

Technologia torkretowania jako skuteczna metoda rewitalizacji obiektów w przestrzeni zurbanizowanej

mgr inż. Włodzimierz Majchrzak, SPB „TORKRET” sp. z o.o., sp. komandytowa

1. Wprowadzenie

Pomysł połączenia piasku i cementu, a następnie w dyszy natryskowej także wody powstał na początku ubiegłego wieku w USA. Prekursorem takiego rozwiązania był Carl Ethan Akeley (1864–1926) [1], który był mistrzem w dziedzinie preparowania zwierząt, które następnie dostarczał do najlepszych muzeów amerykańskich. W 1907 roku wpadł na pomysł „przerobienia” rozpylacza (własnej konstrukcji) do malowania na urządzenie do wykonania tynku piaskowo-cementowego na ścianach starej szopy. Urządzenie to nazwał pistoletem tynkarskim („plastergun”), prezentując publicznie swój wynalazek.



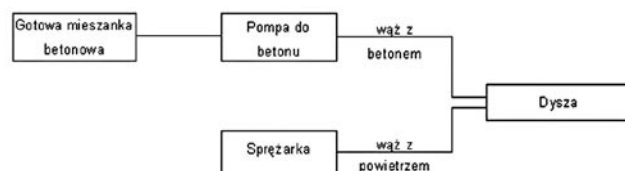
Rys. 1. Armatka ciśnieniowa „cement gun”

Oprócz technologii betonu natryskowego opracowanej przez C. E. Akeley’a zwanej metodą suchą opracowano sposób, gdzie najpierw łączono piasek i cement z wodą, a następnie transportowano ją hydraulicznie wężyem do dyszy natryskowej, do której doprowadzano powietrze o odpowiednim ciśnieniu w celu uzyskania dynamiki natrysku. Ten sposób wytwarzania betonu natryskowego nazwano metodą moką. Schematy technologiczne obu metod przedstawiono na rysunkach 2 i 3.

Beton natryskowy obu metod ma zastosowanie zarówno w procesie urbanizacji terenu oraz rewitalizacji obiektów na obszarach już zurbanizowanych.

Technologię torkretowania najczęściej stosuje się:

- do wzmocnienia i stabilizacji zboczy, skarp i wykopów,
- w budownictwie hydrotechnicznym, przy takich obiektach jak: nadbrzeża rzeczne i morskie, zapory i zbiorniki, baseny, akwedukty, okładziny kanałów, kanały irygacyjne i odwadniające,
- w budownictwie tunelowym: przy portalach, wzmocnieniu górotworu,



Rys. 2. Metoda sucha torkretowania



Rys. 3. Metoda mokra torkretowania

- w kopalniach, do wzmocnienia wyrobisk korytarzowych, wykonywania okładzin korytarzy,
- do wzmocnień i napraw wszelkich konstrukcji betonowych, żelbetonowych, ceglanych powstałych w przestrzeni życiowej człowieka,
- do ochrony przeciwpożarowej stali konstrukcyjnej i betonu, poprzez wykonanie okładzin ogniochronnych,
- w nowych konstrukcjach, takich jak: przekrycia i kopuły, konstrukcje krzywoliniowe, konstrukcje swobodnie kształtowane: baseny, ściany wspinaczkowe, rzeźby, tory saneczkowe i bobslejowe, skateparki itp.

W niniejszym artykule przedstawiono przykłady rewitalizacji obiektów inżynierskich, które zostały wcześniej przekształcone i zagospodarowane oraz przykłady rozwiązań zmieniających stopień urbanizacji danego terenu.

