

УДК 539.3

Салямова К.Д., д.т.н., проф.,

Институт механики и сейсмостойкости сооружений АН РУз,

Иброхимов Ш.А. магистр

Ташкентский институт инженеров железнодорожного транспорта «ТИИЖТ», г.Ташкент, Республика Узбекистан

К ВОПРОСУ О ПОВРЕЖДЕНИЯХ ТОННЕЛЕЙ ПРИ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯХ

Землетрясения – это стихийные бедствия, которым подвержены многие районы земного шара. Последствиями землетрясения являются разрушения зданий, плотин, мостов, подземных сооружений. Во многих случаях разрушения приводят к большим человеческим жертвам. Поэтому при строительстве в районах с повышенной сейсмической активностью, каким является республика Узбекистан необходимо создавать сейсмостойкие сооружения.

Анализ повреждений конструкций, вызванных землетрясениями, являются важной задачей современной науки, так как позволяет критически подойти к проектированию новых сооружений. Сооружения, построенные в районах, с повышенной сейсмической активностью должны выдерживать и сейсмические нагрузки.

В работе приводится краткая информация о разрушениях тоннелей, вызванных землетрясениями, кратко изложены современные методы расчёта тоннелей на сейсмостойкость.

Анализ статистических данных о разрушениях, наблюдаемых в тоннелях, которые подвергались сейсмическими воздействиями [1], позволило классифицировать виды разрушений и выделить три типа подземных сооружений, которые ведут себя по-разному во время землетрясений:

- тоннели, построенные закрытым способом;
- тоннели, построенные открытым способом;
- стальные и пластмассовые трубопроводы.

Классификация повреждений дана в [2] на основе форме сейсмических воздействий. Отмечено, что повреждения тоннелей, проявляется вследствие одной или комбинации следующих причин:

- повреждения, вызванные разрушениями окружающего грунта, такими как разжижение или оползни в тоннельных порталах;
- повреждения от смещения в зоне разлома;
- повреждения из-за колебаний грунта, возникающих при распространении сейсмических волн.

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.

Случаи повреждений тоннелей и их особенности представлены ниже. Для анализа повреждений использовались материалы, представленные в различных источниках [3, 4, 5].

Разрушение обделок тоннеля при сдвиге происходит если тоннели, пересекают активные разломы. При этом 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: тоннель Болу при землетрясении Дюздже 1999 года в Турции [5]; тоннель Шиганг при землетрясении Чи-Чи 1999 года на Тайване. Можно отметить, что этот список не является полным.

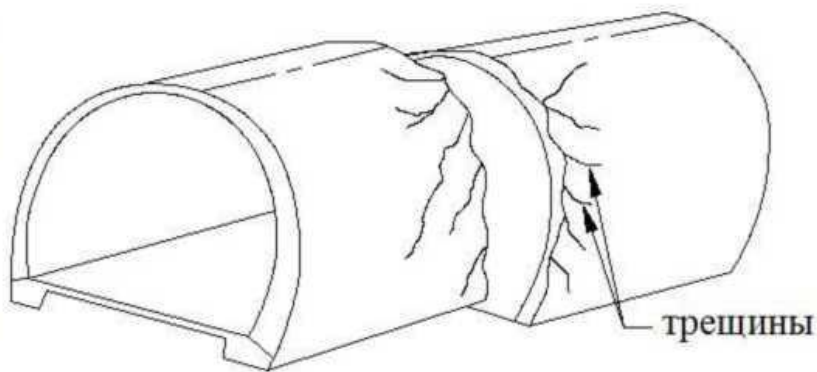


Рис. 1. Разрушение тоннеля при сдвиге грунта в зоне разлома

Подходящими 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 (рис.1) 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.

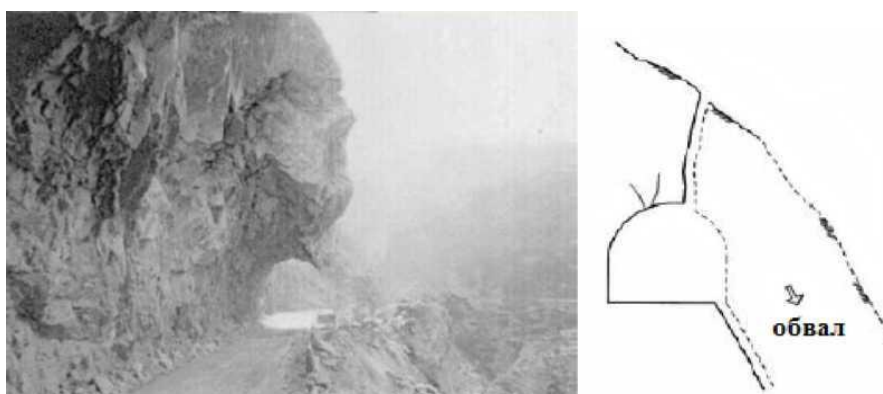


Рис.2. Форма повреждения - обрушение откоса вызвало разрушение тоннеля

Продольные трещины в сводах тоннелей 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.

