

Prof. dr hab. inż. Józef Jasiczak

Politechnika Poznańska

Mgr inż. Włodzimierz Czajka

SPB TORKRET LTD. Siekierki Wielkie

Mgr inż. Włodzimierz Majchrzak

SPB TORKRET LTD. Siekierki Wielkie

Odtworzona historyczna elewacja w budynku przemysłowym uzyskana technologią betonu natryskowego – architektonicznego

Recreated historical facade in an industrial building obtained with architectural sprayed concrete technology

Streszczenie

W artykule przedstawiono skomplikowaną modernizację dwóch budynków żelbetonowych szkieletowych ze ścianami zewnętrznymi monolitycznymi w Stacji Uzdatniania Wody w Poznaniu. Budynki wznoszono w okresie poprzedzającym II Wojnę Światową oraz w czasie jej trwania, w okupowanym wówczas Poznaniu. Według dostępnych danych historycznych budynki odżelaziacza i filtrów pośpiesznych oddano do użytku w 1943r. Problemem okazało się odtworzenie modernistycznych betonowych elewacji z odcisniętym rysunkiem naturalnego ówczesnego deskowania. Ostatecznie zrealizowany projekt obejmował wykonanie ocieplonej i wentylowanej elewacji z zewnętrzną powłoką z betonu natryskowego z imitacją odcisniętego naturalnego deskowania na pięciocentymetrowej warstwie torkretu.

Abstract

The article presents a complicated modernization of two reinforced concrete frame buildings with monolithic external walls in the Water Treatment Plant in Poznań. The buildings were erected in the period preceding World War II and during its duration, in occupied Poznań at that time. According to available historical data, the buildings of the iron removal plant and rapid filters were put into use in 1943. The problem turned out to be the reconstruction of modernist concrete facades with an imprinted drawing of the natural formwork of that time. The finally implemented project included the construction of an insulated and ventilated facade with an external coating of shotcrete with an imitation of the imprinted natural formwork on a five-centimeter layer of shotcrete.

1. Wstęp

Torkret jest definiowany jako zaprawa lub beton dynamicznie umieszczany w miejscu wbudowania. Wynalazcą torkretu jest Amerykanin Carl Ethan Akeley, który w 1910 r. zastosował urządzenie „Cement Gun” (armatkę ciśnieniową) umożliwiające natryśnięcie mieszanki cementu i piasku o nazwie „Gunit” na przegrody budowlane. W ciągu stu lat stosowania tej technologii zmieniały się obszary zastosowań betonu natryskowego od funkcji wzmacniającej i reprofilującej przy naprawach uszkodzonych konstrukcji żelbetowych, poprzez funkcje ochronne i zabezpieczające konstrukcje stalowe i żelbetowe [1,2], a w ostatnich latach po funkcje architektoniczne [3,4]. Elementy architektoniczne budowli z betonu natryskowego są stosunkowo rzadko wykonywane ze względu na skomplikowane wymagania technologiczne, łącznie z określoną barwą powłok, stąd za unikalne w skali światowej uznaje się dwie wcześniejsze realizacje wykonane w Polsce przez firmę TORKRET Sp. z o.o. z Poznania, działającej przy wsparciu środowiska naukowego Politechniki Poznańskiej oraz kolejną omówioną w niniejszym referacie.

Realizacje wcześniejsze, będące swego rodzaju poligonem doświadczalnym dla nowej realizacji, to Muzeum Historii Żydów Polskich na Placu Anielewicza w Warszawie oddane do użytku w 2013 roku i Wzmocnienie przęseł i odbudowa warstw elewacyjnych zabytkowej estakady kolejowej betonowo-ceglanej o długości 2116 m w Gorzowie Wielkopolskim wykonane w 2016 roku.

