

z nich pracował z wymuszeniami opisanymi wyżej, a walec STA VV 1500k miał również możliwość zastosowania dwu wymuszeń nazwanych wymuszeniem 1 ($f = 35$ Hz, $A = 1$ mm) i wymuszeniem 2 ($f = 35$ Hz, $A = 2$ mm).

Wnioski

Zasadniczym celem prowadzonych prac badawczych, których fragment przedstawiono w artykule, jest zebranie bazy danych pomiarowych umożliwiających prognozowanie drgań spowodowanych pracą różnych typów walców i to przy zastosowaniu różnych parametrów tej pracy (amplituda, częstotliwość). Znając charakterystykę budynku, jego położenie względem źródła drgań, warunki geotechniczne oraz dysponując bazą danych dotyczących drgań generowanych przez dany typ walca, można prognozować wpływy dynamiczne na sąsiednią zabudowę, spodziewane podczas wykonywania robót drogowych za pomocą poszczególnych typów drogowych walców wibracyjnych. Można będzie wówczas, w przypadku

konkretnych inwestycji drogowych w terenie zabudowanym, określić strefy wpływów dynamicznych poszczególnych typów walców wibracyjnych oraz tak dobrać parametry ich pracy, aby minimalizować wpływ efektów dynamicznych na otoczenie.

Warto podkreślić, że analizując propagację drgań powierzchniowych gruntu spowodowanych pracą walców wibracyjnych, można zauważyć gwałtowne zmniejszenie amplitud przyspieszeń drgań na odcinku pierwszych kilku metrów od źródła drgań.

PIŚMIENICTWO

- [1] Makovička D.: Vliv dynamických účinků vibračního válce při zemních pracích na okolní zástavbu. „Mechanizace (Příloha časopisu inženýrské stavby)”, Praha 1988.
- [2] Kawecki J., Stypuła K.: Ocena wpływów dynamicznych na budynki wywołanych robotami drogowymi. Proc. 2nd International Conference on New Trends in Statics and Dynamics of Buildings, Bratislava, October 2003.
- [3] Stypuła K., Świder R.: Wpływ drgań wywołanych pracą drogowych walców wibracyjnych na budynki. „Drogownictwo”, nr 1/2006.

Dr inż. DARIUSZ SOBALA

Politechnika Rzeszowska

Pracownia Projektowa Aarsleff Sp. z o.o., Warszawa

Mgr inż. WOJCIECH TOMAKA

Pracownia Projektowa Aarsleff Sp. z o.o., Warszawa

Mgr inż. GRZEGORZ CZUDEK

Geotech Rzeszów Sp. z o.o.

Przykłady wpływu błędnego rozpoznania warunków gruntowych na realizację robót budowlanych

Istniejący stan prawny, a przede wszystkim powszechnie akceptowana praktyka prowadzenia badań podłoża gruntowego pod budynkami i konstrukcjami inżynierskimi nie zapewniają w wystarczający sposób sprawnej realizacji robót fundamentowych i bezpieczeństwa wznoszonych obiektów. Na przykładzie trzech zrealizowanych obiektów inżynierskich, dwóch obiektów mostowych i głębokiego wykopu drogowego, przedstawiono efekty takiego stanu rzeczy oraz zagrożenia, którym zdołano zapobiec.

Ilustracją wagi rozpoznania warunków gruntowych może być cytata z normy [1] p. 2.4.1 (2): *Zaleca się uwzględnić fakt, że znajomość warunków gruntowych zależy od zakresu i jakości rozpoznania geotechnicznego. Rozpoznanie i kontrola jakości wykonawstwa mają zazwyczaj większe znaczenie dla spełnienia wymagań podstawowych, niż dokładność modeli obliczeniowych czy współczynniki częściowe.*

Fundamenty estakady E w ciągu obwodnicy Międzyzdrojów

Estakada jest dużym siedmioprzęsłowym ciągłym obiektem mostowym, z przeszłem sprężonym, a więc „czułym” na nierównomierne osiadania podpór. W projekcie podstawowym przyjęto posadowienie podpór na żelbetowych wbijanych palach prefabrykowanych, których stopy miały znaleźć oparcie w silnie zagęszczonych gruntach piaszczystych. Zaprojektowano pale długości od 9 do 13 m i nośności pojedynczych pali około 1300 kN.

