

TITAN – nowy wymiar fundamentowania



Fot. 1. Obiekt 34 nad zabezpieczonym wykopem, Zwardoń

Dynamiczny rozwój technologii z dziedziny specjalistycznych konstrukcji geotechnicznych spowodował wyraźną zmianę w sposobie podejścia konstruktorów do rozwiązywania problemów inżynierii budowlanej. Znaczący udział w tych zmianach ma niewątpliwie technologia TITAN, służąca do wykonywania iniekcyjnych mikropali, kotew i gwoździ gruntowych, która dzięki swej uniwersalności stanowi potężne narzędzie w warsztacie projektanta. Obecna na rynku już ponad 20 lat, ciągle udoskonalana, zyskała sobie sympatię i uznanie zarówno projektantów, jak i wykonawców, „rewolucjonizując” wiele aspektów zagadnień inżynierskich – m.in. fundamentowania specjalnego.

Technologia ta opiera się na maksymalnym uproszczeniu sposobu wykonania mikropala: zbrojenie mikropala – grubościennie, gwintowane rury są wykorzystywane jako przewód wiertniczy (po uzbrojeniu w traconą końcówkę wiertniczą) oraz przewód iniekcyjny (iniekt podawany jest wewnętrznym otworem żerdzi i wytłaczany poprzez końcówkę wiertniczą). W uproszczeniu jest to więc idea „samowierzącego zbrojenia”. W jednym przebiegu technologicznym odbywa się wykonanie otworu, jego zainiegowanie oraz montaż zbrojenia. Iniekcja wstępna prowadzona jest równolegle z wierceniem, przy użyciu zaczynu cementowego $W/C \sim 0,7$. Rzadki zaczyn cementowy pełni jednocześnie rolę płuczki – odfiltrowując, tworzy film cementowy na ścianach wierzonego otworu, zapewniając ich stateczność. Dzięki temu zbędne stało się stosowanie rur osłonowych. Ponadto iniekt, mając możliwość penetracji w grunt, zeskała, petryfikuje ośrodek wokół wykonywanego otworu. W efekcie nośności uzyskiwane przez mikropale TITAN są o ok. 30% wyższe niż tradycyjnych mikropali. Iniekcja końcowa (właściwa) odbywa się po odwierceniu otworu i polega na jego wypełnieniu gęstym zaczynem cementowym o stosunku $W/C \sim 0,4$ (szczegółowo przedstawiona została w kwartalniku „Geoinżynieria i tunelowanie” (03)/2004). Dzięki technologii TITAN wiercenie otworu przestało być sztuką samą w sobie, pozwalając na osiągnięcie niespotykanych dotąd



Fot. 2. Widok niszy pod płytę przyczółka – widoczne mikropale i gwoździe gruntowe, Zwardoń



Fot. 3. Wykonana kładka, zabezpieczenie kolejnych poziomów wykopu metodą gwoździowania, Zwardoń

wydajności montażu mikropali, rzędu 250-300 mb dziennie (przy jednej 4 - osobowej ekipie). Tak wysoka wydajność umożliwia ekonomiczne rozwiązanie posadowienia wielu obiektów.

Zalety technologii TITAN sprawiają, że wykorzystanie technologii mikropalowania staje się na polskich budowach z roku na rok powszechniejsze. Konstruktorzy coraz chętniej sięgają po tę metodę fundamentowania specjalnego, projektując obiekty, gdzie obciążenia od konstrukcji są na tyle niewielkie, że zastosowanie „pełnowymiarowych” pali jest nieekonomiczne. Z uwagi na typowy zakres nośności mikropali (150-800 kN), ta metoda fundamentowania znakomicie sprawdza się zarówno przy realizacji nowych obiektów, jak i przy wzmacnianiu fundamentów już istniejących budowli.

