

НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОЕ СОСТОЯНИЕ КОНСТРУКЦИЙ, ПОПАВШИХ В ЗОНУ КАРСТОВОГО ПРОВАЛА

Приведен метод определения напряженно-деформированного состояния конструкций, попавших в зону разуплотнения грунта вокруг карстового провала. Рассмотрено бескаркасное здание на плитном фундаменте. Исследовано изменение напряженно-деформированного состояния фундаментной плиты с изменением геометрических параметров карстовой воронки.

Ключевые слова: *напряженно-деформированное состояние, фундаментная плита, карст, воронка, осадка.*

НАПРУЖЕНО-ДЕФОРМОВАНІЙ СТАН КОНСТРУКЦІЙ, ЯКІ ПОТРАПИЛИ В ЗОНУ КАРСТОВОГО ПРОВАЛУ

Наведено метод визначення напружено-деформованого стану конструкцій, що потрапили в зону розуцільнення ґрунту навколо карстового провалу. Розглянуто безкаркасну будівлю на плитному фундаменті. Досліджено зміну напружено-деформованого стану фундаментної плити зі зміною геометричних параметрів карстової воронки.

Ключові слова: *напружено-деформований стан, фундаментна плита, карст, воронка, осідання.*

THE STRESS-STRAIN STATE FELL IN THE AREA OF KARST FAILURE

Provides a method for determining the stress-strain state structures fell in the area of loosening of the soil around the karst failure. Considered frameless building on плитном Foundation. Investigated the change of the stress-strain state of a base plate with the changes of geometrical parameters of karstic crater.

Keywords: *stress-strain state , base plate , karst, funnel, subsidence.*

Введение. Одним из перспективных направлений развития фундаментостроения является развитие и совершенствование методов расчета фундаментов в неблагоприятных грунтовых условиях (в слабых водонасыщенных грунтах, в просадочных грунтах, на закарстованных территориях). Проектирование таких фундаментов в неблагоприятных грунтовых условиях требует проведения мероприятий, направленных на улучшение свойств грунтов (уплотнение, закрепление и т.д.). Альтернативой столь дорогостоящим мероприятиям является фундамент в виде монолитной железобетонной плиты.

Обзор последних источников исследований и публикаций. При проектировании фундаментов в карстоопасных грунтах необходимо учитывать некоторые особенности изменения напряженно-деформированного сос-

тояния основания при карстовом провале [1–3]. Однако в действующих нормах проектирования отсутствуют какие-либо рекомендации по составлению расчетной схемы и расчету монолитной фундаментной плиты на карстоопасном основании.

Выделение не решенных ранее частей общей проблемы. Актуальным является проведение исследований по выявлению особенностей поведения плитного фундамента при образовании карстового провала.

Целью статьи является разработка расчетной схемы здания на монолитной фундаментной плите с учетом карстовой воронки, уточнение методики расчета с учетом взаимодействия сооружения с основанием, ослабленным карстовым провалом, и исследование влияния зоны разуплотнения грунта вокруг карстовой воронки на напряженно-деформированное состояние конструктивных элементов зданий.

Основной материал и результаты. Для определения влияния разуплотнения грунта вокруг карстового провала исследуется бескаркасное здание на монолитной фундаментной плите. Фундаментная плита толщиной 800 мм выполняется на уплотненном щебеночном основании. Основанием фундаментов служат суглинки с расчетными характеристиками по второй группе предельных состояний: удельным весом 20 кН/м^3 , модулем деформации грунта 15 МПа, удельным сцеплением 12 кПа, углом внутреннего трения 18 градусов. Диаметры карстовой воронки $D_{в}=3 \text{ м}$; 6 и 9 м. Эти параметры конструкций соответствует территориям, на которых возможны карстовые провалы. Расположение воронок под фундаментами принимаем в местах пересечения осей под колоннами, находящимися в центральной части здания.

Целью расчета является определение расчетных усилий и перемещений в защищаемых конструкциях зданий и сооружений, попавших в зону карстовой воронки. Для выполнения расчетов на заданные нагрузки и воздействия используется программный комплекс ЛИРА.

