

ПРИНЦИПЫ РЕКОНСТРУКЦИИ ОБЪЕКТОВ ГОРОДСКОГО ХОЗЯЙСТВА НА ОСНОВЕ МЕТОДОЛОГИИ ОЦЕНКИ УСТОЙЧИВОСТИ ОСНОВАНИЙ

Дмитрий Прусов, Валерий Бадах.

Национальный авиационный университет (Киев, Украина)

Адрес: пр. Космонавта Комарова, 1. Київ. 03680. Украина

e-mail: prusov@nau.edu.ua

Аннотация. Рассматривается методология моделирования и определения устойчивости грунтовых оснований во взаимодействии с ограждающими и заглубленными конструкциями в предельном состоянии при реконструкции объектов городского хозяйства в сложных инженерно-геологических условиях с целью прогнозирования возможных последствий.

Ключевые слова: реконструкция объектов городского хозяйства, грунтовые основания, конструкции укрепления, напряженно-деформированное состояние.

ВВЕДЕНИЕ

Реконструкция объектов городского хозяйства связана с максимальным использованием наземного и подземного пространства в пределах районов, на территории которых необходимо строить современные здания и сооружения, объекты транспортной инфра-структуры, и другие инженерные сооружения.

В процессе реконструкции районов в условиях плотной городской застройки возникают определенные трудности, связанные с сохранением неизменности существующего напряженно-деформированного состояния (НДС) оснований под ними, особенно в зонах сложных геологических условий. Разработка методики оценки влияния сложных инженерно-геологических условий на НДС конструкций объектов городской инфра-структуры при учете предельного состояния равновесия полу-пространства выполнено на основе следующих критериев: предельного состояния грунтовых оснований, допустимых упругих прогибов конструкций, находящихся во взаимодействии с грунтовыми массивами, предельного сопротивления грунта сдвигу и допустимых растягивающих напряжений при изгибе для монолитных слоев покрытия. Это обуславливает необходимость рассмотрения комбинированного многослойного пространства при сведении решения задачи в пространственной постановке к задаче в плоской постановке. Для решения поставленной задачи на основе численного метода выполнено моделирование влияния процессов, связанных с новым строительством объектов городского хозяйства при реконструкции существующей инфра-структуры.

С целью определения предельных деформаций всего многослойного расчетного фрагмента полупространства с учетом предельного сопротивления грунта сдвигу и допустимых растягивающих напряжений в слоях учитывается развитие локальных пластических деформаций. На основе численных экспериментов, выполненных с помощью моментной схемы конечных элементов (МССЭ), могут быть подготовлены

соответствующие рекомендации относительно уточнения коэффициентов условий работы, которые дают возможность использовать существующие инженерные аналитические методы расчета [1, 2, 3].

Предельное равновесие грунта в рассматриваемом элементарном объеме (конечном элементе) адекватно такому напряженному состоянию, в котором даже небольшое дополнительное влияние может нарушить это равновесие. Такое напряженное состояние характеризуется еще и тем, что сопротивление сдвигу в элементарной области (конечном элементе) должно быть равным предельной для данного типа грунта. Указанное состояние относится ко второй фазе предельного состояния грунтов при обширном развитии деформаций сдвигов в массиве грунта. Численное решение задачи устойчивости грунтовых массивов в этом случае осуществляется на основе предложенной в [4, 5, 6] методики с некоторыми уточнениями критерия текучести для грунтового полупространства.

АНАЛИЗ ПОСЛЕДНИХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ПУБЛИКАЦИЙ

Проанализированы инженерно-геологические условия различных территорий и их влияние на проектные решения по реконструкции районов с плотной городской застройкой, когда необходимо применять различные специальные мероприятия по укреплению и защите территорий [10, 12].

На сегодня анализ указанных систем можно проводить лишь средствами численного моделирования, которые требуют использования современной компьютерной базы и соответствующего математического аппарата [11]. Сложность решения соответствующих проблемных задач заключается не только в создании или использовании соответствующего программного комплекса, а в первую очередь в принятии обоснованной физико-математической модели, которая наиболее корректно описывает нелинейные процессы деформирования материала среды, в том числе материала грунта, а также в выборе

расчетных схем и реализации специальных алгоритмов расчета, которые обеспечивают достоверность результатов расчета. Ситуация осложняется еще и тем, что на сегодня отсутствует универсальные методы и модели, которые можно применять к любому материалу и в различной среде.