W Muzeum Historii Żydów Polskich wg projektu architekta prof. Rainera Mahlamakiego z pracowni Lahdelma & Mahlamäki Architects w Helsinkach, częścią centralną jest hall przez całą długość i wysokość budynku (67,3 x 26 m), mający symbolizować rozstąpienie się Morza Czerwonego podczas wyjścia Izraelitów z Egiptu (Exodus, XII w pne.). W hallu najważniejszym elementem kształtującym estetykę pomieszczeń były dwie ściany boczne o krzywoliniowym kształcie. Obie ściany obejmują całą wysokość budynku od fundamentu po dach a tylko na fragmentach od poziomu parteru. Powłokę ściany krzywoliniowej stanowi cienkościenna konstrukcja żelbetowa z betonu natryskowego o grubości 5 cm, ze zbrojeniem prętami ze stali nierdzewnej o grubości 4,5 mm umieszczonymi w jej środku, nakładanego na 5 mm sklejkę wodoodporną. Całość zawieszona jest na prętach stalowych gwintowanych Ø22 mm w rozstawie co 80 cm przymocowanych do podkonstrukcji stalowej. Wykonanie ściany krzywoliniowej wymagało geodezyjnego rozlokowania w przestrzeni 35 000 punktów pomiarowych, których rzędne wyznaczyły powierzchnie krzywoliniowe ścian.

Historyczna estakada w Gorzowie, z lat 1905-1914, składa się z kilku odcinków murów oporowych, przęseł ceglanych, wiaduktów stalowych, estakady dworcowej wraz z tunelami i peronami oraz z przejścia pod torami znajdującego się na terenie wagonowni. Konstrukcję obiektu stanowi 51 otwartych arkad, sklepionych łukiem odcinkowym wspartym na filarach wzmocnionych w dolnej części niskimi przyporami (pozostałości dawnych pylonów różnej wysokości) z licem z kilku poziomych boni, zabezpieczonymi od góry spadzistą czapką. W ramach naprawy obiektu, zgodnie z opinią konserwatora zabytków, należało odtworzyć wszystkie oryginalne formy i powierzchnie (ryflowania) ścian bocznych i podpór (wraz z boniowaniem) zaprawą cementową z wypełniaczem z kruszonego kamienia wapiennego o składzie jak w oryginale. Odpowiedni kolor torkretu dobierano po oczyszczeniu oryginalnego lica, w razie potrzeby podbarwiając beton natryskowy pigmentami mineralnymi.

2. Odżelaziacz, stan techniczny, projekt naprawy

2.1. Opis obiektu

Historia budowy obiektów dla uzdatniania wody do spożycia w Poznaniu ma ponad 120 letnią tradycję. Już latach 1908-1909 wybudowano nową stację uzdatniania wody do picia dla miasta Poznania, które liczyło wówczas 196 tys. mieszkańców. Wodę pobierano bezpośrednio z płynącej obok rzeki Warty (ale w dolnym jej biegu). Wymiary obiektu w rzucie wynosiły $65,5 \times 21,5$ m, wysokość powyżej terenu 9,0 m, a poniżej 5,0 m. W części podziemnej na całym rzucie wykonano wielkogabarytowy zbiornik żelbetowy ze stropem żebrowym podpartym pośrodku żelbetowymi słupami. Jest to perła architektury przemysłowej końca XIX i początku XX wieku, posiadająca najnowocześniejsze wówczas na świecie wyposażenie technologiczne [5].

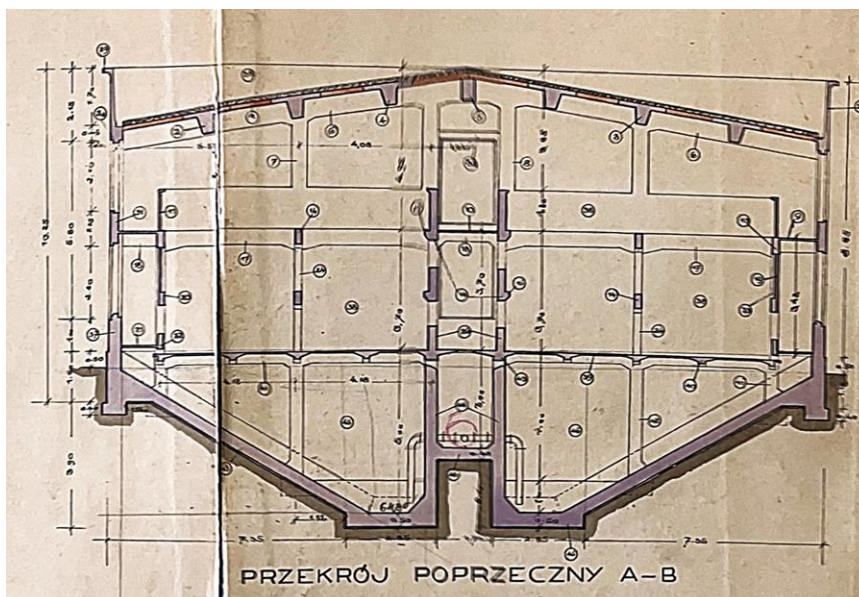
Praktyka następnych lat pokazała jednak, że ujęcie wody należałoby przenieść w górę rzeki i stąd, począwszy od lat 30. XX wieku, zaczęto wykonywać nowe obiekty przy ujęciu Warta - Dębina (przed Poznaniem).

