

Wybór funkcji aproksymującej parametry modelu- krzywej obciążenie osiadanie dla pali prefabrykowanych na podstawie testów statycznych

Zygmunt Meyer¹, Grzegorz Szmeczel²

Katedra Geotechniki, Wydział Budownictwa i Architektury, ZUT w Szczecinie,
e-mail: ¹meyer@zut.edu.pl, e-mail: ²g.szmeczel@zut.edu.pl

Streszczenie: W pracy przedstawiono analizę prezentowanej w 2012 roku metody interpretacji wyników testów statycznych pali [8,9] wykorzystując równanie zaproponowane przez Meyera i Kowalowa [7]. Wykonano eksperymenty numeryczne na pału teoretycznym, porównano wyniki badań z wartościami oczekiwanymi, i dokonano wyboru funkcji opisującej jeden ze współczynników równania podstawowego, jako lepiej opisującej proponowaną metodę.

Słowa kluczowe: nośność pali, osiadanie pali, testy statyczne obciążenia, interpretacja

1. Wstęp

Z analizy literatury przedmiotu [1,2,3,4,5,6,8,10] można wywnioskować, że problemem otwartym są dyskusje na temat potrzeby szczegółowego opisu współpracy pala z podłożem gruntowym. Zdaniem autorów niniejszej pracy najbardziej wiarygodnym testem, jaki możemy przeprowadzić w odniesieniu do fundamentu palowego jest badanie statycznego obciążenia, problemem pozostaje interpretacja wyników tego testu.

Badanie statycznego obciążenia pala wykonujemy w 3 głównych celach:

- jako część badań naukowych, których prowadzenie ma poszerzyć wiedzę geotechniczną, pomóc lepiej zrozumieć mechanizmy zachodzące przy współpracy pali i gruntu [2,3],
- jako część badań wstępnych przed rozpoczęciem projektowania w celu uzupełnienia i poszerzenia wiedzy na temat doboru i właściwego zaprojektowania posadowienia, optymalizacji kosztów posadowienia przy maksymalnym bezpiecznym wykorzystaniu pali,
- jako badania sprawdzające już wykonane konstrukcje fundamentowe w celu określenia ich maksymalnych dopuszczalnych obciążeń, i sprawdzenia założeń projektowych, poprzez dobór granicznego obciążenia pali.

Analiza literatury wskazuje, że interpretacja wyników testu czy nawet samej procedury prowadzenia badania wymaga dalszych głębszych analiz. Istnieje wiele metod prowadzenia badań statycznych; szczegółowy przebieg badania został opisany w normie [13,14] a także w EC7, wraz z podaniem możliwej interpretacji wyników.

W celu określenia całego przebiegu krzywej $Q-S$, a co za tym idzie nośności granicznej pala, w literaturze [4,5] można znaleźć wzory pozwalające w sposób przybliżony określić jej przebieg. Ocena analityczna krzywej $Q-S$ jest zagadnieniem złożonym z uwagi na wiele czynników warunkujących pracę pala, w tym m.in. układ warstw geotechnicznych, występowanie naprzemienne gruntów spoistych i niespoistych, technologię wykonywania pali, sztywność fundamentu i układ grupy palowej to tylko niektóre z ważnych czynników mających wpływ na przebieg krzywej osiadania. W literaturze można znaleźć metody analitycznego określenia krzywej obciążenie-osiadanie. [1,2,3,4,5,6] Biorąc jednakże pod uwagę sposób interpretacji wyników zaproponowany w pracach [8,9,10] tj. matematycznego opisu krzywej $Q-S$ uzyskanej z testów statycznych pali pod rozważę należy wziąć także metody dotyczące bezpośredniej

interpretacji testów statycznych takie jak metoda Mazurkiewiczza [1,14], China-Kondnenera, 80%-kryterium Hansena [5] czy metodę zaproponowaną przez Decoteura w 1999 i 2008 [1]

W pracy przedstawiono eksperymenty numeryczne, które miały na celu sprawdzenie czy jest możliwe dokładniejsze określenie współczynników równania podstawowego [7,8,9] Wynikiem pracy jest uściślenie zależności pomiędzy współczynnikami równania z wykorzystaniem o testów statycznych, w dalszej części badań, autorzy planują wykorzystać parametryczne i nieparametryczne testy istotności, w celu weryfikacji dotychczasowych ustaleń.

