

Добавление: суперпластификатор на основе сульфированной меламинформальдегидной смолы (смФ), метилцеллюлоза (мц) и редиспергируемый полимерный порошок на основе сополимеров винилацетата, этилена и винилхлорида (ВАЭвх).

Проведенные исследования показали, что добавки на основе сульфированной меламинформальдегидной смолы, метилцеллюлозы и сополимеров винилацетатэтилена с винилхлоридом оказывают влияние на форму, размер и внешний вид кристаллов двухводного гипса.

Рентгеноструктурный анализ подтвердил, что молекулы полимерных добавок не внедряются в структуру двухводного сульфата кальция, и химический состав продукта остается неизменным. В результате термического анализа установлено, что при воздействии высокой температуры введение рассматриваемых добавок не ведет к ухудшению стабильности кристаллов двухводного гипса. Определено, что наибольшее влияние на кристаллизацию двухводного гипса оказывает суперпластификатор на основе сульфированной меламинформальдегидной смолы [3].

Добавление латексных порошков.

Для исследования использовалось композиционное гипсовое вяжущее марки Г7, которое было получено из фосфогипса дигидрата с использованием алюмосиликатных добавок [4].

В результате добавления латексных порошков к гипсовому вяжущему, полученному из фосфогипса дигидрата с использованием алюмосиликатных добавок [4], удалось достичь повышения прочностных характеристик и водостойкости. Использование редиспергируемых полимерных порошков, таких как VINNAPAS 5010N и VINNAPAS 5028E, в дозировке от 0,7 до 1,2 % от массы вяжущего, привело к значительному увеличению водостойкости композиционного вяжущего до коэффициента размягчения $K_p = 0,82$. При дальнейшем увеличении дозировки порошков результаты незаметно улучшились.

Таким образом, экспериментально было подтверждено эффективное повышение водостойкости гипсового вяжущего на основе фосфогипса с использованием водорастворимых редиспергируемых полимерных порошков VINNAPAS 5010N и VINNAPAS 5028E. Были определены оптимальные дозировки данных порошков.

Анализ исследований с применением различных полимерных добавок показывает, что практически все вышепримененные полимерные добавки оказали положительный эффект на показатели прочности и водостойкости гипсовых вяжущих.

Результаты данных исследований будут использованы в дальнейших исследованиях, где необходимо рассмотреть возможность комплексного применения полимерных добавок.

Список литературы

- 1 Влияние редисперсионных полимерных порошков на свойства самонивелирующихся композиций / С. П. Сивков [и др.] // Сухие строительные смеси: наука и практика. – 2006. – № 10. – С. 58–61.
- 2 Механизмы влияния декстрина и модифицированного лигносульфоната технического на процессы гидратации и твердения портландцемента / А. Шарифов [и др.] // Известия АН РТ. – 2010. – № 4 (141). – С. 78–84.
- 3 Шарифов, А. Повышение прочности и снижение водопоглощения гипсобетона минерально-химическими добавками / А. Шарифов, А. А. Акрамов, У. Х. Умаров // Технологии бетона. Сер. 1-2. – 2012. – № 66-67. – С. 68–69.
- 4 Бутт, Ю. М. Химическая технология вяжущих материалов / Ю. М. Бутт, М. М. Сычев, В. В. Тимашков. – М. : Высш. шк., 1980. – 472 с.

УДК 624.131

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА ВЕРТИКАЛЬНОГО АРМИРОВАНИЯ СЛАБОГО ОСНОВАНИЯ ДЛЯ УСТРОЙСТВА СПЛОШНОЙ ФУНДАМЕНТНОЙ ПЛИТЫ КРУПНОПАНЕЛЬНОГО ДОМА

А. Н. НЕВЕЙКОВ

Государственное предприятие «Институт “Белжелдорпроект”», г. Минск, Республика Беларусь

В. Н. ДЕДОК

Брестский государственный технический университет, Республика Беларусь

Рассматриваются вопросы проектирования фундаментов типового двухсекционного 11-этажного жилого крупнопанельного дома, который имеет перекрёстно-стеновую конструктивную систему с уз-

ким шагом (до 3,6 м) поперечных стен и опиранием перекрытий по контуру, а также размещенное под всем зданием техническое подполье для прокладки коммуникаций.

