

МОНИТОРИНГ ДЕФОРМАЦИЙ ЗДАНИЯ ГЕОДЕЗИЧЕСКИМИ МЕТОДАМИ ПРИ РЕКОНСТРУКЦИИ ЕГО ФУНДАМЕНТА

А.А. Терешин¹, Д.Л. Негурица¹, Г.В. Алексеев²

¹ Российский университет дружбы народов
ул. Миклухо-Маклая, д. 6, Москва, Россия, 117198

² НИУ Московский государственный строительный университет
Ярославское шоссе, д. 26, Москва, Россия, 129337

В статье анализируются результаты геодезического мониторинга несущих конструкций здания в период работ по усилению его фундаментов. Рассмотрена методика работ, обоснована требуемая точность геодезических измерений. По результатам геодезического мониторинга установлены количественные и качественные характеристики деформаций несущих конструкций здания. Показано, что в результате проведенных работ по укреплению грунтов деформационные процессы в основании фундаментов здания были стабилизированы.

Ключевые слова: геодезия, мониторинг, деформации, грунты, обследование, реконструкция, фундамент, здание

В ходе технического обследования строительных конструкций двухэтажного здания административно-хозяйственного назначения выявлены многочисленные трещины в фундаментной балке здания раскрытием от 2 мм (рис. 1), трещины в стяжке пола раскрытием до 10 мм, вздутия поверхности кровельного покрытия. Общее состояние здания по результатам технического обследования было оценено как аварийное.

Конструктивно здание представляет собой каркасную рамно-связевую схему. Каркас здания образован плоскими многопролетными двухэтажными рамами, установленными по цифровым осям с шагом 12 м. Фундаменты колонн мелкого заложения, столбчатые отдельностоящие, одноступенчатые. Наружные ограждающие конструкции опираются на монолитные ж/б фундаментные балки. Габаритные размеры здания в плане 24 × 107,5 м. Согласно нормативной документации здание относится ко II нормальному уровню ответственности.



Рис. 1. Трещины в фундаментной балке раскрытием до 10 мм
[Cracks in the foundation beam opening up to 10 mm]

Для исследования состояния грунтов основания фундаментов здания проведено электроконтактное динамическое зондирование (ЭДЗ), сочетающее в себе динамическое зондирование и токовый каротаж [5]. Исследования проводились облегченной малогабаритной установкой (в соответствии с ГОСТ 19912—2001), разработанной в ЦНИИС Минтрансстроя [1; 4]. При этом разделение пород на геолого-литологические разности производилось по совокупности результатов токового каротажа и динамического зондирования, а расчет физико-механических характеристик грунтов — по данным динамического зондирования.

По результатам зондирования с учетом имеющейся геологической информации установлено, что геолого-литологический разрез в исследованном диапазоне глубин представлен насыпными песчано-глинистыми грунтами, содержащими большое количество строительного мусора и органических включений (битого кирпича, шифера, корней деревьев и пр.). При этом насыпной грунт не является однородным (по вертикали).

Анализ результатов ЭДЗ показал неоднородность разреза в целом (как в плане, так и по глубине) и наличие ослабленного слоя грунтов техногенного происхождения в верхней части разреза до глубины 2,7—3,5 м.

Таким образом, наличие в основании фундаментов здания слабого неоднородного слоя грунтов мощностью до 5 м, характеризующихся повышенной деформируемостью и низкой несущей способностью, способствовало развитию деформационных процессов в фундаментах и надземных несущих конструкциях здания. Доуплотнение под нагрузкой неслежавшихся насыпных грунтов, находящихся под подошвой фундаментов и в основании бетонных полов, неизбежно ведет к дальнейшему развитию деформационных процессов в строительных конструкциях здания.

Для обеспечения несущей способности и эксплуатационной пригодности здания было принято решение выполнить усиление фундаментов и укрепление грунтов основания колонн инъекционным методом путем нагнетания под давлением в грунты цементного раствора. Усиление грунтов цементацией выполняется по манжетной технологии при нагнетании раствора через манжетную колонну по зонам снизу вверх.

В период проведения работ по усилению фундаментов необходим инструментальный контроль над состоянием несущих конструкций геодезическими методами — геодезический мониторинг, который должен выполняться в соответствии с требованиями нормативной документации ГОСТ 24846—2012 и СП22.13330.2011 [2; 6].

В качестве индикатора состояния несущих конструкций выбраны вертикальные перемещения (осадки) фундаментов колонн, самих стальных колонн и стальных балок перекрытий каркасного здания. Для фиксации вертикальных перемещений на несущих конструкциях (колоннах) установлены специальные деформационные знаки.

