



## USZKODZENIA OBWODNICY DROGOWEJ NA SKUTEK UPROSZCZONEGO ROZPOZNANIA BUDOWY PODŁOŻA I BŁĘDNYCH DECYZJI PROJEKTOWYCH

ŁUKASZ ALEKSANDER KUMOR, *lukasz.kumor@engeo.com.pl*

MACIEJ KORDIAN KUMOR

Katedra Geomatyki, Geotechniki i Planowania Przestrzennego, Uniwersytet Technologiczno-Przyrodniczy w Bydgoszczy

ZBIGNIEW MŁYNAREK

Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu

**Streszczenie:** Podłoże naturalnej części obwodnicy stanowiła warstwa zastoiskowych namulów organicznych i torfów lokalnie gytii, o zmiennej miąższości. Grunty te nie zostały rozpoznane w podłożu pasa drogowego i w konsekwencji nieusunięte. Poziom wód gruntowych regulowany lokalnie przez lata za pomocą urządzeń melioracyjnych, został zniszczony przez powstałe okna hydrogeologiczne, po lokalnej wymianie na grunty dobrze przepuszczalne. Szczegółowe badania geotechniczne sprawdzające (sondowania CPTU, DMT), potwierdziły, że przyczyny deformacji i uszkodzeń obwodnicy są związane ze statyczną konsolidacją gruntów organicznych oraz niedokładnego rozpoznania budowy podłoża, w wyniku czego podjęte zostały błędne decyzje projektowe i realizacyjne obiektu.

**Słowa kluczowe:** niedokładne rozpoznanie podłoża, awaria drogi, konsolidacja statyczna, grunty organiczne.

### 1. Wstęp

Przypadek uszkodzeń nowej drogi – obwodnicy miasta – przedstawiony w niniejszym artykule odnosi się do spotykanych w praktyce różnych kompetencji inżynierskich i decyzyjnych uczestników procesu inwestycyjnego. Szczególne problemy pojawiają się tam, gdzie lokalny inwestor obejmuje jednostronny nadzór nad przygotowaniem i realizacją przedsięwzięcia, zwłaszcza w zakresie geotechniki i geologii inżynierskiej. Taki przypadek wyboru, zbyt taniego rozpoznania podłoża i duże zaangażowanie personalne w budowie nowej obwodnicy doprowadził do pominięcia uwarunkowań i wniosków geotechnicznych w wyborze i właściwej koncepcji posadowienia drogi. W dalszej fazie realizacyjnej inwestycji eliminowano wymagania, minimalizując koszty i zakres rozwiązań nawet tych koniecznych.

Inwestycję zlokalizowano w trudnym terenie, silnie pofałdowanym morfologicznie o młodej rzeźbie. Układ hydrologiczny był skomplikowany, charakteryzujący się na niewielkiej przestrzeni kilkoma lokalnymi zlewniami, oddzielonymi naturalnymi wododziałami. Droga obwodowa przecięła i połączyła zlewnie, otwierając nowe kierunki skoncentrowanego wpływu i rozwój wszystkich form erozji.

Podłoże obwodnicy stanowiło kilka formacji geologicznych o silnym zróżnicowaniu pod względem geotechnicznym, w odniesieniu do rodzaju i genezy gruntu oraz stopnia konsolidacji. Część stropowa podłoża, antropogeniczne utwory kulturowe, zbudowana była z nasypów niebudowlanych o stosunkowo korzystnych wartościach modułów ścisłości i małej odkształcalności. Pod nasypami zalegały grunty rodzime spoiste i mało spoiste oraz warstwy osadów zastoiskowych, tj. nieskonsolidowanych namulów organicznych i torfów, lokalnie

gytii, o zróżnicowanej miąższości. Grunty te w podłożu pasa drogowego nie zostały początkowo rozpoznane. Rozpoznanie czynnych procesów geologicznych i właściwości geologiczno-inżynierskich było uproszczone.

