



АПСЕМЕТОВ М.Ч., КУРБАНБАЕВ А.Б., ОСМОНКАНОВ Н.А.,
КАЛЫКОВ К.Ж., АМИРАЛИ УУЛУ М

¹КГУСТА им.Н.Исанова, Бишкек, Кыргызская Республика

APSEMETOV M.CH., KURBANBAEV A.B., OSMONKANOV N.A., KALYKOV K.J.,
AMIRALI UULU M

¹KSUCTA n.a. N.Isanov, Bishkek, Kyrgyz Republic
(muhtar.ap@mail.ru, osmonkanovnur@mail.ru)

ХАРАКТЕРНЫЕ ПОВРЕЖДЕНИЯ ДОРОЖНЫХ СООРУЖЕНИЙ ПРИ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯХ

CHARACTERISTIC DAMAGE TO ROAD STRUCTURES DURING EARTHQUAKES

Илимий макалада жер титирөөдөгү жол курулмаларынын жана жер төшөлмөлөрүнүн бузулушу каралган. Жол курулмаларынын бузулушунун интенсивдүүлүк шкаласы берилди.

Өзөк сөздөр: жер титирөө, бузулуш, чөгүү, көчкүлөр, жол, көпүрө, кармап туруучу дубал, сейсмикалык аракет, жер төшөлмөсү, төгүлмө топурак, нукталма топурак.

В работе рассмотрено повреждение дорожных сооружений и земляного полотна дорог при землетрясениях. Представлена шкала интенсивности повреждения дорожных сооружений.

Ключевые слова: землетрясение, повреждение, осадки, обвалы, дорога, мост, подпорные стенки, сейсмическое воздействие, земляное полотно, насыпь, выемки.

The paper considers damage to road structures and roadbed of roads during earthquakes. The scale of the intensity of damage to road structures is presented.

Key words: earthquake, damage, precipitation, landslides, road, bridge, retaining walls, seismic impact, subgrade, embankment, excavations.

Кыргызская Республика находится в сейсмическом районе интенсивности 8, 9 и более 9 баллов.

Проектирование и строительство дорожным сооружениям производится с учетом сейсмических воздействий. Приводим повреждения дорожных сооружений при землетрясениях [1, 2, 3-9].

Земляному полотну присущи деформации неравномерных осадок, выпучивание и оползания откосов, ведущие к искажению поперечного профиля, трещинам и разрывам, расползание водонасыщенных грунтов, искривление оси в профиле и плане.

В покрытиях всех типов (грунтовых, гравийных, щебенистых, асфальтобетонных и бетонных) характерными являются осадки, поднятия и трещины, различаясь между собой в степени повреждения. Бетонные покрытия, кроме указанных деформаций, получают сдвиговые и больше распространены в сборном варианте, где плиты в большинстве случаев сдвигаются без трещин.

Рельсы железных дорог искривляются в зависимости от степени и направления деформации земляного полотна. Виды деформации полотна дорог наряду с другими факторами зависят от конструкции земляного полотна. Поэтому дадим краткую характеристику основных видов повреждений дорожных сооружений при землетрясениях.

Земляное полотно в насыпи. Этот тип полотна получает деформации даже при слабых сейсмических воздействиях (6-7 баллов), имеет зону разрыхления (рис. 1а). Это объясняется тем, что грунт насыпи имеет меньшую плотность, чем тот же грунт в естественном залегании, к тому же насыпь претерпевает поперечные упругие и остаточные деформации сдвига, при которых ускорение частиц тела насыпи возрастают по высоте, что приводит к разрыхлению грунта в верхней части. А так как высота насыпи по длине дороги непостоянна, то и величина деформации сдвига переменна, что частично и объясняет искривление дороги в плане, значительные разрушения, сдвиг и смещение покрытия. Неравномерное уплотнение грунтов и переменная высота являются одной из причин, что приводит к волнообразному изменению профиля дороги. В укрепленных откосах из-за уменьшения сил трения при вибрации сползают крепления. При подтопленных откосах, если отсутствуют антифильтрационные мероприятия, часть насыпи водонасыщается и создается возможность (особенно в мелкозернистых песках) виброразжижения даже при слабых сотрясениях. При этом насыпь растекается, что и наблюдалось при землетрясениях.

