

O próbnym obciążeniach statycznych pali wciskanych

dr inż. Dariusz Sobala

Politechnika Rzeszowska
Wydział Budownictwa Inżynierii Środowiska
i Architektury
Zakład Dróg i Mostów
Aarsleff Sp. z o.o.

mgr inż. Barbara Kawalec

Aarsleff Sp. z o.o.

W krajowej praktyce w realizacji próbnych obciążeń statycznych (SLT – *Static Load Test*) wykorzystuje się prawie wyłącznie procedurę badania i sposób interpretacji wyników opisane w wycofanej normie [2]. Niniejszy artykuł został poświęcony krytycznej analizie krajowej praktyki realizacji i interpretacji wyników próbnych obciążeń statycznych pali wciskanych wg wycofanej normy [2] w kontekście zasad i reguł aktualnej normy [1].

Po ponad 33 latach stosowania normy [2], która powstała na bazie wiedzy z lat 70. XX wieku, czas na wprowadzenie zmian i daleko idącą racjonalizację zakresu stosowania, procedury przeprowadzania i interpretacji wyników SLT. Tym razem nie chodzi jednak o ustanowienie nowego sztywnego standardu na kolejnych kilkadziesiąt lat. Celem jest raczej zaakceptowanie ciągłego procesu przekładania aktualnego stanu wiedzy na praktykę inżynierską jako naturalnego środowiska pracy współczesnych inżynierów.

Zgodnie z **zasadą** aktualnej normy dotyczącej projektowania geotechnicznego PN-EN 1997-1 (Eurokod 7) próbne obciążenia pali **należy wykonać**, gdy:

- (1) stosuje się rodzaje pali lub metody wykonywania, dla których brak jest porównywalnych doświadczeń,
- (2) pale nie były badane w porównywalnych warunkach gruntowych i obciążeniowych,
- (3) pale będą podlegały obciążeniom, dla których teoria i doświadczenie nie zapewniają wystarczającej pewności projektowania – wymaga się wówczas, aby procedura badań pali obejmowała obciążenie podobne do przewidywanego obciążenia – lub
- (4) gdy obserwacje podczas procesu wykonywania wskazują, że zachowanie pala odbiega znacznie i niekorzystnie od zachowania przewidywanego na podstawie badań terenowych albo doświadczeń, a dodatkowe badania podłoża nie wyjaśniają powodów tego odchylenia.

Zgodnie z **regułą** tej samej normy próbne obciążenia pali **mogą być wykorzystywane** do:

- (5) oceny przydatności metody wykonywania,
- (6) określenia zachowania reprezentatywnego pala i otaczającego gruntu pod obciążeniem, zarówno w odniesieniu do osiadania, jak i obciążenia granicznego lub/i

(7) oceny całego fundamentu palowego.

Z powyższych zasad i reguł wynika, że (1), (2) i (3) to przypadki szczególne, niezwykle ważne, jednak stosunkowo rzadko występujące w praktyce inżynierskiej. Obejmują wdrażanie nowych technologii, realizację robót palowych w niespotykanych dotąd warunkach gruntowych lub/i warunkach obciążenia i dotyczą próbnych obciążeń wykonywanych na **palach próbnym**. W przypadkach (4), (5), (6) i (7) próbne obciążenia realizowane są w trakcie lub po palowaniu zasadniczym z reguły na **palach roboczym**.

Rozróżnienie między próbnymi obciążeniami wykonywanymi na **palach próbnym** i **palach roboczym** jest niezwykle istotne z punktu widzenia celu, wykorzystywanych rodzajów i procedur badań, wartości maksymalnej próbnego obciążenia SLT i zakresu interpretacji jego wyników.

SLT jest nadal podstawową metodą badania pali wciskanych. Jest to metoda najbardziej wiarygodna, ale stosunkowo droga, praco- i czasochłonna, dlatego powinna być wykorzystywana adekwatnie do rzeczywistych potrzeb i w jasno określonym celu. Badania SLT nie mogą zastępo-

I SUMMARY

Static load testing of press-in piles

Polish practice of the completion of static load testing uses almost exclusively the procedure of testing and the mode of results interpretation described in a withdrawn standard [2]. The article presents a critical analysis of the Polish practice of the completion and results interpretation of the static load testing of press-in piles according to the withdrawn standard [2] in view of the principles and rules of the current standard [1].

