

ИНДУСТРИАЛЬНЫЕ БЕЗБАЛОЧНЫЕ КАРКАСНЫЕ КОНСТРУКТИВНЫЕ СИСТЕМЫ ДЛЯ ЖИЛЫХ ЗДАНИЙ

Павликов А.Н.

Полтавский национальный технический университет
имени Юрия Кондратюка
г. Полтава, Украина

Критов В.А.

ГП «Государственный научно-исследовательский институт
строительных конструкций»

Петтер Б.Н.

Государственный проектный институт градостроительства
«Горстройпроект»
г. Киев, Украина

АНОТАЦІЯ: Викладені особливості конструкції безкапітально-безбалкового каркасу будівлі: складові елементи, переваги та недоліки, досвід застосування.

АННОТАЦИЯ: Изложены особенности конструкции безкапитально-безбалочного каркаса здания: составляющие элементы, преимущества и недостатки, опыт использования.

ABSTRACT: The features of prefabricated-monolithic framework constructions of buildings: composite elements, positive qualities, methods of calculation, are represented.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: Безкапитально-безбалочный каркас, конструктивная система, доступное жилье.

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

Современная строительная отрасль в Украине характеризуется двумя одинаково актуальными проблемами, первая из них – обеспечение доступным жильем средних за материальным уровнем слоев населения, а вторая – создание конструкций зданий высокой энергоэффективности. Ведь по утверждениям самих производителей стоимость жилья сегодня в среднем составляет почти 8 тысяч гривен за один квадратный метр в зданиях с обыкновенными показателями решений квартир и не

менее 10 тысяч гривен – с улучшенными, в так называемых зданиях элитного типа [1 – 4].

Причин существования таких насущных проблем в сфере обеспечения людей жильём очень много. Основные среди них – еще высокая трудоемкость возведения зданий из-за преобладающего использования несовершенных конструктивных систем, низкий уровень механизации технологических процессов строительного производства, малая этажность жилых зданий, а также значительная их материалоёмкость.

Существует много исследований, в которых в той или другой мере изложены аспекты по решению этих проблем. Но даже короткий их анализ показывает [5 – 11], что целесообразнее их решать за счет внедрения новых технологий строительства, среди которых первейшего внимания заслуживает направление по дальнейшему совершенствованию известного еще с 1940 года предложения использования в строительстве безкапитально-безбалочного каркаса [5 – 7], что также подтверждается современными проектными разработками [8 – 11].

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Решение существующей проблемы обеспечения населения доступным жильём возможно за счет внедрения технологии строительства жилых зданий на основе использования конструктивных систем, среди которых наиболее предпочтительным есть безкапитально-безбалочный каркас с минимальным количеством типоразмеров сборных конструкций (рис. 1).

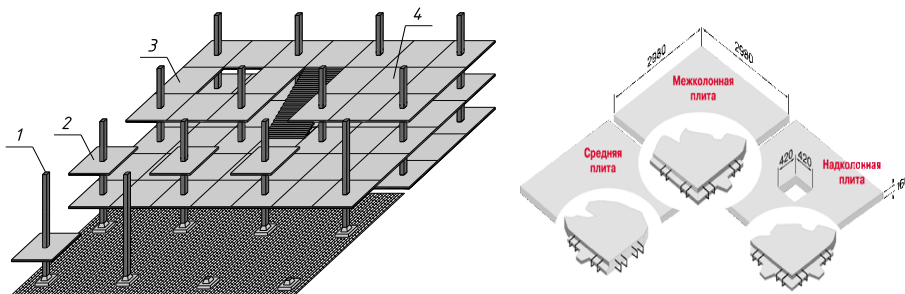


Рис. 1. Схемы безкапитально-безбалочной конструктивной системы жилого здания: 1 – колонна; 2 – надколонная плита; 3 – межколонная плита; 4 – средняя плита

По своей сути данная конструктивная система являет плоские железобетонные перекрытия непосредственно соединенные с колоннами за счет прогрессивных решений их стыков. В зданиях с такими каркасами отсутствуют балки, консоли колон, капители. Она позволяет быстро трансформировать помещения под новое назначение, обеспечивает автономизацию их обогрева. А поскольку отдельные элементы пространственного каркаса имеют максимальную заводскую готовность, то приме-

нение данной конструктивной системы – также один из путей реанимации индустриального производства по изготовлению сборного железобетона, что позволит значительно экономить энергоресурсы.

