

ИССЛЕДОВАНИЕ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРУЕМОГО СОСТОЯНИЯ ВОДОНАСЫЩЕННЫХ ГРУНТОВ

Секаева Л.Р.

Казанский государственный университет

Одним из важнейших факторов при проектировании и строительстве уникальных промышленных и гидротехнических сооружений является влияние грунтовых вод на прочность и деформируемость грунтов в ряде случаев. Особенно это относится к водонасыщенным грунтам с высокой пористостью (пески, суглинки и т.д.). При расчете взаимодействия строительных сооружений с грунтовым основанием учет влияния фильтрующей жидкости (грунтовых вод) необходим для адекватной оценки напряженно-деформированного состояния взаимодействующего с ними грунта.

В настоящей работе разрабатывается методика конечно-элементного расчета водонасыщенной пористой среды.

Система вариационных разрешающих уравнений динамической консолидации квазидвухфазных грунтовых сред

$$\int_V \sigma_{ij}^{tot} \delta \varepsilon_{ij}^{sk} dV + \int_V \delta_{i3} g \rho \delta \vartheta_i^{sk} dV - \int_{S_\sigma} m \tilde{p}_i^n \delta \vartheta_i^{sk} dS = 0, \quad (1)$$

$$\int_V k_\phi^w \left(\delta_{i3} + \frac{\delta_{ij} P_{,j}^w}{g \rho^w} \right) \delta P_{,i}^w dV + \int_V \frac{m}{K_w} \dot{P}^w \delta P^w dV + \int_V \dot{\vartheta}_{i,i}^{sk} \delta P^w dV - \int_{S_{p_n}} k_\phi^w \tilde{H}_{,n}^w \delta P^w dS = 0, \quad (2)$$

получена на основе Эйлера подхода к описанию движения в предположении справедливости принципа эффективных напряжений Терцаги

$$\sigma_{ij}^{tot} = \sigma_{ij}^{ef} - \delta_{ij} m P^w. \quad (3)$$

Закон фильтрации записывается по отношению к разности приведенных скоростей жидкости и скелета грунта в форме Дарси-Герсеванова. Рассмотрен случай квазистатического движения грунтовой среды, когда ускорениями частиц фильтрующей жидкости и скелета грунта можно пренебречь.

Расчет проводится на основе изопараметрических квадратичных конечных элементов сплошной среды Сирендипова семейства, в качестве узловых неизвестных которых выбраны декартовы проекции вектора перемещений скелета грунта и поровое давление фильтрующей жидкости.

Аппроксимации вектора перемещений $\vec{\vartheta}$, записанного в покомпонентном виде $\{\vartheta\}^T = \{u, v, w\}^T$, и порового давления P^w представим в виде

$$\{\vartheta\} = [\Psi(\bar{x})] \{\vartheta^m(t)\} \quad (4)$$

и

$$P^w = \{\psi(\bar{x})\}^T \{P^m(t)\}, \quad (5)$$

причем разделение пространственных и временных переменных заложим уже на уровне поэлементной аппроксимации.

Реализованы расчетные схемы, позволяющие определять напряженно-деформированное состояние грунта в случае гидростатического распределения порового давления (случай установившегося течения грунтовых вод) и в случае квазистатического движения грунта (случай неустановившегося движения). Для решения задачи динамической консолидации используется конечно-разностная схема по времени типа Кранка-Николсона.

Литература

1. Зарецкий Ю.К. Лекции по современной механике грунтов. – Ростов, РГУ, 1989. – 608с.