На рисунке 2 приведен вид типовой деформационной марки, устанавливаемой на стальных колоннах.

Техническим заданием на производство работ по усилению фундаментов для геодезического мониторинга установлена сравнительно высокая требуемая точ-

ность измерения осадок деформационных марок: погрешность определения осадок должна быть не более $m_{\Delta} = 1,0$ мм. Осадки деформационных марок определяются как разность высот марок текущего и нулевого (начального) цикла геодезических измерений, а также как разность высот марок в соседних циклах измерений. Для достижения требуемой точности измерения осадок необходимо предварительно рассчитать требуемую точность геодезических измерений.



Рис. 2. Общий вид деформационной марки на несущей стальной колонне
[General view of the deformation of the brand on the supporting steel column]

Вертикальное перемещение Δ_i деформационной марки i в цикле k по отношению к нулевому циклу измерений определяется как разность

$$\Delta_i = H_{ik} - H_{i0} \quad (1)$$

или

$$\Delta_i = h_{(i-исх)k} - h_{(i-исх)0}, \quad (2)$$

где H — высота деформационной марки; h — превышение деформационной марки относительно опорной марки.

Используем известный прием получения средних квадратических погрешностей функций измеренных величин

$$m_{Hi}^2 = m_{исх}^2 + m_{hi}^2, \quad (3)$$

где m_{Hi} — средняя квадратическая погрешность определения высоты искомой деформационной марки; m_{hi} — средняя квадратическая погрешность определения превышения искомой деформационной марки относительно исходного репера; $m_{исх}$ — средняя квадратическая погрешность высот опорных марок.

В соответствии с формулами (1), (3) можно установить среднюю квадратичную погрешность определения вертикальных перемещений как

$$m_{\Delta}^2 = m_{H1}^2 + m_{H2}^2 + m_{исх}^2, \quad (4)$$

где индексы 1 и 2 соответствуют сопоставляемым циклам измерений.

Используя принцип равноточных измерений, которые обеспечиваются симметричной в разных циклах схемой измерений, возможностью использования одного и того же набора геодезических инструментов, одних и тех же наблюдателей, организацией наблюдений в сравнительно одинаковых внешних условиях и т.п., можно принять $m_{H1} = m_{H2} = m_{исх} = m_H$. Тогда

$$m_{\Delta}^2 = 3 m_H^2. \quad (5)$$

Для заданной техническим заданием погрешности измерения вертикальных перемещений $m_{\Delta} = 1,0$ мм, по формуле (5) получим предварительную величину необходимой точности определения высоты слабоопределяемой (содержащей наибольшую погрешность) деформационной марки $m_H = 0,6$ мм для условий равноточных измерений.

В соответствии с [2] полученная предварительная точность определения высоты может быть обеспечена при выполнении работ по программе геометрического нивелирования I-II класса с использованием нивелиров типа Н05, Ni-007 и им равноценных, а также штриховых (кодовых) инварных реек.

Для производства инженерно-геодезических работ использовался электронный нивелир Sokkia SDL-30 и комплект инварных кодовых реек Nedo. Технические характеристики прибора и реек соответствуют требованиям методики геометрического нивелирования II класса [3]. Схема размещения опорных реперов, деформационных марок на несущих колоннах здания и схема геодезических измерений представлена на рис. 3.

По результатам выполненного геодезического мониторинга установлено, что наибольшее абсолютное значение вертикального перемещения деформационных марок до начала работ по укреплению грунтов и усилению фундаментов здания составило — 50 мм (рис. 4). В этот период наибольшее значение скорости осадок составило — 8,5 мм/сут (рис. 5).

Важным показателем развития деформационных процессов во времени являются скорости осадок. По данным геодезического мониторинга установлено, что скорости осадок резко снизились практически сразу после начала работ по усилению по укреплению грунтов и усилению фундаментов. Это подтверждает правильность ранее сделанных выводов о том, что основной причиной деформаций несущих конструкций здания стали слабые неоднородные грунты, в том числе техногенного происхождения, в основании его фундаментов.

В процессе работ по укреплению грунтов и усилению фундаментов здания прирост осадок продолжался, но значительно меньшими темпами, достигнув максимального значения в — 60 мм с начала инженерно-геодезических работ по мониторингу (рис. 4) В этот период максимальное значение скорости осадок составило — 4,4 мм/сут (рис. 5).

