

А. Шалқаров^{1*}, К.А. Шалқар¹

¹Казахстанский дорожный научно-исследовательский институт, Алматы, Казахстан

Информация об авторах:

Шалқаров Абдиашим – доктор технический наук, ведущий научный сотрудник Казахстанского дорожного научно-исследовательского института, Алматы, Казахстан

<https://orcid.org/0000-0001-7594-1217>, email: shalkarov56@mail.ru

Шалқар Кайсар Абдиашимулы – магистр, Казахстанский дорожный научно-исследовательский институт, Алматы, Казахстан

<https://orcid.org/0000-0001-7776-6213>, email: shalkar-k@mail.ru

УСТРАНЕНИЕ ДЕФЕКТОВ СОПРЯЖЕНИЯ МОСТА С НАСЫПЬЮ

Аннотация. В работе рассмотрены причины возникновения дефектов на сопряжении моста с насыпью, методы усиления слабых грунтов основания подходной насыпи к мостовым сооружениям. Приведены новые методы усиления основания насыпи с применением современных технологий и видов свай. Применение щебеночных свай позволяет увеличение прочностных и деформативных свойств слабого основания и устраняет появление дефектов.

Ключевые слова: свайные технологии, усиления основания, слабые грунты, деформации насыпи, щебеночные сваи, мостовые сооружения, несущая способность.

Введение

Результаты обследования мостовых сооружений скоростной магистрали «Астана – Боровое» на второй год после эксплуатации показали, что на подходах к искусственным сооружениям образовались просадки грунтов насыпи. Эти факторы привели к дискомфорту движения автомобилей, к появлению динамических составляющих воздействия на конструкции мостовых сооружений и трещин в дорожной одежде.

Причиной появления подобных повреждений являются несоблюдение технологических процессов сооружения насыпи на подходах к мостовым сооружениям, недостаточное уплотнение грунтов, отсутствие дренирующих засыпок и избыточное увлажнение тела насыпи и основания земляного полотна.

Причины возникновения повреждений на подходах к мостовым сооружениям. В настоящее время цементобетонное покрытие является основным видом ездового покрытия автомобильных дорог республиканского значения Республики Казахстан. С помощью этого типа покрытия сооружены автобан «Астана – Боровое», участок Международного транспортного коридора «Алматы – Хоргас», участки, начиная от поворота ст. Отар до границы Туркестанской области, скоростной участок «Алматы – Капчагай». В вышеуказанных участках сооружено и эксплуатируются большое количество мостовых сооружений. На мосту для повышения сцепления колеса транспортных средств с дорогой, в качестве ездового полотна применяется асфальтобетонное покрытие. В промежутке между устоем и цементобетонным покрытием, на длину переходной плиты плюс 10 м, в качестве ездового полотна также устраивается асфальтобетонное

покрытие. Дорожная одежда на мосту и автомобильной дороге с цементобетонным покрытием обладают большей жесткостью, по сравнению с подходным участком, выполненного из асфальтобетонного покрытия. Эта особенность часто не учитывается проектировщиками и строителями во время проектирования и сооружения автомобильной дороги. Уже первый год эксплуатации дорог показали, что на подходах к мостовым сооружениям, скотопрогонам и водопропускным трубам появились просадки в насыпях земляного полотна, переломы, выбоины и трещины в асфальтобетонном покрытии. Дефекты и неровности характеризуются различными углами перелома профиля покрытия и колеиностью асфальтобетонного покрытия. Так, при въезде на мост в конце деформационных швов возникли переломы, состоящие из двух вогнутых углов.

Основным критерием работы узла сопряжения моста с насыпью является допускаемые величины углов перелома продольного профиля, приводящие к возникновению динамического воздействия на дорожную одежду, которое ограничено нормативными документами.

Для сохранения допускаемой скорости движения автомобилей (110 км/ч) по международному транспортному коридору «Западная Европа – Западный Китай» и автобану «Астана – Боровое» наибольшие углы перелома профиля не должны превышать – 6%. Результаты обследования подходов к искусственным сооружениям показали, что углы перелома продольного профиля перед въездом и выездом на мост доходит до 80%.

Во время поводка отсутствие дренирующей засыпки приводит к просачиванию воды в тело насыпи земляного полотна на подходах к мостовым сооружениям, соответственно увлажнению грунтов, которое является одним из основных причин появления просадок подходной насыпи.

