

Jerzy SEKOWSKI

Katedra Geotechniki  
Politechnika Śląska

## DROGOWA TRASA ŚREDNICOWA OBSZAREM DOŚWIADCZEŃ DLA GEOINŻYNIERII

**Streszczenie.** Dotychczasowy okres budowy kilkunastokilometrowego odcinka tzw. Drogowej Trasy Średnicowej związany był z przezwyciężeniem bardzo wielu problemów, w tym także natury geotechnicznej. Rozwiązywano je, wykorzystując m.in. różnorodne metody uzdatniania słabego podłoża gruntowego. Tej też problematyce poświęcony został niniejszy referat. Ilustracją ją wybrane przykłady z praktyki inżynierskiej, przy których dane było autorowi współpracować z Jubilatem.

## THE INTERCITY ROAD ROUTE (DTS) AS A FIELD FOR GEOENGINEERING EXPERIMENTS

**Summary.** Construction of the Intercity Road Route's section of length of a dozen km or so was connected so far with overcoming of many difficulties, including problems of geotechnical nature as well. They were solved with use of several methods intended for soft subsoil improvement. This paper concerns the problems connected with the mentioned issue. Several selected examples from engineering practice at which the author was pleased to cooperate with Prof. Maciej Gryczmański serve as illustration.

### 1. Wprowadzenie

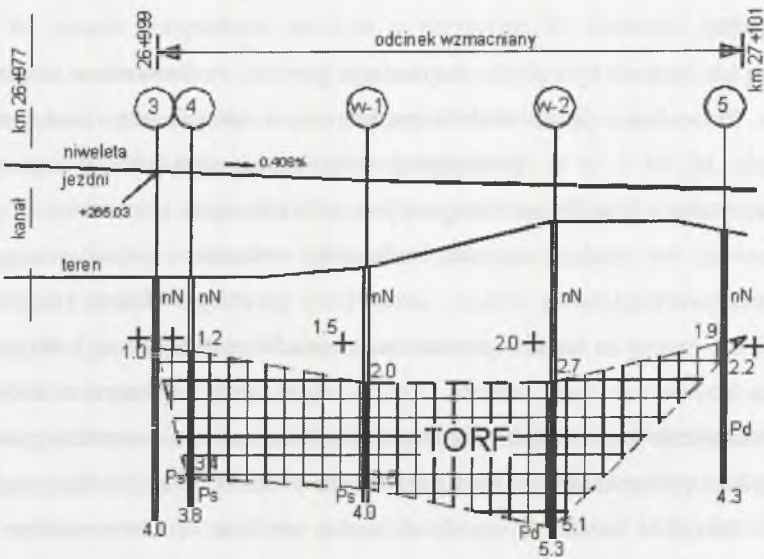
Tzw. Drogowa Trasa Średnicowa (DTS) należy do najważniejszych inwestycji drogowych na terenie Górnego Śląska. W roku 2006 przekroczyła półmetek, a oddany niedawno odcinek od wiaduktu w ciągu ul. Sokolskiej do ul. Roździńskiego zamyka inwestycję od strony Sosnowca. Należy ona do niezwykle trudnych. Przesądzają o tym m.in.: specyfika budowy wysokiej klasy drogi przez sam środek funkcjonującej aglomeracji miejskiej oraz lokalnie trudne warunki gruntowo-wodne, związane z bliskością rzeki Rawy i z silną antropogeniczną degradacją przypowierzchniowej strefy. W trakcie dotychczasowej realizacji inwestycji wystąpiło wiele problemów geotechnicznych, wymagających skutecznego rozwiązania.

Dotyczyły one m.in.: głębokich wykopów i wysokich nasypów, stromych skarp czy też obszarów bardzo słabego podłoża nawierzchni i obiektów inżynierskich.

