

С. И. ПОЦЕЛУЕВ

Харьковский национальный университет им. В. Н. Каразина, Харьков, Украина

ПАРАМЕТРИЧЕСКАЯ НЕУСТОЙЧИВОСТЬ СВОБОДНОЙ ПОВЕРХНОСТИ СЛОЯ НАМАГНИЧИВАЮЩЕЙСЯ ЖИДКОСТИ В ОСЦИЛЛИРУЮЩИХ МАГНИТНЫХ ПОЛЯХ

Исследуется задача устойчивости слоя намагничивающейся жидкости конечной толщины и произвольной вязкости в магнитном поле, которое состоит из постоянной и осциллирующей частей. В линейном приближении с использованием теории Флоке задача сведена к уравнению для квадратичного пучка матриц, где в качестве параметра выступает амплитуда периодического воздействия. Для случаев вертикального и горизонтального магнитных полей определены нейтральные кривые устойчивости и проанализированы отличия между этими механизмами возбуждения параметрической неустойчивости.

Получено 15.02.2016

ISSN 2519-8742. Механика. Исследования и инновации. Вып. 9. Гомель, 2016

УДК: 621.7.014.2:62-567.1:539.383

Р. Н. АСКАРБЕКОВ

Кыргызский государственный технический университет, Бишкек, Кыргызстан

ИСПЫТАНИЯ НА КРУЧЕНИЕ РЕЗИНОМЕТАЛЛИЧЕСКИХ ОПОР

Выполнено экспериментальное исследование деформирования резинометаллических опор, которые предполагается использовать в сейсмозащитных устройствах зданий и сооружений. Получены зависимости крутящего момента и модуля сдвига от угла поворота торцевых сечений опоры при разном количестве ее внутренних металлических пластин.

Наблюдения за повреждениями зданий и сооружений при сильных землетрясениях свидетельствуют о том, что необходимы исследования, связанные с теоретическим анализом и регистрацией параметров крутильных колебаний, которые приводят к разрушениям и потере устойчивости конструкций [1]. При сейсмических колебаниях происходят повреждения или разрушения торцевых стен, изгиб центральных частей протяженных в плане сооружений. Так при разрушительном Спитакском землетрясении 7.12.1988 г. в Армении в зоне бедствия рядом стоящие здания получили развороты и наклоны в противоположных направлениях (рисунок 1), причем смещения и повороты архитектурных памятников и надгробных камней произошли несмотря на хорошее качество цемента.

Анализ показывает, что при сильном сейсмическом воздействии часть здания, расположенная на слабом грунте, испытывает неоднородную осадку, что приводит к появлению горизонтальной составляющей деформации с угловой (вращательной) компонентой. Сдвиг поперечных стен в вертикаль-

ных плоскостях и разрушение перекрытий протяженных зданий в Турции в результате землетрясения 27 июня 1998 г. (рисунок 2), многих зданий в Спитаке, Ленинакане, Степанаване при землетрясении 7 декабря 1988 г. можно объяснить тем, что наибольшая амплитуда наблюдалась при частоте, соответствующей крутильным колебаниям в вертикальной плоскости. Поскольку такие деформации являются одним из наиболее значимых факторов повреждения сооружений, то они в обязательном порядке должны учитываться при проектировании мероприятий по снижению сейсмического риска, в первую очередь – при усилении существующих зданий.



Рисунок 1 – Последствия землетрясения в Спитаке: *а* – наклон зданий в противоположные стороны; *б* – наклон и разворот здания

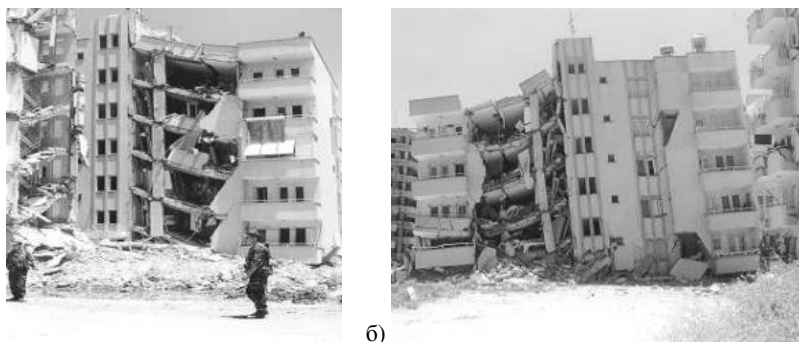


Рисунок 2 – Разрушение жилых зданий в результате землетрясения в Турции 27 июня 1998 г.: *а* – сдвиг поперечных стен в вертикальной плоскости относительно друг друга; *б* – разрушение перекрытий из своей плоскости

