

Интернет-журнал «Наукоедение» ISSN 2223-5167 <http://naukovedenie.ru/>

Том 9, №1 (2017) <http://naukovedenie.ru/vol9-1.php>

URL статьи: <http://naukovedenie.ru/PDF/83TVN117.pdf>

Статья опубликована 06.04.2017

Ссылка для цитирования этой статьи:

Абрамян С.Г., Гнатюк Д.В. Сборные и сборно-монолитные каркасные системы высотных зданий с плоскими плитами перекрытия // Интернет-журнал «НАУКОВЕДЕНИЕ» Том 9, №1 (2017) <http://naukovedenie.ru/PDF/83TVN117.pdf> (доступ свободный). Загл. с экрана. Яз. рус., англ.

При написании данной статьи авторский подход был основан на ранее опубликованных работах изобретателя СССР, главного конструктора ОАО СПбЗНИиПИ Е.П. Гурова, доктора химических наук, академика РАЕН, генерального директора ОАО «Московский ИМЭТ» М.Я. Бикбау, которым авторы выражают огромную благодарность

УДК 692.522.3

Абрамян Сусанна Грантовна

ФБГОУ ВО «Волгоградский государственный технический университет», Россия, Волгоград¹

Институт архитектуры и строительства

Профессор

Кандидат технических наук, доцент

E-mail: susannagrants@mail.ru

ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-3938-1096>

РИНЦ: http://elibrary.ru/author_profile.asp?id=589709

Гнатюк Дмитрий Валерьевич

ФБГОУ ВО «Волгоградский государственный технический университет», Россия, Волгоград

Институт архитектуры и строительства

Магистрант

E-mail: dmitro-gnatyuk@mail.ru

Сборные и сборно-монолитные каркасные системы высотных зданий с плоскими плитами перекрытия

Аннотация. В статье раскрываются актуальность применения каркасных систем с плоскими плитами перекрытия и их преимущества с точки зрения принятия функциональных и объемно-планировочных решений зданий. На основании анализа научных публикаций отечественных и зарубежных авторов выявлено, что исследования направлены на изучение сейсмостойкости и надежности зданий при эксплуатации. Учитывая огромный опыт России в области возведения зданий из сборного железобетона, в статье подчеркивается необходимость модернизации существующих и строительства новых заводов для выпуска модульных конструктивных элементов, способствующих быстрому и качественному выполнению работ. Приводятся самые распространенные в последнее время сборные и сборно-монолитные каркасные системы зданий и сооружений с плоскими перекрытиями, их краткие характеристики. Вместе с тем подчеркивается, что почти всем системам присущи определенные недостатки. В конструктивном плане, это ненадежность узла сопряжения конструктивных элементов: колонн, плит перекрытий и скрытых ригелей, если они присутствуют в системе. В организационно-технологическом плане, это наличие неконтролируемых операций, наличие сварочных работ в некоторых конструктивных

¹ 400074, Волгоград, ул. Академическая 1

системах, монолитных бетонных работ, снижающих уровень технологичности выполнения работ. Подчеркивается также, что обоснованный выбор каркасной системы, кроме высокой технологичности и надежности, должен отвечать требованиям архитектурной выразительности и гибкости принимаемых решений на всех стадиях жизненного цикла объекта недвижимости.

Ключевые слова: строительство; безригельный каркас; скрытый ригель; модульные конструктивные элементы; технологичность

1. Введение

Применение плоских безбалочных и бескапитальных перекрытий имеет ряд преимуществ при возведении различных по функциональному назначению, объемно-планировочному и конструктивному решениям, технологии выполнения работ строительных систем замкнутого объема. С точки зрения архитектурно-планировочных решений при использовании плоских плит перекрытий появляется возможность свободной планировки этажей, уменьшается объем здания, вследствие чего сокращаются затраты на возведение объекта. Перечисленные преимущества в последние 10-15 лет способствовали применению плоских плит перекрытий при возведении офисных и торговых зданий, вестибюлей гостиничных комплексов, различных подземных сооружений и т.д. Особенно актуально применение безбалочных и бескапитальных плит при модернизации промышленных зданий, связанной с совершенствованием технологических линий для выпуска готовой продукции, требующих гибких планировочных решений. До недавнего времени считалось, что безбалочные и бескапитальные плиты перекрытия имеют особое распространение в монолитном домостроении [1], хотя есть исследования [2-6], не только опровергающие данную точку зрения, но и указывающие на эффективность применения модульных элементов, изготовленных в заводских условиях.

