

УДК 624.042.7

О распределении усилий в элементах рамного узла сейсмостойкого стального каркаса с колоннами коробчатого сечения

Ажермачев Г.А., к.т.н., Перминов Д.А., магистр

Национальная академия природоохранного и курортного строительства,
Украина

Анотація. Розглядається конструктивне рішення рамного вузла сталевих каркаса з колонами коробчатого перерізу і двутавровими ригелями. У колони коробчатого перерізу встановлюються поперечні діафрагми і вертикальні ребра, які сприяють зниженню впливу концентраторів напруження в зварних швах прикріплення ригеля до колони і зменшенню напруження в полицях ригеля.

Аннотация. Рассматривается конструктивное решение рамного узла стального каркаса с колоннами коробчатого сечения и двутавровыми ригелями. В колонны коробчатого сечения устанавливаются поперечные диафрагмы и вертикальные ребра, которые способствуют снижению влияния концентраторов напряжений в сварных швах прикрепления ригеля к колонне и уменьшению напряжений в полках ригеля.

Abstract. Constructive solution of steel frame junction with box section columns and double-T collar-beams is under consideration. Transverse diaphragms and vertical ribs are fixed into the box section columns, which promote decreasing of influence caused by stress concentrators in welds connecting the collar-beam to the column and reducing stresses in collar-beam flanges.

Ключевые слова: сейсмостойкость, рамные узлы, элементы, напряжения, концентраторы напряжений, диафрагмы, ребра.

Рассматривается конструктивное решение рамного узла стального каркаса с колоннами коробчатого сечения и двутавровыми ригелями. В колонны коробчатого сечения устанавливаются поперечные диафрагмы и вертикальные ребра, которые способствуют снижению влияния концентраторов напряжений в сварных швах прикрепления ригеля к колонне и уменьшению напряжений в полках ригеля, сейсмостойкости, рамные узлы, элементы напряжения, концентраторы напряжений, диафрагмы, ребра.

Вопросы сейсмостойкого строительства имеют большое экономико-хозяйственное значение. Примерно одна треть территории Украины находится в зоне, где могут происходить землетрясения силой 6–9 баллов. На этой территории находятся большие города и промышленные комплексы.

Землетрясения, которые наблюдались в последние десятилетия, показали, что к вопросам сейсмостойкости зданий и сооружений должно быть повышенное внимание. В противном случае не избежать больших материальных потерь, а возможно – и человеческих жертв [1, 2, 3].

Для обеспечения заданной сейсмостойкости и надежности, здания в районах с 8–9-балльной сейсмической активностью возводятся с металлическим или железобетонным каркасом. Техничко-экономические сравнения показали, что в большинстве случаев применение стали для каркасов более рационально. Можно отметить, что сталь является эффективным материалом, который обладает высокими физико-механическими свойствами при работе конструкции в экстремальных условиях. Этот материал имеет высокую прочность, пластичность и относительную легкость. Однако положительные качества этого материала могут быть сведены на нет при создании конструктивных решений.

Самое уязвимое место в каркасах зданий – это узлы соединения элементов (колонна с ригелем и т.п.), которые, как правило, выполняются на монтаже. Здесь многое зависит от квалификации специалиста, его опыта, понимания работы конструкции и отдельных элементов при экстремальных воздействиях.

При циклических воздействиях типа сейсмических, особенно при высоких напряжениях в соединениях таких элементов, могут наблюдаться хрупкие разрушения из-за наличия высоких концентраторов напряжений в зоне сварных швов. Для сейсмостойких рамных каркасов часто принимают колонны коробчатого сечения, а ригели – двутаврового профиля. При необеспечении эффективного конструктивного решения узла соединения ригеля и колонны в зоне сварных монтажных швов могут наблюдаться хрупкие разрушения. При отсутствии поперечных диафрагм в колонне в уровне поясов ригелей в сварных швах, прикрепляющих пояс к колонне, и околошовной зоне, у ребер колонны будут наблюдаться пики напряжений, в несколько раз превышающие расчетные [4].