Keywords: static load testing, pile load testing, press-in piles

Eurokod nie dopuszcza odstępstwa od zasad.

Eurokod dopuszcza odstępstwa od reguł pod warunkiem wykazania zgodności nowej reguły z zasadami.

Pal próbny – wykorzystywany do próbnych obciążeń poprzedzających roboty palowe.

Pal roboczy – pal konstrukcyjny w fundamencie obiektu.

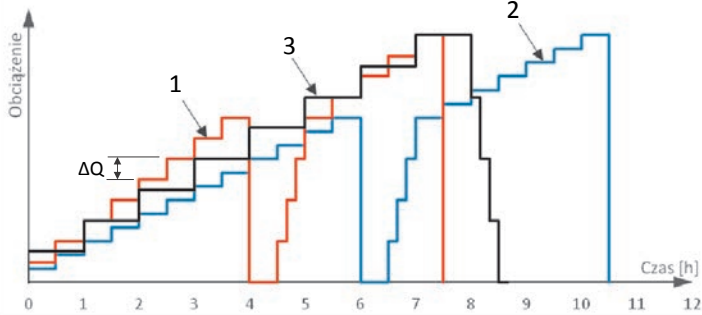
wał prawidłowego rozpoznania warunków gruntowych, a bez niego nie powinny być realizowane.

Cel próbnego obciążenia

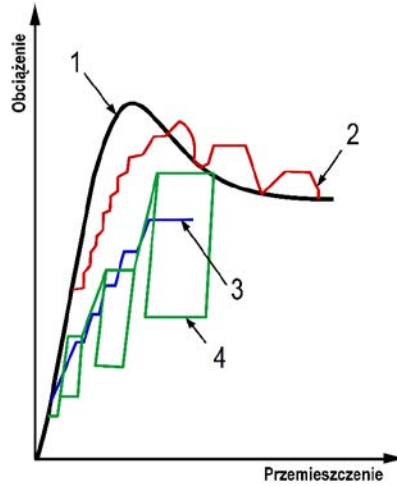
Celem próbnego obciążenia wykonywanego na **palu próbnym** [1] jest uzyskanie danych do projektowania pali i fundamentów palowych w postaci nośności granicznej i pełnej charakterystyki obciążenie – osiadanie badanego pala. Odbiorcą i dysponentem wyników tego rodzaju badań jest projektant fundamentu palowego lub/i inżynier wdrażający nowe technologie lub/i metody projektowania. Badania na **palach próbnym** mają charakter rozwojowy, są źródłem nowych informacji i dlatego powinny być szczególnie skrupulatnie planowane, przygotowywane, realizowane i analizowane.

Celem próbnego obciążenia na **palu roboczym** [1] jest wykazanie spełnienia przez badany pal wymagań projektowych, najczęściej dotyczących nośności lub/i sztywności/osiadania, w zakresie obciążeń projektowych. Odbiorcą i dysponentem wyników tego rodzaju badań może być każdy uczestnik robót palowych: projektant, wykonawca lub/i inspektor nadzoru. Próbne obciążenia na palach roboczych mają charakter badań kontrolnych.

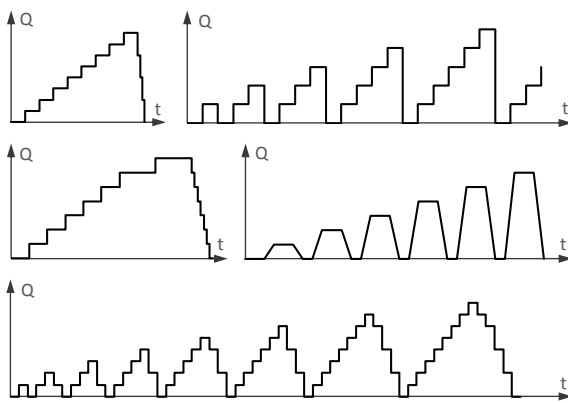
Głównym celem dotychczas realizowanych i interpretowanych SLT było sprawdzenie obliczeń normowych pala wg [2] w stanie granicznym nośności lub stanie granicznym nośności i użytkowania oraz uzyskanie podstawy do ewentualnych zmian w projekcie palowania. Współcześnie stosuje się również inne metody obliczeniowego projektowania pali na podstawie wyników badań podłoża i dlatego odmiennie definiuje się cele SLT. Dotychczasowa procedura realizacji SLT wymaga istotnej modyfikacji, a procedura interpretacji wyników nie powinna być w ogóle wykorzystywana. Wyjątek stanowi sytuacja, w której obiekt budowlany jest projektowany i wykonywany wg nieaktualnych norm PN¹.