2. Основные направления некоторых зарубежных исследований по применению безбалочных плит перекрытий

Анализ некоторых работ зарубежных ученых показал, что исследования по применению плоских плит перекрытий в основном направлены для выявления надежности безбалочных плит по сравнению с балочными, при возникновении дополнительной нагрузки [7, 8], сейсмостойкости [9-11], огнестойкости [12]. Во всех указанных работах [7-12] подчеркивается, что при проектировании и строительстве высотных зданий с плоскими плитами основное внимание необходимо уделить стыку между колонной и плитой перекрытия, так как это самое уязвимое место подобной системы. Для изучения характера обрушения зданий в целом и надежности стыка колонны и плиты в некоторых исследованиях [13, 14] были созданы макромодели 25-ти этажного здания [13], а также морских сооружений, перекрытия которых были изготовлены из композитных материалов [14]. Результаты испытаний модели [13] показали, что при имитировании максимального балла землетрясения для Кореи, несмотря на возникшие трещины, особенно в местах стыка колонн и перекрытий, модель здания в целом отвечала требованиям сейсмической безопасности.

Макромодель 66-ти этажного многофункционального здания с плоскими плитами перекрытия «в 3D виртуальной среде» была создана для определения эффективного конструирования уникальных зданий, которые в последнее время быстрыми темпами возводят в мире и, как отмечают авторы статьи [15], «особенно на Дальнем и Ближнем Востоке, и в Юго-Восточных странах». Цель данного исследования заключалась в принятии обоснованных решений по конструированию и технологии возведения зданий на основе информационного моделирования здания. Допустим, если созданная модель отвечает требованиям по

надежности, устойчивости и технологичности, то можно разработать чертежи для строительства здания. Одним словом, создание модели здания в «в 3D виртуальной среде» должно являться основой предпроектной стадии жизненного цикла зданий и сооружений. Относительно жизненных циклов здания на стадиях строительства и эксплуатации большой интерес представляют работы [16-18]. Как в ранее упомянутой работе [2], авторы исследования [16] отмечают, что кроме того, что применение плоских плит перекрытий сокращает затраты труда на строительство, продолжительность строительства, они еще выдерживают все нагрузки на этапе строительства, что намного выше эксплуатационных нагрузок.

Несмотря на огромные преимущества плоских плит перекрытий из сборных модульных систем, есть исследование [19], отмечающее, что пока не существует однозначного ответа по выбору монолитного или сборно-монолитного варианта устройства плоских плит перекрытий. Авторы на основе структурного анализа всех затрат возведения монолитных, сборно-монолитных и сборных зданий подчеркивают, что несмотря на технологичность сборных и сборно-монолитных зданий, в Китае еще некоторое время традиционным останется монолитное строительство.

Отметим, что традиционность монолитного строительства в Китае обусловлена тем, что он занимает первое место в мире по количеству самых высоких зданий и доля монолитного строительства в этой стране составляет более 98% [20]. Вместе с тем именно в этой стране в провинции Хунань был возведен тридцатизэтажный отель в течение пятнадцати дней из сборных модульных элементов, несущие части которых выполнены из металла.

По мнению авторов статьи [19] реализация плана по развертыванию строительства заводов по выпуску готовых сборных конструкций гораздо дороже, чем строительство монолитных зданий. Между тем они отмечают, что заинтересованные стороны в Китае, учитывая достоинства и недостатки применения готовых строительных изделий, в конечном итоге примут самое оптимальное решение.

