

Analiza stanu przemieszczenia oraz wymiarowanie grupy pali

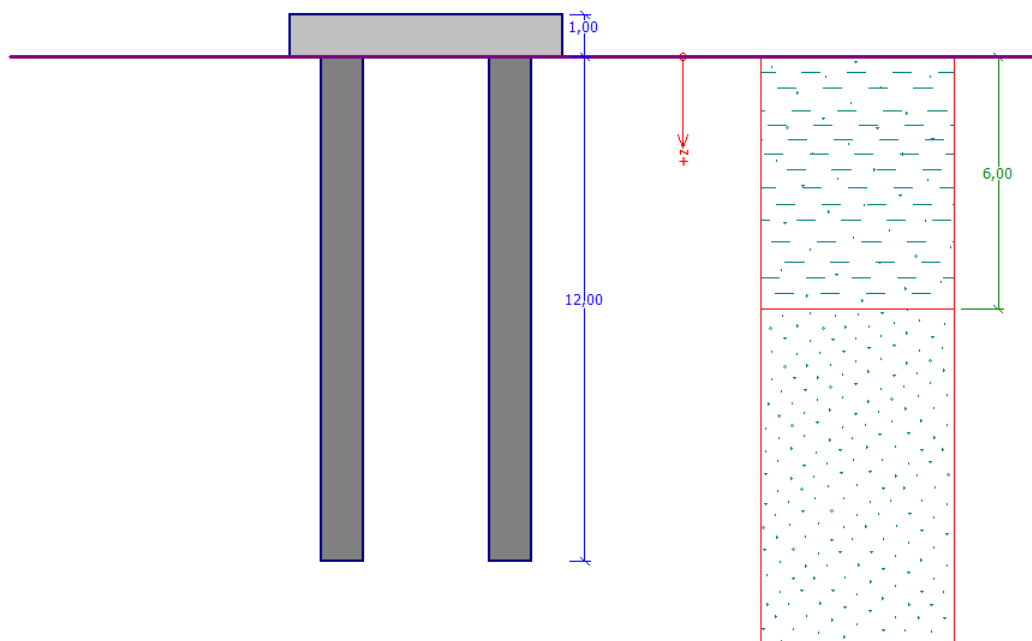
Program: Grupa pali

Plik powiązany: Demo_manual_18.gsp

Celem niniejszego przewodnika jest przedstawienie wykorzystania programu GEO5 GRUPA PALI do obliczania przemieszczenia i kąta obrotu oczepu palowego oraz wyznaczania sił wewnętrznych i wymiarowania przekrojów pojedynczych pali.

Sformułowanie problemu

Ogólne sformułowanie problemu zostało przedstawione w rozdziale 12 (*Przewodnik Inżyniera nr 12 Pale fundamentowe – wprowadzenie*). Analiza nośności pionowej grupy pali powinna być prowadzona podobnie jak w *Przewodniku Inżyniera nr 17 Analiza nośności pionowej i osiadania grupy pali*. Składowe N, M_y, H_x obciążenia wypadkowego przyłożone są do środka górnej powierzchni głowicy pala. Wymiarowanie pali w grupie należy wykonać zgodnie z normą EN 1992-1-1 (EC 2) przy wykorzystaniu standardowo stosowanych współczynników częściowych.



Schemat ogólny zadania – grupa pali

Rozwiązanie

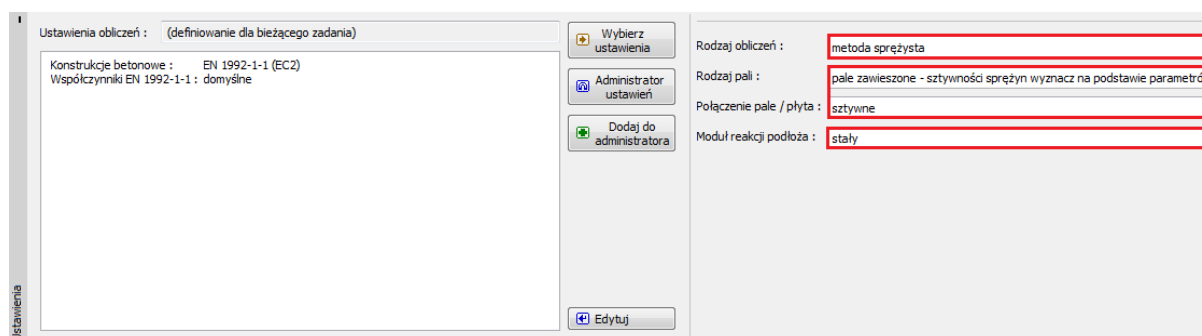
Aby wykonać zadanie skorzystaj z programu Grupa Pali zawartego w pakiecie GEO5. Aby ułatwić i przyspieszyć wprowadzanie podstawowych danych wykorzystamy dane z zadania wykonanego zgodnie z *Przewodnikiem Inżyniera nr 17 Analiza nośności pionowej i osiadania grupy pali* (tj. wykonamy import danych).

