В ПОРЯДКЕ ОБСУЖДЕНИЯ

УДК 624.156.32: 624.156.31

© А. А. Лapidус, д-р техн. наук, профессор,
зав. кафедрой «Технология и организация
строительного производства»

© В. Д. Евстигнеев, магистрант
(Национальный исследовательский Московский
государственный строительный университет)
E-mail: lapidus58@mail.ru, victor88112@gmail.com

DOI 10.23968/1999-5571-2017-14-6-364-368

© А. А. Lapidus, Dr. Sci. Tech., Professor,
Head of Department «Technology and organization
of construction production»

© V. D. Yevstigneyev, undergraduate
(National Research Moscow State University
of Civil Engineering)
E-mail: lapidus58@mail.ru, victor88112@gmail.com

ОСОБЕННОСТИ ВЫБОРА ФУНДАМЕНТОВ МАЛОЭТАЖНЫХ МНОГОКВАРТИРНЫХ ДОМОВ ПО ТРУДОЕМКОСТИ РАБОТ

FEATURES OF SELECTING THE FOUNDATION FOR LOW-STOREY APARTMENT BUILDINGS ACCORDING TO THE COMPLEXITY OF WORKS

Предложено ознакомиться с сутью проблемы возведения фундаментов для малоэтажных многоквартирных домов. Проведен анализ комбинированного типа фундамента. Сравниваются традиционные технологии возведения фундаментов. Они подходят для многоэтажных домов, но, применяя эти же типы фундаментов при малоэтажном домостроительстве, прочностные характеристики остаются такими же высокими, как и для многоэтажного строительства. В итоге происходит перерасход материалов, а трудоемкость выполняемых работ остается неизменной.

Ключевые слова: развитие малоэтажного домостроительства, фундаментные системы, материалоемкость, объем СМР, особенности территории, ортотропная фундаментная плита, монолитная железобетонная фундаментная плита, комбинированный тип фундамента, 5D моделирование, BIM-технологии.

The article deals with the problem of building foundations for low-storey apartment buildings. A combined type of foundation is analyzed. The traditional technologies of foundations' construction are compared. These technologies are used for both low-storey and multi-storey buildings. At applying the same types of foundations in low-storey type of buildings, the strength properties remain as high as for multi-storey constructions. As a result, there takes place is a waste of materials, and complexity of the work remains unchanged.

Keywords: the development of low-storey house building, foundation systems, materials consumption, the volume of construction and installation works, the features of the territory, orthotropic foundation slab, monolithic concrete foundation slab, combined type of foundation, 5D modeling, BIM technologies.

Россия отличается от всех стран обширностью своих территорий. Большая часть земель не освоена человеком, более того, трудности вызывает вечная мерзлота, которая составляет почти 65% площади. Таким образом, плотность населения Российской Федерации на 2016 год составила 8,6 чел./км², в то время как в Китае на начало 2017 года плотность населения составила 144 чел./км² (рис. 1). В условиях современного Китая, который перенаселен, целесообразно

развивать строительство ввысь, что мы и наблюдаем. А в условиях нашей страны следует проводить противоположные действия — строить вширь, и осваивать огромные территории, что и подразумевает строительство малоэтажных многоквартирных домов. При масштабном возведении домов такого типа целесообразно задуматься об оптимизации возведения фундамента и его вида ввиду причин, изложенных выше.

Рис. 1. Сравнение плотностей населения КНР и РФ. Данные гистограммы приведены на основе прогноза «Департамента по экономическим и социальным вопросам ООН»

В общих затратах доля фундаментов на возведение здания составляет по стоимости 8–10 %, по трудоемкости 10–15 % и по материалоемкости фундамента в объеме малоэтажного жилого дома составляет 10–30 % [1]. Это часть здания требует тщательного внимания, поэтому технологические ошибки и ошибки при проектировании всегда имеют последствия для возводимого объекта [2, 3].

