

и просадки лучше выполнять по экспериментальным величинам действующих вертикальных давлений, а не по теоретическим расчетам по модели линейно-деформируемого полупространства.

Экспериментальные данные более точно отражают величину и характер действующих вертикальных напряжений.

Как показал проведенный эксперимент, эффект принятого решения по отказу от уплотнения лессового просадочного грунта перед устройством песчаной подушки очевиден, а это выгодно и с экономической точки зрения. Тогда возникает необходимость найти способ определения достоверных вертикальных давлений на грунт основания. Рекомендовать каждый раз проводить такие крупномасштабные эксперименты бессмысленно по понятным причинам. С нашей точки зрения необходимо вводить поправочные коэффициенты на величины давлений, определяемых теоретически, т.е. требуется провести

дополнительные исследования по определению поправочных коэффициентов и последующим применением их при проектировании оснований фундаментов.

2. Проведенные крупномасштабные эксперименты позволили более точно определять основные размеры двухслойного основания — композита из песчано-лессового грунтов, и использовать их при проектировании надежных и прочных оснований фундаментов зданий и сооружений.

Носков И.В. — к.т.н., профессор, Алтайский государственный технический университет, E-mail: noskov.56@mail.ru; **Гатилов Ю.А.** — генеральный директор ООО «Жилищная инициатива»; **Осипова М.А.** — к.г.-м.н., доцент, Алтайский государственный технический университет.

УДК 624.154.001.4

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ УСИЛЕНИЯ ОСНОВАНИЙ В ГРУНТОВЫХ УСЛОВИЯХ АЛТАЙСКОГО КРАЯ

И.В. Носков, В.Е. Ольховатенко

В статье приведены современные технологии используемые передовыми странами при реконструкции аварийных зданий и сооружений. Установлены эффективные способы усиления оснований реконструируемых и аварийных зданий в грунтовых условиях Алтайского края.

Ключевые слова: грунт, основание, фундамент, усиление, технологии усиления

ВВЕДЕНИЕ

В последние годы в Алтайском крае увеличиваются объемы строительных работ на объектах реконструкции зданий и сооружений с различным функциональным назначением и техническим состоянием.

При проектировании реконструкции зданий и сооружений основным этапом является проектирование оснований и фундаментов. Для гарантированного обеспечения сохранности существующей застройки, проектирование реконструкции зданий в стесненных городских условиях должно быть произведено на основе обоснованных данных исследований свойств грунтов основания и технического обследования конструкций реконструируемых и примыкающих зданий.

Анализ деформаций зданий, которые произошли в процессе реконструкции свидетельствует о несовершенстве методических подходов к проектированию оснований и

фундаментов реконструируемых и восстанавливаемых зданий, особенно в тех случаях, если грунтовая толща сложена, как правило, структурно-неустойчивыми, слабыми водонасыщенными и другими проблемными грунтами [1].

Такие виды грунтов широко распространены на значительных территориях Российской Федерации и стран СНГ. К ним относятся лессовые просадочные, набухающие, засоленные, загипсованные, слабые и сильносжимаемые водонасыщенные грунты различного генезиса (водонасыщенные супеси, суглинки и глины; морские и пресноводные илы; биогенные грунты - заторфованные, торфы и сапропели; водонасыщенные лессовые грунты; озерно-ледниковые - ленточные глины, суглинки и супеси; рыхлые пески; водонасыщенные пылеватые намывные грунты и др.).

Проектирование реконструкции сооружений на указанных грунтовых условиях свя-

ПОЛЗУНОВСКИЙ ВЕСТНИК №4-1 2013

зано с большими трудностями проектного и производственного характера, обусловленными их специфическими свойствами и другими факторами.

В ряде случаев аварии и деформации, реконструируемых и примыкающих к ним зданий произошли из-за недостаточно обоснованных технических решений по усилению фундаментов, упрочнению оснований, а также неправильных данных при проведении инженерно-геологических исследований грунтов оснований и техническому обследованию зданий [2].

Анализ аварий реконструируемых и примыкающих к ним зданий показал, что необходимо разрабатывать новые технологии производства работ и совершенствовать методы проектирования и реконструкции фундаментов усиливаемых зданий на слабых грунтах, обеспечивающих снижение трудозатрат, экономию материальных и финансовых ресурсов.

В связи с вышеизложенным совершенствование и разработка методов производства работ по устройству оснований и фундаментов реконструируемых зданий на слабых грунтах в стесненных городских условиях является актуальной проблемой для современного строительства.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В настоящее время проектирование оснований и фундаментов производится по двум группам предельных состояний: по несущей способности (I группа) и по деформациям (II группа). В тех случаях, когда не обеспечивается выполнение этих условий, более эффективным вариантом является искусственное улучшение прочностных и деформационных характеристик грунтов.