Przeprowadzimy analizę grupy pali *metodą sprężystą*, która zakłada modelowanie pojedynczych pali jako belek na podłożu sprężystym. Każdy pał dzielony jest na dziesięć elementów, dla których program oblicza wartość sztywności sprężyn pionowych i poziomych. Płyta fundamentowa (oczep palowy) traktowana jest jako całkowicie sztywna. Rozwiązanie uzyskiwane jest przy pomocy wersji przemieszczeniowej metody elementów skończonych (MES).

Wprowadzanie danych

Przejdź do ramki „Ustawienia” i zmień rodzaj prowadzonych obliczeń na opcję „metoda sprężysta”. Założymy, że połączenie pali z płytą jest **sztywne, tj. utwierdzone**. Przyjęty warunek brzegowy powoduje, że moment zginający z płyty przeniesiony zostanie na głowicę pali. Przy opcji rodzaj pali wybierz „pale zawieszane – sztywności sprężyn wyznaczone na podstawie parametrów gruntu”.

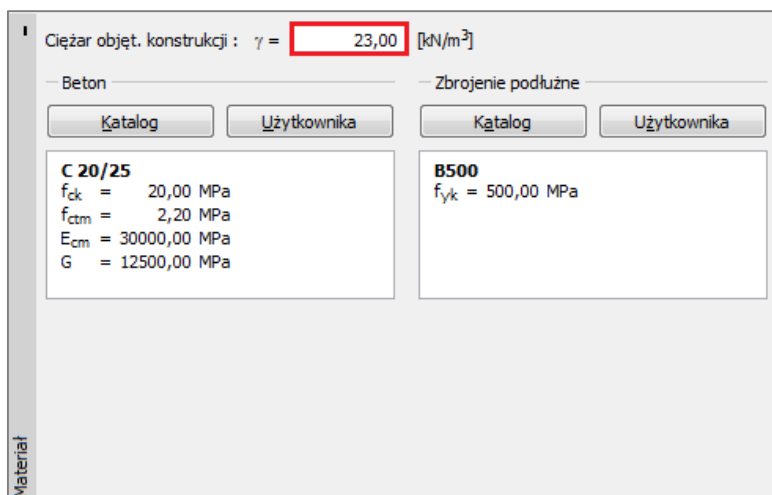
Uwaga: Program daje możliwość zastosowania kilku różnych warunków brzegowych ze względu na charakter pracy pala w kierunku pionowym. W przypadku pali spoczywających na podłożu lub utwierdzonych w podłożu skalnym sztywność sprężyn pionowych nie jest określana – w podstawie pala modelowany jest przegub lub przegub z przesuwem. W przypadku pali zawieszonych konieczne jest określenie wartości sztywności sprężyn pionowych, zarówno na pobocznicę, jak i w podstawie pala. Program pozwala na wprowadzenie tych wartości, lecz rozsądniejszym rozwiązaniem jest wybranie opcji „wyznacz na podstawie parametrów gruntów”. W takim przypadku program oblicza wartości sztywności sprężyn pionowych na podstawie parametrów odkształceniowych gruntów dla typowego przypadku obciążenia – w najlepszy sposób oddającą pracę pali (więcej informacji w pomocy programu – naciśnij przycisk F1).