W referacie przedstawiono skomplikowaną modernizację dwóch budynków żelbetowych szkieletowych ze ścianami zewnętrznymi betonowymi - monolitycznymi w Stacji Uzdatniania Wody w Poznaniu.

Budynki wzniesiono w okresie poprzedzającym II Wojnę Światową oraz w czasie jej trwania, w okupowanym wówczas Poznaniu. Według dostępnych danych historycznych budynki odżelaziacza i filtrów pośpiesznych oddano do użytku w 1943r. Widok pierwotnej elewacji odżelaziacza pokazano na fot.1, a układ konstrukcyjny wg źródłowej dokumentacji na rys.1.



Fot.1. Elewacja szczytowa odżelaziacza. Ściana żelbetowa, wykonana w deskowaniu tradycyjnym, z wyraźnie odcisniętymi pojedynczymi deskami, ułożonymi równolegle do poziomu



Rys.1. Ramowy układ konstrukcyjny budynku. Widoczne prostokątne rygle podłużne, rygle w kształcie litery T w poziomie połaci dachowej i żelbetowe ściany zewnętrzne o grubości 40 cm

2.2. Projekt naprawy elewacji

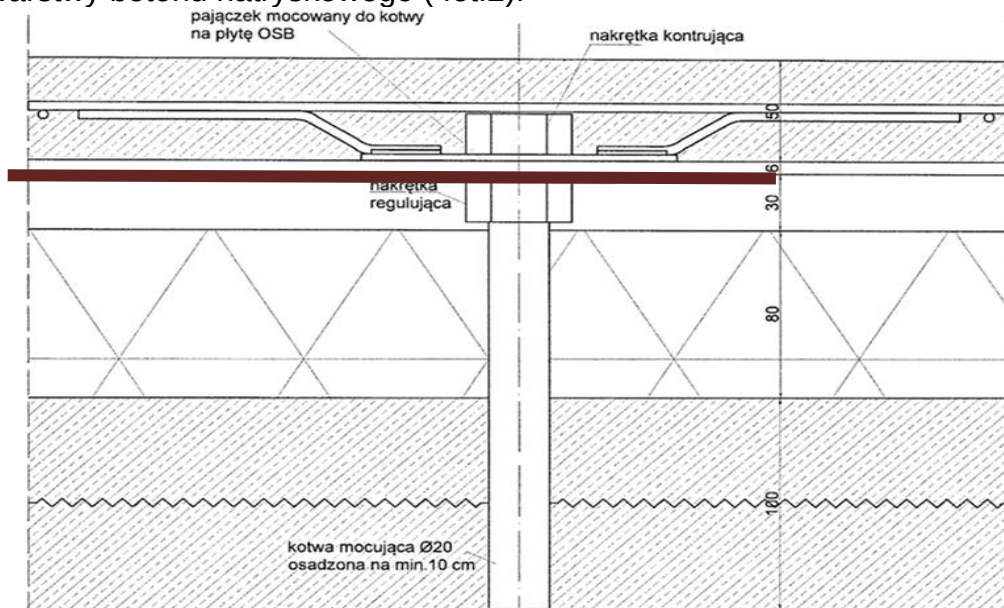
Umowa na roboty remontowe wykonane w 2023 roku obejmowała naprawę ścian zewnętrznych budynków i części konstrukcyjnej belek i podciągów stropu ostatniej kondygnacji odżelaziacza. Konstrukcja belek po wzmocnieniu wklejanymi dodatkowymi prętami i strzemionami została natryśnięta torkretem. Na ściany zewnętrzne, po odkuciu i przygotowaniu podłoża, montażu zgrzewanych siatek z prętów zbrojeniowych, nałożono warstwę torkretu grubości 5cm odpowiadającemu betonowi C30/37.

