

НЕКОТОРЫЕ ОСОБЕННОСТИ СЕЙСМИЧЕСКОГО ВОЛНОВОГО РАЗРУШЕНИЯ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ

С.Б. Смирнов, Б.С. Ордобаев, Ш.С. Абдыкеева

Московский государственный строительный университет
Кыргызско-Российский Славянский университет
г. Бишкек

Статья посвящена изучению особенностей сейсмического разрушения зданий, противоречащих по своей природе инерционно-силовой концепции

Ключевые слова: сейсмические разрушения, землетрясения, ударно-волновая концепция

Всем хорошо известно, что Кыргызстан полностью расположен в регионе с повышенной сейсмической активностью. Поэтому наша страна в отличие от других не может позволить пассивно мириться с нынешним крайне неудовлетворительным положением дел в сфере сейсмозащиты, которая сложилось во всем мире. Суть дела в том, что по ряду объективных и субъективных причин официальная сейсмическая наука до сих пор (как и сто лет назад) использует в качестве сейсмических приборов лишь обычные маятники. Поэтому она не может иметь и по-прежнему не имеет никакой достоверной информации о том реальном сейсмическом импульсном воздействии, которое на самом деле разрушает здания при землетрясениях и которое отображено во всех картинах разрушения их колонн и стен.

Наша повышенная заинтересованность и активность в деле сейсмозащиты объясняется тем, что в Кыргызстане, как нигде более высока доля регионов с самой высокой потенциальной сейсмоактивностью и сеймоопасностью. Сейсмозащита наших граждан и их жилища является одной из самых приоритетных задач руководства страны, а надежность этой защиты является одним из главных направлений в работе наших ученых и тут Кыргызстан стоит особняком среди всех других менее озабоченных стран мира.

Таким образом в связи с вышеизложенным, решению проблемы анализа существующей системы сейсмозащиты, а также изучению картин сейсмических разрушений зданий и способу получения достоверной информации о реальных параметрах сейсмических воздействий посвящена настоящая работа.

По многочисленным наблюдениям, большинство сейсмических разрушений зданий происходит после первых, наиболее мощных толчков, которые почти мгновенно срезают колонны и стены зданий, но не успевают раскачать здание, т. е. вызвать в нем появление опасных сил инерции.

Известно, что при землетрясениях появлению инерционных сил всегда предшествует появление волн поперечного сдвига в вертикальных элементах зданий, т. е. сдвиговые волны первичны, а инерционные силы — вторичны. Логично было бы считать именно эти волны одной из главных причин сейсмического разрушения зданий. Тем не менее, общепринятой и единственной причиной сейсмических разрушений сооружений до сих пор считают сейсмические, сугубо вторичные инерционные силы.

Такой противоречащий почти всем экспериментам подход был оправдан лишь при начале формирования сейсмической науки, но при современном развитии теории волновых процессов в грунте и теории ударной прочности материалов от него следует отказаться.

Традиционный сейсмический расчет заключается в определении эквивалентной статической величины инерционных сил, которые затем прикладываются к массивным элементам и дискам перекрытий. При этом для определения прочности и неразрушимости элементов зданий используют обычные статические прочностные константы материалов. К сожалению, данная инерционно-силовая концепция противоречит реальности. Дело в том, что всесторонний и тщательный анализ многочисленных разрушений зданий во многих случаях не согласуется с реальными схемами разрушения и даже противоречит им. Имеется много типов реальных

НЕКОТОРЫЕ ОСОБЕННОСТИ СЕЙСМИЧЕСКОГО ВОЛНОВОГО РАЗРУШЕНИЯ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ

сейсмических разрушений, которые невозможно объяснить только на базе этой концепции.

Приведем шесть наиболее наглядных и часто встречающихся примеров [1] реальных сейсмических разрушений, которые противоречат общепринятой инерционно-силовой концепции и не могут быть вызваны действием инерционных сил.

Пример 1. Здание с гибким каркасом и жесткими диафрагмами или ядрами жесткости.

