XXIV awarie budowlane
XXIV Konferencja Naukowo-Techniczna
Szczecin-Międzyzdroje, 26-29 maja 2009

Dr inż. MARIUSZ WYROŚLAK, *mariusz.wyroslak@wilis.pg.gda.pl*
Prof. ZBIGNIEW SIKORA, *zbigniew.sikora@pg.gda.pl*
Katedra Geotechniki, Geologii i Budownictwa Morskiego

ZASTOSOWANIE METOD DYNAMICZNYCH WZMACNIANIA PODŁOŻA GRUNTOWEGO POD NASYP DROGOWY – PRZYPADEK DK-16 OLSZTYN-BARCZEWO

DYNAMIC SOIL STRENGTHENING METHODS FOR ROAD EMBANKMENT FOUNDATION A CASE OF ROAD N°16 OLSZTYN-BARCZEWO

Streszczenie W artykule autorzy opisali metodę wzmocnienia podłoża gruntowego pod posadowienie nasypu drogowego. Metoda jest połączeniem znanych metod: dynamicznej wymiany (DR) oraz metody mikrowybuchów (MW). Metoda została wykorzystana do wzmocnienia i konsolidacji warstw gruntów organicznych o miąższości do 12,5m oraz zagęszczenia pod wodą gruntów mineralnych nasypowych. Zastosowane rozwiązanie przyniosło oczekiwane rezultaty.

Abstract A method of subsoil strengthening for road embankment foundation is presented. The method is composed of two well-known methods; i.e. dynamic replacement (DR) and microblasting (MW). The method was used for strengthening and consolidation of organic soil down to 12,5m thick layer and for compaction of saturated mineral. The practice follows the expected results.

