

ОБСЛЕДОВАНИЕ УЧАСТКА АВТОМОБИЛЬНОЙ ДОРОГИ «НОВОТЫРЫШКИНО – БЕЛОКУРИХА» ПЕРЕД ПРОВЕДЕНИЕМ ИНЪЕКЦИОННЫХ РАБОТ

Б. М. Черепанов, С. А. Ананьев, М. А. Ковалева

Алтайский государственный технический университет
им. И. И. Ползунова, г. Барнаул

В статье изложены результаты обследования автомобильной дороги «Новотырышкино – Белокуриха». Рассмотрены проведенные исследования по инъектированию грунтов в лабораторных условиях на экспериментальной установке с целью отработки методики. Приведены полученные результаты по формированию закрепленной зоны в зависимости от нагнетаемого давления и водоцементного соотношения инъекционного раствора.

Ключевые слова: автомобильные дороги, исследование грунтов, инъектирование грунтов, водоцементное соотношение.

Описание выбранного участка автомобильной дороги

Выбор участка автомобильной дороги для проведения исследований производился на основании визуального осмотра и по рекомендациям КГУ «Алтайавтодор». Административно участок автодороги относится к Смоленскому району Алтайского края. Начало трассы ПК 0+00 принято на существующей автодороге и соответствует км 7+280 автодороги «Быканов Мост – Солоновка – Солонешное – граница Республики Алтай». Конец участка принят на ПК 95+00.

В геоморфологическом отношении проектируемая трасса пересекает два геоморфологических элемента. Это плоская поверхность надпойменной террасы р. Песчаной протяженностью 2,5 км, далее происходит подъем (60 м) на увалистую поверхность Предалтайской равнины, рассеченную глубоко врезанными (20-30 м) логами, и почти до конца трассы дорога придерживается линии водораздела. Рельеф района работ – предгорный. Дорожно-климатическая зона – IV, тип местности по характеру и степени увлажнения – 1, в пониженных местах 2 тип местности. В геологическом строении надпойменной террасы принимают участие аллювиальные верхнечетвертичные отложения, представленные суглинками, реже песками, перекрытые с поверхности покровными субаэральными отложениями. Геологические и инженерно-геологические процессы, отрицательно влияющие на строительство автодороги, отсутствуют. Сейсмическая интенсивность степени А-8, В – 8 баллов. Норматив-

ная глубина сезонного промерзания согласно расчетам: суглинков – 1,80 м, песков – 2,35 м.

Конструкция дорожной одежды: верхний слой покрытия из горячей плотной мелкозернистой асфальтобетонной смеси тип Б марки III по ГОСТ 9128-2009 толщиной 0,04 м; нижний слой покрытия из горячей пористой мелкозернистой асфальтобетонной смеси марки II по ГОСТ 9128-2009 толщиной 0,06 м. Верхний слой основания – из щебеночной смеси № С10 по ГОСТ 25607-2009 толщиной 0,20 м. Нижний слой основания из гравийно-песчаной смеси № С10 по ГОСТ 25607-2009 толщиной 0,25 м. Верх земляного полотна из гравийно-песчаной смеси (природная) толщиной 0,25 м. Общая толщина конструкции дорожной одежды составляет 0,80 м.

В августе 2015 года был осуществлен выезд на автомобильную дорогу «Новотырышкино-Белокуриха» с целью выявления участков с явными деформациями дорожного полотна и нарушением ровности дорожного покрытия (рисунок 1).

Для исследований были выбраны два участка с наиболее явными просадками земляного полотна (ПК3+00; ПК7+70). Отбор проб грунта нарушенной и ненарушенной структуры производился вручную на обочине земляного полотна. Точечно разрабатывались шурфы размером 1,5×0,8 м глубиной 1,5 м (рисунки 2, 3). Глубина шурфа определялась толщиной слоев существующей дорожной одежды, которая совпала с проектной.

Лабораторные испытания грунта

Помимо шурфов для лабораторных испытаний по инъектированию грунта был отобран грунт нарушенной структуры с откосов на участке ПК3+30.

Образцы грунта были исследованы в лаборатории кафедры «Основания, фундаменты, инженерная геология и геодезия» АлтГТУ им. И.И. Ползунова. Определялись следующие характеристики:

- естественная влажность;
- естественная плотность;
- коэффициент пористости;
- коэффициент водонасыщения;
- число пластичности;
- показатель текучести;
- модуль общей деформации;
- удельное сцепление;
- угол внутреннего трения;
- коэффициент максимального уплотнения;
- степень пучинистости;
- степень инъецирования грунта при естественной влажности.