Początki inwestycji, obejmującej odcinek od ronda w Rudzie Chebziu do ul. Roździeńskiego w Katowicach, sięgają końca lat 80. i początku lat 90. Był to też okres, w którym zaczęto coraz śmielej stosować w kraju różnorodne metody ulepszania gruntów słabych. Przy realizacji drogowej trasy średnicowej metody te znalazły także swoje praktyczne zastosowanie. Można nawet postawić tezę, że odcinek ten stał się poligonem praktycznych zastosowań geoinżynierii, tj. dyscypliny zajmującej się ulepszaniem gruntów słabych. W większości tych działań bezpośrednio uczestniczył Jubilat, z którym dane było także współpracować autorowi niniejszego referatu. Tej też problematyce poświęcony jest referat. W rozdziale 2 omówiono warunki gruntowo-wodne terenu. W rozdziale 3 przedstawiono natomiast w dużym skrócie stosowane metody uzdatniania podłoża pod nawierzchnią DTS lub modernizowanych dróg z nią związanych, a także pod wiaduktami. Istotne są tutaj problemy, a nie przypadki, którym pozostawia się rolę ilustracji.

## **2. Geotechniczna charakterystyka podłoża DTS**

Drogowa Trasa Średnicowa na zrealizowanym odcinku przebiega w znacznej części przez tereny do niedawna niezagospodarowane. Obszar ten pozostaje również zróżnicowany pod względem morfologicznym, przy czym pierwotna rzeźba terenu została w znacznym stopniu przeobrażona przez samego człowieka. O charakterystyce hydrogeologicznej terenu przesądza rzeka Rawa, przepływająca na znacznym odcinku niemalże równolegle do trasy, lokalnie w odległości zaledwie kilkunastu metrów od niej. Poziom rzeki jest wysoki i zmienny, a w bezpośrednim jej sąsiedztwie występują silnie odkształcalne grunty organiczne. Grunty nasypowe przesądzające o niekorzystnej charakterystyce geotechnicznej podłoża Drogowej Trasy Średnicowej to efekt działalności ludzi i różnorodnych zakładów przemysłowych, zlokalizowanych w przeszłości w tej części regionu. Zalegające przypowierzchniowo nasypy, w całości praktycznie antropogeniczne, charakteryzują się w ogólności zmiennym składem (gleba, piaski, gliny, namuły, kamienie, gruz ceglany, łupek węglowy przepalony, żużel, a także plastik, szkło, i szmaty) oraz zagęszczeniem (od luźnego z lokalnymi pustkami po zagęszczony), a także miąższością i wiekiem. Ilustruje to rys.1, na którym za [1] przytoczono przekrój geotechniczny podłoża w rejonie tzw. łącznika południowego w rejonie ul. Brackiej.



Rys. 1. Wybrany przykład niekorzystnych warunków gruntowo-wodnych w podłożu DTŚ [1]  
 Fig. 1. A selected example of unfavourable ground and water conditions in the subsoil of DTŚ [1]

W nierównościach terenowych lokowane były często odpady przemysłowe. Zasypanyo nimi również oczka wodne, a także miejsca po wybranym na potrzeby budowlane piasku lub żwirze. Tak było np. w sąsiedztwie ulicy Wolności, gdzie na obszarze ok.100x30 m na głębokość do 15 m zalegał żużel paleniskowy. W nierównościach terenowych w sąsiedztwie obecnej ulicy Dąbrowskiego lokowano osady, najczęściej w stanie płynnym, pochodzące z pobliskich hut. Pomimo że minęło od tej chwili ponad 50 lat, osad ten pozostał nadal w konsystencji galarety [3].

Z dokumentacji geologicznej wynikało równocześnie, że na znacznym obszarze przypowierzchniową strefę podłoża budowały grunty rodzime, w tym także utwory karbońskie, przykryte cienkim nadkładem gruntów nasypanych. Dla przykładu, w rejonie jednego z wiaduktów w rejonie ul. Szpitalnej w strefie przypowierzchniowej nawiercono czwartorzędowe utwory rodzime, reprezentowane przez twar doplastyczne, lokalnie plastyczne, grunty mało i średnio spoiste, podścielone na niewielkiej głębokości średnio zagęszczonymi piaskami o miąższości co najmniej 15 m [3], a tuż obok w rejonie ul. Bytomskiej, pod przypowierzchniową warstwą zwietrzliny karbońskiej, na głębokości



kilkunastu metrów wykryto w skalnym podłożu projektowanego wiaduktu nad DTŚ pustki w górotworze [5].

Przyczyną ich istnienia była płytka eksploatacja górnicza, realizowana w drugiej połowie XIX wieku. Prowadzono ją na siedmiu poziomach, z których trzy miały miejsce na głębokościach: 36, 48 i 76 m. Z dostępnej dokumentacji wynikało, że łączna długość wszystkich korytarzy w tym obszarze mogła wynosić do kilkunastu kilometrów.

