

Науковий супровід впровадження технології залізобетонної збірно-монолітної каркасної системи в будівництво багатоповерхових будинків цивільного призначення

Кривельов Л.І., Карпенко О.А., Пошивач В.Г., Райтаровський О.М.
Державне підприємство «Науково-дослідний інститут будівельних конструкцій», м.Київ

Наведені результати досліджень, виконаних на першому етапі наукового супроводу впровадження залізобетонної збірно-монолітної каркасної системи в будівництво багатоповерхових будинків. Мета першого етапу полягала в отриманні свідоцтва щодо придатності для застосування системи на території України. Виконана експериментальна і теоретична перевірка тримальної здатності і деформівності системи. На засаді результатів досліджень виданий позитивний висновок щодо придатності впроваджуваних конструкцій.

Мета роботи в цілому полягає в проведенні комплексу науково-технічних робіт супроводу впровадження в будівництво на теренах України каркасної системи, опрацьованої в Російській Федерації.

Методи дослідження – аналітичні і експериментальні.

Мета статті - оприлюднення результатів першого етапу супроводу.

Особливості збірно-монолітної каркасної системи (ЗМКС), які відрізняють її від каркасних систем, що масово застосовувались в багатоповерховому будівництві, полягають в наступному:

- вузли з'єднання елементів каркасу виконуються шляхом замонолічування без застосування зварювання арматури;

- конструкція ригелів дозволяє застосовувати різні конструкції перекриттів;

- за необхідністю збільшення тримкості ригелів перекриття може включатися в їх робочій переріз;

- конструкція вузлів з'єднання ригелів з колонами припускає розташування ригеля під довільним кутом до ортогональної мережі координатних осей;

- конструкція вузлів з'єднання ригелів з колонами припускає влаштування консолей;

- конструкція ригелів передбачає застосування попередньо напруженої арматури. В збірному елементі розміщується нижня робоча прогонна арматура і вертикальні випуски, які при замонолічуванні проміжку між елементами перекриття утворюють верхню стиснену зону в прогоні ригеля. На опорі до верхньої бетонної зони включається арматура опорного перерізу;

- поздовжні додаткові вузлові арматурні стрижні заводяться в зону колони. Ця зона звільнена від бетону і утворює проміжок поміж нижньою і верхньою частинами колон заввишки 600 мм. Ці дві частини поєднуються при виготовленні і транспортуванні тільки поздовжньою робочою арматурою колон і нахиленими монтажними стрижнями між стрижнями робочої арматури;

- власне колони стикаються по висоті в зоні «нульових моментів». Стик здійснюється входженням стрижнів верхньої колони в відповідні гнізда нижньої. З'єднання арматури таким чином виконується без зварювання на довжині анкерування арматури;

- монтаж перекриттів і замонолічування передбачає застосування інвентарного обладнання для тимчасового сприймання ваги елементів, що монтуються.

Досвід застосування залізобетонного збірно-монолітного каркасу набутий на багатьох об'єктах, здійснених в Російській Федерації [1,2].

Досвід застосування залізобетонного збірно-монолітного каркасу набутий на багатьох об'єктах, здійснених в Російській Федерації. Будівництво

житлових будинків на засаді ЗМКС в Україні здійснює ТОВ «Вікор-Найт».

Для проведення експериментального дослідження проведено випробування фрагмента каркасу. Головна мета випробування полягала у визначенні особливостей вузлових з'єднань ригелів і колон каркасу. Фрагмент складався з крайнього і середнього вузлового з'єднання.

Зважаючи на те, що в опорних вузлах ригелів стиснення розташовується в нижніх зонах і переріз плит не входить до цих зон, фрагмент був зібраний тільки з колон та ригелів. Разом з тим, проміжок між плитами був забетонований і утворював стиснену зону в прогоні. Попередній розрахунок довів, що тримальна здатність перерізу в прогоні при цьому буде достатньою для сприйняття розрахункових навантаж.

Метою експериментальних досліджень була оцінка експлуатаційної надійності крайніх і середніх вузлових з'єднань ригелів з колонами збірно-монолітного каркасу.

