



BRAK BADAŃ GEOTECHNICZNYCH PRZYCZYNĄ AWARII ŚCIANKI SZCZELNEJ W DOLE BUDOWLANYM

KRZYSZTOF PARYLAK, *krzysztof.parylak @ up.wroc.pl*

GRZEGORZ ANTONISZYN

KINGA WITEK

ZOFIA ZIĘBA

Instytut Budownictwa, Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu

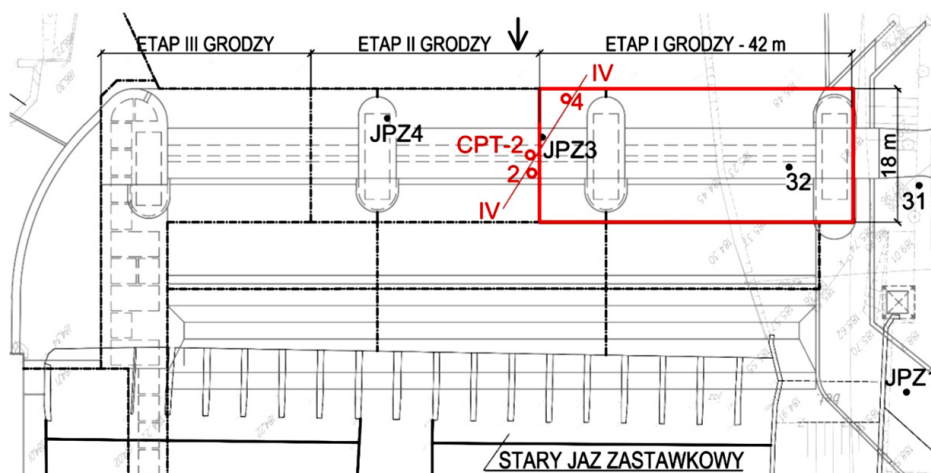
Streszczenie: Do potrzeb budowy nowego jazu w korycie rzeki Nysa Kłodzka w Nysie zamiast wymaganych Prawem budowlanym badań geotechnicznych wykonano jedynie badania geologiczne. Głębokość rozpoznania była zbyt mała, a liczba wierceń i sondowań oraz zakres badań laboratoryjnych nie spełniały wymogów III kategorii geotechnicznej. W konsekwencji w tzw. dokumentacji geotechnicznej podano niezgodny z rzeczywistością układ warstw, a parametry geotechniczne nie mogły być podstawą do poprawnego zaprojektowania i posadowienia jazu. Nie wykazano także, że pod dnem szeroko przestrzennego wykopu fundamentowego zamiast podanych w dokumentacji gruntów spoistych w stanie twardoplastycznym występowały ich nieliczne przewarstwienia w sufozyjnych piaskach drobnych i pylastych o miąższości ponad 4,5 m. Przyjęcie do projektowania tak nieprawdziwych cech podłoża spowodowało, że ściankę szczelną zakończono w piaskach zaledwie 3,7 m poniżej poziomu posadowienia jazu. W wykonywanym początkowo w gruntach spoistych wykopie na głębokości 6 m powstało przebicie hydrauliczne. Nastąpiło gwałtowne wyparcie dolnego końca ścianki, a dół budowlany wypełnił się sufozyjnym gruntem. Spowodowało to także całkowite rozluźnienie podłoża pod projektowanym fundamentem budowli.

Słowa kluczowe: badania geotechniczne, ścianki szczelne, przebicia hydrauliczne awarie budowlane.

1. Wprowadzenie

W ramach projektu: „Nysa Kłodzka – przebudowa i udroźnienie rzeki”, poniżej zapory wodnej w Nysie zaprojektowano przebudowę dotychczasowego jazu zastawkowego, poprzez budowę położonego nieco wyżej nowego jazu klapowego położonego w km 62 + 315 km rzeki Nysa Kłodzka. Projekt budowlany [13] zrealizowano w oparciu o dokumentację [3] niespełniającą zakresu dokumentacji geologiczno-inżynierskiej [15] oraz tzw. dokumentację geotechniczną [4] nie wyczerpującą wymogów określonych w § 4 Rozporządzenia [14]. Popełnione błędy były wynikiem podejmowania zadań geotechnicznych przypisanych samodzielny funkcjom technicznym w budownictwie przez osoby nie spełniające wymogu posiadania odpowiednich uprawnień budowlanych określonych w [1, 2, 11] oraz w art. 12 Prawa budowlanego. Prawna interpretacja art. 12 wyjaśnia, że definicja samodzielnej funkcji technicznej w budownictwie generalnie odpowiada definicji występującej już w ustawie z 1994 r. Ustawodawca nie użył tam określenia działalność zawodowa, co wskazuje, że samodzielną funkcją techniczną w budownictwie jest także okazjonalne, czy nieodpłatne wykonywanie działalności związanej z fachową oceną zjawisk technicznych [1].

