

SPECYFIKACJA TECHNICZNA

Prefabrykowane żelbetowe pale wbijane

1. WSTĘP

1.1. Przedmiot ST

Przedmiotem Specyfikacji Technicznej (ST) są wymagania dotyczące wykonania i odbioru fundamentów obiektów budowlanych i konstrukcji inżynierskich wykonanych z żelbetowych wbijanych pali prefabrykowanych w ramach inwestycji pn. „**Remont i rozbudowa punktów widokowych i małej architektury ścieżki dydaktycznej zw. "Wiewiórczą ścieżką."**

Zakres stosowania ST

ST jest stosowana jako dokument przetargowy i kontraktowy przy zlecaniu i realizacji robót wymienionych w p. 1.1.

1.2. Zakres robót objętych ST

Ustalenia zawarte w ST dotyczą zasad prowadzenia i kontroli robót z wykorzystaniem żelbetowych wbijanych pali prefabrykowanych pionowych i ukośnych, o długości całkowitej od 5,0m, jako fundamentów konstrukcji budowlanych i inżynierskich, tj. budynków mieszkalnych, obiektów użyteczności publicznej, przemysłowych, handlowych, mostowych, kominów, masztów, turbin wiatrowych, słupów sieci energetycznych, ścian oporowych, nabrzeży itp. ST dotyczy stosowanych powszechnie w Polsce żelbetowych pali prefabrykowanych o kwadratowym przekroju poprzecznym trzonu i wymiarach 200x200mm, 250x250mm, 300x300mm, 350x350mm i 400x400mm.

ST swoim zakresem obejmuje:

- a) wykonanie niezbędnych zabezpieczeń terenu robót wraz z ich rozbiórką;
- b) prace przygotowawcze i pomiarowe:
 - produkcję żelbetowych prefabrykatów pali w wytwórni prefabrykatów zgodnie z wymaganiami dokumentacji projektowej i normy PN-EN 12794. Prefabrykaty betonowe. Pale fundamentowe.
 - transport prefabrykatów w miejsce wbudowania;
 - składowanie prefabrykatów palowych na placu budowy;
 - wytyczenie osi pali;
 - zabezpieczenie instalacji na powierzchni ziemi i urządzeń podziemnych,
- c) wbicie prefabrykowanych pali żelbetowych do próbnych obciążeń statycznych lub/i dynamicznych (pal badany i ewentualne pale kotwiące);
- d) przeprowadzenie próbnych obciążeń statycznych lub/i dynamicznych pali wraz z analizą wyników (wg odrębnej ST),
- e) wbicie docelowych żelbetowych pali prefabrykowanych,
- f) roboty wykończeniowe: rozkucie głowic pali (o ile tak przewidziano w projekcie) i uporządkowanie terenu robót;
- g) opracowanie dokumentacji powykonawczej.

1.3. Określenia podstawowe

Określenia podstawowe podane w ST są zgodne z normą [2] i z definicjami podanymi w ST "Wymagania ogólne" lub/i w ogólnych warunkach kontraktu.

Pal przemieszczeniowy. Pal, który jest zagłębiony w grunt bez wiercenia lub usuwania urobku, z wyjątkiem zabiegów ograniczających wysadzinę, drgania i ułatwiających usuwanie przeszkód lub zagłębienie pala w grunt.

Pal prefabrykowany. Pal lub element pala, który jest wykonywany przed zagłębieniem jako jeden element prefabrykowany (pal pojedynczy) lub złożony z kilku elementów prefabrykowanych (pal łączony).

Złącze pala. Element do łączenia prefabrykatów pala przez połączenia mechaniczne lub spawane.

Młot udarowy. Narzędzie budowlane do udarowego wbijania pali (masa uderzająca lub spadająca).

Kołpak. Urządzenie, zwykle stalowe, umieszczone pomiędzy podstawą młota udarowego, a palem w celu równomiernego rozłożenia uderzenia młota w głowicę pala.

Podkładka młota. Urządzenie lub materiał, umieszczany pomiędzy młotem udarowym, a kołpakiem w celu ochrony młota i głowicy pala przed niszczącymi bezpośrednimi uderzeniami. Materiał podkładki młota powinien być dostatecznie sztywny, aby przekazać bez strat energię uderzeń młota w pal.

Podkładka pala. Materiał, zwykle miękkie drewno, umieszczany pomiędzy kołpakiem a głowicą prefabrykowanego pala żelbetowego.

Przedłużka. Tymczasowe przedłużenie pala, używane podczas wbijania, które pozwala zagłębić wierzch pala poniżej powierzchni gruntu, lustra wody, albo poniżej najniższego punktu, do którego urządzenie wbijające może sięgnąć bez rozłączania prowadnicy.

Zagłębianie. Metody wprowadzania pali w grunt na wymaganą głębokość, takie jak np. wbijanie młotem.

Pal wbijany. Pal który jest zagłębiony w grunt przez wbijanie, przy czym grunt jest przemieszczany przez pal lub rurę obsadową.

Wspomaganie zagłębiania. Metody używane do ułatwienia zagłębiania pala w grunt, np. podpłukiwanie, wstępne przewiercanie, użycie materiałów wybuchowych, wstępne wbijanie.

Podpłukiwanie. Metoda wspomaganie zagłębiania pala przez wypłukanie części gruntu przy użyciu strumienia wody pod zwiększonym ciśnieniem.