В качестве сейсмозащитных устройств находят применение резинометаллические элементы (опоры, демпферы, изоляторы) [2]. При жестком скреплении с основанием и несущими колоннами здания или сооружения такие элементы первыми испытывают кручение при появлении сейсмических колебаний. Целью представленной работы стало экспериментальное

определение свойств резинометаллических опор (РМО) при кручении, установление характера их разрушения и появления трещин в резиновых слоях.

Эксперименты по определению деформирования цилиндрических РМО при кручении проводились на базе кафедры «Механика и промышленная инженерия» Кыргызского государственного технического университета с соблюдением существующих стандартов [3]. Опоры изготавливались на специальном прессе под давлением, резиновые слои были привулканизированы к металлическим пластинам. Геометрические параметры РМО: высота – 0,1 м, диаметр – 0,105 м. Использована резиновая смесь марки СНК МБС–3826, ТУ.38.105.1082–86 для изготовления эластомерных слоев РМО, и сталь 45 для изготовления металлических пластин. Резина обладала следующими механическими характеристиками: модуль упругости (Юнга) – 4,2 МПа, плотность – 1350 кг/м³, твердость по Шору – 75.

Для эксперимента согласно технологии изготовления таких изделий сделаны 4 вида резинометаллических опор, отличающихся количеством металлических пластин (рисунок 3). В образце № 1 они расположены только с торцов, в № 2, 3 и 4 помимо торцевых пластин располагались соответственно 1, 2 и 3 внутренних, разделявших РМО на одинаковые по объему части. Специально под захваты испытательного стенда были приварены металлические обоймы необходимой геометрической конфигурации (рисунок 4).

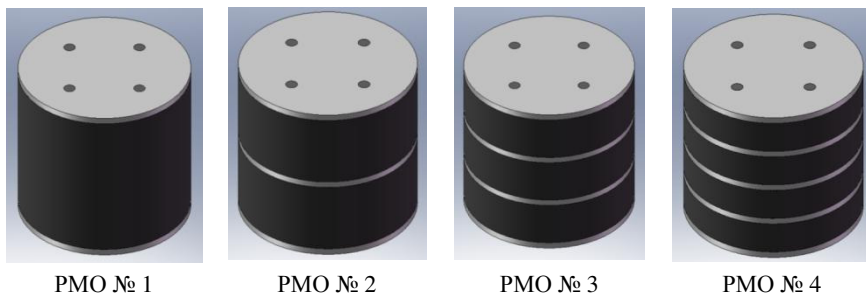


Рисунок 3 – Испытанные резинометаллические опоры

Выполненные испытания продемонстрировали достаточно быстрое разрушение РМО № 1, которое произошло в области верхней пластины, в месте приварки металлической обоймы, где к опоре непосредственно прикладывалась нагрузка. Объясняется это тем, что адгезионная прочность (прочность сцепления металла с резиной) оказалась недостаточной. Кроме того, в разрушенном образце еще до испытания была замечена едва заметная глазу трещина. В остальных РМО больших повреждений не было, появились лишь трещины в резиновых слоях.

На установке КМ-50 в результате испытаний получены графики зависимостей между углом поворота φ и крутящим моментом $M_{кр}$ для различных резинометаллических опор, которые приведены на рисунке 5, а.

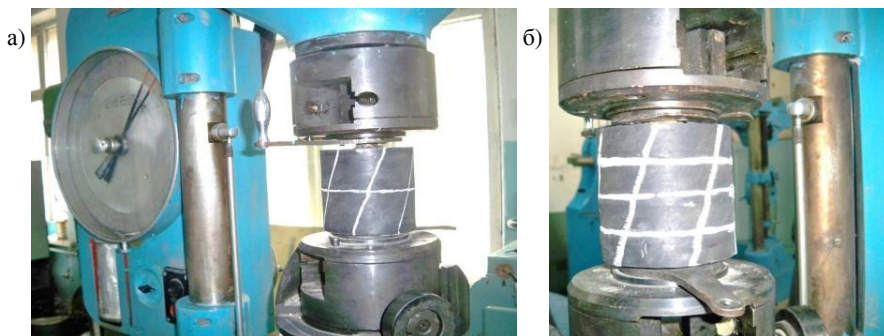


Рисунок 4 – Испытание на кручение резинометаллических опор № 2 (а) и № 4 (б)

