

УДК 699/841

ИНЖЕНЕРНАЯ СЕЙСМОЛОГИЯ

Академик АН Армянской ССР А. Г. Назаров

Об одном методе формирования акселерограмм для расчета сооружений на сейсмостойкость

(Представлено 26/III 1982)

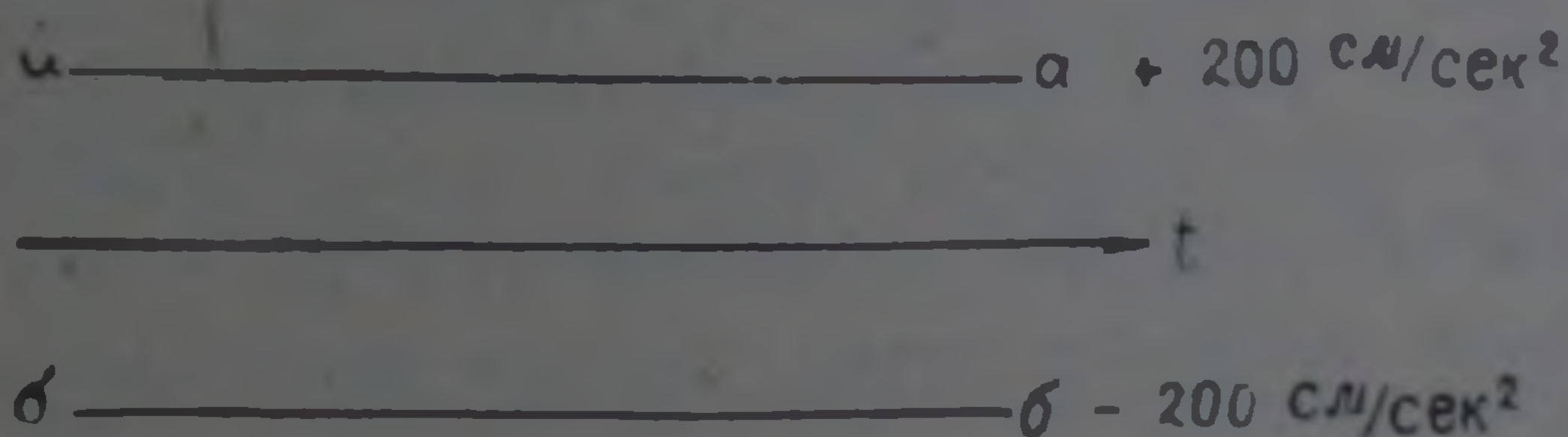
Огромное многообразие геологических условий в зонах сейсмических очагов, а также вдоль трассы сейсмического луча до выхода на дневную поверхность делает крайне затруднительным подбор ожидаемых реальных акселерограмм для расчета сооружений на сейсмостойкость. Исследования широким фронтом в этом направлении начаты, но они далеки еще от завершения.

В настоящей заметке нами выдвигается постановка этой проблемы с других позиций.

Суть заключается в следующем. В настоящее время на основе имеющихся фактических данных, кстати, вошедших в нормы сейсмостойкого строительства, имеются оценки максимальных ускорений. Для землетрясений интенсивностью 7, 8 и 9 баллов они соответственно равны 100, 200, 400 км/сек² (1).

Для конкретности наши рассуждения поведем применительно к интенсивности землетрясения в 8 баллов, с учетом результатов детального сейсмического районирования и микрорайонирования. Колебания рассматриваются в горизонтальном направлении.

Положим, что мы никакими сведениями о строении акселерограммы для данной площадки не располагаем. Таким образом, нам известны лишь верхняя и нижняя границы акселерограммы ± 200 см/сек².



Пусть требуется проверить на сейсмостойкость сооружение заданного типа. Проблема ставится следующим образом—вписать в заданные границы $a—a$ и $б—б$ (рисунок) такую акселерограмму, которая была бы невыгоднейшей для рассматриваемого сооружения при допустимых локальных повреждениях. Тогда можно объявить, что рассматриваемое сооружение безопасно эксплуатировать при землетрясении интенсивностью в 8 баллов.

В чисто математической постановке эта задача крайне сложна, в особенности при ее нелинейности. Но она может быть облегчена, если привлечь на помощь некоторые физические соображения.

Во-первых, как в начале землетрясения, так и в его конце амплитуды колебаний грунта малы, они обычно достигают максимума некоторое время спустя после начала землетрясения, измеряемое первыми секундами. Поэтому для полного и более точного решения задачи вместо прямых линий $a-a$ и $b-b$ следовало бы привести огибающие. Такую работу можно достаточно удовлетворительно осуществить и при имеющемся запасе акселерограмм.

Однако поскольку мы задались целью показать здесь лишь принципиальную сторону вопроса, ограничимся рассмотрением упрощенной схемы огибающей акселерограмм, показанной на рисунке.

Начнем разбор задачи с линейно-упругой системы с одной степенью свободы. Пусть период его свободных колебаний $T_1=0,3$ сек. Тогда наихудшим для рассматриваемой системы будет случай, когда и период колебаний акселерограммы равен 0,3 сек, так как в этом случае будет иметь место резонанс.

