

Ордобаев Б.С., Егембердиева К.А.

**НЕКОТОРЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРИЧИН РАЗРУШЕНИЯ
«СЕЙСМОСТОЙКИХ» ЗДАНИЙ**

B.S. Ordobaev, K.A. Egemberdieva

**SOME RESEARCH ON THE CAUSES OF DESTRUCTION
«EARTHQUAKE-RESISTANT BUILDINGS»**

УДК: 655.12

Изложены некоторые исследования и обоснования причин разрушения «сейсмостойких» зданий и сооружений, а также предложены эффективные меры их сейсмической защиты.

Ключевые слова: сейсмический, разрушения, срез, колебания, сдвиг, ударно-волновая концепция.

Are some of the study and substantiation of the reasons of destruction of «earthquake-resistant buildings and structures of deposits, and to propose effective measures for their seismic-ronmental protection.

Key words: seismic, destruction, slice, fluctuations, shift, shock-wave concept.

Как известно, любое разрушение конструкций, в том числе и от сейсмических воздействий, точно соответствует этим воздействиям, т.е. по характеру разрушения конструкций всегда можно определить предшествовавшее ему напряженно – деформированное состояние конструкций и на основе этого воссоздать характер разрушающего воздействия и найти его основные параметры.

Принцип этого процесса состоит в следующем: на каждое конкретное разрушающее воздействие железобетонные и каменные строительные конструкции реагируют адекватно ему – в них появляется совокупность различных трещин определенного вида. Совокупность трещин характеризуется легко фиксируемыми показателями: типом макротрещин, их расположением и направлением, видом сочетания трещин и последовательностью их образования. Анализ этих показателей дает необходимые сведения о разрушающем воздействии на конструкции.

Следует отметить, что в отличие от других воздействий при землетрясениях единственно достоверной, но зато чрезвычайно обширной информацией о характере разрушающего воздействия служат картины сейсмических разрушений. Однако до сих пор никто не исследовал эти разрушения в целях выявления по их характеру истинной природы разрушающего сейсмического воздействия. Решение такой задачи казалось излишним потому, что причина сейсмических разрушений считалось уже давно известной, и не было смысла ее проверять по картинам разрушений конструкций.

Согласно нынешней официальной доктрине причиной всех сейсмических разрушений зданий являются вынужденные колебания дисков их перекрытий, вызванные теми колебаниями грунта,

которые фиксируют акселерометры. Таким образом, считается, что сейсмические разрушения зданий вызываются колебаниями грунта с достаточно малым ускорением, не превышающим 0,5g.

Чтобы проверить достоверность этого общепринятого утверждения, авторы впервые собрали и проанализировали многочисленные данные о свойствах и закономерностях сейсмических и других разрушений зданий. В результате был сделан очень важный вывод, который состоит в том, что все сейсмические разрушения уникальны, потому что, во-первых, их пока не удается воспроизвести искусственно и, во-вторых, аналогичные разрушения не возникают не при каких иных воздействиях – ураганах, вибрациях моторов, колебаниях сейсмоплатформ, подземных взрывах и т.д.

Характер сейсмических разрушений противоречит двум базовым законам строительной механики: первые трещины в конструкциях при сейсмических воздействиях появляются не в самых напряженных точках (как этого следует ожидать), гибкие элементы (типа колонн) разрушаются без излома и изгибных трещин - в них появляются чисто сдвиговые трещины (чего не должно быть). Все это говорит о нарушении условий статистического равновесия конструкций, в результате чего их сейсмические разрушения происходят «не там и не так», как того требует строительная механика.

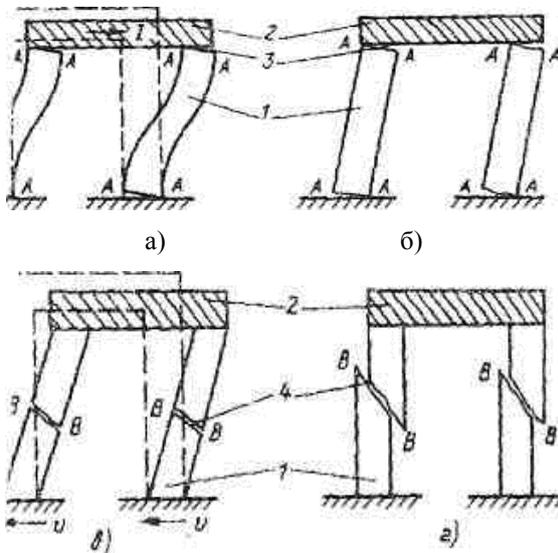
Такие явления больше нельзя игнорировать, они требуют немедленного объяснения. Вместе с тем это невозможно сделать исходя из «колебательной» доктрины сейсмических разрушений.

