

Weryfikacja krzywej Meyera-Kowalowa na podstawie wyników doświadczalnych oraz kolejny etap analizy niedokładności pomiarów badania statycznego pala

Prof. dr hab. inż. Zygmunt Meyer, mgr. inż. Adam Wasiluk

Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie, Wydział Budownictwa i Architektury

Badanie statyczne pala jest jednym z najbardziej wiarygodnych sposobów weryfikacji nośności wykonanego pala. Pozwala ono na zgromadzenie zbioru punktów $\{s_i; N_i\}$, z których możliwe jest wykreślenie krzywej zależności obciążenie - osiadanie. W praktyce inżynierskiej jednak bardzo często spotykamy się z problemem polegającym na niewystraczającym obciążeniu pali podczas tego badania. Możemy zatem pozwolić na stwierdzenie, że bardzo duża część pali jest przeprojektowana, co dalekie jest od optymalizowania procesu budowlanego, na którym zależy każdemu inżynierowi. Nieznajomość wartości sił, które w rzeczywistości jest w stanie przenieść pał, nie pozwala na optymalne zaprojektowanie posadowienia pośredniego. Większość projektantów przy projektowaniu próbnego statycznego obciążenia zakłada osiągnięcie 150% wartości nośności projektowej, co bardzo rzadko daje oczekiwany efekt, jakim jest znaczny przyrost osiadania przy małym wzroście obciążenia w końcowym etapie badania statycznego pala.

Jeżeli w trakcie badania statycznego pala nie osiąga się wartości znacznego osiadania, umożliwiającą chociaż w przybliżony sposób określić wartości nośności granicznych, konieczne

jest zastosowanie metod pozwalających na ekstrapolację krzywych obciążenie – osiadanie. Jedną z takich metod jest krzywa Meyera-Kowalowa (M-K), od wielu lat rozwijana w celu przybliżenia problemu określania rzeczywistych nośności granicznych pali. Autorzy dysponują wynikami badań doświadczalnych, polegających na wykonaniu badań statycznych pali aż do uzyskania niekontrolowanego osiadania przy bardzo małym przyroście obciążenia. W badaniach tych określono wartość nośności granicznej na podstawie wykreślonej krzywej obciążenie – osiadanie, co umożliwia weryfikację modelu krzywej M-K. [1, 2, 3].

WERYFIKACJA MODELU M-K

Weryfikację modelu krzywej aproksymującej Meyera-Kowalowa oparto na wynikach uzyskanych w ramach badań doświadczalnych. Wyniki badań statycznych pali w ramach badań eksperymentalnych wykonano na budowie drogi ekspresowej S2 na moście przez rzekę Wisłę. Badane pale są palami wielko-



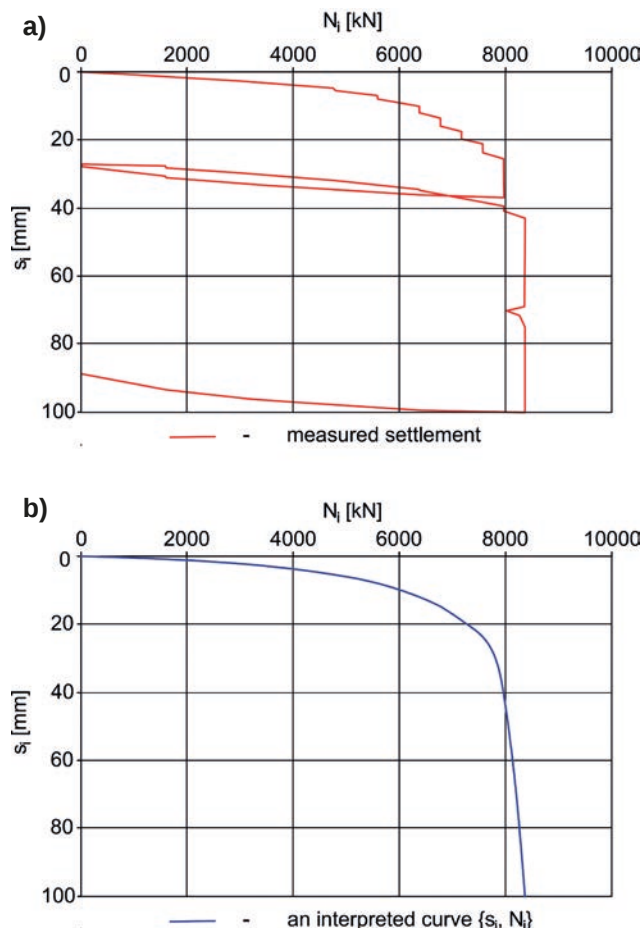
Rys. 1. Poletko badawcze pala wielkośrednicowego realizowanego ramach badań doświadczalnych (źródło: zasoby własne)

średnicowymi (1000 ÷ 1500 mm) wierconymi w rurach obsadowych, częściowo z poszerzonymi podstawami. Długość pali waha się od 27,5 do 31,5 m. Wykonawcą posadowienia podpór mostowych jest firma Energopol Szczecin S.A. Dzięki jej uprzejmości możliwe jest wykorzystanie tych wyników w pracy naukowej. Poletko badawcze przedstawiono na rys. 1 [13, 15, 16].

Podczas badań terenowych dla 5 pali udało się uzyskać niekontrolowany przyrost osiadania przy bardzo małym przyroście obciążenia. Tym samym określono ich nośność graniczną w warunkach rzeczywistych pod obciążeniem. Znając wartości nośności granicznych będących głównym parametrem krzywej M-K oraz mając wykresy krzywej osiadania w dużym jej zakresie, możliwe jest zweryfikowanie modelu. Przykładowy wynik przedstawiono na rys. 2.

Krzywa M-K pozwala ekstrapolować krzywą osiadania pala w małym zakresie osiadania. Najprostszym oraz najbardziej obrazowym sposobem na zweryfikowanie krzywej M-K będzie użycie zgromadzonego zbioru $\{s_i; N_i\}$ w niepełnym zakresie, tworząc tym samym wynik badania statycznego pala często spotykany w inżynierskiej praktyce, w którym uzyskano mały zakres osiadania. Wyniki aproksymacji dla skróconych zbiorów $\{s_i; N_i\}$ należy porównać z wynikami osiągniętymi w rzeczywistości.

Krzywa przedstawiona równaniem (1) ma trzy parametry. Pierwszym parametrem jest stała C będąca odwrotnością stałej Winklera wprowadzonej w mechanice budowli do rozwiązania belki na sprężystym podłożu. Drugim parametrem jest siła przyłożona do głowicy N_{gr} , przy której pal osiada w sposób niekontrolowany. Trzecim parametrem jest parametr κ , który odzwierciedla proporcję pomiędzy oporem pobocznic a podstawy. Analiza właściwości tej krzywej omówiono w pracach [4 ÷ 9]. W związku z tym, że dwa z tych parametrów są parametrami fizycznymi (odwrotność stałej Winklera C oraz siła graniczna N_{gr}), można przy ich ustalaniu posłużyć się zasadami mechaniki gruntów. Podobnie jak i ustalenie oporu pobocznic i podstawy pala w zakresie liniowych przemieszczeń pozwala na ustalenie parametru κ . Parametry krzywej Meyera-Kowalowa można również uzyskać na drodze analizy statystycznej na



Rys. 2. Wynik badania statycznego pala w dużym zakresie osiadania a) krzywa pomierzona, b) krzywa interpolowana na podstawie wyniku [10]

podstawie zbioru punktów ze statycznych próbnych obciążeń. W dalszej części przedstawiono właściwości krzywej M-K oraz opis parametrów tej krzywej [4 ÷ 11, 14].

