

К ИЗМЕНЕНИЮ ЖЕСТКОСТЕЙ СВЯЗЕЙ КАРКАСНЫХ ЗДАНИЙ

TO THE CHANGE IN STIFFNESS OF THE CONNECTIONS OF FRAME BUILDINGS

А.В. ГЛАГОЛЕВ
A.V. GLAGOLEV

(Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет)
(Moscow State (National Research) University of Civil Engineering)
E-mail: geradgeny@rambler.ru.

Здания высотой 18...24 этажа выполняются каркасными, в основе которых лежит консольная модель, предполагающая шарнирную связь с ядрами и стенками жесткости. Жесткость каркаса и заполнения при расчете на горизонтальные усилия не принимаются во внимание. Пренебрежение в расчете совместной пространственной работой всех элементов несущей системы ведет к значительной недооценке усилий в элементах каркаса. При деформировании зданий от горизонтальных нагрузок в колоннах каркаса возникают значительные дополнительные усилия, что связано с изгибно-сдвиговой жесткостью связей каркаса. Рассмотрена работа двух видов связей каркаса: связи – перегородки вдоль ригелей и узлы – соединения ригеля с колонной.

Buildings with a height of 18-24 floors are made of wireframes, which are based on the consol model, which assumes hinge communication with the cores and the walls of rigidity. The rigidity of the frame and filling in the calculation of horizontal forces is not taken into account. Neglect in the calculation of the joint spatial work of all elements of the supporting system leads to a significant underestimation of efforts in the elements of the supporting system leads to a significant underestimation of efforts in the elements of the framework. During the deformation on the buildings in the frame columns occur significant extra effort that is associated with the bending-shear rigidity of the frame connections. Considered two types of frame relations: context-partitioning along the beams and nodes of connection of the girders with the column.

Ключевые слова: каркасные здания, связи каркасных зданий, перегородки, узловые связи каркаса, условия изменения жесткости связей.

Keywords: building frame, the connection frame buildings, partitions, base link frame, the terms of the change of stiffness.

Все чаще объектами строительства в Москве становятся здания высотой 18...24 этажа. Такие здания, как правило, выполняются из элементов унифицированного каркаса. По статической схеме работы эти здания относятся к связевым системам, в основе которых лежит консольная модель [3...5]. Она предполагает шарнирную связь с основными несущими конструкциями, воспринимающими горизонтальные нагрузки (стенки жесткости, ядра и пр.). Широкое распространение консольной модели объясняется ее простотой.

При проектировании зданий обычно элементы каркаса и заполнения рассматриваются только как вертикальные нагрузки, а их жесткость и несущая способность на действие горизонтальных нагрузок не принимаются во внимание, как будто они обладают нулевой отпорностью [2]. Пренебрежение в расчете совместной пространственной работой всех элементов несущей системы здания ведет, с одной стороны, к завышению величины расчетных воздействий на вертикальные диафрагмы, а с другой стороны, к значительной недооценке усилий в элементах каркаса, причем с увеличением этажности зданий эта опасность увеличивается.

При деформировании зданий от горизонтальных нагрузок в элементах связевого каркаса появляются дополнительные усилия, что связано с изгибно-сдвиговой жесткостью связей каркаса [6], [7]. Изгибно-сдвиговая жесткость каркаса зависит: от размеров модульной сетки каркаса, конструктивного решения узлов каркаса, полноты заполнения ячеек каркаса, толщины заполнения, материала, способов закрепления и др.

Испытания модели каркаса в 1:50 натуральной величины высотного здания на проспекте Калинина, проведенные в ЦНИИСКе им. Кучеренко, показали, что каркас воспринимает более 20% горизонтальных нагрузок, а вертикальные усилия в колоннах увеличиваются на 10...15%.

Наибольшее влияние на перераспределение усилий от горизонтальных нагрузок между стенами жесткости и каркасом в плоскости ригелей здания оказывает запол-

нение ячеек каркаса внутренними стенами и перегородками. При перекосах ячеек каркаса заполнение каркаса выполняет роль сжатых элементов пространственной фермы здания (рис. 1 – расчетная модель заполнения каркаса). Пространственная ферма образуется за счет многократного повторения планировочного решения этажей здания. При этом суммарная жесткость каркаса может быть больше общей жесткости диафрагм.

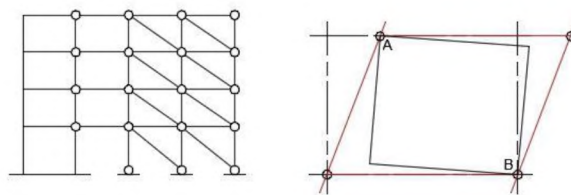


Рис. 1

Современные здания оборудуются относительно легкими перегородками, выполненными из кирпича, гипсобетона, газобетона, шлакобетона, гипсокартона и др.

