

# Szybkie i skuteczne wzmocnienie dojazdów

## do mostu przez Wisłę koło Kwidzyna

**D**ojazdy do mostu od strony Kwidzyna przebiegają przez obszary akumulacji rzeki Wisły, przez co w podłożu znajdują się liczne grunty słabe pochodzenia organicznego. Podłoże gruntowe w zakresie głębokości wykonanych wierceń zbudowane jest z utworów czwartorzędowych (holocen i plejstocen), pokrywających badany teren ciągłą warstwą. Utwory holoceniowe reprezentowane są przez ropy i mułki akumulacji rzecznej facji powodziowej, utwory powstałe w wyniku akumulacji rzecznej w postaci piasków i żwirów mielizn i koryt rzecznych oraz piaski i żwiry rzeczne tarasów zalewowych, a także przez utwory organiczne w postaci namulów torfiastych, namulów piaszczystych i torfów (1).

Grunty organiczne w postaci torfów i namulów występujące na wzmacnianym odcinku zalegają średnio do głębokości 8,0 m p.p.t. i charakteryzują się bardzo niskimi parametrami wytrzymałościowymi, ze względu na wysoki stopień plastyczności ( $I_L = 0,60-0,67$ ). Dodatkowo w podłożu zalegają miękkoplastyczne i plastyczne gliny, ropy i mułki z domieszkami części organicznych o module edometrycznym  $M_0$  nieprzekraczającym 20 MPa. Warstwę nośną stanowią przede wszystkim wytworzone w plejstocenie piaski i żwiry w stanie średnio zagęszczonym i zagęszczonym. Wymienione powyżej utwory są nasyczone wodą – zwierciadło wody gruntowej stabilizuje się na głębokości 0,60-2,20 m p.p.t.

### Przegląd technologii wzmocnienia podłoża

Szczególnie istotnym aspektem przy wzmocnianiu podłoża gruntowego pod nasypami na dojazdach do mostów jest doprowadzenie do takiej konsolidacji gruntu, aby nie powstały osiadania i zazwyczaj odczuwalne uskoki przy zjeździe z obiektu mostowego, które to są konsekwencją niewłaściwie zaprojektowanego wzmocnienia podłoża. Dla uzdatnienia nawodnionego słabego podłoża gruntowego (grunty organiczne, słabe plastyczne gliny oraz ropy) stosuje się zazwyczaj dwa sposoby wzmocnień oparte na następujących koncepcjach podparcia korpusu drogowego (5):

- koncepcja podparcia sztywnego oparta na posadowieniu nasypu na sztywnych palach i przeniesieniu obciążeń poprzez pale na nośne podłoże,
- koncepcja podparcia elastycznego polegająca na przeniesieniu obciążeń na elementy drenujące i skonsolidowany grunt.

Do pierwszej grupy wzmocnień możemy zaliczyć wszelkiego rodzaju:

- pale żelbetowe (np. wiercone, prefabrykowane),
- pale betonowe (np. przemieszczeniowe, CFA i inne),
- kolumny cementowo-gruntowe (np. DSM, Limix i inne).

Niewątpliwymi zaletami tego typu podparcia są brak konieczności stosowania nasypów przeciążających i możliwość wykonywania konstrukcji drogi bezpośrednio po wykonaniu wzmocnienia. Technologie te są jed-

nak zazwyczaj bardzo drogie (gdyż należy uwzględnić ich bardzo gęsty rozstaw) oraz wymagają zastosowania bardzo wytrzymałych i drogich rusztów geosyntetycznych.

Do drugiej grupy wzmocnień – podparcia elastycznego, które polega generalnie na wymuszeniu konsolidacji podłoża za pomocą wszelkiego rodzaju drenów lub kolumn drenujących, możemy zaliczyć:

- kolumny żwirowe wykonywane za pomocą technologii wibrowymiany, Franki i inne,
- geodreny,
- wymiana dynamiczna,
- mikrowybuchy.

Kolumny żwirowe wykonywane w rękawach z geosyntetyków (co znacznie podraża zastosowanie tej technologii) lub bez tych rękawów są dobrym sposobem na wzmacnianie słabych glin i namulów. Dyskusyjna jest kwestia zastosowania tej technologii w torfach, a wręcz niemożliwa w gytiach. Technologia ta niestety wymaga stosowania długotrwałego przeciążenia nadnasypami (nawet do 1 roku). Przy obecnym tempie budownictwa drogowego ten wymóg jest zjawiskiem niepożądanym, a ponadto wymaga dodatkowych nakładów pieniężnych – przy średniej wysokości nadnasypu wynoszącej 2,0-2,5 m koszty materiału (z którym często nie ma co później zrobić) są olbrzymie.

