

Analiza osiadania pojedynczego pala

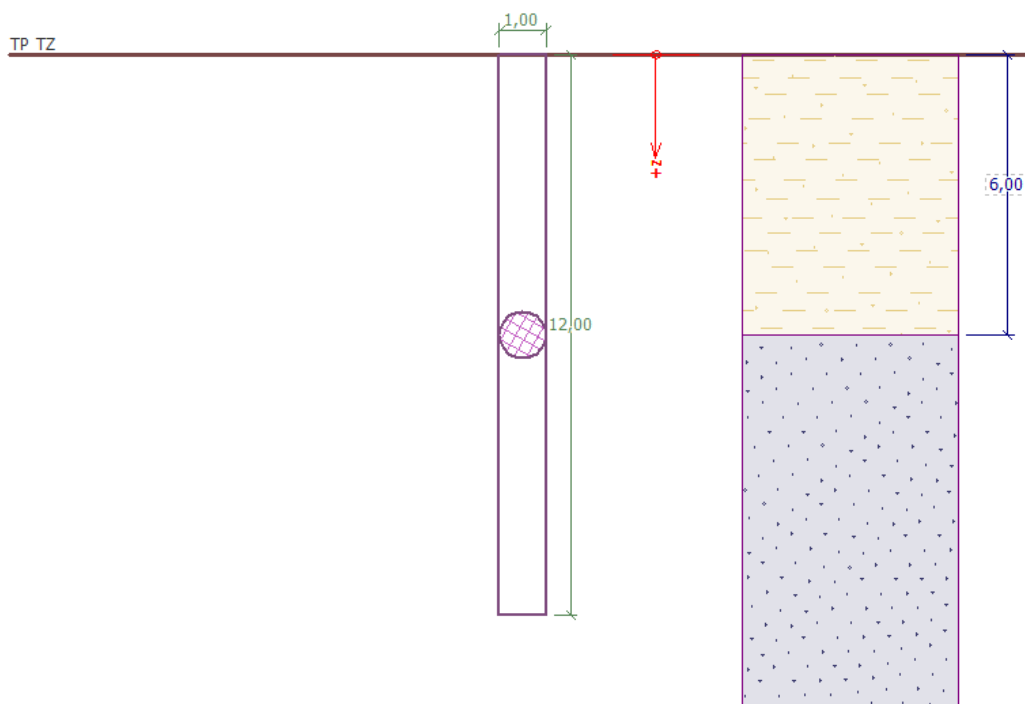
Program: Pal

Plik powiązany: Demo_manual_14.gpi

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

Sformułowanie problemu

Ogólne sformułowanie problemu zostało przedstawione w rozdziale 12 (*Przewodnik Inżyniera nr 12 Pale fundamentowe – wprowadzenie*). Analizy osiadań pojedynczych pali powinny być prowadzone jako kontynuacja obliczeń nośności przedstawionych w *Przewodniku Inżyniera nr 13 Analiza nośności pionowej pojedynczego pala*.



Schemat ogólny zadania – pojedynczy pal

Rozwiązanie

W celu wykonania zadania skorzystaj z programu GEO5 Pal. Przewodnik przedstawia kolejne kroki rozwiązania tego przykładu.

Niniejszy przykład przedstawia analizę osiadania pojedynczego pala z wykorzystaniem następujących metod:

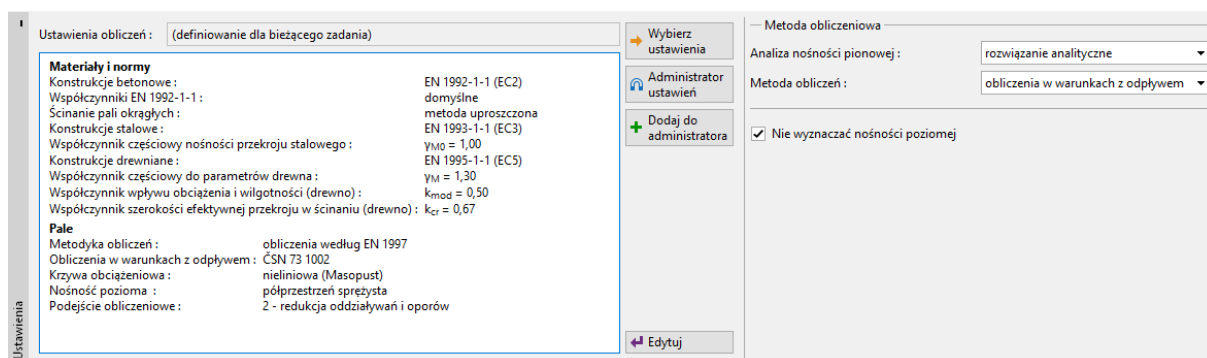
- teoria liniowa osiadania (według prof. **Poulosa**)
- teoria nieliniowa osiadania (według **Masopusta**)

Liniowa krzywa obciążeniowa (rozwiązanie według Poulosa) uzyskiwana jest na podstawie obliczeń nośności pionowej pala. Podstawowymi parametrami wprowadzanymi do obliczeń są **nośność poboczniczy 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 osiadanemu granicznemu (zazwyczaj jest to wartość 25mm).

