

УДК 621.396

Разработка методики оценки нагрузочно-деформационного состояния грунтов в локальной точке геологической среды*

Греченева А.В., Дорофеев Н.В.

В статье описана методика оценки нагрузочно-деформационного состояния грунтов в локальной точке геологической среды. Рассмотрены основные деформационные характеристики грунта и выполнено теоретическое обоснование возможности использования деформационных параметров для решения задачи определения напряжённо-деформационного состояния локальных точек объекта мониторинга. Описана методика определения прогнозной функции развития процессов карстообразования и обширных деструктивных процессов на локальном участке геологического объекта. На основе построения математических моделей были получены прогнозные оценки развития деструктивных процессов в локальной точке геологической среды. В результате математического моделирования с использованием статистических экспериментальных данных были сопоставлены факты начала активности карстового образования и их влияния на деформационные параметры сооружений, а именно: осадка фундамента здания, уклон несущих стен, изменение компонент тензора деформаций на несущих стенах здания.

Ключевые слова: геодинамика, мониторинг, геологическая среда, нагрузочно-деформационное состояние.

Development of methodology for assessing the load-deformation state of soil in the local point of the geological environment

Grecheneva A.V., Dorofeev N.V.

The article describes a method of estimating the load-deformation state of soil in the local point of the geological environment. The main deformation characteristics of soil and carried out a theoretical basis the possibility of using deformation parameters for solving the problem of determining the stress-strain state of the local points of the monitoring object. A method for determining the function of forecasting process, and extensive karst destructive processes on the local section of the geological object. We were prepared forecasts of the development of destructive processes at the local geological environment. As a result of the simulation using statistical data were compared to the beginning of the activity of the facts of karst formations and their impact on the parameters of deformation structures.

Keywords: geomechanics, karst area, deformation processes, saturated soil, automated monitoring.

Введение

Строительство инженерно-технических сооружений и их последующая эксплуатация на карстоопасной местности непосредственно взаимосвязана с процессом образования карстовых полостей в грунте под фундаментом здания. Для предупреждения карстовых провалов перед началом строительства осуществляются геологические инженерные изыскания, однако, особенность карстовых процессов заключается в том, что при увеличении

техногенной нагрузки на местность резко возрастает динамика развития карстовых полостей. Подобная активизация карстовых процессов является ключевой причиной масштабной деформации грунта, вызывающей, в последствие, деструкцию фундамента здания.

Решение задачи своевременной регистрации активизации деформационных процессов достигается путем применения систем автоматизированного деформационного мониторинга. Малая проработанность математических

* Работа выполнена при поддержке гранта Президента РФ № МК-7406.2015.8

моделей, лежащих в основе существующих систем мониторинга, определяет низкую способность к выявлению фазы начала развития неблагоприятных геодинамических процессов и не позволяет наблюдать динамику деформационных процессов в системе «грунт – фундамент – сооружение» с учетом гидрологического режима местности и климатических условий, а так же с учетом имеющейся техногенной нагрузки.

Таким образом, актуальной задачей является разработка и создание автоматизированных систем деформационного мониторинга инженерно-технических сооружений в районах карстоопасности.

Деформационные характеристики геологического разреза

Основной деформационной характеристикой грунта при изучении его напряжённо-деформируемого состояния является модуль общих деформаций E_0 , а так же коэффициент Пуассона ν (коэффициент бокового расширения). Исходя из физико-механических свойств грунта, необходимо отметить, что в данной среде остаточные деформации преобладают над упругими. При этом, модуль общих деформаций E_0 учитывает как упругие так и остаточные деформации. [1-2]

Используя обобщенный закон Гука, можно вывести зависимость между модулем общих деформаций E_0 и коэффициентом относительной сжимаемости m_v .

$$E_0 = \frac{\beta}{m_v} \quad (1)$$

где $\beta = 1 - \frac{2 \cdot \nu^2}{1 - \nu}$

Так же, деформационные процессы в грунте напрямую связаны с его пористостью. При этом степень пористости грунта можно определить:

$$\Delta n_i = \frac{S_i \cdot A}{h \cdot A} = \frac{S_i}{h}, \quad (2)$$

где h – первоначальная высота геологического слоя;

n_i – нагрузка;

S_i – величина смещения поверхности;

A – площадь поперечного сечения местности.

Коэффициент пористости определим по формуле:

$$e_i = e_0 - \Delta e_i = e_0 - \frac{\Delta n_i}{m'},$$

где e_0 – начальный коэффициент пористости грунта;

Δe_i – изменение коэффициента пористости;

m – объем твёрдых частиц в единице объема.

$$e_i = e_0 - \frac{1}{m'} \cdot \frac{S_i}{h}, \quad (3)$$

где $m' = \frac{1}{1 + e_0}$.