Podstawowa postać wzoru krzywej Meyera-Kowalowa opisana w [4, 5, 11] ma następującą postać:

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

Oznaczenia, jednostki oraz fizyczny sens stałych parametrów modelu M-K:

C – odwrotność stałej Winklera [mm/kN],

N_{gr} – maksymalne obciążenie w głowicy, które powoduje niekontrolowane osiadanie [kN],

κ – proporcja pomiędzy oporem pobocznic a podstawy pala [–].

Autorzy zaproponowali zmodyfikowaną formę modelu M-K pozwalającą uwzględnić niepewności pomiarowe podczas badania statycznego pala [9].

$$s_i = s_0 + C \cdot N_{gr} \frac{\left(1 - \frac{N_i}{N_{gr}}\right)^{-\kappa} - 1}{\kappa} \quad (2)$$

gdzie:

s_0 – założona niedokładność pomiarowa.

Na potrzeby przeprowadzenia analizy rozkładu nośności pala posłużono się zależnościami określonymi przez Żarkiewicza [14]:

$$\frac{N_{gr2}}{N_{gr1}} = (1 + \kappa_2)^{4/3} \quad (3)$$

$$\frac{C_1}{C_2} = (1 + \kappa_2)^2 \quad (4)$$

$$\kappa_1 = \ln(1 + \kappa_2) \quad (5)$$

gdzie:

N_{gr2}, N_{gr1} – maksymalne obciążenie w głowicy, które powoduje niekontrolowane osiadanie, kolejno dla całego pala oraz jego podstawy [kN],

C_2, C_1 – odwrotność stałej Winklera, określona dla całego pala oraz jego podstawy [mm/kN],

κ_2, κ_1 – bezwymiarowy parametr określający rozkład nośności kolejno dla całego pala oraz jego podstawy [–].

Znając wartość nośności granicznej (jeden z parametrów modelu M-K), możliwe jest w pierwszej kolejności sprawdzenie wartości pozostałych parametrów krzywej M-K. Obliczenia te wykonano dla podstawowej postaci omawianego modelu oraz dla modyfikacji z uwzględnieniem występowania założonej niepewności pomiarowej s_0 . Zestawienie wyników obliczeń przybliżenia dla skróconych zbiorów $\{s_i; N_i\}$ zgromadzonych

w badaniach doświadczalnych z określoną wartością nośności granicznej przedstawiono w tabl. 1.

Kolejnym etapem weryfikacji modelu krzywej M-K jest ponowne wykonanie analogicznych obliczeń dla skróconych zbiorów pomierzonych osiadań, tylko bez zakładania określonej nośności granicznej zmierzonej w warunkach rzeczywistych. Wyniki tych obliczeń przedstawiono w tabl. 2.

Wykonane obliczenia wykazują zbliżone wartości nośności granicznych zarówno w przypadku modelu podstawowego, jak i zmodyfikowanego. Pozostałe parametry krzywej M-K przy założonej oraz obliczonej wartości nośności granicznej wskazują duże rozbieżności.

W tabl. 2 widać, że wyniki wyznaczonej wartości granicznej dla całego pala N_{gr2} są zbieżne z wartościami uzyskanymi podczas badań statycznych. Odchyłka między wartościami wyznaczonymi a wartościami pomierzonymi wynosi maksymalnie 6% wartości pomierzonej. Tak duża zbieżność wyników jednoznacznie potwierdza, że krzywa Meyera-Kowalowa jest wiarygodnym narzędziem w ocenie nośności granicznej pali w badaniach statycznych pali w małym zakresie osiadania.

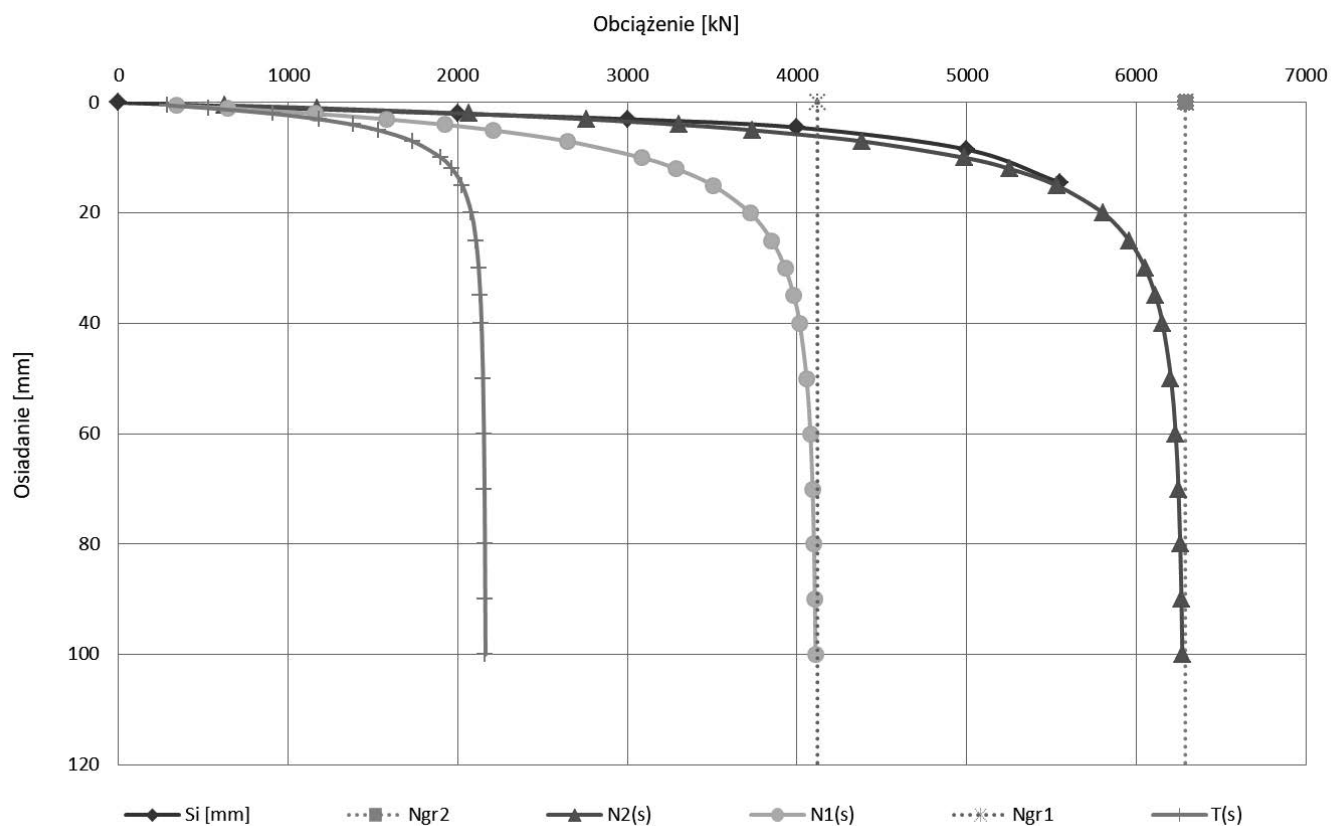
Na rys. 3 i 4 przedstawiono graficzną aproksymację skróconych krzywych doświadczalnych wraz z rozkładem nośności pala na pobocznice oraz podstawę pala.