Skutkiem naruszenia tych zasad było przyjęcie przez projektanta nieprawomocnych i nierzeczywistych parametrów podłoża. Wynikiem tego była awaria grodzi budowlanej S-8 do potrzeb ubezpieczenia dołu budowlanego w realizacji zadań I etapu budowy jazu (rys. 1).



Rys. 1. Lokalizacja jazu

Pod niedostatecznie zagłębioną ścianką szczelną w nie wykazanych w badaniach [3] drobnoziarnistych gruntach niespoistych, wystąpiło przebicie hydrauliczne. Spowodowało to wyparcie dolnego końca ścianki, a następnie zapełnieniu dołu budowlanego upłynnionym gruntem. Stany wykopu przed awarią i deformacje ścianki po jej wystąpieniu pokazano na rys. 2.



Rys. 2. Etapy rozwoju awarii grodzy S-8: a) rozparcie poziomymi zastrzałami, b, c) zapełnianie wykopu nawodnionym gruntem i deformacja grodzy S-8, d) stan po awarii w nowo ubezpieczonym wykopie z odciętą zdeformowaną ścianką.

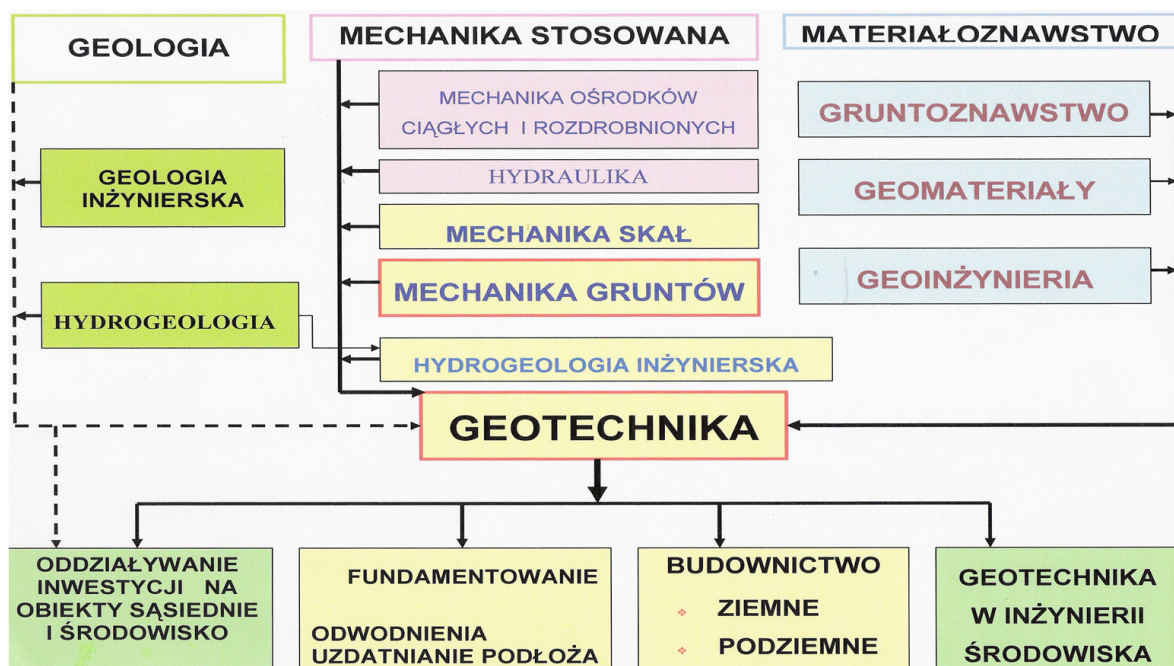
2. Merytoryczne i prawne uwarunkowania ustalania geotechnicznych warunków posadowienia budowli

