

Г. С. СЕЛЕЗНЕВ

КЛАССИФИКАЦИЯ СЕЙСМИЧЕСКИХ ДЕФОРМАЦИЙ ПЛОТИН ИЗ МЕСТНЫХ МАТЕРИАЛОВ

В работе на основе фактических данных о поведении плотин из местных материалов во время землетрясений предлагается классификация деформаций такого типа плотин. Сделана попытка установления эмпирических зависимостей по отдельным видам деформаций от силы землетрясений.

Плотины из местных материалов относятся к таким сооружениям, для которых соблюдение принципов сейсмостойкого строительства затруднительно, а порой совершенно невыполнимо. Они возводятся из материалов, далеких по своим свойствам от монолитных. Основными материалами являются грунты, связные и сыпучие, а также рваный камень и крупнообломочные отложения в поймах рек. Кроме того, тело плотины в силу противофильтрационных требований характеризуется неоднородностью материалов. Эти особенности плотин из местных материалов способствуют возникновению специфических деформаций при сейсмическом воздействии.

Материалом для изучения сейсмических деформаций плотин из местных материалов в первую очередь служат фактические сведения о плотинах, подвергавшихся воздействию сравнительно сильных землетрясений. Наиболее полно фактический материал о поведении плотин, насыпей и дамб во время землетрясений освещен в работах [1, 2, 3]. Ценный материал о поведении земляных сооружений приводится также в работе [4].

Из рассмотренного материала можно сделать вывод, что сооружения, нормально работающие в обычных условиях, получают существенные повреждения или разрушаются полностью в условиях сейсмического воздействия. При воздействии землетрясения в сооружении появляются дополнительные сейсмические силы, которые существенно изменяют общую картину напряженного состояния сооружения, активизируют процессы деформируемости тела плотины, имеющие место в статических условиях, и способствуют возникновению специфических деформаций.

Из 58 плотин, сейсмические деформации которых освещены в вышеуказанных работах, нами выбраны 19 плотин сравнительно полно описанных с точки зрения интенсивности колебаний, конструкций и возникших деформаций. Данные по этим плотинам приведены в табл. 1.

На основании рассмотренных данных можно остановиться на следующей классификации основных сейсмических деформаций плотин из местных материалов.

1. *Общая осадка тела плотины*, возникающая в результате виброуплотнения в одних зонах и разуплотнения в других. Следствием этого является выпирание откосов у подошвы сооружения.

2. *Остаточные поперечные смещения тела плотины*, которые возникают благодаря деформациям сдвига от горизонтальных сейсмических сил.

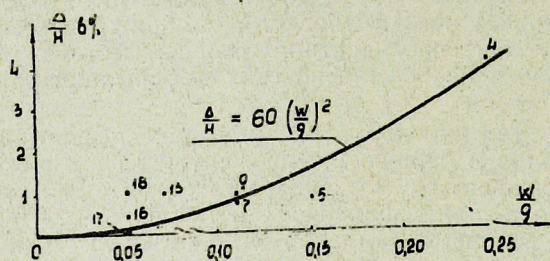
3. *Нарушение устойчивости откосов плотины*, оползневые явления. Этот вид деформации является наиболее опасным, так как может привести к полному разрушению сооружения.

4. *Продольные и поперечные трещины в теле плотины*, образующиеся в результате неравномерных осадок материала плотины и от возникновения зон растяжения при поперечных и продольных деформациях. Такой вид деформаций характерен для земляных плотин, материалы которых обладают некоторой связностью.

5. *Расстройство контактов* между конструктивными элементами плотины, выполненными из материалов, резко отличающихся по своим деформативным (упругим) свойствам.

6. *Разрывные деформации*. Такой вид деформации может возникнуть в том случае, когда плотина размещена на геологически активной линии разрыва. Естественно, такие деформации не связаны с динамическими свойствами самих плотин, но являются прямым следствием землетрясений и не должны выпускаться из вида.

В результате обработки имеющегося фактического материала оказалось возможным пока установление зависимостей для двух видов сейсмических деформаций земляных плотин от силы землетрясения.



Фиг. 1. Осадка гребня плотины.

На фиг. 1 приведена эмпирическая кривая зависимости относительной осадки гребня плотины в процентах от величины относительного ускорения основания сооружения. Номера точек на фигуре соответствуют порядковым номерам плотин в таблице. Среднеквадратичное отклонение точек от кривой составляет $\pm 0,435$ масштаба оси ординат (1%).

Для определения значения абсолютной осадки плотины удобно пользоваться выражением:

$$\Delta = 0,6 H \alpha^2, \quad (1)$$

где $\alpha = \frac{w}{g}$,

Δ —абсолютная осадка гребня плотины, м;

H —высота плотины, м;

w —ускорение основания при землетрясении;

g —ускорение силы тяжести.

