

ДИАГНОСТИКА И КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА УПРОЧНЕНИЯ ГРУНТОВОГО МАССИВА МЕТОДОМ НАПОРНОЙ ИНЪЕКЦИИ

Проведение работ по усилению грунтов земляного полотна требует надежных методов диагностики и контролирования изменения физико-механических характеристик грунта.

Контроль качества производства работ методом напорной инъекции обеспечивается выполнением следующих мероприятий:

- 1) проверкой качества исходных материалов;
- 2) операционной проверкой качества приготовленного рабочего раствора;
- 3) опытной проверкой заложенных в проект расчетных параметров упрочнения и заданных им технических условий, а также однородности закрепления грунтов.

Входной контроль качества исходных материалов осуществляется для каждой поступающей партии по сопроводительной документации.

Контроль свойств приготовленного раствора проводится не реже двух раз в рабочую смену. Подвижность растворной смеси контролируется путем погружения в нее эталонного конуса в соответствии с требованиями ГОСТ 5802–86, состав раствора проверяется по объему входящих в него компонентов. Пробы следует отбирать из смесителя по окончании процесса перемешивания.

Для опытной проверки заложенных в проект расчетных параметров упрочнения земляного полотна используется диагностика, методы которой в общем случае можно классифицировать в три группы:

- 1) традиционные методы наблюдений, обследований и контроля;
- 2) геофизические методы;
- 3) обследование с привлечением передвижных диагностических лабораторий.

К традиционным методам относятся прежде всего механические, рекомендуемые строительными нормами и правилами, основанные на проведении выработки в виде шурфов и бурении скважин [3]. Наиболее используемыми методами для оценки качества работ по усилению земляного полотна и упрочнению грунтов напорной инъекцией являются зондирование и шурфование. Зондирование позволяет исследовать грунты непосредственно в массиве, т. е. в природных условиях залегания. Данным способом можно определить контуры зоны затвердевшего раствора и упрочненного грунта, ориентировочные значения характеристик сжимаемости. Метод относительно недорогой и применим для массовых исследований. Основным его недостатком является низкая степень достоверности получаемых данных, зависящих от конкретных инженерно-геологических условий.

При выработке шурфов визуально оценивается распространение раствора и отбираются пробы в наиболее характерных точках. Лабораторные исследования образцов грунта позволяют предоставить к рассмотрению полный комплекс физико-механических свойств. Основной недостаток метода — получение сведений об эффективности упрочнения только в объеме, ограниченном размерами и количеством шурфов. К недостаткам следует также отнести дороговизну

способа, его трудоемкость, невозможность выполнения работ в габарите приближения строения без ограничения движения поездов.

Для контролирования качества проводимых работ и соответствия их результатов параметрам, заложенным в проекте, требуется метод, позволяющий достоверно, без нарушения земляного полотна, по всей глубине инъектирования раствора получать необходимую информацию.

Для повышения эффективности контроля качества усиления земляного полотна с возможностью получения значений его характеристик и сравнения с соответствующими значениями до проведения работ предложен способ, представленный в [2].

После окончания работ по инъектированию твердеющего раствора и набора им прочности в грунтах в месте упрочнения и вне его проводятся зондирование в шести точках (три — в месте упрочнения и три — вне его) и проходка контрольного шурфа. В шурфе производится отбор проб по высоте, для каждой пробы в лабораторных условиях определяются значения модуля деформации и коэффициента пористости. Эти результаты сопоставляются с показателями динамического зондирования. Производится статистическая обработка значений показателя динамического зондирования и характеристик грунта: коэффициента пористости и модуля деформации и определение коэффициента вида и состояния грунта α . Контроль качества работ осуществляется зондированием в характерных местах по всей площади упрочнения. После обработки результатов исследований определяются значения показателя зондирования, устанавливаются корреляционные зависимости модуля деформации и коэффициента пористости по экспериментально полученной зависимости $A = A_0 \exp[\alpha(P_d - P_{d0})]$, где A и A_0 — значения определяемых характеристик (коэффициента пористости, модуля деформации) соответственно в зоне упрочнения и вне ее; P_d и P_{d0} — значения показателя динамического зондирования соответственно в зоне упрочнения и вне ее. При этом значения A_0 и P_{d0} принимаются равными значениям, полученным в лабораторных условиях при определении коэффициента α .

Ниже подробно рассмотрены особенности геофизических методов в соответствии с классификацией, предложенной профессором Г.Г. Коншиным [3].

Электрометрический метод основан на том, что различные грунты оказывают неодинаковое сопротивление электрическому току, проходящему через них [3]. Разновидностями электроразведки являются электромагнитное сканирование, электроконтактное динамическое зондирование (ЭДЗ).

