

А. А. МКРТЧЯН, В. Л. МНАЦАКАНЯН,
С. С. МУРАДЯН

ОБ ОДНОЙ КОНСТРУКЦИИ ЭЛАСТИЧЕСКОЙ СЕЙСМИЧЕСКОЙ ПЛАТФОРМЫ

В статье приводится краткое описание одной из конструкций эластической сейсмической платформы, а также предварительные результаты опытов с моделью жесткого фундамента на такого рода платформе.

Для оценки сейсмостойкости сооружений, кроме теоретических исследований, существенное значение имеют экспериментальные исследования моделей на сейсмических платформах. Существующие сейсмические платформы осуществляют возвратно-поступательные перемещения, как жесткие системы. Все точки такого рода платформы имеют одинаковые смещения или, иначе говоря, совершают колебания в одной фазе. Однако для более точного решения некоторых задач инженерной сейсмологии требуется учет различия фаз в колебаниях грунта в основании сооружений.

А. Г. Назаровым была высказана и обоснована идея о возможности осуществления эластических сейсмических платформ с применением низкомодульных материалов [1]. Такие платформы могут более точно имитировать колебания почвы при землетрясении, так как кроме осуществления возвратно-поступательного перемещения как жесткого целого, они могут деформироваться по заданному закону во времени. В результате различные точки таких платформ колеблются с различными фазами.

Сконструированная и изготовленная нами одна из таких пробных эластических сейсмических платформ из низкомодульного материала — вальцмассы, имеет следующее устройство. На металлической раме, жестко закрепленной на железобетонном основании, с помощью хлопчатобумажных ремней (90×3 , $5 \times 0,3$ см) подвешен горизонтально-расположенный брус из вальцмассы длиной 400 см и прямоугольным поперечным сечением размерами 80×40 см. Вес этого бруса около 2000 кг, нижняя поверхность бруса по всей длине имеет цилиндрическое очертание. Это сделано из того соображения, чтобы вес бруса равномерно распределялся по всей поверхности хлопчатобумажных подвесок. По всей длине рамы имеются 50 ремней, которые прикреплены к стальным тросикам диаметром 0,3 см, и расположены друг от друга на расстоянии 8 см. Эластическая платформа снабжена системой домкратов, соединенных между собой цепной передачей. На домкратах опирается деревянный щит, поддерживающий брус из вальцмассы.

Во время испытаний эластическая сейсмическая платформа подвешена на ремнях, а в не рабочее время опирается на настил, поддерживаемый системой домкратов, во избежание появления с течением времени деформаций ползучести от собственного веса¹.

¹ При кратковременных динамических процессах деформации ползучести несущественны.

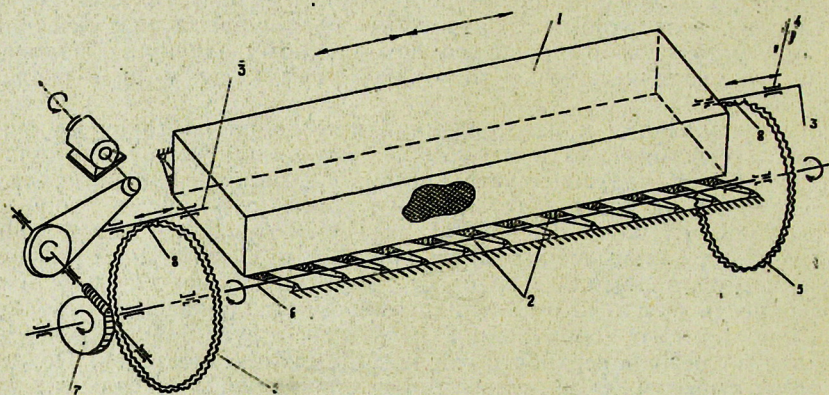
Платформа приводится в движение вдоль своей оси возбуждающей установкой программированного управления. Конструкция этой установки следующая. Два чугунных маховика, диаметром каждый 90 см, соединены между собой жестко валом длиной 500 см. На маховиках нанесена программа колебаний платформы, изготовленная из полосовой стали шириною 6 см и толщиной 1 см. Программы прикреплены к маховикам с помощью потайных болтов. В эти программы упирается шток, жестко прикрепленный к платформе.

