

Analiza osiadania pojedynczego pala

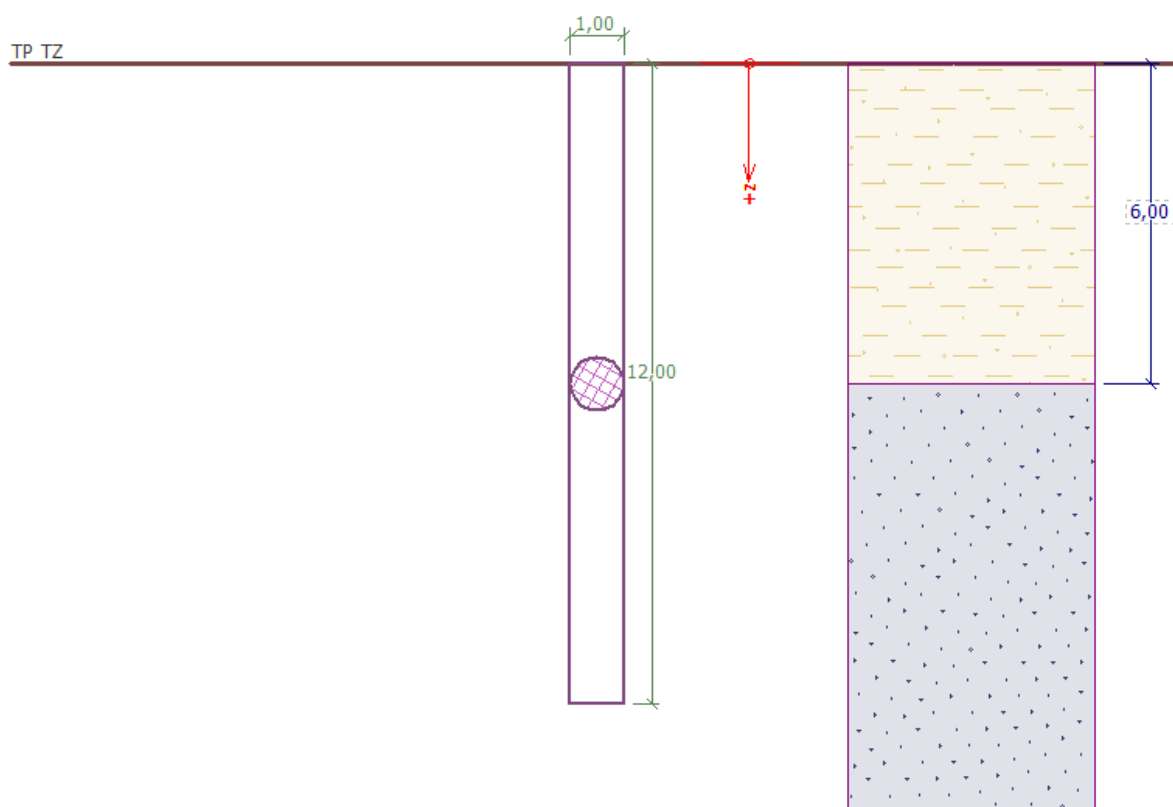
Program: Pal

Plik powiązany: Demo_manual_14.gpi

Celem niniejszego przewodnika jest przedstawienie wykorzystania programu GEO5 PAL do obliczania osiadania pojedynczego pala w odniesieniu do konkretnego praktycznego zagadnienia.

Sformułowanie problemu

Ogólne sformułowanie problemu zostało przedstawione w rozdziale 12 (*Przewodnik Inżyniera nr 12 Pale fundamentowe – wprowadzenie*). Analiza osiadania pojedynczego pala powinna być prowadzona jako kontynuacja obliczeń nośności przedstawionych w *Przewodniku Inżyniera nr 13 Analiza nośności pionowej pojedynczego pala*.



Schemat ogólny zadania – pojedynczy pal

Rozwiązanie

Aby wykonać zadanie skorzystaj z programu Pal zawartego w pakiecie GEO5. Przewodnik przedstawia kolejne kroki rozwiązania tego przykładu.

Niniejszy przykład przedstawia analizę osiadania pojedynczego pala z wykorzystaniem metod:

- teoria liniowa osiadania (według prof. **Poulosa**)

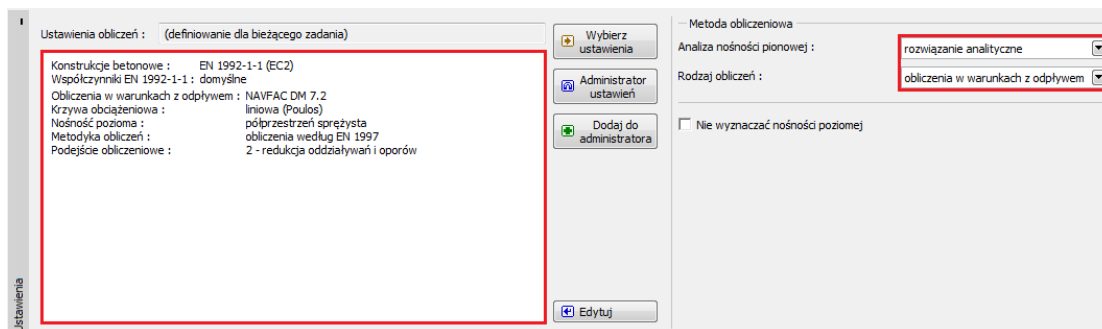
– teoria nieliniowa osiadania (według Masopusta)

Liniowa krzywa obciążeniowa (rozwiązanie według Poulosa) uzyskiwana jest na podstawie obliczeń nośności pionowej pala. Podstawowymi parametrami wprowadzanymi do obliczeń są **nośność pobocznicy pala oraz nośność podstawy pala** – R_s and R_b . Powyższe wartości otrzymuje się wykonując obliczenia nośności pionowej pojedynczego pala w zależności od wybranej metody obliczeniowej (NAVFAC DM 7.2, Metodą Naprężeń Efektywnych, CSN 73 1002 lub metodą Tomlinsona).

