

ПРАКТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ РАСЧЕТА СООРУЖЕНИЙ С СЕЙСМОИЗОЛИРУЮЩИМИ СКОЛЬЗЯЩИМИ ОПОРНЫМИ УСТРОЙСТВАМИ НА СЕЙСМОБЕЗОПАСНОСТЬ

Бул макалада жылмышчак пайдубалдуу сейсмоторгоочу курулушту, сейсмокоопсуздука карата практикалык эсептөө ыкмасы каралган

В этой статье рассмотрены практические методы расчета сооружений с сейсмоизолирующими скользящими опорными устройствами на сейсmobезопасность

The article considered the practical methods of calculation of buildings with seismically isolation slipping support arrangements on the seismic safety

Идея сейсмоизоляции зданий от разрушительных последствий сильных землетрясений восходит к древним и средним векам.

История свидетельствует, что в VI веке до нашей эры в Эфесе для строительства одного из семи чудес света, храма Артемиды, Херсифрон выбрал болотистое место, устроив искусственное основание из древесного угля и армировав его шерстью, обеспечил сейсмостойкость храма. С целью снижения сейсмического воздействия на здания в III-VII вв. некоторые монументальные сооружения Средней Азии строились на песчаных подушках, в X-XII вв. – на подушках из чистой глины, в цокольной части стен прокладывались мягкие камышовые прослойки. Работоспособность их использования проверялась на основе результатов инженерного анализа последствий землетрясений. Так, при землетрясении в Ассане (Индия) сооружения, у которых надземная часть конструкций в целом свободно перемещалась по основанию, пострадали незначительно по сравнению с сооружениями, у которых надземная часть была жестко закреплена в основании.

Применение материалов, обладающих свойством низкого коэффициента трения, в качестве элемента сейсмоизолирующих устройств исследовано в ЦНИИСК им. В.А.Кучеренко, Казахском ПромстройНИИпроекте совместно с Фрунзенским политехническим институтом. В результате в г. Бишкек было построено несколько зданий и проведены их комплексные натурные статические и вибрационные испытания, которые показали эффективность применения таких материалов /1/.

В нашей республике широко используются сейсмоизолирующие скользящие пояса. Например, в г. Бишкек построен 12-й микрорайон из девятиэтажных крупнопанельных зданий с сейсмоизолирующими скользящими поясами. Построены мосты с резинометаллическими опорными частями и скользящими поясами на уровне фундамента и подферменной плиты /2, 3/.

В настоящее время в Кыргызском государственном университете строительства транспорта и архитектуры (КГУСТА) проводятся непрерывные исследования в этом направлении /4, 5, 6/.

В статье предложены простые формулы, которые получены в результате обработки экспериментальных исследований колебания сооружений с сейсмоизолирующими скользящими опорными устройствами.

Целью экспериментальных исследований являются установление общих закономерностей сейсмических колебаний сооружений, имеющих сейсмоизолирующие скользящие опорные устройства с низким коэффициентом трения из стали и фторопласта, в зависимости от интенсивности колебаний основания.

Экспериментальные исследования проводились на сейсмоплатформе КГУСТА. Для измерения перемещений использовались сейсмометры ВБП, СМ-3, а для записи измерения ускорений – ОСП. Регистрация сигналов осуществлялась осциллографом НО41У4.2.

Моделирование эксперимента проводилось следующим образом:

- коэффициент трения скользящих опор $f_{тр}$, период T и ускорение $\ddot{y}_0(t)$ вынужденных колебаний сейсмоплатформы, характеризующих простое подобие, приняты в диапазоне их измерения в реальных сооружениях и воздействиях /7/;

-сейсмическое воздействие моделировалось гармоническим воздействием сейсмоплатформы с частотой до 10 Гц и ускорением до 1000см/с². Такое ускорение соответствует землетрясению силой 10 баллов по шкале MSK-64, на основе которой разработаны нормы проектирования по сейсмостойкому строительству /8, 9/ многих государств мира.

