

Эффективные фундаменты мелкого заложения

В.Ф. Бай, В.С. Сафарян, С.А. Еренчинов

Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень

Аннотация: Статья посвящена вопросу эффективных конструктивных решений устройства фундаментов мелкого заложения. Рассматриваются варианты оптимизации стандартных конструкций ленточных и столбчатых фундаментов. Предлагается новая конфигурация фундамента со ступенчатой подошвой, обладающей большей несущей способностью и меньшей ресурсоемкостью.

Ключевые слова: фундамент, строительство, фундамент мелкого заложения, ленточный фундамент, столбчатый фундамент, измененная геометрия, неплоская подошва, механика грунтов, эффективность в строительстве.

Вопрос материалоемкости, трудоемкости и общей экономической эффективности является наиболее значимым в строительной отрасли. Ведь в отличие от, например, машиностроения, общий объем материалов на производство одной готовой строительной продукции колоссальный, а необоснованный запас даже в пару процентов ведет к огромным лишним затратам в абсолютном эквиваленте. В свою очередь экономия материала или человеко-часов на те же 1-2% приносят существенную материальную прибыль в абсолютном выражении.

Как исключить необоснованные затраты - очевидно, надо ответственно и качественно выполнять проектно-изыскательские работы, а стройку вести в строгом соответствии с проектно-сметной документацией, получившей положительное заключение экспертизы. Остается вопрос, как сэкономить? Есть множество способов оптимизировать затраты на строительные работы, одним из них является разработка и использование экономичных и инновационных способов создания строительной продукции. В частности, стоит вопрос об оптимизации конструктивных решений при устройстве фундаментов мелкого заложения.

На сегодняшний день выделяют следующие способы оптимизации фундаментов мелкого заложения:

1. Создание эффективного тела фундамента.

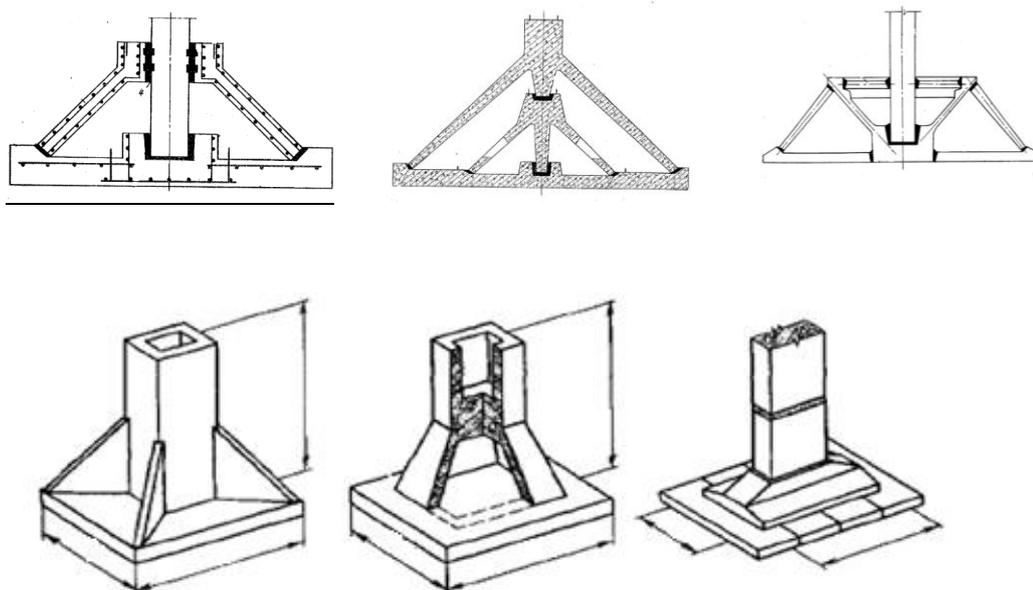


Рис. 1. Фундаменты с эффективным телом.

2. Создание эффективной подошвы фундамента.