Podsumowując ten rozdział artykułu, należałoby wskazać z jednej strony na silną degradację przypowierzchniową obszaru, przez który przebiega odcinek Drogowej Trasy Średnicowej, a z drugiej na bardzo zróżnicowane warunki morfologiczne, hydrogeologiczne i geologiczno-inżynierskie tego obszaru. Zróżnicowany pod względem morfologicznym obszar charakteryzuje się licznymi nierównościami terenowymi, wypełnionymi różnego rodzaju odpadami przemysłowymi i komunalnymi lub wodami stojącymi. Stan zagęszczenia, miąższość i rozległość owych wysypisk są bardzo zmienne. Podłoże rodzime stanowią zasadniczo utwory czwartorzędowe, z lokalnie płytko występującymi utworami karbońskimi. Sąsiedztwo rz. Rawy skutkuje wysokim i zmiennym poziomem wód gruntowych oraz obecnością w podłożu odkształcalnych gruntów organicznych. Słowem, w wielu przypadkach podłoże realizowanej inwestycji było słabe. W powszechnym przekonaniu jest to takie podłoże, które z uwagi na niedostateczną nośność i odkształcalność uniemożliwia lub bardzo ogranicza bezpośrednie posadowienia obiektu budowlanego lub inżynierskiego.

### **3. Koncepcje i przebieg wzmocnienia podłoża DTŚ**

W kontekście przedstawionej powyżej charakterystyki geotechnicznej podłoża Drogowej Trasy Średnicowej na odcinku od Rudy Chebzie do Katowic bardzo często występowały sytuacje, w których konstrukcja projektowanej drogi nie mogła być posadowiona wprost na podłożu rodzimym, jak to zakładał projekt. Trudne i zróżnicowane warunki gruntowo-wodne wymagały w takich sytuacjach indywidualnego rozwiązywania kolejno pojawiających się problemów. Sprzyjała temu formuła realizacji inwestycji i postawa Inwestora. Takim to sposobem udało się pozytywnie i bez większych strat rozwiązać wiele trudnych sytuacji, a zastosowane rozwiązania to przykład praktycznego wdrożenia wielu znanych lub mniej znanych wówczas w kraju metod ulepszenia gruntów słabych. Stąd teza referatu, a przytoczone poniżej wybrane rozwiązania stanowią próbę jej udowodnienia. Na znacznej

długości posadowienie projektowanej drogi wprost na gruntach rodzimych okazało się zasadne. W innych przypadkach decyzja o przyjętym do realizacji rozwiązaniu była wszechstronnie analizowana.

W praktyce rozważano i zastosowano następujące rozwiązania:

- wymiana gruntów słabonośnych (pełna i częściowa),
- ciężkie ubijanie, wibroflotacja, wibrowymiana, wbijane kolumny kamienne, zagęszczanie powierzchniowe wibracyjne i statyczne,
- iniekcja wysokociśnieniowa,
- zbrojenie (geosiatki, geowłókniny, geomaterace),
- wypełnianie pustek pogórmicznych.

Dla zabezpieczenia stateczności stromych skarp wykopów i wysokich nasypów stosowano lokalnie kotwy, gwoździe oraz siatki płaskie i przestrzenne. Pionowe ściany nasypów lub też wykopów wykonano stosując technikę gruntu zbrojonego znaną pod nazwą freisisol. Prace te prowadzone były nierzadko z wykorzystaniem studni odwadniających lub igłofiltrów oraz ścianek szczelnych. W przypadku obiektów inżynierskich zastosowano posadowienia na palach, a także ścianki szczelinowe.

Poniżej przytoczono wybrane przykłady zastosowanych wzmocnień podłoża DTŚ.

**Łącznik południowy:** Rozważano na całym, ponad 100 m odcinku: pełną wymianę gruntów słabych, zbrojenie podłoża kolumnami kamiennymi oraz przeponami z geotekstyli [1]. Do realizacji wybrano koncepcję trzecią (rys. 2). Wzmocnienie składało się z 3 mat, z których dwie przedzielone 5 cm warstwą piasku umieszczone zostały pod nawierzchnią, jako przepona górna. Trzecią umieszczono pod warstwą mrozoodporną, jako przeponę dolną.