В процессе эксперимента по записям осциллографа определялись ускорения сейсмоплатформы и модели сооружения. Конечным результатом экспериментального исследования является определение коэффициента сейсмоизоляции $K_{си}$, который равен отношению ускорения модели сооружения $\ddot{y}(t)$ в уровне верхнего фундамента к ускорению сейсмического воздействия $\ddot{y}_0(t)$ в уровне нижнего фундамента сейсмоизолирующего скользящего опорного устройства. Сейсмоизолирующие опорные устройства состоят из верхнего, нижнего фундаментов и размещенной между ними скользящей прокладки из фторопласта и стали.

$$K_{си} = \frac{\ddot{y}(t)}{\ddot{y}_0(t)} \quad (1)$$

В результате обработки экспериментальных данных построен экспериментальный, усредненный график коэффициента сейсмоизоляции (кривая 2 на рис.1). Методом наименьших квадратов по данным экспериментальных исследований получена эмпирическая формула коэффициента сейсмоизоляции $K_{си}$ для сооружений сейсмоизолирующим скользящим поясом из стали и фторопласта с коэффициентом трения $f_{тр}=0,04$ (кривая 1 на рис.1)

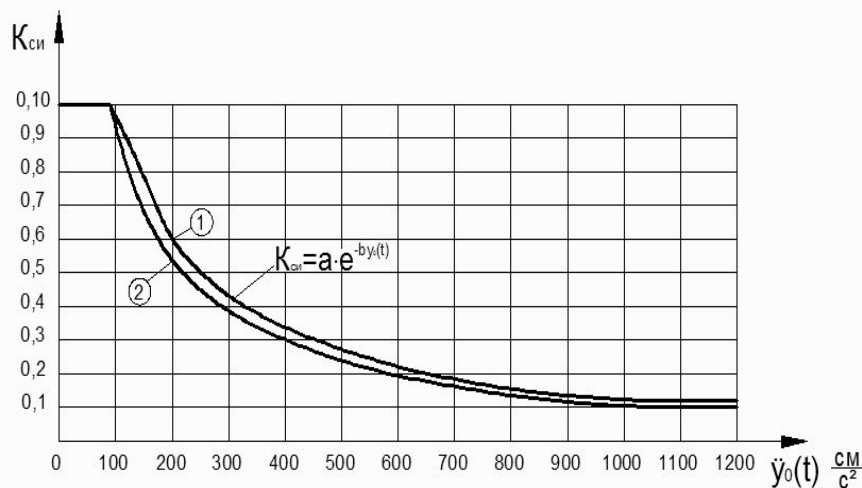


Рис.1. График коэффициента сейсмоизоляции сооружений.

1 – эмпирическая кривая по формуле (3); 2 – экспериментальная кривая

Из рис.1 видно, что чем больше воздействия $\ddot{y}_0(t)$, тем эффективнее снижается сейсмическое воздействие на сооружения. По нашему мнению, это объясняется тем, что при увеличении ускорения $\ddot{y}_0(t)$ уменьшается коэффициент трения фторопласта по

стали. Поэтому снижается коэффициент сейсмоизоляции $K_{\text{си}}$, а значит и ускорение сооружения $\ddot{y}(t)$ из формулы (1)

$$\ddot{y}(t) = K_{\text{си}} \cdot \ddot{y}_0(t) \quad (2)$$

Эмпирическую формулу кривой 1 на рис.1 ищем в виде:

$$K_{\text{си}} = a \cdot e^{-b\ddot{y}_0(t)} \quad (3)$$

причем $K_{\text{си}} = 1$ при $0 \leq \ddot{y}_0(t) \leq 90 \text{ см/с}^2$, $K_{\text{си}} = 0,1$ при $\ddot{y}_0(t) > 1100 \text{ см/с}^2$, а в промежуточных значениях $\ddot{y}_0(t)$, $K_{\text{си}}$ определяется по предложенной формуле. Коэффициенты a и b зависят от конструкции скользящего пояса. Например, для фторопласта и стали они равны, $a=1,2277$, $b=0,0023$. В формуле (3) $\ddot{y}_0(t)$ принимается в см/с^2 . Эту формулу можно использовать при расчете сооружений на сейсмическую нагрузку. Рассмотрим применение этой формулы. Пусть, например, сооружение проектируется на участке сейсмичностью площадки строительства 9 баллов, тогда по шкале MSK-64 $\ddot{y}_0(t) = 400 \text{ см/с}^2$. Из формулы (3) по 400 см/с^2 находим $K_{\text{си}} = 0,3$, и по формуле (2) $\ddot{y}(t) = \ddot{y}_0(t)K_{\text{си}} = 400 \cdot 0,3 = 120 \text{ см/с}^2$. Значит, сооружение со скользящим поясом воспринимает ускорение, равное 120 см/с^2 , а это равно ускорению 7 балльного землетрясения. Следовательно, проектировщик рассчитывает сооружение на 7 балльное воздействие и подбирает сечение конструкций сооружения. На рис. 2 представлена расчетная схема сооружения с сейсмоизолирующими опорными устройствами.

