УДК 624.15

ВЛИЯНИЕ РАЗУПЛОТНЕНИЯ ГРУНТА ВОКРУГ КАРСТОВОЙ ВОРОНКИ НА НДС КОНСТРУКЦИЙ ПЛИТНОГО ФУНДАМЕНТА

Яркин В.В., Кухарь А.В.

Донбасская национальная академия строительства и архитектуры
г. Макеевка, Украина

АННОТАЦИЯ: В статье приведен метод определения коэффициента жесткости основания вокруг карстовой воронки. Разработаны расчетные схемы основания, ослабленного карстовыми воронками различных параметров. Приведена методика определения напряженно-деформированного состояния конструкций плитного фундамента попавших в зону разуплотнения грунта вокруг карстового провала. Рассматривается бескаркасное здание на плитном фундаменте.

АНОТАЦІЯ: У статті приведений метод визначення коефіцієнта жорсткості основи навколо карстової воронки. Розроблені розрахункові схеми основи, ослабленої карстовими воронками різних параметрів. Наведено метод визначення напружено-деформованого стану конструкцій плитного фундаменту, що потрапили в зону розущільнення ґрунту навколо карстового провалу. Розглядається безкаркасна будівля на плитному фундаменті.

ABSTRACT: In the article the method of determination of coefficient of inflexibility of foundation is resulted round a karst sinkhole. The calculation charts of foundation, weak the karst sinkhole of different parameters are developed. Provides a method for determining the stress-strain state structures slab foundation in the area of loosening of the soil around the karst failure. Considered frameless building on Foundation slab.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: напряженно-деформированное состояние, фундаментная плита, карст, воронка, осадка.

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМЫ

Потеря устойчивости сводов карстовых пустот приводит к образованию на земной поверхности оседаний или провалов. При этом, грунтовый массив вокруг карстового провала получает возможность дополнительных смещений и локальной потери устойчивости в сторону образовавшегося провала, в результате чего определенную зону основания вокруг карстового провала можно считать ослабленной или разуплотненной [9, 10].

Большое внимание в данной работе уделено исследованиям зоны разуплотнения грунта вокруг карстовой воронки от влияния таких факторов как давление на основание, глубина и диаметр карстовой воронки.

Совершенствование методов расчета и проектирование фундаментов в сложных инженерно-геологических условиях является одним и перспективных направлений развития фундаментостроения. Проектирование зданий и сооружений на карстоопасных территориях требует применения конструктивных, планировочных мероприятий либо улучшение свойств грунтов [1, 4, 6]. Одним из наиболее часто используемых конструктивных методов защиты от карстопроявления является фундамент в виде монолитной железобетонной плиты.

Целью статьи является определение размеров «ослабленной зоны» карстового основания в зависимости от основных влияющих факторов и исследование влияния зоны разуплотнения грунта вокруг карстовой воронки на напряженно-деформированное состояние конструктивных элементов зданий на плитном фундаменте.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследования выполнялись методом конечных элементов при помощи ПК Лира [2]. При этом расчетная схема исследуемого основания представлена в виде осесимметричного массива толщиной 25 м и радиусом 50м от оси симметрии. Параметры карстового провала задавались исключением из расчетной схемы группы конечных элементов по оси симметрии. Расчеты выполнялись с варьированием диаметра карстового провала от 3 до 9 м, глубины провала от 1 до 5 м и давления на основание в диапазоне 100…300 кПа.

Для определения коэффициента жесткости основания вокруг карстовой воронки найдены осадки основания (рис. 1, 2).

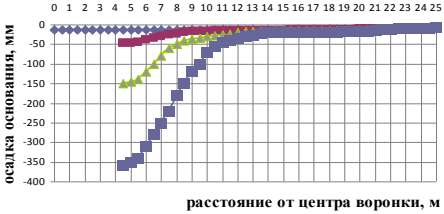

Рис. 1. Осадка основания, ослабленного воронкой диаметром 9 м при давлении на основание 100 кПа:

нет воронки
воронка глубиной 1м
воронка глубиной 3м
воронка глубиной 5 м

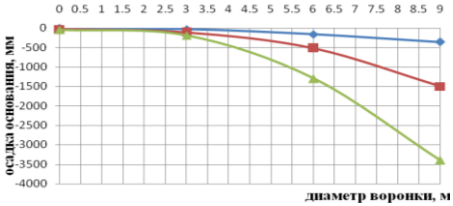

Рис. 2. Осадка основания у края воронки глубиной 5м:

P=100 кПа
P = 200 кПа
P = 300 кПа

Переменный коэффициент жесткости основания C_z вычисляется как отношение давления на основание P к осадке основания S [3, 5]. Результаты расчета представлены в виде графиков (рис. 3).