Ramka „Ustawienia obliczeń” – metoda sprężysta

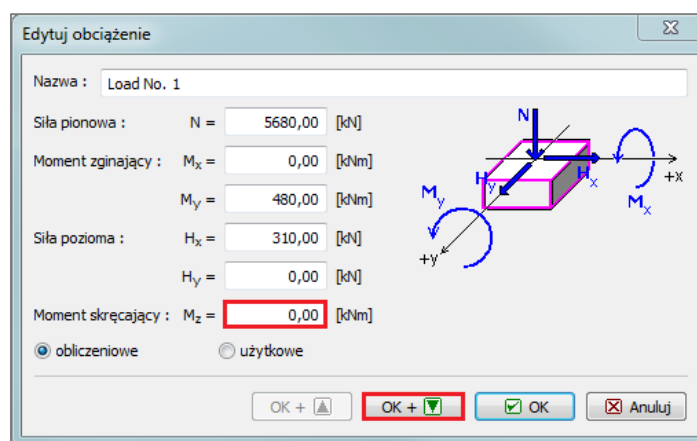
Moduł poziomej reakcji podłoża charakteryzuje zachowanie pala pod obciążeniem poziomym. Na potrzeby niniejszej analizy przyjmujemy moduł k_h (włączając w to parametry mające wpływ na jego wartość) o wartości identycznej jak w przypadku obliczeń pojedynczego pala (patrz *Przewodnik Inżyniera nr 13 Analiza nośności pojedynczego pala*). Na początku tego rozdziału przeprowadzimy obliczenia przy założeniu stałego rozkładu modułu reakcji poziomej podłoża, a następnie porównamy wyniki dla pozostałych metod wyznaczania modułu reakcji (liniowa – według Bowlesa, według CSN 73 1004 oraz według Vesica).

Następnie przejdziemy do ramki "Materiał", w której określimy charakterystykę pojedynczego pala w grupie, tj. ciężar objętościowy pala, zastosowaną klasę betonu oraz parametry stali zbrojeniowej na zbrojenie podłużne pala niezbędne do wymiarowania pala.

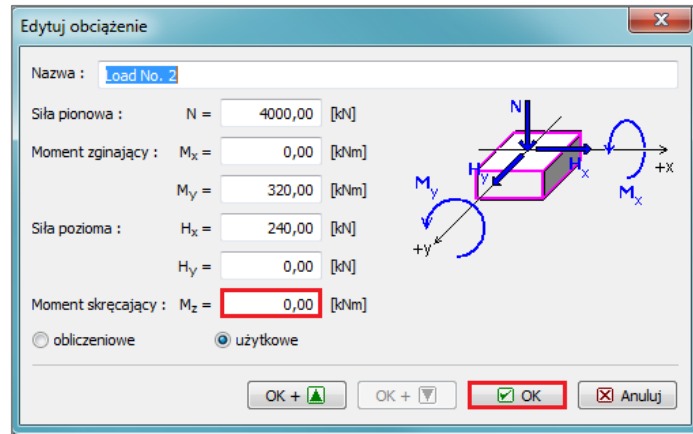


Ramka „Materiał“

Kolejnym krokiem będzie zdefiniowanie obciążenia. Obciążenie obliczeniowe wykorzystywane jest do wyznaczania sił wewnętrznych oraz wymiarowania poszczególnych pali w grupie, podczas gdy obciążenie użytkowe służy jedynie do obliczenia przemieszczenia ustroju.

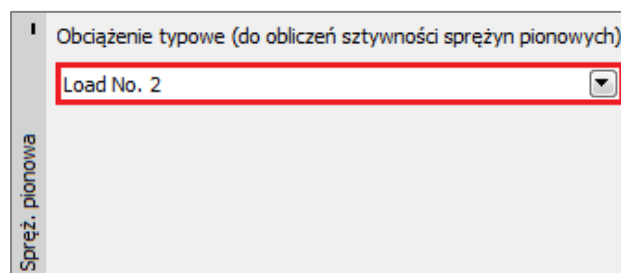


Okno dialogowe "Edytuj obciążenie" – obciążenie obliczeniowe



Okno dialogowe "Edytuj obciążenie" – obciążenie użytkowe

Następnie przejdziemy do ramki "Sprężyny pionowe", w której należy wybrać tak zwane obciążenie typowe, które zostanie wykorzystane do obliczenia sztywności sprężyn pionowych. W niniejszym zadaniu wybierzemy opcję "Load No. 2 – użytkowe".



