

РЕЗУЛЬТАТЫ ИЗМЕРЕНИЙ ДЕФОРМАЦИЙ В ГРУНТЕ ОСНОВАНИЯ ФУНДАМЕНТНОЙ ПЛИТЫ

Тугаенко Ю.Ф., Ткалич А.П., Матус Ю.В., Марченко М.В.
Одесская государственная академия строительства и архитектуры.

Приведены результаты исследований развития деформаций грунтов в основании фундаментной плиты и за ее пределами, возведенной на грунтовом основании с несогласным напластованием.

Вопрос о целесообразном выборе и рациональном проектировании фундаментов разных типов в различных грунтовых условиях и при разных уровнях внешних нагрузок связан с углубленным изучением всех сторон реального сопротивления и реального деформирования грунтовых оснований. Одними только теоретическими исследованиями достичь результатов, необходимых для оптимального решения этой задачи, не представляется возможным. Большую и, несомненно, определяющую роль в рассматриваемом вопросе должно оказать, имеющее важное теоретическое и практическое значение, результаты экспериментальных исследований деформируемости грунтовых оснований реальных сооружений.

До 1935 г. исследования деформаций в основаниях фундаментов не проводились. «...Среди известной части строителей, существует еще ничем не обоснованное мнение, что область изменений в грунте, вносимых давлением фундамента сооружения, ограничивается толщиной в 2...3 метра ниже подошвы фундамента» [1]. Такое мнение авторы опровергают результатами послойных перемещений глубинных реперов, заложенных в основании фундамента гостиницы Моссовета, шириной 19 м. «Измеренные деформации до кровли скалы (8,4 м ниже подошвы фундамента) распределены равномерно». Полученные результаты использованы в первом нормативном документе (Ни ТУ 127 – 55) для определения глубины сжимаемой толщи.

Исследования, проведенные К.Е. Егоровым по измерению деформаций в основании дымовой трубы, показали отличие глубины сжимаемой толщи от расчетных значений [2]. Последующие исследования показали значительные расхождения глубины сжимаемой толщи, определенной в экспериментах и рассчитанной по нормам [3; 4; 5; 6 и др.].

Строительство зданий и сооружений на монолитных ж/б плитах в г. Одессе начато в 70-х годах прошлого столетия. В этот период возведено 11 объектов жилого и производственного назначения, как на высокопористых глинистых, так и низкопористых песчаных грунтах, за которыми проводились долговременные инструментальные наблюдения [7].

В проведенных ранее исследованиях послойные деформации в грунтовом основании измерялись вдоль центральной оси фундаментов, расположенных на основаниях с согласным напластованием, и наблюдения за развитием деформаций в боковом направлении за пределами подошв фундаментов не проводились. Вопросы связанные с деформированием грунтовых оснований с несогласным напластованием, имеющие особо важное значение для плитных фундаментов с большой площадью подошвы, до настоящего времени не получили своего удельно-плотворительного исследования как у нас в Украине, так и за рубежом.

Цель работы – всестороннее экспериментальное исследование деформаций грунтового основания с несогласным напластованием при его совместной работе с натурным плитным фундаментом большой площади.

Исследования выполнены в основании фундаментной плиты восьмизэтажного, с подвалом, здания «Дом быта», расположенного на пересечении улиц Балковской и Маловского в г. Одессе.

Здание – с железобетонным каркасом; перекрытия и покрытие выполнены из многопустотных панелей; стены из навесных облегченных панелей. Фундаментная плита – монолитная, железобетонная, выполненная единым блоком, сложной формы в плане (из двух прямоугольников, смещенных относительно друг друга), толщиной 1 м. Глубина заложения подошвы плиты принята на абс. отметке 5,850. Фундаментная плита выполнена по бетонной подготовке толщиной 150 мм, расположенной, в свою очередь, на подготовке из среднезернистого песка, толщиной 100 мм.

Общий вес здания составляет 137150 кН.

Грунтовое основание под различными участками фундаментной плиты вследствие несогласного напластования имеет существенно различную деформативность. С целью уменьшения неравномерности деформаций грунтового основания здания, размеры фундаментной плиты приняты больше на 2 м в каждую сторону от крайних осей здания. Вследствие чего, площадь подошвы фундаментной плиты составила 1144 м², а среднее давление на грунтовое основание – 120 кПа.