Очевидно, что столь уникальные по характеру разрушения могут быть порождены лишь столь же уникальными воздействиями на них, когда возникают ни с чем несравнимые по величине скорости нагружения на конструкции. Т.е. гигантские ускорения грунта. Пока известно точное значение граничной величины ускорения, превышение которой вызывает чисто сдвиговые разрушения гибких конструкций. Зато уже экспериментально установлено, что при ускорениях грунта, меньших 400g, разрушения гибких элементов зданий всегда имеют обычную форму с появлением изгибных трещин.

Отсюда следует, что те движения грунта, которые фиксируют приборы при землетрясении (с ускорением до 0,5g), в принципе не могут вызвать

чисто сдвиговые разрушения конструкций. Этот вывод подтверждается также всеми экспериментами по испытанию моделей зданий на сейсмоплатформах при точном воспроизводстве сейсмических колебаний грунта. Ни в одном эксперименте не были зафиксированы сдвиговые разрушения конструкций, все они оказались изгибными.

Приведенные факты не только полностью противоречат принятой «колебательной» доктрине и опровергают ее, но и являются грозным сигналом о том, что нынешние сейсмозащитные конструкции абсолютно «беззащитны» от неизвестного разрушающего сейсмического воздействия и что все современные сейсмические расчеты и действующие нормы не отражают реальности. Какова же истинная причина и природа сейсмических разрушений и каковы параметры того загадочного воздействия, которое действительно вызывает все сейсмические, чисто сдвиговые разрушения?



Схемы сейсмического разрушения колонн:
 а – изгибная деформация; б – ожидаемое изгибное;
 в – реальная сдвиговая деформация; г – реальное разрушение; 1 – защемленная железобетонная колонна; 2 – плита перекрытия; 3 – изгибные трещины (А-А); 4 – сдвиг (срез) (В-В); / – сила инерции; v – скорость волны сдвига.

О нем нам известно следующее:

- во-первых, оно является причиной всех парадоксальных явлений, возникающих при сейсмических разрушениях;
- во-вторых, оно создает гигантские ускорения грунта, способные вызвать эти уникальные разрушения;
- в-третьих, оно прикладывается скачкообразно и действует очень кратковременно - только такое воздействие сможет успеть придать колоннам, простенкам и перемычкам здания необычную сдвиговую форму в виде «бегущего» параллелограмма. Эта форма неустойчива, так как статическое

моментное равновесие в элементах очень быстро сменяется динамическим в результате появления сил инерции вращения. Элементы, находящиеся в неустойчивой сдвиговой форме стремятся принять устойчивую изгибную форму, но тому препятствует перемещение короткой зоны сдвига по колонне со скоростью звука $c = 4000$ м/с. Все сказанное произойдет лишь при условии, что время действия ударной волны t_y мало и удовлетворяет условию $t_y \leq l/c$. Кратковременные действия ударной волны подтверждается и тем, что акселерометры не успевают на это действие среагировать;

- в-четвертых, оно вызывает большую скорость движения массы материала конструкций, в результате чего в них возникают большие касательные напряжения, обуславливающие большую скорость разрушения конструкций (за малое время сейсмического ударного воздействия успевает произойти сдвиговое разрушение целиком колонны и простенка).

Следует пояснить, что длительность этого ударного воздействия составляет не более $1 \cdot 10^{-4}$ с в отличие от длительности землетрясения, которая определяется промежутком между первым и последним ударными импульсами (толчками) и может достигать нескольких минут.

Ударные воздействия характерны только для продольных ударных волн сжатия в грунте. Они порождают ударные волны, приводящие к чисто сдвиговым разрушениям в колоннах, простенках и стенах. Эта гипотеза позволяет объяснить все многочисленные противоречия и странности в природе сейсмических разрушений конструкций.

Попробуем объяснить причины сдвиговых разрушений, в вертикальных элементах зданий исходя из ударно-волновой концепции. Для этого рассмотрим примеры.

