

Technologia do wykonywania iniekcyjnych mikropali, kotew i gwoździ gruntowych

Samowiercące zbrojenia

mgr inż. Jakub Sierant



Wraz z rozwojem infrastruktury grunty budowlane o dobrych parametrach geotechnicznych stają się „towarem deficytowym”. Inwestycje lokalizowane są coraz częściej w miejscach, gdzie liczba problemów geotechnicznych wynikających z trudnych warunków gruntowych jest bardzo duża. Dotyczą one zagadnień posadawiania obiektów, zabezpieczania wykopów, możliwości wystąpienia (uaktywniania) zjawisk geodynamicznych. Każdy rodzaj inwestycji prowadzonej w takich warunkach posiada własną specyfikę, wszystkie łączy jednak wysoki stopień komplikacji i wymagania stawiane zarówno projektantom, wykonawcom, jak i stosowanym technologiom.

Efektem dążenia do minimalizacji ryzyka związanego z problemami geotechnicznymi jest dynamiczny rozwój specjalistycznych technologii, charakteryzujących się niezawodnością, uniwersalnością oraz wysoką wydajnością. Odpowiedzią na zapotrzebowanie rynku budowlanego było opracowanie komplet-

nego systemu o bardzo szerokim spektrum zastosowań, który umożliwiłby skuteczne i ekonomiczne rozwiązywanie większości problemów inżynierskich, pojawiających się podczas prowadzenia robót budowlanych w trudnych warunkach gruntowych. Jedynym systemem tego typu wprowadziła niemiecka firma Friedr. Ischebeck GmbH, nadając mu nazwę TITAN.

W ciągu ponad 20 lat funkcjonowania system TITAN zyskał uznanie projektantów, wykonawców i inwestorów na całym świecie. Jego wyjątkowe zalety dostrzeżono również w Polsce. Dlatego w lutym 2002 r. przy udziale producenta systemu powstała firma TITAN POLSKA, zajmująca się doradztwem techniczno-projektowym oraz dostarczaniem skutecznych i ekonomicznych rozwiązań geotechnicznych.

Technologia

System TITAN to ujednoczona technologia służąca do wykonywania iniekcyjnych mikropali, kotew

i gwoździ gruntowych. Opiera się na idei „samowiercącego zbrojenia”, czyli w jednym przebiegu technologicznym odbywa się wykonanie otworu, jego zainiekowanie oraz montaż zbrojenia. Realizowane jest to poprzez konstrukcję żerdzi typu „3 w 1”: zbrojenie – grubościennie, gwintowane rury są wykorzystywane jako przewód wiertniczy (po uzbrojeniu w traconą końcówkę wiertniczą) oraz przewód iniekcyjny (iniekt podawany jest wewnętrznym otworem żerdzi i włączany poprzez końcówkę wiertniczą). Żerdzie mają postać gwintowanych rur o średnicach od 30/16 do 130/60 mm (średnica zewnętrzna/wewnętrzna). Wytrzymałości żerdzi na zerwanie mieszczą się w przedziale od 125 do 3600 kN. Zbrojenie to odznacza się znacznie większą wytrzymałością na zginanie i ścinanie niż pełne pręty zbrojeniowe o tym samym przekroju poprzecznym. Ciągły gwint żerdzi umożliwia dowolne ich cięcie, a łączenie odbywa się za pomocą systemowych łączników (muf).

Końcówka żerdzi wyposażona jest w traconą koronkę wiertniczą, dobraną odpowiednio do rodzaju gruntu (najczęściej stosowane są koronki o średnicach od 42 do 280 mm). Drugi koniec żerdzi podłączany jest poprzez głowicę płuczkową z wiertnicą.

Mikropale, kotwy i gwoździe gruntowe systemu TITAN wykonywane są przy użyciu standardowych, obrotowych lub obrotowo-udarowych urządzeń wiertniczych. Równno-