3. Распространенные сборные и сборно-монолитные каркасные системы зданий с плоскими плитами перекрытия

Монолитное строительство с точки зрения возведения архитектурно - выразительных зданий, со сложной их конфигурацией в плане, с различными высотами этажей в пределах одного здания имеет огромные преимущества по сравнению со сборными. К тому же в самых урбанизированных государствах монолитное строительство имеет доминирующее место [20]. Однако для России и других постсоветских стран можно смело отметить, что строительство зданий из сборного железобетона вплоть до середины 90-х годов прошлого века все же являлось приоритетным. В статье [21] М.Я. Бикбау отмечает, что «в СССР была создана мощная комплексная база производства сборного железобетона, которая достигла уровня в 180 млн. куб. м в год» и «несущие конструкции из сборного железобетона не позволяют возводить здания выше 23-25 этажей, существенно утяжеляя строение по мере увеличения высоты». Это означает, что в России с богатым опытом производства сборных железобетонных конструкций, с одной стороны, не возникнут проблемы по возобновлению строительства зданий из сборного железобетона, а с другой - необходимы инновационные технологии возведения строительных систем, сочетающих достоинства и монолитного, и сборного домостроения. Например, применение nano и композитных строительных материалов, и строительных технологий на основе их применения.

Ниже (таблица) на основании анализа научных публикаций, в том числе [4, 21], приведены самые распространенные каркасные системы сборно-монолитных и сборных высотных зданий, применяемые в России, технология возведения которых позволяет получить плоские плиты перекрытия (гладкие потолки).

Таблица 1
Каркасные системы зданий, образующие плоские плиты перекрытий

	Система	Краткая характеристика	Страна-разработчик
Каркасные системы безригельные (безбалочные)	Каркас универсальный безбалочный - КУБ (варианты - КУБ-1; 2; 2М; МК2; 2,5; 3; 3У; КБК)	Сборный каркас состоит из колонн, надколонных, межколонных и средних плит перекрытия прямоугольного очертания. Надколонная плита в центре опирается на колонну, межколонные на надколонные. Пространство, образованное между межколонными плитами перекрытия, заполняется средними.	Россия
	Система РТС	Каркас состоит из колонн и пустотных плит перекрытия двух видов: основных и промежуточных. На торцах основных плит предусмотрены отверстия (пазы) соответствующего размера позволяющие создать вместе с колоннами узлы сопряжения. Монтаж конструкций осуществляется в следующей технологической последовательности: колонны, основные плиты, промежуточные плиты. После проводят обжатие плит перекрытия пучковой арматурой, проходящей в швах между плитами и в специальных каналах колонн.	Болгария
	Система ИМС (IBM)	Сборно-монокристаллический каркас основан на планировочной квадратной или прямоугольной сетке колонн с размерами ячеек от 3 до 7,2 м. Ячейка состоит из четырех колонн и опирающейся на них плиты перекрытия. На уровне проектных отметок плит перекрытий через специальные отверстия в колоннах протягиваются пучки стержней арматуры. После бетонирования арматуры, проходящей через боковые поверхности двух смежных плит перекрытия, образуется цельная плоская плита перекрытия.	Бывшая Югославия
	Безригельный грибовидный каркас - БГК	Каркас состоит из двух основных элементов - колонн и гексагональных плит перекрытия. Плита в центре опирается на колонну, создавая таким образом «грибок». Недостаток - частый (треугольный) шаг колонн (3,2 м). Есть модификация, позволяющая увеличить треугольный шаг колонн в два раза за счет введения межколонных плит, опирающихся на надколонные плиты.	Украина
Каркасные системы со скрытыми ригелями и капителями	Система «Delta»	Сборно-монокристаллический каркас состоит из колонн, многопустотных сборных плит перекрытия, сталебетонных ригелей (выступающие нижние полки, на которые опираются плиты, выполнены из листовой стали) трапециевидного сечения. Так как ригели вписываются в толщину плит перекрытий, специально уменьшена рабочая высота. После монтажа места стыковок плит и ригелей замоноличиваются.	Финляндия
	Система «Ducog»	Сборно-монокристаллический каркас состоит из колонн, многопустотных сборных плит перекрытия, сборных и монолитных несущих ригелей. Сборные ригели одновременно являются несъемной опалубкой. В процессе монтажа каркаса, сборные ригели предварительно устанавливаются на монтажные кондукторы, и после сварки их закладных деталей с закладными деталями на торцах колонн. Целостность каркаса обеспечивается бетонированием стыков колонн и ригелей, ригелей и многопустотных плит.	США
	Регионально-адаптируемая индустриальная универсальная строительная система - РАДИУСС (есть модификации)	Сборно-монокристаллический каркас из сборных железобетонных колонн и плит перекрытия и монолитных ригелей. За счет вариации размеров сетки колонн (3; 6; 7,2 м) возводят здания различных функциональных назначений и высотой этажей в пределах одного здания. Сборные пустотные плиты оперты монолитными участками (ригельями), которые сопряжены с колонными	Россия
	Каркасная система с предварительно-напряженной арматурой в скрытых ригелях - КГНС	Сборно-монокристаллический каркас выполняется по связевой схеме, состоит из колонн, плит перекрытия и стен диафрагм жесткости. Сборные плиты перекрытия соединяются канатной напряженной арматурой монолитного ригеля, проходящей через сквозные отверстия в колонне.	Россия
	Архитектурно-строительная каркасная открытая система серии Б1.020.1-7* - АРКОС (имеются новые варианты АРКОС-1, АРКОС-2)	Сборно-монокристаллический каркас состоит из колонн и сборных многопустотных плит, монолитных ригелей. Концы многопустотных плит с помощью бетонных шпонок опираются на монолитные ригели, которые впоследствии замоноличиваются. Монолитные ригели проходят через специальные проемы в колоннах.	Белоруссия
	Система СОЧИ	Сборно-монокристаллический каркас - из колонн и сборных многопустотных плит, монолитных ригелей. Ригели вписываются в толщину плит перекрытий. Пустотные плиты с торцов выполнены с открытыми пустотами и опираются на ригели через бетонные шпонки. Так как пустотные плиты со всех сторон оперты монолитным бетоном на всю толщину, в каркасной системе образуются второстепенные балки, обеспечивающие пространственную жесткость каркаса. Несмотря на сейсмостойкость каркасной системы, она малотехнологична в связи с большими трудозатратами на монтаж и демонтаж опалубки.	Россия

