

ОСОБЕННОСТИ КОНСТРУКЦИИ ВЫСОТНЫХ ЗДАНИЙ НА ПРИМЕРЕ ШАНХАЙСКОГО ВСЕМИРНОГО ФИНАНСОВОГО ЦЕНТРА

*Айтқазы С.Қ, ст. гр. Стр(ППЗС)-16-1
Ажғалиева Б.А., м.т.н., ассистент профессора ФОС
Международная образовательная корпорация
(Казахская головная архитектурно-строительная академия)
Banu_42@mail.ru*

Ключевые слова: Железобетонная колонна, бетонная колонна с профилем, железобетонная балка, стальная балка, узлы соединения, консольные фермы, стена – диафрагма ядра жесткости

Аннотация: В статье рассматриваются сталебетонные комбинированные конструкции современных высотных зданий – стальной каркас с железобетонными ядрами жесткости. В таких конструкциях используется большая жесткость ядра жесткости для восприятия горизонтальных нагрузок, а прочность стальных элементов - на действие вертикальных нагрузок. В результате в остове здания используются все достоинства разных материалов. В таких случаях остро стоит вопрос – как решить соединения сложных узлов из разных материалов? В данной статье приведены практические примеры решения узлов соединения комбинированных конструкций высотных зданий, как соединение колонны и балки с жесткой арматурой, узлы железобетонной колонны с профилями, соединение железобетонной колонны и балки с жесткой арматурой, соединение между железобетонными колоннами с жесткой арматурой и железобетонными колоннам, соединение между железобетонной колонной с жесткой арматурой и железобетонной балкой.

FEATURES OF THE CONSTRUCTION OF HIGH-RISE BUILDINGS ON THE EXAMPLE OF THE SHANGHAI WORLD FINANCIAL CENTER

*S.K. Aitkazy
student. gr. Construction (ППЗС) -16-1
B.A. Azhgalieva
Master of Technical Sciences, associate professor,
faculty of general construction,
International Education Corporation
(Kazakh leading academy of architecture and civil engineering)
Banu_42@mail.ru*

Keywords: Reinforced concrete column, concrete column with a profile, reinforced concrete beam, steel beam, connection nodes, cantilever trusses, wall - stiffening core diaphragm.

Annotation: The article discusses steel-concrete combined structures of modern high-rise buildings - a steel frame with reinforced concrete stiffness cores. In such structures, a large stiffness of the core stiffness is used to perceive horizontal loads, and the strength of steel elements is influenced by the vertical loads. As a result, all the advantages of different materials are used in the building framework. In such cases, the urgent question is how to solve the joints of complex assemblies from different materials? This article provides practical examples of the solution of nodes connecting the combined structures of high-rise buildings, such as connecting columns and beams with rigid reinforcement, nodes of reinforced concrete columns with profiles, connecting reinforced concrete columns and beams with rigid reinforcement, the connection between reinforced concrete columns with rigid reinforcement and reinforced concrete columns, connection between reinforced concrete column with rigid reinforcement and reinforced concrete beams.

УДК 624.012

В практике проектирования высотных зданий часто применяются комбинированные конструкции. Комбинированные конструкции - это конструкции, состоящие из элементов, которые выполнены из разных материалов [1]. Пример комбинированных конструкций: внутренний железобетонный каркас с внешними несущими кирпичными стенами; стальной каркас с цилиндрическими железобетонными ядрами жесткости. Рассмотрим сталебетонные комбинированные конструкции - на примере Шанхайского всемирного финансового центра.



Рисунок 1 - Общий вид Шанхайского всемирного финансового центра SWFC

Краткая история. Шанхайский всемирный финансовый центр — многофункциональная башня с холлом, торговыми и офисными помещениями. Надземная часть – 101 этаж, подземная – 3 этажа. Высота центра составляет 492 м. Построила башню японская компания Mori Building Corporation. Форма окна на вершине здания, предназначенного для уменьшения сопротивления воздуха, первоначально предполагалось округлой формы диаметром 46м. Позже круглое отверстие было заменено на трапециевидное, что удешевляло конструкцию и упрощало реализацию проекта (рис.1). Здание, похожее на огромную открывалку для бутылок, стало поистине одной из архитектурных изюминок Шанхая и он занимает 6-е место в десятке самых высоких строений.