Свободными колебаниями системы будем пренебрегать, так как амплитуда колебаний плавно нарастает и плавно убывает. В этом можно непосредственно убедиться при рассмотрении акселерограмм.

Пусть логарифмический декремент колебаний есть δ . Тогда наиболее опасным для сооружения является состояние резонанса. Амплитуда колебаний a сооружения при этом равна ⁽²⁾

$$a = \frac{y_{ст} \pi}{\delta} \quad (1)$$

Здесь $y_{ст}$ — смещение груза Q под действием его веса, условно направленного в горизонтальном направлении. Динамический коэффициент будет равен

$$\beta = \frac{a}{y_{ст}} = \frac{\pi}{\delta} \quad (2)$$

Это наибольшее возможное значение динамического коэффициента. Из приведенного примера следует, что такой прием расчета целесообразно вести для систем с достаточно сильным затуханием.

Рассмотрим теперь упругую систему с двумя степенями свободы. Пусть периоды ее свободных колебаний T_1 и T_2 . Будем теперь рассматривать лишь колебания почвы, периоды колебаний которых также равны T_1 и T_2 .

Будем считать, что грунт колеблется одновременно по двум гармоническим законам с периодами колебаний T_1 и T_2 , причем между ними не имеет места сдвиг фаз.

Пусть максимальное ускорение для T_1 есть τ_1 , а для T_2 — τ_2 .

Для данного случая полное ускорение есть

$$\tau = \tau_1 + \tau_2 = 200 \text{ см/сек}^2 \quad (3)$$

Рассчитав упругую систему с двумя степенями свободы, зна-

чения τ_1 и τ_2 при ограничении (3) определим из условия, при котором напряжение в ней было невыгоднейшее.

Аналогично можно поступить и при упругой системе с n степенями свободы. В этом случае полагаем, что грунт колеблется по n различным гармоническим законам с амплитудами ускорений $\tau_1, \tau_2, \dots, \tau_n$. Тогда

$$\tau = \tau_1 + \tau_2 + \dots + \tau_n. \quad (4)$$

Остальные $n-1$ уравнения, необходимые для определения максимально невыгодных сочетаний напряжений в $n-1$ сечениях, определяются из условий получения максимально напряженного состояния в сооружении.

В принципе такая постановка задачи возможна и для нелинейных систем со многими степенями свободы. Существенное упрощение достигается при применении индикаторных кривых билинейной формы. Этот метод применим также и для адаптивных систем, но по-видимому будет сопровождаться более громоздкими выкладками и физическими оценками.

При этом для нелинейных и адаптивных систем в рисунок должны быть вписаны не чисто гармонические колебания, а колебания, периоды которых будут удлиняться к концу землетрясения.

По какому закону следует удлинять периоды колебаний, чтобы получить невыгоднейшие результаты, выяснится в процессе вычисления.

В начальной, т. е. упругой, стадии периоды колебаний грунта следует принять равными периодам свободных колебаний рассматриваемой системы. В процессе развития пластических деформаций или хрупких разрушений периоды свободных колебаний будут удлиняться. В соответствии с этим должны быть постепенно удлинены и периоды колебаний грунтов по ходу вычислений.

Метод этот особенно пригоден для расчета ответственных сооружений при полном отсутствии сведений о спектральном составе колебаний при землетрясении в рассматриваемой местности и при достаточно большой диссипации энергии.

Если для данной местности имеются хотя бы некоторые устойчивые сведения о спектральном составе колебаний, то возможно допустить комбинированный метод расчета, частично используя спектр колебаний грунта, частично же спектр свободных колебаний сооружений.

Здесь приведен лишь схематический набросок, показывающий принципиальную возможность разработки предлагаемого метода расчета.

Возможно также снижение величины расчетной нагрузки исходя из каких-либо вероятностных принципов для менее ответственных сооружений.

Ордена Трудового Красного Знамени Институт
геофизики и инженерной сейсмологии
Академии наук Армянской ССР

**Ակսելերոգրամների ձևավորման մեկ մեթոդի մասին՝
շենքերի սեյսմակայունության հաշվարկի համար**

Աշխատանքում դիտարկված է կառույցների սեյսմակայունության հաշվարկի մեթոդ, երբ հայտնի է միայն ակսելերոգրամների պարուրիչը՝

Ակսելերոգրամների սպեկտրալ կազմը ընտրվում է ըստ հաշվարկվող կառույցների սպեկտրալ կազմի՝ երկրաշարժի ժամանակ վատթար շենքի պայմանից։

Այս մեթոդը բերում է շենքերի սեյսմակայունության հաշվարկին՝ պաշարով։ Նա առանձնապես կիրառելի է պատասխանատու կառույցների հաշվարկի համար այն տեղանքներում, որոնց համար անհայտ է երկրաշարժի ժամանակ գրունտի տատանման սպեկտրալ կազմը։

ЛИТЕРАТУРА — ԳՐԱԿԱՆՈՒԹՅՈՒՆ

¹ СНиП П—7—81. Строительство в сейсмических районах, Госстрой СССР.

² А. Г. Назаров, Метод инженерного анализа сейсмических сил. Ереван, Изд. АН Арм. ССР, 1959.