



DIGGA Polska | 32-088 Przybysławice 113 | tel. (12) 419 45 45 | www.digga.pl | biuro@digga.pl



HYDRAULICZNE NAPEŁY DO WKREĆANIA KOTEW

POZNAJ INNE ZASTOSOWANIE PRODUKTÓW DIGGA >>>

NIESPOTYKANA SIŁA
MOMENT OBROTOWY
500 000 Nm





Pale śrubowe – kiedyś a dziś

Fot. Serafin P.U.H.

?????????autor
Serafin P.U.H.

Od kilkudziesięciu lat pale wkręcane przeżywają renesans i są powszechnie stosowane niemal w każdym sektorze budownictwa wodno-lądowego. Ilość możliwych zastosowań dla fundamentów opartych na palach śrubowych rośnie obecnie bardziej niż kiedykolwiek, a do tego nadal tworzone są i rozwijane kolejne niszowe rozwiązania

Fot. 1-2. Wzmacnianie gruntu przy budowie basenu

Historia pali śrubowych

Wygląda na to, że stare powiedzenie „historia lubi się powtarzać” sprawdza się również w geotechnice. W połowie XIX w. fundamenty oparte na palach śrubowych i filarach w systemie Helical Pier stały się najbardziej popularnym ich rodzajem stosowanym na całym świecie. Dostępność siły roboczej spopularyzowała na pewien czas inne metody fundamentowania, jednak prostota i efektywność technologii pali wkręcanych spowodowała ponowny wzrost zainteresowania. Pál śrubowy obejmuje centralną żerdź, na której zainstalowana jest jedna lub kilka spirali o długości jednego obrotu Archimedesesa. Niemal w każdym zakątku świata: w Stanach Zjednoczonych, Australii, Europie, a także na wielu innych rynkach, pale te były wykorzystywane do budowy przybrzeżnych latarni morskich, moło i pomostów, a także do stabilizowania brzegów rzek i podpierania budynków. Ówczesne były wykonywane z żeliwa oraz żelaza zgrzewnego i dostępne na terenie Wielkiej Brytanii i Stanów Zjednoczonych. Stal stała się powszechna dopiero w następnym stuleciu.

Szczytowy okres rozwoju tego typu fundamentów nastąpił około roku 1900, by następnie, na początku kolejnego stulecia, ustąpić stopniowo spadkowi ich wykorzystania ze względu



Fot. Serafin P.U.H.

na popularyzację innych metod budowy. Nowe technologie obejmowały m.in.: kesony z otwartym dnem, filary wiercone w wykopach ręcznych, różne rodzaje pali wbijanych, filary i pale o zwiększonej podstawie, a także szereg własnych systemów głębokich fundamentów, np. Gow®, Raymond® i Franki®. Spadek zainteresowania użyciem pali wkręcanych był też prawdopodobnie związany z pojawieniem się mechanizacji na budowach i zastąpieniem ręcznego montażu maszynami do wbijania pali (kafarami). Koniec XIX w. przyniósł kilka przykładów urządzeń do montażu pali śrubowych, jednak rozwiązania te się nie przyjęły.

Wiele z nowo powstałych technologii fundamentów głębokich wynikało ze znacznego rozwoju kafarów, które stawały się coraz bardziej dostępne. Jednak w okresie ostatnich 30 lat, a jeszcze wyraźniej w ostatnich 20 latach, na



Fot. 3. Fundament pod słup energetyczny

Fot. 4. Wzmocnienie poprzeczne



Fot. Diga Ltd.

obiektach wodno-ładowych występował silny i stały wzrost wykorzystania pali wkręcanych. Montaż pali wielośrubowych z kilkoma spiralami wciąż pozostaje łatwy do zrealizowania przy wykorzystaniu tradycyjnych urządzeń budowlanych.