Problemem okazało się odtworzenie modernistycznych betonowych elewacji z odcisniętym rysunkiem pierwotnego deskowania. Początkowo Inwestor z Projektantem przedłożyli do akceptacji Konserwatora Zabytków projekt i mockup ocieplonej wełną mineralną wentylowanej elewacji obłożonej z zewnątrz płytami włókno-cementowymi z nadrukiem imitującym deski szalunkowe. Na tego typu rozwiązanie nie zgodził się Konserwator Zabytków. Zaprojektowanie elewacji w technologii fasady wentylowanej z wykończeniem imitującym pierwotne deskowanie miało połączyć przemysłową architekturę z okresu, w którym powstały budynki ze współczesnymi trendami wykonywania elewacji z betonu architektonicznego.

Nowy i ostatecznie zrealizowany projekt (opisany w referacie) obejmował wykonanie ocieplonej i wentylowanej elewacji z zewnętrzną powłoką z betonu natryskowego z imitacją odcisniętego naturalnego deskowania. Udało się to osiągnąć stosując podobne rozwiązanie jak w przypadku ścian krzywoliniowych w zrealizowanym Muzeum Historii Żydów Polskich POLIN w 2012r. w Warszawie [3]. Przyjęte rozwiązanie pokazano na rys. 2 i fot.2.

W pierwszej kolejności dokonano naprawy starych, uszkodzonych betonowych ścian zewnętrznych kilkucentymetrową warstwą betonu natryskowego zbrojonego siatką stalową. Po uzyskaniu jednolitej powierzchni tych ścian w nawierconych w nich otworach o głębokości 10-12 cm wklejano na klej epoksydowy kotwy stalowe,

ocynkowane, nagwintowane, $\varnothing 20$ mm w rozstawie 80x80 cm. Kotwienie w nowym i starym betonie, jak to pokazano na rys.2. Po ociepleniu ścian wełną mineralną o grubości 80 mm na zamocowanych wcześniej prętach stalowych wyznaczono punkty określające miejsca położenia deskowania traconego (płyta OSB o grubości 6 mm) stabilizując je po obu stronach nakrętkami centrującymi z podkładkami stalowymi . Pod górną nakrętką podkładkę stanowi blacha prostokątna z promieniowo umieszczonymi odgiętymi prętami stalowymi (tzw. „pajączki”) do których przymocowana zostanie siatka ze stali żebrowanej $\varnothing 4$ mm, ułożona w środku grubości 5 cm warstwy betonu natryskowego (fot.2).

