

УДК 624.012.35:624.046.2

*С.М. Микитенко, к.т.н., докторант
Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка*

АНАЛІЗ ОСНОВНИХ РОЗРАХУНКОВИХ ПОЛОЖЕНЬ ЗБІРНО-МОНОЛІТНОГО БЕЗБАЛКОВОГО БЕЗКАПІТЕЛЬНОГО КАРКАСА

Проаналізовано підходи до розрахунку збірно-монолітного безбалкового безкапітельного каркаса системи «КУБ». Запропоновано розрахункову модель на основі в'язевої конструктивної системи.

Ключові слова: збірно-монолітний каркас, безбалкова безкапітельна конструктивна система, метод замінювальних рам, в'язі.

УДК 624.012.35:624.046.2

*С.Н. Микитенко, к.т.н., докторант
Полтавский национальный технический университет имени Юрия Кондратюка*

АНАЛИЗ ОСНОВНЫХ РАСЧЕТНЫХ ПОЛОЖЕНИЙ СБОРНО-МОНОЛИТНОГО БЕЗБАЛОЧНОГО БЕСКАПИТЕЛЬНОГО КАРКАСА

Проанализированы подходы к расчету сборно-монолитного безбалочного бескапитального каркаса системы «КУБ». Предложена расчетная модель на основе связевой конструктивной системы.

Ключевые слова: сборно-монолитный каркас, безбалочная бескапитальная конструктивная система, метод заменяющих рам, связи.

UDC 624.012.35:624.046.2

*S.N. Mykytenko, PhD, post-doctoral
Poltava National Technical Yuri Kondratyuk University*

ANALYSIS OF SUBSTANTIVE CALCULATION PROVISIONS OF PRECAST IN-SITU STRUCTURE GIRDERLESS CAPERLESS FRAMEWORK

Going is analysed near the calculation of precast in-situ girderless caperless framework of the system «CUBE». A calculation model is offered on the basis of the connection structural system.

Keywords: precast in-situ structure, girderless caperless structural system, method of replacing frames, connections.

Вступ. Одним зі шляхів зниження вартості та трудомісткості будівництва, економії матеріалів є застосування збірно-монолітних конструкцій, які поєднують у собі переваги збірного та монолітного залізобетону. Такі конструкції успішно застосовуються при новому будівництві й у процесі реконструкції будівель і споруд. До них належить безбалковий безригельний каркас конструктивної системи «КУБ», яка почала застосовуватися з кінця 60-х років минулого століття, зазнала багатьох змін і на сьогодні пропонується для виконання програми забезпечення громадян України доступним житлом [1, 2].

Огляд останніх джерел досліджень і публікацій. В основу збірно-монолітної конструктивної системи серії «КУБ» покладено застосування залізобетонних безригельних безкапітельних каркасів для громадського та промислового будівництва. Особливістю конструктивної системи є відсутність традиційних балкових ригелів і використання багатопверхових колон без виступаючих частин. Збірно-монолітні плити локально спираються безпосередньо на колони через бетонні шпонки. Плити між собою з'єднуються за допомогою петльового стику (стик Передерія Г.П.). Просторова жорсткість і стійкість каркаса, який працює за рамною або рамно-зв'язковою схемою, повинна забезпечуватися надійною роботою монолітних стиків між елементами [3].

Номенклатура виробів каркаса включає в себе одно-, дво- та триповерхові колони, надколонні, міжколонні й середні плити розміром 3×3 м і товщиною 160 мм, залізобетонні хрестоподібні в'язі, що встановлюються в площини рами і діафрагми жорсткості, які встановлюються не в площині рами, а у швах стикування плит перекриттів. Крім цього, до складу номенклатури входять сходові марші та інші конструкції. Повну номенклатуру виробів для рамно-в'язевої системи в м. Полтава освоєно на заводі залізобетонних виробів ПАТ «Комбінат виробничих підприємств».

Однією з основних переваг уніфікованого безригельного каркаса системи «КУБ» порівняно з традиційними технологіями зведення багатопверхових будівель є її економічність, тому що внаслідок зниження витрати бетону і сталі дає загальне зниження вартості будівництва на 5 – 7%, навіть з урахуванням витрат заводської технології виготовлення елементів [4].

