

M-11.01.01 PRÓBNE OBCIĄŻENIE DYNAMICZNE PALI WBIJANYCH

1. Wstęp

1.1. Przedmiot Specyfikacji Technicznej (ST)

Przedmiotem niniejszej Specyfikacji Technicznej są wymagania związane z wykonaniem próbnego obciążenia dynamicznego pali prefabrykowanych dla podpór obiektów inżynierskich budowanych w ramach przebudowy mostu przez rzekę Zieloną w miejscowości Wągrodnio.

1.2. Zakres stosowania ST

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

1.3. Zakres robót objętych ST

Ustalenia zawarte w niniejszej Specyfikacji mają zastosowanie przy pracach związanych z wykonaniem oraz odbiorem próbnego obciążenia dynamicznego pali.

1.4. Określenia podstawowe

1.4.1. Próbne obciążenie dynamiczne pali przy dużych odkształceniach

Metoda określania nośności granicznej pojedynczego pala pionowego lub pochylonego bazująca na analizie siły i przyspieszenia pala pod wpływem nagle przyłożonej siły (uderzenie młota) powodującej duże odkształcenie głowicy pala. Wynikiem ubocznym próbnego obciążenia dynamicznego pala przy dużych odkształceniach mogą być:

- badanie ciągłości pala;
- naprężenia w trzonie pala powstające w trakcie wbijania.

W dalszej treści ST pod pojęciem „próbne obciążenia dynamiczne” należy rozumieć próbne obciążenia dynamiczne przy dużych odkształceniach.

1.4.2. Prędkość propagacji fali

Prędkość z jaką w danym materiale rozchodzi się fala przemieszczeń. Jest to właściwość materiału pala.

1.4.3. Opór mechaniczny pala

Opór pala na nagłą zmianę przyspieszenia powstałą w wyniku uderzenia.

1.4.4. Projekt próbnego obciążenia dynamicznego pali

Projekt wykonawczy opracowywany na podstawie projektu palowania, stanowiący podstawę realizacji próbnego obciążenia dynamicznego pali przy dużych odkształceniach

1.4.5. Kierownik Badań

Osoba posiadająca niezbędną wiedzę i doświadczenie w zakresie wykonywania badań pali metodą dynamiczną przy dużych odkształceniach sprawująca nadzór nad prowadzonymi badaniami i odpowiedzialna za sporządzenie raportu z badań.

Pozostałe określenia podane w niniejszej ST są zgodne z obowiązującymi odpowiednimi normami i ST D-M.00.00.00 "Wymagania ogólne".

1.5. Ogólne wymagania dotyczące robót

Wykonawca robót jest odpowiedzialny za jakość ich wykonania oraz za zgodność z Dokumentacją Projektową, ST i poleceniami Inżyniera. Ogólne wymagania dotyczące robót podano w ST D-M.00.00.00 "Wymagania ogólne".

2. Materiały

Materiałami stosowanymi przy wykonywaniu robót według zasad niniejszych ST są:

- Stal profilowa - na konstrukcję urządzenia do próbnego obciążenia zgodnie z normami PN-M-93000 i PN-H-92120

3. Sprzęt

3.1. Ogólne wymagania dotyczące sprzętu

Ogólne wymagania dotyczące sprzętu podano w ST D-M.00.00.00 "Wymagania ogólne".

3.2. Szczegółowe wymagania dotyczące sprzętu

Podstawowym sprzętem do wykonania robót jest:

- kofa z młotem hydraulicznym o masie od 5 do 9Mg lub specjalny młot wolno spadowy do badań dynamicznych zdolny do wywołania mierzalnego przemieszczenia głowicy pala;
- tensometry elektrooporowe o liniowej charakterystyce i dokładności pomiarowej do 3% w zakresie mierzonych odkształceń – 2 szt.;
- czujniki przyspieszeń o liniowej charakterystyce w zakresie mierzonych przyspieszeń (do 1000g i 2500Hz dla pali żelbetowych prefabrykowanych) – 2 szt.;
- rejestrator sygnału z okablowaniem lub systemem transmisji danych;
- komputer z oprogramowaniem do analizy sygnału.