С целью апробации эффективности безкапитально-безбалочного каркаса у 2008 году за проектом Государственного проектного института градостроительства «Горстройпроект» впервые в г. Полтаве были возведены здания доступного жилья (рис. 2), а также здания другого назначения. Практика подтвердила его существенные преимущества в архитектурно-планировочных и конструктивных решениях по сравнению со зданиями, которые возводятся на основе других прототипов каркасной и стеновой конструктивных систем. Междуетажные перекрытия в зданиях с использованным каркасом (рис. 1) состоят из трех типов сборных железобетонных плит: надколонных (поз. 2), межколонных (поз. 3) и средних (поз. 4). Толщина всех плит – 160 мм, их размеры в плане, с целью унификации опалубки, приняты одинаковыми – 2980×2980 мм.

Надколонные плиты (2) крепятся (рис. 3) при помощи сваривания заложенных в них обойм (4) к арматуре колонны (1), а образуемые монтажные промежутки в 20 мм между колонной и обоймой, а также между плитами заполняются высокопрочным мелкозернистым бетоном. В забетонированных промежутках образуются шпонки (3), бетон которых самоупрочняется за счет роботы в условиях всестороннего обжатия.



Рис. 2. Общий вид жилых 16-ти этажных зданий в г. Полтаве по ул. Богдана Хмельницкого, 21 (справа) и по ул. Октябрьской, 60-д (слева) в процессе строительства

Вертикальными несущими элементами каркаса есть сборные железобетонные двоярусные колонны с размерами сечения 400×400 мм, а также частично железобетонные диафрагмы жесткости. Стыкование

колонн принудительное за счет вхождения стержня-фиксатора нижнего торца верхней колонны в гнездо верхнего торца нижней колонны.

Каркас, разработанный для возведения зданий высотой в 16 этажей в районах сейсмичностью до 9 баллов, быстро монтируется и наделен значительной простотой при изготовлении отдельных элементов.

Пространственная жесткость и устойчивость примененного каркаса зданий обеспечена главным образом за счет линейных связей (железобетонных или металлических подкосов) и сплошных 3 железобетонных диафрагм жесткости.

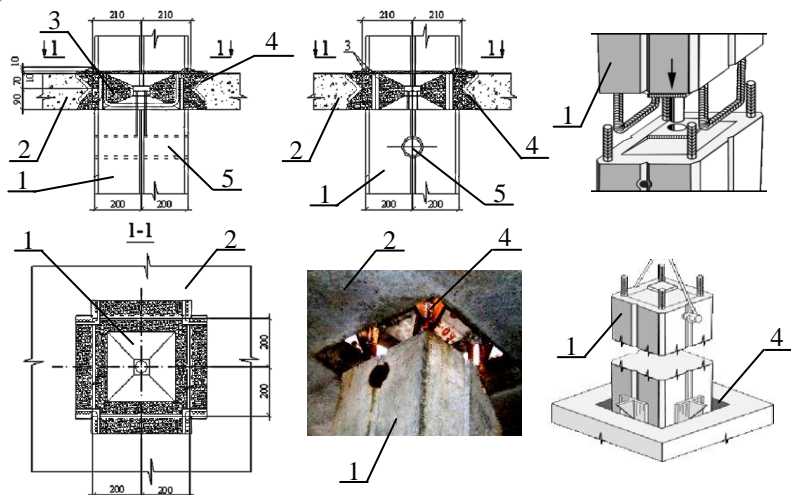


Рис. 3. Схемы соединения надколонной плиты с колонной: 1 – колонна; 2 – плита (вид снизу); 3 – бетон; 4 – стальная обойма; 5 – монтажное отверстие

В элементах каркаса внутренние усилия, от действия внешних нагрузок, легко подсчитать на ПЭВМ при помощи программного комплекса „SCAD 11.1“. В расчетных схемах пространственного каркаса стойками служат колонны, горизонтальными дисками – перекрытия из плит. В качестве связей принимаются вертикальные железобетонные диафрагмы и подкосы.

