

BIURO USŁUG INŻYNIERSKICH

Dr inż. Leszek Wysocki
Ul. Bacciarellego 10F/9, 51-649 Wrocław

DOKUMENTACJA PROJEKTOWA MODERNIZACJI KOLEKTORÓW KANALIZACYJNYCH W ODPROWADZAJĄCYCH ŚCIEKI Z OSIEDLA „KOPERNIKA” W GŁOGOWIE

ZLECENIODAWCA: *Przedsiębiorstwo Wodociągów i Kanalizacji Sp. z o.o.*
ul. Łąkowa 52, 67-200 Głogów

AUTOR OPRACOWANIA: *dr inż. Leszek Wysocki*

Wrocław, maj 2013

1. Podstawa opracowania

Podstawę opracowania stanowi zlecenie (pismo TS-Z-5/13) z dnia 23 stycznia 2013 roku z Przedsiębiorstwa Wodociągów i Kanalizacji w Głogowie Sp. z o.o. (ul. Łąkowa 52, 67-200 Głogów) skierowane do Biura Usług Inżynierskich (ul. Bacciarellego 10F/9, 51-649 Wrocław).

2. Cel i zakres opracowania

Celem niniejszego opracowania jest opracowanie dokumentacji projektowej modernizacji kolektorów kanalizacyjnych w ul. Kopernika w następującym zakresie:

- przegląd aktualnego stanu technicznego,
- wybór najkorzystniejszej technologii renowacji na podstawie istniejących materiałów oraz przeglądu stanu technicznego,
- obliczenia wykładzin wzmacniających konstrukcję kanałów,
- opracowanie opisu technologii wykonania prac,
- opracowanie przedmiarów robót dla poszczególnych odcinków,
- opracowanie kosztorysów inwestorskich dla poszczególnych odcinków,
- opracowanie specyfikacji wykonania i odbioru robót.

3. Materiały wykorzystane w opracowaniu

[3.1] PN- EN 206 – 1 Beton część 1: Wymagania, właściwości, produkcja i zgodność.

[3.2] Czarnecki L., Emmons P.: Naprawa i ochrona konstrukcji betonowych. Polski Cement 2003.

[3.3] Badania kamerą CCTV i informacje uzyskane od Zleceniodawcy, wyniki wizji lokalnej i badań makroskopowych wykonane przez autora opracowania.

[3.4] Wytyczne ATV-DVWK – A 127P Obliczenia statyczno-wytrzymałościowe kanałów i przewodów kanalizacyjnych. Wydawnictwo Seidel-Przywecki Sp. z o.o., Warszawa 2000.

[3.5] Materiały pomocnicze ATV-DVWK – A127P Obliczenia statyczno-wytrzymałościowe dla rehabilitacji technicznej przewodów kanalizacyjnych przez wprowadzenie linerów lub metodą montażową. Wydawnictwo Seidel Przywecki, styczeń 2000.

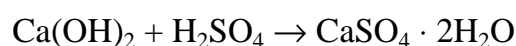
4. Ocena stanu technicznego

Przedmiotowe kolektory kanalizacyjne wykonano z żelbetowych kręgów o długości 1.0 m i średnicy wewnętrznej około 1200 mm i 1400 mm. Kręgi produkowane były prawdopodobnie w zakładzie o niskim poziomie technicznym co potwierdza położenie zbrojenia. Siatka zbrojeniowa jest w wielu kręgach przesunięta tak, że po jednej stronie otulina jest prawidłowa (a nawet zbyt gruba), a po drugiej stronie w wielu przypadkach brak jest otuliny. Ocenę stanu technicznego wykonano na podstawie:

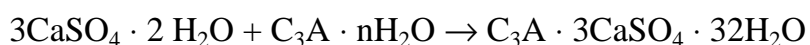
- wyników badań kamerą CCTV (badania wykonane przez Zlecającego),
- badań wytrzymałości betonu na ściskanie (wyniki badań przekazał Zamawiający),
- badań rozstawu i średnicy prętów zbrojeniowych (wyniki badań przekazał Zamawiający),
- wyników badań grubości otuliny i stopnia jej neutralizacji (wyniki badań przekazał Zamawiający),
- wizji lokalnej i badań makroskopowych betonu i zbrojenia wykonanych przez autorów opracowania.

