



Temat specjalny

PRZEGLĄD I ZASTOSOWANIE PALI I MIKROPALI

tekst: **MARIA SZRUBA**, Nowoczesne Budownictwo Inżynieryjne



LIEBHERR

mostmarpal
GŁĘBOKIE FUNDAMENTOWANIE



FRANKI
POLSKA

O znaczeniu fundamentów palowych najlepiej świadczy rozwój technologii i maszyn związanych z tą dziedziną budownictwa. Dzięki możliwościom, jakie daje palowanie, pojawiają się nowe rozwiązania konstrukcyjne budowli, które są projektowane i realizowane z zastosowaniem tych technologii. Sposobów wykorzystania pali jest wiele, a wybór konkretnego rozwiązania jest uzależniony m.in. od czynników technicznych, ekonomicznych i środowiskowych.



fot. kstudija, fotolia.com

Klasyfikacja i podział

Pale to podłużne elementy wykonane z różnych materiałów, m.in. drewna, betonu, cementogruntu, żelbetu, stali, których stosunek długości do średnicy (h/D) wynosi najczęściej od 10 do 100. Klasyfikacje i definicje poszczególnych rodzajów pali zawarte są w normach. PN-EN 1536 dotycząca pali wierconych [1] i PN-EN 12699 [2], której przedmiotem są pale przemieszczeniowe, definiują pale jako smukłe elementy konstrukcyjne w gruncie, służące do przenoszenia oddziaływań zewnętrznych. Klasyfikację pali ze względu na technologię wykonania i zastosowany materiał przedstawiono na rycinie 1.

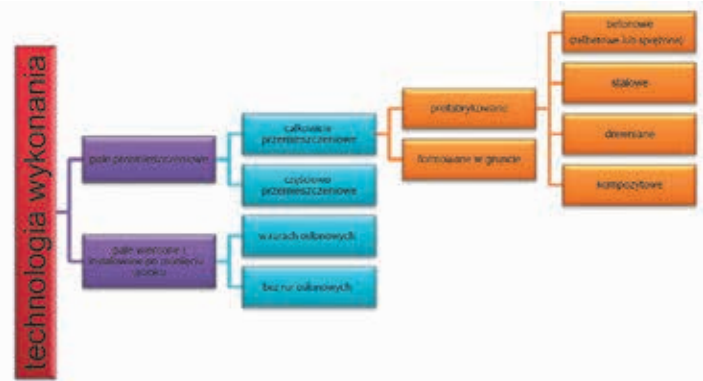
Zgodnie z normą [2], pale przemieszczeniowe dzielą się na:

- prefabrykowane – betonowe, stalowe, drewniane,
- formowane w gruncie z rurą odzyskiwaną (betonową) lub z rurą pozostawianą (betonową, stalową).

Z kolei podział pali wierconych (z usuwaniem urobku) według [1] wygląda następująco:

- z rurą osłonową lub bez,
- z powiększoną lub iniektowaną podstawą,
- barety,
- formowane świdrem ślimakowym CFA,
- formowane dwuetapowo.

Pal wiercony według [1] to pal formowany (z rurą osłonową lub bez niej) przez wykopanie lub wywiercenie otworu w gruncie i wypełnienie go betonem lub żelbetem. Bareta to odcinek ściany szczelinowej lub kilka przecinających się odcinków, jednocześnie betonowanych (np. w kształcie L, T lub



Ryc. 1. Klasyfikacja pali ze względu na technologię wykonania i zastosowany materiał [13]

krzyża), używany do przenoszenia obciążeń pionowych i (lub) poprzecznych. Przekrój poprzeczny zarówno pali, jak i baretów nie przekracza 10 m^2 , te drugie dodatkowo mają grubość nie mniejszą niż $0,4 \text{ m}$.

Pal przemieszczeniowy zgodnie z [2] jest definiowany jako pal zagłębiany w grunt bez wiercenia lub usuwania urobku, z wyjątkiem zabiegów ograniczających wysadzinę, drgania, usuwania przeszkód lub ułatwiania zagłębiania. Zagłębianie pali w grunt może się odbywać za pomocą metody wbijania (np. pale typy Franki, Vibro-Fundex, Vibrex, Fundex), wibrowania (np. pale stalowe), wciskania (np. pale typu Mega), wkręcania (np. pale De Waal) lub kombinacji tych metod.