Wstępne przewiercanie (świdrem, płuczkowe). Metoda wspomaganie zagłębiania pala przez przeszkody lub materiały zbyt zwarte, by mogły być przebite za pomocą projektowanego pala i urządzenia do zagłębiania, przy użyciu technik wiertniczych.

Dobicie. Pojedyncze uderzenia młota w pal prefabrykowany, podczas którego są mierzone energia uderzenia oraz odkształcenia jednostkowe/przyśpieszenia i/lub wpęd pala, w celu umożliwienia oceny nośności pala.

Dobijanie. Dodatkowa seria uderzeń młota używana do wbicia pala prefabrykowanego w celu odtworzenia wymaganego oporu wbijania (stosowane do pali kotwiących uniesionych nadmiernie w trakcie próbnego lub do pali uniesionych przez wysadzinę w wyniku wbijania pali sąsiednich w gruntach spoistych).

Pal początkowy. Pierwszy pal roboczy na placu budowy.

Pal do próbnego obciążenia. Pal poddawany próbnemu obciążeniu statycznemu lub/i dynamicznemu w celu określenia zależności oporów od przemieszczeń pala oraz otaczającego gruntu.

Pal do prób wstępnych. Pal wykonywany przed rozpoczęciem zasadniczych robót palowych lub fragmentu robót, w celu ustalenia przydatności wybranego rodzaju pala, sprzętu do wbijania lub/i potwierdzenia rozwiązania projektowego, wymiarów i nośności.

Kryteria wbijania. Parametry wbijania, które powinny być spełnione podczas wbijania pala.

Wpęd. Średnie trwałe zagłębienie pala w grunt na jedno uderzenie, mierzone po serii uderzeń.

Monitorowanie. Prowadzenie obserwacji w ramach kontroli jakości technicznej procesu palowania.

Nadzór. Aktywna funkcja w nadzorowaniu i kierowaniu wykonaniem pali i fundamentów palowych.

Dokumentowanie. Sporządzenie trwałego zapisu faktów dotyczących wykonywania pali i rejestrowanych danych w formie „Dziennika wbijania pali” złożonego między innymi z „Metryk pali”.

Dziennik wbijania pali. Dokument stanowiący szczegółowy zapis czynności realizowanych przez wykonawcę w trakcie robót palowych.

Metryka pala. Szczegółowy zapis postępu zagłębiania pojedynczego pala zawierający następujące informacje [2]:

- numer podpory/fundamentu,
- numer i lokalizację pala,
- wymiary pala,
- klasa betonu pala,
- rodzaj i powierzchnia zbrojenia trzonu pala,
- liczba i położenie złączy na długości pala;
- nachylenie projektowane i wykonane pala,
- data rozpoczęcia i zakończenia zagłębiania pala,
- rodzaj i typ urządzenia do zagłębiania pala,
- ciężar młota i wysokość spadu młota,
- rodzaj stosowanej przedłużki,
- wpędy pala (w metryce należy podać co najmniej średnią wartość wpędu lub liczbę uderzeń młota na każde 0,2m postępu zagłębiania pala),
- rzędna terenu oraz rzędna projektowana i wykonana podstawy i wierzchu pala,
- numer rysunku na podstawie którego realizowana jest robota oraz
- imię i nazwisko Kierownika Robót Palowych.

Metryka pala jest częścią składową „Dziennika wbijania pali”.

Próbne obciążenie pala zwiększone stopniami. Próbne obciążenie statyczne, w którym pal próbny jest obciążany siłą zwiększaną stopniami, utrzymywanymi przez pewien czas albo dopóki przemieszczenia pala praktycznie zanikną lub osiągną przewidzianą granicę (badania ML).

Próbne obciążenie ze stałą prędkością wciskania. Próbne obciążenie statyczne, w którym pal próbny jest wciskany w grunt ze stałą prędkością z pomiarem siły wciskającej (badanie CRP).

Próbne obciążenie dynamiczne pala (przy dużych odkształceniach). Próbne obciążenie w którym na głowicę pala jest wywierana siła dynamiczna w celu analizy jego nośności.

Badania akustyczne, badania dynamiczne ciągłości (przy małych odkształceniach). Badanie ciągłości, w którym seria fal akustycznych jest przesyłana od nadajnika do odbiornika przez beton pala, a charakterystyki odbieranych fal są mierzone i wykorzystywane do oceny ciągłości i zmian przekroju trzonu pala.

Prześwietlanie akustyczne. Akustyczne badanie ciągłości betonu pala, wykonywane z otworu rdzeniowego w trzonie pala lub z wbudowanych rurek.

Poziom roboczy/platforma robocza. Poziom terenu palowania, na którym pracują kafary.

Poziom głowicy. Projektowany poziomy, do którego pal jest rozkuwany lub wyrównywany przed jego połączeniem z konstrukcją.

Poziom podstawy. Poziomy dolnego końca pala.

Wierzch głowicy pala. Górna powierzchnia pala.

Głowica pala. Górna część pala.

Trzon pala. Element pala pomiędzy głowicą i podstawą.

Spód pala. Dolna część pala.

Podstawa pala. Dolna powierzchnia pala.

Wysadzina. Przemieszczenie ku górze gruntu lub pala

Fundament palowy. Odmiana fundamentu pośredniego, określana również jako fundament głęboki. Obciążenia przenoszone są w tego rodzaju fundamencie na głębsze warstwy podłoża.

