

А. А. МКРТЧЯН

К ИЗУЧЕНИЮ ЭФФЕКТА СЕЙСМИЧЕСКОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ГРУНТОВЫЕ НАПЛАСТОВАНИЯ НА ЭЛАСТИЧЕСКОЙ СЕЙСМИЧЕСКОЙ ПЛАТФОРМЕ

Известно, что при распространении сейсмических возмущений основание не только участвует в колебаниях системы, но и является той средой, которая передает сейсмический эффект. Волна, проходящая по основанию, вступает во взаимодействие с фундаментом сооружения и меняет форму колебания [1—3]. В зависимости от плотности той среды, на которой расположено сооружение, сейсмический эффект будет передаваться по-разному.

В настоящей статье попытаемся оценить эффект сейсмического воздействия на грунтовые напластования экспериментальным путем, на основе соблюдения условий расширенного подобия [2].

Предположим, грунтовое напластование состоит из двух слоев грунта с разными механическими свойствами. На грунте стоит жесткий фундамент. Моделью нижнего слоя является сама эластическая сейсмическая платформа.

На основании [2] можно утверждать, что подобие рассматриваемой системы обеспечивается при одинаковых множителях подобия для обоих слоев. В этом случае для моделирования верхнего слоя и фундамента сооружения, подберем множители подобия, исходя из параметров модели нижнего слоя.

Приведем пример расчета.

I. Нижний слой—натурный грунт средней прочности:

$$E = 1,2 \cdot 10^4 \text{ кг/см}^2,$$

$$\rho = \frac{0,002}{981} \frac{\text{кг} \cdot \text{сек}^2}{\text{см}^4}.$$

Модель (платформа):

$$E' = 10 \text{ кг/см}^2,$$

$$\rho' = \frac{0,0013}{981} \cdot \frac{\text{кг} \cdot \text{сек}^2}{\text{см}^4}.$$

Соблюдая равенства ускорений модели и оригинала [2], при $\xi=1$ получим:

$$\alpha = 1/25; \quad \beta = 0,03; \quad \gamma = 25 \quad \text{и} \quad \delta = 0,65.$$

Получив множители подобия для нижнего слоя, перейдем к моделированию верхнего слоя грунтовых напластований и жесткого ленточного фундамента.

II. Верхний слой—натурный грунт:

$$E = 2,6 \cdot 10^3 \text{ кг/см}^2,$$

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

При существующих множителях подобия модель верхнего слоя должна обладать следующими свойствами:

$$E' = \frac{\beta}{\gamma} E = \frac{0,03}{25} \cdot 2,6 \cdot 10^3 = 3,12 \text{ кг/см}^2,$$

$$\rho' = \beta \rho = 0,65 \cdot \frac{0,0018}{981} = \frac{0,0012}{981} \text{ кг} \cdot \text{сек}^2/\text{см}^4.$$

Напряжение в основании фундамента в натуре $\sigma = 2 \text{ кг/см}^2$, поэтому в качестве модели ленточного фундамента нами принят свинцовый брус с размерами $6 \times 10 \times 50 \text{ см}$.