2. Przykłady zastosowania technologii torkretowania

Koncentracja inwestycji na zdegradowanych obszarach miejskich odbywa się zarówno przez powstawanie nowych obiektów, ale przede wszystkim poprzez odbudowę, odnowienie już istniejących z wykorzystaniem wszelkich technik budowlanych. Przywrócenie funkcjonalności miejskiej przestrzeni, która uległa zmianie (zniszczeniu) wskutek działalności człowieka, ma ogromne znaczenie dla odnowienia prawidłowych relacji ekonomicznych, społecznych

czy przyrodniczych, dla zrównoważonego rozwoju miasta. Przy wyborze technik budowlanych służących rewitalizacji obszarów zurbanizowanych technologia torkretowania znajduje swoje miejsce obok technik konserwatorskich, restrykcyjnych, rekonstrukcyjnych itp.

Podstawowe funkcje betonu natryskowego przedstawiono poniżej.

- Funkcja konstrukcyjna, wzmocnienie konstrukcji. Beton natryskowy pełniący funkcję konstrukcyjną odtwarza często konstrukcję w pełnym jej przekroju lub w powiązaniu z jej zachowaną częścią. Parametry torkretu uwzględnia się tak samo jak parametry betonu o tej samej klasie w celu obliczenia nośności i wytrzymałości.

- Funkcja reprofilująca. Zewnętrzne powierzchnie obiektów żelbetonowych, betonowych, ceglanych czy murowych narażone na działanie warunków atmosferycznych lub usytuowane w obszarach o dużej agresji chemicznej otoczenia ulegają powierzchniowej destrukcji objawiającej się osłabieniem lub nawet zniszczeniem części przypowierzchniowej. Skutkuje to lokalnymi ubytkami, przez które czynniki zewnętrzne z jeszcze większą intensywnością penetrują konstrukcję. Często w takich przypadkach stosujemy techniki natryskowe w celu uzupełnienia ubytków.

- Funkcja zabezpieczająca. Jednym z najczęstszych przypadków destrukcyjnych występujących w konstrukcjach żelbetonowych jest brak otuliny lub zbyt mała jej grubość, co często spowodowane jest wadliwym wykonawstwem lub zmianą przepisów czy norm. W restauracji obiektów terenów zurbanizowanych często dochodzi do zmiany przeznaczenia obiektu. W takim przypadku obowiązują inne przepisy i normy, szczególnie ochrony przeciwpożarowej. Torkretowanie jest praktycznie jedyną metodą na odtworzenie lub zwiększenie otuliny betonowej.

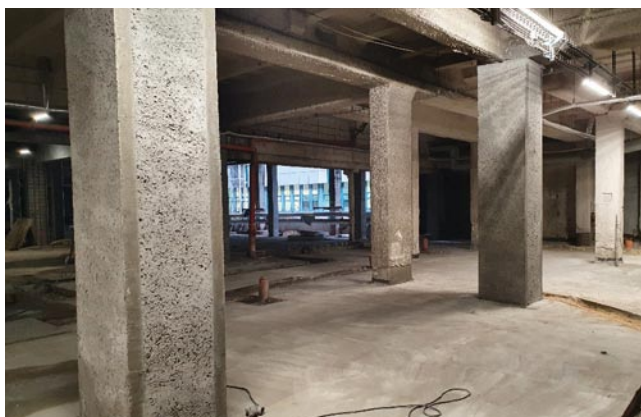
Wzmocnienie i pogrubienie metodą torkretowania słupów nośnych obiektu szpitalnego nieużytkowanego od ponad 40 lat przedstawiono na rysunku 4. Po decyzji o kontynuacji wykończenia obiektu powstał nowy projekt dotyczący wzmocnień, ochrony ppoż. z uwzględnieniem aktualnych norm i przepisów.

- Funkcja fakturowa. Wykańczanie zewnętrzne powierzchni torkretowej ma istotne znaczenie w związku z kompleksowym projektem odtworzenia obiektu. Wykańczanie torkretu czy architektonicznego, czy naprawczego podlega podobnym zabiegom wykonawczym. Powierzchnię świeżego betonu natryskowego należy wykończyć zgodnie z zaleceniami Europejskiej Specyfikacji dla Betonu Natryskowego [2].

- „As Shot” – stan po natryśnięciu pozostawiony bez jakichkolwiek zabiegów dodatkowych.