Podłoże gruntowe wyróżniało się generalnie dużą złożonością układu i zakresu zmienności wartości parametrów geotechnicznych. Lokalne warunki gruntowe nie były sklasyfikowane adekwatnie do skomplikowanej rzeczywistości i odpowiedniej kategorii geotechnicznej.

W wielu przypadkach podejście do oceny geotechnicznej podłoża drogowego pod nowy, nawet niewielki, obiekt, jest traktowane przez inwestorów oszczędnie lub bezproblemowo, zwykle biurokratycznie i bez wnikania w złożoności techniczne. W tym przypadku nie uwzględniono szeregu specyficznych cech np.: antropopresji, genetycznych, technologicznych. Nie jest to jedynym błędem, gdyż najwięcej problemów w lokalnych warunkach przysporzyć może brak konsultacji z geotechnikiem.

Podstawę do przygotowania projektu budowlanego i wykonawczego drogi obwodowej w takich warunkach geologiczno-inżynierskich stanowić powinna wysokiej, jakości dokumentacja geologiczno-inżynierska i dokumentacja geotechniczna. Kryteria sformułowane w Eurokodzie 7: PN-EN 1997 część 1 i 2, nie zawsze przekładają się w Polsce w przedstawionych warunkach, na precyzyjne oraz kompetentne rozpoznanie i jednoznaczną ocenę budowy podłoża budowlanego. Najczęściej brak prawidłowej interpretacji właściwości gruntów podłoża prowadzi do późniejszych decyzji, komplikacji i problemów wykonawczych lub użytkowych a nierzadko do awarii budowlanej i powstania roszczeń.

W niniejszym artykule przedstawiono tego typu przypadek, który spowodował wzrost kosztów budowy i naprawy, a także problemy wykonawcze, zmianę warunków środowiskowych oraz w konsekwencji obniżenie funkcjonalności drogi i otoczenia.

