

## СЕЙСМОСТОЙКОСТЬ НАСЫПИ МОСТОВОГО ПЕРЕХОДА

*М.Ч. Апсеметов, У.Т. Шекербеков*

Приведены результаты экспериментальных исследований мостового перехода

*Ключевые слова:* сейсмостойкость; землетрясение; мост; арматура; грунт; опора; устой.

Кыргызская Республика относится к сейсмически опасным районам. Почти вся территория по сейсмическому районированию и микро-районированию относится к восьми-, девяти- и более чем девятибалльной зонам [1]. В связи с этим изучение сейсмостойкости зданий и сооружений является актуальной проблемой.

Автомобильные, железные дороги и мосты, кроме высокой стоимости строительства, имеют исключительно важное народнохозяйственное значение, недопустим даже временный выход из строя этих сооружений.

Анализ последствий землетрясений дает основание утверждать, что воздействие землетрясений интенсивностью 8–9 баллов на транспортные сооружения, построенные по обычным нормам, приводит к серьезным нарушениям их работы до полного прекращения движения на

период от нескольких дней до нескольких недель, а разрушение мостов прекращает движение до нескольких месяцев и даже лет. Это затрудняет проведение спасательных, аварийных и восстановительных работ, осложняет и блокирует работу промышленных и сельскохозяйственных комплексов, так как срыв поставок продукции одного звена вызывает нарушение производственного цикла по всей цепи взаимосвязанных предприятий, резко снижает эффективность производства на длительный срок. В зоне разрушительного землетрясения транспортные сооружения должны обеспечить проведение спасательных, аварийных и восстановительных работ, эвакуацию населения, пострадавшего при землетрясении, и перевозку особо срочных народнохозяйственных грузов и медикаментов.

Насыпи к подходу мостов и устои моста при сильных землетрясениях разрушаются вследствие воздействия силы инерции и давления грунта. Во многих случаях происходит осадка насыпи за счет разжижения грунта и разрушения откосов и конуса насыпи.

Известно много случаев повреждения мостов при землетрясениях. В зависимости от интенсивности и видов мостов повреждения получали опорные части, пролетные строения мостов. Но самыми уязвимыми местами в мостах являются устои и насыпи подходов.

Для устоев наиболее характерными повреждениями являются осадка, наклоны и сдвиги. Осадка береговых опор происходит из-за низкой несущей способности грунта, а наклоны устоев – еще и при боковом (горизонтальном) давлении. Подвижки в теле устоев от горизонтальных сил обычно происходят по швам бетонирования массивных неармированных опор.

Известно много случаев, когда устои мостов не имели повреждений, но происходили смещения грунта со стороны задней грани устоев или разрушение подпорной стены. Основной причиной таких повреждений и осадок является наличие колебательных движений устоев и насыпей.

В насыпи происходит резкое изменение деформационных и прочностных свойств грунтов определенного класса. В связных грунтах происходит разжижение, в несвязных – развитие промежуточных сверхвысоких давлений.

Значительное оседание грунтовой засыпки за задней гранью устоев или подпорными стенами объясняется тем, что несвязные грунты при вибрациях, а также толчках и ударах уплотняются за счет уменьшения пористости, уплотнения наиболее интенсивно происходит при вибрациях, что и наблюдается при землетрясениях.

Искажение профиля земляных сооружений в результате оседания и выпирания грунтов на отдельных участках откосов происходит вследствие ряда причин, когда наряду с уплотнением грунтов может иметь место потеря статического равновесие частиц грунта и передислокация их в пределах поверхностной толщи откоса.

Поэтому сооружения типа подпорной стенки или устоя моста в грунте засыпки при сейсмическом воздействии нельзя рассматривать по отдельности, как это делается во многих случаях, а нужно учитывать работу грунта засыпки, так как при сейсмическом воздействии дополнительное давление грунта засыпки на заднюю грань устоев является основным фактором, вызывающим разрушение последних.

Существует много конструктивных решений при возведении насыпей, которые позволяют улучшить устойчивость сооружения. Это укрепление откоса, изменение угла наклона откоса, использование ядра из жестких материалов в насыпях и т.д. Но наиболее эффективным и широко распространенным в настоящее время способом, является армирование грунта, которое позволяет снизить нагрузки, прилагаемые к поверхности основания, улучшить устойчивость сооружения, уменьшить деформацию грунта.