Затем на основе этих диаграмм определены модули сдвига при кручении. Для этого использована зависимость ([4], с. 168)

$$\Delta\varphi = \frac{\Delta M_{кр} l}{G I_{\rho}},$$

где l – длина участка закручивания; $\Delta\varphi$ – изменение угла закручивания участка; I_{ρ} – полярный момент инерции поперечного сечения, который для образца диаметром $d = 0,1$ м равен

$$I_{\rho} = \frac{\pi d^4}{32} = 119,3 \cdot 10^{-3} \text{ м}^4.$$

Соответственно, значения модуля сдвига найдены по формуле

$$G = \frac{\Delta M_{кр} l}{I_{\rho} \Delta\varphi}.$$

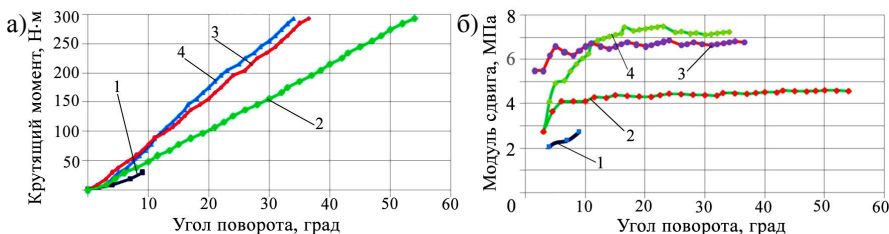


Рисунок 5 – Зависимость крутящего момента (а) и модуля сдвига материала (б) от угла поворота для резинометаллических опор:
1 – РМО № 1; 2 – РМО № 2; 3 – РМО № 3; 4 – РМО № 4

Характер изменения модуля сдвига от угла поворота для различных резинометаллических опор представлен на графиках, приведенных на рисунке 5, б.

Из них видно, что при углах закручивания, меньших 10° , жесткость опор увеличивается при увеличении крутящего момента. При углах, больших 10° , модуль сдвига остается практически постоянным. Незначительные изменения могут быть объяснены погрешностями измерения. Предельные значения модулей сдвига составили: РМО № 1 – $G = 2,74$ МПа, РМО № 2 – $G = 4,57$ МПа, РМО № 3 – $G = 7,25$ МПа, РМО № 4 – $G = 6,75$ МПа.

Таким образом, выполненные испытания показали, что при соблюдении технологии изготовления резинометаллические элементы имеют физико-механические характеристики, обеспечивающие достаточно высокую выносливость при крутильных колебаниях. Результаты экспериментального определения значений модуля сдвига для разного вида резинометаллических опор показывают, что с увеличением числа металлических пластин, модуль сдвига увеличивается, то есть жесткость резинометаллических опор при кручении увеличивается. Полученные результаты позволяют проектировать виброизоляцию сооружений, машин и оборудования.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 Егупов, К. В. Проблемы проектирования на сейсмостойкость протяженных и несимметричных сооружений / К. В. Егупов // Сейсмостойкое строительство. – 2000. – № 1. – С. 23–30.

2 Применение тонкослойных резинометаллических опор для сейсмозащиты зданий в условиях территории Кыргызской Республики / Т. О. Ормонбеков [и др.]. – Бишкек : Учкун, 2005. – 212 с.

3 Наумов, И. С. Российские и международные стандарты на методы испытаний резин, сырых резиновых смесей и высокомолекулярных каучуков / И. С. Наумов, А. М. Чайкун, О. А. Елисеев // Все материалы. Энциклопедический справочник. – 2014. – № 11. – С. 4–13.

4 Беляев, Н. М. Соппротивление материалов / Н. М. Беляев. – М. : Наука, 1976. – 608 с.

R. N. ASKARBEKOV

Kyrgyz State Technical University, Bishkek, Kyrgyzstan

TORSIONAL DEFORMATION OF RUBBER-METAL SUPPORTS

An experimental study of rubber-metal supports' deformation was carried out. These supports are supposed to be used in seismic-protection devices of buildings and structures. There were obtained the dependences of torque and shear modulus on the rotation angle of support end sections with different number of its internal metal plates.

Получено 18.10.2015