

Численные методы расчета конструкций

ОЦЕНКА РАЗМЕРОВ МАССИВА ГРУНТА, ЗАДАВАЕМОГО ПРИ ПРОСТРАНСТВЕННЫХ РАСЧЕТАХ ПОДЗЕМНЫХ СООРУЖЕНИЙ, ИСХОДЯ ИЗ УСЛОВИЙ ЗАТУХАНИЯ ЕГО НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ

ЧАН СУАН ЛИНЬ, аспирант

Московский государственный университет путей сообщения (МИИТ)

127994, Москва, ул. Образцова д. 9, стр. 9; E-mail: tranxuanlinh6987@gmail.com

В статье приведены результаты расчета пространственных моделей системы «оболочка – грунтовый массив» при разных размерах массива. Дана оценка влияния его размеров на напряженно-деформированное состояние массива и заложено в нем подземного сооружения.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: цилиндрическая оболочка, грунтовый массив, напряженно-деформированное состояние.

Известно что, для плоских задач о распределении напряжений около отверстий Савиным Г.Н. [1] проведен анализ напряженно-деформированных состояний (НДС) моделей грунтов, на основе которого предложено выбирать размеры грунтового массива в пределах от 3-х до 5-и диаметров расположенных в нем круглых отверстий. В настоящей работе автор провел численные расчеты для пространственных моделей системы «грунтовый массив – оболочка» и определил наиболее целесообразные соотношения между диаметром цилиндрической оболочки и размерами окружающего трехмерного массива – модели грунта.

Рассмотрена цилиндрическая оболочка диаметром $D = 2$ м, толщиной $T = 0.02$ м, изготовленная из стали со следующими характеристиками: модулем упругости $E_{ст} = 2.1 \cdot 10^{11}$ Па, коэффициентом Пуассона $\mu_{ст} = 0.3$ и плотностью $\rho_{ст} = 7800$ кг/м³. Оболочка расположена на глубине 10 м в массиве однородного изотропного материала, моделирующего окружающий грунт (глину), имеющий модуль деформации $E_{гр} = 14$ МПа, коэффициент поперечных деформаций $\mu_{гр} = 0.35$ и плотность $\rho_{гр} = 1610$ кг/м³. Материалы массива и оболочки считались неограниченно линейно упругими. Для оценки влияния размеров массива на напряженно-деформированное состояние системы проведено несколько расчетов пространственных моделей системы «оболочка – грунтовый массив», находящихся под действием собственного веса оболочки и грунта, при разных расстояниях от оболочки до боковых граней массива $L = 1D \div 7D$, где D – диаметр оболочки. Расстояние от конструкции до низа массива определено положением слоя прочного грунта и принято равным 10 м (сжимаемая толща грунта). Боковые и нижняя границы массива закреплены от перемещений по нормальям к поверхностям. Контакт между оболочкой и грунтовым массивом принят полным жестким. Такая модель часто применяется в пространственных расчетах подземных сооружений. Расчеты проведены при помощи конечноэлементного программного комплекса MSC PATRAN – NASTRAN. Сетка объемных конечных элементов – тетраэдров (по три степени свободы в узле) сгущалась по мере приближения к оболочке, а оболочка смоделирована плоскими прямоугольными четырехузловыми элементами, имеющими по шесть степеней свободы в узле. В табл. 1 приведены экстремальные значения компонентов НДС: максимальные перемещения W_{\max} и эквивалентные напряжения по четвертой теории прочности для оболочки $\sigma_{об}$ и грунта $\sigma_{гр}$.

Таблица 1

Компоненты НДС	Расстояния от оболочки до боковых граней массива						
	1D	2D	3D	4D	5D	6D	7D
$W_{\max}, 10^{-1} \text{ м}$	1.63	1.66	1.67	1.68	1.68	1.69	1.69
$\sigma_{об}, 10^7 \text{ Па}$	5.52	5.97	6.11	6.17	6.20	6.20	6.19
$\sigma_{гр}, 10^5 \text{ Па}$	1.57	1.60	1.63	1.64	1.68	1.65	1.67

Основные выводы и рекомендации

1. Наибольшие эквивалентные напряжения в массиве во всех расчетных случаях оказались на боковых поверхностях в местах контакта с оболочкой.

2. При увеличении размера L компоненты НДС системы, в основном, увеличиваются, но незначительно. При размерах $L = (1 \div 3)D$ максимальные эквивалентные напряжения в массиве грунта ниже случая, когда $L = 7D$, соответственно на 6%, 4.2% и 2.4%. При $L > 3D$ максимальные эквивалентные напряжения в массиве грунта различаются незначительно.

3. В практических расчетах с точки зрения затухания НДС рекомендуется принимать размеры массива грунта равными $L > 3D$. Чем больше размеры массива, тем, в принципе, лучше моделируется задача в целом, но в связи с трудоемкостью пространственных расчетов эти размеры можно ограничить 3-мя – 5-ю диаметрами оболочки, как и для плоских систем [1].

Работа выполнена под руководством д.т.н. проф. Косицына С.Б.

Л и т е р а т у р а

1. Савин Г. Н. Распределение напряжений около отверстий. – М.: Наукова Думка, 1968. – 891 с.

References

1. Savin, G. N. (1968). *Raspređenje naprizenii okolo otverschii*, Moscow: Naukova Dumka, 891p.

ESTIMATION OF THE SIZES OF SOLID GROUND, ASKED AT THE SPATIAL CALCULATIONS OF UNDERGROUND STRUCTURES, BASED ON THE CONDITIONS OF ATTENUATION OF ITS STRESS-STRAIN STATE

Tran Xuan Linh

Moskovskiy gosudarstvenniy universitet putey soobscheniya (MIIT)

The article presents the results of calculation of spatial models of systems “shell – soil array” at different sizes array. Estimation of influence of its size on the stress-strain state of the array and embedded in its underground structure.

KEYWORDS: cylindrical shell, soil array, the stress-strain state.