

Dobór obudowy wykopu tymczasowego dla posadowienia zbiornika retencyjnego wód opadowych osiedla Chabrowe Wzgórze w Kowalach

Mgr inż. Marek Kopras, firma Kopras

1. Opis zadania inwestycji

Na terenie wybudowanego osiedla mieszkaniowego Chabrowe Wzgórze w miejscowości Kowale pojawił się problem z odprowadzeniem wód opadowych. Na terenie między blokami po opadach deszczu tworzyły się kałuże z wód opadowych.

W związku z powyższym zaprojektowano zorganizowane odprowadzenie wód opadowych z terenu inwestycji, tj. budynków oraz terenów przyległych (dróg, parkingów i chodników).

Założono, że wody opadowe z powierzchni terenu oraz dachów będą odprowadzane systemem kanalizacji deszczowej do zbiornika retencyjnego na wody deszczowe. Przed zrzutem wód do zbiornika retencyjnego zaprojektowano urządzenia podczyszczające, tj. osadnik i separator. W urządzeniach podczyszczających podczyszczone zostaną wszystkie wody opadowe z całej zlewni.

W zbiorniku zaprojektowano przepompownię wód opadowych, która przetłoczy zgromadzone wody opadowe ze zbiornika do kanalizacji deszczowej projektowanej w związku z przebudową ul. Zeusa.

Założono, że ilość wód opadowych odpływających ze zbiornika retencyjnego do kanalizacji nie będzie przekraczać 10,0 dm³/s. Sumaryczna ilość wód

odprowadzanych z terenu projektowanej inwestycji oraz przebudowywanej ul. Zeusa będzie wynosić nie więcej niż 40,2 dm³/s.

Pojemność zaprojektowanego zbiornika powinna zapewnić zgromadzenie wód opadowych z deszczu o natężeniu $q = 265 \text{ dm}^3/\text{s}/\text{ha}$ i czasie trwania $t = 15 \text{ min}$.

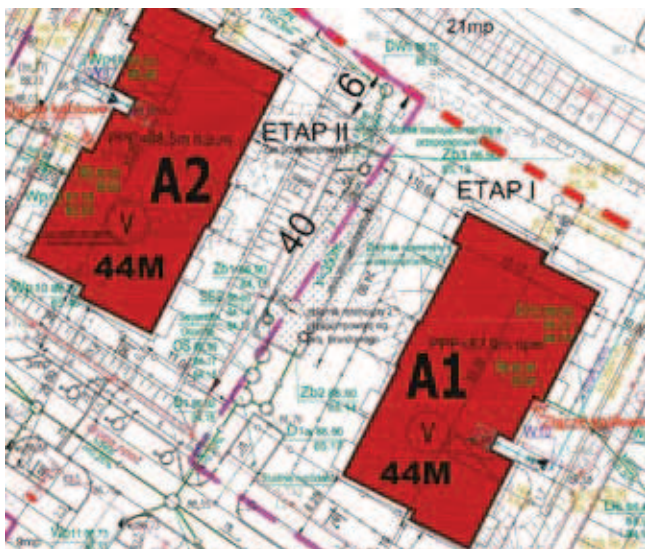
Wymagana pojemność zbiornika przy takim natężeniu deszczu z uwzględnieniem odwadnianego obszaru oraz stałego odpływu o natężeniu $Q = 10 \text{ dm}^3/\text{s}$ do kanalizacji deszczowej powinna wynosić: $V = 276,7 \text{ m}^3$.

Ostatecznie zaprojektowano zbiornik prostopadłościenny o pojemności 350 m³, o długości całkowitej 24,0 m, szerokości 6,0 m i wysokości 3,69 m (wymiary zewnętrzne), przykryty warstwą gruntu o grubości około 2 m.