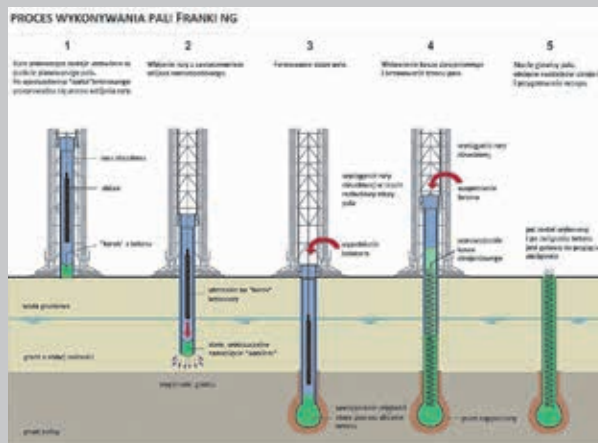
www.frankipolska.pl

FRANKI
POLSKA

S7 Lubień-Naprawa
(Zakopianka)



S5 Korzeńsko-Widawa
Wrocław



Obwodnica
Augustowa

WYKONUJEMY:

Pale FRANKI NG (Nowej Generacji):

Żelbetowe pale przemieszczeniowe formowane w gruncie o nośnościach obliczeniowo: 2–6 MN i niewielkich, równomiernych osiadaniach. Średnice od 420 mm do 610 mm. Możliwość pochylenia w stosunku 4:1.

Pale ATLAS:

Przemieszczeniowe pale wkręcane o nośnościach od 1 do 1,6 MN. Technologia bezdrganiowa.

Pale BSP:

Zmodyfikowana technologia pali Franki z traconymi rurami stalowymi.

Kolumny żwirowe, żwirowo-betonowe i betonowe w technologii Franki.

Tworzymy koncepcje i projekty palowania oraz fundamentów.

FRANKI POLSKA Sp. z o.o.

31-358 Kraków, ul. Jasnogórska 44

T12 622 75 60, F 12 622 75 70, E info@frankipolska.pl



Fot. leporello - fotolia.com

Ponieważ w obu normach jest pewna niezgodność klasyfikacji, będąca wynikiem użycia różnych kryteriów podziału, nie wiadomo, do której grupy zaliczyć pale wiercone bezurobkowo (np. typu Omega, FDP) i pale wkręcane (np. typu SDP, Tubex), będące typowymi palami przemieszczeniowymi [3].

Mikropale zgodnie z normą PN-EN 14199 [4] są definiowane jako pale:

- wiercone o średnicy trzonu do 300 mm oraz przemieszczeniowe (wbijane, wciskane, wwiłbrowywane lub wkręcane) o średnicy do 150 mm,
- zawierające element nośny (najczęściej pręt, wiązka prętów, rura lub kształtownik stalowy), których nośność może być powiększona przez iniekcję pobocznic i podstawy. Ścianki szczelne stalowe, żelbetowe i drewniane są przedmiotem normy PN-EN 12063 [4].

Obszary zastosowań

Współcześnie pale stosuje się zwykle w celu przekazania obciążeń zewnętrznych na warstwy zalegające w głębi podłoża gruntowego lub aby polepszyć cechy mechaniczne podłoża. Właśnie te właściwości stosowania pali sprawiają, że znajdują zastosowanie w niemal każdej gałęzi budownictwa – od budownictwa mieszkaniowego, przez nasypy kolejowe i drogowe na słabym podłożu, po hale przemysłowe, obiekty mostowe czy wreszcie budowle hydrotechniczne.

Pale przez swoje podstawy przekazują obciążenia z budowli przez wodę lub słabe warstwy gruntu na bardzo mocne podłoże. Mogą także – wówczas dzieje się to przez podstawę pala i pobocznice w obrębie warstwy nośnej – przekazywać obciążenia na zalegające w głębi podłoża warstwy o dużej miąższości i znacznej nośności. Przekazywanie obciążeń na warstwę o dużej miąższości gruntu, a zarazem o średniej nośności dokonuje się głównie przez pobocznice pala. Zastosowanie pali umożliwia posadowienie budowli poniżej warstwy gruntu, która może ulec rozmyciu lub zostać w przyszłości usunięta czy też naruszona przy wykonywaniu robót budowlanych. Pale mogą także pełnić funkcję osłony budowli mostowych i wodnych przed uderzeniami jednostek i przedmiotów pływających – stosuje się wówczas pale odbojnicowe i wykonuje dalby z pali ukośnych.

Pale są także wykorzystywane przy stabilizacji osuwisk. Stosując układy kozłowe z palami ukośnymi, na podłożu przekazywane są duże siły poziome lub ukośne. W celu stabilizacji osuwisk pale doprowadzane są do warstwy poniżej osuwiska. Zastosowanie pali pozwala także często zmniejszyć wykopy, a przez to również obszar naruszenia naturalnego stanu terenu, co w efekcie wpływa na ograniczenie robót ziemnych oraz

mostmarpal
GŁĘBOKIE FUNDAMENTOWANIE

MOSTMARPAL Sp.z o.o., ul. Piastowska 53, Zarzecze,
34-326 Pietrzykowice
tel.: 33 863 08 30, fax: 33 863 08 31, biuro@mostmarpal.pl



www.mostmarpal.pl

ROBOTY WIERTNICZE

- PALE WIELKOŚREDNICOWE,
- PALE CFA,
- Pale BSP,
- Pale przemieszczeniowe wiercone,
- Pale przemieszczeniowe wiercone ze świdrem prefabrykowanym traconym,
- Mikropale,
- Pompy ciepła,
- Studnie głębinowe,
- Studnie poboru wody o dużych średnicach.