Rys. 1. Warianty realizacji procedury SLT: skrajne (1) i (2) wg [2] oraz proponowany (3) w [3]



Rys. 2. Schemat przebiegu badania SLT wg różnych procedur [4]: (1) CRP, (2) szybkie badanie ML, (3) badanie ML, (4) badanie cykliczne



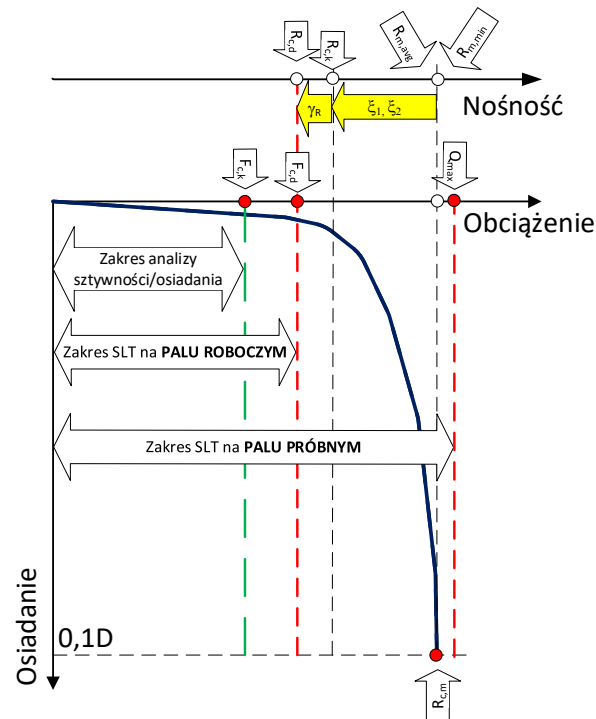
Rys. 3. Różne warianty realizacji procedur SLT ML wg [3]

Rodzaje próbnych obciążeń

Jedyny rodzaj badań pali wykorzystywany w przeszłości, jakim było badanie SLT [2], został współcześnie uzupełniony [1] przede wszystkim o szeroką gamę badań dynamicznych (DLT – *Dynamic Load Test*), obejmującą badania przy dużych odkształceniach bez dopasowania i z dopasowaniem sygnału oraz wzory dynamiczne wykorzystujące wpędy pala z uwzględnieniem lub bez uwzględnienia sprężystego skrócenia trzonu. Jednym z podstawnych wymagań prawidłowej interpretacji wyników DLT jest korelacja z wynikami SLT przeprowadzonych na podobnym **palu próbnym** w zbliżonych warunkach gruntowych. Badanie kalibrujące SLT na palu próbnym może zostać przeprowadzone w obrębie fundamentu lub stanowić element wcześniej zgromadzonej bazy danych. Badania SLT i DLT są często wykorzystywane do badania pali w obrębie tego samego fundamentu palowego. Wykorzystanie dotychczasowej procedury interpretacji wyników badania SLT [2] uniemożliwia wspólną i spójną analizę wyników próbnych obciążeń różnego rodzaju. Procedura zaproponowana w [1] taką analizę umożliwiła poprzez wartościowanie wiarygodności i dokładności wyników poszczególnych rodzajów próbnych obciążeń inną wartością współczynników korelacyjnych ξ .

Liczba próbnych obciążeń

W dotychczasowej praktyce jedynym czynnikiem określającym liczbę wymaganych próbnych obciążeń SLT była liczba pali w fundamencie [2], tj. wymagano min. 2 SLT na każde pierwsze 100 pali w fundamencie oraz po 1 SLT na każde kolejne. W fundamentach złożonych z nie więcej niż 25 pali nie było obowiązku wykonywania SLT [2]. W fundamentach palowych złożonych z 26-50 pali zwyczajowo wykonywało się 1 SLT. W szczególnych przypadkach należało liczbę próbnych obciążeń zwiększyć, np. 1 SLT należało wykonać w każdym fundamencie w obrębie budowli o małym dopuszczalnym osiadaniu, np. w fundamencie palowym pod urządzeniem precyzyjnym.