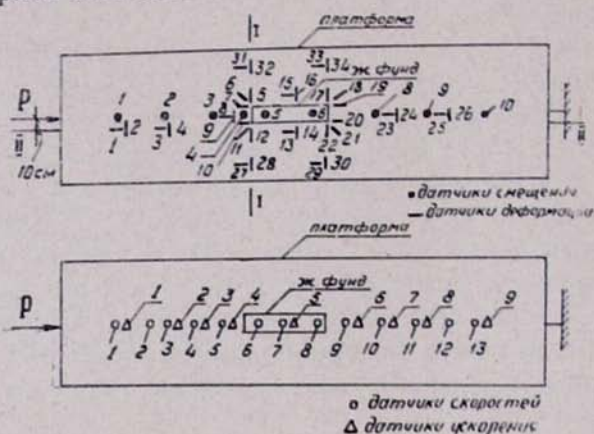


Рис. 11. Схема расположения датчиков на поверхности платформы

В данном случае эластическая сейсмическая платформа представляет собой горизонтальный брус, состоящий из двух слоев низкомодульного материала с различными механическими свойствами. Верхний слой бруса имеет толщину 15 см, а нижний—50 см. В середине этого бруса расположен жесткий ленточный фундамент, ось которого совпадает с осью бруса. Брус с одного конца испытывает продольный удар, наносимый твердым телом, а другой его конец жестко закреплен. Таким образом, одновременно изучаем эффект сейсмического воздействия на грунтовые напластования и взаимодействия между жестким сооружением и податливым основанием. Результаты моделирования приближены вследствие возникновения паразитных поперечных деформаций в бруссе эластической платформы.

Для решения поставленной задачи задались целью определить смещение, скорости, ускорения и деформации в слоях при распространении ударных волн и определить те же параметры при наличии модели фундамента. С этой целью вдоль платформы на верхнем слое размещались датчики смещения (10 шт.), скорости (15 шт.) и ускорения (10 шт.) на расстоянии 20 см друг от друга. Датчики деформации размещались на нижнем и верхнем слоях платформы в продольном и поперечном направлениях. Вокруг модели фундамента датчики деформации располагались в продольном, поперечном направлениях и под углом 45° (в количестве 20 шт.). Всего было использовано 55 измерительных датчиков (рис. 1). После размещения датчиков по свободному концу платформы производился продольный удар твердым телом. Одновременно велась регистрация колебательного процесса в бруске. После этого на поверхности верхнего слоя устанавливалась модель ленточного фундамента, осуществлялся продольный удар и фиксировался колебательный процесс в тех же точках.

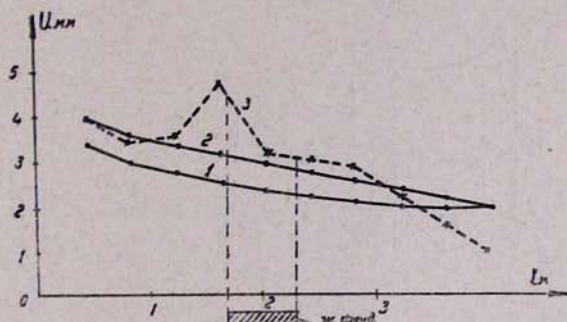


Рис. 2. Распределение смещений по длине платформы

Для определения эффекта сейсмического воздействия на грунтовые напластования, на основе полученных сейсмограмм строились кривые зависимости смещений, деформаций, скоростей и ускорений по длине платформы для нижнего и верхнего слоев.

Обработка сейсмограмм производилась по амплитудам колебаний, которые приведены ниже по отдельным параметрам.

1. Картина смещений.

На рис. 2 представлены значения смещений точек модели грунтов для нижнего и верхнего слоев при наличии фундамента и без него. На верхнем слое получаются большие смещения (кривая 2), чем на нижнем (кривая 1). Но обе кривые постепенно, почти параллельно друг другу, опадают по длине распространения волн из-за явления затухания. Характерным для смещения является то, что при наличии фундамента смещение перед фундаментом возрастает на 50% от первоначального значения.

2. Картина деформации.

а) Рассмотрим картину деформации ε_x в поперечном сечении (разрез 1—1), которая показана на рис. 3. Кривая 1 соответствует деформациям грунта верхнего слоя. Кривая 2 — деформациям в этом же сечении

при наличии модели фундамента. Как видно из рис. 3, деформации резко увеличиваются перед фундаментом (почти в 3 раза) и незначительно после него.

б) На рис. 4 показана деформация ε_y в продольном направлении в разрезе (II—II). Кривая 1 обозначает величины деформации верхнего слоя от продольных возмущений. Кривая 2—те же величины при наличии жесткого фундамента. Характерным является то, что при наличии фундамента на протяжении 1,5 м от места удара ε_y уменьшается, а на протяжении фундамента ε_y увеличивается почти на 60% от первоначального значения, после чего постепенно уменьшается вдоль платформы.