mostmarpal

Postaw na nas

mostmarpal
GŁĘBOKIE FUNDAMENTOWANIE

www.mostmarpal.pl

Specjalista w wykonawstwie wierconych pali fundamentowych:

- PALI WIELKOŚREDNICOWYCH
Ø 600 mm ÷ Ø 1800 mm
- PALI FORMOWANYCH ŚWIDREM CIĄGLYM CFA (FSC)
Ø 400 mm ÷ Ø 1000 mm
- ODWIERTÓW DLA POMP CIEPŁA
- OBIEKTÓW MOSTOWYCH
- OBIEKTÓW SPECJALISTYCZNYCH PRZEMYSŁOWYCH

MOSTMARPAL Sp.z o.o.
ul. Piastowska 53, Zarzeczce
34-326 Pietrzykowice

tel.: +48 33 863 08 30
fax: +48 33 863 08 31
biuro@mostmarpal.pl



fol. kstudija, fotolia.com



Lloyd Acoustics
POLSKA

Lloyd Acoustics Polska Sp. z o.o., Łysaków Drugi 47, 28-300 Jędrzejów
tel.: 41 380 50 38, e-mail: biuro@lloydacoustics.pl



www.lloydacoustics.pl

AUTOMATYCZNY ZESTAW OBCIĄŻAJĄCO - POMIAROWY DO PRÓBNYCH OBCIĄŻEŃ STATYCZNYCH

Innowacyjny automatyczny zestaw obciążająco – pomiarowy, umożliwia zdalne prowadzenie obciążeń statycznych pali pozwalając na:

- rejestrację i kontrolę przemieszczeń oraz obciążenia,
- podgląd wyników w czasie rzeczywistym,
- monitoring stanowiska badawczego,
- prowadzenie zaprogramowanego planu badania,
- zatrzymanie badania w przypadku wystąpienia błędów.

Zastosowanie zestawu zapewnia również bezpieczeństwo dla pracowników i osób postronnych bez konieczności uciążliwej wielogodzinnej pracy laborantów.

uniknięcie robót odwodnieniowych. Innymi zaletami stosowania pali są uproszczenie fundamentu lub budowli naziemnej, przyspieszenie robót oraz zagęszczenie gruntu niespoistego, przez co zwiększa się jego nośność [5].

Fundamenty palowe są stosowane w sytuacjach, gdy w górnych, przypowierzchniowych obszarach podłoża zalegają grunty mało nośne o dużej odkształcalności – mogą to być np. namuły, torfy, luźne nasypy, stare odpady komunalne. Pale są dobrym rozwiązaniem także w przypadku, kiedy konieczne staje się przemieszczenie dużych obciążeń skupionych w postaci sił pionowych, poziomych, momentów i (lub) ich kombinacji, co może dotyczyć np. podpór mostów, obiektów budownictwa hydrotechnicznego, morskiego i pełnomorskiego, wysokich budynków czy obiektów typu wieżowego.

Fundamenty palowe stosowane są również wtedy, gdy:

- z powodu określonych warunków konstrukcyjnych i (lub) eksploatacyjnych wymagane jest ograniczenie bezwzględnej wielkości osiadań lub różnicy osiadań;
- w przypadku posadowienia obiektów na terenach przemysłowych, takich jak np. obiekty handlowe, hale produkcyjne czy estakady drogowe;
- pojawia się potrzeba stabilizacji skarp, zboczy, uskoków naziemu, nasypów na podłożu odkształcalnym;
- w celu wzmocnienia istniejących fundamentów, bezpośrednich i głębokich, które uległy uszkodzeniu;
- stanowią obudowę głębokich wykopów, garaży podziemnych i torowisk poniżej powierzchni terenu i mają za zadanie wzmocnić istniejące fundamenty, bezpośrednie i głębokie, które uległy uszkodzeniu [6].



Lloyd Acoustics
POLSKA

gdy chcesz być pewny...



Lloyd Acoustics Polska Sp. z o.o.