Проектирование конструктивных систем. При проектировании конструкций выполнены много мероприятий, направленных на обеспечение сейсмостойкости смешанных конструкций [2]:

1. В здании применены три конструктивные схемы, которые совместно должны выдерживать горизонтальные нагрузки от ветра и сейсмических воздействий (рис.2):

а) главная конструкция каркаса решена в виде массивной колонны, массивной опоры и ленточных стропил;

б) ядра жесткости приняты железобетонным, опоры – стальные;

в) консольные стропила между стволом ядра жесткости и главной конструкцией каркаса.

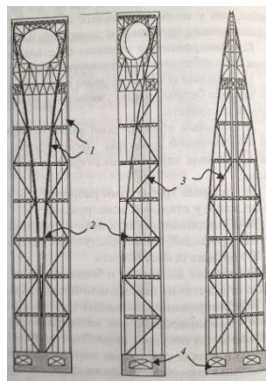


Рисунок 2 - Схема конструктивной системы финансового центра Шанхая: 1 – главная колонна; 2 – ленточная ферма; 3 –раскосы; 4-железобетонная контурная стена

Эти три конструктивные системы вместе выдерживает момент опрокидывания здания от горизонтальных ветровых и сейсмических нагрузок.

Стальные профили установлены в массивных железобетонных колоннах. Их площадь составляет 3-4% площади полных сечений колонн. Колонны с большими сечениями расположены в углах зданий.

Ядра жесткости выполнено из металлической оболочки заполненной бетоном внутри. Бетон повышает жесткость конструкции в целом и

изгибную жесткость дисков перекрытий. Внешнее стальное сечение оболочки оказывает эффект обоймы на бетон внутри ядра.

Стальные опорные фермы расположены на этажах убежища и этажах установки оборудования. Их высота равна высоте этажа.

Ствол ядра жесткости ниже 79-го этажа выполнен в виде железобетонных стен-диафрагм. Выше 79-го этажа, для того чтобы уменьшить собственный вес конструкции, ствол ядра жесткости выполнен из металла. Внешние стены здания запроектированы из железобетона.

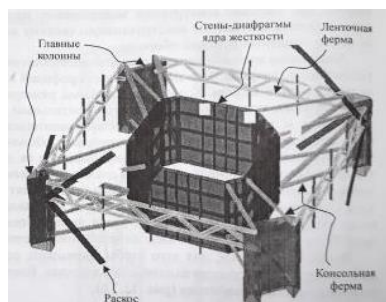


Рисунок 3 - Консольные фермы финансового центра

Консольные системы здания выполнены в виде 3-этажных пространственных ферм (рис.3). Они опираются на массивные колонны и железобетонный ствол ядра жесткости. На этажах, где установлены консольные фермы, в стенах – диафрагмах ядра жесткости установлены кольцевые фермы. Они соединяются с консольными фермами с жесткими узлами. Перекрытия этажей, на которых установлены консольные фермы, выполнены усиленными.

2. Усиливается железобетонный ствол ядра жесткости

Чтобы повысить работу ствола на растяжение, вдоль его высоты устанавливаются контурные элементы, а в углах ядра жесткости – стальные профили. Напряжения в стенах от горизонтальных нагрузок ограничиваются регулированием толщины стен. В стенах ствола устраивают симметричные отверстия.

3. Контроль сейсмостойкости при разных вероятностях землетрясения.

Статический упруго-пластический анализ (Push over) и упругий анализ во времени (EPDA) показали, что конструкции зданий имеют хорошую растяжимость, пластический шарнир изгиба возникает раньше пластического шарнира среза в стволе ядра жесткости массивной колонны. Это означает, что при 7 баллов, в системе не происходит образования пластических шарниров при действии горизонтальных нагрузок.