Badanie gruntów do celów budowlanych podlega takim samym prawom jak określanie cech użytkowych innych materiałów budowlanych i wyrobów. W obszarze oddziaływania naprężeń grunt podlega prawom mechaniki, jednakże z tą różnicą, że względu na złożoną mineralogię i oddziaływania wód związanych jest materia o właściwościach znacznie trudniejszych do prognozowania cech użytkowych. Stąd określanie jego właściwości nie ogranicza się tylko jak w większości materiałów do wykorzystania założeń teorii sprężystości, ale powiązane jest z prawami teorii plastyczności i teorii płynności. Od początku XX wieku rozwijała się nowa i bodajże najtrudniejsza dziedzina mechaniki ośrodków rozdrobnionych – mechanika gruntów [2]. W miarę jej dalszego rozwoju powstawały także coraz to nowsze sposoby wymiarowania konstrukcji geotechnicznych prowadzące do utworzenia nowej specjalizacji w budownictwie – geotechniki. Wymagały one zatem coraz bardziej dokładnego prognozowania właściwości podłoża gruntowego.

Obecnie w Polsce w tym zakresie panuje pewien chaos pojęciowy wprowadzany przez nie związane z naukami technicznymi środowiska geologiczne mieszające dla swoich komercyjnych potrzeb geologią oraz geologię inżynierską z geotechniką. Wnioski z dotychczasowych Konferencji Awarie Budowlane wskazują, że ponad 65% wszystkich awarii w Polsce spowodowanych było wadliwą współpracą budowli z podłożem. Wymaga to zatem uporządkowania i pojęciowych wyjaśnień.

Geologia – dziedzina nauki zajmująca się historią i budową Ziemi, a szczególnie jej zewnętrznych stref.

Geologia inżynierska – dział geologii zajmujący się wpływem działalności technicznej człowieka na przypowierzchniową część skorupy ziemskiej, oraz wpływem budowy geologicznej i procesów geologicznych na tą działalność, (np. nieciągłości górotworu deformacje geologiczne, zjawiska zapadowe, zjawiska krasowe) [7].



Rys. 3. Powiązanie inżynierii geotechnicznej z dziedzinami wiedzy

Geotechnika jest specjalizacją budowlaną obejmującą bardzo szeroki zakres zagadnień teoretycznych i praktycznych związanych z badaniem gruntów budowlanych oraz projektowaniem i wykonawstwem dotyczących prawie wszystkich obiektów budowlanych w budownictwie, inżynierii środowiska, transporcie i górnictwie. Zagadnienia te obejmują olbrzymi zasób bardzo specjalistycznej wiedzy technicznej wymagającej dobrej znajomości: *mechaniki gruntów, wytrzymałości materiałów, hydrauliki, konstrukcji budowlanych całego szeregu nowoczesnych technik i technologii geotechnicznych związanych z fundamentowaniem budownictwem ziemnym i budownictwem podziemnym* [10, 18].

Zagadnienia te właściwie definiuje zarówno norma Eurokod 7 jak i Rozporządzenie [14] z jego późniejszą nowelą. Obecnie określa ono, że w przypadku obiektów budowlanych drugiej i trzeciej kategorii geotechnicznej opracowuje się; opinię geotechniczną, dokumentację badań podłoża gruntowego i projekt geotechniczny.

Ponadto w przypadku obiektów budowlanych trzeciej kategorii geotechnicznej oraz w złożonych warunkach gruntowych drugiej kategorii wykonuje się dodatkowo dokumentację geologiczno-inżynierską, zgodnie z [15].

Dokonując oceny formalno-prawnej poprawności dokumentacji [3, 4] należy stwierdzić, że pomijając – omówioną dalej ich niekompletność i powierzchowność, nie mogą one stanowić dokumentacji geotechnicznych będących częścią projektu budowlanego. Ustalanie technicznych parametrów gruntów decydujących o stateczności konstrukcji powinien określać albo odpowiedzialny za projekt projektant, albo powołany przez niego uprawniony inżynier geotechnik zgodnie z zasadami określonymi w art. 20 ust. 1a Prawa budowlanego. W świetle tego wymogu i Rozporządzenia [14] kwalifikacje do nadzorowania prac geologicznych określone w Rozporządzeniu [16] nie uprawniają do wykonywania dokumentacji geotechnicznych. Stąd, także w przypadku analizowanej niniejszej awarii wyniki dokumentacji geologiczno-inżynierskiej [3] choć dalece niekompletne przekroczyły jej kompetencyjny zakres i okazały się błędne.