Łysaków Drugi 47

28-300 Jędrzejów

tel. +48 41 380 50 38

www.lloydacoustics.pl

biuro@lloydacoustics.pl

Zapraszamy do współpracy
z nowym biurem technicznym:

Biuro techniczne

ul. Stefana Okrzei 2/214

43-300 Bielsko-Biała

biuro.techniczne@lloydacoustics.pl

Zasady wykonywania

Zanim rozpocznie się palowanie, należy ustalić kolejność wykonywania poszczególnych pali – w przypadkach uzasadnionych technicznie i technologicznie kwestie te powinny być jednoznacznie rozstrzygane w szczegółowej specyfikacji technicznej. Wykonanie kolejnych pali nie powinno naruszać już wykonanych pali ani osłabiać gruntu w ich otoczeniu. W przypadku pali wbijanych należy wziąć pod uwagę negatywny wpływ drgań na beton podczas wiązania, a także wpływ drgań i fali energii, która może rozluźnić grunt wokół już wykonanego pala, przemieścić go lub złamać. W palach wierconych trzeba rozważyć możliwość rozmycia podłoża przy już wykonanym palu przez ciecz stabilizującą lub iniekt. W przypadku pali wbi-

janych należy rozpoczynać od pali zewnętrznych, o ile projekt nie określi innej kolejności z powodu warunków geologicznych lub technologicznych. Poszczególne etapy wykonywania najczęściej stosowanych technologii przedstawiono w tabeli 1.

Dla wszystkich typów mikropali przyjmuje się następujące ogólne zasady ich wykonywania:

- platforma robocza powinna zapewniać ekipie wykonującej mikropale bezpieczeństwo i efektywność wykonywania mikropali. Uzbrojenie podziemne powinno być rozpoznane i, jeśli koliduje z wykonywaniem mikropali, usunięte;
- w przypadku stosowania sprężonego powietrza jako płuczki w podbijaniu fundamentów trzeba zwrócić uwagę na możliwość naruszenia lub spękania podłoża. Przed iniekcją i betonowaniem otworu płuczka powinna zostać zregenerowana albo usunięta i wymieniona na iniekt. W sytuacji występowania wody pod ciśnieniem artezyjskim należy zastosować odpowiednią technikę wiercenia, która zapewnia nadwyżkę ciśnienia płuczki przez podniesienie platformy roboczej, lub zastosować ciężką płuczka;
- kolejność wykonywania mikropali powinna uwzględniać szkodliwe skutki osiadań dla wzmacniania lub przyległych konstrukcji oraz szkodliwy wpływ na nośność poprzednio wykonanych mikropali;
- w przypadku gruntów niestabilnych, przy ucieczce płuczki lub wówczas, gdy iniekcję lub wypełnienie wykonuje się przez rurowanie, należy stosować rury osłonowe;
- mikropale powinny być zbrojone na całej długości z wyjątkiem mikropali wyłącznie ściskanych, nienarażonych na siły boczne, wyboczenie czy fale sejsmiczne;
- zbrojenie mikropala oprócz cech wytrzymałościowych samego pala powinno się charakteryzować wystarczającą sztywnością i wytrzymałością w fazie montażowej – podczas transportu i wkładania do otworu. Konstrukcja mikropala ma pozwalać na swobodny przepływ iniektu, zaprawy lub betonu wokół jego wszystkich komponentów;
- w miejscach połączeń powinno się zwrócić szczególną uwagę na ciągłość otuliny cementowej i zabezpieczenia przeciwkorozyjne;
- elementy centrujące i elementy dystansowe, zapewniające wymaganą grubość otuliny, powinny uwzględniać wielkość otworu i ciężar elementu. Nie mogą naruszać ścianki otworu w trakcie wprowadzania do gruntu ani blokować przepływu iniektu, zaprawy lub betonu;
- jeżeli jest projektowany sposób poszerzenia mikropala, to powinien być uzgodniony z projektantem przed rozpoczęciem prac;



AARSLEFF

AARSLEFF Sp. z o.o., Aleja Wycisigowa 6, 02-681 Warszawa
tel.: 22 648 88 34, fax: 22 648 88 36, e-mail: aarsleff@aarsleff.com.pl



www.aarsleff.com.pl

ŻELBETOWE PALE PREFABRYKOWANE

AARSLEFF Sp. z o.o. specjalizuje się w projektowaniu i wykonawstwie fundamentów głębokich w technologii wbijanych pali prefabrykowanych. Zaletami tej technologii są: krótki czas instalacji pali, bardzo wysoka, udokumentowana jakość prefabrykatów, możliwość prowadzenia prac w bardzo niskich temperaturach, pełna kontrola nośności każdego pala oraz możliwość wbijania pali pod znacznym kątem. Wbijane pale prefabrykowane są korzystnym ekonomicznie i bezpiecznym rodzajem posadowienia dla obiektów przemysłowych, handlowych, mieszkaniowych, mostowych, oraz jako metoda wzmacniania podłoża pod drogi i linie kolejowe.