Przedstawienie procedury: Liniowa teoria osiadania (POULOS)

Otwórz plik z Przewodnika Inżyniera nr 13 w programie „Pal”, a następnie przejdź do ramki „Ustawienia”. 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”

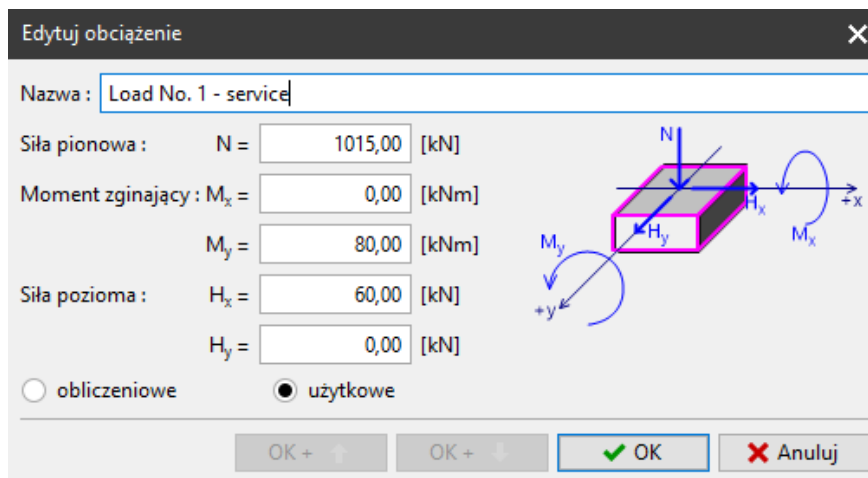
Uwaga: Obliczenia granicznej krzywej obciążeniowej bazują na teorii sprężystości. Parametry gruntu opisywane są za pomocą modułu odkształcenia E_{def} oraz współczynnika Poissona ν .

W następnym kroku przejdziemy do ramki „Grunt”, w której wprowadzimy parametry odkształceniowe gruntów wymagane do przeprowadzenia obliczeń osiadania tj. modułu edometrycznego E_{oed} lub modułu odkształcenia E_{def} oraz współczynnika Poissona ν .

Grunt (Klasyfikacja)	Ciężar objętościowy γ [kN/m ³]	Kąt tarcia wewnętrznego φ_{ef} [°]	Spójność c_{ef} [kPa]	Współczynnik Poissona ν [-]	Moduł edometryczny E_{oed} = [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

Następnie, w ramce „Obciążenie” zdefiniujemy obciążenie użytkowe (charakterystyczne), w celu przeprowadzenia analizy osiadania pojedynczego pała. Kliknij przycisk „Dodaj” i zdefiniuj nowe obciążenie o parametrach takich, jak podane na rysunku poniżej.

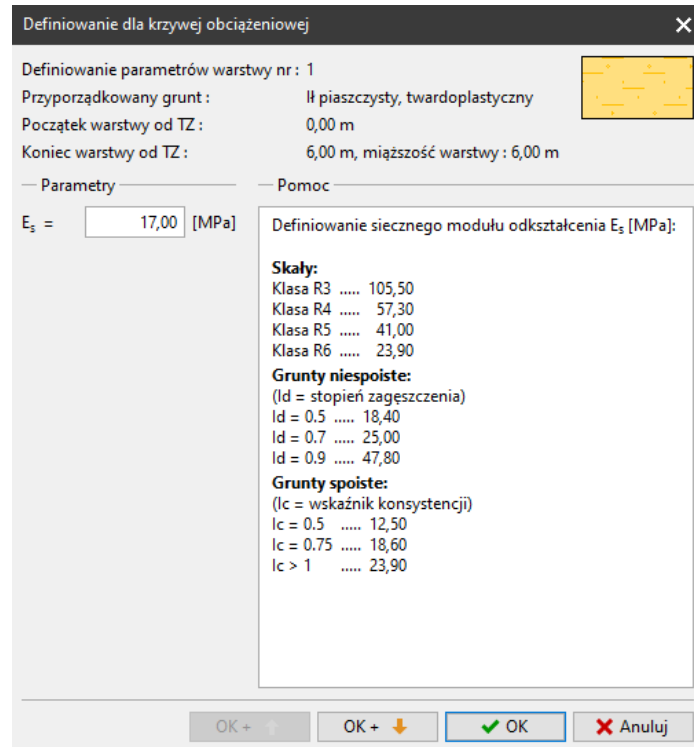


Okno dialogowe „Nowe obciążenie”

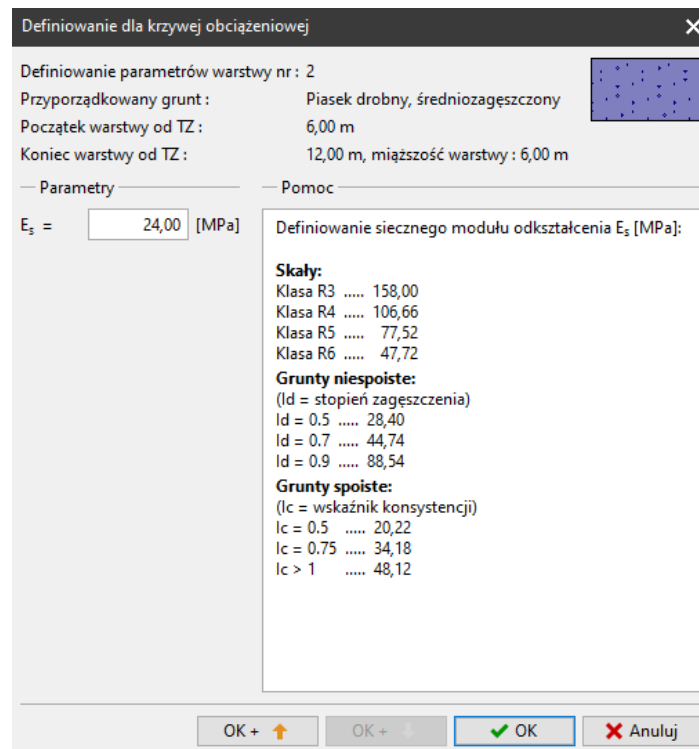
Pozostałe ramki nie wymagają wprowadzania żadnych zmian. Przejdziemy, wobec tego, do analizy osiadania pała w ramce „Osiadanie”.

W ramce „Osiadanie” zdefiniujemy sieczny moduł odkształcenia gruntu E_s [MPa] dla poszczególnych warstw gruntu wykorzystując przycisk „Edycja E_s ”.