Формулювання цілей статті. Метою статті є аналіз безбалкової безкапітельної конструктивної системи багатопверхової збірно-монолітної будівлі для вдосконалення та підвищення надійності статичного й конструктивного розрахунків.

Виділення не розв'язаних раніше частин загальної проблеми. Визначення зусиль в елементах безбалкової безкапітельної каркасної системи має свою специфіку, пов'язану зі способом з'єднання плит з колонами та плит між собою. Розробники серії [3, 5] та проектувальники

[6] поглиблювали традиційні підходи і не завжди враховували конструктивні особливості збірно-монолітних вузлів з'єднання колони з плитою та плит між собою. Тому необхідно виконувати додаткові теоретично експериментальні дослідження збірно-монолітних з'єднань.

Основний матеріал і результати. Статичний розрахунок безригельного каркаса системи «КУБ» полягає у визначенні зусиль у рамній системі, стійками якої є колони, а ригелями – збірно-монолітні панелі перекриття. У розрахунок уводиться ригель-плита шириною, що дорівнює кроку колон у напрямі, перпендикулярному до площини рами. Рамний каркас розраховується на дію горизонтальних та вертикальних зусиль методом замінювальних рам у двох взаємно перпендикулярних напрямках.

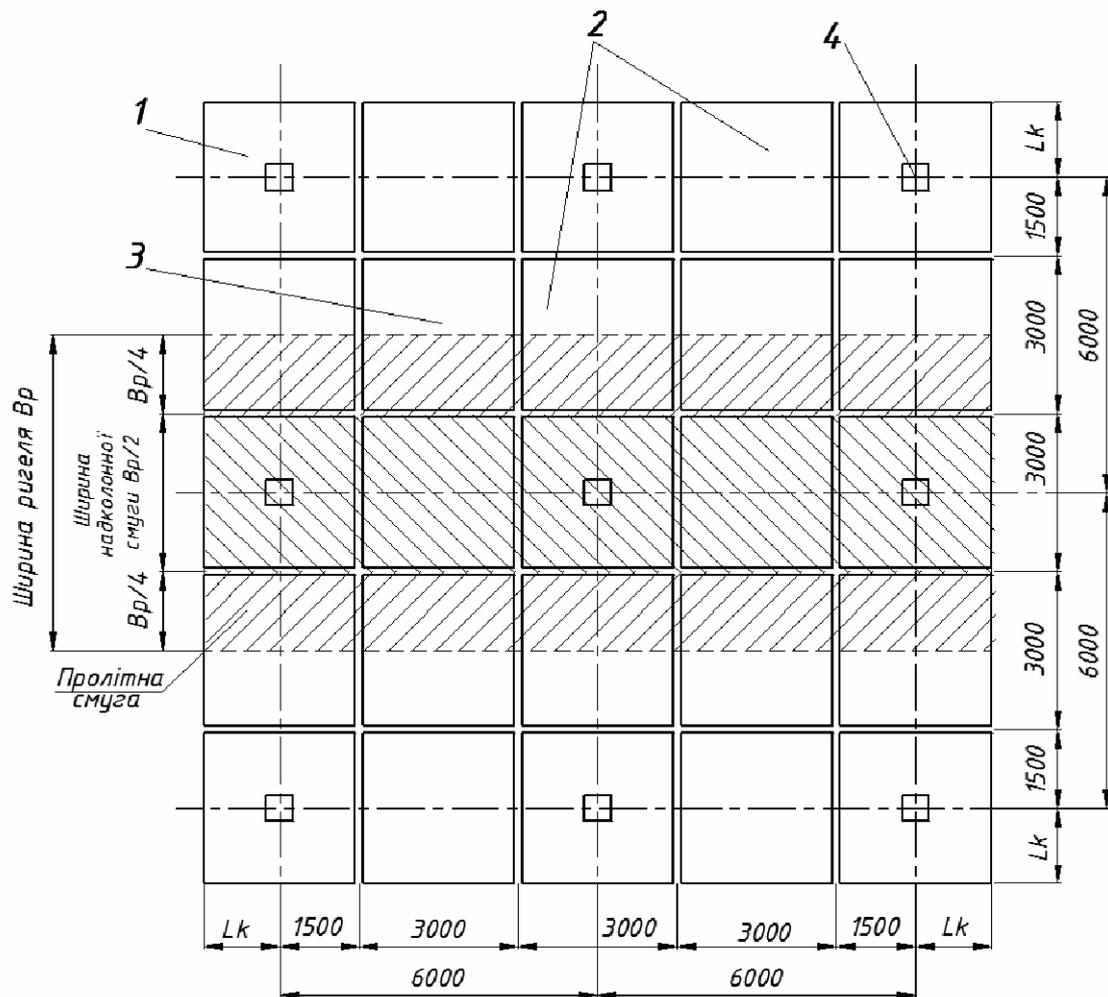
До розрахунку нерозрізних плит, які локально спираються на множину регулярно розміщених колон, можна застосувати теорію пружної сітки. Остання являє собою систему ниток, котрі взаємно перетинаються і в кожній точці їх перетину система повинна знаходитися у рівновазі із зовнішніми силами.