Tabl. 1. Wyniki pomierzonych nośności granicznych oraz parametrów krzywej M-K wyznaczonych dla skróconych zbiorów $\{s_i; N_i\}$ ze znaną wartością nośności granicznej

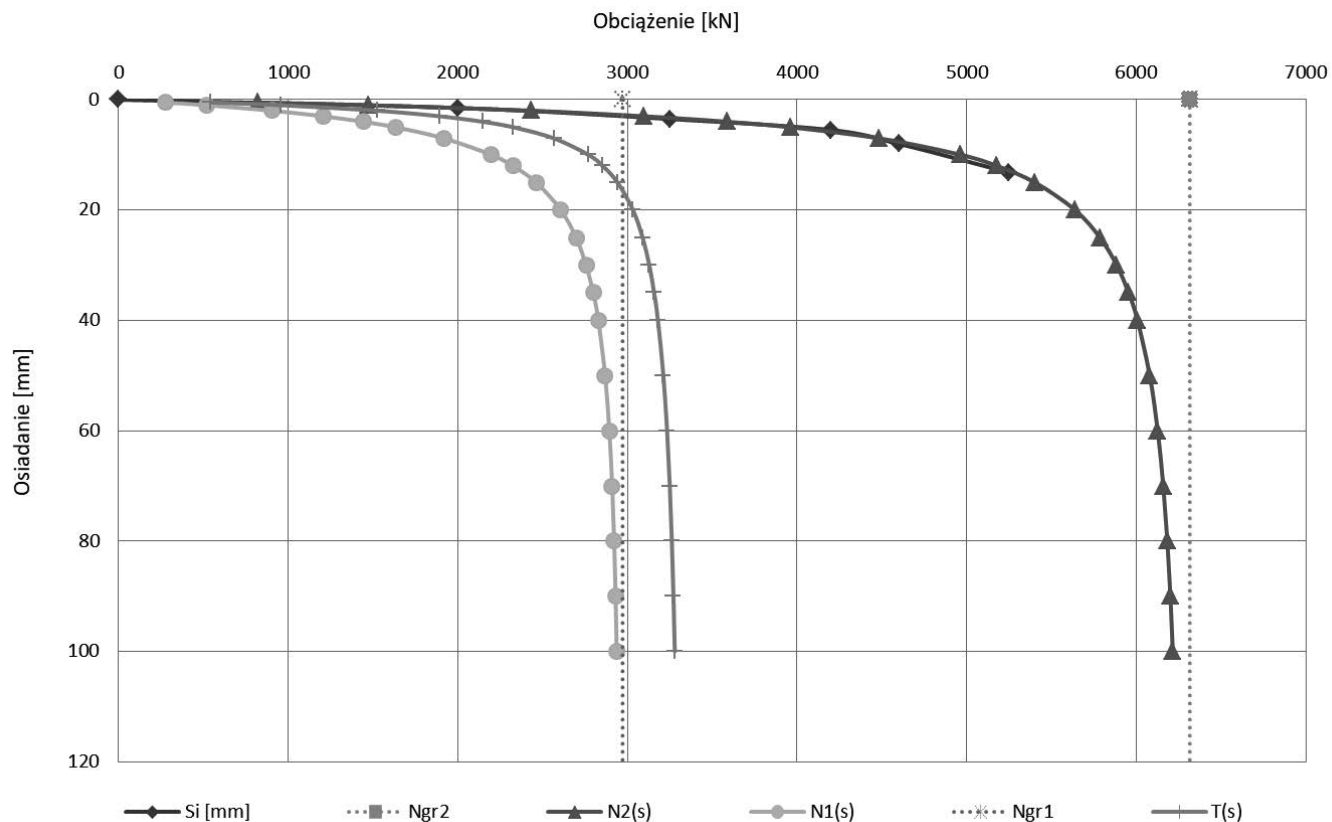
					$N_{gr}(s_0 = 0)$		$N_{gr}(s_0 \neq 0)$		
Lp.	Nr pala	D	H	N_{gr2} (pomierzone)	C_2	κ_2	C_2	κ_2	s_0
[–]	[–]	[mm]	[m]	[kN]	[mm/kN]	[–]	[mm/kN]	[–]	[mm]
1	21N	1000/1200	27,5	8500	0,00063	0,26	0,00044	0,86	1,7
2	25N	1000	27,5	6300	0,00049	0,74	0,00028	1,38	-1,2
3	31	1000/1200	27,5	7250	0,00047	0,74	0,00033	1,83	-1,4
4	36N	1000	27,5	6450	0,00055	0,56	0,00054	0,58	1,4
5	38	1500	31,5	12700	0,00053	0,86	0,00016	3,30	1,8

Tabl. 2. Wyniki pomierzonych nośności granicznych oraz parametrów krzywej M-K wyznaczonych dla skróconych zbiorów $\{s_i; N_i\}$

					$N_{gr}(s_0 = 0)$			$N_{gr}(s_0 \neq 0)$			
Lp.	Nr pala	D	H	N_{gr2} (pomierzone)	N_{gr2}	C_2	κ_2	N_{gr2}	C_2	κ_2	s_0
[–]	[–]	[mm]	[m]	[kN]	[kN]	[mm/ kN]	[–]	[kN]	[mm/ kN]	[–]	[mm]
1	21N	1000/1200	27,5	8500	8632	0,00059	0,80	9264	0,00037	1,41	1,7
2	25N	1000	27,5	6300	6315	0,00054	0,76	6516	0,00025	1,65	-1,2
3	31	1000/1200	27,5	7250	7677	0,00045	1,39	7889	0,00075	0,97	-1,4
4	36N	1000	27,5	6450	6288	0,00074	0,37	6649	0,00044	0,87	1,4
5	38	1500	31,5	12700	12983	0,00022	2,45	13725	0,00017	3,16	1,8



Rys. 3. Aproksymacja krzywą M-K w przypadku pala nr 36N wraz z rozkładem składowych nośności pala (pobocznica oraz podstawa pala)



Rys. 4. Aproksymacja krzywą M-K w przypadku pala nr 25N wraz z rozkładem składowych nośności pala (pobocznica oraz podstawa pala)

Krzywe aproksymowane w bardzo dokładny sposób odzwierciedlają wyniki rzeczywiste. W przypadku skróconych zbiorów punktów osiadanie – obciążenie stanowią one przedłużenie krzywej, uzyskując w efekcie kształt krzywej z badań doświadczalnych.