Об'єктом експериментального дослідження був фрагмент збірно-монолітного каркасу, що складається з 2-х колон та 2-х ригелів з відстанню між осями колон 3,5 м. Фрагменти колон і збірні ригелі були виготовлені ТОВ «Вікор-Найт» на своєму заводі збірних залізобетонних конструкцій. До всіх елементів, виготовлених на заводі, були додані контрольні взірці матеріалів, а саме:

- по три кубики бетону, з якого були виготовлені елементи;
- по три взірці арматури, яка була застосована в ригелях і колонах.

Транспортування елементів відбувалося згідно з Технічними умовами на колони та ригелі [3,4].

На силовій підлозі ЕКБ НДІБК були встановлені два фрагменти колони й жорстко прикріплені до силової підлоги. Збірні залізобетонні ригелі були встановлені в проектне положення у такий спосіб, що нижня поверхня ригеля співпадала з нижньою поверхнею оголеної частини колони.

Армування крайніх і середніх вузлових з'єднань ригелів з колонами виконувалася у відповідності до схеми Замовника (рисунок 1). Крайнє вузлове з'єднання армувалося двома «Г»- подібними стрижнями арматури Ø25 мм класу А400С, встановленими у верхній частині ригеля. Опорна зона середнього вузлового з'єднання армувалася двома прямими стрижнями Ø25 мм арматури класу А400С.

Випуски арматурних канатів прогонної арматури ригелів були розігнуті і заведені в колону. Таке розташування цієї арматури в більшому ступені відповідає її роботі в нахиленій тріщині. При проектному вертикально

зігнутому положенні в разі перетинання перерізу канату тріщиною не забезпечується анкерування канату.

Для забезпечення надійної роботи надопорної арматури ригелів у зоні вузлового з'єднання були додатково встановлені «П»-подібні каркаси з арматури Ø10 А400С у кількості 5 шт кроком 100 мм (каркаси встановлені поруч із існуючими випусками із збірної частини ригеля [2].

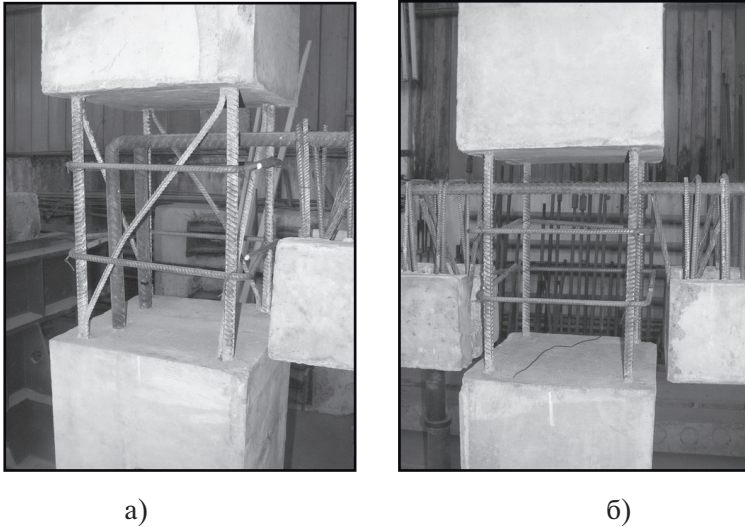


Рисунок 1. Монтаж фрагменту каркасу:
а - вузол з'єднання крайньої колони і ригеля;
б - вузол з'єднання середньої колони і ригелів

Після встановлення дерев'яної опалубки виконувалось добетонування ригелів на висоту 220 мм та оголеної частини колон бетоном класу В20.

Бетонування оголеної частини колони виконувалося в 2 етапи. На першому етапі провадилосся бетонування на рівень верхньої площини ригеля. Потім бетонувалася частина колони до верхньої площини її оголеної частини. Ущільнення бетонної суміші провадилосся глибинним вібратором з гнучким валом з діаметром сердечника 50 мм.

Набір міцності бетону відбувався впродовж 28 діб. На момент випробувань міцність бетону добетонування дорівнювала 267 кгс/см², міцність бетону ригелів - 350 кгс/см², міцність бетону колон - 397 кгс/см².

