

УДК 625.712.32.

DOI: 10.35803/1694-5298.2019.2.284-288

Ж.С. Бекболотова, КГУСТА им. Н.Исанова, г. Бишкек, Кыргызская Республика,
e-mail: altai67@mail.ru

Zh.S. Bekbolotova, KSUCTA n.a. N. Isanov, Bishkek, Kyrgyz Republic.

С.В. Крылова, КГУСТА им. Н.Исанова, г. Бишкек, Кыргызская Республика,
e-mail: rustamdamirovich777@gmail.com

S.V. Krylova, KSUCTA n.a. N. Isanov, Bishkek, Kyrgyz Republic.

Р. Д. Токоев, КГУСТА им. Н.Исанова, , г. Бишкек, Кыргызская Республика

e-mail: rustamdamirovich777@gmail.com

R.D. Tokoev, KSUCTA n.a. N. Isanov, Bishkek, Kyrgyz Republic.

ОБЕСПЕЧЕНИЕ УСТОЙЧИВОСТИ ПОДПОРНЫХ СТЕН В СЕЙСМИЧЕСКИХ РАЙОНАХ С УЧЕТОМ СОСТОЯНИЯ ГРУНТОВ ОБРАТНОЙ ЗАСЫПКИ

ENSURING THE STABILITY OF RETAINED WALLS IN SEISMIC AREAS TAKING INTO ACCOUNT THE BACKFILL SOIL CONDITIONS

Сейсмикалык райондордо тирөөч дубалдарды долбоорлоодо, конструкциянын туруктуулугуна таасир келтирген бир катар факторлор эске алынышы зарыл. Динамикалык, алардын ичинен сейсмикалык таасирлер убагында кайра толтургуч грунттун суу менен каныгуу абалы, түз сызыктуу эмес иштөө мүнөздөмөлөрү, тирөөч дубалдын туруктуулугун жоготуусуна себеп болушу мүмкүн. Бул макалада чет өлкөлөрдө түз сызыктуу эмес иштөө мүнөздөмөлөрү колдонуучу ыкмалар каралып, Кыргызстанда тирөөч дубалды эсептөө мисалы келтирилген. Каралган конструкциянын деформациялары чоң болгон аралыктарда арматуралоо жана бекемдөө ыкмасы берилген.

Өзөк сөздөр: тирөөч дубалдар, сейсмикалык таасирлер, кайра толтургуч грунт, тирегич дубалдын деформациялары.

При проектировании подпорных стен в сейсмических районах возникает потребность учета ряда факторов, которые влияют на устойчивость всей конструкции. Насыщенность водой, нелинейность характеристик грунтов обратной засыпки при динамических, в том числе и сейсмических воздействиях, может привести к потере устойчивости подпорной стенки. Поэтому в данной статье рассмотрены зарубежные методы расчета с учетом нелинейности грунта обратной засыпки. Приведен расчет подпорной стены, применяемый в Кыргызстане, показаны конструирование и способ усиления конструкции при больших деформациях.

Ключевые слова: подпорные стены, сейсмические воздействия, обратная засыпка грунта, деформации подпорных стен.

During earthquakes retaining walls are exposed to combined action. The retaining walls in seismic areas must account for the displacements, for resistance to failure in bearing, sliding and overturning. Research model have to estimate to dynamic the combined action of sliding and rocking and takes into consideration, non-linear soil stiffness in sliding, and rocking, geometrical and material damping in sliding, and rocking, and coupling effects. The calculation of the retaining wall is given, the design and the method of strengthening the structure at large deformations are shown

Key words: gravity retaining wall, seismic permanent displacement, backfill cohesion, seismic earth pressure.

Введение. Конструкция подпорных стен в сейсмических районах представляет собой сложную систему. Традиционный подход к конструкции обычно состоит из расчета коэффициента безопасности от скольжения или сдвига, расчета на опрокидывание и на потерю несущей способности. Вышеперечисленные расчеты производятся на действие статических сил, воздействующих на подпорную стену. При этом расчет на сейсмические нагрузки рассматривается как второстепенные воздействия, которые не сильно влияют на устойчивость конструкции.