Ливневые дожди, участвовавшие в последние годы в Казахстане, создают на дороге значительные потоки воды, которые в этих местах через трещины и разломы в асфальтобетонных покрытиях дренируют в насыпь под береговые насадки, вымывая грунт, и приводя к разрушениям сопряжения насыпи с мостом. Большой фронт разрушения укрепленного конуса подмостового русла стал возможен из-за того, что просадка вдоль береговой насадки имела большую протяженность и соответствующую этому площадь аккумуляции поверхностного стока воды. Весной 2018 г. из-за снеготаяния и сильных ливневых дождей привело к увеличению воды во многих реках и прохождению высоких тало-дождевых паводков. РГП «Казгидрометом» отмечается, что количество осадков, выпавших на территории Республики Казахстан, за весенний период превысило среднемесячную норму осадков практически в 2-3 раза. Спуск воды Кировского водохранилища, находящегося на территории Кыргызстана привел к угрозе размыва земляного полотна Международного транспортного коридора «Западная Европа – Западный Китай». В результате увлажнения земляного полотна произошли просадки на подходах к путепроводам, находящихся вблизи села Малдыбай. Просадки грунтов насыпи на подходах к путепроводам привели к нервноностям на поверхности проезжей части автомобильной дороги и различным дефектам и повреждениям в сопряжении моста с насыпью.

Материалы и методы

Устранение дефектов на подходах к мостовым сооружениям. В последние годы для решения задачи обеспечения требуемого уровня надежности и деформативности насыпи на слабых основаниях, в том числе при реконструкции существующей насыпи широкое распространение получили следующие способы устранения дефектов и повреждений основания:

- грунтоцементными сваями Jet-Grouting;
- буроинъекционными сваями;
- щебеночными сваями.

Способ укрепления основания щебеночными сваями выполняется глубинной вибрацией с подачей щебня в скважину с помощью глубинного вибратора, который создает заданный диаметр и длину свай из щебня.

Устранение просадки насыпи способом устройства щебеночных свай и усиление основания насыпи путем увеличения несущей способности грунтов, уменьшения деформаций и времени стабилизации деформаций предотвращает потери прочности грунтов при сейсмическом воздействии.

Щебеночные сваи устраиваются для инженерно-геологических условий, включающие в себя глинистые, пылевато-глинистые грунты, слабые грунты, включая суглинки и супеси. При частичном уплотнении данный вид свай устраивается в песчаных и гравелистых грунтах.

Технология включает в себя следующие действия (рис. 1):

- прохождение глубинного вибратора через мощь грунтов до несущего слоя при помощи подачи воздуха и воды под давлением (при прохождении плотных слоев) одновременно с вибрацией;
- введение щебня через специализированный привод вдоль вибратора с использованием давления сжатого воздуха;
- формирование тело свай с уплотнением щебня в скважине с помощью виброинструмента, совершающего возвратно-поступательные движения;
- прохождение глубинного вибратора через мощь грунтов до несущего слоя при помощи подачи воздуха и воды под давлением (при прохождении плотных слоев) одновременно с вибрацией;

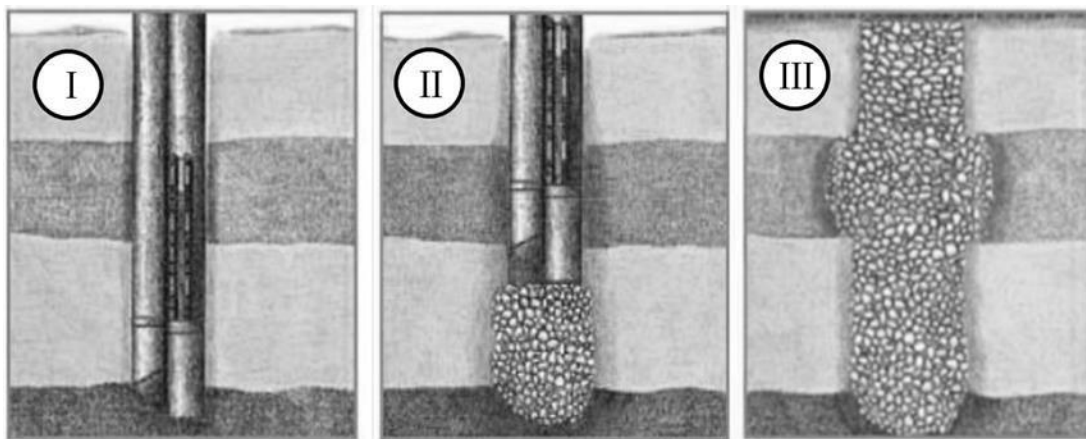


Рисунок 1 – Последовательность изготовления щебеночных свай [1]

