

ОСОБЕННОСТИ ОСАДОК ПЛИТНЫХ ФУНДАМЕНТОВ ЖИЛЫХ ЗДАНИЙ В ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ Г. БРЕСТА

П. С. Пойта¹, С. Н. Кандыбо², Д. Н. Клебанюк³, П. В. Шведовский⁴

¹ Д. т. н., профессор, профессор кафедры геотехники и транспортных коммуникаций БрГТУ, Брест, Беларусь, *ofig@bstu.by*

² К. т. н., доцент, зав. кафедрой геотехники и транспортных коммуникаций БрГТУ, Брест, Беларусь, *svkandybo@yandex.com*

³ М. т. н., старший преподаватель кафедры геотехники и транспортных коммуникаций БрГТУ, Брест, Беларусь, *klebanyuk.dmitri@yandex.ru*

⁴ К. т. н., профессор, профессор кафедры геотехники и транспортных коммуникаций БрГТУ, Брест, Беларусь, *ofig@bstu.by*

Реферат

Дан анализ развития осадок плитных фундаментов жилых многоэтажных зданий, возводимых в инженерно-геологических условиях г. Бреста, полученных по результатам геодезических наблюдений. Проведено сравнение расчетных величин осадок с результатами фактических наблюдений. Выявлены некоторые особенности деформирования фундаментных плит и причины проявления относительной неравномерности осадок.

Ключевые слова: плитный фундамент, геодезические наблюдения, марки, осадки, относительная неравномерность осадок, правая и левая секция, показатель гибкости.

FEATURES OF SETTLEMENT OF SLAB FOUNDATIONS OF RESIDENTIAL BUILDINGS IN ENGINEERING AND GEOLOGICAL CONDITIONS OF BREST

P. S. Poyta, S. N. Kandybo, D. N. Klebanyuk, P. V. Shvedovsky

Abstract

An analysis of the development of sediments of slab foundations of residential multi-storey buildings erected in the engineering and geological conditions of Brest, obtained from the results of geodetic observations, was given. The calculated values of sediments were compared with the results of actual observations. Some features of deformation of foundation slabs and causes of occurrence of relative non-uniformity of sediments were revealed.

Keywords: slab foundation, geodetic observations, grades, sediments, relative unevenness of sediments, right and left sections, flexibility index.

Введение

Широкое применение фундаментов в виде сплошных плит большого размера в настоящее время обосновано рядом достоинств: простотой и технологичностью изготовления, надежностью и долговечностью, большой площадью контакта с основанием и др.

Вместе с тем, как утверждает М. И. Горбунов-Посадов [1], при приложении нагрузки к плите ее центр дает осадку до 60 % больше, чем ее края. Исследования, выполненные в натуральных условиях, подтверждающие такой характер деформирования плит, практически отсутствуют. Поэтому наблюдения за осадками плитных фундаментов как в процессе строительства зданий, так и в период эксплуатации, имеют большое значение. Результаты таких исследований, выполненных при возведении многоэтажных крупнопанельных жилых домов по ул. Грибоедова в Юго-Западном микрорайоне № 1 (ЮЗМП-1) в городе Бресте, приведены ниже.

По периметру здания было установлено 18 геодезических марок (рисунок 1). Геодезические наблюдения за осадками были организованы таким образом, чтобы измерения проводились в несколько циклов. Первый цикл – после завершения монтажа цокольных панелей; второй – после завершения монтажа панелей четырех этажей; третий – после завершения монтажа всех конструкций здания; четвертый – после завершения всех отделочных работ.

Здание разделено на две секции осадочным швом, левая из которых – девятиэтажная, а правая – семиэтажная. Высота фундаментной плиты – 500 мм. Инженерно-геологические условия строительной площадки приведены в [2].