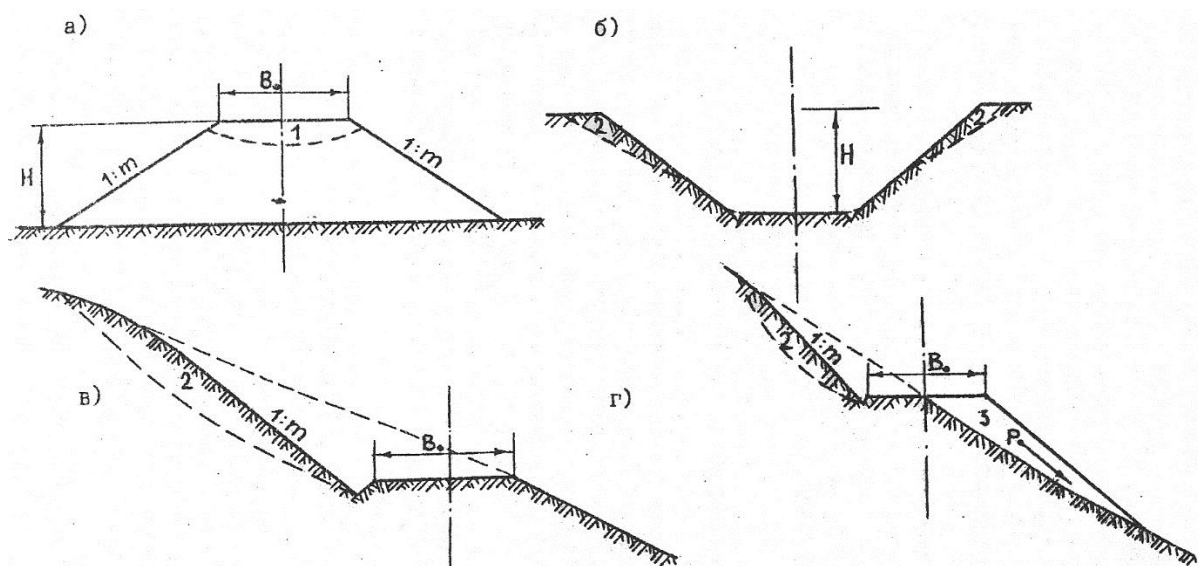


Рис. 1. Схема возможных остаточных деформаций земляного полотна при сейсмическом воздействии: а) земляное полотно в насыпи; б) земляное полотно в выемке; в) земляное полотно на косогоре полностью в выемке-полка; г) земляное полотно на косогоре – полунасыпь-полувыемка. 1. Зона разрыхления и трещинообразования. 2. Зона оползания. 3. Зона соскальзывания по наклонной плоскости косогора.

На косогоре насыпь еще более неустойчива. Здесь кроме вышперечисленных деформаций, не редки случаи оползания по косогору, что предотвращается подпорными стенками и устройством уступов в основании земляного полотна. Весьма существенно воздействие активного сейсмического давления грунта на насыпь [10].

Земляное полотно в выемке. В равнинной местности для такого вида поперечного профиля характерно обрушение откосов верхней части, во влажных грунтах – оползания (рис. 1б), а в мелкозернистых водо-насыщенных грунтах имеет место виброразжижение, которое трудно предотвратить даже креплением откосов.

При прохождении в выемке по косогору более опасен верховой откос, сейсмостойкость которого зависит от крутизны и геологического сложения косогора (рис. 1в).