- введение щебня через специализированный привод вдоль вибратора с использованием давления сжатого воздуха;

- формирование тело сваи с уплотнением щебня в скважине с помощью виброинструмента, совершающего возвратно-поступательные движения.

Достоинством способа устройства щебенистых свай являются:

- повышает сопротивление на сдвиг и коэффициент жесткости как в грунте, так и в теле сваи;

- сваи выполняют функции вертикальных дрен, при этом создают устойчивый грунтовый массив (обеспечивают связность грунта);

- уменьшают осадку в 2-6 раз;

- разрешают устройство насыпей выше 12 м на слабых грунтах;

- не допускают расструктурирования грунта во время землетрясения.

Сваи из щебня не выполняют функцию несущего элемента, в отличие от бетонных свай. Но в связи с устройством щебеночных свай повышается несущая способность и увеличивается прочностные характеристики грунта основания.

В медленно уплотняющихся глинистых (водонасыщенных) грунтах, уменьшающих времени стабилизации деформаций основания щебеночные сваи исполняют роль массивных дрен.

Сечение сваи, полученное в результате уплотнения, ограничивается объемом расходуемого материала, временем уплотнения и характеристиками исходного грунта. Диаметр сваи может иметь переменное значение. Из этого следует, что, в зависимости от геологического строения строительной площадки, возможно увеличение диаметра в слабых грунтах, требующих усиления и уменьшение сечения в плотных песках или гравелистых грунтах.

Результаты и обсуждение

Основная задача данной технологии: изменение несущей способности слабого основания за счет внедрения в него грунтовых материалов (щебень, песок, гравий и т.д.).

Решение данной задачи возможно с учетом нескольких упрощений:

- данное состояние характеризуется как консолидационное, в котором грунт основания достигает своей несущей способности по способности характеристикам прочности и деформируемости. При увеличении высоты насыпи, то есть приложении дополнительной нагрузки на данное грунтовое основание консолидационные процессы могут возобновиться;

- второе состояние – реальное состояние. Данное состояние является промежуточным между начальным состоянием, когда нет свай и предельным, когда устройство щебенистых свай полностью заменяет слабый грунт;

- предельное (конечное) состояние – после устройства щебенистых свай. Данное состояние основания характеризуется прочностными и деформационными характеристиками грунта свай, а не слабого грунта. Основание насыпи имеет максимальную несущую способность.

При внедрении большого количества свай в основания промежуточное состояние приближается к предельному состоянию по несущей способности (рис.2).

Таким образом, можно предположить, что при устройстве щебенистых свай в основании насыпи на подходе к мостовым сооружениям грунт можно представить как композитный материал, прочностные и деформативные свойства которого характеризуется как свойствами слабого грунта, так и грунта свай.

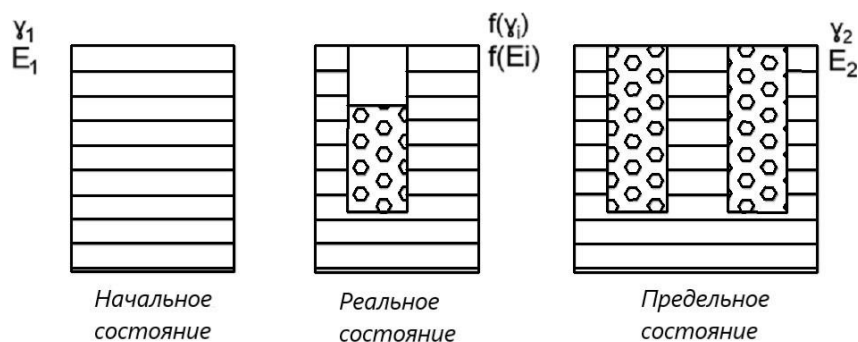


Рисунок 2 – Изменение состояния грунта слабого основания [материал авторов]