UWZGLĘDNIENIE NIEDOKŁADNOŚCI POMIARÓW OSIADANIA W MODELU M-K ORAZ ICH WPLYW NA PARAMETRY KRZYWYCH APROKSYMOWANYCH

Na podstawie modyfikacji wzoru krzywej Meyera-Kowalowa (2) możliwe jest wyliczenie niedokładności pomiarowej s_0 wynikającej z dopasowania się gruntu do pała oraz naprężenia w stalowej konstrukcji kotwiącej wykorzystywanej do wykonywania próbnych statycznych obciążeń pałi. Na niepewność pomiarową narażona jest szczególnie początkowa część mierzonego osiadania, często pokazując zbyt duże lub znikome osiadania w stosunku do przykładanego obciążenia w głowicy.

Krzywa Meyera-Kowalowa jest metodą opierającą się na obliczeniach statystycznych. Nawet mała zmiana wartości w zbiorze może dość istotnie wpływać na wyniki aproksymacji, szczególnie gdy cały wykres jest przemieszczany w górę lub w dół w zależności od wartości uzyskanych niepewności. Zmiana układu odniesienia znacząco wpływa na aproksymowane parametry. Przykład korekty zbioru $\{s_i; N_i\}$ przedstawiono na rys. 5.

W tabl. 3 uwzględniono również aproksymację krzywej M-K podstawy pała na podstawie parametrów z własności (3, 4, 5) w celu oceny wpływu oszacowanego błędu na rozkład sił w pału. Pałę podzielono na trzy główne grupy. Każda z grup charakteryzuje się jedną z właściwości, którą można zaobserwować podczas analizy. Grupa I – aproksymacja metodą zmodyfikowaną wskazuje na wzrost wartości nośności pobocznic pała $T(s)$.

Grupa II - aproksymacja metodą zmodyfikowaną wskazuje na spadek wartości nośności pobocznic pała $T(s)$.

Grupa II/III - aproksymacja metodą zmodyfikowaną wskazuje na jednoczesny spadek wartości nośności pobocznic pała, to jest $T(s)$ oraz na spadek wartości nośności granicznej pała N_{gr2} .

Grupa III - aproksymacja metodą zmodyfikowaną wskazuje na spadek wartości nośności granicznej pała N_{gr2} .

Analizowane pałę posegregowano na podstawie przedstawionych głównych kryteriów. Każdy z pałi charakteryzuje się

drobnymi zmianami w rozkładach nośności. Pogrupowanie ma na celu wyznaczenie dominującego zjawiska zachodzącego przy występowaniu niepewności pomiarowej w zmodyfikowanym modelu M-K.

W przypadku pała nr 101 (rys. 6 i 7) wykorzystanie parametrów krzywej spowodowane uwzględnieniem niepewności s_0 w tym przypadku nie wpływa na zmianę charakteru pracy, ale tylko na wartości składowych nośności pała, a także na całkowitą nośność graniczną pała. W tym przypadku uwzględnienie błędu wykazuje zmniejszenie nośności granicznej pała oraz zmniejszenie nośności pobocznic.

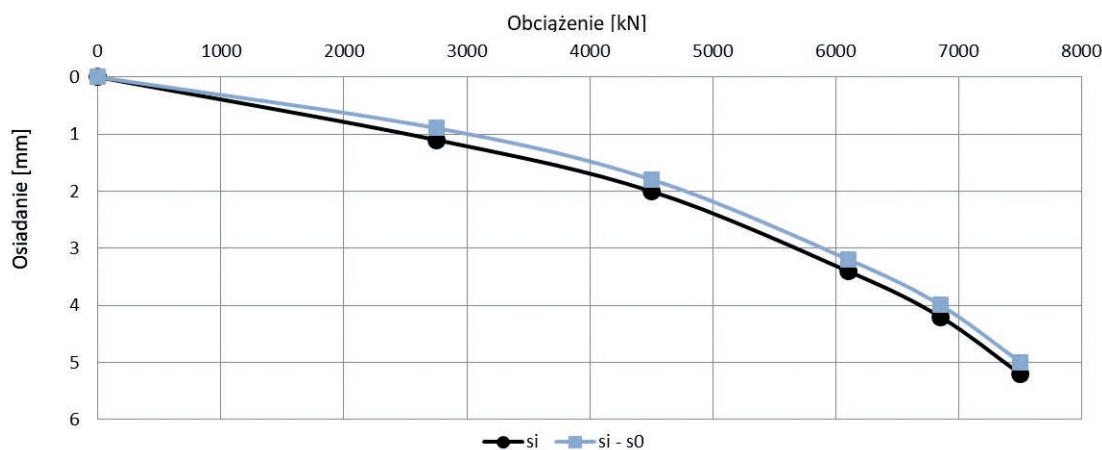
W przypadku pała nr 18 (rys. 8 i 9) uwzględnienie niedokładności nie wpływa na zmianę charakteru pracy. Uwzględnienie błędu wykazuje zmniejszenie nośności pobocznic pała.

W przypadku pała nr 4 (rys. 10 i 11) nośność graniczna po uwzględnieniu s_0 spadła, lecz również znacznie zmieniła się nośność graniczna podstawy pała. Przy aproksymacji podstawowej pał pracował niemal wyłącznie podstawą, jednak po uwzględnieniu zmodyfikowanej procedury charakter jego pracy zmienił się. Znaczną część nośności przejęła pobocznica pała.

W tablicy uszeregowano pałę poddane analizie według trzech kryteriów po to, aby określić jak s_0 wpływa na parametry krzywej M-K różnych pałi. Okazuje się, że wpływ ten nie zależy tylko od rodzaju pała. W każdej z grup są pałę wykonane w różnych technologiach. Wynika z tego, że znaczenie może mieć sposób wykonania prac głębiących pał, rodzaj gruntu oraz reżim wykonania badania statycznego pała (włączając w to przygotowanie stanowiska badawczego).