**Łącznik północny:** W tym przypadku zdecydowano o wzmocnieniu podłoża nasypowego na odcinku ponad 600 m geosiatkami, ułożonymi w formie materaca grubości 25 cm [6]. Materiałem wypełniającym materac był przepalony łupek. Na długości ok.150 m, ze względu na występujące w warstwie nasypów pustki, jeszcze przed ułożeniem wspomnianego materaca, wykonano powierzchniowe dogęszczanie metodą ciężkiego ubijania, wykorzystując urządzenie DYZAG (rys. 2).



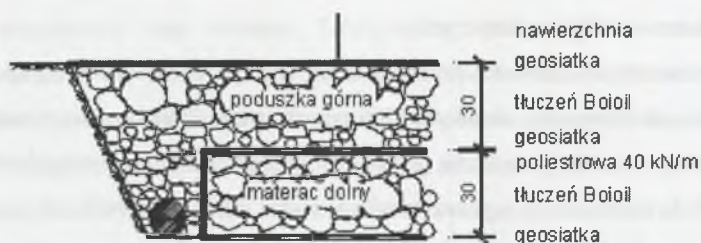
Rys. 2. Urządzenie DYZAG  
Fig. 2. DYZAG device

### Podłoże nawierzchni ul. Dąbrowskiego i DTŚ w rejonie ulicy Wolności

O słabości podłoża przesądził tu niejednorodny i zróżnicowany pod względem zagęszczenia i składu materiał odpadowy, lokowany przez lata w nierównościach terenowych.

Problem dotyczył dwóch różnych miejsc. W obydwu przypadkach rozważano wibroflotację i częściową wymianę, a także wzmocnienie geosiatkami. Ostatecznie wybrano podobny dla obydwu przypadków sposób wzmocnienia słabego podłoża gruntowego [3], zagospodarowując w dodatku same odpady. Koncepcję wzmocnienia pokazano na rys. 3.

Wzmocnienie ma postać podwójnej poduszki z tłucznia, zbrojonej geosiatkami. Górna poduszka pokryta jest geosiatką, dzielącą wzmocnienie od nawierzchni.



Rys. 3. Wzmocnienie podłoża nawierzchni DTŚ w rejonie ul. Wolności i Dąbrowskiego w Chorzowie  
Fig. 3. Improvement of DTŚ pavement subsoil in the region of Freedom Street and Dąbrowskiego Street in Chorzów

### Wiadukt nad ul. Szpitalną w Świętochłowicach

Jedną z pierwszych budowli inżynierskich Drogowej Trasy Średnicowej był wiadukt nad ulicą Szpitalną w Świętochłowicach. W przypadku pierwszego przyczółka, zrealizowanego jeszcze w latach 80., zdecydowano się na wykonanie poduszki z piasku grubego o miąższości 3,0 m i stopniu zagęszczenia  $I_D=0,4$ . Realizację drugiego przyczółka wiaduktu rozpoczęto w marcu 1995 roku. Po szczegółowym rozpoznaniu podłoża odstąpiono od przyjętego rozwiązania na rzecz posadowienia bezpośredniego [2].

### Wiadukt nad DTŚ w ciągu ul. Bytomskiej

Pozostałości po płytkiej eksploatacji górniczej stwarzały bardzo poważne zagrożenie dla stateczności podpór obiektu inżynierskiego. Ten ostatni posadowiono ostatecznie w sposób bezpośredni. Poprzedziły go jednak prace, polegające na wypełnieniu pustek zaczynem popiołowo-wodnym z dodatkiem cementu, wtlaczanym przez wywiercone otwory kontrolne.