3. Ocena jakości wykonanych wierceń i badań gruntów do potrzeb posadowienia

W realizacji badań do potrzeb ustalania geotechnicznych warunków posadowienia budowanego jazu przyjęcie trzecia kategoria geotechniczna warunkowane było stopniem skomplikowania warunków gruntowych, specyfiką i charakterem obiektu budowlanego oraz rodzajem planowanych robót. Do potrzeb budowy jazu korzystano także z badań modernizowanego lewego obwałowania rzeki projektant zakwalifikował 2 wiercenia w miejscach 31, 32 (rys. 1) z tzw. dokumentacji geotechnicznej, które nie wносиły istotnych informacji. Ich autorzy w [4] nie wykazali się posiadaniem uprawnień budowlanych (p. 3). Natomiast w miejscach JPZ1, JPZ3 i JPZ4 wykonano badania w ramach dokumentacji geologiczno-inżynierskiej, która miała zastąpić dokumentację geotechniczną. Nie wykonano wymaganych badań, a przede wszystkim nie zawarto w niej zadań wynikających z definicji geologii inżynierskiej. Ponadto, gdyby nawet uprawomocnić te wyniki, to nie spełniły one wymogów dokumentowania m.in. ze względu na zbyt duże odległości miejsc badań, brak poboru prób, brak określanie stanów, gruntów spoistych oraz dalece niewystarczający zakres badań laboratoryjnych (tab. 1).

W miejscu wykonania grodzy S-8 wykonano w dnie rzeki otwór geologiczno-inżynierski JPZ3 do głębokości 10 m (o zbyt małej głębokości – 3,7 m poniżej posadowienia jazu). Pobrano tylko 1 próbę żwiru z nieistotnego dla posadowienia pierwszego metra otworu wykonując jedno badanie uziarnienia. Dla podanej na profilu (rys. 5) twardoplastycznej gliny pylastej z przewarstwieniami pyłu piaszczystego o miąższości 4,5–10 m nie wykonano żadnych badań laboratoryjnych ani też sondowań sondą wciskaną.

Tabela 1. Realizacja wymaganego zakresu badań dla III kategorii geotechnicznej

Lp	Rodzaj wymaganych badań [6, 9]	Ocena stopnia zrealizowania
1	Wykonanie niezbędnej liczby wierceń i sondowań oraz wstępnego określenia rodzaju gruntu na podstawie analizy makroskopowej	Liczba punktów niewystarczająca. Badania tylko w jednym zamiast w 2 przekrojach a odległości pomiędzy otworami są większe od 20 m [6, 13]
2	Układ warstw gruntów oraz występowanie poziomów wód	Nie wydzielono wszystkich warstw
3	Określenie w badaniach parametrów gruntów takich jak: kąt tarcia, spójność, wytrzymałość na ścinanie bez odpływu, moduł ściśliwości lub odkształcenia,	Nie wykonano żadnego z wymaganych badań Wyniki niewiarygodne i nieudokumentowane
4	Sondowania dynamiczne	Wykonano tylko dla żwirów. Nie mogły być interpretowane do pospólek gliniastych – co stosowano
5	Badania presjometryczne i dylatometryczne	Nie wykonano
6	Badania sondą krzyżkową	Nie wykonano
7	Badania próbnymi obciążeniami gruntu	Nie wykonano
8	Właściwość wód gruntowych	Wykonano
9	Badania sondą wciskaną CPT-u	Nie wykonano konieczne
10	Dla trzeciej kategorii geotechnicznej należy uzupełnić badaniami niezbędnymi do przeprowadzenia obliczeń numerycznych	Zupełnie pominięto zagadnienie

Jak wykazały wykonane po awarii badania kontrolne [5,17] pod dnem wykopu występowały głównie sufozyjne piaski drobne i pylaste, a G_p , G_π , stanowiły nieliczne przewarstwienia. W opracowaniu [3] nie opisano również sposobu wykonywania wiercenia, ani też sposobu likwidacji otworu, co czyni prawdopodobnym, że otwór wykonywany z jednostki pływającej w rurze obsadowej nie został szczelnie zamknięty, np. przez zabetonowanie. Mogło to być uprzywilejowanym miejscem uruchomienia zjawiska kurzawki.