Составлено авторами

Из приведенных каркасных систем некоторые пришли к нам с начала или середины прошлого века и совершенствуются до настоящего времени, с целью увеличения технологичности выполнения работ, снижения массы отдельных конструктивных элементов и каркаса в целом, обеспечения сейсмобезопасности и надежности здания.

Новые конструктивные и технологические решения по возведению каркасных высотных зданий с плоскими плитами перекрытий основаны на сочетании достоинств ранее

разработанных. Например, система АРКОС исключает недостатки сборно-монолитного каркаса Sarex (Франция), а именно, выступающие ригели и в отличие от системы КУБ у АРКОС более гибкая структура ячеек [22].

4. Заключение

Несмотря на определенные достоинства сборных и сборно-монолитных каркасных систем с плоскими плитами перекрытий, анализ зарубежных и отечественных научных публикаций по исследуемой теме показывает, что узлы сопряжения колонн и перекрытий в сборных и сборно-монолитных каркасах недостаточно надежны по сравнению с монолитным строительством.

В связи с тем, что в России есть огромный опыт по строительству зданий и сооружений из сборного железобетона, модернизация существующих и строительство новых заводов по выпуску современных модульных конструкций не должны иметь особых проблем, в отличие от других стран.

В данной статье приведены наиболее распространённые каркасные системы с плоскими плитами перекрытия (гладкими потолками), однако кроме недостаточной надежности узлов сопряжения конструктивных элементов, сама технология возведения этих зданий наделена множеством недостатков: трудно контролировать отдельные операции, для некоторых систем присущи сварочные работы, при выполнении бетонных работ увеличиваются технологические переделы и т.д.