Rys. 4. Zakres SLT dla pala próbnego i roboczego oraz schemat analizy wyników dla 1 SLT

Według współczesnych wymagań [1] liczba pali w fundamencie jest tylko **jednym** z czynników kształtujących zasadę doboru liczby **pali próbnych**. Pozostałe czynniki to: warunki gruntowe i ich zmienność w obrębie fundamentu palowego, kategoria geotechniczna obiektu oraz wcześniej udokumentowane dane doświadczalne, dotyczące zachowania tego samego rodzaju pali w podobnych warunkach gruntowych. O niezbędnej liczbie **pali próbnych**, których wyniki dostarczają danych do projektowania, decyduje projektant. Wykonywanie **pali próbnych** należy poprzedzić starannym rozpoznaniem warunków gruntowych na długości pobocznic i poniżej podstawy pali, a proces wykonania **pala próbnego** należy udokumentować w pełnym zakresie. Liczbę **pali roboczych** wytypowanych do próbnych obciążeń należy ustalić na podstawie obserwacji palowania lub/i analizy metryk. O niezbędnej liczbie próbnych obciążeń może zdecydować projektant, wykonawca lub/i inspektor nadzoru.

Wybór lokalizacji pali próbnych

Dotychczas wybór lokalizacji dla pali próbnych uzależniony był od jednorodności układu warstw podłoża w rejonie fundamentu [2]. Jeżeli obszar fundamentu można było podzielić na szereg różnych stref geotechnicznych, to 1 SLT należało wykonać w każdej strefie na palu reprezentatywnym. Dodatkowe pale próbne należało zlokalizować w obszarach o małym dopuszczalnym osiadaniu. We wszystkich przypadkach pale obciążane próbnie na-

Piśmiennictwo

1. PN-EN 1997-1. Projektowanie geotechniczne. Zasady ogólne.
2. PN-83/B-02482. Fundamenty budowlane. Nośność pali i fundamentów palowych.
3. ISSMFE Subcommittee on Filled Laboratory Testing. Axial Pile Loading Test, Suggested Method. „ASTM Journal”, June 1985, pp. 79-90.
4. Prakash S., Sharma H.D.: *Pile Foundation in Engineering Practice*. John Wiley & Sons, 1990.
5. Rybak J.: *Metody obliczania nośności granicznej pali fundamentowych*. „Górnictwo i Geoinżynieria”, r. 32, z. 2/2008, s. 267-276.
6. Meyer Z.: *Przybliżony sposób interpretacji wyników badań statycznych pali*. „Inżynieria Morska i Geotechnika”, nr 3/2014, s. 202-207.
7. Gwizdała K.: *Fundamenty palowe*. Tom 1 i 2. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2016.
8. *The European Technical Committee 3 – Piles of ISSMGE and Belgian Member Society of ISSMGE (BGGG-GBMS)*. International Symposium „Design of piles in Europe – How did EC7 change daily practice”. Leuven, Belgium, 28-29 April 2016.



- leżało zlokalizować w miejscach o najniekorzystniejszych warunkach geotechnicznych. Aktualne wymagania dotyczące lokalizacji pali próbnych [1] są zbieżne z dotychczasowymi [2]. Jeżeli przeprowadza się jedno próbne obciążenie, **pali próbny** powinien zostać zlokalizowany tam, gdzie należy spodziewać się najbardziej niekorzystnych warunków gruntowych. W przypadku większej liczby SLT rozmieszczenie **pali próbnych** powinno być reprezentatywne dla całego fundamentu, a jeden z nich powinien być usytuowany w obszarze najbardziej niekorzystnych warunków gruntowych.

Czas między wykonaniem pala i próbnego obciążenia

Sztywne wymagania [2] w zakresie czasu, jaki powinien upłynąć pomiędzy wykonaniem pala i próbnego obciążenia, były uzależnione od warunków gruntowych i technologii wykonania pala (tab. 1).