WNIOSKI

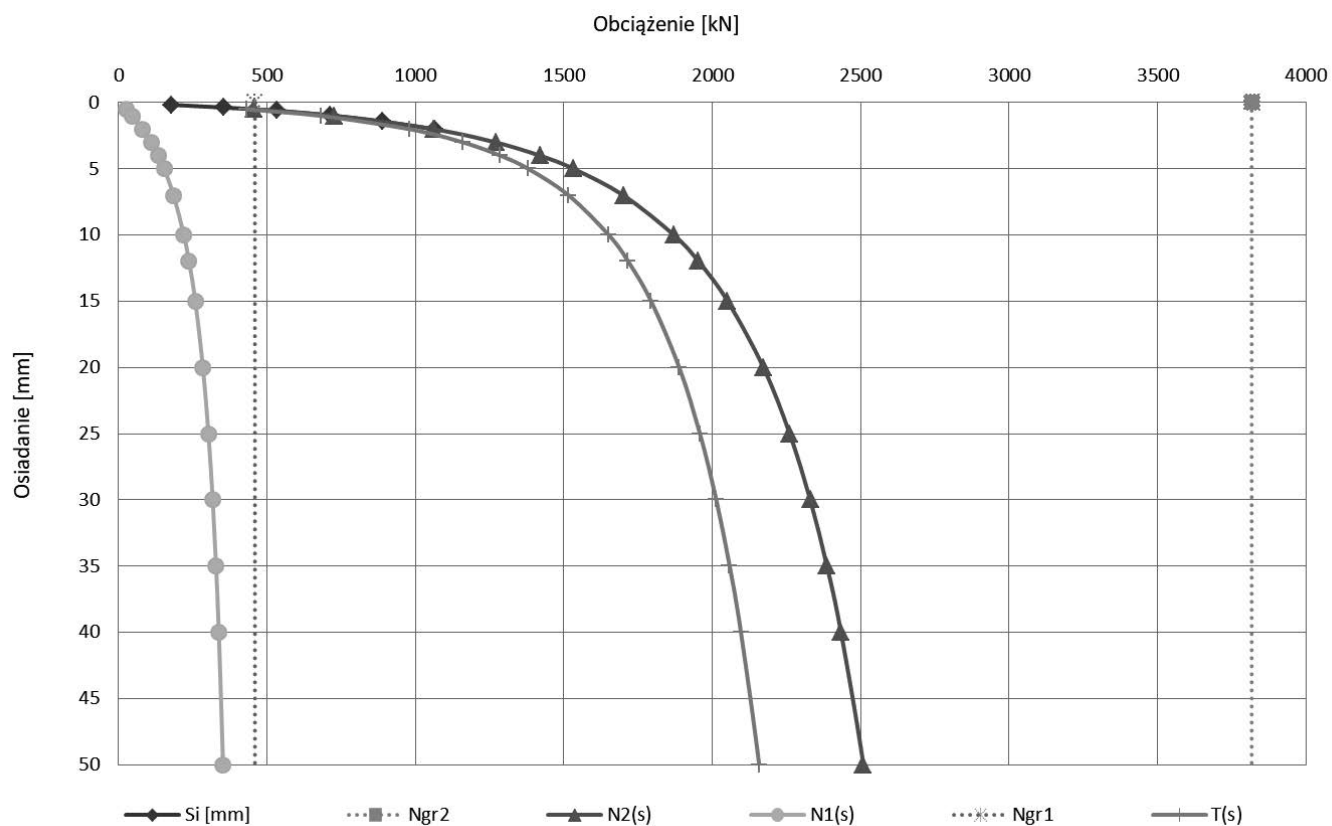
1. Wykonane badania doświadczalne, podczas których doprowadzono do niekontrolowanych osiadań, pozwoliły na:
 - a) zweryfikowanie modelu M-K jako narzędzia służącego do wiarygodnego i prawdopodobnego przewidywania nośności granicznej oraz ekstrapolacji krzywej obciążenie-osiadanie uzyskanej w małym zakresie obciążeń,
 - b) stwierdzenie czułości rozwiązań dla parametrów modelu M-K, to jest: C_2 , C_1 , κ_2 , κ_1



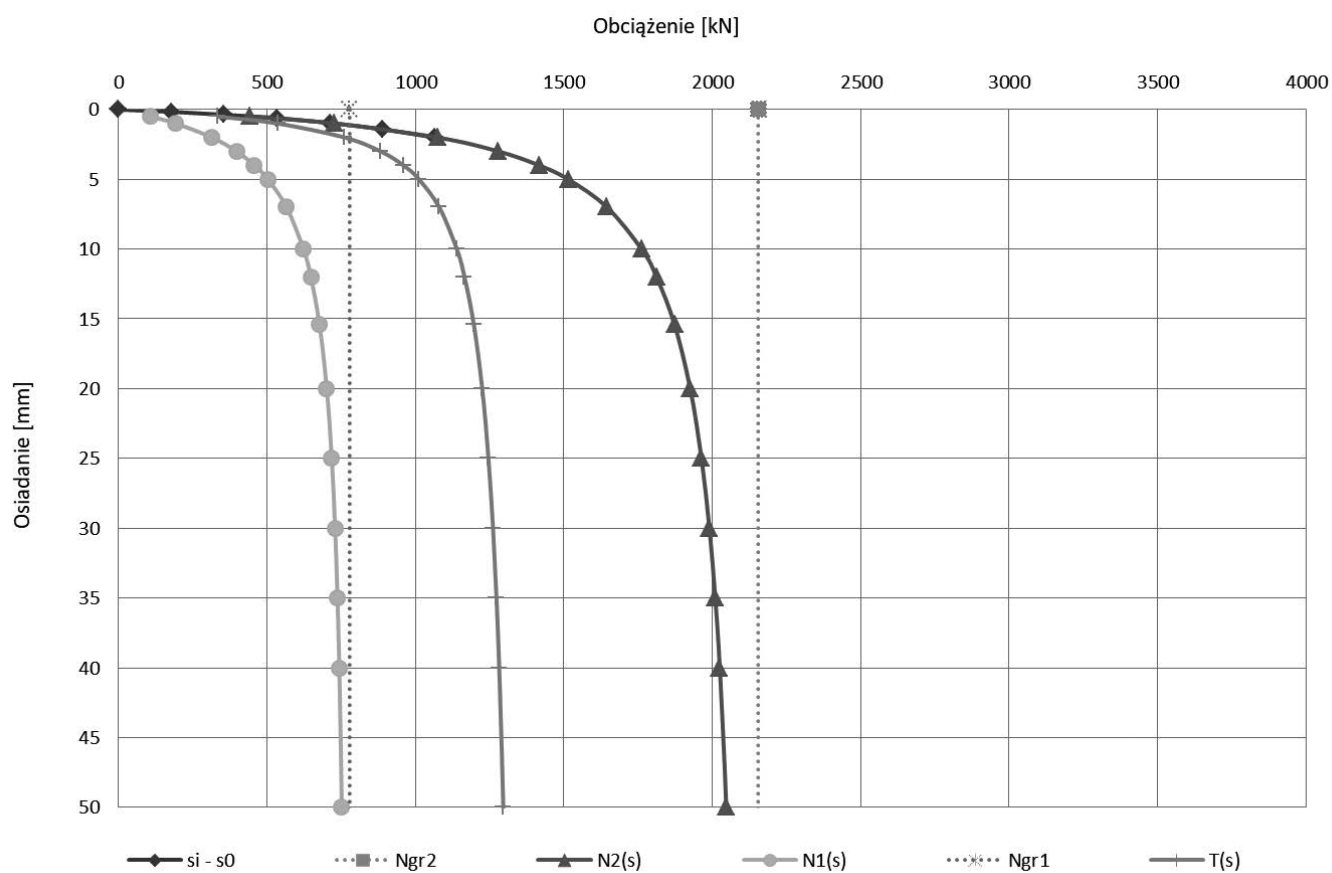
Rys. 5. Korekta zbioru $\{s_i; N_i\}$ na podstawie oszacowanego błędu w przypadku pała wielkośrednicowego

Tabl. 3. Wyniki pomierzonych nośności granicznych oraz parametrów krzywej M-K wyznaczonych dla skróconych zbiorów $\{s_p, N_p\}$

