

УДК 699.841

НЕКОТОРЫЕ ОСОБЕННОСТИ СЕЙСМИЧЕСКОГО РАСЧЕТА ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ

С.Б. Смирнов, Б.С. Ордобаев, Б.М. Сеитов

Изложены несколько новых перспективных направлений в области теории и практики сейсмозащиты зданий и сооружений в районах, подверженных сильным землетрясениям.

Ключевые слова: сильные землетрясения; сейсмозащита; колебания; срез; резонанс; концепция; напряжения; сейсмические импульсы; разрушения.

SOME FEATURES OF SEISMIC CALCULATION OF BUILDINGS AND STRUCTURES

S.B. Smirnov, B.S. Ordobaev, B.M. Seitov

The article states several new promising directions in the field of theory and practice of seismic protection of buildings and structures, in areas subject to strong earthquakes.

Keywords: strong earthquakes; seismic protection; oscillations; slice; resonance; concept; stresses; seismic impulses; fractures.

Существующее ныне реальное положение дел в области практики сейсмозащиты зданий и сооружений не устраивает даже главных теоретиков господствующей ныне официальной резонансно-колебательной теории и модели сейсмического разрушения сооружения в связи с тем, что основанная на ней нынешняя официальная стратегия сейсмозащиты недостаточно эффективна и не гарантирует надежной защиты зданий от сильных землетрясений.

В связи с этим, оппоненты официальной сейсмической доктрины выдвигают разные качественно новые концепции в этой области. Рассмотрению одной из них и посвящена данная работа.

Изложим вкратце суть первой концепции. Эта концепция была выдвинута в 1992 г. проф. МГСУ д.т.н. С.Б. Смирновым. Она разрабатывалась и разрабатывается им и его учениками в России, а также в Кыргызской Республике, особенно следует отметить исследования и публикации его учеников [1–11], проведенные в соавторстве с профессором С.Б. Смирновым.

Суть новой концепции, предложенной проф. С.Б. Смирновым, состоит в следующем. Он считает и строго доказывает, что те низкочастотные сейсмические колебания грунта, которые до сих пор считаются главной и единственной причиной сейсмических разрушений не являются таковой.

С.Б. Смирнов доказал, что эти колебания грунта возникают непосредственно под зданиями, стоящими вдалеке от гипоцентра землетрясений, а вовсе не приходят к зданиям из этого гипоцентра, как считает официальная сейсмическая наука. На самом деле, сейсмическими **P** и **S** волнами приносятся к зданиям вовсе не низкочастотные относительно безопасные колебания грунта, а разрушительные сейсмические импульсы. Их порождают разрывы связей в высокопрочных породах при тектонических сдвигах, происходящих в гипоцентрах землетрясений.

Эти импульсы резко сдвигают верхнюю толщу грунта глубиной примерно в 100 м, которая обладает повышенной податливостью. После этого сдвига верхняя грунтовая толща начинает совершать возвратные сдвиговые колебания, именно эти колебания фиксируются стандартными акселерометрами. Они считаются единственным разрушительным сейсмическим воздействием, поскольку ударно-волновые разрушительные сейсмические импульсы, породившие эти колебания, считаются “незамеченными” со стороны стандартных акселерометров. Именно поэтому они никак не отображены в официальных сейсмических нормах.

Профессор С.Б. Смирнов предлагает, во-первых, разработать и применить качественно новые сейсмические приборы, позволяющие,

наконец, зафиксировать параметры опасных сейсмических импульсов.

Во-вторых, он предлагает заново разработать и заложить в сейсмические нормы основы расчета зданий и качественно новые меры их защиты при воздействии этих волновых квази-ударных импульсов. Именно эти импульсы всегда срезают железобетонные колонны зданий при сильных землетрясениях. Именно повсеместное и регулярное появление таких абсолютно аномальных сейсмических срезов в железобетонных колоннах является главным неопровержимым доказательством реального существования волновых разрушительных сейсмических импульсов. При этом очевидно, что низкочастотные колебания грунта и порожденные ими колебания зданий не могут в принципе вызвать подобные аномальные срезы железобетонной колонны.