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



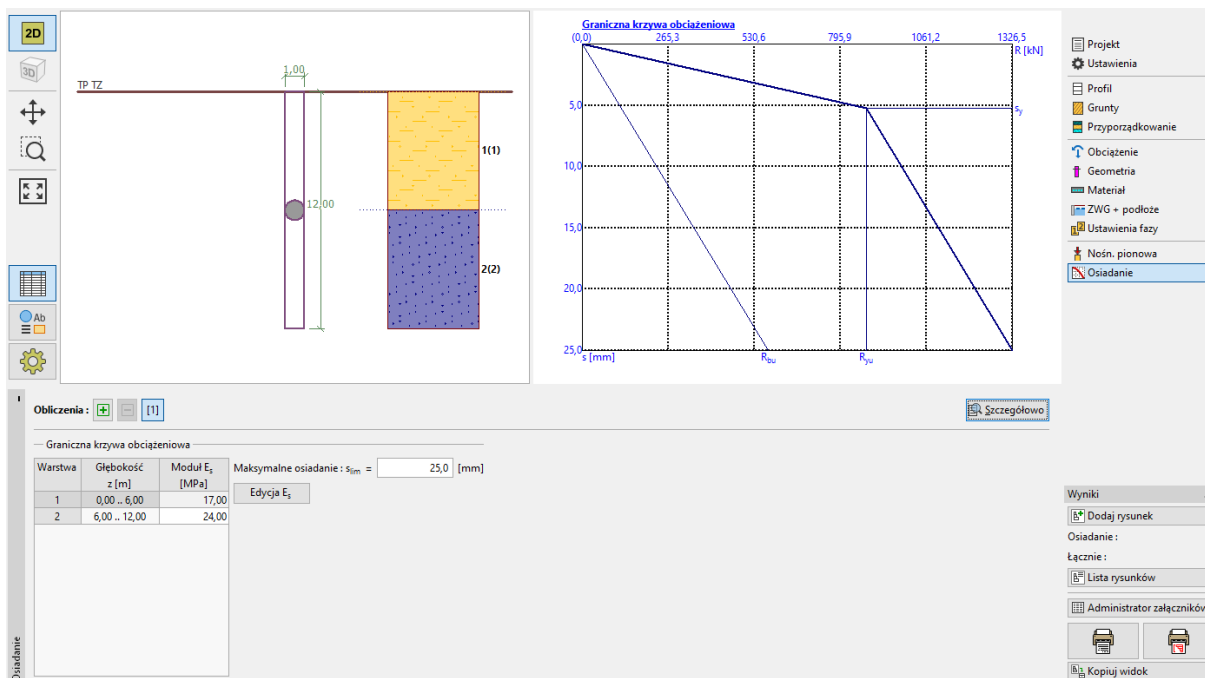
Okno dialogowe „Definiowanie dla krzywej obciążeniowej – sieczny moduł odkształcenia E_s “
- ł piaszczysty, twardoplastyczny



Okno dialogowe „Definiowanie dla krzywej obciążeniowej – sieczny moduł odkształcenia E_s “
- piasek drobny, średniozagęszczony

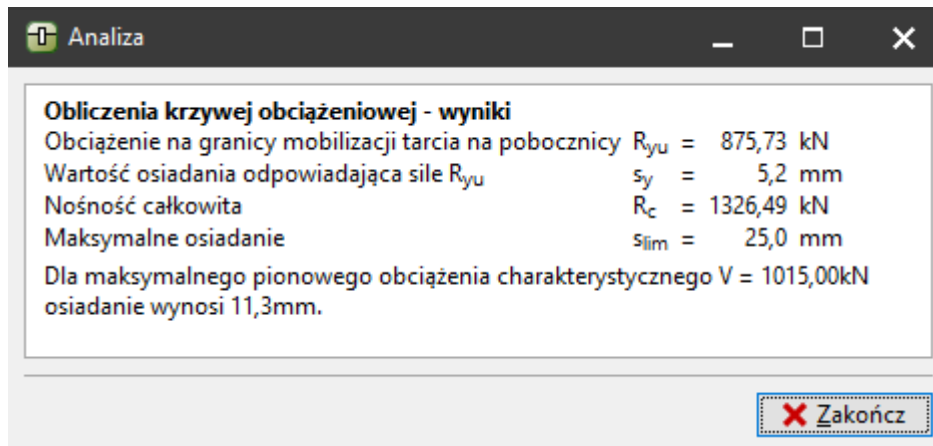
Uwaga: Sieczny moduł odkształcenia E_s zależy od średnicy pala oraz miąższości poszczególnych warstw gruntu. Wartość modułu E_s powinna zostać określona na podstawie badań przeprowadzonych in-situ. Sieczny moduł odkształcenia zależy ponadto od wartości stopnia zagęszczenia I_d oraz wskaźnika konsystencji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

Następnie określimy maksymalne dopuszczalne osiadanie, dla którego wyznaczana będzie krzywa obciążeniowa. W tym zadaniu przyjmijmy maksymalną wartość osiadania równą 25mm.



