

АНАЛИЗ ДЕФОРМИРУЕМОСТИ ОСНОВАНИЯ, СЛОЖЕННОГО СЛАБЫМИ ГЛИНИСТЫМИ ГРУНТАМИ, В ЗАВИСИМОСТИ ОТ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ДАВЛЕНИЙ ПО ПОДОШВЕ ФУНДАМЕНТА

Прозозин Я.А.¹, Киселев Н.Ю.¹

¹ФГБОУ ВПО «Тюменский государственный архитектурно-строительный университет», Тюмень, Россия (625001, г. Тюмень, ул. Луначарского, 2), e-mail: nick3452@list.ru

Проведен анализ деформируемости грунтового основания, сложенного слабыми глинистыми грунтами, в зависимости от распределения давлений по подошве фундамента. В качестве примера рассматривается решение численной модели в ПК PLAXIS 8.2 неравномерно загруженного грунтового основания с различными вариантами распределения давлений. Выполнен анализ результатов расчета. Установлено, что, управляя распределением давлений по подошве фундамента, возможно добиться более благоприятной работы грунтового основания. Приведены результаты экспериментальных исследований фундаментов переменной и постоянной жесткости. Даны выводы о целесообразности применения фундаментов конструкции, предполагающей неравномерное нагружение грунтового основания. Выявлена необходимость совершенствования методик управления взаимодействием системы «фундамент - грунтовое основание».

Ключевые слова: фундамент, неравномерное нагружение, расчетное сопротивление, численное моделирование, грунтовое основание, управляемые фундаменты.

THE DEFORMABILITY ANALYSIS OF LAID BY SOFT CLAYEY SOILS DEPENDING ON PRESSURE DISTRIBUTION IN FOUNDATION BED

Pronozin Y.A.¹, Kiselev N.Y.¹

¹Tyumen State University of Architecture and Civil Engineering, Tyumen, Russia (625001, Tyumen, street Lunacharskogo, 2), e-mail: nick3452@list.ru

The deformability analysis of laid by soft clayey soils depending on pressure distribution in foundation bed was made. By way of example we consider computational model solution in PLAXIS 8 of nonuniformly loaded ground base with different options of pressure distribution. The analysis of calculation results was done. It was established that it is possible to get more favorable work of ground base by controlling of pressure distribution in foundation bed. The results of experimental investigation of foundation of variable and permanent rigidity are presented. The conclusions about practicability of foundation which expects nonuniform loading of ground base are given. Necessity for improvement of control techniques by interaction of system «foundation – ground base» is determined.

Keywords: foundation, nonuniformly loaded, soil strength, computational modeling, ground base, handling foundation.

В некоторых литературных источниках и исследовательских работах [3-5; 7; 8] указывается на возможность существенного изменения НДС системы «фундамент-основание» путем управления распределением контактных давлений по подошве фундамента.

Так, например в [7] указывается, что, вводя эластичные вкладыши или неравнопрочную подготовку, возможно перераспределить контактные напряжения под подошвой таким образом, чтобы добиться уменьшения изгибающих моментов в теле фундамента, тем самым снижая расход строительных материалов.

В источниках [3-5] в свою очередь предлагается «концентрировать» давления на основание на узких лентах, расположенных вдоль силовых осей, догружая основание в

пролетной части некоторой гибкой конструкцией, например криволинейной оболочкой. В данном случае позитивный эффект достигается за счет уменьшения глубины активной зоны под узкими ребрами относительно сплошного фундамента, а также повышения прочностных свойств грунта при догрузке пролетной части. Строго говоря, данная статья есть результат развития идей, изложенных в указанных выше источниках.

Рассмотрим следующую плоскую задачу. Однородное грунтовое основание, сложенное глинистым грунтом, загружено равномерной нагрузкой. Сравним НДС основания при различных вариантах перераспределения нагрузки между ребрами и пролетной частью. При этом суммарная нагрузка на основание остается величиной постоянной. Расчетная схема и характеристики грунтов основания приведены на рис. 1.