Прочностные (c , ϕ) и деформационные (E) свойства грунтов в значительной степени зависят от пористости грунтов и от величины сцепления между частицами скелета грунта. Следовательно, увеличить прочность и уменьшить сжимаемость грунтов можно как за счет уменьшения пористости грунта, так и путем увеличения сцепления между их структурными связями. Для водонасыщенных грунтов улучшение прочностных и деформационных свойств (уплотнение) может произойти только в процессе отжатия из них определенного объема воды [1].

С учетом изложенного, в настоящее время проектирование реконструкции зданий и сооружений на структурно-неустойчивых грунтах осуществляется по двум направлениям:

1. Применение мероприятий, повышающих несущую способность и уменьшающих возможные деформации основания (методы искусственного уплотнения, закрепления, усиления грунтов и т.д.).

2. Применение конструктивных мероприятий, обеспечивающих зданию или сооружению восприятие ожидаемых по расчету деформации основания и требуемую несущую способность грунтов (замена структурно-неустойчивых грунтов уплотненными подушками из песчаного и связного грунтов, повышение устойчивости грунтов основания устройством боковой пригрузки, ограничение горизонтальных перемещений грунтов основания путем устройства жестких обойм, армирование оснований и др.).

В последние годы в Российской Федерации широкое применение находят технологии закрепления пылевато-глинистых грунтов «на месте» (in-situ), разработанные практически одновременно, как в нашей стране, так и за рубежом еще в 1950-х гг. К ним относятся:

- смесительные технологии (глубинное и поверхностное перемешивание грунтов - Deep Soil Mixing, Shallow Soil Mixing, режущее - смешивающая технология - Cutter Soil Mixing, Cut-Mix-Injection; объемная стабилизация грунта - Mass Soil Stabilization);
- струйная цементация грунтов (высоконапорная инъекция - jet grouting).

Широкое использование эти технологии получили в ряде зарубежных стран - США, Японии, Западной Европе. В настоящее время в России, как правило, используются установки зарубежных компаний, которые оснащены современными автоматизированными системами контроля технологических параметров [2].

Целью проведенной работы являлось разработка эффективных проектных решений, базирующихся на достоверных результатах исследований состояния оснований и фундаментов, что обеспечит надежность и устойчивость реконструируемых зданий на слабых грунтах, а также разработку способов защиты эксплуатационной пригодности примыкающих к ним существующих сооружений.

Для достижения поставленной цели решались следующие задачи:

- изучение специфических свойств слабых водонасыщенных глинистых и насыпных грунтов оснований реконструируемых и примыкающих к ним зданий;
- изучение особенностей устройства оснований и фундаментов реконструируемых зданий на слабых грунтах Алтайского края;

- установить основные причины деформирования и разрушений реконструируемых и примыкающих к ним зданий региона;

- изучить особенности учета физико-механических характеристик грунтов оснований зданий при проектировании реконструкции оснований и фундаментов;

- проанализировать эффективные способы укрепления оснований реконструируемых и примыкающих к ним зданий в регионе;

- выявить зависимости надежности и устойчивости фундаментов от свойств грунтов в основании реконструируемых зданий;

- разработать рекомендации по безопасному производству работ при реконструкции зданий на слабых грунтах Алтайского края.

Научная новизна работы состоит в том, что:

- представленные технологии являются современными и используются передовыми странами при реконструкции аварийных зданий и сооружений;

- рассматриваемые объекты отражают многообразие грунтовых оснований всего Алтайского края;

- выявлены наиболее оптимальные технологий усиления для каждого рассмотренного здания, а вместе с ним и грунтового основания;

- выявлены оптимальные технологий усиления оснований в грунтовых условиях Алтайского края на основе нескольких показателей, в том числе и на расчете сметной стоимости;

- предложены технологические и конструктивные мероприятия по усилению оснований реконструируемых зданий на слабых и неустойчивых грунтах региона.

Практическое значение работы заключается в следующем:

- установлены эффективные способы усиления оснований реконструируемых зданий на слабых грунтах региона;

- выбранные методы усиления грунтовых оснований могут быть применены не только в условиях Алтайского края, но и за его пределами;

- популяризация современных высокоэффективных технологий усиления оснований при реконструкции зданий и сооружений;

- разработаны предложения по эффективному усилению оснований зданий на слабых и неустойчивых грунтах региона.

Для решения поставленных задач рассматривались такие современные технологии усиления оснований фундаментов, как [3]:

- Буронабивные сваи под защитой обсадной трубы;

- Буронабивные сваи под защитой глинистого раствора;

- Буронабивные сваи уплотнения (DDS);

- Сваи с использованием непрерывных проходных шнеков (SOB-колонна) – CFA;

- Сваи по технологии двойного вращения - double rotary;

- Сваи, устраиваемые короткими проходными шнеками – Келли;

- Технология с устройством грунтоцементного массива (Jet Grouting) ;

- разрядно-импульсная технология укладки бетона (РИТ) ;

- Технология «Фундекс»;

- Сваи Atlas;

- Силикатизация.

