

# Próbnne obciążenia pali formowanych w gruncie

Przeprowadzenie próbnnych obciążeń pali fundamentowych jest planowane z dużym wyprzedzeniem i powinno być wykonane dokładnie w wyznaczonym terminie. Prawidłowe i terminowe wykonanie badań jest uzależnione od właściwego ich przygotowania. Kontynuacja wszystkich pozostałych robót jest uzależniona od uzyskanych rezultatów, dlatego wyniki powinny być przedstawione niezwłocznie po zakończeniu badania. W artykule przytoczono najważniejsze wytyczne pomocne w realizacji pionowych próbnnych obciążeń statycznych na wciskanie pali żelbetowych formowanych w gruncie.

## Termin wykonania próbnnych obciążeń

Sprawdzenie nośności pali formowanych w gruncie powinno się odbyć w terminie 30 dni od daty wykonania, czyli po okresie w którym beton osiąga założoną gwarantowaną wytrzymałość na ściskanie. Okres ten można skrócić po laboratoryjnym potwierdzeniu dostatecznej wytrzymałości próbek betonu pobranych przy formowaniu trzonu pala próbnego, nadbetonowanej głowicy, jak również pali kotwiących. W celu przyspieszenia terminu badań stosuje się beton wyższej klasy, bądź dodatki przyspieszające wiązanie. W przypadku zastosowania iniekcji podstaw, pal próbny można obciążać w terminie 2 tygodni od przeprowadzenia iniekcji, a pale kotwiące należy iniektować dopiero po przeprowadzeniu badania. W zasadach ogólnych normy znajduje się zapis iż gdy liczba pali jest większa niż 100 „Sprawdzenie nośności pali próbnne obciążanych należy przeprowadzać przed przystąpieniem do wykonania pozostałych pali”. Ta zasada rzadko znajduje zastosowanie z uwagi na okres, jaki powinien upłynąć od daty uformowania pali do wykonania badania, wpływający na rozciągnięcie harmonogramu, jak również na koszty ponownego sprowadzenia wiertnicy. Dal- sze stwierdzenie normy nie powinno być jednak pomijane: „Należy wówczas zapewnić taką kolejność wykonywania pali, aby w przypadku stwierdzonej zmiany

nośności można było wykonać niezbędne zmiany w projekcie palowania”.

## Liczba i wybór pali przeznaczonych do próbnnych obciążeń

Liczba pali przeznaczonych do próbnnych obciążeń jest określona w PN-83/B-02482 i powinna wynosić co najmniej 2 pale, gdy w skład fundamentu wchodzi do 100 pali, oraz co najmniej 1 pal na każde rozpoczęte dalsze 100 pali. Większą liczbę badań stosuje się w przypadku występowania szeregu różnych stref geotechnicznych, bądź z uwagi na szczególne wytyczne Projektanta. Próbnemu obciążeniu należy poddawać pale w miejscach najniekorzystniejszych warunków geotechnicznych. Wyboru dokonuje się też często w kryterium zapewnienia dojazdu sprzętu ciężkiego do stanowisk badawczych. Najbardziej ekonomicznie uzasadnione jest wykonanie próbnnych obciążeń z użyciem pali kotwiących (koszty stanowisk balastowych są o wiele wyższe), dlatego i ten aspekt jest często brany pod uwagę przy ustalaniu pali próbnnych.

Norma pozwala na odstąpienie od próbnnych obciążeń, jeżeli nośność podłoża i jakość wykonanych pali nie budzą zastrzeżeń. Można rozważać przeprowadzenie badania dynamicznego bądź typu Statnamic, o ile zaistnieje możliwość przeprowadzenia badań korelacyj-

nych. W przypadku prostych warunków geotechnicznych próbnne obciążenia można zastąpić badaniami ciągłości pali metodą Crosshole Sonic Logging na 100% ogólnej liczby pali.

## Projekt próbnego obciążenia

Opracowanie szczegółowego projektu próbnego obciążenia statycznego jest konieczne, nawet w przypadku gdy badanie wydaje się proste do przeprowadzenia. Z uwagi na zróżnicowanie sprzętu będącego w posiadaniu wykonawców, projekt powinien być opracowany przez firmę, która została wybrana do przeprowadzenia badania. Podstawą opracowania projektu próbnego obciążenia jest projekt fundamentu palowego, w którym powinny być zawarte obliczenia nośności, dopuszczalne obciążenia obliczeniowe oraz przewidywane dopuszczalne osiadania pali. Niezbędne jest także uzyskanie wyników badań geotechnicznych, szczególnie w przypadku konieczności obliczenia nośności pali kotwiących. Zarówno projekt jak i wyniki badań powinny być sprawdzone przez Projektanta fundamentu palowego.