Чрезвычайно распространенным случаем сейсмических разрушений являются чисто сдвиговые разрушения колонн. На рисунке (а, б) показано, как должны деформироваться и разрушаться защемленные по концам железобетонные колонны при горизонтальных колебаниях дисков перекрытий (должны возникать горизонтальные трещины по концам колонн). В реальности же эти трещины не появляются, а возникают наклонные трещины, чаще всего в зоне, где действуют касательные напряжения, которые во много раз меньше нормальных напряжений (рис. в, г). Такое явление не имеет объяснений.

Другой массовый случай сейсмических разрушений зданий – возникновение косых крестообразных трещин по диагоналям простенков и перемычек, уровень напряжения в которых на порядок ниже, чем в наиболее опасных сечениях, или, что самое парадоксальное, появление диагональных трещин лишь в одних перемычках. Понять природу появления подобных трещин на основе «колебательной» доктрины невозможно.

Предположим, что по колоннам и простенкам пробегают ударные волны, которые на мгновение придают этим элементам чисто сдвиговую форму в виде параллелограмма, при этом в них изгибные деформации и напряжения отсутствуют. Одновременно элементам кратковременно передаются огромные ускорения, в результате чего возникают инерционные силы вращения, создающие динамический момент от ударной поперечной силы. Под действием этих сил в колоннах, простенках и перемычках, подвергающихся сейсмическим воздействиям, и возникают наклонные трещины.

Превращаясь при пролегании ударных волн на мгновения в параллелограммы, вертикальные полосы простенков заставляют принять эту же форму перемычки, зажатые между ними. В перемычках же, в отличие от простенков, отсутствует сжатие от веса здания, именно поэтому они разрушаются гораздо чаще, чем простенки (особенно это относится к простенкам первых этажей).

Допустив существование сейсмических ударных волн, можно ответить на множество других вопросов, связанных с разрушением зданий от землетрясений. В их числе:

- почему простенки и перемычки разрушаются по всей высоте стены здания не зависимо от числа этажей, а колонны - лишь на первых двух (редко трех) этажах?

- почему в простенках и перемычках возникают крестообразные трещины, а в колоннах такие трещины не наблюдаются?

- почему при параллельной работе стен и колонн гибкие колонны разрушаются гораздо чаще и интенсивнее, чем жесткие стены?

- почему разрушаются колонны с шарнирными опорами, в которых вообще не должно возникать никаких усилий при боковых смещениях?

- почему каркасные здания почти всегда менее сейсмостойки, чем панельные, хотя теоретически должно быть наоборот, ибо в каркасных зданиях менее вероятен резонанс?

- почему наиболее сейсмостойки срубы и здания на деревянных и стальных стойках?

Ответы на эти вопросы таковы:

- по простенкам здания ударная волна, приводящая к сдвиговым напряжениям, пробегает почти без помех снизу доверху и во всех простенках и перемычках появляются первые косые трещины. Затем, отразившись от свободного верхнего края стены, волна бежит вниз, вызывая напряжение с противоположным знаком, и появляются вторые, ортогональные по отношению к первым трещины. Таким образом, образуются «кресты» из двух трещин;

- в колоннах ударная волна почти полностью отражается в местах заделок ригелей на первых двух этажах здания и выше не проходит. Обратная волна,

отраженная от заделок, суммируется с прямой волной, т.е. касательные напряжения удваиваются. По этой причине косые трещины в колоннах возникают чаще и раньше, чем в стенах, и не бывают крестообразными;

- шарнирные опоры колонн предотвращают их изгиб, но не сдерживают сдвиг от действия ударной волны, поэтому колонны с шарнирными опорами срезаются так же, как и заземленные;

- в колоннах степень сжатия от веса здания много выше, чем в стенах и простенках, а потому сдвиговые трещины значительно круче. По этим трещинам под действием веса здания колонны очень легко срезаются. В стенах под действием ударных волн в связи с незначительным сжатием появляются пологие косые трещины и сразу же возникают препятствующие разрушению силы трения и зацепления. Кроме того, при одинаковой скорости разрушения бетона колонны разрушатся быстрее, чем стены;

- деревянные и стальные стойки не может срезать ударно-сдвиговая волна, поскольку прочность на разрыв и срез у дерева и стали на два порядка выше, чем у бетона, а срубы мгновенно гасят ее, так как волна не может преодолеть зазоры между бревнами срубов.