Як показав досвід, розрахунок безбалкових плит із застосуванням теорії пружних сіток у практиці проектування малоприматний через складність обчислень. Крім того, ця методика стає непридатною до розрахунку безбалкового безкапітельного перекриття в системі рамного залізобетонного каркаса, оскільки вона не враховує часткове затискання плити на опорах, а пружну пластинку розглядає, як оперту на точки [5]. Подальші дослідження показали, що розрахунок безбалкового перекриття методом замінювальних рам дає результати з достатньою для практики точністю. При цьому розрахунок безбалкового перекриття і колон зводиться до розрахунку двох навхрест розташованих рам, причому розрахункова ширина ригеля рами приймається такою, що дорівнює напівсумі прилеглих прольотів, перпендикулярних до площини цієї рами (рис. 1).

Кожна з рам в обох напрямках розраховується на повне навантаження $q=q_1 \cdot B_p$, яке діє на неї, де q_1 – навантаження на 1 м² перекриття, а B_p – ширина ригеля (рис. 2, а).

Оскільки в основу рівнянь покладено припущення про відсутність горизонтальних зміщень вузлів, то можна не враховувати впливу верхніх і нижніх поверхів і привести розрахунок багатоповерхової та багатопролітної замінювальної рами до розрахунку нерозрізного ригеля, що спирається на стійки із жорстко закріпленими або шарнірними кінцями (рис. 2, б).

Якщо кінці стійок закріплені від переміщень, їх висота в межах одного поверху може коливатися від $f=2/3H$ (коли кінець стійки жорстко закріплений) до $f=H$ (коли кінець стійки закріплений шарнірно), причому вибір характеру закріплення кінців стійок істотно не впливає на значення моментів у ригелі [7].



**Рис. 1. Схема компонування збірно-монолітного перекриття:
 1 – надколонна плита; 2 – міжколонні плити;
 3 – середня плита; 4 – колона**

Знайдені методом замінювальних рам розрахункові моменти розподіляються нерівномірно по ширині плитного ригеля. Абсолютні значення величин згинальних моментів зменшуються в напрямі від середини до країв плитного ригеля. Тому значення величин згинальних розрахункових моментів у ригелях рами від дії вертикального навантаження з урахуванням просторової роботи каркаса [4] запропоновано визначати за формулою

$$M^B = K_1 K_2 M_o^B, \quad (1)$$

де M_o^B – розрахунковий момент з розрахунку рами на вертикальне навантаження; $K_1 = 0,9 \div 0,825$ – коефіцієнт, який урахує просторове розподілення навантаження; $K_2 = 0,93 \div 0,975$ – коефіцієнт, котрий урахує значення тимчасового навантаження.

