



АБДУЖАБАРОВ А.Х., КГУСТА им. Н. Исанова, Бишкек, Кыргызская Республика,
e-mail: Alai.68@mail.ru

ABDUJABAROV A.H., KGUSTA them. N. Isanova, Bishkek, Kyrgyz Republic.

КУРБАНБАЕВ А.Б., КГУСТА им. Н. Исанова, Бишкек, Кыргызская Республика,
e-mail: Alai.68@mail.ru

KURBANBAYEV A.B., KGUSTA them. N. Isanova, Bishkek, Kyrgyz Republic.

ЯКУБОВ А.О., Технический университет им. М.С. Осими, Душанбе, Таджикистан,
e-mail: Alai.68@mail.ru

YAKUBOV A.O., Technical University. M.S. Oshimi, Dushanbe, Tajikistan.

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ СЕЙСМОСТОЙКОСТИ ПОДЗЕМНЫХ ПЕРЕХОДОВ

THEORETICAL AND EXPERIMENTAL STUDIES OF SEISMIC RESISTANCE OF UNDERGROUND TRANSITIONS

Жер алдындагы өткөөл конструкциянын теориялык эсебисейсмикалык кучиөрдүн тааасири астында бир катар эксперименттердин жардамы менен такталды.

Өзөк сөздөр: түзүлүшү, суу, топурак, ийкемдүүлүк модулу, жер титирөөлөр, ийилүү, деформациялоо.

Теоретические расчеты конструкции подземного перехода при воздействия сейсмических сил уточнены серией экспериментов.

Ключевые слова: конструкция, вода, грунт, модуль упругости, землетрясения, изгиб, деформация.

Theoretical calculations of the design of the underground transition under the influence of seismic forces were refined by a series of experiments.

Key words: construction, water, soil, modulus of elasticity, earthquakes, bending, deformation.

Конструкция подземного перехода выполняется из сборных железобетонных элементов и работает на сжатие – рис. 1. Позволяет сократить армирование и толщину стенок, т.к. распорные усилия в арке компенсируются взаимными связями и активным давлением грунта. Грунт вокруг сооружения дополнительно уплотняется, что повышает динамическую жесткость сооружения, а это увеличиваем его устойчивость сейсмическим силам.

Для определения наиболее опасных участков подземных пешеходных переходов используем динамическую теорию сейсмостойкости. При землетрясении колебания системы подземного перехода состоящего из свода, боковых стен и пола связанных между собой описываются системой уравнений в частных производных [1]:

$$B \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} - m \frac{\partial^2 u}{\partial t^2} - L_p \tau_x = 0 \tag{1}$$

где: B – продольная жесткость сооружения;

U – продольное перемещение;

m – масса единицы длины сооружения;

τ_x – удельная сила взаимодействия между сооружением и грунтом на единицу его

длины;

L_p – периметр сооружения.

Усилие на участке – можно определить через относительные деформации:

$$P_n = EF \frac{u_{n+1} + u_n}{L_c} \quad (2)$$

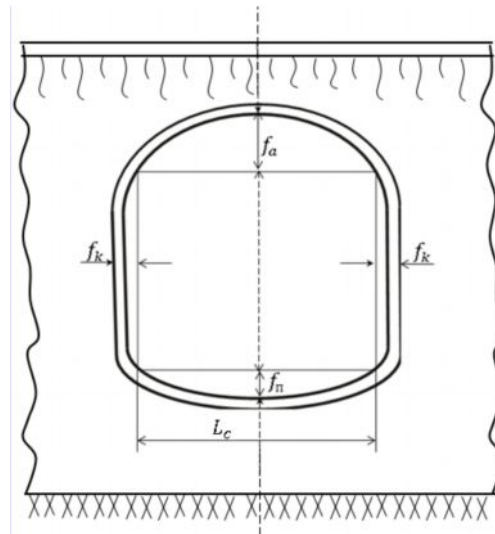


Рис. 1. Конструкция подземного перехода

$$f_a = 0,04 L, \quad f_k = 0,03 L, \quad f_n = 0,02 L;$$

где: E – модуль упругости материала сооружения; F – площадь поперечного сечения сооружения; L_c – ширина подземного перехода.