1.4. Ogólne wymagania dotyczące robót

Wykonawca robót jest odpowiedzialny za jakość wykonanych robót i ich zgodność z dokumentacją projektową oraz ST „Wymagania ogólne” lub ogólnymi warunkami kontraktu.

2. MATERIAŁY

2.1. Ogólne wymagania dotyczące materiałów

Ogólne wymagania dotyczące materiałów podano w ST "Wymagania ogólne" lub/i ogólnych warunkach kontraktu. Stosowane materiały i elementy powinny być zgodne z wymaganiami dokumentacji projektowej i Polskich Norm (PN) [6] i **Błąd! Nie można odnaleźć źródła odsyłacza.** .

2.2. Pale prefabrykowane

Materiały i produkcja prefabrykowanych pali żelbetowych oraz złączek powinny spełniać wymagania PN [6] i **Błąd! Nie można odnaleźć źródła odsyłacza.** Prefabrykaty żelbetowe pali muszą być wykonane zgodnie z dokumentacją projektową i posiadać oznaczenie CE zgodnie PN [6] i **Błąd! Nie można odnaleźć źródła odsyłacza.** Wytwórnia w której wykonywane są prefabrykaty pali musi posiadać wymagane odrębnymi przepisami certyfikaty i zezwolenia i nie powinna być zmieniana bez uprzedniego powiadomienia Nadzoru. Źródła dostaw materiałów do wykonania prefabrykatów pali powinny być udokumentowane.

Materiałem do wykonania fundamentu na budowie są gotowe prefabrykowane pale żelbetowych o wymiarach 200x200mm, 250x250mm, 300x300mm 350x350mm lub 400x400mm o długości całkowitej od 5,0m. Długość maksymalna pali jest ograniczona jedynie możliwościami ich wbicia na przewidzianą w projekcie głębokość. Pale dłuższe niż 14m (16m) wykonuje się jako łączone za pomocą złączek mechanicznych. Jeżeli w dokumentacji projektowej nie określono inaczej pale łączone należy wykonać z prefabrykatów o proporcji długości odcinka górnego do dolnego ok. 2:1. Nie zaleca się projektowania pojedynczych pali dłuższych niż 14m ze względu na ograniczenia związane ze skrajnią transportową na drogach publicznych.

Wykonane w wytwórni pale pod względem wytrzymałościowym powinny być zgodne z projektem wykonawczym palowania przy jednoczesnym spełnieniu minimalnych wymagań technologicznych obejmujących:

- produkcję prefabrykatów palowych (rozformowanie i transport na terenie wytwórni),
- składowanie prefabrykatów w magazynie na terenie wytwórni;
- transport prefabrykatów na budowę,
- składowanie pali na placu budowy;
- podnoszenie pali do kafara,
- proces wbijania pala.

Minimalne wymagania technologiczne w stosunku do prefabrykatów palowych ujęte są zwykle w katalogach producenta/dostawcy prefabrykatów palowych i w takim przypadku nie muszą być przedmiotem odrębnego projektu technologicznego.

O ile w projekcie palowania nie ustalono inaczej prefabrykaty pali powinny spełniać następujące wymagania minimalne:

- trwałość: min. 50 lat w budownictwie ogólnym i 100 lat w budownictwie mostowym;
- klasa ekspozycji: XC2;
- cement i minimalna ilość cementu: wg [7];
- w/c: max = 0,40;
- klasa betonu: min. C35/45;
- otulina zbrojenia: min. 40mm;
- klasa ciągliwości stali zbrojenia głównego: min „b” i poprzecznego: min. „a”;
- średnica strzemion: min. 5mm;
- średnica zbrojenia głównego: min. 12mm;
- wytrzymałość stali zbrojenia głównego i poprzecznego: min. $f_y=500\text{MPa}$;
- stopień zbrojenia: 0,2%÷4%;
- liczba prętów zbrojenia głównego: min. 4szt. prętów w narożach pala,
- nasiąkliwość betonu: $\leq 5\%$;
- mrozoodporność: F150 (dotyczy pali zagłębionych w gruncie powyżej głębokości przemarzania lub wystających ponad powierzchnię gruntu);
- wodoszczelność betonu: W8;
- maksymalne rozwarście rys: 0,3mm.

Zgodnie z PN [7] PN-EN 12794. Prefabrykaty betonowe. Pale fundamentowe.

nie formułuje się wymagań dotyczących jakości wykończenia powierzchni prefabrykatów palowych.

3. SPRZĘT

3.1. Ogólne wymagania dotyczące sprzętu

Ogólne wymagania dotyczące sprzętu podano w ST "Wymagania ogólne" p. 3 lub/i ogólnych warunkach kontraktu.

3.2. Szczegółowe wymagania dotyczące sprzętu

Podstawowym sprzętem do wykonania robót jest kafar z młotem hydraulicznym o ciężarze od 50 do 90kN. Szczegółowe wymagania techniczne dla kafara i młota określone są w dokumentacji techniczno-ruchowej. Specyfikacja nie precyzuje typu sprzętu, który zależy od możliwości Wykonawcy.

Wykonawca zobowiązany jest do używania sprawnego sprzętu, który zapewni właściwą jakość prowadzonych robót palowych, zgodność z przepisami BHP, ochrony środowiska oraz dotyczącymi użytkowania sprzętu. Liczba, jakość i wydajność sprzętu musi gwarantować prowadzenie robót zgodnie z zasadami określonymi w dokumentacji projektowej i ST. Roboty palowe powinny być wykonane specjalistycznym sprzętem kafarowym składającym się z młota, urządzenia napędzającego młot, dźwignicy oraz ewentualnych urządzeń i konstrukcji ułatwiających wbijanie. Wykonawca powinien przedstawić Nadzorowi charakterystykę sprzętu będącego w jego posiadaniu, przeznaczonego do wykonania robót palowych.