2. Matematyczny opis problemu

Wg literatury [7,8,9] krzywa aproksymacyjna testów statycznych zaproponowana przez Meyera i Kowalowa powinna spełniać następujące warunki brzegowe:

- dla $N \rightarrow 0$ krzywa $S(N)$ dąży do linii prostej (asymptota ukośna),
- dla $N \rightarrow N_{gr}$ osiadanie S powinno dążyć do nieskończoności, mamy tu asymptotę pionową $\lim_{N \rightarrow N_{gr}} s(N) = \infty$

Dla tak przyjętych warunków funkcję aproksymującą przyjęto jako [7]:

$$s = A \cdot \left[\frac{1}{\left(1 - \frac{N}{N_{gr}}\right)^\kappa} - 1 \right] \quad (1)$$

gdzie:

A - stała [m],

κ - bezwymiarowy wykładnik potęgi,

N - siła przyłożona w głowicy [kN],

N_{gr} - graniczne obciążenie pała [kN].

W praktycznych obliczeniach można również operować pochodną funkcji $S(N)$. W szczególności w otoczeniu początku układu współrzędnych mamy:

$$\frac{ds}{dN} \Big|_{N=0} = A \cdot \left[\kappa \frac{1}{N_{gr}} \right] = C \quad (2)$$

Stąd stała A jest równa:

$$A = C \cdot \left[\frac{N_{gr}}{\kappa} \right] \quad (3)$$

Podstawiając zależność (3) do wzoru (1) otrzymujemy:

$$s = C \cdot \frac{N_{gr}}{\kappa} \cdot \left[\left(1 - \frac{N}{N_{gr}}\right)^{-\kappa} - 1 \right] \quad (4)$$

Jest to podstawowa krzywa aproksymująca wyniki testów statycznych. Wprowadzenie stałej C wynika z przyszłych zamiarów wykorzystania jej w opisie zjawiska liniowej teorii Bousinessqa. W oparciu o powyższe założenia opracowano metodę parametryzacji funkcji $S(N)$, [8].

Gdyby wziąć pod uwagę przypadek graniczny, tj. taki dla którego $\kappa \rightarrow 0$ wówczas równanie (4) przyjmuje postać:

$$s_i = C \cdot N_{gr(0)} \cdot (-1) \ln \left(1 - \frac{N_i}{N_{gr(0)}} \right) \quad (5)$$

Zakładamy, że z badań terenowych mamy krzywą Q - S , to znaczy ciąg wartości Q_i S_i . Następnie przy pomocy tego zbioru wartości należy wyaproksymować parametry stałe. Startową wartość stałej C wyliczono z początkowej liniowej części krzywej Q - S , stosując regresję liniową. Założono także że $N_i/N_{gr} < 0,5$ wówczas z dostateczną dla celów inżynierskich dokładnością można przyjąć tylko dwa pierwsze wyrazy rozwinięcia w szereg Maclaurina równania podstawowego:

$$s = C \cdot N_i + \frac{1}{2} \cdot \frac{C}{N_{gr}} \cdot N^2 \quad (6)$$

Następnie dla uproszczenia obliczeń podstawiamy:

$$C_1 = \frac{C}{2N_{gr}} \text{ oraz } X_i = \frac{S}{N_i} \quad (7)$$

Otrzymujemy liniową zależność:

$$X_1 = C_1 \cdot N_i + C \quad (8)$$

Mamy, więc klasyczne równanie, do którego stosując regresję liniową szukamy współczynników C_1 i C przy czym człon C_1 zostanie dla celów obliczeń inżynierskich pominięty w ostatecznej procedurze obliczania nośności granicznej i prognozowania krzywej obciążenie osiadanie pała z uwagi na to iż $C \gg C_1$

