

Wielkie możliwości małych pali

■ mgr inż. Jakub Sierant, TITAN Polska Sp. z o.o.

We wczesnych latach 50. dr Fernando Lizzi zapoczątkował nowy sposób myślenia o fundamentach. Obserwując naturę, opracował i rozwinął pomysł „pali korzeni” (pali radice), pali o niewielkiej średnicy, które wykonane w odpowiedniej długości, nachyleniu i rozstawie tworzą wraz z podłożem strukturę podobną do systemu korzeniowego drzew, zdolną do przenoszenia sił pionowych i poprzecznych zarówno wciskających, jak i wyrywających.

Pomysł pozwolił na tworzenie lekkich, wyrafinowanych konstrukcji fundamentów o pełnych możliwościach, niekiedy nawet większych niż stosowane powszechnie masywne bloki lub pełnowymiarowe pale. Jednak ograniczenia tradycyjnych technik wykonywania mikropali, związane głównie z wydajnością i ekonomiką spowodowały, iż doskonała koncepcja przez długie lata pozostawała praktycznie niewykorzystana. Mikropale stały się ubogimi krewnymi „prawdziwych” pali pełnowymiarowych, a ich stosowanie zmarginalizowano. Dopiero rozwój technologii mikropali samowiercących nadał właściwego znaczenia tej niezwykle wygodnej i elastycznej metodzie konstrukcji fundamentów specjalnych. Elementami decydującymi o sukcesie okazały się: łatwość stosowania, możliwość pracy w trudnym terenie i na ograniczonej przestrzeni, a przede wszystkim wysoka wydajność instalacji mikropali, niezależna od warunków gruntowych. Biorąc pod uwagę stopień technicznego wyrafinowania fundamentów mikropalowych, niezwykle ważny jest również szeroki zakres nośności, pozwalający na stworzenie układu optymalnie przenoszącego siły działające od obiektu.

Idea systemu samowiercącego TITAN była już szerzej opisywana na łamach „NBI”. Warto jednak zaznaczyć, iż to elastyczne narzędzie projektantów, dzięki któremu wizja dr. Lizzi staje się rzeczywistością, poza wymiarem technologicznej supremacji znalazła oparcie w normach. System TITAN jest w pełni zgodny z normą PN-EN 14199 *Wykonawstwo specjalnych robót geotechnicznych* zarówno w kwestii technologii (sposobu wykonania mikropala – wiercenie z jednoczesną iniekcją przy użyciu przewodu traconego jako zbrojenie), jak i wymogów materiałowych (gatunek stali) oraz niezbędnej ochrony antykorozyjnej. Dzięki tym cechom system TITAN tworzy technologię kompletną, coraz skuteczniej rywalizując na polu fundamentowania z technologiami tradycyjnymi. Szybkie tempo prac, łatwość predykcji osiadań (w oparciu o pierwszy w Europie zestaw nomogramów) oraz wysoka skuteczność układów mikropalowych w relacji obciążenie – osiadanie, zachęcają do stosowania tej technologii w wymiarze pełnoskalowym.

Rozwiązanie projektowe – rzeczywistość

Doskonałym przykładem takiego zastosowania jest most łukowy zlokalizowany w ciągu przebudowywanej drogi krajowej nr 7 Kraków – Zakopane, w miejscowości Lubień. Nowa droga, o parametrach drogi ekspresowej, omija Lubień po zboczu przylegającym do doliny Lubieńki, przekraczając przy tym szereg wyżłobionych w nim przez potoki mniejszych dolinek. Nad jedną z takich dolinek, na wysokości ok. 14 m od jej dna, został zbudowany most łukowy dla nowej drogi ekspresowej, posadowiony przy pomocy mikropali TITAN.

Projekt obiektu wraz z fundamentami powstał w pracowni projektowej Andrzej Kulawik biuro inżynierskie z Zabrze. Warunki geologiczno-inżynierskie panujące w obrębie dolinki są trudne – podłoże budują słabe grunty zwietrzelinowo-de-