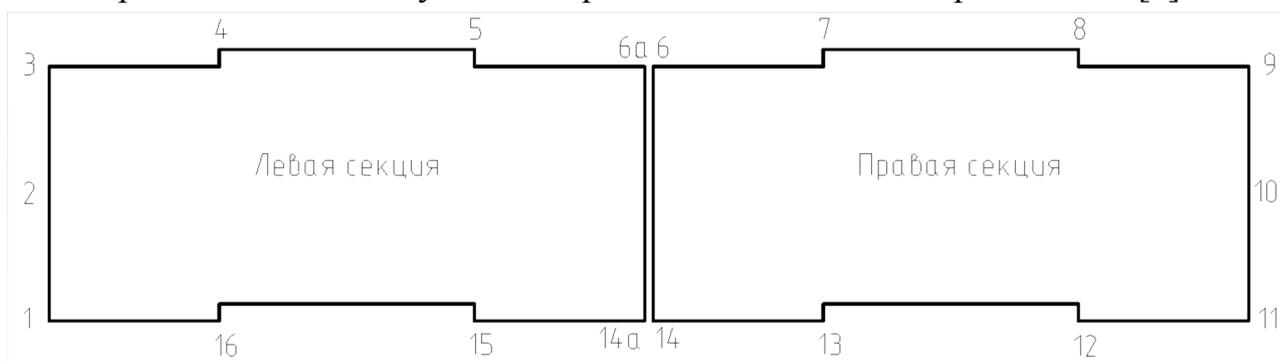


Рисунок 1 – Схема установки марок (дом № 9А)

По результатам наблюдений выявлено, что средняя осадка фундаментной плиты левой секции составляет 3,19 см, а правой – 1,95 см, т. е. средняя осадка левой секции в 1,64 раза больше, чем в правой. Различие в нагрузках на плиты составляет 1,29 раза. Большая осадка левой секции объясняется не только различием в нагрузке, но и особенностями инженерно-геологических условий. Под левой секцией на глубине 6,0 м от подошвы фундамента расположены суглинки текучие различной мощности, от 1,6 до 0,9 м и от 0,9 до 0,2 м в пределах правой секции. Мощность сжимаемой толщи составляет от 16,0 м до 21,0 м.

В целом, характер развития осадок обеих секций здания схожий. Имеет место наклон плиты в сторону марок 3...9, причем осадка угла плиты (марка 3) максимальная. Максимальная осадка характерна и для угла плиты правой секции (марка 6). Различие в осадке этих угловых точек плит – 2,05 раза. Осадка угла плиты (марка 3) в 1,75 раз больше осадки угла по той же стороне (марка 6). Осадка угловой точки (марка 3) в 1,44 раза больше угловой точки (марка 1). Осадка марки 6а в 1,79 раза больше осадки марки 14а. Различие в осадке угловых марок по длине плиты (марки 1 и 14а) составляет 2,19 раз.

Таким образом, очевидно, что в процессе приложения нагрузки имеет место сложный характер деформирования плиты, похожий на кручение, происходящее по ее торцам, с различной скоростью и различным по величине углом закручивания. Аналогичная картина деформирования плиты характерна и для правой секции, при меньшем проявлении параметров закручивания.

О преобладающих осадках марок 3...9, установленных по длинной стороне плитного фундамента свидетельствуют графики, показанные на рисунках 2 и 3. Очевидно, что, начиная с момента строительства, осадка плиты по стороне (марки 3 ... 9) значительно больше, чем у противоположной стороны.

На рисунке 2 показаны пределы изменения осадок марок, установленных по длинным сторонам фундамента левой секции. С момента начала строительства и до его завершения осадка фундаментной плиты вдоль длинных сторон значительно отличается. Средние осадки при $P = 80$ кПа по стороне, где установлены марки (3 ... 6) более чем в 2 раза больше средних осадок марок с противоположной стороны. И это различие остается практически без изменения к моменту завершения строительства. Для фундамента правой секции, где нагрузка значительно меньше, отношение средних осадок тоже меньше в 1,6 ... 1,7 раза.

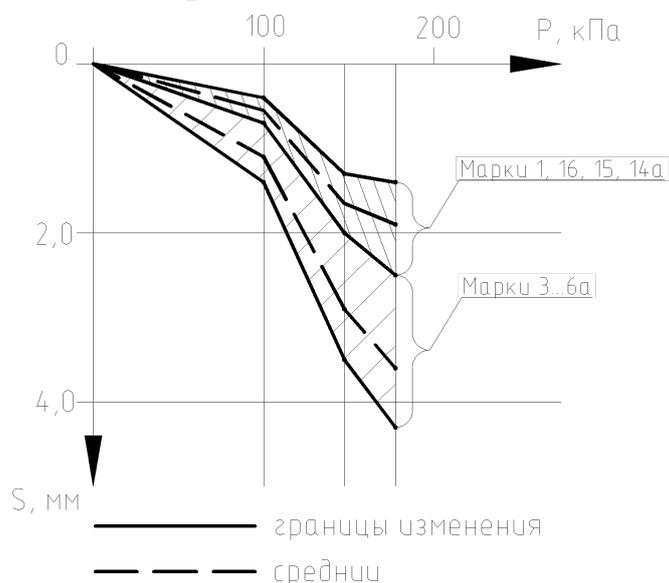


Рисунок 2 – Осадки марок в зависимости от P (левая секция)