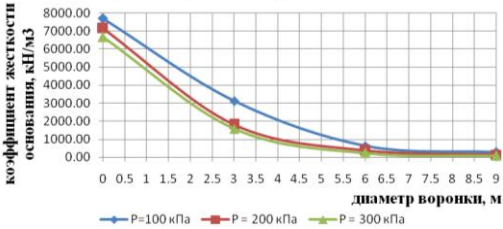

Рис. 3. Коэффициент жесткости основания у края воронки глубиной 5м

Относительные коэффициенты жесткости основания определялись как соотношения переменных коэффициентов жесткости основания с учетом карстового провала C_z к коэффициенту жесткости основания ненарушенного основания C_{z0}.

Зона разуплотнения грунта вокруг карстового провала зависит от диаметра карстового провала [9, 10] и может быть условно принята равной 0.5d, где d – диаметр карстовой воронки. Осадки в указанной зоне зависят от глубины провала и давления действующего на поверхности. Аппроксимацию осадок в пределах зоны разуплотнения можно выполнить параболической зависимостью.

Предлагается коэффициент жесткости основания в зоне разуплотнения карстовой воронки вычислять по формуле:

$$C_z = k \cdot C_{zo} \qquad (1)$$

где C_{z0} – коэффициент жесткости ненарушенного основания

k - коэффициент разуплотнения, определяемый по формуле:

$$k = \left[1 - 0.1(d-3)\right] + 0.1(d-3)\frac{2r-d}{d} \qquad (2)$$

где $d \geq 3$ м – диаметр карстовой воронки;

$d \geq r \geq 0.5 \cdot d$ – расстояние от центра воронки до точки в зоне разуплотнения грунта, в которой определяется коэффициент жесткости. При этом: при $r < 0.5 \cdot d$ $k = 0$, а при $r > d$ $k = 1.0$

Влияние разуплотнения грунта вокруг карстового провала на НДС конструкций фундамента рассматривалось на примере здания православного храма. Цокольная часть здания храма запроектирована в виде коробчатой монолитной железобетонной плиты с мощными ребрами в виде балок стенок на всю высоту цокольного этажа. Жесткость надземных конструкций храма существенно ниже цокольной части, поэтому надземная часть храма в расчетной схеме учтена только в виде нагрузок (рис. 4).

Определение НДС фундаментных конструкций выполнялось без учета возникновения карстовой воронки, с учетом карстового провала различного диаметра и глубины, с учетом и без учета ослабленной зоны [7, 8]. Расположение карстовой воронки под фундаментами рассматривалось в центральной части здания.

Для фундаментной плиты предварительно вычислялись коэффициенты жесткости основания C_z. Карстовый провал учитывался в расчетной схеме обнулением коэффициента жесткости основания в месте самого провала и понижением коэффициента жесткости в зоне разуплотнения вокруг провала по формуле 1 (рис. 5).

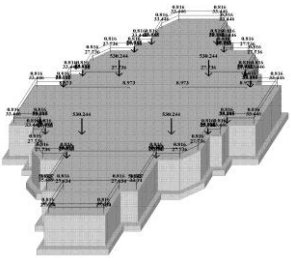

Рис. 4. Расчетная схема цокольной части здания на плитном фундаменте

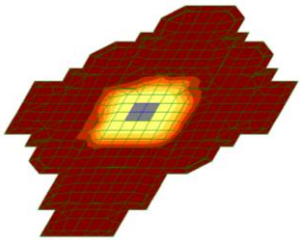

Рис. 5. Изополя переменного коэффициента жесткости основания с учетом образования карстовой воронки диаметром 3м

Полученные результаты осадок основания, ослабленного карстовой воронкой, представлены на рис. 6. Изополя изгибающих моментов M_y в

фундаментной плите без карстового провала, с карстовым провалом и с учетом разуплотнения грунта вокруг провала представлены на рис. 7.

