

ОСОБЕННОСТИ СОВРЕМЕННЫХ СПОСОБОВ АРМИРОВАНИЯ ЗЕМЛЯНОГО ПОЛОТНА

Мехмонов Машхурбек Хусен угли

кандидат техн. наук (PhD), доцент

Юлдошов Огабек Баходир угли

*студент магистратуры, группа МТТУФ-1 Ташкентский государственный
транспортный университет (Узбекистан)*

Аннотация: В статье приведены виды деформаций на основной площадке и откосах земляного полотна железных дорог, их причины возникновения. А также, описаны современные методы укрепления земляного полотна железных дорог.

Ключевые слова: Земляное полотно, основная площадка, методы укрепления, деформация, откос насыпи.

Abstract: The article presents the types of deformations on the main site and slopes of the railway roadbed, their causes. It also describes modern methods of strengthening the railway roadbed..

Keywords: Roadbed, main site, reinforcement methods, deformation, embankment slope.

Аннотация: Мақолада темир йўл ер полотноси қияликлари ва асосий майдончасидаги деформацияларнинг турлари, уларни келиб чиқиши сабаблари келтирилган. Шунингдек, темир йўл ер полотносини мустаҳкамлашнинг замонавий усуллари келтириб ўтилган.

Калит сўзлар: Ер полотноси, асосий майдон, мустаҳкамлаш усуллари, деформация, кўтарма қиялиги.

ВВЕДЕНИЕ

Анализ опыта армирования земляного полотна показывает, что армирующие элементы необходимо дифференцировать по принципиальной расчетной схеме их работы. В этом отношении следует различать три основных типа армирующих элементов – линейные, плоские и объемные.

При рассмотрении предельного состояния разрушения для линейных элементов [12] следует учитывать продавливание грунта через элементы и проскальзывание по их боковой поверхности, в связи с чем предел прочности конструкции определяется фактическим сопротивлением грунта при контакте с боковой поверхностью армирующих элементов. В случае армирования балластного углубления упрочнению подлежат крупнообломочные грунты с глинистым заполнителем, находящимся в состоянии текучей консистенции, что указывает на неспособность армирующих элементов оказывать существенное сопротивление продавливанию и проскальзыванию грунта.

Предельное состояние разрушения для плоских армирующих элементов [13] характеризуется также проскальзыванием грунта, но при обеспечении должного сцепления элемента с окружающей грунтовой средой следует учитывать прочность самого материала элемента. В случае балластных углублений возникает сложность с обеспечением требуемого сцепления между заполнителем углубления и армирующим элементом.

Создание достаточного сцепления между заполнителем балластного углубления и армирующим элементом возможно путем устройства объемного армирования. В этом случае прочность конструкции, состоящей из объемного элемента и заключенного в нем грунта, зависит в основном от прочности армирующего элемента. Основная сложность в реализации данного способа состоит в технической невозможности создания объемного армирующего элемента в действующей насыпи без нарушения ее целостности. Однако, несмотря на это, данное направление исследования является наиболее перспективным в решении вопроса упрочнения земляного полотна, ослабленного балластными углублениями.

Аналитически обосновать эффективность создания системы перекрестно расположенных стержней, в сравнении с параллельным расположением, можно путем соотношения рабочих поверхностей этих конструкций.

При использовании схемы параллельно расположенных стержней суммарная поверхность сопротивления будет определяться общей рабочей поверхностью стержней в выбранном объеме упрочнения. При этом сопротивление одного яруса упрочнения на 10 п. м насыпи можно оценить следующим образом:

$$T_{\text{ст}} = \left(\frac{10}{a} + 1 \right) \pi d l \tau_{\text{тр}}, \quad (1)$$

где $T_{\text{ст}}$ – общее поверхностное сопротивление системы, Н;

10 – длина рассматриваемого участка, м;

a – шаг расстановки стержней, м;

d – диаметр стержня, м;

l – длина стержня, м;

$\tau_{\text{тр}}$ – коэффициент трения, Н/м².

Анализ литературных данных показывает, что наиболее распространенные пределы варьирования шага расстановки стержней в ярусе находятся в пределах от $20d$ до $50d$ [11]. Зададим шаг армирования, равный $20d$, расчетное поверхностное сопротивление конструкции составит:

$$T_{\text{ст}} = \pi l \left(\frac{1}{2} + d \right) \tau_{\text{тр}}, \quad (2)$$

В случае использования стержней диаметром 28 мм их количество в одном ряду составит 19 шт., суммарная длина при длине одного стержня, равной 10 м, составит 190 м. Расчетное поверхностное сопротивление конструкции будет определяться зависимостью:

$$T_{\text{ст}} = 16.7 \cdot \tau_{\text{тр}}, \quad (3)$$

В случае перекрестного расположения стержней в работу включается также грунт, защемленный в образованных ячейках, при этом предполагается, что данная поверхность работает как плоский армирующий элемент. Ширина элемента определяется проекцией длины стержня в плоскость поперечного сечения насыпи, длина элемента ограничивается протяженностью выбранного участка:

$$S_{\text{ст}} = l_{\text{пр}} \cdot L, \quad (4)$$

где $l_{\text{пр}}$ – длина проекции стержня в плоскость поперечного сечения насыпи, м;

L – длина рассматриваемого участка, м.