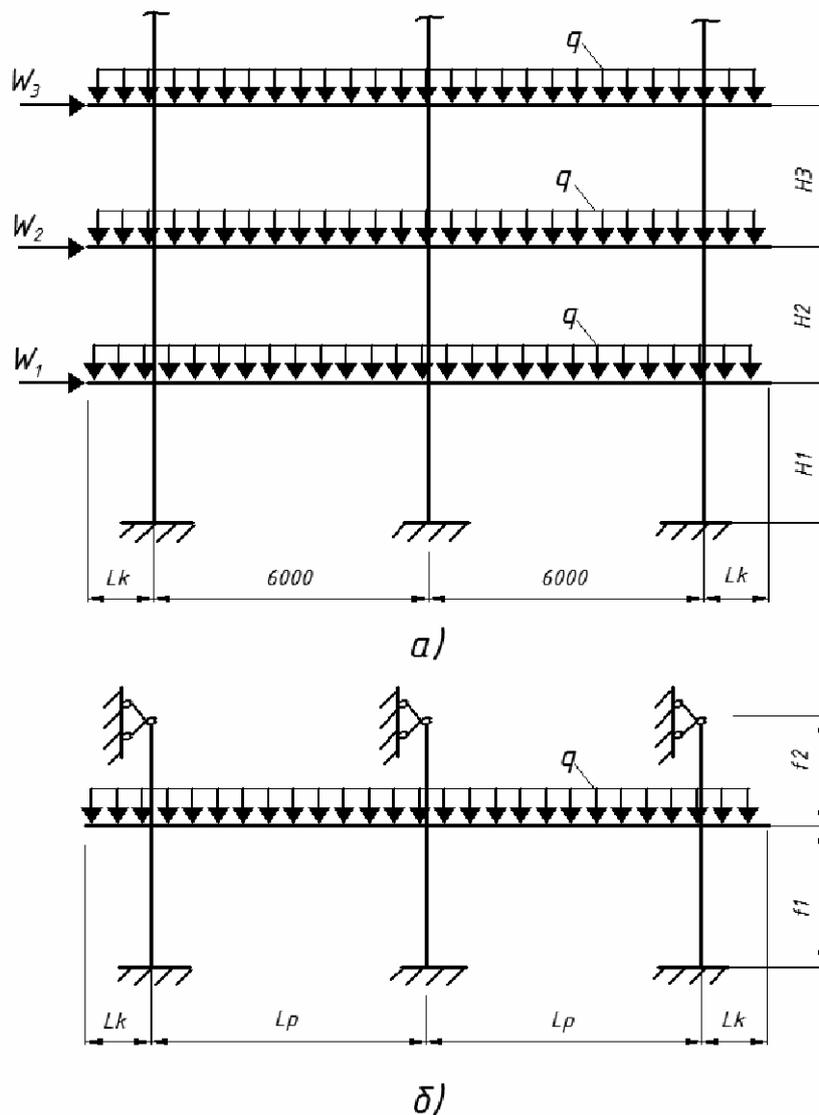


Рис. 2. Розрахункові схеми:
а) рамного каркаса на вертикальні та горизонтальні навантаження;
б) плитного нерозрізного ригеля

Розрахунковий момент у ригелі рами від сумарної дії вертикального та горизонтального навантажень згідно з даними роботи [4] запропоновано визначати за формулою

$$M_{PO3} = C(K_1 K_2 M_o^B + M^r) d, \quad (2)$$

де M^r – розрахунковий момент з розрахунку рами на горизонтальне навантаження; C – коефіцієнт сполучення навантажень відповідно до ДБН; $d = 0,3 \div 0,7$ – коефіцієнт розподілу між надколонними та пролітними смугами ригелів.

Вузол шпонкового з'єднання надколонної плити з колоною (рис. 3) є збірно-монолітною конструкцією. Колона з'єднується з плитою шляхом приварювання через проміжні закладні деталі обичайки внутрішнього отвору плити до поздовжньої арматури колони. Простір між колоною та обичайкою плити бетонується дрібнозернистим бетоном, який після твердіння працює як шпонка. Така конструкція вузла є компактною, без виступаючих частин, але потребує високої якості робіт як при зварюванні, так і при бетонуванні. Розробники серії [3] вважають такий вузол жорстким, здатним сприймати згинальний момент і перерозподіляти його між колоною та плитою. Якщо критично проаналізувати цей вузол, урахувавши незначну висоту ригеля (160 мм), якість зварних швів і бетонування, то можна дійти висновку, що він є частково жорстким, тобто сприймає поперечну силу й обмежений згинальний момент, який може витримати зварний шов закладної деталі. Відповідно запропоновано в'язеву систему для розрахунку каркаса на дію горизонтальних навантажень з передаванням зусиль на елементи жорсткості у вигляді діафрагм або в'язей.