Ramka „Sprężystość pionowa” – obciążenie typowe

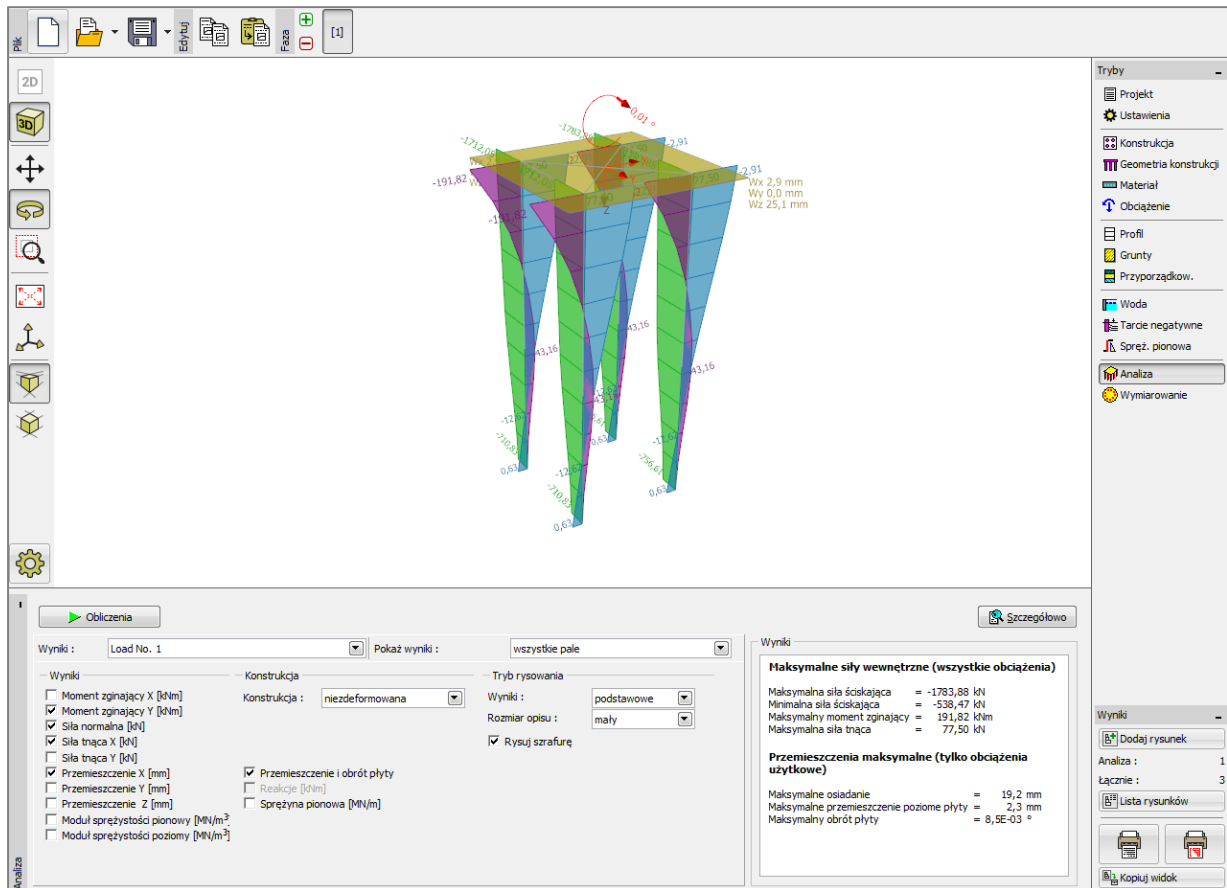
Uwaga: W przypadku wybierania obciążenia typowego powinno zostać wybrane obciążenie użytkowe (charakterystyczne), gdyż najlepiej opisuje charakter pracy rzeczywistej konstrukcji (więcej informacji w pomocy programu – naciśnij przycisk F1). Procedura obliczania sztywności sprężyn pionowych przebiega następująco:

- a) Obciążenie typowe rozkładane jest na poszczególne pale.
- b) Wartość sztywności sprężyn pionowych wzdłuż poboczniczy pala oraz pod podstawą pala obliczana jest osobno dla poszczególnych pali w zależności od obciążenia oraz parametrów gruntu.

Wpływ obciążenia na obliczaną sztywność jest bardzo istotny – przykładowo, sztywność sprężyny pod podstawą pala rozciąganego wynosi zawsze zero. W konsekwencji korzystnym w niektórych sytuacjach może być przeprowadzenie obliczeń dla kilku różnych obciążeń typowych.

