

M.11.03.01 PALE WBIJANE

1. Wstęp

1.1. Przedmiot SST

Przedmiotem niniejszej Specyfikacji Technicznej są wymagania dotyczące pali wbijanych w związku z rozbudową drogi wojewódzkiej nr 801 polegającej na rozbiórce istniejącego mostu i budowie nowego obiektu inżynierskiego w km 19+395 drogi wojewódzkiej nr 801 nad rzeką Świder w miejscowościach Józefów i Otwock wraz z dojazdami w niezbędnym zakresie.

1.2. Zakres stosowania SST

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

1.3. Zakres robót objętych SST

Ustalenia zawarte w niniejszej specyfikacji dotyczą zasad prowadzenia robót związanych z wykonaniem i kontrolą wykonania fundamentów z wykorzystaniem żelbetowych, prefabrykowanych pali wbijanych.

Specyfikacja swoim zakresem obejmuje:

- a) wykonanie niezbędnych zabezpieczeń wraz z ich rozbiórką;
- b) prace przygotowawcze i pomiarowe:
 - wykonanie pali prefabrykowanych żelbetowych w wytwórni,
 - transport prefabrykatów pali w miejsce wbudowania,
 - wytyczenie osi pali,
 - zabezpieczenie instalacji na powierzchni ziemi i urządzeń podziemnych,
- c) wbudowanie pali żelbetowych prefabrykowanych,
- d) przeprowadzenie próbnego obciążenia statycznego lub dynamicznego pali wraz z analizą wyników,
- e) roboty wykończeniowe: rozkucie głowic pali i uporządkowanie terenu robót.

1.4. Określenia podstawowe

Określenia podstawowe podane Specyfikacji są zgodne z normą 7 i z definicjami podanymi w SST D-M.00.00.00 "Wymagania ogólne" p. 1.

1.4.1. *Pal przemieszczeniowy*

Pal, który jest zagłębiony w grunt bez wiercenia lub usuwania urobku, z wyjątkiem zabiegów ograniczających wysadzinę, drgania, usuwania przeszkód lub ułatwiania zagłębiania.

1.4.2. *Pal prefabrykowany*

Pal lub element pala, który jest wykonywany przed zagłębieniem jako jeden odcinek lub z kilku odcinków.

1.4.3. *Pal złożony*

Pal wykonywany z połączonych dwóch lub większej liczby różnych rodzajów lub wymiarów pali. Połączenie części składowych jest projektowane na przeniesienie obciążenia oraz zapobieganie rozdzieleniu się pala podczas i po wykonaniu (= pal zespolony).

1.4.4. *Złącze pala*

Element do łączenia odcinków pala przez spawanie albo przez połączenia mechaniczne.

1.4.5. *Młot uderowy*

Narzędzie budowlane do uderowego wbijania pali (masa uderzająca lub spadająca).

1.4.6. *Wibrator (młot wibracyjny)*

Narzędzie budowlane do zagłębiania i wyciągania pali, rur obsadowych lub osłonowych z zastosowaniem sił wibracji.

1.4.7. Kołpak

Urządzenie, zwykle stalowe, umieszczone pomiędzy podstawą młota uderowego, a palem lub rurą formującą w celu równomiernego rozłożenia uderzenia młota w głowicę pala.

1.4.8. Podkładka młota

Urządzenie lub materiał, umieszczany pomiędzy młotem uderowym, 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.

1.4.9. Podkładka pala

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

1.4.10. 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.

1.4.11. Zagłębianie

Metody wprowadzania pali w grunt na wymaganą głębokość, takie jak wbijanie młotem, wibrowanie wciskanie, wkręcanie albo kombinacje tych lub innych metod.

1.4.12. Pal wbijany

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

1.4.13. Wspomaganie zagłębiania

Metoda używana do ułatwienia zagłębiania pala w grunt, np. podpłukiwanie, wstępne przewiercanie, użycie materiałów wybuchowych, wstępne wbijanie.

1.4.14. Podpłukiwanie

Użycie strumienia wody do ułatwiania zagłębiania pala za pomocą wypłukania części gruntu.

1.4.15. Wstępne przewiercanie (świdrem, płuczkowe)

Wiercenie przez przeszkody lub materiały zbyt zwarte, by mogły być przebite za pomocą projektowanego pala i urządzenia do zagłębiania

1.4.16. 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.

1.4.17. Dobijanie

Dodatkowa seria uderzeń młota używana do wbicia pala prefabrykowanego w celu odtworzenia wymaganego oporu wbijania.

1.4.18. Pal początkowy

Pierwszy pal roboczy na placu budowy.