Стадии работы стенового заполнения ячеек каркаса были рассмотрены в работе профессора С. Полякова. На начальной стадии каркас и заполнение работают монолитно, как будто они выполнены из одного материала. Вторая стадия характеризуется появлением контурных трещин по периметру стенового заполнения, возникновение которых начинается при очень малых деформациях каркаса. Наибольшее раскрытие трещин наблюдается в углах вдоль растянутой диагонали. При повторных нагружениях наблюдается прирост остаточных деформаций, который уменьшается по мере увеличения циклов загрузки. Дальнейшее нагружение каркаса приводит к упругой работе заполнения.

Зная характеристики упругого заполнения ячейки каркаса, можно выполнять расчет здания с учетом работы пространственной фермы каркаса, принимая деформации здания одинаковыми со стенами жесткости в каждом уровне по высоте здания.

Другой фактор, оказывающий влияние на перераспределение горизонтальных усилий между ядрами, стенами жесткости и

каркасом, это узловое соединение сборного ригеля и колонны. Унифицированный каркас КМС-001 и связевой вариант серии ИИ-04 считаются "чисто" связевыми системами. В то же время стыки ригелей и колонн в этих каркасах могут воспринимать изгибающий момент, равный 5,5 тм (рис. 2 – стык ригеля с колонной.).

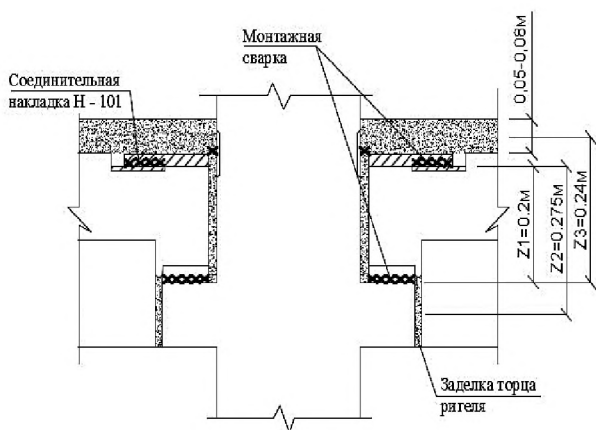


Рис. 2

Приближенный расчет 17-этажного здания высотой 52 м при прогибе здания 1/1000 высоты здания показал, что все узлы каркаса, кроме нижнего яруса, работают в области пластических деформаций узлов [1].

Исследованиями установлено, что в определенных условиях величина расчетного изгибающего момента в узлах каркаса может меняться. Например: при заделке стыка между торцом ригеля и колонной увеличивается плечо внутренней пары, что увеличивает момент узлового соединения (рис. 2).

Расчетное усилие в соединительной стальной накладке ригеля составляет $N_1=5,5/Z_1=5/5/0,2=27,5$ тс. Момент в узле $M_2=N_1 \cdot Z_2=27,5 \cdot 0,275=7,56$ тм, где $Z_2=0,275$ м – плечо внутренней пары, то есть момент в узле увеличивается более чем на треть.

Другой случай – в помещениях устраиваются плиточные полы. Подготовкой полов служит тяжелая стяжка или бетонная подготовка. Плечо внутренней пары в этом случае увеличивается до $Z_3=0,24$ м (рис. 2).

Узловое соединение ригеля с колонной – сложная поверхность, которая может обеспечивать достаточно большую адгезию со стяжкой или бетоном, что увеличивает изгибную жесткость перекрытий в целом. При этом увеличивается и степень заземления колонны в перекрытии, что ведет при перекосах к вовлечению в работу колонн каркаса.

Анализ случаев разрушения каркасных зданий при землетрясениях в Турции, г. Бурдур, 1971 г.; Карпатского землетрясения, 1986 г., Шикотанского землетрясения, 1994 г., показал, что внутренние связи каркасных зданий не отключаются и оказывают большое влияние на завышение частотных характеристик каркасных зданий, что приводит к неправильной оценке показателей сейсмостойкости. Каркасные здания относят к "гибким конструктивным схемам" с периодом собственных колебаний T меньше 0,5 с. Подключение связей каркаса увеличивает период собственных колебаний зданий при действии горизонтальных нагрузок. Это обстоятельство дает возможность количественно оценить степень влияния жесткости связей и заполнения каркаса на дополнительные усилия в колоннах каркаса. Исследования [10] на моделях зданий и натуральных образцах позволяют в дальнейшем дифференцировать влияние отдельных дополнительных связей на динамические параметры каркасных зданий и сооружений.

При расчете многоэтажных зданий с каркасно-связевыми системами следует помнить, что колонны зданий являются наиболее нагруженными элементами, поэтому необходимо учитывать влияние пространственных связей каркаса в различных сочетаниях с внешней нагрузкой [8], [9].

