

УДК 658.5626005.66528.48:69

К ВОПРОСУ ОБ ГЕОДЕЗИЧЕСКОМ УПРАВЛЕНИИ КАЧЕСТВОМ В ГРАДОСТРОИТЕЛЬСТВЕ

Волков В. И., Волкова Т. Н.

ФГБОУ ВПО Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет, Санкт-Петербург, Россия (190005, Санкт-Петербург, 2-я Красноармейская ул., дом 4), e-mail: tnvolkova@energaziz.ru

На основе многолетних исследований вертикальных деформаций основания прецизионного сооружения, находящегося в стадии строительства, показаны возможности контроля качества в строительном производстве по результатам повторных комплексных геодезических наблюдений за устойчивостью деформационных марок. Для установления размеров деформаций отдельных элементов строящегося сооружения предложена методика учета влияния экзогенных факторов на вертикальные смещения деформационных марок, полученных из результатов повторного высокоточного нивелирования. Исправленные вертикальные смещения за влияние тепловых деформаций и усадки бетона позволили установить структуру и размер осадок фундамента сооружения в процессе строительства, а также выявить причину возникновения неравномерности осадок и порождаемого ею крена основания сооружения. Показана возможность устранения неоднородных осадок фундамента сооружения в процессе строительства путем корректировки технологической схемы строительных работ с изменением схемы загрузок фундамента.

Ключевые слова: управление, качество, геодезический контроль, устойчивость, смещение, деформация, интерпретация результатов, процессы строительства.

TO THE QUESTION OF GEODETIC OPERATION BY QUALITY IN CITY PLANNING

Volkov V.I., Volkova T. N.

St. Petersburg State Architectural and Construction University.

Saint Petersburg, Russia (190005, 4, Krasnoarmeyskaya st., Saint Petersburg, Russia). E-mail: tnvolkova@energaziz.ru

Possibilities for control of quality in construction activity of industrial buildings are shown on a base of many years investigations of vertical deformations of precious erection basements by results of repeated complex geodetic observations for deformational marks stability. The methodic for calculation of exogenic factors influence to vertical displacements of deformational marks determined by high-precious leveling is proposed for establishing of deformational steps of constructing elements of erection. Vertical displacements corrected for heat deformations and concrete contraction carried to establish structure and size of erection basement subsidence under construction process, which allowed to recognize the cause for rise of subsidence irregularity and consequence list of construction basement. An allowance for removal of irregular subsidence of erection basement under construction is shown, by correction of technologic scheme of constructing works with changing of basement loading scheme.

Key words: operation, quality, geodetic control, stability, displacement, deformation, interpretation of results, constructing processes.

Введение

Принципиально важное место в управлении качеством строительного процесса отводится контролю качества на всех его этапах. При этом в соответствии с проектной документацией и требованиями нормативных материалов необходимый уровень качества достигается в результате непрерывного контроля за факторами, оказывающими влияние на качество, и условиями в которых они получают развитие. По причине многочисленности видов деятельности, направленных на управление качеством, строительного процесса,

остановимся лишь на управлении технологическим процессом строительства посредством его корректировки на основе результатов геодезического контроля.

Важнейшим звеном системы геодезического контроля качества строительномонтажных работ является контроль за вертикальными смещениями и деформациями, как сооружений в целом, так его отдельных элементов, к общим задачам которого относят выявление наличия, причин, характера и степени развития деформаций фундаментов зданий и сооружений [1, 3].

Цель исследования

Задачи геодезического контроля за деформациями зданий и сооружений определяют **цель**, состоящую в выделении факторов природно-техногенного происхождения, влияющих на устойчивость сооружений или отдельных его элементов на стадии строительства, а также разработки способов определения количественных характеристик таких воздействий для обоснованной оценки необходимости корректирования технологического процесса (схемы) строительства.

Материалы и методы исследования

Для достижения цели в настоящей работе выполнено математическое моделирование геотемпературных и геомеханических процессов и их влияний на результаты повторных геодезических наблюдений с последующим анализом вертикальных деформаций сооружений и их отдельных элементов, полученных на основе геодезического контроля.

Результаты исследования и их обсуждение

Уникальность повторных геодезических наблюдений, составляющих геодезический контроль за деформациями зданий и сооружений, состоит в том, что на основе результатов таких наблюдений изучается механизм протекания в пространстве и во времени деформационных процессов с установлением причин, обусловивших их развитие и получение количественных характеристик, то есть интерпретации результатов повторных геодезических наблюдений.

В настоящее время в геодезической практике на уровне стандарта отрасли [5] понятие «деформация» подменяется «смещениями», а контроль за деформациями сооружений трактуется как «производственный процесс, заключающийся в периодическом измерении плано-высотного положения отдельных точек сооружений». С позиций строителей [1, 4] деформации зданий и сооружений отождествляются с осадками строящихся сооружений, а контроль за деформациями сооружений состоит в периодическом измерении высотного положения отдельных его точек.

