

УДК 69.07

СТАЛЬНЫЕ КАРКАСЫ В СЕЙСМИЧЕСКИХ РАЙОНАХ

А.В. Токарский, Т.В. Токарская, Р.И. Смирнов

Рассматриваются эффективные конструктивные решения сейсмостойких стальных каркасов. Приведены примеры деталей и узлов крепления элементов.

Ключевые слова: проектирование; сейсмостойкость; стальной каркас; связи; энергопоглотитель; пластическая деформация.

STEEL FRAMEWORKS IN THE SEISMIC REGIONS

A.V. Tokarskiy, T.V. Tokarskaya, R.I. Smirnov

The paper regards the effective constructive solutions of aseismic steel frameworks. The examples of details and knots of fastening of elements are given.

Keywords: design; seismic stability; steel framework; bonds; power absorber; plastic deformation.

Поскольку территория Кыргызстана является сейсмоопасной зоной с магнитудой возможных землетрясений 7 и более баллов, проблема повышения сейсмостойкости зданий и сооружений имеет большое значение. Надежность работы несущих конструкций зданий во время землетрясений должна гарантировать безопасность жизни людей и сохранность материальных ценностей.

Вопросам сейсмостойкого строительства всегда уделялось большое внимание в нашей республике, как в советский период, так и в настоящее время. При этом основой современной технической политики должно быть высокое качество строительства при минимальных затратах на антисейсмические мероприятия.

Согласно действующему в настоящее время СНиП КР 20-02:2009 “Сейсмостойкое строительство. Нормы проектирования” допускаются следующие конструктивные схемы стальных каркасов:

- рамные с жесткими узлами;
- связевые (рамно-связевые) с диафрагмами или связями жесткости, воспринимающими значительную часть горизонтальной нагрузки [1].

При этом в зависимости от сейсмичности площадки строительства и категории грунтов по сейсмическим свойствам существуют определенные ограничения по длине и высоте здания (таблицы 1, 2).

Традиционные стальные рамные каркасы широко применяются в сейсмостойком строительстве многоэтажных зданий. Если расчетные схемы таких каркасов практически не отличаются

от обычных, строящихся в несейсмических районах, то конструктивные решения элементов и узловых соединений каркасов повышенной сейсмостойкости имеют принципиально другие решения [2]. Колонны рамных каркасов выполняются квадратного сечения “в короб” из двух швеллеров (рисунок 1). Колонны такого сечения хорошо работают на внецентренное сжатие при изгибе в любой плоскости, поэтому эти сечения весьма конкурентны в категории “цена-качество”.

Рассмотрим прогрессивные конструктивные решения сейсмостойких рамных каркасов, разработанные советской наукой. Экспериментальные исследования показали, что в колоннах рамных каркасов нельзя допускать развития пластических деформаций из-за возможности обрушения конструкций. Поэтому конструктивные формы сейсмостойких рамных каркасов должны исключать возможность появления пластических деформаций в стержнях колонн вне зоны узловых соединений при перегрузках во время землетрясения. Для увеличения энергопоглощающей способности каркасов допускается развитие сдвиговых пластических деформаций в стенке колонны только в пределах узлового соединения с ригелем [2]. Стоит отметить, что согласно СНиП КР 20-02:2009 п. 6.6.19: “в элементах каркасов и связевых конструкциях необходимо предусматривать специальные конструктивные элементы, предназначенные для обеспечения пластических деформаций. Эти элементы должны устраиваться в непосредственной

Таблица 1 – Предельные значения размеров отсеков здания в плане, м [1]

Сейсмичность строительная	Размеры по длине (ширине), м		
	Категория грунтов по сейсмическим свойствам		
	I	II	III
7	150/80	150/80	96/80
8	96/80	96/80	72/60
9	96/60	72/60	60/60
Более 9	45/45	45/45	45/45

Примечание.

1. В числителе приведены данные для металлических или железобетонных каркасных конструктивных систем и стеновых конструктивных систем из монолитного железобетона, в знаменателе – для других конструктивных систем.

2. Предельные размеры отсеков одноэтажных каркасных зданий, проектируемых для строительства на площадках сейсмичностью 8 и более баллов, допускается увеличивать на 30 %.

близости от мест возможного хрупкого разрушения”. В рамных каркасах это достигается за счет конструктивных решений ригелей и опорных узлов колонн, в которых обеспечиваются условия для развития пластических деформаций при сейсмических нагрузках, превышающих расчетные. Такое конструктивное решение ограничивает величину максимальных усилий в колоннах и резко повышает сейсмостойкость каркаса благодаря поглощению большого количества энергии при пластическом деформировании ригелей и элементов узловых соединений (рисунок 2) [2].