Ramka „Osiadanie” – liniowa krzywa obciążeniowa (rozwiązanie według Poulosa)

W celu sprawdzenia maksymalnego osiadania wyznaczonego dla maksymalnego obciążenia użytkowego kliknij przycisk „Szczegółowo”. Pojawi się następujące okno dialogowe:

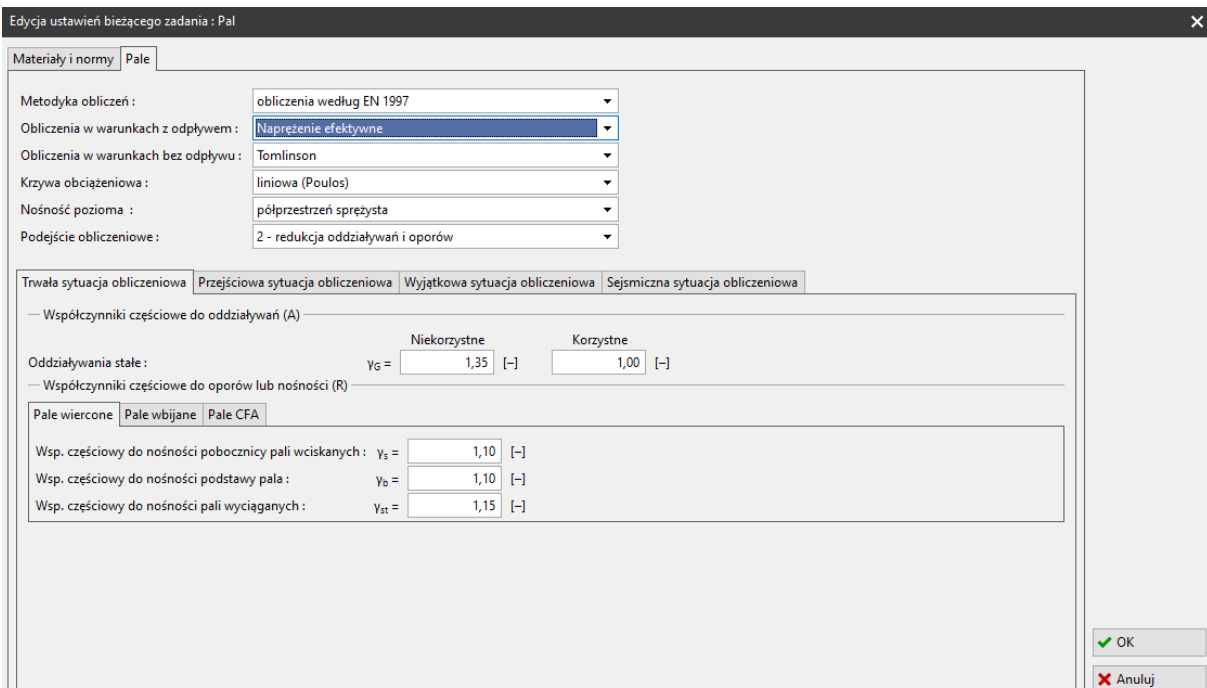


Okno dialogowe „Szczegółowo” - Wyniki obliczeń osiadania, metoda NAVFAC DM 7.2

Wartość osiadania, przy zastosowaniu metody **NAVFAC DM 7.2** obliczenia nośności pionowej pojedynczego pala, wynosi **11,3 mm**.

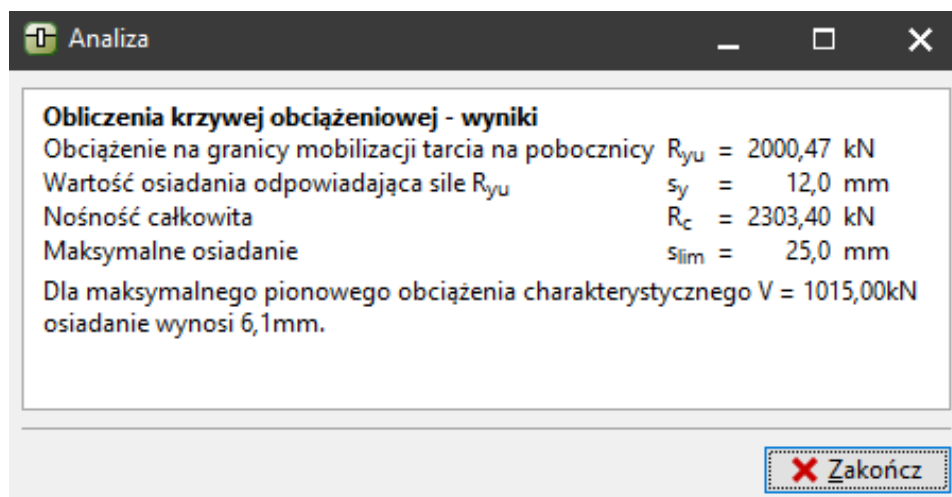
Analiza osiadania pojedynczego pala: Liniowa teoria osiadania (POULOS), inne metody

Kolejną czynnością będzie powrót do etapu wprowadzania ustawień obliczeń. W ramce „Ustawienia” naciśnij przycisk „Edytuj”, a następnie przejdź do zakładki „Pale”. Dla opcji ustawień „Obliczenia w warunkach z odpływem” wybierz z listy rozwijalnej „Naprężenie efektywne”, później, dla kolejnych obliczeń wybierz „CSN 73 1002”. Pozostałe parametry wejściowe do obliczeń nie ulegają zmianie.