Величины периодов колебаний платформы можно регулировать длиной волны, нанесенной на программу, а также скоростью вращения маховика. Движение вращающейся системы весом 600 кг (2 маховика и вал на 4 подшипниках скольжения) осуществляется через редуктор и систему электродвигателей. Для плавного регулирования движения системы установлен один асинхронный трехфазный электродвигатель мощностью 20 кВт, который приводит в движение генератор постоянного тока мощностью 16,5 кВт.

Полученный постоянный ток передается электродвигателю постоянного тока, равным 15 кВт. Последний приводит в движение редуктор, выходной вал которого соединен с валом вращающейся системы платформы.

Преимуществом такой установки является то, что она генерирует колебания платформы с двух сторон с регулируемым сдвигом фаз. Последнее обстоятельство дает возможность осуществить возвратно-поступательные перемещения платформы, как жесткого целого, а также деформироваться по заданному закону колебаний во времени.

Кинематическая схема эластической сейсмической платформы приведена на фиг. 1.



Фиг. 1. Кинематическая схема эластической сейсмической платформы.
1 — эластическая платформа; 2 — ремни; 3 — шток; 4 — направляющий;
5 — программная лента; 6 — вал; 7 — редуктор; 8 — ролики.

При проектировании опытов на рассматриваемой платформе мы исходили из теории расширенного подобия при условии соблюдения равенства ускорений на модели и в натуре. Это позволяет проводить эксперименты над моделями без специальной пригрузки, компенсирующей недостаток веса.

В этом случае имеем следующие условия подобия [1]:

для напряжений	$\sigma' = \beta \sigma = \alpha \delta \sigma,$
для деформаций	$\varepsilon' = \gamma \varepsilon,$
для модуля упругости	$E' = \beta/\gamma E,$
для смещений	$u' = \alpha \gamma u,$
для скоростей	$v' = \sqrt{\alpha \gamma} v,$
для ускорений	$W' = W$ (по условию),
для скорости распространения сейсмических волн	$c' = \xi c = \sqrt{\alpha/\gamma} c,$
для времени	$t' = \xi t = \sqrt{\alpha \gamma} t,$

где α — масштабный множитель для длин ($l' = \alpha l$),
 δ — масштабный множитель для плотности ($\rho' = \delta \rho$),
 β — масштабный множитель для напряжений,
 γ — масштабный множитель для относительных деформаций,
 ξ — масштабный множитель для времен.

Описанная платформа при низких частотах может быть использована для изучения взаимодействия между грунтом и фундаментом сооружения, а при высоких частотах для изучения вопросов, связанных с влиянием рельефа местности. Здесь приведен пример изучения взаимодействия между ленточным фундаментом и грунтом. Моделью грунтов может служить сам вальцмассовый брус эластической платформы.

Таким образом, предполагая, что платформа представляет собой грунт, постараемся подобрать коэффициенты подобия для моделирования этого основания.

Для натуры (глины и суглинки) имеем:

$$c = 4 \cdot 10^4 \text{ см/сек},$$

$$\rho = \frac{0,0018}{981} \frac{\text{кг сек}^2}{\text{см}^4},$$

$$E = 2900 \text{ кг/см}^2;$$

для модели (платформы):

$$E' = 10 \text{ кг/см}^2,$$

$$\rho = \frac{0,00135}{981} \frac{\text{кг сек}^2}{\text{см}^4}.$$

Произведем расчет для получения коэффициентов подобия:

$$\delta = \frac{\rho'}{\rho} = \frac{0,00135}{0,0018} = 0,75,$$

$$\beta/\gamma = \frac{E'}{E} = \frac{10}{2900} = \frac{1}{290},$$

$$\xi = \sqrt{\alpha \gamma} = \alpha \sqrt{290 \times 0,75} = 15 \alpha.$$

Если предположить, что преобладающий период колебаний землетрясения $T = 0,3 \text{ сек}$, тогда, так как платформа также имеет $T' = 0,3 \text{ сек}$, множитель подобия для времени будет равняться единице:

$$\xi = \frac{T'}{T} = 1,$$

¹ Обозначения со штрихом относятся к модели, а обозначения без штриха — к оригиналу.