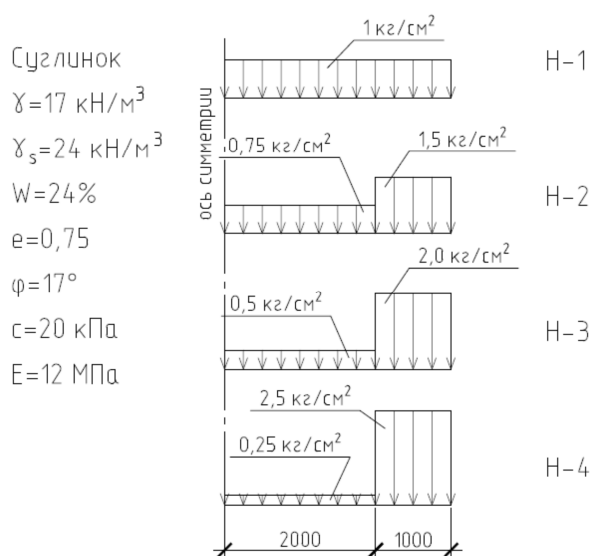
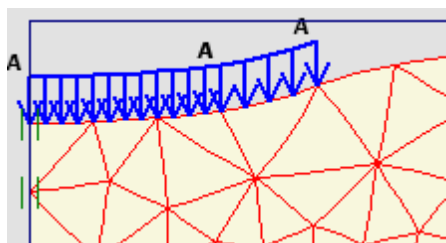


Рис. 1. Расчетная схема задачи

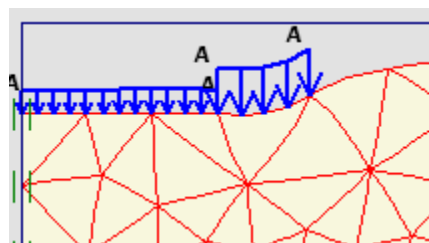
На основании исходных данных в ПК Plaxis 8.2 была составлена конечноэлементная модель и выполнено ее решение. На рис. 2. приведены результаты расчета в виде деформированных схем основания для каждого варианта загрузки.

а)



в)

б)



г)

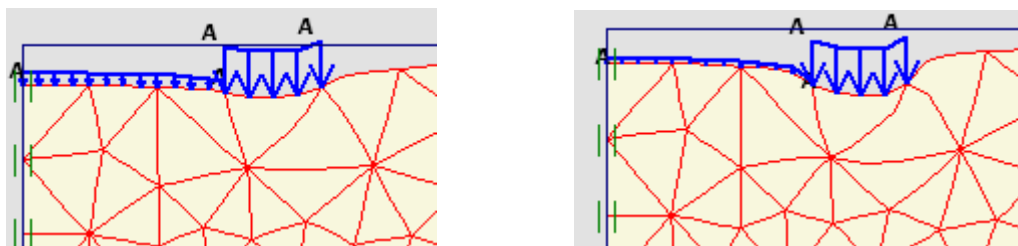


Рис. 2. Характер деформаций основания при нагружении:

а) Н-1; б) Н-2; в) Н-3; г) Н-4

Очевидно, что при распределении нагрузки по варианту Н-2 осадка под подошвой штампа носит практически прямолинейный характер, что, несомненно, является положительной характеристикой работы фундамента. Некоторые другие результаты расчета приведены в таблице 1.

Таблица 1

	Н-1	Н-2	Н-3	Н-4
Осадка максимальная, S_{max} , мм	50	44	51	65
Осадка центра, $S_{ц}$, мм	50	44	39	33
Осадка ребра, $S_{р}$, мм	39	44	51	65
Относительная разность осадок, $\frac{S_{max} - S_{min}}{S_{max}}$	0,22	0	0,24	0,49
Глубина зон пластических деформаций, z , м	0	1,4	2,2	2,6

На рис. 3 изображены графики зависимости максимальных деформаций и глубины распространения зон пластичности от величины нагрузки под ребрами штампа.