Анализ нормативных документов и научных трудов отечественных и иностранных ученых, которые опубликованы в смежных отраслях строительства, показывает наличие большого количества методик и научных работ для определения величины деформаций и НДС конструкций. Но применение любой отдельно взятой методики или работы не позволяет учесть сложность строения толщи грунтов при наличии слабых прослоек, или развития в основаниях явлений суффозии или выпора грунта, их влияние на НДС ограждающих конструкций, конструкций укрепления грунтовых массивов, а также оснований, фундаментов и конструкций существующих зданий и сооружений. Для соответствующих расчетов отсутствует нормативная база, практически отсутствуют методики исследования НДС окружающей застройки с дискретным моделированием грунтового основания. Более того, некоторые существующие технологии строительства, например, устройство свай без экскавации грунта является новыми и еще не нашли отображения в нормативных документах. Существующие нормы и эмпирические зависимости при оценке влияния нового строительства на расположенные вблизи здания и сооружения приводят к необоснованному запасу, или наоборот к разрушению окружающей застройки, а обеспечение надежности зданий и сооружений, снижения финансовых и материальных затрат, является актуальной задачей современного градостроительства.

ЦЕЛЬ РАБОТЫ И ПОСТАНОВКА ЗАДАНИЯ

Создание достоверной расчетной модели грунтовой основы, которая бы обеспечивала достаточное соответствие между результатами расчета и действительностью, – все еще является одной из важнейших проблем строительства. Современные методы расчета оснований в механике грунтов позволяют оценить лишь их порядок. Использование как расчетного давления предельной величины, которая отвечает концу (излому) линейного участка графика “нагрузка-осадка” приводит, как правило, к принятию не всегда экономически целесообразных решений. За пределами классической (линейной) механики грунтов остается неучтенной большая область исследований пластических деформаций. Возникает необходимость разработки более совершенных методов расчета, которые учитывают действительную схему работы конструкций, фундаментов и оснований, учитывая реальные

нелинейные свойства грунтовых оснований. Актуальной остается задача разработки математической модели расчета сопротивления свай с целью повышения достоверности и надежности проектных решений путем учета геометрической и физической нелинейности работы оснований, явлений дилатансии у них и уточнения критериев предельного состояния грунтов.

Процесс реконструкции районов с плотной застройкой также связан с сохранением неизменности существующего НДС оснований под ними. В этих условиях важную роль играют инженерные защитные сооружения и технологии их возведения, которые бы обеспечили минимальные изменения НДС оснований. Расчеты конструкций указанных защитных сооружений, а именно – защитных экранов, диафрагм, подпорных стенок разной конфигурации, стенок в грунте – сплошных и комбинированных из буронабивных и буроналивных свай глубиной до 40 м и больше, необходимо проводить с учетом нелинейного поведения грунтов, особенно на этапе устройства глубоких котлованов.

Возможность обеспечения надежного и экономичного решения той или иной проблемы дает анализ взаимодействия систем: “существующая застройка – защитные сооружения – котлован под новое строительство”; “основания и фундаменты существующих зданий – защитные ограждающие конструкции – надземные конструкции в целом”, или разные комбинации взаимодействия грунтового полу-пространства под существующими зданиями и защитных сооружений между существующими и новыми проектируемыми зданиями.

Каждая постановка задачи должна включать собственный анализ на достоверность и особый подход, который требует от современного проектировщика не только умения правильно разработать документацию, но и иметь соответствующие значительные навыки и знание в вопросах численного моделирования и механики грунтов.

Проектирование защитных ограждающих конструкций под новое строительство в условиях реконструкции застройки следует проводить с учетом влияния на существующие здания и сооружения и прилегающий грунтовой массив различных этапов строительства:

- устройство защитных ограждающих конструкций;
- разработка котлована с учетом эффекта разгрузки основания;
- последовательности возведения инженерных конструкций.

Получение надежных результатов моделирования системы, в большинстве случаев сводится к использованию нелинейных упруго-пластических моделей, которые базируются на

теории пластического течения. При этом необходимым фактором остается учет конструктивности и неоднородности – технологической последовательности процесса строительства согласно принятой системе.