cześniej z rozpoczęciem wiercenia rozpoczyna się iniekcja wstępna - wewnętrznym otworem żerdzi pod ciśnieniem rzędu 0,5-2 MPa tłoczona jest płuczka z zaczynu cementowego. Iniekt wtlaczany jest poprzez otwory w koronce wiertniczej. Zaczyn cementowy migrując w strukturę gruntu stabilizuje ściany otworu, eliminując potrzebę stosowania rur osłonowych. Wiercenie bez użycia rur osłonowych pozwala na osiągnięcie bardzo wysokich parametrów wytrzymałościowych mikropali i kotew TITAN. Zaczyn cementowy, wtlaczany do otworu poprzez boczne otwory koronki wiertniczej, poszerza wykonywany otwór (w zależności od rodzaju gruntu średnica otworu może być nawet dwukrotnie większa niż średnica użytej koronki). Brak rur osłonowych stwarza możliwość swobodnej penetracji iniektu w grunt, co skutkuje wytworzeniem „postrzępionej”, ukorzonej buławy iniekcyjnej, doskonale związanej z gruntem. Migrujący iniekt dodatkowo wzmacnia (petryfikuje) ośrodek gruntowy wokół wykonywanego mikropala/kotwy.

Po dowieczeniu zadanej głębokości wykonuje się iniekcję końcową. Przy stale obracającym się przewodzie, środkiem żerdzi tłoczony jest zaczyn cementowy o wskaźniku W/C ~ 0,4. Otwór wiertniczy jest iniekowany od dna do wierzchu. Daje to pewność dokładnego wypełnienia iniektem otworu wraz ze wszelkimi szczelinami i kawernami. Cały wprowadzony do otworu element (żerdzie, łączniki, koronka wiertnicza) pozostaje w otworze jako zbrojenie mikropala (ciągną kotwy).

Zalety systemu to:

- niezawodność wynikająca zarówno z doskonałej jakości użytych materiałów, jak również z wyjątkowo prostej technologii wykonania;
- wysoka wydajność montażu – 250-300 mb dziennie, osiągana dzięki wyeliminowaniu kłopotliwych i czasochłonnych etapów „tradycyjnej” technologii, tj. zapuszczania i usuwania rur osłonowych, przewodu wiertniczego oraz odrębnie prowadzonego montażu zbrojenia i procesu iniekcji;
- uniwersalność, szeroki zakres zastosowań oraz pewność wykonania zadania w każdych warunkach gruntowych i terenowych;

- doskonała charakterystyka pracy, małe wartości odkształceń/osiadań, wynikające z bardzo mocnego związku buławy iniekcyjnej z gruntem;

- możliwość prowadzenia prac na ograniczonej przestrzeni (w piwnicach, halach produkcyjnych, pod mostami itp.) z uwagi na możliwość operowania dowolnymi długościami żerdzi oraz niewielkie rozmiary niezbędnego sprzętu.

Kotwy gruntowe TITAN

Podstawową zaletą kotew gruntowych wykonywanych w technologii TITAN jest ich specyfika pracy – stosowanie płuczki cementowej od początku wiercenia, przy braku rur osłonowych, skutkuje wytworzeniem silnie ukorzonej, nieregularnej buławy, doskonale związanej z gruntem, jak również wzmocnieniem samego ośrodka gruntowego. Dlatego kotwy systemu TITAN sprawdzają się również w gruntach słabych, np. nawodnionych piaskach w stanie luźnym na pograniczu średniozagęszczonego. Wysokogatunkowa stal drobnoziarnista użyta do produkcji żerdzi – ciągnów, pozwala na wzbudzenie naprężeń w gruncie już przy bardzo małych odkształceniach. Dzięki temu typowe odkształcenia kotew TITAN, przy obciążeniu projektowym, zawierają się najczęściej w przedziale 1-8 mm (w porównaniu do 50-60 mm w przypadku kotew „tradycyjnych”). Przy tak małych odkształceniach w większości kotwionych konstrukcji nie ma potrzeby stosowania wstępnego sprężania kotew. Może ono być jednak łatwo zrealizowane przy użyciu przelotowego siłownika hydraulicznego.

Stal żerdzi TITAN odznacza się dużo większą odpornością na korozję w porównaniu do stali sprężającej, używanej w ciągnach kotew tradycyjnych. Ponadto żerdzie TITAN posiadają znacznie większy zapas odkształceń w zakresie

granicy plastyczności – zerwanie następuje przy ponad 6% wydłużeniu. W przypadku stali sprężającej jest to granica 2-3%. Dzięki temu - w przypadku gdy konstrukcja zakotwiona poddana zostanie dużo większym, nie przewidzianym wcześniej obciążeniom - nie ulegnie nagłej katastrofie w wyniku zerwania kotew, a zacznie „sygnalizować” stan zagrożenia spękaniami konstrukcji itp., dając czas na zabiegi ratunkowe.