На рис. 1 показана расчетная модель узла без диафрагм и сечения, для которых на рис. 2 и 3 показаны эпюры распределения напряжения.

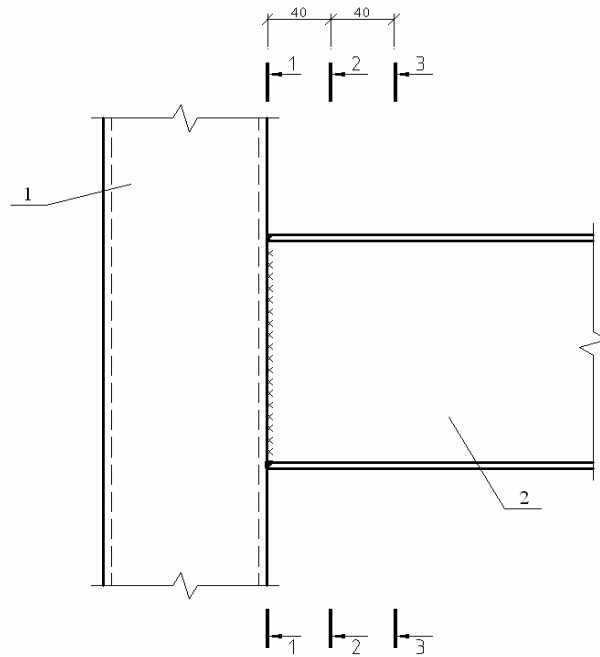


Рис. 1. Расчетная модель рамного узла:
1 – колонна коробчатого сечения; 2 – ригель



Рис. 2. Эпюра напряжений в сварном шве и в околошовной зоне полки ригеля для данной расчетной модели (рис. 1)

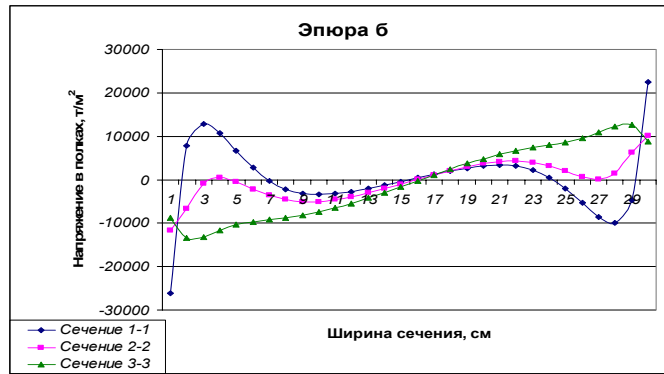


Рис. 3. Эпюра напряжений в сварном шве и в околошовной зоне по высоте стенки ригеля для данной расчетной модели (рис. 1)

Влияние концентраторов напряжений в зоне сварных швов, прикрепляющих пояса ригеля к стенке колонны, в рамных узлах можно уменьшить при помощи диафрагм (рис. 4) [4, 5]. Однако и при наличии диафрагм пики высоких местных напряжений остаются в результате стеснения поперечных деформаций, что видно на эпюрах напряжений (рис. 5 и 6).

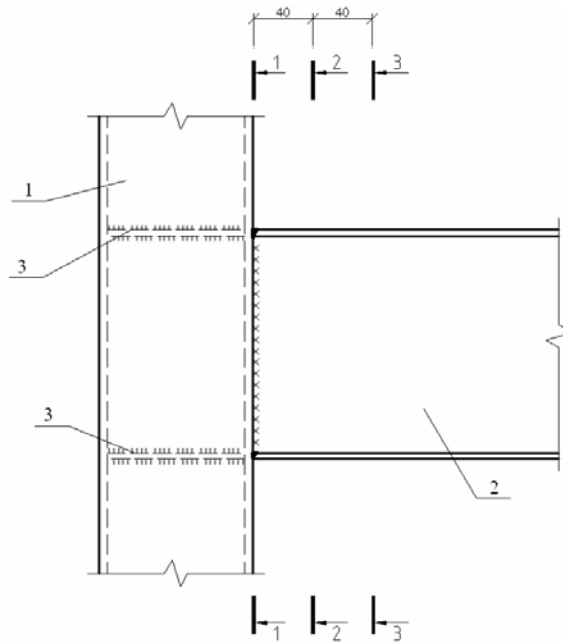


Рис. 4. Расчетная модель рамного узла при наличии внутренних поперечных диафрагм в колонне коробчатого сечения:
1 – колонна коробчатого сечения; 2 – ригель; 3 – диафрагма