- „Cut & Flash” – jest stanem, gdy na świeżo wykonaną powierzchnię torkretu, po jej wstępnym związaniu i jednokierunkowym ścięciu nanosi się kolejną powłokę o wymaganej strukturze.

- Stan zatarty na gładko, który jest przypadkiem „Cut & Flash” z dodatkowym zatarciem na gładko. Takie wykończenie



Rys. 4. Wzmocnienie konstrukcji i ochrona ppoż. według aktualnych norm i przepisów

należy realizować z dużą ostrożnością, aby nie spowodować odspojenia betonu natryskowego od podłoża (na podstawie doświadczeń wykonawczych nie zalecamy takiego sposobu wykończenia).

W miarę możliwości należy unikać zacierania ze względu na duże prawdopodobieństwo powstania mikropęknięć wywołanych wielokierunkowym naruszeniem struktury betonu.

Oczywiście od tych typowych sposobów są odstępstwa. Powierzchnie wynikowe torkretów można również szlifować, polerować, poddawać technice reliefu, boniowania (rys. 5). Większość z tych zabiegów wykonuje się po osiągnięciu przez torkret wymaganej wytrzymałości wstępnej zabezpieczającej przed powstaniem uszkodzeń struktury materiału. Ostatnio dużą popularnością cieszy się faktura torkretu jako nieprzemysłowy sposób jej wytworzenia. Zapotrzebowanie na produkt „hand made” w aspekcie artystycznego kształtowania faktury powierzchni musi zawierać element ludzkiej niedokładności, niemożliwy do uzyskania np. w betonie architektonicznym wykonywanym w deskowaniu [3].

Problem rewitalizacji przy wykorzystaniu betonu natryskowego często budzi emocje wśród konserwatorów zabytków. Połączenie nowoczesnego materiału naprawczego (tu: betonu) z np. gotycką cegłą powoduje uzasadniony opór konserwatorski. Często jednak dla uratowania obiektu należy iść na kompromis. Takim przykładem była naprawa sklepienia



Rys. 5. Torkret architektoniczny i naprawczy; fragment estakady

w zabytkowym kościele p.w. Przemienienia Pańskiego przy ul. Długiej w Poznaniu.

Nieodłącznym dylematem przy decyzjach związanych z naprawą, odtworzeniem czy przywróceniem funkcji użytkowych obiektu jest problem „naprawiać czy rozbierać”. I tu specyfika technologii betonu natryskowego w wielu wypadkach pozwala zachować i przywrócić do eksploatacji obiekt, który mógłby zostać rozebrany. W wielu przypadkach udaje się zachować infrastrukturę techniczną, konstrukcyjną i umożliwić kontynuację lub wznowić działalność przemysłową, kulturalną czy społeczną w obszarze zurbanizowanym. Uwzględniając możliwości techniczne i rachunek ekonomiczny, często w takim obszarze należy przeprowadzić audyt ekologiczny przed podjęciem decyzji o zastosowaniu betonu natryskowego jako środka działań rewitalizacyjnych.

Przy całym szeregu zalet zastosowanie technologii natryskowych niesie za sobą również niekorzystny wpływ na środowisko. Przede wszystkim zapylenie. Zapylenie powstaje na skutek samego procesu natryskiwania, ale też przy czynnościach poprzedzających np. piaskowanie. Kilkanaście albo kilkadziesiąt procent materiału naprawczego niestety nie zostaje wbudowane w konstrukcję. Stanowi odpad, który należy zebrać, wywieźć i zutylizować. Dlatego tak niezwykle ważne jest osłanianie miejsca pracy operatora dyszy oraz sposób ochrony gleby, wody czy powietrza.

Częstym zastosowaniem betonu natryskowego jest wzmocnienie skarp i wykopów. Nie tylko w przestrzeni niezurbanizowanej (np. budowa autostrad, tuneli itp.), ale też przy budowie tzw. plomb w przestrzeni miejskiej. Przykład wzmocnienia wykopu pod nowo powstały budynek przedstawiono na rysunku 6.