Обеспечение надежности зданий и сооружений, снижения финансовых и материальных затрат, является актуальным вопросом современного строительства. Эти требования относятся к основаниям и фундаментам как к самой ответственной части инженерных сооружений. Сметные расходы работ по реконструкции (усилению) фундаментов, или исправлению ошибок, допущенных при проектировании, многократно превышают начальную стоимость устройства фундаментов, а порой и всего сооружения. Благодаря этому уточненным расчетам осно-ваний во взаимодействии с конструкциями в современных условиях уделяется значительное внимание. Одним из рациональных видов фундаментов являются сваи, которые обеспечивают высокую несущую способность и минимальную величину осадок фундаментов. Объективными причинами внедрения свайных фундаментов, как правило, является наличие просадочных грунтов, острая необходимость строительства многоуровневых промышленных и гражданских зданий и сооружений с целью рационального использования городских территорий. Невзирая на давнее и широкое применение свайных фундаментов в жилищном, промышленном и гражданском строительстве, особенности их взаимодействия с основами изучены недостаточно и в настоящий момент существует достаточно много проблемных задач, достоверное решение которых не реализовано в полной мере.

В ряде работ разрабатывается методология исследования взаимодействия ограждающих и защитных сооружений с грунтовым полупространством в предельном состоянии с учетом геометрической и физической нелинейности в постановке задачи, при реализации эволюции сложной загрузки с учетом активной и пассивной нагрузки и эффекта разгрузки грунтового полупространства [5, 6]. Методология разработана на основе теории нелинейной механики грунтов, нелинейной теории упругости и пластичности, методов нелинейного программирования и метода конечных элементов [7, 8].

Предложены новые модифицированные модели учета неоднородности и влияния анизотропных свойств многослойного полупространства при отсутствии трения между отдельными слоями [9].

В основу работы положены идеи обобщения зависимостей механики грунтов, которая позволит более обоснованно определять величину напряженно-деформированного состояния конструкций сооружений, которые находятся во взаимодействии со сложными грунтовыми

основаниями.

Основными заданиями работы являются:

- разработка математической модели методики исследования неоднородного грунтового полупространства;
- развитие математической модели устойчивости грунтового полупространства;
- разработка основных уравнений состояния и равновесия сложных систем с учетом геометрической и физической нелинейности в постановке задачи;
- разработка специального алгоритма решения систем нелинейных уравнений;
- проведение численных исследований с целью подтверждения достоверности полученных результатов;
- выявление закономерностей развития деформаций оснований, фундаментов и конструкций зданий и сооружений с учетом неоднородного грунтового основания.

Исследование взаимодействия грунтовых оснований с объектами существующей застройки в процессе реконструкции районов связано с определением НДС и устойчивости грунтового массива, определением деформативности и прочности конструкций укрепления.

Рассматривается методика расчета упругого полупространства с использованием одного из эффективных сеточных методов – метода конечных элементов в соотношениях моментной схемы конечных элементов, в постановке плоской задачи нелинейно деформированного твердого тела с учетом геометрической и физической нелинейности. В постановке задачи при моделировании полупространства предусматривается существенная неоднородность прослоек грунтов и включений в них. Оценка напряженного состояния полупространства предусматривает сопоставление результатов расчета с предельно допустимыми деформациями и перемещениями, то есть возможны локальные области потери устойчивости и развития пластических деформаций.

Методология исследования грунтового полупространства с использованием нелинейной теории упругости обеспечивает достоверные результаты решения для плоской задачи механики грунтов с учетом неоднородности полупространства, наличия слоев с различными физико-механическими характеристиками, разными граничными условиями, произвольными внешними влияниями. Применение отмеченной методологии обеспечивает достаточно достоверное описание напряженно-деформированного состояния грунтового полупространства во взаимодействии с конструкциями объектов городского хозяйства и проведения исследований НДС грунтового полупространства при решении реальных задач расчета ограждающих сооружений в сложных инженерно-геологических условиях.

Полученные в работе зависимости влияния неоднородного грунтового основания на НДС объектов городского хозяйства при проведении их реконструкции имеют пол-ностью определенную практическую значимость, а оценка влияния неоднородных включений пород с различными физико-механическими характеристиками в грунтовом основании, и установление зависимостей по определению деформированного состояния существующей застройки и других объектов городского хозяйства на данных основаниях является актуальной и важной задачей строительной отрасли.