Obecnie analogiczne terminy ustala się, wykorzystując elastycznie sformułowaną zasadę, że pomiędzy wykonaniem pala i próbnego obciążenia powinien upłynąć odpowiedni czas pozwalający na osiągnięcie przez materiał pala wymaganej wytrzymałości i powrót ciśnienia wody w porach gruntu do początkowej wartości. Z terminów podanych w [2] wciąż jednak warto korzystać w przypadku braku innych wiarygodnych danych, np. wyników badań wytrzymałości betonu w trzonie pala lub/i pomiaru ciśnienia wody w porach gruntu.

Procedura badania

SLT realizowane są w kraju praktycznie wyłącznie wg procedury opisanej w [2] stanowiącej dwuetapową adaptację procedury obciążenia zwiększanego stopniowo (ML – *Maintained Load*) (rys. 1 (1) (2)) [3]. Pierwszy etap realizowany jest do obciążenia obliczeniowego pala Q_r (F_{cd} wg [1]). W drugim etapie obciążenie pala powinno zostać doprowadzone do obciążenia maksymalnego z projektu próbnego obciążenia $Q_{max} = 1,5N_t$ lub poziomu nośności granicznej (R_{cm} wg [1]) (rys. 1). W związku z tym, że procedura badania SLT została opracowana w celu sprawdzenia nośności obliczeniowej pala N_t wyliczonej zgodnie z konserwatywnymi zasadami normy [2] w praktyce nośność graniczna jest rzadko osiągnięta (z reguły $Q_{max} = 1,5N_t \leq R_{cm}$).

Współcześnie jako zasadę nadrzędną przyjmuje się, że liczbę stopni obciążeń, czas ich trwania i zastosowanie cykli obciążeń należy dostosować tak, aby na podstawie wykonanych pomiarów możliwe było zinterpretowanie wyników badania pala w odniesieniu do odkształceń, pełzania i odprężenia fundamentu palowego. W zakresie procedury badania SLT można w [1] znaleźć odwołanie do publikacji [3], w której omówiono dwie podstawowe procedury badań pali: ML i CRP (*Continuous Rate of Penetration*), polegającej na utrzymaniu stałej prędkości (zwykle 20 mm/h) przemieszczenia głowicy badanego pala. Procedura ML została tam uznana za podstawową procedurę SLT realizowaną w jednym, dwóch lub wielu cyklach, z reguły ze stałą wartością przyrostu obciążenia i różnymi czasami jego utrzymania (rys. 1 i 3). Nie wyklucza to jednak możliwości wykorzystania innych procedur badania pali (rys. 2), które umożliwiają interpretację wyników badania przydatną w praktyce [1].

Próbne obciążenie statyczne pala realizowane w pełnym zakresie zgodnie z procedurą opisaną w [2] spełnia wymagania [1] dla SLT na **palach próbnym** pod warunkiem wiarygodnego oszacowania nośności granicznej badanego pala. Jako zasadę przyjmuje się, że dla **pali próbnym** obciążenie należy wykonać tak, aby można było ustalić ich nośność graniczną odpowiadającą obciążeniu/oporowi towarzyszącemu osiadaniu pala o wartości $D/10$. Przy realizacji tak sformułowanego zadania napotykamy na dwa problemy:

- wiarygodne oszacowanie niezbędnej wartości Q_{max} umożliwiające ograniczenie kosztów urządzeń pomocniczych wykorzystywanych w trakcie SLT oraz realizację celu SLT na **palu próbnym**, tj. wyznaczenie charakterystyki obciążenie – osiadanie i nośności granicznej: $Q_{max} \geq R_{cm}$;
- wartość osiadania $D/10$ jest powszechnie krytykowana jako trudna do osiągnięcia w trakcie SLT, szczególnie w przypadku pali o dużej średnicy.