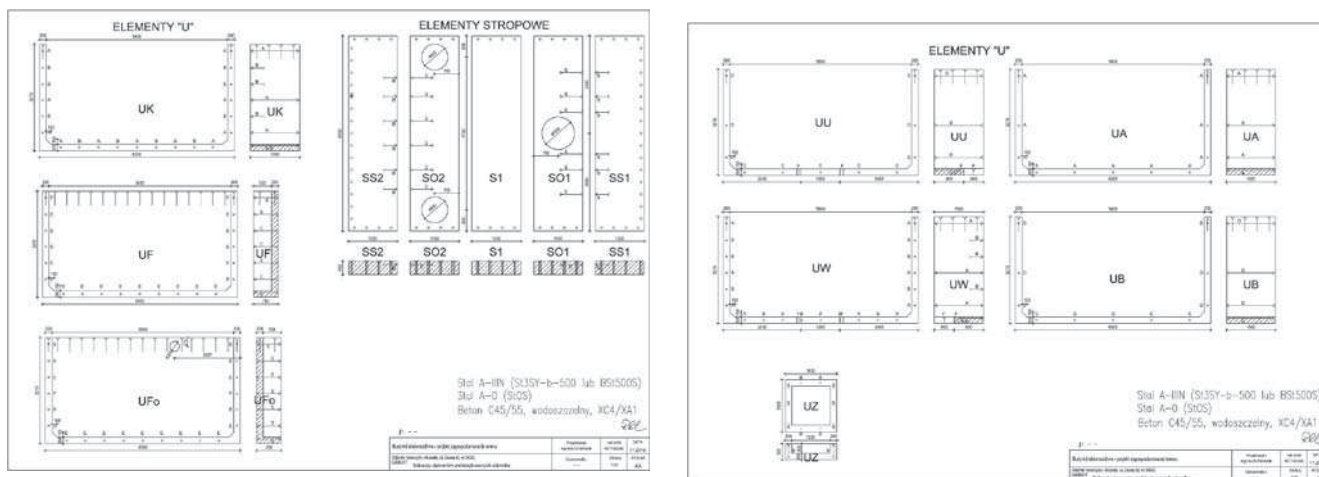
2. Konstrukcja zbiornika

Projekt zbiornika został wykonany przez K. B. Dom Sp. z o.o., a autorem projektu był mgr inż. Roman Pankanin. Zbiornik retencyjny dla osiedla wielorodzinnego „Chabrowe Wzgórze” w miejscowości Kowale zaprojektowano z elementów prefabrykowanych żelbetowych wykonanych z betonu C45/55, wodoszczelnego, przyjmując klasę ekspozycji XC4, XA1. Elementy zaprojektowano w 2 grupach elementów: U – ściany + dno grubości 20 cm (o szerokości 6,0 m i 3,27 m wysokości, elementy stropowe grubości 40 cm). W elementach ściennych zaprojektowano specjalne elementy szczytowe stanowiące boczne zamknięcie zbiornika. Elementy te mają większą liczbę łączników niż pozostałe elementy prefabrykowane oraz mają połączenie za pomocą kotew $\phi 16$ z elementami stropowymi. Pomiędzy poszczególnymi elementami prefabrykowanymi zaprojektowano uszczelnienie z „Butylowego sznura uszczelniającego SILBUT-Uni”, zapewniające szczelność w wysokości 3 bar. Docisk uszczelki zapewniają śrubowe kotwy $\phi 16$, rozmieszczone w bocznej krawędzi elementów. Komory śrubowe należy po montażu szczelnie wypełnić zaprawą montażową bezskurczową np. Sika Grout 4N. Obciążenie użytkowe stropu przyjęto w wysokości 15 kPa (parking terenowy).

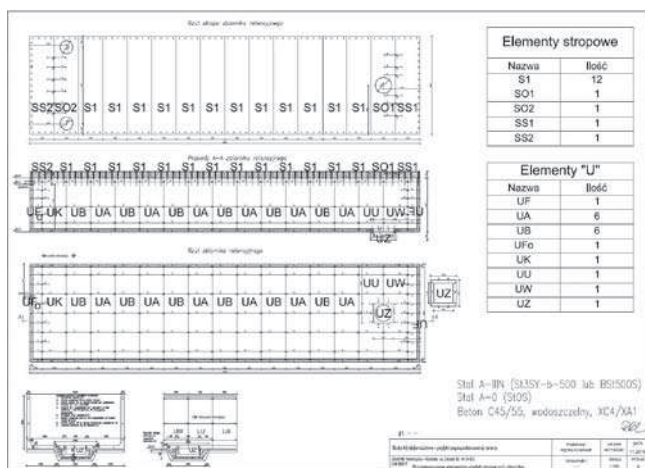
Zwykłe elementy U mają po 8 łączników gwintowanych $\phi 25$ wkręcanych w tuleje montażowe, a następnie studzienki karbowane w stropach są wypełniane zaprawą montażową bezskurczową np. Sika Ground 4N. Elementy stropowe przewidziano układać na zaprawie



Rys. 1. Lokalizacja budynków mieszkalnych oraz projektowanego zbiornika wód opadowych



Rys. 2. Gabaryty elementów prefabrykowanych zbiornika. Długość poszczególnych systemów U wynosi 1500 mm



Rys. 3. Schemat rozmieszczenia poszczególnych elementów składowych zbiornika

Atlas Monter T5. Pomiędzy elementami stropowymi zamek montażowy należy zaszbroić 2φ12 AIIIIN i wypełnić zaprawą motażową.