Необходимо учитывать также, что в процессе строительства возможна замена материалов перегородок, конструкций полов, перепланировки помещений и др. Снижение степени влияния внутренних связей каркаса напрямую зависит от жесткости здания.

1. Глаголев А.В. Жесткие характеристики связей // Строительство и архитектура Москвы. – 1978, №8. С.18...19.

2. Соколов Б.С., Зенин С.А., Крылов С.Б. Железобетонные конструкции высотных зданий // Бетон и железобетон. – 2016, №2. С.4...7.

3. Tamrazyan A. Reduce the Impact of Dynamic Strength of Concrete Under Fire Conditions on Bearing Capacity of Reinforced Concrete Columns // Applied Mechanics and Materials. – V. 475...476, 2014. P.1563...1566.

4. Тамразян А.Г. Динамическая устойчивость сжатого железобетонного элемента как вязкоупругого стержня // Вестник МГСУ. – 2011, № 1-2. С.193...196.

5. Тамразян А.Г., Аветисян Л.А. Расчет внецентренно-сжатых железобетонных элементов на кратковременную динамическую нагрузку // Строительство: наука и образование. – 2013, № 4. С. 2.

6. Тамразян А.Г., Филимонова Е.А. Рациональное распределение жесткости плит по высоте здания с учетом работы перекрытия на сдвиг // Вестник МГСУ. – 2013, № 11. С. 84...90.

7. Тамразян А.Г., Филимонова Е.А. О влиянии снижения жесткости железобетонных плит перекрытий на несущую способность при длительном действии нагрузки // Промышленное и гражданское строительство. – 2012, № 7. С. 30...32.

8. Тамразян А.Г. Оценка риска и надежности несущих конструкций и ключевых элементов – необходимое условие безопасности зданий и сооружений // Вестник ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко "Исследования по теории сооружений". – 2009, № 1. С.160...171.

9. Тамразян А. Г. Огнеударостойкость несущих железобетонных конструкций высотных зданий // Жилищное строительство. – 2005, № 1. С. 7.

10. Тонких Г.П. Влияние несущих конструкций на динамические параметры каркасных зданий и сооружений при малоинтенсивных динамических нагрузках // Промышленное и гражданское строительство. – 2016, №7. С. 29...34.

1. Glagolev A.V. Zhestkie harakteristiki svyazej // Stroitelstvo i arhitektura Moskvy. – 1978, №8. S.18...19.

2. Sokolov B.S., Zenin S.A., Krylov S.B. Zhelezobetonnye konstrukcii vysotnyh zdaniy // Beton i zhelezobeton. – 2016, №2. S.4...7.

3. Tamrazyan A. Reduce the Impact of Dynamic Strength of Concrete Under Fire Conditions on Bearing Capacity of Reinforced Concrete Columns // Applied Mechanics and Materials. – V. 475...476, 2014. P.1563...1566.

4. Tamrazyan A.G. Dinamicheskaya ustojchivost szhatogo zhelezobetonnogo elementa kak vyazkoupругogo sterzhnya // Vestnik MGSU. – 2011, № 1-2. S.193...196.

5. Tamrazyan A.G., Avetisyan L.A. Raschet vnecentrenno-szhatykh zhelezobetonnykh elementov na kratkovremennuyu dinamicheskuyu nagruzku // Stroitelstvo: nauka i obrazovanie. – 2013, № 4. S. 2.

6. Tamrazyan A.G., Filimonova E.A. Racionalnoe raspredelenie zhestkosti plit po vysote zdaniya s uchetom raboty perekrytiya na sdvig // Vestnik MGSU. – 2013, № 11. S. 84...90.

7. Tamrazyan A.G., Filimonova E.A. O vliyani snizheniya zhestkosti zhelezobetonnykh plit perekrytij na nesushuyu sposobnost pri dlitelnom dejstvii nagruzki // Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitelstvo. – 2012, № 7. S. 30...32.

8. Tamrazyan A.G. Ocenka riska i nadezhnosti nesushih konstrukcij i klyuchevykh elementov – neobhodimoe uslovie bezopasnosti zdaniy i sooruzhenij // Vestnik CNIISK im. V.A. Kucherenko "Issledovaniya po teorii sooruzhenij". – 2009, № 1. S.160...171.

9. Tamrazyan A. G. Ogneudarostojkost nesushih zhelezobetonnykh konstrukcij vysotnyh zdaniy // Zhilishnoe stroitelstvo. – 2005, № 1. S. 7.

10. Tonkih G.P. Vliyanie nesushih konstrukcij na dinamicheskie parametry karkasnyh zdaniy i sooruzhenij pri malointensivnyh dinamicheskikh nagruzках // Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitelstvo. – 2016, №7. S.29...34.

Рекомендована кафедрой железобетонных и каменных конструкций НИМГСУ. Поступила 06.04.18.