NECTOR
REVEMENT SYSTEMS



Dostawa i montaż gabionów w m. Przybędza

PRODUKCJA I MONTAŻ SIATEK HEKSAGONALNYCH ORAZ GABIONÓW

Firma Nector to pierwsza POLSKA FIRMA specjalizująca się w produkcji i montażu siatek heksagonalnych oraz gabionów wytwarzanych maszynowo.

Nector oferuje swoim klientom produkt doskonały pod każdym względem, spełniający najwyższe standardy jakościowe i normy techniczne, a przy tym przyjazny środowisku naturalnemu.

Nector jako pierwszy i jedyny producent na świecie wytwarza siatki o wysokiej wytrzymałości o **PODWÓJNYM SPŁOCIE**.

Siatki Nector HARD Rm > 150 kN/m z drutu 3,0 ZnAl klasy A o wytrzymałości > 1770 MPa

www.nector.biz




AARSLEFF

GEOTECHNIKA I HYDROTECHNIKA

T e c h n o l o g i e

 Pale prefabrykowane
[żelbetowe, stalowe i drewniane]

Pale i kolumny FDP

Pale i kolumny wiercone CFA

Mikropale

Kotwy i gwoździe gruntowe

Kolumny DSM

Kolumny jet grouting

Grodźce stalowe

Berlinki

Palisady wiercone

- w bardzo słabych gruntach (o charakterystycznej wytrzymałości na ścinanie bez drenażu poniżej 10 kPa) może być konieczne zastosowanie osłon lub rur traconych oraz uwzględnienie wybożenia;
- największe dopuszczalne naprężenie we wbijanych elementach stalowych nie powinno przekroczyć 0,9-krotnie charakterystycznej granicy plastyczności. W przypadku pomiarów naprężeń podczas wbijania mogą być one o 20% większe [7].

Badania pali

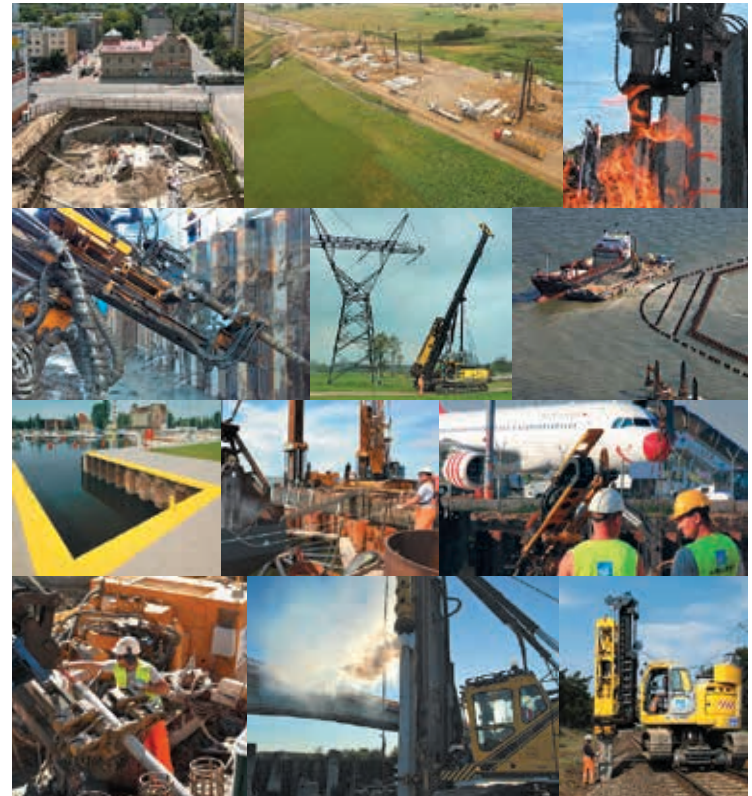
Norma PN-83/B-02482 [8] jako podstawowe badanie pali podaje próbne obciążenie statyczne. Zakres badań zgodnie z [8] obejmuje wykonanie dwóch badań na pierwsze 100 pali oraz jedno badanie na każde następne rozpoczęte 100 pali na danej budowie. Oznacza to, że badaniom poddaje się ok. 1–2% pali. Ponadto badanie nie jest przeprowadzane na losowo wybranych palach, ponieważ podczas wykonania pali sąsiadujących z palem przeznaczonym do badania montowane jest dodatkowe zbrojenie, pozwalające na posłużenie się nimi podczas badania jako palami kotwiącymi.

Badania statyczne wymagają dużej uwagi podczas ich przeprowadzania. W przypadku badania pali o dużej nośności, np. pali wielkośrednicowych, pojawiają się problematyczne kwestie związane z wielkością stanowiska badawczego i koniecznością zastosowania balastu, przez co zbudowanie stanowiska jest bardzo czasochłonne i kosztowne [9].