Проведенные в ПолтНТУ экспериментально-теоретические исследования показали, что усилия в элементах безкапитально-безбалочного каркаса можно рассчитывать простыми инженерными методами, предварительно расчленив пространственный каркас на плоские ортогональные рамы в виде ригелей-плит, которые поддерживаются колоннами. При этом вертикальные нагрузки воспринимаются колоннами, условными ригелями-плитами и частично диафрагмами жесткости, а горизонтальные – только элементами жесткости.

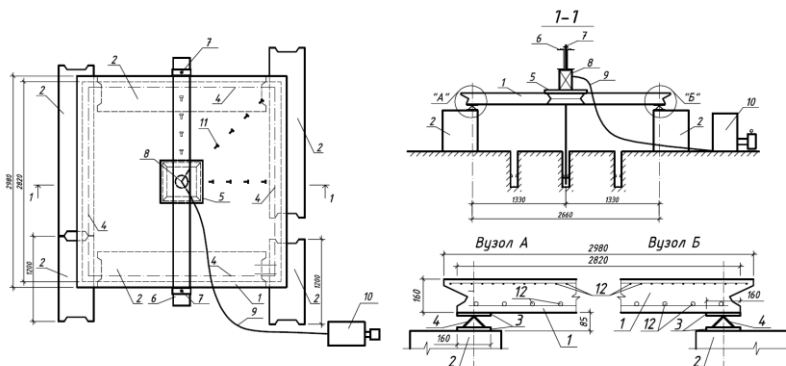


Рис. 4. Схема оборудования для испытания надколонной плиты:
 1 – плита; 2 – опора; 3 – металлическая подкладка; 4 – шарнирно-неподвижная опора; 5 – металлическая пластина; 6 – траверса; 7 – металлические тяжи; 8 – гидравлический домкрат $F=500$ кН; 9 – маслопровод; 10 – насосная станция; 11 – тензодатчики; 12 – рабочая арматура

Запроектированные к использованию в каркасе здания элементы были испытаны в лаборатории кафедры железобетонных и каменных конструкций и сопротивления материалов ПолтНТУ. При этом для каждого из элементов, а именно: колонн, плит и лестничных маршей, были разработаны отдельные возможные расчетные схемы, а также изготовлено испытательное оборудование. Например, для надколонной плиты реализовывалась расчетная схема плиты не только в виде опертой по контуру (рис. 4), но и как балки – части ригеля между его нулевыми точками на огibaющей эпюре изгибающих моментов (для плоской рамы каркаса). Испытание осуществлено на действие расчетных значений нагрузок. Загружение осуществлялось гидравлическими домкратами (8) мощностью 500кН при помощи насосной станции (10).

В колоннах возведенных зданий (рис. 2) использована стержневая арматура класса А500 (4Ø28 – 6Ø28).

Надколонная плита в растянутой зоне имела две сетки. Одна из них содержит в обоих направлениях стержни 16Ø14 А-500, а другая – 12Ø14 А-500; сжатая зона армирована сеткой из проволоки класса Вр-I по 20Ø4 в обоих направлениях.

В межколонной плите в растянутой зоне у двух сетках с арматуры класса А-500 уложено в обоих направлениях стержней: в одной по 16Ø14, в другой – по 12Ø14; сжатая зона армировалась сеткой из проволоки класса Вр-I по 20Ø4 в обоих направлениях. В средней плите в растянутой зоне в сетках из проволоки класса Вр-I было по 12Ø8 и 7Ø8 в обоих направлениях в каждой.