Również w miejscu JPZ4 – odległym o 20 m od grodzy (rys. 1), wykonano badanie geologiczno-inżynierskie nie wykonując wymaganego badania geotechnicznego. Z 11 m otworu do badań laboratoryjnych także pobrano tylko jedną próbę z warstwy przewidzianego o usunięcia żwiru. Natomiast grunty o istotnej miąższości 4,5–11 m oceniano tylko makroskopowych podając bez określenia I_L , że są tam przewarstwienia G_p , G_π i $G_{\pi z}$ w stanie twaroplastycznym. Pomiędzy tymi gruntami zawartość frakcji ilowej różni się o 30%, co decyduje o wielu cechach. W dokumentacji przyjęto je jako warstwę podłoża jazu o $I_L = -0.05$, przypisując jej na podstawie normy [8] $\Phi = 18^\circ$, $c = 40$ KPa tj. parametry jak dla ilów. Dane te zastosowano do projektowania całego jazu. Podobnie jak w otworze JZP3 grunty te prawdopodobnie także stanowią piaski drobne i pylaste.

Konkludując, w zadaniu projektowym jazu brak jest dokumentacji geotechnicznej wymaganej Rozporządzeniem [14], a zakres badań geologiczno-inżynierskich jest niezgodny z celowością jej wykonywania. Odstępstwa merytoryczne tych badań od wymogów ustalenia geotechnicznych warunków posadowienia zestawiono w tab. 1. W efekcie przyjęcie tych parametrów do projektowania i wykonywania jazu już na etapie robót ziemnych zakończyło się awarią grodzy jak na rys. 2.

Podczas głębinienia wykopu następowała nasilająca się filtracja zapoczątkowana prawdopodobnie w miejscu nieodpowiednio zabudowanego otworu JPZ3. Po przekroczeniu spadku krytycznego wystąpiło głębokie strefowe rozmycie podłoża pod ścianką, co w połączeniu

4. Weryfikacja stanu i rodzaju podłoża na podstawie badań kontrolnych

Po wystąpieniu awarii wykonawca robót przeprowadził wokół wykopu szereg kontrolnych badań podłoża, potwierdzających zasadniczo układ warstw jak na rys. 5 [12]. W przekroju grodzy na poziomie poniżej dna docelowego wykopu występowała ok. 5 m warstwa przewarstwionych sufozycznych piasków. Ta istotna odmienność w stosunku do ustaleń w dokumentacji [3] wprowadziła w błąd zarówno projektanta jak i wykonawcę robót fundamentowych, którzy realizowali swoje zadania w świadomości, że do dużych głębokości poniżej dna wykopu na zalegają spoiste twardoplastyczne osady mioceńskie tj. Gp, G π i G π z w stanie $I_L = -0,05$.

5. Podsumowanie

Tolerowany powszechnie w krajowej praktyce budowlanej zwyczaj zastępowania dokumentacji geotechnicznych wymaganych zarówno Rozporządzeniem [14] jak i jego nowelą z 2012 r. – dokumentacjami geologicznymi powoduje następstwa, których przykładowym skutkiem jest opisany przypadek awarii. Realizacja wszystkich zadań procesu budowlanego, a w tym wykonywania badań i dokumentacji geotechnicznych stanowi fachową oceną zjawisk technicznych. Wymaga to kwalifikacji i uprawnień określonych w art. 12 Prawa budowlanego z konsekwencjami odpowiedzialności karnych określonych art. 91 i 96.

Dokumentacje geologiczno-inżynierskie wykonywane tylko dla III kategorii geotechniczne, a w określonych przypadkach dla drugiej i zgodnie z §8. p. 2 Rozporządzenia [14] stanowią dokumentację dodatkową, a ich zadaniem są ustalenia dotyczące wpływu zagrożeń wynikających z procesów i zjawisk geologicznych. Ignorowanie tych zasad powoduje kosztowne awarie lub nie ujawnianie, a liczne przewymiarowywania budowli.