Наиболее известные и часто применяемые типы фундаментов в гражданском строительстве возводятся из железобетона. Технология сборных фундаментов применяется редко, за исключением тех ситуаций, когда на возведение объекта влияет особенность местоположения (отсутствует возможность доставить товарный бетон), в результате чего выгодней использовать сборные элементы (случай с расположенным неподалеку заводом железобетонных конструкций) [4, 5].

Рассмотрим преимущества, недостатки и особенности некоторых типов фундаментов в табл. 1.

По результатам сравнения наиболее подходящие типы фундаментов для данных домов — это ортотропная и монолитная фундаментные плиты.

Ортотропная плита, или плита с ребрами жесткости (как вниз, так и вверх), представляет собой монолитную железобетонную конструкцию с продольными и поперечными ребрами (балками) (рис. 2). Название *ортотропная* присвоено из-за того, что жесткость такой плиты не одинакова, она может отличаться в продольных и поперечных направлениях из-за вводимых в

конструкцию ребер жесткости [6, 7]. Положение и ориентация ребер жесткости обуславливается особенностями проекта. Балки целесообразно располагать под несущими стенами. Таким образом, у нас получается комбинированный вид фундамента (ленточный + фундамент в виде плиты). Как плита, так и балки имеют общее армирование, чтобы обеспечить монолитность и жесткость конструкции [8, 9]. Данный тип фундаментов имеет ряд преимуществ перед обычным фундаментом в виде железобетонной плиты:

- напряжения в фундаменте распределяются равномерно за счет работы балок [10];
- расход бетона меньше, так как базовая плита имеет меньшую толщину, чем в случае с плитным фундаментом, а балки компенсируют не-

Рис. 2. Конструкция ортотропной фундаментной плиты: 1 — верхняя арматура; 2 — плоские каркасы; 3 — нижняя арматура; 4 — арматура балок; 5 — арматурные выпуски

Преимущества и недостатки некоторых типов фундаментов

Мелкозаглубленный фундамент (МЗФ)		Ж/б плита		Буронабивные сваи		Шведская плита		Ортотропная плита	
Преимущества	Недостатки	Преимущества	Недостатки	Преимущества	Недостатки	Преимущества	Недостатки	Преимущества	Недостатки
Малый объем арматурных работ	Разработка траншей, замещение грунта песком	Долговечность	Требуется большой объем бетона для возведения	Малый объем земляных работ	Большой объем арматурных работ	Поверхность фундаментной плиты готова для укладки	Труднодоступность труб для подогрева пола в случае аварии	Существенная экономия бетона	Вязка арматурных каркасов
Экономия бетона	Объем опалубочных работ	Надежность	Высокая цена	Оптимальный вариант для средних домов	Нельзя использовать для легких домов	напольного покрытия	Отсутствие подвала	Надежность	Объем опалубочных работ
Небольшие трудозатраты	Невысокая надежность	Малый объем опалубочных работ		Простота опалубочных работ	Чувствительность к морозному пучению	Встроенный подогрев пола		Долговечность	
						Отказ от тяжелой техники		Небольшой объем земляных работ	
						Простота			
						Скорость			
						Энергоэффективность			
						Прочность			

сущую способность, за счет чего и происходит экономия бетона [11];

- затраты рабочей силы отличаются не существенно, экономия бетона оправдывает и более чем окупает ресурсы, затраченные на устройство балок [12, 13].

На рис. 3 и 4 представлен основной перечень работ (и их сравнение) по устройству фундамента, на примере четырехэтажного многоквартирного дома с размерами плана в осях 36×14,7 м.

Из полученных данных видно, что трудоемкость отличается незначительно (разница в трудоемкости влияет на критический путь строительства всего на 1–2 дня), при этом происходит

Рис. 3. Сравнение трудоемкостей по возведению ортотропной и монолитной ж/б плит

Рис. 4. Общие трудозатраты на комплекс работ (чел./дн)

Рис. 5. 3D модель ортотропной плиты

существенная экономия бетона, сокращается объем земляных работ [14].