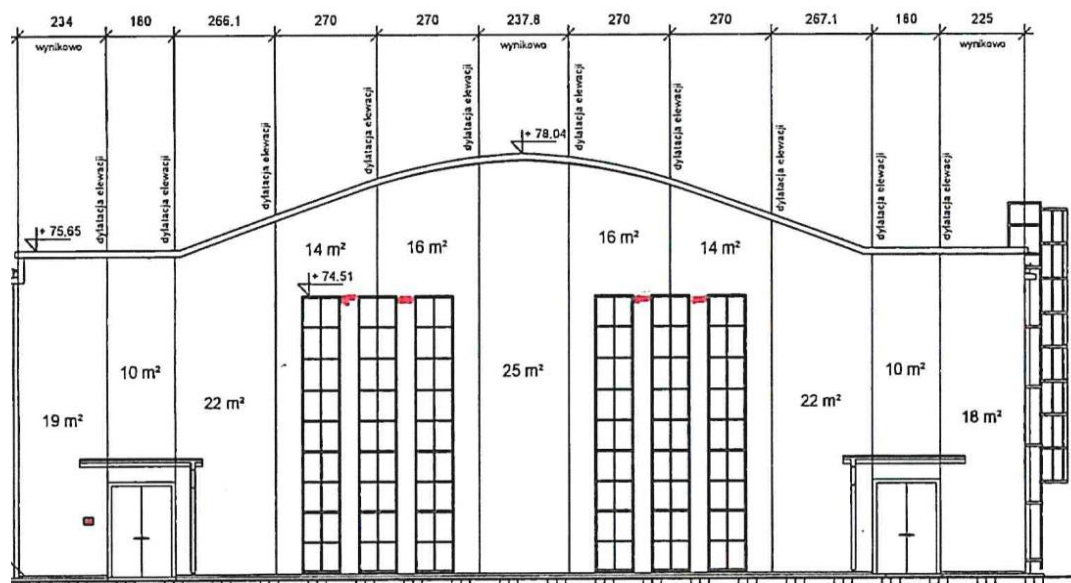


Rys.2. Projekt cienkościennej tarczy elewacji o grubości 5 cm nanoszonej techniką betonu natryskowego



Fot.2 Sposób zawieszenia deskowania traconego i siatki stalowej z „pajączkami” i elementami dystansowymi

W ramach projektu założono torkretowanie pasmami o zmiennej szerokości 1,8 m do 2,7 m, na całą wysokość elewacji wydzielając tym samym działki robocze o powierzchni od 10 do 27 m². Zasadę podziału przedstawiono na rys.3. Między działkami wyznaczono przerwy dylatacyjne, w których osadzono opatentowane listwy dylatacyjne o wysokości nanoszonej warstwy torkretu (tj. 5 cm) i szerokości 1 cm (fot 3.). Listwy dylatacyjne (zamknięte nakładką w trakcie betonowania i otwarte w trakcie eksploatacji) były zarówno wyznacznikami grubości betonowania jak i elementami pionowymi umożliwiającymi mocowanie folii na czas pielęgnacji torkretu.



Rys. 3 Podział elewacji na pionowe działki robocze wyznaczające pola torkretowania



Fot. 3 Rzeczywisty podział na działki torkretowania

3. Realizacja elewacji na placu budowy

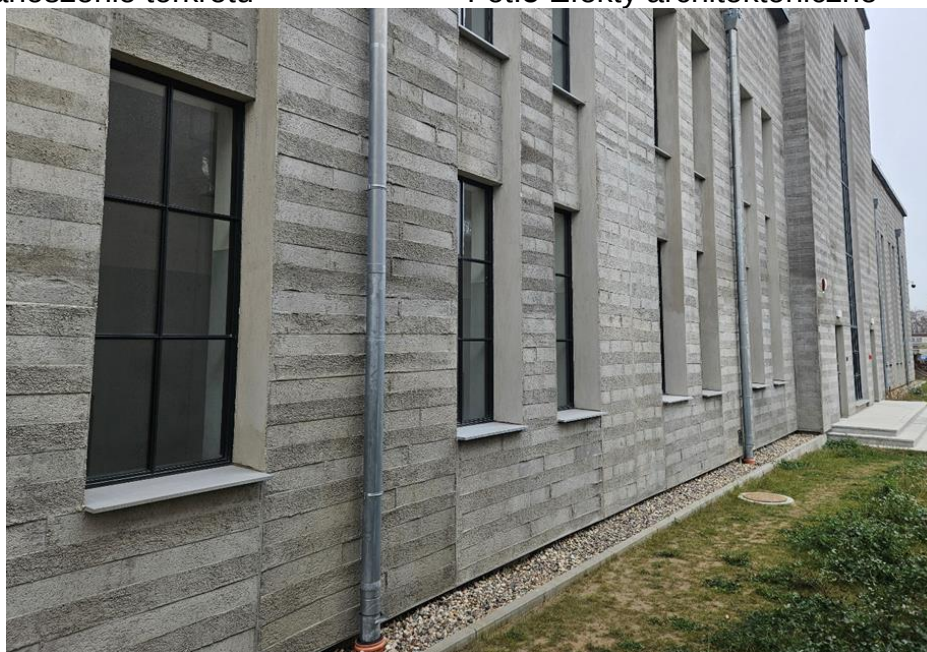
Po wykonaniu robót przygotowawczych związanych zamocowaniem deskowania traconego, zbrojeniem warstwy torkretu i zamocowaniu listew dylatacyjnych (w sposób pokazany na rys.3 i fot.3) przystąpiono do naniesienia pierwszej warstwy, tzw. konstrukcyjnej, betonu natryskowego o grubości 35 mm a następnie 15 mm warstwy z betonu architektonicznego. Powierzchnia została wykończona w technice „cut”, a na wyznaczonych powierzchniach w postaci odcisnięcia odwzorowania szalunku wykonanego z desek. Proces nanoszenia betonu natryskowego i odwzorowania deskowania pokazano na fot. 4, 5 i 6.