W trakcie wizji lokalnej stwierdzono widoczne zbrojenie na znacznej części kręgów. Zbrojenie w wielu przypadkach jest wyraźnie skorodowane ze zmniejszeniem średnicy prętów z 10 do 6 mm. Badanie stopnia neutralizacji betonowej otuliny wykazało, że beton jest zneutralizowany na głębokość do 15 mm, wobec stwierdzonej średniej jej

grubości wynoszącej około 15 mm, oznacza to, że otulina nie chroni skutecznie stali zbrojeniowej przed korozją. Dla konstrukcji żelbetowych korozja zbrojenia oznacza koniec okresu ich eksploatacji lub konieczność wykonania trybie pilnym poważnego remontu. Stan taki stwierdzono na wielu fragmentach. Przyczyną postępującej korozji betonu i stali jest siarkowodór, który powstaje w wyniku rozkładu substancji organicznych zawartych w ściekach. Ścieki bytowo-gospodarcze nie są agresywne w stosunku do betonu, jednak w kanałach okresowo może dochodzić do zagniwania ścieków lub fermentacji osadów. Powstający w wyniku tych procesów siarkowodór jest utleniany przez bakterie z rodzaju *Thiobacillus* do kwasu siarkowego. W pierwszym etapie kwas siarkowy atakuje wodorotlenek wapnia według poniższej reakcji:



w wyniku tej reakcji powstaje siarczan wapnia (gips). Powstający gips krystalizuje z dwoma cząsteczkami wody, zwiększając przy tym swoją objętość o 130 %. W drugim etapie gips może łączyć się z glinianem trójwapniowym według poniższej reakcji:



tworząc sól Candlota, która krystalizuje ze zwiększeniem objętości o 227 %. Krystalizujący gips i sól Candlota wywołują wewnętrzne naprężenia powodujące w pierwszej fazie rysy i pęknięcia, a następnie złuszczenia i całkowite zniszczenie struktury betonu. Ciśnienie krystalizacyjne przy przejściu CaSO_4 w $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ wynosi około 110 MPa (wytrzymałość betonu na rozciąganie zwykle nie przekracza około 4.0 MPa). Już w początkowej fazie korozji siarczanowej (jeszcze przed wystąpieniem wyraźnych objawów korozji) następuje neutralizacja betonowej otuliny co powoduje szybką korozję prętów zbrojeniowych. W chwili obecnej, gdy na znacznych obszarach przewodu widoczne jest zbrojenie i doszło do neutralizacji betonowej otuliny oraz korozji betonu i stali zagrożone jest bezpieczeństwo budowli. Korozja po zneutralizowaniu otuliny postępuje stosunkowo szybko i dla tego prace remontowe powinny być wykonane w stosunkowo krótkim czasie.

6. Zalecenia

6.1. Przewód kanalizacyjny

Wobec konieczności zachowania w możliwie dużym stopniu dotychczasowych wymiarów kanału za najkorzystniejszą technologię renowacji na tym odcinku uznać należy zastosowanie utwardzanego rękawa z żywicy epoksydowej zbrojonego włóknem szklanym. Lokalnie nośność przewodu nie jest zachowana ze względu na korozję zbrojenia (stan techniczny III według wytycznych ATV). Po zainstalowaniu rękawa proces korozyjny zbrojenia, ze względu na zanieczyszczenie betonu siarczanami oraz neutralizację otuliny będzie trwał nadal do czasu całkowitego „zużycia” siarczanów, co będzie powodowało dalsze obniżanie nośności. Konieczne jest więc zastosowanie rękawów samonośnych. Grubość rękawów na poszczególnych odcinkach określono w pkt.7. Prace na tych odcinkach zaleca się wykonać w ciągu najbliższych trzech lat.

