

# Technologie tradycyjne i samowiercące, wykonywanie kotew, gwoździ gruntowych i mikropali - mity i fakty

mgr inż. Alan Rajchel  
mgr inż. Grzegorz Badawika  
ATM sp. z o.o.

**Szczegóły różniące poszczególne metody mogą wydawać się małe, mają jednak duże znaczenie i istotnie wpływają na pracę danego systemu**

W ostatnich latach bardzo dużą popularność zyskały samowiercące systemy wykonywania gwoździ gruntowych i mikropali. Jedną z tego przyczyn jest fakt, iż systemy te cechuje szereg zalet, do których zaliczyć można głównie łatwość i szybkość wykonywania. Wydaje się, że duża popularność takiego rozwiązania spowodowała, iż zaprzestano w wielu przypadkach dostrzegać różnice między kotwą gruntową a gwoździem gruntowym lub mikropalem kotwiącym. A różnice te, mają olbrzymie znaczenie dla stateczności konstrukcji oporowej, ograniczenia jej przemieszczenie itp. W artykule tym, zostaną przedstawione podobieństwa i różnice obu technologii, jak również ich wady i zalety.

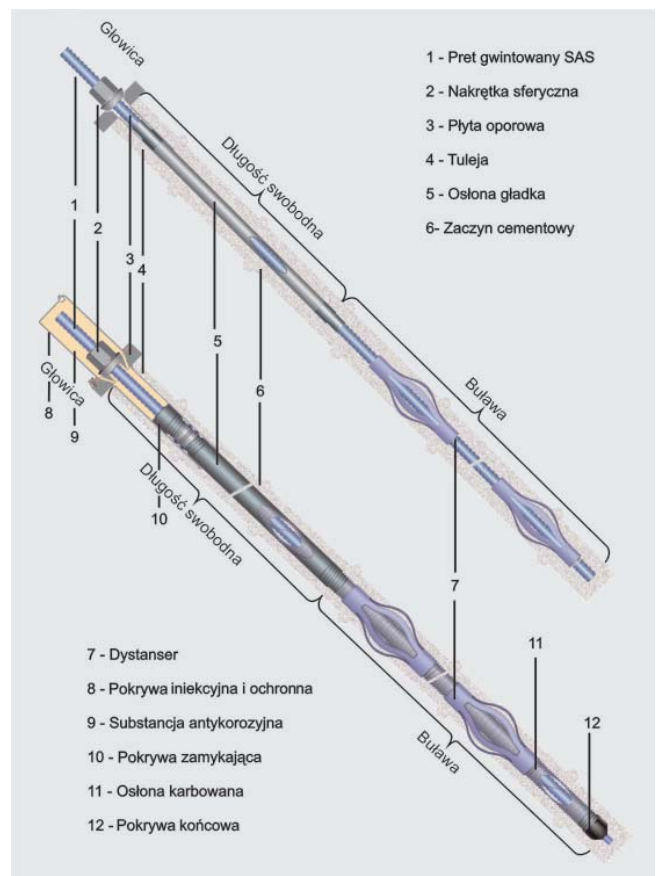
Cechą wspólną mikropali, kotew i gwoździ gruntowych jest zbliżona koncepcja konstrukcyjna, w której najczęściej stosuje się nośny element ze stali lub materiału równoważnego otoczony iniektem z zaczynu cementowego. Szczegóły różniące poszczególne metody mogą wydawać się niewielkie, jednak w praktyce mają duże znaczenie i w istotny sposób wpływają na pracę danego systemu. Niewielkie różnice mają także wpływ na częste pomyłki w ich postrzeganiu przez wykonawców i projektantów. Należy zaznaczyć, że do każdego z wyżej wymienionych systemów odnoszą się odpowiednie normy, i tak dla:

- mikropali EN PN 14199,
- kotew gruntowych EN PN 1537,
- gwoździ gruntowych prEN PN 14490.