Кроме того, профессор С.Б. Смирнов предлагает впервые провести измерение реальных сейсмических напряжений в простой модели здания и сопоставить их с напряжениями, полученными на основе записанных при этом акселерограмм.

Он утверждает, что найденные при этом сейсмические напряжения должны существенно превысить те официальные напряжения, которые будут вычислены на основе официальных акселерограмм.

Целью данной работы является описание новой концепции в совершенствовании метода сейсмических расчетов в сейсмических нормах.

Главная сложность в попытке строго и полно описать это направление состоит в том, что все разработки этого направления (в отличие от предыдущего) находится либо в начальном, либо в незавершенном состоянии.

Почти все авторы, выдвигающие идею о создании этого направления, пока сделали мало конкретного для реализации своей идеи.

Более того, сама по себе их идея часто излагается ими весьма туманно и абстрактно. Поэтому мы попытаемся самостоятельно сформулировать их идеи, так как мы их понимаем. Кроме того, мы попытаемся спрогнозировать возможные трудности в их реализации.

Во-первых, речь идет о том, что при сейсмических расчетах железобетонных зданий желательно было бы учесть способность растянутой арматуры и сжатого бетона допускать появление пластических деформаций в стадии предразрушения зданий. Это возможно даст некий позитивный эффект (что далеко не очевидно).

Во-вторых, для авторов этой идеи было бы желательно использовать при сейсмических прочностных расчетах известный узким специалистам

весьма эффективный метод предельного равновесия профессора А.А. Гвоздева. Это было бы, на их взгляд, весьма прогрессивно. Проблема здесь в том, что специалисты в области предельного равновесия и в теории пластичности, а также в исследовании неупругих процессов обычно далеки от понимания смысла нынешней официальной резонансно-колебательной сейсмической теории предельного равновесия, теории пластичности, теории приспособляемости и т. д.

Итак, можно ли исходно утверждать, что учет пластических деформаций в бетоне и железобетоне кардинально повлияет на суть и результат нынешнего официального прочностного расчета зданий на сейсмические воздействия? Ответ здесь безусловно положительный: да он сильно повлияет. Ведь из многочисленных экспериментов известно, что реальное здание никогда не удастся разрушить за счет его попадания в резонанс с внешним вибрационным воздействием, так как здание всегда “уходит” от резонанса именно за счет своих пластических деформаций. Как раз по этой причине термин “резонанс” в последнее время был изъят из названия нынешней сейсмической модели и она стала называться только “колебательной”.

Теперь автором этой новой идеи остается сделать самое главное, а именно, надо каким-то образом внедрить в официальную теорию некую методику по учету пластических деформаций в стадии предразрушения зданий. Проблема состоит в том, что пока еще никто не предложил механизма как это сделать в строгой постановке, то есть это задача, хотя и сложна, но вполне разрешима. Однако до сих пор она все еще не решена.

Эту задачу ранее не решали, возможно, еще и потому, что заранее был вообще не ясен эффект от ее решения. То есть было неясно повысится или нет вообще реальная сейсмостойкость зданий, рассчитанных на сейсмическую нагрузку, если учесть неупругие деформации, и не может ли это, наоборот, привести к снижению их сейсмической прочности.

Перейдем теперь к рассмотрению другого недавно появившегося смелого предложения о введении в ныне действующие нормативные документы по сейсмостойкому строительству расчетов, основанных на теории и методе предельного равновесия (вкратце М.П.Р.).

Авторы некоторых из этих оригинальных предложений, по-видимому, не представляют себе до конца всех сложностей и противоречий в решении поставленной ими задачи. Кроме того, они не учитывают непредсказуемости конечного результата от подобных нововведений.

Дело в том, что метод предельного равновесия был разработан, применен и предложен профессором

А.А. Гвоздевым только для квазистатических, а вовсе не для динамических нагрузок. Он считал, что этот метод особенно эффективен для определения предельной несущей способности в изгибаемых железобетонных элементах и конструкциях, а именно в железобетонных балках, рамах и железобетонных изгибаемых плитах, где вид и форма реального пластического механизма разрушения достаточно очевидны. Это свойство очень важно при использовании кинематической модификации М.П.Р. Именно она особенно проста и эффективна на практике.