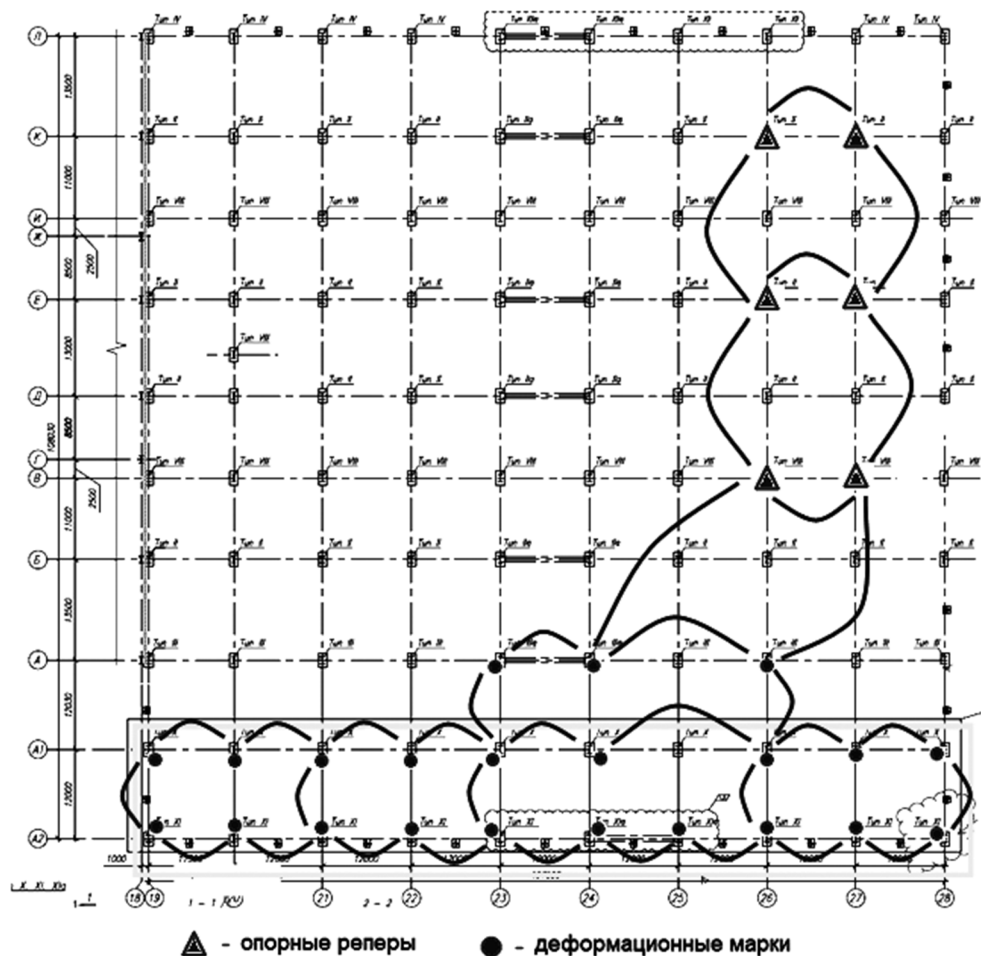


Рис. 3. Схема геодезических измерений (нивелирных ходов)
[Scheme of geodetic measurements (leveling moves)]

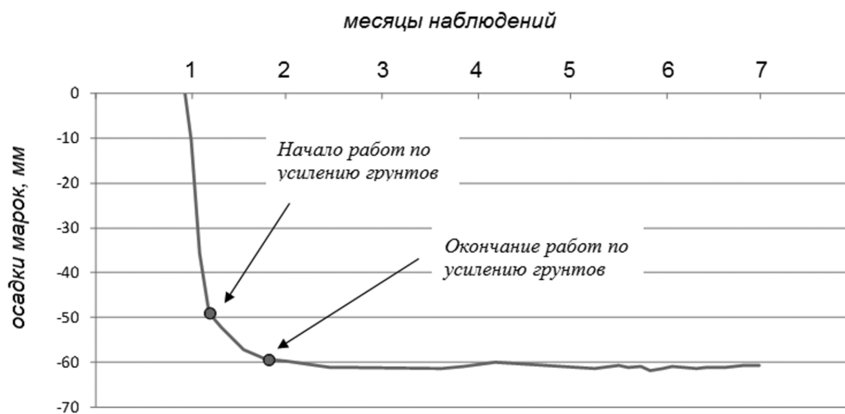


Рис. 4. Развитие и стабилизация деформационных процессов
в основании фундаментов здания
[The development and stabilization of deformation processes
at the base of the building foundations]



Рис. 5. Скорости осадков деформационных марок [Speed sediment deformation signs]

В результате проведенных работ по укреплению грунтов дальнейшее развитие деформационных процессов было приостановлено и в течение одного месяца осадки здания были стабилизированы. Данные последующего геодезического мониторинга в течение 6 месяцев подтвердили эффективность выполненных работ по укреплению грунтов и усилению фундаментов здания.