Анализ инженерно-геологических изысканий площадки строительства показал невозможность применения наиболее экономичных ленточных фундаментов. Согласно изысканиям грунтовой массив в пределах строительной площадки сложен сверху вниз техногенными отложениями из насыпных грунтов мощностью от 0,5 до 3,8 м с включениями строительного мусора, флювиогляциальными надморенными отложениями мощностью от 0,4 до 1,7 м из песка пылеватого средней прочности (модуль деформации $E = 14$ МПа) и прочного ($E = 16$ МПа), моренными отложениями мощностью от 11 до 23 м из супеси прочной ($E = 23$ МПа) и суглинков слабых ($E = 4,2$ МПа), средней прочности ($E = 8,5$ МПа), прочных ($E = 26$ МПа) и очень прочных ($E = 46$ МПа) с включениями гравия и гальки. В результате в качестве основного варианта принят сплошной плитный фундамент толщиной 600 мм. Опыт строительства жилых высотных зданий с использованием таких фундаментов показывает их эффективность как с точки зрения надежности, так и ведения строительно-монтажных работ. По результатам статического расчета здания методом конечных элементов в программе «ING+» с учетом смоделированных фактических инженерно-геологических условий (грунт задавался по скважинам объемными элементами в виде упругого изотропного полупространства) определено, что при осредненном расчетном давлении фундамента на основание в 170–180 кПа при $\gamma_f = 1,0$ прогнозируемые осадки фундаментной плиты на упругом основании превышают допустимые нормами значения по максимальной величине и неравномерности [1], что впоследствии было подтверждено расчетом методом конечных элементов в программе GEO5-FEM.

С учетом полученных результатов расчета было предложено под частью сплошной фундаментной плиты выполнить вертикальное армирование слабых грунтов (геомассив) забивными сваями переменной длины сечением 300×300 мм для получения эквивалентного модуля деформаций усиленного грунта $E_{\text{экр}} > 20$ МПа. Под всей плитой был предусмотрен распределительный слой из песчано-гравийной смеси толщиной 500 мм с $E = 35$ МПа. Это решение позволило исключить применение свайного или плитно-свайного фундамента с длинными сваями. Забивные сваи выбраны на основании технико-экономического сравнения со щебеночными и буронабивными. Под полученным искусственным основанием расположены:

– суглинок моренный средней прочности с характеристиками $\gamma_{\text{II}} = 19,3$ кН/м³; $C_{\text{II}} = 33,1$ кПа; $\varphi_{\text{II}} = 24,4^\circ$; $E = 8,5$ МПа (под уплотненным распределительным слоем в месте отсутствия вертикального армирования);

– суглинок моренный прочный с характеристиками $\gamma_{\text{II}} = 19,9$ кН/м³; $C_{\text{II}} = 44,4$ кПа, $\varphi_{\text{II}} = 26,9^\circ$; $E = 26$ МПа (под нижними концами вертикальных армирующих элементов и суглинком моренным средней прочности).

Одним из важных отличий данного искусственного основания является то, что отсутствует прямой контакт между плитным фундаментом и сваями из-за передачи нагрузки через распределительный слой грунта. За счёт работы этого слоя нагрузка на сваи от плиты распределяется равномерно. Еще одним важным отличием является отсутствие ограничений к длине и диаметру армирующих элементов. Отмеченные особенности влияют на напряженно-деформированное состояние такого основания.

Несмотря на имеющийся опыт применения метода вертикального армирования оснований плитных фундаментов зданий в строительной практике Республики Беларусь (из литературных источников [2, 3] и др. известно о применении более чем на 15 объектах) и наличие практического метода расчета таких оснований, изложенного в рекомендациях Р 1.02.133-2014 [4], которые разработаны РУП «Институт “БелНИИС”», широкое применение данного метода всё еще затруднительно. Основные затруднения связаны с тем, что в публикуемых сведениях отражены неполные данные об инженерно-геологических условиях площадки строительства, проектных решениях, методах и результатах опытных полевых исследований при отсутствии каких-либо сведений о расчетах численными методами, что затрудняет верификацию предложенного РУП «Институт “БелНИИС”» метода расчета проектными организациями. При этом в рекомендациях в части сплошного плитного фундамента не оговорены возможности применения вертикального армирования под его частью, назначение минимально необходимых длин армирующих элементов и толщины распределительного слоя. Также требует дополнительного уточнения и разъяснения определение эквивалентных физико-механических характеристик искусственного основания. Поэтому при проектировании геомассива дополнительно выполнены уточняющие расчеты:

– по практическому методу, разработанному Федоровским В. Г., Безволевым С. Г., Карауловым А. М. [5, 6];

– методу конечных элементов в геотехнической программе GEO5-FEM, которая позволила учесть фактическое состояние и напластования грунтов основания (для расчёта применена модель Кулона – Мора).