Mikropale to pale małośrednicowe. Ich średnica nie przekracza 300 mm dla mikropali wierconych i 150 mm dla przemieszczeniowych [1]. Przeznaczone są głównie do wzmocnienia fundamentów budynków, podnoszenia osiadłych konstrukcji, stabilizacji osuwisk formowania obudów wykopów. Mikropale wiercone formuje się w gruncie w sposób zmechanizowany. Mogą pracować jako wciskane lub wyciągane.

Kotwy gruntowe (rys. 1) w myśl normy EN 1537 składają się z głowicy, swobodnego odcinka ciągną i buławy kotwy, która jest zespolona z gruntem przez iniekcję. Żaden z systemów zabezpieczeń antykorozyjnych nie powinien zakłócać przemieszczania się w otworze swobodnego odcinka ciągną. Stosuje się je do zabezpieczeń stateczności ścian wykopów i stromych zboczy, zapewnienia stateczności zapór betonowych i fundamentów oraz zabezpieczenia przed siłami wyporu.

Gwoździe gruntowe zwane także kotwami biernymi nie posiadają swobodnej długości ciągną, przez co nie jest możliwe ich sprężenie. Gwoździe gruntowe to wprowadzane w grunt (np. skarpe wykopu) za pomocą wiertnicy lub wibromłotów pręty



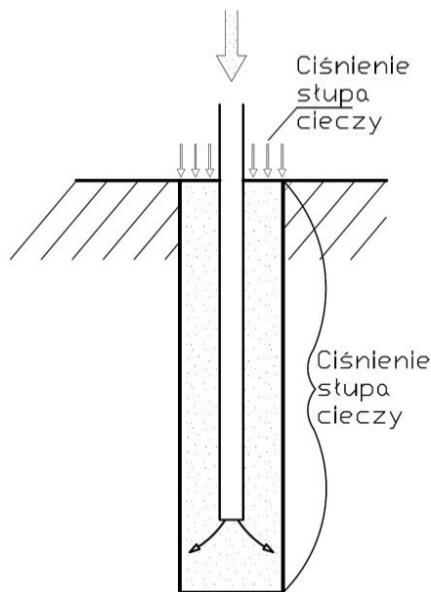
Rys. 1. | Konstrukcja tymczasowej i trwałej kotwy gruntowej

stalowe. W przypadku otworów wierconych zespała się je dodatkowo z gruntem iniektem cementowym. Technologia wykonywania gwoździ powinna być dostosowana do panujących warunków gruntowych. Metodę gwoździowania stosuje się do polepszenia stateczności zboczy oraz podtrzymania skarp wykopu lub nasypu.

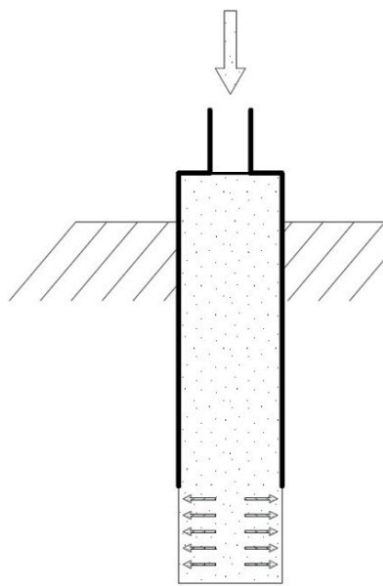
## SYSTEMY SAMOWIERCĄCE

Otwory wiertnicze w tych systemach są wykonywane bez orurowania, metodą udarowo-obrotową pod osłoną płuczki z zaczynu cementowego. Żerdź wraz z traconą koronką wiertniczą, którą wykonuje się otwór, jest również zbrojeniem. Cały proces odbywa się jednocześnie, tzn. wiercenie iniekcja oraz montaż zbrojenia.

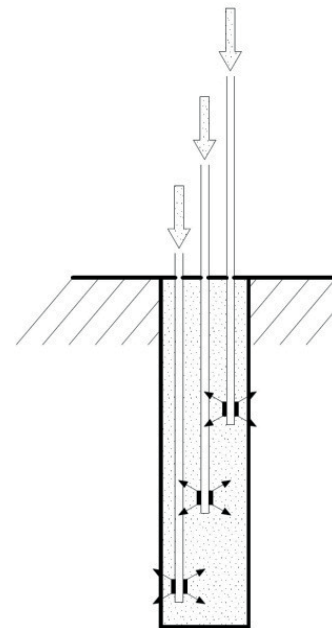
## Rysunki zgodne z normą PN EN 14199 Wykonawstwo specjalistycznych robót geotechnicznych – Mikropale.