ВЫВОДЫ

Разработанная методология моделирования устойчивости оснований и оценки влияния сложных условий на НДС существующей застройки при реконструкции объектов городского хозяйства обеспечила уточненный расчет элементов ограждающих конструкций укреплений в условиях реализации эволюционных технологий внешнего воздействия на грунтовое пространство, а также в условиях развития предельных пластических деформаций. Методика численного исследования устойчивости грунтовых оснований во взаимодействии с объектами окружающей застройки при учете предельного состояния равновесия полупространства и влияния поля анизотропии, уточненная на основе развития математической модели устойчивости, создание алгоритмов решения систем нелинейных уравнений с использованием комбинации методов продолжения по параметру возмущения и по развитию пластических деформаций.

В результате численных исследований получены решения задач оптимального проектирования реконструкции объектов городского хозяйства, в условиях плотной городской застройки, с учетом сложных инженерно-геологических условий, физико-механических и гидрологических особенностей построения грунтовых напластований, с использованием различных дискретных моделей и типов грунтов.

Это свидетельствует об универсальности предложенной методологии исследования, и на основании проведенного анализа численных исследований НДС и оценки устойчивости оснований по обобщенным параметрам проектирования построены принципы проведения реконструкции объектов городского хозяйства с целью прогнозирования возможных последствий, защиты территорий и сохранения существующей застройки

ЛИТЕРАТУРА

1. Цытович Н., Тер-Мартirosян З., 1981. Основы прикладной геомеханики в строительстве / Н.А. Цытович, З.Г. Тер-Мартirosян. – М.: Высш. шк. – 317.
3. Шимановский А., Цыхановский В., 2005. Теория и расчет сильно нелинейных конструкций/ А.В.

Шимановский, В.К. Цыхановский. – К.: Сталь. – 432.

4. Цыхановський В., 2004. Метод скінченних елементів у задачах дослідження неоднорідного півпростору з урахуванням геометричної і фізичної нелінійності/ В.К. Цыхановський, Д.Е. Прусов // Сб., «Опір матеріалів і теорія споруд». – К.: КНУБА. – Вип.75, 87 – 98.
5. Цыхановський В., 2007. Уточнений чисельний розрахунок жорстких аеродромних покриттів на слабких ґрунтових основах з урахуванням неоднорідності матеріалу і особливостей стикових елементів плит/ В.К. Цыхановський, Д.Е. Прусов // Опір матеріалів та теорія споруд: Наук.-техн. зб. – К.: КНУБА. – Вип.78, 87 – 98.
6. Цыхановський В., 2009. Метод скінченних елементів в задачах рівноваги півпростору при взаємодії ґрунтового масиву з огорожуючими конструкціями/ В.К. Цыхановський, Д.Е. Прусов// Промислове будівництво та інженерні споруди. Київ, УкрНДІПСК. – № 4, 38 - 44.
7. Прусов Д., 2009. Аналіз рівнянь рівноваги дискретної розрахункової моделі ґрунтового півпростору / Д.Е. Прусов// Вісник НАУ. – №3, 125 - 130.
8. Prusov D., 2011. The Depending of Embedded Structures State of Airports Objects in Terms of the Boundary Equilibrium State of Soil Semispace/ D.Prusov, A.Beljatynskij// Science – Future of Lithuania. Civil and Transport Engineering. – Vol.3, №2, 118 - 125.
9. Prusov D., 2011. Effect of Deep Excavations with Filler Constructions on the Groundwater Filtration Processes/ D.E. Prusov, V.N. Badakh // MOTROL. – Vol. 13C, 43 - 50.
10. Морозова Е., 2009. Обеспечение сейсмостойкости системы «здание-надстройка» // MOTROL. – Vol. 11A, 257 – 264.
11. Чеботарева Е., 2010. Исследование напряженно-деформированного состояния от-дельно стоящих двухслойных железобетонных фундаментов методами компьютерного моделирования// MOTROL. – Vol. 12D, 154 - 159.
12. Морозова Е., 2012. Сейсмостойкость реконструируемых зданий средней этажности // MOTROL. – Vol. 14, №1, 48 - 54.

PRINCIPLES FOR MUNICIPAL FACILITIES RECONSTRUCTION BASED STABILITY ASSESSMENT METHODOLOGY

Summary. Modeling methodology and determination of soil bases stability has been considered in conjunction with the fencing and buried structures in the transcendental state during the municipal facilities reconstruction in complex engineering-geological conditions to predict the possible consequences.

Key words: municipal facilities reconstruction, soil foundations, strengthening structures, the stress-strain state.