Podobnie jest z bardzo starą technologią geodrenów. Są one tanie, lecz umieszczane blisko siebie (rozstaw 0,7-1,5 m) oraz wymagające znacznie dłuższych przeciążeń nadnasypami, w efekcie generują znaczne koszty. Ponadto, jak pokazuje praktyka światowa, technologia ta jest często „nie do końca pewna” i stosowana obecnie coraz rzadziej.

Inna technologia – wymiany dynamicznej – jest bardzo skutecznym i szybkim sposobem wzmocnienia słabego podłoża. Została ona w Polsce rozwinięta dzięki prof. Maciejowi Gryczmańskiemu. Jest technicznie prosta w wykonawstwie, nie wymaga stosowania nadnasypów oraz jest stosunkowo tania. Jedynym jej mankamentem jest fakt, że nadaje się do wzmocnienia podłoża do maksymalnie 5,0-6,0 m.

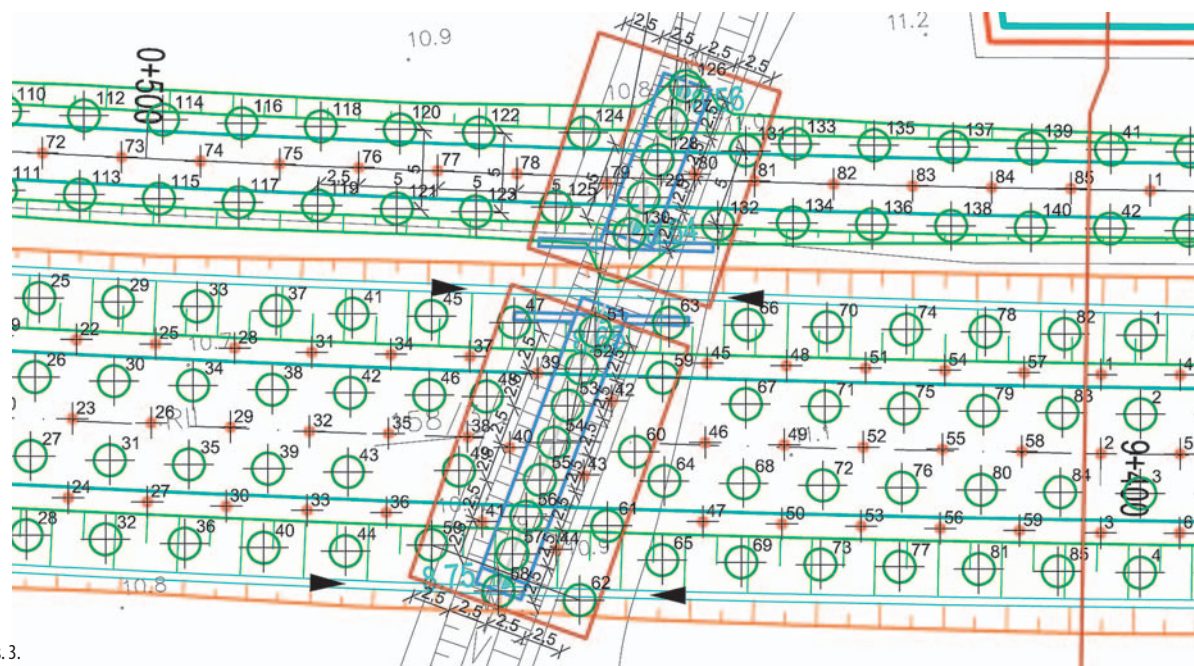
Dla większych miąższości słabego podłoża (teoretycznie nieograniczonej) stosuje się kolejną technologię – mikrowybuchów. Za jej pomocą w podłożu wykonuje się kolumny piaskowe o dużej, dochodzącej do 2,0 m średnicy, które pełnią nie tylko rolę drenu, ale także stanowią dobry element nośny. Technologia ta polega na wykorzystaniu energii powstałej w wyniku eksplozji materiału wybuchowego. Energia powstała podczas wybuchu stosowanego zazwyczaj wydłużonego ładunku jest porównywalna ze zrzuconiem ciężaru o masie 10 ton z wysokości 100 m, co obrazuje gigantyczne obciążenie, jakiemu jest poddawane podłoże gruntowe. Technologia ta, pomimo niebezpiecznej nazwy, jest całkowicie bezpieczna dla środowiska i dla otaczających budowli (bezpieczna odległość wynosi od 5 m do 50 m, zgodnie z polskim ustawodawstwem).

dr inż. Ryszard Imiołek  
mgr inż. Mariusz Łoszewski  
mgr inż. Tomasz Brzeski  
Polbud-Pomorze Sp. z o.o.