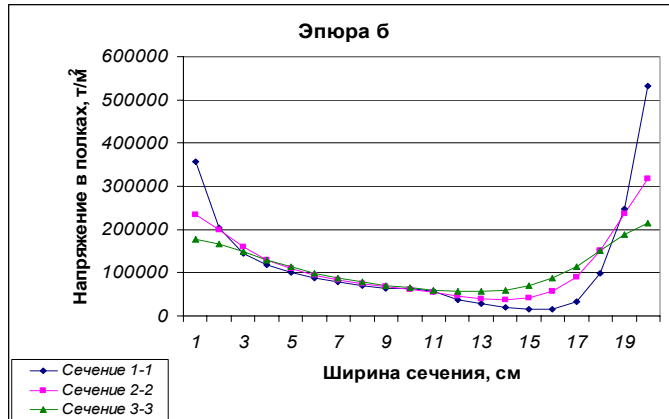


Рис. 5. Эпюра напряжений в сварном шве и в околошовной зоне полки ригеля для данной расчетной модели (рис. 4)

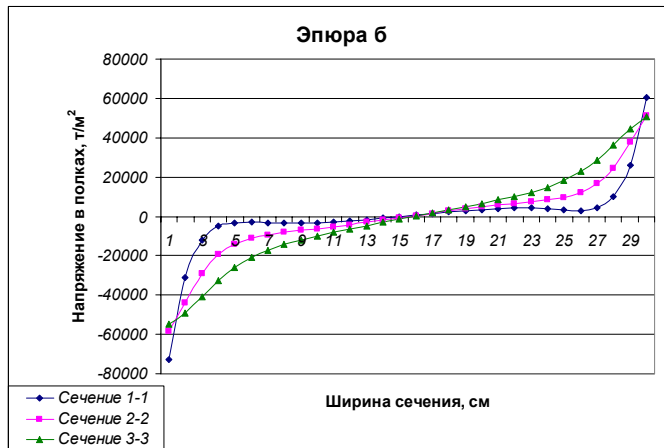


Рис. 6. Эпюра напряжений в сварном шве и околошовной зоне по высоте стенки ригеля для данной расчетной модели (рис. 4)

При статическом нагружении наличие концентраторов напряжений не так опасно, но в случае сейсмических воздействий могут наблюдаться малоцикловые хрупкие разрушения, когда циклические напряжения достигают или превышают предел текучести.

Рассмотрим эпюру напряжений, показанную на рис. 5. Распределение напряжений в полке ригеля по ширине достаточно равномерное. Влияние концентраторов напряжений уменьшается в 2–2,5 раза при установке горизонтальных диафрагм. Они устанавливаются в полости колонны на одном уровне с поясами ригеля. На рис. 3 по эпюрам распределения

напряжений в стенке ригеля видно, что она не включена в работу на восприятие изгибающего момента в узле. А при установке диафрагм (рис. 6) стенка ригеля начинает включаться в работу, но только в зонах поясов.

Для повышения надежности и заданной долговечности необходимо с одной стороны уменьшать влияние концентраторов напряжений, а с другой стороны снижать величину нормальных напряжений в поясах, в зоне прикрепления их к колонне. Это позволяет сделать конструктивное решение рамного узла (рис. 7, 8).

