

Смирнов С.Б., Ордобаев Б.С., Кагиров А.Г., Шефер Ю.В.

## КОНТРОЛЬ СЕЙСМИЧЕСКИХ ВОЗДЕЙСТВИЙ НА ЗДАНИЯ УДАРНЫМИ ПЬЕЗОЭЛЕКТРИЧЕСКИМИ ДАТЧИКАМИ

S.B. Smirnov, B.S. Ordobaev, A.G. Kagirov, Yu.V. Schefer

## CONTROL SEISMIC EFFECTS ON BUILDINGS SHOCK PIEZOELECTRIC

УДК: 502/504

В статье рассмотрены недостатки существующей колебательной теории сейсмического разрушения зданий и сооружений при землетрясении. Сделан вывод о несовершенстве существующих инерционных сейсмографов для фиксации движения грунта. Рассмотрена возможность применения современных ударных пьезоэлектрических акселерометров для регистрации различного типа сейсмических волн.

**Ключевые слова:** сейсмические разрушения, землетрясение, акселерометр.

The article describes the shortcomings of the existing vibrational theory of seismic damage to buildings and structures in the earthquake. The conclusion about the imperfections of existing inertial seismographs to secure the ground motion. The possibility of using modern shock piezoelectric accelerometers to record different types of seismic waves.

**Key words:** seismic damage, earthquake, accelerometer.

Во многих странах мира существует необходимость строительства зданий и сооружений в сейсмически опасных районах. Опыт всех последних разрушительных землетрясений и анализ их последствий свидетельствует о том, что проблема надежной сейсмозащиты граждан и их жилища до сих пор так и не решена. Как показали трагические события в г. Кобе при землетрясении в январе 1995 года, строительство здания в точном соответствии с требованиями сейсмических норм вовсе не гарантирует его неразрушимость при сейсмическом воздействии ниже расчетного уровня. Тем не менее, сейсмоустойчивые здания должны не только однократно выдерживать сильное землетрясение, спасти жизни людей, но быть способными дальше функционировать и продолжать выдерживать новые толчки, без повреждения несущих конструкций и систем жизнеобеспечения.

Картина сейсмического разрушения при землетрясениях дает единственно достоверную информацию о характере разрушающих воздействий. По характеру разрушения конструкций всегда можно определить предшествовавшее ему напряженно-деформированное состояние, и на основе этого воссоздать характер разрушающего воздействия. Принцип этого процесса состоит в следующем: на каждое конкретное разрушающее воздействие строительные конструкции реагируют адекватно ему — в них появляется совокупность различных трещин определенного вида. Совокупность трещин (см. рис. 1) характеризуется их типом, расположением, направлением и т.д. волновую, но и говорят о наличии в грунте особых узких волноводов, которые обладают низким сопротивлением для распространения сейсмических

ударных волн. Эти волноводы открыты геологами В.И. Дивановым и А.Н. Русановым. Задача

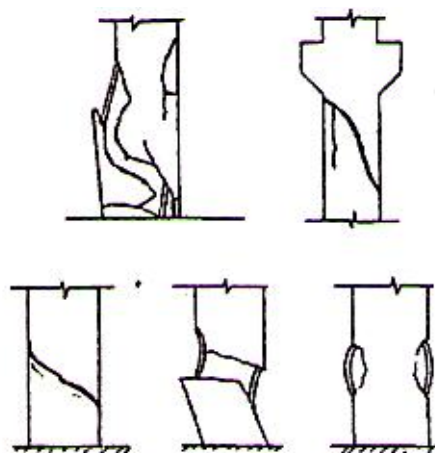


Рис.1. Характерные типы разрушения несущих колонн и опор многоэтажных (сверху) и одноэтажных (снизу) зданий

Часто встречается тип сейсмических разрушений, когда здания или их части вырезаются вертикальными плоскостями, оставляя абсолютно нетронутыми соседние части. Локальные разрушения такого типа не только опровергают воспроизведенно-колебательную модель и подтверждают воспроизведенно-воздействия по характеру разрушения очень сложна и не имеет однозначного решения.