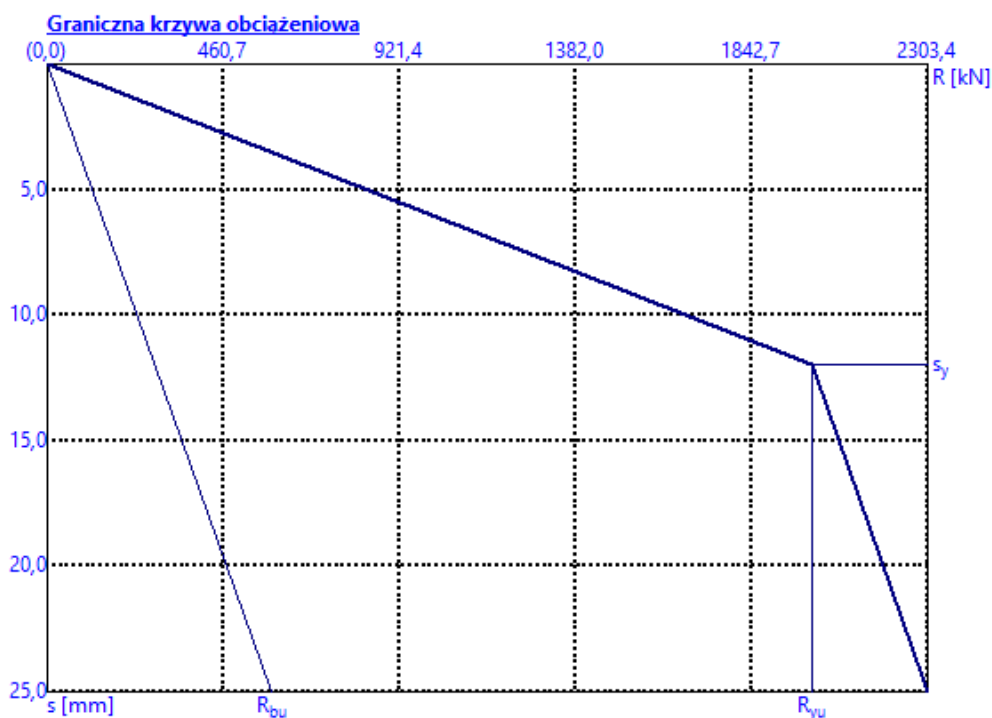
Okno dialogowe „Edycja ustawień bieżącego zadania”

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.



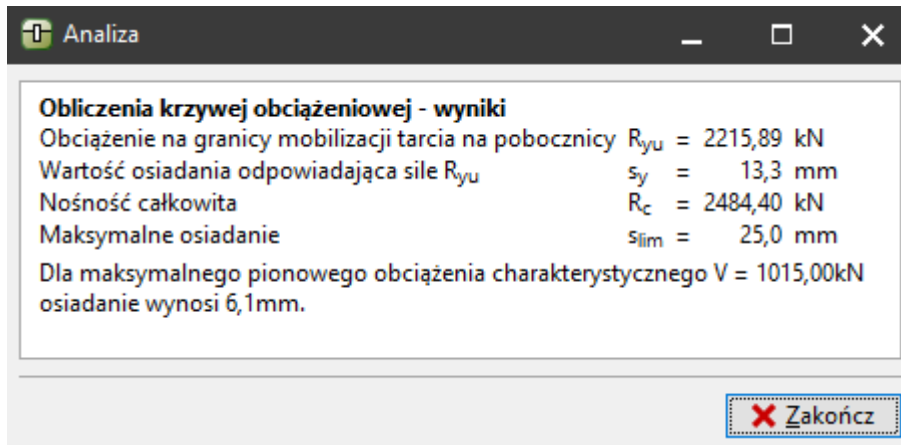
Okno dialogowe „Szczegółowo” - Wyniki obliczeń osiadania, metoda naprężeń efektywnych

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

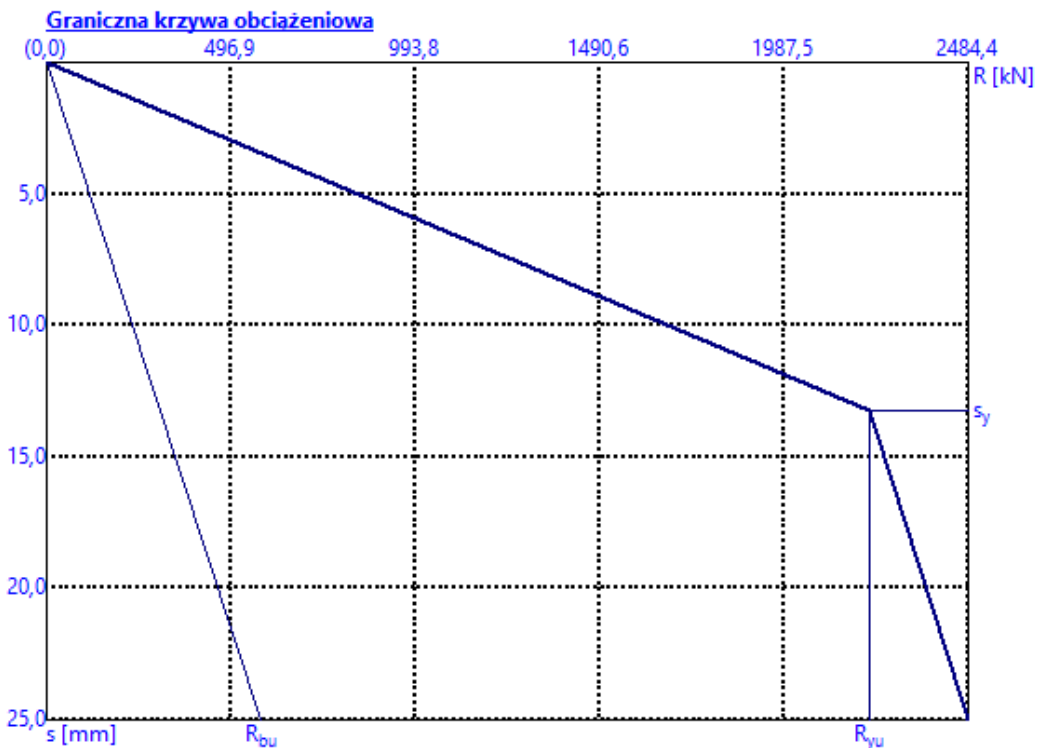


Ramka „Osiadanie” – liniowa krzywa obciążeniowa (według Poulosa), metoda naprężeń efektywnych