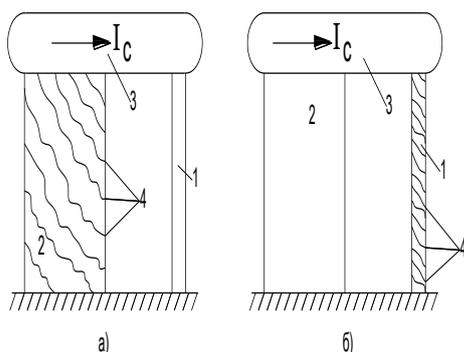


Рисунок 1 – Расчетная схема типового этажа здания с гибким каркасом и жесткой диафрагмой: а и б – соответственно ожидаемая и фактическая схемы разрушения; 1 – колонны; 2 – жесткая диафрагма; 3 – диск перекрытия; 4 – трещины

На рисунке 1 представлены очень гибкие колонны каркаса и железобетонная стена или диафрагма, горизонтальная жесткость которой на два порядка выше жесткости колонн каркаса. В связи с этим сдвигающие напряжения, возникающие в диафрагме от горизонтальной сейсмической инерционной силы $1c$, приложенной к диску перекрытий, намного выше, чем в колоннах каркаса. Известно, что чем выше жесткость одного из двух параллельно работающих элементов, тем большую долю нагрузки он берет на себя. Следовательно, при достижении силой $1c$ некоторого опасного предельного значения первым должен обязательно разрушиться более жесткий и более напряженный элемент, т. е. диафрагма. Однако при реальных сейсмических воздействиях с преобладанием частых толчков в зданиях не происходит ничего подобного, а наблюдается противоположное: первыми разрушаются гибкие, а иногда и шарнирно опертые колонны, на которые почти не действует сила $1c$, а жесткие диафрагмы и сте-

ны, воспринимающие почти всю силу, остаются невредимыми (рисунок 1).

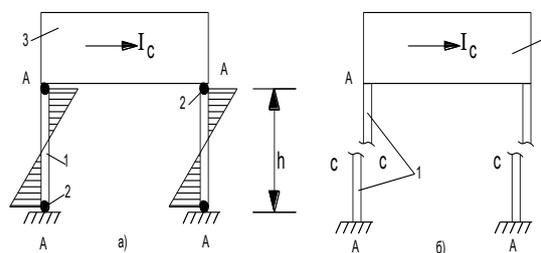


Рисунок 2 – Расчетная схема здания с гибким каркасным первым этажом:

а и б – соответственно ожидаемая и фактическая схемы разрушения; 1 – колонны; 2 – пластические шарниры в опорных сечениях колонн; 3 – жесткий диск верхних этажей.

Согласно расчетной схеме такого здания (рис. 2) в четырех опорных сечениях А гибких колонн возникают максимальные изгибающие моменты $M_A^{\max} = 1/41 ch$, которые вызваны действием инерционной силы $1c$, приложенной к жесткой верхней части здания. С ростом силы $1c$ моменты M_A^{\max} достигнут предельного значения M_0 , что должно привести к появлению четырех пластических шарниров по концам колонн в точке А. В результате эта рама должна превратиться в классический изгибной механизм бокового смещения. Так, на практике разрушаются все аналогичные рамы с подобной горизонтальной нагрузкой. Однако при воздействии землетрясений с частыми толчками такие рамы разрушаются иначе. В них возникает совершенно иной, сдвиговой механизм хрупкого разрушения, когда в наименее напряженных сечениях С (где $M_c = 0$) происходит поперечный срез колонн по наклонным сечениям (см. рис. 2). Появление такого механизма при действии горизонтальной инерционной силы h представляется невероятным и противоречит основным положениям теории предельного равновесия и строительной механике. При обычных, не сейсмических горизонтальных нагрузках, никогда не возникают подобные сдвиговые механизмы со срезом колонн в наименее нагруженных сечениях С – С, а наблюдается обычный изгибной механизм.

Пример 3. Стена с проемами.

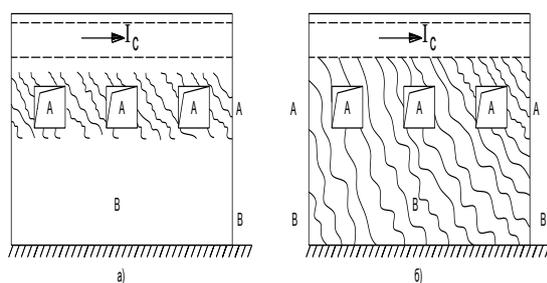


Рисунок 3 – Расчетная схема фрагмента здания с проемами *аи б* – ожидаемая и фактическая схема разрушения

Расчетная схема дана на рис. 3

Оконные проемы ослабляют стену при ее работе на горизонтальную инерционную силу I_C . Суммарное поперечное сечение всех простенков в ослабленной зоне $A - A$ намного меньше, чем в зоне без проемов $B - B$, поэтому в первую очередь от предельной инерционной силы I_C должны разрушаться простенки $A - A$, где напряжение от нее на порядок выше, чем в сплошной зоне стены $B - B$ (см. рис. 3).

