

Magia żelbetu w praktyce

czyli niektóre problemy realizacyjne podczas budowy Muzeum Tadeusza Kantora Cricoteka i Muzeum Sztuki Współczesnej MOCAK w Krakowie.

Nie lubię określenia „sztuka budowlana”, zwłaszcza że jest często nadużywane tam, gdzie nam nie starcza wiedzy, energii i czasu, żeby zadbać o rzemiosło budowlane. Jednak określenie „sztuka budowlana” jest używane powszechnie, więc jeśli tak, to czemu nie „magia żelbetu”. Zwłaszcza że w artykule będę chciał pokazać działania i technologie, bez których żelbet nie może w pełni pokazać swoich zalet.

Do dzisiaj napisano już trochę artykułów o obiekcie Cricoteki i MOCAKU w Krakowie w stylu – „jakie piękne budynki”.

Rzeczywiście budynki, a w zasadzie kompleksy budynków są ciekawe, ale w rzeczonych artykułach zbyt mało napisano o pracy inżynierów, techników i robotników, bez której pomysł architekta nie mógłby powstać w rzeczywistości czy, jak to się mówi w XXI wieku, „w realu”.

Oba obiekty mają pewne zasadnicze cechy wspólne. Oba są położone stosunkowo blisko Wisły, na terenie krakowskiego Podgórze. Cricoteka nawet przy samych bulwarach Wisły (fot. 1). Drugą cechą wspólną była potrzeba wykonania głębokich wykopów przy istniejących w sąsiedztwie budynkach (fot. 2). Część zarówno kompleksu MOCAKU (fot. 2) jak i Cricoteki (fot. 3) jest złożona ze starych budynków, poddanych rewitalizacji i połączona w jedną funkcjonalną całość z zupełnie nowym budynkiem.

Adaptacja starej części stwarzała w jednym i drugim przypadku dodatkowe problemy, które nie były możliwe do przewidzenia na etapie projektowania. Oba budynki łączą także postacie konstruktorów, mgr inż. Czesława Hodurka i mgr inż. Andrzeja Sobonia, na których współpracę zawsze można było liczyć podczas realizacji inwestycji. Było między innymi szczególnie istotne w przypadku prac wykonywanych w starych budynkach.

Przejdźmy jednak do konkretów, czyli do „magii żelbetu”. Ściany fundamentów nowych części obu kompleksów zostały wykonane z żelbetu. W przypadku MOCAK zastosowano technologię ścian szczelinowych.

Dla przypomnienia, ścianę szczelinową formuje się bezpośrednio w gruncie, zbrojenie pionowe jest układane w osobnych sekcjach pionowych i sekcje nie mają pomiędzy sobą wiązania zbrojeniem. Wręcz przeciwnie, sekcje żelbetowe są między sobą dylatowane, a łączone za pomocą wkładek (fot. 4, 5), które zgodnie z założeniem projektowym mają być wodoszczelnym łączeniem przyle-



foto. Archiwum aurbra



foto. Archiwum aurbra



foto. Archiwum aurbra



foto. Archiwum aurbra



2

foto. Archiwum aurbra



3

foto. Archiwum aurbra



4

fot. Archiwum autora



5

fot. Archiwum autora

głych sekcji. Założeniem projektowym jest także wodoszczelność przegrody ze ścian szczelinowych jako całości. Jednak, jak pamiętamy, każda sekcja ściany szczelinowej jest formowana bezpośrednio w gruncie i wiedzę o jakości wykonania sekcji mamy dopiero po jej odkopaniu. Jak widać na fot. 4 i 5, miejscami ściana szczelinowa nie spełnia warunku szczelności. Biała, widoczna na zdjęciach, wkładka z tworzywa sztucznego nie jest otulona betonem i żelbet akurat w tym miejscu na pewno nie spełnia warunku szczelności. Nie jest to wynik błędu wykonawczego, lecz cecha technologii i ryzyka, jakie ze sobą to rozwiązanie technologiczne niesie. Bez dodatkowych zabiegów nie zadziała „magia żelbetu”. Uszczelnienie w pokazanym miejscu musi skutecznie uszczelnić ścianę i oczywiście zabezpieczyć zbrojenie, które stanowi o wytrzymałości ściany oporowej. Ale to nie wszystkie problemy. W związku z tym, że mieszanka betonowa jest podawana bezpośrednio do gruntu, który stanowi szalunek podczas podawania i dojrzewania betonu, po odkopaniu powierzchnia żelbetowych sekcji ściany szczelinowej jest miejscami wyjątkowo nierówna, nawet tam, gdzie nie stwarza to zagrożenia dla szczelności ściany i jej konstrukcyjnej pracy jako ściany głębokiego fundamentu (fot. 6, 7). Najpierw ściany trzeba miejscowo uszczelnić za pomocą zapraw specjalnych i iniekcji żywicami (fot. 8, 9). W zależności od założonej w projekcie hydroizolacji należy także odpowiednio wyczyścić

6



fot. Archiwum autora

7



fot. Archiwum autora



8

fot. Archiwum autora



9

fot. Archiwum autora

10



fot. Archiwum aulbora

MOCAK

Muzeum Sztuki Współczesnej na terenie tzw. Fabryki Schindlera – przebudowa cz. istniejących budynków oraz budowa nowych budynków wzniesiony w latach 2009 - 2010.