2.1 *Создание эффективной плоской подошвы фундамента (использование «арочного эффекта»).*

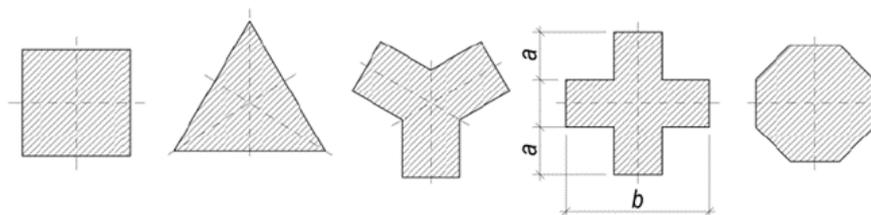


Рис. 2.1. Фундаменты, испытанные Глушковым А.В., с измененной плоской подошвой.

2.2 Изменение геометрии подошвы фундамента в вертикальной плоскости [1,2].

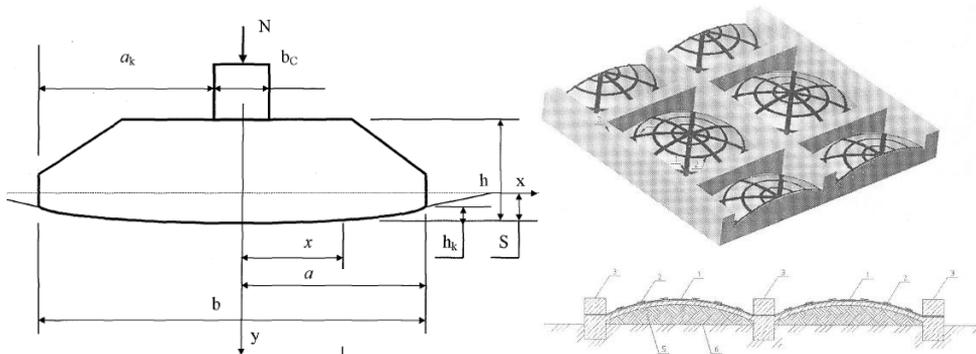


Рис. 2.2. Фундаменты с неплоской подошвой

Была поставлена цель разработать и испытать новый эффективный фундамент мелкого заложения. Способ создания эффективного фундамента был выбран под номер 2.2 – создание эффективного сечения. Для определения геометрии такого фундамента были изучены и проанализированы имеющиеся данные по подобным исследованиям и общая теория вопроса.

Так, исследователь Н.М. Бородачев вывел интегральную зависимость между формой сечения и распределением контактных напряжений по подошве фундамента. Частное решение данного уравнения М.С. Грицуком показывает, что одной из наиболее эффективной формой подошвы является окружность с некоторым радиусом, величина которого зависит от геологических условий. Помимо этого, было обращено внимание на следующие закономерности:

- при расчете столбчатых и ленточных фундаментов почти отсутствует и не учитывается трение по боковой поверхности фундаментов;

• дедуктивно было сделано заключение, что несущая способность грунтов основания, при прочих равных, пропорционально площади взаимодействия ее с поверхностью фундамента.

Приняв во внимание перечисленные закономерности и зависимости, мы выдвинули предположение, что в слабых водоносных грунтах существенно большей несущей способностью могут обладать фундаменты со ступенчатой подошвой. Наши доводы:

➤ Ступенчатая подошва может быть вписана в оптимальную форму подошвы согласно интегральной зависимости Бородачева, что приведет к более равномерному распределению напряжений в основании.

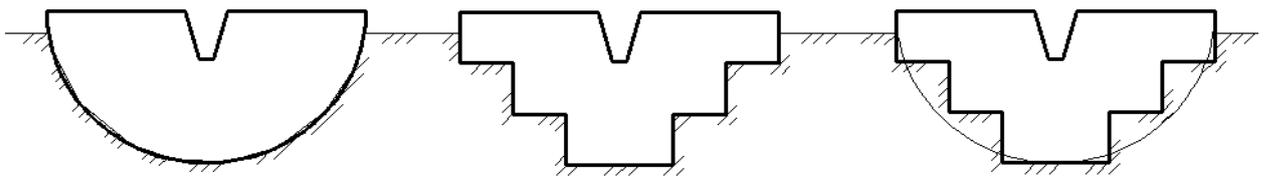


Рис. 3. Аналогия криволинейной и ступенчатой подошвы для фундаментов.

➤ Вышележащие ступени передают напряжение на грунт и создают обжимающие усилия грунта для нижележащих ступеней, что в свою очередь, согласно механике, приводит к увеличению трения по боковой поверхности.