Увеличение несущей способности основания, состоящего из композитного материала, представленного на рис. 3, в зависимости от увеличения количества свай и доли материала в нем может происходить по трем основным вариантам:

- кривая (1) показывает увеличение несущей способности при большом количестве свайного материала на начальный период нарастания;
- прямая (2) показывает при оптимальном количестве материала – увеличение несущей способности основания имеет линейный характер;
- кривая (3) показывает, что увеличение несущей способности происходит медленно при небольшом количестве материала. При увеличении количества свай кривая (3) может резко нарастать и стать значительным.

Следовательно, одной из первейших задач является выявление возможной закономерности (рис. 3) изменения несущей способности основания по мере увеличения в нем количества грунтовых свай.

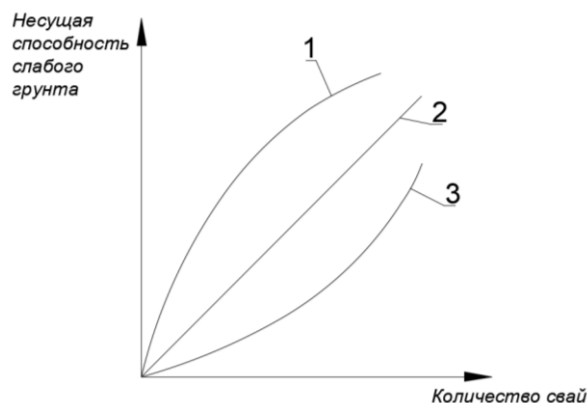


Рисунок 3 – Нарастание несущей способности слабого грунта основания подхода в зависимости от количества устраиваемых щебенистых свай [материал авторов]

Таким образом, способ глубинного уплотнения грунтов с заполнением скважин щебнем повышает прочностные и деформационные свойства основания подхода к мостовым сооружениям, соответственно несущую способность основания. Усиление щебенистыми сваями устраняет просадочные свойства грунтов основания, ускоряет процесс консолидации.

Таким образом, способ глубинного уплотнения грунтов с заполнением скважин щебнем повышает прочностные и деформационные свойства основания подхода к мостовым сооружениям, соответственно несущую способность основания. Усиление щебенистыми сваями устраняет просадочные свойства грунтов основания, ускоряет процесс консолидации насыпи и дает возможность передачи на основание больших нагрузок, уменьшает процесс возникновения дефектов и повреждений подходной насыпи [1,2].

Совместная работа щебенистых свай и уплотненного грунта в межсвайном пространстве приводит к усилению основания подходной насыпи, увеличению зависимости между плотностью и модулем деформации грунта, а также менее деформируемый (в сравнении с грунтом) материал, созданный при помощи набивных свай к уменьшению деформируемости усиленного основания [3].

Заключение

1. Выявлены основные достоинства и недостатки щебеночных свай, применяемых конструкций для усиления основания насыпи, позволяющих увеличения прочностных и деформационных характеристик слабой толщи грунта.

2. Рассмотрены применяемые упрощения для аналитического расчета несущей способности основания на подходах к мостовым сооружениям с использованием щебеночных свай. Необходимо полученные результаты подкреплять компьютерным моделированием.

3. Усиление слабой толщи основания щебеночными сваями позволяет уменьшить деформируемость основания и возникновения дефектов на подходной насыпи.

Литература:

1. Пономоренко Ю.Е. Классификация и сравнительный анализ оборудования для проходки скважин уплотнением. *Известия высших учебных заведений. Строительство и архитектура*. 1989,1, 106–109. (в русскоязычном журнале)
2. Ерченко Д.Е., Федоренко Е.В. Верификация расчетов фильтрационной консолидации в геотехнических программах. *Дороги и мосты*. 2017, 38, 13. (в русскоязычном журнале)
3. Тимофеева Л.М., Тимофеев М.Р. Современные методы усиления слабых оснований земляного полотна автомобильных дорог. *Материалы конференции*. 2017, 1,221-226. (в русскоязычном журнале)

References:

1. Ponomorenko Y.Y. Klassifikatsiya i sravnitelnyi y analiz oborudovaniya dlya prohodki skvazhin uplotneniem [Classification and comparative analysis of equipment for drilling wells with compaction] *Izvestiya vyisshih uchebnyih zavedeniy. Stroitelstvo i arhitektura = News of higher educational institutions. Construction and architecture*. 1989, 1, 106–109. (in Russ.)