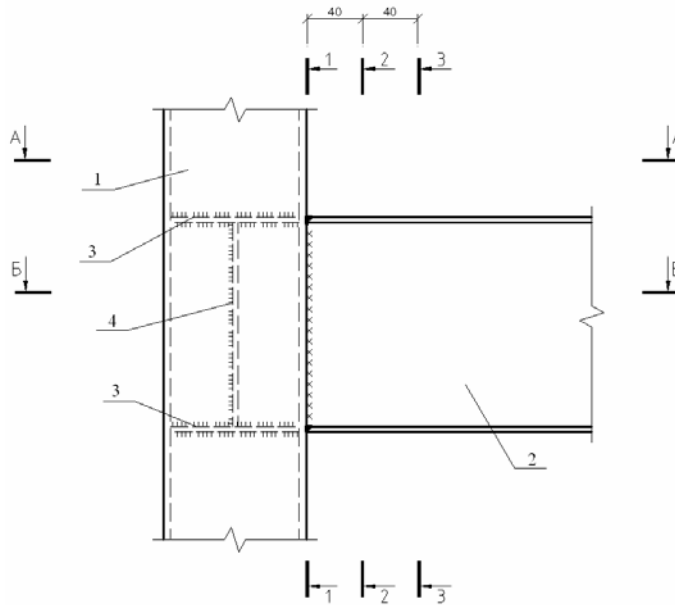


Рис. 7. Рамный узел с поперечными диафрагмами и вертикальными ребрами в колонне коробчатого сечения:
1 – колонна коробчатого сечения; 2 – ригель; 3 – диафрагма;
4 – вертикальное ребро

Конструктивное решение предлагаемого узла позволяет включить в работу стенку ригеля при восприятии изгибающего момента и снизить усилия в поясах ригеля в зоне их прикрепления к стенке колонны.

При изготовлении колонны коробчатого сечения из четырех листов или двух уголков сначала устанавливаются треугольные поперечные диафрагмы в заданных местах уголкового профиля, затем между поперечными диафрагмами уголкового профиля устанавливаются вертикальные ребра, которые привариваются к поперечным диафрагмам и к стенке колонны в

том месте, где будет прикрепляться стенка ригеля к грани колонны. После этого два уголкового профиля свариваются продольными швами по ребрам, образуя колонну коробчатого сечения.

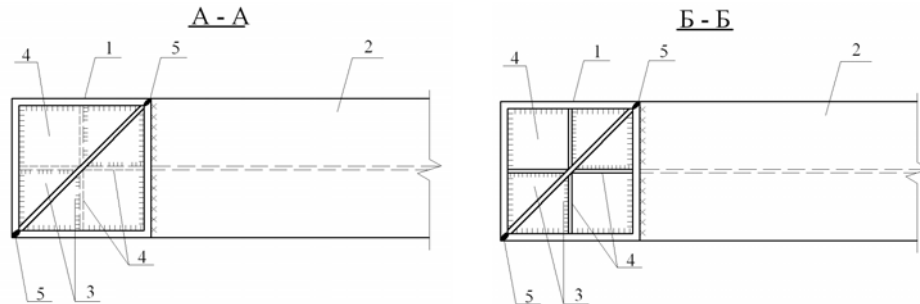


Рис. 8. Разрезы А-А, Б-Б

1 – колонна коробчатого сечения; 2 – ригель; 3 – диафрагма; 4 – вертикальное ребро; 5 – продольные сварные швы, соединяющие треугольные половины колонны

Предложенное конструктивное решение рамного узла сейсмостойкого каркаса позволяет снизить нормальные напряжения в сварных швах и околошовной зоне в поясах ригеля, сделать их более равномерными по ширине пояса, уменьшить влияние концентрации напряжений у ребер колонны, что значительно повысит надежность и долговечность рамного узла при сейсмических воздействиях.

На рис. 9 и 10 показан характер распределения нормальных напряжений в поясе и стенке ригеля в предлагаемом узле.