Однако исследования в этом направлении проводились в основном для подпорных стенок. Устойчивость откосов насыпей железнодорожного земляного полотна была исследована профессором В.О. Цшохером в 1929 г. в связи с проектированием Туркестано-Сибирской железнодорожной магистрали.

В нашей республике сейсмостойкостью автомобильных и железных дорог впервые начал заниматься А.Х. Абдужабаров [2–4]. Авторами этой статьи было обследовано около 250 мостов в республике. Результаты обследования показали, что около 42% мостов имеют высоту насыпи к подходу моста более 3 метров. Поэтому сейсмостойкость этих мостов в целом зависит от сейсмостойкости насыпи и береговых опор. В последнее время для увеличения жесткости и сейсмостойкости насыпей используются различные материалы: металл, геотекстиль, железобетон, хворост и др., а также их комбинации.

Термин “армированный грунт” введен Вадалем (Франция) в 1966 г. [5]. Армирование грунта в транспортном строительстве приобретает все большую популярность, что обусловлено рядом преимуществ армированных конструкций: их способностью воспринимать значительные растягивающие усилия, что предопределяет меньшую чувствительность к неравномерным осадкам основания, повышенной устойчивостью к сейсмическим воздействиям, объясняемой большей гибкостью и лучшей адаптацией в грунтовой среде по сравнению с традиционными [1]. Арматурные полотнища создают дополнительные связи между частицами грунта за счет так называемого фиктивного сцепления (рис. 1, 2). При этом в несвязных грунтах сцепление создается, а в связных – увеличивается. Армирующие прослойки, работая совместно с грунтом, вызывают перераспределение напряжения между участками массива, обеспечивая передачу напряжений с перегруженных зон на соседние, недогруженные, вовлекая их в работу. При этом откосы насыпи к подходу моста и конус насыпи резко повышают

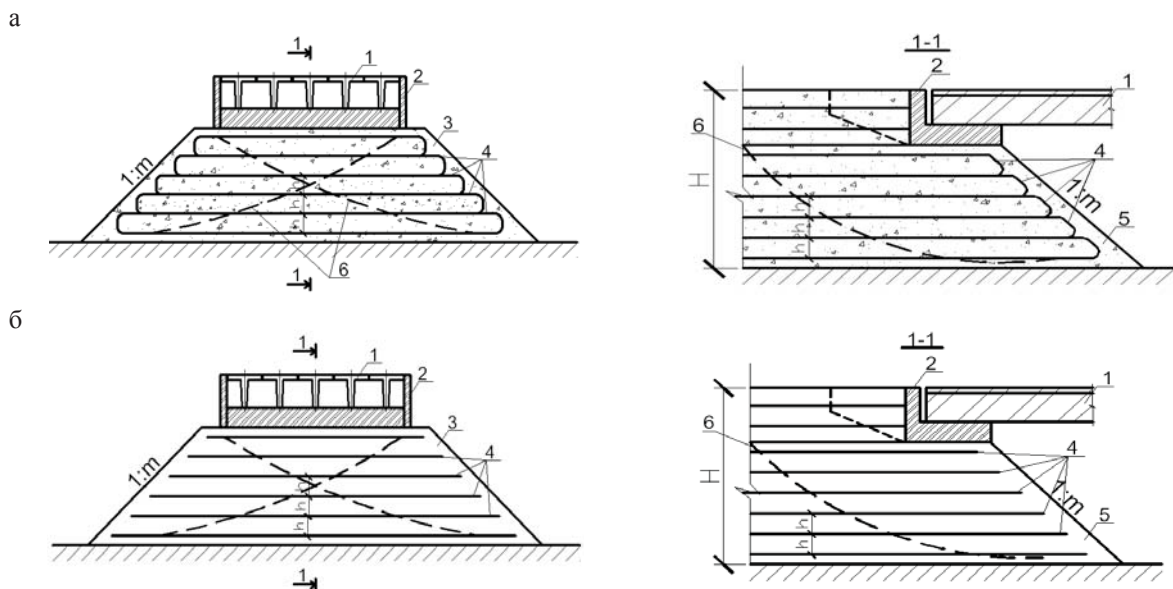


Рис. 1. Схема армирования насыпи с устоем диванного типа: а – несвязные грунты; б – связные грунты; 1 – пролетное строение; 2 – устой диванного типа; 3 – насыпь к подходу моста; 4 – армирующие полотнища; 5 – конус насыпи; 6 – наиболее опасные потенциальные поверхности обрушения неармированной насыпи; h – шаг армирования; H – высота армированного грунта