Kolejnym elementem procedury obliczeniowej, jest optymalizacja współczynnika κ . Dotychczasowe badania doprowadziły do sformułowania zależności liniowej pomiędzy N_{gr} i κ wyniki pracy zostały opublikowane w [8], obecnie autorzy na podstawie analizy dużej ilości danych pomiarowych doszli do wniosku, iż opis zależności będzie następujący:

$$N_{gr}(\kappa) = N_{gr}(0) + A_1\kappa + A_2\kappa^2 + A_3\kappa^3 \quad (9)$$

Dla κ równe 1, 2, 3 mamy układ równań z 4 niewiadomymi: $N_{gr}(0), A_1, A_2, A_3$:

$$\left\{ \begin{array}{l} N_{gr}(1) = N_{gr}(0) + A_1 + A_2 + A_3, \\ N_{gr}(2) = N_{gr}(0) + 2A_1 + 4A_2 + 8A_3, \\ N_{gr}(3) = N_{gr}(0) + 3A_1 + 9A_2 + 27A_3. \end{array} \right. \quad (10)$$

$$\left\{ \begin{array}{l} N_{gr}(1) = N_{gr}(0) + A_1 + A_2 + A_3, \\ N_{gr}(2) = N_{gr}(0) + 2A_1 + 4A_2 + 8A_3, \\ N_{gr}(3) = N_{gr}(0) + 3A_1 + 9A_2 + 27A_3. \end{array} \right. \quad (11)$$

$$\left\{ \begin{array}{l} N_{gr}(1) = N_{gr}(0) + A_1 + A_2 + A_3, \\ N_{gr}(2) = N_{gr}(0) + 2A_1 + 4A_2 + 8A_3, \\ N_{gr}(3) = N_{gr}(0) + 3A_1 + 9A_2 + 27A_3. \end{array} \right. \quad (12)$$

Do obliczenia niewiadomej $N_{gr}(\kappa)$ posłużmy się związkiem wyprowadzonym na podstawie analizy zbiorów danych z obciążeń statycznych dla pali w gruntach niespoistych:

Dla $\kappa=0-3$ ustalono empiryczne zależności.

$$Y_{i(\kappa)} = Y_{i(0)} = 6 \cdot 0,35^\beta \cdot (\beta - 1), \quad (13)$$

$$Y_{i(\kappa)} = Y_{i(1)} = \frac{(\beta-1)}{\beta}, \quad (14)$$

$$Y_{i(\kappa)} = Y_{i(2)} = \frac{4 \cdot (\beta-1)}{4 \cdot \beta - 1 + \sqrt{(8 \cdot \beta + 1)}}, \quad (15)$$

$$Y_{i(\kappa)} = Y_{i(3)} = 0,6 \cdot 0,715^\beta \cdot (\beta - 1), \quad (16)$$

gdzie:

$$\beta = \frac{S_i}{C \cdot N_i} \quad (17)$$

Następnie obliczono odpowiadające poszczególnym wartościom κ nośności graniczne $N_{gr}(\kappa)$ korzystając z metody najmniejszych kwadratów:

$$N_{gr}(\kappa) = \frac{\sum Y_{i(\kappa)} \cdot N_i}{\sum Y_{i(\kappa)}^2} \quad (18)$$

Rozwiązaniem układu równań (10,11,12) są współczynniki A_1, A_2, A_3 , które podstawione do równania (9) uzależniają nośność graniczną N_{gr} od zmiany κ . Podstawiając uzyskane wartości do równania podstawowego (4) obliczamy wartości S_{iobl} a następnie stosujemy warunek na minimum sumy odchyłek poszukujemy najlepiej dopasowanej krzywej Q -steoretycznej do krzywej uzyskanej z wyników testu statycznego.

$$d_j^2 = \sum (S_i - S_{iobl})^2 = \min \quad (19)$$

3. Eksperyment numeryczny

W celu sprawdzenia poprawności przyjętego rozwiązania na potrzeby niniejszej pracy rozpatrzono dwa przypadki. Przypadek pierwszy jest teoretycznym przypadkiem pała „idealnego” tzn. takiego, dla którego znane są wszystkie parametry. Przypadek drugi stanowić będzie pał wykonany w praktyce na jednym z dużych obiektów budownictwa przemysłowego, którego osiadanie znacznie przekroczyło osiadania dopuszczalne.

