

## **МЕТОДЫ ПОВЫШЕНИЯ УСТОЙЧИВОСТИ ГРУНТОВЫХ СЛАБЫХ ВОДОНАСЫЩЕННЫХ ОСНОВАНИЙ**

*Рубан О.А., Балашова Ю.Б., доценты, Кулиш Л.С., студ., (ДИИТ),  
Днепропетровский государственный технический университет  
железнодорожного транспорта, г.Днепропетровск*

При строительстве на толщах слабых грунтов дорожных насыпей они обычно отсыпаются непосредственно на слабый грунт основания. Для подобных сооружений не опасны в период строительства любые осадки, в том числе и такие, которые вызваны выпиранием грунта основания, но после окончания строительства и в период эксплуатации основание должно быть устойчивым и не угрожать надежности сооружения.

Как показывает опыт выполнение требований, предъявляемых к слабым основаниям, сопряжено с существующими трудностями и ведет к значительному удорожанию строительства. Поэтому, во всем мире не прекращаются поиски технически рациональных и экономически эффективных методов строительства сооружений на слабых грунтах.

Основные сложности, возникающие при строительстве сооружений на слабых водонасыщенных глинистых грунтах, обусловлены медленным отжатием поровой воды до дренажной поверхности. Время консолидации зависит от пути фильтрации, который проходит отжимаемая вода до дренажной поверхности. Чтобы уменьшить время уплотнения и ускорить процессы консолидации слабых водонасыщенных грунтов, в основании на определенном расстоянии друг от друга устраивают вертикальные дрены из песка или картона. При обжатии грунтов вода отжимается из пор в дренаж и поднимается по ней вверх, так как коэффициент фильтрации материала дренажа во много раз больше коэффициента фильтрации окружающего грунта. Над песчаными дренами устраивают горизонтальную песчаную дренажную подушку для отвода воды из вертикальных дренажей.

Одним из прогрессивных методов усиления слабых водонасыщенных оснований широко применяемом в развитых странах является метод армирования основания. Рассматриваются различные схемы армирования грунтов с применением разнообразных геотекстильных материалов. Достоинством таких методов является увеличение скорости отжатия поровой воды за счет уменьшения пути фильтрации и создания дополнительных дренажных каналов.

Армированные грунтовые основания совместно с применяемой песчаной засыпкой дают значительные результаты по увеличению несущей способности и деформативности композитных оснований. На наш взгляд данное направление является перспективным в плане учета прочностных и деформативных длительных параметров и требуют дальнейшего изучения на практике процессов консолидации слоистых грунтовых массивов.

## **РАСЧЕТ УСТОЙЧИВОСТИ СЛОИСТЫХ ГРУНТОВЫХ ОТКОСОВ В СЛОЖНЫХ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ**

*Рубан О.А., Балашова Ю.Б., доценты, Крюк А.Г., Миронюк О.С. студ., (ДИИТ) Днепропетровский государственный технический университет железнодорожного транспорта, г.Днепропетровск*

Выбор расчетных схем оползневых армированных подработанных откосов базируется на ранее проведенных исследованиях устойчивости таких конструкций крупномасштабными модельными испытаниями, аналитическими и численными методами. Установлено, что в зависимости от типа армирования и вида конструкции можно рассматривать устойчивость и напряженно-деформированное состояние с помощью известных аналитических строгих и приближенных методов, и в зависимости от концентрации арматуры в грунтовом массиве принимать модель условно-гомогенной среды с эффективными параметрами сдвига и модель грунтового массива с эквивалентными параметрами прочности. В этом случае необходимо знать характеристики армирующих материалов, грунтов, а также параметры их контактного взаимодействия. При этом, условия размещения геоматериалов должны обеспечивать равнопрочность конструкции, то есть одновременное разрушение прослоек и грунтовой матрицы. Возможно рассмотрение модели с высокой прочностью армирующих материалов и возможностью разрушения только грунтовой матрицы. Предельное состояние армированных конструкций может рассматривать его наступление в результате разрыва армирующей прослойки с дальнейшим развитием сдвиговых зон в грунте. Рассматривая возможные схемы развития поверхностей скольжения, которые происходят в армированном грунтовом массиве, необходимо отметить, что указанные процессы происходят в грунтовом массиве, необходимо отметить, что указанные процессы происходят в грунтовом массиве с большими по величине прочностными параметрами. Следует отметить, что приведенные расчетные методы по определению коэффициента устойчивости грунтовых массивов имеют интервалы применимости. Независимо от концентрации арматуры в грунтовом массиве рекомендуется применять метод эквивалентных параметров прочности. При значительной концентрации арматуры в грунтовом массиве возможно применение расчетных схем с эффективными параметрами.