Nieliniowa krzywa obciążeniowa (rozwiązanie według Masopusta) wykorzystuje sformułowanie korzystające z tzw. **współczynników regresji**. W rezultacie otrzymujemy krzywą obciążeniową niezależną od metody obliczania nośności pionowej dzięki czemu może ona być wykorzystywana również do wyznaczania nośności pojedynczego pala odpowiadającej dopuszczalnemu osiadaniu granicznemu (zazwyczaj jest to wartość 25mm).

Przedstawienie procedury: Liniowa teoria osiadania (POULOS)

Ustawienia obliczeń, w stosunku do poprzedniego przykładu obliczania nośności pionowej metodą NAVFAC DM 7.2, pozostawiamy bez zmian jako "Standardowe – EN 1997 – DA2". Liniowa krzywa obciążeniowa (według Poulosa) jest domyślna dla wybranego zestawu ustawień.



Ramka „Ustawienia obliczeń”

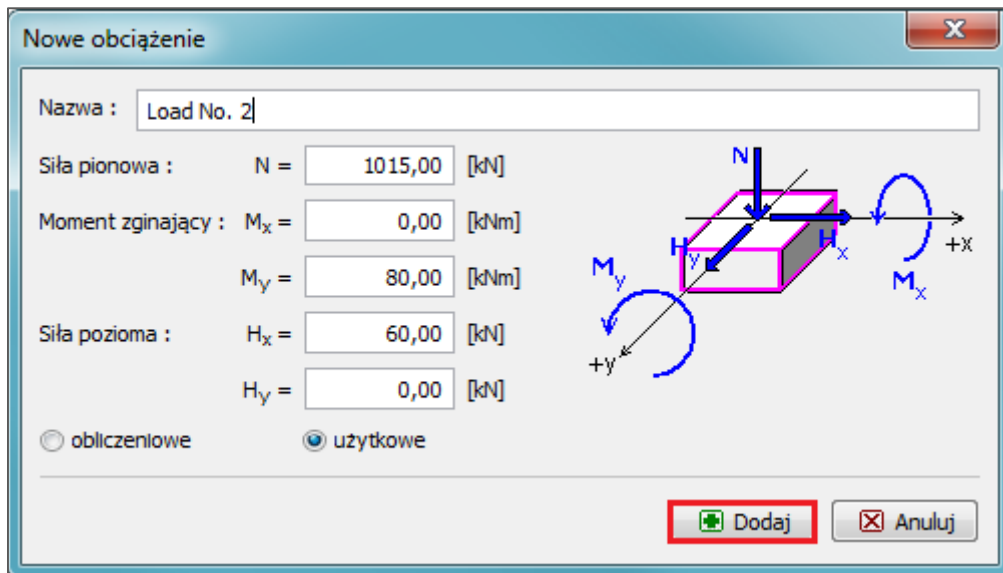
Uwaga: Obliczenia granicznej krzywej obciążeniowej oparte są na teorii sprężystości. Parametry gruntu opisywane są modułem odkształcenia E_{def} oraz współczynnikiem Poissona ν .

Następnym krokiem będzie wprowadzenie parametrów odkształceniowych gruntów wymaganych do przeprowadzenia obliczeń osiadania tj. modułu edometrycznego E_{oed} lub modułu odkształcenia E_{def} oraz współczynnika Poissona ν .

Grunt (Klasyfikacja gruntu)	Ciężar objętościowy $\gamma \text{ [kN/m}^3\text{]}$	Kąt tarcia wew- nętrznego $\varphi_{ef} \text{ [}^\circ\text{]}$	Spójność gruntu $c_{ef} \text{ [kPa]}$	Współczynnik Poissona $\nu \text{ [-]}$	Moduł edometryczny $E_{oed} \text{ [MPa]}$
SaFCl – łą piaszczysty, twardoplastyczny	18.5	-/0,0	-/50,0	0.35	8.0
FSa – piasek drobny, średniozagęszczony	17.5	29.5	0.0	0.30	21.0

Tabela z parametrami gruntu – osiadanie pojedynczego pała

Aby przeprowadzić analizę osiadania pojedynczego pała zdefiniujemy nowe obciążenie użytkowe.