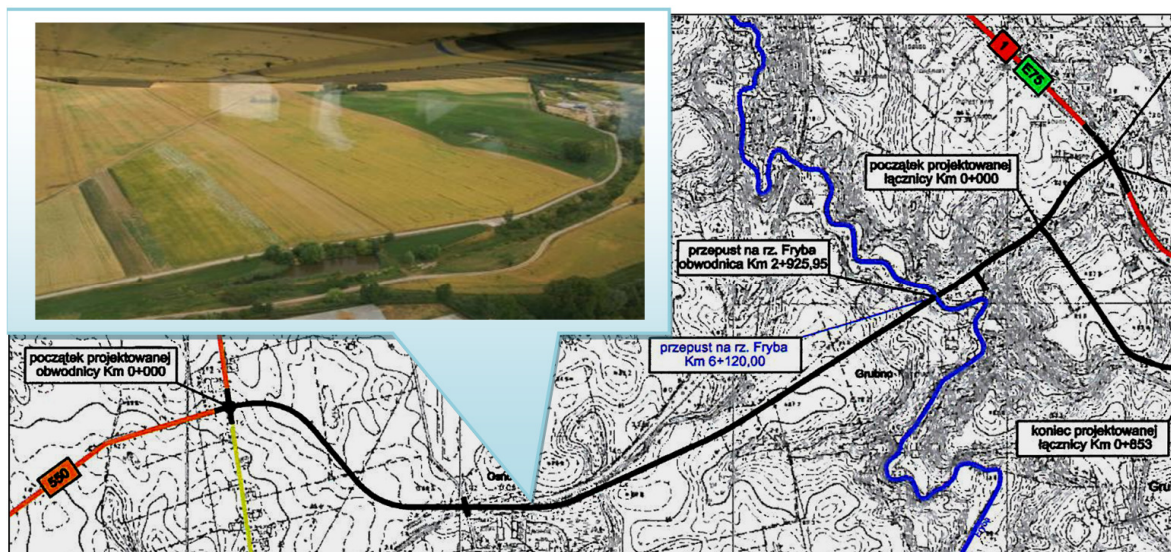
## **2. Charakterystyka inwestycji**

### **2.1. Etap projektowania**

Zamierzenie inwestycyjne miało na celu wyprowadzenie ruchu tranzytowego poza zabytkowe centrum miasta, jak również ograniczenie dostępności ruchu ciężarowego do tego centrum. Przebieg trasy planowanej południowej obwodnicy miasta (droga powiatowa klasy Z) poprowadzono zgodnie z zatwierdzonym wariantem. Przebieg został zaprojektowany tak, aby podziały nieruchomości były przeprowadzone w sposób akceptowany przez lokalnych mieszkańców, zapewniając maksymalne do utrzymania walory użytkowe nieruchomości. Trasa przebiega częściowo przez użytki rolne i w części śladem drogi polnej. Przebieg obwodnicy pokazano na rysunku 1.

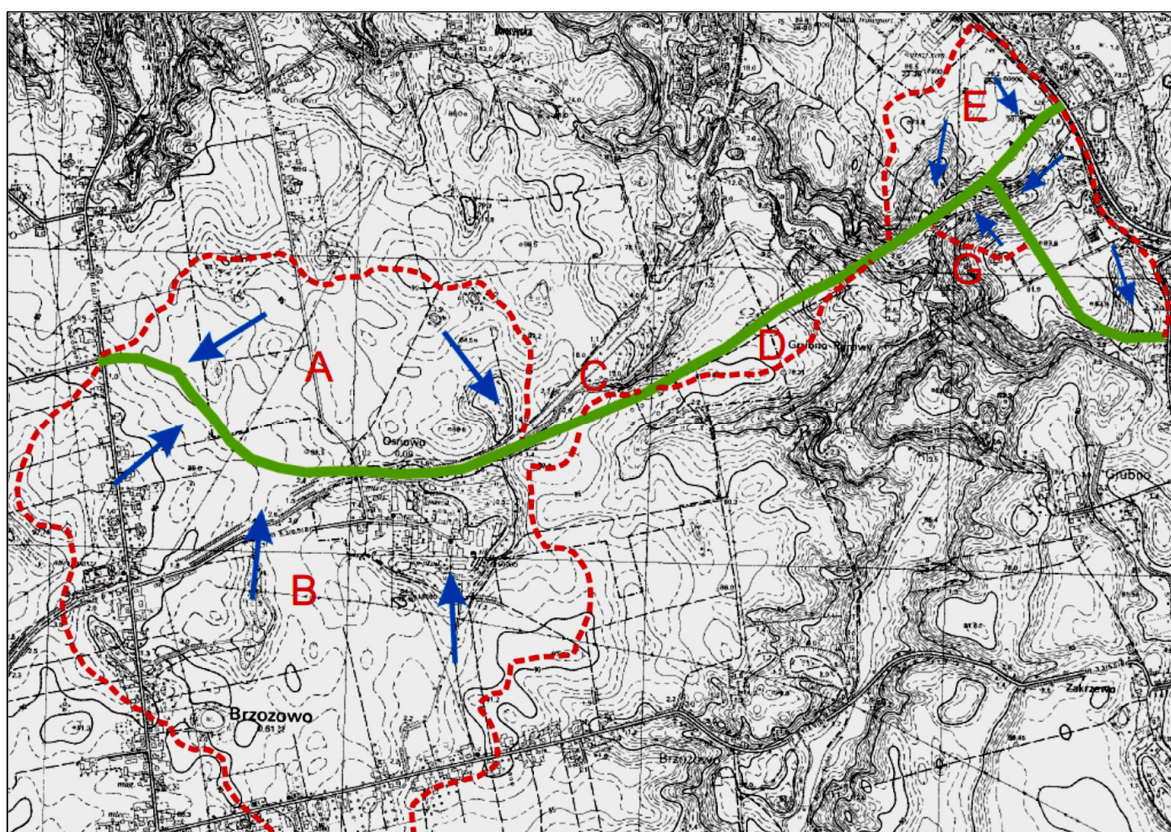
Zasadniczymi zagadnieniami w analizie powstałych uszkodzeń i awarii korpusu i nawierzchnią drogi były: niewłaściwe lub niepełne rozpoznanie warunków gruntowo-wodnych podłoża oraz podejmowane w trakcie realizacji decyzje nietechniczne.