Структуры узлов комбинированных конструкций высотных зданий

Самым сложным вопросом в проекте, при проектировании комбинированных конструкций, является соединение разных элементов. Опыты показали, что много разрушений при землетрясении происходит из-за непригодной структуры узлов. Поэтому рассмотрим некоторые вопросы узловых креплений комбинированных конструкций [3].

Соединение колонны и балки с жесткой арматурой

Соединение колонны и балки, с жесткой арматурой или колонны со стальной балкой, лучше выполнять жесткими. Металлическое ребро профиля балки и металлическое ребро профиля колонны должны полностью стыковаться между собой и свариваться. Соединение стенки балки и колонны выполняют на высокопрочных болтах. Соединение консолей балки с колонной выполняют полностью сварными (рис.4).

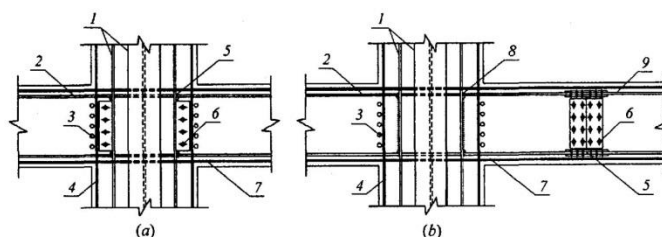


Рисунок 4 - Соединения профилей колонны и балки: *a* - сварное на стройплощадке; *b* - болтовые на стройплощадке; 1 - профиль в колонне; 2 - профиль в балке; 3 - отверстия; 4 - главная арматура в колонне; 5 - сварки при монтаже; 6 -

*высокопрочные болты; 7 - главная арматура балки; 8 - сварка на заводе-изготовителе;
9 - средняя часть металлической балки*

Узлы железобетонной колонны с профилями

При соединениях железобетонной колонны с жесткой арматурой и железобетонной балки с жесткой арматурой, или стальной балки, лучше всего использовать крестообразные соединения. Соединение между конструкциями должны быть жесткими, продольная арматура балки должна пересекать узлы колонн.

Соединение железобетонной колонны и балки с жесткой арматурой

Для соединения балки с колонной в балке добавляют горизонтальное ребро. Толщина этого ребра назначается такой же, как и ребра профиля и не меньше 12 мм. При бетонировании конструкции на горизонтальных ребрах должны устраиваться отверстия для выпуска воздуха (рис.5).

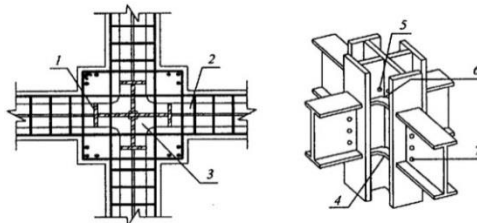


Рисунок 5 - Узел соединения колонны с балкой: 1 - профиль в колонне; 2 - профиль в балке; 3 - бетонное ядро; 4 - горизонтальное нижнее ребро с отверстиями для выхода воздуха; 5 - отверстие в профиле колонны; 6 - горизонтальное верхнее ребро с отверстиями для выхода воздуха; 7 - монтажные отверстия в балке

Соединение между железобетонной колонной с жесткой арматурой и железобетонной балкой

Соединение железобетонной колонны с жесткой арматурой и железобетонной балки можно выполнять тремя способами:

1. продольная арматура пересекает узел (рис.6). В колонне вырезаны отверстия на стенке профиля, и вся продольная арматура проходит прямо через узел;

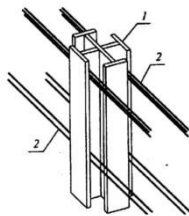


Рисунок 6 - Метод соединения - продольные арматуры пересекают узел: 1 - профиль в колонне; 2 - продольные арматуры пересекают узел

2. соединение продольной арматуры железобетонной балки и коротких стальных балок-вставок выполняется внахлестку. Сваривают двутавровую металлическую балку с профилем колонны и на этой балке приваривают болты. Больше 1/3 продольной арматуры балки должно пересекать узел. Остальная продольная арматура соединяется внахлестку с короткими стальными балками-вставками (рис.7).

