



Temat specjalny

Fundamenty na palach

tekst: **MARIAN KOWACKI**, Nowoczesne Budownictwo Inżynieryjne



Posadowienie na palach to jeden z najstarszych sposobów budowania fundamentów. Technologia palowania wciąż ewoluuje. Jest coraz bardziej przyjazna dla środowiska i człowieka, coraz szybsza, wykorzystuje nowoczesne usprzętowanie, posiuguje się komputerowym sterowaniem i kontrolą jakości wykonywanych pali. Dzięki bogatej ofercie dostępnych na rynku technologii wybór odpowiedniej umożliwia uwzględnienie zarówno wymagań technicznych, uwarunkowań realizacyjnych oraz środowiskowych, jak i efektywności ekonomicznej.



Cele i zakres stosowania fundamentów palowych

Fundamenty na palach to fundamenty głębokie, w których obciążenia z budowli są przenoszone przez pale na głębsze warstwy gruntu – bardziej wytrzymałe od warstw powierzchniowych. Pale w praktyce budowlanej stosuje się m.in. w celu przekazania obciążeń z budowli przez wodę lub słabe warstwy gruntu na bardzo mocne podłoże. W tej sytuacji pale przekazują obciążenie przez swoje podstawy (ostrza lub stopy). Jeśli zadaniem pali jest przekazanie obciążeń na zalegające w głębi podłoża warstwy o dużej miąższości i znacznej nośności (np. zagęszczone piaski, żwirzy), wówczas pal przekazuje obciążenie przez podstawę oraz przez poboczną w obrębie warstwy nośnej. W przypadku przekazania obciążeń na warstwę o dużej miąższości gruntu i średniej nośności (np. średnio zagęszczonego piasku, plastycznego iltu) pal przekazuje obciążenie głównie przez poboczną. Fundamenty palowe stosuje się także przy posadowieniu budowli poniżej warstwy gruntu, która może ulec rozmyciu lub zostać w przyszłości usunięta bądź naruszona przy wykonywaniu robót budowlanych. Innym zastosowaniem pali jest zakotwienie budowli w gruncie przeciw sile wyporu. Układy koźłowe z palami ukośnymi stosuje się w przypadku przekazania na podłoże dużych sił poziomych lub ukośnych. Pale doprowadza się do warstwy poniżej osuwiska w celu stabilizacji osuwisk. Za ich pomocą kotwione są ściany oporowe. Dzięki zastosowaniu pali możliwe jest ograniczenie robót ziemnych i uniknięcie robót odwodnieniowych – zmniejszenie wykopów oznacza mniejszy obszar naruszenia naturalnego stanu terenu. W niektórych sytuacjach zastosowanie pali pozwala na uproszczenie fundamentu czy budowli nadziemnej, np. wprowadzając pal do poziomu łożysk mostu, upraszcza się konstrukcję i wykonanie filara.

Fundamenty palowe stosuje się dla wielu budowli, nawet jeśli grunt cechuje znaczna nośność. Tymi szczególnymi obiektami są m.in. mosty i wiadukty, których podpory przekazują na podłoże duże, skoncentrowane obciążenie i wymagają posadowienia poniżej zwierciadła wody. Na palach opiera się budynki bez piwnic składane z prefabrykatów wielkożyłowych czy konstrukcje wywierające na fundamenty obciążenia o zmieniającym się kierunku, jak suche doki czy śluzy komorowe. Fundamenty palowe znajdują zastosowanie przy posadowieniu budowli portowych, budowli obciążonych znacznymi siłami bocznymi, a także takich, w sąsiedztwie których w przyszłości spodziewane są wykopy. Kolejnym rodzajem budynków opartych na

palach są budynki wysokościowe o konstrukcji szkieletowej, budynki wznoszone w sąsiedztwie innych budowli oraz z kilkoma podziemnymi kondygnacjami, a także budowle przemysłowe, zwarte w planie, wymagające głębokich posadowień. Co ważne, palowanie jest obecnie najskuteczniej zmechanizowanym i najszybciej wykonywanym rodzajem fundamentowania, dzięki czemu umożliwia przyspieszenie robót [1].