В век инноваций и технического прогресса появляется возможность взвесить все плюсы и минусы ортотропной плиты и фундамента в виде монолитной плиты на совершенно ином уровне с помощью 5D моделирования (рис. 5). С применением BIM-технологий можно визуализировать на конкретном проекте возведение фундаментов до нулевого цикла. В нашем случае визуализация будет выполнена для двух типов фундаментов и одного конструктивного решения объекта. В чем суть 5D моделирования — это 3D модель самого здания, 4D — это сопряжение 3D модели с календарным планом, 5D — это визуализация процесса строительства согласно графику производства работ в технологической последовательности. Также может визуализироваться строительная техника и механизмы, задействованные при СМР. Кроме того, формируется ведомость потребности в материалах, ресурсах, спецификации, т. е. включаются все данные, необходимые для строительной документации. Пример этой технологии дополнительно может использоваться как обоснование для строительства того или иного объекта ввиду наглядности для заказчика [15].

По результатам исследования по всем показателям ортотропная плита является максимально приближенной к оптимальному варианту как по трудоемкости СМР, так и по требованиям к не-

сущей способности. Ортотропная плита гарантирует надежность конструкции. Данный тип фундамента целесообразно применять при возведении многоквартирных многосекционных (протяженных) жилых домов.

Библиографический список

1. Берлинов М. В. Основания и фундаменты. 2011. С. 126–129.
2. Пилягин А. В. Проектирование оснований и фундаментов зданий и сооружений: учеб. пособие. 2006. С. 98–102.
3. Сорочан Е. А., Ковалев В. А. Расчет двухцелевых фундаментов мелкого заложения // Основания, фундаменты и механика грунтов. 2006. С. 15–17.
4. Лapidус А. А. Потенциал эффективности организационно-технологических решений строительного объекта // Вестник МГСУ. 2014. № 1. С. 175–180.
5. Лapidус А. А., Фельдман А. О. Оценка организационно-технологического потенциала строительного проекта, формируемого на основе информационных потоков // Вестник МГСУ. 2015. № 11. С. 193–201.
6. Нестеров Р. С. Оценка несущей способности подработанного основания заглубленного ленточного фундамента // Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования, Волгоградский государственный архитектурно-строительный университет, 2014. С. 3–6.

7. Шулятьев С. О. Влияние несущего каркаса здания на напряженно-деформированное состояние фундаментной плиты. Научно-исследовательский центр «Строительство». Научно-исследовательский, проектно-изыскательский и конструкторско-технологический институт оснований и подземных сооружений им. Н. М. Герсеванова (ОАО «НИЦ «Строительство – НИИОСП им. Н. М. Герсеванова»), 2013. С. 8–11.
8. Баркан Д. Д. Динамика оснований и фундаментов. М.: Стройвоенмориздат, 2014. С. 114–119.
9. Далматов Б. И. Механика грунтов, основания и фундаменты включая специальный курс инженер-геологии. М.: Огни, 2012. С. 38–42.
10. СНиП 3.02.01–87. Земляные сооружения, основания и фундаменты. М.: Энергия, 2013. С. 51–54.
11. Малышев М. В. Механика грунтов. Основания и фундаменты (в вопросах и ответах): учеб. пособие. М.: АСВ, 2015. С. 49–52.
12. СП 50-101–2004. Проектирование и устройство оснований и фундаментов зданий и сооружений. М.: ГУП ЦПП, 2004.
13. Ухов С. Б., Семёнов В. В., Знаменский В. В., Тер-Мартirosян З. Г., Чернышев С. Н. // Механика грунтов, основания и фундаменты. М.: Изд-во АВС, 1994. С. 113–119.
14. Ширишиков Б. Ф. Организация, планирование и управление строительством. М.: АСВ, 2012. С. 156–159.
15. Талапов В. В. Технология BIM: суть и особенности внедрения информационного моделирования зданий. М., 2015. С. 5–8.