Badania dynamiczne pali umożliwiają losowość w ich wykonaniu, większą kontrolę nośności oraz jakości. Tego typu badania wymagają jednak odpowiedniej, prowadzonej każdorazowo na budowie, kalibracji zarówno pod kątem szacowania nośności granicznej, jak i doboru współczynnika bezpieczeństwa. Jedyny pewny test referencyjny do kalibracji badań dynamicznych stanowią badania statyczne (próbne obciążenia). Zaletą, jaką jest szybkość wykonania badań dynamicznych, sprawia, że stanowią one coraz większy procent wśród wszystkich badań pali. Cechą badań dynamicznych jest także krótki czas ich trwania, dzięki czemu okres, w którym potrzebna jest na budowie „cisza” i nie można wykonywać prac budowlanych w sąsiedztwie stanowiska badawczego, ulega znacznemu skróceniu [10]. Na zastosowanie testów dynamicznych jako badania nośności pali pozwala [2].

W ramach procedur kontrolnych nośności i jakości pali fundamentowych znajdują się także badania ciągłości pali. Ich podstawowym celem jest ocena jakości pali pograżonych w gruncie. Wyróżnia się dwa rodzaje badań ciągłości: niski- i wysokoenergetyczne.

Właściwą metodą badań żelbetowych pali prefabrykowanych wbijanych jest metoda wysokoenergetyczna – badanie ciągłości jest jednym z badań towarzyszących badaniu dynamicznemu pali. Pale do badań ciągłości są typowane podczas robót palowych na podstawie metryk pali. W przypadku pali formowanych w gruncie ciągłość należy wykonywać na wszystkich palach metodąiskoenergetyczną. Dzięki badaniom ciągłości dobranym odpowiednio do rodzaju pala można z wystarczającą dokładnością określić długość pali, a także wielkość i lokalizację ewentualnych istotnych uszkodzeń trzonów pali jako udział procentowy powierzchni uszkodzonej w stosunku do powierzchni całkowitej [11].



O b i e k t y

Budownictwo mieszkaniowe i kubaturowe

Elektrownie wiatrowe

Budownictwo kolejowe

Drogi i autostrady

Budownictwo przemysłowe

Budownictwo hydrotechniczne

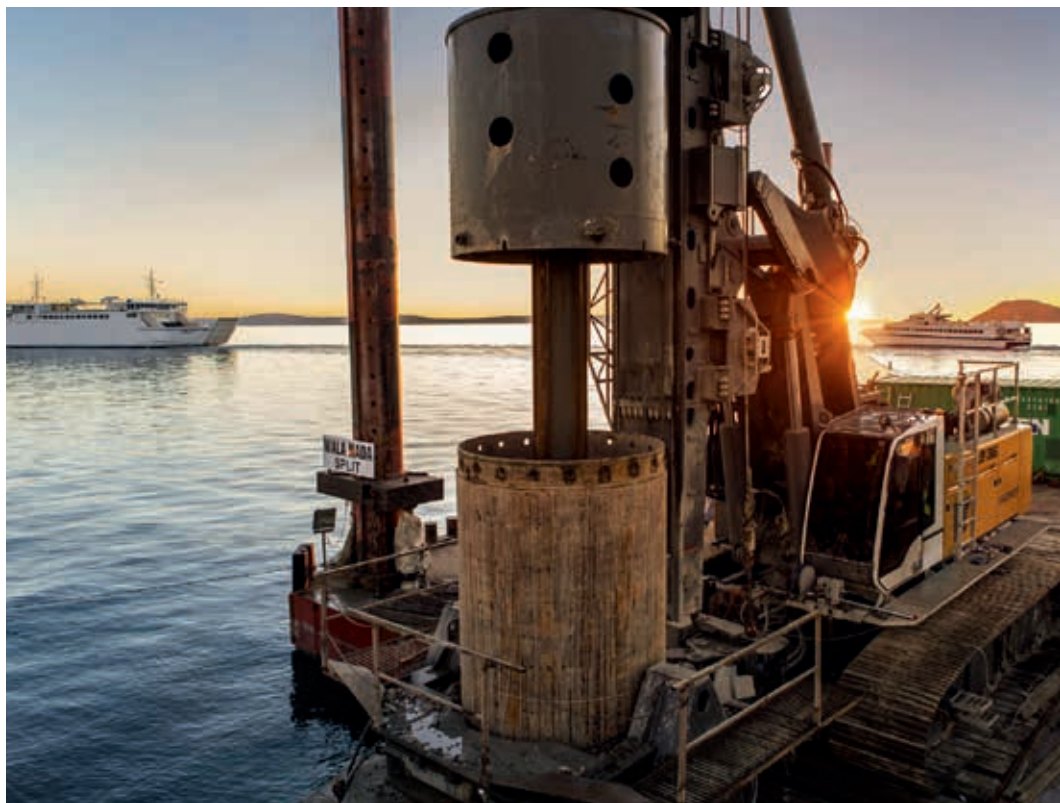
Obiekty sportowe i rekreacyjne

www.aarsleff.com.pl

Tab. 1. Etapy wykonywania pali [6]