Ryc. 1. Idea posadowienia mostu łukowego nad dolinką osuwiskową, Lubień, DE S7

luwalne, reprezentowane głównie przez gliny pylaste z rumoszem oraz rozłazowane łupki ilasto-mułwcowe. Głębsze podłoże fliszowe natomiast charakteryzuje się dużą zmiennością w zakresie litologii i mikrotektoniki, zasadniczo tworzą je łupki ilasto-mułwcowe, przewarstwione piaskowcami. Ponadto z uwagi na liczne obszary źródłiskowe oraz wyjątkową wrażliwość deluwii tworzących zbocza dolinki, jej obszar został uznany za potencjalnie osuwiskowy. Również warunki terenowe nie były sprzyjające. Młoda rzeźba dolinki widoczna w stosunkowo stromych zboczach utrudniała wprowadzenie ciężkiego sprzętu. Należy dodać, że wykonywanie pali dużych średnic w warunkach fliszu karpackiego jest obciążone sporą niewiadomą. Duże opory wiercenia, potęgowane dodatkowo przy natrafieniu na wkładki piaskowcowe, potrafią przyczynić się do spadku wydajności lub konieczności stosowania mocniejszych narzędzi, co wiąże się zazwyczaj ze wzrostem przewidywanych kosztów. Ponieważ system TITAN nie wymaga stosowania ciężkiego sprzętu, a sama technologia jest wolna od



Ryc. 2. Wykonywanie mikropali w fundamencie przyczółka

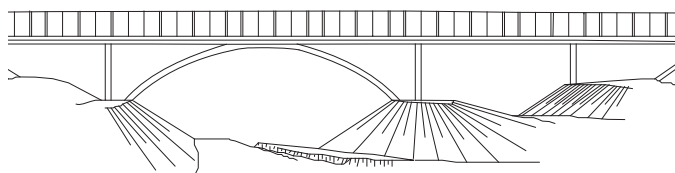
wspomnianych ograniczeń związanych ze sposobem wiercenia, fundamenty obiektu mostowego zdecydowano się wykonać przy użyciu mikropali TITAN.

Przyczółki mostu oparto na dwurzędowym układzie pionowych mikropali TITAN 130/51 o długości 9 i 12 m. Siły poprzeczne działające na fundament zostały przejęte przez jeden rząd ukośnych mikropali kotwiących TITAN 73/53 o długości 12 m. Również dźwigary łukowe wsparte zostały na fundamencie mikropalowym. W tym przypadku zastosowano optymalny układ mikropali zlokalizowanych w osiach działania głównych sił i zorientowanych przestrzennie zgodnie z ich kierunkiem. Siły z dźwigara łukowego przejęto dwurzędowym układem rozchylonych promieniście mikropali TITAN 103/51 o długości 12 i 15 m.



Ryc. 3. Fundament dźwigaru łukowego w trakcie wykonywania mikropali, fot. A. Kulawik

Do dystrybucji sił z filara wspartego na tym samym fundamencie wykorzystano rząd pionowych mikropali TITAN 103/51 o długości 15 m. W każdym rzędzie wykonano osiem mikropali. Łącznie wykonano ok. 420 m.b. mikropali 73/53 oraz ok. 1800 m.b. mikropali 103/51. Mikropale wykonała firma IMB-Podbeskidzie, jedną ekipą wiertniczą. Schemat posadowienia przedstawiono na rysunku (ryc. 1, ryc. 4).



Ryc. 4. Widok koncepcyjny mostu łukowego, DE S7, Lubień, autor: Andrzej Kulawik biuro inżynierskie, Zabrze, 2007

Podsumowanie – przyszłość

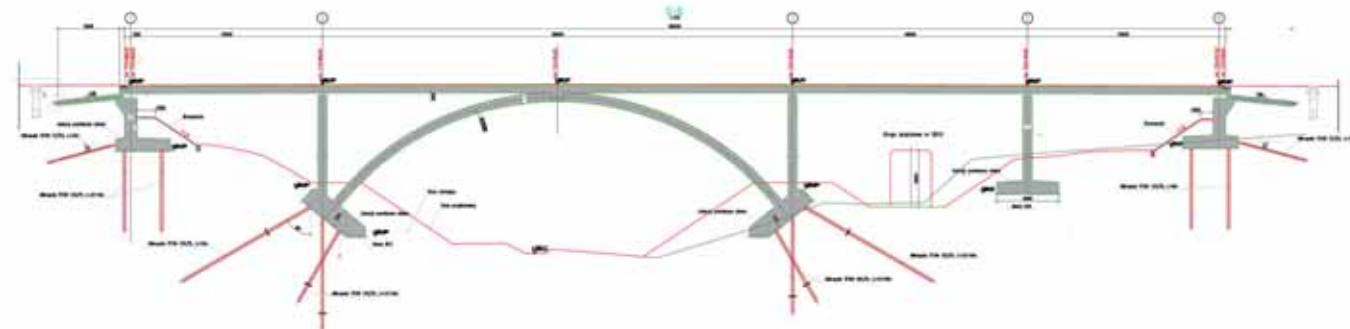
Opracowany i zrealizowany projekt posadowienia opisanego obiektu uchodzi za wzór estetyki inżynierskiej i racjonal-