Разрушение надколонных плит осуществлялось при общей нагрузке $3,02 \text{ т/м}^2$, средних – при $2,4 \text{ т/м}^2$, межколонных – при $1,8 \text{ т/м}^2$.

Как показали исследования и внедрение в строительство данного каркаса применение безкапительно-безбалочных конструктивных систем позволяет реализовывать на практике такие основные их преимущества [9-11]:

1) консольная часть перекрытия вдоль его периметра придает каждому зданию неповторных архитектурных форм, что содействует созданию притягательного разнообразия городскому ландшафту;

2) зданиям присуща автономность в архитектурно-планировочных решениях;

3) срок строительства жилых зданий значительно сокращается;

4) запуск производственной линии по изготовлению сборных элементов достаточно простой и осуществляется в минимальные сроки;

Безкапительно-безбалочная конструктивная система положительно зарекомендовала себя при возведении зданий более чем у 30 регионах России [9-11]. Объёмы ее освоения ежегодно увеличиваются.

По данным многих проектов и информационных источников [8-11] в таблице приведены основные показатели безкапительно-безбалочной каркасной конструктивной системы по сравнению с наиболее известными.

Таблица 1

Сравнение основных показателей безкапительно-безбалочной каркасной конструктивной системы

Показатель	Конструктивные системы		
	Монолит	КПБ-135	КУБ
Всего стали на м ² перекрытия	27 кг/ м ²	48 кг/ м ²	18 кг/ м ²
Всего бетона на м ² перекрытия	0,28 м ³ / м ²	0,8 м ³ / м ²	0,2 м ³ / м ²
Толщина перекрытия	200 мм	160 мм	160 мм
Сетка колонн	6,3×6,3 м	6×3 м	6×6 м
Арх.-планиров. решения	свободное	фиксиров.	свободное
Затраты на монтаж 1 м ² перекр. (подача бетону бетононасосом)	21 чел./час.·м ²	1,1 чел./час.·м ²	0,7 чел./час.·м ²
Срок монтажа 12-ти этажей	6 месяцев	3 месяца	3 месяца

ВЫВОДЫ

Внедрение безкапительно-безбалочной каркасной конструктивной системы в строительство многоэтажных жилых зданий позволяет уменьшить их стоимость 1м² почти на 40% по сравнению со зданиями с традиционными стеновыми и каркасными конструктивными системами. При этом скорость возведения здания возрастает на 50%, интенсивность обеспечения населения жильем увеличивается и его возможности, с точки зрения доступности приобретения, значительно расширяются.