Szczegółowe wymagania techniczne dla kofa i młota określone są w dokumentacji techniczno-ruchowej. Specyfikacja nie precyzuje typu sprzętu, który zależy od możliwości Wykonawcy. Zaleca się jednak, aby badania były przeprowadzane przy użyciu kofa z młotem, którym zainstalowano badane pale lub przewidzianego do wykonania palowania zasadniczego.

Pozostały sprzęt powinien wchodzić w skład systemu pomiarowego dostarczonego przez uznanego producenta lub - w przypadku systemu budowanego indywidualnie - posiadać odpowiedni certyfikat jednostki naukowo-badawczej stwierdzający jego przydatność do wykorzystania w dynamicznych badaniach nośności pali przy dużych odkształceniach.

Wykonawca zobowiązany jest do używania sprawnego sprzętu, który zapewni właściwą jakość prowadzonych robót, zgodność z normami BHP, ochrony środowiska oraz przepisami dotyczącymi użytkowania sprzętu. Wykonawca powinien przedstawić Nadzorowi charakterystykę sprzętu będącego w jego posiadaniu, przeznaczonego do wykonania badań nośności pali metodą dynamiczną.

4. Transport

Zastosowane materiały i sprzęt mogą być przewożone środkami transportu przydatnymi dla danego asortymentu pod względem możliwości ułożenia i umocowania ładunku oraz bezpieczeństwa transportu po uzyskaniu akceptacji Inżyniera.

5. Wykonanie robót

5.1. Ogólne warunki wykonania robót.

O ile w projekcie próbnego obciążenia nie ustalono inaczej próbne obciążenia dynamiczne pali należy przeprowadzić przed palowaniem zasadniczym.

5.2. Projekt próbnego obciążenia dynamicznego pali

Projekt próbnego obciążenia dynamicznego pali powinien jednoznacznie określać:

- opis miejsca badań i obiektu;
- rodzaj próbnych obciążeń;
- wymaganą liczbę próbnych obciążeń uwzględniającą wymagania Polskiej Normy oraz zmienność warunków gruntowych;
- konieczność/brak konieczności kalibracji wyników próbnego obciążenia dynamicznego obciążeniem statycznym;
- opis warunków gruntowych w odniesieniu dokumentacji geotechnicznej;
- lokalizację badanych pali;
- rodzaj badanych pali, ich przekrój i długość,
- opis obciążenia, aparatury pomiarowej i sprzętu wykorzystanego do przeprowadzenia badań;
- cechy materiałowe i wytrzymałościowe badanych pali (m.in. klasę betonu i ilość zbrojenia),
- tolerancje położenia oraz rzędne stóp i głowic badanych pali,
- projektowaną nośność badanego pala wg projektu wykonawczego palowania oraz maksymalne obciążenia;
- warunki przeprowadzenia próbnego obciążenia dynamicznego;
- sposób przeprowadzenia próbnego obciążenia dynamicznego;
- sposób interpretacji wyników próbnego obciążenia dynamicznego.

W przypadku, gdy projekt palowania nie zawiera projektu próbnego obciążenia dynamicznego pali, Wykonawca jest zobowiązany do jego opracowania na podstawie projektu palowania zgodnie z wymaganiami Polskiej Normy.

O ile w projekcie próbnego obciążenia nie ustalono inaczej, próbne obciążenia dynamiczne pali mogą być wykorzystywane do określania nośności pali na wciskanie, gdy:

- przeprowadzono właściwe rozpoznanie warunków gruntowych posadowienia;
- zostały skalibrowane na podstawie wyników testu statycznego przeprowadzonego na palu tego samego typu, podobnej długości i przekroju poprzecznym w porównywalnych warunkach

Kalibracja może być przeprowadzona testem statycznym na palu zainstalowanym w tym samym fundamencie lub może wykorzystywać zdobyte wcześniej, udokumentowane doświadczenia z badań statycznych nośności pali wykonanych w analogicznych warunkach gruntowych. W przypadku wykorzystywania tzw. porównywalnych doświadczeń należy je udokumentować w raporcie z badań dynamicznych.

Projekt próbnego obciążenia dynamicznego pali podlega przedłożeniu do Nadzoru.