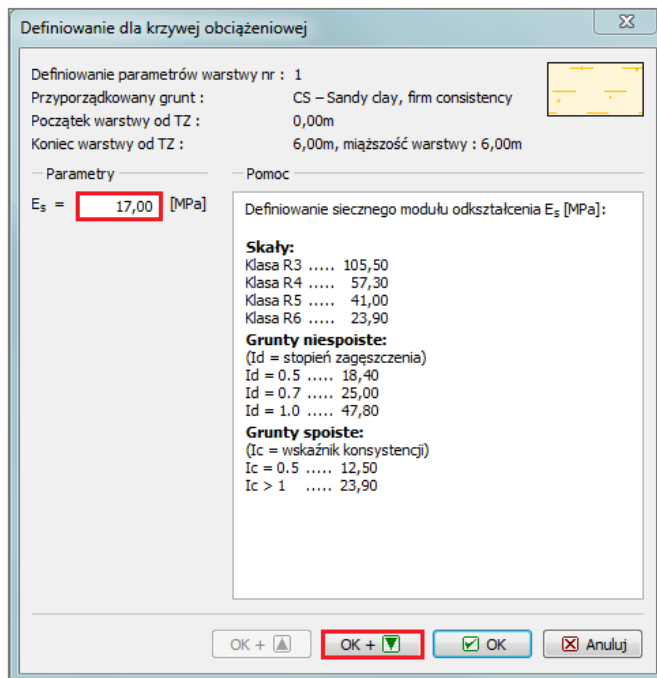


Okno dialogowe „Nowe obciążenie“

Pozostałe ramki nie wymagają wprowadzania żadnych zmian. Następnie przejdziemy do analizy osiadania pała w ramce „Osiadanie”.

Zdefiniujemy sieczny moduł odkształcenia gruntu $E_s \text{ [MPa]}$ dla kolejnych warstw gruntu wykorzystując tabelkę „Moduł E_s ”.

Dla pierwszej warstwy gruntu *spoistego* (łą piaszczysty, $I_c = 0.5$) przyjmujemy zalecaną wartość siecznego modułu odkształcenia o wartości $E_s \cong 17.0 \text{ MPa}$. Dla drugiej warstwy gruntu *niespoistego* (piasek drobny, $I_d = 0.5$) przyjmujemy wartość siecznego modułu odkształcenia $E_s \cong 24.0 \text{ MPa}$ zgodnie z tabelą.



Definiowanie dla krzywej obciążeniowej

Definiowanie parametrów warstwy nr : 1

Przyporządkowany grunt : CS – Sandy clay, firm consistency

Początek warstwy od TZ : 0,00m

Koniec warstwy od TZ : 6,00m, miąższość warstwy : 6,00m

Parametry

$E_s =$ 17,00 [MPa]

Pomoc

Definiowanie siecznego modułu odkształcenia E_s [MPa]:

Skały:




Klasa R3	.....	105,50
Klasa R4	.....	57,30
Klasa R5	.....	41,00
Klasa R6	.....	23,90

Grunty niespoiste:
(I_d = stopień zagęszczenia)

$I_d = 0.5$	.....	18,40
$I_d = 0.7$	.....	25,00
$I_d = 1.0$	.....	47,80

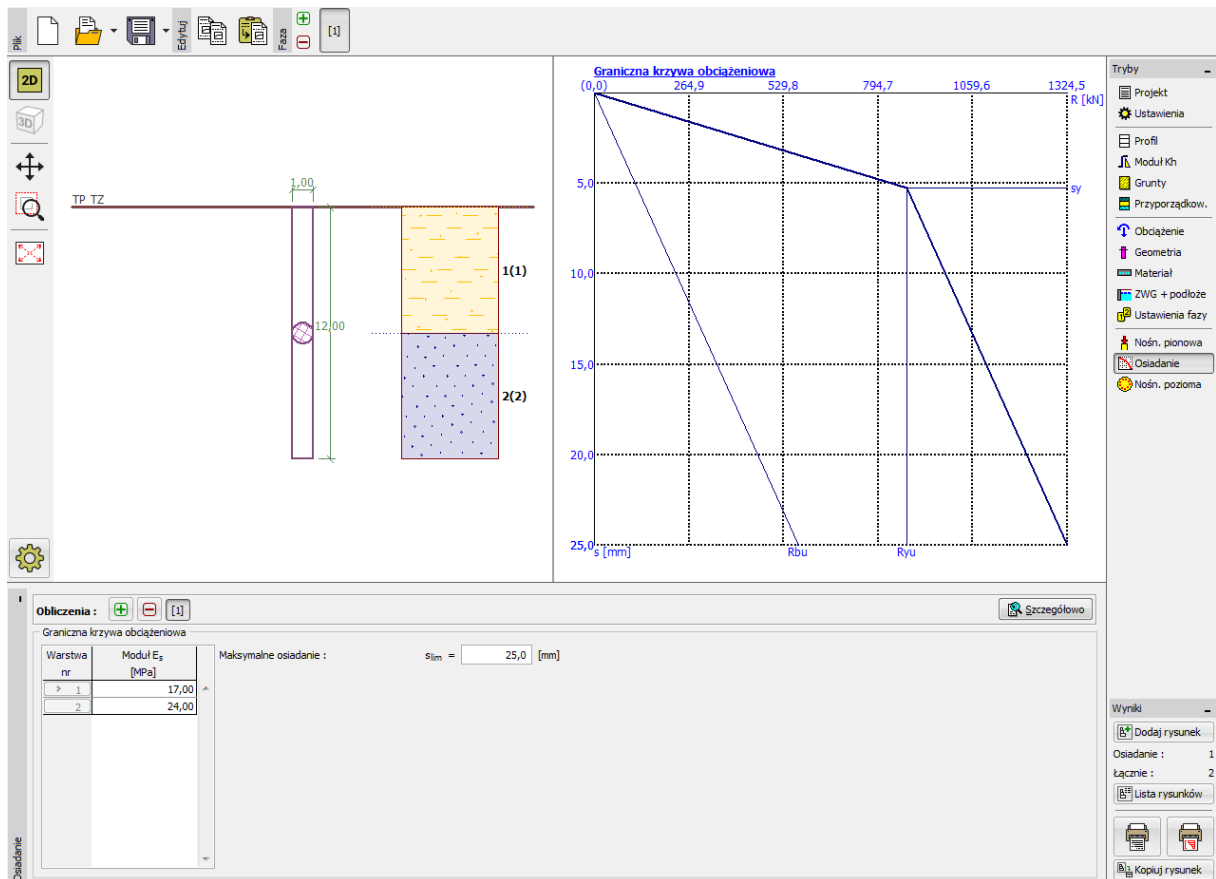
Grunty spoiste:
(I_c = wskaźnik konsystencji)