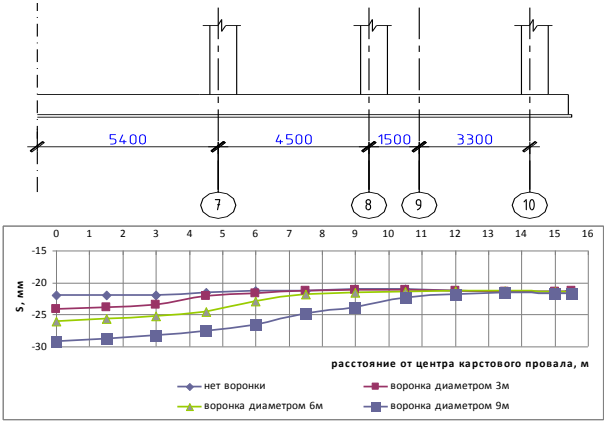

Рис. 6. Осадки основания под фундаментной плитой здания с учетом образования карстовой воронки

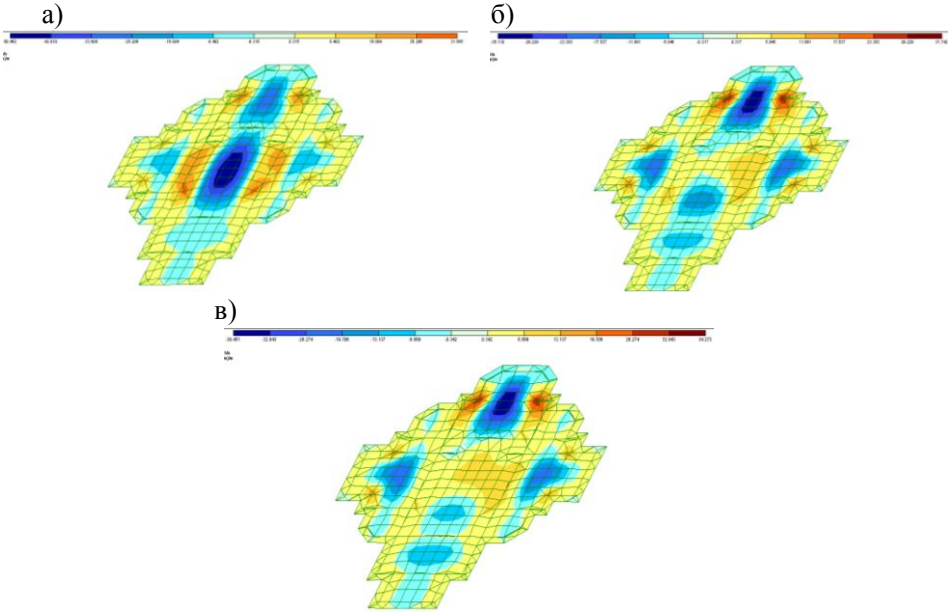

Рис. 7. Изополя изгибающих моментов Му: а) без учета карстовой воронки; б) с учетом карстовой воронки; в) с учетом разуплотнения грунта вокруг карстовой воронки

ВЫВОД

Численными исследованиями установлено, что при проектировании зданий на карстоопасных территориях необходимо учитывать зоны разуплотнения грунта на границах карстовой воронки. Размер этих зон с достаточным приближением можно принимать как половину диаметра карстовой воронки. Существенное влияние на изменение относительного коэффициента жесткости основания в зоне провала имеют: диаметр, глубина карстовой воронки и давление на основание, так как эти факторы являются наиболее влияющими на устойчивость грунта в окрестностях провала.

Для воронки цилиндрической формы изменение глубины карстовой воронки в диапазоне от 1 до 5 м приводит к уменьшению относительного коэффициента жесткости основания до 90%.

Увеличение давления на основание, ослабленное карстовой воронкой, от 100 до 300 кПа приводит к уменьшению относительного коэффициента жесткости основания на краю воронки примерно в 2 раза.

Учет влияния зоны разуплотнения основания вокруг карстовой воронки на НДС здания на плитном фундаменте показал, что изгибающие моменты в фундаментной плите увеличиваются до 12,5%.