**Измерительные приборы.** Поскольку акселерограммы землетрясений являются базовыми характеристиками сейсмического воздействия, их по праву можно назвать основой многих научных исследований в области антисейсмического проектирования объектов жизнедеятельности человека, а значит важным фактором сейсмической безопасности. Однако, движения грунта, фиксируемые приборами при землетрясениях (с ускорением в несколько долей  $g$ ), не могут вызывать чисто сдвиговые разрушения конструкций. Это подтверждается всеми экспериментами по испытанию моделей зданий на сеймоплатформах при точном воспроизведении сейсмических колебаний грунта [1]. В то время как согласно резонансно-колебательной модели причиной всех сейсмических разрушений строительных конструкций являются вынужденные колебания вызванные движением грунта, фиксируемым акселерометрами, а, следовательно, разрушения вызываются ускорениями, не превышающими ускорений порядка долей  $g$ .

Помимо записей акселерометров имеется еще множество иных источников информации о сейсмических воздействиях. Ими являются все объекты, подвергшиеся разрушительным воздействиям землетрясений. Перечислим основные объекты, в разрушениях и деформациях которых отпечаталось это воздействие: срез анкерных болтов линий в трансформаторах электрических станций, срезы опор мостов и эстакад, отрывы породы бетона вдоль вертикальных плоскостей горных выработок, тоннелей, шахт и других подземных сооружений, гидравлические удары в грунтах, разрушение горных пород и выброс камней из грунта.

Низкочастотные колебания грунта должны вызывать в каркасных зданиях изломы железобетонной колонны возле их заземленных концов с образованием изгибных пластических шарниров. Однако, как было показано в [2,3], вместо этого в железобетонных колоннах всегда возникает лишь срез по косым трещинам в пролете колонны, вдали от ее концов. Для гибких элементов при квазистатических нагрузках возможно только лишь изгибное разрушение путем их излома. Это подтверждают и многочисленные эксперименты колебательного сейсмического воздействия на модели каркасных зданий. При этом колонны в этих моделях всегда разрушались только путем излома в пластических шарнирах возле заземленных концов, но никогда не возникали косые трещины в пролете колонны. Срез железобетонных колонн без излома, столь распространенный при землетрясениях, возможен лишь при импульсных квазиударных воздействиях. На наличие подобных воздействий при землетрясениях указывает также появление косых и крестовых трещин в пролете гибких простенков, хрупкое разрушение сварных швов [4].

В ряде работ [2, 5, 6], впервые были собраны и проанализированы многочисленные данные о свойствах и закономерностях сейсмических разрушений зданий. В результате такого анализа был сделан вывод о том, что первые трещины в конструкциях при сейсмических воздействиях возникают не в самых напряженных местах: гибкие элементы разрушаются без излома и изгибных трещин — в них появляются сдвиговые трещины. Исследования показали, что при землетрясениях возникают разрушения, которые не могут быть вызваны низкочастотными колебаниями и которые невозможно объяснить в рамках колебательной модели сейсмического разрушения зданий.

Сделать цифровую запись акселерограммы землетрясения, при современном уровне техники, не представляет технической сложности: при наличии встроенного акселерометра и необходимого программного оснащения, с этой задачей вполне мог бы справиться, например, сотовый телефон или подобное ему специализированное устройство с дистанционной активацией. С его помощью становится возможной цифровая запись акселерограмм и возможность их обработки с целью получения спектральной характеристики и максимальных ускорений, при этом появляется возможность их пересылки по эфиру заинтересованным службам, размещения в сети

Интернет, использования в анализе сейсмостойкости зданий, новых и подвергнувшихся землетрясению.