Fot.4 . Nanoszenie torkretu



Fot.5 Efekty architektoniczne



Fot.6 Widok gotowej elewacji

Torkret był wykonany w technologii suchej a konfekcjonowany materiał był przywożony z odległości 20 km z wytwórni suchych mieszanek Firmy. Wykorzystano cement portlandzki CEM i 42,5 i kruszywo o uziarnieniu 0 – 4 mm. Beton wykonany z tej mieszanki odpowiadał klasie wytrzymałościowej C30/37, spełniał wymagania wytrzymałościowe i odporności mrozowej a jednocześnie był plastyczny by umożliwić wykonanie imitacji deskowania techniką odcisku. Technicznym problemem była duża liczba okien, która zdecydowanie spowalniała przebieg naprawy. Inną cechą tego projektu było odwzorowanie pierwotnego rysunku deskowania na nowej elewacji odsuniętej od pierwotnej ściany budynku o ok. 11 cm.

4. Podsumowanie

Beton natryskowy to beton, który ma wiele zalet w porównaniu z innymi metodami układania, bez konieczności stosowania rozległego deskowania strukturalnego i skomplikowanego systemu produkcji i transportu mieszanki betonowej.

Bogata literatura techniczna opisuje wiele tradycyjnych zastosowań związanych z renowacją betonu, ale wskazuje również na nowe trendy, jak np. natryskowe warstwy ogniochronne w tunelach drogowych. Beton natryskowy może być również używany do kształtowania przestrzeni architektonicznej, np. w North Burlington Skatepark Project, a także wielkopowierzchniowych elementów z betonu architektonicznego [3,4,7]. Nowym wyzwaniem towarzyszy rozwój technologii betonu drobnopopielistego z pyłem krzemionkowym, domieszkami chemicznymi i innymi dodatkami mineralnymi, z krótkimi włóknami stalowymi i polipropylenowymi, o bardzo wysokich właściwościach mechanicznych. Ta nowa generacja betonu z drobnopopielistym kruszywem, jest odpowiednia do stosowania w technologii betonu natryskowego.

5. Literatura

- [1] Kusterle W.: Sprayable fire-protective layers in traffic tunnels. In: Proc. of the third International Conference on Engineering Developments in Shotcrete, Queenstown, 15-17 March, 2010, Bernard, E.S. (ed.) Shotcrete: Elements of a System. CRC Press/ Balkema, Taylor & Francis, London 2010, p.159-172.
- [2] Lukas W., Kusterle W., Pichler W.: Neue Tendenzen in der Spritzbeton-Technologie - Probleme, Grenzen und Möglichkeiten. In: IBK-Bau-Fachtagung 186: Tunnel- und Stollenbauwerke - Neubau und Sanierung, Hannover, 26.+27. 9.94, Institut für das Bauen mit Kunststoffen, Darmstadt, 1994.
- [3] J. Jasiczak, W. Majchrzak, W. Czajka : Construction of Undulating Walls Using Dry-Mix Shotcrete, Concrete International, June 2015, V.37, No.6, pp.31-35.
- [4] J. Jasiczak, W. Majchrzak, W. Czajka: Main problems of repairing architectural elements of a railway flyover built in 1905-1914 within the city of Gorzów using dry-mix shotcrete technology. SPRITZBETON – Tagung Conference, Alpbach, Austria, 2021
- [5] J. Jasiczak: Concrete degradation in an over 100-year-old drinking water treatment plant, a case of lime leaching from the water retaining tanks. Archives of Civil Engineering, Vol.71, No.3, 2025
- [6] Dokumentacja na elewację ścian budynków odżelaziacza i filtrów pospiesznych na terenie stacji uzdatniania wody ul. Dolna Wilda 126 w Poznaniu. Autorzy : J. Graczyk, W. Czajka, 2023
- [7] W. Czajka : Modernization of the Water Treatment Plant in Poznań. Shotcrete Magazine, Vol. 27, No 1/2025, pp.12-15.