

Streszczenie

Przedmiotem rozprawy jest próba kompleksowego ujęcia zagadnień projektowania nawierzchni betonowych w kontekście złożonych, nieliniowych właściwości gruntów przy uwzględnieniu takich zjawisk jak konsolidacja pierwotna i wtórna oraz przekroczenie wytrzymałości na ścinanie.

W pracy przedstawiono współautorską procedurę projektowania nawierzchni sztywnych z wykorzystaniem metody elementów skończonych (MES) do oceny naprężeń maksymalnych w płytach. Zaprezentowano model MES płyty na uwarstwionym podłożu sprężystym, który pozwala w sposób bezpieczny i efektywny oszacować naprężenia w płycie, jednocześnie oddając realną pracę konstrukcji z uwzględnieniem odrywania się jej od podłoża. Obliczenia MES w programie Abaqus zautomatyzowano za pomocą skryptu w języku Python. Zaproponowaną procedurę projektowania odniesiono do istniejących metod analitycznych wyznaczania naprężeń w płytach i szacowania trwałości zmęczeniowej.

Wykonano przegląd modeli sprężysto-plastycznych gruntów ze szczególnym uwzględnieniem różnic wynikających ze sposobu ich implementacji w programach MES. W przypadku szeroko stosowanego w obliczeniach geotechnicznych modelu Hardening Soil przedstawiono ewolucję powierzchni plastyczności na podstawie obliczeń przeprowadzonych w programie Mathematica. Zaproponowano sposób modelowania histerezy gruntów obserwowanej w badaniach trójosiowego ściskania na płaszczyźnie dewiator naprężenia – odkształcenie z wykorzystaniem struktury reologicznej zawierającej klasyczne i nieklasyczne elementy. Parametry zaproponowanej struktury reologicznej wyznaczone zostały na podstawie wyników badań trójosiowych z odciążeniem.

Rozszerzono opis procesu przejściowego (zależnego od czasu) konsolidacji jednowymiarowej na dowolne struktury reologiczne, uwzględniające konsolidację pierwotną i wtórna. W szczególności zastosowano lepkosprężystą strukturę Burgersa do opisu szkieletu gruntowego. Wykonano badania edometryczne typu IL (ang.: incremental loading) długotrwałej konsolidacji gruntów organicznych, które wykorzystano do weryfikacji zaproponowanego modelu konsolidacji gruntu. Wyniki analizy odniesiono do możliwych modyfikacji ewolucji powierzchni domykającej modelu Modified Drucker-Prager/Cap w programie Abaqus. Ponadto, przedstawiono propozycję autorskiej struktury reologicznej do modelowania jednowymiarowej konsolidacji w procesach ustalonych (w warunkach z odplywem) z wykorzystaniem nieklasycznej struktury Kepesa.

Wykonano obliczenia MES zadania, w którym istotną rolę odgrywa połączenie zaawansowanego podejścia do modelowania gruntu z zagadnieniami projektowania nawierzchni sztywnych. Przeprowadzono sprzężoną analizę filtracyjno-quasistatyczną procesu przejściowego konsolidacji podłoża gruntowego pod wpływem obciążenia nasypem drogowym oraz warstwami dyblowanej i kotwionej nawierzchni betonowej. W warstwie gruntu organicznego uwzględniono osiadania wtórne. Badany był wpływ odkształceń podłoża na stan naprężenia w płytach nawierzchni.

Słowa kluczowe: mechanika gruntów, geotechnika, nawierzchnie betonowe, metoda elementów skończonych, modelowanie konstytutywne, konsolidacja gruntów