

Renowacja 93-letniego systemu kanalizacji ogólnospławnej w powiecie Cook w stanie Illinois w USA



tekst: mgr inż. JOANNA JACOBS, Metropolitan Water Reclamation District of Greater Chicago, USA

System kanalizacji zbiorczej znajdującej się na terenie powiatu Cook w stanie Illinois w USA, zarządzany przez Metropolitan Water Reclamation District of Greater Chicago (dalej District), posiada ok. 885 km rur kanalizacyjnych o różnej wielkości. W miarę starzenia się kolektorów należy poddawać je renowacji. W artykule opisano część systemu kolektorów znanych pod nazwą Salt Creek Intercepting Sewer Contract No. 2, wchodzących w skład kanalizacji ogólnospławnej, odprowadzającej ścieki bytowo-gospodarcze i opadowe.

Salt Creek Intercepting Sewer, zbudowany w 1927 r., wymagał renowacji ok. 10 km rur kanalizacyjnych o średnicy od 254 do 686 mm i kolektorów o przekroju dzwonowym od 1,07 x 1,52 m do 2,13 x 2,13 m. Renowacji podlegało również 78 studni kanalizacyjnych. Do renowacji kolektorów District rozpatrywał użycie metody rękawa utwardzonego na miejscu (*cured-in-place pipe* – CIPP), zwanego również wykładziną CIPP, metodę relingu (*sliplining*) i geopolimeru naniesionego metodą natryskową. Do renowacji kolektora o przekroju dzwonowym (2,13 x 2,13 m) wykonawca wybrał beton geopolimerowy naniesiony metodą natryskową, a dla pozostałego systemu kanalizacji – metodą CIPP. Grubość powłoki renowacyjnej obliczono przy założeniu, że kolektor jest całkowicie zniszczony (kanał utracił swoją nośność lub istnieje ryzyko jej utraty w niedalekiej przyszłości). Renowacja studni kanalizacyjnych została podzielona na dwie kategorie: całkowicie zniszczonych oraz wymagających ochrony przed korozją. Do renowacji studni całkowicie zniszczonych District rozpatrywał zastosowanie żywicy poliuretanowej metodą natryskową lub użycie polimeru wzmocnionego włóknem szklanym. Ostatecznie wykonawca wybrał żywicę poliuretanową nakładaną metodą natryskową. W studniach, które wymagały tylko zabezpieczenia przed korozją, wykonawca pokrył ścianki studni 25,4-milimetrową warstwą zmodyfikowanego cementu z 3,2-milimetrową warstwą żywicy epoksydowej. W artykule omawiono wyzwania, jakie pojawiły się w trakcie budowy,

a także przedstawiono wyciągnięte z tego projektu wnioski.

Charakterystyka systemu

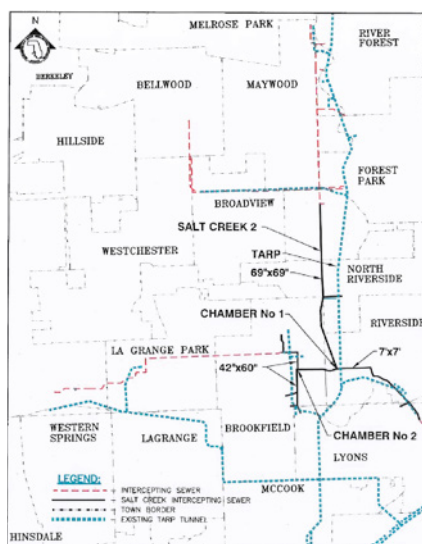
System kolektorów ściekowych Salt Creek Intercepting Sewer przebiega przez cztery miejscowości: North Riverside, Riverside, Brookfield oraz Lyons, i obsługuje 14 miejscowości (ryc. 1). W celu odciążenia kolektora i ograniczenia przelewu ścieków do rzeki Des Plaines District wybudował w tym obszarze system tuneli i zbiorników TARP.