5.3. Prace przygotowawcze

5.3.1. Wbicie pali do badań dynamicznych nośności

Pale przeznaczone do badań dynamicznych nośności należy zainstalować zgodnie z projektem próbnych obciążeń oraz Specyfikacją Techniczną dotyczącą wbijania żelbetowych pali prefabrykowanych. O ile w projekcie próbnego obciążenia nie ustalono inaczej pale do próbnych obciążeń należy zainstalować w pierwszej kolejności odnotowując w metryce pala wpędy na całej długości pograżania. Palowanie zasadnicze można wykonać dopiero po przeprowadzeniu badań oraz opracowaniu raportu z próbnych obciążeń. Projektant może

zmienić tę kolejność na podstawie informacji o wpędach zainstalowanych pali przeznaczonych do badań.

5.3.2. Roboty ziemne

O ile w projekcie próbnego obciążenia nie ustalono inaczej, pale przeznaczone do badań dynamicznych należy odkopać na długości min. 0,8m. Zakres rozkopu powinien uwzględniać jednocześnie możliwość podjechania kafarem do badanego pala oraz bezpieczeństwo prowadzenia instalacji czujników w wykonanym wykopie. O ile w projekcie próbnego obciążenia nie ustalono inaczej zezwala się na wbicie na potrzeby badań pali, pala dłuższego niż projektowany lub kotwiącego, o ile umożliwi to zwiększenie bezpieczeństwa realizacji badań. W takim przypadku, w trakcie wbijania należy zachować projektowany poziom spodu pala, a fakt przedłużenia pala odnotować w metryce pala i raporcie z badań.

5.3.3. Montaż czujników pomiarowych i okablowania

Po wykonaniu i zabezpieczeniu ewentualnego wykopu wokół pala należy zamontować czujniki pomiarowe. O ile w projekcie próbnego obciążenia nie ustalono inaczej, w odległości 0,8m poniżej góry pala lub w odległości odpowiadającej dwukrotnemu wymiarowi boku pala należy na jego głowicy zamontować po jej przeciwnych stronach czujniki odkształceń (tensometry) i czujniki przyspieszeń. Po zamontowaniu czujników należy je podłączyć kablami z rejestratorem lub nadajnikiem sygnału. Po sprawdzeniu kompletności i funkcjonowania całego układu pomiarowego można przystąpić do badań.

5.4. Wykonanie badań nośności pali metodą dynamiczną przy dużych odkształceniach

Pomiar w terenie obejmuje rejestrację sygnału z czujników w trakcie dynamicznego pogrążania pala młotem. W tym celu należy podjechać kafarem nad badany pal i wykonać serię wcześniej zaplanowanych uderzeń młotem w głowicę pala. Parametry serii uderzeń ustala Kierownik Badań na podstawie metryki pala. Po sprawdzeniu jakości zarejestrowanego sygnału badania w terenie można zakończyć.

5.5. Analiza wyników badań dynamicznych nośności pali

Analiza nośności pala prowadzona jest na podstawie sygnału z pojedynczego uderzenia młota. Wykorzystywane metody analizy wyników badań nośności pali metodą dynamiczną powinny opierać się na analizie równania różniczkowego opisującego przemieszczenie pala:

$$\frac{1}{c^2} \frac{\partial^2 u(x,t)}{\partial t^2} - \frac{\partial^2 u(x,t)}{\partial x^2} + \frac{k(x)}{AE} u(x,t) + \frac{s(x)}{AE} \frac{\partial u(x,t)}{\partial t} = 0$$

w którym:

c – prędkość propagacji fali naprężeń, $c = \sqrt{\frac{E}{\rho}}$;

Z – oporność mechaniczna, $Z = \frac{E \cdot A}{c} = A \sqrt{E \cdot \rho}$;

E – moduł sprężystości materiału pala $E = \frac{\sigma}{\varepsilon}$, $\sigma = \frac{F}{A}$, $\varepsilon = \frac{\partial u}{\partial x}$;

F – siła osiowa działająca na pal;

ρ – gęstość materiału pala;

u – przemieszczenie;

x – współrzędna w liniowym układzie odniesienia;

t – czas;

A – powierzchnia przekroju pala;

k – współczynniki sprężystości;

s – współczynniki tłumienia.

