



Korelacja wyników próbnych obciążeń statycznych i dynamicznych

Fot. 1. Próbné obciążenie statyczne

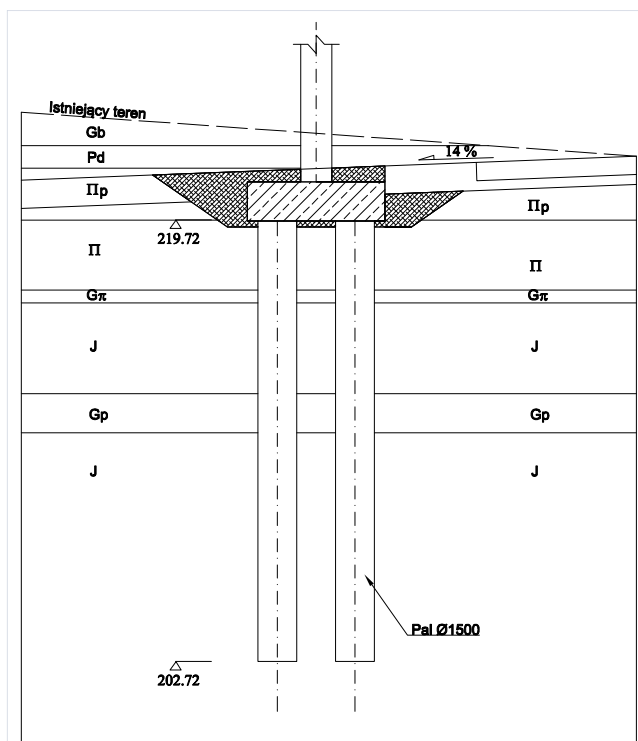
Autor mgr inż. Paweł Matejko - Piletest sp. z o.o.

Porównanie wyników próbnych obciążeń na przykładzie jednego z obiektów trasy Nowohuckiej w Krakowie.

Zastosowanie badań dynamicznych wymaga odpowiedniej kalibracji ich wyników, w celu określenia zarówno nośności granicznej, jak i prawidłowych współczynników bezpieczeństwa. Taka korelacja musi być wykonywana każdorazowo na budowie dla zmieniających się warunków gruntowych i technologii. Jako test referencyjny wykonywane jest próbne obciążenie statyczne, które dla prawidłowego określenia nośności granicznej powinno wykroczyć poza zakres sprężystej pracy pała. Jest to czasami niemożliwe do uzyskania ze względu na niedostateczną nośność układu obciążającego. Zachodzi wtedy konieczność ekstrapolowania dalszego przebiegu próbnego obciążenia, przyjmując, że zależność obciążenia – osiadanie przed osiągnięciem nośności granicznej ma postać wielomianową lub hiperboliczną. Korelacje wyników próbnych obciążeń przedstawiono w niniejszym artykule na przykładzie jednego z obiektów trasy Nowohuckiej w Krakowie.

Warunki geotechniczne

Warunki geotechniczne w rejonie rozpatrywanej podpory obiektu przedstawiono na rys.1. W podłożu występują grunty spoiste (pyły, pyły piaszczyste, gliny pylaste) w stanie miękkoplastycznym i plastycznym. Od głębokości ok. 5 m p.p.t. zalegają ily w stanie półzwarłym i zwartym, w której to warstwie znajduje się większa część poboczniczy oraz podstawa pała.



Rys. 1. Geologia oraz geometria pali i podpory



Fot. 2. Próbné obciążenie dynamiczne

Próbné obciążenie statyczne jako test referencyjny

W niniejszym artykule przedstawiono analizę wyniku próbnego obciążenia statycznego oraz dynamicznego dla podpory obiektu mostowego. Próbné obciążenie statyczne zostało wykonane zgodnie z PN-83/B-02482 – Fundamenty budowli. Nośność pali i fundamentów palowych, która mówi, że badanie należy wykonać w dwóch cyklach, pierwszy do wartości nośności pala, a drugi do siły o półtora razy większej. W analizowanym przypadku wartość siły na 100% wynosiła 4491 kN, natomiast obciążenie maksymalne w trakcie badania wyniosło 6737 kN. Przebieg próbnego obciążenia oznaczony jest na rys. nr 2 kolorem czerwonym. Następnie na podstawie przebiegu tej prostej sporządzony został wykres pomocniczy wg zasad określonych w Polskiej Normie i na jego podstawie wyznaczono nośność graniczną pala $N_g = 9115$ kN. W wyniku dalszych procedur wymienionej wcześniej normy wyznaczono dopuszczalne obciążenie na pal $k \cdot N_c^0$ o wartości 5052 kN, która to wartość posłużyła do obliczenia współczynnika bezpieczeństwa dla badania dynamicznego.