Модель грунта вокруг сооружения примем упруго-вязко-пластичной.

$$\tau_x = k_x(u - u_0)[1 - w(u - u_0)] \quad (3)$$

где: k_x – коэффициент податливости; w – функция пластичности.

$$\tau_n = L_p k_x L_c [u_0(x_n t) - u_n(x_n t)] \quad (4)$$

$$\tau_{n-1} = L_p k_x L_c [u_0(x_{n-1} t) - u_{n-1}(x_{n-1} t)] \quad (5)$$

Из (4), (5) получено:

$$\begin{cases} \int_0^{0,5\tau_n} dx_n = \frac{L_p k_x L_c}{8} [3(u_{on} - u_n) + (u_{on+1} - u_{n-1})] \\ \int_{0,5}^0 dx_{n-1} = \frac{L_p k_x L_c}{8} [3(u_{on} - u_n) + (u_{on-1} + u_{n-1})] \end{cases} \quad (6)$$

Здесь $u_{on} = u_n(x_n, t)$ при $x_n = 0$.

$$\begin{cases} \frac{mL_c}{2} u_{n-1}^k + \left(\frac{2EI}{L_c} + \frac{3L_p k_x L_c}{4}\right) u_{n-1} + \left(\frac{L_p k_x L_c}{8} - \frac{EI}{L_c}\right) (u_n - u_{n-1}) = L_p k_x L_c u_{n-1} \\ \frac{mL_c}{2} u_n^k + \left(\frac{2EI}{L_c} + \frac{3L_p k_x L_c}{4}\right) u_n + \left(\frac{L_p k_x L_c}{8} - \frac{EI}{L_c}\right) (u_{n+1} - u_{n-1}) = L_p k_x L_c u_{on} \\ \frac{mL_c}{2} u_{n+1}^k + \left(\frac{2EI}{L_c} + \frac{3L_p k_x L_c}{4}\right) u_{n+1} + \left(\frac{L_p k_x L_c}{8} - \frac{EI}{L_c}\right) (u_{n+1} - u_n) = L_p k_x L_c u_{on+1} \end{cases} \quad (7)$$

где: u_n^k – вторая производная абсолютных перемещений n участка сооружения;

u_{on}^k – вторая производная перемещений грунта рассматриваемого участка при сейсмическом воздействии.

Решение системы (7) в относительных координатах дает оценку влияния длины участка сооружения на напряженно-деформированное состояние конструкции сооружения.

Получены графики смещения и изменения напряжений на различных участках сооружения при глинистых и супесчаных грунтах – рис. 2, 3, 4, при скорости распространения сейсмической волны: глина $u_p = 350$ м/с, супеси $u_p = 1500 \frac{\text{м}}{\text{сек}}$.

Относительное смещение сооружения равно:



$$u_n^0 = \frac{u_n}{A};$$

где: A – амплитуда колебания грунта при землетрясении.

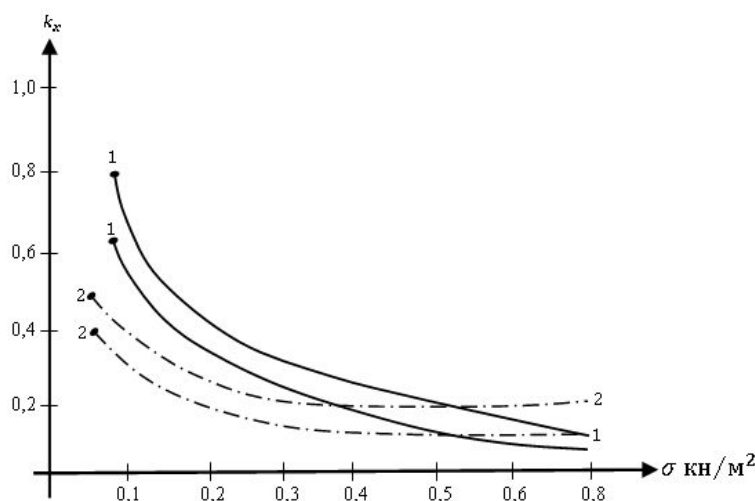


Рис. 2. Изменение напряжения в сооружении от коэффициента податливости $-k_x$
1 – грунт – глина; сплошная линия – теоретические расчеты.
2 – грунт – супесь; прерывистая линия – результаты экспериментов.

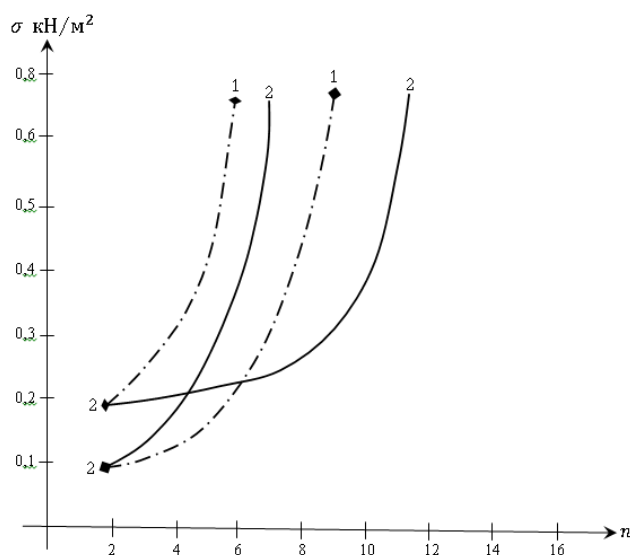


Рис. 3. Изменение напряжения в сооружении от числа $-n$ точек от начала координат
1 – грунт – глина; 2 – грунт – супесь; сплошная линия – теоретические расчеты.
прерывистая линия – результаты экспериментов.