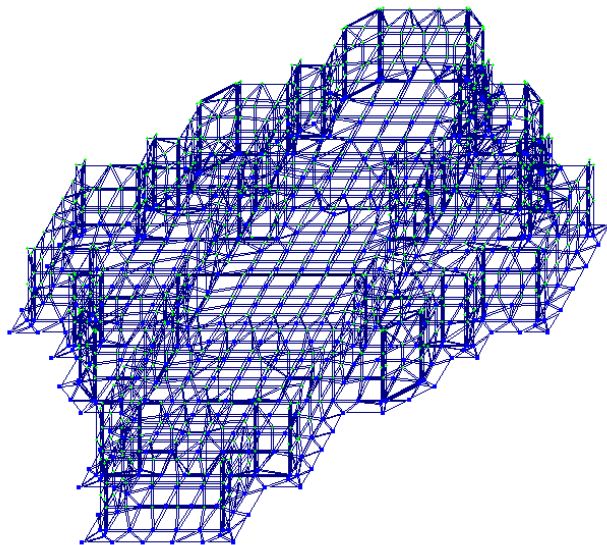


Рис. 1. Расчетная схема цокольной части здания на плитном фундаменте

Расчетная схема исследуемого здания задается в виде конечных элементов. Фундаменты, стены и плиты перекрытий моделируются четырехугольными конечными элементами, колонны в виде стержней (рис. 1), после чего назначаются жесткостные характеристики конструкций здания и основания. Определение усилий в фундаментах в виде сплошной плиты выполняется из расчета здания без учета возникновения карстовой воронки. В дальнейшем указанные параметры уточняются из расчета здания с учетом карстового провала различного диаметра.

Жесткостные параметры конструкций здания задаются программной по их сечениям и модулю упругости бетона. Для фундаментной плиты предварительно вычисляются коэффициенты жесткости основания C_{1z} . Следующим этапом расчета является назначение расположения карстовой воронки заданного диаметра. В местах образования карстового провала коэффициент жесткости $C_{1z} = 0$. Кроме этого, на каркас здания задаются нагрузки – постоянные и временные. Ветровые нагрузки в расчетах не учитываются. По полученным результатам многовариантных расчетов строятся эпюры изгибающих моментов и поперечных сил для каждого из исследуемых параметров воронки и давления на основание. По найденным усилиям выполняют конструирование фундаментной плиты в исследуемых вариантах.