1.4.19. Pal do próbnego obciążenia

Pal poddawany próbnemu obciążeniu w celu określenia zależności oporów od przemieszczeń pala oraz otaczającego gruntu.

1.4.20. 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.

1.4.21. Kryteria wbijania

Parametry wbijania, które powinny być spełnione podczas wbijania pala.

1.4.22. Wpęd

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

1.4.23. Monitorowanie

Prowadzenie obserwacji w ramach kontroli jakości technicznej procesu palowania.

1.4.24. Nadzór

Aktywna funkcja w nadzorowaniu i kierowaniu wykonaniem pali.

1.4.25. Dokumentowanie

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

1.4.26. Dziennik wbijania pali

Dokument stanowiący szczegółowy zapis czynności realizowanych przez wykonawcę w trakcie realizacji robót palowych

1.4.27. Metryka pala

Szczegółowy zapis postępu zagłębiania pojedynczego pala zawierający następujące informacje 7: numer podpory/fundamentu, numer pala, lokalizację pala, wymiary pala, klasa betonu pala, informacje na temat zbrojenia pala, informacje na temat liczby złączek i ich położenia, nachylenie projektowanego i wykonanego pala, datę rozpoczęcia i zakończenia zagłębiania pala, rodzaj i typ urządzenia do zagłębiania pala, ciężar młota, wysokość spadu młota, rodzaj stosowanej przedłużki oraz wpędy pala (w metryce należy podać jako wartość wpędu ilość uderzeń młota na każde 20cm postępu zagłębiania pala), rzędną terenu oraz rzędną projektowaną i wykonaną podstawy i głowicy pala, numer rysunku na podstawie którego realizowana jest robota, imię i nazwisko Kierownika Robót Palowych. Metryka pala jest częścią składową dziennika wbijania pali.

1.4.28. Próbné obciążenie pala zwiększone stopniami

Próbné 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).

1.4.29. Próbné obciążenie ze stałą prędkością wciskania

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

1.4.30. Próbné obciążenie dynamiczne pala

Próbné obciążenie w którym na głowicę pala jest wywierana siła dynamiczna w celu analizy jego nośności.

1.4.31. 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.

1.4.32. Prześwietlanie akustyczne

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

1.4.33. Poziom roboczy

Poziom terenu palowania, na którym pracują palownice/kafary.

1.4.34. Poziom głowicy

Projektowany poziomy, do którego pal jest ścinany lub wyrównywany przed jego połączeniem z konstrukcją.

1.4.35. *Poziom podstawy*

Poziom dolnego końca pala.

1.4.36. *Wierzch głowicy pala*

Górna powierzchnia pala.

1.4.37. *Głowica pala*

Górna część pala.

1.4.38. *Trzon pala*

Element pala pomiędzy głowicą i podstawą.

1.4.39. *Spód pala*

Dolna część pala.

1.4.40. *Podstawa pala*

Dolna powierzchnia pala.

1.4.41. *Pale/element z odzysku*

Element prefabrykowany wykonany pierwotnie do innego przeznaczenia, lecz dopuszczony jako przydatny do użycia jako pał, np. rura stalowa z przemysłu naftowego.

1.4.42. *Wysadzina*

Przemieszczenie ku górze gruntu lub pala.

1.4.43. *Fundament palowy*

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

1.5. Ogólne wymagania dotyczące robót

Wykonawca robót jest odpowiedzialny za jakość wykonanych robót i ich zgodność z dokumentacją projektową oraz SST. Ogólne wymagania dotyczące robót podano w SST D-M-00.00.00. "Wymagania ogólne" p. 1.5.

2. Materiały

2.1. Ogólne wymagania dotyczące materiałów

Ogólne wymagania dotyczące materiałów podano w SST D-M.00.00.00 "Wymagania ogólne" p. 2. Stosowane materiały i elementy powinny być zgodne z odpowiednią Polską Normą lub posiadać Aprobatę Techniczną Instytutu Techniki Budowlanej (ITB)/Instytutu Badawczego Dróg i Mostów (IBDiM) zgodnie z p. 2.1. SST D-M-00.00.00.

2.2. Pale prefabrykowane

Materiały i produkcja prefabrykowanych pali żelbetowych oraz złączek powinny spełniać wymagania PN [10] i [11]. Prefabrykaty żelbetowe pali muszą być wykonane zgodnie z dokumentacją projektową i posiadać oznaczenie CE zgodnie PN [10] i [11]. 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 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;
- klasa ekspozycji: XC2;
- cement: CEM I 52.5R;
- w/c: max = 0,40;
- minimalna ilość cementu: 420kg/m³;
- klasa betonu: min. C40/50;
- otulina zbrojenia: min. 40mm;
- klasa ciągliwości stali zbrojenia głównego i poprzecznego: min. „b”;
- średnica strzemion: 5-6mm;
- 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. w narożach pala,
- nasiąkliwość betonu: < 5%;
- mrozoodporność: F150 (dotyczy pali zagłębionych w gruncie powyżej głębokości przemarzania lub wystających nad powierzchnię gruntu);
- wodoszczelność betonu: W8;
- maksymalne rozwarście rys: 0,3mm.