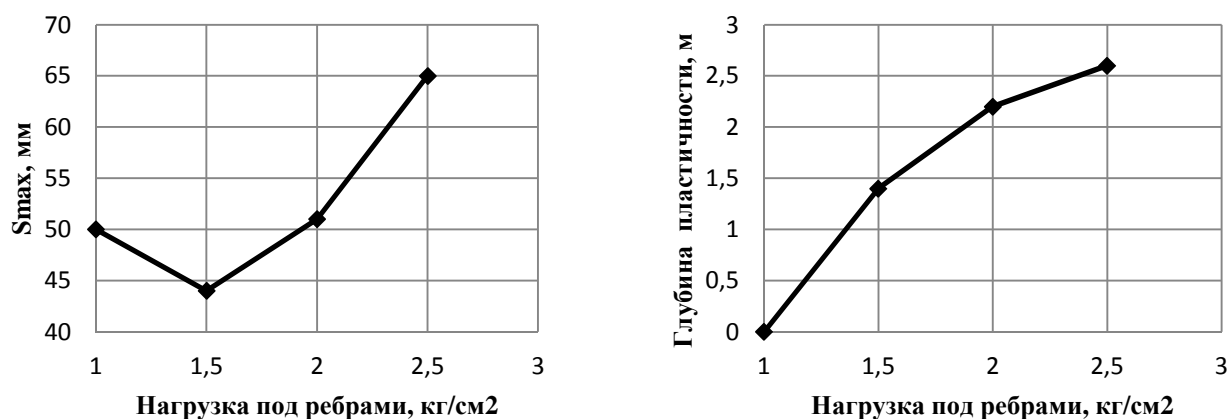


Рис. 3. Графики зависимости от нагрузки под ребрами:

а) максимальных деформаций; б) глубины развития зон пластических деформаций

Анализируя приведенные выше данные, можно сделать вывод, что минимальные значения осадок, а также наибольшая их равномерность соответствует такому давлению на грунт под ребрами, при котором глубина распространения зон пластичности составляет примерно $\frac{1}{4}$ ширины штампа, т.е. внешняя нагрузка равняется расчетному сопротивлению грунта R . Это позволяет использовать для решения подобных задач математический аппарат теории упругости.

По графикам можно судить о том, что зависимость S и $H_{сж}$ от перераспределения внешних нагрузок по подошве носит очевидный функциональный характер. Таким образом, с достаточно высокой точностью можно управлять НДС основания в зависимости от геометрических размеров фундамента, его жесткости, параметров нагружения, механических характеристик грунта, т.е. получить аналитическое решение для общей задачи. Как следствие, возможно математическое исследование этих функций и решение оптимизационной задачи для частных условий.

Распределяя давление по подошве гибкого фундамента подобно эпюре контактных давлений жесткого штампа, можно добиться большей равномерности осадок по ширине фундамента [1].

Для юга Тюменской области одной из характерных схем грунтовых условий является наличие в зоне, близкой к дневной поверхности, твердых и полутвердых глинистых грунтов, обладающих достаточно высокими механическими характеристиками, и подстилающих их слабых текучих и текучепластичных глин и суглинков. При таком напластовании грунтов основания желательно придерживаться конструкции фундамента, обеспечивающей локализацию дополнительных напряжений в более плотных слоях. В качестве иллюстрации к этому тезису приведем графики распределения нормальных вертикальных напряжений по

глубине для центральной оси штампа и для оси ребра при различных вариантах загрузки представленной выше задачи.