Kładka nad drogą ekspresową S-69 Żywiec-Zwardoń – obiekt 34

Budowa drogi ekspresowej S-69 na odcinku Żywiec-Zwardoń, prowadzona w trudnych warunkach gruntowych – w silnie zdeformowanym, drobnorytmicznym fliszu karpackim ujawniła wielką uniwersalność i świetnie pokazała, jakie możliwości daje technologia TITAN. Budowa drogi na wspomnianym odcinku wymagała wykonania kilku obiektów inżynierskich: m.in. dwóch głębokich wykopów (o głębokości 15-24 m i nachyleniu ścian ~ 70°) oraz kładek przerzuconych ponad budowaną drogą. W napotkanych, niespodziewanie ciężkich warunkach gruntowych jedyną metodą racjonalnego wykonania zabezpieczenia wykopów okazała się technologia torkretowej ściany gwoździwanej, pozwalająca w szybkim tempie budować zabezpieczenie etapami, od góry do dna wykopu. Do zabezpieczenia ścian wykopów wykonano łącznie ok. 25 tys. metrów bieżących gwoździ gruntowych typu TITAN 40/16, TITAN 40/20 i TITAN 30/11.

Szczególnie widowiskowym miejscem jest fragment drogi zlokalizowany tuż przy granicy polsko-słowackiej. Nad wykopem zabezpieczonym przy użyciu gwoździ gruntowych zaprojektowano kładkę łukową wspartą na jego ścianach. Efektowna konstrukcja kładki wymagała również efektownej metody posadowienia. Z uwagi na lokalizację przyczółków niemożliwe było wykonanie tradycyjnych pali wielkośrednicowych, zaś płytkie posadowienie bezpośrednie było niebezpieczne z uwagi na małą wytrzymałość gruntu w przypowierzchniowej strefie wykopu. Problem posadowienia „wiszącej” kładki rozwiązano przy użyciu mikropali TITAN 73/53. W każdym przyczółku wykonano 10 szt. mikropali o długości 12 m każdy. Mikropale wykonano w trzech rzędach: w osi łuku kładki oraz lekko od niej odchylone w kierunku „na zewnątrz”. Układ mikropali stanowiących posadowienie obiektu wkomponowano w siatkę wykonanych gwoździ gruntowych. Następnie, w przygotowanej niszy, wylano żelbetową płytę spinającą mikropale, do której zamocowano elementy łuku kładki. Posadowienie wykonywano równoległe z gwoździowaniem ścian wykopu. Rozwiązanie to – eleganckie w zamyśle: całość obciążeń jest przenoszona z łuku poprzez mikropale w głąb górotworu, unikając ryzyka dodatkowego obciążenia strefy aktywnej wykopu – okazało się skuteczne i szybkie w realizacji.

Połączenie torkretowej ściany gwoździwanej z posadowieniem łukowej kładki to obraz możliwości systemu TITAN.

Zamek Piastowski, Racibórz

Zabudowania Zamku Piastowskiego posadowione są w gliniastych utworach zwietrzelinowych, zalegających na starszych utworach skalnych – piaskowcach. Wysoki stan wód podczas powodzi przed czterema laty spowodował podtopienie budynku bramy do poziomu ok. 1 m ponad posadzkę. Zmiana warunków gruntowych w podłożu spowodowała uplastycznienie utworów gliniastych poniżej poziomu posadowienia budynku bramy. W efekcie uaktywniły się nierównomierne osiadania, które spowodowały