Навантаження фрагменту каркасу здійснювалось зосередженими силами, прикладеними у чвертях прогонів. Така схема навантаження дозволяє створити внутрішні зусилля в ригелі еквівалентні таким, що утворюються

при дії рівномірно розподіленого навантаги [5].

Навантаження здійснювалось чотирма гідродомкратами ДГ50.

Процес монтажу і виготовлення каркасу показаний на фотографіях рисунків 1,2.

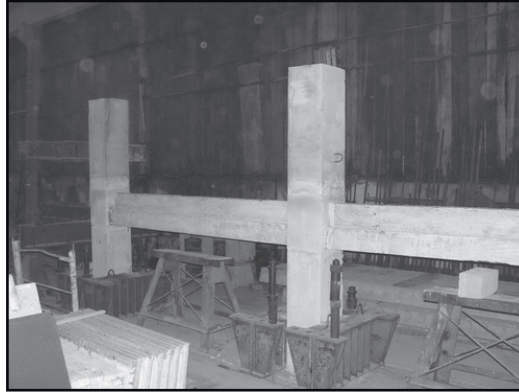


Рисунок 2. Фрагмент каркасу після замонолічування стиків і добетонування ригелів

Навантаження в процесі випробувань здійснювалось в 2 етапи. На 1-му етапі навантаження фрагменту каркасу було доведено до рівня зусиль в гідродомкратах $P=14,2$ тс, після чого система була розвантажена. Загальний вид процесу випробувань наведений на фотографії рисунку 3.

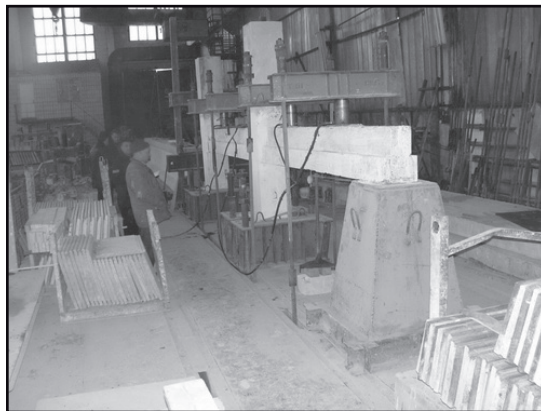


Рисунок 3. Загальний вид процесу випробування

На 2-м етапі конструкція була доведена до фізичного руйнування.

При дії експлуатаційної нормативної навантаги $q^H=2,584$ тс/п.м, що відповідає $P^H=1,615$ тс, тріщин в опорних і прогонних перерізах ригелів

не зафіксовано. Прогини посередині прогону ригелів становили 0,065 і 0,085 мм, що менше $1/200l=17,6$ мм згідно з ДСТУ Б В 1.2-3:2006 [4].

При дії розрахункової навантаги $q_p=2,987$ т/п.м, якій відповідає $P_p=1,867$ тс, видимих тріщин в опорних та прогонних перерізах ригелів не зафіксовано.

Нахилені тріщини при випробуванні дослідного зразка з'явилися при завантаженні зусиллями $P=11,2$ тс, які перевищували P_p в шість разів.

За результатами випробувань визначені залежності переміщень окремих точок каркасу від навантаг. Окремо визначалися кути повороту опорних перерізів колон і ригелів. На рисунках 4, 5 наведено відповідні графіки.