3. Geologia

Warunki gruntowo-wodne określono na podstawie dokumentacji z badań podłoża gruntowego opracowanych na zlecenie inwestora w grudniu 2014 r. Pod względem geomorfologicznym teren stanowi fragment wysoczyzny morenowej w obrębie Pojezierza Kaszubskiego. Rzędne terenu w miejscach wykonanych otworów wiertniczych wynoszą $H = 83,49-92,29$ m n.p.m. Powierzchnia terenu jest pofałdowana i opada w kierunku południowo-wschodnim.

W podłożu gruntowym od powierzchni terenu zalega warstwa gleby i nasypów niekontrolowanych o miąższości 0,2–4,7 m. Nasypy niekontrolowane złożone są z piasków gliniastych i glin piaszczystych z domieszką próchnicy i gruzu ceglanego. Wodę gruntową nawiercono w postaci zwierciadła

swobodnego i napiętego oraz sączeń wód gruntowych. W czasie przeprowadzanych badań terenowych woda gruntowa stabilizowała się na rzędnych $H = 82,83-85,69$ m n.p.m. Ponadto nawiercono liczne sączenia wód gruntowych o różnej intensywności na rzędnych $H = 79,69-86,15$ m n.p.m.

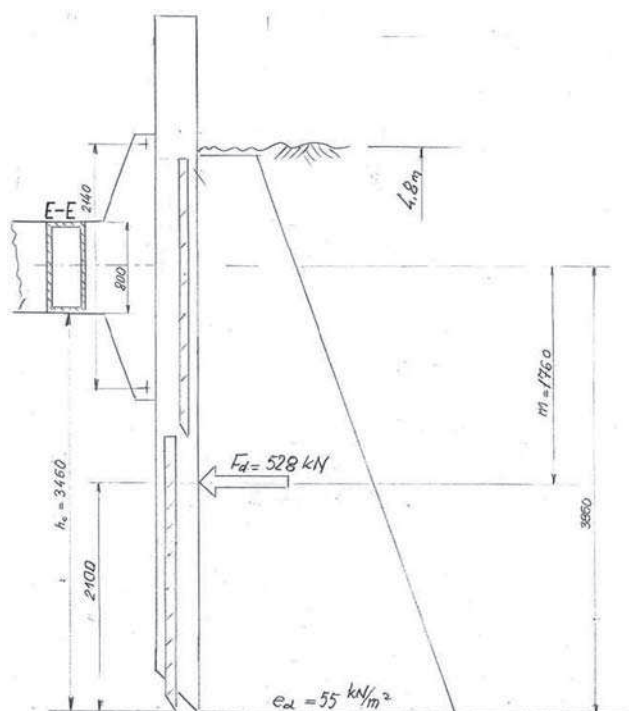
W wyniku przeprowadzonych badań stwierdzono, że w podłożu projektowanych budynków mieszkalnych oraz parkingu występują średnio i mało korzystne warunki gruntowo-wodne. Projektowaną kanalizację deszczową zakwalifikowano do drugiej kategorii geotechnicznej obiektu budowlanego. [13]

4. Obliczenia statyczno-wytrzymałościowe

Wykonawca inwestycji zgłosił się do firmy Kopras z propozycją zaproponowania zabezpieczenia wykopu podczas montażu zbiornika retencyjnego. Podczas wizji lokalnej zastaliśmy poniższy stan istniejący na budowie (rys. 4).



Rys. 4. Widok placu budowy przed rozpoczęciem prac



Rys. 5. Sytuacja obliczeniowa rozporo rolkowej OWS 7 w górnym położeniu

Aby dobrać prawidłową obudowę do powyższych warunków inwestycji wykonaliśmy:

- obliczenia parcia czynnego dla wybranego najbardziej niekorzystnego gruntu do głębokości 5 m,
- obliczenia statyczne rozporo rolkowej OWS 7 dla obudowy TYP OWS 7.

Zakres obliczeń

Na życzenie inwestora przedstawiono obliczenia na wyboczenie rozporo rolkowej dla obudowy OWS 7 w sytuacji obliczeniowej pokazanej na rysunku 5.