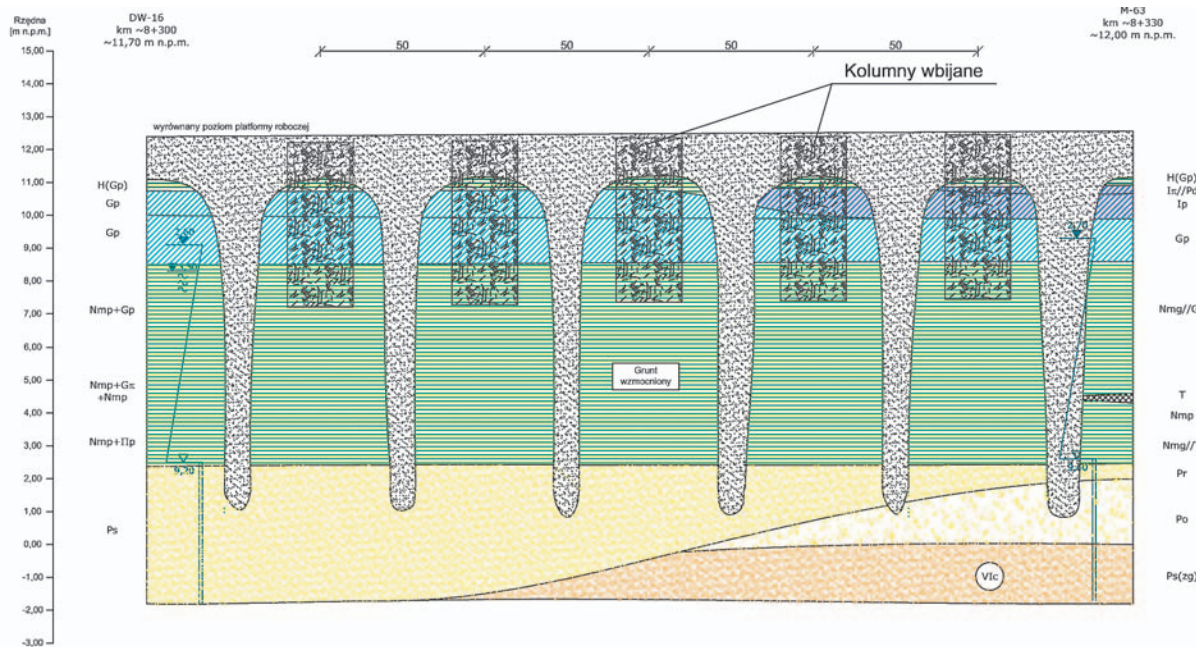
mgr inż. Edward Kowalczyk  
Transprojekt Gdański Sp. z o.o.

**Długo oczekiwana przez mieszkańców regionu Powiśla budowa nowego mostu przez Wisłę koło Kwidzyna rozpoczęła się w 2010 r. i ma być ukończona w 2012 r. Jest to powrót do idei połączenia obu brzegów Wisły w tym rejonie, gdyż ponadkilometrowy most drogowo-kolejowy istniał już w 1909 r. (w Opałeniu). Został on zdemontowany w latach 1927-1929, a jego prześlą posłużyły do budowy w 1934 r. istniejących do dzisiaj mostów drogowych w Toruniu i Koninie.**





Rys. 3.



Rys. 4.

wzmocnienia mikrowybuchami można wykorzystać wzory empiryczne:

– promień oddziaływania w gruntach niespoistych:

$$R_{e2} = 0,71 \cdot k_5 \cdot \sqrt{Q} \text{ [m]},$$

gdzie  $k_5 = 2,5 \div 5,0$  dla  $P_d$  o  $I_D = 0,1 \div 0,4$ ;

$Q$  – jednostkowa masa ładunku wybuchowego [kg/mb]

– promień oddziaływania w gruntach spoistych:

$$R_{ep} = k_6 \cdot \sqrt{Q} \text{ [m]},$$

gdzie  $k_6 = 3,5 \div 4,5$  – promień drenu piaskowego:

$$R_p = k_p \cdot \sqrt{Q} \text{ [m]}$$

gdzie  $k_p = 0,2 \div 0,35$ .