W trakcie realizacji robót palowych najpierw wykonano pale do badań. Już w trakcie ich pogrążania obserwowano duże wpędy, których nie spodziewano się w gruntach silnie zagęszczonych. Mogło to świadczyć o nieprawidłowym rozpoznaniu

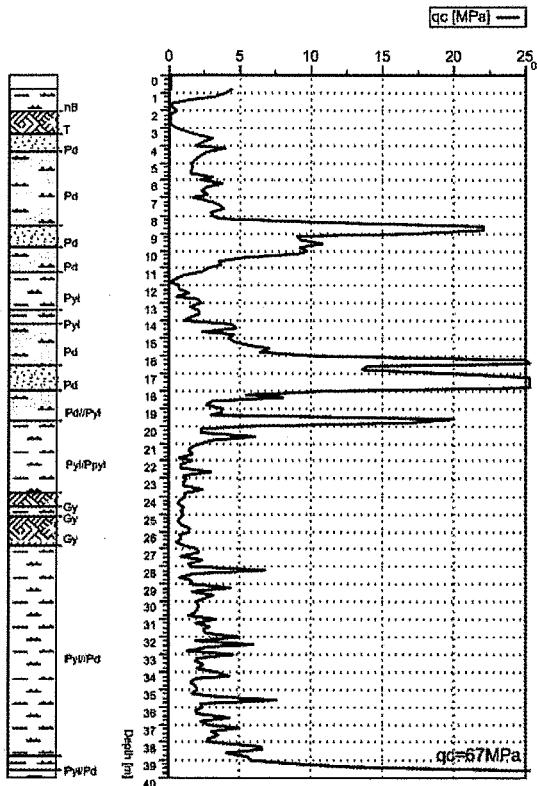
podłoża. Wyniki statycznych badań nośności zbadanych pali przedstawiono w tabl. 1. Niedobór nośności w stosunku do określonych w projekcie w przypadku trzech lokalizacji wynosił od 29,6 do 73,5%. Dlatego wykonawca zlecił wykonanie dodatkowych badań geotechnicznych przy użyciu sondy CPT (rys. 1 i 2). Podczas tych badań stwierdzono, że warstwa nośna zalega dopiero na głębokości 42 m.

W tej sytuacji projektant zalecił wbicie pali próbnych o łącznej długości 45 m. Na podstawie wyników próbnego palowania (pale o długości czynnej do 42,75 m) dobrano odpowiednie parametry wbijania pali o tak znacznych długościach i jednocześnie stwierdzono wystarczająco dużą nośność i sztywność pali.

W ramach palowania zasadniczego (rys. 3), wykonywanego na podstawie projektu zamiennego, wbito rekordowo długie w polskich warunkach pale prefabrykowane (tabl. 2). W fundamentach, w których długość pali znacznie różniła się od ustalonej w projekcie podstawowym, przeprowadzono badania nośności i ciągotości wszystkich wbitych pali. Wyniki tych badań potwierdziły, że pale osiągnęły wymaganą nośność.

Tablica 1
Porównanie nośności projektowanej i zbadanej w wybranych fundamentach estakady E

Podpora	Nośność projektowana N_t , kN	Nośność zbadana N , kN	Niedobór nośności $(N_t - N)/N_t$, %
P4	1300	344	73,5 %
P5	1390	978	29,6 %
P6	1395	805	42,3 %



Rys. 1. Przykładowy wynik badań sondą CPT – estakada E

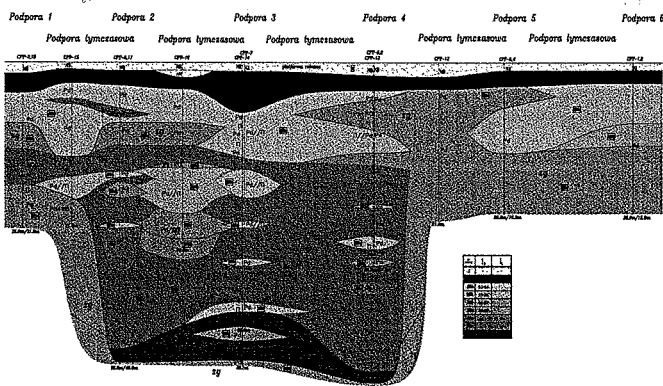
Tablica 2
Porównanie długości pali projektowanych i ostatecznie zainstalowanych – estakada E