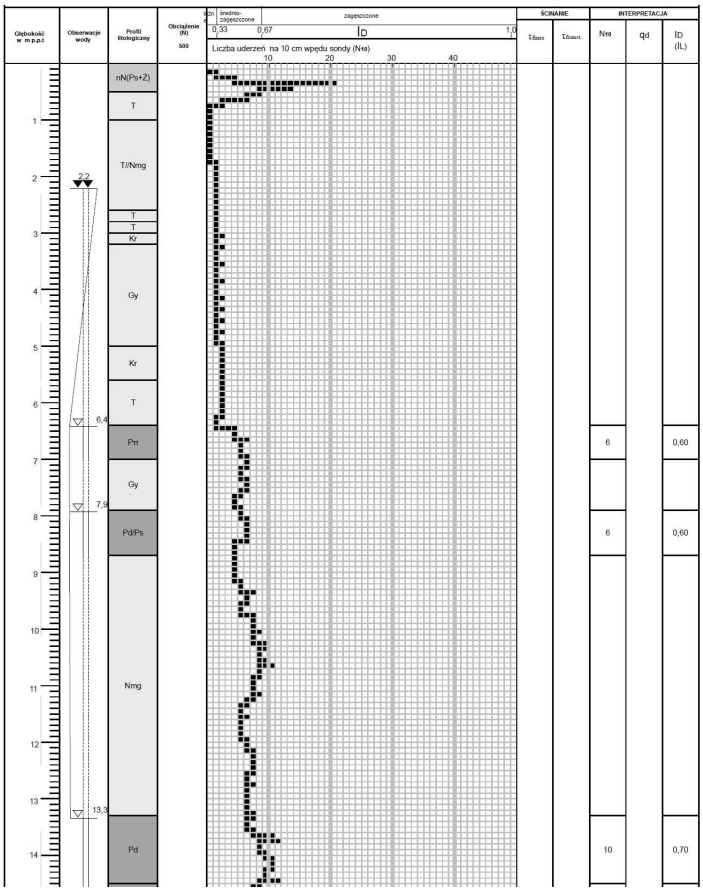
1. Opis problemu geotechnicznego

W trakcie prowadzonych prac przy budowaniu nasypu drogowego, na jednym z odcinków budowanej drogi krajowej nr 16 Olsztyn-Barczewo, w km 159+825 do km 160+000, zaobserwowano, że pierwotne założenia, co do miąższości gruntów organicznych są nieprawidłowe. W założeniach tych miąższość torfów wynosiła około 5m. Badania geologiczne, wykonane w celu uszczegółowienia i doprecyzowania zasięgu i miąższości gruntów słabych wykazały, że torfy i namuły sięgają miejscami do głębokości ok. 12,5m poniżej poziomu terenu. Dodatkowo sytuację pogarszał znaczny skłon warstw gruntów organicznych w kierunku prostopadłym do osi trasy.

Początkowo wykonawca zdecydował, że wystarczającym rozwiązaniem będzie wykonanie wymiany gruntu metodą wyparcia. Efektem zastosowania tej metody była tylko powierzchniowa wymiana, do głębokości około 5m. Ponieważ poziom wody gruntowej, na tym bagiennym terenie, jest wysoki, gruntu nasypowego pod wodą nie udało się zagęścić tradycyjnymi metodami (walcami drogowymi).

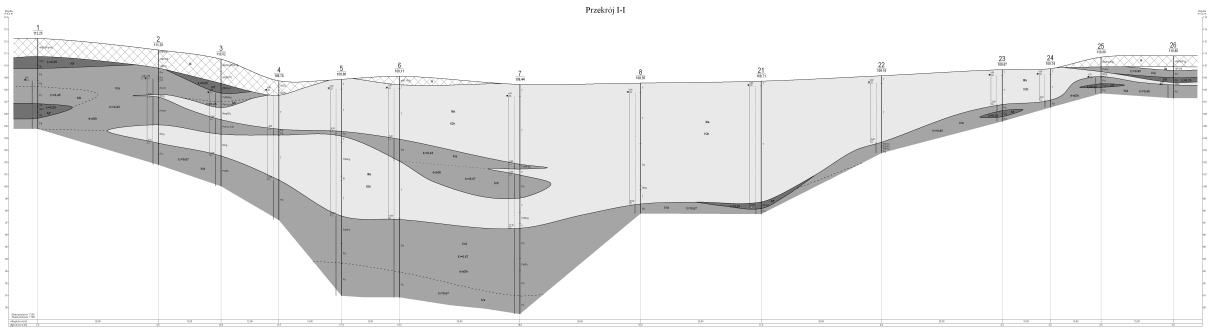
Ponieważ w tych złożonych warunkach geotechnicznych zaprojektowany został nasyp drogowy wysokości do 8m, zaproponowano głównemu wykonawcy inne rozwiązanie, polegające na wykonaniu pali w technologii CFA w rozstawie kwadratowym 4x4m, zbrojonych profilami

stalowymi, zwieńczonych płytą żelbetową. Na takiej płycie miał być posadowiony nasyp drogowy. Rozwiązanie to generowało wysokie koszty i długi czas wykonania.



Rys. 1. Sonda DPH przed wykonaniem wzmocnienia

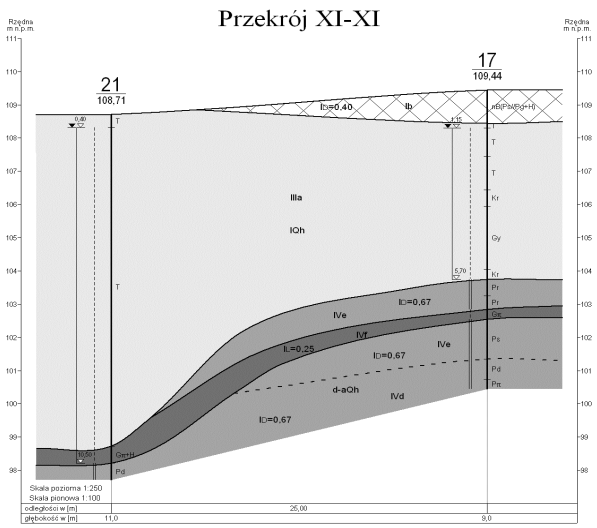
Sytuacja stawała się coraz mniej komfortowa, zarówno dla głównego wykonawcy, jak i dla inwestora, Generalnej Dyrekcji Dróg Krajowych i Autostrad. Rosły koszty przestoju, bowiem ten odcinek wstrzymywał postęp prac, mijał czas i harmonogramowy termin ukończenia robót stał się poważnie zagrożony. W takim przypadku zamiana technologii stała się nieodzowna.