Alexander Mitchell i jego pierwszy pal śrubowy

Większość historyków jest zgodna, że fundamenty z palami śrubowymi zostały wprowadzone jako praktyczny system do szerszego użytku przez Alexandra Mitchella (1780-1868), irlandzkiego budowniczego i producenta cegieł. Koncepcja tego typu pali mogła się pojawić u Mitchella już w 1831 r., jednak bez wątplenia pomysł wykorzystał po raz pierwszy do rozwiązania problemu z bezpiecznym cumowaniem statków w portach, a następnie do zapewnienia stabilnego fundamentu latarni morskich w miękkim podłożu. W obu przypadkach Mitchell zastosował pale wkręcane z pojedynczą spiralą.

Kwietniowe wydanie „Civil Engineer and Architect’s Journal” z 1848 r. zawiera streszczenie artykułu odczytanego przez Mitchella 22 lutego 1848 r. na spotkaniu ze Stowarzyszeniem Inżynierów Budowlanych. Mitchell omówił ogólnie mechanikę siły nośnej dla wkręcanych elementów cumowniczych i pali śrubowych: „Bez względu na to, czy taka poszerzona spirala lub śruba, zależnie od nazewnictwa, będzie umieszczona w podstawie trzonu w celu podparcia mas znajdujących się powyżej pala, lub zostanie wykorzystana jako element cumowniczy do zabezpieczenia przed naprężeniami działającymi na jego górną część, siła utrzymująca pala jest całkowicie zależna od powierzchni tarczy spirali, charakteru gruntu, do którego pal jest wprowadzany oraz głębokości mierzonej od powierzchni. Właściwa powierzchnia śruby powinna być w każdym przypadku wyznaczona w oparciu o rodzaj gruntu, który należy zawsze wcześniej zbadać korzystając z odpowiednich metod.”

Współczesnej praktyce geotechnicznej projekt fundamentów na palach wkręcanych uwzględnia wszystkie z czynników wymienionych przez Mitchella, m.in. geometrię pala z wymiarem i kształtem żerdzi, średnicę i liczbę spirali, głębokość montażową oraz charakterystykę gruntu.

Po raz pierwszy na szeroką skalę Mitchell wykorzystał pale śrubowe do posadowienia latarni morskiej Trinity House w Maplin Sands, w pobliżu ujścia Tamizy. Wkrótce pale te były już wykorzystywane na innych budowach latarni morskich u wy-

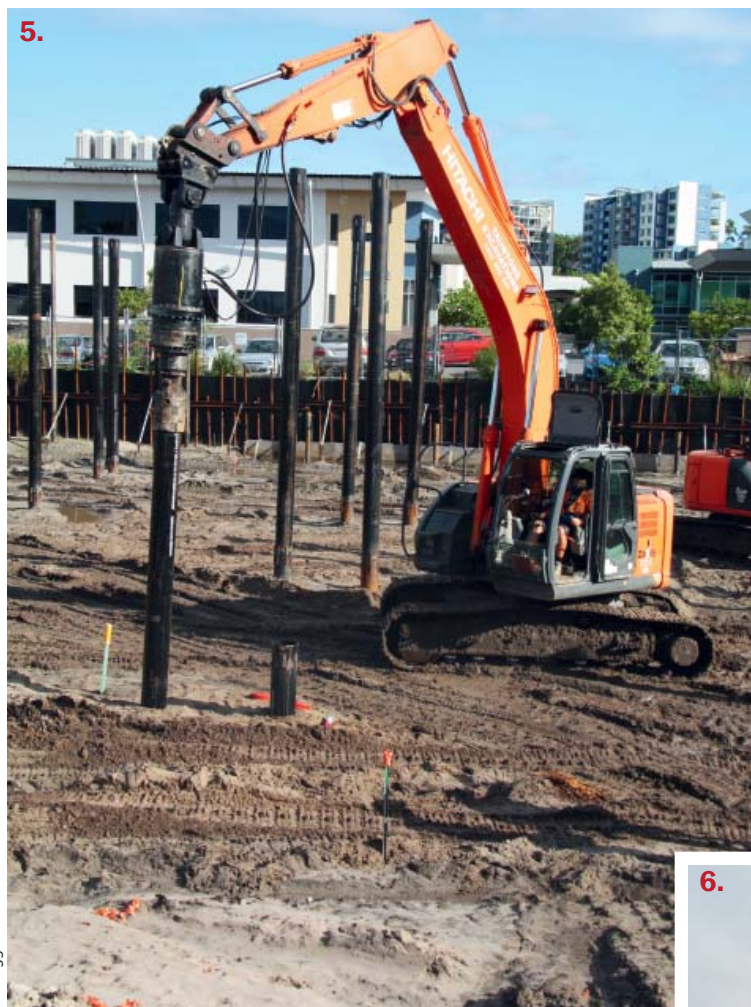
brzeży Wielkiej Brytanii i Irlandii. Niedługo po tym metoda została również wyeksportowana do Stanów Zjednoczonych. Pierwszą latarnią w tym kraju posadowioną na palach wkręcanych był obiekt w Brandywine Shoal, Delaware Bay, w 1842 r. Budowa została zrealizowana przez amerykańskich inżynierów należących do wojskowego Korpusu Topograficznego. W latach 1850–1900 wykonano prawie 60 podobnych konstrukcji na wodach Ameryki, m.in. na wybrzeżu wschodnim, na Florydzie i w Zatoce Meksykańskiej.