В этом случае множитель подобия геометрических величин будет

$$\alpha = 1/15.$$

Имея α , получим значения для остальных величин:

$$\beta = \alpha \cdot b = 1/15 \times 0,75 = 0,05,$$

$$\gamma = \beta \cdot 290 = 0,05 \times 290 \approx 15.$$

Перейдем к моделированию жесткого фундамента.

Принимая напряжение в основании фундамента в натуре $\sigma = 2 \text{ кг/см}^2$, для модели получим:

$$\sigma' = \beta \sigma = 0,05 \cdot 2 = 0,1 \text{ кг/см}^2.$$

Ширина фундамента в натуре $b = 120 \text{ см}$, ширина модели

$$b' = \alpha b = \frac{120}{15} = 8 \text{ см}.$$

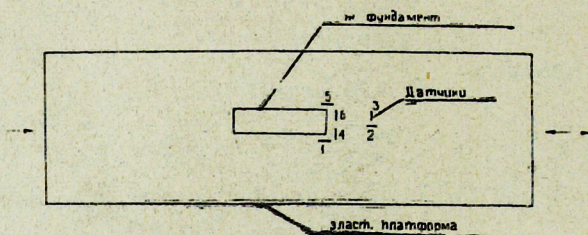
Вес модели длиной один метр будет:

$$Q' = \sigma' \times F' = 0,01 \times 8 \times 100 = 80 \text{ кг}.$$

В качестве фундамента (не деформируемого) принимаем свинцовый брусок с размерами основания $8 \times 100 \text{ см}$, откуда высота будет:

$$h' = \frac{Q'}{a' \times F'} = \frac{80000}{7,8 \cdot 8 \cdot 100} = 13 \text{ см}.$$

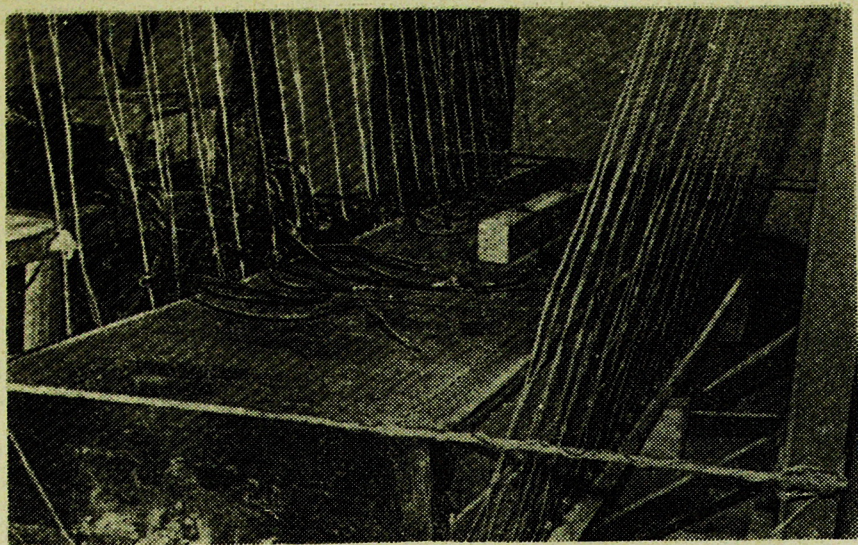
В результате нами проведено экспериментальное изучение поведения модели жесткого фундамента на эластической сейсмической платформе с возбуждением в последней гармонических колебаний с двух сторон со сдвигом фаз. Гармонические колебания в платформе возбуждаются с помощью описанной выше электромеханической системы.