Rys. 2. | Iniekcja podczas wiercenia



Rys. 3. | Iniekcja z wykorzystaniem rur osłonowych



Rys. 4. | Iniekcja wtórną poprzez rurki iniekcyjne

System ten daje możliwość szybkiego wiercenia i montażu. Proces technologiczny tworzenia mikropali czy gwoździ gruntowych tym sposobem stawia jednak też pewne ograniczenia, a wykonanie kotew gruntowych jest praktycznie niemożliwe. Wymagane stosowanie płuczki wiertniczej z zaczynu cementowego skutkuje okryciem kamieniem cementowym całości długości przewodu wiertniczego i tym samym elementu zbrojącego. Stwarza to problem osiągnięcia swobodnej długości ciągu (zbrojenia), które powinno się przemieszczać bez przeszkód w otworze wiertniczym. [3] Wartość przenoszonych uciągow gwoździ gruntowych czy mikropali w znacznej mierze zależy od gruntu, w jakim została wykonana buława. W gruntach spoistych, gdzie tarcie na poboczniczy jest mniejsze, zaleca się stosowanie iniekcji wieloetapowej dla skutecznego zespolenia buławy z gruntem (oczywiście w gruntach niespoistych lub skalnych osiągnie się dzięki temu jeszcze lepsze rezultaty) [1]. W systemach samowierzących nie ma takiej możliwości ze względu na jednostajny proces wiercenia.

Właściwie w systemach samowierzących gotowy gwoździe gruntowy lub mikropal składa się tylko z głowicy, elementu zbrojącego oraz otuliny zaczynu cementowego. Konstrukcja ta odpowiada wymaganiom norm EN PN 14199 „Mikropale”, 14490 „Gwoździe Gruntowe”. Często projektowane tzw. kotwy biernie, którymi w rzeczywistości są gwoździe gruntowe mikropale kotwiące. Pierwsze z nich przenoszą siły ścinające i rozciągające, natomiast drugie tylko rozciągające. Pod ich wpływem stwardniały zaczyn ulega poprzecznemu spękananiu, co w rezultacie może prowadzić do wystąpienia ognisk korozji elementu nośnego. W tradycyjnych metodach instalowania gwoździ gruntowych, kotew jak i mikropali jest szereg możliwości zastosowania osłon przeciwkorozyjnych.

Poważnym mankamentem samowierzących gwoździ lub mikropali jest brak możliwości wykonania skutecznej iniekcji pierwotnej. Właściwy zaczyn cementowy jest podawany od spodu mikropala tym samym usuwając „zaczyn technologiczny” i ewentualną wodę. Warto zwrócić uwagę na fakt, iż nawet jeśli zaczyn cementowy będzie podawany z wysokim ciśnieniem, to i tak nie ma to istotnego wpływu na skuteczność iniekcji, ponieważ cały

układ jest „otwarty”, a ciśnienie zatłaczanego zaczynu cementowego działa tylko na wypływie z dysz traconej koronki wiertniczej (rys. 2). Jedynym elementem zamykającym układ jest ciśnienie słupa cieczy (zaczynu) w otworze. Jest to też maksymalna wartość ciśnienia, jakie działa na ściany otworu. Ponadto skuteczna iniekcja występuje tylko pod stopą mikropala czyli elemente, którego w ogóle nie uwzględnia się w obliczeniach nośności mikropala.