Поперечные трещины (рис. 2, 3, 4) возникают в том случае, когда в тоннельной обделке 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. повреждений приведены ниже.



Рис.3. Форма повреждений - поперечные трещины

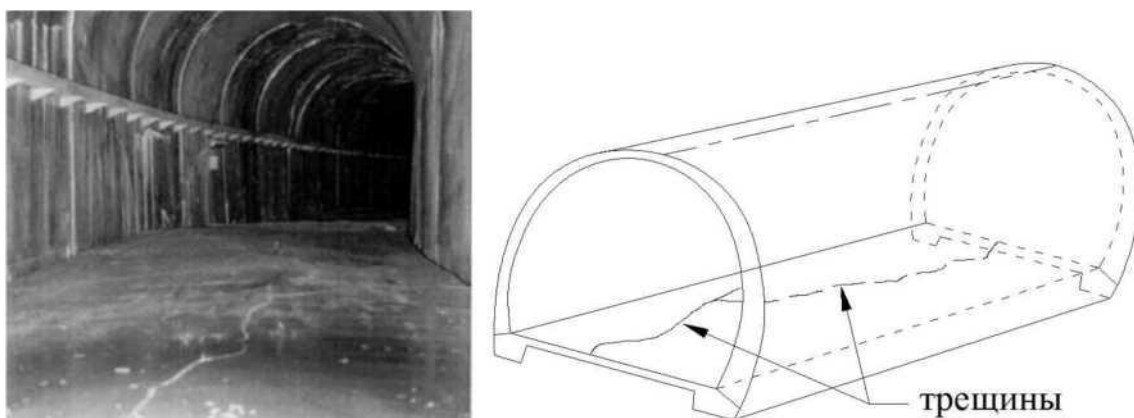


Рис. 4. Форма повреждения - трещины на лотке тоннеля

Согласно, статистического анализа разрушения тоннелей при возможном сейсмическом воздействии можно сделать вывод о необходимости рассмотрении характеристик грунта окружающего массива.

- если тоннель расположен в жёстких грунтах, то деформации тоннельной обделки и окружающего его массива грунта не отличаются. В таком случае деформации и напряжения в тоннельной обделке можно определить, используя параметры распространяющихся в грунте волн. Тоннель рассматривается как полость в упругой среде и напряжения в обделке определяются как напряжения на границе этой полости.

- если тоннель расположен в мягких грунтах, для учёта взаимодействия тоннелей с грунтом необходим учет смещений тоннеля относительно грунтового массива. В этом случае часто используется модель балки на упругом основании. Грунт представляется пружинами с соответствующей жёсткостью, зависящей от характеристик грунта и размеров поперечного сечения тоннеля, а тоннель моделируется балкой с соответствующей жёсткостью. Для учёта рассеивания энергии к пружинам добавляются демпферы.

При расчётах тоннелей на сейсмостойкость применяются и аналитические, и численные методы анализа, в которых используются различные программные комплексы.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Dowding C.H., Rozen A. Damage to rock tunnels from earthquake shaking,
2. American Society of Civil Engineers, Journal of Geotechnical Engineering Division, Vol.104, 1978, p. 175-191.
3. Power M.S., Rosidi D., Kaneshiro J.Y. Seismic vulnerability of tunnels and underground structures revisited, Proceedings of North American Tunneling '98, Newport Beach, CA, Balkema Rotterdam, 1998, p. 243-250.
4. Wang W.L., Wang T.T., Su J.J., Lin C.H., Seng C.R.,Huang T.H. Assesment of damage in mountain tunnels due to the Taiwan Chi-Chi earthquake, Tunneling and Underground Space Technology, 16, 2001, p.133-150.
5. Wang Z.Z., Zhang Z. Seismic damage classification and risk assessment of mountain tunnels with a validation for the 2008 Wenchuan earthquake. Soil Dynamics and Earthquake Engineering, 45, 2013, p. 45-55.
6. Zhang J., Mei Z., Quan X. Failure Characteristics and Influencing Factors of Highway Tunnel Damage due to Earthquakes. The Electronic Journal of Geotechnical Engineering, Vol. 18, 2013, p. 973-986.