При использовании формулы (3), когда внешнее воздействие $\ddot{y}_0(t)$ задается аналитически или в виде акселерограмм сооружение над скользящим поясом рассчитывается по обычной расчетной схеме в виде жестко защемленной консоли рис. 2б, а воздействие сейсмических сил задается в виде (2) на верхний фундамент сооружения, и реакция системы $y_1(t)$ определяется решением дифференциального уравнения второго порядка с постоянными коэффициентами [10].

Применение формул (1), (2) и (3) для расчета сооружений с сейсмоизолирующими скользящими опорными устройствами на сейсмостойкость, упрощает расчетную схему сооружения.

Такой метод расчета удобен проектировщикам при проектировании сейсмостойких сооружений.

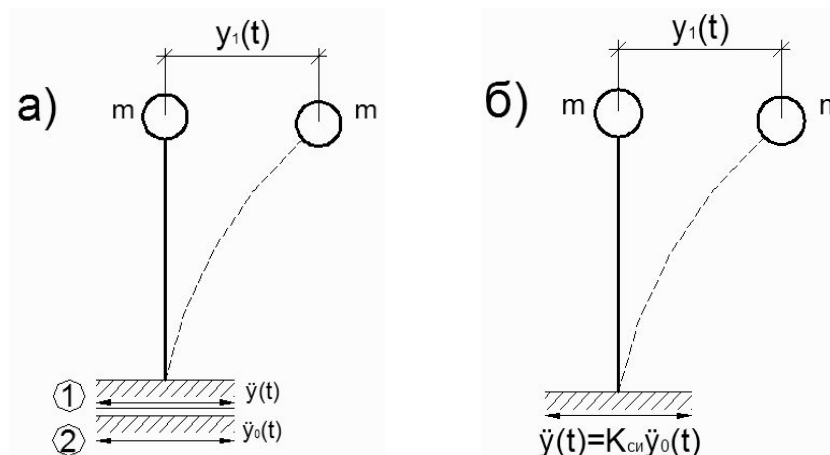


Рис.2 Расчетная схема сооружения с сейсмоизолирующими скользящими опорными устройствами с одной степенью свободы на сейсмическую нагрузку.

1 – верхний фундамент скользящей опоры; 2 – нижний фундамент скользящей опоры;

m – масса сооружения; $\ddot{y}_0(t)$ – ускорение сейсмических воздействий;

$\ddot{y}(t)$ – ускорение верхней части фундамента с сейсмоизолирующими скользящими поясами; $y_1(t)$ – реакция системы или перемещение массы m .

Список литературы

1. Поляков С.В., Килимник Л.Ш., Солдатова Л.Л. Опыт возведения зданий с сейсмоизолирующим поясом в фундаменте. М., 1984. 21с.
2. Солдатова Л.Л. Исследование работы одномассовой модели здания с сейсмоизоляционным скользящим поясом и пружинными ограничителями перемещений. М.:ЦИНИС Госстроя СССР, серия XIV, 1977, вып.3. с.11.
3. Чуднецов В.П., Апсеметов М.Ч. Полная изоляция мостов при сейсмических воздействиях. Информ. Листок НИИНТИ КР №49 (7056). Серия 73.31.13. Бишкек, 1995.
4. Чуднецов В.П., Апсеметов М.Ч. Экспериментальные исследования упрощенной модели с сейсмоизолирующим поясом малоэтажных зданий. Информ.листок КиргИНТИ №36 (7043). Серия 67.11.59. Бишкек 1994.
5. Апсеметов М.Ч. Экспериментальные исследования влияния сейсмоизолирующих опорных устройств на работу пролетного строения балочного моста при сейсмических воздействиях в поперечном направлении.//Проблемы строительной отрасли и пути их решения. Сб.науч.трудов республиканской научно-технической конференции, ч.1. Бишкек: Технология, 2001, с.57-63.
6. Жунусов Т.Ж., Апсеметов М.Ч. Сейсмоизолирующие узлы в конструкциях мостов.//Вестник КГУСТА №1, Бишкек, 2002. с. 49-54.
7. Назаров А.Г. Моделирование строительных конструкций - / Изд-во АН СССР. - Ереван. 1959.
8. СНиП II-7-81 Строительство в сейсмических районах. Нормы проектирования. М.: Стройиздат, 1982. 47 с.
9. СНиП 20-02:2009 КР «Сейсмостойкое строительство». Бишкек 2009.
10. Жунусов Т.Ж. Основы сейсмостойкости сооружений. Алма-Ата, 1990.