Kluczem jest elastyczność

Jedną z głównych zalet nowoczesnych systemów pali śrubowych wykorzystywanych w budownictwie wodno-ładowym jest szeroki zakres dostępnych elementów fundamentowych i geometrii. W Stanach Zjednoczonych standardowo dostępne geometrie obejmują konfigurację z jedną lub kilkoma spiralami o średnicy 300–800 mm. Z kolei typowe średnice żerdzi wynoszą 76–273 mm. Niektóre większe obiekty do zastosowań specjalnych dostępne są ze spiralami o wymiarach dochodzących do 1200 mm. Większe żerdzie i grubsze ściany pali o przekroju okrągłym są w stanie opierać się wyższym siłom osiowym i wyższym momentom zginającym w przypadku obciążeń działających w układzie mimośrodowym. Pale z okrągłymi żerdziami mogą być wypełniane zaprawą cementową lub betonem.

Podczas II wojny światowej wiele ważnych europejskich nabrzeży dla statków zbudowano, stosując pale śrubowe ze spiralami o średnicy do 2400 mm. Chociaż większość współczesnych pali wkręcanych jest mniejsza, nadal uzasadnione jest założenie, że te ze średnicą spirali do 1200 mm mogą być w najbliższej przyszłości stosowane powszechnie do posadowienia mostów i innych konstrukcji ciężkich. W niektórych częściach świata ograniczeniem dla rozmiaru może być dostępność wysoko wydajnych maszyn roboczych zapewniających odpowiedni moment obrotowy, co może pociągać za sobą konieczność poprawy wyposażenia umożliwiającego instalację pali. Sekcje przedłużające mają zwykle 2000–6000 mm i można je podłączać do sekcji głównej żerdzi, więc całkowita długość pala śrubowego jest ograniczona jedynie możliwościami montażu i wytrzymałości konstrukcyjnej elementu. W czasach Mitchella projektowanie pali śrubowych, podobnie jak większości innych fundamentów, odbywało się metodą prób i błędów, przy założeniu ryzyka niepowodzenia. Obecnie opiera się ono na mechanice gruntu i solidnych praktykach geotechnicznych.

5.



Fot. Digga Ltd.