### SYSTEMY TRADYCYJNE

W klasycznych metodach wiertniczych w pierwszym etapie wykonuje się otwór w gruncie, następnie wypełnia się go zaczynem cementowym, wprowadza element zbrojący (najczęściej jest to pręt gwintowany) i wykonuje iniekcję wtórną. W gruncie utrzymującym stateczność ścianek otworu można stosować wiercenie bez rury osłonowej. W przypadku ryzyka zamykania się otworu należy zmienić narzędzie na świder rurowy usuwany z otworu po wprowadzeniu pręta zbrojącego wraz z jednoczesnym wykonywaniem iniekcji. W słabych gruntach należy stosować płuczkę o gęstości dostosowanej do rodzaju i stanu gruntu. Przy wykonywaniu mikropali, kotew i gwoździ gruntowych zaleca się stosowanie płuczki cementowej. W każdej fazie wykonywania kotew należy ograniczać zmiany w gruncie, aby zmniejszyć negatywne czynniki, takie jak powstawanie spękań, prekonsolidacja i postkonsolidacja. Płuczka wiertnicza i ewentualne dodatki nie powinny działać szkodliwie na ciągno, osłonę ciągu lub ściany otworu [2].

Technologia iniekcji i tworzenia elementu wzmacniającego grunt jest ściśle powiązana z technologią wiercenia. W normie EN PN 14199 Mikropale wyszczególniono następujące metody zatłaczania zaczynu cementowego, betonu lub zaprawy:

- zatłaczanie z wykorzystaniem rur osłonowych (rys.3);
- jednoetapowa iniekcja poprzez żerdź wiertniczą (wtłaczanie z jednoczesnym podciąganiem żerdzi);
- iniekcja jednoetapowa podczas wiercenia (system samowierzący) (rys.2);
- jedno lub wieloetapowa iniekcja poprzez zawory opaskowe lub rurki iniekcyjne (rys.4).

Powyższe metody stosuje się również z powodzeniem do wykonywania kotew gruntowych (za wyjątkiem pozycji 3.).

Wiercenie w rurach osłonowych często wykonywane w gruntach, w których ściany otworu mogą być niestabilne daje także możliwość zamknięcia odwiertu poprzez zastosowanie np. głowicy ciśnieniowej. Z uwagi na to iniekcja pierwotna jest wykonywana przy wysokim ciśnieniu, a dodatkowo ciśnienie zaczynu cementowego działa nie tylko punktowo (np. na dyszy), jak to ma miejsce w systemach samowierzących, ale także na całą odsłoniętą powierzchnię ścian otworu (rys.3). Następnie instalowane jest zbrojenie (pręt) z poprowadzonymi wzdłuż rurkami do iniekcji oraz dystanserami centralizującymi. Po około 24 godz. zaczyn już zwiąże, ale ma na tyle niską wytrzymałość, aby iniekcja wtórna „zniszczyła” strukturę iniektu po iniekcji pierwotnej. Dzięki temu powstaje tzw. „ukorzeniona” struktura kamienia cementowego, co w sposób wymierny podnosi nośność nawet od 10 do 30%. Taki kilkuetapowy sposób iniekcji pozwala na dalszą penetrację zaczynu cementowego, prowadząc także do polepszenia nośności.

Normy dotyczące mikropali jak i kotew gruntowych szeroko opisują stosowanie iniekcji wieloetapowych. W wykonawstwie kotew i mikropali zaleca się stosowanie iniekcji wstępnej do zweryfikowania panujących warunków geologicznych.

W przypadku, gdy nie ma możliwości zastosowania rur osłonowych lub warunki gruntowe tego nie wymagają, równie dobre rezultaty osiąga się stosując jedno lub wieloetapowe iniekcje poprzez rurki iniekcyjne z zaworkami (rys.4). Najczęściej stosuje się dwie lub trzy. Zaworki każdej z nich znajdują się na różnej wysokości. Daje to pewność działania ciśnienia iniektu na zaprojektowanej długości np. buławy kotwy.

## PODSUMOWANIE

Celem napisania niniejszego artykułu było przedstawienie różnic i podobieństw technologii tradycyjnej i samowierzącej. Obie metody mają wiele zalet, lecz także obie nie są pozbawione wad.