Fundament	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8
Według projektu podstawowego								
Liczba pali	34	42	45	45	45	45	40	34
Długość pali, m	12	12	13	11	13	12	11	9
Według zrealizowanej wersji projektu								
Liczba pali	34	42	45	45	45	45	45	34
Długość pali, m	19	42	42	45	13	16	13	13
Różnica pomiędzy projektem podstawowym i ostatecznie zrealizowanym								
Liczba pali	0	0	0	0	0	0	5	0
Długości pojedynczych pali, m	7	30	29	34	0	4	2	4

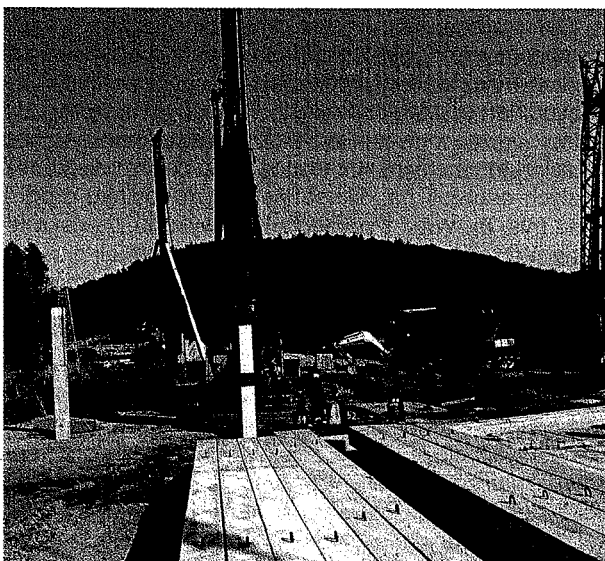
Fundamenty mostu drogowego przez rzekę Modrzejowicę w ciągu drogi krajowej nr 9

W miejscu istniejącego obiektu został zaprojektowany nowy ramowy obiekt mostowy z przęsłem z belek „Kujan” długości 18,6 m. W projekcie podstawowym przyjęto posadowienie każdego z przyczółków na 5 palach wierconych średnicy 120 cm, długości 10 m, w rozstawie 2,7 m. Posadowienie na palach było uzasadnione warunkami gruntowymi określonymi w dokumentacji geotechnicznej, w której wykazano zaleganie gruntów słabych (namulów i pyłów plastycznych) do głębokości około 7 m. Niżej zidentyfikowano warstwy piasków, pospółek i żwirów rzecznych zagęszczonych: Podstawą do wydzielenia warstw geotechnicznych, określenia ich parametrów i sporządzenia przekroju (rys. 3) były dwa otwory badawcze do głębokości 15 m i jedno sondowanie sondą lekką dynamiczną SLD-10.

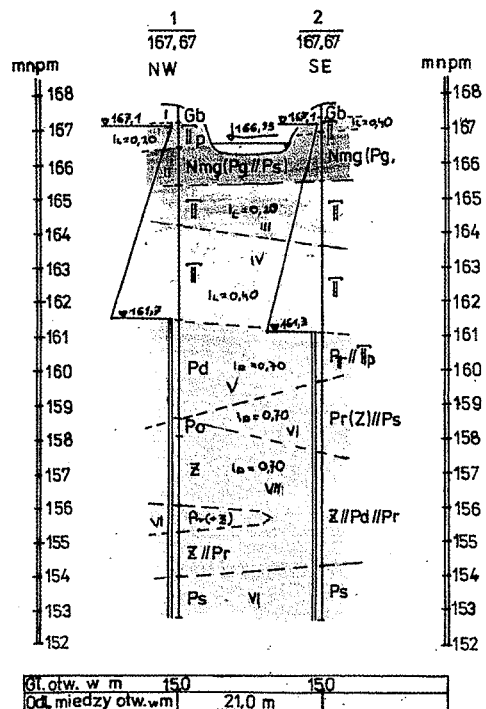
Ze względu na małą liczbę pali w obiekcie (poniżej 25), zgodnie z polską normą, zrezygnowano z przeprowadzania ich próbnych obciążeń.