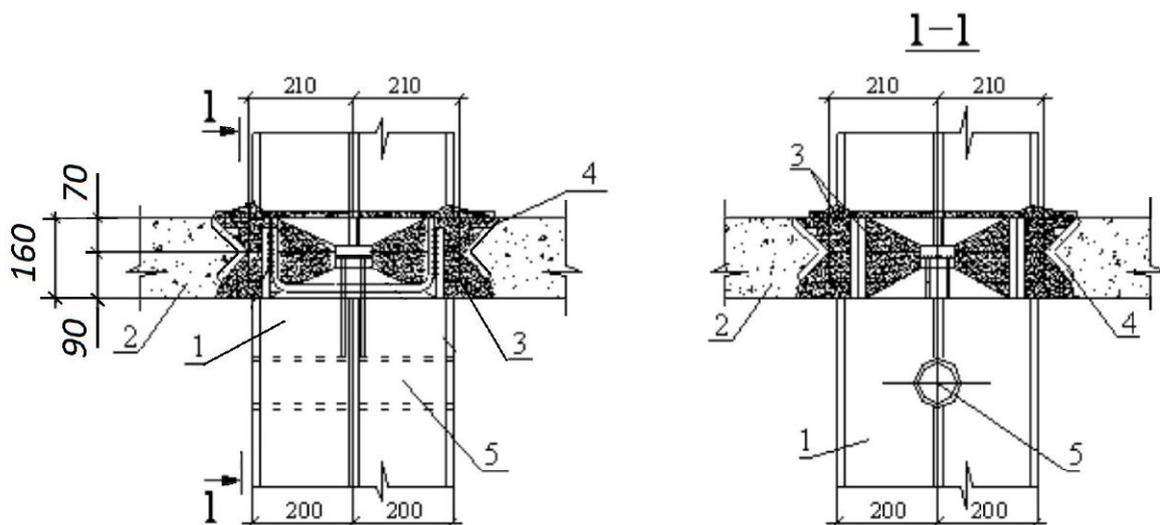
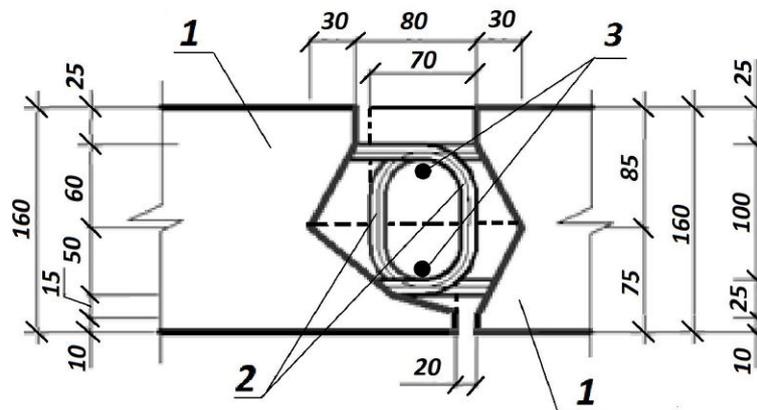


Рис. 3. Конструкція шпонкового з'єднання надколонної плити з колоною:

**1 – колона; 2 – плита; 3 – бетонна шпонка;
4 – сталеві обичайки в плиті; 5 – отвір для монтажу плити**

Диск перекриття складається з квадратних у плані плит розміром 2,98×2,98 м, які з усіх сторін з'єднуються між собою через петльовий стик, котрий ще називають ім'ям його розробника Передерія Г.П. (рис. 4). Окремі плити об'єднуються за допомогою петльових арматурних випусків, усередині яких бетон працює в умовах усебічного стискання. Після встановлення монтажної арматури стик бетонується, і після набору

