

УДК 624.

Салямova К.Д., д.т.н., проф., Эгамбердиев Э.Х., магистрант
Институт механики и сейсмостойкости сооружений АН РУЗ, Ташкентский институт инженеров транспорта, г. Ташкент, Узбекистан

АНАЛИЗ ПОВРЕЖДЕНИЙ ТОННЕЛЕЙ ПРИ СЕЙСМИЧЕСКИХ ВОЗДЕЙСТВИЯХ

Землетрясение – природное стихийное бедствие последствиями которого являются разрушенные здания, плотины, мосты, подземные сооружения. В большинстве случаев разрушения приводят к большим человеческим жертвам. Поэтому при строительстве в регионах с повышенной сейсмической активностью, каким является территория республики Узбекистан, необходимо проектировать и строить сейсмостойкие сооружения.

Следует отметить, что изучать землетрясения нелегко, в связи с тем, что происходят они внезапно и продолжаются небольшой промежуток времени.

Анализ повреждений конструкций, вызванных землетрясениями, являются важной задачей современной науки, так как позволяет критически подойти к проектированию новых сооружений.

Подземные сооружения являются неотъемлемой частью инфраструктуры современных городов и используются в качестве транспортных сетей, подземных стоянок, хранилищ и т.п. Сооружения, построенные в районах, с повышенной сейсмической активностью должны выдерживать и сейсмические нагрузки.

Известно, что тоннели, так же как, и другие подземные конструкции, менее подвержены разрушениям при землетрясениях, чем наземные конструкции. Тем не менее, сейсмическими воздействиями на тоннели нельзя пренебрегать. Во время недавних сильных землетрясений, некоторые подземные конструкции получили серьезные повреждения и даже были разрушены [1,2]. Результат статистического анализа повреждений тоннелей при различных землетрясениях было установлены следующие полезные соотношения: тоннели при землетрясениях не повреждаются, если пиковое ускорение частиц грунта $a - 0,19g$ и пиковая скорость движения частиц грунта $v - 20\text{см} / \text{с}$; тоннель будет незначительно повреждён, если пиковые ускорения находятся в пределах $0,19 g < a_g - 0,5g$ и пиковые скорости: $20\text{см} / \text{с} < v_g - 80\text{см} / \text{с}$; тоннель может получить серьезные повреждения, если пиковые ускорения и пиковые скорости превышают следующие значения: $a > 0,5g$ и $v > 80\text{см} / \text{с}$ [3].

Для оценки реакции тоннелей на землетрясения, был выполнен анализ повреждений тоннелей, для чего была использована доступная литературы, в которой были представлены повреждения тоннелей при землетрясениях.

Тоннель может испытывать три вида деформации при сейсмическом воздействии: продольные деформации (сжатая и растяжения), изгибные деформации и деформация сдвига. Повреждение тоннелей зависит параметров

землетрясения, характера деформаций массива грунта около тоннеля и особенностей конструкции тоннельной обделки. В зависимости от соотношения жёсткости тоннельной обделки и массива грунта тоннель будет либо деформироваться вместе с массивом грунта, либо сопротивляться деформациям. Если жёсткость тоннеля превышает жёсткость среды, в зоне контакта в грунте может образоваться пластическая зона.

Разрушение обделок тоннеля при сдвиге возникает, если тоннели, пересекают активные разломы. Известно, что наибольшую опасность для тоннельных конструкций представляют большие смещения грунтовых массивов, возникающих вследствие неустойчивости грунтовых условий (например, разжижение, оползни) или смещений грунта по разломам. Ниже приводятся примеры тоннелей повреждённых или получивших повреждения при землетрясениях:

Практическим мерами по уменьшению повреждений тоннелей являются: стабилизация грунта; удаление и замена жестких грунтов вокруг тоннеля, изменение трассы или заглубление тоннеля.

Разрушение тоннеля при обрушении откоса происходит, с тоннелями, которые располагаются параллельно склонам, на которых возможно возникновение оползней, проходящих через обделки тоннелей. При обрушении откосов во время землетрясения, тоннели могут быть повреждены. Усиление сейсмических волн происходит из-за отражения от свободной поверхности склонов, что приводит к разрушениям. Причём тоннели в данном случае являются концентраторами напряжений.