Pał teoretyczny:

Do przeprowadzenia obliczeń przyjęto następujące założenia: $C=0,0035$, $\kappa=0,5$; $N_{gr}=3500$ kN. Wykorzystano równanie (4) do obliczenia osiadania teoretycznego s_t . Wyniki zestawiono w formie tabelarycznej, następnie zastosowano procedurę ustalenia stałej C w oparciu o równanie (8) stałe C_I oraz C wynoszą odpowiednio: $C_I=1,17 \cdot 10^{-6}$ $C=0,003347$ wynik ten jest bardzo zbliżony różnica pomiędzy wartością założoną C a wartością obliczoną jest mniejsza od 5%

Tabela 1. Obliczone wartości osiadania dla pała teoretycznego

N_i [kN]	225	450	680	900	1120	1350	1600	1800	2050	2250	2500	2800	3100	3400
s_t [mm]	0,82	1,74	2,79	3,93	5,21	6,76	8,75	10,65	13,56	16,50	21,33	30,28	47,97	120,44

Przeprowadzono procedurę obliczeniową opisaną we wstępie dla dwóch przypadków. Założono iż w I przypadku obciążenie prowadzone jest dla wartości 3100 kN (wI) natomiast w drugim przypadku do wartości 3400 kN (wII) otrzymano wyniki dla $N_{gr}(\kappa)$:

Tabela 2. Wyniki obliczeń numerycznych dla różnych wartości κ

Przypadek	(wI) $N_I=3100$		(wII) $N_I=3400$	
κ	$N_{gr}(\kappa)$ [kN]	A_{1-3}	$N_{gr}(\kappa)$ [kN]	A_{1-3}
0	2916		2917	
1	4045	805,8	3976	1141,5
2	5466	412,5	5188	-160,3
3	6644	-88,9	7022	78,7

Następnie wykonano optymalizację $N_{gr}(\kappa)$ zgodnie z warunkiem (19) dla obu przypadków:

Tabela 3. Wyniki optymalizacji nośności granicznej metodą najmniejszych kwadratów dla różnych wartości κ wariant I $N_I=3100$

κ	0,6	0,62	0,64	0,66	0,68	0,7	0,72	0,74	0,76	0,78
$\sum \delta^2$	4,91	3,27	2,08	1,28	0,80	0,60	0,62	0,85	1,25	1,81
N_{gr} [kN]	3528	3552	3577	3601	3626	3651	3676	3701	3727	3753

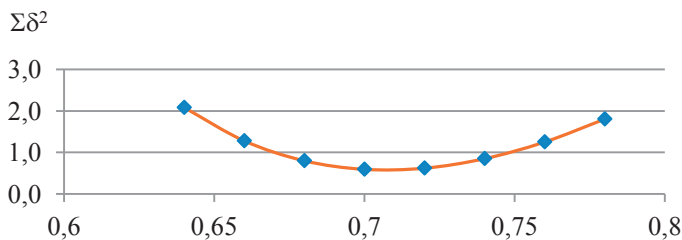
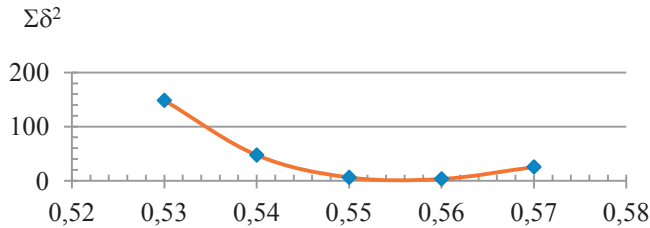
Rys. 1. Wykres obrazujący minimum sumy odchyłek w zależności od zmiany κ dla przypadku gdy $N_I=3100$ kN