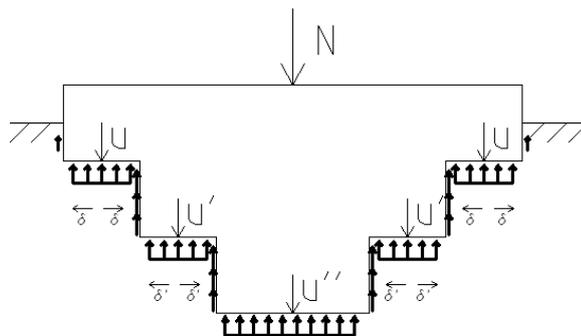


Рис. 4. Механика возникновения дополнительного трения в ступенчатой подошве.

➤ Площадь соприкосновения фундамента и грунтов существенно возросла относительно фундаментов с плоской подошвой, что также может привести к увеличению несущей способности конструкции.

При этом, объем материала для такого фундамента предполагается использовать аналогичный с его «перевернутым» аналогом, как при устройстве стандартных фундаментов [3-5].

Были проведены модельные постановочные испытания, которые подтвердили тезис о большой несущей способности отдельно стоящих фундаментов со ступенчатой подошвой, чем у аналогичных фундаментов с плоской подошвой. Оценка производилась из соотношения приложенной нагрузки на фундаменты и их осадки, выигрыш изменённого фундамента доходит до 30%. Также, ступенчатые фундаменты зарекомендовали себя намного более устойчивыми от случайных эксцентриситетов.

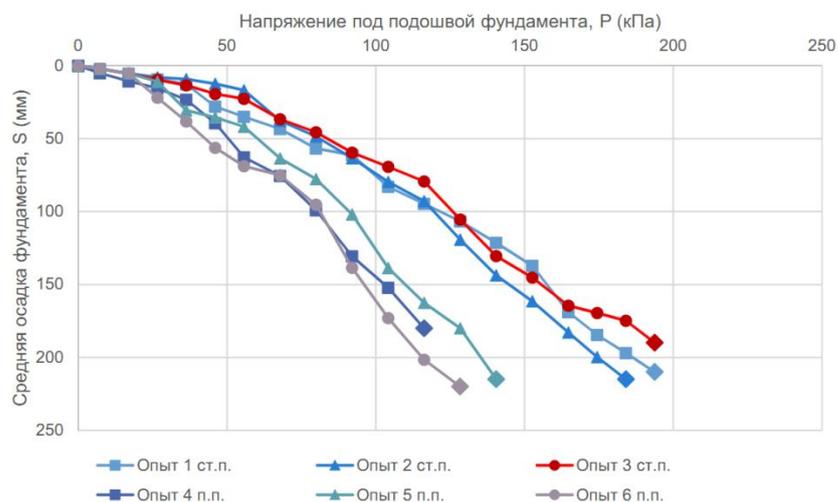


Рис. 5. Результаты опытного моделирования работы столбчатых фундаментов со ступенчатой подошвой (ст.п.) и плоской (п.п.).

Подробно результаты опытов изложены в магистерской диссертации Сафаряна В.С. [6]. Опытные и теоретические исследования Сохояна М.О.

подтвердили, что данная закономерность справедлива и для ленточных фундаментов [7,8].

Возвращаясь к теме экономической эффективности, хочется отметить, что увеличение несущей способности фундаментов без увеличения затраченных ресурсов очевидно приводит к большой материальной выгоде. А форма предлагаемых «измененных» фундаментов предполагает, что, при соответствующем показателе текучести глинистых грунтов и, как следствие, их сцеплении, существует возможность устройства монолитных фундаментов без предварительной опалубки, а в собственных котлованах, что также существенно снизит и трудоемкость [9-10].