$I_c = 0.5$	.....	12,50
$I_c > 1$	.....	23,90

OK +  OK +  OK  Anuluj

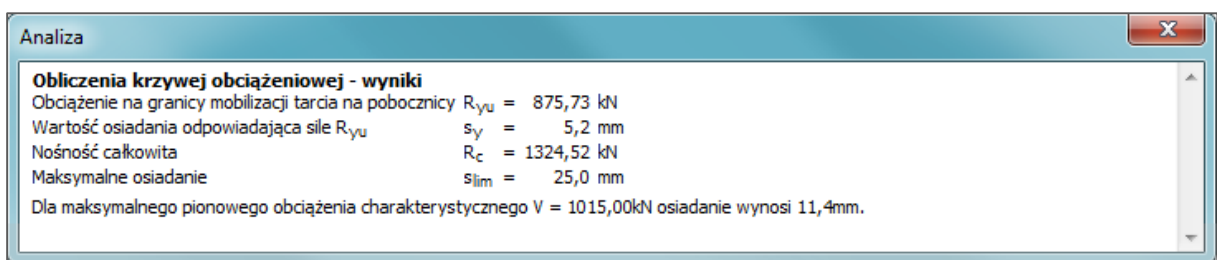
Okno dialogowe „Definiowanie dla krzywej obciążeniowej – sieczny moduł odkształcenia E_s ”

Uwaga: Sieczny moduł odkształcenia E_s zależy od średnicy pala oraz miąższości poszczególnych warstw gruntu. Wartość modułu E_s powinna zostać określona na podstawie badań przeprowadzonych in-situ. Sieczny moduł odkształcenia zależy ponadto od wartości stopnia zagęszczenia I_d oraz wskaźnika konsystencji I_c odpowiednio dla gruntów niespoistych i spoistych (więcej informacji w pomocy F1).



Ramka „Osiedlenie” – liniowa krzywa obciążeniowa (według Poulosa)

Następnie określimy maksymalne dopuszczalne osiadanie, dla którego wyznaczana będzie krzywa obciążeniowa. Wybierz przycisk „Szczegółowo”, gdzie przedstawiona jest obliczona wartość osiadania przy maksymalnym obciążeniu użytkowym.