Дорожная одежда и верхнее строение путей получает в большинстве случаев деформации внешнего характера от разрушения откосов, скатывание камней и валунов. Трещины в покрытиях имели всевозможные направления, но небольших размеров (до 2-3 см) раскрытия, и в основном, сохраняются годными к дальнейшей эксплуатации.



Земляное полотно в полунасыпи-полувыемке. Этот вид земляного полотна проектируется только на косогоре. Кроме тех деформаций, которым подвержено земляное полотно, проходящее в выемке на косогоре, насыпная часть разрывается с частью выемки, что происходит из-за различной плотности грунтов. Это ведет к большим трещинам по линии контакта насыпной части с выемкой, относясь к самому распространенному виду деформации, наблюдаемой даже при слабой интенсивности сейсмического воздействия в 6-7 баллов. Кроме увеличения сейсмического ускорения грунта от кособорности, существенно воздействие вектора сейсмической инерционной силы, имеющей направление горного склона (рис. 1г).

По шкале повреждаемости земляного полотна и дорожных сооружений имеются следующие повреждения [11-14]:

➤ **6 баллов.** Возможны повреждения земляного полотна от оползней, на косогорных участках от излишней подрезки склона, на участках с искусственным орошением, с высоким уровнем грунтовых вод, наносными мелкими песчаными отложениями, на заболоченных участках с осадкой до 10 см. Возможны трещины (до 2 см) массивных подпорных стен. Осадки водопропускных труб до 5 см.

➤ **7 баллов.** На скальных участках возможны завалы проезжей части дорог. В полунасыпи-полувыемке земляного полотна продольные трещины (до 5-15 см) между насыпной частью и выемкой. Осадки насыпей земляного полотна в сопряжениях с мостами, на наносных грунтовых основаниях до 25 см. Частичное нарушение балластного слоя, трещины дорожных покрытий до 3 см. Осадки водопропускных труб до 10 см, трещины до 2 см, смещение плит перекрытий галерей до 3 см.

➤ **8 баллов.** Повреждение проезжей части в виде трещин покрытия до 6 см, осадка балластной призмы до 3 см. В полунасыпи-полувыемке земляного полотна продольные разрывы до 30 см, с вертикальной осадкой части насыпи до 10 см. Осадки насыпи в сопряжениях с мостами до 40 см. Трещины в водопропускных трубах до 5 см, смещение плит перекрытий галерей до 7 см, трещины подпорных стен до 10 см.

➤ **9 баллов.** Оползни насыпей земляного полотна на косогорах, оползни откосов выемок, смещение бетонных плит до 30 см, в насыпях выход из строя асфальтобетонных покрытий, искривление рельсовой решетки в плане и профиле. Полное разрушение насыпи земляного полотна в сопряжении с мостами. Сдвиг плит галереи до 15 см, трещины подпорных стен до 25 см. Разрушение водопропускных труб в части оголовка, трещины до 10 см, осадки труб до 25 см.

Анализ последствий влияния землетрясений различной интенсивности позволяют сделать следующие выводы:

1. Неучет сейсмических сил приводит к частичному и полному разрушению как земляного полотна, так и дорожного покрытия, верхнего строения путей, искусственных сооружений (трубы в насыпи, мосты, лавинозащитные галереи, подпорные стенки и другие), что приводит к колоссальным убыткам.

2. Для сохранения дорогостоящего верхнего строения пути и дорожной одежды первостепенным является устойчивость и сохранность земляного полотна.

3. Дороги, проходящие в выемке и в нулевых отметках, менее уязвимы при землетрясении, нежели в насыпи.

4. Наиболее слабыми звеньями в полотне дорог являются участки в поймах рек с наносными грунтами, на болотистых участках, в горной местности и у подходов к мостам, на участках труб в насыпях.

5. Гибкие крепления откосов более эффективны, чем жесткие.

6. При одинаковых условиях полотно железных дорог получает в большей степени деформации, чем полотно автомобильных дорог, что частично объясняется равномерно распределенной нагрузкой в виде покрытия и большей шириной насыпи земляного полотна.