Таким образом, для создания общей базы данных и составления полноценной информации о разрушительных ускорениях грунта, вызывающих разрушения зданий, необходима установка современных датчиков ударного типа, способных с высоким разрешением фиксировать квазиударную волну и ударные колебания здания с ускорением до  $g \times 10^5$ . Например, для этих целей подходит ударный пьезоэлектрический вибропреобразователь (см. табл. 1) для измерения высокоинтенсивных вибрационных и ударных ускорений объектов в составе диагностических систем и при лабораторных исследованиях.

Преобразователи, использующие прямой пьезоэффект и применяемые в приборах для измерения параметров механических процессов, в том числе: силы, акустического и быстропеременного давления, линейных и угловых ускорений, а также вибрации, ударов имеют ряд достоинств: помехозащищенность, возможность работы на длинных соединительных линиях, высокая линейность характеристик, широкие динамические и частотные диапазоны, простота конструкции и высокая надежность при эксплуатации.

1. Основные характеристики ударнопьезоэлектрического преобразователя вибропреобразователя типа AP-12

Наименование	Диапазон ч.	Размерность
Амплитудный диапазон	$\pm 7 \times 10^5$ (70 000)	М/с
Максимальный удар	$\pm 1 \times 10^6$ (100 000)	М/с <sup>2</sup> (я)
Частотный диапазон ( $\pm 1$ дБ)	2...50 000	Гц
Масса	2.8	г

Однако до сих пор на сейсмостанциях фиксируют во многом устаревшие сейсмографы, разработанные много десятилетий назад, а качественные записи акселерограмм землетрясений являются очень большой редкостью. Если акселерограммы и записывают, то лишь на сейсмостанциях и, как правило, вдалеке от разрушенных населенных пунктов, поэтому поиск этих записей представляет определенную трудность.

**Выводы.** Таким образом, основная причина разрушения сейсмостойких зданий состоит не в низком качестве строительных материалов, несоблюдении технологии строительства, и не в просчетах проектировщиков, а в ошибочности самой теории разрушений. Тотальное использование лишь маятниковых приборов завело в тупик официальную сейсмическую науку и сделало неэффективной существующую стратегию сейсмозащиты.

Существующая теория причин разрушения зданий при землетрясениях не даёт ответы на многие принципиальные вопросы. Так при анализе экспертизы разрушенных зданий невозможно объяснить причины среза несущих конструкций низкочастотными колебаниями основываясь на официальной резонансно-колебательной модели сейсмического разрушения зданий.

**Библиографический список**

1. Хахо И.Х. Динамическая коррекция сейсмических сигналов в задаче анализа качества и надежности электрооборудования // Известия Томского политехнического университета. 2008. Т. 313. № 5. С. 138-143.
2. Smirnov S.B. Discordances between real seismic destruction and present' calculation // international Civil Defense Journal. 1994. №4. P. 75-79.
3. Smirnov S.B. Seismic shears of buildings are results of output of soil thickness displaced by abyssal seismic waves // The integrated scientific Journal. 2009. №7. P. 64-68.
4. Жарницкий В.И., Алипур М.А. Сейсмостойкость железобетонных конструкций с учетом процесса развития повреждений//Вестник Московского государственного строительного университета. 2011. Т. 1. № 2. С. 110-115.
5. Смирнов С.Б. Сейсмический срез зданий - результат отдачи толщи грунта сдвигаемой глубинными сейсмическими волнами // Жилищное строительство. 2009. №9. С. 32-35.
6. Смирнов С.Б. Причины разрушения сейсмостойких зданий и принципы их эффективной сейсмозащиты // Бетон и железобетон. 1994. №3. С. 22-25,
7. Смирнов С.Б., Ордобаев Б.С., Айдаралиев Б.Р. Сборник научных трудов «Сейсмические разрушения-альтернативный взгляд», Бишкек 2012г., 138с.

**Рецензент: д.т.н., профессор Тентиев Ж.Т.**