Ученики и последователи А.А. Гвоздева пытались распространить этот простой метод на целый ряд других конструкций, например, балок-стенок и встретились с трудностями использования именно кинематического принципа в М.П.Р.

Профессор С.Б. Смирнов сумел обойти эти трудности. Для этого он успешно разработал и внедрил статическую модификацию метода предельного равновесия для прочностного расчета ряда плоско напряженных железобетонных элементов: балок-стенок, панелей, простенков, высоких перемычек и т. д. При этом он применил метод кусочно-однородных полей напряжений при определении нижней границы предельной нагрузки для перечисленных выше и многих других плосконапряженных железобетонных элементов.

Следует пояснить, что профессор А.А. Гвоздев (автор М.П.Р.) всегда использовал именно кинематическую модификацию своего метода, справедливо считая ее наиболее эффективной и доступной для практического использования инженерами, ввиду ее простоты и наглядности применительно к изгибаемым железобетонным элементам. Дело в том, что в изгибаемых железобетонных балках, рамах и даже в плитах обычно всегда удавалось достаточно легко найти и перебрать все возможные механизмы их разрушения с размещением изгибных пластических шарниров в сечениях с минимальными изгибающими моментами.

Подсчитав работу внутренних предельных моментов в пластических шарнирах при возможных перемещениях механизма, и приравняв ее к работе внешних сил на тех же перемещениях, мы находим одну из верхних оценок параметра предельной нагрузки P_i^+ , отвечающую данному механизму. Перебрав, таким образом, все возможные механизмы пластического разрушения системы, мы найдем истинную нагрузку P_{ox} из условия $P_o = P_{min}$ или $P_o = \min\{P_i^+\}$.

Этот простой и очень эффективный метод, к сожалению, нельзя применять к плоско напряженным железобетонным элементам, т. к. там не удается найти правдоподобные механизмы их раз-

рушения. Именно по этой причине профессор С.Б. Смирнов и его ученики были вынуждены использовать статическую модификацию метода с использованием статически допустимых и “стабильных” кусочно-однородных полей напряжений, которым соответствуют нижние оценки P_i^- искомой величины P_o . Напомним, что под “стабильным” понимается такое поле напряжений, которое нигде не нарушает условие прочности материала конструкции. Статическая модификация метода предельного равновесия позволяет найти истинную предельную нагрузку P_o как $P_o = \max\{P_i^-\}$ или как $P_o = P_{max}^-$.

Отметим, что наиболее сложным оказалось построение равновесных и стабильных кусочно-однородных полей напряжений для плосконапряженных железобетонных конструкций с реальными схемами нагрузок. Эта задача была успешно решена основными последователями учениками проф. С.Б. Смирнова Б.С. Ордобаевым в его кандидатской диссертации [1].

Приведем основную суть метода предельного равновесия, для того чтобы специалистам стало понятно насколько трудно, а может быть даже невозможно внедрить этот метод в нынешнюю официальную “колебательную” модель и концепцию сейсмического расчета сооружений.

Ведь в этой официальной модели считается, что здание работает именно в упругой стадии. При этом основная доля горизонтальной сейсмической нагрузки находится просто путем умножения массы здания m на максимальное ускорение сейсмических колебаний грунта $a = kg$, отвечающее соответствующему уровню балльности в данном районе. При семи баллах в регионе коэффициент $k = 0,1$, при восьми – $k = 0,2$ и при девяти – $k = 0,4$ здесь $g = 9,8 \text{ м/с}^2$ – ускорение от силы тяжести.

В данной работе мы не пытались решать эту задачу, т. е. внедрить М.П.Р. в сейсмические нормы, т.к. для нас она просто непосильна. Ее решению следует, на наш взгляд, посвятить ряд докторских диссертаций.