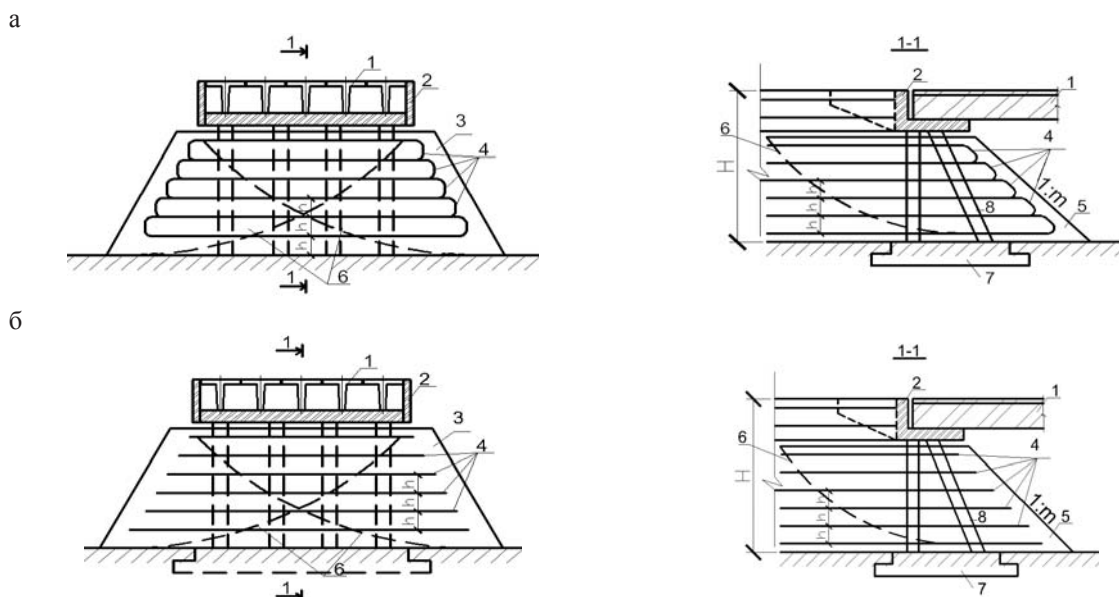


Рис. 2. Схема армирования насыпи с устоем козлового типа: а – несвязные грунты; б – связные грунты; 1–6 – то же, что на рис.1; 7– фундамент; 8 – стойки.