Systematyka pali i fundamentów palowych

Zgodnie z normami PN-EN 1536 [2] i PN-EN 12699 [3], pale to smukłe elementy konstrukcyjne w gruncie, służące do przenoszenia oddziaływań zewnętrznych. W normach [2, 3] wyróżniono pale przemieszczeniowe, w tym prefabrykowane (betonowe, stalowe, drewniane), formowane w gruncie (z rurą odzyskiwaną lub z rurą pozostawianą) oraz pale wiercone z usuwaniem urobku, które dzielą się na pale z rurą osłonową lub bez, z powiększoną lub iniektowaną podstawą, baretę, formowane świdrem ślimakowym CFA, formowane dwuetapowo. Podziału pali i fundamentów palowych można dokonać ze względu na różne kryteria. Biorąc pod uwagę rozstaw pali w fundamencie, wyróżnia się fundamenty z palami rozmieszczonymi w odległościach, przy których nie występuje przenikanie stref odkształceń gruntu od obciążeń przekazywanych przez poszczególne pale, oraz fundamenty z grupami pali o przenikających się strefach odkształceń gruntu i na skutek tego o osiadaniach będących wypadkowymi odkształceń gruntu wywołanych wszystkimi palami. Ze względu na położenie pali względem pionu rozróżnia się fundamenty z palami pionowymi oraz ukośnymi, o układach koźłowych. Mając na względzie udział konstrukcji zwieńczającej pale w przekazywaniu obciążeń fundamentu na grunt, dzieli się je na fundamenty o konstrukcjach zwieńczających, współdziałających z palami w przekazywaniu obciążeń na grunt, oraz przekazujących obciążenia na podłoże wyłącznie przez pale. W zakresie sztywności konstrukcji zwieńczającej pale wyróżnia się fundamenty o sztywnych konstrukcjach zwieńczających, w których osiadanie wszystkich pali pod obciążeniem fundamentu jest jednakowe lub proporcjonalne, oraz fundamenty o wiotkich konstrukcjach zwieńczających, w których mogą wystąpić osiadania pali o różnych wartościach [1].

Podział pali ze względu na technologię wykonania pokazano w tabeli 1.

Tab. 1. Podział pali ze względu na technologię wykonania

pale przemieszczeniowe							pale instalowane po wydobyciu gruntu		
pale całkowicie przemieszczeniowe				pale częściowo przemieszczeniowe			w rurach osłonowych	bez rur osłonowych	
wykonane z gotowych elementów			pale formowane w gruncie				pale wiercone	pale CFA	
pale rurowe zamknięte	pale żelbetowe prefabrykowane	pale drewniane	pale z tworzyw sztucznych	pale Vibro, Vibrex, Franki	pale Atlas	pale Omega, de Waal, SDP, FDP			pale wkręcane

Źródło: Gwizdała K., Więclawski P., Słabek A.: *Rozwój technologii posadowienia na fundamentach palowych. W: Analizy i doświadczenia w geoinżynierii.* Red. J. Bzówka, M. Łupieżowicz. Wydawnictwo Politechniki Śląskiej. Gliwice 2017, s. 147

Wybrane techniki robót palowych

Dzięki transferowi nowych technologii oraz uwzględniając aktualne możliwości sprzętowe, zakres stosowanych obecnie w Polsce technologii pali jest bardzo szeroki. Jedną ze znanych i od lat stosowanych jest technologia pali wbijanych, do których należą m.in. pale prefabrykowane. Wyróżnia się wśród nich pale pełne o wymiarach przekroju poprzecznego od 25 x 25 do 40 x 40 cm, najczęściej do długości 18 m, oraz pale w postaci rur z dnem zamkniętym i otwartym. Zakres przekrojów poprzecznych oraz zróżnicowana długość pali prefabrykowanych ułatwia ich szerokie zastosowanie – od budownictwa mieszkaniowego, przez objekty biurowe, po budownictwo przemysłowe. O popularności stosowania decydują liczne zalety pali prefabrykowanych, w tym m.in. szybkość wykonania, łatwość dostosowania aktualnej długości do lokalnych warunków gruntowych czy możliwość kontynuacji robót i obciążenia pali bezpośrednio po ich wbiciu w podłoże.