Zgodnie z PN [11] nie formułuje się wymagań dotyczących jakości wykończenia powierzchni prefabrykatów palowych.

3. Sprzęt

3.1. Ogólne wymagania dotyczące sprzętu

Ogólne wymagania dotyczące sprzętu podano w SST D-M.00.00.00 "Wymagania ogólne" p. 3.

3.2. Szczegółowe wymagania dotyczące sprzętu

Podstawowym sprzętem do wykonania robót jest palownica z młotem hydraulicznym (6÷9 t). Szczegółowe wymagania techniczne dla palownicy 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 normami BHP, ochrony środowiska oraz przepisami dotyczącymi użytkowania sprzętu. Liczba, jakość i wydajność sprzętu musi gwarantować prowadzenie robót zgodnie z zasadami określonymi w dokumentacji projektowej i niniejszej specyfikacji. Roboty palowe powinny być wykonane specjalistycznym sprzętem kafarowym

(palownica) 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 SST D-M.00.00.00 "Wymagania ogólne" p. 4.

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. Przy podnoszeniu prefabrykatu do młota palownicy należy wykorzystać jeden punkt zaczepienia w proporcjach 70%:30% długości pala. Prefabrykaty należy składować tak, aby nie powstawały nadmierne naprężenia. Prefabrykaty powinny być podparte w sposób ciągły lub punktowo na podkładach drewnianych, co najmniej w miejscach uchwytów transportowych.

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

5. Wykonanie fundamentu palowego

5.1. Wymagania ogólne

Ogólne wymagania dotyczące wykonania robót podano w SST D-M.00.00.00 „Wymagania ogólne” p. 5.

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 ilość zbrojenia),
- przekroje i parametry geotechniczne gruntów z dokumentacji geotechnicznej,
- lokalizację każdego pala,
- tolerancje położenia, jeżeli są inne niż określone w normie 7,
- specjalne wymagania dotyczące technologii zagłębienia pali (m.in. kolejność wbicia pali);
- projektowaną nośność i obciążenia maksymalne pala,
- długości pali,
- rzędne głowicy pali lub/i rzędne rozkucia, jeżeli rozkucie głowicy jest wymagane,
- rzędne stóp pali - jeżeli osiągnięcie rzędnej stopy pala jest wymagane - lub/i 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.

Projekt wykonawczy powinien zgodnie z 7 zawierać również informacje z projektu budowlanego na temat pozostałości konstrukcji i fundamentów w gruncie, instalacji podziemnych, zanieczyszczeń podłoża lub zagrożeń, występowania materiałów nasypowych, przeszkód, sposobów monitorowania prowadzonych robót, aktualne dane topograficzne (rzędne i spadki terenu, położenie osi głównych, rzędna poziomu roboczego), 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 Polskiej Normie 5. Projekt próbnego obciążenia powinien określać:

- rodzaj próbnego obciążenia – statyczne/dynamiczne;
- gruntów z dokumentacji geotechnicznej,
- lokalizację pali próbnych (wymaganą liczbę próbnych obciążeń uwzględniającą wymagania Polskiej Normy oraz zmienność warunków gruntowych;
- przekroje i parametry geotechniczne 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 ilość zbrojenia),
- tolerancje położenia oraz rzędne stóp i głowic pali próbnych i kotwiących,
- 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;
- 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 lub na podkładach drewnianych w miejscach zapewniających niezmiennosć ich cech geometrycznych. Pale powinny być podparte na podkładach nie rzadziej niż w miejscach uchwytów transportowych.

5.3.2. Wyznaczenie osi pali

Osie pali i osie fundamentu powinny być wyznaczone 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 osi podłużnej obiektu i osi podpór wytyczonych. Pozycja każdego pala przed wbiciem i po wbiciu powinna zostać skontrolowana geodezyjnie i udokumentowana w operacie geodezyjnym załączonym do dziennika palowania.