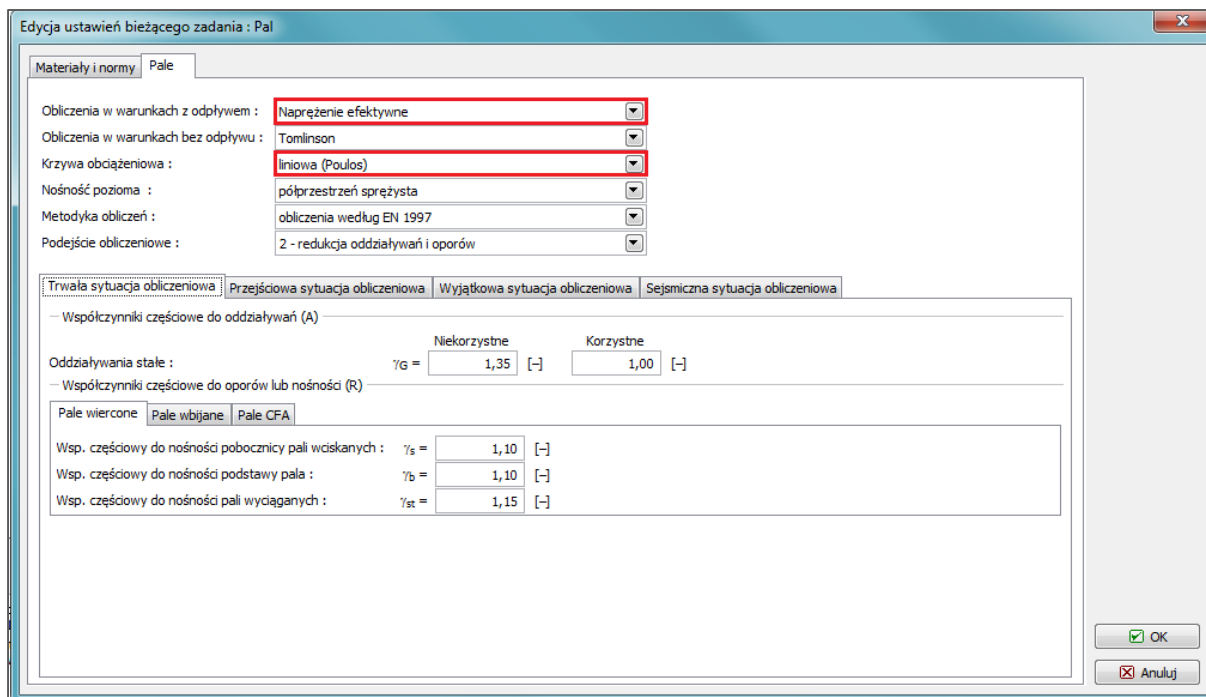
Wyniki obliczeń osiadania

Wartość osiadania przy zastosowaniu metody **NAVFAC DM 7.2** obliczenia nośności pionowej pojedynczego pała wynosi $s = 11,4$ mm.

Analiza osiadania pojedynczego pała: Liniowa teoria osiadania (POULOS), inne metody

Kolejną czynnością będzie powrót do etapu wprowadzania ustawień. W ramce „Ustawienia” naciśnij przycisk „Edytuj”, a następnie przejdź do zakładki „Pały”. Dla opcji ustawień „Obliczenia w

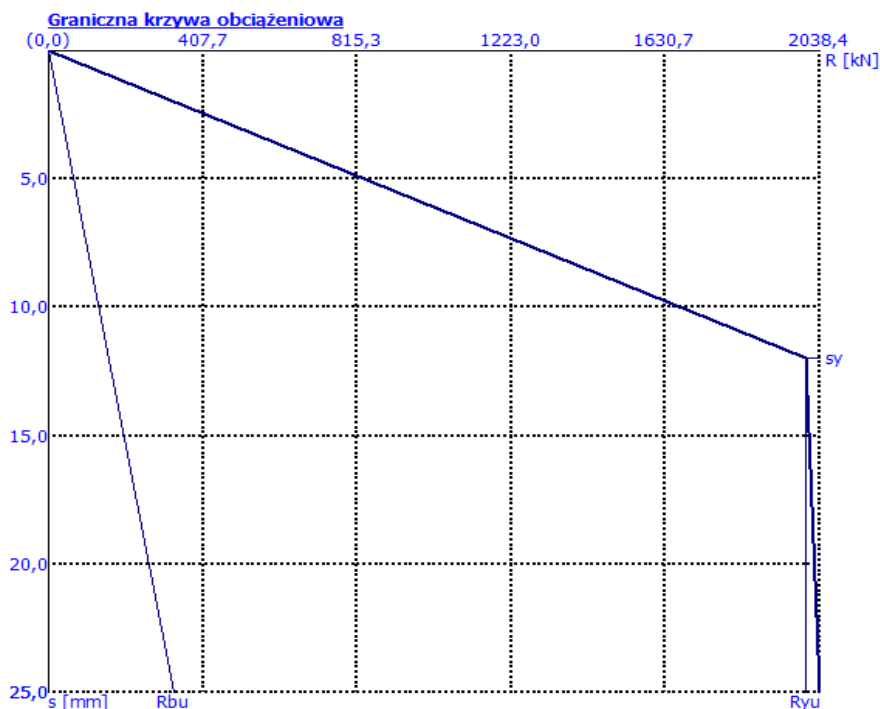
warunkach z odpływem” wybierz z listy rozwijalnej ”Napężenie efektywne”, dla kolejnych obliczeń wybierz ”CSN 73 1002”. Pozostałe parametry wejściowe do obliczeń nie ulegają zmianie.



Okno dialogowe „Edycja ustawień bieżącego zadania”

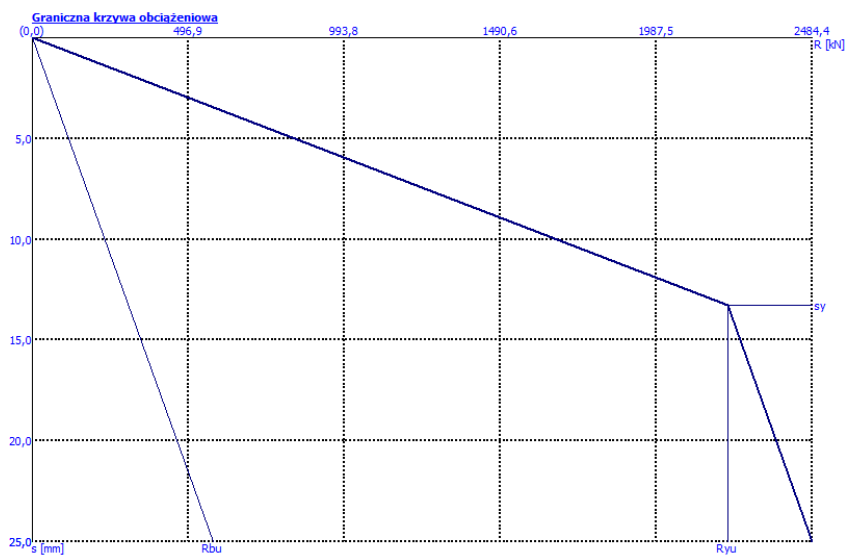
Następnie wróć do ramki ”Osiadanie”, aby zobaczyć wyniki obliczeń. Wartość maksymalnego dopuszczalnego osiadania s_{lim} , typ pala oraz sieczny moduł odkształcenia gruntu E_s pozostają identyczne jak w poprzednim przypadku.