Кроме того, внедрение разработок, нацеленных на массовое внедрение безкапитально-безбалочной каркасной конструктивной системы в строительство зданий, будет способствовать возобновлению работы заводов по производству сборного железобетона.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ярошенко Ганна. Найбільше будуюмо соціального житла, бо поки що у нас не так багато людей, які можуть дозволити собі елітне / Ганна Ярошенко // Вечірня Полтава, 2008. – №22. – С. 4.
2. Цветов Олександр. Будівництво: традиційне чи інноваційне / Олександр Цветов // Вечірня Полтава, 2008. – №27. – С. 6.
3. Москаленко Марія. Будинки, побудовані за системою КУБ-2.5, здатні забезпечити споживачів доступним і, головне, якісним житлом / Марія Москаленко // Вечірня Полтава, 2010. – №49 (929). – С. 2.
4. Ключко Оксана. Переживаючи економічну кризу, «Полтавабудінвест» розробляє нові технології, що здешевлюють будівництво на третину, і зводять сейсмостійкі багатоповерхівки / Оксана Ключко // Вечірня Полтава, 2009. – №7 (834). – С. 5.
5. Blekey F.A. Towards an Australian structural form – the flat plate / F.A. Blekey // Architecture in Australia, 1965. – P. 115 – 127.
6. Stasio J. Di. Flat plate rigid frame design of low coshosing project in Newark and Atlantik Citi / F. A. Blekey // N. J. Proc. American Concrete Institute, 1941. – Vol. 37. – P. 309 – 324.
7. Коуэн Г. Дж. Строительная наука XIX–XX вв. : Проектирование сооружений и систем инженерного оборудования / Генри Дж. Коуэн; пер. с англ. В.А. Коссаковского; под ред. Л.Ш. Килимника. – М. : Стройиздат, 1982. – 359 с., ил. – Перевод. изд.: Science and Building.: Structural and environmental design in the nineteenth and twentieth centuries. – A Wiley-Interscience Publikation John Wiley & Sons, New York London Sydney Toronto.
8. Унифицированная система сборно-монолитного безригельного каркаса. Основные положения по расчету, монтажу и компоновке зданий : рабочий проект : у 9-ти выпусках / Фирма „КУБ“ СП „ИНЭКС“, Научно-проектно-строительное объединение монолитного домостроения. – М. : НСПО „МОНОЛИТ“, 1990. – (Серия КУБ-2,5).
9. Что такое «КУБ-2,5»: электронные ресурсы. – Режим доступа: Google: zavod-zhbi.com.ua/tehnologiya-kub-2-5/.
10. Научно-проектное-объединение «КУБ» ООО ("НПО КУБ"): – Режим доступа: Google: www.kub-25.ru/.
11. Описание системы по информации НПО "КУБ": электронные ресурсы – Режим доступа: Google: kub-invest.ru/sist.html.

REFERENCES

1. Yaroshenko Anna. We build primarily social housing, as long as there are not many people who can allow themselves the elite / Anna Yaroshenko // Evening Poltava, 2008. - № 22. - P. 4.
2. Zvetov Alexander. Construction: traditional or innovative / Alexander Zvetov // Evening Poltava, 2008. - № 27. - P. 6.
3. Maria Moskalenko. The house, built on the system KUB-2.5 able to provide consumers with affordable and quality housing / Maria Moskalenko // Evening Poltava, 2010. - № 49 (929). - P. 2.
4. Oksana Klochko. Experiencing economic crisis, "Poltavabudinvest" develops new technologies that reduce the cost of construction of a third, and build earthquake-proof buildings / Oksana Klochko // Evening Poltava, 2009. - № 7 (834). - P. 5.
5. Blekey F.A. Towards an Australian structural form – the flat plate / F.A. Blekey // Architecture in Australia, 1965. – P. 115 – 127.
6. Stasio J. Di. Flat plate rigid frame design of low coshosing project in Newark and Atlantik Citi / F. A. Blekey // N. J. Proc. American Concrete Institute, 1941. – Vol. 37. – P. 309 – 324.
7. Cowan G. J. Construction and science of the nineteenth and twentieth centuries : Designing buildings and systems of the engineering equipment / G.J. Cowan; trans. from English. by V.A. Korsakovsky; edited by L.Sh. Kylumnik. - M : Stroyizdat, 1982. - 359 p., Il. - Translation. ed.: Science and Building: Structural and environmental design in the nineteenth and twentieth centuries. – A Wiley-Interscience Publikation John Wiley & Sons, New York, London, Sydney, Toronto.
8. Unified system of modular-monolithic non-nogging frame. The basic provisions on the calculation, installation and integration of buildings : project : 9 releases / Company "CUB" SP "INEX", Research design and construction Association of monolithic housing construction. - M. : NSPO "MONOLITH", 1990. - (Series KUB-2,5).
9. What is the "KUB-2,5": electronic resources. - Access mode: Google: zavod-zhbi.com.ua/tehnologiya-kub-2-5/.
10. Research-design-Association "CUB" OOO ("NPO CUB"): - Access mode: Google: www.kub-25.ru/.
11. Description of the system on information NPO "CUB": - electronic resources. - Access mode: Google: kub-invest.ru/sist.html.

Статья поступила в редакцию 15.12.2013 г.