Na etapie projektowania nie analizowano, w wymaganym i podstawowym zakresie, miejscowych warunków hydrologicznych, obejmujących obszary spływu i retencji wody powierzchniowej. Nie wykonano prognozy możliwości odbioru wód z podzielonych nasypem korpusu drogowego, kilku rozległych lokalnych zlewni i przejęcia ich przez np.: istniejący drenaż rolniczy i nieznaną pod względem sprawności hydraulicznej, rolniczy system melioracyjny.



Rys. 1. Przebieg obwodnicy południowej, oraz stan przed realizacją na etapie wyboru trasy

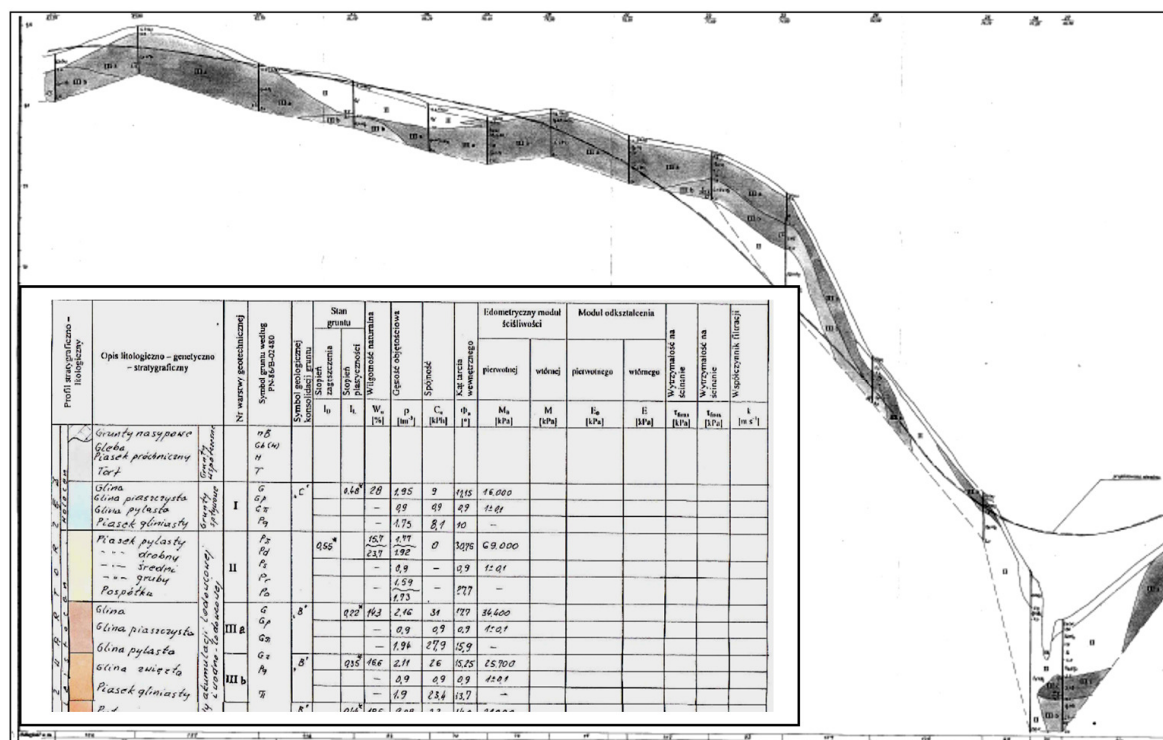
Rzeczywisty, zinwentaryzowany przez autorów artykułu zasięg zlewni lokalnych przedstawiono na rys. 2.