Tabela 4. Wyniki optymalizacji nośności granicznej metodą najmniejszych kwadratów dla różnych wartości κ wariant II $N_i=3400$

κ	0,53	0,54	0,55	0,56	0,57
$\sum \delta^2$	148,3	47,1	6,0	3,1	25,2
$N_{gr}[\text{kN}]$	3488	3498	3509	3519	3529

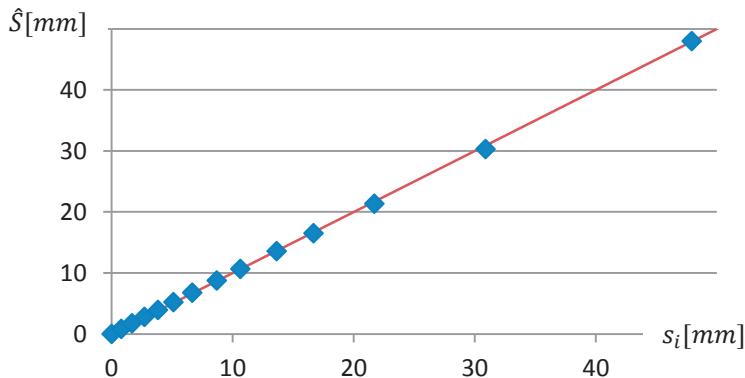
Rys. 2. Wykres obrazujący minimum sumy odchyłek w zależności od zmiany κ dla przypadku gdy $N_i=3400\text{kN}$

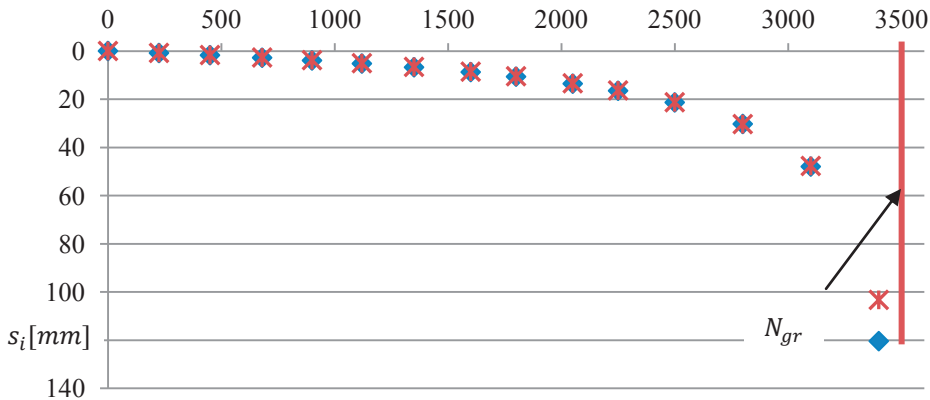
Jak widać na przedstawionych rysunkach optymalizacja w stosunku do wartości κ z wykorzystaniem warunku na jak najmniejszą wartość sumy odchyłek pomiędzy wartością założoną a obliczoną jest najlepsza dla przypadku gdy wartość pomiaru $N_i=3400\text{ kN}$ zbliżona była do wartości $N_{gr}=3500\text{ kN}$. Wówczas wyoptymalizowana wartość parametru $\kappa=0,55$ co odpowiada nośności granicznej $N_{gr}=3514\text{ kN}$. Jest to nośność większa od założonej dla pała teoretycznego 3500 kN o 14 kN co stanowi ok. $0,5\%$ błędu w stosunku do wartości zakładanej. Na rysunku widzimy także wyraźnie ostre minimum, co pośrednio świadczy także o odpowiednio dobranych parametrach modelu [6]