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



Okno dialogowe „Szczegółowo” - Wyniki obliczeń osiadania, metoda CSN 73 1002



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

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

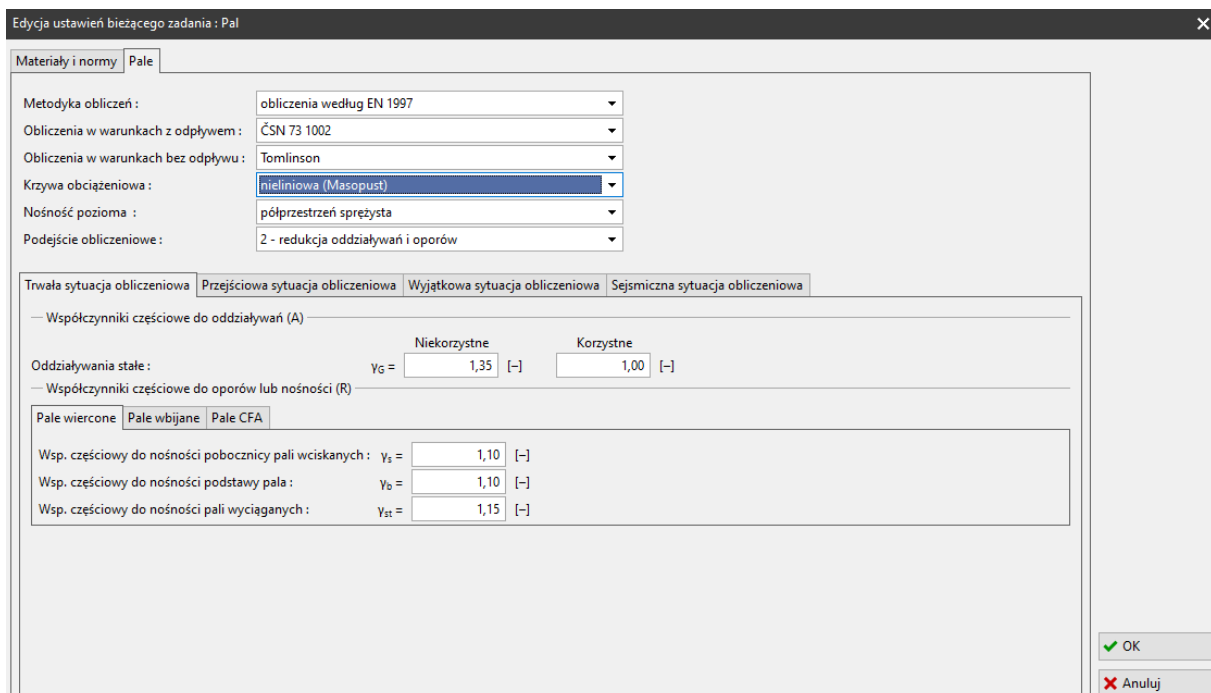
Liniowa krzywa obciążeniowa Metoda obliczeń	Obciążenie na granicy mobilizacji tarcia na pobocznicy R_{yu} [kN]	Nośność całkowita R_c [kN] dla $s_{lim} = 25,0$ mm	Osiadanie pojedynczego pala s [mm]
NAVFAC DM 7.2	875,73	1326,49	11,3
NAPRĘŻEŃ EFEKTYWNYCH	2000,47	2303,4	6,1
CSN 73 1002	2215,89	2484,40	6,1

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 rozwiązaniu równań krzywej regresji określonych na podstawie wyników badań pali pod obciążeniem statycznym. 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)”.

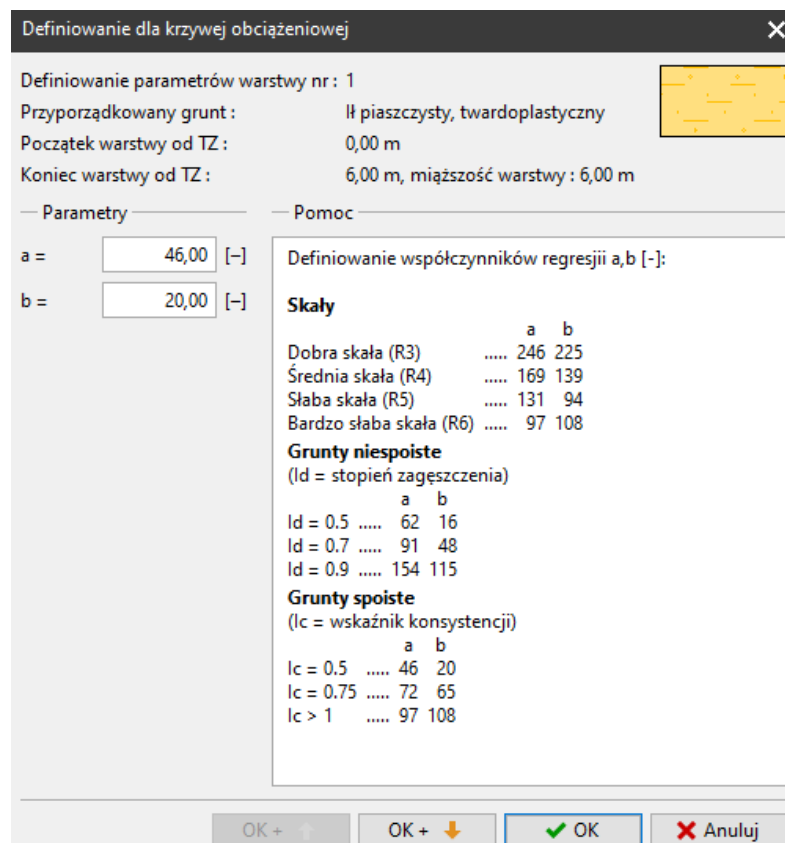


Okno dialogowe „Edycja ustawień bieżącego zadania”

