

РЕЗЕРВ НЕСУЧОЇ ЗДАТНОСТІ ПЕРЕКРИТТІВ ІЗ КРУГЛОПОРОЖНИСТИХ ПЛИТ ДЛЯ БУДІВНИЦТВА У СЕЙСМІЧНИХ РАЙОНАХ

© Шпак М.М., Стасюк М.І., 2009

З метою відновлення перекриття, пошкодженого атмосферними впливами, проведено аналіз конструктивного вирішення будинку школи, спорудженої в сейсмічному районі, та розроблено рекомендації щодо мінімального підсилення, використовуючи резерв несучої здатності.

Given are the results of inspection of hollow floor slabs damaged by frozen meteoric water, which leaked into unprotected cavities. By analyzing the design of school building, located in the seismic area, space work of slabs as a part of composite precast with cast-in-place boundaries out of antiseismic belts and cast-in-place frame inserts has been considered. The conclusion about load bearing capacity and stiffness reserve has been drawn, which allowed to avoid substantial strengthening of damaged slabs and minimize expenses for floor reconditioning procedure.

Вступ. Перекриття багатоповерхових житлових і громадських будинків з використанням круглопорожнистих плит типу ПК залишаються одними із найпоширеніших видів перекриттів завдяки їх достатній економічності, технологічності, відповідності вимогам уніфікації і типізації. Відоме також конструктивне вирішення плоского перекриття каркасного будинку, в якому плити ПК замонтовані по контуру в несучі та об'язувальні ригелі [1], утворюючи збірно-монолітні фрагменти у складі цілісного диска перекриття. Для малоповерхових будинків, особливо індивідуальної забудови, набувають розповсюдження збірно-монолітні конструкції плоских перекриттів з використанням полегшених збірних балок і легкобетонних чи керамічних вкладок-блоків.

Для усіх трьох наведених типів перекриттів характерною є наявність горизонтальних порожнин (40–45 %), які покращують їх тепло- і звукоізоляційні властивості. Очевидно, що не тільки в період будівництва, але й під час експлуатації порожнистих перекриттів постає проблема захисту порожнин від проникнення в них води. Особливо актуальним це є для об'єктів незавершеного будівництва, які не законсервовані та не захищені від впливу зовнішнього середовища.

У стані "довгобудів" опинився будинок школи на 640 учнів у с. Сокирницькі Закарпатської обл., спорудження якого розпочато у 1991 році, а завершується щойно в 2009 році. Будівництво школи велось періодами через нестачу коштів, а його конструкції зазнали значних пошкоджень від атмосферних впливів.

Особливості конструктивного вирішення будинку школи. Відповідно до проекту будинок школи являє собою триповерхову цегляну споруду розмірами в плані 57,54 на 12,8 м в осях із поздовжніми несучими стінами. Будинок розділено на відсіки антисейсмічним швом. Фундаменти під стіни – збірні стрічкові з монолітними вставними ділянками під стояками монолітних рам-вставок, фундаменти під рами вестибюльної частини першого поверху – окремі монолітні. Дах дерев'яний чотирихилий шатрового типу. У 2000 році замовник прийняв рішення обмежити будинок двома зведеними поверхами і влаштувати тимчасовий дах, що й було виконано. Будинок школи розташований в районі сейсмічності 7 балів.

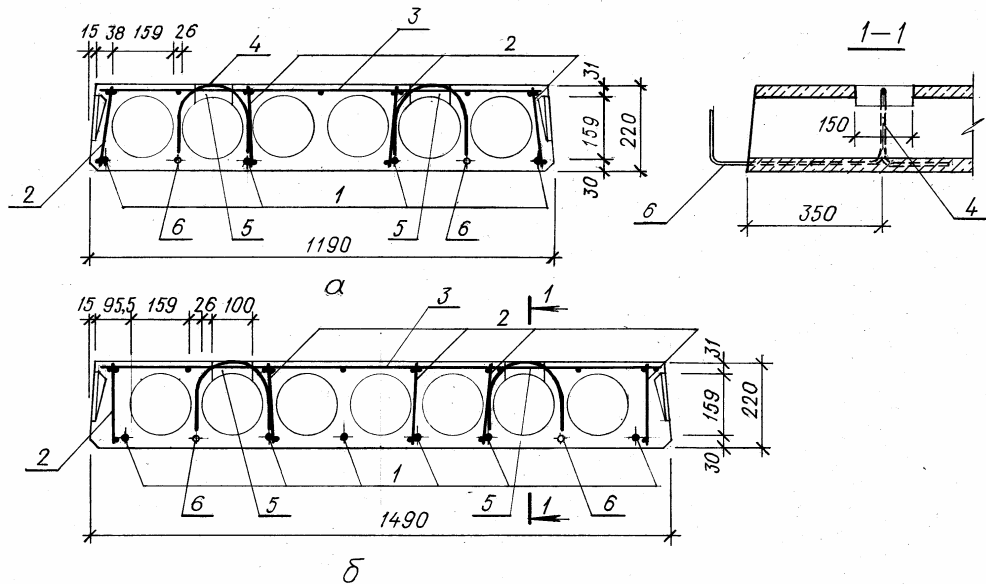


Рис. 1. Схема армування плит марок ПК63.12 (а) та ПК63.15 (б):

- 1 – попередньо напружена арматура класу А_Т-V;
- 2 – припорні арматурні каркаси марки КР1, КР1-1;
- 3 – верхні сітки С1, С1-1; 4 – монтажна петля;
- 5 – отвір 100×150 мм для петлі; 6 – випуски-анкери з арматури Ø6А-І

Перекриття будинку школи виконані здебільшого з круглопорожнистих плит марок ПК63.15 та ПК63.12, які призначені під розрахункове навантаження відповідно 7,85, 5,89 та 4,49 кПа (див. таблицю), без урахування власної ваги плит [2, 3]. Основна частина плит призначена під навантаження 4,49 кПа. Схеми армування плит робочою арматурою показано на рис. 1, а, характеристики армування подано у таблиці. Бетон важкий проектного класу В15.