Wzory i opis metody dostępne są w publikacjach (6-8). Długość ładunków wybuchowych została dobrana tak, aby kolumna dochodziła do gruntów nośnych (wejście z otworem strzałowym na głębokość 0,5-1,0 m w grunt mocny), zaś założona długość kolumn wbijanych wynosi do 5 m w zależności od warunków gruntowych.

Nasyp drogowy posadowiono na geomateracu z kruszywa. Od spodu odseparowany warstwą geowłókniny składa się z warstwy dolnej, o grubości 20 cm, i górnej, o grubości 30 cm, które są zbrojone dwoma warstwami geosiatki – w środku i na górze materaca. Całość robót zaplanowano wykonać w ciągu 5 miesięcy – za pomocą 3 wiertnic do wykonania mikrowybuchów i 6 maszyn do wymiany dynamicznej.

## Podsumowanie

Patrząc na wszystkie wymienione wyżej zalety technologii mikrowybuchów i wymiany dynamicznej, nie powinno dziwić, że to właśnie te technologie zostały zaprojektowane w celu wzmocnienia podłoża gruntowego na dojazdach do budowanego mostu koło Kwidzyna, gdzie mamy do czynienia z długim odcinkiem drogi prowadzącej przez teren o dużej miąższości gruntów organicznych. Inne metody wzmocnienia podłoża mogłyby okazać się zbyt drogimi i zbyt czasochłonnymi, aby wpasować się w napięty harmonogram robót. Miejmy nadzieję, że ta kolejna realizacja pozwoli na zwiększenie zainteresowania rodzimymi technologiami wśród Projektantów i Zamawiających, którzy często stosują droższe zagraniczne technologie. □

Rys. 3. Plan wzmocnienia podłoża za pomocą technologii mikrowybuchów i dynamicznej wymiany gruntu (3)

Rys. 4. Schematyczny przekrój wzmocnienia z pokazaniem uformowanych po mikrowybuchach drenów piaskowych oraz uformowanych kolumn wbijanych (2)

## Piśmiennictwo

1. Dokumentacja geologiczno-inżynierska. Projekt budowlany budowy mostu przez rzekę Wisłę koło Kwidzyna wraz z dojazdami w ciągu drogi krajowej nr 90. Geotech Sp. z o.o., Bydgoszcz, maj 2009.
2. Projekt Wykonawczy. Wzmocnienie podłoża słabego metodą wymiany dynamicznej i mikrowybuchów dla dojazdu do mostu przez rzekę Wisłę koło Kwidzyna w ciągu drogi krajowej nr 90 na odcinku od km 6+660 do km 10+915. Transprojekt Gdański Sp. z o.o., Gdańsk, marzec 2010.
3. Projekt Technologiczny wzmocnienia podłoża słabego metodą wymiany dynamicznej i mikrowybuchów dla dojazdu do mostu przez rzekę Wisłę koło Kwidzyna w ciągu drogi krajowej nr 90 na odcinku od km 6+660 do km 10+915. Polbud-Pomorze Sp. z o.o., Gdynia, październik 2010.
4. Pomiary geodezyjne osiadania nawierzchni autostrady A2 na odcinku Koło – Dąbie, łącznie z geotechniczną interpretacją wyników pomiarów. Rzeźniczak J., Wyczałek I., Politechnika Poznańska. Poznań, grudzień 2009.
5. Cichy W., Cudny M., Dembicki E., Imiołek R.: Wzmocnienie podłoża gruntowego pod nasypami na trasie dojazdowej do mostu im. Jana Pawła II w Gdańsku. XIII Krajowa Konferencja Mechaniki Gruntów i Fundamentowania, Szczyrk 2003.
6. Dembicki E., Zadroga B., Kisielowa N.: Krajowe doświadczenia zagęszczania gruntów metodą wybuchów. Materiały z Sympozjum „Krajowe doświadczenia wzmocnienia podłoża”, Gdańsk 1992.
7. Kisielowa N., Nowakowski H., Osiecimski R., Dembicki E.: Zagęszczanie gruntów podłoża morskiego metodą wybuchów. „Inżynieria i Budownictwo”, nr 12/1979.
8. Pisarczyk S.: Geoinżynieria. Metody modyfikacji podłoża gruntowego. OWPW, Warszawa 2005.