Наша цель состояла в том, чтобы найти, собрать воедино и описать те исследования, которые хоть в какой-то мере направлены на внедрение М.П.Р. в теорию сейсмического расчета сооружений. Мы выявили, что все эти исследования не завершены, зачастую не имеют достаточно строгого обоснования. Почти все они могут считаться лишь первым шагом к решению данной сложной проблемы. Более того, даже в случае успешного решения поставленной сложной задачи нет никакой гарантии, что у сооружений, рассчитанных и запроектированных с применением М.П.Р., возрастет их реальная сейсмостойкость.

Тем не менее, мы считаем, что эти первые шаги исследований в данной сфере заслуживают всестороннего осмысления, что мы и попытались сделать. Мы изучили все обнаруженные нами работы, которые, хоть в какой-то мере, относятся к данному новому направлению. Из этих работ мы отобрали те, которые на наш субъективный взгляд, показались нам наиболее перспективными. В этот перечень не вошли работы, где была сделана попытка использовать М.П.Р. в некоторых специфических динамических воздействиях, которые заведомо не имели ничего общего с реальными сейсмическими воздействиями.

Литература

1. Ордобаев Б.С. Предельное равновесие и прочностной расчет железобетонных стен и диафрагм / Б.С. Ордобаев: дис... канд. техн. наук. М.: МИСИ, 1992. 135 с.
2. Смирнов С.Б. Расчет прочности железобетонных стен и диафрагм методом однородных палей / С.Б. Смирнов, А.С. Залесов, Б.С. Ордобаев // Бетон и железобетон. 1991. № 6. С. 22–24.
3. Смирнов С.Б. Получение формул для СНиП по прочностному расчету железобетонных панелей стен, диафрагм на горизонтальные и другие нагрузки / С.Б. Смирнов, А.С. Залесов, Б.С. Ордобаев // Строительная механика и расчет сооружений. 1991. № 2. С. 91–96.
4. Смирнов С.Б. Расчет прочности железобетонных энергетических сооружений на основе “упругого” поля напряжений / С.Б. Смирнов, А.С. Залесов, Б.С. Ордобаев // Вопросы атомной науки и техники. Серия: проектирование и строительство. Вып. I. 1991. С. 3–11.
5. Смирнов С.Б. Новое о прямом прочностном расчете железобетонных стен, работающих на сдвиг / С.Б. Смирнов, Б.С. Ордобаев // Строительная механика и расчет сооружений. 1991. № 5, 6. С. 3–8.
6. Смирнов С.Б. Прочностной расчет железобетонных стен АЭС на действие горизонтальных нагрузок / С.Б. Смирнов, Б.С. Ордобаев // Вопросы атомной науки и техники. Серия: Проектирование и строительство. 1991. № 2. С. 3–13.
7. Смирнов С.Б. Сейсмические разрушения – альтернативный взгляд / С.Б. Смирнов, Б.С. Ордобаев, Б.Р. Айдаралиев // Сб. научн. трудов. Ч. I. Бишкек: Айат, 2012. 138 с.
8. Смирнов С.Б. Сейсмические разрушения – альтернативный взгляд / С.Б. Смирнов, Б.С. Ордобаев, Б.Р. Айдаралиев // Сб. научн. трудов. Ч. II. Бишкек: Айат, 2013. 144 с.
9. Смирнов С.Б. Измерения сейсмических напряжений в стенах зданий как шаг в решении проблемы надежной сейсмозащиты / С.Б. Смирнов, Б.С. Ордобаев, Б.Р. Айдаралиев, Ш.С. Абдыкеева // Вестник МУК. 2012. № 2(22). С. 62–64.
10. Смирнов Б.С. Недостаток информации о реальных сейсмических воздействиях на здания и сооружения / Б.С. Смирнов, Б.С. Ордобаев, Б.Р. Айдаралиев, Н.Дж. Садабаева // МНПК “Сергиевские чтения”, Москва, 21–22 марта. М.: РАН РФ, 2013. С. 11–12.
11. Смирнов С.Б. Прочностной расчет рам и плит на базе теории предельного равновесия (расчет и проектирование) / С.Б. Смирнов, Б.С. Ордобаев, Д.Ш. Кожобаев // Пособие по расчету. Фрунзе, 1990. 116 с.