Rys. 2. Przekrój podłużny miąższość warstw organicznych do 12,5m, przed wykonaniem wzmocnienia [4]

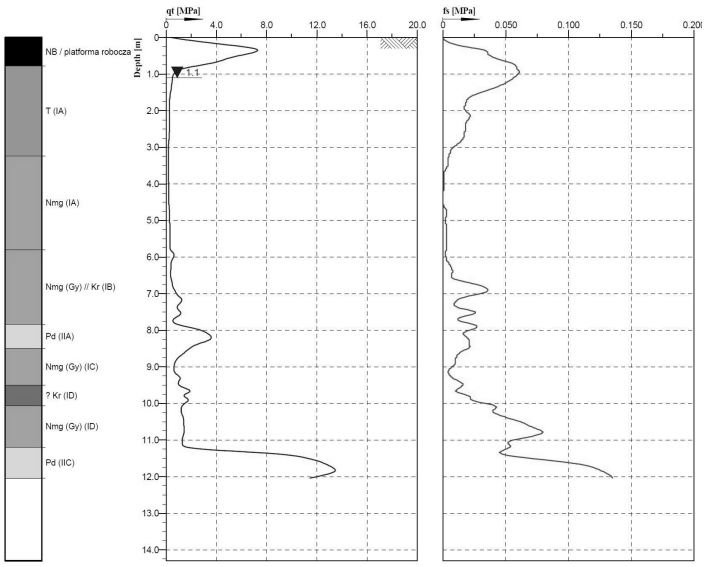
Katedra Geotechniki, Geologii i Budownictwa Morskiego Politechniki Gdańskiej opracowała ekspertyzę dotyczącą stanu podłoża i przedstawienia alternatywnej koncepcji wzmocnienia gruntu.

Przed przystąpieniem do prac analitycznych i projektowych, wykonano badania gruntu metodą sondowania statycznego CPTU oraz ustalono rzeczywisty stan podłoża gruntowego.



Rys. 3. Przekrój poprzeczny pod projektowanym nasypem drogowym, przed wykonaniem wzmocnienia [4]

Badania potwierdziły występowanie w podłożu warstw nienośnych gruntów organicznych o znacznej miąższości, a dodatkowo ustalono, że nasyp z gruntu mineralnego ma miejscami miąższość mniejszą niż zakładana.



Rys. 4. Sonda CPTU w rejonie projektowanego nasypu drogowego, przed wykonaniem wzmocnienia [2]

Metodą CPTU uzyskano również niezbędne parametry do zaprojektowania wzmocnienia podłoża.