6.2. Renowacja studni

Studnie połączeniowe i rewizyjne są integralną częścią przewodu kanalizacyjnego, konieczna jest więc także ich renowacja dla ujednolicenia trwałości przewodu po renowacji za pomocą rękawów. Dla zabezpieczenia odpowiedniej trwałości studni zaleca się wykonanie następujących prac:

- studnię dokładnie oczyścić metodą hydropiaskowania, usunąć ze spoin (dolna część studni) osłabioną zaprawę, ewentualne mocno osłabione fragmenty cegły należy usunąć,
- wymienić wszystkie stopnie żłazowe na klamry stalowe pokryte PE w jaskrawym kolorze, do osadzania klamer zaleca się użycie wodoszczelnej zaprawy PCC o wysokiej odporności na siarczany np. Ombran MHP, Topolit Kanalbaumortel,

- pokryć powierzchnię studni warstwą zaprawy PCC o wysokiej odporności na siarczan np. Ombran MHP, Topolit Kanalbaumortel lub inną o analogicznych właściwościach. Grubość warstwy zaprawy nie powinna być mniejsza od 10 mm. Ewentualne ubytki zaprawy w kinecie, po dokładnym jej oczyszczeniu, uzupełnić taką samą zaprawą.

7. Obliczenia statyczno-wytrzymałościowe wykładzin

7.1. Kanał o średnicy DN 1200 mm

Wobec braku polskich norm i wytycznych obliczenia oparto na wytycznych niemieckich ATV A 127. Przyjęto obciążenie naziomu taborem komunikacyjnym SLW 60 (ciężar pojazdu normowego 600 kN). Do obliczeń przyjęto (brak szczegółowych badań warunków gruntowo-wodnych), że przewód posadowiony jest w jednorodnym gruncie z grupy G1 (wg wytycznych ATV). Dane dla gruntu:

- zagęszczenie $D_{Pr} = 95 \%$
- kąt tarcia wewnętrznego $\Phi = 30^\circ$
- głębokość przekrycia $h = 6.35 \text{ m}$,
- przyjęto szerokość dna wykopu $b = 1.2 \text{ m}$,
- szerokość zewnętrzna przewodu $d_a = 1.2 \text{ m}$
- grubość ścianki przewodu 18 mm,
- kąt tarcia gruntu o ściany przewodu $\delta = 2/3\Phi = 20^\circ$,
- kąt nachylenia ścian wykopu $\beta = 90^\circ$.

Obliczenia wielkości obciążeń przewodu

Parametry gruntu:

$$E_1 = E_2 = E_3 = 16 \text{ MPa}$$

$$E_4 = 10 E_1 = 160 \text{ MPa}$$

$$\max \lambda = 1 + \frac{\frac{h}{d_a}}{\frac{3.5}{a'} + \frac{2.2}{\frac{E_4}{E_1}(a' - 0.25)} + \left[\frac{0.62}{a'} + \frac{1.6}{\frac{E_4}{E_1}(a' - 0.25)} \right] \frac{h}{d_a}} = 1.56$$

gdzie:

$$- \quad a' = a \cdot E_1/E_2 = 1 \cdot 1 = 1$$

$$\lambda_R = \frac{\max \lambda V_s + a' \frac{4K_2 K'}{3} \frac{\max \lambda - 1}{a' - 0.25}}{V_s + a' \frac{3 + K_2 K'}{3} \frac{\max \lambda - 1}{a' - 0.25}} = 0.433$$

$$\lambda_B = \frac{4 - \lambda_R}{3} = 1.19$$

$$K_2 = 0.4$$

$$K' = - \frac{C_{v,qh} + \frac{C_{h,qh}}{C_{h,qv}} C_{h,qh}^* K^*}{C_{v,qv} + C_{h,qh}^* K^*} = 0.87$$

$$V_s = \frac{8S_0}{|c_v^*| S_{Bv}} = 0.0129$$

$$c_v^* = c_{v,qv} + c_{v,qh}^* \cdot K^* = -0.0057$$

$$S_{Bv} = \frac{E_2}{a} = 16 \text{ MPa}$$

$$S_{Bh} = 0.6 \zeta E_2 = 14.4 \text{ MPa}$$

Z tabeli 10a wytycznych ATV odczytano:

$$c_{v,qh} = 0.0833$$

$$c_{h,qh} = -0.0833$$

$$c_{h,qv} = 0.0956$$

$$c_{v,qv} = -0.0966$$

$$c_{h,qh}^* = -0.0658$$

$$c_{v,qh}^* = 0.0640$$

$$K^* = \frac{C_{h,qv}}{V_{RB} - C_{h,qh^*}} = 1.42$$

$$V_{RB} = \frac{8S_0}{S_{Bh}} = 0.00138$$

$$S_0 = \frac{E_R}{12} \left(\frac{s}{d_m} \right)^3 = 0.0025 \text{ MPa}$$

$$E_R = 9000 \text{ MPa}$$

Wypadkowe obciążenia pionowe przewodu wyznaczamy z zależności :