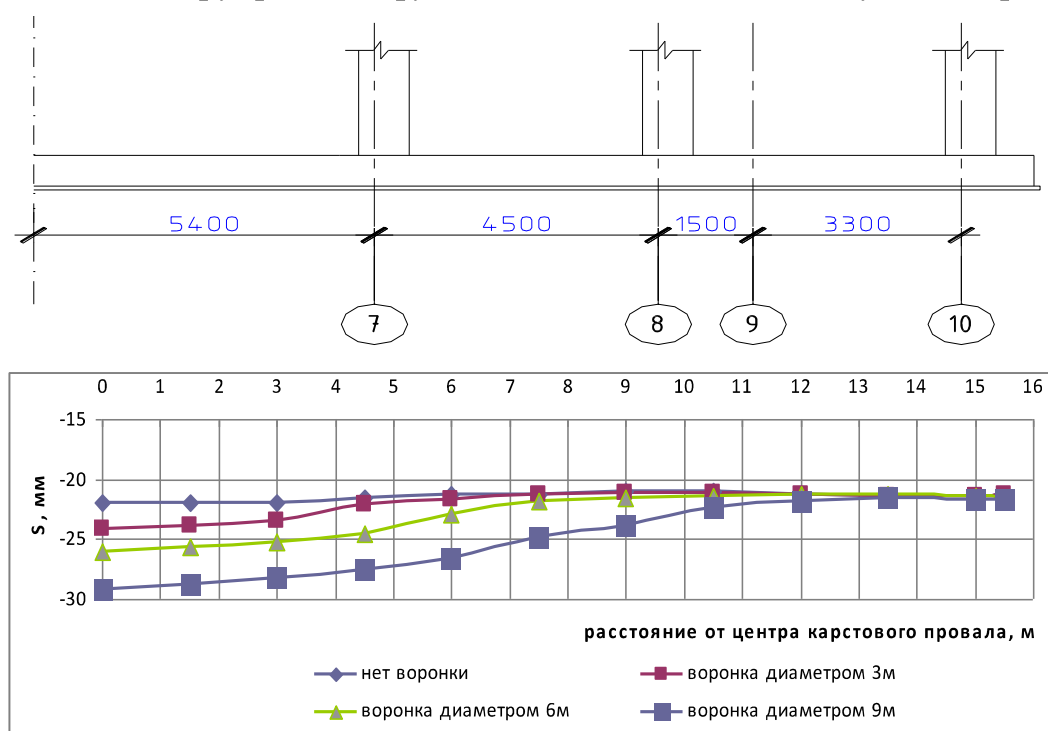


Рис. 2. Осадки основания под фундаментной плитой здания с учетом образования карстовой воронки

Полученные результаты осадок основания, ослабленного карстовой воронкой, представлены на рис. 2. Изополя коэффициентов жесткости основания показаны на рис. 3. По полученным величинам изгибающих моментов (табл. 1), возникающих в фундаментных конструкциях, построены эпюры M_u фундамент в виде сплошной плиты (рис. 4).

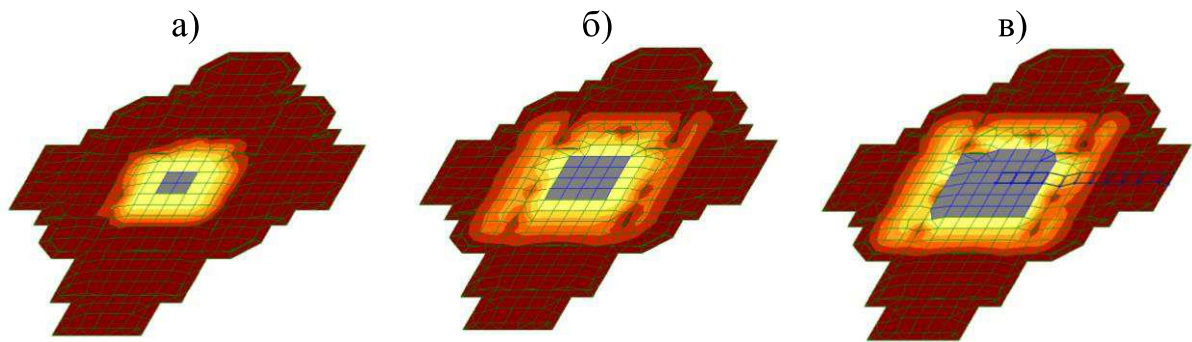
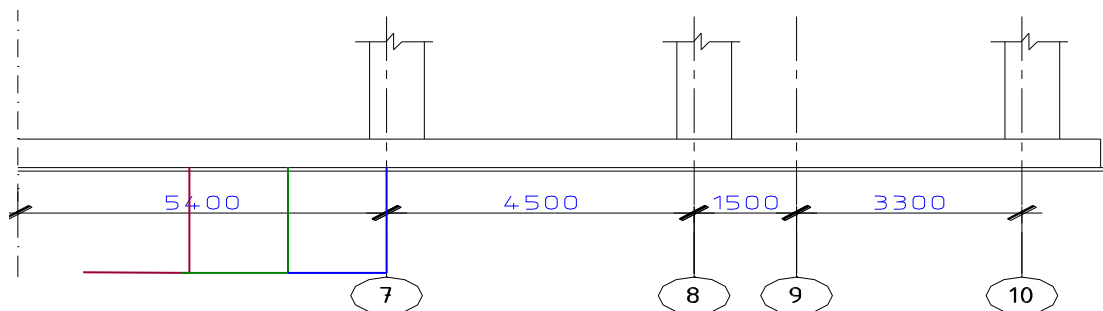