Такой подход к геодезическому контролю за деформациями сооружений, выполняемый в строгом соответствии с нормативными материалами, носит нормативно-

детерминистский характер, который исключает возможности изучения деформационного процесса с целью решения практических и научно-технических задач, связанных с контролем устойчивости сооружения в процессе его строительства и дальнейшей эксплуатации.

Опыт проведения геодезического контроля за процессом строительства одного из прецизионных сооружений показал, что вертикальные смещения деформационных (осадочных) марок, установленных на фундаментной плите, нельзя отождествлять с осадками плиты и ее деформациями, обусловленными нагрузками. Из анализа природно-техногенных условий строительства фундаментной плиты следует, что вертикальные смещения осадочных марок ΔH носят полигенный характер и характеризуют протекание четырех основных, доминирующих над другими, деформационных процессов, а именно:

$$\Delta H = \Delta H_3 + \Delta H_{yc} + \Delta H_t + S + \Delta H_u, \quad (1)$$

где ΔH_3 – деформация плиты, обусловленная ее загрузкой, ΔH_{yc} – усадка бетона в теле фундаментной плиты, ΔH_t – тепловая деформация фундаментной плиты, S – осадка (деформация основания) фундаментной плиты, ΔH_u – инструментальная погрешность повторных геодезических измерений высот осадочных марок.

Усадка бетона $\Delta H_{yc} = K \cdot \delta H_{yc-k}$ является величиной независимой от загрузки и вызывается отдачей влаги при твердении вяжущих цементных материалов. С учетом того, что конечная усадка бетона составляет величину 0,37 мм/м, усадка на конкретный момент времени τ , совпадающий с циклом повторных геодезических определений высот осадочных марок, согласно значениям коэффициента K , приведенных в работе [8], может быть установлена и исключена из измеренных смещений ΔH .

Основными факторами, определяющими величину тепловой деформации в случае фундаментной плиты, являются суточные и сезонные (годовые) колебания температуры приповерхностных слоев атмосферы и земной коры. Тепловые деформации в однородной среде, какой является фундаментная плита, на момент времени τ могут быть определены по формуле:

$$\Delta H_t = \alpha \cdot t(x, \tau) \cdot dx, \quad (2)$$

где α – коэффициент теплового линейного расширения слоя бетона толщиной dx .

Величину полной тепловой деформации фундаментной плиты можно определить, принимая во внимание известное уравнение Фурье, характеризующее распределение температур с достаточным приближением в фундаментной плите, а именно:

$$t(x, \tau) = \Delta t_0 \cdot e^{-\frac{x}{a} \cdot \sqrt{\frac{\pi}{T}}} \cdot \cos\left(\frac{2\pi}{T} \cdot \left[\tau - \frac{x}{2a} \cdot \sqrt{\frac{\pi}{T}}\right]\right), \quad (3)$$

где $t(x, \tau)$ – температура на глубине (x) в момент времени τ , a – коэффициент температуропроводности, T – период хода температуры с амплитудой Δt_0 .

Величина полного теплового расширения, порождающего вертикальное смещение осадочной марки ΔH_t , для фундаментной плиты и ее основания равна:

$$\Delta H_t = \int_0^{\infty} \alpha \cdot t(x, \tau) dx. \quad (4)$$

В работе [2], решая подобное уравнение, получена формула для определения прогнозного значения вертикального смещения для марок грунтовых нивелирных знаков, которую можно применить для деформационных марок:

$$\Delta H_t = \alpha \cdot \Delta t_0 \cdot \sqrt{aT/2\pi} \cdot \sin(2\pi/T \cdot \tau - \pi/4). \quad (5)$$

Величины осадок S основания фундаментальной плиты могут быть определены с достаточным приближением по известным из механики грунтов алгоритмам [6, 7].

В качестве примера рассмотрим результаты геодезического контроля за процессом строительства одного из реакторных отделений (РО) Воронежской АЭС. Основанием РО служит возводимая в котловане фундаментная плита (63 x 63 x3) м. В соответствии с технологической схемой строительных работ бетонирование фундаментной плиты производилось на протяжении 0,4 года по всей ее высоте вдоль одной из главных осей. К моменту окончания бетонирования фундаментной плиты в последней возникают значительные напряжения, обусловленные неравномерностью вертикальных деформаций в точках, где выполнялось бетонирование в разные моменты времени. Следовательно, на момент начала возведения реакторного отделения фундаментная плита испытывает в различных ее частях неравномерные осадки, что неизбежно приводит к ее крену и прогибу (выгибу) [1], которые следует устранять при возведении РО путем корректировки загрузки фундаментной плиты.

Схема загрузки фундаментной плиты как на начальной стадии возведения РО, так и в процессе строительства до его завершения, корректируется на основе результатов повторного высокоточного нивелирования деформационных марок.