ЛИТЕРАТУРА

1. Временные указания по проектированию зданий в районах г. Москвы с проявлением карстово-суффозионных процессов. – М.: Моспроект – 1 и др., 1979. – 20 с.
2. ЛИРА 9.4. Примеры расчета и проектирования. Приложение к пособию ЛИРА 9.2 / [Гензерский Ю.В., Куценко А.Н., Марченко Д.В. и др.]. – К.: НИИАСС, 2006. – 124 с.
3. Горбунов-Посадов М.И. Расчет конструкций на упругом основании / М.И. Горбунов–Посадов, Т.А. Маликова, В.И. Соломин. – М.: Стройиздат, 1984. – 680 с.
4. Дыховичный Ю.А. Проектирование и строительство на территориях, подверженных карстово-суффозионным процессам в Москве / Ю.А. Дыховичный, В.А. Максименко // Основания, фундаменты и механика грунтов. – 1979. – №3. – С. 20 – 23.
5. Інженерна геологія. Механіка грунтів, основи та фундаменти. Видання друге, переробленне і доповнене / [М.Л. Зоценко, В.І. Коваленко, А.В. Яковлев та ін.; під ред. М.Л. Зощенко]. – Полтава, 2004. – 523 с.
6. Инженерно-строительное освоение закарстованных территорий / [В.В. Толмачев, М.Г. Троицкий, В.П. Хоменко; ред. Е.А. Сорочана]. – М.: Стройиздат, 1986 – 176 с.

7. Метелюк Н.С. Методические рекомендации по проектированию фундаментов зданий и сооружений в карстовых районах / Н.С. Метелюк, А.Б. Соловьева, Л.В. Горбатова / НИИСК Горсстроя СССР.– К.: 1997.– 76 с.
8. Метелюк Н.С. Методические рекомендации по проектированию бескаркасных жилых зданий в карстовых районах / Н.С. Метелюк, А.Б. Соловьева, Л.В. Горбатова / НИИСК Госстроя СССР. – К., 1986. – 51 с.
9. Рекомендации по проектированию зданий и сооружений в карстовых районах СССР / ЦНИИИС Госстроя СССР и др. – М., 1967. – 74 с.
10. Рекомендации к проектированию фундаментов на закарстованных территориях. НИИОСП им. Н.М. Герсеванова (рекомендации), 1985. – 263 с.

REFERENCES

1. Interim guidance on the design of buildings in areas of Moscow with the manifestation of karst-suffusion processes. - M.: Mosproject - 1, etc., 1979. – 20 p.
2. LIRA 9.4. Examples of calculation and design. Appendix to the manual LIRA 9.2 / [Genzersky Y., Kutsenko A., Marchenko D. and other]. - K.: Publishing NIIASS, 2006. – 124 p.
3. Gorbunov-Posadov M. Analysis of structures on elastic foundation / M. Gorbunov-Posadov, T. Malikova, V. Solomin. - M.: Stroyizdat, 1984. - 680 p.
4. Dykhovichny Y. Design and construction in areas prone to karst-suffusion processes in Moscow / Y. Dykhovichny, V. Maksimenko // Grounds, foundations and geotechnics. - 1979. - №3. - P. 20 - 23.
5. Inzhenerna geologiya. Mehanika gruntiv, the basis is the foundation. Vidanov friend pereroblenne i dopovnene / [M. Zotsenko, V. Kovalenko, A. Yakovlev and others: edited by M. Zoschenko]. – Poltava, 2004. – 523 p.
6. Civil Engineering development of karst areas / [V. Tolmachev, M. Troitsky, V. Khomenko; edited by E. Sorochan]. - M.: Stroyizdat, 1986. – 176 p.
7. Metelyuk N. Guidelines for designing the foundations of buildings and structures in karst areas / N. Metelyuk, A. Soloviev L. Gorbatova / NIISK Gorsstroya USSR. - K., 1997. – 76 p.
8. Metelyuk N. Guidelines for designing frameless residential buildings in karst areas / N. Metelyuk, A. Soloviev, L. Gorbatova / NIISK USSR State Committee. - K., 1986. – 51 p.
9. Recommendations for the design of buildings and structures in karst regions of the USSR / TSNIIIS USSR State Committee and others. - M., 1967. – 74 p.
10. Recommendations for the design of foundations on the karst territories. NIIOSP them. NM Gersevanov (recommendations), 1985. – 263 p.

Статья поступила в редакцию 09.08.2015 г.