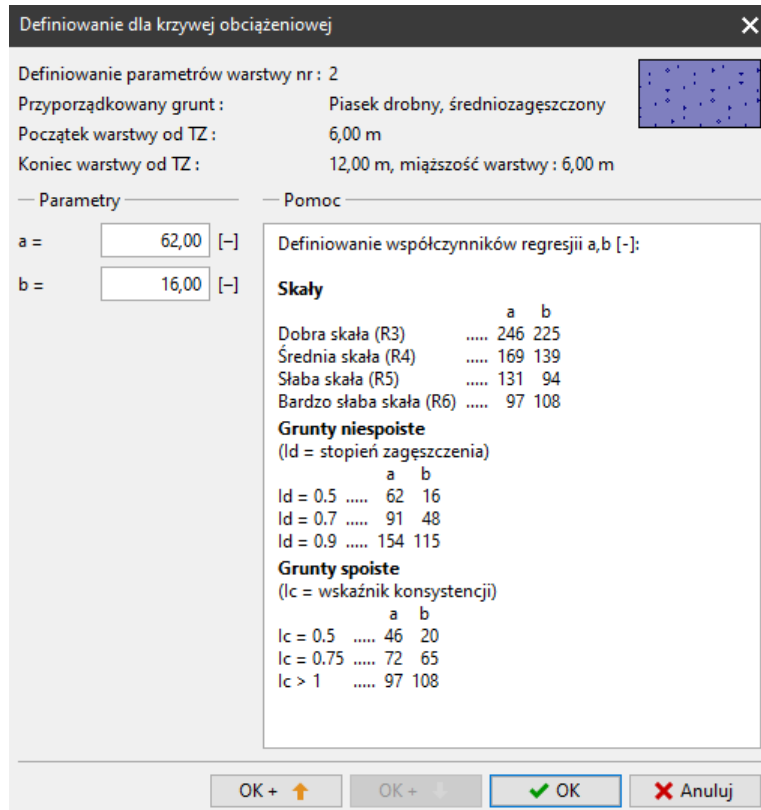
Pozostałe parametry wejściowe do obliczeń nie ulegają zmianie. Następnie przejdź do ramki “Osiadanie”.

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 $m_2 = 1.0$. To oznacza, że nie zmniejszymy wartości nośności pionowej pała ze względu na technologię wykonania. Pozostaw także wartości maksymalnego dopuszczalnego osiadania s_{lim} oraz siecznego modułu odkształcenia gruntu E_s identyczne jak w poprzednich przypadkach.

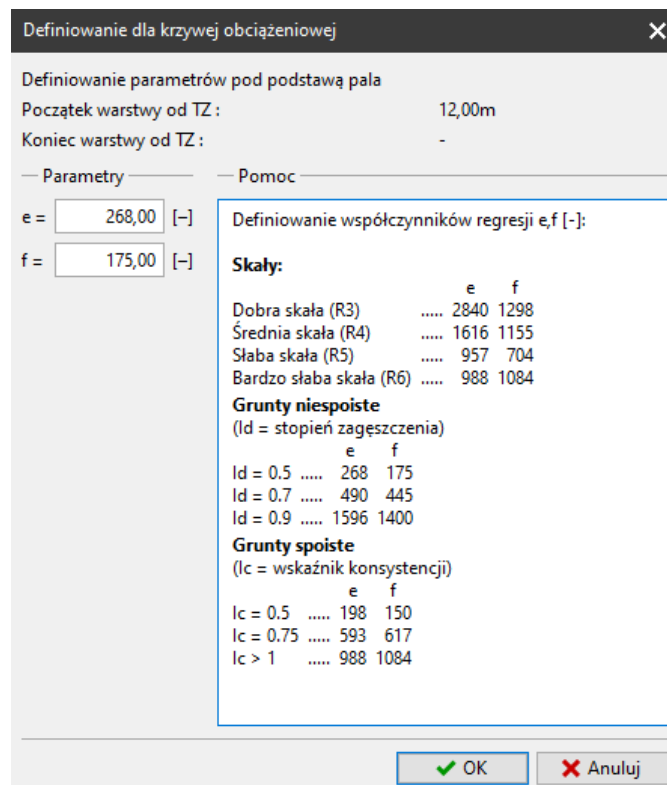
Następnie zdefiniujemy wartość współczynników regresji korzystając z przycisków “Edycja a, b” oraz “Edycja e, f”. Podczas edycji rekomendowane wartości współczynników regresji dla różnych typów skał oraz gruntów są przedstawione w oknie dialogowym.



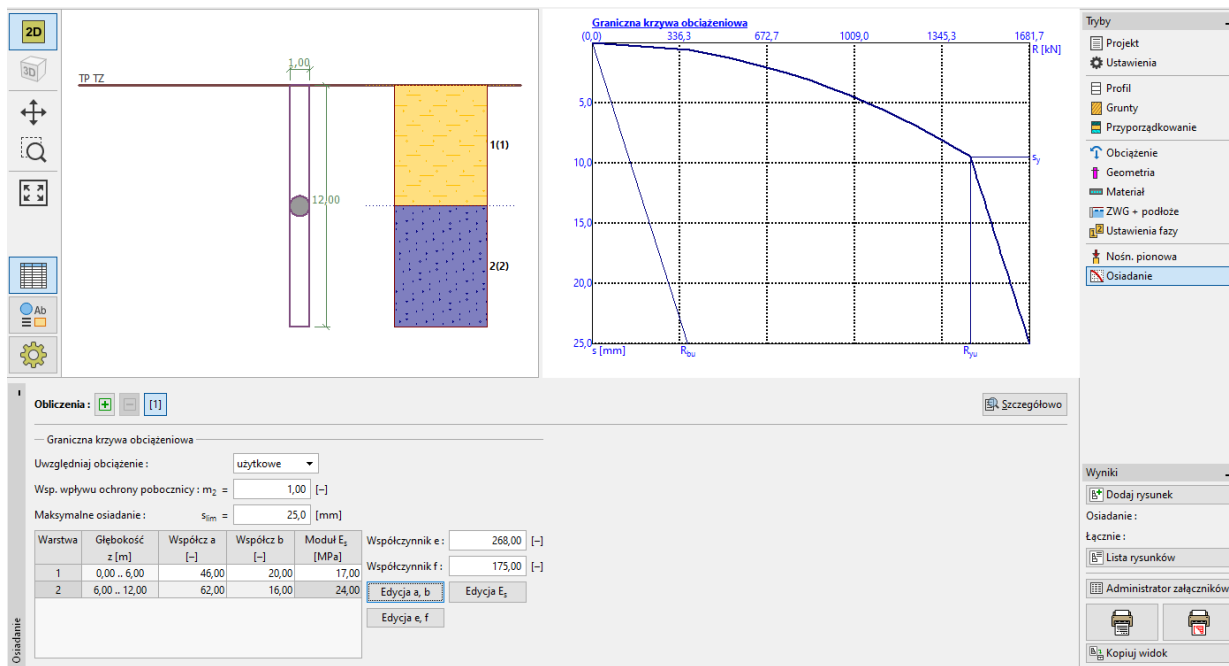
Okno dialogowe „Definiowanie dla krzywej obciążeniowej – współczynniki regresji a, b” - 1ł piaszczysty