Pierwszy z problemów można rozwiązać, wykonując wymagane, prawidłowe rozpoznanie warunków gruntowych wzdłuż pobocznic pala i pod jego podstawą oraz wykorzystując wiarygodne metody obliczeniowego szacowania nośności granicznej pali [7]. W przypadku drugiego z problemów warto zwrócić uwagę, że wymaganie normowe [1] nie dotyczy przeprowadzenia SLT do osiągnięcia przemieszczenia głowicy **pala próbnego** o wartości

Rodzaj pali	Rodzaj gruntu		
	niespoiste	nawodnione piaski drobne, pylaste i gliniaste oraz pyły i gliny piaszczyste	spoiste
Wbijane	7 dni	20 dni	30 dni
Wykonywane w gruncie	30 dni	30 dni	30 dni

Tab. 1. Terminy sprawdzania nośności pali wg tabeli 14 wg [2]



D/10, a jedynie uzyskania wyników SLT umożliwiających ustalenie nośności odpowiadającej takim przemieszczeniom. Nośność graniczna może zostać osiągnięta przy znacznie mniejszych przemieszczeniach głowicy pala, ale w niektórych przypadkach wymagane będzie odpowiednie zwiększenie nośności urządzeń pomocniczych oraz zakresu pomiarowego aparatury wykorzystywanej w SLT. W piśmiennictwie, np. [5] lub [6], można znaleźć metody szacowania nośności granicznej pala na podstawie niepełnych ciągów pomiarowych, jednak oszacowaną w ten sposób nośność graniczną należy w projektowaniu wykorzystywać bardzo ostrożnie.

W odniesieniu do **pali roboczych** ogranicza się wymaganą wartość próbnego obciążenia do siły co najmniej równej obciążeniu obliczeniowemu pala przyjętemu w projekcie palowania, $Q_{\max} \geq F_{cd}$ [1], co w praktyce pozwala wykonać je z wykorzystaniem procedury opisanej w [2] ograniczonej do pierwszego etapu (rys. 1).

Sprawozdanie z przebiegu próbnego obciążenia

Sprawozdanie z przebiegu próbnego obciążenia powinno zawierać opis terenu, badanego pala i przebiegu jego wykonania, wykorzystanych urządzeń pomiarowych, konstrukcji oporowej, dokumentację przebiegu badania oraz jego wyniki w postaci cyfrowej i wykresu zależności obciążenie – osiadanie [1, 2].

Interpretacja i wykorzystanie wyników próbnego obciążenia pala wciskanego

Interpretacja wyników SLT nie była i nie jest elementem sprawozdania z przebiegu próbnego obciążenia [1, 2]. Procedura interpretacji wyników SLT szczegółowo opisana w [2] prowadziła wprost do wyznaczenia nośności obliczeniowej badanego pala N_c . Nie pozwalała wprost na wyznaczenie nośności granicznej i charakterystycznej oraz wykorzystanie koncepcji współczynników ξ do uwzględnienia liczby i jakości wyników próbnego obciążenia w wartość nośności pala [1]. Paradoksalnie, wykorzystując zasady interpretacji wyników SLT opisane w [2], „nie opłacało” się wykonywać większej liczby próbnego obciążenia ponad wymaganą formalnie, ponieważ każdy kolejny wynik badania mógł jedynie obniżyć wartość nośności obliczeniowej pala w analizowanym obszarze. Dodatkowymi negatywnymi cechami procedury interpretacji wyników SLT wg [2] były m.in.:

- brak jednego spójnego kryterium oceny nośności kolejnych pali i uzależnienie jej wartości od kształtu krzywej obciążenie-osiadanie;
- brak realizacji koncepcji częściowych współczynników bezpieczeństwa wykorzystywanej w metodzie stanów granicznych,

- duża wrażliwość na poziom kompetencji i doświadczenia osoby dokonującej interpretacji wyników badania przy utrudnionej automatyzacji tego procesu.

Dotychczasowa procedura interpretacji wyników SLT [2] nie może być wykorzystywana do interpretacji wyników SLT wg [1]. Celem SLT na **palu próbnym** [1] jest dostarczenie danych do projektowania w postaci wartości nośności granicznej odpowiadającej osiadanemu D/10 oraz odczytywanym z krzywej obciążenie – osiadanie, wartości osiadania i sztywności badanego pala w zakresie obciążeń stanu granicznego użytkowalności.