Analiza: Metoda sprężysta

Przechodząc do ramki „Analiza” przeprowadzimy obliczenia grupy pali dla początkowych ustawień obliczeń (**stały** rozkład modułu reakcji poziomej podłoża) i wyświetlimy wyniki wraz z siłami wewnętrznymi.



Ramka „Analiza” – metoda sprężysta (stały rozkład modułu reakcji podłoża)

Uwaga: Sztywność pali w grupie pali jest automatycznie modyfikowana w zależności od położenia danego pala w grupie. Pile znajdujące się na obrzeżach oraz w środku grupy mają zredukowaną sztywność poziomą oraz sztywność na ścinanie w stosunku do pojedynczego pala. Sprężyny w podstawie pala nie podlegają redukcji (więcej informacji w pomocy programu – naciśnij przycisk F1).

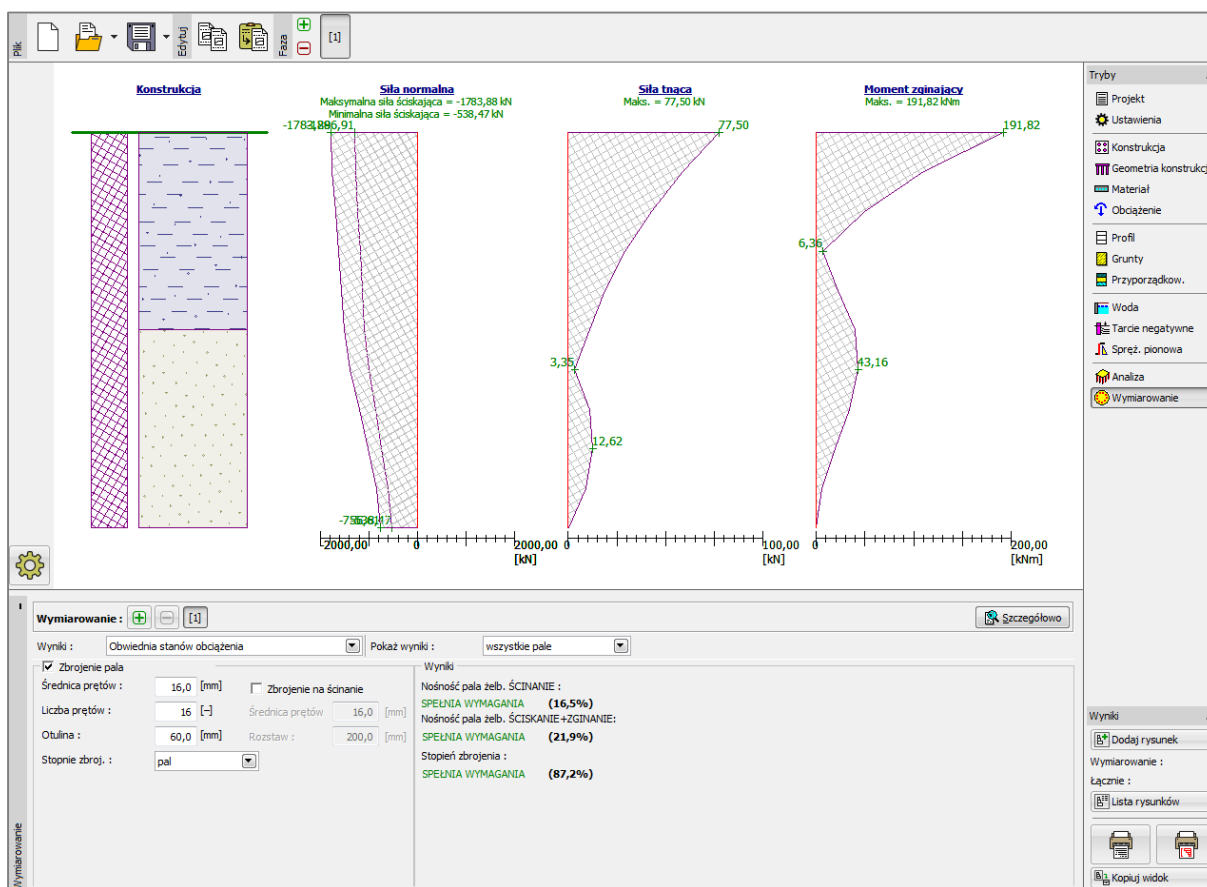
Wyniki obliczeń dla początkowych ustawień obliczeń (dla maksymalnego przemieszczenia) przedstawiają się następująco:

- Maksymalne osiadanie: 19.2 mm
- Maksymalne przemieszczenie poziome płyty: 2.3 mm
- Maksymalny obrót płyty: $8.5 \cdot 10^{-3} \text{ °}$

Wymiarowanie

Następnie przejdziemy do ramki "Wymiarowanie" i podobnie jak w *Przewodniku Inżyniera nr 13 Analiza nośności pojedynczego pala* zaprojektujemy i zweryfikujemy główne zbrojenie podłużne pali. Założymy takie samo zbrojenie dla wszystkich pali w grupie – **16 Ø 16 mm** oraz otulinę minimalną grubości **60mm**, co odpowiada klasie ekspozycji XC1.

Stopień zbrojenia dla typowo obciążonej grupy pali powinien być określany zgodnie z normą CSN EN 1536:1999 (podobnie jak w rozdziale 17). Program uwzględnia powyższe wymagania poprzez wybranie opcji "pal" (więcej informacji w pomocy programu – naciśnij przycisk F1).



Ramka „Wymiarowanie” – wyniki obliczeń dla wszystkich pali w grupie w formie obwiedni dla wszystkich przypadków obciążenia

Poziom wykorzystania przekroju dla wszystkich pali w grupie ze względu zginanie i ścinanie dla obwiedni stanów obciążenia oraz warunek minimalnego stopnia zbrojenia wygląda następująco:

- Nośność pala żelb. (zginanie): 21,9 % **SPEŁNIA WYMAGANIA**
- Nośność pala żelb. (ściananie): 16,5 % **SPEŁNIA WYMAGANIA**
- Stopień zbrojenia: 87,2 % **SPEŁNIA WYMAGANIA**

$$(\rho = 0.410 > \rho_{\min} = 0.357 \%)$$

Wyniki obliczeń

Sposób postępowania w przypadku wybrania innych metod obliczeniowych jest dokładnie taki sam jak przedstawiono powyżej. Aby zastosować kolejne procedury wyznaczania modułu reakcji podłoża należy przejść do ramki "Ustawienia", wybrać interesującą nas metodę, a następnie ponownie przeprowadzić analizę grupy pali w ramach "Analiza" i "Wymiarowanie". Wyniki obliczeń zebrane zostały w poniższych tabelach.

Moduł reakcji podłoża k_h [MN/m^3]	Siła ściskająca (maksymalna, minimalna) [kN]	Maksymalny moment zginający [kNm]	Maksymalna siła tnąca [kN]
STAŁY	-1783.88	191.82	77.50
	-538.47		
LINIOWY (Bowlesa)	-1800.17	224.41	77.50
	-533.10		
według CSN 73 1004	-1794.75	213.56	77.50
	-534.91		
według VESICA	-1805.52	235.11	77.50
	-531.35		

Podsumowanie wyników (siły wewnętrzne) – analiza grupy pali (metoda sprężysta)

Moduł reakcji podłoża k_h [MN/m^3]	Maksymalne osiadania [mm]	Maksymalne przemieszczenie poziome [mm]	Maksymalny kąt obrotu płyty [$^\circ$]	Stopień wykorzystania nośności [%]
STAŁY	19.2	2.3	$8,5 \cdot 10^{-3}$	21.9
LINIOWY (Bowlesa)	19.5	3.1	$1,4 \cdot 10^{-2}$	23.2
według CSN 73 1004	19.4	2.9	$1,2 \cdot 10^{-2}$	22.8
według VESICA	19.6	4.3	$1,5 \cdot 10^{-2}$	23.7

Podsumowanie wyników – przemieszczenie oraz wymiarowanie grupy pali

Wnioski

Wartości maksymalnego osiadania grupy pali, przemieszczenia oraz kąta obrotu oczepu palowego mieszczą się w zakresie wartości dopuszczalnych.

Przeprowadzona analiza pokazuje, że uzyskane wartości sił wewnętrznych wzdłuż pojedynczych pali oraz maksymalne wartości maksymalnych przemieszczeń głowicy pali w grupie różnią się nieznacznie, a wpływ wybranej metody wyznaczania rozkładu modułu reakcji podłoża k_h nie jest istotny.

Zaproponowane zbrojenie pali jest wystarczające. Warunek minimalnego stopnia zbrojenia pali również jest spełniony.