Литература

1. Архипов Д.Н. Автореферат диссертации «Взаимодействие грунтового основания и сборных ленточных фундаментов с геометрически изменяемой формой подошвы». – Волгоград: ГОУ ВПО «Волгоградский государственный архитектурно-строительный университет», 2006. – 24 с.
2. Крутов В.И., Сорочан Е.А., Ковалев В.А. Фундаменты мелкого заложения. – М.: Издательство АСВ, 2008. – 232 с.
3. Красовицкий М.Ю. Проектирование фундаментов промышленных и гражданских зданий – курс лекций. – М.: ФГБ ОУ ВПО «Московский государственный университет путей сообщения», 2011. – 137 с.
4. Чудновская Н.С., Оценка эффективности финансирования строительства в России // Инженерный вестник Дона, 2013, №4. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2013/2042
5. Прокопов А.Ю., Акопян В.Ф., Гаптлисламова К.Н., Изучение напряженно-деформированного состояния грунтового массива и взаимного влияния подземных конструкций существующих и вновь возводимых

сооружений в береговой зоне морского порта Тамань // Инженерный вестник Дона, 2013 №4. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2013/2104

6. Сафарян В.С. Магистерская диссертация «Экспериментальные исследования отдельно стоящего фундамента со ступенчатой подошвой». - Тюмень: ФГБ ОУ ВО «Тюменский индустриальный университет», 2019. – 102 с.

7. Бай В.Ф., Сохоян М.О. Исследование работы ленточных фундаментов со ступенчатой подошвой // Нефть и газ Западной Сибири – 2017. (Тюмень, 02-03 ноября 2017). -Тюмень, 2017. – с. 106-107.

8. Сохоян М.О. Магистерская диссертация «Исследование работы ленточного фундамента со ступенчатой подошвой.» - Тюмень: ФГБ ОУ ВО «Тюменский индустриальный университет», 2018. – 84с.

9. Maltseva T.V., Nabokov A., Chernikh A., Reinforced sandy piles for low-rise buildings. Procedia Engineering. 2015. V. 117. pp. 239-245.

10. Maltseva T., Nabokov A., Novikov Y., Sokolov V., The method of calculating the settlement of weak ground strengthened with the reinforced sandy piles. matec Web of Conferences. 2016. V. 73. pp. 01015.

References

1. Arhipov D.N. Avtoreferat dissertacii «Vzaimodejstvie gruntovogo osnovaniya i sbornyh lentochnyh fundamentov s geometricheski izmenyaemoj formoj podoshvy» [Abstract of the thesis "the Interaction of the soil base and precast strip foundations with a geometrically variable shape of the sole]]. Volgograd: GOU VPO «Volgogradskij gosudarstvennyj arhitekturno-stroitel'nyj universitet», 2006. 24 p.

2. Krutov V.I., Sorochan E.A., Kovalev V.A. Fundamenty melkogo zalozheniya [Shallow foundations]. M.: Izdatel'stvo ASV, 2008. 232p.



3. Krasovickij M.YU. Proektirovanie fundamentov promyshlennyh i grazhdanskij zdaniy kurs lekcij [Designing the foundations of industrial and civil buildings lecture course]. M.: FGB OU VPO «Moskovskij gosudarstvennyj universitet putej soobshcheniya», 2011. 137p.
4. CHudnovskaya N.S., Inzhenernyj vestnik Dona, 2013, №4. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2013/2042
5. Prokopov A.YU., Akopyan V.F., Gaptlislamova K.N., Inzhenernyj vestnik Dona, 2013, №4. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2013/2104
6. Safaryan V.S. Magisterskaya dissertaciya «Eksperimental'nye issledovaniya otdel'no stoyashchego fundamenta so stupenchatoj podoshvoj». [Master's thesis "Experimental research of a free-standing foundation with a stepped foot"]. Tyumen': FGB OU VO «Tyumenskij industrial'nyj universitet», 2019. 102 p.
7. Baj V.F., Sohojan M.O. Neft' i gaz Zapadnoj Sibiri 2017. (Tyumen', 02-03 noyabrya 2017). Tyumen', 2017. pp. 106-107.
8. Sohojan M.O. Magisterskaya dissertaciya «Issledovanie raboty lentochного fundamenta so stupenchatoj podoshvoj» [Master's thesis "Research work tape foundation with a stepped base"]. Tyumen': FGB OU VO «Tyumenskij industrial'nyj universitet», 2018. 84 p.
9. Maltseva T.V., Nabokov A., Chernikh A., Reinforced sandy piles for low-rise buildings. Procedia Engineering. 2015. V. 117. pp. 239-245.
10. Maltseva T., Nabokov A., Novikov Y., Sokolov V., The method of calculating the settlement of weak ground strengthened with the reinforced sandy piles. matec Web of Conferences. 2016. V. 73. pp. 01015.