

УДК 699.841

## РАБОТА ЗДАНИЙ ПРИ ИМПУЛЬСНЫХ СЕЙСМИЧЕСКИХ ВОЗДЕЙСТВИЯХ

С.Б. Смирнов, С.В. Романенко, Ю.В. Шефер, Атамбек уулу М.

Описаны особенности работы зданий при импульсных сейсмических воздействиях и сформулированы принципы и меры эффективной сейсмозащиты.

*Ключевые слова:* сейсмический; импульсный; сдвиг; колебания; разрушения; напряжения; воздействия; сейсмозащита.

---

## BUILDING BEHAVIOR IN PULSED SEISMIC EFFECTS

S.B. Smirnov, S.V. Romanenko, Yu.V. Shefer, Atambek uulu M.

The article deals with behavior features of buildings under pulsed seismic actions and defines the principles and measures of effective seismic protection.

*Key words:* seismic; pulse; shear; vibration; fracture; stress; impact; seismic protection.

В последние годы величины расчетных сейсмических ускорений в отечественных и зарубежных нормах были увеличены в среднем в 5 раз. Тем не менее, такая мера ничуть не повысила реальную сейсмостойкость зданий [1]. Это говорит еще и о том, что нынешние сейсмические расчеты и меры сейсмозащиты абсолютно не отражают реального воздействия и что точная информация о нем пока отсутствует. Но уже теперь можно описать сущность этого воздействия, которое до сих пор не учитывалось, и на этой основе сформулировать эффективные универсальные принципы сейсмозащиты от любого сейсмического воздействия.

Самое главное, ясно, что любое сейсмическое воздействие на каждое надземное сооружение может проявиться только в динамическом смещении его опор и более ни в чем [2]. Именно поэтому оно гораздо менее опасно, чем прямое силовое воздействие, которое не может быть ослаблено никакими специальными конструктивными мерами и потому может быть воспринято только за счет увеличения толщины и прочности конструкции.

В этом смысле сейсмическое воздействие не столь неблагоприятно. Его разрушительный эффект можно регулировать, ибо он пропорционален площади поперечного сечения стен и колонн первого этажа, связывающих здание с фундаментом. Следовательно, этот эффект можно сильно

уменьшить, сведя к минимуму площадь контакта. Однако при этом необходимо одновременно защитить от разрушения путем среза и раздавливания «утонченные» связующие элементы, используя для них лишь высокопрочные материалы, хорошо воспринимающие растяжение и срез. Кроме того, надо изолировать наземную часть здания от проникновения в него сейсмической энергии и любого сейсмического движения, вызванного сейсмическим воздействием [3]. Так как это движение может распространяться лишь волновым путем, то необходимо отсечь любые волны от здания и исключить их распространение, введя особый сейсмоизолирующий элемент. Им может быть толстая железобетонная плита, приподнятая над землей на «несрезаемых» сваях и песчаной подушке. Оси колонн, стоящих на этой толстой плите, должны быть сдвинуты относительно осей свай для того, чтобы исключить прямое сквозное распространение сейсмических волн среза или сжатия.

При этом основными расчетными параметрами в прочностных сейсмических расчетах сооружений должны стать максимальная величина ускорения или скорости грунта и время их действия.

На самом деле реальное ударно-волновое сейсмическое воздействие ничуть не опаснее, чем придуманное специалистами колебательное воздействие; просто оно совсем иное. Например, гигантские ускорения грунта в 1 00 000 g для нас не

столь опасны в силу кратковременности их действия ( $t < 1 \cdot 10^{-4}$  с). Их разрушительный эффект резко падает при  $t < 1 \cdot 10^{-4}$  с, поскольку он пропорционален квадрату времени их действия. Он зависит от величины смещения грунта  $\Delta_r$  и величины ударного импульса, приложенного к стене или колонне здания [4]. Обе эти величины пропорциональны  $t^2 < 1 \cdot 10^{-8}$  с<sup>2</sup> и потому относительно невелики. В частности, для одного отдельного импульса смещение грунта  $\Delta_r$ , вызванное ускорениями, будет равно

$$\Delta r = \alpha_r \cdot 0,5 = 0,5 \cdot 10^6 \text{ м/с}^2 \cdot 10^{-8} \text{ с}^2 = 0,005 \text{ м} = 0,5 \text{ см}$$

и не имеет ничего общего с тем, что фиксируют сейсмометры.

В качестве обязательных мы предлагаем новые принципы и меры эффективной сейсмозащиты.

1. Поскольку волна сдвига «забегает» в здание через опорные элементы (стены и колонны), значит, площадь их поперечного сечения должна быть сведена к минимуму, необходимому для восприятия вертикальной и ветровой нагрузки. Высота этих элементов должна быть достаточна для ограничения их сдвиговых деформаций.

2. Необходимо обеспечить неразрушимость этих связей между зданием и его основанием, используя для них материал с высокой прочностью на растяжение и срез (типа стали) и исключить хрупкие материалы.

3. Чтобы бороться с волной, проникшей в здание через связи, можно отсечь ее от здания, поставив внизу на ее пути некий массивный элемент (типа толстой плиты). Эта преграда должна отразить часть волны, а вторую часть рассеять, распределив ее на большую площадь преграды. При этом остальная верхняя часть здания будет защищена от волнового среза и будет работать лишь на вторичные колебания.

4. Необходимо обеспечить еще и наличие в здании некой неразрушимой зоны сдвига, где бу-

дет локализовано кратковременное взаимное смещение здания и фундамента. Проще всего создать эту зону можно за счет выступающих из грунта «несрезаемых» свай, несущих толстую плиту.

5. Вместо отсечения волны сдвига можно использовать несрезаемые несущие элементы (например, стальной каркас). В этом случае волна сдвига беспрепятственно «бежит» по каркасу, не вызывая его сдвигового разрушения. Но тогда придется предусмотреть специальные меры по обеспечению необрушимости перекрытий и всех второстепенных элементов здания путем соответствующего крепления их к каркасу [5].

Здание не должно иметь «слабых» зон и обрушиваемых элементов. Оно должно воспринимать минимум сейсмической энергии за счет конструктивного решения опорной зоны, и именно это должно являться основой сейсмозащиты.

#### Литература

1. Смирнов С.Б. Ударно-волновая концепция сейсмического разрушения и сейсмозащиты сооружений / С.Б. Смирнов // Бетон и железобетон. 1992. № 11.
2. Смирнов С.Б. Причины разрушения сейсмостойких зданий и принципы их эффективной сейсмозащиты / С.Б. Смирнов // Бетон и железобетон. 1994. № 3.
3. Смирнов С.Б. О расчете защитных железобетонных оболочек АЭС на непробиваемость при ударе «мягкого» протяженного объекта / С.Б. Смирнов // Энергетическое строительство. 1992. № 11.
4. Смирнов С.Б. Сейсмические разрушения – альтернативный взгляд / С.Б. Смирнов, Б.С. Ордобаев, Б.Р. Айдаралиев // Сборник науч. тр. Ч. I. Бишкек: Айат, 2012. 138 с.
5. Смирнов С.Б. Сейсмические разрушения – альтернативный взгляд / С.Б. Смирнов, Б.С. Ордобаев, Б.Р. Айдаралиев // Сборник науч. тр. Ч. II. Бишкек: Айат, 2013. 144 с.