Для исключения возможности развития пластических деформаций в колоннах у основания, их



Рисунок 1 – Рамный стальной каркас из швеллеров “в короб” (строящееся кафе в г. Бишкек)

Таблица 2 – Предельная высота здания, м [1]

Конструктивная схема	Сейсмичность площадки, балл			
	7	8	9	>9
1. Стальные каркасы рамно-связевые и связевые	66/20	54/16	42/12	16/4
2. Железобетонные каркасы: - рамные - рамно-связевые и связевые	30/9 51/16	27/7 39/12	18/5 30/9	7/2 16/4
3. Здания с монолитными стенами	66/20	57/18	39/12	16/4
4. Крупнопанельные здания	51/16	39/12	30/9	16/4
5. Здания в комплексных конструкциях	21/6	18/5	16/4	7/2
6. Стены деревянные щитовые брусчатые, бревенчатые, сынчевые	13/3	8/2	8/2	4/1

Примечание. В числителе дана высота здания в метрах, в знаменателе – количество этажей. За высоту здания принимается разность отметок среднего уровня спланированной поверхности земли, примыкающей к зданию, и низа верхнего покрытия здания или низа стропильных конструкций.

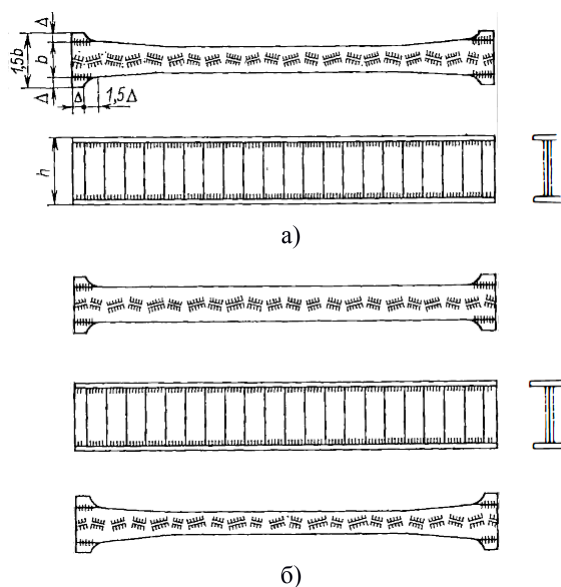


Рисунок 2 – Стальные ригели рамных каркасов с гофрированной стенкой: а – с одинаковыми поясами; б – с верхним поясом постоянной ширины

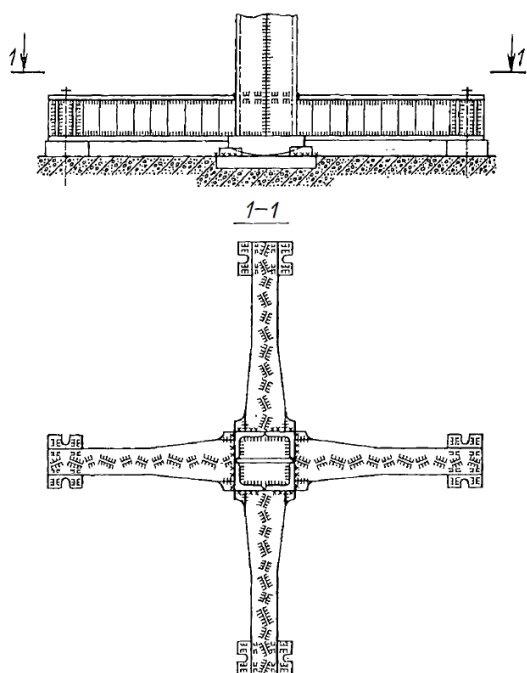


Рисунок 3 – Соединение колонны с фундаментом с применением развитых траверс

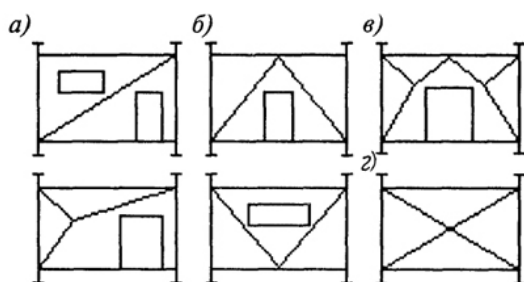


Рисунок 4 – Схемы вертикальных связей:
а – треугольная; б – полураскосная;
в – порталная; г – крестовая

узловые соединения с фундаментами должны выполняться с развитыми траверсами или с элементами, работающими на сдвиг. Оба решения предохраняют колонну от разрушения [2]. Для увеличения энергопоглощающей способности развитых траверс баз колонн их стенки делают гофрированными (рисунок 3).