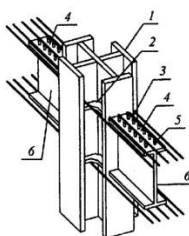


Рисунок 7 - Соединение внахлест между продольной арматурой балки и короткими стальными балками: 1 - профиль в колонне; 2 - исход воздуха; 3 - внахлест продольной арматурой; 4 - бетонные балки с профилем; 5 - болты; 6- двутавр

3. метод соединения продольной арматуры балки и стальных двутавров-вставок. К профилю колонны приваривают двутавры, длина которых должна удовлетворять условиям длины сварных швов для приварки продольной арматуры балки. Часть продольной арматуры балки проходит через узел, остальная приваривается к двутаврам-вставкам (рис.8).

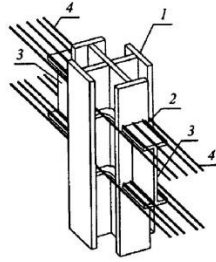


Рисунок 8 - Сварное соединение продольной арматуры и стальных двутавров-вставок: 1 - профиль в колонне; 2 - сварное соединение; 3 — двутавр-вставка; 4 - арматура балки

Соединение между железобетонными колоннами с жесткой арматурой и железобетонными колоннами

Когда в конструктивной системе зданий в нижней части конструкции применяются бетонные колонны с профилями, а верхняя часть - железобетонные колонны, то между двумя колоннами необходимо установить переходный этаж, который должен удовлетворять следующим условиям:

1. если по расчету определено, что бетонных колонн со стальными профилями можно менять на железобетонные колонны, то бетонная колонна с профилем нижней части должна продляться вверху на один или два этажа, которые станут переходными (рис.9). Сечение профиля колонны, на переходном этаже, соответственно изменяется. Расчет продольной арматуры производится как для железобетонных колонн и увеличивается количество хомутов по всей высоте колонны;



Рисунок 9 - Соединение между бетонными колоннами с профилем и железобетонными колоннами

2. профили переходного этажа должны устанавливаться на болты, диаметр болта не меньше 19 мм, горизонтальный и вертикальный шаг болтов принимается не меньше 200 мм, расстояние до края профиля не менее 50 мм.

На основе рассмотренного примера можно сделать следующий вывод: применение комбинированных конструкций является наиболее экономичным и целесообразным при строительстве высотных зданий и сооружений, так как они обеспечивает хорошую сейсмостойкость, сравнительно легкий собственный вес и срок возведения, снижения расхода материалов за счет меньшего размеров сечения.

Список литературы:

1. Р.П. Джонсон. Руководство для проектировщиков к Еврокоду 4: Проектирование сталежелезобетонных конструкций руководство для проектировщиков к EN 1994-1-1. / Р.П. Джонсон: редактор серии Х.Гульванесян. М.: МОиНРФ, МГСУ, 2012г.
2. Проектирование современных высотных зданий/под.ред. Сюй Пэйфу: перевод с китайского под редакцией академика РААСН, д.т.н., профессора В.И. Колчунова. –М.: Издательство АСВ, 2008г.- 469с.
3. Биби Э.В. Руководство для проектировщиков к Еврокоду 2: Проектирование железобетонных конструкций руководство для проектировщиков к EN 1992-1-1 и EN 1992-1-2. Еврокод 2: Проектирование железобетонных конструкций. Противопожарное проектирование строительных конструкций/Э.Б. Биби, Р.С. Нараянан: редактор серии Х.Гульванесян.-2-е издание. М.: МОиНРФ, МГСУ, 2013г.- 291с.

Краткая сведения об авторах:

1. Айтказы Сұңқар Қайратұлы – студент 3-го курса, отличник учебы, гр. Стр(РПЗС)-16-1. Тел. +7 747 123 2536.
2. Ажгалиева Бану Аккуановна – магистр, ассистент профессора факультета общего строительства. Тел. +7 707 927 6409.