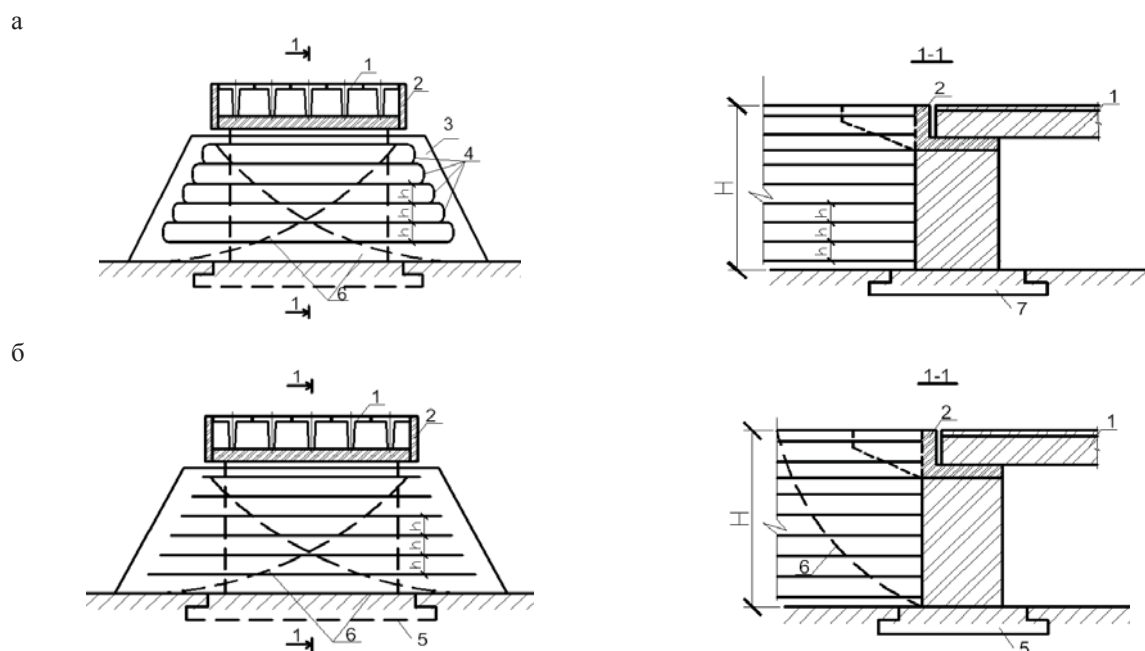


Рис. 3. Схема армирования мостового перехода с массивным устоем (подпорная стенка): а – несвязные грунты; б – связные грунты; 1 – пролетное строение; 2 – массивная опора; 3 – откос насыпи; 4 – армирующие полотнища; 5 – фундамент; 6 – наиболее опасные потенциальные поверхности обрушения неармированной насыпи; h – шаг армирования; H – высота армирования грунта.

свою устойчивость и могут быть выполнены любой крутизны. Можно также рассчитывать на существенное ослабление виброразрушения грунтов насыпей при землетрясениях.

Схема армирования на рис. 1б использована при строительстве моста через реку Колдук в Узгенском районе Ошской области на автомобильной дороге Узген – Колдук – Ничкесай. Армирование хвостом насыпи мостового перехода высотой 7 м повышает надежность работы моста при эксплуатационных и сейсмических нагрузках. Мост однопролетный, пролетное строение металлическое, береговые опоры (устои) в левом берегу – бетонные, диванного типа, а в правом – сборные в виде подпорных стен. Грунты насыпи глинистые просадочные.

В случае армирования мостового перехода с массивным устоем в виде подпорной стенки конус насыпи отсутствует (рис. 3). Горизонтальное давление грунта вдоль оси моста воспринимается подпорной стенкой. В таких конструкциях разрушение насыпи во время землетрясения происходит в поперечном направлении моста. При больших давлениях грунта наблюдается

сдвиг опоры вдоль оси моста или наклон ее в сторону реки. В некоторых случаях происходит опрокидывание. Высота армированного грунта зависит от свойств грунтов, сейсмичности площадки строительства и высоты насыпи мостового перехода.

В последнее время в качестве армирующих материалов грунта насыпи все чаще используются геотекстильные материалы, общий перечень которых включает почти 200 наименований, изготовляемых из нефти (полиамиды, полиэфиры, полипропилены), древесной пульпы (вискоза, ацетат) и выполняемые в виде тканых, не тканых и сетчатых полотнищ [6]. При этом предпочтение отдается материалам, обладающим значительной прочностью на растяжение, высоким модулем деформации (небольшим удлинением при разрыве), устойчивым к воздействию температурных колебаний, минеральных кислот, щелочных сред различного вида и степени засоленности, влаги и солнечной радиации. В наибольшей степени требованиям армирования грунтов при вибрационных нагрузках отвечают стеклопластики (стеклоткани и стеклотетки),

покрытия различными защитными пленками, смолами и лаками.

Армирование насыпи к подходу моста и конуса насыпи увеличивает коэффициент сцепления грунта и угол внутреннего трения в зависимости от шага армирования, материала армирования, и тем самым обеспечивает сейсмостойкость мостового перехода.

Однако есть еще ряд нерешенных проблем при работе устоя моста с армированным грунтом засыпки. Например, какие конструкции устоев и какое армирование лучше всего использовать в узлах сопряжения моста с насыпью, и как они будут работать при сейсмическом воздействии.

### ***Литература***

1. СНиП 20:02:2006 КР. Сейсмостойкое строительство. – Бишкек, 2004.
2. Абдужабаров А.Х., Рашидов Т. Сейсмостойкость полотна дороги // Известия АН.УзССР. Техн.науки. – 1968. – № 6. – С. 70–71.
3. Абдужабаров А.Х. Рекомендации по проектированию земляного полотна автомобильных и железных дорог в сейсмических районах. – Бишкек: БПИ, 1991. – С. 3–18.
4. Абдужабаров А.Х. Сейсмостойкость автомобильных и железных дорог. – Бишкек, 1996. – 226 с.
5. Эрних Н.Б. Область применения армированного грунта // Транспортное строительство. – 1981. – №1. – С. 54–55.
6. Переселенков Г.С., Песов А.И., Целиков Ф.И., Абдужабаров А.Х. Материалы и инженерные решения сейсмологических армогрунтовых конструкций земляного полотна // Транспортное строительство. – 1990. – №4. – С. 6–8.