

Miłosz Just

Ocena odkształceń wybranych gruntów spoistych wyznaczonych metodą analizy wstecznej z zastosowaniem metody elementów skończonych

STRESZCZENIE

Iły serii poznańskiej, pomimo nazwy sugerującej lokalny obszar ich występowania, są gruntami występującymi na obszarze około 2/3 powierzchni kraju. Ponadto, są to utwory bardzo wymagające jako podłoże budowlane ze względu na ich potencjalną ekspansywność, długi czas reakcji na obciążenia, a także złożoną budowę strukturalną i zmienny skład mineralny. W pracy scharakteryzowano ily serii poznańskiej zarówno w kontekście geologicznym i geotechnicznym, jak również przedstawiono modele konstytutywne opisujące w matematyczny sposób mechanizmy zachodzące w tych gruntach pod obciążeniem. Wśród tych modeli, relatywnie nowym jest model SCLAY-1S, dający możliwość symulacji anizotropowej struktury iltu, uwzględniając destrukuryzację wiązań i procesy reologiczne. W pracy przedstawiono parametry niezbędne do opisu iltu serii poznańskiej tym modelem, a także opisano niezbędne badania laboratoryjne, terenowe oraz formuły matematyczne niezbędne do wyznaczenia ich wartości.

Praca oparta jest na studium przypadku silosu cukrowego w Gostyniu. W czasie budowy był to największy tego typu obiekt w kraju, zdolny do magazynowania 80 000 t cukru luzem, posadowiony na fundamencie płytowo-palowym na podłożu z występującymi gruntami słabonośnymi oraz iltami serii poznańskiej. Dla utworów ilastych, w oparciu o dane pochodzące z dokumentacji geologiczno-inżynierskiej wyznaczono wartości parametrów dla modelu SCLAY-1S. Silos stanowi interesujący obiekt z badawczego punktu widzenia, gdyż podczas budowy założone zostały repery geodezyjne, a wyniki monitoringu geodezyjnego były zbierane przez blisko dekadę. Ten fakt, w połączeniu z cyklicznością obciążenia związanego z regularnie zmiennym wypełnianiem i opróżnianiem silosu stanowi znaczący źródłowy materiał badawczy.

Metodę Elementów Skończonych (MES) przyjęto jako metodę badawczą analizy wstecznej. Analizy oparto na dwóch modelach – trójwymiarowym, dla którego przeprowadzono szereg wariantowych, nieliniowych analiz naprężeń oraz osiowosymetrycznym, dla którego przeprowadzono w pełni sprzężone analizy naprężeń i przepływu. Oprócz skuteczności zastosowania modelu konstytutywnego SCLAY-1S, określono również wpływ innych aspektów modelowania numerycznego w kontekście analiz geotechnicznych. Potwierdzono istotność modelowania nadziemnej części wysokiego obiektu budowlanego, a także opisanie pracy pali w modelu za pomocą funkcji transformacyjnych. Na podstawie w pełni sprzężonej, analizy naprężeń i przepływu określono przemieszczenia silosu w czasie oraz zweryfikowano ich zbieżność z wynikami monitoringu geodezyjnego, przy opisie podłoża gruntowego różnymi modelami konstytutywnymi.

W podsumowaniu, autor w oparciu o literaturę przedmiotu oraz wyniki własnych badań i analiz przedstawił istotne aspekty numerycznego modelowania w zakresie posadowienia silosów na fundamencie płytowo-palowym. Schemat algorytmu zawiera najważniejsze kroki postępowania, mające na celu wyznaczenie za pomocą analizy numerycznej wartości przemieszczeń zbieżnych z rzeczywistą pracą konstrukcji oraz reakcją podłoża gruntowego.

ABSTRACT

Clays of Poznań series, despite the name suggesting local occurrence, are soils existing in the area of about 2/3 of the country. In addition, these formations are very demanding in terms of civil engineering due to their expansiveness, long response time to loading, as well as complex mineral and structural composition. Author characterizes them both in the geological and geotechnical context, along with mathematical description of the mechanisms occurring in these soils under loading, represented by various constitutive models. Among these models, a relatively new one is SCLAY-1S, which is able to simulate the anisotropic structure of clay, taking into account bonds destructuration and rheological processes. Author presents the parameters necessary to describe the clay using this model, and also lists the necessary laboratory and field tests, as well as mathematical formulas to determine their values.

The dissertation is based on a case study of sugar silo in Gostyń. During execution of the facility, it was the largest facility of this type in the country, capable of storing 80 000 t of sugar in bulk, constructed on pile-raft foundation in low-bearing soils and clays of Poznań series. For clay formations based on data from the geotechnical documentation, parameter values for the SCLAY-1S model were determined. The silo is an interesting issue from the research point of view, because geodetic benchmarks were introduced during construction and measurements' results were collected for nearly a decade. This fact, combined with the cyclical nature of the loading associated with regularly changing volume of the stored sugar, has a great potential as a source of research material.

The Finite Element Method (FEM) was used as the research method of back analysis. The analyzes were based on two models – a three-dimensional model, for which a number of variant, non-linear stress analyzes were carried out, and an axisymmetric model, for which fully coupled stress and seepage analyzes were carried out. In addition to verification of the effectiveness of the SCLAY-1S model, influence of other important factors in the context of geotechnical analyzes was determined. The importance of superstructure modeling was confirmed, as well as describing the pile characteristics using load-settlement functions. Based on the fully coupled analysis, displacements of the silo in time were determined and their convergence with the geodetic monitoring was verified, using various constitutive models to describe the soil material.

Concluding the dissertation, based on the literature of the subject and the results of his own research, author presented important aspects of numerical modeling of the combined pile-raft foundations of silo-type objects. The algorithm scheme contains crucial steps in order to determine displacements of the foundation, convergent with the actual work of the structure and reaction of the subgrade.