

Autor: mgr inż. Magdalena Kreczmar
Temat rozprawy doktorskiej: Analiza układu: podłoże – pal obciążony siłą poziomą z uwzględnieniem zmiany sztywności układu.
Promotor: dr hab. inż. Sławomir Kwiecień, prof. PŚ

Streszczenie w j. polskim

Analiza pracy pala pod obciążeniem poziomym jest złożona, ze względu na konieczność uwzględnienia nieliniowego zachowania zarówno gruntu, jak i pala. Wymaga to zdefiniowania charakterystyk obydwu tych elementów.

Celem pracy była ocena zachowania zginanego pala o przekroju kołowym zbrojonego profilem stalowym z uwzględnieniem zmiany jego sztywności oraz nieliniowej zmiany oporu gruntu wraz z głębokością. Podstawę do dokonania oceny pracy układu: pal – podłoże gruntowe, stanowiły wyniki badań laboratoryjnych i terenowych, które następnie wykorzystano do kalibracji i weryfikacji zaproponowanych modeli numerycznych.

Analizy przebiegły dwutorowo, przy różnych sposobach modelowania sztywności pala, w zależności od jego średnicy. Po pierwsze, wykonano w terenie badania próbnego obciążenia (siłą poziomą) dla dwóch pali o średnicy 0,4 m, mierząc przemieszczenia głowicy pali i odkształcenia profilu stalowego za pomocą, odpowiednio: czujników przemieszczeń i tensometrów. W związku z tym, że dysponowano tylko wynikami przemieszczeń głowicy pala, wykonano badania laboratoryjne samego pala (bez otoczenia gruntu), pracującego w schemacie wspornikowym i poddanego działaniu siły skupionej, prostopadłej do jego osi. Bazując na wynikach badań laboratoryjnych dokonano analizy kształtu linii ugięcia wraz z oceną degradacji sztywności elementu w funkcji momentu zginającego (wyznaczono funkcję $B(M)$). Ponadto zweryfikowano możliwości określania nośności pala (zbrojonego profilem stalowym) na zginanie według procedur stosowanych w projektowaniu typowych elementów żelbetowych (zespólonych).

Po drugie, wykonano w terenie próbnego obciążenia (siłą poziomą) dwóch pali o średnicy 0,5 m. Podczas badań dokonano pomiaru przemieszczeń wzdłuż długości pala za pomocą inklinometru. Badania te pozwoliły na kalibrację modeli numerycznych bez konieczności wykonania badań laboratoryjnych zginania pali. Dla pali o średnicy 0,5 m funkcję uzależniającą sztywność giętą od momentu zginającego $B(M)$ wyznaczono metodą półwsteczną.

Przeprowadzone badania i analizy, uzupełnione o badania parametrów wytrzymałościowo-odkształceniowych gruntu i materiałowych betonu, pozwoliły na kalibrację modeli numerycznych. W symulacjach zachowania zginanego pala wykorzystano metodę elementów skończonych (MES – model 3D) oraz metodę różnic skończonych (MRS – model prętowy). Analizy metodą elementów skończonych opierały się na modelach konstytutywnych zaimplementowanych w programie, wykorzystano

modele sprężyste oraz sprężysto-plastyczne. W modelu prętowym wykonano obliczenia ze stałą sztywnością na długości pala oraz zaimplementowano wyznaczoną funkcję $B(M)$ dla pala o średnicy 0,4 m, natomiast dla pala o średnicy 0,5 m wykorzystano funkcję wyznaczoną metodą półwsteczną. Weryfikacji modeli dla pali o średnicy 0,4 m i 0,5 m dokonano przez porównanie wyników przemieszczeń pomierzonych w terenie z wynikami obliczonymi.

Rozprawę zakończono wnioskami, z których najważniejsze to:

- 1) Ocena sztywności zarówno pala, jak i gruntu ma znaczenie i wpływa na uzyskane wartości momentów zginających i przemieszczeń głowicy pala.
- 2) Powszechne założenie o liniowym zachowaniu pala podczas zginania jest niepoprawne. Przyjęcie stałej sztywności pala na zginanie równej wartości początkowej (element niezarysowany), prowadzi do niedoszacowania przemieszczeń pala.
- 3) Przewidywane momenty zginające z uwzględnieniem nieliniowego zachowania są mniejsze niż uzyskane z analizy, uwzględniającej liniowe zachowanie pala.
- 4) Uwzględniając nieliniowe zachowanie pala obserwuje się zmianę rozkładu oporu gruntu na długości pala.

Przedstawiono także propozycję dalszych badań.