Metoda Davidsona

W metodzie Davidsona na podstawie badania statycznego oraz wzoru:

$$P = \frac{AE}{L} s \quad (1)$$

gdzie: P – siła, N

A – pole powierzchni trzonu pala, m^2

E – moduł Younga, Pa

L – długość pala, m

s – skrót sprężysty pala, m

wyznaczamy siłę odpowiadającą uzyskanemu skrótowi sprężystemu pala (niebieska przerywana linia na rys. 2), którą następnie przenosimy równoległe o wartość wyznaczoną wg wzoru:

$$x = 0,381 + 0,008D \quad (2)$$

gdzie: D – średnica badanego pala, cm

Punkt przecięcia tej krzywej z wykresem próbnego obciążenia statycznego wyznacza nośność graniczną pala.

Metoda China

Metoda China wymaga przeprowadzenia próbnego obciążenia wykraczającego poza zakres sprężysty pracy pala. Następnie wykonuje się transformację krzywej obciążenie – osiadanie do układu s – odcięcie i s/Q – rzędne (rys. 3). Dla ostatnich punktów badania po przeprowadzeniu aproksymacji uzyskuje się zależność w postaci $s/Q = A \cdot s + B$, z której z zależności (3) oblicza się nośność graniczną pala.

$$N_g = \frac{1}{A} \quad (3)$$

Próbné obciążenia dynamiczne

Próbné obciążenie dynamiczne wykonane zostało metodą bezwładnego opuszczania bijaka, który spuszczały był z różnych wysokości od 0,5 do 2,0 m, po zamocowanej do głowicy pala prowadnicy. Wraz z uderzeniem bijaka w głowicę, w palu wywołana została fala

naprężeniowa, którą zarejestrowano za pomocą tensometrów i przyspieszoniomierzy zamocowanych poniżej głowicy pała.

Interpretację wyników dynamicznych wykonaną metodą CAPWAP, która polega na analizie wykresów sił oraz zależności prędkości od czasu, otrzymanych z pomiarów przyspieszenia i naprężeń w głowicy pała oraz wykresów sił i prędkości uzyskanych w wyniku obliczeń iteracyjnych dla odpowiednio przygotowanego modelu: młot – pał – grunt. Autor nie będzie skupiał się na szczegółowym opisie metody, gdyż można go znaleźć w wielu innych publikacjach, m.in. Gwizdała (2008), Brzozowskiego (2007), Rybaka (2008). Zgodnie z przyjętą metodyką dla badanego obiektu wyznaczono nośność graniczną N_D , a następnie porównano ją z nośnością określoną na podstawie badania statycznego, określając w ten sposób współczynnik bezpieczeństwa dla badania dynamicznego F .

$$F = \frac{N_D}{k \cdot N_c^0} \quad (4)$$

Korelacja wyniku

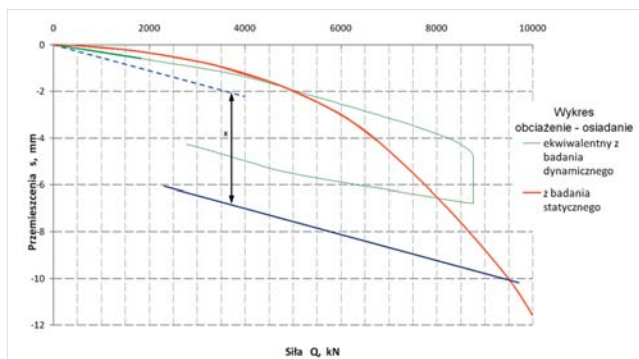
Na podstawie wyznaczonej z badania dynamicznego ekwiwalentnej do statycznej krzywej obciążenie – osiadanie (rys. 2) można zauważyć dużą zgodność wartości przemieszczeń przy obciążeniu równym nośności obliczeniowej pała równej 4491 kN, zgodnie z którą przemieszczenia określone z badania statycznego wyniosły 1,57 mm, a szacowane na podstawie badania dynamicznego wyniosły 1,65 mm (różnica 5%). Podobnie wygląda sytuacja, jeśli porównamy wartości nośności granicznych określonych z próbnego obciążenia statycznego i dynamicznego oraz oszacowanych metodami ekstrapolacyjnymi wg Davidsona i China, które to porównanie zostało przedstawione w tabeli. W nawiasach podano różnicę procentową w stosunku do wartości N_g określonej na podstawie badania statycznego.