В результате проведенных расчётов удалось получить качественную и количественную оценки работы армированного вертикальными элементами грунтового массива, что позволило окончательно назначить длину свай от 4 до 8 м и шаг в 1,8 м, рассчитать максимальное усилие в армоэлементах и осадку плитного фундамента. По результатам расчёта в геотехнической программе GEO5-FEM был определен эквивалентный модуль деформации геомассива, который составил 20–25 МПа и был далее применен в программе ING+ для совместного расчёта здания с основанием и назначения армирования плиты.

Результатами расчёта в программе GEO5-FEM установлено, что:

– максимальная осадка фундаментной плиты на естественном основании не превышает 205 мм при относительной разности осадок не более 0,005, а на искусственном – 95 мм и 0,0015 соответственно;

– максимальное расчетное усилие в армирующем элементе не превышает 475–525 кН при передаче грунтом на верхний и нижний концы расчетного усилия не более 275–325 кН;

– применение вертикального армирования основания привело к равномерной передаче давления на грунтовый массив, которое не превышало расчетного сопротивления грунта распределительного и подстилающего слоев, снизило осадку плитного фундамента на почти 55 %.

При расчёте по рекомендациям и методу, предложенному Федоровским В. Г. и Карауловым А. М., для наиболее неблагоприятных условий (скважины) установлено, что максимальная осадка фундаментной плиты не превышает 80 и 105 мм соответственно при максимальном расчетном усилии в свае до 500 кН.

Для контроля качества работ проектом были запланированы три опытных полевых испытания геомассива через распределительный слой железобетонным штампом размером 3,00×1,75 м, загружаемым ступенчато возрастающей статической вдавливающей вертикальной нагрузкой до достижения давления под штампом в 250 кПа. В результате проведенных штамповых испытаний был определен эквивалентный модуль деформаций геомассива, который составил 40–45 МПа, что превысило проектное значение.

С учётом вышеизложенного по окончательному проектному решению под частью сплошного плитного фундамента двухсекционного 11-этажного жилого дома было выполнено вертикальное армирование слабых грунтов забивными сваями и устройство под всей плитой распределительного слоя из песчано-гравийной смеси. Это обеспечит равномерную расчетную осадку здания, не превышающую допустимых значений. Эффективность принятого решения подтверждена результатами расчетов в программах GEO5-FEM и ING+ и опытных полевых штамповых испытаний статической вдавливающей нагрузкой.

Список литературы

1 ТКП 45-5.01-254-2012. Основания и фундаменты зданий и сооружений. Основные положения. Строительные нормы проектирования. – Минск : Стройтехнорм, 2012. – 164 с.

2 **Кравцов, В. Н.** Исследование вертикально армированных оснований плитных фундаментов грунтобетонными микросваями и апробация их результатов в производственных условиях / В. Н. Кравцов, С. А. Якуненко, П. В. Лапатин // Вестник полоцкого государственного университета. – 2015. – № 16. – С. 40–47.

3 **Сернов, В. А.** Применение геомассива при строительстве трех девятиэтажных жилых домов в г. п. Колодищи / В. А. Сернов, Т. В. Тронда // Перспективы развития новых технологий в строительстве и подготовке инженерных кадров в Республике Беларусь : сб. тр. XVIII Междунар. науч.-метод. семинара, Новополоцк, 28–29 ноября 2012 г. – 2012. – Т. II. – С. 286–292.

4 Р 1.02.133-2014. Рекомендации по проектированию и устройству вертикально армированных оснований (геомассивов) для плитных фундаментов зданий и сооружений в грунтовых условиях Республики Беларусь. – Минск : Стройтехнорм, 2014. – 28 с.

5 **Федоровский, В. Г.** Метод расчета свайных полей и вертикально армированных грунтовых массивов / В. Г. Федоровский, С. Г. Безволев // Основания, фундамент и механика грунтов. – 1994. – № 3. – С. 11–15.

6 **Караулов, А. М.** Решение одномерной задачи уплотнения вертикально армированного основания / А. М. Караулов // Труды НГАСУ. – 1998. – Т. 1, № 3 (3) – С. 29–33.