Montaż

Metody montażu pali wkręcanych zmieniają się w zależności od dostępnych geometrii. W przeszłości ekipa robotników obracała krzyżak obrotowy, wprowadzając śrubę w grunt, jednak w późnych latach XIX w. operacje ręczne zastąpiono silnikami parowymi i hydraulicznymi. Podczas II wojny światowej w celu szybkiego montażu pali w fundamentach nabrzeży portowych stosowano głowice o wysokim momencie obrotowym, napędzane przez silniki elektryczne. Prawie wszystkie konwencjonalne i standardowe urządzenia do prac ziemnych (np. koparka gąsienicowa lub kołowa, minikoparka, koparka podsiębierna lub ze skrzynią ślizgową) można w łatwy sposób wyposażać w niskoobrotową głowicę hydrauliczną, umożliwiającą wysoki moment obrotowy do zapewnienia odpowiedniej siły do montażu. Nawet w obszarach o ograniczonym dostępie lub w pomieszczeniach z niskimi stropami, np. w piwnicach budynków, można zastosować małą przenośną głowicę hydrauliczną i drążek reakcyjny, umożliwiając tym samym instalację pali wewnątrz budynków przy zapewnieniu do 5000 nM momentu obrotowego.

Obecnie wiele firm oferuje napędy do wkręcania pali. Światowym liderem wśród producentów tego typu urządzeń jest australijska firma Digga, dobrze znana i ceniona również w naszym kraju. Proponuje ona napędy o mocy od 1000 nM do nawet 500 tys. nM. Na polskim rynku od wielu lat reprezentuje ją firma SERAFIN P.U.H. Najbardziej popularnymi modelami wiertnic hydraulicznych są te współpracujące z minikoparkami i koparko-ladowarkami, jednak

w ostatnich latach, ze względu na zintensyfikowanie prac przy budowach dróg i autostrad, nastąpił znaczny wzrost zapotrzebowania na większe napędy. Są one wykorzystywane na kilkudziesięciotonowych nośnikach do wykonywania odwiertów fundamentowych pod montaż ekranów akustycznych z zastosowaniem technologii bezpośredniego pionowego zalewania betonem (CFA) (Fot. 6). Realizacje na dźwigach samochodowych czy samojezdnych palownicach są przykładem wciąż poszerzającego się spektrum zastosowania wiertnic Digga. Posiadacze cenią je za wyjątkową trwałość, łatwość obsługi oraz przystępną cenę.

Monitorowanie montażu

Kolejną kluczową zaletą pali śrubowych jest możliwość kontroli montażu dzięki dokładnemu monitorowaniu momentu obrotowego i obrotów pala podczas wprowadzania w grunt. Pomimo faktu, że wymagany moment obrotowy jest powiązany głównie z właściwą geometrią pala, łącznie z segmentami spiralnymi i trzonem centralnym, zależy on również od interakcji pomiędzy palem i gruntem. Dlatego zapisy docelowo ustalanego momentu

Fot. 5. Fundament hali stalowej

Fot. 6. Montaż ekranów akustycznych

6.



Fot. Serafin P.U.H.

obrotowego podczas montażu pozwalają na bezpośrednią kontrolę jakości i potwierdzenie warunków gruntowych w każdym punkcie instalacji pojedynczego pala. Stanowią jednocześnie źródło danych o efektywności palowania w oparciu o analizę zależności momentu obrotowego i nośności. Jest to szczególnie ważne, ponieważ zwykle nie jest możliwe wykonywanie odwiertów w każdym punkcie montażu.

Zapisane dane momentu obrotowego tworzą rejestr warunków panujących w każdym punkcie i umożliwiają korekty długości lub geometrii pali w celu osiągnięcia požądanej nośności. Tym samym każdy wkręcany pal pełni funkcję testową dla kolejnych. W większości gruntów požądaną nośność uzyskuje się zasadniczo tuż po instalacji, z błyskawicznym efektem wsparcia obciążeń projektowych. Oznacza to, że szybki montaż zapewnia prawie natychmiastowy efekt nośny, praktycznie bez urobku gruntu i przy minimalnych zakłóceniach prac na obiekcie.