Na podstawie wyznaczonej na palu próbnym nośności granicznej $R_{c,m}$ projektant przeprowadza analizę projekto-
wą [1], której celem jest m.in. wyznaczenie:

- nośności charakterystycznej i

$$R_{c,k} = \min \left\{ \frac{(R_{c,m})_{avg}}{\xi_1 \text{ lub } \frac{\xi_1}{1,1} \geq 1,0} \right\}; \left\{ \frac{(R_{c,m})_{min}}{\xi_2 \text{ lub } \frac{\xi_2}{1,1} \geq 1,0} \right\}$$

- nośności obliczeniowej.

$$R_{c,d} = \frac{R_{c,k}}{\gamma_R}$$

Należy przy tym wyraźnie rozróżnić nośność obliczeniową projektowanego reprezentatywnego **pala** w analizowanym, jednorodnym obszarze geotechnicznym, którą wyznacza się wg opisanej wyżej procedury normowej od nośności obliczeniowej badanego **pala próbnego**, którą można uzyskać wprost przez podzielenie zbadanej nośności granicznej przez współczynnik bezpieczeństwa $R_{c,m}/\gamma_R$. Z charakteru badania SLT na **palu próbnym** wynika, że interpretacja jego wyników powinna być wykonywana przez projektanta na podstawie raportu z próbnego obciążenia.

Celem SLT na **palu roboczym** jest weryfikacja realizacji założeń i/lub wymagań projektu palowania w zakresie nośności geotechnicznej $F_{cd} \leq R_{c,d}$, użytkowalności (np. osiadania pojedynczego pala $s(F_{c,k}) \leq C_d$) i ewentualnie sztywności w zakresie pracy pod obciążeniem zwiększonym do obliczeniowego w stanie granicznym nośności $Q_{\max} = F_{cd}$. Oznacza to, że wyznaczenie wartości nośności granicznej i charakterystycznej pala, a także określenie pełnej charakterystyki obciążenie – osiadanie nie jest celem badania **pala roboczego**. Jak już wspomniano, **pale robocze** są typowane do próbnego obciążenia na podstawie obserwacji robót palowych. Zazwyczaj do próbnego obciążenia wybierane są pale, których wykonanie lub metryka budzą największe wątpliwości, a więc reprezentatywne dla oceny fundamentu palowego na podstawie wyników uzyskiwanych w trakcie SLT na **palu roboczym**.



Z charakteru SLT na **palu roboczym** wynika, że interpretację wyników próbnego obciążenia może przeprowadzić doświadczony inżynier (m.in. projektant, wykonawca, inspektor nadzoru) pod warunkiem wcześniejszego jednoznacznego określenia jej kryteriów w projekcie próbnego obciążenia lub projekcie palowania. Dla **pali roboczych** są to co najmniej: miarodajne obciążenia maksymalne pala w stanie granicznym użyteczności i nośności, dopuszczalne osiadanie pala pojedynczego pod obciążeniem i ewentualnie kryteria dla oceny/weryfikacji sztywności badanego pojedynczego pala w stanie granicznym użyteczności.

Podsumowanie

Próbne obciążenia statyczne pali są najbardziej wiarygodnym sposobem określenia nośności i osiadania/sztywności badanych pali, a tym samym najbardziej wiarygodnym źródłem danych do projektowania lub oceny spełnienia przez badany pal wymagań projektowych. SLT jest badaniem drogim, praco- i czasochłonnym i dlatego powinno być wykorzystywane rozsądnie dla osiągnięcia ściśle określonego celu. Cel ten powinien zostać jednoznacznie określony w projekcie palowania lub/i projekcie próbnego obciążenia. Zdaniem autorów SLT są w kraju nadużywane – szczególnie w kontekście dostępnych innych tańszych metod badań nośności pali – i stanowią niestety często bardzo drogi i nieefektywnie wykorzystywany substytut ograniczonego zakresu rozpoznania podłoża lub/i stosowania mało wiarygodnych metod obliczeniowego projektowania pali. SLT na **palach próbnych** mają w praktyce inżynierskiej ograniczony zakres stosowania. Badania na **palach roboczych** wykonywane są zwykle w zbyt szerokim zakresie, dla którego najczęściej brak jest merytorycznego uzasadnienia.