W skład tego systemu kolektorów wchodzi: 2,26 km rur o przekroju dzwonowym o wymiarach 2,13 x 2,13 m, 3,79 km rur o przekroju dzwonowym o wymiarach 1,75 x 1,17 m, 2,40 km rur o przekroju dzwonowym o wymiarach 1,07 x 1,52 m i 1,55 km rur o średnicy od 254 do

686 mm. Te kolektory przebiegają przez teren szpitalny, ciasną zabudowę rezydencyjną, park narodowy i ogród zoologiczny Brookfield. Kolektory o większym rozmiarze mają głębokość ok. 9–12 m. Część tego systemu została zbudowana w dolomitach wapiennych metodą urobkową (ryc. 2), a część – metodą otwartego wykopu.



Ryc. 2. Komora nr 1 podczas budowy w 1927 r.



Ryc. 1. Mapa lokalizacji Salt Creek Interceptor Sewer

W trakcie przygotowań District rozważał wiele metod technologii bezwykopowej odnowy tych kolektorów, nie tylko pod względem ekonomicznym, ale również uciążliwości dla ludności podczas prac renowacyjnych. Ostatecznie zdecydował się umieścić w swoich specyfikacjach technologię renowacji rękawem utwardzonym na miejscu (CIPP) lub (i) metodą relingu (*sliplining*) oraz metodą betonu geopolimerowego naniesionego metodą natryskową.

19 grudnia 2015 r. firma Kenny Construction Company (obecnie znana jako Granit Construction Company) wygrała przetarg na renowację kolektora Salt Creek Intercepting Sewer. Częściowe ukończenie renowacji nastąpiło 19 grudnia 2019 r., a ostateczne – w kwietniu 2020 r.

Z trzech metod, które wymieniono w kontrakcie, wykonawca wybrał dla kolektora o wymiarach 2,13 x 2,13 m metodę betonu geopolimerowego (QUADEX GeoKrate) naniesionego metodą natryskową, a dla reszty systemu – metodę renowacji rękawem utwardzanym na miejscu (CIPP).

Na rycinie 2 pokazano budowę komory nr 1 (*Chamber No. 1*). Spotykają się w niej dwa kolektory: z północy, o rozmiarach 1,75 x 1,75 m, i z zachodu, o rozmiarach 1,07 x 1,52 m. Komora została zbudowana w 1927 r. bez bezpośredniego dostępu do niej z zewnątrz.

Ocena stanu technicznego kolektora

Inspekcję systemu kolektorów Salt Creek Intercepting Sewer przeprowadzono przy użyciu kamer CCTV, a w miejscach, gdzie kolektor nieoczekiwanie zmienił kształt, dodatkowo przy użyciu technologii laserowo-sonarowej. Inspekcja kamerą CCTV wykazała pęknięcia, nieuszczelnienie połączeń, infiltrację i erozję betonu w wyniku działania siarkowodoru generowanego przez rozkład osiadłych ciał stałych (ryc. 3). Inspekcja wizualna studzienek kanalizacyjnych ujawniła pęknięcia w betonowych ścianach oraz ubytki betonu w ścianach i dnie studzienki.

Przygotowania do renowacji

Przed instalacją powłoki renowacyjnej kolektor musi być wyczyszczony i wysuszony, a to wymaga zainstalowania



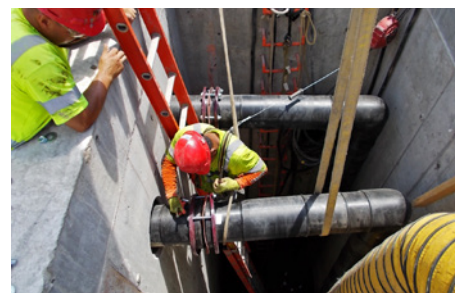
Ryc. 3. Typowe problemy wewnątrz kolektorów: a – wyrwa w podłodze kolektora, b i c – infiltracja, d – ubytek betonu w ścianie kolektora

tymczasowego obejścia transferu ścieków – bajpasu. Aby mieć możliwość zainstalowania bajpasu, zbudowano dwie nowe studzienki kanalizacyjne. Pierwsza powstała nad komorą nr 1, gdzie spotykają się dwa duże kolektory. Chcąc zaoszczędzić czas podczas renowacji systemu kolektorów Salt Creek Intercepting Sewer, studzienka kanalizacyjna nad komorą nr 1 została zbudowana na podstawie wcześniejszej umowy. Istnienie tej studzienki umożliwiło wykonawcy zainstalowanie przepompowni ścieków w komorze nr 1. Ta przepompownia składała się z dwóch pomp głębinowych i dwóch 10-calowych rur z PE-HD (ryc. 4), które zapewniały przesył ścieków w wielkości od 408 do 454 m³/h do pobliskiej studni TARP. Druga studzienka kanalizacyjna została wybudowana na ślepej części kolektora znajdującego się na północ od kolektora Salt Creek Intercepting Sewer. W niej umieszczono przepompownię ścieków, która zapewniała przesył ścieków z miejscowości położonych na północ od poddawanych renowacji kolektorów oraz z pobliskiego szpitala (ryc. 5).