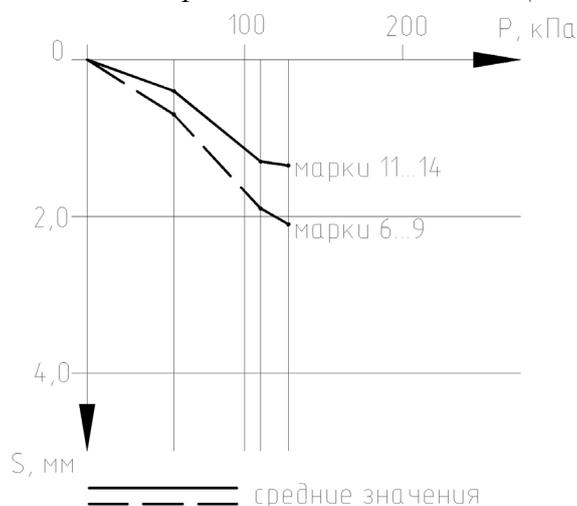


Рисунок 3 – Осадки марок в зависимости от P (правая секция)

Тенденцию более интенсивного одностороннего развития осадок подтверждают и эпюры, показанные на рисунках 4 (а...г). Практически по всем торцам фундаментных плит имеет место большая осадка в угловых точках, расположенных на стороне установки марок 3...9.

Для угловой точки (марка 3) левой секции осадка максимальная как после выполнения первого цикла измерений, так и после завершения строительства здания. Более равномерные величины осадки получены для торца (марки 9...11) правой секции.

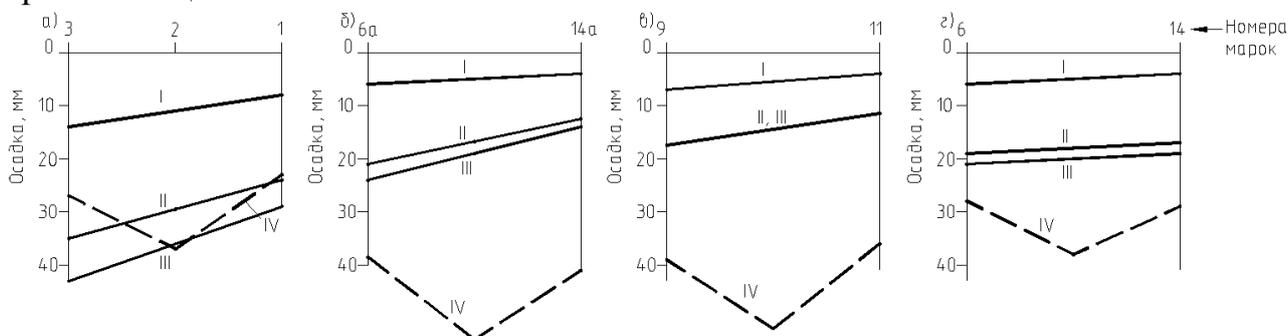


Рисунок 4 – Осадки марок в зависимости от P (правая секция)

Как отмечено выше, в соответствии с [1], при приложении нагрузки к плите, ее центр должен давать осадку значительно большую, чем ее края. Результаты расчетов, с использованием программного комплекса «LIRA – SAPR», подтверждают этот факт (кривые IV, рисунок 4). Однако такой закономерности по результатам натурных наблюдений не обнаружено. Следует отметить, что согласно [3] такие плиты относятся к тонким ($\frac{h}{b} = \frac{0.5}{16.4} = 0.03 < 0.1$) и гибким, так как показатель гибкости фундамента

$$r = \frac{3 \cdot \pi \cdot l^2 \cdot m_e \cdot b \cdot E_{cp}^{np} \cdot (1 - \mu_\delta^2)}{2 \cdot E_v \cdot h^3 \cdot (1 - \mu_{cp}^2)} > 50 \cdot \left(\frac{l}{b}\right)^2 \quad (1)$$

$$\text{и} \quad r = \frac{3 \cdot 3,14 \cdot 28,0^2 \cdot 1 \cdot 16,4 \cdot 1000 \cdot (1 - 0,2^2)}{2 \cdot 3450000 \cdot 0,5^3 \cdot (1 - 0,3^2)} = 148,14 > 50 \cdot \left(\frac{28,0}{16,4}\right)^2 = 145,75.$$