Typowym zastosowaniem technologii torkretowania jest naprawa obiektów mostowych. W okresie ponad trzydziestoletniej działalności przedsiębiorstwa SPB „TORKRET” stanowi to ok. 50% wszystkich realizacji. Nie trzeba tutaj dodawać, że w zdecydowanej większości obiekty te zostały wybudowane w miastach. Obiekt mostowy jest przykładem zastosowania wszystkich lub prawie wszystkich funkcji betonu natryskowego, które opisano wcześniej.

Jest tutaj wzmocnienie przekroju poprzecznego podpór (wzmocnienie konstrukcji), uzupełnienie ubytków przyczółków, skrzydełek itp., zwiększenie lub uzupełnienie otuliny spodniej części pomostu, zachowanie geometrii i kształtu pierwotnego. Naprawę obiektu mostowego przy wykorzystaniu technologii torkretowania przedstawiono na rysunkach 7 i 8.

Technologia betonu natryskowego nie tylko służy do naprawy obiektów betonowych czy żelbetowych. Przykładem wzmocnienia i naprawy może być fragment ceglanej ściany nieistniejącej już Elektrowni Powiśle w Warszawie. Obiekt powstały w 1904 r. na Powiślu przetrwał częściowo do czasów współczesnych. Z zachowanych budynków powstała galeria handlowa o tej samej nazwie.



Rys. 6. Przykład wzmocnienia wykopu pod „plombę” budowlaną

Beton natryskowy jest materiałem mineralnym. Głównym składnikiem jest cement portlandzki o wysokiej wczesnej wytrzymałości.

W celu poprawy własności fizykomechanicznych dodaje się z reguły: aktywną mikokrzemionkę, włókna polipropylenowe, niealkaliczne przyspieszacze wiązania, inhibitory korozji itp. Skład mieszanki oraz receptura powinny być każdorazowo dobierane w zależności od naprawianego obiektu.

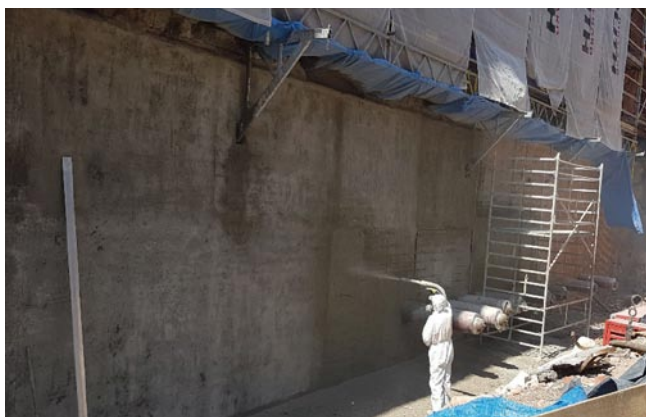
Najczęściej stosuje się kruszywa otoczakowe (piaski 0–2 mm, żwiry 2–8 mm) lub łamane granitowe, bazaltowe. Dynamika betonu natryskowego powoduje takie jego zagęszczenie, że uzyskanie wysokich wytrzymałości na ściskanie nie jest problemem. Problemem jest taki



Rys. 7. Podpory Mostu Łazienkowskiego, lata 2002–2003



Rys. 8. Ustrój nośny wiaduktu Franowo w Poznaniu, lata 2008–2009



Rys. 9. Ceglana ściana części piwnic wzmocniona torkretem w dawnej Elektrowni Powiśle w Warszawie

dobór materiału naprawczego, aby jego wytrzymałość na ściskanie co najwyżej o klasę była wyższa niż materiału naprawianego. Dlatego przed naprawą wskazane jest badanie podłoża pod kątem jego wytrzymałości oraz wytrzymałości na odrywanie. Jeżeli podłożo jest słabe lub grubość torkretu przekracza 5 cm, należy stosować siatki zbrojeniowe z prętów $\varnothing 6$, $\varnothing 8$, $\varnothing 10$ mm o oczkach 10x10, 15x15 cm.