Rys. 2. Układ warstw gruntu – estakada E



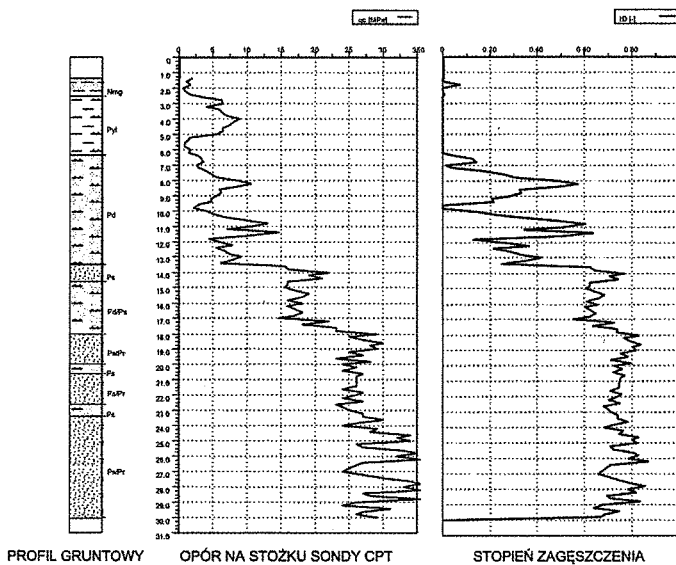
Rys. 3. Palowanie zasadnicze – estakada E w Międzyzdrojach



Rys. 4. Warunki gruntowe według dokumentacji podstawowej – most w Modrzejowicach

Podczas realizacji robót budowlanych główny wykonawca obiektu, ze względów ekonomicznych oraz technicznych (napięte zwierciadło wody gruntowej $\Delta H \approx 6,0$ m), uzyskał zgodę na zamianę pali wierconych na żelbetowe prefabrykowane pale wbijane. Zaprojektowano podparcie każdego z przyczółków na 22 palach prefabrykowanych o przekroju 40×40 cm i długości 10 oraz 11 m. Ze względu na większą liczbę pali w projekcie zamiennym, przewidziano wykonanie dynamicznych badań nośności dwóch pali.

W trakcie wbijania pali do badań zaobserwowano duże wpędy, które w gruntach zagęszczonych mogły świadczyć o niewłaściwym rozpoznaniu podłoża. Wykonane badania dynamiczne nośności pali wykazały znaczne jej niedobory w stosunku do wyników obliczeń. Ocenę sformułowaną na podstawie pomiaru wpędów, dotyczącą niewłaściwego rozpoznania podłoża, potwierdzono w dodatkowych badaniach sondą CPT (rys. 5).



Rys. 5. Przykładowy wynik badań sondą CPT – most w Modrzejowicach

Według badań dodatkowych nośne warstwy gruntów (głównie średnioziarnistych) zalegały na głębokości około 13 m, a więc znacznie poniżej spodu wykonanych wcześniej pali. Po weryfikacji ustaleń projektu zamiennego na podstawie wyników sondowania CPT zwiększono długość pali do 18 i 19 m. Po wbiciu przedłużonych pali (rys. 6) ponownie przeprowadzono próbne obciążenia dynamiczne, których wyniki potwierdziły projektowaną nośność $mN_t = 1200$ kN.



Rys. 6. Palowanie zasadnicze – most w Modrzejowicach

W opisanym przypadku zmiana technologii palowania pozwoliła na identyfikację wadliwie rozpoznanych warunków gruntowych. Niedokończone w pierwszym etapie roboty fundamentowe wpłynęły na przedłużenie realizacji obiektu o około 1 miesiąc.

Trudno jednoznacznie ocenić, jakie byłyby skutki zastosowania pali wierconych, bez ich próbnych obciążeń. Bardzo dużo zależało by zapewne od wiedzy i doświadczenia wykonawcy robót palowych, ale z dużym prawdopodobieństwem można przyjąć, że problem nie zostałby zidentyfikowany, a obiekt zacząłby osiadać już w trakcie robót budowlanych i konieczne byłoby wzmacnianie fundamentów.