Таким образом предлагается рассматривать три основные методики расчета устойчивости армированных подработанных откосов: метод эквивалентных параметров прочности армогрунтового сооружения; метод условно-гомогенной среды для значительной концентрации арматуры; метод линейно-деформированной среды с применением вариационного исчисления.

## **ЛАБОРАТОРНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ВЛИЯНИЯ АРМИРОВАНИЯ НА ПРОЧНОСТНЫЕ И ДЕФОРМАТИВНЫЕ СВОЙСТВА КОМПОЗИТА ГЛИНИСТЫХ ГРУНТОВ**

*Рубан О.А., Балашова Ю.Б., доценты, Кириченко С.В., студ., (ДИИТ),  
Днепропетровский государственный технический университет  
железнодорожного транспорта, г.Днепропетровск*

Армирование грунтов представляет собой одно из перспективных направлений в области создания оптимальных конструкций искусственных оснований и методов усиления слабых, структурно-неустойчивых и сильносжимаемых грунтов. Благодаря включению в грунт армирующих элементов можно целенаправленно изменять их прочностные и деформативные параметры, повышать устойчивость при статических и динамических воздействиях, а также снижать неравномерность осадок сооружений, изменяя жесткость основания.

Выбор рационального типа армирования с технологической, экономической и расчетной точек зрения зависит от назначения и условий эксплуатации армогрунтовой конструкции, физико-механических свойств и особенностей взаимодействия грунта засыпки и арматуры. Теоретический учет этих факторов существенно отстал от практики применения армогрунтов. В свою очередь практика применения армогрунтов из-за недостаточной информации о работе армогрунтовых сооружений, регламентирована теми случаями, которые показали достаточную надежность в эксплуатации. К таким конструкциям необходимо отнести гравийно-щебенистые и песчаные подушки, которые армированы высокопрочными геотекстилями и геопластиками, а также металлическими одномерными элементами и сетками.

Исследованию взаимодействия геотекстилей и геопластиков с песчаными и глинистыми засыпками посвящено достаточно много экспериментально-теоретических работ, в которых в основном изучался характер деформирования конструктивных структур и формы их разрушения при статических нагрузках. При этом не учитывались особенности контактного взаимодействия при сдвиге в момент совместного деформирования геоматериала и грунта, а также при выдергивании армирующих элементов из грунтовых засыпок, хотя характер работы армирующих элементов в обоих случаях совершенно различен. Для периодически слоистых систем, которые работают в гравитационном поле напряжений при убывающих с глубиной внешних воздействий, очень важным является вопрос относительных смещений каждого слоя для синтезированного учета последних на эксплуатационные факторы.

Лабораторные исследования прочностных и деформативных параметров слоистых грунтовых образцов показали повышение удельного

сцепления, угла внутреннего трения и модуля деформации композита по сравнению с параметрами матрицы.

УДК 624.131.51

## **МОДЕЛИРОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ПОДРАБОТКИ НА УСТОЙЧИВОСТЬ ГРУНТОВЫХ СООРУЖЕНИЙ**

*Рубан О.А., Балашова Ю.Б., доценты, Крюк А.Г., Мерецкая Л.М., студ., (ДИИТ), Днепропетровский государственный технический университет железнодорожного транспорта, г.Днепропетровск*

Экспериментальное исследование механизма работы армирующей прослойки в дорожной конструкции возможно с использованием методов фотоупругости и тензосетки.

Однако данные методы не позволяют добиться полного подобия объекта, воспроизвести полностью изучаемые явления, в результате чего можно получить лишь качественное представление о процессе в целом при наличии количественных характеристик влияния некоторых факторов при отдельных состояниях системы. Так, при использовании метода фотоупругости на моделях из оптически активных материалов невозможно воспроизвести процессы образования поверхностей скольжения в основании, постепенного включения прослойки в работу по предотвращению дальнейшего разрушения.