Etap	Pale prefabrykowane wbijane	Pale wbijane Vibro	Pale wbijane Vibrex	Pale wbijane Franki (w ujęciu klasycznym)	Pale wwiercane CFA	Pale wbijane z rur stalowych zamkniętych	Pale wbijane lub wwbrowywane z rur stalowych otwartych
I	wbijanie pala za pomocą kafarów (np. spalinowych lub hydraulicznych)	wbijanie rury stalowej za pomocą np. kafara hydraulicznego ze stalowym szczelnym butem w podstawie		ustawienie rury stalowej i uformowanie korka z betonu i pogrążanie pala młotem wolnospadowym	wkręcanie w grunt za pomocą np. kafara lub palownicy ciągłego świdra talerzowego z rdzeniem rurowym, zakończonego od dołu końcówką stożkową	wbijanie w grunt za pomocą kafara rury stalowej z zamkniętym dnem wzmocnionym żebrami	wbijanie w grunt za pomocą kafara rury stalowej z otwartym dnem; wewnątrz rury tworzy się korek gruntowy, stopniowo zamykający rurę
II		wprowadzenie szkieletu zbrojenia pala do suchego wnętrza rury stalowej obsadowej		wbicie pala na wymaganą rzędną	podłączenie do rdzenia przewodu betonowego i tłoczenie mieszanki betonowej pod ciśnieniem	wypełnienie wnętrza rury piaskiem z dodatkiem wapna i pozostawienie niewypełnionego górnego odcinka o określonej długości	
III	gotowy pal	wypełnienie przez lej zasypowy wnętrza rury mieszanką betonową, dostarczoną przez pompę do betonu		formowanie podstawy pala	otwarcie końcówki stożkowej i wydostawanie się mieszanki betonowej do otworu pod świderem; wyciąganie świdra wraz z urobkiem bez obracania nim – ciśnienie betonu powinno samo wypychać świder; jeżeli świder nie wychodzi, wyciąganie wspomaga się wyciągarką	wprowadzenie zbrojenia do wnętrza rury i wypełnienie mieszanką betonową – wytrzymałość trzonu pala zapewnia rura stalowa, zbrojenie jest potrzebne do powiązania pala z żelbetowym czopem	
IV		wyciąganie rury obsadowej za pomocą wciągarki i wibratora, powodując równocześnie zagęszczenie mieszanki betonowej i dogęszczenie gruntu wokół pala	wyciąganie rury obsadowej na wysokość 3–4 m za pomocą wciągarki i wibratora, powodując spęczniecie dolnego odcinka pala	wstawianie zbrojenia	wyciągnięcie świdra – otwór po świdrze wypełniony mieszanką betonową		
V		gotowy pal	ewentualne powtórzenie czynności	układanie mieszanki betonowej zagęszczanej młotem z podciąganiem rury obsadowej	wprowadzenie do świeżej mieszanki betonowej zbrojenia za pomocą wibratora		
VI			ostateczne wyciągnięcie rury za pomocą wciągarki i wibratora	wykonanie całego pala ze zbrojeniem	gotowy pal		
VII			gotowy pal	gotowy pal			

Doświadczyc postępu.



Liebherr-Polska Sp. z o. o.
ul. Hansa Liebherra 8
41-710 Ruda Śląska
Tel.: +48 32 342 69 50
E-mail: info.lpl@liebherr.com
www.facebook.com/LiebherrConstruction
www.liebherr.pl

LIEBHERR

Jaki sposób określania nośności i osiadania pali jest najbardziej skuteczny?



Mgr inż. JAKUB BIELICKI, projektant, Soletanche Polska Sp. z o.o.

Należy mieć świadomość, że poruszając się w domenie geotechniki, nie mówimy o rozwiązaniach i wynikach zamkniętych, lecz o szacowaniu wartości, w tym wypadku osiadania czy nośności pala, uzależnionej od wielu czynników, na które

jako projektanci nie zawsze mamy wpływ.

Dołączność wyników oparta na analizie numerycznej jest zależna m.in. od:

- jakości dokumentacji geologiczno-inżynierskiej, na podstawie której pracujemy;
- doboru technologii wykonania pali do warunków gruntowych;
- sposobu analizy odpowiedniego dla danego typu pala;
- jakości wykonania pali na placu budowy;
- analizy ryzyka i doboru tzw. współczynników bezpieczeństwa.