Zabezpieczenie skarp głębokiego wykopu drogowego w ciągu drogi S7

Projekt budowlano-wykonawczy budowy drogi ekspresowej S7 na odcinku obwodnicy Lubnia zakładał wykonanie głębokich przekopów drogowych w trudnych warunkach grunto-wodnych, charakterystycznych w rejonach podgórskich (rys. 7). Projektowana głębokość wykopów/wysokość skarp sięgała kilkunastu metrów. Na potrzeby projektu opracowano dokumentację geologiczno-inżynierską oraz hydrogeologicz-



Rys. 7. Fragment odcinka drogi S77 objęty ruchami osuwiskowymi

ną, których zakres i rodzaj wykonanych badań odpowiadały wymaganiom instrukcji [4]. Podstawowym sposobem pozyskiwania danych były wiercenia badawcze. W projekcie podstawowym przeprowadzono niezbędne obliczenia skarp wykopów, z uwzględnieniem liniowej interpolacji punktowego rozpoznania warunków geologicznych. Na ich podstawie zaproponowano wykonanie płytkich drenaży naskarpowych i systemu odwodnień powierzchniowych.

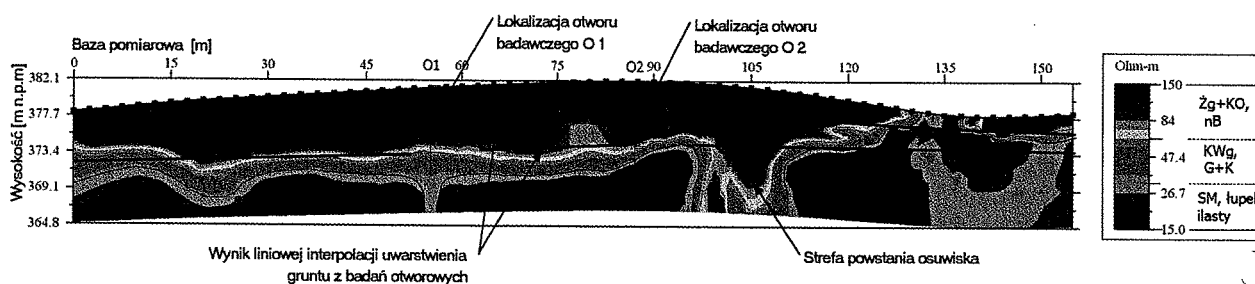
W trakcie wykonywania przekopów napotkano na znaczne trudności z utrzymaniem stateczności skarp. Liczba i głębokość powstałych osuwisk na kilkusetmetrowym odcinku drogi była znaczna (rys. 8). Wraz z pogłębianiem wykopu zjawiska te nasilały się. Wszelkie, wykonywane zgodnie z projektem, zabezpieczenia mające na celu ustabilizowanie skarp wykopów oraz doraźne roboty dodatkowe, takie jak drenaże, przypory kamienne, odwodnienia podskarpowe, nie przynosiły oczekiwanych efektów. W konsekwencji znacznie wydłużył się czas realizacji kontraktu, a na opóźnienia wpływ miały również prace zespołów eksperckich, których opinie diametralnie różniły się w zakresie identyfikacji przyczyn zaistniałych zjawisk oraz sposobów zabezpieczenia. Należy zaznaczyć, że pomimo różnych wniosków końcowych, wszystkie opinie bazowały na podstawie dokumentacji geologicznej lub do niej się odnosiły.

Poszukując rozwiązania umożliwiającego kontynuowanie realizacji, wykonawca zlecił dodatkowe badania podłoża. Firma



Rys. 8. Uszkodzenia skarpy w rejonie wykonanych wzmocnień/drenaży

wykonywająca badania zaproponowała wykorzystanie profilowania geofizycznego metodą tomografii elektrooporowej. Zastosowanie tej metody umożliwiło uzyskanie ciągłego, dwuwymiarowego obrazu układu warstw podłoża w przekrojach zlokalizowanych wzdłuż skarpy objętej osuwiskami. Przeprowadzone badania potwierdziły wyniki wierceń w zakresie punktowego rozpoznania podłoża. Badania wykazały natomiast niedoskonałość standardowo stosowanej interpretacji międzyotworowej (rys. 9).