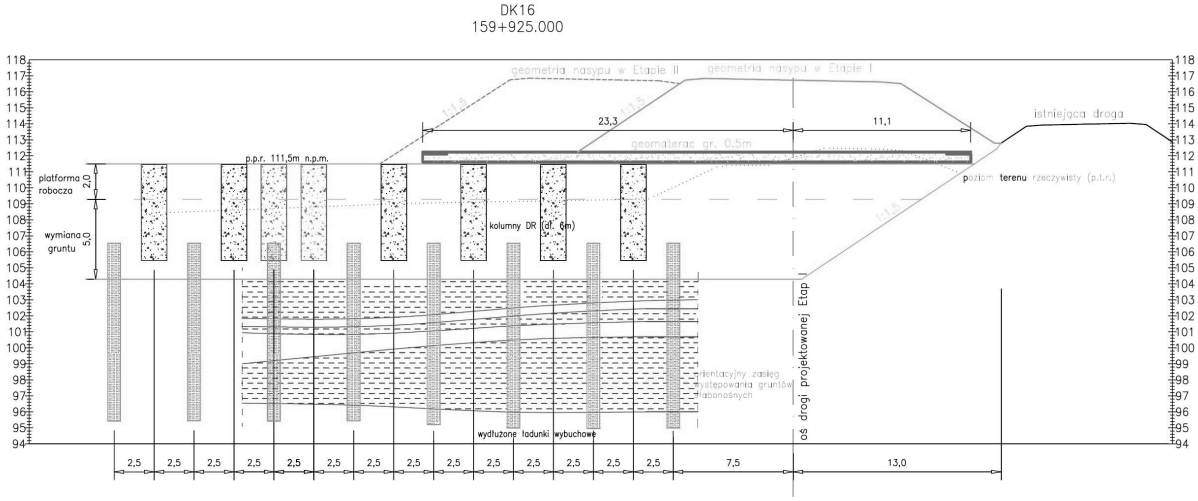
2. Propozycja rozwiązania geotechnicznego

Zasadniczym celem koncepcji uzdatnienia podłoża pod posadowienie nasypu drogowego była skuteczna konsolidacja warstw gruntów organicznych znajdujących się poniżej wykonanej wymiany gruntu, ok. 5 metrów pod powierzchnią terenu oraz wzmocnienie tych warstw, aby nie doszło do pełzania, w dłuższym okresie czasu, po obciążeniu nasypem podłoża. Szczególnie istotnym było, aby zapobiec poślizgowi w gruncie słabym po uprzywilejowanej linii poślizgu (rys. 3). Dodatkowo założono, że konieczne będzie dogęszczenie gruntu mineralnego po wymianie, znajdującego się poniżej zwierciadła wody gruntowej.

Nowatorskim pomysłem, jaki zastosowano, było połączenie dwóch metod wzmacniania słabych gruntów: metody mikrowybuchów (MW) oraz metody dynamicznej wymiany (DR).

Metoda przyspieszania konsolidacji gruntu mikrowybuchami nie jest technologią nową w polskim budownictwie. Metoda ta jest opatentowana i stanowi efekt twórczej myśli polskich inżynierów. Była już stosowana w budownictwie portowym w latach siedemdziesiątych. Stosowano ją również przy budowie elektrowni jądrowej Żarnowiec oraz na wielu licznych budowach w kraju i zagranicą. W budownictwie drogowym, aczkolwiek stosowana wielokrotnie, wciąż jest jeszcze mało znana.

Metoda ta daje znaczne przyspieszenie procesu konsolidacji gruntu przez wymuszenie energią ładunku wybuchowego wzrostu ciśnienia wody w porach gruntu i jej dyssypacji w kierunku warstw o większej wodoprzepuszczalności.



Rys. 5. Przekrój poprzeczny ze szkicem usytuowania ładunków wybuchowych i kolumn DR [1]

Wydłużone ładunki wybuchowe były zainstalowane, zgodnie z projektem, poniżej wymienionej warstwy gruntu. W wyniku odpalenia ładunku, grunt mineralny zalegający powyżej, napływa do wytworzonej ciśnieniem eksplozji kawerny formując w ten sposób materiał o zwiększonej nośności, jak również skutecznie drenujący warstwę o niskim współczynniku filtracji. Materiał taki, po odpaleniu sąsiednich ładunków, ułatwia odpływ wody z porów zagęszczanego gruntu. Odsączenie tej wody powoduje zmniejszenie objętości porów gruntu i naturalne zagęszczenie szkieletu gruntowego, zatem powoduje przyspieszoną konsolidację.