Подобных вопросов и ответов можно привести много. Отметим лишь следующее: появление крестообразных трещин от сейсмических воздействий во всех сплошных стенах с отношением высоты к ширине, превышающем единицу, также отвечает «волновой» и противоречит «колебательной» доктрине, так как в этих стенах вертикальные напряжения в два и более раза превышают касательные и потому при колебаниях перекрытий в стенах должны появляться горизонтальные трещины.

Занимаясь всесторонним обоснованием ударно-волновой концепции, авторы обнаружили один из источников, порождающих мгновенные ударные импульсы и волны при землетрясениях, и описали механизм его действия. Суть его в следующем.

До сих пор считалось, что источником сейсмических волн является «упругая отдача», т.е. внезапный сдвиг берегов магистральной трещины, возникающей вдоль трансформного разлома, где накопились напряжения, вызванные медленным взаимным сдвигом тектонических плит.

Однако «упругая отдача» невозможна в принципе из-за блокирующих ее гигантских сил трения по берегам трещины, сжатой огромным давлением вышележащей породы. Наиболее вероятным источником мгновенных ударных импульсов и ударных сейсмических волн могут являться острые вершины микротрещин в начальном периоде их образования, когда в сжатой породе от сдвига возникают пики растягивающих напряжений, близких по значению к предельному напряжению σ_{max}^+ в межмолекулярных связях. Это напряжение ($\sigma_{max}^+ = E/2\pi$) равно теоретической прочности бездефектной породы R_1^T . Разрыв каждой растянутой межмолекулярной связи в породе приводит к мгновенному

сжимающему удару гигантской силы, равной предельному усилию в этой связи. Такие разрывы сопряжены с возникновением ударных волн сжатия, что приводит к лавинообразному росту трещин в породе, которые, в свою очередь, порождают целую серию разрывов межмолекулярных связей и новые удары в вершинах развивающихся микро- и макротрещин.

Возможно также появление вторичных разрывов такого же характера в слоях породы, находящихся в относительной близости от поверхности земли, и появление вызванных этими разрывами аналогичных вторичных мгновенных ударных импульсов и ударных волн. Такие импульсы и волнообусловлены взаимным сдвигом различных слоев породы вследствие разницы в скорости распространения продольных сейсмических волн в этих слоях.

На основе анализа целого ряда фактов был сделан еще один вывод — сейсмические приборы, которые представляют собой одно массовые осцилляторы (шарики на «ножках»), фиксируют вовсе не первичные волновые движения грунта, а вызванные ими вторичные движения, являющиеся собственными колебаниями масс этих приборов, возникающими сразу после прохождения ударных волн. И если это так, то о сейсмических волнах мы не имеем никаких сведений, кроме скорости их распространения.

Чем же объяснить, что именно непонятные колебания приборов, а не ясные картины сейсмических разрушений оказались в центре внимания сейсмологов? Почему колебания приборов были истолкованы как колебания грунта, которые и были признаны единственной причиной сейсмических разрушений?

Начало всему - знание «колебательной» доктрины сейсмических разрушений, что направило усилия ученых на поиски именно тех колебаний грунта, которые отвечают этой доктрине и которые в результате якобы были обнаружены, т.е. доктрина была первична, а найденные колебания грунта (ее подтверждающие) – вторичны. Это заблуждение произошло по следующей логической схеме.

Исходим из того, что здания разрушаются от вынужденных колебаний своих больших масс. Это возможно только в случае, если грунт колеблется с частотой, близкой к низким собственным частотам колебаний зданий. Периоды собственных колебаний зданий хорошо известны (они находятся в интервале 0,1-2 с), а их ускорения не превышают 0,5 g. Значит, периоды опасных колебаний грунта и его ускорения должны быть примерно такими же. Следовательно, нужны приборы, измеряющие частоту и ускорения колебаний именно в этом, а не ином диапазоне. В результате в качестве приборов решено использовать одно массовые осцилляторы, которые были названы акселерометрами и которые способны записать только частоты и ускорения колебаний грунта. При этом период собственных колебаний массы в приборе обязательно должен лежать в том же интервале.

В результате акселерометры фиксируют некие колебания именно в том диапазоне, на который они и были рассчитаны. Эти колебания не могут быть колебаниями грунта, поскольку при землетрясениях отсутствуют изгибные разрушения, которые должны их сопровождать. Значит, это собственные колебания приборов, вызванные прохождением ударных волн, которые в принципе не могут быть зафиксированы нынешними примитивными сейсмическими приборами.