Okno dialogowe „Definiowanie dla krzywej obciążeniowej – współczynniki regresji a, b” - piasek drobny



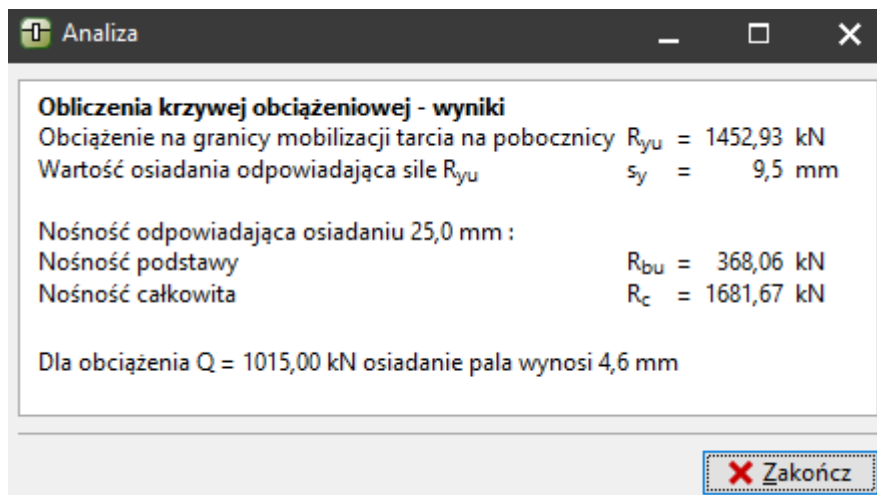
Okno dialogowe „Definiowanie dla krzywej obciążeniowej – współczynniki regresji e, f”



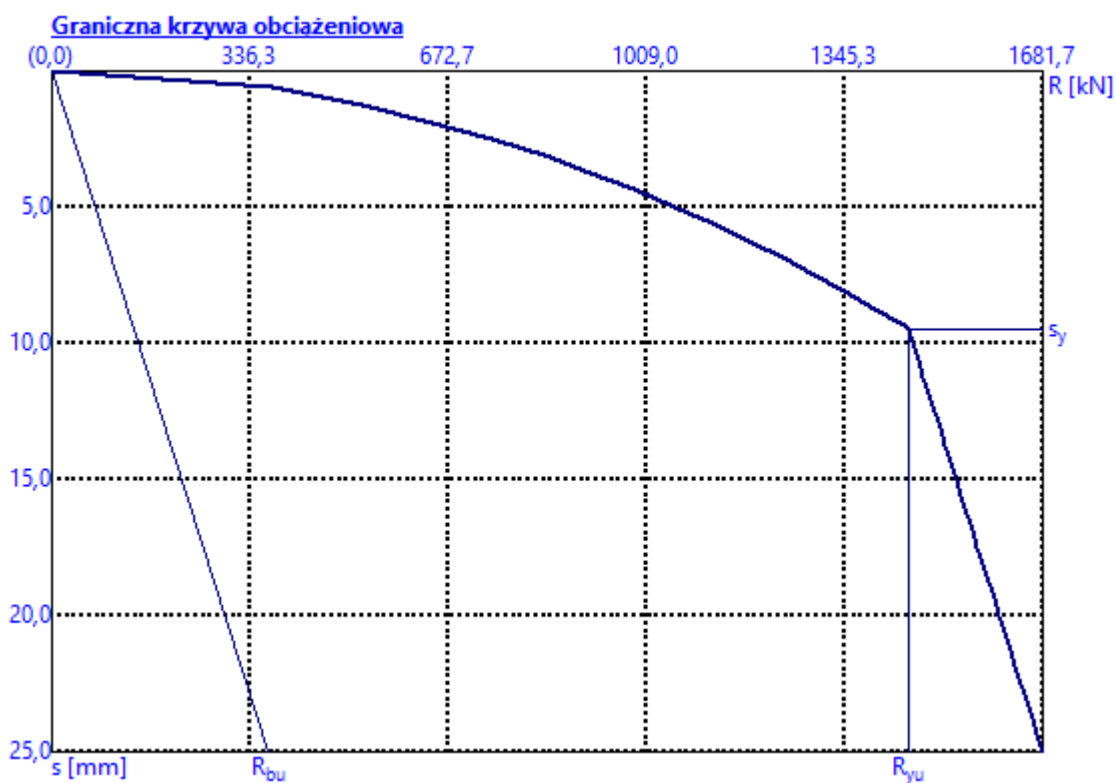
Ramka „Osiadanie” – rozwiązanie zgodnie z nieliniową teorią osiadania (według Masopusta)

Uwaga: Wartość tarcia na pobocznicę pala zależy od współczynników regresji „a, b”. Naprężenia pod podstawą pala (przy pełnej mobilizacji tarcia na pobocznicę pala) zależą od współczynników regresji „e, f”. Wartości tych współczynników regresji uzyskano z równań 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) wynoszą 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.