Zaprojektowano rozmieszczenie punktów strzałowych w siatce trójkątów równobocznych o boku 5m i masie ładunków wybuchowych 1,5 kg/mb. Eksplozja 1kg zastosowanego materiału wybuchowego daje energię właściwą w ilości 965 kJ. Jest to energia równoważna zrzuceniu z wysokości 10m masy 10ton. Najkrótszy ładunek wybuchowy, jaki zastosowano (3 m), miał masę 4,5 kg i tym samym 4,5-krotnie przewyższa energię masy zrzucanej z wysokości. Ciśnienie, jakie generuje się podczas wybuchu wynosiło około 1450M Pa.

Technologia mikrowybuchów jest efektywna również z tej przyczyny, że eksplozja ładunku o wydłużonym kształcie powoduje równoczesne wzmocnienie na całej miąższości słabego gruntu, przy korzystnym rozłożeniu energii w przestrzeni trójwymiarowej obszaru wzmocnienia.

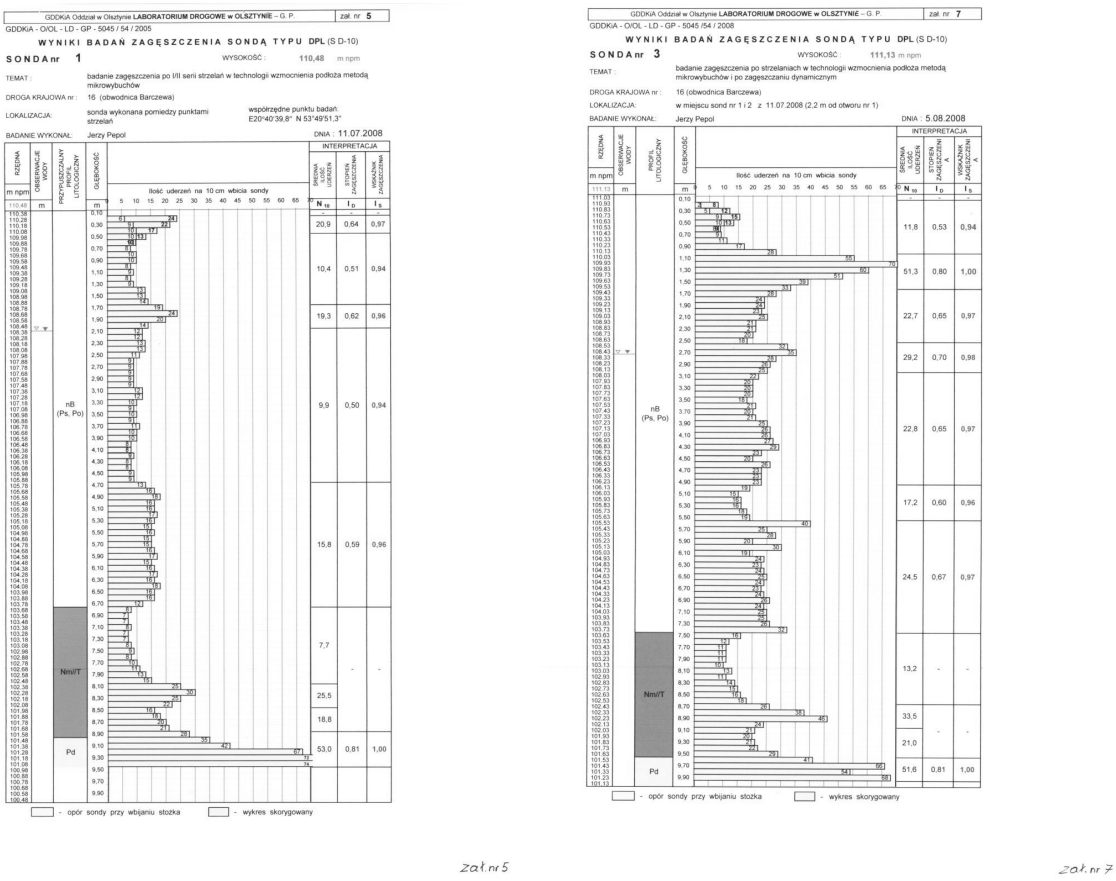
Dynamiczną wymianę (DR) zastosowano również w siatce trójkątów równobocznych o boku 5 m. W ten sposób uzyskano kolumny o długości ok. 6 m i średnicy do 1,8 m z dobrze zagęszczalnej pospółki. Zagęszczeniu uległ również grunt między kolumnami. W ten sposób zagęszczono warstwę wymienionego wcześniej gruntu, którego nie można było zagęścić innymi metodami.