Rys. 2. Kierunki splywu i zasięg zlewni lokalnych w obszarze lokalizacji obwodnicy południowej

Badania geotechniczne wykonane na zlecenie Inwestora do projektu drogowego ograniczono do kilku płytkich punktów badawczych wzdłuż trasy, bez weryfikacji załęgania gruntów organicznych i bez analizy warunków wodnych i stateczności skarp (rys. 3).

Dokumentacja geotechniczna, nie spełniała podstawowych wymogów merytorycznych, tj. Instrukcji badań podłoża gruntowego budowli drogowych i mostowych, GDDKiA, Warszawa 1998, oraz nie dawała niezbędnej wiedzy Wykonawcy o problemach geotechnicznych, np.: konieczności wymiany gruntu słabonośnego, stabilizacji, zmiany technologii robót ziemnych, odwodnień, zabezpieczeń przeciw wodnych. Punkty badawcze zlokalizowano niewłaściwie w zbyt dużych odległościach, głębokość rozpoznania nie była wystarczająca, nie osiągnięto wierceniami podłoża nośnego, brakowało wierceń w przekrojach prostopadłych do osi podłużnej obwodnicy w strefach wysokich skarp i głębokich wykopów. Wartości parametrów geotechnicznych ustalono metodami uproszczonymi.



Rys. 3. Przykładowy przekrój geotechniczny wycinka trasy obwodnicy

## 2.2. Projekt budowlany i wykonawczy obwodnicy

- Dla obwodnicy zaprojektowano elementy komunikacyjne o następujących parametrach:
- klasa drogi Z, prędkość projektowa 50 km/h, prędkość miarodajna 70 km/h,
  - szerokość jezdni 6,0 m,
  - obustronne pobocza 1,25 m w tym 0,5 m pobocze utwardzone.

Przyjęto obciążenie ruchem dla kategorii KR3. Pod projektowane konstrukcje podłoże powinno spełniać kryteria grupy nośności G1.

Projekty budowlany i wykonawczy powstały w 2008. Projekty budowlany i wykonawczy (oprócz tytułów opracowań) w zasadzie nie różniły się pomiędzy sobą w zakresie merytorycznym. Tego typu projekt Zlecający przekazał do realizacji Wykonawcy. W projekcie nie przewidziano pełnego wzmocnienia lub stabilizacji gruntów słabonośnych – organicznych.

Problemy uproszczonego rozpoznania budowy podłoża spowodowały konieczność wielokrotnego uzupełniania badań w trakcie realizacji inwestycji przez Wykonawcę we własnym zakresie.

Generalnie można stwierdzić, że rozpoznanie geotechniczne przygotowane przez Inwestora nie było kompletne w zakresie wystarczającym do opracowania projektu wykonawczego oraz racjonalnego wykonawstwa robót ziemnych w złożonych warunkach gruntowych.

### 2.3. Przykłady uszkodzeń

Kanalizacja deszczowa. Zaprojektowana obwodnica w przekroju drogowym posiada odprowadzenie wód opadowych poprzez przydrożne rowy. Inwestor wskazał, że ten podstawowy element odwodnienia drogi ma mieć nieumocnione skarpy celem przejęcia wody bezpośrednio z powierzchni drogi zamiast wymaganego systemu kanalizacji deszczowej.