Sytuacja obliczeniowa

Dane przyjęte do obliczeń:

- potrzebny ponad 3,0 m prześwit pod rozporą wymaga usytuowania jej w górnym położeniu. W takiej sytuacji prześwit wynosi $h_c = 3260 \text{ mm}$,
- głębokość zabudowy $z = 4,8 \text{ m}$,
- szerokość wykopu pod zbiornik retencyjny $L = 8,0 \text{ m}$,
- nacisk obliczeniowy gruntu $e_d = 55 \text{ kN/m}^2$.

Przekrój poprzeczny rozporo pokazano na rysunku 6.

Ogólny opis konstrukcji

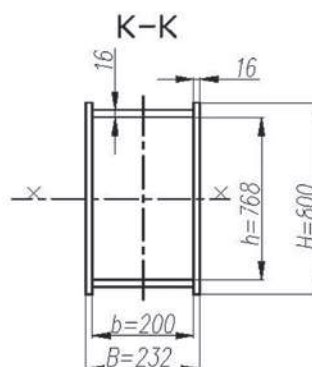
Obudowa słupowa składa się z kilku par słupów z rozporami rolkowymi. W prowadnice słupów wsunięte są, jedna nad drugą, płyty płytowe o wymiarach $3,92 \text{ m} \times 2,4 \text{ m} \times 0,12 \text{ m}$, o wytrzymałości 55 kN/m^2 . Dwie płyty dają głębokość $4,8 \text{ m}$.

Zastosowano rozporo rolkowe o długości $8,0 \text{ m}$.

Zestawy elementów rozporo rolkowej połączone są ze sobą za pomocą złączy kołnierzowych, dociskanych śrubami M36 x 80–8,8 i nakrętkami M36–8.

Dane do obliczeń

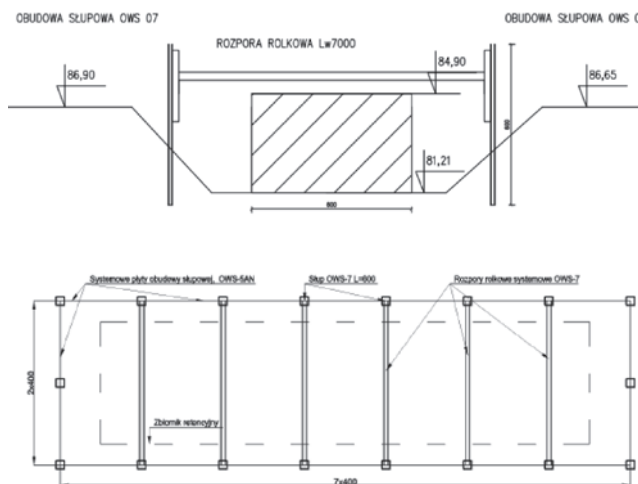
Charakterystyczne dane geometryczne rozporo w przekroju K-K poprzecznym



Rys. 6. Przekrój rozporo rolkowej do OWS 7

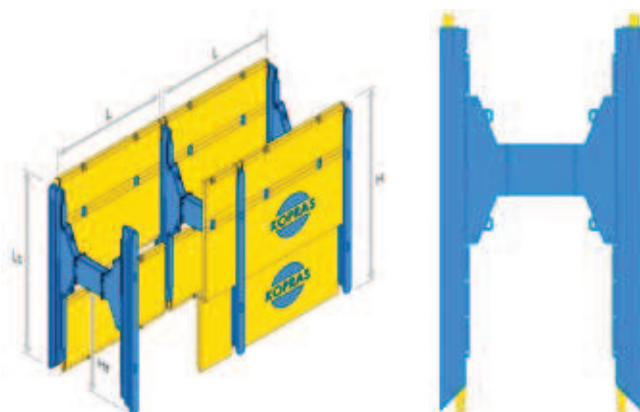
Przeprowadzone obliczenia wykazały, że wytrzymałość na wyboczenie rozporo o długości $8,0 \text{ m}$ w płaszczyźnie y–y oraz wytrzymałość rozporo na wyboczenie i zginanie mimośrodowe w płaszczyźnie x–x jest wystarczająca.

Dla zadania opisanego wcześniej wykonawca zaproponował obudowę OWS7 AN o wytrzymałości 55 kN/m^2 ze słupami rozpartymi rozporą rolkową umieszczoną bardzo wysoko po to, aby pod rozporą można było zmieścić zbiornik. [2, 9, 10, 11, 12, 15].