Во время сейсмической нагрузки подпорные стенки имеют тенденцию смещаться от первоначального положения. Этот факт подтверждается проведенными исследованиями по деформациям подпорных стен и полученными данными во время прошедших землетрясений. В этой связи возникает вопрос о необходимости учета особенностей проектирования таких конструкций в сейсмически активных районах. При этом должны быть учтены давление грунта и проведен расчет на смещение подпорной стены со статической, так и с динамической составляющей, что может быть важным аспектом при работе конструкции /1/.

В работе представлен метод расчета статической и динамической силы, действующей на подпорную стену. Так называемый статический анализ включает в себя определение эффекта засыпки, т.е. взаимодействие сил трения между засыпкой и внутренней стороной стены. Действующее расчетное давление грунта, полученное этим методом, сравнивается с экспериментально наблюдаемым значением и может быть смоделировано во время маломасштабных испытаний подпорных стенок другими исследователями. При этом полученное смещение не должно превышать указанные допустимые значения. Так Европейских нормах сейсмостойкого проектирования рекомендует рассчитывать допустимые смещения подпорных стен из-за скольжения и вращения, как $300\alpha_{\max}$, где α_{\max} - максимальное горизонтальное движение грунта в результате землетрясения /2/.

Зарубежные исследования (Richards и Elms (1979), Nadim и Whitman (1984), Wu и Prakash (2001)) /3/ рассматривают стену как жесткую систему. А проектирование, основанное на показательных характеристиках (Performance based design) должно учитывать вероятные смещения, которые могут возникнуть во время землетрясения. Они предлагают помимо расчета прочности и устойчивости на стандартные факторы безопасности, проводить дополнительный расчет на скольжение и чрезмерное смещение. Расчетная математическая модель для оценки динамики смещения во время землетрясения должна составлять совокупное действие вибраций скольжения и колебаний и должны учитывать следующее:

- (i) Жесткость почвы при скольжении и колебаниях;
- (ii) Демпфирование характеристик материалов подпорной стены при скольжении и во время колебаний;
- (iii) Любые эффекты сцепления для повышения жесткости конструкции.

Так Wu (1999), рассмотрел несколько вариантов подпорных стен при различных граничных условиях и характерах воздействия. На рис.1. представлена 2D модель стены при статическом и динамическом (сейсмическом) нагружении.

2. Проектирование подпорных стен с учетом сейсмической нагрузки. При сейсмическом нагружении модели подпорной стены в своих исследованиях Wu и др. (1999) одновременно рассматривает такие параметры как нелинейность грунта, скольжение и колебания, происходящие при землетрясении /3/. Были проведены исследования и рассмотрены варианты обратной засыпки с насыщенным водой, влажным и сухим грунтом. Результаты расчетов показали, что максимальные сдвиги произошли в подпорной стене с засыпкой насыщенной водой состоянии.

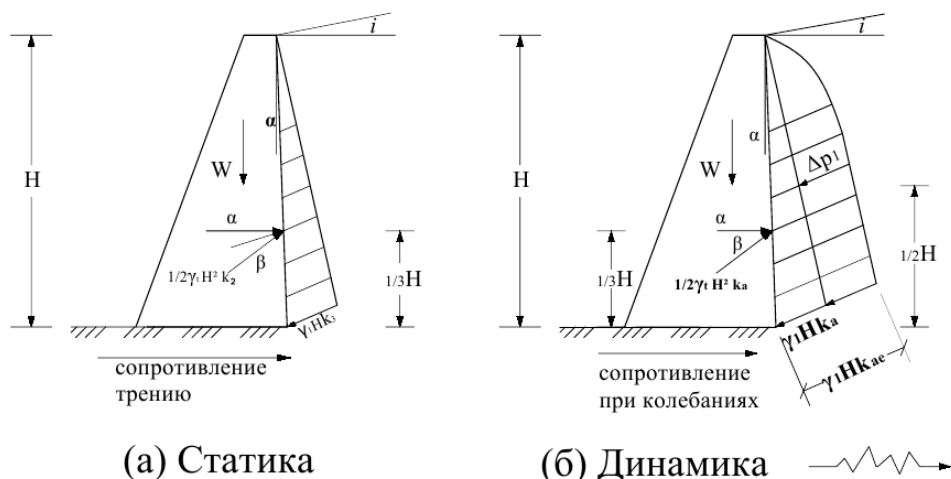


Рис.1. Расчетная схема подпорной стены при насыщенной водой обратной засыпке: а- статическом; б- при сейсмическом воздействии (Wu 1999) /3/

В условиях Кыргызстана подпорные стены рассчитывают на сейсмические нагрузки с учетом нескольких характеристик грунта. Основными критериями расчета являются объемный вес грунта R_0 , модули упругости E_0 и сдвига G_0 .