Literatura

1. Bodziony B., Gniadzi P.; Prawo budowlane z komentarzem, Warszawa 2003.
2. Broś, B.; Miejsce geologii w inżynierii i budownictwie, Inżynieria i Budownictwo nr 6 /1996.
3. Dokumentacja geologiczno-inżynierska pod projektowane przebudowy jazów oraz nowe stopnie korekcyjne i budowle na rzece Nysie Kłodzkiej na odcinku od km 55,0-65,1. HYDROGEO, Kraków 2010 r.
4. Dokumentacja geotechniczna z badań podłoża gruntowego dla projektowanej przebudowy koryta rzeczno, oceny stanu istniejących obwałowań oraz dla nowych obwałowań i budowli ochronnych. HYDROGEO, Kraków, 2010 r.
5. Dokumentacja z badań podłoża gruntowego dla rozpoznania warunków gruntowo – wodnych w dole fundamentowym budowanego jazu w km 62 + 314 rzeki Nysy Kłodzkiej w Nysie, Zakład Usług Geologicznych Grunt, Opole 2013.
6. Eurocode 7 - Projektowanie geotechniczne, Część 1, Część 2.
7. Mizerski W., Sylwestrzak H.; Słownik geologiczny PWN, Warszawa 2002.
8. Norma PN-81 /B 03020 Grunty budowlane. Bezpośrednie posadowienie budowli
9. Norma PN-B 02479_1998 Dokumentowanie geotechniczne. Zasady ogólne.
10. Oficjalne stanowisko Polskiego Komitetu Geotechniki w sprawie ustalania geotechnicznych warunków posadowienia. <http://www.geotechnika.org.pl>
11. Parylak K.; Badania geotechniczne w drogownictwie i ich znaczenie. XXIV Warsztaty Projektanta Konstrukcji t. III s. 75–122, Kraków, 2009.
12. Parylak K.; Ekspertyza techniczna w zakresie określenia przyczyn zaistnienia awarii grodzy I etapu budowy jazu kłapowego w km 62 + 314 na Nysie Kłodzkiej, Wrocław 2013.
13. Projekt budowlany Przebudowa i udroźnienie przeciwpowodziowe rzeki Nysy Kłodzkiej od zbiornika wodnego Nysa (km 65 + 100) do rejonu Kubic (km 55 + 500) wraz z istniejącymi budowlami HYDROPROJEKT KRAKÓW Sp. z o.o., t. 6 zad. 3, Kraków 2011.

14. Rozporządzenie Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji w sprawie ustalania geotechnicznych warunków posadowienia obiektów budowlanych (Dz.U. 126. poz. 839 1998).
15. Rozporządzenie Ministra Środowiska w sprawie szczegółowych wymagań jakim powinny odpowiadać dokumentacje hydrogeologiczne i geologiczno-inżynierskie (Dz.U. nr 201 poz. 1673), 2005 r.
16. Rozporządzenia Ministra Środowiska (Dz.U. nr 124, poz. 865. 2006) w sprawie kategorii prac geologicznych, kwalifikacji do wykonywania, dozoru i kierowania tymi pracami oraz sposobu postępowania w sprawach stwierdzenia kwalifikacji.
17. Sprawozdanie z dodatkowego rozpoznania warunków gruntowo – wodnych w rejonie dołu fundamentowego budowanego jazu w km. 62 + 314 rzeki Nysy Kłodzkiej w Nysie, Zakład Usług Geologicznych Grunt, Opole 2014.
18. Wiłuna Z.; Zarys geotechniki, WKi Ł Warszawa, 1987.

FAILURE OF SHEET PILING IN THE FOUNDATION TRENCH CAUSED BY LACK OF GEOTECHNICAL INVESTIGATIONS

Abstract: For the purposes of the construction of a new weir on the Nysa Kłodzka River in Nysa, instead of geotechnical investigations required by Construction Law, only geological research were performed. The depth of subsoil recognition was too small and the number of boreholes, probing as well as the scope of the laboratory test did not meet the requirements of the third geotechnical category. Consequently, the layers arrangement and geotechnical parameters contained in the so-called geotechnical documentation were inconsistent with the reality. This caused incorrect design and foundation of the weir. In addition, according to the documentation, below the bottom of the wide foundation trench, the cohesive soils in stiff state were located. In fact, there were suffosion fine and silty sands with a thickness more than 4,5 m with a few interbeddings of cohesive soil. Design based on the incorrect subsoil characteristics caused that sheet piling was ended in the sands 3,7 m below the weir foundation level. While excavation, at a depth of 6 m, the piping took place. The rapid displacement of the lower end of the sheet piling has occurred, and trench was filled with suffosion soil. It caused the total loosening soil below foundation of the designed structure.

Keywords: geotechnical investigations, sheet piling, piping, construction failures.