Wartość osiadania przy zastosowaniu metody **NAPRĘŻEŃ EFEKTYWNYCH** obliczania nośności pionowej pojedynczego pala wynosi $s = 6.1 \text{ mm}$.



Ramka „Osiadanie” – liniowa krzywa obciążeniowa (według Poulosa) dla met. naprężeń efektywnych

Wartość osiadania przy zastosowaniu metody **CSN 73 1002** obliczania nośności pionowej pojedynczego pala wynosi $s = 6.1 \text{ mm}$.



Ramka „Osiadanie” – liniowa krzywa obciążeniowa (według Poulosa) dla metody wg CSN 73 1002

Wyniki osiadania pojedynczego pala zgodnie z liniową teorią osiadania (**Poulosa**) w zależności od zastosowanej metody obliczania nośności pionowej pojedynczego pala przedstawiono w tabeli:

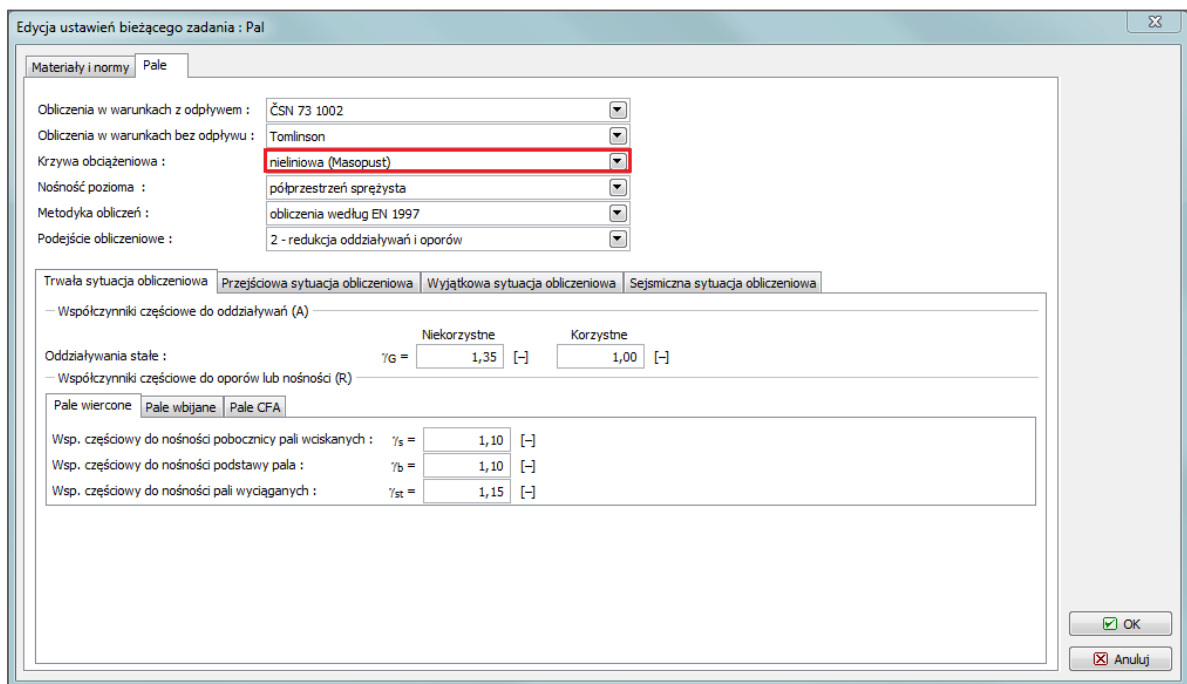
Liniowa krzywa obciążeniowa Metoda obliczeń	Obciążenie na granicy mobilizacji tarcia na pobocznicy $R_{yu} [kN]$	Nośność całkowita $R_c [kN]$ dla $s_{lim} = 25,0 mm$	Osiadanie pojedynczego pala $s [mm]$
NAVFAC DM 7.2	875.73	1324.52	11.4
NAPRĘŻEŃ EFEKTYWNYCH	2038.36	2000.47	6.1
CSN 73 1002	2215.89	2484.40	6.1

Podsumowanie wyników – Osiadanie pojedynczego pala według Poulosa

Analiza osiadania pojedynczego pala: Nieliniowa teoria osiadania (MASOPUST)

Wynik obliczeń jest niezależny od uprzednio przeprowadzonej analizy nośności pionowej pala. Metoda bazuje na sformułowaniu korzystającym z tzw. współczynników regresji określonych na podstawie analizy statystycznej wyników badań pali pod obciążeniem statycznym (do osiągnięcia mobilizacji pełnego oporu na pobocznicy pala krzywa obciążeniowa jest reprezentowana przez parabolę). Metoda jest stosowana przede wszystkim w Czechach oraz na Słowacji dając wiarygodne i konserwatywne wyniki obliczeń dla lokalnych warunków geologiczno-inżynierskich.