Из графиков рис. 2, 3. можно определить, что наибольшие напряжения от сейсмического воздействия возникают из теоретических расчетов при $n = (9 \div 11)$, а экспериментально при $n = (5 \div 7)$. Среднее значение $n = 6$ м, т.е. через каждые 6 метров возникает максимальные напряжения в сооружении и в этих сечениях необходимо сооружать антисейсмические стыки рекомендованные в работе[2,3,4]. В предложенной конструкции подземного пешеходного перехода все распорные усилия частично гасятся взаимным воздействием, т.к. представляют единую конструкцию, которая работает на усилия сжатия, что позволяет избежать изгибных деформаций, что позволяет снизить толщину сооружения и процент армирования. При этом увеличивается логарифмический декремент колебаний $-\delta$ на 22%, т.е. повышается сопротивляемость сооружения сейсмическим силам.

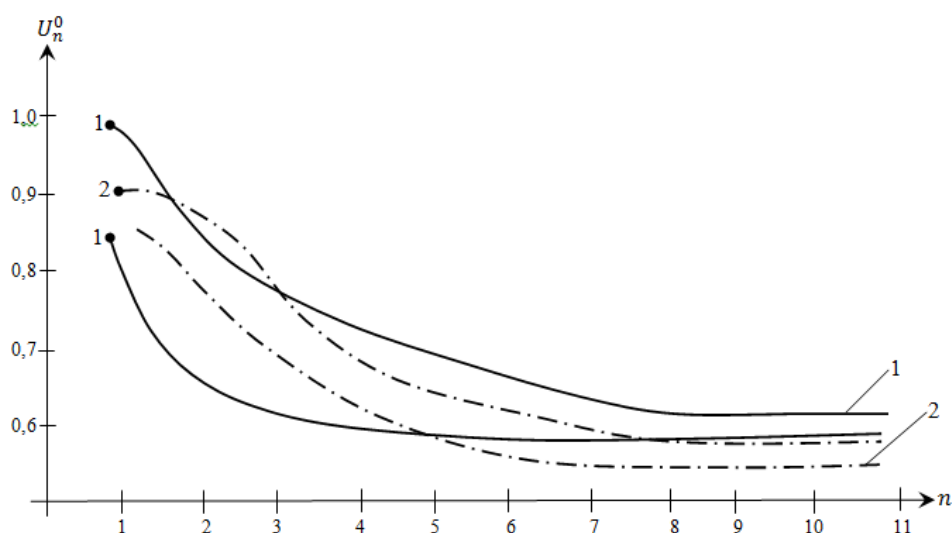


Рис. 4. Относительное смещение конструкции сооружения от числа n

В процессе экспериментальных исследований уточнена величина активного давления грунта на сооружение $-E_{ак}$ и активные сейсмические инерционные силы $-S_{ак}$ с учетом нашей конструкции:

$$\begin{aligned} E_{ак} &= E_a \cdot \alpha \cdot k \\ S_{ак} &= S_a \cdot \alpha \cdot k \end{aligned} \quad (8)$$

где: E_a – активное давление грунта на подпорную стенку; α – коэффициент учитывающей арочную кривизну сооружения $\alpha = 0,7$; k – коэффициент учитывающий конструкцию пола $k = 0,85$; S_a – сейсмические нагрузки на сооружение определяемые по известным формулам СНиП КР 2002 – 2009.

В результате теоретических и экспериментальных исследований сейсмостойкости подземных пешеходных переходов при различных грунтах, определены участки концентрации напряжений в этих сооружениях, что позволит в этих сечениях предусмотреть антисейсмические швы, что обеспечит сохранность сооружения при землетрясении или значительно сократить степень их повреждения.

Список литературы

1. Абдужабаров А.Х., Жалалдинов М.М. Расчет напряженно – деформированного состояния водопропускного сооружения [Текст] / А.Х.Абдужабаров, М.М.Жалалдинов // Вестник КГУСТА. – 2014. - №3(II том) - с. 29-32.
2. Абдужабаров А.Х. Сейсмостойкость автомобильных и железных дорог [Текст] / А.Х.Абдужабаров. - Бишкек: КАСИ, 1996. - 226 с.
3. Апсеметов М.Ч. Анализ повреждения дорожных сооружений при сильных землетрясениях [Текст] / М.Ч.Апсеметов, А.Б. Курбанбаев, Д.К. Мурзакматов, Турдубай уулу С. // Вестник КГУСТА 2016. - №1 (51). - с. 17-23.
4. Апсеметов М.Ч. Влияние искусственного основания на сейсмостойкость подземного перехода по улице Киевской возле Ошского рынка [Текст] / М.Ч.Апсеметов, Курманбек уулу Н., К.К.Алыкулов, А.М. Апсеметов // Вестник КГУСТА. – 2016. - №1 (51). - с. 23-28.