Dane techniczne obiektu

Stara część rewitalizowana:

- istniejące fundamenty murowane podparte mikropalami i wzmocnione powiązaniymi z konstrukcją murową belkami żelbetowymi w celu zwiększenia nośności fundamentów
- stare ściany murowane wzmocniane miejscowo żelbetem
- stara więźba dachów zabezpieczona ppoż i wzmocniana elementami stalowymi i drewnianymi
- hydroizolacje fundamentów częściowo z mat bentonitowych, a częściowo z hydroizolacji bezspoinowej
- pokrycie dachowe wcześniej wymienione na blachę tytan-cynk.

Nowa część obiektu:

- fundowana na żelbetowej płycie wspartej na palach CFA fi 60 cm i fi 50 cm o zmiennej długości od 6 do kilkunastu metrów
- ściany fundamentów ze ścian szczelinowych (grubość 60 cm i 80 cm)
- strop w nowej części z prefabrykowanych elementów strunobetonowych

- powierzchnia użytkowa budynków 9487,00 m²
- hydroizolacje fundamentów z mat bentonitowych
- pokrycie dachowe z kompozytowego materiału rolowego, od góry EPDM, dołem asfalt modyfikowany SBS, a na części o większym nachyleniu połaci dachowej blacha tytan-cynk.

Rozwiązania instalacyjne:

- instalacja c.o., wentylacji mechanicznej i klimatyzacji
- system zarządzania instalacjami budynków BMS
- system telewizji dozorowej
- system ochrony i ostrzegania przeciwpożarowego
- inne systemy ostrzegania, bezpieczeństwa, kontroli i dozoru.

Projekt

Konsorcjum arch. Claudio Nardi, arch. Leonardo Maria Proli przy współudziale Q-ARCH sp z o.o.

Konstruktorzy

mgr inż. Czesław Hodurek, mgr inż. Andrzej Soboń

Generalny wykonawca

WARBUD SA

Kierownik Budowy

mgr inż. Andrzej Łagowski

Inwestor zastępczy

BUD-INVENT SP. Z O.O.

inspektor nadzoru branży konstrukcyjnej

mgr inż. Paweł Bałos

11



fot. Archiwum aulbora

12



fot. Archiwum aulbora

i wyróżnić powierzchnię. Zarówno w MOCAKU jak i Cricotece jako hydroizolację ścian fundamentowych zastosowano maty bentonitowe. Maty bentonitowe wymagają, aby powierzchnie, między którymi są ułożone, zapewniały docisk. W przypadku MOCAKU mata bentonitowa była układana od środka ściany szczelinowej i dociśnięta monolityczną ścianką żelbetową. Na fot. 10 widać matę bentonitową zamontowaną na ścianie szczelinowej

wraz ze zbrojeniem żelbetowej ścianki dociskowej, która była „dolewana” bezpośrednio do powierzchni pokrytej matą bentonitową.

Ten kto uważnie obejrzy fot. 10, zauważy, że do zbrojenia ścianki dociskowej są jeszcze zamontowane jakieś białe druty. Są to przewody służące do elektronagrzewu, który był stosowany przez generalnego wykonawcę MOCAKU zimą przy obniżonych temperaturach betonowania. Przewody

13



fot. Archiwum aulbora

14



fot. Archiwum aulbora

15



fot. Archiwum aulbora



16

foto: Archiwum autora

służące do elektronagrzewu betonu widać także na fot. 11, na której widać także powierzchnię ściany szczelinowej częściowo przygotowanej do położenia maty bentonitowej. Wykonywanie docelowej powierzchni ścianki szczelinowej pod ułożenie



17

foto: Archiwum autora

maty bentonitowej za pomocą nałożenia zaprawy specjalnej jest pokazane na fot. 12 i 13. Z kolei na budowie Cricoteki maty bentonitowe w starym budynku były umieszczane zarówno od środka obiektu i dociśnięte żelbetowymi ścianka-



18

foto: Archiwum autora



19

foto: Archiwum autora

Cricoteka

Budowa Muzeum Tadeusza Kantora polegająca na przebudowie (rewitalizacji) budynku starej Elektrowni Podgórskiej wraz ze zmianą sposobu użytkowania na wielofunkcyjną salę teatralną z zapleczem administracyjno-technicznym przy ul. Nadwiślańskiej 2-4 w Krakowie i budowie nowej części powiązanej ze starą o konstrukcji żelbetowej ze stalowym „mostem” podpartym na dwóch trzonach żelbetowych i podporze stalowej. Wzniesiona w latach 2010 – 2014.