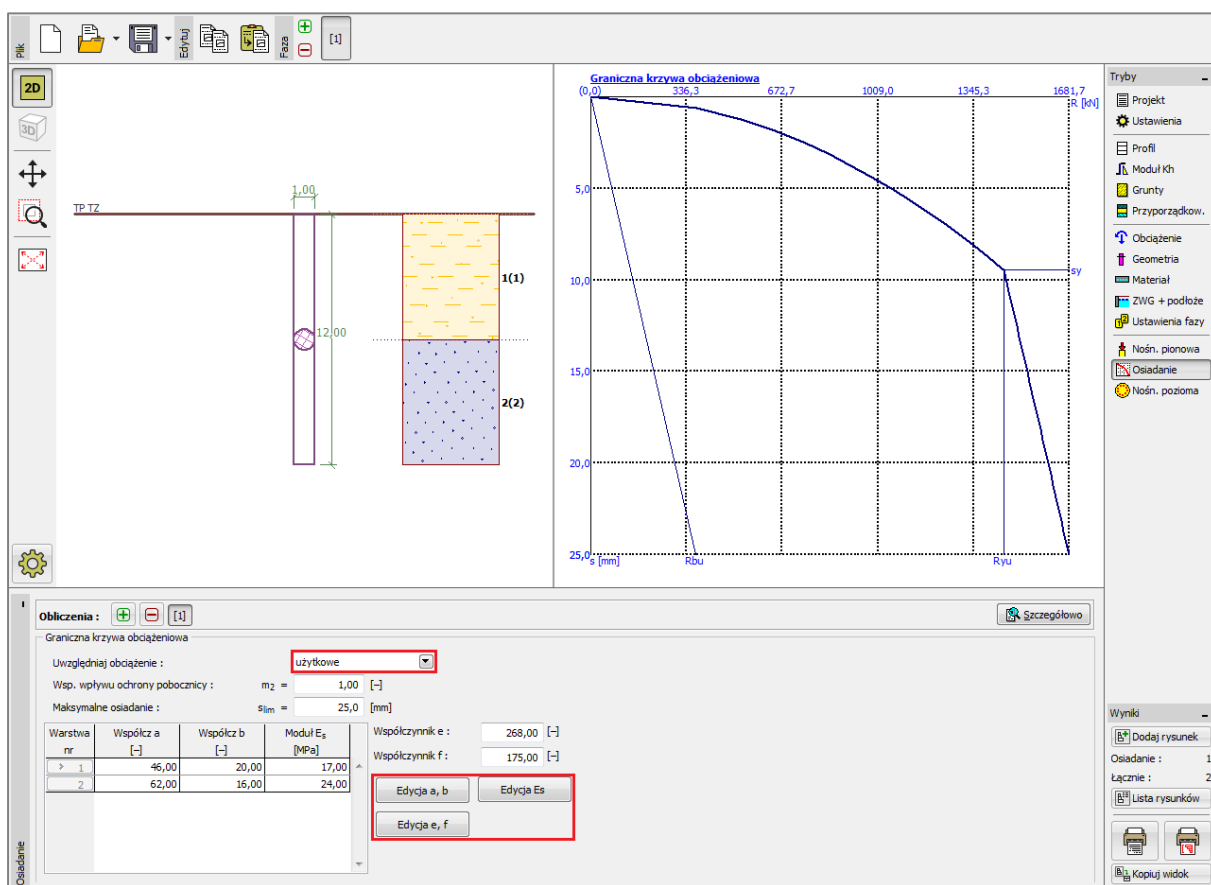
W ramce "Ustawienia" naciśnij przycisk "Edytuj", a następnie przejdź do zakładki "Pale". Dla opcji ustawień "Krzywa obciążeniowa" wybierz z listy rozwijalnej „nieliniowa (Masopust)”.



Okno dialogowe „Edycja ustawień bieżącego zadania”

Pozostałe parametry wejściowe do obliczeń nie ulegają zmianie. Następnie przejdź do ramki „Osiadanie”.

Uwzględnij obciążenie *użytkowe* (charakterystyczne) przy wyznaczaniu granicznej krzywej obciążeniowej, gdyż prowadzimy obliczenia w zakresie stanu granicznego użytkowności. Pozostaw wartość domyślną współczynnika bezpieczeństwa poboczniczy ze względu na technologię wykonania pała na poziomie $m_2 = 1.0$ – nie zmniejszymy zatem wartości nośności pionowej pała ze względu na technologię wykonania. Pozostaw wartości maksymalnego dopuszczalnego osiadania s_{lim} oraz sieciowego modułu odkształcenia gruntu E_s identyczne jak w poprzednich przypadkach.



Ramka „Osiedlenie” – rozwiązanie zgodnie z nieliniową teorią osiadania (według Masopusta)

Następnie zdefiniujemy wartość współczynników regresji korzystając z przycisków „Edycja a, b” oraz „Edycja e, f”. Podczas edycji rekomendowane wartości współczynników regresji dla różnych typów skał oraz gruntów są przedstawione w oknie dialogowym.