Поверхностное сопротивление участка длиной 10 м будет определяться зависимостью:

$$T_{\text{ст}} = 200 \tau_{\text{тр}}, \quad (5)$$

Однако в этом случае происходит увеличение длины и количества стержней:

$$n_c = \left(\frac{10}{2a} + 1 \right) \cdot 2 = \left(\frac{10}{1,12} + 1 \right) \cdot 2 \approx 20$$

При угле наклона стержня в плане, равном 30° , суммарная длина составит

$$L = 20 \cdot \frac{l}{\cos 30^\circ} = 231 \text{ м}, \quad (6)$$

Количество материала при образовании сетки увеличивается на 18% по сравнению со стержневым креплением. Технический эффект применения сетки в сравнении с параллельным расположением стержней определяется отношением $T_{\text{эл}}/T_{\text{ст}}$ и составляет 12 раз.

В настоящее время объемные армирующие конструкции представлены, как правило, геоячейками, используемыми при армировании основной площадки земляного полотна, подготовке основания для отсыпки насыпи, поверхностном креплении откосов и т.д. [10]. Также в мировой практике

широко используется способ упрочнения основания насыпей путем устройства свайного поля с последующим покрытием его геосинтетическим нетканым материалом. В этом случае в уровне подошвы насыпи происходит распределение нагрузки на отдельно стоящие вертикальные армирующие элементы через геосинтетический материал. Данная схема упрочнения основания фактически реализует принцип объемного армирования, так как слабый грунт основания оказывается заключенным между армирующими элементами и практически не воспринимает нагрузку от вышерасположенной насыпи

Метод армирующих конструкций основан на ограничении развития деформаций в зоне влияния сооружения в том или ином направлении за счет создания в грунтовой среде конструкций из линейных, плоских или объемных элементов. Армирование грунта является одним из методов преобразования его свойств, когда в грунтовую среду вводятся элементы, обеспечивающие восприятие повышенных сжимающих и растягивающих напряжений.

Армирование грунта различают по следующим признакам:

- по виду армирующих элементов – набивными, буронабивными, забивными и грунтовыми сваями; буроинъекционными сваями; анкерами; металлическими стержнями и полосами; геотекстилем; полимерными пленками; волокнами, нитями, кордовой тканью;
- по текстурным признакам – анизотропное и изотропное;
- по характеру расположения армирующих элементов – вертикальное; горизонтальное; наклонное в одном, двух и более направлениях; ячеистыми структурами; объемно-дисперсное;
- по способу производства работ – забивкой, задавливанием и вибропогружением; устройством скважин и инъектированием; заведением в скважины с последующей заливкой и инъекцией; расстилкой и раскладкой; с применением струйной технологии; замывом и засыпкой.

Армирование грунтов в железнодорожном строительстве имеет достаточно широкое распространение, так как направлено на повышение стабильности основания и основной площадки насыпи, придание устойчивости крутым откосам и устройство подпорных грунтовых стен.

Одним из способов армирования участков насыпей с развитыми балластными шлейфами является использование стягивающих конструкций [4]. Сущность способа заключается в устройстве в насыпи сквозных горизонтальных или наклонных скважин, введении в скважины арматуры с последующим ее натяжением специальными натяжными устройствами и закреплением на железобетонных плитах, лежащих на откосах насыпи. Такое решение применяется для упрочнения развитых балластных шлейфов насыпей высотой от 6,0 до 18,0 м.

Анкерные конструкции по принципу действия и конструктивным особенностям подразделяются на два вида:

- а) гибкие анкерные конструкции;
- б) жесткие анкерные конструкции.

По расположению в пространстве анкерные устройства разделяют на вертикальные, горизонтальные и наклонные.

При использовании анкерных конструкций для крепления насыпей, ослабленных балластными углублениями, приходится сталкиваться с определенными трудностями, заключающимися в отсутствии прочных коренных пород, в которые можно произвести закрепление нижнего анкера.

Опыт использования армирующих конструкций показал следующие их преимущества по сравнению с традиционными решениями:

- уменьшение потребности во временных и вспомогательных сооружениях;
- простота технологического процесса возведения конструкций;
- минимальное нарушение геологического строения инженерного сооружения;
- высокая надежность и долговечность армоконструкций;
- геологическая безопасность [5-7].