Выводы

В результате проведенных исследований методом электроконтактного динамического зондирования установлено наличие в основании фундаментов слабого неоднородного слоя грунтов мощностью до 5 м, характеризующихся повышенной деформируемостью и низкой несущей способностью, что привело к развитию деформаций фундаментов здания.

Для восстановления несущей способности конструкций здания были выполнены работы по усилению фундаментов и укреплению грунтов инъекционным методом путем нагнетания под давлением в грунты цементного раствора.

Выполнен комплекс инженерно-геодезических работ по мониторингу состояний несущих конструкций здания до, в процессе проведения и после окончания работ по укреплению грунтов.

По результатам геодезического мониторинга установлены количественные и качественные характеристики деформаций несущих конструкций здания. Определены абсолютные величины деформаций, и характер развития деформационных процессов в основании фундаментов здания во времени.

Данными геодезического мониторинга подтверждено, что комплекс проведенных работ по укреплению грунтов способствовал стабилизации и прекращению дальнейшего развития деформационных процессов в основании фундаментов здания.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] ГОСТ 19912—2001. «Грунты. Методы полевых испытаний статическим и динамическим зондированием». М.: МНТКС, 2001.
- [2] ГОСТ 24846—2012. «Грунты. Методы измерения деформаций оснований зданий и сооружений». НИИОСП им. Н.М. Герсеванова. М.: Строительство, 2013.
- [3] Инструкция по нивелированию I, II, III и IV классов ГКИНП (ГНТА)-03-010-02. М.: ЦНИИГАиК, 2004.
- [4] Методические рекомендации по производству электродинамического зондирования при инженерно-геологических изысканиях. М.: ЦНИИС Минтрансстрой, 1980.
- [5] Руководство по электроконтактному динамическому зондированию грунтов. М.: ЦНИИС Минтрансстрой, 1983.
- [6] СП22.13330.2011. ОСНОВАНИЯ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ. М.: Минрегион России, 2011.

DEFORMATION MONITORING OF BUILDINGS SURVEYING METHODS AT RECONSTRUCTION OF ITS FOUNDATION

A.A. Tereshin¹, D.L. Neguritsa¹, G.V. Alekseev²

¹ Peoples' Friendship University of Russia

Miklukho-Maklaya str., 6, Moscow, Russia, 117198

² Moscow State University of Civil Engineering (National Research University)

Yaroslavskoye Shosse, 26, Moscow, Russia, 129337

The article analyzes the results of geodetic monitoring of bearing structures of the building during the work on strengthening its foundations. The technique works reasonably required accuracy of geodetic measurements. As a result of geodetic monitoring established quantitative and qualitative characteristics of the strain of bearing structures of the building. It is shown that as a result of works to strengthen the soil deformation processes at the base of the foundations of the building were stabilized.

Key words: surveying, monitoring, deformation, soils, inspection, reconstruction, foundation building

REFERENCES

- [1] GOST 19912—2001. Grunty. Metody polevyh ispytaniy staticheskim i dinamicheskim zondirovaniem [Soils. Field test methods by static and dynamic sounding]. М.: MNTKS, 2001.
- [2] GOST 24846—2012. Grunty. Metody izmereniya deformatsiy osnovaniy zdaniy i sooruzhenij [Soils. Methods for measuring the deformation bases of buildings and structures]. NIIOSP im. N.M. Gersevanova. М.: Stroitel'stvo, 2013.
- [3] Instrukiya po nivelirovaniyu I, II, III i IV klassov [For a leveling guide I, II, III and IV classes] GKINP (GNTA)-03-010-02. М.: CNIIGAiK, 2004.
- [4] Metodicheskie rekomendacii po proizvodstvu ehlektrodinamicheskogo zondirovaniya pri inzhenerno-geologicheskikh izyskaniyah [Guidelines for the production of electrodynamic sensing in geological engineering surveys]. М.: CNIIS Mintransstroya, 1980.
- [5] Rukovodstvo po ehlektrokontaktnomu dinamicheskomu zondirovaniyu gruntov [Guide with electro-dynamic sensing of soil]. М.: CNIIS Mintransstroya, 1983.
- [6] SP22.13330.2011. OSNOVANIYA ZDANIJ I SOORUZHENIJ [BASIS OF BUILDINGS AND FACILITIES]. М.: Minregion Rossii, 2011.