Kolejnym wyzwaniem dla wykonawcy było zainstalowanie bajpasu dla ścieków pochodzących z ogrodu zoologicznego, których kanały były w trzech miejscach podłączone do kolektora. Jedno z tych podłączeń znajdowało się w pobliżu klatki z lwem, w strefie o dużym natężeniu ruchu pieszych. Wykonawca miał dwie możliwości przesłania ścieków do studni TARP: dłuższą, w kierunku zachodnim,



Ryc. 4. Przepompownia ścieków w komorze nr 1



Ryc. 5. Przepompownia ścieków położona na północ od Salt Creek Intercepting Sewer



Ryc. 6. Instalacja bajpasu na terenie ogrodu zoologicznego

przez cały park zoologiczny, lub krótszą, ale bardziej skomplikowaną, w kierunku wschodnim. Ostatecznie wykonawca wybrał kierunek na wschód i zainstalował dwa bajpasy, które połączył razem, i używając 12-calowej rury PE-HD, przepompował ścieki do studni TARP. Rura została zainstalowana pod główną ulicą za pomocą przewiertu HDD.

Po zainstalowaniu bajpasu wykonawca wyczyścił kolektory (mycie metodą ciśnieniową, usuwanie korzeni i osadów mineralnych).

Wykładzina CIPP

Technologia renowacji rur kanalizacyjnych rękawem utwardzonym na miejscu (CIPP) umożliwia bezwykopowe przywrócenie jego właściwości użytkowych i wytrzymałościowych. Nasączony żywicą rękaw jest inwersyjnie wprowadzany do rurociągu przy użyciu sprężonego powietrza lub wody albo jest wciągany. Utwardzanie następuje przez recyrkulację gorącej wody lub pary wodnej.

Całkowicie bezwykopowa instalacja jest możliwa w wypadku rur o mniejszych średnicach, gdzie rękaw można wprowadzić bezpośrednio przez właz studzienki kanalizacyjnej bądź przez studzienkę po zdjęciu włazu. Na rycinie 7 pokazano instalację rękawa o średnicy 610 mm przez właz o średnicy 553 mm. Wyzwanie pojawia się, gdy kolektor jest duży, a grubość wykładziny CIPP przekracza 40 mm. W takich przypadkach konieczna jest instalacja szybu wejściowego.



Ryc. 7. Inwersyjne wprowadzanie rękawa o średnicy 686 mm

Grubość wykładziny CIPP dla całej sieci kolektorów obliczono, zakładając, że kolektor jest zupełnie zniszczony. Grubość wykładziny dla kolektorów okrągłych była obliczana zgodnie z normą amerykańską ASTM F1216. Z kolei dla kolektorów o przekroju dzwonowym została obliczona na podstawie dużo ostrożniejszej normy brytyjskiej Water Research center (WRc) Sewer Rehabilitation Manual (SRM) Type II Design.

Projektowana grubość wykładziny CIPP dla kolektora 1,75 x 1,75 m wynosiła 41 i 61 mm, a dla kolektora o wymiarach 1,07 x 1,52 m mieściła się w przedziale 40–47 mm. W kolektorach okrągłych przed wprowadzeniem rękawa wykonawca zainstalował uszczelkę typu Insignia.

Podczas szczegółowych pomiarów kolektorów o przekroju dzwonowym stwierdzono, że w wielu krótkich segmentach kolektor był o 50–250 mm większy niż specyfikowany. Tam, gdzie kolektor był większy niż 76 mm, District pozwolił na rozciągnięcie rękawa do 6% pierwotnego rozmiaru. W obszarach większych niż 76 mm wykonawca użył betonu natryskowego (torkret), aby przywrócić kolektor do pierwotnego kształtu.