Другим перспективным направлением упрочнения насыпей, имеющих балластные углубления, являются *инъекционные методы упрочнения грунтов*, направленные на создание необратимых изменений в связях между отдельными минеральными частицами грунта с целью улучшения его механических характеристик. Исследования в этом направлении получили широкое распространение в области гражданского строительства и связаны с именами таких отечественных и зарубежных ученых, как И.М. Литвинов, С.Д. Воронкевич, Л.В. Гончарова, Д.В. Волоцкий, В.И. Осипов, Б.Н. Мельников, Н.А. Цытович, Г.Н. Никольская, Б.Н. Ржаницын, А.Н. Адамович, М. Люжон, Ф. Мулдер, В.К. Витке и др [8-9]. Накопленный опыт в этой области исследований может быть использован для решения вопросов упрочнения железнодорожного земляного полотна.

Несмотря на высокую эффективность инъекционных методов армирования, применение их в транспортном строительстве ограничено следующими факторами:

- 1) использование инъекционных физико-химических методов эффективно в маловлажных грунтах, в то время как большинство деформаций земляного полотна связано с обводнением и переувлажнением грунтов;
- 2) большинство физико-химических методов связано с экологическим загрязнением геологической среды;
- 3) реагенты, используемые для упрочнения грунтов, как правило, имеют высокую стоимость.

Особое внимание в вопросе физико-химического упрочнения грунтов следует уделить методам нагнетания раствора под давлением, превышающим структурную прочность грунта. Процесс упрочнения в этом случае характеризуется разрывом структурных связей в грунте и заполнением образовавшихся полостей твердеющим раствором.

Выводы

Земляное полотно является одним из основных элементов железной дороги, которое возведено из грунтов, и служит для упругой передачи на основание воспринимая временной нагрузки от подвижного состава и постоянной нагрузки от верхнего строения пути. Разработка методов укрепления насыпи с применением различных современных конструкций исходя из деформируемости откосов земляного полотна считается одной из основных проблем.

Литература

1. Полевиченко А.Г. Деформации земляного полотна, меры предупреждения и способы ликвидации: Конспект лекций. – Хабаровск: ДВГУПС, 1999. – 29 с.
2. Ашпиз Е.С. К стратегии реконструкции дефектного и деформирующегося земляного полотна с целью обеспечения надежной эксплуатации в условиях повышения осевых и погонных нагрузок // Тр. междунар. науч.-практ. конф. – М.: МИИТ, 2004. – С. II-10 – II-11.
3. Переселенков Г.С., Штейн А.И. О некоторых особенностях методов определения устойчивости откосов грунтовых сооружений // Тр. ЦНИИС – М.: ЦНИИС, 2002. – 214 с.
4. Mekhmonov M.Kh., Makhamadjonov Sh.Sh. Determination of the working condition of the transition sections on the approaches to the bridges // European Journal of Research Development and Sustainability, ISSN: 2660-5570, Volume-3, Issue 11, November 2022. pp. 74-76.
5. Abdujabarov A.Kh., Mekhmonov M.Kh. Vibration effects from moving vehicles on the shore support of the bridge. The problems of mechanics. Tashkent, 4/2019. p.94-98.
6. Mekhmonov M.Kh., Khamidov M.K., Makhamadjonov Sh.Sh. Ensuring the stability of the coastal support under the influence of seismic and vibrodynamic forces // Academic research in educational sciences journal. ISSN: 2181-1385, Volume-2, Issue 5, May 2021. pp. 1520-1523.

7. Abdujabarov A.Kh., Mekhmonov M.Kh., Matkarimov A.Kh. Construction of the coastal bridge support taking into account the speed of transport and the effect of seismic forces // Journal of critical reviews. ISSN: 2394-5125, Volume-7, Issue 8, 2020 pp. 1768-1772.

8. Abdujabarov A.Kh., Mekhmonov M.Kh. Structures options for the coastal bridge support, taking into account the seismicity of the district // AIP Conference Proceedings 2432, 030045 (2022); Published Online: 16 June 2022., pp 030045-(1-5), <https://doi.org/10.1063/5.0093489>.

9. Abdujabarov A.Kh., Mekhmonov M.Kh., Eshonov F.F. Design for reducing seismic and vibrodynamic forces on the shore support // AIP Conference Proceedings 2432, 030003 (2022); Published Online: 16 June 2022., pp 030003-(1-5), <https://doi.org/10.1063/5.0089531>.

10. Alexiew D., Sobolewski J., Pohlmann H. Projects and optimized engineering with geogrids from 'non-usual' polymers // Proceeding of the Second European Geosynthetics Conference. – Bologna, Italy, 2000. – Vol 2. – P. 239-244.

11. СТП 013-2001. Нагельное крепление котлованов и откосов в транспортном строительстве. – М.: Трансстрой, 2001.

12. Лиманов Ю.А., Фролов Ю.С., Савельев Ю.Н. Определение оптимальных параметров стержневого крепления котлованов // Метрострой. – 1985. № 5. – С. 16-17.

13. Кашарина Т. П, Григорьев-Рудаков К. В. Основные расчетные положения при использовании армированного грунта для усиления системы "грунтовое основание – инженерные сооружения" // Изв. вузов. Северо Кавказский регион. Технические науки. Спец. вып. : Основания, фундаменты и строительные конструкции. – 2008. – С. 106-109.