Większa niedokładność cechuje wyoptymalizowaną wartość κ , a lepsze dopasowanie musi stanowić przedmiot dalszych badań. Wydaje się, że najlepiej byłoby uzależnić zmianę κ od warunków gruntowych w otoczeniu pała. Np. w oparciu o wyniki badań sondą statyczną metodą CPT lub CPTU. Należy także zauważyć iż dla zakładanej wartości $\kappa=0,5$ wartość nośności granicznej obliczona zgodnie z założeniami wzoru (9) wynosi 3450 kN co powoduje przesunięcie w stronę bezpieczną na wykresie osiadanie obciążenie.

Średni błąd względny dopasowania wynosi dla pała teoretycznego wynosi $1,7\%$ dla (wI) oraz $2,5\%$ dla (wII) błąd ten obliczono wg formuły:

$$\Delta = \frac{\sum_{i=1}^n \left| \frac{\hat{S}_i - S_i}{S_i} \right|}{n} \quad (20)$$

Rys. 3. Wykres przedstawiający współczynnik zgodności osiadań \hat{S}/S_i dla obu przypadków równy $0,98$

Rys. 4. Nałożone wykresy osiadań $\hat{S} - S_i$ dla przypadku wII**Przypadek praktyczny:**

Jako praktyczny przykład obliczeniowy wykorzystano pał SDP wykonany w ramach budowy kompleksu biurowego na terenie Szczecina, autor osobiście wykonał badanie statycznego obciążenia metodą balastową na zlecenie jednej z firm wykonawczych.

Średnica nominalna pała wynosiła 0,4 m, zaś jego długość 9,0 m. Pałe wykonane zostały świdrem przemieszczeniowym. Badanie wykonano po 87 dniach od instalacji pała. W odniesieniu do warunków gruntowych należy stwierdzić iż pał zagłębiony był w górnej części w nasypy niekontrolowane, piaszczysto gruzowe zalegające do około 3,0 m.p.p.t. a bezpośrednio pod nasypami zalegała warstwa torfu i gruntów słabonośnych do ok. 5,0 m p.p.t, natomiast poniżej nasypów występowały piaski drobne nawodnione w stanie średnio zagęszczonym i zagęszczonym z niewielkimi soczewkami gruntów pylastych. Test próbnego obciążenia przeprowadzono metodą balastową, wykorzystując dwa siłowniki 2x1000 kN =2000 kN, połączone z układem pomp hydraulicznych, główną pompą elektryczną i pompą zapasową ręczną. Wyniki testu statycznego przedstawiono w tabelicy 4:

Tabela 5. Krzywa obciążenie-osiadanie pomierzona podczas próbnego obciążenia

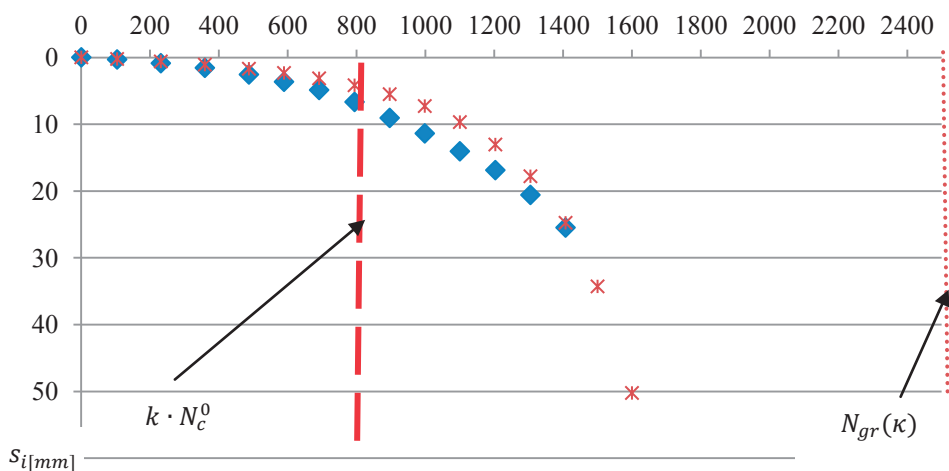
N_i [kN]	104	231	359	487	589	691	794	896	998	1100	1203	1305	1407	1509
s_i [mm]	0,32	0,88	1,57	2,57	3,66	4,89	6,68	9,07	11,39	14,07	16,89	20,60	25,49	32,41