Электромагнитное сканирование представляет собой высокоразрешающую технологию исследования приповерхностных слоев грунта до глубин в несколько десятков метров с применением контролируемого электромагнитного излучения в диапазоне частот от 1 кГц до 1 МГц [4]. При использовании более низкой, чем в георадарах, главной частоты спектра эта технология практически не имеет ограничений, связанных с повышенной электропроводностью среды, и меньше зависит от приповерхностных неоднородностей. Электромагнитное сканирование позволяет с высокой степенью надежности определить обводненные зоны, пути фильтрации, наличие пустот. Таким образом, это исследование может быть достаточно эффективным при обнаружении деформаций в виде балластных мешков и контроле качества их стабилизации инъекционными методами.

Суть ЭДЗ заключается в том, что в массив грунта ударами эталонного груза забивается металлический зонд [5]. В процессе его погружения через определенные интервалы по глубине измеряется сила тока, пропускаемого в грунт через электроды, находящиеся на конце зонда. По принципу динамической пенетрации приближенно оцениваются прочностные характеристики дисперсных грунтов [5].

Положительным свойством установки ЭДЗ является ее мобильность и портативность, что очень важно для работы в стесненных условиях при обследовании земляного полотна. К недостаткам следует отнести полное отсутствие механизации и автоматизации, низкую информативность и условную достоверность. Надежная глубина опробования грунтов методом ЭДЗ, как правило, не превышает 5–7 м. Кроме того, применение метода ограничено наличием в теле насыпи включений крупнообломочных грунтов.

Радиолокационное диагностирование проводится с использованием комплекса аппаратных и программных средств, специальных приборов — георадаров [6]. Принцип действия георадара основан на излучении сверхширокополосных импульсов метрового и дециметрового диапазона электромагнитных волн и приеме сигналов, отраженных от границ слоев грунтов, слагающих насыпь, имеющих различные электрофизические свойства.

Достоинством метода является то, что при его применении можно выполнять съемку непрерывно в движении. К недостаткам метода следует отнести ограничение использования его в глинистых грунтах, так как в связных грунтах происходит сильное затухание импульсов. Кроме того, георадар фиксирует только конфигурацию границ грунтов без определения их физико-механических свойств. Примеры использования радиолокационного метода для контроля качества инъектирования твердеющих растворов в грунты земляного полотна в литературе не представлены.

Сейсморазведка как метод диагностики состояния земляного полотна получила свое распространение в значительной мере благодаря простоте интерпретации [7]. Получаемые сейсмотомографические разрезы [8] позволяют с весьма высокой точностью оценить строение насыпи по скоростям распространения продольных и поперечных волн, а также их отношений. Метод не позволяет установить отдельные разрывы в упрочненном инъектированием грунтовым массиве. Оценить изменение физико-механических свойств грунтов, выделить упрочненные участки земляного полотна и вне зоны упрочнения можно только при определенных условиях [1]. Использование сейсмических методов для контроля качества упрочнения перспективно при совместном применении с другими методами.

Отличие вибрационного метода от сейсмического заключается в том, что в качестве источника для возбуждения упругих волн используется поездная нагрузка, мощное воздействие которой приводит к возникновению колебаний (вибраций) грунта во всей насыпи [3]. Метод рекомендуется применять для оценки эффективности устройства противодеформационных конструкций в динамических условиях [3].

Выполненный анализ позволяет рекомендовать для диагностики и последующего контроля качества усиления земляного полотна геофизические методы, среди которых следует выделить сейсмический и электрометрический. Что

объясняется их экономической эффективностью, мобильностью в применении, возможностью проведения работ без нарушения или с минимальным нарушением сплошности упрочненного массива грунта [1].

Библиографический список

1. Бочко Э.А., Дубровин В.С. Геофизические методы контроля качества закрепления рыхлых грунтов. М.: Недра, 1976. 85 с.
2. Патент № 2288995. Способ контроля качества упрочнения грунтового массива / СГУПС; Авт. А.Л. Ланис, М.Я. Крицкий, В.Ф. Скоркин. Заявл. 11.01.2005; Оpubл. 10.12.2006; Бюл. № 34.
3. Коншин Г.Г. Диагностика земляного полотна железных дорог: Учеб. пособие для вузов ж.-д. транспорта / ГОУ «Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте». М., 2007. 200 с.
4. Тригубович Г.М. Импульсная индуктивная электроразведка при исследовании сложно построенных сред: Автореф. дис. ... д-ра техн. наук. СПб., 1999. 40 с.
5. Руководство по электроконтактному динамическому зондированию грунтов. М.: Глав-транспроект, 1983. 64 с.
6. Методические указания по георадиолокационной диагностике объектов земляного полотна железнодорожного пути / ОАО «РЖД». М., 2005. 56 с.
7. Коншин Г.Г. и др. Методические указания по способам сейсмического контроля эксплуатационного состояния железнодорожного полотна. М., 1985. 46 с.
8. Канарейкин Б.А. и др. Опыт использования сейсмотомографии при изучении строения железнодорожных насыпей // Изв. вузов. Строительство. 1993. № 1. С. 133–139.