nego wykorzystania możliwości mikropali. Ich układ, będący niejako naturalnym przedłużeniem systemu nośnego konstrukcji, podąża za kierunkiem działania sił i pozwala na ich skuteczną dystrybucję w podłoże fliszowe. W tak słabym podłożu, ogromną rolę odegrał czynnik technologiczny – wiercenie z jednoczesną iniekcją – co pozwoliło (poza wykonaniem elementów o określonej nośności jednostkowej) na iniekcyjne scalenie, spetryfikowanie masywu w obrębie wykonywanego układu mikropalowego. Efekt ten, osiągnięty poprzez wypełnienie podawanym w trakcie wiercenia zaczynem wszelkich szczelin, spękań oraz rozluźnionych stref podłoża, pozwala traktować tego rodzaju fundamenty jako wgłębnie, zmonolityzowane, geokompozytowe bryły. W świetle sygnalizowanego zagrożenia procesami geodynamicznymi, taki sposób posadowienia obiektu wydaje się jak najbardziej racjonalny. Przestrzenna struktura fundamentów i związane z jej strukturą głębokie scalenie i wzmocnienie iniekcyjne rozluźnionego i podatnego podłoża gruntowego, zdają się stanowić rozsądną formę zabezpieczenia przed potencjalnymi procesami osuwiskowymi.

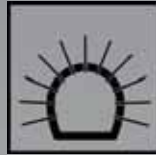
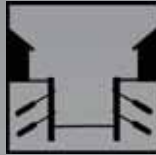


Ryc. 6. Most łukowy w ciągu DE S7 Kraków – Rabka w Lubniu, z fundamentami mikropalowymi, fot. archiwum TITAN POLSKA

Zjawisko opisane ponad 50. lat temu, polegające na współpracy odpowiednio zaprojektowanych mikropali z podłożem na zasadzie wgłębego zbrojenia, zaistniało w pełnym wymiarze, o czym świadczą wyniki próbnych obciążeń, ukazujące średnie osiadanie mikropali TITAN 103/51 na poziomie 2,8 mm, przy sile rzędu 640 kN. Godny uwagi jest fakt szybkiej stabilizacji osiadań i praktycznie brak obserwowanego pełzania (średni przyrost odkształcenia w ciągu godziny na poziomie 0,08 mm). Błyskotliwe wykorzystanie możliwości mikropali TITAN przez projektanta i precyzyjne wykonawstwo zaowocowały inżyniersko eleganckim obiektem, będącym doskonałym dowodem na wielkie możliwości małych pali.

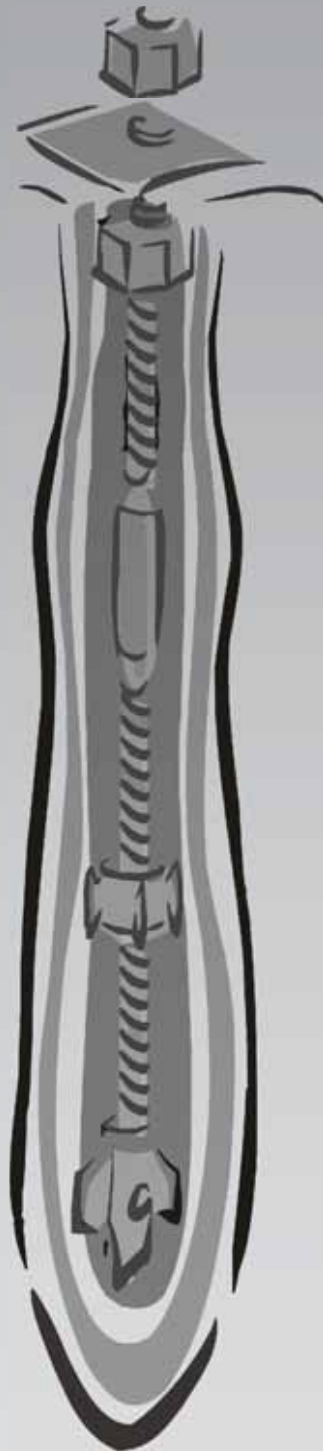


Ryc. 5. Przekrój podłużny mostu łukowego z układem mikropali, DE S7, Lubień, autor: Andrzej Kulawik biuro inżynierskie, Zabrze, 2007



TITAN POLSKA

Twoja wizja



Nasza technologia

Gwoździe gruntowe



Zabezpieczanie skarp i zboczy

Mikropale



Fundamenty specjalne

Mikropale kotwiące



Konstrukcje oporowe

WWW.TITAN.COM.PL