyjnego ze względu na sukcesywne opracowanie i dostarczanie dokumentacji projektowej na budowę oraz stosowanie nietypowych form i rusztowań.

Prof. dr hab. inż. LEONARD RUNKIEWICZ

Instytut Techniki Budowlanej
Politechnika Warszawska

Mgr inż. PIOTR IGNATOWSKI

PERI Polska Sp. z o.o.

Realizacja żelbetowych konstrukcji nowoczesnych budynków użyteczności publicznej

W ostatnich 15 latach w Polsce budynki użyteczności publicznej realizowano jako obiekty nowe lub adaptowane bądź rozbudowywane budynki istniejące.

Konstrukcje nowoczesnych obiektów użyteczności publicznej są w Polsce wykonywane głównie z żelbetu, a rzadziej ze stali i drewna. Są to obiekty o różnej liczbie kondygnacji. Niektóre są budynkami wysokościowymi mającymi od 20 do 40 kondygnacji.

W niniejszym artykule przedstawiono problemy i ocenę realizacji nowoczesnych budynków użyteczności publicznej, pomijając nowoczesne budynki wielofunkcyjne przeznaczone dla handlu, gastronomii, kultury i rozrywki.

Nowoczesne budynki użyteczności publicznej na ogół są projektowane zgodnie z obowiązującymi planami zagospodarowania przestrzennego, zatwierdzonego przez władze regionalne. Często jednak, ze względu na niedostateczne uszczegółowienie tych planów oraz stosowane odstępstwa, są wznoszone obiekty odbiegające swą formą od ogólnego zharmonizowanego charakteru zabudowy.

Realizacje obiektów budowlanych są obecnie powierzane, w wyniku różnorodnych przetargów, wyspecjalizowanym firmom budowlanym. Przetargi są na ogół powszechne, ale często nieskuteczne i nie odpowiadające stawianym

indywidualnym wymaganiom technicznym.

W ostatnim okresie w wykonywaniu obiektów bierze udział znaczna liczba podwykonawców i pośredników. Duże tempo realizacji, częste odstępstwa od wymagań projektu oraz stosowanie wyrobów bez niezbędnych kontroli często obniża jakość wykonywanych konstrukcji wznoszonych obiektów, w tym obiektów o konstrukcji żelbetowej.

Trzeba podkreślić, że gwarancją dobrej jakości jest przestrzeganie wymagań technicznych, warunków wykonania i odbioru robót, stosowanie certyfikowanych wyrobów oraz kontrolowanie robót przez nadzór budowlany, a także zarządzanie jakością zgodnie z normami ISO.

Technologie realizacji konstrukcji żelbetowych

Obecnie w ponad 60% wszystkich nowych obiektów użyteczności publicznej stosuje się konstrukcję nośną żelbetową, zazwyczaj monolityczną (wykonaną na miejscu wbudowania). Te konstrukcje są wznoszone przy użyciu nowoczesnych deskowań systemowych. Szacuje się, że tylko około 10% obiektów wykonuje się o konstrukcji prefabrykowanej lub mieszanej prefabrykowanej-monolitycznej (zespolonej).

Realizowane budynki są na ogół podpiwniczone. Części podziemne mają od jednej do pięciu kondygnacji, przeznaczone

na garaże i pomieszczenia techniczne.

Fundamenty budynków są wykonywane zazwyczaj w postaci płyt, ław lub stóp fundamentowych. W zabudowie zwartej wykonuje się w częściach podziemnych ściany szczelinowe i masywne płyty fundamentowe. W przypadku bardzo trudnych warunków gruntowo-wodnych są stosowane posadowienia na palach lub na podłożu ulepszonym.

Nadziemne konstrukcje nowoczesnych budynków użyteczności publicznej stanowią najczęściej ustroje konstrukcyjne ramowe bądź słupowo-płyto-we. Stropy żelbetowe płytowe mają zazwyczaj postać płyt pełnych grubości od 20 do 35 cm, zbrojonych krzyżowo. Stosowane są też stropy gęstożebrowe oraz z płyt kanałowych prefabrykowanych, a także stropy zespolone.

W stropach występuje często zbrojenie nadmiernie zagęszczone, szczególnie w strefach narażonych na przebicie lub ścinanie. Występujące w takich przypadkach trudności przy montażu zbrojenia powodują odstępstwa od projektu, a w konsekwencji powstawanie zarysowań i pęknięć. Ponadto zbyt cienkie stropy oraz wczesne usuwanie deskowań prowadzi również do zagrożeń, a nawet awarii i katastrof.

Sztywność przestrzenną budynków zapewniają układy ramowe, ściany usztywniające oraz ściany komunikacji