W praktyce do analizy wyników badań wykorzystuje się specjalistyczne oprogramowanie. O ile w projekcie próbnego obciążenia nie ustalono inaczej wymaga się aby:

- analiza wyników badań dynamicznych wszystkich przewidzianych w projekcie próbnego obciążenia pali została przeprowadzona co najmniej metodą bezpośrednią (np. metodą CASE),
- podstawową, bezpośrednią metodę analizy nośności (np. metodą CASE), należy skalibrować na podstawie wyników próbnego obciążenia statycznego wykonanego w tych samych lub analogicznych warunkach gruntowych oraz analizą nośności co najmniej jednego badanego pala wykonaną metodą pośrednią (np. metodą CAPWAP).

5.6. Raport z próbnego obciążenia dynamicznego pali

Raport z przeprowadzonych badań dynamicznych nośności pali powinien zawierać:

- opis miejsca badań;
- opis warunków gruntowych w odniesieniu dokumentacji geotechnicznej;
- charakterystyką badanego pala (typ/wymiary);
- opis procesu instalacji pala wraz z opisem problemów, które wystąpiły w trakcie realizacji robót palowych;
- opis sposobu wywołania obciążenia, aparatury pomiarowej i sprzętu wykorzystanego do przeprowadzenia badań;
- dziennik wbijania pala;
- dokumentację fotograficzną pala i badań;
- liczbowe wyniki badań;
- wykres charakteryzujący zachowanie się pala w zależności obciążenie-przemieszczenie.

W przypadku nie spełnienia jakiegoś z powyższych wymagań w raporcie podaje się przyczyny takiego stanu rzeczy.

6. Kontrola jakości robót

Ogólne zasady kontroli jakości robót podano w ST D-M.00.00.00 "Wymagania ogólne".

6.1. Kontrola jakości robót

Jakość robót palowych ocenia się zgodnie ze Specyfikacją Techniczną dotyczącą wbijania żelbetowych pali prefabrykowanych.

W trakcie robót należy sprawdzić:

- stan głowicy pala przeznaczonego do badań po jego zainstalowaniu i przed zamontowaniem czujników;
- bezpieczeństwo wykopu wykonanego wokół pala przed instalacją czujników;
- liczbę i rodzaj czujników pomiarowych, rodzaj rejestratora i oprogramowania do analizy wyników próbnych obciążeń (kalibracja czujników pomiarowych wykonywana przez producenta),
- prawidłowość zainstalowania czujników pomiarowych, okablowania i podłączenia do rejestratora;
- jakość zarejestrowanego sygnału.

Jakość oraz kompletność wykonanych robót sprawdza się na podstawie sporządzonego przez Wykonawcę raportu w zakresie jego zgodności z wymaganiami projektu próbnego obciążenia dynamicznego.

7. Obmiar robót

Ogólne zasady obmiaru Robót podano w ST D-M.00.00.00 „Wymagania ogólne” pkt. 7.

7.1. Jednostka obmiarowa

Jednostką obmiaru jest 1 sztuka badania próbnego obciążenia dynamicznego.

8. Odbiór robót

Roboty uznaje się za wykonane zgodnie z dokumentacją projektową, ST i wymaganiami Inżyniera, jeżeli wszystkie pomiary i badania z zachowaniem tolerancji wg pktu 6 dały wyniki pozytywne.

9. Podstawa płatności

9.1. Ogólne wymagania dotyczące podstawy płatności

Ogólne wymagania dotyczące podstawy płatności zostały podane w ST „Wymagania ogólne”

9.2. Cena jednostki obmiarowej

- opracowanie projektu próbnego obciążenia pali;
- przygotowanie i wbicie pali testowych;
- przygotowanie stanowisk do próbnego obciążenia pali;
- przeprowadzenie próbnego obciążenia pali;
- opracowanie wyników próbnego obciążenia.

10. Przepisy związane i standardy

- PN-EN 1997-1. Eurokod 7: Projektowanie geotechniczne. Część 1. Zasady ogólne.
- PN-EN 12699 Wykonawstwo specjalnych robót geotechnicznych. Pale przemieszczeniowe.
- Designers' Guide to EN 1997-1. Eurocode 7: Geotechnical design – General rules. Editor: Haig Gulvanessian. Tomas Telford 2004.
- ASTM Designation D 4945. Standard Test Method for High-Strain Dynamic Testing of Piles.
- Katalog fundamentów palowych pod obiekty budowlane i inżynierskie firmy „AARSLEFF” Sp. z o.o., Rzeszów, grudzień 2004.