## Ważne odległości

Usytuowanie pali kotwiących, podpór balastu oraz podpór bazy pomiarowej powinno być tak dobrane, aby nie wpływało na przebieg próbnego obciążenia statycznego i na odczyty przemieszczeń, jak również aby nie powodowało nakładania się stref naprężeń w gruncie. Każda norma w inny sposób określa minimalne odległości (Tabela 1).

W normach i wytycznych nie określa się minimalnej odległości podpór bazy pomiarowej od pobocznic pali kotwiących i krawędzi podpór balastu, choć ma ona znaczący wpływ na przebieg badania. Należy jednak zwrócić na to uwagę i starać się zachować możliwie duży dystans.

Tabela 1. Minimalne odległości w próbnnych obciążeniach statycznych.

Minimalna odległość od pala próbnego do:	PN-83/B-02482	PN-EN 1536	ICE 2007
pali kotwiących	2.0 m i 1/10 L pala kotwiącego (do pobocznic pala próbnego)	3.0 m i 3 D (w świetle)	2.0 m i 3 D (osiowo)*
krawędzi podpór balastu	2.5 m lub 4 D dla $D \leq 0.6$ m (od osi)	3 D od pobocznic	1.3 m od pobocznic
podpór bazy pomiarowej	3.0 m lub 4 D dla $D \leq 0.6$ m (od osi)	Nie określono	2.0 m od pobocznic i 3 D od osi

\*nie dotyczy przypadku gdy pale kotwiące są dłuższe od pala próbnego. Minimalna odległość osiowa wynosi wtedy 5 D o ile nośność podstawy pala jest mniejsza niż 20% całkowitej nośności pala.

## Maksymalna siła do uzyskania w próbnym obciążeniu

Maksymalna siła do uzyskania w próbnym obciążeniu wg PN-83/B-02482 powinna wynosić 150% nośności na wciśnięcie. Istnieją jednak odstępstwa od tej reguły. Próbné obciążenia pali o nośności znacznie przekraczającej maksymalne obciążenia, można projektować na siłę równą 150% obciążenia. Z drugiej strony, w przypadku zastosowania dużych współczynników bezpieczeństwa (szczególna ważność budowy, zagrożenia sejsmiczne itp.) Projektant może ustalić przeciążenie o wartości do 300% obciążenia.

## Program próbnego obciążenia statycznego

Tradycyjnie wg PN-83/B-02482 przyjmuje się stopnie obciążeń wynoszące 1/12-1/8 nośności pala. Na każdym stopniu należy uzyskać stabilizację osiadań przyjmowaną jako 0,30 mm/godz.

Uzasadnione w niektórych przypadkach może być zastosowanie bardziej dokładnego programu obciążenia zalecanego przez ICE (Tabela 2), gdzie kryterium stabilizacji dla osiadań nie przekraczających 10mm jest określone na 0.10 mm/godz. Wielogodzinne utrzymywanie pala na maksymalnych obciążeniach pozwala określić wpływy: konsolidacji gruntu, pełzania pod obciążeniem, oraz ciśnienia wody w porach gruntu.

## Urządzenia do sprawdzania nośności pali

W celu wyeliminowania błędów wszelkie pomiary powinny być wykonywane z dwóch niezależnych źródeł. Odczyty siły z dynamometru potwierdza się notując ciśnienie w układzie hydraulicznym, natomiast odczyty przemieszczeń wykonuje się zarówno z czujników o dokładności 0.01mm jak i z niwelatora precyzyjnego. Wszystkie urządzenia pomiarowe powinny mieć ważne atesty.

## Wykonanie wykopów i skucie głowic pali

Mechanizacja robót nie powinna mieć wpływu na ich jakość. Przykładem złego zastosowania mechanizacji jest wykonywanie wykopów wokół pali i rozkucia ich głowic sprzętem ciężkim, co w połączeniu z niedoświadczeniem operatora skutkuje często naruszeniem struktury pali. Częstymi defektami są wtedy pęknięcia i rysy betonu, oraz zdeformowane zbrojenie. Wyniki badań takich pali dają negatywne rezultaty, a co najważniejsze: pale nie będą spełniały swojej funkcji w konstrukcji. Ostatnie 50 cm betonu należy rozkuwać

młotami ręcznymi. Należy zwracać też uwagę pracownikom wykonującym beton podkładowy, aby nie układali go na głowicach pali. Głowice powinny być rozkute do poziomu +3 do +5 cm nad projektowanym poziomem betonu podkładowego.