References

1. Berlinov M. V. *Osnovaniya i fundamenty* [Bases and foundations]. St. Petersburg, Lan' Publ., 2011, pp. 126–129.
2. Pilyagin A. V. *Proektirovanie osnovaniy i fundamentov zdaniy i sooruzheniy. Ucheb. posobie* [Design of bases and foundations of buildings. Teaching manual]. Moscow, Assotsiatsiya stroitel'nykh vuzov Publ., 2006, pp. 98–102.
3. Sorochan E. A., Kovalev V. A. *Raschet dvukhshelevykh fundamentov melkogo zalozheniya* [Calculation of double-slotted shallow foundations]. *Osnovaniya, fundamenty i mekhanika gruntov* [Bases, foundations and mechanics of soil]. Moscow, 2006, pp. 15–17.
4. Lapidus A. A. *Potentsial ehffektivnosti organizatsionno-tekhnologicheskikh resheniy stroitel'nogo obekta* [Potential of efficiency of organizational technology solutions of a construction object]. *Vestnik MGSU – Bulletin of MGSU*, 2014, no. 1, pp. 175–180.

5. Lapidus A. A., Fel'dman A. O. *Otsenka organizatsionno-tekhnologicheskogo potentsiala stroitel'nogo proekta, formiruемого na osnove informatsionnykh potokov* [Evaluation of the organizational and technological potential of the construction project formed on the basis of information streams]. *Vestnik MGSU – Bulletin of MGSU*, 2015, no. 11, pp. 193–201.
6. Nesterov R. S. *Otsenka nesushchey sposobnosti podrabotannogo osnovaniya zaglublennogo lentchnogo fundamenta* [Estimation of bearing ability of undermined base of the recessed strip foundation]. *IACE VSTU Publ.*, 2014, pp. 3–6.
7. Shulyat'ev S. O. *Vliyanie nesushchego karkasa zdaniya na napryazhenno-deformirovannoe sostoyanie fundamentnoy plity* [The influence of the bearing building framework on the intense deformed condition of the base plate]. *NIIOSP named after N. M. Gersevanov Publ.*, 2013, pp. 8–11.
8. Barkan D. D. *Dinamika osnovaniy i fundamentov* [Dynamics of the bases and foundations]. Moscow, Stroyvoenmorizdat Publ., 2014, pp. 114–119.
9. Dal'matov B. I. *Mekhanika gruntov, osnovaniya i fundamenty vklyuchaya spetsial'nyy kurs inzhenernoy geologii* [Mechanics of soil, bases and foundations including a special course of engineering geology]. Moscow, Ogni Publ., 2012, pp. 38–42.
10. SNiP 3.02.01–87. *Zemlyanye sooruzheniya, osnovaniya i fundamenty* [SNiP 3.02.01–87. Earth constructions, bases and foundations]. Moscow, Ehnergiya Publ., 2013, pp. 51–54.
11. Malyshev M. V. *Mekhanika gruntov. Osnovaniya i fundamenty (v voprosakh i otvetakh). Ucheb. posobie* [Mechanics of soil. The bases and foundations (in questions and answers). Teaching manual]. Moscow, ASV Publ., 2015, pp. 49–52.
12. SP 50-101–2004. *Proektirovanie i ustroystvo osnovaniy i fundamentov zdaniy i sooruzheniy* [SP 50-101–2004. Design and arrangement of bases and foundations of buildings and structures]. Moscow, GUP TsPP Publ., 2004.
13. Ukhov S. B., et al. *Mekhanika gruntov, osnovaniya i fundamenty* [Mechanics of soil, bases and foundations]. Moscow, AVS Publ., 1994, pp. 113–119.
14. Shirshikov B. F. *Organizatsiya, planirovanie i upravlenie stroitel'stvom* [Organization, planning and management of construction]. Moscow, ASV Publ., 2012, pp. 156–159.
15. Talapov V. V. *Tekhnologiya BIM: sut' i osobennosti vnedreniya informatsionnogo modelirovaniya zdaniy* [BIM technology: the essence and features of introducing information modeling of buildings]. Moscow, 2015, pp. 5–8.