Chcąc wprowadzić rękaw do kolektorów o przekroju dzwonowym o wymiarach 1,75 x 1,75 m i 1,07 x 1,52 m, wykonawca zbudował tymczasowe szyby, używając rury stalowej falistej. Na kolektorze o wymiarach 1,75 x 1,75 m powstało sześć szybów o średnicy 3,35 m, na kolektorze o wymiarach 1,07 x 1,52 m – tylko dwa szyby o średnicy 1,83 m.

Montaż i utwardzanie dużych rozmiarów wykładzin CIPP stanowi duże wyzwanie szczególnie tam, gdzie kolektor znajduje się na głębokości ok. 30 m, a ostateczna grubość wykładziny CIPP wynosi 61 mm. Przed wprowadzeniem rękawa do kolektora o dużych rozmiarach należy rozważyć wiele aspektów, np. jak długi rękaw może być wprowadzony, jak gruby filc musi być zamówiony, o ile więcej żywicy musi zostać wtrysnięte do rękawa, aby osiągnąć grubość projektowaną, a co najważniejsze – jaka musi być temperatura wody podczas utwardzania. Przed rozpoczęciem pierwszego procesu wprowadzania rękawa wykonawca zainstalował w dolnej części kolektora kabel światłowodowy (Veri-Cure) do monitorowania temperatury wykładziny CIPP podczas utwardzania. Po zainstalowaniu kilku wykładzin CIPP w celu lepszego monitorowania temperatury podczas utwardzania zdecydowano się na zainstalowanie kabli światłowodowych w dolnej i górnej części kolektora.

Wykładzina nasączona żywicą została wprowadzona do kolektora metodą inwersyjną pod wpływem parcia hydrostatycznego wody, a utwardzona przez recyrkulację gorącej wody. Średni czas wprowadzania segmentu rękawa o wielkości 1,75 x 1,75 m i jego utwardzenia

wynosił sześć dni. W tym czasie wykonawca monitorował temperaturę wykładziny i migrację żywicy do położonego niżej kolektora.

Na rycinie 8 pokazano wtryskiwanie żywicy poliestrowej do filcowej tuby i przeciąganie jej przez szczelinę między wykładziną CIPP w górę i w dół od szybu wykonawca odbudował górną część kolektora zbrojonym betonem, a szyb wypełnił chudym betonem (mniej niż 10 MPa). Przestrzeń między dwoma segmentami wykładzin CIPP o długości 3,35 m została wypełniona warstwą betonu geopolimerowego o grubości 64,2 mm, zmniejszając się w kierunku wykładziny CIPP.

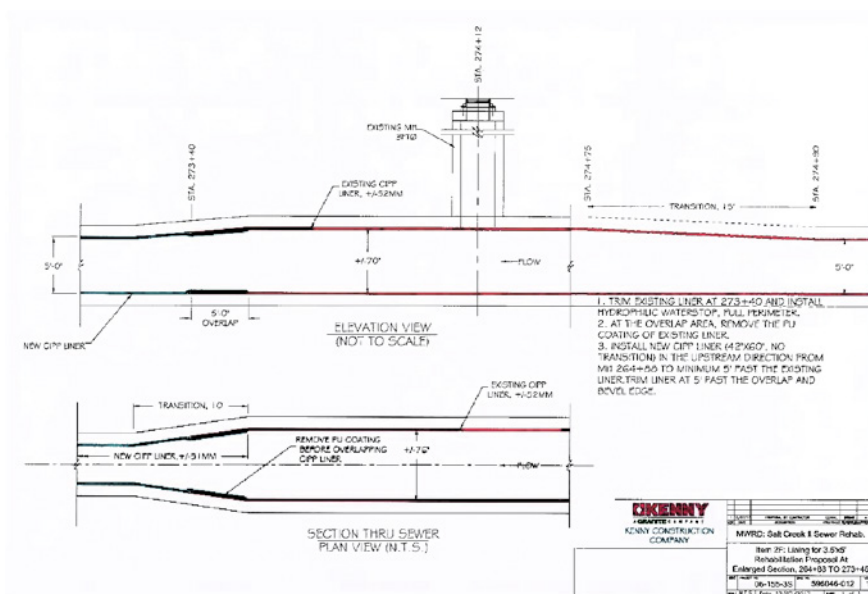


Ryc. 8. Wtrysk żywicy poliestrowej



Ryc. 9. Wprowadzania rękawa do kolektora o wymiarach 1,75 x 1,75 m przez szyb o długości 335 m