4. TRANSPORT

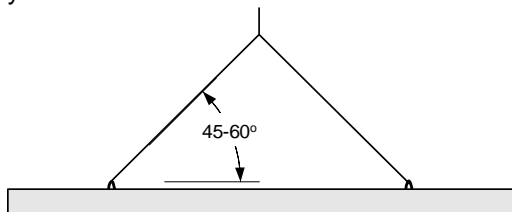
4.1. Wymagania ogólne

Ogólne wymagania dotyczące transportu podano w ST "Wymagania ogólne" p. 4 lub/i ogólnych warunkach kontraktu.

4.2. Wymagania szczegółowe

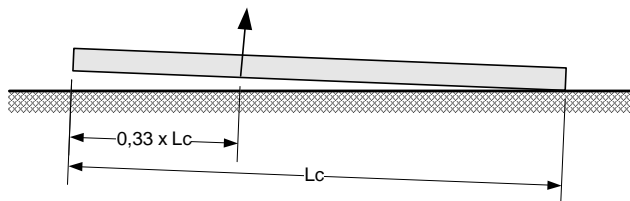
Do transportu pali należy używać samochodów przystosowanych do przewożenia elementów o długości dostosowanej do maksymalnej długości przewożonych prefabrykatów. Pozostałe materiały można przewozić dowolnymi środkami transportu z zabezpieczeniem ich przed uszkodzeniem.

Pale w czasie załadunku/rozładunku należy podnosić tylko za uchwyty transportowe wykonane wraz z prefabrykatem.



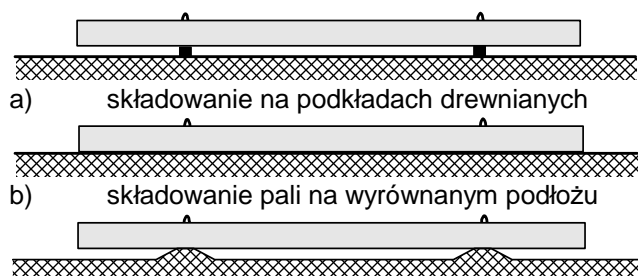
Rys. 1. Schemat pracy żelbetowego pala prefabrykowanego w czasie załadunku/rozładunku

Przy podnoszeniu prefabrykatu do młota kafara należy wykorzystać jeden punkt zaczepienia w proporcjach 2:1 długości pala.



Rys. 2. Schemat pracy żelbetowego pala prefabrykowanego w czasie podnoszenia do kafara

Prefabrykaty należy składować tak, aby nie powstawały w nich nadmierne naprężenia. Prefabrykaty powinny być podparte w sposób ciągły na wyrównanym podłożu lub punktowo na pryzmach z gruntu lub na podkładach drewnianych, co najmniej w miejscach uchwytów transportowych.



- c) składowanie pali na pryzmach gruntu

Rys. 3. Sposoby składowania żelbetowych pali prefabrykowanych

Rodzaj środków do transportu oraz załadunku i wyładunku musi być indywidualnie dobrany do wymogów konkretnego projektu wykonawczego i typu wykorzystywanych prefabrykatów palowych. Prefabrykaty palowe uszkodzone w czasie transportu, załadunku, wyładunku nie mogą być wbudowane i należy je usunąć z placu budowy. Do transportu na budowę można przeznaczyć prefabrykaty, których wytrzymałość charakterystyczna betonu na ściskanie osiągnęła min. 40MPa.

5. WYKONANIE FUNDAMENTU PALOWEGO

5.1. Wymagania ogólne

Ogólne wymagania dotyczące wykonania robót podano w ST „Wymagania ogólne” p. 5 lub/i ogólnych warunkach kontraktu.

5.2. Wymagania dokumentacyjne

5.2.1. Projekt wykonawczy palowania

Projekt wykonawczy palowania powinien jednoznacznie określać:

- rodzaj pali i ich przekrój,
- cechy materiałowe i wytrzymałościowe pali (m.in. wymaganą powierzchnię zbrojenia),
- przekroje i parametry geotechniczne gruntów w lokalizacji fundamentów palowych,
- lokalizację każdego pala,
- tolerancje dla instalacji pala, jeżeli są inne niż określone w PN [2],
- specjalne wymagania dotyczące technologii zagłębienie pali (m.in. kolejność wbicia pali);
- projektowaną nośność i obciążenia maksymalne pala,
- długości pali,
- rzędne wierzchu głowic pali lub/i rzędne rozkucia jeżeli rozkucie głowicy jest wymagane,
- rzędne stóp pali, jeżeli osiągnięcie rzędnej stopy pala jest wymagane lub/i
- kryterium wpędu, tzn. wymagania dotyczące osiągnięcia minimalnej wartości wpędu - o ile jej

określenie jest możliwe, np. na podstawie wcześniejszych doświadczeń lub/i wyników próbnych obciążeń statycznych/dynamicznych pali.

Ze względu na specyfikę technologii żelbetowych wbijanych pali prefabrykowanych wymagane minimalne zagłębienie pala w gruncie (np. ze względu na głębokość rozmycia dna rzek w przypadku fundamentów mostów) powinno zostać jednoznacznie określone w projekcie palowania.