Opisane powyżej cechy zbrojenia kotew w połączeniu z niewielkimi odkształceniami roboczymi, pozwalają na bezpieczne projektowanie kotew TITAN jako kotew trwałych. W specjalnych okolicznościach, możliwe jest wykonanie kotew TITAN z poszerzeniem buławy w technologii jet-grouting, poprzez zastosowanie systemowej koronki wysokociśnieniowej.

Gwoździe gruntowe TITAN

Technika gwoździowania gruntu, choć znana od wielu lat, pełne możliwości ukazała dopiero dzięki technologii TITAN. Ta metoda wglębego zbrojenia gruntu jest coraz częściej wykorzystywana do stabilizacji osuwisk, zabezpieczania skarp, ścian głębokich wykopów, czy wzmocniania nasypów. Jest to metoda bardzo „elegancka” pod względem inżynierskim, pozwalająca na tworzenie rozwiązań „lekkich”, ale niezwykle skutecznych. W przypadku stabilizacji osuwisk oznacza to bardzo często możliwość znacznego ograniczenia zakresu prac ziemnych – siatka iniekcyjnych gwoździ guntowych spina strefę aktywną i bierną, uniemożliwiając zsuw, ponadto iniekcja prowadzona przy wykonywaniu gwoździ wzmacnia grunt w strefie poślizgu. Rozwiązanie to pozwala uniknąć masywnych konstrukcji typu rusztów lub ciężkich ścian wsporczych.





Ściany gwoździowane to również najtańszy sposób wykonania konstrukcji oporowych, co w połączeniu z szybkim tempem prac, dowolną geometrią tworzonej ściany, daje ogromne możliwości w zakresie zabezpieczania głębokich wykopów. Duża dowolność w doborze rodzaju zabezpieczenia powierzchniowego pozwala wtopić konstrukcję w otoczenie – mogą to być ściany „zielone”, z fakturowanego barwnego torkretu lub wykończone prefabrykatami. Ściany gwoździowane, z uwagi na odmienny charakter pracy, są znacznie bezpieczniejsze i łatwiejsze w użytkowaniu niż tradycyjne konstrukcje oporowe z kotwami sprężanymi.

Mikropale TITAN

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.

Wykonywanie wzmocnienia fundamentów istniejących obiektów wiąże się najczęściej z problemami natury technicznej – prace trzeba wykonywać na ograniczonej przestrzeni, w piwnicach, niskich czy ciasnych pomieszczeniach. W takich warunkach system TITAN jest często jedynym rozwiązaniem. Zerdzie pokryte gwintem na całej długości umożliwiają dowolne ich cięcie i łączenie przy pomocy systemowych muf połączeniowych. W skrajnych przypadkach możliwe

jest wykonywanie mikropali z jednodetrowych odcinków żerdzi. Zastosowanie systemowych łączników daje pełną gwarancję wytrzymałości wprowadzonego zbrojenia.

Niewielkie odkształcenia charakteryzujące mikropale systemu TITAN, są niewątpliwie jego wielką zaletą. W razie potrzeby można je dodatkowo w prosty sposób doprzężyć, aby zapewnić maksymalne bezpieczeństwo szczególnie wrażliwym obiektom.

Przy zastosowaniu specjalnego rodzaju głowicy mikropala, możliwe jest dźwignięcie i zabezpieczenie obiektów, na których wystąpiły nierównomierne osiadania, co pozwala często uniknąć wyburzenia obiektu.

Unikalny gwint, którym pokryte są żerdzie TITAN, charakteryzuje się 2-4 krotnie większą przyczepnością do kamienia cementowego niż żebrowana stal zbrojeniowa. Umożliwia to w pełni bezpieczną pracę mikropali TITAN zarówno wciskanych, jak i wyciąganych, tworząc nowe możliwości przy posadawianiu obiektów, których fundamenty narażone są na siły

wyrywające np. ekranów akustycznych, słupów energetycznych, wież transmisyjnych, odciągów itp.

Dzięki mikropalom kotwiącym, pracującym na wciskanie i wyciąganie, możliwe stało się projektowanie „eleganckich” inżyniersko rozwiązań posadowienia tych kłopotliwych obiektów.

W zastosowaniach szczególnych do wykonania mikropali używa się systemowej koronki wysokociśnieniowej, uzyskując zbrojone kolumny jet-grouting.

Artykuł ukazuje jedynie namiastkę 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.

Zdjęcia: Titan Polska Sp. z o.o.

SCHEMAT MIKROPALA / GWOŹDZIA TITAN

