

ГДК 699.841

Г. С. ГЕВОРКЯН

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЗНАЧЕНИЙ СЕЙСМИЧЕСКИХ НАПРЯЖЕНИЙ ПОД ЗДАНИЯМИ И СООРУЖЕНИЯМИ ВО ВРЕМЯ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ

Определены напряжения под зданиями и сооружениями от продольных и поперечных волн во время землетрясений. Значения этих напряжений необходимо для полной оценки взаимодействия и взаимовоздействия зданий и сооружений с грунтом основания.

Ил. 1. Библиогр. 3 назв.

Օրոշվել են երկրաշարժերի ժամանակ երկարակիսի և քարտեզային աղբյուրները անալիզի արդյունքները համապատասխանաբար անհրաժեշտ են որպեսզի ստացվեն շենքերի և կառուցվածքների առկա կապի արդյունքները ամբողջական և ամբողջական օգնությունը շենքերի և կառուցվածքների փոխազդեցությանը և փոխազդեցությանը հետևողի հետ:

Во время землетрясений в грунтах возникают продольные, поперечные и поверхностные волны, которые вызывают деформации в грунтах, зданиях и сооружениях [1, 2]. Чтобы математически сформулировать это напряженное состояние, прибегают к приближениям.

Для простоты рассмотрим гармонические продольные сейсмические волны, которые распространяются со скоростью C_1 по направлению оси OX . Координатная система показана на рисунке. При этом для смещений будем иметь: $u = u(x, t)$, $v = 0$, $w = 0$. Смещение по направлению оси OX обозначим $y_1(x, t)$. По нашим допущениям продольные сейсмические волны вызывают колебания гармонического типа, которые по направлению оси OX запишутся в виде [2]

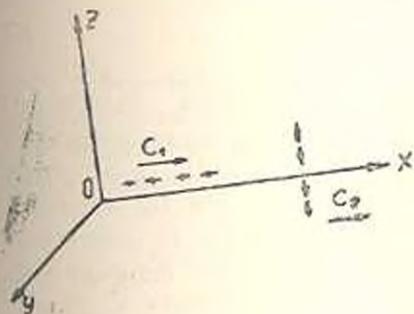


Рис.

$$y_1 = A \sin \left[\frac{2\pi}{L_1} (x - c_1 t) \right]. \quad (1)$$

где A — амплитуда колебаний, L_1 , c_1 — длина и скорость распространения продольной волны.

Максимальное относительное удлинение по направлению оси OX равно $\varepsilon_0 = A \frac{2\pi}{L_1}$, а максимальное сейсмическое ускорение a_{01} —

$$a_{01} = \left| \frac{\partial^2 y_1}{\partial t^2} \right|_{\max} = A \left(\frac{2\pi c_1}{L_1} \right)^2 = A \left(\frac{2\pi}{T_1} \right)^2 \quad (2)$$



следовательно,

$$\epsilon_{01} = \frac{a_1 T_1}{2c_1} \quad (3)$$

а максимальное продольное сейсмическое напряжение—

$$\sigma_x = E\epsilon_x = \frac{T_1 F}{2c_1} a_{01}$$

Продольные сейсмические напряжения с учетом рассеяния энергии определяются по следующей формуле [2]:

$$\sigma_{x,z} = \epsilon E + k_1 \frac{\partial z}{\partial t} \quad (4)$$

где k_1 —некоторая известная постоянная величина,

$$\epsilon = \frac{\partial y_1}{\partial x} = -A \left(\frac{2\pi}{L_1} \right)^2 \cos \frac{2\pi}{L_1} (x - c_1 t),$$

откуда

$$\frac{\partial z}{\partial t} = -A \left(\frac{2\pi}{L_1} \right)^2 c_1 \sin \frac{2\pi}{L_1} (x - c_1 t)$$

и

$$\left| \frac{\partial z}{\partial t} \right|_{\max} = A \left(\frac{2\pi}{L_1} \right)^2 c_1 = \frac{a_{01}}{c_1} \quad (5)$$

Совместно решив (3)–(5), окончательно получим

$$\sigma_{x,z} = \frac{a_{01}}{c_1} \left(\frac{ET_1}{2\pi} + k_1 \right) \quad (6)$$

Рассмотрим поперечные сейсмические напряжения. Распространяющиеся волны на одной и той же оси OX в одном случае вызывают смещения, параллельные оси OX (продольные волны), а в другом случае—перпендикулярные оси OX или параллельно оси OZ (поперечные волны). Эти смещения происходят одновременно, но допущения в теории сейсмостойкости позволяют рассмотреть их отдельно [3]. При этом будем иметь: $u = 0$, $v = 0$, $w = w(x, t)$. $w(x, t)$ обозначим через $y_2(x, t)$ и предположим, что смещения w происходят по закону

$$y_2 = w = B \sin \frac{2\pi}{L_2} (x - c_2 t).$$

Поскольку во время действия поперечных волн происходит сдвиг, деформация будет определяться по формуле

$$\epsilon = \frac{\partial y_1}{\partial x} = B \frac{2\pi}{L_2} \cos \frac{2\pi}{L_2} (x - c_2 t), \quad (7)$$

где B — амплитуда колебаний поперечных волн.

Тогда

$$|\dot{\gamma}|_{\max} = \dot{\gamma}_0 = B \frac{2\pi}{L_2}, \quad (8)$$

максимальное ускорение будет равно

$$a_{02} = |a_2|_{\max} = \left| \frac{\partial^2 y_2}{\partial t^2} \right|_{\max} = B \left(\frac{2\pi c_1}{L_2} \right)^2, \quad (9)$$

следовательно,

$$\dot{\gamma}_0 = \frac{a_{02} T_2}{2\pi c_1}. \quad (10)$$

Сдвиг характеризуется касательными напряжениями, поэтому максимальное напряжение при поперечных волнах будет равно

$$\tau = \dot{\gamma}_0 G = \frac{a_{02} T_2 G}{2\pi c_1}.$$

Теперь предположим, что снова поперечные волны распространяются синусоидально и при наличии вязкости материала происходит потеря энергии. Следовательно,

$$\tau_{p, z} = \tau G + K_2 \frac{\partial \tau}{\partial t}. \quad (11)$$

После определения $\frac{\partial \tau}{\partial t}$ для напряжений получим

$$\tau_{p, z} = \frac{a_{02}}{c_1} \left(\frac{T_2 G}{2\pi} + h_2 \right). \quad (12)$$

В действительности, продольные и поперечные волны воздействуют совместно и несинусоидально и для динамических (сейсмических) напряжений можно получить следующее выражение (без учета рассеяния энергии):

$$\sigma_z = -\frac{E}{2\pi} \sqrt{\left(\frac{T_1 a_{01}}{c_1} \right)^2 + \left| \frac{T_2 a_{02}}{2(1+\mu)c_2} \right|^2}. \quad (13)$$

ЛИТЕРАТУРА

1. Назаров А. Г. Метод низкочастотного анализа сейсмических сил.—Ереван: Изд-во АН Арм. ССР, 1959.—283 с.
2. Зингер К. С. и др. Основы теории сейсмостойкости зданий и сооружений.—М.: Гостройиздат, 1970.—230 с.
3. Акопян А. Г., Геворкян Г. С. Об одном вопросе учета взаимодействия фундаментов сооружений атомной электростанции с грунтом основания для обеспечения безопасной ее эксплуатации в условиях сейсмичности//Тез. докл. IV науч.-тех. кон. мол. уч.—Ереван, 1965.—С. 24—25.