Физические характеристики определялись согласно методике ГОСТ 5180-2015 «Грунты. Методы лабораторного определения физических свойств», прочностные, деформационные характеристики, а также относительную просадочность по ГОСТ 12248-2010 «Грунты. Методы лабораторного определения характеристик прочности и деформируемости».

При определении угла внутреннего трения φ и удельного сцепления грунта с использовалась методика консолидированного сдвига грунтовых образцов при сохранении естественной влажности грунтов. Для определения зависимости плотности скелета грунта от его влажности был использован автоматический прибор стандартного уплотнения, методика проведения испытаний осуществлялась по ГОСТ 22733-2002 «Грунты. Метод лабораторного определения максимальной плотности» (рисунок 4).

Работы по закреплению земляного полотна автомобильных дорог связаны с множеством технологических особенностей условий инъецирования. Это могут быть не только местные условия (геологические, гидрогеологические, климатические), но и условия связанные с технологическими особенностями производства работ (степень разрушения откосов земляного полотна, применение тех или иных материалов для инъецирования, наличие строительной техники и кадров). Кроме того, способ инъецирования для закреплению грунтов откосов автомобильных дорог дорогостоящая технология и подразумевает под собой внушительный объем работ, сосредоточенный на довольно большом протяженном участке.



Рисунок 1 – Неровности покрытия на участке ПК7+70 автомобильной дороги «Новотырышкино-Белокуриха»



Рисунок 2 – Разработка шурфа на участке ПК3+00



Рисунок 3 – Отбор проб грунта методом режущего кольца



Рисунок 4 – Прибор стандартного уплотнения



Рисунок 5 – Лабораторная установка для инъектирования грунтов в лабораторных условиях

Участки производства работ по длине могут варьироваться от нескольких десятков метров до нескольких километров. Все эти особенности определяют детальную проработку технологии закрепления. Только внесение корректировок в общую технологию закрепления позволит достичь максимального качества производства работ и снизить их стоимость за счет оптимизации.

В нормативной документации по инъектированию грунтов довольно подробно приведена технология производства работ и составы закрепляющих материалов, но практически отсутствует описание технологии первоначальных испытаний грунтов. Так согласно СТО НОСТРОЙ 2.3.18-2011, после бурения и промывки инъекционной скважины должно быть проведено гидравлическое опробование и определено удельное водопоглощение грунтов, подлежащих закреплению, затем на основании полученных гидродинамических характеристик назначают вид и концентрацию инъекционного раствора. Но методика анализа исходных характеристик остается сложной. Зачастую исходные данные по инъектированию откосов земляного полотна определяются непосредственно на месте, производя пробное закрепление.

Разработка методики лабораторных испытаний грунтов при инъектировании откосов земляного полотна автомобильных дорог, позволит значительно улучшить технологию производства работ и снизить стоимость закрепления.

Инъектирование грунта в лабораторных условиях

Основной схемой испытаний грунтов при инъектировании откосов земляного полотна автомобильных дорог принимается схема нагнетания укрепляющего раствора в лабораторных условиях (цемент, зола, композитные материалы) в образец грунта под давлением.

Для отобранных образцов грунта необходимо определить оптимальные параметры раствора (водоцементное соотношение, объем внедряемого раствора, давление и время нагнетания). Оптимальные технологические условия определяются путем выбора из ряда испытаний. Лабораторные работы проводятся растворами с различным водоцементным соотношением (интервал В/Ц от 1/3 до 1/7) и при различном давлении нагнетания (от 2 атм до 6 атм.).

Испытания сводились к исследованиям образца грунта объемом $0,064 \text{ м}^3$ ($0,4 \times 0,4 \times 0,4 \text{ м}$). Инъекционный раствор внедрялся в грунт через инъекторы, попадая в шланг из растворной емкости, в которую нагнетается воздух при помощи компрессора. Избыточное давление, создаваемое компрессором, осуществляет подачу инъекционного раствора в шланг. Регулирование расхода раствора осуществляется с помощью шарового крана, установленного на выходном отверстии растворной емкости (рисунок 5).