Тогда :

$$e_i = e_0 - (1 + e_0) \cdot \frac{S_i}{h}. \quad (4)$$

Методика оценки нагрузочно-деформационного состояния грунтов

В качестве информативных параметров деформационного мониторинга системы «грунт-фундамент-сооружение» выступают уровни амплитуд ускорений в элементах сооружения, значение и распределение собственных частот, изменение геологического разреза и т.д. Математическое моделирование нагрузочно-деформационного процесса заключается в решении начально-краевой задачи о реакции системы «грунт-фундамент-сооружение» при воздействии на поверхность грунта внешних факторов (техногенная нагрузка, климатический режим и т.п.). При этом следует учитывать неоднородность грунтового слоя, определяющую различность его физико-механических свойств и динамику карстового образования, которая изменяет напряжённо-деформированное состояние сооружения.

В результате математического моделирования с использованием статистических экспериментальных данных были сопоставлены факты начала активности карстового образования и их влияния на деформационные параметры сооружений. При этом зафиксировать начальную стадию развития деформационных процессов в конструкции фундамента удаётся при значительной динамике карстового образования.

Поэтому, ключевым моментом применения систем деформационного мониторинга является возможность прогнозирования и предварительной оценки динамики карстовых процессов, вызывающих цепную деструктивную реакцию в системе «карст – грунт – фундамент – сооружение». [3-5]

Заключение

Решение задач деформационного мониторинга и применение численных методов математического моделирования геомеханических процессов позволяет повысить чувствительность систем автоматизированного контроля и прогнозирования, дает возможность обнаружения и регистрации начальных фаз активности скрытых динамических процессов геологической структуры.

Литература

1. *Aderhold G.* Klassifikation von erdfallen und senkungsmulden in karstgefährdeten gebieten hessens. Empfehlungen zur Abschätzung des geotechnischen Risikos bei Baumassnahmen // HLUG – Hessisches Landesamt für Umwelt und Geologie. Geologische Abhandlungen Hessen, Band 115, Wiesbaden 2015.

2. *Reuter F., Tolmacev V.* Bauen und Bergbau in Senkungs – und Senkungsgebieten // Eine Ingenieurgeologie des Karstes: Berlin, 1990.

3. *Instanes A.* Arctic Climate Impact Assessment – Scientific Report, 2006, chapter 16.

4. *Дорофеев Н.В., Орехов А.А.* Информационно-измерительная система для проведения геоэлектрического контроля геодинамических объектов // Радиотехнические и телекоммуникационные системы, №2, 2012. – С. 60-62.

5. *Кузичкин О.Р.* Алгоритм формирования прогнозных геодинамических оценок при геоэлектрическом мониторинге суффозионных процессов // Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика. 2008. №5. – С. 50-53.

References

1. *Aderhold G.* Klassifikation von erdfallen und senkungsmulden in karstgefährdeten gebieten hessens. Empfehlungen zur Abschätzung des geotechnischen Risikos bei Baumassnahmen // HLUG – Hessisches Landesamt für Umwelt und Geologie. Geologische Abhandlungen Hessen, Band 115, Wiesbaden 2015.

2. *Reuter F., Tolmacev V.* Bauen und Bergbau in Senkungs – und Senkungsgebieten // Eine Ingenieurgeologie des Karstes: Berlin, 1990.

3. *Instanes A.* Arctic Climate Impact Assessment – Scientific Report, 2006, chapter 16.

4. *Dorofeev N.V., Orekhov A.A.* Informacionno-izmeritel'naja sistema dlja provedenija geoelektricheskogo kontrolja geodinami-cheskih ob#ektov [Information-measuring system for the geoelectric monitoring geodynamic objects] // Radiotekhnicheskie i telekommunikacionnye sistemy [Radio engineering and telecommunication systems], №2, 2012. – P. 60-62.

5. *Kuzichkin O.R.* Algoritm formirovanija prognoznyh geodinamicheskikh ocenok pri geoelektricheskom monitoringe suffuzionnyh processov [The algorithm for generating the forecast geodynamic evaluations in geoelectric monitoring suffusion processes] // Pribory i sistemy. Upravlenie, kontrol', diagnostika [Devices and systems. Management, monitoring, diagnostics]. 2008. №5. – С. 50-53.

Статья поступила в редакцию 20 июля 2015 г.

Греченева Анастасия Владимировна – аспирант факультета «Информационных технологий и прикладной математики» ФГАОУ ВПО «Белгородский государственный национальный исследовательский университет», г. Муром, Россия. E-mail: nastena07_93@mail.ru

Дорофеев Николай Викторович – кандидат технических наук, зав. кафедрой «Управление и контроль в технических системах» Муромского института (филиала) ФГБОУ ВПО «Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых», г. Муром, Россия. E-mail: DorofeevNV@yandex.ru

Grecheneva Anastasiya Vladimirovna – Graduate student, Belgorod National Research University, Murom, Russia. E-mail: nastena07_93@mail.ru

Dorofeev Nikolay Viktorovich – Ph.D., Murom Institute of Vladimir State University, Murom, Russia. E-mail: DorofeevNV@yandex.ru