2. Yerchenko D.Y., Fedorenko Y.V. Verifikatsiya raschetov filtratsionnoy konsolidatsii v geotekhnicheskikh programmah [Verification of calculations of filtration consolidation in geotechnical programs] *Dorogi i mostyi = Roads and bridges*. 2017, 38, 13.(in Russ.)
3. Timofeyeva L.M., Timofeyev M.R. Sovremennyye metody i usileniya slabyyih osnovaniy zemlyanogo polotna avtomobilnyih dorog [Modern methods of strengthening the weak foundations of road sub-grade] *Materialy konferentsii = Materials of the conference*. 2017, 1, 221-226.(in Russ.)

Ә. Шалқаров^{1*}, Қ. Ә. Шалқар¹

¹Қазақстан жол ғылыми-зерттеу институты, Алматы, Қазақстан

Авторлар туралы ақпарат:

Шалқаров Абдиашим – техника ғылымдарының докторы, Қазақстан жол ғылыми-зерттеу институтының жетекші ғылыми қызметкері, Алматы, Қазақстан

<https://orcid.org/0000-0001-7594-1217>, email: shalkarov56@mail.ru

Шалқар Кайсар Абдиашимулы – магистр, Қазақстан жол ғылыми-зерттеу институты, Алматы, Қазақстан

<https://orcid.org/0000-0001-7776-6213>, email: shalkar-k@mail.ru

КӨПІРДІҢ ЖАҒАЛАУЛАР МЕН ТҮЙІСУІНІҢ АҚАУЛАРЫН ЖОЮ

Аңдатпа. Жұмыста көпірдің үйінділер мен түйісуінде ақаулардың пайда болу себептері, көпір құрылыстарына жақындайтын үйінді негізінің әлсіз топырақтарын күшейту әдістері қарастырылған. Заманауи технологиялар мен қадалардың түрлерін қолдана отырып, үйіндінің негізін нығайтудың жаңа әдістері келтірілген. Қиыршақ тас қадаларды қолдану әлсіз негіздердің топырақтарының беріктік пен деформациялық қасиеттерін жоғарылатады және ақауларды пайда болдырмайды.

Түйін сөздер: қадалық технологиялар, негізді күшейту, әлсіз топырақтар, үйіндінің деформациясы, қиыршақ тас қадалар көпір құрылыстары жүк көтеру қабілеті.

A. Shalkarov^{1*}, K.A.Shalkar¹

¹Highway Research Institute, Almaty, Kazakhstan

Information about authors:

Shalkarov Abdiashim – Doctor of Technical Sciences, Acting Professor, Highway Research Institute, Almaty, Kazakhstan

<https://orcid.org/0000-0001-7594-1217>, email: shalkarov56@mail.ru

Shalkar Kaiser – Master, Highway Research Institute, Almaty, Kazakhstan

<https://orcid.org/0000-0001-7776-6213>, email: shalkar-k@mail.ru

DEFECTS REMOVAL FOR BRIDGE CONNECTION TO EMBANKMENT

Abstract. The paper considers the causes for defects occurrence at the bridge connection with the embankment, methods for strengthening of the weak soils for the approach embankment base to the bridge structures. New methods are given for reinforcement of the embankment base using modern technologies and types of piles. The use of crushed stone piles allows an increase in the strength and deformative properties of a weak base and eliminates the influence of defects.

Keywords: pile technologies, base reinforcement, weak soils, embankment deformations, crushed stone piles, bridges, bearing capacity

Работа выполнена в рамках темы «Повышение несущей способности насыпи и дорожной одежды в зоне сопряжения с мостовыми и искусственными сооружениями» по Научно-технической программе «Работы по управлению дорожной деятельностью в части совершенствования нормативно-технической базы». Финансируется «Национальным центром качества дорожных активов» Министерства индустрии и инфраструктурного развития Республики Казахстан. Договор № 190540022580/210848/00 от 06.05.2021.