Измерения послойных перемещений грунтового основания выполняли в центре каждого прямоугольника плана фундаментной плиты,

расположенного на участках основания с разной сжимаемостью. Наряду с указанными измерениями послойных перемещений были проведены и измерения за пределами контура фундамента с целью фиксации боковых деформаций основания.

В геоморфологическом отношении участок строительства расположен в пределах балки Водяной, сложенной аллювиально-делювиальными отложениями и насыпными грунтами, с возрастом более 100 лет. Геолого-литологическое строение площадки строительства представлено следующим напластованием (сверху вниз от подошвы фундамента):

ИГЭ-5 – Суглинок серый, темно-серый, светло и темно-коричневый с обломками известняка, водонасыщенный (2,1 – 5,0 м);

ИГЭ-6 – Суглинок илистый, от темно-бурого до черного цветов, с прослоями супеси слабоиистой и более илистых грунтов, с прослоями известняка (1,5 до 7,8 м);

ИГЭ-8 – Глина меотическая, зеленая, зеленовато-серая и голубовато-серая, с тонкими прослоями пылеватого и мелкого песка (пройденная мощность слоя 21,5 м).

Грунтовые воды встречены на абс. отметках 5,15 – 7,23 м.

Инженерно-геологический разрез по диагонали плиты (М7 – М1), со схемой расположения буровых скважин, представлен на рис. 1.

Физико-механические характеристики грунтов основания по данным изысканий приведены в таблице.

Таблица

Физико-механические характеристики грунтов

| № ИГЭ | ρ_s , г/см ³ | ρ , г/см ³ | ρ_d , г/см ³ | w_L | w_p | E, МПа | ϕ , град | C, кПа |
|-------|------------------------------|----------------------------|------------------------------|-------|-------|--------|---------------|--------|
| 5 | 2,68 | 1,96 | 1,54 | 0,32 | 0,19 | 6,9 | 18 | 20 |
| 6 | 2,66 | 1,85 | 1,46 | 0,36 | 0,21 | 2,3 | 12 | 12 |
| 8 | 2,70 | 1,94 | 1,55 | 0,44 | 0,26 | 18,1 | 18 | 47 |

Измерения осадки здания, производили геометрическим высокоточным нивелированием по II классу по 11 стенным маркам, установленными в пределах первого этажа, относительно трех глубинных реперов (рис. 2).

Наблюдения за перемещениями кустов грунтовых марок выполнены на трех участках: двух в пределах фундаментной плиты и одном за ее пределами. Для замеров использованы две конструкции марок – конические и магнитные (рис. 2).

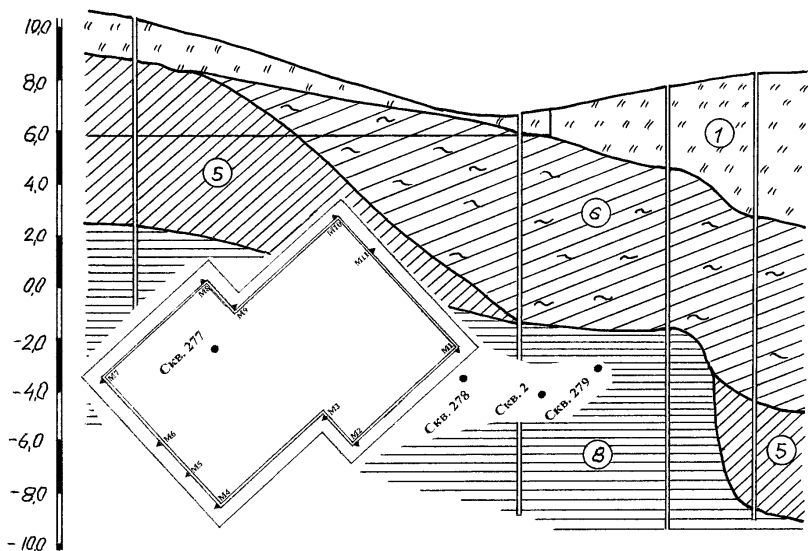


Рис. 1. Инженерно-геологический разрез по скважинам №277 – №279; план-схема их расположения относительно фундаментной плиты

Для привязки расположения глубинных марок в кустах приняты оси *B*, *Г*, 2 и 4.