Rys. 4. Przykłady abrazji, powstania stożka napływowego i uszkodzenia drenażu rolniczego w wyniku wykorzystania go w systemie odwodnienia przy średnim spływie wody do rowu przydrożnego

Rozwiązanie projektowe nie uwzględniało faktu, że rzeczywisty odbiór wód z nawierzchni obwodnicy charakteryzuje się w istniejących zlewniach okresowym skoncentrowaniem strumienia wody, np.: podczas deszczy nawalnych. Powoduje on wzrost erozji wodnej, niszczącej nieumocnione skarpy rowów i żłobi głębokie rozcięcia skarpy korpusu drogowego oraz zboczy (rys. 4 i 5). Brak wiedzy o potencjale lokalnej retencji wody w zlewniach, doprowadził do podtopienia i poważnych uszkodzeń rowów już w trakcie realizacji obwodnicy, np.: lipiec 2011 r. Rozwiązania Inwestora tj. projekt wykonawczy i projekt budowlany oraz specyfikacje szczegółowe, nie uwzględniały standardowych w kraju wymogów dla ochrony środowiska, np.: ścieki deszczowe nieoczyszczone wprowadzono bezpośrednio do odbiornika. Nie zastosowano rozwiązań zabezpieczających poprawne funkcjonowanie rowów odwadniających w złożonych warunkach hydrologicznych i naturalnie bardzo zróżnicowanych warunkach geomorfologicznych, np.: brak odpowiednich wzmocnień konstrukcji z zastosowaniem geosyntetyków (rys. 5, 6).

Niweleta drogi – podłoże. W obszarze zalegania gruntów organicznych (słabo udokumentowanych) projekt przewidywał wzmocnienie podłoża za pomocą pali CFA. Inwestor odstąpił od ich wykonania, wprowadzając wymianę gruntów słabonośnych na mineralne. Wymiana gruntu organicznego w ostateczności została zawężona, nie objęła całości podłoża gruntowego w wymaganej szerokości pasa drogowego (rys. 7).



Rys. 5. Uszkodzenie korpusu w wyniku spływu skoncentrowanego wody opadowej ze zlewni B

Osiadanie nawierzchni w rejonie odcinka wymiany gruntu pojawiło się już 15 maja i w czerwcu 2011 r., szczególnie w strefie niezidentyfikowanego naturalnego ciek, gdzie nie zaprojektowano przepustu. Po około 2 latach wystąpiły obniżenia jezdni w postaci zapadlisk (rys. 6), oraz pojawiły się podłużne pęknięcia i odspojenia nawierzchni z elementami drogi.



Rys. 6. Przykład obniżenia drogi, zapadliska o małym promieniu w strefie zalegania około 11 m gruntów organicznych.

### 3. Podsumowanie końcowe realizacji inwestycji

W lutym 2014 r., po 3 latach od zakończenia prac, Wykonawca zlecił niezależnej firmie dodatkowe badania terenowe CPTU i DMT w celu określenia stanu podłoża w strefie wymiany i stwierdzonych uszkodzeń. Wyniki badań geotechnicznych przedstawia rys. 7. Z rysunku 7 wynika, że strefa wymienionego podłoża nie wspiera się na stropie nośnych gruntów mineralnych. Grunty organiczne charakteryzują się długotrwałym procesem konsolidacji, któremu

towarzyszą znaczne odkształcenia pionowe i przemieszczenia poziome. Wystąpienie tego zjawiska zostało udokumentowane deformacjami nawierzchni drogowej.