В таблице 1 приведены значения вертикальных смещений деформационных марок фундаментной плиты реакторного отделения, установленных на основе результатов повторного высокоточного нивелирования, выполненного с точностью $m_{\Delta H} \leq 0,2$ мм на протяжении 1,3 года после завершения бетонирования фундаментной плиты. Определив величины компонентов вертикального смещения деформационных марок, обусловленных усадкой бетона, тепловыми деформациями и осадкой однородного песчаного основания плиты, по формуле (1) вычислим суммарные осадки марок в разных циклах геодезических повторных наблюдений. В таблице 1 приведены значения измеренных вертикальных смещений марок для I цикла и суммарные вертикальные смещения марок (осадки), полученные в I–VI циклах, после введения поправок в измеренные величины смещений за усадку бетона ΔH_{yc} и тепловую деформацию фундаментной плиты ΔH_t .

Таблица 1

Ведомость исправленных суммарных вертикальных смещений деформационных марок фундаментной плиты РО относительно I цикла наблюдений

№ марок	Измеренные вертикальные смещения марок, мм	Суммарные исправленные вертикальные смещения (осадки) деформационных марок, мм					
		май, I цикл	май, I цикл	июль, II цикл	ноябрь, III цикл	январь, IV цикл	апрель, V цикл
1	2	3	4	5	6	7	8
1	+0,7	+0,1	+2,0	+1,3	-1,5	-1,8	-1,5
2	+0,2	-0,4	+0,8	+0,2	-1,2	-1,9	-1,5
3	+0,8	+0,2	+3,0	+2,6	-0,3	-0,1	+0,2
4	+0,4	-0,2	+0,9	+0,7	-0,7	-1,8	-1,5
5	+1,0	+0,4	+3,4	+2,6	+0,2	-0,1	0
6	+0,4	-0,2	+1,3	+0,8	-0,8	-1,8	-1,5
7	+1,0	+0,4	+2,5	+1,9	-0,5	-0,1	-0,4
8	+0,3	-0,3	+0,7	-0,3	-1,7	-3,0	-2,8
9	-0,5	-1,1	-1,4	-3,3	-3,6	-4,8	-4,8
10	-0,3	-0,9	-1,6	-3,1	-3,5	-4,7	-4,3
11	-0,5	-1,1	-1,8	-2,9	-3,7	-4,9	-4,4
12	-0,3	-0,9	-1,7	-2,9	-3,5	-4,7	-4,2
Ср. верт. смещения	+0,2	-0,4	+0,8	-0,2	-1,7	-2,5	-2,2

Анализ данных, приведенных в таблице, подтверждает справедливость теоретических выводов о необходимости учета полигенного характера вертикальных смещений деформационных марок, полученных инструментально в результате геодезического контроля. При этом на примере I цикла геодезического контроля показано, что тренд измеренных вертикальных смещений деформационных марок после исправления значений смещений поправками ΔN_{yc} и ΔN_t совпал с трендом осадок тех же марок, установленных аналогично во II и III циклах.

Изменения схем загрузок фундаментной плиты в последующих IV, V и VI циклах привело к резкому изменению тренда осадок деформационных марок и установлению равномерного характера осадок фундаментной плиты в разных ее частях.

Корректировки схем загрузки фундаментной плиты, выполненные по данным геодезического контроля в период с ноября по январь, позволили устранить сложно

дифференцированный характер деформации фундаментной плиты и установить в дальнейшем процесс прогнозируемых и управляемых осадок.

Заключение

Проведенные теоретические и экспериментальные исследования показали уникальные возможности геодезического контроля за деформациями инженерных сооружений, связанные с интерпретацией его результатов, направленной на повышения качества строительных работ, при программно-целевом подходе к постановке комплексных повторных геодезических наблюдений.

Список литературы

1. Большаков В. Д., Левчук Г. П., Новак В. Е. Справочное руководство по инженерно-геодезическим работам – М.: Недра, 1980. – 780 с.
2. Волков В. И. О влиянии аномальных атмосферных масс и поверхностного температурного эффекта на результаты повторного нивелирования // Геодезический контроль в строительстве. – 1982. – С. 21-37.
3. Зайцев А. К. Геодезические методы исследования деформаций сооружения – М.: Недра, 1991. – 321с.
4. Руководство по наблюдениям за деформациями оснований и фундаментов зданий и сооружений – М.: Стройиздат, 1975. – 348 с.
5. Стандарт отрасли ОСТ68-14-99. Виды и процессы геодезической и картографической производственной деятельности. Термины и определения – М.: Роскартография – ЦНИИГАиК, 1975. – 30 с.
6. Цытович Н. А. Механика грунтов. – М.: Высшая школа, 1983. – 636 с.
7. Цытович Н. А., Тер-Мартirosян З. Г. Основы прикладной геомеханики в строительстве. – М.: Высшая школа, 1981. – 317с.
8. Шильд Е., Кассильман Х. Ф., Дамен Г. Строительная физика. – М.:Стройиздат,1975. – 472 с.

Рецензенты:

1. Митягин Сергей Дмитриевич, доктор архитектуры, профессор СПб ГАСУ, главный архитектор ОАО «НИИП Градостроительство», г. Санкт-Петербург.
2. Степанов Владимир Яковлевич, доктор технических наук, профессор, зав. кафедрой геодезии и кадастра Тверского государственного технического университета, г. Тверь