При физическом моделировании изучаемая система (армированное основание) воспроизводится с помощью системы-модели сооружения, имеющей меньшие геометрические размеры. При этом на модели натурные процессы воссоздаются таким образом, чтобы получить необходимую информацию наиболее просто, быстро, дешево, надежно, а в некоторых случаях и более полно, чем при наблюдениях на натурном объекте. Однако, при обычном физическом моделировании армогрунтовых сооружений нелинейные связи между напряжениями и деформациями в грунтовом теле искажают всю картину состояния модели; прочность маленькой модели увеличивается по сравнению с натурным объектом. Чтобы достичь полного подобия модели и натурной конструкции, обеспечить равенство напряжений и пропорциональность деформаций, а также получить качественную картину деформирования сооружения в целом необходимо увеличить вес единицы материала модели.

Такую возможность представляет лишь один метод – метод центробежного моделирования.

Проведенные экспериментальные исследования устойчивости подработанных грунтовых массивов позволяют сделать следующее заключение. Однослойное армирование может применяться как разделяющая прослойка между насыпью и основанием и как средство повышения

жесткости (уменьшения осадки) основания за счет упругого отпора (мембранного эффекта). Повышение несущей способности основания возможно только при наличии на его поверхности распределительной балки в виде трехслойной армогрунтовой конструкции, геооболочки или георешетки.

УДК 624.15.31

## **НОВЫЕ СПОСОБЫ ГИДРОИЗОЛЯЦИИ ОБДЕЛОК**

*Гузченко В.Т., Кантор С.А., доценты, Днепропетровский государственный технический университет железнодорожного транспорта (ДИИТ), г.Днепропетровск*

Известно, что нормальные условия эксплуатации и долговечности тоннелей обеспечиваются при надежной гидроизоляции их от проникания подземных вод.

Одним из эффективных способов гидроизоляции тоннелей с монолитной обделкой является применение новых гидроизоляционных материалов. Так при проходке тоннелей Ново-австрийским способом на аркобетонную временную крепь наносится рулонная гидроизоляция. При этом гидроизоляция работает как зонтик. Вода с пленки стекает в дренажные трубки и далее в лоток. Гидроизоляция обеспечивает 100% надежность водонепроницаемости и долговечна. При этом не возникает дополнительное гидростатическое давление на обделку, отсутствует опасность выщелачивания конструктивного бетона и коррозии армокаркаса в железобетонной конструкции обделки.

Рулонный материал «Агруфлекс» представляет собой модифицированный полиэтилен состоящий из двух слоев – основного и сигнального, которые монолитно соединяются между собой. Гидроизоляционный материал обладает высокими физико-механическими и гидроизоляционными свойствами, выпускается фирмой «ROMEX».

Гидроизоляция устраивается следующим образом. Вначале подготавливается ровная поверхность первичной обделки и на подготовленную поверхность закрепляется материал, впитывающий влагу (геотекстиль). Затем к геотекстилю на специальных приспособлениях приваривается горячим воздухом лента гидроизоляции и затем свариваются швы между кольцами. Качество швов проверяется путем нагнетания воздуха. Качество гидроизоляции гарантирует высокую надежность.

Представляемая гидроизоляция обеспечивает высокую надежность защиты тоннелей от водопритокров и значительно превосходит существующие гидроизоляционные материалы по прочности и экологической чистоте.

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ РАСШИРЯЮЩИХСЯ И БЕЗУСАДОЧНЫХ ЦЕМЕНТОВ

*Алехин А.Н., студ., Днепропетровский государственный технический университет железнодорожного транспорта (ДИИТ), г.Днепропетровск*

Общеизвестно, что в целях обеспечения коррозионной долговечности строительных элементов и конструкций необходимо препятствовать образованию усадочных трещин в процессе структурообразования бетона, поскольку именно усадочные явления становятся основной первопричиной проникновения агрессивных жидкостей в бетон и всех последующих нарушений его структуры и снижения прочности.

В связи с этим, рядом исследователей европейских стран были разработаны и предложены расширяющиеся и безусадочные цементы. Промышленность выпускает такие смеси на основе глиноземистого цемента с добавками гипса. Практический опыт их применения для гидроизоляции показал, что наличие в этих цементах значительных линейных деформаций расширения, (более 0,5%) и длительное их развитие приводит, как правило, к растрескиванию гидроизоляционного слоя и его последующему отслоению от изолируемой поверхности. Поэтому представляется целесообразным использование на практике расширяющихся цементов с весьма умеренной величиной итогового линейного расширения — не более 0,15%.