Jeżeli w projekcie palowania nie określono inaczej to pale należy zagłębiać zachowując następujące odchyłki geometryczne zgodnie z 7:

- 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. Jeżeli określone odchyłki zostaną przekroczone, to należy zbadać zakres możliwego przeciążenia jakiegokolwiek elementu konstrukcyjnego oraz, w razie konieczności, podjąć odpowiednie działania naprawcze. Decyzję w tym zakresie podejmuje Projektant.

Jeżeli są wymagane lub dopuszczone odchyłki geometryczne inne niż podane w projekcie lub niniejszej specyfikacji, 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 niezinventaryzowane urządzenie podziemne, należy niezwłocznie przerwać roboty, zabezpieczyć urządzenie, wezwać Kierownika Budowy, Nadzór, Projektanta oraz właściciela urządzenia w celu ustalenia dalszego trybu postępowania.

5.4. Wykonanie pali

Przed przystąpieniem do wbijania pali należy:

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

Palownicę należy ustawić tak, aby oś pionowa młota pokrywała się z punktem osiowym wytyczającym środek geometryczny pala. Ustawienie masztu palownicy 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 odnotować poziomy ich zagłębienia w gruncie i odpowiadające tym poziomom wpędy pali (ilość uderzeń na 20cm zagłębienia pala) na całej długości pali.

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

- naprężenia ściskające:
 - maksymalne obliczone naprężenia ściskające nie było większe od $0,8 \times$ charakterystyczna wytrzymałość betonu na ściskanie w czasie wbijania;
- naprężenia rozciągające:
 - maksymalna obliczona siła 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 należy szczególną uwagę zwrócić w przypadku przebijania przez warstwę mocną do warstwy słabej, gdyż wówczas mogą wystąpić duże naprężenia rozciągające w palu.

Następnie należy wykonać próbne obciążenia statyczne lub/i dynamiczne pali testowych.

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 oraz ich wpędy niezbędne dla zapewnienia wystarczającej nośności poszczególnych pali docelowych. W gruntach spoistych nie należy przyjmować 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 15 mm. W przypadku stwierdzenia większego przemieszczenia pala należy go dobić.

Po weryfikacji projektu, na podstawie wyników próbnego obciążenia, należy dokończyć palowanie zasadnicze.

O ile w dokumentacji projektowej nie określono inaczej:

- w trakcie palowania docelowego 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 głowice pali powinny być na poziomie +60cm w stosunku do spodu projektowanych korpusów bądź ław fundamentowych;
- głowice należy rozkuć na długości 55cm do poziomu +5cm w stosunku do spodu projektowanych płyt/elementów zwieńczających.

W przypadku zsuwania się pala z wymaganego kierunku, trzeba pal wyciągnąć i wbić ponownie. Gdy pal uzyska już prowadzenie w gruncie sprawdza się współosiowość pala i młota oraz zachowanie zaprojektowanego 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 doprowadzeniu pala w grunt nośny, wbijanie należy kontynuować przy wysokości opuszczenia młota zgodnej z wielkością przyjętą do wyznaczenia wpędu pala – zagłębienia pala serią 10 uderzeń młota o znanej masie lub ilość uderzeń młota dla uzyskania 20 cm zagłębienia pala, aż do uzyskania projektowanej rzędnej lub spełnienia kryterium wpędu. Uzyskane wyniki należy zamieszczać w metryce pala.

Skoki (energie) 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 umieszczenia na nich 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, a uszkodzony odcinek odciąć. W przeciwnym przypadku rosną straty energii, skuteczność wbijania maleje, a uszkodzenie może się rozprzestrzenić dalej.

W trakcie wbijania pali należy na bieżąco kontrolować stan techniczny ewentualnych budynków znajdujących się w sąsiedztwie. 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 dozbrajanych w górnej strefie (pracujących w fundamentach obciążonych znacznymi siłami poziomymi). W innych przypadkach nośność pali na długości nie ulega zmianie i mogą być one skracane na podstawie określonego w dokumentacji projektowej kryterium wpędu.

Uznaje się, że pale wprowadzane w grunt są zdolne do przenoszenia obciążeń projektowych, jeżeli spełnione są równocześnie warunki:

- zagłębienie z ostatnich serii uderzeń młota są mniejsze od wielkości wpędu obliczonego dla konkretnych warunków wbijania;
- spód pala uzyskał projektowaną rzędną.

W przypadku uzyskiwania w trakcie wbijania bardzo małych wpędów, grożących zniszczeniem głowicy/trzonu pala można odstąpić od konieczności spełnienia warunku uzyskania przez stopę projektowanej rzędnej. Decyzję w tej sprawie może podjąć wyłącznie Projektant.

6. Kontrola robót

6.1. Wymagania ogólne

Ogólne wymagania dotyczące kontroli robót podano w SST D-M.00.00.00 "Wymagania ogólne" p. 6.