W budownictwie morskim i hydrotechnicznym – w nabrzeżach, pirsach, jako elementy przystani, falochronów, jako kierownice śluz, do urządzeń cumowniczo-odbojowych – najczęstsze zastosowanie znalazły pale stalowe. Powszechnie stosuje się także pale stalowe łączone z elementami grodzic ścianek szczelnych, które mogą przenosić duże siły pionowe i znaczne momenty zginające.

Kolejną grupą pali wbijanych są w pełni przemieszczeniowe, wykonywane w gruncie bez wydobywania go na powierzchnię, pale Vibro-Fundex, Vibrex oraz Fundex. Charakterystyczną

cechą pali Vibro-Fundex jest duża nośność przy małych osiadaniami. Dużą nośnością charakteryzują się także pale Vibrex, wykorzystywane m.in. w posadowieniu pośrednim obiektów kubaturowych, w budownictwie hydrotechnicznym i mostowym, których średnica jest uzależniona od średnicy zastosowanej rury stalowej. Do pali przemieszczeniowych bez drgań i wibracji, w których rura jest wkręcana i wciskana, należą pale Fundex. Wykonywane bez wydobywania gruntu na powierzchnię dogęszczają podłoże, wykazując przy tym korzystną charakterystykę obciążenie – osiadanie.

Do jednych z najstarszych pali przeznaczonych do fundamentowania głębokiego należą pale Franki. Wprowadzenie pali formowanych świdrem ciągłym lub świdrem osadzonym na rurowym przewodzie rdzeniowym bez zastosowania orurowania, z częściowym lub całkowitym rozpychaniem gruntu na boki (dogęszczaniem), stanowiło istotny przełom w technologii wykonawstwa fundamentów palowych. Stosuje się je jako element posadowienia w bardzo zróżnicowanych warunkach gruntowych, np. do budowy budynków biurowych i przemysłowych, dróg i mostów, doków stoczniowych, tras dźwigowych czy siłowni wiatrowych.

Technologią powszechnie stosowaną w Polsce są pale CFA (continuous flight auger) formowane świdrem ciągłym. Te przenoszące obciążenia 800–1500 kN pale wykonuje się bardzo szybko (jeden w ciągu 30–60 min) i bezwstrząsowo, dzięki czemu mogą być stosowane w terenie zabudowanym. Wymagają jednak wywiezienia z budowy gruntu, który jest wydobywany podczas wiercenia otworów. Technologia CFA należy do najtrudniejszych i najbardziej wrażliwych na warunki gruntowe, znajduje jednak szerokie zastosowanie w budownictwie, m.in. do posadowienia głębokiego, obudów wykopów i palisad, zapobiegania osuwiskom i ochrony istniejących budowli w połączeniu z technologiami kotew lub gwoździ gruntowych, w projektach infrastrukturalnych, takich jak budowa tuneli, dróg i mostów. Wariantami pali CFA są pale Starsol z podwójną rurą rdzeniową oraz PCS Lambda, charakteryzujące się większą średnicą świda. Połączenie klasycznej technologii pali CFA z metodą wykonania pali z rozszerzoną komorą nad podstawą pala stanowią pale Soilex. W literaturze rurowane pale CFA są znane pod różnymi nazwami: CFP (*cased flight auger piles*) – stanowiące połączenie pali CFA i tradycyjnych pali wierconych, VDW (*vor der wand – in front of the wall*), SPGO (system podwójnej głowicy obrotowej) oraz CSP (*cased secant piles*). W wyniku połączenia tradycyjnej technologii CFA z zabiegami iniekcyjnymi charakterystycznymi dla mikropali i kotew gruntowych powstały mikropale CFA, stosowane jako element nośny nowo projektowanych budowli, do wzmocnienia fundamentów istniejących i zabytkowych obiektów, a także zabezpieczenia i obudowy wykopów.

Należące do pali w pełni przemieszczeniowych pale Omega charakteryzują się dużą wydajnością (ok. 15–30 min/pal), a ponadto umożliwiają umieszczenie zbrojenia pala po lub przed betonowaniem, co jest istotne w sytuacji, kiedy konieczne jest zapewnienie pełnego zbrojenia na całej długości. Ta technologia, dzięki brakowi wibracji, hałasu i wstrząsów, jest przy tym przyjazna dla człowieka i środowiska naturalnego. Opcją korzystną dla optymalnego wykorzystania nośności uwarstwionego podłoża jest stosowanie pali CG Omega (*compaction grouting Omega*), charakteryzujących się dodatkowym, wtórnym


AARSLEFF

AARSLEFF Sp. z o.o., Aleja Wyścigowa 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 wzmocnienia podłoża pod drogi i linie kolejowe.

pograżeniem świdra w świeżym betonnie, umożliwiającym poszerzenie podstawy pała oraz pobocznicy na wybranej długości.