Projekt wykonawczy powinien zgodnie z [2] zawierać również informacje z projektu budowlanego na temat pozostałości konstrukcji i fundamentów w gruncie, instalacji podziemnych, klasy agresywności środowiska gruntowego, występowania materiałów nasypowych, przeszkód, sposobów monitorowania prowadzonych robót, aktualne dane topograficzne (rzędne i spadki terenu, położenie osi głównych, rzędną poziomu roboczego/platformy roboczej), warunki terenowe i wynikające z nich ograniczenia, warunki i ograniczenia środowiskowe oraz inne aspekty mogące mieć wpływ na roboty palowe.

Jeżeli projekt wykonawczy nie zawiera powyższych informacji obowiązkiem Wykonawcy jest doprecyzowanie ustaleń projektu przed rozpoczęciem palowania lub opracowanie własnego projektu wykonawczego w oparciu o powyższe wytyczne. W przypadku opracowania projektu wykonawczego palowania przez Wykonawcę podlega on zatwierdzeniu przez Nadzór.

5.2.2. Projekt próbnego obciążenia

W przypadku, gdy dokumentacja wykonawcza nie zawiera projektu próbnego obciążenia Wykonawca jest zobowiązany do jego opracowania zgodnie z wymaganiami określonymi w PN [1] lub/i [3].

Projekt próbnego obciążenia powinien określać:

- rodzaj próbnego obciążenia – statyczne lub/i dynamiczne;
- wymaganą liczbę próbnych obciążeń uwzględniającą wymagania PN [1] lub/i [3] oraz zmienność warunków gruntowych;
- przekroje i parametry geotechniczne gruntów w lokalizacji fundamentów z dokumentacji geotechnicznej,
- lokalizację pali próbnych (testowych);
- rodzaj pali próbnych, ich przekrój i długość,
- ewentualne określenie warunków wykorzystania pali próbnych jako pali docelowych (nośnych);
- projekt urządzenia do przeprowadzenia próbnego obciążenia;
- lokalizację ewentualnych pali kotwiących, ich rodzaj, przekrój i długość oraz ewentualne warunki wykorzystania pali kotwiących jako pali docelowych (nośnych);
- cechy materiałowe i wytrzymałościowe pali próbnych i kotwiących (m.in. wymaganą powierzchnię zbrojenia),

- tolerancje położenia oraz rzędne stóp i głowic pali próbnych i kotwiących jeżeli są inne niż określone w projekcie palowania lub/i PN [2],
 - projektowaną nośność pala próbnego wg projektu wykonawczego oraz projektowaną wartość próbnego obciążenia;
 - ciężar, rodzaj i sposób realizacji ewentualnego balastowania urządzenia do próbnych obciążeń pali;
 - warunki przeprowadzenia próbnego obciążenia;
 - terminy przeprowadzenia próbnych obciążeń w odniesieniu do daty instalacji pali testowych;
 - sposób przeprowadzenia próbnego obciążenia;
 - sposób interpretacji wyników próbnego obciążenia.
- Projekt próbnego obciążenia podlega przedłożeniu do Nadzoru.

5.3. Prace przygotowawcze

5.3.1. Składowanie

Pale powinny być złożone na placu składowym i podparte w sposób ciągły, na podkładach drewnianych lub pryzmach gruntu w miejscach zapewniających niezmiennność ich cech geometrycznych. Pale powinny być podparte na podkładach lub pryzmach gruntu nie rzadziej niż w miejscach uchwytów transportowych (patrz również p. 4.2)

5.3.2. Wyznaczenie położenia osi pali w terenie

Osie pali i osie fundamentu powinny być wyznaczone w terenie przez służbę geodezyjną Wykonawcy i sprawdzone przez służbę geodezyjną Nadzoru. Szkic z podaniem danych pomiarowych należy włączyć do dziennika wbijania pali. Punkty wyznaczające osie pali i osie fundamentu powinny być oznaczone w gruncie w sposób trwały.

Miejsca wbicia pali powinny być wyznaczone przez wykonawcę na podstawie współrzędnych geodezyjnych lub w nawiązaniu do wcześniej wytyczonych osi głównych obiektu/podpór. Pozycja każdego pala przed wbiciem i po wbiciu powinna zostać skontrolowana geodezyjnie i udokumentowana w operacie geodezyjnym załączonym do dziennika palowania. W przypadku pali pochyłonych należy dokonać odpowiedniej korekty lokalizacji pali wynikającej z różnych poziomów spodu zwieńczenia i platformy roboczej.

Jeżeli w projekcie palowania nie określono inaczej to pale należy zagłębiać zachowując następujące tolerancje geometryczne zgodnie z PN [2]:

- położenie w planie pali pionowych i ukośnych (mierzone w poziomie roboczym):
 - na lądzie: $e \leq 0,1\text{m}$;
 - na wodzie: zgodnie z projektem wykonawczym;
- pochylenie pali pionowych:
 - $i \leq i_{\max} = 0,04$ (0,04m/m);
- pochylenie pali ukośnych:
 - $i \leq i_{\max} = 0,04$ (0,04m/m);

gdzie i oznacza tangens kąta między projektowaną, a rzeczywistą osią pala.

Geometryczne odchyłki wykonania pali należy uwzględnić w projekcie palowania. Jeżeli określone odchyłki zostaną przekroczone, to należy zbadać zakres możliwego przeciążenia jakiegokolwiek elementu konstrukcyjnego i w razie potrzeby podjąć odpowiednie działania naprawcze. Decyzję w tym zakresie podejmuje Projektant fundamentu palowego.