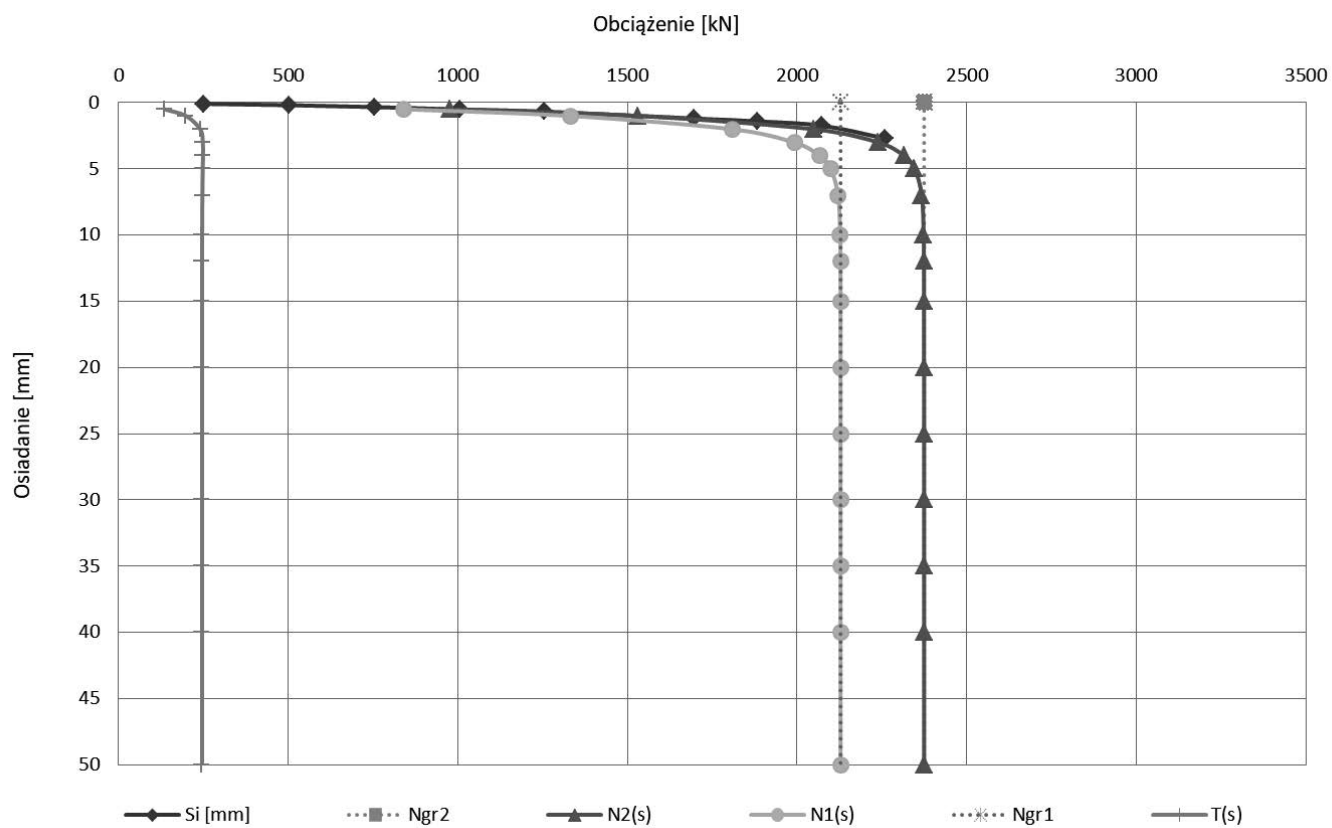
Grupa	Nr pala	Technologia	Geometria			$S_0 = 0$						$S_0 \neq 0$						S_0
			H	D	D podst.	Ngr2	C2	Kappa2	Ngr1	C1	Kappa1	Ngr2	C2	Kappa2	Ngr1	C1	Kappa1	
I	4	Pal wiercony wielkośrednicowy w rurze obsadowej	25,4	1	1	5083	0,00052	0,01	5016	0,00053	0,01	4248	0,00042	0,57	2336	0,00103	0,45	0,05
	40	Vibro	18	0,56	0,63	4694	0,00092	0,01	4632	0,00094	0,01	5601	0,00083	0,97	2261	0,00323	0,68	0,25
	48	Vibro	6	0,51	0,56	980	0,00111	0,09	876	0,00131	0,08	2092	0,00072	4,06	241	0,01835	1,62	-0,09
	109	Wiercone wielkośrednicowe	25,4	1	1	5114	0,00050	0,01	5047	0,00051	0,01	5177	0,00043	0,99	2070	0,00170	0,69	0,04
II	18	Pal wiercony wielkośrednicowy w rurze obsadowej	14	1	1,8	2374	0,00039	0,09	2128	0,00046	0,08	3312	0,00056	0,01	3269	0,00057	0,01	-0,06
	29	Pal wiercony wielkośrednicowy w rurze obsadowej z iniekcją	13	0,88	0,88	3962	0,00051	0,61	2101	0,00133	0,48	6452	0,00065	0,01	6367	0,00066	0,01	0,00
	83	Vibro	9,5	0,61	0,66	5494	0,00085	0,50	3203	0,00191	0,40	2891	0,00068	0,01	2853	0,00070	0,01	-0,26
II/III	101	Vibro	9	0,46	0,51	3817	0,00080	3,90	459	0,01913	1,59	2154	0,00088	1,15	778	0,00406	0,76	-0,01
	115	Wiercone wielkośrednicowe	14	1	1	12668	0,00028	4,13	1432	0,00724	1,63	6947	0,00031	1,17	2476	0,00148	0,77	-0,15
	139	Vibro	16	0,48	0,51	3592	0,00186	0,46	2177	0,00395	0,38	3261	0,00194	0,01	3214	0,00199	0,01	0,34
III	8	Pal wiercony wielkośrednicowy w rurze obsadowej	14	1	1,4	12447	0,00026	4,01	1453	0,00657	1,61	6483	0,00032	0,83	2902	0,00108	0,60	-0,08
	32	Pal wiercony wielkośrednicowy w rurze obsadowej z iniekcją	10,5	1	1	5269	0,00017	3,12	799	0,00283	1,41	3974	0,00020	1,40	1234	0,00115	0,88	-0,02
	37	FDP	11,5	0,51	0,51	1877	0,00198	0,01	1852	0,00202	0,01	1547	0,00190	0,01	1526	0,00194	0,01	0,14
	38	FDP	12	0,51	0,51	1706	0,00195	0,01	1683	0,00199	0,01	1367	0,00184	0,01	1349	0,00188	0,01	0,08
	39	Vibro	18	0,56	0,63	5803	0,00095	0,01	5726	0,00097	0,01	4865	0,00098	0,01	4801	0,00099	0,01	0,22
	71	Vibro	13	0,61	0,66	4349	0,00099	0,01	4291	0,00101	0,01	4109	0,00084	0,01	4054	0,00085	0,01	-0,02
	97	Vibrex	12	0,51	0,51	1113	0,00061	0,01	1098	0,00062	0,01	1076	0,00065	0,01	1061	0,00066	0,01	0,07
	111	Wiercone wielkośrednicowe	23,3	1	1	9829	0,00037	6,41	681	0,02052	2,00	7802	0,00048	4,10	889	0,01238	1,63	0,16