Przemieszczeniowe pale Atlas, betonowane na sucho, stanowią rozwinięcie technologii pali wierconych CFA, przy czym grunt w trakcie głębienia otworu jest rozpychany na boki bez usuwania na zewnątrz. Ta właściwość oraz nośność w przedziale 600–2000 kN predysponuje je do stosowania w trudnych warunkach geotechnicznych, logistycznych, środowiskowych, w centrach miast, a także w pobliżu obiektów wrażliwych na oddziaływania technologiczne. Do pali przemieszczeniowych należą także pale de Waal o specjalnie ukształtowanym świdrze.

Do grupy pali wkręcanych z iniekcją na pobocznicy i pod podstawą należą pale Tubex, wykonywane głównie pod istniejącymi fundamentami o niedostatecznej nośności. Wykonywane bez wstrząsów, wibracji i hałasu znajdują zastosowanie zarówno na terenie otwartym, w bezpośrednim sąsiedztwie istniejących obiektów i fundamentów, jak i w zamkniętych pomieszczeniach.

Do wzmocnienia istniejących fundamentów, rzadziej jako fundament głęboki pod nowe obiekty, wykorzystuje się pale (kolumny) wykonywane w technologii iniekcji strumieniowej, charakteryzujące się dużymi oporami na pobocznicy. Podpory główne dużych mostów posadawiane są przede wszystkim na palach wierconych wielkośrednicowych, bardzo często z iniekcją cementową pod podstawami.

Jedną z wyspospecjalistycznych technik fundamentowych są mikropale. Mimo średnicy nieprzekraczającej 300 mm, wykazują dobrą pracę w podłożu i mogą przenosić znaczne obciążenia. Wśród mikropali, w zależności od techniki wykonania, wyróżnia się m.in. wiercone i przemieszczeniowe (które różnią się od siebie średnicą), pale fundamentowe wwibrowywane, wkręcane albo wbijane. Dawniej mikropale wykorzystywano głównie do wzmocniania fundamentów istniejących konstrukcji czy budynków, obecnie z powodzeniem także do budowy fun-



fot. Alexander Gordeev, Adobe Stock




PILETEST

- Niezależny wykonawca próbnych obciążeń statycznych i dynamicznych oraz badań jakości fundamentów głębokich
- Próbne obciążenia statyczne zinstrumentalizowane z użyciem tensometrów, ekstensometrów i światłowodowych czujników odkształceń
- Badania jakości/ciągłości pali Sonic Echo – PIT, CrossHole Sonic Logging, Thermal Integrity Profiler
- Dwukierunkowe próbne obciążenia pali wielkich średnic i baret ścian szczelinowych z użyciem komór ciśnieniowych Osterberga
- Odbiory odwiertów pali wielkośrednicowych: SHAPE – SHaft Area Profile Evaluator; SQUID – Shaft QUAntitative Inspection Device
- Próbne obciążenia gwoździ i kotew gruntowych (naciągi, badania wstępne i odbiorcze)
- Stały monitoring geotechniczny
- Monitoring drgań i hałasu
- Oprzyrządowanie palownic – komputery rejestrujące wraz z instalacją na palownicy i certyfikacją czujników
- Projektowanie geotechniczne
- Prowadzenie nadzoru geotechnicznego
- Niezależne bezpłatne doradztwo geotechniczne w zakresie fundamentów głębokich tel.: 516 00 99 65

WWW.PILETEST.EU | E-MAIL: INFO@PILETEST.PL








Tab. 2. Wybrane obiekty mostowe posadowione na palach i mikropalach – na podstawie [5] oraz danych firm