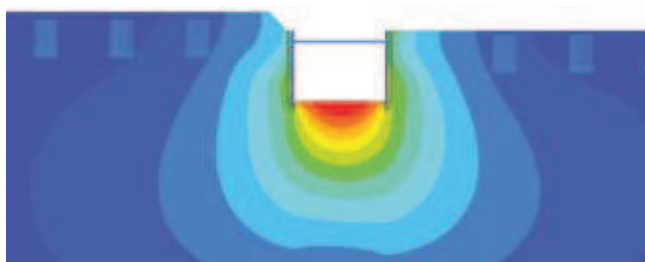


Rys. 7. Szkice przyjętego rozwiązania konstrukcyjnego obudowy wykopu

Wykonawca zbiornika, na podstawie przedstawionych przez firmę obliczeń, podjął decyzję o użyciu obudowy firmy Kopras, a celem weryfikacji zlecił obliczenia statyczne przy użyciu Metody Elementów Skończonych (MES) zaimplementowaną w programie PLAXIS. P Analiza przeprowadzona została dla najmniej korzystnego przekroju obliczeniowego. Budowę geologiczną



Rys. 8. Widok obudowy OWS 7



Rys. 9. Mapa deformacji

dla przekrojów obliczeniowych przyjęto na podstawie dokumentacji geotechnicznej. Układ warstw dla rozpatrywanych przypadków obliczeniowych przyjęto zgodnie z przekrojami geotechnicznymi, zlokalizowanymi w bliskim sąsiedztwie analizowanego przekroju. Obudowa wykopu została przyjęta jako systemowa obudowa firmy Koprzas Sp z o.o. – obudowa słupowa z pojedynczą, rozporą rolkową. Konstrukcje słupowe do zabezpieczenia wykopów liniowych oparte są na idei montowania podwójnych prowadnic (szyn ślizgowych) rozpartych rozporami, etapami łącząc je z płytami za pomocą umocowanej w płycie pletwy.

Weryfikujący obliczenia opisu materiałowego poszczególnych warstw gruntowych dokonał przy zastosowaniu sprężystoplastycznego modelu Mohra-Coulomba (tabela 1).

Tabela 1. Zestawienie obliczeniowych parametrów geotechnicznych [1]

Nr warstwy	Rodzaj gruntu	I_p/I_L [-]	γ [kN/m ³]	E_{oed} [kN/m ²]	c_{ref} [kN/m ²]	ϕ [°]
NN	orFSa	0,40	16,5	37000	-	22
NE	MSa	0,70	17,5	131000	-	34
Ila	Pg	0,40	21,5	24000	25	15,6
Ilb	Pg	0,20	22,0	37000	31	18,2

Obliczenia obudowy wykopu wykonane Metodą Elementów Skończonych wykazały mniejsze parcie podłoża gruntowego ($P_{max} = 44,7$ kN/m²) oraz mniejszą siłę w rozporze ($F_{roz, max} = 384$ kN) w stosunku do obliczeń przedstawionych przez firmę Koprzas ($P_{max} = 55,0$ kN/m², $F_{roz, max} = 528$ kN).

Obliczenia maksymalne przemieszczenia fundamentów pod budynkami mieszkalnymi A1 i A2 wyniosły: $S_{max, fund} = 0,4$ cm, a obudowy $S_{max, obudowy} = 1,33$ cm. Według katalogu producenta dopuszczają się maksymalny moment zginający równy $M_{dop} = 716$ kNm dla przyjętego systemu słupów (OWS 7). Obliczenia statyczne wykonane MES wykazały, że maksymalny charakterystyczny moment zginający w obudowie będzie wynosił $M_{max} = 112$ kNm. Spełniony jest zatem warunek nośności $M < M_{dop}$. Według materiałów dostarczonych przez zleceniodawcę dopuszczalne maksymalne parcie gruntu może wynosić $P_{dop} = 55$ kN/m² dla przyjętego systemu płyt. Obliczenia statyczne wykazały, że maksymalne charakterystyczne parcie uśrednione działające na obudowę wynosiło $P = 44,7$ kN/m². Spełniony jest zatem warunek nośności $P < P_{dop}$. [1, 3, 4, 5, 12].