Dane techniczne obiektu

Rewitalizowana część zabytkowa:

- istniejące fundamenty murowane, najpierw podparte mikropalami, a potem podbijane (pale średnio 6 m długości) w celu uzyskania dodatkowego poziomu na pomieszczenia techniczne obiektu
- stare ściany murowane wzmocnione miejscowo prętami zbrojeniowymi
- stropy częściowo zachowane, częściowo wymieniane na monolityczne żelbetowe
- hydroizolacje fundamentów z mat bentonitowych
- pokrycie dachowe z dachówki ceramicznej.

Nowa część obiektu:

- fundamenty na żelbetowej płycie (średnio 1 m grubości) wspartej pod żelbetowymi trzonami komunikacyjnymi na palach CFA fi 60 (średnio 11 m długości), a pod ścianą zachodnią od strony Wisły na mikropalach (średnio 10,5 m długości)
- podpory „mostu” stalowego: od zachodniej strony trzon żelbetowy mieszczący windę osobową, windę towarową i klatkę schodową, od strony wschodniej trzon żelbetowy, mieszczący windę osobową i klatkę schodową i od strony południowo-wschodniej podpora stalowa (przechodząca przez nawę budynku zabytkowego od strony ul. Nadwiślańskiej), podpora fundamentowa na płycie żelbetowej wspartej na mikropalach
- „most” o konstrukcji z przestrzennych kratownic stalowych tworzących dwa przenikające się przęsła, jedno o rozpiętości około 40 m, drugie o rozpiętości około 50 m i szeroko-

ści każdego przęsła około 11 m. Przy trzonach żelbetowych dodatkowe przewieszenia wspornikowe konstrukcji stalowej „mostu”, przy zachodnim wysięg wspornika zmienny średnio 10 m, przy wschodnim około 6,5 m

- wysokość budynku do atyki elewacji frontowej to 20,62 m
- ściany i strop części podziemnej z żelbetu
- hydroizolacje fundamentów z mat bentonitowych
- pokrycie dachowe z kompozytowego materiału rolowego, od góry zbrojony EPDM, a dółem asfalt modyfikowany SBS.

Rozwiązania instalacyjne

- kotłownia gazowa, instalacja c.o., wentylacji mechanicznej i klimatyzacji
- system zarządzania instalacjami budynków BMS
- system telewizyjny dozorowej
- system ochrony i ostrzegania przeciwpożarowego
- inne systemy ostrzegania, bezpieczeństwa, kontroli i dozoru.

Projekt

IQ-GROUP CONSORTIUM:

WIZJA SP. Z O.O.

nsMoonStudio

Projektant generalny

arch. Sławomir Zieliński

Autorzy projektu

Agnieszka Szultz, Piotr Nawara, arch. Stanisław Deńko

Konstruktorzy

mgr inż. Czesław Hodurek mgr inż. Andrzej Soboń

Generalny wykonawca

Przedsiębiorstwo Budownictwa Przemysłowego

CHEMOBUDOWA – KRAKÓW SA

Kierownik budowy

mgr inż. Rafał Kowalczyk

Inwestor zastępczy

BUD-INVENT SP. Z O.O.

Inspektorzy nadzoru branży konstrukcyjnej

mgr inż. Krzysztof Pocałujko

potem mgr inż. Paweł Bałos

potem mgr inż. Andrzej Nieuporany



foto: Archiwum autora



20
fot. Archiwum autora



21
fot. Archiwum autora



22
fot. Archiwum autora



23
fot. Archiwum autora

mi, jak i na zewnątrz, gdzie stan powierzchni odkopanych ścian murowanych przekroczył wszelkie ewentualnie oczekiwane granice nierówności. Fot. 14 i 15 pokazują skalę problemu i żmudną pracę wyrównywania ścian pod maty bentonitowe. Na obu zdjęciach widać, że po odkopaniu stan zabytkowych ścian murowanych może wyglądać zupełnie inaczej niż spodziewany, w którym oczekujemy jednak pewnej regularności i jednorodności konstrukcji murowej. Dociśnięte płytami termoizolacji i gruntem maty bentonitowe widać na zdjęciu nr 16.