Выбор каркасной системы для строительства массового комфортабельного жилья, зданий и сооружений другого назначения, должен отвечать определенным критериям: надежности, экологичности, высокотехнологичности, архитектурной выразительности, гибкости принимаемых решений на всех стадиях жизненного цикла объекта недвижимости.

ЛИТЕРАТУРА

1. Тихонов И.Н. Актуальные вопросы проектирования безбалочных перекрытий из монолитного железобетона // Жилищное строительство. - 2010. - №3. - С. 2-5.
2. Гуров Е.П. Сборное домостроение. Стратегия развития // СтройПРОФИль. - 2010. - №4 (82). - С. 8-11. - [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://stroyprofile.com/files/pdf/4-10-8.pdf>.
3. Гуров Е.П. Сборное домостроение. Стратегия развития // СтройПРОФИль. - 2010. - №5 (83). - С. 10-15. - [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://stroyprofile.com/files/pdf/5-10-10.pdf>.
4. Недвига Е.С., Виноградова Н.А. Системы сборно-монолитных перекрытий // Строительство уникальных зданий и сооружений. 2016 - 4 (43). - С. 87-102.
5. Figovskij O.L., Futoryanskij A.M. Erecting multistory buildings with monolithic reinforced concrete slab floors by using precast large-sized spatial structures. Scientific Herald of the Voronezh State University of Architecture & Civil Engineering Construction & Architecture. (2015); Iss.: 6; pp. 19-31.
6. Breccolotti M., Gentile S., Tommasini M., Materazzi A.L., Bonfigli M.F., Pasqualini B., Colone V., Gianesini M. Beam-column joints in continuous RC frames: Comparison between cast-in-situ and precast solutions. Engineering Structures. (2016); Volume: 127; pp. 129-144. DOI: 10.1016/j.engstruct.2016.08.018.
7. Olmati P., Sagaseta J., Cormie D., Jones AEK. Simplified reliability analysis of punching in reinforced concrete flat slab buildings under accidental actions. Engineering Structures. (2017); Volume: 130; pp. 83-98. DOI: 10.1016/j.engstruct.2016.09.061.