5. Realizacja zadania

Realizacja przebiegała płynnie i od ustawienia pierwszych elementów obudowy do zakończenia montażu minęło zaledwie 21 dni roboczych. Użycie obudowy słupowej dwuprowadnicowej z rozporami rolkowymi pozwala na oszczędności czasu i sprzętu, ponieważ używano stosunkowo niedużej koparki do kopania



Rys. 10. Fragment montażu elementów prefabrykowanych zbiornika



Rys. 10 i 11. Ogólny widok przedstawiający budowę zbiornika retencyjnego z wykorzystaniem elementów prefabrykowanych przy zabezpieczeniu wykopu obudową firmy Koprzas



Rys. 12. Fragment montażu płyt przekrywających zbiornik



Rys. 13. Efekt końcowy realizacji zbiornika retencyjnego

i montażu, a minikoparka wprowadzona do wykopu poruszała się pod rozporami. Od czoła wykopu natomiast użyto heby wbite koparką i na nich oparto płyty szalunkowe. Metoda ta jest obecnie promowana przez firmę Kopras jako konkurencyjna dla tradycyjnych ścianek berlińskich.

Dźwig był jedynie używany do montażu elementów żelbetonowych zbiornika i podawania płyt szalunkowych. Montaż i demontaż szalunków zawsze odbywa się za pomocą koparki podczas kopania. [6, 7, 14].

6. Podsumowanie

Zaproponowana metoda budowy tego zbiornika jest znacząco tańsza od wykonania zbiornika wylewanego na mokro w obudowie typu ścianka Larsena.

Dlaczego od początku nie zakładano obudowy systemowej? Wynikało to z braku wiedzy na temat możliwości wykorzystania tego typu obudowy do wykopów punktowych tak rozległych w planie (8×28 m). Tylko systematyczny przekaz dla biur projektowych i materiały w prasie fachowej mogą upowszechnić tego typu metody. Wydaje się, że budowa małych zbiorników retencyjnych w osiedlach jest jedną z najskuteczniejszych metod ochrony przed powodzią śródmiejskimi.

Znajomość nowych technologii pozwoli na projektowanie tanich zbiorników, co zachęci inwestorów do ich budowy.

Posadowienia zbiornika w miejscowości Kowale było wykonane i zaprojektowane w optymalny sposób dla tych warunków zlewni i warunków geologicznych.

Zbiornik segmentowy zaprojektowany był w taki sposób, że rozpory szalunków nie przeszkadzały przy montażu elementów składowych zbiornika.

BIBLIOGRAFIA

- [1] Kryczalfo A., Kuzora A., Kozak P., Izdebski D., Raport z obliczeń statycznych tymczasowej obudowy wykopu budowlanego Gdańsk Kowale ul. Zeusa
- [2] Bogucki W., Żyburtołowicz M., Tablice do projektowania konstrukcji metalowych, Arkady, Warszawa 1996
- [3] Niedzielski A., Gogolik S., Przykłady obliczeń parć gruntu na obudowę płytową wykopu, 2000
- [4] Niezgodziński M., Niezgodziński T., Wzory, wykresy i tablice wytrzymałościowe, PWN Warszawa, 1987
- [5] Przysański J., Wykopy fundamentowe i odwodnienie gruntów, Wydawnictwo Politechniki Poznańskiej, wydanie czwarte poprawione, 1984
- [6] Kopras M., Błędy w doborze obudowy wykopów i analiza konkretnego przypadku, Przegląd Budowlany, 5/2017

NORMY ZWIĄZANE

- [1] PN-EN 13331-1 październik 2004 Obudowy ścian wykopów. Część 1: Opisy techniczne wyrobów
- [2] PN-EN 13331-2 wrzesień 2005 Obudowy ścian wykopów. Część 2: Ocena na podstawie obliczeń lub badań
- [3] PN-EN 1993-1-1 czerwiec 2006 – Eurokod 3: Projektowanie konstrukcji stalowych Część 1-1: Reguły ogólne i reguły dla budynków
- [4] PN-EN 1993-1-5 czerwiec 2006- Eurokod 3. Projektowanie konstrukcji stalowych Część 1-5: Blachownice
- [5] PN-EN 1990 październik 2004 – Eurokod. Podstawy projektowania konstrukcji
- [6] PN-83/B-03010- Ściany oporowe. Obliczenia statyczne i projektowanie
- [7] PN-86/B-02480 Grunty budowlane. Określenia, symbole, podział i opis gruntów
- [8] PN-81/B-03020 Posadowienie bezpośrednie budowli. Obliczenia statyczne i projektowanie
- [9] PN-90/B-03200 Konstrukcje stalowe. Obliczenia statyczne i projektowanie