W badaniach SLT na **palach próbnych** można wykonać pełną procedurę badania opisaną w [2]. Wyniki badania powinny umożliwiać projektowanie pali poprzez określenie nośności granicznej pojedynczego pala i pełnej charakterystyki obciążenie – osiadanie. Wyniki prawidłowo przeprowadzonego badania SLT na **palu próbnym** mogą być wykorzystywane do rozwoju technologii wykonawstwa i metod projektowania pali.

Badanie SLT na **palu roboczym** [1] ma charakter badania kontrolnego/odbiorowego i powinno być realizowane wg zaproponowanej w artykule skróconej procedury. Celem badania SLT na **palu roboczym** jest sprawdzenie spełnienia wymagań projektowych określonych w projekcie palowania lub projekcie próbnego obciążenia w zakresie pracy pala pod obciążeniem projektowym.

Badania SLT na palach **próbnym** lub/i **roboczym** należy poprzedzić szczegółowym rozpoznaniem warunków gruntowych.

Raport z próbnego obciążenia SLT powinien zawierać szczegółowy opis przebiegu badania [1, 2]. Raport z próbnego obciążenia **nie musi** (a często wręcz nie powinien) **zawierać** interpretacji wyników SLT. Interpretacja wyników

SLT na **palach próbnym** wymaga wiedzy o planie badań, warunkach posadowienia oraz charakterystyce budowli i powinna być przeprowadzona przez projektanta według zasad i reguł podanych w [1]. Interpretacji wyników SLT realizowanych według wymagań [1] na **palach roboczych** może dokonać doświadczony inżynier (np. projektant, wykonawca lub inspektor nadzoru) pod warunkiem określenia jej jednoznacznych kryteriów w projekcie próbnego obciążenia lub projekcie palowania.

Wynik SLT wykonanego wg [1] nie powinien być interpretowany zgodnie z wymaganiami [2] ze względu na sprzeczność zasad i reguł wykorzystywanych w obu normach. Zgodnie z zasadami i regułami [1] możliwe jest natomiast dalsze wykorzystywanie powszechnie stosowanej procedury przeprowadzania SLT opisaną w [2] w wersji pełnej **dla pali próbnym** lub skróconej **dla pali roboczym**.

Autorzy mają nadzieję, że artykuł rozpocznie dyskusję na temat racjonalności powszechnej praktyki wykonywania i interpretowania wyników badań SLT wg nieaktualnej normy [2], a tym samym otworzy drogę do potrzebnych zmian.

Szerokie omówienie problematyki badań pali można znaleźć w [7]. Praktyka europejska i wykorzystania wyników badań pali oraz kierunki dalszego rozwoju systemu normalizacji w tym zakresie zostały przedstawione i przedyskutowane w ramach seminarium [8].

Oznaczenia

Q_r – obciążenie obliczeniowe działające na pal przyjmowane do sprawdzenia stanu granicznego nośności [2],
 $F_{c,d}$ – obliczeniowe osiowe obciążenie pala wciskanego lub grupy pali wciskanych [1],
 $R_{c,m}$ – wartość R_c zmierzona w jednym lub kilku próbnym obciążeniach [1],
 R_c – nośność pala wciskanego uwarunkowana oporami gruntu, w stanie granicznym nośności [1],
 Q_{max} – maksymalne obciążenie wciskające pal uzyskane w próbnym obciążeniu [2],
 D – średnica lub średnica zastępcza pala,
 N_t – obliczeniowa nośność pala wciskanego [2],
 ΔQ – przyrost obciążenia pala,
 $R_{c,k}$ – wartość charakterystyczna R_c [1],
 ξ – współczynnik korelacyjny zależny od liczby badanych pali lub liczby badań podłoża [1],
 γ_R – współczynnik bezpieczeństwa równy 1.1 dla pali wciskanych,
 $R_{c,d}$ – wartość obliczeniowa R_c [1],
 $s(F_{c,k})$ – osiadanie pala pod obciążeniem odpowiadającym właściwej kombinacji charakterystycznej,
 C_d – graniczna obliczeniowa wartość efektu oddziaływania [1]. □

¹ Ze względu na daleko idące zmiany, jakie zaszły w ostatnich kilkunastu latach na krajowym rynku, zachowanie spójności procesu budowlanego opartego na PN – choć formalnie dopuszczalne – w praktyce jest bardzo trudne lub wręcz niemożliwe.