Rys. 6. Miejsce projektowanego nasypu drogowego (fot. własna)

Prace strzałowe, jak również dynamiczna wymiana zostały wykonane w bezpośredniej bliskości istniejącego nasypu drogowego bez wstrzymywania ruchu na tej intensywnie uczęszczanej trasie (rys. 6). Nie odnotowano żadnych wpływów na istniejące w pobliżu obiekty w wyniku przeprowadzonych prac.

3. Skuteczność metody

Po upływie 6 tygodni od rozpoczęcia prac strzałowych i natychmiast po wykonaniu dynamicznej wymiany gruntu, podłoże było gotowe do dalszych prac przy posadowieniu nasypu drogowego.



Rys. 7. Sondy DPL po wykonaniu wzmocnienia [3]

Skuteczność metody została potwierdzona przez Laboratorium Drogowe GDDKiA w Olsztynie. Na podstawie przeprowadzonego monitoringu stanu gruntów przed i po wzmocnieniu wykazano wyraźną poprawę parametrów gruntowych. Uzyskano średni ważony stopień zagęszczenia na poziomie $I_D = 0,67$ na całym profilu sondy dynamicznej od głębokości 0,8 m do 7,4 m. Zdecydowanie zwiększyła się również nośność namułów, już bezpośrednio po wykonaniu mikrowybuchów, chociaż proces konsolidacji jeszcze się nie zakończył.

Połączenie technologii mikrowybuchów i dynamicznej wymiany okazało się stosunkowo tanim i efektywnym rozwiązaniem trudnego problemu geotechnicznego, w którym wystąpiła warstwa gruntów organicznych o znacznej miąższości.

Literatura

1. Projekt wykonawczy wzmocnienia podłoża gruntowego pod nasypem drogowym w ciągu DK nr 16 Olsztyn Barczewo w km od 159+825 do km 160+050. Katedra Geotechniki, Geologii i Budownictwa Morskiego, maj 2008.
2. Ekspertyza naukowo-techniczna dotycząca rozpoznania geotechnicznych warunków podłoża gruntowego na terenie budowanej obwodnicy Barczewa w ciągu drogi krajowej nr 16. Katedra Geotechniki, Geologii i Budownictwa Morskiego, listopad 2007.
3. Badanie głębokości wymiany gruntów organicznych i zagęszczenia nasypu na obwodnicy Barczewa, na odcinku wzmacnianym mikrowybuchami i konsolidacją dynamiczną km 159+825 do km 160+050. Laboratorium Drogowe w Olsztynie, Gospodarstwo Pomocnicze GDDKiA, Olsztyn 11.08.2008.
4. Opinia geotechniczna odnośnie warunków gruntowo-wodnych obszaru przeznaczonego pod budowę nasypu budowlanego drogi krajowej nr 16 (od km 159+825 do km 160+050) w rejonie miejscowości Barczewo. Zakład Geologiczny "Geol", Olsztyn wrzesień 2007.
5. Imiołek R. Łączenie technologii w geotechnice. Magazyn "Autostrady" Budownictwo drogowo-mostowe. Październik 2008.