Если принять, что осадка в средней части ширины плиты лежит на прямой, соединяющей значения осадок в угловых точках, то можно определить отклонение подошвы плиты от горизонтали и, соответственно, перекосные деформации [4]. Для торца плиты левой секции (марки 1...3) этот угол равен $\alpha_1 = 0,047^\circ$, а у деформационного шва – $\alpha_2 = 0,039^\circ$. Для правой секции эти углы соответственно равны $\alpha_1 = 0,0074^\circ$ и $\alpha_2 = 0,022^\circ$.

Отсюда, соответственно, перекосные деформации относительно больших сторон равны: для левой секции 0,00066 и 0,00058, что составляет $0,038^\circ$ и $0,033^\circ$, для правой секции, соответственно, 0,000114 и 0,00026, что составляет $0,0065^\circ$ и $0,00026^\circ$.

Учитывая, что нет роста осадки в середине ширины и длины плитного фундамента, можно говорить о наличии крена. Различие в относительной неравномерности осадок по ширине составляет для правой секции – 3,0 раза, для левой – 1,2 раза, а по длине – 2,28 и 1,14 раза соответственно.

Очевидно, что для фундаментной плиты правой секции, несмотря на значительно меньшие величины осадок, их неравномерность проявляется в большей степени, чем в левой.

Объяснение проявления относительной неравномерности осадок можно найти в двух взаимосвязанных причинах:

- некачественное уплотнение значительной по мощности (3,4 м) песчано-гравийной смеси, а именно, в большей степени у торца котлована (марки 1...3) и по его длине (марки 3...9);
- началом возведения здания (приложения нагрузки) именно от его угла (марка 3) и в дальнейшем монтаж каждого последующего этажа начинался, как правило, с этой же точки.

Устранять причины возникновения и развития неравномерных осадок плитных фундаментов возможно, обеспечивая качественную укладку и уплотнение искусственного слоя из песчано-гравийной смеси и оптимизируя конструктивную и технологическую схемы нагружения плитного фундамента, начиная с цокольного этажа.

Заключение

1. По результатам геодезических наблюдений установлено проявление неравномерных деформаций плитных фундаментов, начиная с момента возведения цокольной части здания и до завершения его строительства.

2. Несмотря на то, что по классификации [3] фундаментные плиты относятся к тонким и гибким, при действующих нагрузках осадок, больших в их середине, чем по краям, не выявлено, что противоречит результатам расчета с использованием программного комплекса "LIRA-SAPR"

3. При производстве работ по устройству искусственной подушки из песчано-гравийной смеси и монтажу надфундаментных конструкций важным является обеспечение качества уплотнения грунта и обоснованной последовательности монтажа панелей, плит перекрытия, обеспечивающие равномерное нагружение фундаментной плиты и основания.

Литература

1. Горбунов-Посадов, М. И. Расчет конструкций на упругом основании / М. И. Горбунов-Посадов, Т. А. Маликова, В. И. Соломин. – М. : Стройиздат, 1973. – 679 с.

2. Выполнить наблюдение за осадками и разработать рекомендации по выбору оптимальных вариантов фундаментов многоэтажных зданий в условиях г. Бреста. Этап 2. Выполнить 3 цикла наблюдений за осадками, расчеты осадок с использованием различных программ, анализ полученных данных: научно-технический отчет (краткий) (х/д № 22/82). – Брест, 2023. – 58 с.

3. Руководство по проектированию фундаментных плит каркасных зданий / Научно-исследовательский институт оснований и подъемных сооружений им. Н. М. Герсеванова. – М. : Стройиздат, 1977. – 129 с.

4. Фундаменты плитные. Правила проектирования. ТКП 45-5.01-67-2007 (02250). – Введ. 02.04.2007. – Минск : Минстройархитектуры, 2008. – 138 с.