W obszarach miejskich lub na ich obrzeżach umiejscowione są oczyszczalnie ścieków. Ich częścią składową są m. in. osadniki, różnego rodzaju zbiorniki. Są to budowle żelbetowe poddane silnej agresji ścieków ogólnospławnych, przemysłowych lub specjalnych, jak np. w Narodowym Centrum Badań Jądrowych. Uszkodzenia tych obiektów z reguły następują szybciej i są bardziej zaawansowane niż obiektów wolno stojących. Oprócz napraw bieżących zdarza się przywrócenie funkcji użytkowych obiektów eksploatacyjnie odstawionych z różnych względów przez lata nieużywanych. Naprawa takich obiektów jak najbardziej jest wskazana w technologii betonu natryskowego.

Grupę obiektów zamkniętych obszarów uprzemysłowionych stanowią między innymi:

- elektrownie,
- kopalnie,
- spalarnie śmieci,
- huty,
- oczyszczalnie ścieków,
- cementownie,
- zakłady przemysłowe o różnym profilu.

W każdym z tych przedsiębiorstw są obiekty inżynierskie o prostym i skomplikowanym sposobie ich waloryzacji. Z pewnością do takich obiektów należą (również nośnych medialnie) kominy i chłodnie kominowe. W latach dziewięćdziesiątych ubiegłego wieku odrestaurowano w Polsce kilkanaście chłodni kominowych i kominów przy zastosowaniu betonu natryskowego. O prawidłowym wyborze sposobu naprawy niech świadczy fakt, że po kompleksowej naprawie te obiekty dotrwały aż do czasu ich wyburzenia. Taki przykład miał miejsce w byłej Elektrowni „Adamów”



Rys. 10. Chłodnia kominowa w Turku

Rys. 11. Wzmocnienie i naprawa trzonu komina $h=100$ m w Koninie

w Turku, która ze względu na wyzerpanie złóż węgla brunatnego całkowicie zostanie wyburzona.

3. Podsumowanie

Restrukturyzacja i rewitalizacja terenów miejskich, śródmiejskich, położonych blisko centrum, ale też obszarów poprzemysłowych przyczynia się do kształtowania nowej przestrzeni i nowego ładu urbanistycznego miasta. Odzyskanie takich terenów zmniejsza też zapotrzebowanie na tereny nowe, niezabudowane. Lobby deweloperskie często dąży do likwidacji zabudowy na tych terenach w celu ich pozyskania dla swoich nowych inwestycji. Nie zawsze deweloperzy decydują się na odtworzenie i wykorzystanie aktualnego stanu zabudowy czy to poprzemysłowej, czy mieszkalnej danego terenu.

Przeszło trzydziestoletnie doświadczenie przedsiębiorstwa SPB „TORKRET” przekonuje, że technologia betonu natryskowego w wielu jego wariantach i odmianach służy odnowie, modernizacji oraz rekonstrukcji i rewitalizacji obiektów budowlanych. Dzięki tej technologii można zabezpieczyć i zmodernizować obiekty zabytkowe. Można przysłużyć się do zmiany przeznaczenia obiektu, a w typowych remontach przedłużyć okres eksploatacji, uwzględniając aktualny stan wiedzy oraz obowiązujące przepisy.

BIBLIOGRAFIA

- [1] Teichert P., Carl Akeley – A Tribute to the Founder of Shotcrete. Shotcrete V.4, Np 3, Summer 2002, str. 10–12
- [2] EFNARC Technical Committee. European Specification for Sprayed Concrete, European Federation of Producers and Applicators of Specialist Products for Structures. Aldershot, 1996
- [3] Słowek G., Majchrzak W., Naprawy konstrukcji żelbetowych przez torkretowanie. XXIX Ogólnopolska Konferencja WPPK, Szczyrk, 2014