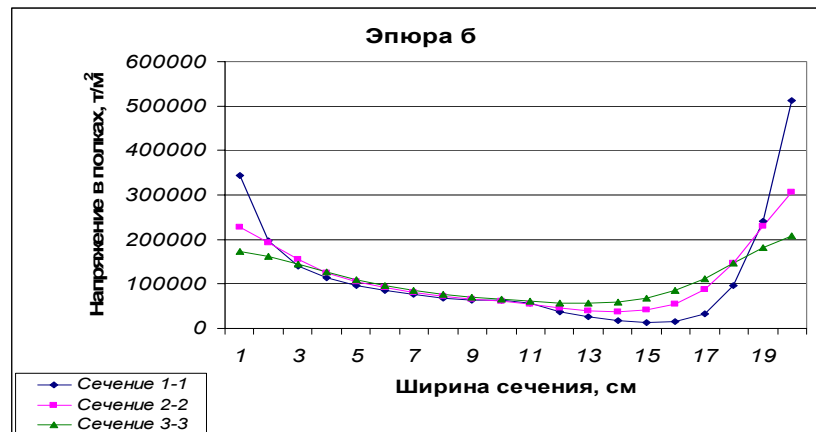


Рис. 9. Эпюра напряжений в сварном шве и в околошовной зоне полки ригеля для данной расчетной модели (рис. 7)



Рис. 10. Эпюра напряжений в сварном шве и в околовшовной зоне по высоте стенки ригеля для данной расчетной модели (рис. 7)

Как видно из рис. 9, напряжения в полке ригеля в зоне сварных швов распределяются более равномерно, а на расстоянии 50–100 мм от шва эпюра напряжений приближается к равномерной.

Исследования показали, что при установке треугольных горизонтальных диафрагм пики напряжений в полках ригеля уменьшаются в 2,5 раза. А после установки вертикального ребра напряжения в полке, в зоне сварных швов уменьшились на 7–10 % благодаря включению в работу стенки ригеля (рис. 11).

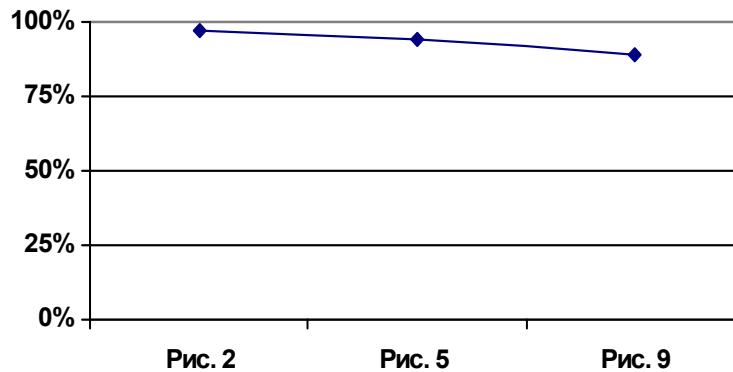


Рис. 11. График напряжений в сварном шве полки ригеля в процентном соотношении для рассмотренных конструктивных решений узла

Выводы

Таким образом, новое конструктивное решение узла позволяет снизить напряжения в сварном шве, прикрепляющем пояс ригеля к колонне, за счет включения стенки колонны в работу.

Литература

- [1] *Жунусов Т.Ж.* Актуальные проблемы теории и практики сейсмостойкого строительства / ИВУЗ. Строительство. – 1997. – № 9. С. 39–42.
- [2] *Сапожников А.И.* Критерии сейсмостойкости зданий и сооружений / ИВУЗ. Строительство. 2001. – № 12. – С. 4–8.
- [3] I Международный симпозиум. Многоэтажные здания. М., 1972. 175 с.
- [4] *Ажермачев Г.А.* Влияние поперечных диафрагм в стальных колоннах рамных каркасов сейсмостойких зданий на распределение напряжений в поясе ригеля. Будівельні конструкції. Будівництво в сейсмічних районах України. Київ. – 2004. – С. 486 – 488.
- [5] Патент № 16549. Україна. Вузол рамного сейсмостійкого каркаса / Г.А Ажермачов, С.Г. Ажермачов, О.В. Морозова. Опуб. 15.08.2006. Бюл. № 8.

Надійшла до редколегії 27.03.2008 р.