Надо сказать, что если бы для замеров колебаний грунта использовали не осцилляторы, а мембранные датчики, способные фиксировать ускорения грунта в тысячи g, то упущения должны были быть обнаружены. Поэтому ударно-волновая доктрина сейсмических разрушений будет признана, прежде всего, нужно будет заменить приборы, используемые для измерения колебаний грунта.

И еще при выполнении сейсмических расчетов не считалось необходимым решать столь обязательную задачу, как проверка ожидаемой схемы разрушения. Сопоставление теоретического ожидаемого по расчету и реального механизма разрушения зданий и их элементов не проводилось. Между тем такая проверка именно в этих расчетах была особенно необходима, так как характер сейсмических разрушений зданий является настойчивым сигналом о возможной ошибке. Тем более, что осуществить такую проверку было очень просто – не надо было проводить специальные и дорогостоящие эксперименты по разрушению зданий, достаточно было лишь сравнить фактические картины многочисленных сейсмических разрушений с теоретическими. Однако сейсмологи так никогда и не делали эту простейшую и необходимую проверку, что не позволило им обнаружить принципиальную ошибку их концепции.

Можно предположить, почему это произошло.

Во-первых, сейсмологи никогда не интересовались теоретической схемой разрушений, поскольку не допускали мысли, что фактическая схема разрушения может не совпасть с нею, а те из ученых, которые не занимаются вопросами прочности конструкций, вообще не знали о необходимости проверки прочностных расчетов. Во-вторых, сейсмологи решали только динамическую задачу и потому считали, что схема расположения трещин и их вид в разрушенных конструкциях не могут содержать грозную, да и просто достойную их внимания информацию. В-третьих, будучи узкими специалистами по вопросам динамики, они не знали, что имеется колоссальная разница в природе сдвиговых и изгибных трещин и часто не различали их.

Наконец, сейсмологи всегда были уверены, что причины разрушения зданий скрываются где угодно, но только не в ошибочности исходной доктрины сейсмических воздействий. Кредо сейсмологов наиболее полно и четко было выражено ведущими

американскими учеными Н.Ньюмарком и Э.Розенблостом: «Землетрясения систематически выявляют ошибки, допущенные инженерами при проектировании и строительстве, причем даже самые незначительные ошибки». Признание в науке ударно-волновой концепции сейсмических разрушений позволит защитить профессиональную честь инженеров-строителей и проектировщиков сейсмостойких сооружений, обосновать не заслуженность предъявляемых им обвинений в ошибках, приводящих к сейсмическому разрушению зданий.

В заключение можно предположить общие принципы универсальной сейсмозащиты зданий от воздействия ударных волн сдвига:

1. Достижение минимальной площади поперечного сечения в связях между фундаментом и зданием;

2. Локализация больших напряжений в малой контактной зоне связей, что позволит легко обеспечить ее неразрушаемость при волновых ударах и других воздействиях;

3. Сейсмоизоляция зданий от ударных волн благодаря перераспределению напряжений с малой площади сечения связей на большую площадь сечения мощного и массивного защитного элемента, а также

плавному увеличению площади поперечного сечения вертикальных несущих элементов;

4. Защита здания от действия ударных волн путем скачкообразного изменения площади поперечного сечения фундаментной плиты или вертикальных элементов первого этажа.

Сейсмостойкие конструкции, разработанные на основе указанных принципов, характеризуются очень высокой сейсмоизолирующей способностью. Внедрение в практику сейсмостойкого строительства таких конструкций позволит при действии на них подземных взрывов защитить несущие элементы зданий от среза и изгиба одновременно и полностью исключить сейсмические разрушения.

Литература:

1. Смирнов С.Б., Ордобаев Б.С., Айдаралиев Б.Р. «Сейсмические разрушения – альтернативный взгляд», сборник научных трудов, часть I, Издательство «Айат», Бишкек -2012г., 138с.
2. Смирнов С.Б., Ордобаев Б.С., Айдаралиев Б.Р. «Сейсмические разрушения – альтернативный взгляд», сборник научных трудов, часть II, Издательство «Айат», Бишкек – 2013, 144 стр.

Рецензент: д.т.н., профессор Тусупбаев Н.К.