Jeżeli są wymagane lub dopuszczone odchyłki geometryczne inne niż podane w projekcie lub ST, to należy je uzgodnić przed rozpoczęciem robót.

5.3.3. Ochrona instalacji na powierzchni ziemi i urządzeń podziemnych

Wykonawca na terenie prowadzenia robót odpowiada za ochronę wszystkich instalacji na powierzchni ziemi i urządzeń podziemnych wykazanych w dokumentacji dostarczonej przez Zamawiającego. Wykonawca zapewni ich właściwe oznaczenie i zabezpieczenie. Zaleca się, aby Wykonawca uzyskał od odpowiednich władz potwierdzenie informacji dostarczonych mu przez Zamawiającego.

W przypadku natrafienia w trakcie realizacji robót na niezainwentaryzowane urządzenie podziemne, należy niezwłocznie przerwać roboty, zabezpieczyć urządzenie, wezwać Kierownika Budowy, Nadzór, Projektanta oraz właściciela urządzenia w celu ustalenia dalszego trybu postępowania.

5.4. Wbicie pali

Przed przystąpieniem do wbijania pali należy:

- przygotować stanowisko do pracy kafara, tzw. platformę roboczą;
- dostarczyć na budowę pale prefabrykowane;
- sprawdzić czy urządzenie przeznaczone do wprowadzania pali w grunt posiada ważne świadectwo dopuszczenia do pracy, a jego operator aktualne zezwolenie na jego obsługę.

Kafar należy ustawić tak, aby oś pionowa młota pokrywała się z punktem osiowym wytyczającym środek geometryczny pala. Ustawienie masztu kafara powinno być pionowe lub skośne, o ile tak przewidziano w projekcie palowania.

Przed przystąpieniem do wykonania zasadniczego palowania należy wbić pale testowe i kotwiące. W trakcie wbijania pali testowych należy na całej długości pali odnotować poziomy ich zagłębienia w gruncie i odpowiadające tym poziomom wpędy pali lub liczbę uderzeń na 0,2m zagłębienia pala.

Zaleca się, aby w przypadku wszystkich pali energia przekazywana przez urządzenie wbijające była tak dobrana, aby zostały spełnione następujące wymagania:

- maksymalne obliczone naprężenia ściskające nie było większe od $0,8 \times$ charakterystyczna wytrzymałość betonu na ściskanie w czasie wbijania;
- maksymalna obliczona siła rozciągająca nie była większa od $0,9 \times f \times A$, gdzie f - charakterystyczna granica plastyczności zbrojenia, A - pole przekroju zbrojenia.

Jeżeli podczas wbijania są mierzone naprężenia to ich wartości mogą być o 10% większe od podanych wyżej wartości obliczonych.

Przy ocenie naprężeń od wbijania szczególną uwagę należy zwrócić na przypadek przebijania się palem przez warstwę mocną do warstwy słabej, gdyż wówczas mogą wystąpić duże naprężenia rozciągające w palu.

W następnej kolejności następnie należy wykonać próbne obciążenia statyczne lub/i dynamiczne pali testowych. Próbne obciążenia statyczne/dynamiczne należy przeprowadzić po upływie określonego w projekcie próbnych obciążeń czasu od instalacji pali testowych.

O ile w projekcie próbnego obciążenia nie określono inaczej badania nośności należy przeprowadzić w terminach podanych w tabeli 1 określonych na podstawie [1] w zależności od rodzaju gruntu warstwy nośnej występującej z reguły na poziomie stopy pala.

Tabela 1. Terminy wykonywania próbnych obciążeń pali [1]

W gruntach niespoistych	W nawodnionych piaskach drobnych, pylastych i gliniastych oraz pyłach i glinach piaszczystych	W pozostałych gruntach spoistych
7 dni	21 dni	30 dni

Zachowanie powyższych terminów jest wymagane ze względu na różne tempo przyrostu nośności pali w czasie w poszczególnych rodzajach gruntów związane z odbudową ich struktury oraz wyrównaniem ciśnienia porowego wody gruntowej. W przypadku większości gruntów nośność pali wbijanych przyrasta w czasie, zatem na podstawie analizy metryk pali testowych można skrócić termin oczekiwania na przeprowadzenie próbnego obciążenia. Decyzję w tym zakresie podejmuje Projektant fundamentu palowego.

Na podstawie opracowanych wyników próbnych obciążeń statycznych/dynamicznych oraz odnotowanych w trakcie wbijania pali testowych i kotwiących poziomów wbicia i odpowiadających im wpędów należy przeprowadzić weryfikację przyjętych założeń do projektowania i rozwiązań projektowych. W wyniku weryfikacji należy określić ostateczne długości pali w poszczególnych obszarach/fundamentach oraz kryterium wpędu, którego spełnienie jest niezbędne dla zapewnienia wystarczającej nośności pali docelowych. W gruntach spoistych nie należy określać kryterium wpędu.

Jeśli w projekcie wykonawczym lub projekcie próbnego obciążenia nie ustalono inaczej, to pale testowe i kotwiące można wykorzystać jako elementy nośne w docelowych rusztach palowych, jeżeli nie uległy one zniszczeniu w trakcie realizacji próbnych obciążeń lub ich przemieszczenia pionowe (podniesienie pala) nie były większe niż 15mm. W przypadku stwierdzenia większego przemieszczenia pale należy dobić w położenie pierwotne.