Рис. 3. Изополю переменного коэффициента жесткости основания здания на плитном фундаменте с учетом образования карстовой воронки: а) диаметром 3 м; б) диаметром 6 м; в) диаметром 9 м

Таблица 1. Изгибающие моменты M_u , возникающие в плитном фундаменте здания

Диаметр воронки, м	Расстояние от центра карстовой воронки, м											
	0	1,5	3	4,5	6	7,5	9	10,5	12	13,5	15	16,5
нет воронки	-13,01	-19,02	-25,20	-27,01	-12,51	-23,40	-25,30	-26,56	-24,044	-6,7955	-26,568	1,4208
3	-15,20	-22,09	-27,65	-28,15	-13,96	-24,92	-26,60	-27,92	-25,808	-7,1551	-27,923	1,3866
6	-17,5	-25,40	-29,60	-30,19	-15,96	-27,12	-29,70	-29,40	-26,993	-8,8967	-29,407	1,1284
9	-20,39	-28,50	-32,50	-32,27	-18,62	-29,11	-31,30	-31,16	-28,1938	-10,454	-30,1641	0,89056



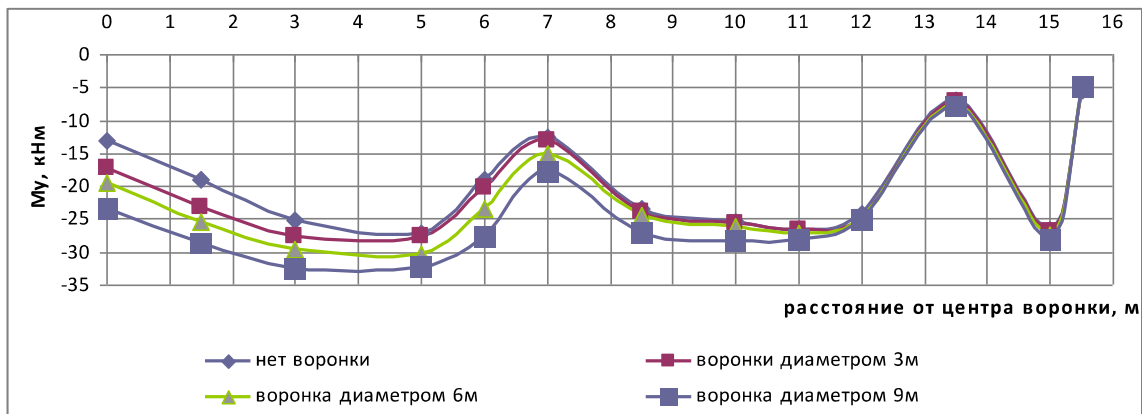


Рис. 4. Эпюры изгибающих моментов M_u , кНм

По полученным результатам видно, что при образовании воронки диаметром 3 м изгибающий момент фундаментной конструкции с учетом зоны разуплотнения грунта увеличился на 2 кНм по сравнению с усилиями в фундаментных конструкциях, определенных без влияния карста. В остальных исследуемых диаметрах воронок изгибающий момент в фундаментных конструкциях также увеличивается. Это приводит к необходимости усиления фундаментных конструкций.

Выводы. Полученные результаты по определению осадки основания показали, что в зоне разуплотнения грунта увеличивается осадка основания.

Литература

1. Инженерно-строительное освоение закарстованных территорий / В.В. Толмачев, М.Г. Троицкий, В.П. Хоменко; под. ред. Е.А. Сорочана. – М.: Стройиздат, 1986. – 176 с.
2. Временные указания по проектированию зданий в районах г. Москвы с проявлением карстово-суффозионных процессов. – М.: Моспроект – 1 и др., 1979. – 20 с.
3. Гензерский, Ю.В. ЛИРА 9.4. Примеры расчета и проектирования. Приложение к пособию ЛИРА 9.2/ Ю.В. Гензерский, А.Н. Куценко, Д.В. Марченко, Я.Е. Слободян, В.П. Титок. – К.: НИИАСС, 2006. – 124 с.

Надійшла до редакції 20.09.2013

© А.В. Кухар