Mając na uwadze powyższe zmienne, najbardziej skutecznym sposobem określania nośności i osiadania pali jest metoda porównawcza, oparta na doświadczeniu z wykonania i próbnego obciążenia pali realizowanych w tej samej technologii oraz w zbliżonych warunkach gruntowych. Doświadczenia te pozwalają firmom wykonawczym, takim jak Soletanche Polska, projektować na podstawie poprzednich realizacji, stale zwiększając swój zasób wiedzy.

Taka baza dopuszcza także określenie własnych współczynników współpracy danego rodzaju pala z różnymi typami gruntów na ich styku z podstawą i poboczną, wykorzystywanych w analizie numerycznej.

W naszej codziennej pracy korzystamy z dwóch podejść obliczeniowych, które pozwalają wstępnie oszacować nośność i osiadanie pali. Obie metody oparte są na nowoczesnym sposobie określania parametrów gruntowych przez sondowanie statyczne typu CPT (*Cone Penetration Test*).

Metoda francuska (LCPC) umożliwia oszacowanie nośności pala na podstawie wartości oporów stożka sondy (q_c), natomiast **metoda niemiecka (EAP)**, która wymaga dodatkowego określenia wytrzymałości gruntów spoistych na ścinanie (s_u). Poza nośnością umożliwia również oszacowanie osiadań pali dla różnych zakresów obciążeń.

Wyniki otrzymane z analizy numerycznej, oparte na założeniach poszczególnych metod i uproszczeniach dotyczących warunków gruntowych, należy traktować jako szacunek wartości, a nie jako ostateczny wynik. Projektując posadowienie na palach i interpretując wyniki obliczeń, projektant bierze je pod uwagę jako jeden z elementów całościowej analizy sposobu posadowienia konstrukcji.



foto: Laurentiu Iordache, fotolia.com

Podsumowanie

Określony typ pali może być wykonany z wykorzystaniem różnego rodzaju maszyn i w różnych technologiach, odmiennych pod względem cech technicznych, obciążenia środowiska podczas wykonywanych prac, kosztów robót i pracochłonności ich wykonania, wymaganych kwalifikacji obsługi urządzeń, oddziaływania na ludzi, istniejące budynki, infrastrukturę itd. Chcąc racjonalnie projektować i zarządzać procesem inwestycyjnym na jego poszczególnych etapach, potrzebna jest znajomość rozwijających się i oferowanych przez rynek technologii palowania oraz umiejętność ich wyboru przy uwzględnieniu licznych kryteriów [12].

Literatura

- [1] PN-EN 1536 Wykonawstwo specjalnych robót geotechnicznych. Pale wiercone.
- [2] PN-EN 12699 Wykonawstwo specjalnych robót geotechnicznych. Pale przemieszczeniowe.
- [3] Kłosiński B.: *Współczesne pale wiercone – cz. I. „Inżynier Budownictwa”* 2010, nr 2, s. 57–62.
- [4] PN-EN 12063 Wykonawstwo specjalnych robót geotechnicznych. Ścianki szczelne.
- [5] Jarominiak A., Kłosiński B., Grzegorzewicz K., Cielenkiewicz T.: *Pale i fundamenty palowe*. Warszawa 1976.
- [6] Sosiński P.: *Palownice i kafary. Budowa, eksploatacja, technologia robót*. Krosno 2017.
- [7] Świeca M.: *Warunki techniczne wykonania i odbioru robót budowlanych. Cz. A. Roboty ziemne i konstrukcyjne. Z. 2. Konstrukcje geotechniczne, pale i mikropale*. Warszawa 2008.
- [8] PN-83/B-02482 *Fundamenty budowli. Nośność pali i fundamentów palowych*.
- [9] Rippel R.: *Próbné obciążenia i badania głębokich fundamentów. „Geoinżynieria i Tunelowanie”* 2004, nr 2, s. 20–22.
- [10] Modl A., Rybak J.: *Badania ciągłości pali prefabrykowanych. „Górnictwo i Geoinżynieria”* 2008, R. 33, z. 1, s. 443–451.
- [11] *Badania pali* (online). Aarsleff Sp. z o.o. Dostępny w Internecie: <http://www.aarsleff.com.pl/serwis-projektowy/badania-i-pomiary/prefabrykowane-fundamenty-palowe/> (dostęp 3 marca 2018).
- [12] Sobotka A.: *Rozwój technologii palowania i problem ich wyboru. „Przegląd Budowlany”* 2009, nr 2, s. 40–49.
- [13] Lenart M.: *Prefabrykowane pale żelbetowe – wymagania normowe i znakowanie. „Przegląd Budowlany”* 2018, nr 1, s. 15–19.
- [14] Bottiau M.: *Recent evolutions in deep foundation technologies* (online). Dostępny w Internecie: https://www.wtcb.be/homepage/download.cfm?dtype=services&doc=Bottiau_M_DFI_2006_A_dam.pdf&lang=nl (dostęp 7 marca 2018).