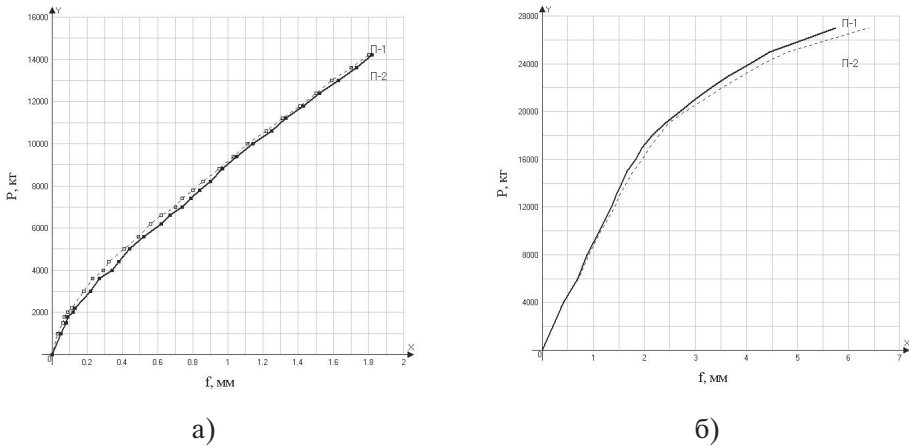


Рисунок 4. Прогини ригелів в середині прогонів на етапах випробувань:
а - на 1-му етапі випробувань;
б - на 2-му етапі випробувань

На рисунку 4 наведені залежності величин прогинів ригелів від величини навантаги. На 1-му етапі (рисунку 5) спостерігалася лінійна залежність і рівні за абсолютними значеннями прогини в прогонах. На 2-му етапі при величині навантаги 1600 кгс відмічене більш інтенсивне зростання прогинів, що свідчить про початок тріщиноутворення. Розкриття тріщин збільшувало таке зростання, що віддзеркалюють наведені графіки. При навантазі 2800 кгс відбулося падіння тиску в гідравлічній системі навантаження, що свідчило про досягнення граничної тримності фрагменту каркаса.

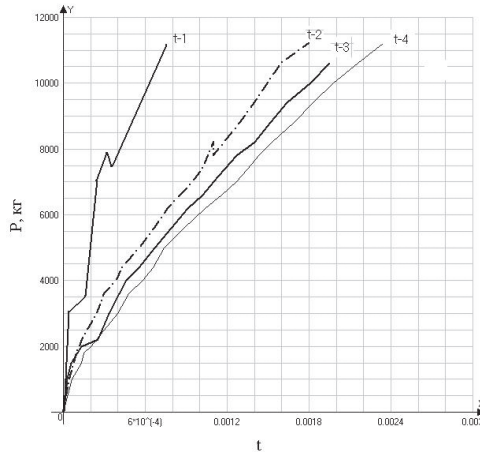


Рисунок 5. Кути поворотів вузлових ділянок колони і ригелів

На рисунку 5 наведені графіки залежності кутів повороту опорних ділянок ригелів і суміжних з ними вузлових ділянок колон від величини навантаження.

В процесі навантажування фрагмента поворот середньої колони був невідчутно малим і на графіку він не показаний. Графік «t-1» віддзеркалює залежність кута повороту вузлової ділянки крайньої колони. Графіки «t-2», «t-3» та «t-4» є залежностями кутів поворотів опорних ділянок ригелів відповідно ригеля поміж двома колонами – крайньою і середньою - і ригеля з боку прогона поміж середньою колоною і шарнірною опорою. Кути повороту ригелів в опорних зонах більші ніж кути повороту колон, що свідчить про наявність піддатливості вузлів замоноличування, яке має бути враховане при створенні математичної моделі розрахунку каркаса і розрахунку ригеля.

На рисунку 6 наведені фотографії вузлів з'єднання ригелів з колонами на стадії руйнації. Фізичне руйнування фрагмента каркасу відбулося по нахиленому перерізу ригеля при навантазі $P=28$ тс.

Фізичне руйнування дослідженого зразка фрагмента каркасу відбулося при навантазі $P=28$ тс.

Розрахункові дослідження полягали в розробці умовної конструктивної схеми 16-ти поверхового (17-поверхового з технічним поверхом) будинку та виконанні просторового розрахунку залізобетонного каркасу будинку для умов використання в м. Житомирі.

Будинок має розміри 29,1×17,1 м. Висота поверху 3 м.



а)



б)

Рисунок 6. Вузли з'єднання ригелів з колонами на стадії руйнації:

а - руйнація опорного вузла ригеля на крайній колоні;

б - руйнація опорного вузла ригеля на середній колоні

Конструктивна схема включає збірно-монолітні колони, збірно-монолітні ригелі, збірно-монолітні пустотні плити перекриття та покриття, збірно-монолітні діафрагми жорсткості.

Колони – 40х40 см, бетон В30.

Ригелі – 30х47 см, бетон В30.