6.2. Wymagania szczegółowe

Jakość robót palowych ocenia się na podstawie:

- obserwacji przebiegu wykonania robót palowych,
- zgodności wykonanych robót z dokumentacją projektową, niniejszą specyfikacją i uzgodnionym sposobem wykonania,
- zapisów w dzienniku wbijania pali i ewentualnych zapisów w dzienniku budowy,
- deklaracji zgodności wbudowanych materiałów z Polską Normą lub Aprobata Techniczną IBDiM/ITB,
- 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

Tolerancje wykonania pala w przypadku - gdy nie zostały ustalone w dokumentacji projektowej – są następujące:

- rzędna podstawy pala $+ 10/-50\text{cm}$;
- rzędna głowicy pala po rozkuciu/obciążeniu $\pm 3\text{cm}$;
- przekrój pala $-5\text{mm}/+8\text{mm}$.

Pozostałe tolerancje zostały określone w p. 5.3.2.

7. Obmiar robót

7.1. Ogólne zasady obmiaru robót

Ogólne zasady obmiaru robót podano w SST D-M.00.00.00 "Wymagania ogólne" p. 7.

7.2. Jednostka obmiarowa

Jednostką obmiarową jest 1 sztuka pala prefabrykowanego wprowadzonego w grunt zgodnie z projektem.

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

- pal który osiągnął projektowaną rzędną wbicia stopy;
- 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 SST D-M.00.00.00 "Wymagania ogólne" p. 8.

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, niniejszą specyfikacją i uzgodnionym sposobem wykonania,
- zapisów w dzienniku wbijania pali i ewentualnych zapisów w dzienniku budowy,
- deklaracji zgodności wbudowanych materiałów z Polską Normą lub Aprobata Techniczną IBDiM/ITB,
- wyników pomiarów geodezyjnych wykonywanych przez służbę geodezyjną Wykonawcy i sprawdzonych przez służbę geodezyjną Nadzoru,
- wyników badań rutynowych i dodatkowych badań zleconych przez Inspektora Nadzoru 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 SST D-M-00.00.00. "Wymagania ogólne" p. 9.

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 projektowanego poziomu głowic poszczególnych pali;
- montaż i demontaż oraz przemieszczenie sprzętu;
- w przypadkach uzasadnionych kontrolę stanu technicznego sąsiadujących budynków;
- w przypadkach uzasadnionych monitoring drgań;
- opracowanie projektu wykonawczego palowania;
- opracowanie projektu próbnego obciążenia pali;
- przygotowanie i wbicie pali testowych;
- przygotowanie stanowisk do próbnego obciążenia pali;
- przeprowadzenie próbnego obciążenia pali testowych;
- opracowanie wyników próbnego obciążenia;
- przygotowanie i wbicie pali docelowych;
- prowadzenie dziennika palowania;

- rozkucie głowic pali;
- roboty pomiarowe mające na celu określenie lokalizacji i poziomu głowic wykonanych pali;
- uporządkowanie terenu robót;
- przygotowanie materiałów niezbędnych do dokonania odbioru robót palowych.

10. Przepisy związane

1. PN-86/B-02480 Grunty budowlane. Określenia. Symbole. Podział i opis gruntów.
2. PN-68/B-06050 Roboty ziemne budowlane. Wymagania w zakresie wykonywania i badania przy odbiorze.
3. PN-88/B-04481 Grunty budowlane. Badania próbek gruntu.
4. PN-60/B-04493 Grunty budowlane. Oznaczenie kapilarności biernej.
5. PN-83/B-02482 Fundamenty budowlane. Nośność pali i fundamentów palowych.
6. Instrukcja DP-T 14 o dokonywaniu odbiorów robót drogowych i mostowych realizowanych na drogach zamiejskich krajowych i wojewódzkich. Generalna Dyrekcja Dróg Publicznych. Warszawa 1989 wraz z późniejszymi zmianami i uzupełnieniami.
7. PN-EN 12699:2000. Wykonawstwo specjalnych robót geotechnicznych. Pale przemieszczeniowe. PKN, czerwiec 2003.
8. Katalog fundamentów palowych pod obiekty budowlane i inżynierskie firmy „AARSLEFF” Sp. z o.o., Rzeszów, grudzień 2004.
9. AT/2005-04-18-15. Prefabrykowane pale żelbetowe AARSLEFF. IBDiM Warszawa.
10. PN-EN 13369:2005/AC:2008. Wspólne wymagania dla prefabrykatów z betonu
11. PN-EN 12794+A1:2008/AC:2009: Prefabrykaty betonowe. Pale fundamentowe.