Po weryfikacji projektu w oparciu o wyniki próbnego obciążenia należy dokończyć palowanie zasadnicze.

O ile w dokumentacji projektowej nie określono inaczej:

- w trakcie palowania zasadniczego pale zaleca się wbijać zaczynając od pali wewnętrznych i kończąc na palach zewnętrznych (w przypadku gruntów zagęszczonych) lub zaczynając od pali zewnętrznych w kierunku wewnętrznych w przypadku gruntów słabo zagęszczonych.
- bezpośrednio po wbiciu wierzchy głowic pali powinny znajdować się na poziomie +0,6m w stosunku do spodu projektowanych zwieńczeń, stóp lub ław fundamentowych;
- głowice pali należy rozkuć na długości 0,55m do poziomu +0,05m w stosunku do spodu projektowanych elementów zwieńczających.

W przypadku zsuwania się pala w trakcie wbijania z wymaganego kierunku należy pal wyciągnąć i wbić ponownie. Gdy pal uzyska prowadzenie w gruncie sprawdza się współosiowość pala i młota oraz zachowanie projektowanego kierunku wbijania. Po ewentualnym wprowadzeniu poprawki położenia można przystąpić do właściwego wbijania.

Początkowo pale wbija się z małej wysokości wprowadzając przy tym korekty położenia pala. Po wbiciu stopy pala w grunt nośny, wbijanie należy kontynuować przy wysokości spadu młota zgodnej z przyjętą przy wyznaczaniu kryterium wpędu (lub wymaganej minimalnej liczby uderzeń młota dla uzyskania 0,2m zagłębienia pala) aż do uzyskania projektowanej rzędnej lub spełnienia kryterium wpędu. Uzyskane wyniki należy zamieszczać w metryce pala.

Skoki (energię) młota należy zmniejszyć po wbiciu pala do przewarstwień twardej gliny, bardzo zagęszczonego drobnego piasku, głazów, dużych otoczków itp., gdy powyżej zalegają grunty słabe. W tych warunkach może nastąpić podłużne zginanie pala szczególnie niebezpieczne przy silnych uderzeniach młota.

W celu ochrony głowicy pala wymaga się używania kołpaków. Głównym zadaniem kołpaków jest rozłożenie na cały przekrój poprzeczny głowicy obciążeń przekazywanych przez młot, zmniejszenie naprężeń stykowych i

zabezpieczenie przed miejscowymi wyboczeniami głowicy. W przypadku uszkodzenia głowicy pala należy przerwać wbijanie, uszkodzony odcinek odciąć i ponownie rozpocząć wbijanie. W przeciwnym wypadku znacznie rosną straty energii, spada skuteczność wbijania i wzrasta ryzyko rozprzestrzenienia się uszkodzenia w dół, wzdłuż trzonu pala.

W trakcie wbijania pali należy na bieżąco kontrolować stan techniczny ewentualnych budynków znajdujących się w bezpośrednim sąsiedztwie terenu robót. Jako narażone na bezpośrednie oddziaływanie palowania należy uznać wszystkie obiekty zlokalizowane w odległości mniejszej lub równej długości wbijanego pala mierzonej od krawędzi fundamentu palowego. W przypadku złożonych warunków gruntowych lub jeżeli tak ustalono w projekcie palowania, obserwacji należy poddać również obiekty zlokalizowane w większej odległości od krawędzi fundamentu palowego.

O ile w dokumentacji projektowej nie określono inaczej nie należy dążyć do wbijania pala do projektowanej rzędnej mimo małego wpędu. Uzyskanie rzędnej projektowej jest niezbędne jedynie w przypadku:

- pali dozbieranych w górnej strefie (np. pali pracujących w fundamentach obciążonych znacznymi siłami poziomymi) lub
- pali w fundamentach zagrożonych podmyciem lub odkopaniem (np. w ramach planowanych w przyszłości inwestycji).

W innych przypadkach nośność trzonów pali na długości nie ulega zmianie i mogą być one skracane na podstawie określonego w dokumentacji projektowej kryterium wpędu. Decyzję w tym zakresie podejmuje Projektant fundamentu palowego.

6. KONTROLA ROBÓT

6.1. Wymagania ogólne

Ogólne wymagania dotyczące kontroli robót podano w ST "Wymagania ogólne" w p. 6 lub/i ogólnych warunkach kontraktu.

6.2. Wymagania szczegółowe

Jakość robót palowych ocenia się na podstawie:

- obserwacji przebiegu wykonania robót palowych,
- zgodności wykonanych robót z dokumentacją projektową, ST i uzgodnionym sposobem wykonania,
- zapisów w dzienniku wbijania pali i ewentualnych zapisów w dzienniku budowy,
- deklaracji zgodności wbudowanych materiałów z PN,
- wyniki pomiarów geodezyjnych wykonywanych przez służbę geodezyjną wykonawcy i sprawdzonych przez służbę geodezyjną Nadzoru,
- wyników badań rutynowych i dodatkowych badań zleconych przez Nadzór oraz
- wyników próbnego obciążenia, o ile jego przeprowadzenie jest wymagane.

Dokumenty stanowiące podstawę oceny robót powinny być dostarczone przez Wykonawcę i przechowywane przez co najmniej 5 lat po zakończeniu robót, a dokumenty wskazane przez Nadzór powinny być dołączone do dokumentacji archiwalnej obiektu. Zaleca się aby takimi dokumentami były metryki pali.