Продольные трещины в сводах тоннелей (рис.1) и трещины в стенах тоннельных обделок, направленные вдоль оси тоннелей, возникают при распространении поперечных волн под углом 45° градусов к оси тоннеля и при воздействии продольных волн вдоль оси тоннеля. В некоторых случаях такие воздействия вызывают разрушения сводов тоннелей.

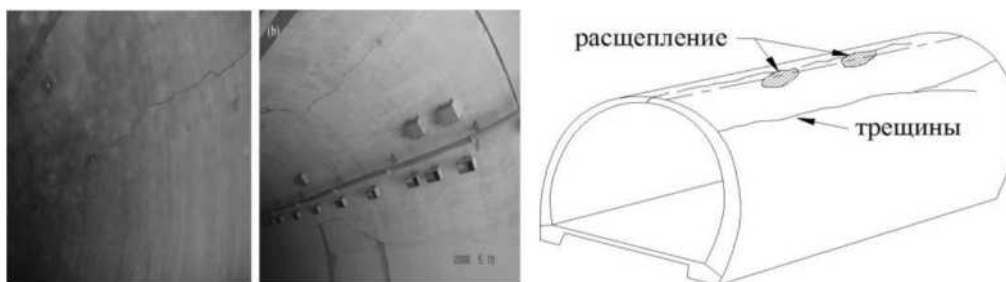


Рис. 1. Форма повреждения – продольные трещины

Поперечные трещины на рис.2 возникают в том случае, когда в тоннельной обделки отсутствуют или недостаточно прочные продольные связи между кольцами. При распространении продольной волны вдоль оси тоннелей в сечениях возникают напряжения растяжения сжатия, которые приводят к раскрытию трещин. Примеры таких повреждений приведены ниже.



Рис. 2. Форма повреждений – поперечные трещины

Кроме поперечных и продольных трещин могут образовываться и наклонные трещины, которые обычно наклонены под углом 30-60° к горизонту. Трещины появляются на одной стороне тоннеля и прерываются на границе колец.



Рис. 3. Форма повреждения – наклонные трещины

При некоторых воздействиях происходит разрушение лотковой части тоннельной обделки, которое представляет собой протяжённые трещины, а также волнообразные деформации поверхности основания. Такие деформации могут иметь большую протяжённость и большие амплитуды вертикальных перемещений на рис.4.

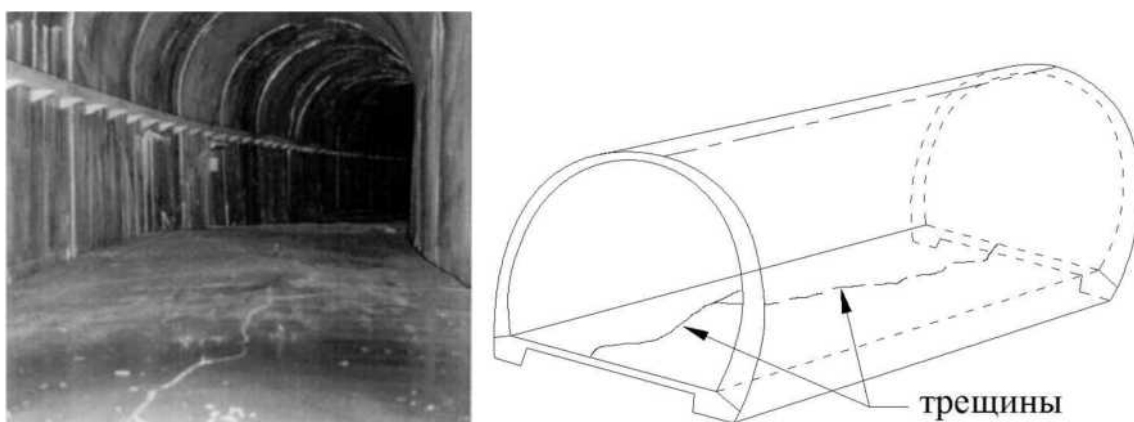


Рис. 4. Форма повреждения – трещины на лотке тоннеля

Деформация стен на рис.5 происходит из-за уменьшения размеров обратного свода вследствие его разрушения. Такое повреждение обделки

приводит к деформации боковых стен, а так же возникновению многочисленных трещин в бетонной обделке.