Однако на практике, согласно многочисленным натурным наблюдениям, при частых сейсмических толчках трещины появляются одновременно в ослабленной зоне $A - A$ и сплошной $B - B$. Это разрушение от силы также является парадоксальным для такой схемы нагружения и противоречит положениям строительной механики.

Пример 4. Разрушение стен различной толщины под действием равных инерционных сил (такое решение типично для зданий АЭС и ГЭС). Оказывается, что очень часто толщина стен не влияет на разрушимость этих элементов при частых сейсмических толчках. Например, нередко инерционная сила одинаковой величины приводит к почти одновременному разрушению стен разной толщины. В то же время по инерционно-силовой концепции толщина элементов должна оказывать решающее влияние на их разрушения при сейсмических воздействиях. Отсутствие этой зависимости ставит под сомнение применение при расчетах инерционно-силовой концепции сейсмического разрушения как единственно возможной.

Далее приведем без комментариев еще два примера весьма распространенных разрушений, которые не могут быть вызваны сейсмическими инерционными силами.

Пример 5. Высокие диафрагмы жесткости и высокие ядра жесткости часто разрушаются в результате среза по наклонным

сечениям, а не от изгиба, вызванного инерционной силой I_C , хотя нормальные растягивающие напряжения в уровне нижней заделки от действия этой силы на 1 – 2 порядка больше касательных.

Пример 6. Шарнирные колонны каркаса, где вообще не должны возникать от действия горизонтальных инерционных сил ни изгибающие моменты, ни поперечные силы, не должны разрушаться, тем не менее разрушаются путем среза.

Выводы из реальных схем разрушения

Поскольку фундаментальные теоретические положения строительной механики и теории предельного равновесия обоснованы многократными экспериментами и неопровержимы, то из анализа шести приведенных примеров следует принципиально важный общий вывод: во всех рассмотренных случаях инерционные силы не могли вызвать такие сейсмические разрушения зданий. Все они были вызваны совершенно иным по своей природе, волновым ударно-сдвиговым воздействием, приложенным к зданиям, что привело к их разрушению еще до появления инерционных сил. До сих пор это воздействие почти не принималось во внимание при прочностном расчете и не было детально исследовано.

Помимо описанных выше можно привести еще целый ряд примеров сейсмического разрушения противоречащих по своей природе инерционно-силовой концепции.

Мало того, среди множества реальных случаев сейсмического разрушения практически почти невозможно найти примеры, которые бы прямо свидетельствовали о том, что эти разрушения вызваны появлением опасных инерционных сил. Дело в том, что почти все реально возникавшие случаи изгибного разрушения колонн, высоких стен и ядер жесткости, похожие на разрушение от сил инерции, могут быть вызваны действием изгибных напряжений, появление которых сопровождается прохождением волн сдвиговых напряжений по вертикальным элементам зданий. Если волны сдвига имеют длину, превышающую высоту здания, указанные изгибные напряжения достигают очень больших значений и приводят к изгибному разрушению зданий, которое внешне выглядит точно так же, как и разрушение от инерционных сил. Однако такое разрушение происходит раньше появления инерционных сил.

Если учесть еще, что подавляющее большинство сейсмических разрушений про-

НЕКОТОРЫЕ ОСОБЕННОСТИ СЕЙСМИЧЕСКОГО ВОЛНОВОГО РАЗРУШЕНИЯ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ

исходит сразу же после первого толчка, когда здание не успевает раскачаться, а о появлении резонансных инерционных сил не может быть и речи, можно сделать общий достаточно смелый, но единственно возможный вывод о том, что подавляющее большинство сейсмических разрушений происходит не от инерционных сил, а от волнового воздействия.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Железобетонные стены сейсмостойких зданий. Исследования и основы проектирования. – М.: Стройиздат, 1988. – 501 с.

**Смирнов Сергей Борисович-д.т.н., профессор,
Ордобаев Бейшенбек Сыдыкбекович – к.т.н.,
профессор, тел.: (+996 550) 646566, e-mail:
ordobaev@mail.ru;
Абдыкеева Ширин Суюнбаевна – старший преподаватель**