

УЧЕТ ВЛИЯНИЯ СИЛ СЦЕПЛЕНИЯ В КОНТАКТНОЙ ЗОНЕ БАЛОЧНЫХ ПЛИТ НА КЛИНОВИДНОМ ОСНОВАНИИ

О. В. КОЗУНОВА, А. Г. ПУСЕНКОВ

Белорусский государственный университет транспорта, Гомель

Выбор тематики данной статьи связан с тем, что нет четкого решения пространственной задачи взаимодействия балочной плиты и упругого клиновидного основания с учетом касательных напряжений. Авторы предлагают методику расчета, которая позволит решить целый ряд инженерных задач, относящихся к проектированию балочных плит на неоднородном основании с учетом касательных напряжений.

Расчет упругого основания с наклонным слоем и балочной плиты, а также с учетом влияния касательных напряжений в общем виде является чрезвычайно сложной биконтактной задачей, решение которой возможно в нелинейной постановке при работе упругих сред в зоне небольших упругопластических деформаций, т.е. с учетом физической нелинейности [1].

Балочная плита ленточных фундаментов мелкого заложения находится на упругом неоднородном клиновидном основании глубиной (толщиной) H с приложенной внешней нагрузкой P . Параметры плиты: высота h , ширина $2l$, изгибная жесткость EJ , жесткость на растяжение EA .

Основание при расчете заменяется прямоугольной расчетной областью, на границах которой перемещения равны нулю; в контактной зоне справедливо равенство осадок основания прогибам плиты.

Основание аппроксимируется разбивочной сеткой конечных размеров с постоянным шагом по осям (рисунок 1).

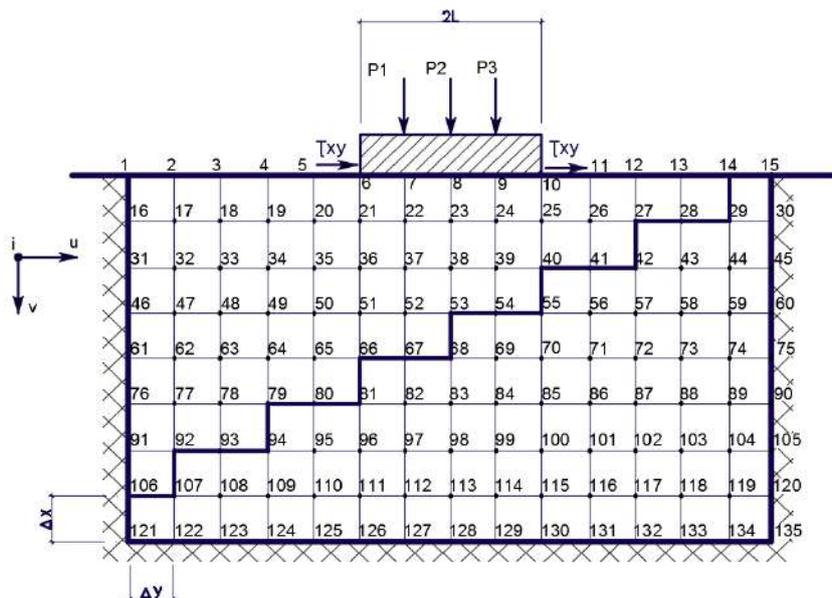


Рисунок 1 – Разбивочная сетка расчетной области

Для расчета балочных плит на клиновидном основании с учетом сил сцепления в контактной зоне вводим следующие гипотезы и допущения:

- 1) гипотезы и допущения теории упругости, которые справедливы для рассчитываемой области упругого основания;
- 2) гипотезы плоского изгиба балки (плиты), справедливые для балочной плиты;
- 3) допущение о том, что при моделировании контактной зоны между балочной плитой и основанием могут возникать и растягивающие, и сжимающие напряжения. Кроме того, при моделировании учитываются силы трения, как и касательные напряжения в зоне контактного взаимодействия.