Fot. 4. Budynek Bramy Zamku Piastowskiego, od strony dziedzińca, Racibórz



Fot. 5. Mikropale przed wykonaniem belki wsporczej, Racibórz



Fot. 6. Konstrukcja podchwytywająca, Racibórz

popękanie starej, ceglanej konstrukcji. Pomimo upływu czasu osiadania nie wykazywały tendencji stabilizującej, a uszkodzenia konstrukcji były coraz bardziej widoczne. W tej sytuacji zdecydowano o konieczności wzmocnienia posadowienia zabytkowego obiektu, poprzez podchwycenie za pomocą mikropali. Z uwagi na warunki terenowo-gruntowe oraz rangę obiektu zdecydowano się zastosować mikropale TITAN – jako rozwiązanie wielokrotnie sprawdzone przy ratowaniu zabytków (Zamek Średni w Malborku, Zamek Królewski w Warszawie, klasztor oo. dominikanów w Lublinie i in.). Projekt wzmocnienia zakładał wykonanie mikropali wzdłuż ścian nośnych, parami, po stronie zewnętrznej i wewnętrznej. Po wykuciu w murze otworów umieszczano w nich belkę, spinając mikropale po zewnętrznej i wewnętrznej stronie budynku w parę. W kolejnym etapie montowano podłużne elementy wzmocnienia ścian wraz ze ściągniętymi. Do wykonania zadania zastosowano ok. 20 szt. mikropali TITAN 73/53, długości 10 m każdy. Mikropale wewnątrz budynku wykonywano przy użyciu lekkiego sprzętu wiertniczego o napędzie elektrycznym. Z uwagi na ograniczoną wysokość pomieszczeń stosowano żerdzie o długości 1 m, docinając je na bieżąco, na placu budowy.

W wyniku tych zabiegów budynek bramy zyskał nowe posadowienie – obciążenia są przenoszone poprzez system mikropali na skalne podłoże piaskowcowe, co uniezależni konstrukcję od ew. wahań zwierciadła wód podziemnych w przyszłości.

Łatwość wykonania w trudno dostępnych miejscach oraz pewność funkcjonowania to cechy, które zadecydowały, że technologia TITAN odgrywa znaczącą rolę przy ratowaniu polskich zabytków.

Zadaszenie amfiteatru miejskiego w Ustroniu

Niezwykle istotną cechą mikropali TITAN jest sposób ich pracy. Mikropale TITAN są równie skuteczne w klasycznym układzie obciążenia, kiedy działają jako mikropale wciskane, jak i przy pracy na wyciąganie. Gatunek stali, z której produkowane są żerdzie, oraz doskonale związanie trzonu mikropala z gruntem sprawiają że system TITAN sprawdza się również znakomicie przy obciążeniach cyklicznych. Cechy te pozwalają na efektywne projektowanie posadowienia konstrukcji dosyć niewygodnych, tzn. takich, gdzie fundamenty narażone są na siły unoszące, wyrwywające. Ma to miejsce np. w przypadku wież, słupów, masztów, zadaszeń obiektów. Zastosowanie w nich mikropali TITAN pozwala uniknąć wykonywania masywnych bloków żelbetowych dużej objętości, mających zapewnić stateczność swoją masą. Nowoczesne rozwiązanie „kłopotliwych” fundamentów zastosowano przy budowie zadaszenia amfiteatru miejskiego w Ustroniu. Fundamenty zarówno filarów nośnych, jak i odciągów wykonano w postaci płyt i bloczków żelbetowych, gdzie wszystkie siły wciskające i wyrwywające przenoszone są przez układ wykonanych mikropali kotwiących. Do wykonania posadowienia wykorzystano mikropale typu TITAN 103/78, TITAN 73/53 i TITAN 52/26 o łącznej długości ok. 350 mb. Wykorzystanie mikropali kotwiących pozwoliło na znaczne przyspieszenie tempa robót, ograniczenie zakresu prac ziemnych i ilości zużytego betonu.

Przedstawione przykłady zastosowania to tylko wycinek możliwości, jakie system TITAN daje projektantom. Uniwersalność, łatwość stosowania i pewność w działaniu, potwierdzone wciąż rosnącą liczbą, nierzadko odważnych realizacji, to cechy doskonałego narzędzia, którego kolejne, śmiałe zastosowania w geotechnice zależą jedynie od inwencji projektantów. ●



Fot. 7. Wykonywanie mikropali kotwiących pod fundament słupa nośnego, Ustroń



Fot. 8. Fundament słupa nośnego z mikropalami kotwiącymi, Ustroń



Fot. 9. Widok ogólny zadaszenia amfiteatru, Ustroń

autor

mgr inż. Jakub Sierant
TITAN POLSKA Sp. z o.o.