Warto zwrócić uwagę na fakt, iż w systemie samowierzącym nie ma możliwości wykonania kotew gruntowych, pozwalających wprowadzić siły sprężające. W bardzo agresywnych środowiskach gruntowych lub do zastosowań trwałych zaleca się stosowanie podwójnej ochrony antykorozyjnej. W systemach samowierzących można stosować tylko kombinacje ochrony z zaczynu oraz powłok żerdzi wierzącej (która może łatwo zostać uszkodzona podczas wiercenia). W momencie, gdy dojdzie do spękań kamienia cementowego nawet jedno uszkodzenie może być przyczyną postępowania gwałtownej korozji (tzw. zjawisko skupienia energii korozji). Dużą zaletą technologii samowierzących jest natomiast



Fot. 1. | Wykonywanie kotew gruntowych. Wiercenie z wykorzystaniem rury osłonowej

zwiększona szybkość realizacji.

Klasyczne metody wiercenia dają większą kontrolę nad formowaniem mikropala, buławy kotwy czy gwoździa gruntowego. Możliwość zastosowania wieloetapowej iniekcji zwiększa nośność. Wprowadzenie elementu zbrojącego bezpośrednio po wykonaniu odwiertu pozwala użyć odpowiedniej osłony antykorozyjnej bez obawy jej uszkodzenia podczas montażu. Tradycyjne technologie wzmocnienia gruntów z wykorzystaniem mikropali oraz kotew i gwoździ gruntowych są znane od wielu lat. Często w łatwy sposób pomagają rozwiązać skomplikowane sytuacje inżynierskie, zastępując kosztowne i długotrwałe roboty (np. wymianę gruntów lub stosowanie gruntu zbrojonego geosyntetykami). Ich niezawodność została zweryfikowana podczas wieloletniego stosowania i długotrwałej eksploatacji wykonanych elementów. Ponadto po uwzględnieniu kosztów materiałów, robocizny i sprzętu, systemy tradycyjne w większości przypadków są bardziej ekonomiczne. ■

## LITERATURA

- [1] Stanisław Pisarczyk „Geoinżynieria – Metody Modyfikacji Podłoża Gruntowego”. Ofic. Wyd. PW Warszawa 2005.
- [2] Norma PN EN 14199:2005 „Wykonawstwo specjalistycznych robót geotechnicznych – Mikropale”. PKN Warszawa 2005.
- [3] Norma PN EN 1537:1999 „Wykonawstwo specjalistycznych robót geotechnicznych – Kotwy gruntowe”. PKN Warszawa 2002.
- [4] Projekt prEN 14490:2007 „Wykonawstwo specjalistycznych robót geotechnicznych – Gwoździe gruntowe”.
- [5] Andrzej Jarominiak „Lekkie konstrukcje oporowe”. Warszawa: Wydawnictwa komunikacji i Łączności 1999.

System tradycyjny		System samowierzący	
Zalety	Wady	Zalety	Wady
Możliwość wykonywania kotew gruntowych	Dłuższy proces wiercenia i iniekcji	Szybkość wiercenia	Brak możliwości wykonywania kotew gruntowych
Lepsza kontrola parametrów wiercenia oraz weryfikacja warunków geologicznych	Potrzebna większa ilość sprzętu (np. żerdzie wiertnicze, świder rurowy)	Ujednoczenie technologii wykonywania gwoździ gruntowych i mikropali	Ciśnienie iniekcji równe tylko wartości ciśnienia słupa cieczy (iniektu), skuteczna iniekcja tylko stopy mikropala, gwoździa gruntowego
Możliwość stosowania iniekcji wieloetapowej znacznie polepszającej nośność	W trudnych warunkach geologicznych (zamykający się odwiert) konieczność stosowania rur osłonowych lub świrdrów rurowych	Możliwość wykorzystywania lżejszego sprzętu wiertniczego	Możliwość uszkodzenia powierzchniowej ochrony antykorozyjnej podczas wiercenia
Właściwie brak możliwości uszkodzenia zabezpieczenia antykorozyjnego ciągła (zbrojenia) podczas montażu		Łatwość instalacji	Ograniczenia w stosowaniu zabezpieczeń antykorozyjnych przy rozwiążaniach trwałych
W większości przypadków bardziej ekonomiczne rozwiązanie			

Tab. 1. | Główne zalety i wady systemu tradycyjnego oraz samowierzącego