Wnioski

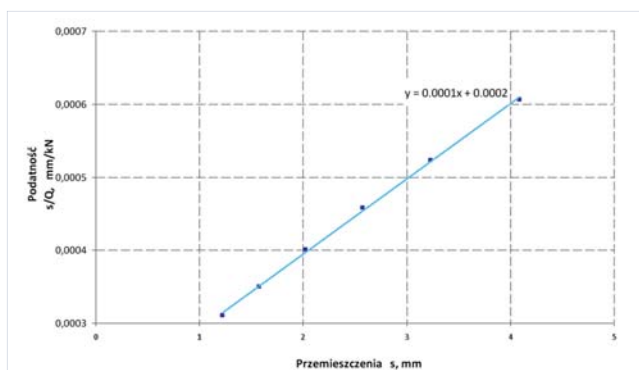
Przedstawiona analiza pokazuje przydatność badań dynamicznych w określaniu nośności pali fundamentowych. Może też służyć sprawdzaniu powtarzalności ich cech użytkowych, co przyczynia się do zwiększenia niezawodności realizowanych robót palowych, przyspiesza ich tempo realizacji oraz wpływa na zmniejszenie kosztów potrzebnych na wykonanie badań, a co za tym idzie – zwiększa ich dostępność. Nośność graniczna określana z badań dynamicznych pokrywa się z wynikami próbnego obciążenia statycznego oraz interpretacjami tych badań przeprowadzonymi wg sprawdzonych metod (PN-83/B-02482, Davidson i Chin). Jednakże, aby uzyskane wyniki można było traktować jako wiarygodne, wymagają one odpowiedniej kalibracji na podstawie przeprowadzonego wcześniej, w podobnych warunkach gruntowych i dla danej technologii, badania statycznego, jako testu referencyjnego. W analizowanym przykładzie uzyskany współczynnik bezpieczeństwa wyniósł 1,73. ■

Literatura

[1] Brzozowski T. (2004) – Badania dynamiczne pali. Seminarium Zagadnienia posadowień fundamentów palowych. Gdańsk 25.06.2004



Rys. 2. Porównanie wyników próbnego obciążenia statycznego i dynamicznego oraz wyznaczenie nośności granicznej wg metody Davidsona



Rys. 3. Wyznaczenie nośności granicznej wg metody China

Sposób określenia nośności granicznej	PN-83/B-02482	Davidson	Chin	CAPWAP
N_g , kN	9115 (-)	9524 (5%)	10000 (8%)	8764 (3%)

[2] Brzozowski T. (2007) – Badania dynamiczne nośności pali wierconych w świetle próbnego obciążenia statycznego. Materiały 53 Konferencji Naukowej KILiW PAN i KN PZiTB, Krynica

[3] Chin F.K. (1971) – Estimation of the Ultima Load of Piles Not Carried to Failure. Proceedings of 2nd Southeast Asian Conference of Soil Engineering, s. 81-90

[4] Davidson M.T. (1972) – High Capacity Piles. Proc. Soil Mechanics Lecture Series on Innovation in Foundation Construction, American Society of Civil Engineers. ASCE Illinois Section, Chicago.

[5] Gwizdała K. (2008) – Badania dynamiczne pali. Materiały „Zimowej Szkoły Mechaniki Górotworu i Geoinżynierii” Zeszyt 2, s. 139-149

[6] Gwizdała K. Blok M. (2008) – Kryteria doboru wzorów dynamicznych do analizy nośności pali w budownictwie hydrotechnicznym. Inżynieria Morska i Geotechnika. 3/2008, s. 146-154

[7] Rybak J. (2008) – Wyznaczanie nośności granicznej pali w badaniach referencyjnych. Geoinżynieria drogi mosty tunele 03/2008, s. 34-37

[8] ASTM D4945-00. Standard Test Method for High-Strain Dynamic Testing of Piles.

[9] PN-EN 1997-1:2008 – Projektowanie geotechniczne. Część 1. Zasady ogólne

[10] PN-B-02482:1983 – Fundamenty budowli. Nośność pali i fundamentów palowych