7. В горной местности для дорог большую опасность при землетрясении представляют оползни, которые активизируются при землетрясении в 5 баллов. Далее дороги выходят из строя из-за осыпания камней на скальных участках при интенсивности



с 6 баллов. Земляное полотно, проходящее в выемке или полунасыпи-полувыемке, требует дополнительной защиты от воздействия падающих камней.

8. Железобетонные трубы в насыпях строятся без учета воздействия сейсмических сил. При сейсмическом воздействии часто получают осадки, что в дальнейшем приводит к заиливанию труб, повторные сейсмические толчки увеличивают их осадку и затем дополнительное заиливание. При паводке, сечение трубы не обеспечивает расчетный расход ливневой воды и размывает все сооружение вместе с дорогой и прекращается движение транспорта. Это было отмечено на многих дорогах Киргизии и особенно на железной дороге Фрунзе-Джалал-Абад, автодорогах Фрунзе-Ош и Ош-Хорог.

9. Железобетонные трубы в насыпях дорог получают серьезные повреждения с 8 и 9 балльных землетрясений и требуют затем дорогостоящих ремонтов. Большое влияние на работу труб в насыпях при землетрясениях оказывают грунтовые условия. Наибольшие разрушения подземных сооружений отмечены в рыхлых неуплотненных грунтах, а также в местах контакта грунтов с резко отличающимися физико-механическими свойствами.

10. Лавинозащитные галереи, построенные в Таджикистане, в Киргизии, Грузии получали повреждения при землетрясениях, так как в проекте не достаточно учтены антисейсмические требования.

Список литературы

1. Быховский В.А. Инженерный анализ последствий в Японии и США [Текст] / В.А.Быховский. – М.: ГСИ, 1961. с. 20-44.
2. Газлийские землетрясения 1976 г. [Текст] // Инженерный анализ последствий. МСССР АН СССР. – М.: Наука, 1982. - с.196.
3. Медведев С.В. Инженерная сейсмология [Текст] / С.В.Медведев. – М.: ГСИ, 1962.
4. Оразымбетов Н.О. Ашхабадское землетрясение 1948 г. [Текст] /Н.О. Оразымбетов, М.М. Сердюков, С.А. Шанин. – М.: ГСИ, 1960. с. 20-307.
5. Повреждения искусственных сооружений и пути в результате землетрясения на Аляске [Текст] // Экспресс-информация «Путь и строительство железных дорог». – 1986 - № 8. - с. 5.
6. Попова Е.В. Поверхностные нарушения грунтов в эпицентральной зоне: В кн.: «Дагестанское землетрясение 14 мая 1970 г. [Текст] / Е.В.Попова, Р.А. Левкович. - М.: Наука, 1973. с. 3-34.
7. Шабалин Н.В. Методы использования инженерно-сейсмологических данных при сейсмическом районировании. В кн. «Сейсмическое районирование СССР» [Текст] / Н.В.Шабалин. - М.: Наука, 1968. с. 95-111.
8. Шестоперов Г.С. Сейсмостойкость мостов [Текст] / Г.С.Шестоперов. - М.: Транспорт, 1984. с. 26-70.
9. The California earthquake of April 18, 1906. – Report of the State Earth-quake Investigation Commission. Washington: 1908, p. 451.
10. Абдужабаров А. Х. Сейсмостойкость автомобильных и железных дорог [Текст] / А.Х. Абдужабаров. - Бишкек: 1996. - 226 с.
11. Медведев С.В. Шкала сейсмической интенсивности MSK-64. [Текст] / С.В. Медведев, В. Шпонхойер, В. Карник. - Москва: 1964.
12. Сайт о землетрясениях/ <http://www.epicentrum.ru/>
13. Крупнейшие мировые землетрясения/
<https://web.archive.org/web/20091216140150/>
14. Самые сильные землетрясения последних 100 лет.
http://news.bbc.co.uk/hi/russian/international/newsid_7986000/7986048.stm