6.3. Tolerancje wykonawcze

O ile w dokumentacji projektowej nie określono inaczej tolerancje wykonania pala są następujące:

- rzędna podstawy pala + 0,1/-0,5m;
- rzędna głowicy pala po rozkuciu/obcięciu $\pm 30\text{mm}$;
- przekrój pala -5/+8mm.

Pozostałe tolerancje zostały określone w p. 5.3.2.

7. OBMIAR ROBÓT

7.1. Ogólne zasady obmiaru robót

Ogólne zasady obmiaru robót podano w ST "Wymagania ogólne" p. 7 lub/i ogólnych warunkach kontraktu.

7.2. Jednostka obmiarowa

Jednostką obmiarową jest 1 mb pala prefabrykowanego wprowadzonego w grunt zgodnie z ST i projektem wykonawczym lub/i projektem próbnego obciążenia.

Płaci się za:

- materiał – za całkowitą długość prefabrykatu palowego dostarczonego na budowę zgodnie z projektem wykonawczym/projektem próbnego obciążenia oraz
- wbijanie – za rzeczywistą głębokość wbijania liczoną od spodu pala do poziomu platformy roboczej.

O ile w dokumentacji projektowej nie określono inaczej za pal wprowadzony w grunt zgodnie z projektem i ST uznaje się:

- pal który osiągnął projektowaną rzędną wbicia stopy lub
- pal o wymaganej nośności niezależnie od poziomu wbicia stopy pala, długości obciążenia lub/i rozkucia pala.

8. ODBIÓR ROBÓT

8.1. Ogólne zasady odbioru robót

Ogólne zasady odbioru robót podano w ST "Wymagania ogólne" p. 8 lub/i ogólnych warunkach kontraktu.

8.2. Szczegółowe zasady odbioru robót palowych

Odbiór robót palowych dokonywany jest na podstawie:

- dokumentacji projektowej z naniesionymi zmianami i uzupełnieniami, dokonanymi w trakcie wykonywania robót,
- zgodności wykonanych robót z dokumentacją projektową, ST i uzgodnionym sposobem wykonania,
- zapisów w dzienniku wbijania pali i ewentualnych zapisów w dzienniku budowy,
- deklaracji zgodności zainstalowanych pali z PN,
- wyników pomiarów geodezyjnych wykonywanych przez służbę geodezyjną Wykonawcy i sprawdzonych przez służbę geodezyjną Nadzoru,
- wyników badań rutynowych i dodatkowych badań zleconych przez Nadzór oraz
- wyników próbnego obciążenia, o ile jego przeprowadzenie jest wymagane.

Wszystkie badania i próby powinny dać wynik pozytywny. Jeżeli którekolwiek badanie lub próba dała wynik negatywny należy usunąć zaistniałą wadę i przedstawić roboty do ponownego odbioru.

9. PODSTAWA PŁATNOŚCI

9.1. Ogólne wymagania dotyczące podstawy płatności

Ogólne wymagania dotyczące płatności podane zostały w ST "Wymagania ogólne" p. 9 lub/i ogólnych warunkach kontraktu.

9.2. Cena jednostki obmiarowej

Cena jednostkowa obejmuje:

- zakup i transport na budowę wszystkich niezbędnych czynników produkcji;
 - organizacja placu składowania pali, rozładunek, przemieszczanie pali w obrębie placu wraz z likwidacją placu;
 - roboty pomiarowe mające na celu wyznaczenie lokalizacji oraz poziomu głowic poszczególnych pali;
 - montaż i demontaż oraz przemieszczenie sprzętu;
 - opracowanie projektu próbnego obciążenia pali i przeprowadzenie badań nośności pali obejmujących:
 - przygotowanie i wbicie pali testowych;
 - przygotowanie stanowisk do próbnego obciążenia pali;
 - przeprowadzenie próbnego obciążenia pali;
 - opracowanie wyników próbnego obciążenia
- o ile badania takie są wymagane;
- przygotowanie i wbicie pali docelowych;
 - prowadzenie dziennika palowania;
 - roboty pomiarowe mające na celu określenie lokalizacji i poziomu głowic wykonanych pali;
 - uporządkowanie terenu robót;
 - przygotowanie materiałów niezbędnych do dokonania odbioru robót palowych.

Ponadto, o ile tak przewidziano w dokumentacji projektowej, cena jednostkowa obejmuje:

- opracowanie projektu wykonawczego palowania;
- kontrolę stanu technicznego sąsiadujących budynków;
- monitoring drgań;
- rozkucie głowic pali.

10. PRZEPISY ZWIĄZANE

- [1]. PN-83/B-02482 Fundamenty budowlane. Nośność pali i fundamentów palowych.
- [2]. PN-EN 12699. Wykonawstwo specjalnych robót geotechnicznych. Pale przemieszczeniowe. PKN.
- [3]. PN-EN 1997-1. Eurokod 7: Projektowanie geotechniczne. Część 1. Zasady ogólne.
- [4]. Designers' Guide to EN 1997-1. Eurocode 7: Geotechnical design – General rules. Editor: Haig Gulvanessian. Tomas Telford 2004.
- [5]. ASTM Designation D 4945. Standard Test Method for High-Strain Dynamic Testing of Piles.
- [6]. PN-EN 13369. Wspólne wymagania dla prefabrykatów z betonu
- [7]. PN-EN 12794. Prefabrykaty betonowe. Pale fundamentowe