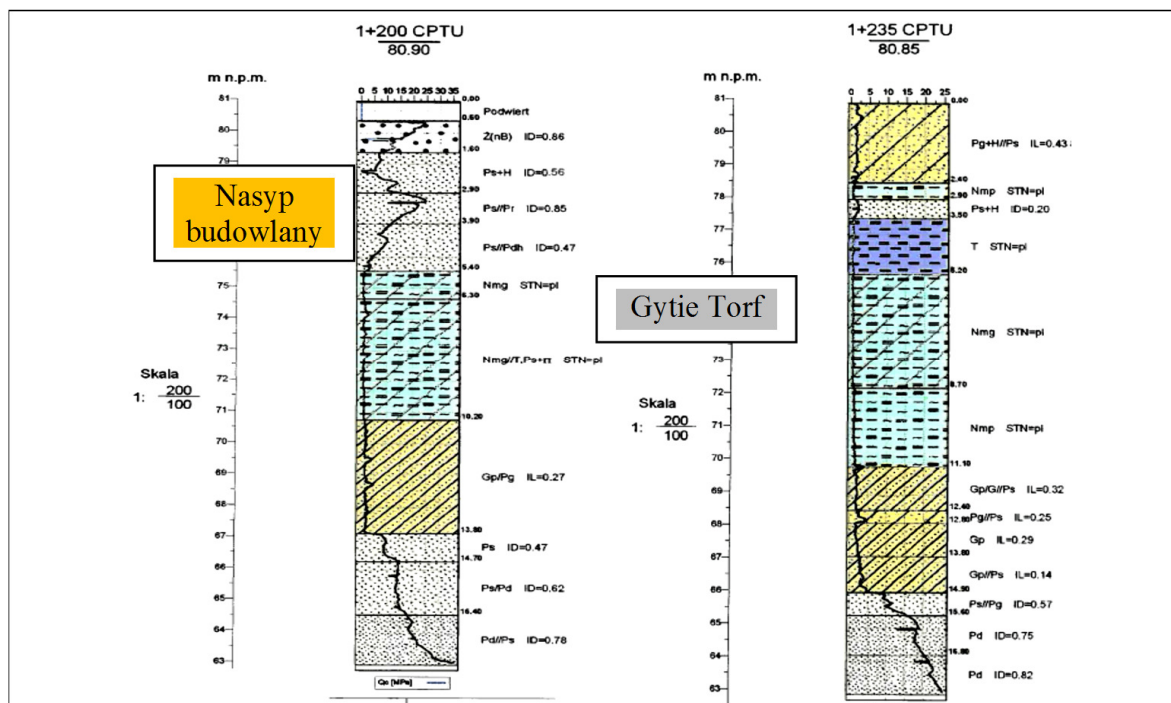
Podstawową dokumentację geotechniczną podłoża gruntowego wykonano na zlecenie Inwestora. Dokumentacja ta w istotny sposób uprościła rozpoznanie budowy podłoża.

Wyniki geotechnicznych badań kontrolnych pozwoliły sformułować nowe uogólnienia i ocenić powtórnie wyjściowe właściwości gruntów podłoża.

Badania kontrolne wykazały, że podłoże gruntowe posiada budowę złożoną z kilku formacji osadów o silnym zróżnicowaniu w kontekście litologii i stopnia prekonsolidacji. Parametry wytrzymałości na ścinanie oraz odkształceniowe wykazały nieznaczny efekt prekonsolidacji osadów zastoiskowych, które są między innymi zasadniczą przyczyną powstania prawie natychmiastowych uszkodzeń drogi.

Bezpośrednimi przyczynami deformacji podłoża i uszkodzeń drogi były więc źródłowe decyzje techniczno-projektowe, do których zaliczyć należy: niewłaściwe i niepełne rozpoznanie warunków gruntowo-wodnych podłoża, brak analizy i słaba znajomość stosunków hydrologicznych, naruszenie systemu drenażu rolniczego i nieodpowiedni systemem odbioru wód opadowych z nawierzchni drogi we wszystkich zlewniach lokalnych. Czynniki, które miały także wpływ na deformacje nawierzchni były wymiana gruntu przeprowadzona wyłącznie w granicach pasa ruchu, niezidentyfikowanie naturalnego ciekłu, i nie zaprojektowanie w słabym organicznym podłożu przepustu.

Pośrednią, ale istotną rolę w sprowokowaniu uszkodzeń stanowił czynnik ludzki. Rola czynnika ludzkiego sprowadzała się do pominięcia, w przygotowaniu inwestycji, wymaganego stopnia rozpoznania podłoża gruntowego, brak wystarczających danych do analizy geotechnicznej w przypadku złożonych warunków hydrologicznych, między innymi związanych z naturalnymi oknami hydrogeologicznymi, tj. działaniem sił przyrody, nie tylko w strefie wymiany gruntu.