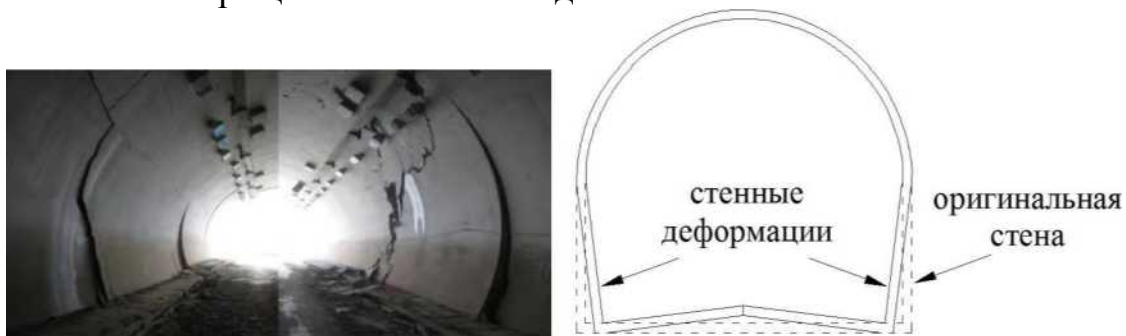


Рис. 5. Форма повреждения – деформация стен.

Очень часто трещины развиваются около разного рода ниш: вентиляционных, пожарных и так далее. Примеры таких трещин показаны на рисунке 6. Обычно эти трещины имеют протяжённость несколькими десятками сантиметров. Однако, в некоторых случаях при больших нишах (рис.6), трещины могут простираться в обе стороны и объединиться.

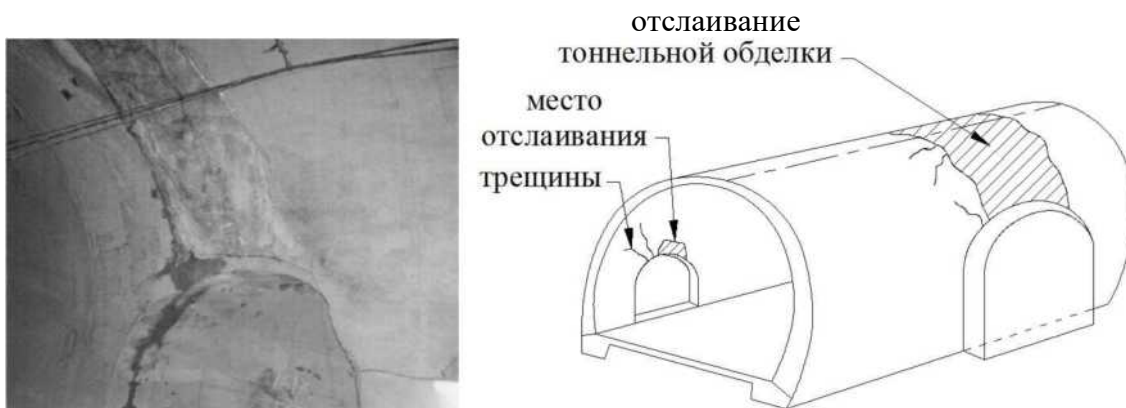


Рис. 6 Форма повреждения – трещины около ниш

Основные выводы:

- тоннель, менее подвержена разрушениям при землетрясениях, чем наземные конструкции; Тем не менее, сейсмическими воздействиями на тоннель нельзя пренебрегать.
- тоннель испытывает три вида деформации при сейсмическом воздействии: продольные деформации (сжатая и растяжения), изгибные деформации и деформация сдвига;
- разрушение обделок тоннеля при сдвиге возникает, если она, пересекает активный разлом;
- продольные трещины в сводах тоннелей и трещины в стенах тоннельных обделок, направленные вдоль оси тоннелей, возникают при распространении поперечных волн под углом 45^0 градусов к оси тоннеля;

– поперечные трещины возникают в том случае, когда в тоннельной обделке отсутствуют или недостаточно прочные продольные связи между кольцами.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Булычев, Н.С. Механика подземных сооружений / Н.С. Булычев. – М.: «Недра», 1994 – 382 с.
2. Dowding C.H., Rozen A. Damage to rock tunnels from earthquake shaking, American Society of Civil Engineers, Journal of Geotechnical Engineering Division, Vol.104, 1978, p. 175-191.
3. Hashash, Y.M.A., Hook, J.J., Schmidt, B., Yao, J.I-C. Seismic design and analysis of underground structure. Tunn. Undergr. Sp. Technol. 16, 2001, 247-293.