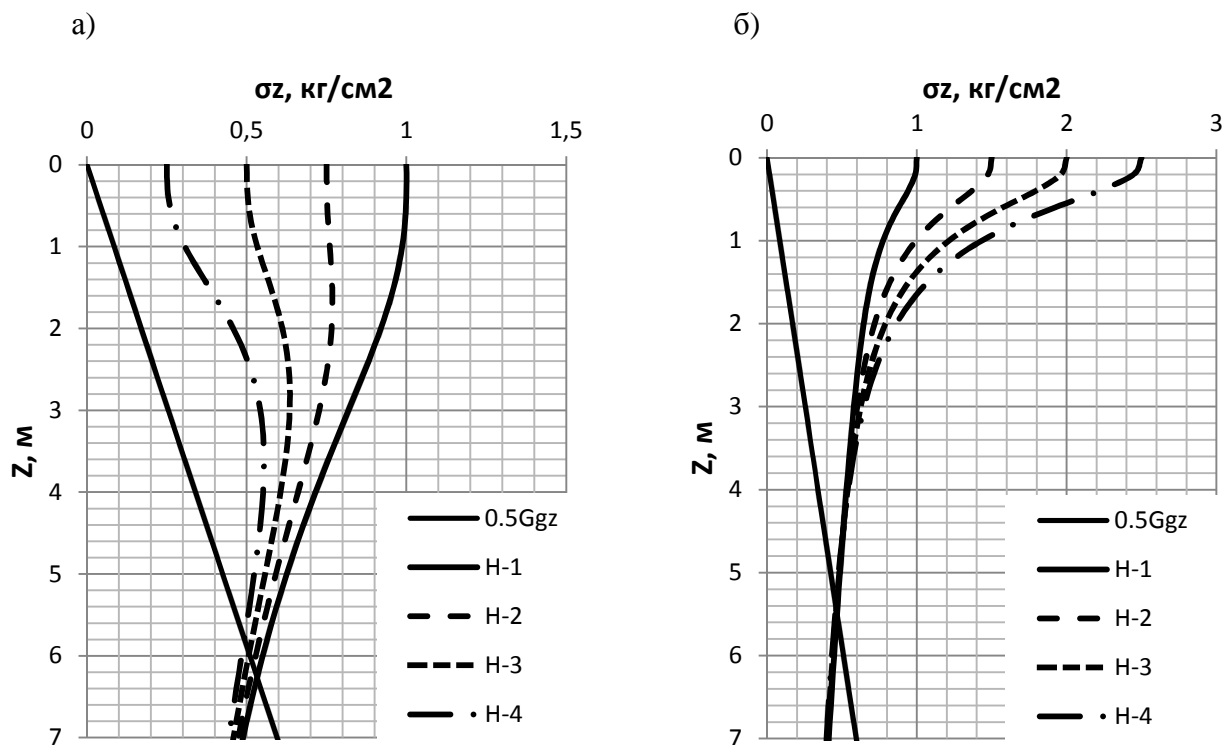


Рис. 4. Распределение вертикальных нормальных напряжений:

а) под центром фундамента; б) под ребром фундамента

Как видно из графиков, напряжения под узким ребром практически совпадают при глубине более трех метров. В то же время площадь эпюры напряжений по центральной оси пролетной части существенно уменьшается для различных нагрузжений, а от ее значения зависит величина конечной осадки. Таким образом, целесообразно сосредотачивать нагрузку по узким полосам, что приведет к концентрации напряжений в более прочных верхних слоях и разгрузению слабых подстилающих слоев.

Практическим доказательством объективности выводов, основанных на анализе рассмотренного выше примера, могут служить результаты опубликованных экспериментальных исследований. В ходе натурального эксперимента, представленного в [2], исследовались ленточные фундаменты, объединенные цилиндрической оболочкой, а также плоские штампы, схема которых представлена на рис. 5. Основание представляет собой напластование ПГГ с модулем деформации от 3 до 7 МПа

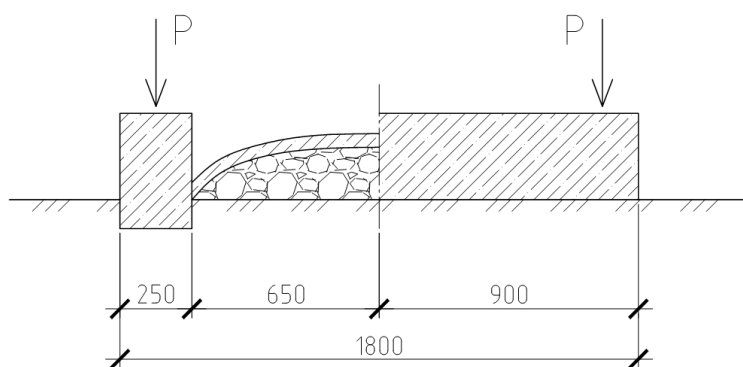


Рис. 5. Схема экспериментальных штампов

На рис. 6 представлены график «осадка-нагрузка» отдельно для ребер и центра оболочки, а также график для плоского штампа аналогичных геометрических размеров.

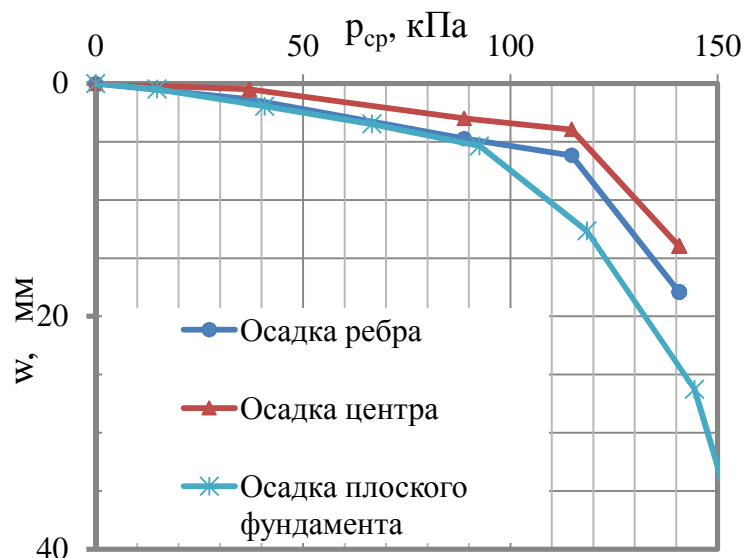


Рис. 6. Графики «осадка-нагрузка» для фундамента постоянной и переменной жесткости