## Przygotowanie głowic pali próbnych

Konieczność nadbetonowania głowic pali próbnych może zaistnieć z uwagi na zapewnienie równej, gładkiej i odpowiednio dużej powierzchni oparcia siłownika, pozostawiając miejsca na szkiełka do oparcia czujników przemieszczeń. Zbrojenie pala ogranicza tą powierzchnię, dlatego głowica powinna być zabetonowana ponad poziom zbrojenia. Najlepiej jest wykonać głowice w opasce stalowej. Ułatwia to uformowanie głowicy, jak i zdecydowanie poprawia jej trwałość pod obciążeniem. W celu przeniesienia obciążenia na większą powierzchnię i zmniejszenia naprężeń w głowicy, stosuje się pod siłownikiem grube blachy stalowe.

Głowicę należy wykonać możliwie najszybciej (zwykle 3–7 dni) od daty betonowania pala. W dniu badania zarówno beton trzonu pala jak i głowicy powinny mieć wymaganą nośność na ściskanie, dlatego warto pobrać próbki betonu i potwierdzić wytrzymałość laboratoryjnie.

## Wykorzystanie w konstrukcji pali próbnych i kotwiących

Podczas prawidłowo wykonanego badania nie powinno wystąpić zniszczenie pali. Przyjmuje się iż przy osiadaniu przekraczającym 10% średnicy pala próbnego, lub uniesieniu pali kotwiących wynoszącym 5 mm obciążenie powinno zostać przerwane. Zachowanie tych kryteriów pozwala na wykorzystanie pali do konstrukcji budowli z wykorzystaniem ich 100% obciążeń obliczeniowych. Zniszczeniu może natomiast ulec źle przygotowana głowica pala, należy wtedy ją rozkuć i odtworzyć.

## Wyniki próbnego obciążenia statycznego

Na podstawie zależności osiadania od obciążenia, wykreslana jest krzywa pomocnicza służąca do określenia nośności pala zgodnie z PN-83/B-02482. Nośność nie jest jednak jedynym parametrem bezpośrednio związanym z funkcjonalnością pali. Analiza Stanu granicznego nośności powinna być poprzedzona analizą stanu granicznego użytkownika, ponieważ równie ważne jak nośność są dopuszczalne osiadania pojedynczych pali oraz dopuszczalne różnice osiadań pomiędzy podporami. Projektanci fundamentów palowych rzadko jednak zamieszczają w projektach wymagania dotyczące dopuszczalnych osiadań.

Fot. 1. Ustawienie siłownika, dynamometru i czujników przemieszczeń na głowicy pala.

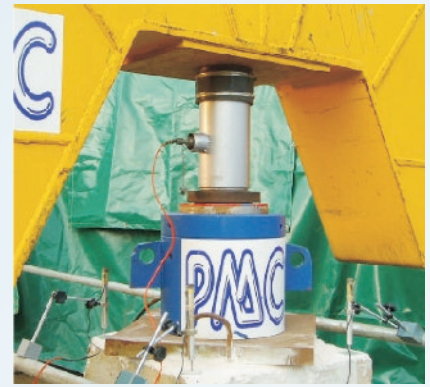


Tabela 2. Program obciążenia wg ICE\*

Stopień obciążenia	Minimalny czas utrzymywania
25% DVL	30 minut
50% DVL	30 minut
75% DVL	30 minut
<b>100% DVL</b>	<b>6 godzin</b>
75% DVL	10 minut
50% DVL	10 minut
25% DVL	10 minut
0	1 godzina
100% DVL	1 godzina
100% DVL + 25% SWL	1 godzina
<b>100% DVL + 50% SWL</b>	<b>6 godzina</b>
100% DVL + 25% SWL	10 minut
100% DVL	10 minut
75% DVL	10 minut
50% DVL	10 minut
25% DVL	10 minut
0	1 godzina

\*DVL: Design Verification Load, SWL: Specified Working Load

## Badania ciągłości pali

Badania ciągłości można wykonać metodą Pile Integrity (Echo) Test (PIT/PET), bądź metodą Crosshole Sonic Logging (CSL). Badania ciągłości metodą PIT/PET wykonuje się na minimum 20% - 100% ogólnej liczby pali. Badania Crosshole Sonic Logging wykonuje się w liczbie określonej na każdej budowie indywidualnie (minimum 5% pali).

Dobrą praktyką jest obligatoryjne przeprowadzenie badań ciągłości metodą PIT/PET na wszystkich palach użytych w trakcie próbnego obciążenia statycznego (na palach próbnych i kotwiących) zarówno przed jak i po badaniu, nawet jeżeli specyfikacja nie określa takiej konieczności. Rezultaty tych badań mogą być szczególnie pomocne w przypadku problematycznych wyników próbnego obciążenia pali.

mgr inż. **RYSZARD RIPPEL**  
PILETEST Sp. z o.o.