Tabela 6. Wyniki obliczeń numerycznych dla różnych wartości κ

κ	$N_{gr}(\kappa)$ [kN]	A_{1-3}
0	836	
1	1251	557,05
2	1602	-197,27
3	2219	55,08

Tabela 7. Wyniki optymalizacji nośności granicznej metodą najmniejszych kwadratów dla różnych wartości κ przypadek praktyczny

κ	3,15	3,2	3,25	3,3	3,35	3,4
$\sum \delta^2$	109,5	94,6	94,5	106,2	127,2	155,7
N_{gr} [kN]	2355	2403	2454	2505	2559	2614



Rys. 5. Krzywe $Q - \hat{S}$ i $Q - S_i$ dla pala SDP

Na rysunku 5 zaznaczono wartość nośności granicznej $N_{gr}(\kappa)$, widać wyraźnie, że jako asymptota pionowa krzywej $Q-s$ wybiega daleko poza obszar wartości osiadań pomierzonych. Stąd dla zastosowań inżynierskich potrzeba będzie wprowadzić współczynnik bezpieczeństwa np. 2,5-3,0. Dla porównania na rysunku pokazano także wartość nośności $k \cdot N_c^0$ określonej zgodnie z normą [13] wartość tę obliczono na 794 kN co w stosunku do $N_{gr}=2428$ daje współczynnik bezpieczeństwa $FS=3,05$ jednakże na wartość nośności granicznej określonej wg zaproponowanej procedury muszą zostać nałożone warunki brzegowe np. w postaci osiadań dopuszczalnych. Autorzy mają świadomość, iż rozważania powyższe mają charakter teoretyczny, i wymagają dalszej walidacji i weryfikacji, jednakże dotychczas prowadzone w Katedrze Geotechniki ZUT badania wskazują na nie zawsze racjonalne wykorzystanie pali w procesie projektowania fundamentu. Zdaniem autorów alternatywne dla powyższej metody interpretacji będzie przyjęcie kryterium prognozowanego osiadania np. $s=30$ mm, jako dopuszczalnego osiadania większości obiektów inżynierskich, i odpowiadającej temu osiadaniu siły przykładanej w głowicy pala.

4. Podsumowanie i wnioski

- W pracy przedstawiono metodę interpretacji testów statycznych pali w oparciu o model nieliniowy zaproponowany przez Meyera i Kowalowa, wraz z optymalizacją jego parametrów,
- Wyniki analizy wskazują na dużą zgodność dopasowania krzywej obliczeniowej do krzywej uzyskanych z badań w testach statycznych próbnego obciążenia pali
- Przeanalizowane dotychczas przypadki charakteryzują się wysokim współczynnikiem korelacji r w zakresie od 0,90-0,97 zaś średni względny błąd dopasowania waha się od 2 do 15%
- Zaproponowana metodyka obliczania stałej C w oparciu o pierwsze wyrazy szeregu Maclaurina daje dobre wyniki, co potwierdza przypadek analizowanego pala teoretycznego,
- Dalszych analiz wymaga natomiast zależność wykładnika potęgi κ który pomimo dość dobrego dopasowania, musi być prawdopodobnie uzależniony od warunków gruntowych w otoczeniu pala, bądź od kąta tarcia pomiędzy gruntem a poboczną, autorzy wyrażają przypuszczenie iż współczynnik ten ma związek z rozdzieleniem oporów pomiędzy poboczną i podstawę, przedmiot ten wymaga dalszych badań
- Autorzy mają świadomość, iż rozważania powyższe mają charakter teoretyczny, i wymagają dalszej walidacji i weryfikacji, jednakże dotychczas prowadzone w Katedrze Geotechniki ZUT badania wskazują na nie zawsze racjonalne wykorzystanie pali w procesie projektowania fundamentu.