Rys. 7. Profile podłoża w strefie wymiany gruntu (1 + 200 CPTU) i bez wymiany gruntu (+ 235 CPTU)

#### 4. Wniosek podsumowujący

Uczestnikami procesu budowlanego, w rozumieniu ustawy Prawo Budowlane, byli:

- inwestor;
- inspektor nadzoru inwestorskiego;
- projektant;
- kierownik budowy.

W świetle tej ustawy, do obowiązków inwestora należy zorganizowanie procesu budowy, a w szczególności zapewnienie: opracowania projektu budowlanego i, stosownie do potrzeb, innych projektów, których zakres zależy od warunków gruntowych. Do inwestora należy także powołanie nadzoru nad wykonywaniem robót budowlanych przez osoby o odpowiednich kwalifikacjach zawodowych, np.: ds. *geotechniki*. W analizowanym przypadku, nie było takiego nadzoru.

Dobra współpraca zespołu, który jest uczestnikiem procesu budowlanego dla podjętej inwestycji, gwarantuje zakończenie jej z sukcesem nawet w bardzo trudnych warunkach geotechnicznych. W przypadku omawianej inwestycji ten ważny element zawiódł.

#### Literatura

1. Rozporządzenia Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z dnia 24 września 1998 r. w sprawie ustalania geotechnicznych warunków posadawiania obiektów budowlanych. (Dz.U. Nr 126, poz. 839).
2. Kumor Ł.A., Kumor M.K., Młynarek Z. Failure of highway embankment as a result of inadequate subsoil identification, XV Danube – European Conference on Geotechnical Engineering (DECGE 2014) H. Brandl & D. Adam (eds.) 9–11 September 2014, Vienna, Austria, Paper No. 258.
3. Kumor M.K., Kumor Ł. Opinia geotechniczna dotycząca obniżenia jezdni obwodnicy miasta opracowana na podstawie analizy wyników uzyskanych z dodatkowych badań geotechnicznych podłoża drogowego. P I-G Bydgoszcz 2014.
4. Kumor M.K. Młynarek Z. The effect of quality of geotechnical subsoil identification on the execution of pile structures for bridge supports. *Proc. of XVII International Conference on Case Histories in Geotechnical Engineering*, April 29-May 4, 2013 Chicago. XD-ROM paper, Paper No. 2.04.
5. Młynarek Z. Sprawozdanie z badań podłoża gruntowego metodą statycznego sondowania CPTU i metodą dylatometryczną DMT na terenie południowej obwodnicy. HEBO Poznań, 2014.
6. Materiały archiwalne.
7. Projekt wykonawczy. Branża drogowa: Budowa południowej obwodnicy miasta łączącej drogę wojewódzką z drogą krajową nr 1, grudzień 2008.
8. Dokumentacja geotechniczna dla projektu południowej obwodnicy, 2007.
9. Dokumentacja geotechniczna określająca warunki posadowienia realizowanej południowej obwodnicy, 2010 rok.

#### THE BYPASS ROAD DAMAGE CAUSED BY THE INCOMPLETE DIAGNOSIS OF SUBSOIL AND IMPROPER DESIGN DECISIONS

**Abstract.** The subsoil of the natural part of the bypass was a layer of marginal organic mud and local peat such as gyttia, with varied thickness. These soils were not analyzed in the road subsoil and consequently not removed. The level of groundwater, for years locally regulated with the use of drainage equipment, was damaged by hydrogeological windows, after local replacement with soils with good permeability. Detailed geotechnical verification testing (CPTU, DMT probing), confirmed that the reasons for deformation and damage of the bypass are related to static consolidation of organic soil. As a result of the incomplete diagnosis (identification?) of the subsoil, improper design decisions were taken.

**Keywords:** incomplete diagnosis of subsoil, road damage, static consolidation, organic soil.