Компрессор включают и доводят давление в ресивере до 6 атм., по достижению данного давления компрессор отключается. Приготавливается необходимая растворная смесь (В/Ц от 1/3 до 1/7). Инъектор внедряется в толщу образца грунта и соединяется шлангом с растворной емкостью. В растворную емкость заливается инъекционный раствор, после чего крышка емкости закручивается и проверяется герметичность емкости. Включается вентиль подачи давления на компрессоре. Вентиль подачи раствора должен быть закрыт. После установки в системе необходимого давления, вентиль подачи раствора постепенно открывается. Устанавливается время начала подачи раствора. Остановка подачи раствора осуществлялась при:
1. полном опустошении растворной емкости;
2. выдавливании раствора из-под защитного кондуктора;
3. появление раствора по краям стенок образца.

Основные результаты лабораторных испытаний

При испытаниях время нагнетания раствора составило 10 мин. Давление подачи раствора от 2 до 6 атм. Водоцементное соотношение от 1:3 до 1:7. Подачу раствора прекратили после того, как раствор появился из-под защитного кондуктора. Испытуемый образец подвергся выдержке в течение 3-х дней. После чего стенки ящика были демонтированы и грунт послойно снимался. Ре-

зультаты испытаний приведены на рисунках 7 и 8.

В результате испытаний при соотношении нагнетаемого раствора 1:3 (вода – цемент) область инъектирования грунта оказалась небольшой, порядка 1-1,5 см от стенок инъектора. Это вызвано большой густотой внедряемого раствора и большим давлением подачи (рисунок 6).



Рисунок 6 – Полученная область инъектирования (В/Ц – 1:3; давление 6 атм.)



Рисунок 7 – Полученная область инъектирования (В/Ц-1:5; давление 2 атм.)



Рисунок 8 - Полученная область инъектирования (В/Ц-1:7; давление 4 атм.)

Область инъектирования грунта при соотношении нагнетаемого раствора 1:5 оказалась конусовидной формы. На конце конуса толщина стенок составила 1-1,5 см. К основанию толщина инъектирования увеличилась до размеров защитного кондуктора. Это вызвано большой густотой внедряемого раствора и малым давлением подачи (рисунок 7).

Область закрепления при соотношении нагнетаемого раствора 1:7 оказалась сплошной заинъектированной толщей грунта. Степень однородности визуально можно считать удовлетворительной (рисунок 8).

Можно сделать общий вывод по технологии приготовления инъекционного раствора. Раствор должен быть достаточно жидким и подаваться под давлением в 4 атм. (0,4 МПа). Подача раствора должна быть плавной. При соблюдении данных условий инъектируемая область будет удовлетворять требованиям общей технологии закрепления откосов земляного полотна.

Для определения оптимальной технологии производства работ необходимо учитывать множество факторов (свойства закрепляемого грунта, влажность грунта, состав раствора, давление и время нагнетания). Оптимальными будут считаться те условия, которые удовлетворяют общей технологии инъектирования земляного полотна, необходимой степени прочности откосов земляного полотна и имеют минимальные экономические затраты.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. СТО НОСТРОЙ 2.3.18-2011 «Укрепление грунтов инъекционными методами в строительстве», М. – 35 с.
2. СТО НОСТРОЙ 109-2013 «Устройство грунтовых анкеров, нагелей и микросвай. Правила и контроль выполнения, требования к результатам работ», М. – 45 с.
3. Инъекционное укрепление грунтов при строительстве подземных сооружений. – Режим доступа: <http://гидроизоляция-жидкийрубероид.рф/inject>.
4. Закрепление грунтов методом инъекции растворов. – Режим доступа: http://www.msogeostroy.ru/page/zakreplenie_gruntov_metodom_inekcii_rastvorov.

Черепанов Б.М. – к.т.н., доцент кафедры «Основания, фундаменты, инженерная геология и геодезия» ФГБОУ ВО АлтГТУ им. И.И. Ползунова, E-mail: bmcher@mail.ru.

Ананьев С.А. – заведующий лабораторией кафедры «Технология и механизация строительства» ФГБОУ ВО АлтГТУ им. И.И. Ползунова.

Ковалёва М.А. – заведующая лабораторией кафедры «Основания, фундаменты, инженерная геология и геодезия» ФГБОУ ВО АлтГТУ им. И.И. Ползунова.