Как видно, при нагрузке до 90 кПа графики осадок плоского штампа и ребер ленточного фундамента практически совпадают. При давлениях до 120 кПа, ввиду развития пластических деформаций основания, осадка плоского штампа носит выраженный нелинейный характер. В то же время график осадок ребристого остается прямолинейным, и лишь при большем давлении происходит увеличение приращения деформаций. При нагрузке 140 кПа осадка плоского штампа превышает осадку ребристого на 33%, что свидетельствует о целесообразности неравномерного нагружения. В то же время осадка центра цилиндрической оболочки меньше осадки ребер на 22%, значит, можно судить о достаточной ее податливости при работе на грунтовом основании.

Относительно приведенных экспериментальных данных о работе фундаментов переменной жесткости, подробно рассмотренных в работах [2-5], можно сделать следующие выводы.

1. Функция распределения контактных давлений существенно влияет на НДС основания. Заданным неравномерным нагружением основания можно добиться уменьшения абсолютных значений максимальных осадок до 12% и более, особенно при залегании более плотных грунтов в верхней части сжимаемой толщи, и практически исключить неравномерность осадки. Следствием чего является также отсутствие перераспределения усилий в надземных конструкциях.

2. Для достижения заданного распределения контактных давлений на основание необходимо создание фундаментов, обладающих свойством управляемого взаимодействия с грунтовым основанием, чего можно добиться определенными конструктивными и технологическими приемами.

Таким образом, идея о контролируемом взаимодействии системы «фундамент - грунтовое основание» нуждается в дальнейшем развитии и совершенствовании методик ее применения.

Список литературы

1. Брийо Ж.-Л., Никс Дж., Рии К., Штибен Гр. Колонна Сан-Хасинто. Случай из практики // Развитие городов и геотехническое строительство. - СПб. - 2011. - № 13. - С. 152-173.
2. Наумкина Ю.В. Усиление ленточных фундаментов с переустройством в сплошную плиту переменной жесткости с предварительным напряжением грунтового основания : автореф. дис. ... канд. техн. наук. — Тюмень, 2013. — 24 с.
3. Прозозин Я.А., Бартоломей Л.А., Соколов В.Г., Отраснова Е.С. Расчетное обоснование степени неравномерности нагружения в целях снижения глубины сжимаемой толщи // Современные проблемы науки и образования. – 2013. – № 4. - URL: www.science-education.ru/110-9545 (дата обращения: 01.11.2013).
4. Прозозин Я.А., Мельников Р.В. Расчет взаимодействия осесимметричных фундаментов-оболочек с глинистым основанием // Вестник МГСУ. - 2011. - № 7. - С. 577-584.
5. Прозозин Я.А., Порошин О.С., Степанов М.А. Применение ленточных фундаментов мелкого заложения, объединенных пологими оболочками, на сильносжимаемых грунтовых основаниях // Инновационные конструкции и технологии в фундаментостроении и геотехнике : материалы науч.-тех. конф. с междунар. участием (27-29 окт. 2013 г.). – М., 2013. – С. 110-117.
6. СП 50-13330-2011. Основания зданий и сооружений. - М. : Минрегион России, 2010.

7. Тетиор А.Н. Фундаменты : учеб. пособие для студ. учреждений высш. проф. образования. – М. : Издательский центр «Академия», 2010. – С. 126-128.
8. Чикишев В.М., Пронозин Я.А., Миронов В.В. К вопросу о деформируемости грунтового основания при равномерном и неравномерном нагружении // Интернет-вестник ВогГАСУ. Сер.: Политематическая. - 2012. - Вып. 1 (20).

Рецензенты:

Чикишев В.М., д.т.н., профессор, ректор ФГБОУ ВПО «ТюмГАСУ», г. Тюмень.

Миронов В.В., д.т.н., профессор кафедры ВиВ ФГБОУ ВПО «ТюмГАСУ», г. Тюмень.