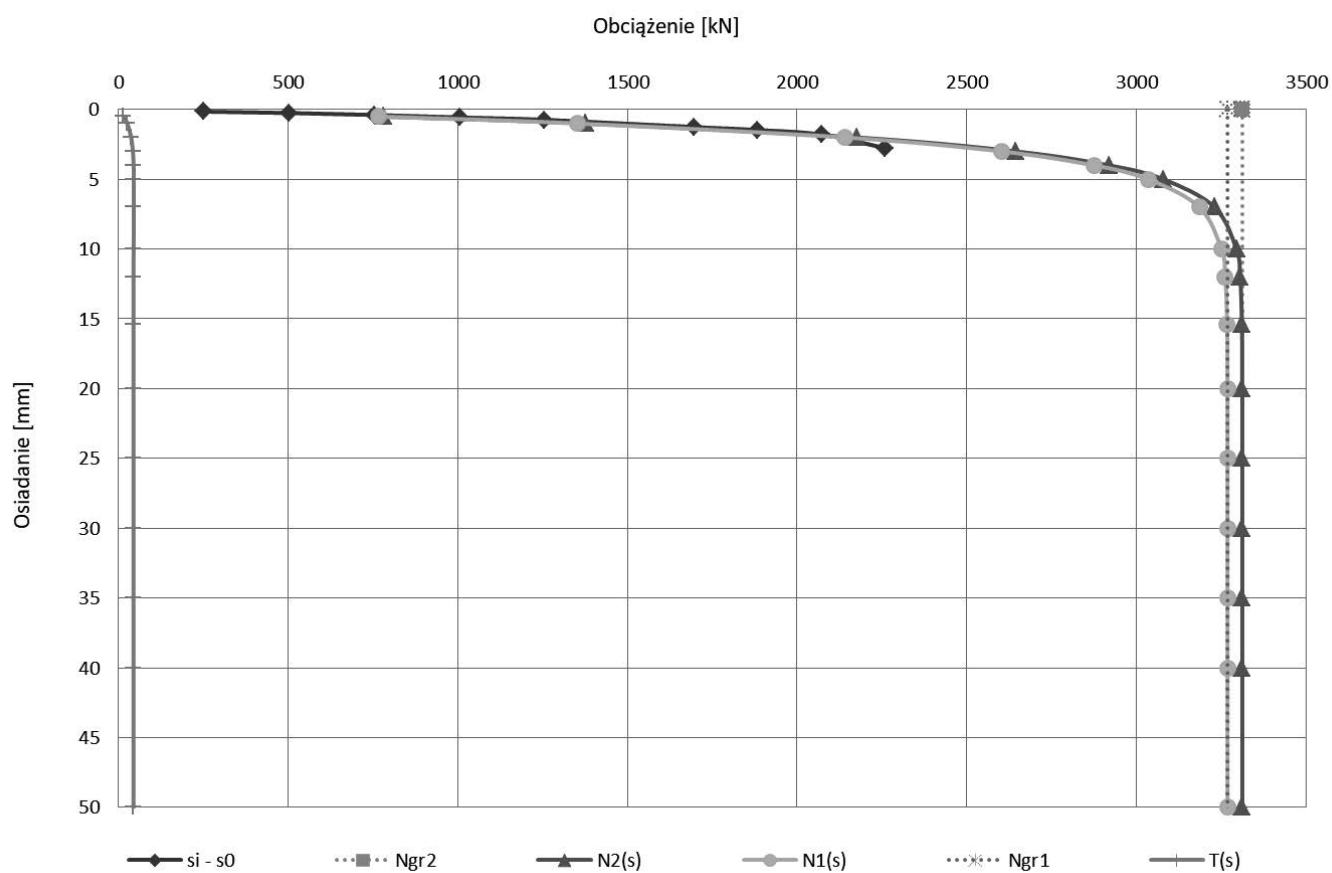
Rys. 6. Model podstawowy, pal nr 101 – grupa II/III



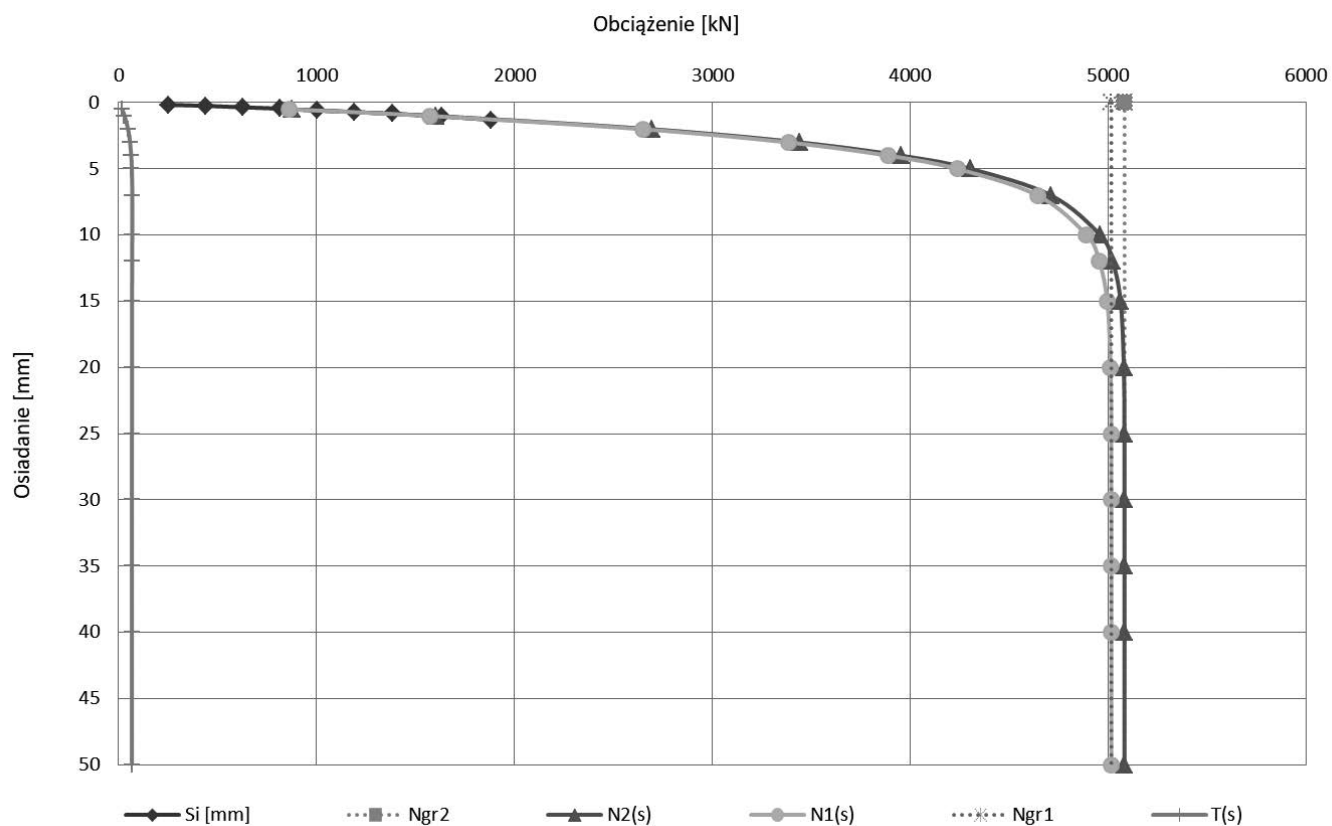
Rys. 7. Model zmodyfikowany, pal nr 101 – grupa II/III