Интенсивность горизонтального давления грунта на стену определяют по формуле:

$$\sigma_r = \gamma H \lambda_r \quad (1)$$

$$\lambda_r = \operatorname{tg}^2 \left(45^\circ - \frac{\varphi}{2} \right) \quad (2)$$

где: λ_r - коэффициент активной составляющей грунта.

Давление грунта для подпорных стен определяют по методике, изложенной в СНиП 2.09.03-85 /5/. Давление грунта для подпорных стен следует определять исходя из условия образования за стеной клиновидной симметричной призмы обрушения. Давление грунта обратной засыпки принимают как действующее на расчетную (наклонную) плоскость, проведенную под углом e . Угол наклона расчетной плоскости к вертикали e и принимается не более $45^\circ - j/2$ по нормам проектирования.

Для расчета на устойчивости положения стены против сдвига необходимо выполнение следующего условия:

$$F_{sa} = \xi \cdot g_c \cdot F_{sr} / g_n \quad (3)$$

где: F_{sa} - сдвигающая сила; F_{sr} - удерживающая сила, равная сумме проекций всех удерживающих сил на горизонтальную плоскость; ξ - коэффициент условий работы грунта основания; g_n - коэффициент надежности по назначению сооружения по СНиП 2.09.03-85 прил.4 /5/.

При этом сдвигающая сила от собственного веса грунта определяется по формуле:

$$F_{sa, g} = F_{sa} \cdot j_{sa} \cdot q_i \quad (4)$$

$$F_{sa, g} = P_g h / 2 \quad (5)$$

Для данного расчета угол внутреннего трения F_i принимаем равным 12° , тогда производим подсчет для $\lambda_r = \operatorname{tg}^2 \left(45^\circ - \frac{12}{2} \right) = 0,81^2 = 0,656$, при высоте стены $H=4,0$ м, давление грунта будет составлять $\sigma_r = 1,15 \cdot 1,8 \cdot 4,0 \cdot 0,656 = 5,432 \text{ тс} / \text{м}^2$.

Нагрузка приложена по трапециевидной схеме с максимальным значением у основания стены. Пространственный расчет проводился в программном комплексе Лира9.6. На рис. 2 показаны деформации – изополя перемещений от давления грунта в направлениях X и Y.

землетрясений и спектрального анализа грунтов основания; учет влияния насыщения водой грунта обратной засыпки при проектировании подпорных стен в Кыргызстане.

Список литературы

1. Atop Lego Seismic Design of Earth Retaining Structures SSW (E/Z) AP, PWD; Itanagar
2. Wu Y.W., Shamsher P. Seismic Displacements of Rigid Retaining Walls.- - Fourth International Conference on Recent Advances in Geotechnical Earthquake Engineering and Soil Dynamics-2001. - с.1-15.
3. Антонов А.В. Армогрунтовые подпорные стены в дорожном строительстве//Научное сообщество студентов XXI столетия. технические науки: сб. Ст. По мат. XXIII-XXIV междунар. Студ. Науч.-практ. конф. № 8-9(23). [Электронный ресурс] Режим доступа: URL:[http://sibac.info/archive/technic/8-9\(23\).pdf](http://sibac.info/archive/technic/8-9(23).pdf)
4. Иманалиев Т.Б. Сейсмостойкость искусственных сооружений [Текст] / Т.Б.Иманалиев. - Бишкек: Илим, 2010. – 210с.
5. Справочное пособие к СНиП 2.09.03-85. [Электронный ресурс] Режим доступа: http://xn--e1aabhzcw.xn--c1avg.xn--p1ai/dat/codes_doc_391.pdf