Nazwa obiektu	Obciążenie obliczeniowe Nośność obliczeniowa Rodzaj gruntu w poziomie posadowienia podstaw pali	Rodzaj, parametry i liczba pali, rodzaj iniekcji, wymiary fundamentu BG x LG [m]	Rozpiętość przęseł nad nurtem rzeki, L [m]
 Most przez Wisłę w Kwidzynie	$N_t = 5420 \div 6620 \text{ kN}$ $G, G\pi, J, J\pi (I_L = 0,20)$	Pale wiercone $\varnothing 1800 \text{ mm}$ $L = 28 \text{ m}$ $N = 45 \text{ sztuk,}$ iniekcja cementowa wg KGPG $35,0 \times 19,0$ – pylon	$70 + 130 + 2 \times 204 +$ $130 + 70 = 808 \text{ m}$
 Most Rędziński przez Odrę we Wrocławiu	$Q_r = 7370 \text{ kN}$ $m \cdot N_t = 6800 \div 7500 \text{ kN}$ $J (I_L < 0,05)$	Pale wiercone $\varnothing 1500 \text{ mm}$ $L = 18 \text{ m}$ $N = 160 \text{ sztuk,}$ iniekcja cementowa wg IBDiM $67,4 \times 28,0$ – pylon	$256 + 256 = 512 \text{ m}$ 11-przęsłowa estakada E1 $L = 610 \text{ m}$ dziewięcioprzęsłowa estakada E3 $L = 520 \text{ m}$
 Most Jana Pawła II przez Martwą Wisłę w Gdańsku	$Q_r = 12\,600 \text{ kN}$ $Pr (I_D > 0,70)$	Pale wiercone $\varnothing 1800 \text{ mm}$ $L = 30 \text{ m}$ $N = 50 \text{ sztuk,}$ iniekcja cementowa wg KGPG $52,4 \times 22,4$ – pylon	230 m – przęsło nurtowe 372 m – długość całkowita
 Most Jana Pawła II przez Wisłę w Puławach	$Q_r = 6000 \text{ kN}$ $KWg, I_L = 0,10$ $SM Bs$	Pale wiercone $\varnothing 1500 \text{ mm}$ $L = 18,0 \text{ m}$ $N = 39 \text{ sztuk}$ $46,0 \times 10,5$	$44 + 3 \times 56 + 6 \times 64 +$ $80 + 212 + 80 + 44 =$ 1012 m
 Most kolejowy przez Skawę, linia kolejowa nr 99 Kraków – Zakopane, odcinek Stryszów – Zembrzyce	$Q_r = 1520 \div 1570 \text{ kN,}$ $I \text{ zw, KR, KO}$ poniżej warstwy fliszu karpackiego	Mikropale samowierzące TITAN 103/78 $L = 9\text{--}12 \text{ m}$ $N = 32 \text{ sztuk}$ iniekcja cementowa $7,0 \times 10,0$ osiem fundamentów	siedem przęseł x 55 m 399 m – długość całkowita

Oznaczenia: Q_r – obciążenie obliczeniowe (kolumna 2), N_t – nośność obliczeniowa (kolumna 2), L – długość całkowita pala (kolumna 3), N – liczba pali w fundamencie (kolumna 3)

Tab. 3. Wybrane obiekty kubaturowe i inne posadowione na palach i mikropalach – na podstawie [5] oraz danych firm