Definiowanie dla krzywej obciążeniowej

Definiowanie parametrów warstwy nr : 1

Przyporządkowany grunt : CS – Sandy clay, firm consistency

Początek warstwy od TZ : 0,00m

Koniec warstwy od TZ : 6,00m, miąższość warstwy : 6,00m

Parametry

a = 46,00 [-]

b = 20,00 [-]

Pomoc

Definiowanie współczynników regresji a,b [-]:

Skąły



	a	b
Dobra skała (R3)	246	225
Średnia skała (R4)	169	139
Słaba skała (R5)	131	94
Bardzo słaba skała (R6)	97	108

Grunty niespoiste
(Id = stopień zagęszczenia)

	a	b
Id = 0.5	62	16
Id = 0.7	91	48
Id = 1.0	154	115

Grunty spoiste
(Ic = wskaźnik konsystencji)

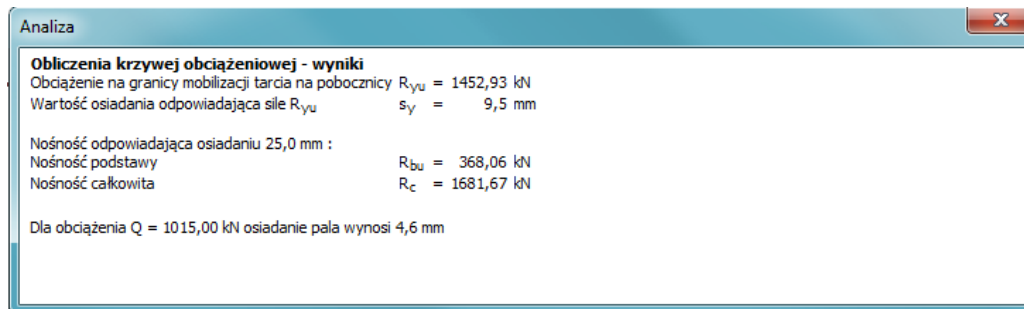
	a	b
Ic = 0.5	46	20
Ic > 1	97	108

OK +  OK +  OK Anuluj

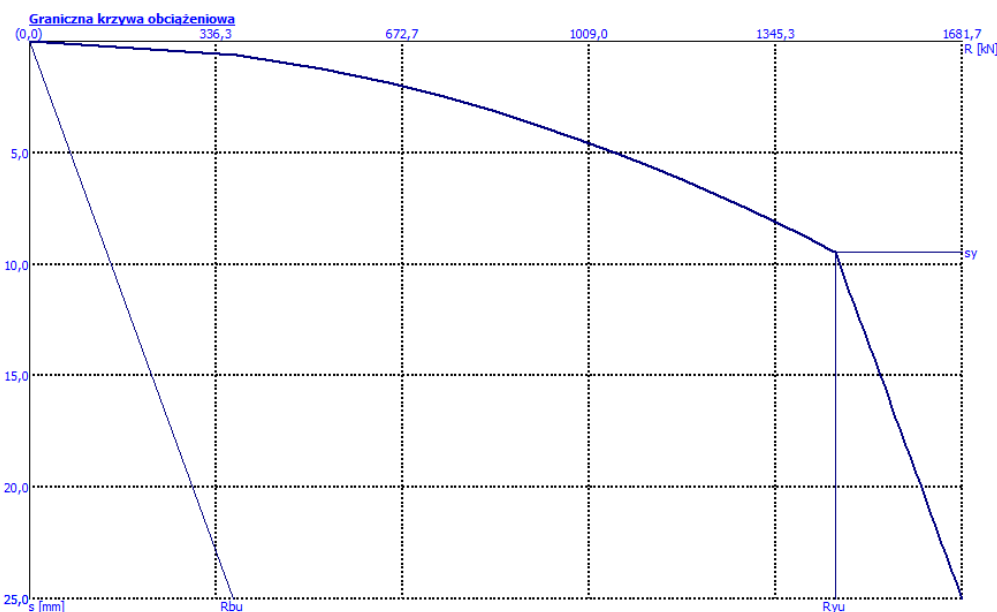
Okno dialogowe „Definiowanie dla krzywej obciążeniowej – współczynniki regresji a, b (e, f)“

Uwaga: Wartość tarcia na poboczniczy pala zależy od współczynników regresji „a, b”. Naprężenia pod podstawą pala (przy pełnej mobilizacji tarcia na poboczniczy pala) zależą od współczynników „e, f”. Wartości tych współczynników regresji uzyskano z krzywych regresji wykreślonych na podstawie analizy statystycznej wyników około 350 badań pali pod obciążeniem statycznym przeprowadzonych w Czechach oraz na Słowacji (więcej informacji w pomocy programu – naciśnij przycisk F1). Dla gruntów niespoistych oraz spoistych wartości współczynników regresji zależą odpowiednio od stopnia zagęszczenia gruntu I_d oraz wskaźnika konsystencji I_c (więcej informacji w pomocy programu – naciśnij przycisk F1).

Wartość osiadania pala pod zdefiniowanym obciążeniem użytkowym wynosi $s = 4.6 \text{ mm}$.



Wyniki obliczeń osiadania – nieliniowa krzywa obciążeniowa



Ramka „Osiadanie” – nieliniowa krzywa obciążeniowa (według Masopusta)

Uwaga: Metoda może być również stosowana do wyznaczania nośności pionowej pala – program wyznacza nośność pionową pala dla dopuszczalnego osiadania granicznego (zazwyczaj 25 mm).

Nośność całkowita pala dla s_{lim} : $R_c = 1681.67 \text{ kN} > V_d = 1015.0 \text{ kN}$ **SPEŁNIA WYMAGANIA**

Wnioski

Obliczone wartości osiadania pala pod określonym obciążeniem użytkowym (charakterystycznym) znajdują się w zakresie od 4.6 do 11.4 mm (zależnie od zastosowanej metody obliczeń). Uzyskane wartości osiadania są mniejsze od maksymalnego dopuszczalnego osiadania – pal spełnia wymagania stanu granicznego użyteczności.