Rys. 9. Przekrój geofizyczny wzdłuż skarpy wykopu drogowego

Na podstawie wyników profilowania geofizycznego ustalono, że:

- przepływ wód gruntowych odbywał się poniżej poziomu projektowanych odwodnień,
- przewidziane w projekcie podstawowym zabezpieczenia były nieadekwatne do skali zagrożeń wynikających z budowy geologicznej,
- występujące w skarpach przekopów osuwiska były związane z występowaniem specyficznych struktur geologicznych, decydujących o predyspozycjach osuwiskowych terenu.

Zweryfikowany i uzupełniony o wyniki badań geofizycznych model ośrodka gruntowego pozwolił na modyfikację rozwiązań projektowych, umożliwiającą zakończenie robót budowlanych.

Podsumowanie

Cytując za *Ryszardem Brzosko* [3] można stwierdzić, że każda budowla jest tylko tak dobra jak jej fundament. Można

też stwierdzić, że każdy fundament jest tak dobry, jak rozpoznanie podłoża gruntowego. W opisanych przypadkach wykonano podstawowe, standardowe badania geotechniczne/geologiczne. Przy określaniu ich zakresu i doborze metod badań kierowano się bardziej wymaganiami formalnymi instrukcji lub norm oraz możliwościami technicznymi wykonawcy badań niż rzeczywistymi potrzebami projektu.

Bez wdawania się w szczegółową merytoryczną ocenę opisanych przypadków nasuwa się kilka ogólnych spostrzeżeń:

- inwestorom zabrakło właściwej oceny ryzyka geotechnicznego przygotowywanych inwestycji, realizowanych przy założeniu zasady najniższej ceny,
- geotechnikom/geologom i projektantom zabrakło pełnej świadomości celu badań gruntowych, a przede wszystkim możliwych negatywnych skutków ich wadliwego lub niepełnego przeprowadzenia,
- niewielkie środki zaoszczędzone na badaniach w fazie przygotowania inwestycji spowodowały zwiększenie kosztów w fazie realizacji,
- w projektach zbyt rzadko wykorzystuje się możliwość wykonania dodatkowego rozpoznania warunków gruntów na etapie realizacji robót oraz obserwacyjną metodę projektowania przewidzianą w normie [1]; metoda ta w większym stopniu opiera się na praktycznych doświadczeniach wykonawców, jednak do jej wykorzystania na większą skalę potrzeba w szczególności wprowadzenia zmian w przepisach.

Bez istotnych zmian w praktyce prowadzenia rozpoznania warunków opisane sytuacje mogą się powtarzać. Należy podkreślić, że ta sama zła praktyka w zakresie badań gruntowych prowadzi również do przeciwnych efektów – przewymiarowania fundamentów i konstrukcji geotechnicznych.

PIŚMIENNICTWO

- [1] PN-EN 1997-1:2008 Eurokod 7 Projektowanie geotechniczne. Część 1: Zasady ogólne.
- [2] PN-EN 1997-2: 2007 (U) Eurokod 7. Projektowanie geotechniczne. Część 2: Badania podłoża gruntowego.
- [3] Budowla tak dobra jak jej fundamenty. Rozmowa z *Ryszardem Brzosko* – prezesem Polskiego Zrzeszenia Wykonawców Fundamentów Specjalnych. „Geoinżynieria i Tunelowanie”, nr 2/2004.
- [4] PN-83/B-02482 Fundamenty budowlane – Nośność pali i fundamentów palowych.
- [5] Instrukcja badań podłoża gruntowego budowli drogowych i mostowych. GDDP, Warszawa 1998.

I ogólnopolski kongres

„Ocena energetyczna – priorytety i zalecenia w zakresie certyfikacji budynków”

Kongres odbędzie się 27 marca 2009 r. w Warszawie. Organizatorem jest Wydawnictwo FORUM. Tematyka kongresu dotyczy uzyskiwania certyfikatów energetycznych dla budynków po wprowadzeniu od stycznia 2009 r. nowych wytycznych ministerstwa infrastruktury.

Wydawnictwo FORUM Sp. z o. o.

ul. Polska 13, 60-595 Poznań
tel. 061 66 55 800, fax 061 66 55 888
www.ocena-energetyczna.org