Nazwa obiektu	Obciążenie obliczeniowe Nośność obliczeniowa Rodzaj gruntu w poziomie posadowienia podstaw pali	Rodzaj, parametry pali
 <p>Instalacje wchodzące w skład EFRA PROJECT i EFRA PROJECT HVDU na terenie rafinerii LOTOS w Gdańsku</p>	$Q_r = 1000 \div 3000 \text{ kN}$ P_s, P_r	Pale CFA $\varnothing 400, \varnothing 600$ i $\varnothing 800 \text{ mm}$ $L = \text{do } 24 \text{ m}$ $N = 2894 \text{ sztuk}$
 <p>Obiekty instalacyjno-magazynowe w ramach inwestycji dla Stora Enso w Ostrołęce</p>	$Q_r = 650 \div 1200 \text{ kN}$ $P_d, \text{ szg}$	Pale Screwsol $\varnothing 330/500 \text{ mm}$ i $\varnothing 450/600 \text{ mm}$ $L = 8\text{--}18 \text{ m}$ $N = 3784 \text{ sztuk}$
 <p>Budynek hotelowy przy ul. Piłsudskiego w Pile</p>	$Q_r = 1100 \text{ kN}$ $N_t = 1485 \text{ kN}$ $P_s, P_r, \text{ szg}, \text{ zg}$	Pale Screwsol $\varnothing 450/600 \text{ mm}$ $L = 10\text{--}17 \text{ m}$ $N = 410 \text{ sztuk}$ (435 sztuk z palami próbnymi i kotwiącymi CFA $\varnothing 600 \text{ mm}$)
 <p>Centrum Kongresowe ICE Kraków przy ul. Konopnickiej w Krakowie</p>	$Q_r (\text{wyciąganie}) = 773 \text{ kN}$ $N_t = 1040 \text{ kN}$ $I, I\pi, P_o, \dot{Z}$	Pale Srewsol $\varnothing 530/700 \text{ mm}$ $L = 10\text{--}12 \text{ m}$ $N = 1521 \text{ sztuk}$
 <p>Muzeum II Wojny Światowej w Gdańsku</p>	$Q_r (\text{wyciąganie})$ w stanie tymczasowym = 2300 kN $Q_r (\text{wyciąganie})$ w fazie docelowej = 1690 kN $N_t = 3250 \text{ kN}$ $P_d, P_s, \text{ szg}, \text{ zg}$ $P, \dot{Z}, \text{ zg}$	Mikropale samowierzące TITAN 103/51 $L = 22 \text{ m} + 16 \text{ m}$ pusty przelot (wiercenie przez wodę) $N = 914 \text{ sztuk}$



fol. Soley Sp. z o.o.

damentów nowo powstających konstrukcji i różnego rodzaju budowli [4, 5, 6, 7].

Nowoczesne, ekologiczne technologie

Technologie fundamentów palowych muszą się przede wszystkim cechować niezawodnością posadowień budowli. Te obecnie stosowane gwarantują, dobre zespolenie poboczniczy i podstawy pala z podłożem gruntowym, ciągłość wykonania bez przerw i przewężeń. By nie stwarzać dodatkowych problemów na placu budowy związanych z wydobywanym gruntem, powinny się charakteryzować pełnym przemieszczaniem gruntu na boki z jego zagęszczeniem. Nowoczesne technologie dają możliwość wykonania pala w czasie nie dłuższym niż 15–30 minut, bez drgań, wstrząsów i hałasu. Powinny także umożliwiać wprowadzenie zbrojenia na części lub całej długości pala z zapewnieniem wymaganej otuliny (dla pali pionowych i ukośnych), jeśli wymagają tego warunki konstrukcyjne. Ponieważ coraz częściej spotyka się agresywne ośrodki gruntowe i wodne, palowanie musi się odbywać przy użyciu wymaganej pod względem wytrzymałości, szczelności i mrozoodporności klasy betonu. Od nowoczesnych technologii palowania oczekuje się także pokonania dużych oporów w gruncie przy wierceniu.

Wybór racjonalnych rozwiązań posadowień i przekazywania obciążeń do niższych, nośnych warstw podłoża gruntowego nabiera szczególnego znaczenia w aspekcie szeroko rozumianej ochrony środowiska oraz zachowania w naturalnym stanie obszarów przeznaczonych pod zabudowę. Dlatego stosowane technologie powinny uwzględniać kwestie środo-

wiskowe i minimalizować wpływ na środowisko naturalne. Stąd postulowane przemieszczanie gruntu na boki w czasie wykonywania pali i niewydobywanie go na powierzchnię oraz pozostawianie gruntów w miarę możliwości w miejscu naturalnego ich zalegania (co znacznie redukuje lub eliminuje konieczność transportowania wydobywanego gruntu samochodami) [4].

Podsumowanie

Do zapewnienia bezpiecznego posadowienia budowli na palach konieczne jest spełnienie trzech podstawowych warunków. Jednym z nich jest właściwe rozpoznanie podłoża gruntowego w miejscu projektowanego obiektu i jednoczesne trafne określenie parametrów gruntowych niezbędnych do obliczeń. Kolejną kwestią jest prawidłowy dobór pali do danych warunków gruntowych, występujących obciążeń i rodzaju konstrukcji oraz wykonanie przemyślanych (niemechanicznych) obliczeń nośności i osiadań fundamentów palowych. I wreszcie – niezwykle istotne jest poprawne wykonanie pali i odpowiedni nadzór nad robotami [5].