Najbardziej problematyczne było zaprojektowanie wykładziny CIPP dla segmentu, który na długości 44,2 m zwiększył przekrój z 1,07 x 1,52 m do 1,78 x 1,93 m (ryc. 10). Pierwszą wykładziną CIPP o długości 135,6 m (zaznaczona na czerwono) wprowadzono zgodnie z kierunkiem spadku kolektora. Składała się z dwóch części: pierwszej o długości 91,44 m i grubości 51 mm i drugiej, powiększonej, o długości 44,2 m i grubości 55 mm. Czas wprowadzania tej wykładziny i jej utwardzania wynosił cztery dni. Ostateczna grubość tej części wykładziny CIPP wynosiła 47 mm i 52 mm. Następnie przygotowano pozostałą część segmentu do wprowadzenia wykładziny CIPP ze studzienki znajdującej



Ryc. 10. Wykładzina CIPP dla powiększonego segmentu

się w dolnej części tego segmentu (wykładzina oznaczona na niebiesko-zielono). W obszarze łączeniowym tych dwóch wykładzin CIPP wykonawca usunął z wykładziny 1,52 m zewnętrznej, poliuretanowej warstwy w celu zespojenia z wykładziną nakładaną. W końcowej części wykładziny nakładanej została zainstalowana taśma dylatacyjna Waterstop.

Na rycinie 11 pokazano łączenie się obu wykładzin. Po zainstalowaniu i utwardzeniu nakładanej wykładziny CIPP wykonawca zauważył niewielką szczelinę między tymi wykładzinami. Aby uszczelnić tę lukę, ten obszar pokryto żywicą epoksydową (NeoPoxy NPR-5300).



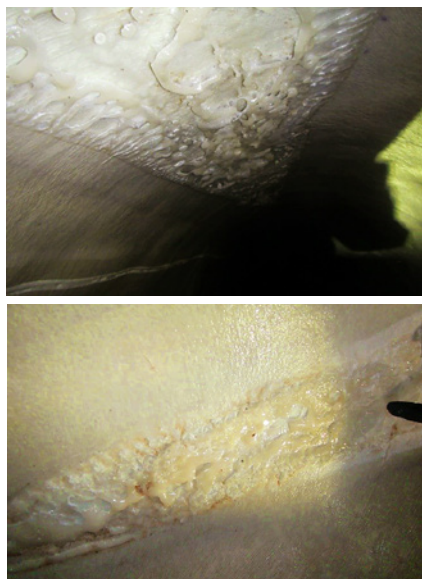
Ryc. 11. Obszar łączeniowy

Chociaż większość dużych instalacji wykładzin CIPP została ukończona bez kłopotu, to jednak zidentyfikowano kilka problematycznych obszarów. Po zainstalowaniu i utwardzeniu jednego z segmentów wykładziny CIPP w kolektorze o wymiarach 1,75 x 1,75 m wykonawca stwierdził, że w jednym obszarze zapadła się górna część wykładziny. District zezwolił na usunięcie tylko uszkodzonej części wykładziny CIPP i zainstalowanie w tej części wykładziny CIPP Part-Liner, zachodzącej na istniejącą wykładzinę. Po między istniejącą wykładziną CIPP i wy-

kładziną Part-Liner zainstalowano taśmę dylatacyjną Waterstop.

Kolejny problem wystąpił na odcinku o długości 230 m. Dotyczył on pierwszych 12 m od punktu wejściowego wykładziny CIPP. Wykonawca zaobserwował, głównie wzdłuż sklepienia kolektora, przebarwienia i nieprawidłowości (ryc. 12). Z tego segmentu pobrano wiele próbek rdzeniowych, które potwierdziły, że w początkowym, 12-metrowym odcinku filc wykładziny nie miał jednolicie nasyconego żywicą profilu. Warstwy w wykładzinie były rozdzielone i zaobserwowano pęcherzyki gazu w warstwie żywicy (ryc. 13). W pozostałej części stwierdzono tylko wady w zewnętrznej powłoce poliuretanowej.