На фиг. 2 и 3 приведены зависимости относительной глубины проникновения и относительного раскрытия продольных трещин в теле плотины, причем среднеквадратичные отклонения составляют $\pm 7,5$ и $\pm 0,17\%$ соответственно.

Сейсмические деформации плотин из местных материалов

№№ п/п	Название плотины	Тип плотины	Высота плотины в м	Ускоре- ние осно- вания в долях	осадка гребня плотины в см	Виды деформаций				глубина трещин в м
						смещение гребня плотины	обрушение откосов	раскры- тие тре- щин в см		
1	Hosorogi Embankment	(Япония)	8,4	0,45	15—20	Разрушение	Смещение в сторо- ну нижнего бьефа	Оползни на низо- вом откосе	7,5 25,0	10—21
2	San Andreas	(США)	28,5	0,25						
3	Upper Crystal Springs	(США)	22,5	0,25						
4	Buena Vista	(США)	5,1	0,25						
5	Опо	(Япония)	37,2	0,15	30	Разрушена	—	Оползни на низо- вом откосе	5—25	—
6	Cogoti	Каменно- набросная	82,5	0,14	38					
7	Upper Murayama	(Япония)	24,0	0,12	20	Разрушена	Основание низово- го откоса смести- лось на 1,8 м	—	12,5 2,5 —	3,6—10,0 —
8	Lower Murayama	(Япония)	15,6*	0,12						
9	Tokyo Water Supply	(Япония)	23,7	0,12						
10	Hebgen	(США)	36,0	0,10						
11	Sheffield	(США)	9,0	0,10	27	Разрушена	24 см в сторону нижнего бьефа	—	7,5 0,6—7,5	1,5—3,6
12	Saint Mary	(США)	16,5	0,07						
13	Босуйская	(СССР)	27,0	0,07						
14	Chatsworth	(США)	13,2	0,06						
15	Volcano Lake	(Мексика)	3,6	0,05	8	Разрушена	10 см в сторону нижнего бьефа	На верховом отко- се начался оползень	5,0	4,8
16	Agu Canyon	(США)	20,0	0,05						
17	South Haiwee	(США)	27,3	0,05	2,5	Разрушена	15 см в сторону нижнего бьефа	На верховом отко- се начался опол- зень	0,6—2,5	1,8
18	Piedmont	(США)	37,2	0,05	15					
19	Malpasso	(Перу)	76,5	0,04	8	5 см в сторону нижнего бьефа				

* К моменту землетрясения плотина была возведена на высоту 15,6 м.

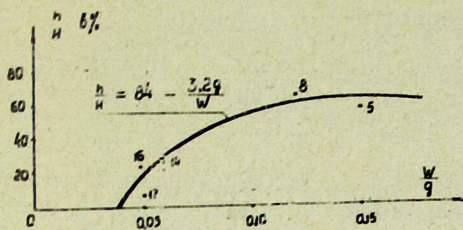
Для определения абсолютных значений глубины проникновения и величины раскрытия трещин получены следующие выражения:

$$h = 0,84 \left(1 - \frac{0,038}{z} \right) H, \quad (2)$$

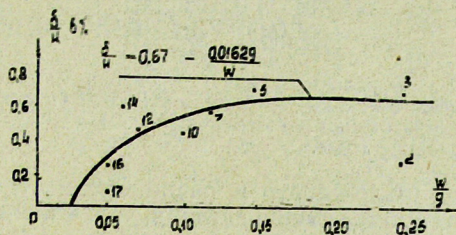
где h — глубина проникновения трещин в тело плотины в м;

$$\delta = 0,67 \left(1 - \frac{0,024}{z} \right) H, \quad (3)$$

где δ — величина раскрытия трещин в см.



Фиг. 2. Глубина проникновения трещин в тело плотины.



Фиг. 3. Величина раскрытия трещин.

Необходимо отметить, что зависимости (1—3) получены для невысоких плотин, построенных преимущественно в начале настоящего столетия, поэтому применимость их к современным плотинам, особенно высоким, требует экспериментальной проверки.

ЛИТЕРАТУРА

1. N. N. Ambraseyes. On the Seismic Behavior of Earth Dams, Proc. SWCEE, 1960.
2. C. M. Ducke. Foundation and Earth Structures in Earthquakes, Proc. SWCEE, 1960.
3. M. Numata. Earthquakes Resistant Design for Civil Engineering Structures, Proc. SWCEE, 1960.
4. Ш. Г. Налетваридзе. Сейсмостойкость гидротехнических сооружений. М., 1959.

Институт сейсмостойкого строительства
и сейсмологии АН Таджикской ССР.