Zastosowanie

W przeszłości pale śrubowe były wykorzystywane do zwiększenia wytrzymałości na obciążenia naprężające, ściskające, łączące i moment wywracający — podobnie do obciążeń występujących w wielu współczesnych fundamentach. We współczesnym świecie zakres zastosowania tego typu pali wydaje się nieograniczony i znacznie szerszy w porównaniu z epoką Mitchella. W ostatnich 60 latach pale wkręcane były często powiązane z branżą elektroenergetyczną, służąc jako kotwy spiralne dla odciągów słupów i wież. Są one obecne niemal w każdym sektorze budownictwa wodno-ładowego. Stosuje je się m.in. przy: wzmocnieniach fundamentów w nowych konstrukcjach budynków, posadowieniu mostów dla pieszych i kładek we wrażliwym środowisku obszarów podmokłych i innych, stabilizowaniu naruszonych skarp, odciągach tymczasowych wzmocnień gruntu, podpieraniu fundamentów w konstrukcjach tymczasowych, fundamentach dla konstrukcji lekkich, znaków i generatorów wiatrowych,

ce i naprężające – jak również obciążenia boczne – można je stosować w modernizacjach istniejących konstrukcji, np. uszkodzonych wskutek katastrof naturalnych, takich jak trzęsienia ziemi, powodzie i huragany. Mogą być też wykorzystywane jako natychmiastowe fundamenty metalowych konstrukcji i domów z prefabrykatów, a także są pomocne w usuwaniu skutków katastrof, podczas budowy prefabrykowanych obiektów mieszkalnych i tymczasowych mostów. Pale śrubowe o dużych średnicach prawdopodobnie staną się bardziej popularne w zastosowaniach wymagających wysokiej nośności.

Coraz więcej nowych zastosowań dotyczy funkcji kotew odciągowych dla tymczasowych i stałych konstrukcji oporowych. Montaż przeprowadzany jest w sposób szybki i łatwy przy wykorzystaniu tradycyjnych maszyn budowlanych. Pożądana nośność w większości typów gruntu jest uzyskiwana ze skutkiem natychmiastowym. Pale można instalować w pomieszczeniach z niskim stropem lub ograniczonym dostępem. Nie generują urobku, który czasem może przeszkadzać na terenie budowy. Możliwość usuwania pali i ponownego montażu w przypadku konstrukcji tymczasowych tworzy technologię o charakterze zrównoważonym. Pale wkręcane są powszechnie dostępne w szerokim zakresie rozmiarów.

Jak wskazuje niniejszy artykuł, dobre koncepcje nigdy nie przemijają. Można powiedzieć, że bez wątpienia jesteśmy świadkami drugiego rozkwitu technologii pali śrubowych. ■



Fot. Digga Ltd.

Fot. 7. Wzmocnienie poprzeczne

Fot. 8. Fundamenty oświetlenia

kotwach naprężeniowych wież transmisyjnych i komórkowych, a także podpieraniu istniejących konstrukcji, fundamentach mostów i wielu innych zastosowaniach geotechnicznych.

Ponieważ montaż pali wkręcanych nie ogranicza się do kierunku pionowego, jak w przypadku fundamentu pod budynkiem, są one coraz częściej używane jako kotwy gruntowe (gwoździowanie) wzmacniające ściany wykopów i konstrukcje oporowe. Śruby o niewielkiej średnicy można bardzo szybko wprowadzać w dowolny grunt, z wyjątkiem żwiru, zapewniając boczne wzmocnienie gruntu w wielu zastosowaniach budowlanych.

Przyszłość pali śrubowych

Ilość możliwych zastosowań dla fundamentów opartych na palach wkręcanych rośnie obecnie bardziej niż kiedykolwiek, a do tego nadal tworzone są i rozwijane kolejne niszowe rozwiązania. Fundamenty z palami śrubowymi stanowią atrakcyjną alternatywę dla tych betonowych z odlewaniem w gruncie. Ponieważ projekt pali może uwzględnić wytrzymałość na siły osiowe ściskają-



Fot. Digga Ltd.