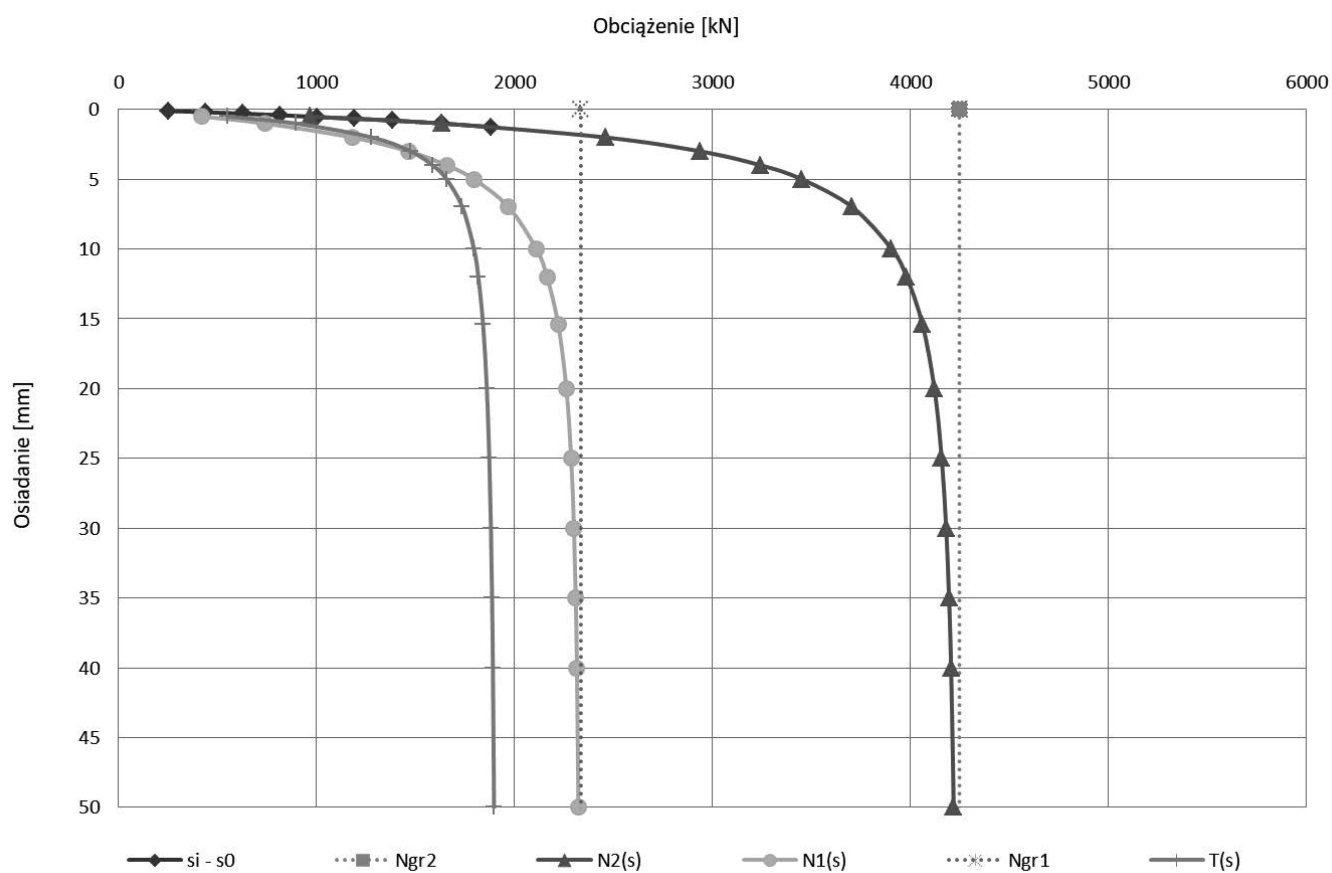
Rys. 8. Model podstawowy, pal nr 18 – grupa II



Rys. 9. Model zmodyfikowany, pal nr 18 – grupa II



Rys. 10. Model podstawowy, pal nr 4 – grupa I



Rys. 11. Model zmodyfikowany, pal nr 4 – grupa I

2. Przeprowadzona analiza wskazuje na istotny wpływ niepewności pomiarowej s_0 na wszystkie parametry krzywej M-K.
3. Uwzględnienie niepewności pomiarowej wpływa na zmianę nośności granicznej oraz rozkładu nośności pala (pobocznica/podstawa).
4. Dotychczasowe badania nie wykazują związku pomiędzy technologią wykonania pala a wartością niepewności pomiarowej bądź jej wpływem na charakterystykę pracy pala.
5. W celu uszczegółowienia wniosków konieczne jest przeprowadzenie większej liczby analiz badań statycznych pali.

LITERATURA

1. Gwizdała K.: Fundamenty palowe. Technologie i obliczenia. PWN, Warszawa, 2010
2. Gwizdała K., Krasiński A.: Fundamenty palowe, Obliczenia z zastosowaniem zasad Eurokodu 7 i doświadczeń krajowych, Politechnika Gdańska, Gdańsk, 2016.
3. Krasiński A, Wiszniewski M.: Static load test on concrete pile – instrumentation and results interpretation, 2017.
4. Meyer Z.: Analiza naprężeń na poboczniczy pod podstawą pojedynczego pala w oparciu o teorię Boussinesqa. XVIII Seminarium Naukowe Regionalne Problemy Inżynierii Środowiska, Szczecin, 2010.
5. Meyer, Z., Kowalów M.: Model krzywej aproksymującej wyniki testów statycznych pali. Inżynieria Morska i Geotechnika nr 3/2010.
6. Meyer Z., Szmeczel G.: Problemy zasad wymiarowania pali. Inżynieria Morska i Geotechnika nr 3/2015.
7. Meyer Z., Szmeczel G.: Określenie oporów poboczniczy pala na podstawie próbnych statycznych obciążeń pala. Inżynieria Morska i Geotechnika, nr 3/2015.
8. Meyer Z., Żarkiewicz K.: Analiza mobilizacji oporu poboczniczy i podstawy pala na podstawie interpretacji badań modelowych. Inżynieria Morska i Geotechnika 3/2015.
9. Meyer Z., Wasiluk A.: Analiza niedokładności pomiarów badania statycznego pala z wykorzystaniem modeli analitycznych. Inżynieria Morska i Geotechnika 5/2018.
10. Meyer Z., Wasiluk A.: Verification of Meyer-Kowalow curve parameters. Proceedings of the third international conference – Challenges in geotechnical engineering 2019.
11. Szmeczel G.: Określenie nośności granicznej pali na podstawie próbnych obciążeń statycznych w ograniczonym zakresie. Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie, rozprawa doktorska, 2014.
12. Wiłun Z.: Zarys Geotechniki Wydawnictwo Komunikacji i Łączności WKŁ, 2013
13. Wyniki próbnych statycznych obciążeń pali, Energopol, Warszawa, Budowa drogi ekspresowej S2, 2018.
14. Żarkiewicz K.: Analiza formowania się oporu poboczniczy pala w gruntach niespoistych na podstawie modelowych badań laboratoryjnych. Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie, rozprawa doktorska, 2017.
15. PN-83/B-02482. Fundamenty budowlane. Nośność pali i fundamentów palowych.
16. PN-EN 1997-1:2008. Eurokod 7. Projektowanie geotechniczne. Cz. 1: Zasady ogólne.