$$q_v = \lambda_{RG} \cdot p_E + p_V$$

$$\lambda_{RG} = \frac{\lambda_R - 1}{3} \frac{b}{d_a} + \frac{4 - \lambda_R - 1}{3} = 1$$

$$p_E = \gamma_B \cdot h = 20 \cdot 6.35 = 127 \text{ kN/m}^2$$

$$p_v = \phi \cdot p = 1.2 \times 6.2 = 7.44$$

$$q_v = 1 \cdot 127 + 7.44 = 134.44 \text{ kN/m}^2$$

Wypadkowe obciążenie poziome przewodu wyznaczamy z zależności :

$$q_h = K_2(\lambda_B \cdot p_E + \gamma_B \cdot d_a/2) = 65.3 \text{ kN/m}^2$$

$$q_h^* = \frac{c_{h,qv} q_v + c_{h,qh} q_h}{V_{RB} - c_{h,qh^*}} = 110.3 \text{ kN/m}^2$$

Deformacja rękawa:

$$\Delta d_v = \frac{2r_m}{8S_o} (c_{v,qv} q_v + c_{v,qh} q_h + c_{v,qh^*} q) = 0.0288$$

$$\delta_v = \frac{\Delta d_v}{2r_m} 100 = 2.4 \% < \delta_{dop} = 5 \%$$

Obliczenia potwierdziły, że możliwe jest zmniejszenie grubości rękawa do 17 mm.

Ze względu na znaczną długość przedmiotowego przewodu i znaczne zróżnicowanie zagłębienia można zastosować rękawy o różnej grubości w zależności od zagłębienia przewodu.

7.2. Kanał o średnicy DN 1400 mm

Przyjęto obciążenie naziomu taborem komunikacyjnym SLW 60 (ciężar pojazdu normowego 600 kN). Do obliczeń przyjęto (brak szczegółowych badań warunków gruntowo-wodnych), że przewód posadowiony jest w jednorodnym gruncie z grupy G1 (wg wytycznych ATV). Dane dla gruntu:

- zagęszczenie $D_{Pr} = 95 \%$
- kąt tarcia wewnętrznego $\Phi = 30^\circ$
- głębokość przekrycia $h = 6.35 \text{ m}$,
- przyjęto szerokość dna wykopu $b = 1.4 \text{ m}$,
- szerokość zewnętrzna przewodu $d_a = 1.4 \text{ m}$
- grubość ścianki przewodu 12 mm ,
- kąt tarcia gruntu o ściany przewodu $\delta = 2/3\Phi = 20^\circ$,
- kąt nachylenia ścian wykopu $\beta = 90^\circ$.

Obliczenia wielkości obciążeń przewodu

Parametry gruntu:

$$E_1 = E_2 = E_3 = 16 \text{ MPa}$$

$$E_4 = 10 E_1 = 160 \text{ MPa}$$

$$\max \lambda = 1 + \frac{\frac{h}{d_a}}{\frac{3.5}{a'} + \frac{2.2}{\frac{E_4}{E_1}(a' - 0.25)} + \left[\frac{0.62}{a'} + \frac{1.6}{\frac{E_4}{E_1}(a' - 0.25)} \right] \frac{h}{d_a}} = 1.385$$

$$\lambda_R = \frac{\max \lambda V_s + a' \frac{4K_2 K' \max \lambda - 1}{3} \frac{a' - 0.25}{a' - 0.25}}{V_s + a' \frac{3 + K_2 K' \max \lambda - 1}{3} \frac{a' - 0.25}{a' - 0.25}} = 0.429$$

$$\lambda_B = \frac{4 - \lambda_R}{3} = 1.19$$

$$K_2 = 0.4$$

$$K' = -\frac{C_{v,qh} + \frac{C_{h,qh}}{C_{h,qv}} C_{h,qh}^* K^*}{C_{v,qv} + C_{h,qh}^* K^*} = 0.868$$

$$V_s = \frac{8S_0}{\left| c_v^* \right| S_{Bv}} = 0.0082$$

$$c_v^* = c_{v,qv} + c_{v,qh}^* \cdot K^* = -0.0048$$

$$S_{Bv} = \frac{E_2}{a} = 16 \text{ MPa}$$

$$S_{Bh} = 0.6 \zeta E_2 = 14.4 \text{ MPa}$$

Z tabeli 10a wytycznych ATV odczytano:

$$c_{v,qh} = 0.0833$$

$$c_{h,qh} = -0.0833$$

$$c_{h,qv} = 0.0956$$

$$c_{v,qv} = -0.0966$$

$$c_{h,qh}^* = -0.0658$$

$$c_{v,qh}^* = 0.0640$$

$$K^* = \frac{C_{h,qv}}{V_{RB} - C_{h,qh}^*} = 1.434$$

$$V_{RB} = \frac{8S_0}{S_{Bh}} = 0.000236$$

$$S_0 = \frac{E_R}{12} \left(\frac{s}{d_m} \right)^3 = 0.00047 \text{ MPa}$$

$$E_R = 9000 \text{ MPa}$$

Wypadkowe obciążenia pionowe przewodu wyznaczamy z zależności :

$$q_v = \lambda_{RG} \cdot p_E + p_V$$

$$\lambda_{RG} = \frac{\lambda_R - 1}{3} \frac{b}{d_a} + \frac{4 - \lambda_R - 1}{3} = 1$$

$$p_E = \gamma_B \cdot h = 20 \cdot 2.35 = 47 \text{ kN/m}^2$$

$$p_V = \phi \cdot p = 1.2 \times 14.5 = 17.4$$

$$q_v = 1 \cdot 47 + 17.4 = 64.4 \text{ kN/m}^2$$

Wypadkowe obciążenie poziome przewodu wyznaczamy z zależności :

$$q_h = K_2(\lambda_B \cdot p_E + \gamma_B \cdot d_a/2) = 36.3 \text{ kN/m}^2$$

$$q_h^* = \frac{c_{h,qv} q_v + c_{h,qh} q_h}{V_{RB} - c_{h,qh}^*} = 47.4 \text{ kN/m}^2$$

Deformacja rękawa:

$$\Delta d_v = \frac{2r_m}{8S_o} (c_{v,qv} q_v + c_{v,qh} q_h + c_{v,qh}^* q) = 0.021$$

$$\delta_v = \frac{\Delta d_v}{2r_m} 100 = 4.98 \% < \delta_{dop} = 5 \%$$

Ze względu na występujące deformacje przewodu, zwłaszcza na złączach zaleca się zastosowanie rękawa o grubości powiększonej do 19 mm.

8. Technologia realizacji prac

8.1. Instalacja rękawów

Na rynku dostępnych jest wiele technologii wykonywania rękawów. Wytyczne wykonania prac dotyczyć mogą wybranej w drodze przetargu technologii. Firma, która zostanie wybrana w procesie przetargowym dostarcza opis przewidywanej technologii do akceptacji Zamawiającego. Wykonawca zobowiązany jest do dostarczenia do badań w niezależnym laboratorium wskazanym przez Zamawiającego po 3 próbki utwardzonego rękawa z każdego odcinka (o danej średnicy), wymiary próbek nie mniejsze od 120 x 300 mm. Wykonać należy badania modułu sprężystości E oraz badania przesiąkliwości.

8.2. Renowacja studni

Zakres prac dla renowacji studni opisano w pkt.6.2. Warunkiem skuteczności wykonanych prac jest dokładne przygotowanie powierzchni. Zaleca się wykonanie kontrolnych badań wytrzymałości na odrywanie w losowo wybranych studniach (wskazane jest wykonanie badań co najmniej w co trzeciej studni – 3 pomiary). Średnia wytrzymałość na odrywanie dla większości materiałów naprawczych nie może być mniejsza od 1.5 MPa, minimalna w pojedynczych punktach od 1.0 MPa. O

ostatecznej minimalnej wytrzymałości podłoża można będzie zdecydować po wyborze konkretnego materiału. W ramach odbioru końcowego wykonać należy badania wytrzymałości na odrywanie w losowo wybranych studniach (wskazane jest wykonanie badań co najmniej w co trzeciej studni – 3 pomiary). Wytrzymałość na odrywanie nałożonej powłoki nie może być mniejsza od 1.2 MPa. Wykonać też należy pomiary grubości powłoki (w miejscach wykonywania pomiarów na odrywanie), lokalnie grubość powłoki nie może być mniejsza od wymaganej o więcej niż 20 %.