Ponieważ ten uszkodzony obszar mógł wpłynąć na wytrzymałość wykładziny, wykonawca wyciął pięć dodatkowych



Ryc. 12. Nieprawidłowości w wykładzinie CIPP wzdłuż sklepienia kolektora

paneli w celu dalszego badania wykładziny. Ostatecznie usunięto 10,2 m wykładziny CIPP i w to miejsce zainstalowano wykładzinę składającą się z betonu geopolimerowego o grubości 58 mm (QUADEX GeoKrete) i 25-milimetrowej warstwy poliuretanowej (Spraywall, produkowanej przez SprayRoq).

Beton geopolimerowy

Beton geopolimerowy to zwykły beton, ale zamiast cementu portlandzkiego stosuje się spoiwo geopolimerowe. Geopolimer to polimer glinokrzemowy, powstały z syntezy krzemu (Si) i aluminium (Al) oraz stabilizujących je kationów metali. W specyfikacjach District wymagał, aby beton geopolimerowy zawierał 70% materiału pucolanowego z grup zawierających SiO_2 , MgO , Al_2O_3 , Fe_2O_3 . Nieaktywny krzemian i tlenek glinowy znajdujący się w spoiwie poddaje się reakcji z użyciem cieczy alkalicznych, takich jak NaOH i Na_2SiO_3 lub KOH i K_2SiO_3 , które formują beton geopolimerowy i działają jak spoiwo geopolimerowe. Spoiwo geopolimerowe wymieszane z kruszywami i wodą podlega polimeryzacji i tworzy beton geopolimerowy.

W systemie kolektorów Salt Creek Intercepting Sewer kolektor o długości 2,26 km, przekroju dzwonowym i wymiarach 2,13 x 2,13 m poddano renowacji przy użyciu natryskowego betonu geopolimerowego (GeoKrete, produkowanego przez Quadex). Grubość tej wykładziny wynosiła 74 mm, a w części pod przejazdem kolejowym 81 mm.



Ryc. 13. Próbk rdzeniowe z uszkodzonej części

Kolektor ten biegnie wąskimi uliczkami śródmieścia miejscowości Riverside w pobliżu rzeki Des Plaines i w pewnym momencie ją przecina. Na rycinie 14 pokazano wielkość terenu potrzebnego dla ulokowania tam sprzętu do renowacji kolektora. W namiocie wykonawca przechowywał 454-kilogramowe worki suchego geopolimeru, aby chronić je latem przed upałem, a zimą przed zamarzaniem. Mieszalnik znajdował się w pobliżu wjazdu. W mieszalniku suchy GeoKrete mieszano z wodą ok. 3 minuty, skąd przelewano go do podajnika, a z podajnika przepompowywano do kolektora.



Ryc. 14. Teren pod sprzęt

Wykonawca miał dwie możliwości układania betonu geopolimerowego: przy użyciu sprzętu do natrysku obrotowego lub natryskiwania ręcznego. Zdecydował się na ręczne natryskiwanie. Długość sekcji była limitowana przez możliwość pompowania betonu. W tych sekcjach beton geopolimerowy GeoKrete był natryskiwany w dwóch warstwach – najpierw na ścianach i stropach, a następnie na podłodze kolektora. Na rycinie 15 przedstawiono kolektor po położeniu betonu geopolimerowego GeoKrete.

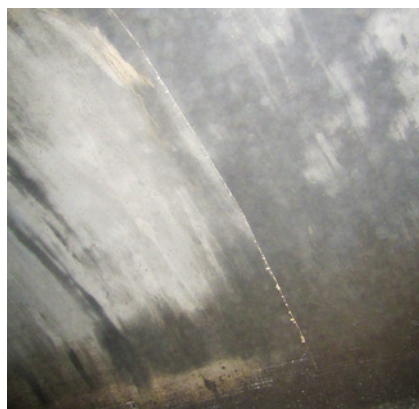


Ryc. 15. Kolektor po położeniu betonu geopolimerowego GeoKrete

Renowacja kolektora o przekroju dzwonowym o wymiarach 2,13 x 2,13 m rozpoczęła się we wrześniu 2016 r., a w kwietniu 2017 r. wykonawca zaobserwował znaczny spadek wartości wytrzymałości na ściskanie w 28-dniowym