8. Qian K., Li B. Resilience of Flat Slab Structures in Different Phases of Progressive Collapse. *ACI Structural Journal*. (2016); Volume: 113 (Iss. 3); pp. 537- 548. DOI: 10.14359/51688619.
9. Sen S., Singh Y. Displacement-based seismic design of flat slab-shear wall buildings. *Earthquake Engineering and Engineering Vibration*. (2016); Volume: 15 (Iss. 2); pp. 209-221. DOI: 10.1007/s11803-016-0317-1.
10. Drakatos I.S., Muttoni A., Beyer K. Internal slab-column connections under monotonic and cyclic imposed rotations. *Engineering Structures*. (2016); Volume: 123; pp. 501-516. DOI: 10.1016/j.engstruct.2016.05.038.
11. Youssef M.A., Chowdhury A.O., Meshaly M.E. Seismic capacity of reinforced concrete interior flat plate connections. *Bulletin of Earthquake Engineering*. (2015); Volume: 13 (Iss. 3); pp. 827-840. DOI: 10.1007/s10518-014-9645-6.
12. Ghoreishi M., Bagchi A., Sultan M.A. Punching Shear Behavior of Concrete Flat Slabs in Elevated Temperature and Fire. *Advances in Structural Engineering*. (2015); Volume: 18 (Iss. 5); pp. 659-674.
13. Lee H.S., Hwang K.R., Kim Y.H.. Seismic performance of a 1:15-scale 25-story RC flat-plate core-wall building model. *Earthquake Engineering & Structural Dynamics*. (2015); Volume: 44 (Iss. 6); pp. 929-953. DOI: 10.1002/eqe.2493.
14. Yan J.B., Wang J.Y., Liew J.Y.R., Qian X.D., Zhang W. Reinforced ultra-lightweight cement composite flat slabs: Experiments and analysis. *Materials & Design*. (2016); Volume: 95; pp. 148-158. DOI: 10.1016/j.matdes.2016.01.097.
15. Cho Y.S., Lee S., Bae J.S. Reinforcement Placement in a Concrete Slab Object Using Structural Building Information Modeling. *Computer-Aided Civil and Infrastructure Engineering*. (2014); Volume: 29 (Iss. 1); SI; pp. 47-59. DOI: 10.1111/j.1467-8667.2012.00794.x.
16. Kim J.Y., Abdelrazaq A.K. Construction Sequence Analysis of the Flat Plate System in A High-Rise Building and its Impact on the Constructioncycle. *Structural Design of Tall and Special Buildings*. (2009); Volume: 18 (Iss. 3); pp. 341-349. DOI: 10.1002/tal.443.
17. Liu J.R., Tian Y. Orton S.L., Said A.M. Resistance of Flat-Plate Buildings against Progressive Collapse. I: Modeling of Slab-Column Connections. *Journal of Structural Engineering*. (2015); Volume: 141 (Iss. 12); Article number: 04015053. DOI: 10.1061/(ASCE)ST.1943-541X.0001294.
18. Liu J.R., Tian Y. Orton S.L. Resistance of Flat-Plate Buildings against Progressive Collapse. II: System Response. *Journal of Structural Engineering*. (2015); Volume: 141 (Iss. 12); Article number: UNSP 04015054. DOI: 10.1061/(ASCE)ST.1943-541X.0001295
19. Mao C., Xie F.Y., Hou L., Wu, P., Wang J., Wang X.Y. Cost analysis for sustainable off-site construction based on a multiple-case study in China. *Habitat International*. (2016); Volume: 57; pp. 215-222. DOI: 10.1016/j.habitatint.2016.08.002.
20. Развитие монолитного строительства и современные опалубочные системы / С.Г. Абрамян, А.М. Ахмедов, В.С. Халилов, Д.А. Уманцев // Вестник Волгогр. гос. архит.-строит. ун-та. Сер.: Стр-во и архит. 2014. Вып. 36(55). С. 231-239.
21. Бикбау М.Я. Как строить жилье. Достижения и концепция // «СтройПРОФИ», 2012 - №3. - С. 12-15. - [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://stroy-profi.info/archive?nomer=3>.
22. Экономный вариант (современные архитектурные системы в строительном производстве). - [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://kdsk.altedit.ru/posts/ekonomniy-variant-sovremennie-arhitekturnie-sistemi-v-stroitelnom-proizvodstve.html>.

Abramyan Susanna Grantovna

Volgograd state technical university, Russia, Volgograd
Institute of architecture and civil engineering
E-mail: susannagrants@mail.ru

Gnatyuk Dmitry Valeryevich

Volgograd state technical university, Russia, Volgograd
Institute of architecture and civil engineering
E-mail: dmitro-gnatyuk@mail.ru

Precast and cast-in-situ frame systems of high-rise buildings with flat slabs

Abstract. The paper highlights the relevance of using frame systems with flat floor slabs and their advantages in making functional and spatial planning solutions in building construction. The analysis of the publications of domestic and foreign authors has showed that the studies are focused on seismic stability and reliability of buildings during their operation. Considering the enormous experience existing in Russia in the field of making precast reinforced concrete buildings, the paper stresses the need to upgrade and build new plants for producing modular structural elements facilitating prompt and high-quality performance of works. The paper describes the most widely used precast and cast-in-situ frame systems for buildings and structures with flat floor slabs and summarizes their characteristics. At the same time, it reminds that nearly all systems have certain deficiencies. Structurally, this may be unreliable junctions of structural elements: columns, floor slabs and concealed beams, where used in a system. In terms of organizational and technical aspects, these are uncontrolled operations, weld works in some structural systems, cast in situ works, all reducing the level of constructability. It is further emphasized that a sound choice of a frame system, is required, apart from ensuring a high level of constructability and reliability, to meet all requirements of architectural expressiveness and flexibility of solutions pertaining to all stages of real property lifecycle.

Keywords: construction; frame without collar beams; concealed beams; modular structural elements; constructability