Куст-1 – конусные марки (вдоль ось *Г*) размещены посередине левого прямоугольника плана плиты (рис. 2). Расстояния от оси 2 до ближайшего края плиты и до первой марки соответственно равны 8,12 и 3,12 м. Расстояние между смежными марками в кусте составляло от 0,45 до 0,51 м.

Куст-2 – линия размещения конусных и магнитных марок (ось 4) расположена по середине участка между стенными марками *M2* и *M1* (по середине правого прямоугольника плана плиты), длина которого составляет 18,00 м. Ось *B*; находящаяся от крайней оси *A* на расстоянии, проходит по оси третьей снизу марки куста; расстояния от оси *B* до крайних марок куста равны 0,85 и 1,00 м. Расстояние между смежными марками в кусте составляло 0,40...0,45 м.

Куст-3 – расположен за пределами фундаментной плиты (по оси 2); первая скважина с магнитными марками, расположена на расстоянии 1,75 м, вторая – 3,80 м от края плиты. Расстояние от грани плиты до оси 2 – 8,0 м.

Высотное расположение марок приведено на рис. 4; А; Б; В.

Измерительный комплекс для наблюдений за перемещениями конусных марок из собственно глубинных марок и реперной системы. Конусная марка состоит из конуса-марки (1) и жестко прикрепленного к нему стержня (2), с обратной стороны которого приварена сфера (3). Стержень марки помещен в обсадную трубу (4), для исключения ее контакта с окружающим грунтом [5]. Перемещения марок измерялись от горизонтальной балки реперной системы (5) до сферической поверхности верхнего торца стержня (рис.4,А). Одновременно геометрическим нивелированием определяли и перемещения реперной балки.

Магнитная марка [6] была выполнена в виде перевернутого усеченного конуса (1). С внешней стороны, для ее завинчивания, к ней прикреплены наклонные лопасти (2). Внутри марки выполнено сквозное квадратное отверстие (3). Вверху и внизу марки, крепились магнитные кольца (4). Замеры перемещений марок производили с помощью специального измерительного комплекса (рис. 4.Б).

Инструментальные наблюдения за осадками здания выполняли по мере его возведения и продолжались до начала его эксплуатации. Последние измерения по перемещению глубинных марок выполнены через 10 месяцев после начала эксплуатации здания.

Наблюдения за осадками здания начаты после возведения 3 этажа и затем выполнялись после завершения монтажа каждого последующего этажа (рис. 3). Средние значения осадки здания по результатам измерений перемещений ственных и глубинных марок, на момент окончания строительства составили соответственно 28,3 и 27 мм. Через 10 месяцев после сдачи объекта в эксплуатацию средняя осадка здания по результатам измерений конусных и магнитных глубинных марок составила соответственно 39,8 и 42,3 мм.

По эпюрам перемещений глубинных марок можно судить о деформируемости грунтов залегающих в основании.

Значение угла наклона к вертикали линии эпюры осадок между двумя смежными глубинными марками качественно характеризует сжимаемость слоя грунта, расположенного между данными марками. Чем меньше угол наклона, тем меньше относительная (по отношению к толщине слоя) деформация этого слоя (рис. 4).

Установлено, что независимо от разной сжимаемости грунтов, расположенных под разными участками подошвы фундаментной плиты, значения глубины зоны деформации, измеренные под этими участками, практически одинаковы – 5,3 и 6,2 м. Нижняя граница зоны находится в малосжимаемых грунтах. При этом величина осадки участка плиты возле первого куста глубинных марок составила 22 мм, а возле второго – 66 мм.