Учеными были разработаны цементы с оптимальным РК, проявляющие безусадочные свойства, и смеси со свойствами регулируемого, и неопасного расширения с РК — 8-10%. Определены также оптимальные включения гипса и модифицирующих добавок. Такие цементы имеют свойство проявлять основное свое расширение в первые двадцать часов от конца схватывания.

Важнейшей особенностью цемента является формирование в ранний срок кристаллов этрингита с последующим заполнением этрингитового каркаса гидросиликатными новообразованиями, которые растут достаточно медленно, поэтому возникающие в цементном камне напряжения релаксируются при одновременном устранении усадки.

Большой научный и практический интерес представляет цемент на сульфоферритной основе. У этого материала процесс набора прочности опережает процессы расширения, что обеспечивает постоянное уплотнение структуры цементного камня.

В настоящее время налажен выпуск безусадочных и малорасширяющихся цементов. Исследования показали, что наилучшим методом применения безусадочных и малорасширяющихся смесей является торкретирование. Однако отсутствие усадочных деформаций не избавляет их от пористости, которая является фактором, с которым необходимо считаться в практике гидроизоляционных работ. Поэтому необходимо использовать безусадочные смеси в комплексе со специальными материалами и приемами,

которые решают проблему гидроизоляции на принципе трехфазной системы: «основание - контактная зона - герметизация». Для этого ведутся экспериментальные работы в разных условиях с целью получения оптимальных параметров.

УДК 624.192/196:517.962

## РАСЧЕТ БОКОВОГО СТАНЦИОННОГО ТОННЕЛЯ МЕТОДОМ КОНЕЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

*Тютюкин А.Л., студ., Днепропетровский государственный технический университет железнодорожного транспорта (ДИИТ), г.Днепропетровск*

Важное значение в расчетах подземных сооружений имеет учет упругих свойств породы (упругий отпор). В обделках подковообразного и кругового очертаний, учет упругого отпора не представляет затруднений. Эти виды обделок рассчитываются методом Метрогипротранса, в котором возможно определение реакций породы, а также точек зон отлипания и упругого отпора.

В конструкциях боковых тоннелей трехсводчатых станций пилонного (колонного) типа такой учет затруднен ввиду того, что обделка несимметрична и нулевая точка эпюры смещается, изменяется эпюра упругого отпора и его интенсивность. Интенсивность бокового отпора (по О.Е.Бугаевой) описывается тригонометрическими функциями:

$$k\delta = -k\delta_A \cdot \cos 2\psi, \text{ при } \frac{\pi}{4} \leq \psi \leq \frac{\pi}{2},$$

$$k\delta = k\delta_A \cdot \sin^2 \psi + k\delta_B \cos^2 \psi, \text{ при } \frac{\pi}{2} \leq \psi \leq \pi$$

где  $k$  – коэффициент упругого отпора породы;  
 $\delta$  – радиальное перемещение обделки в сечении, наклоненном под углом  $\psi$  к вертикали от вертикальной нагрузки;  
 $\delta_A, \delta_B$  – неизвестные перемещения сечений на горизонтальной и вертикальной оси обделки соответственно.

Расчет выполняется методом конечных элементов, который позволяет найти перемещения любых точек конструкции, а также точно определить границы эпюры отпора (нулевые точки,  $\delta = 0$ ). А исходя из теории местных деформаций, зная перемещения заданных точек можно построить эпюру интенсивности упругого отпора  $k\delta$  и определить силовые факторы в несимметричной конструкции с учетом упругих свойств породы.

Расчет производился на ряде допущений: 1) криволинейную ось обделки представляют в виде многоугольника и значения жесткости в

пределах каждой стороны многоугольника представляют осредненной; 2) внешние распределенные нагрузки заменяют сосредоточенными силами, приложенными в вершинах многоугольника; 3) действие упругого отпора заменяют дискретной системой в виде отдельных стержней.

Конические уравнения системы метода сил в случае матричного решения имеют вид:

$$A\overline{X} + \overline{\Delta}_p = 0$$

где  $A$  – увеличенная в  $E$  раз матрица единичных перемещений основной системы;

$\overline{X}$  - вектор-столбец неизвестных;

$\overline{\Delta}_p$  - вектор-столбец грузовых перемещений.

Расчет велся на ПЭВМ. Были определены силовые факторы методом конечных элементов с учетом упругого отпора.