Плити – пустотні, заввишки 220 мм, бетон В25.

Діафрагми жорсткості – завтовшки 160 мм, бетон В20.

Конструктивну схему каркасу будинку наведено на рисунку 7.

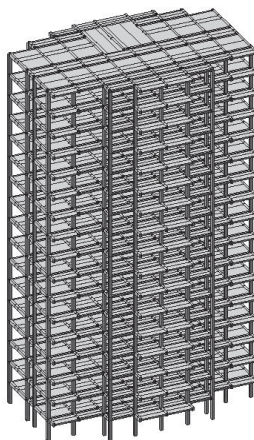


Рисунок 7. Конструктивна схема каркасу будинку

Розрахунок трьохвимірної комп'ютерної моделі виконувався за допомогою програмного комплексу «Ліра-*Windows*», версія 9.4, який є комп'ютерною системою для структурного аналізу та проектування.

При моделюванні плити перекриття і покриття описані універсальними прямокутними елементами оболонки, колони і ригелі – універсальними стрижневими елементами.

Навантаги прикладалися до кінцевих елементів у вигляді сил, розподілених по довжині і по площі елементів, а також вузлових навантаг.

Аналіз переміщень вузлів конструктивної схеми доводить, що переміщення менші за максимально допустимі по ДСТУ Б В.1.2 -3:2006 [7] $h/500 = 50000/500 = 100$ мм. Жорсткості елементів достатні для сприйняття зусиль від всіх навантаг на конструкції будинку [6,7].

Результати розрахункових досліджень 17-ти поверхової будівлі (з технічним поверхом), яка проектується з застосуванням збірно-монолітного залізобетонного каркасу, свідчать про те, що загальна стійкість будівлі забезпечується.

Жорсткості кінцевих елементів є достатніми для сприйняття зусиль від всіх навантаг на конструкції будинку.

Армування елементів каркасів повинно призначатися за результатами розрахунків каркасів для кожного окремого будинку.

Висновки та перспективи подальших розвідок

1. За показниками тримальної здатності і деформативності, конструктивними рішеннями міжвидова система «Залізобетонний збірно-монолітний каркас будинків» (ЗМК) відповідає вимогам будівельних норм і стандартів України і може використовуватися для будівництва багатоповерхових будинків і будівель різного призначення на території України в несейсмічних районах.

2. Застосування системи ЗМК в сейсмічних районах України повинне бути обґрунтоване додатковими дослідженнями.

3. Конкретні перерізи збірно-монолітних елементів каркасу, їх армування повинні визначатися проектними рішеннями, які повинні враховувати конструктивні особливості будинку, зокрема кількістю та розташуванням діафрагм жорсткості.

4. Технічні умови на виготовлення збірних елементів системи – колони і ригелів повинні бути розроблені з урахуванням чинності і відповідності будівельним нормам і стандартам України.

Перелік посилань

1. **Шембаков В.А.** Сборно-монолитное каркасное домостроение /Изд.4-е . – С.-Петербург: Изд-во «Альфарет», 2007.- 179 с.
2. **Технологический регламент** по производству работ при монтаже сборных элементов каркаса/Рекон-Ижора. - С.-Петербург, 2008.
3. **ТУ5825-002-74806606-2006** Ригели железобетонные. Технические условия / Рекон-Ижора. - С.-Петербург, 2006.
4. **ТУ5821-001-74806606-2006** Колонны железобетонные для многоэтажных зданий. Технические условия /Рекон-Ижора. - С.-Петербург, 2006.
5. **ДСТУ Б В.2.6-7-95** (ГОСТ 8829-94) Конструкції будинків і споруд. Вироби будівельні бетонні та залізобетонні збірні Методи випробувань навантажуванням. Правила оцінки міцності, жорсткості та тріщиностійкості
6. **ДБН В.1.2-2:2006** Система забезпечення надійності та безпеки будівельних об'єктів. Навантаження і впливи. Норми проектування.
7. **ДСТУ Б В.1.2-3:2006** Система забезпечення надійності та безпеки будівельних об'єктів. Прогини і переміщення. Вимоги проектування.

Отримано 01.07.09