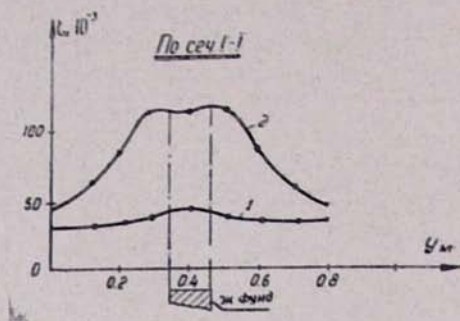


Рис. 3. Величины деформации в поперечных сечениях платформы

3. Немалый интерес представляет скорость частиц в слоях при распространении продольных волн, которая показана на рис. 5. На кривой 1 изображены значения скоростей частиц в нижнем слое. На кривой 2—значения скоростей частиц в верхнем слое. Она имеет более резко затухающий вид, нежели кривая 1. На кривой 3—значения скоростей частиц

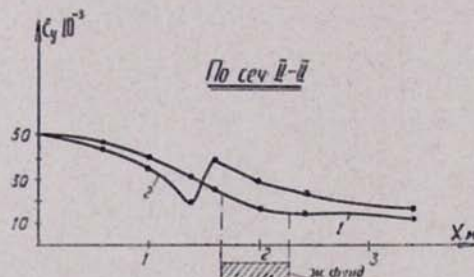


Рис. 4. Распределение деформации по длине платформы

в верхнем слое при наличии модели фундамента. Вблизи от края фундамента скорость приобретает максимальные значения. На фундаменте скорость уменьшается в среднем на 20% против скорости в верхнем слое.

4. Для выяснения фактора взаимодействия при передаче сейсмических волн от грунтовых напластований к фундаменту произведено сравнение значений ускорений, что показано на рис. 6.

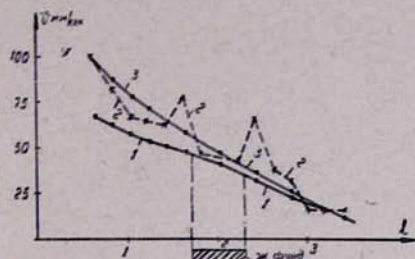


Рис. 5. Значения скоростей частиц по длине платформы

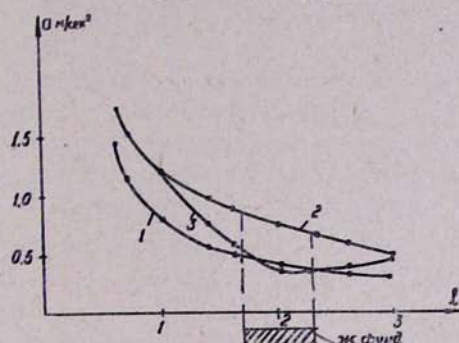


Рис. 6. Зависимости ускорения по длине платформы

Кривая 1 представляет значения ускорения на нижнем слое. Кривая 2 изображает значения ускорений на верхнем слое. Последняя по своему виду похожа на кривую 1, но сдвинута параллельно в сторону увеличения. Кривая 3 показывает значения ускорений верхнего слоя при наличии фундамента. Из сравнения этих кривых следует, что при передаче сейсмоударных волн от грунта к фундаменту происходит уменьшение ускорения примерно на 50%.

Скорость распространения продольных волн в слоях, полученная путем определения разницы во временах вступлений при колебаниях, получилась равной:

- а) для нижнего слоя $c=28$ м/сек.
- б) для верхнего слоя $c=16$ м/сек.

Ордена Трудового Красного Знамени
Институт геофизики
и инженерной сейсмологии
АН Армянской ССР

ЛИТЕРАТУРА

1. Назаров А. Г. Метод инженерного анализа сейсмических сил. Ереван, 1959.
2. Назаров А. Г. О механическом подобии твердых деформируемых тел. Ереван, 1965.
3. Синицын А. П. Новые задачи динамики плит на упругом основании. М., Изд. ВИА, 1963.