Dany typ pali może być wykonany w różnych technologiach, przy użyciu różnych maszyn. Mnogość dostępnych technologii umożliwia ich równorzędny wybór także pod względem osiadań projektowanych nośności i nieprzekraczania dopuszczalnych osiadań w określonym przypadku fundamentowania. Technologie te różnią się jednak między sobą w zakresie cech technicznych, jak również obciążeniem środowiska podczas wykonywania prac fundamentowych, a także kosztem robót, pracochłonnością wykonania, wymaganiami odnośnie do

kwalifikacji osób z obsługi urządzeń, oddziaływaniem na ludzi oraz istniejące budynki, infrastrukturę itd. Racjonalne projektowanie fundamentów palowych oraz późniejsze zarządzanie procesem inwestycyjnym wymaga więc znajomości dostępnych technologii, ale także umiejętności ich wyboru, poprzedzonego wielokryterialną analizą [8].

Literatura

- [1] Jaromniak A., Kłosiński B., Grzegorzewicz K., Cielenkiewicz T.: *Pałe i fundamenty palowe*. Warszawa 1976.
- [2] PN-EN 1536+A1:2015-08 *Wykonawstwo specjalnych robót geotechnicznych. Pałe wiercone*.
- [3] PN-EN 12699:2015-06 *Wykonawstwo specjalnych robót geotechnicznych. Pałe przemieszczeniowe*.
- [4] Gwizdała K.: *Fundamenty palowe. Technologie i obliczenia*. Warszawa 2011.
- [5] Gwizdała K., Więclawski P., Słabek A.: *Rozwój technologii posadowienia na fundamentach palowych*. W: *Analizy i doświadczenia w geoinżynierii*. Red. J. Bzówka, M. Łupieżowiec. Wydawnictwo Politechniki Śląskiej. Gliwice 2017, s. 143–160.
- [6] Tejchman A., Brzozowski T.: *Nowe technologie wykonywania pali*. „Materiały Budowlane” 2004, nr 2, s. 11–13.
- [7] Gwizdała K.: *Projektowanie fundamentów na palach*. XX Ogólnopolska Konferencja Warsztat Pracy Projektanta Konstrukcji, Wisła–Ustroń, 1–4 marca 2005 r.
- [8] Sobotka A., Pająk M.: *Rozwój technologii palowania i problem ich wyboru*. „Przegląd Budowlany” 2009, nr 2, s. 40–49.



XVIII Ogólnopolska Konferencja Naukowo-Techniczna

NOWOCZESNE TECHNOLOGIE I SYSTEMY ZARZĄDZANIA W TRANSPORCIE SZYNOWYM



4–6 XI 2019 r.,
Hotel Nosalowy Dwór, Zakopane

www.sitk.org.pl

Wybrana tematyka konferencji:

- realizacja inwestycji 2014–2020 i plany na kolejną perspektywę UE 2021–2027, w tym wielkie projekty – CPK, KDP, Rail Baltica, Podtęże – Piekietko itp.;
- analizy efektywności inwestycji kolejowych;
- najnowsze modele projektowania, realizacji i zarządzania infrastrukturą, w tym BIM;
- certyfikacja i dopuszczenie do eksploatacji podsystemów strukturalnych wynikających z interoperacyjności;
- konsekwencje i problemy wdrożenia IV pakietu kolejowego;
- czynniki warunkujące bezpieczeństwo przewozów kolejowych;
- rozwój transportu szynowego w miastach i regionach, zintegrowanego z innymi gałęziami transportu.

Jakie czynniki są brane pod uwagę w nowoczesnym projektowaniu i wykonawstwie fundamentów na palach?



URSZULA TOMCZAK, główny projektant i ekspert Soletanche Polska Sp. z o.o.

Fundamenty palowe stosuje się w przypadku, gdy konieczne jest przeniesienie dużych, skoncentrowanych obciążeń na głębsze warstwy gruntu lub niezbędne jest ograniczenie osiadań obiektu. Również wtedy, gdy w górnych, przypowierzchniowych warstwach

występują grunty o małej nośności i wysokiej podatności na odkształcenia (np. namuły, torfy, luźne nasypy, odpady komunalne).