Для решения рассматриваемой задачи авторами используется вариационно-разностный метод (ВРМ). Решение краевой задачи строится в перемещениях и реализуется методом конечных разностей с заменой дифференциальных уравнений конечно-разностными соотношениями. При этом в решении применяется функционал полной потенциальной энергии деформаций плиты и упругого клиновидного основания с учетом влияния касательных напряжений в контактной зоне.

Вначале решается задача в линейной постановке. По вычисленным значениям перемещений i -й узловой точки $u_i(x, y)$, $v_i(x, y)$, используя геометрические уравнения Коши и конечно-разностные соотношения, определяется интенсивность деформаций и интенсивность напряжений в центрах ячеек (см. формулы теории упругости) [2]. Определяются деформации прямоугольных ячеек. Численная реализация ВРМ производится в программном пакете Mathematica.

Имея значения напряжений и перемещений, полученных в результате решения задачи в первом приближении, определяется касательный или секущий модули деформации для каждой ячейки и задача решается во втором и последующих приближениях, с учетом изгибной жесткости балочной плиты.

Величина полной потенциальной энергии балочной плиты на упругом основании \mathcal{E} состоит из энергии изгиба плиты U , энергии деформации упругого основания A с учетом энергии продольных деформаций (сцепления) в контактной зоне плиты с основанием U_t и работы внешней нагрузки Π :

$$\mathcal{E} = U + A + \Pi, \quad (1)$$

где U – энергия деформации плиты; A – энергия деформации упругого основания; Π – работы внешней нагрузки.

В формуле (1) авторами вводится новое слагаемое: энергия продольных деформаций (сцепления) контактного взаимодействия балочной плиты с основанием

$$A = U_f + U_t, \quad (2)$$

где U_f – энергия деформации упругого основания (плоская деформация); U_t – энергия продольных деформаций (сцепление).

Энергия продольных деформаций (сцепления) в контактной зоне плиты с основанием

$$U_t = \sum_{i=1}^{K-1} EA_{i=1} \cdot \left(\frac{u_{i+1} - u_i}{\Delta x} \right)^2 \cdot \Delta x, \quad (3)$$

где EA – жесткость на растяжение.

Итерационный процесс заканчивается, как только разница между последующим и предыдущим приближением исследуемой функции будет соответствовать требуемой точности решения задачи.

Полученные предварительные результаты подтверждают влияние сил сцепления (касательных напряжений) при нелинейном расчете биконтактного взаимодействия балочной плиты на клиновидном основании. Этот расчет позволяет более полно исследовать все факторы взаимовлияния: осадки упругого основания, внутренние усилия в балочной плите, контактное взаимодействие. Результаты исследований могут быть использованы в расчетной практике проектных организаций промышленного, гражданского и транспортного строительства.

Список литературы

- 1 Руководство по проектированию плитных фундаментов каркасных зданий и сооружений башенного типа: разраб. к СНиП II-15-74. – М. : Стройиздат, 1984. – 265 с.
- 2 Александров, А. В. Основы теории упругости и пластичности: учеб. для строит. спец. вузов / А. В. Александров, В. Д. Потапов. – 2-е изд., испр. – М. : Высш. шк., 2002. – 400 с.
- 3 Козунова, О. В. Особенности проектирования плитных фундаментов на многослойных основаниях со слабыми слоями грунтов / О. В. Козунова // Рекомендации по проектированию и устройству рациональных фундаментов на основаниях, сложенных озерно-ледниковыми и лессовидными грунтами : Р 5.01.056.09 : введ. 01.10.09. – Минск. : Стройтех-норм, 2009. – Гл. 8. – С. 39–47.
- 4 Босаков, С. В. Статические расчеты плит на упругом основании / С. В. Босаков. – Минск : БНТУ, 2002. – 127 с.
- 5 Горбунов-Посадов, М. И. Расчет конструкций на упругом основании / М. И. Горбунов-Посадов, Т. А. Маликова, В. И. Соломин. – М. : Стройиздат, 1984. – 631 с.