betonie geopolimerowym, który wynosił mniej niż 55 MPa. W czerwcu 2017 r. prace zostały przerwane. Wykonawca zatrudnił firmę Wiss, Janney, Elstner Associates, Inc (WJE) do oceny wytrzymałości na ściskanie już położonego betonu geopolimerowego GeoKrete. Pobrano wiele próbek rdzeniowych z wykładziny betonu geopolimerowego z miejsc o różnym wieku betonu i przetestowano je pod kątem wytrzymałości na ściskanie. Dodatkowo zostały przeprowadzone testy nieniszczące wykładzinę (bez konieczności wycinania próbek) na wytrzymałość na ściskanie zainstalowanego betonu polimerowego GeoKrete. Wyniki testów wykazały, że wartość wytrzymałości na ściskanie betonu GeoKrete po 28 dniach nadal wzrastała i ostatecznie osiągnęła specyfikowaną wartość 55 MPa. Z przeprowadzonych testów wynika, że wzrost wytrzymałości na ściskanie betonu geopolimerowego osiąga maksymalny poziom po ok. 112 dniach. Utwardzanie trwało znacznie dłużej niż standardowego betonu, co spowodowało, że District zmienił kryteria oceny wytrzymałości betonu geopolimerowego dla reszty wykładziny.

Około pięć miesięcy po położeniu betonu geopolimerowego inspektorzy



Ryc. 16. Po położeniu betonu geopolimerowego zaobserwowano pęknięcia o wielkości włosa oraz infiltrację

z District zauważyli w kilku miejscach pęknięcia o wielkości włosa oraz infiltrację. Po kilku miesiącach większość pęknięć wielkości włosa zniknęła. Aby zatrzymać infiltrację, wykonawca powiększył otwór przecieku i do zatrzymania infiltracji zastosował szybkowiążący hydrauliczny związek cementowy (Speedplug, wyprodukowany przez Euclid Chemical). Pozostały otwór został wypełniony betonem geopolimerowym. Po tych naprawach infiltracja nie pojawiła się ponownie. Większość lokalizacji infiltracji w wykładzinie zaobserwowano tam, gdzie kolektor znajdował się pod rzeką lub w jej pobliżu.

Renowacja studzienek i komór kanalizacyjnych

Do systemu kolektorów Salt Creek Intercepting Sewer należą studzienki kanalizacyjne wjazdowe, zbudowane z cegły, o średnicy 91 cm, oraz komory zbierające ścieki z kanalizacji miejskiej.

Renowację ceglanych studzienek kanalizacyjnych wyłącznie w celu ochrony przed korozją wykonał podwykonawca, Kim Construction. Na rycinie 17 pokazano typową ceglana studzienkę o średnicy 91 cm. Dla zatrzymania infiltracji podwykonawca użył chemicznej zaprawy cementowej AV-100, produkcji Avanti International. Ubytki w ceglach zostały wypełnione cementem glinowo-wapniowym QSR, wyprodukowanym przez Strong Company. Po oczyszczeniu ścian studzienki strumieniem wody pod ciśnieniem, zatrzymaniu infiltracji, wypełnieniu wszystkich ubytków i usunięciu wszystkich starych stopni podwykonawca nałożył 25,4-milimetrową warstwę cementu glinowo-wapniowego, wzmocnionego włóknem szklanym (Strong-Seal® High Performance Mix). Na tę warstwę cementową została naniesiona trzymilimetrowa warstwa żywicy epoksydowej Raven 405. Po utwardzeniu żywicy epoksydowej zamontowano nowe stopnie.



Ryc. 17. Ceglana studzienka kanalizacyjna



Ryc. 18. Studzienka kanalizacyjna po renowacji

Wykładzina w komorach kanalizacyjnych była zaprojektowana przy założeniu, że komory są całkowicie zniszczone. Grubość wykładziny z żywicy poliuretanowej (SprayWall, wyprodukowana przez SprayRoq Inc.) wynosiła od 14 do 32 mm, w zależności od głębokości komory. Wykładzina została położona przez podwykonawcę, Spectrum Contract Company.