Исходя из теоретической базы, критериев выбора (таких как: современность, эффективность, экономичность, доступность и др.) и грунтовых условий выбранных площадок обследованных аварийных и реконструируемых зданий, были проанализированы технологии и виды буронабивных и набивных свай, представленных на строительном рынке города Барнаула, с изложением достоинства и недостатков каждой из известных технологий.

Для конкретных аварийных и реконструируемых объектов региона был проведен повторный анализ современных технологий усиления оснований и на его базе отобраны наиболее эффективные методы, а именно:

- Буронабивные сваи уплотнения (DDS);

- Сваи, устраиваемые короткими проходными шнеками;

- Технология с устройством грунтоцементного массива (Jet Grouting);

- Сваи по разрядно-импульсной технологии (РИТ);

- Силикатизация.

ВЫВОДЫ

На основании проведенной работы было установлено, что технология устройства буронабивных свай уплотнения (DDS) обладает минимальной эффективностью. Не смотря на то, что буронабивные сваи по этой технологии обладают повышенной несущей способностью (трение по боковой поверхности больше на 30%, а сопротивление острия свай на 50...70%, чем у буровых свай), а так же высокой скоростью устройства, технология обладает и рядом недостатков. Одним из наиболее существенных являются габариты раскатчика: минимальный диаметр – 300 мм при минимальной длине – 3 м. В связи с этим

технология эффективна при отсутствии подвальных помещений, по наружному контуру здания и на значительную глубину погружения сваи. Несмотря на низкий показатель применимости в регионе, эта технология показывает высокую эффективность в крупных городах европейской части России при реконструкции объектов с высоким показателем ответственности (восстановление архитектурных памятников, усиление оснований высотных сооружений) и должна рассматриваться как перспективная технология в будущем.

Для остальных четырёх технологий был произведён расчёт в программном комплексе РИК НЦС на единицу объёма устройства сваи с учётом стоимости материалов.

По проделанной работе можно сделать следующие выводы:

1. Эффективными методами закрепления оснований для грунтовых условий города Барнаула и Алтайского края в целом являются:

- Сваи, устраиваемые короткими проходными шнеками;
- Технология с устройством грунтоцементного массива (Jet Grouting);
- Сваи по разрядно-импульсной технологии;
- Силикатизация.

Для глинистых непросадочных неводонасыщенных грунтов в настоящее время рациональным является способ усиления оснований сваями, устраиваемыми короткими проходными шнеками. Простая и высокопроизводительная технология способна надёжно закрепить основание путём армирования грунта. Метод найдёт широкое применение при усилении больших в плане зданий и сооружений.

Для грунтов песчаных неводонасыщенных на сегодняшний день эффективным методом является закрепление оснований сваями РИТ. Пористая структура песчаных грунтов позволяет устраивать в них сваи со значительными уширениями, до 3 первоначальных диаметров, что увеличивает несущую способность сваи по грунту в 1,2...1,5 раза, и в 1,3...2,0 раза под пятой сваи.

Для грунтов песчаных водонасыщенных на сегодняшний день рациональным является метод закрепления грунтов струйной цементацией – Jet Grouting. Технология позволяет повышать прочностные характеристики грунта в 2 и более раза, с одновременным устройством противофильтрационной завесы, что делает этот метод незаменимым для обводнённых грунтов.

Для лёссовых просадочных неводонасыщенных грунтов в настоящее время эффективным является способ силикатизации, так как при образовании силикатного камня полностью устраняются просадочные свойства лёссов и происходит значительное увеличение прочностных и деформационных характеристик. Ещё одним плюсом технологии является низкая стоимость по отношению к остальным технологиям.

2. Современные методы усиления, такие как Jet Grouting, в настоящее время являются наиболее эффективными для увеличения прочностных и деформационных характеристик грунтов и, как следствие, устранения неравномерных осадок оснований фундаментов. Но в то же время технология является дорогостоящей в связи с отсутствием отечественного оборудования, разработка которого в дальнейшем значительно уменьшит стоимость метода и обеспечит возможность применения в грунтовых условиях региона.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Анненков В.В. Разработка технологии устройства оснований и фундаментов реконструируемых зданий на слабых грунтах: диссертация / ГАСИС. - М: ГАСИС, 2008. – 204 с.
2. Мангушев Р.А., Усманов Р.А., Ланьков С.В., Конищев В.В. Методы подготовки и устройства искусственных оснований. – М.: Изд-во АСВ, 2012. – 280 с.
3. Мангушев Р.А., Ершов А.В., Осокин А.И. Современные свайные технологии. – М.: Изд-во АСВ, 2010.- 240 с.

Носков И.В. – к.т.н., профессор, Алтайский государственный технический университет, E-mail: noskov.56@mail.ru; **Ольховатенко В.Е.** - д.г.-м.н., профессор, Томский государственный архитектурно-строительный университет.