- Zdaniem autorów bardziej właściwe dla powyższej metody interpretacji będzie przyjęcie kryterium prognozowanego osiadania np. $s=30$ mm, jako dopuszczalnego osiadania większości obiektów inżynierskich, i odpowiadającej temu osiadaniu siły przykładanej w głowicy pala.

5. Literatura

- 1 Bengt. H. Fellenius: What capacity value to choose from the results of static load test. Deep Foundation Institute, Fulcrum Winter 2001, pp. 19 – 22 and Fall 2001, pp. 23 - 26
- 2 Bzówka J. Współpracakolumnwykonywanychtechnikąiniekcyjstrumieniowej z podłożemgruntowym. WydawnictwoPolitechnikiŚląskiej. Gliwice, 2009
- 3 Cichy L., Rybak J., Tkaczyński G.: Badanienośnościapaliprefabrykowanych. NowoczesneBudownictwoInżynieryjne, 2009
- 4 Gwizdała K., Fundamentypalowe. Tom 1, PWN 2010
- 5 Gwizdała K., Fundamentypalowe. Tom 2, PWN 2012
- 6 Meyer Z: Obliczanieinżynierskieosiadaniafundamentów. WydawnictwoZapal Szczecin 2012
- 7 Meyer Z: Analizanaprężėnnapobocznicyoraż pod podstawąpojedynczegopala w oparciu o liniowęteorięBoussinesqa. XVIII SeminariumNaukowe z cyklu Regionalne problemy inżynierii środowiska. 25.06.2010r
- 8 Meyer Z., Kowalów M.: Model krzywejaproxymującejwynikitestówstatycznychpali. InżynieriaMorskaiGeotechnika Nr 3/2010
- 9 Meyer Z., Szmeczel G.: Metodainterpretacjitetówstatycznychpaliiprefabrykowanych. Materiałyina 58 KN Krynica 2012 Zeszyty Politechniki Rzeszowskiej.
- 10 Meyer Z., Szmeczel G.: Analizamożliwościanalitycznejaproxymacjikirzywejobciążenie-osiadaniemlatestówstatycznychpaliżelbetowych w gruntachsypkich. InżynieriaMorskaiGeotechnika Nr 4/2010
- 11 Bronszejn I, Siemiendajew K: MatematykaPoradnikEncyklopedyczny. PWN Warszawa 2010 Wydanie XX.
- 12 Gwizdała K., Ślabek A., Szmeczel G.: Ocenanośnościapaliprefabrykowanych 40 x 40 wykonanych pod posadowieniesamodzielnegofundamentuszynypoddźwigowej.
- 13 Norma Palowa PN-B-02482:1983
- 14 Norma Palowa PN-B-02482:1969
- 15 D1143M - 07e1 Standard Test Methods for Deep Foundations Under Static Axial Compressive Load

Choosing approximation function for the model of settlement load curve, in static load test for precast concrete piles

Zygmunt Meyer¹, Grzegorz Szmeczel²

Geotechnical division, Civil engineering department, Westpomeranian Technical University in Szczecin, e-mail: ¹meyer@zut.edu.pl, e-mail: ²g.szmeczel@zut.edu.pl

Abstract: The main aim of the work is to define better correlation between parameters of Meyer- Kowalów equation [7,8] with the use of mathematical experiments and statistical tests. So far the research has shown that correlation between particular factors are different than common assumed. It was necessary to check non linear correlations between C -constant and κ . A certain constant and starting data were assumed in the theoretical model applied to the paper. As a result of the mathematical experiments, the best fit proposal of estimation C and equation representing $\kappa = \kappa(N_{gr})$ was formulated.

Keywords: pile capacity, static load test interpretation, bearing capacity