Palowanie jest niezbędne w przypadku, kiedy na fundament – a za jego pośrednictwem na grunt – przenoszone będą duże obciążenia skupione. Tego typu uwarunkowania występują w podporach mostów, obiektach budownictwa hydrotechnicznego, morskiego i pełnomorskiego, budynkach wysokich oraz obiektach kubaturowych o nieregularnej bryle, a co za tym idzie – niejednorodnych obciążeniach. Biorąc pod uwagę obiekty o charakterze przemysłowym, pale stosuje się głównie w realizacji hal produkcyjnych, obiektów magazynowych, kominów.

Soletanche Polska Sp. z o.o. zrealizowało posadowienie papierni Stora Enso w Ostrołęce, wykorzystując opatentowaną technologię pali Screwsol. Ze względu na lokalizację precyzyjnych maszyn przemysłowych oprócz przeniesienia znacznych obciążeń ważnym zadaniem było zapewnienie ograniczonych osiadań fundamentów.

Kolejną realizacją, którą zakończyliśmy w 2019 r., jest posadowienie na palach obiektu dla Lotosu w Gdańsku.

Bardzo ciekawy projekt stanowiła również budowa obiektu w systemie condohotel dla grupy Arche w Pile. W tym projekcie występowały wyjątkowo niekorzystne do fundamentowania warunki gruntowe. W przekroju geologicznym pod warstwą gruntów antropogenicznych zalegają namuły, których spąg sięgał nawet do 12 m p.p.t. Poniżej znajdują się grunty nośne – piaski o wysokim stopniu zagęszczenia. Ze względu na skomplikowane warunki posadowienia i związane z tym koszty oraz dogodne uwarunkowania w Pile, łączące się z możliwością zbilansowania wymaganych miejsc postojowych na terenach przyległych do inwestycji, klient podjął decyzję o optymalizacji projektu i rezygnacji z garażu podziemnego. Bezpośrednie posadowienie pięciokondygnacyjnego budynku oczywiście nie było możliwe, więc zastosowano pale przenoszące obciążenia bezpośrednio na warstwę nośnych piasków.

Pisząc o fundamentach na palach, warto wspomnieć, że czasami pale oraz ich mniejsza wersja, czyli mikropale, stosowane są również do zakotwienia płyty fundamentowej na terenach, które charakteryzują się wysokim poziomem wód gruntowych. Odcięcie dopływu wody do wykopu (np. przesłony poziome, zakotwienie obudowy w warstwach gruntów słabo przepuszczalnych) jest jedynie tymczasowe, a ciężar docelowej konstrukcji obiektu nie zawsze równoważy parcie wody. Takim przykładem może być budowa Galerii Młociny w Warszawie. Wykonano tutaj 2305 mikropali iniektowanych \varnothing 330 mm o długości 7,5–14,5 m.



Od lewej: Centrum Kongresowe ICE Kraków, papiernia Stora Enso w Ostrołęce, fot. Archiwum Soletanche Polska

TRENCHMIX® - TO SIĘ OPŁACA!

Z nami zaoszczędzisz:



CZAS



PIENIĄDZE



Ze względu na liniowy charakter robót oraz prędkość ich wykonania świetnie sprawdza się we wszelkiego rodzaju **inwestycjach infrastrukturalnych** (linie kolejowe, nasypy drogowe, wały przeciwpowodziowe) jak i wzmocnieniu podłoża pod wielkopowierzchniowe obiekty handlowe oraz przemysłowe.



Zalety:

- Duże tempo produkcji
- Wysoki stopień homogenizacji struktury
- Brak ryzyka wystąpienia "okien filtracyjnych"

Zastosowanie:

- Wzmocnienie gruntu
- Przegrody przeciwfiltacyjne
- Ściany oporowe
- Stabilizacja i zestalanie gruntu

Chcesz wiedzieć więcej? Zapytaj nas!

Oddział Warszawa
ul. Powązkowska 44c
01-797 Warszawa

office@soletanche.pl

Oddział Gdańsk
ul. Orzechowa 5, II piętro
80-175 Gdańsk

gdansk@soletanche.pl

Oddział Kraków
ul. Wielicka 250
30-663 Kraków

krakow@soletanche.pl

Oddział Wrocław
ul. Żmigrodzka 244
51-131 Wrocław

wroclaw@soletanche.pl

www.soletanche.pl

Postaw na nas



SOLETANCHE

Build on us