Связевые и рамно-связевые металлические каркасы многоэтажных сейсмостойких зданий значительно лучше работают на сейсмические нагрузки, чем рамные и поэтому зачастую более экономичны. Таким образом, им следует отдавать предпочтение, если это возможно по архи-

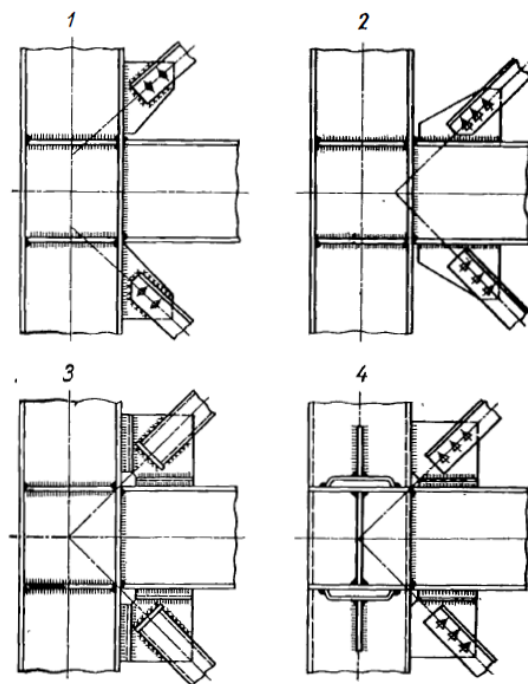


Рисунок 5 – Узлы рамно-связевых каркасов:
1 – узел крепления связей к колонне;
2 – узел крепления связей к ригелю;
3, 4 – узлы крепления связей при помощи корытообразных элементов

тектурно-планировочным соображениям [2]. Как правило, в Кыргызстане конструкции связей проектируют из прокатных уголков “в тавр”, круглых и квадратных труб, реже при больших пролетах – из прокатных швеллеров. Связи могут быть треугольными, полураскосными, крестовыми, порталными и должны располагаться симметрично в плане здания (рисунки 4, 5).

Предпочтение необходимо отдавать рамно-связевым каркасам многоэтажных зданий, оснащенных энергопоглотителями различных типов. На основном сочетании нагрузок элементы таких каркасов работают упруго, а при расчетном сейсмическом воздействии и возможных перегрузках при землетрясениях энергопоглотители работают в упруго-пластической стадии, поглощая энергию колебаний каркаса. При этом, элементы рамного каркаса по-прежнему работают упруго, что обеспечивает возвращение здания в начальное положение [3]. Для элементов энергопоглотителей применяются пластичные углеродистые стали с низким содержанием углерода и низколегированные стали с относительным удлинением не менее 20 % [4].

При работе материала энергопоглотителя за пределом упругости возникают значительные

деформации каркаса, что затрудняет конструктивное решение узловых соединений связей с каркасом из-за изменения прямого угла между колонной и ригелем, в результате чего фасонка при обычном решении узла разрушается. Для предотвращения разрушений узловых фасонки и сварных швов рекомендуется прикреплять их только к колонне или ригелю, а также крепить с помощью корытообразных элементов. С конструктивной точки зрения проще первые два решения. Фасонки связей лучше приваривать к колоннам, так как в этом случае поперечная сила в ригеле будет меньше. Кроме этого, такие решения узлов позволяют широко применять при монтаже каркасов болтовые соединения, что имеет решающее значение для повышения производительности труда монтажников [2].

Таким образом, применение стальных каркасов является перспективным направлением проектирования и строительства в Кыргызской Республике, благодаря многообразию конструктивных решений, которые можно успешно применять в сейсмоопасных зонах.

При разработке проектов стальных каркасов необходимо применять детали элементов, эффективно работающих в пластической стадии для максимального предотвращения весьма опасного хрупкого разрушения несущих конструкций при сейсмических нагрузках.

Литература

1. СНиП КР 20-02:2009 Сейсмостойкое строительство. Нормы проектирования. Бишкек: Госстрой КР, 2009. 103 с.
2. *Остриков Г.М.* Стальные сейсмостойкие каркасы многоэтажных зданий / Г.М. Остриков, Ю.С. Максимов. Алма-Ата: Казахстан, 1985. 120 с.
3. *Семенов В.С.* Энергопоглотители в стальных каркасах сейсмостойких зданий / В.С. Семенов, А.В. Токарский, Т.П. Алферова // Вестник КРСУ. 2016. Т. 16. № 5. С. 136–139.
4. СНиП РК 2.03-30–2006 Строительство в сейсмических районах. Алматы: ТОО “Издательство LEN”, 2006. 78 с.