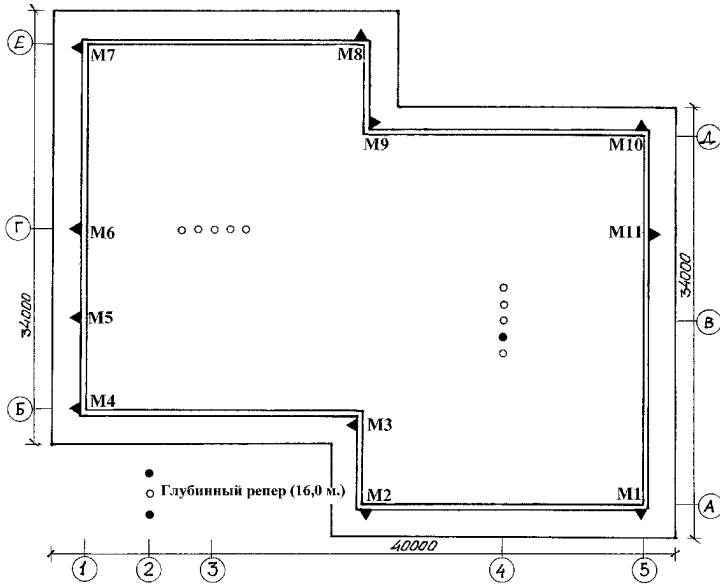


Рис. 2. План-схема расположения ственных (геодезических ◀) и глубинных (конусных ◯ и магнитных ●) марок.

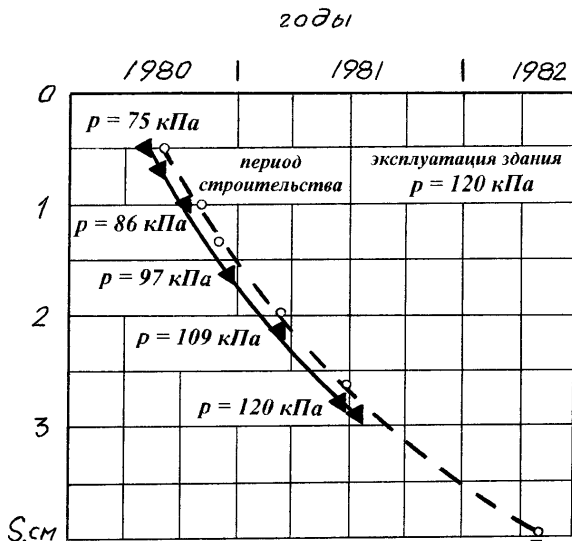


Рис. 3. Нарастание средней осадки здания во времени

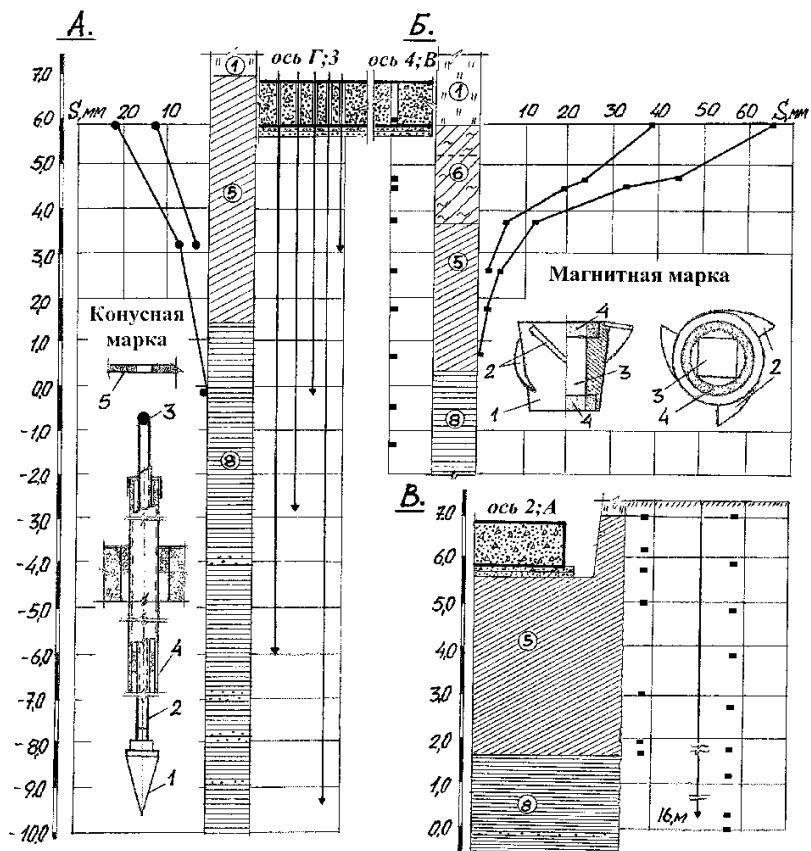


Рис. 4. Развитие деформаций в грунтах основания фундаментной плиты здания:

- А). Ось Г;3. Эпюры перемещения конусных марок; геологический разрез и размещение конусных марок по глубине;
 Б). Ось 4;B. Размещение магнитных марок по глубине; геологический разрез; эпюры перемещения магнитных марок.
 В). Ось 2;A. Геологический разрез и размещение магнитных и конусной, длиной 16,0 м, марок по глубине.