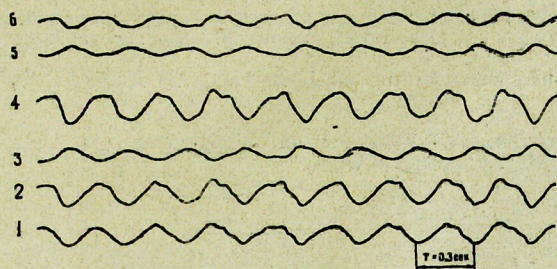
Фиг. 2. Схема расположения датчиков на платформе.

На эластической сейсмической платформе (фиг. 2 и 3) размещаются датчики деформации. Регистрация деформаций осуществляется на осциллографе ПОБ-12 М. Изучение характера деформационных свойств, возникающих в платформе при колебательных процессах, производилось следующим образом. В начале изучались деформации, возникающие в самой платформе при колебании. После чего на поверхности платформы устанавливался жесткий ленточный фундамент так, что ось фундамента совпадала с осью платформы, и производилась повторная запись колебаний.

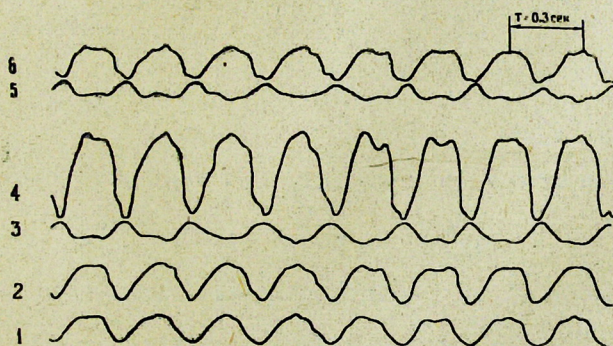
Полученные экспериментальные данные привели к следующему предварительному выводу (фиг. 4 и 5): величина деформации в торцах



Фиг. 3. Эластическая платформа с жестким фундаментом.



Фиг. 4. Запись деформации точек платформы без фундамента.



Фиг. 5. Запись деформации точек платформы с фундаментом.

Точка	Амплитуда A в делениях		Абсолютное удли- нение Δl микрон		Относительн. удлинение $\epsilon = \frac{\Delta l}{l}$; $l = 7$ мм	
	без фунда- мента	с фунда- ментом	без фунда- мента	с фунда- ментом	без фунда- мента	с фунда- ментом
1	3,9	4,4	28	26	$33 \cdot 10^{-4}$	$37 \cdot 10^{-4}$
2	4,7	5,5	21,6	25	$31 \cdot 10^{-4}$	$36 \cdot 10^{-4}$
3	2,8	3,2	14,7	16,8	$21 \cdot 10^{-4}$	$24 \cdot 10^{-4}$
4	5,7	12,4	31,6	68,8	$45 \cdot 10^{-4}$	$98,5 \cdot 10^{-4}$
5	2,3	3,15	13,5	18,5	$19,6 \cdot 10^{-4}$	$26,4 \cdot 10^{-4}$
6	2,4	5,0	16,0	33,3	$23 \cdot 10^{-4}$	$48 \cdot 10^{-4}$

фундамента в продольном направлении увеличивается почти в два раза, по бокам фундамента существенное изменение деформации в продольном направлении не наблюдается (см. таблицу).

Считаем необходимым подчеркнуть, что этот эксперимент приведен здесь лишь для иллюстрации работы платформы. Сами же эксперименты будут подробно описаны в специальной статье.

ЛИТЕРАТУРА

1. А. Г. Назаров. Эластические сейсмические платформы. Докл. АН Арм. ССР, т. 34, № 5, 1962.
2. А. Г. Назаров. Метод инженерного анализа сейсмических сил. Ереван, 1959.
3. Д. Д. Баркан. Динамика оснований и фундаментов. Стройвоенмориздат. М., 1948.
4. Инженерная сейсмология, № 1—2, Изд. АН Тадж. ССР, Душанбе—Ленинкан, 1964.

Институт геофизики и инженерной сейсмологии
АН Армянской ССР