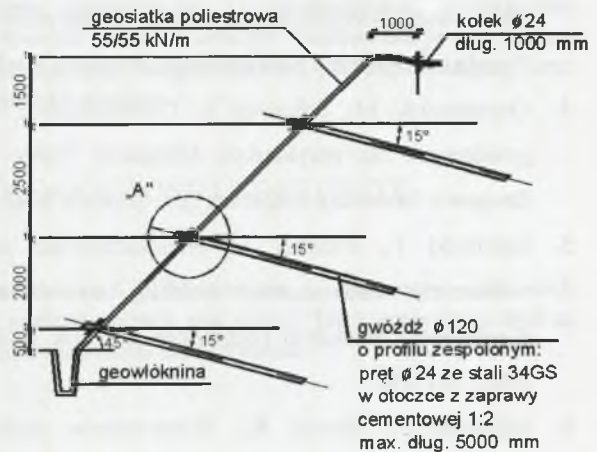


### Estakada w ciągu DTŚ nad ul. Bracką w Katowicach

Nasyp o wysokości do 6.89 m przed estakadą, posadowioną na palach, rozciąga się na długości 237 m, mając w koronie szerokość od 27 m ÷ 29 m, przy nachyleniu skarp 1:1.5. Zróżnicowane warunki gruntowe (nasypy niekontrolowane, podścielone soczewkami torfów) oraz wrażliwość istniejących obiektów na wstrząsy zdecydowały o zastosowaniu trzech różnych technologii wzmocnienia strefy przypowierzchniowej podłoża: wbijane kolumny kamienne pokryte dodatkowo geosiatką, ciężkie ubijanie z zastosowaniem urządzenia DYZAG, a w pasmach sąsiadujących z wrażliwymi na wstrząsy obiektami zastosowano kolumny kamienne wykonane techniką wibrowymiany [3].

### Stabilizacja stromych skarp DTŚ

W bezpośrednim sąsiedztwie obiektów K.S. Ruch w Chorzowie trasa DTŚ przebiegała w wykopie o wysokości do 6,0 m. Skarpa musiała być ukształtowana w nachyleniu 1:1. Warunki hydrogeologiczne stwarzały możliwość lokalnych osuwisk, łącznie z powierzchniową erozją skarp. Stąd decyzja o wglębnym zabezpieczeniu za pomocą gwoździowania oraz powierzchniowymi geosiatkami [3] (rys.4).



Rys. 4. Schemat zabezpieczenia stromych skarp  
Fig. 4. Schema of the steep slope's protection

## 4. Podsumowanie

Posadowienie nabiera szczególnego znaczenia w przypadku obiektów liniowych przebiegających przez tereny o niekorzystnej charakterystyce geotechnicznej. W takich też sytuacjach prawdziwą szansą dla projektanta stanowią różnorodne metody ulepszenia podłoża gruntowego. Tak też się stało z Drogową Trasą Średnicową. Złożone i bardzo zróżnicowane warunki gruntowe, hydrogeologiczne, morfologiczne oraz topograficzne terenu postawiły przed projektantami i wykonawcami tej inwestycji bardzo poważne wymagania.

Dotyczyły one głównie właściwego posadowienia samej drogi i towarzyszących jej obiektów inżynierskich. Wymaganiom tym, co potwierdziła praktyka, w pełni sprostano.

### Literatura

1. Gryczmański M., Sękowski J.: Wzmocnienie nawierzchni Drogowej Trasy Średnicowej nad soczewką torfów. Konferencja Naukowo-Techniczna "AWARIE BUDOWLANE", t. 2, Szczecin - Międzyzdroje 1995, 475-482.
2. Gryczmański M., Sękowski J.: Rola rzeczoznawcy w opracowywaniu koncepcji posadowienia obiektu. V Konferencja Naukowo-Techniczna Warsztat Pracy Rzeczoznawcy Budowlanego. Kielce-Ameliówka 1999, 95-103.
3. Gryczmański M., Sękowski J.: Problemy geotechniczne budowy Drogowej Trasy średnicowej Górnśląskiego Okręgu Przemysłowego. IX Międzynarodowa Konferencja Trwałe i Bezpieczne Nawierzchnie Drogowe, Kielce 2003, 279-287.
4. Gryczmański M., Sękowski J.: Doświadczenia w budowie dróg na słabych podłożach gruntowych na przykładzie Drogowej Trasy Średnicowej. XLVI Techniczne Dni Drogowe. Materiały konferencyjne, Szczyrk 2003, 67-77.
5. Sękowski J., Józwiak I.: Niespodziewana awaria podłoża gruntowego podczas wznoszenia fundamentów obiektu, wywołana płytką eksploatacją górniczą. XX Konferencja Naukowo-Techniczna. Awarie Budowlane. T. 2., Szczecin-Międzyzdroje 2001, 531-538.
6. Sękowski J., Sternik K.: Wzmocnienie podłoża drogowego metodą konsolidacji dynamicznej. Drogownictwo, 1, 1998, 28-29.

Recenzent: Prof. dr hab. inż. Lech Wysokiński