Widoczne na zdjęciach 14 i 15 ściany były przed odkopaniem podparte wwierconymi w nie mikropalami. Jednak, jak widać, oprócz podbicia blokami żelbetowymi, które są widoczne na następnych zdjęciach, należało dodatkowo w najbardziej nieoczekiwanych miejscach dodatkowo w ścianach wykonać ukryte belki żelbetowe. Zdjęcia nie pokazują oczywiście wszystkich miejsc w ścianach budynku Elektrowni Podgórskiej, gdzie występowały podobne problemy, których rozwiązanie bez częstej obecności na budowie projektantów konstrukcji byłoby niemożliwe.

Jednym z trudniejszych zadań wykonawczych, związanych z zabytkową częścią obiektu Cricoteki, było częściowe podbicie ścian budynku starej Elektrowni Podgórskiej. Podbicie fundamentów służyło uzyskaniu dodatkowego poziomu pod budynkiem rewitalizowanym dla utworzenia kubatury dla pomieszczeń technicznych i możliwości połączenia w kondygnacji podziemnej zachodniego i wschodniego trzonu żelbetowej konstrukcji (fot. 17). Podbijane ściany budynku rewitalizowanego najpierw podparto mikropalami, które wwiercono w ściany, a potem stopniowo ściany podkopywano i podpierano żelbetowymi blokami (fot. 18 i 19). Poziomą hydroizolację zarówno powyżej jak i poniżej żelbetowych bloków wykonano z mat bentonitowych. Na fot. 20 widać przejście fundamentowej płyty żelbetowej z zabytkowego budynku rewitalizowanego Cricoteki do połączzonego z nim nowego budynku od zachodniej strony. Na podbetoncie ułożona już jest hydroizolacja z mat bentonitowych, połączona z matą bentonitową, ułożoną uprzednio w rewitalizowanym budynku. Jak widać na fot. 20, szczelna hydroizolacja pomieszczeń Cricoteki położonych w części podziemnej była wykonywana ze szczególną uwagą. Niestety, nie można wykluczyć, że w przyszłości znowu poziom Wisły podniesie się tak jak na fot. 21, zrobionym 20 maja 2010 r.

fot. Archiwum autora



24

fot. Archiwum autora



25

fot. Archiwum autora

Nowa część kompleksu Cricoteki została oparta na palach CFA (fot. 22) w zakresie części podziemnej i dwóch trzonów żelbetowych, pełniących funkcje komunikacyjne, jest wykonana z żelbetu (fot. 23). Galeria, zwana „mostem”, oparta na dwóch trzonach żelbetowych i podporze stalowej przenikającej stary budynek ma konstrukcją stalową.

W żelbecie Cricoteki było sporo „magii”. Proszę spojrzeć na zdjęcia 24, 25, 26. Przedstawiają one montaż w trzonie żelbetowym elementu stalowego (zwanego przez nas jeżem), który stanowił jedno z miejsc wsparcia konstrukcji stalowej „mostu” na pylonie żelbetowym. Pamiętając, że większość prętów zbrojeniowych ostatniego stropu trzonu żelbetowego miała średnicę 25 mm, to „utkanie” „jeża” w zbrojenie stropu było szczególnie trudnym zadaniem dla kierownika budowy i jego pracowników. W innych miejscach żelbetu Cricoteki także trzeba było raczej „tkać” niż układać zbrojenie (fot. 27). Dodatkowo w niektórych miejscach trzonów żelbetowych projektant konstrukcji stwierdził, że należy dodatkowo spawać zbrojenie (fot. 28, 29), co dodatkowo utrudniało i przedłużało wykonawstwo konstrukcji żelbetowej.

Jak widać z powyższego, w sam żelbet i jego otoczenie trzeba było włożyć na budowie MOCAKU i Cricoteki wiele „magii”, aby żelbet mógł w czasie pokazać swoją siłę i trwałość. Elementy, wyglądające na papierze projektu wykonawczego niegroźnie, stają się często na budowie źródłem dodatkowych zabiegów technologicznych, z których część jest niemożliwa do przewidzenia na etapie projektowania.

Czy to, co opisałem w artykule, jest sztuką budowlaną, magią żelbetu czy po prostu rzemiosłem budowlanym, odpowie sobie Czytelnik. Ja na koniec chciałbym podziękować wszystkim, którzy włożyli wiele pracy w wykonanie MOCAKU i Cricoteki: inżynierom, technikom i robotnikom.

Paweł Bałos



26

fot. Archiwum autora



27

fot. Archiwum autora



28

fot. Archiwum autora



29

fot. Archiwum autora