бетоном проектної міцності конструкція може включатися в роботу. Такий стик є універсальним, він повинен забезпечувати роботу об'єднаної конструкції на зріз, згинання та розтягування. З дотриманням умов анкерування арматури довжина стику повинна призначатися не меншою ніж 300 мм. З аналізу розмірів конструкції стику на рис. 4 можна зробити висновок, що він може сприймати зусилля зсуву, тобто працювати як шпонка, але недотримання умов анкерування арматури ставить під сумнів твердження авторів [4], що конструкція стику може забезпечити сприйняття згинального моменту $M = 5,2 \text{ тс}\cdot\text{м}$ на смугу шириною 6 м. У випадку порушення зчеплення арматури з бетоном унаслідок перевантаження або неякісного бетонування стик не зруйнується, але перетвориться на шарнірний, тоді міжколонна чи середня плита почне працювати як шарнірно обперта. Виходячи з вищенаведеного, в розрахунковій схемі перекриття запропоновано замінити жорстке з'єднання плит на циліндричний шарнір. Уведення циліндричного шарніра чітко визначить місце нульової лінії, в якій буде мінятися знак епюри згинальних моментів у перекритті, а статична робота плит під навантаженням відрізнятиметься ясністю і надійністю, спроститься армування плит.



**Рис. 4. Конструкція петльового з'єднання плит перекриття між собою:
1 – плита; 2 – випуски арматури; 3 – монтажна арматура**

Висновки:

1. Застосування безбалкового безригельного каркаса конструктивної системи «КУБ» дає можливість прискорити виконання програми забезпечення громадян доступним житлом.

2. Для розрахунку каркаса на дію горизонтальних навантажень запропоновано в'язеву систему з передаванням зусиль на елементи жорсткості у вигляді діафрагм або в'язей.

3. У розрахунковій схемі перекриття запропоновано замінити жорстке з'єднання плит на циліндричний шарнір, що підвищить надійність та спростить конструкцію.

Література

1. Особливості конструктивної системи збірно-монолітних каркасних багатоповерхових будівель під соціальне житло / А.М. Павліков, В.А. Пашинський, С.М. Микитенко, М.М. Губій, Є.М. Бабич, Б.М. Петтер // Ресурсоекономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди: зб. наук. праць. – Вип.20. – Рівне: НУВГП, 2009. – С. 390 – 395.
2. Павліков, А. М. Безкапітельно-безбалкова каркасно-конструктивна система будівлі: особливості та досвід використання під доступне житло / А.М. Павліков, Є.М. Бабич, Б.М. Петтер // Будівельні конструкції: міжвідомчий науково-технічний збірник наукових праць (будівництво) / ДП ДНД ІБК. – Вип. 78: в 2-х кн. Книга 1. – Київ: ДП НДІБК, 2013. – С. 28 – 46.
3. Унифицированная система сборно-монолитного безригельного каркаса. Основные положения по расчету, монтажу и компоновке зданий: рабочий проект в 9-ти выпусках. Серия «КУБ-2,5». Выпуск 1-1. / Фирма «КУБ» СП «ИН-ЭКС», Научно-проектно-строительное объединение монолитного домостроения (НСПО «МОНОЛИТ»). – М., 1990. – 49 с.
4. Шрамко, Д.А. Строительная система КУБ-3V / Д.А. Шрамко, А.В. Ихно // Вісник Донбаської національної академії будівництва та архітектури: зб. наук. пр. Будівлі та конструкції із застосуванням нових матеріалів та технологій. – Вип. – №3(95). – Макіївка, 2012. – С. 35 – 39.
5. Дорфман, А.Э. Проектирование безбалочных бескапитальных перекрытий / А.Э. Дорфман, Л.Н. Левонтин. – М.: Стройиздат, 1975. –124 с.
6. Кукунаев, В.С. Определение усилий в железобетонных перекрытиях, проектируемых на основе сборно-монолитного безригельного каркаса / В.С. Кукунаев [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.concrete.com.ua>
7. Штаерман, М.Я. Безбалочные перекрытия / М.Я. Штаерман, А.М. Ивянский. – М.: Госстройиздат, 1953. – 333 с.

Надійшла до редакції 15.10.2013
© С.М. Микитенко