Осадка стенных марок 7 и 1 на период окончания строительства равна соответственно 16 и 125 мм; крен здания составляет 0,002 при предельно допустимой величине 0,005.

Неравномерная осадка обусловлена наличием под подошвой плиты (ось 4;В) слоя суглинка илистого, отсутствующего с противоположной стороны (ось Г;3) (рис. 1).

Совместная работа под нагрузкой фундаментной плиты здания с грунтовым основанием полностью обусловлена ее взаимодействием со слоями ИГЭ-5, ИГЭ-6 и ИГЭ-8.

Измерениями не зафиксированы перемещения магнитных марок, расположенных в плане за пределами фундаментной плиты (ось 2;А), что свидетельствует об отсутствии в данных конкретных условиях боковых деформаций в грунтовом основании (рис. 4.В). Этот результат, при полученном при исследовании отношении глубины зоны деформации к ширине подошвы фундаментной плиты, равному $6,2/34 = 0,18$, является ожидаемым.

Выводы

1. Уширение фундаментной плиты на 2 м в каждую сторону, от внешней грани стены, позволило снизить давление по подошве плиты до 120 кПа, что в свою очередь, уменьшило ожидаемый крен здания в условиях несогласного напластования грунтов с разной сжимаемостью до 0,002, что меньше предельно допускаемого значения (0,005).

2. Перемещения грунтовых марок, установленных на расстояниях 1,75 и 3,80 м от грани фундаментной плиты не зафиксированы. Это является свидетельством отсутствия боковых деформаций грунтового основания за пределами подошвы фундамента.

3. Глубина зоны деформации ниже фундаментной плиты, на участках основания с разной сжимаемостью грунтов, зафиксирована на глубине 5,3 и 6,2 м.

Summary

The results of studies of deformation in the soil under the foundation slab and outside it were erected on the dirt ground with unconformity.

Литература

1. Польшин, Д.Е. Глубинные испытания грунтов и использование их результатов / Д.Е. Польшин, Р.А. Токарь; // Строительная промышленность. – 1935. – №11. – С. 53 – 56.
2. Егоров, К.Е. Изучение послойной деформации основания дымовой трубы / К.Е. Егоров; // Основания, фундаменты и механика грунтов. – 1959. – №4. – С. 4 – 7.
3. Егоров, К.Е. К расчету деформаций оснований (сборник статей) / К.Е. Егоров; – М., 2002. – 400 с.
4. Коновалов, П.А. Величина сжимаемой толщи и расчетные приемы ее определения / П.А. Коновалов; // Основания, фундаменты и подземные сооружения: Труды НИИОСП. – Вып. 58. – М.: Госстройиздат, 1969. – С. 80 – 90.
5. Голубков, В.Н. Исследования зоны уплотнения грунта в основаниях опытных штампов / В.Н. Голубков; // Основания фундаменты и механика грунтов. – 1959. – №2. – С.16 – 18.
6. Швец, В.Б. Измерения деформированной зоны в связных грунтах / В.Б. Швец, П.П. Казаков; // Основания фундаменты и механика грунтов. – 1965. – № 4. – С. 10 – 12
7. Тугаенко, Ю.Ф. Развитие деформаций в основаниях фундаментов, способы их ограничения и методы оценки / Ю.Ф. Тугаенко; // Одесса: Астропринт, 2003. – 224 с.
8. Устройство для измерения послойных деформаций грунтов: А.с. №910922 СССР, МКИ Е 02 D 1/00. /Тугаенко Ю.Ф., Ли Н., Ткалич А.П. (СССР). – №2955120/29 – 33; Заявлено 11.07.84, бюл. №1. – 2 с. ил.