Przed położeniem wykładziny, aby usunąć wszelkie zanieczyszczenia, takie jak olej, smar, nieorganiczne i organiczne substancje stałe oraz luźny beton, powierzchnia ścian komory została umyta wodą pod ciśnieniem. Infiltrację zatrzymano, stosując chemiczną zaprawę cementową ST-524, wyprodukowaną przez Strata-Tech. Komory zostały sprawdzone pod kątem ubytków w ścianach betonowych i ubytków na dnie komory (ryc. 19).



Ryc. 19. Brakująca podłoga komory

Te ubytki były wypełnione szybkowiązającą zaprawą cementową Silatec CAM, wyprodukowaną przez A.W. Cook Cement Products. Również ściany o powierzchni ceglanej zostały pokryte zaprawą cementową Silatec CAM. Istniejące stopnie przycięto równo ze ścianą. Następnie płaskie ściany komory zostały ponacinane pod kątem w liniach poziomych i pionowych w odstępach co 635 mm (ryc. 20). Bardzo ważną częścią przygotowania powierzchni było utrzymanie jej w suchości.

Po upływie roku od instalacji wykładziny z żywicy poliuretanowej SprayWall podczas inspekcji CCTV kolektora inspektor zauważył, że niektóre komory miały



Ryc. 20. Nacięcia na ścianach komory

pęknięcia w płaskich ścianach i rozwarstwienie od ściany przy połączeniu z kolektorem (ryc. 21).



Ryc. 21. Pęknięcie (lewy) i rozwarstwienie od ściany przy połączeniu z kolektorem (prawy)

District zażądał od wykonawcy sprawdzenia wszystkich poddanych renowacji komór. Problem występował głównie na połączeniu między wykładziną SprayWall a kolektorem, ale również znaleziono kilka pęknięć w wykładzinie. Aby naprawić obszary z pęknięciami, podwykonawca usunął część wykładziny z pęknięciem, osuszył odsłonięty beton i ponownie nałożył wykładzinę SprayWall. Szczelina na połączeniu z kolektorem została wypełniona żywicą epoksydową NeoPoxy NPR-5300. Jak dotąd naprawy zakończyły się powodzeniem.

Wyzwania i wyciągnięcie wniosków

Obecnie Amerykańskie Towarzystwo Badań i Materiałów (ASTM) nie podaje wytycznych do projektowania CIPP dla dużych, nieokrągłych rur. ASTM F1216 dotyczy tylko renowacji rur okrągłych. Nie ma również wytycznych ASTM do projektowania wykładziny z użyciem betonu geopolimerowego, szczególnie w przypadku nieokrągłych, dużych rur. Obecnie istnieją trzy różne metody projektowania wykładzin dla dużych, nieokrągłych rur i każda z tych metod

daje inne wyniki. District wybrał metodę projektowania UK Water Research center (WRC) Sewer Rehabilitation Manual (SRM) Type II Design, ponieważ naszym zdaniem jest najbardziej wymagająca.

Jednym z bardzo ważnych aspektów renowacji rur o dużych rozmiarach i renowacji komór kanalizacyjnych, niezależnie od wybranej metody, jest staranne planowanie każdego etapu renowacji. W fazie projektowania rozmiar rury należy zweryfikować, np. za pomocą technologii laserowo-sonarowej, zwłaszcza gdy kolektory zostały zbudowane metodą urobkową.



Wiele czasu i pieniędzy można zaoszczędzić, znając dokładny rozmiar kolektorów. Następnie bardzo ważne jest przygotowanie powierzchni. Zatrzymanie infiltracji i wysuszenie powierzchni może mieć krytyczne znaczenie dla instalacji niektórych wykładzin, takich jak system wykładzin poliuretanowych. W przypadku rur o większych rozmiarach podczas utwardzania wykładzin CIPP konieczne jest monitorowanie temperatury utwardzania przy stopnie i w dolnej części kolektora. Informacje te pomagają zapewnić odpowiednią jakość wykładziny CIPP. Na koniec coś, co District wyniósł z tego kontraktu: bardzo ważną rolę odgrywa bezpośredni kontakt z producentem materiałów i jego pomoc.

Literatura

- [1] Seshu Doguparti R.: *A Study on Bond Strength of Geopolymer Concrete*. „International Scholarly and Scientific Research & Innovation” 2015, Vol. 9, No. 3, pp. 355–358

Zdjęcia: Metropolitan Water Reclamation District of Greater Chicago, USA