З метою забезпечення сейсмостійкості будинку з несучими цегляними стінами плити перекриттів об'єднані між собою заливанням швів цементно-піщаним розчином та замонолічуванням випусків арматури (Ø6А-І) в монолітних антисейсмічних поясах (рис. 2). Армування поясів становить 4Ø10А-III для району сейсмічності 7 балів, бетон поясів – класу В15.

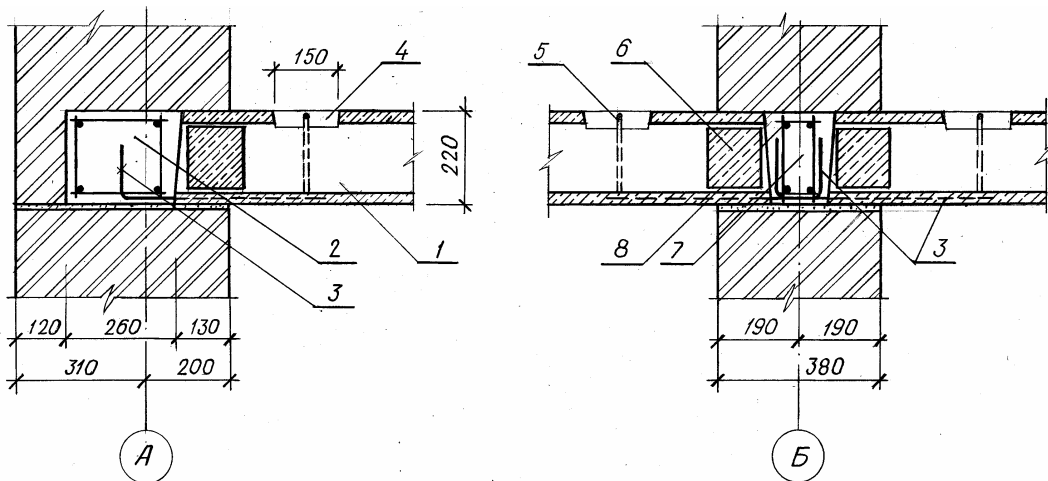


Рис. 2. Вузли обтирання круглопорожнистих плит перекриттів на несучі стіни:

- 1 – плита перекриття; 2, 7 – монолітні антисейсмічні пояси;
- 3 – випуски-анкери (Ø6А-І) плити перекриття;
- 4 – отвір 100×150 мм для монтажних петель; 5 – монтажна петля;
- 6 – бетонна вкладка; 8 – арматурний каркас (4Ø10А-III)

Згідно з типовими проектами [2, 3] конструкція схованих монтажних петель (рис. 1) передбачає під час виготовлення плит влаштування чотирьох отворів габаритами 100×150 мм, хоча насправді вони більші, оскільки виконуються вручну та безконтрольно. За технічними умовами згадані отвори, які знаходяться над другими від країв порожнинами, повинні бути заповнені бетоном класу не нижче В12,5 відразу після монтажу плит. Однак здебільшого цього не було зроблено. Як результат, протягом тривалого часу через отвори в порожнини, які заглушені з торців, потрапляла дощова і тала снігова вода. Характерні особливості плит: плита марки ПК63.15 має крайні ребра потовщені; в кожному другому від краю ребрі розташований випуск-анкер і, як наслідок, відсутній попередньо напружений стрижень арматури.

Характеристики армування плит перекриття

Марка плити	Попередньо напружена арматура класу Ат-V	Поздовжня арматура сіток С1 та С1-1	Верхня арматура каркасів КР1 та КР1-1	Довжина каркасів КР1 та КР1-1, мм
ПК 63.15-8Ат-V-C7	6Ø12	8Ø3Вр-I	5Ø5Вр-I	1620
ПК 63.15-6Ат-V-C7	1Ø10+4Ø12	8Ø3Вр-I	5Ø4Вр-I	1620
ПК 63.15-4Ат-V-C7	5Ø10	8Ø3Вр-I	5Ø4Вр-I	840
ПК 63.12-8Ат-V-C7	1Ø12+3Ø14	7Ø3Вр-I	4Ø5Вр-I	1620
ПК 63.12-6Ат-V-C7	1Ø10+3Ø12	7Ø3Вр-I	4Ø4Вр-I	1620
ПК 63.12-4Ат-V-C7	4Ø10	7Ø3Вр-I	4Ø4Вр-I	840

Конструкція цегляних комплексних стін. Зовнішні несучі стіни завтовшки 510 мм виконані з порожнистих керамічних каменів марки 75 на цементно-піщаному розчині. Внутрішня несуча поздовжня і поперечні стіни завтовшки 510 і 380 мм – із керамічної цегли пластичного пресування. Простінки розміром 1190×510 мм розташовані з кроком 3,0 м, висота простінка – 2,0 м, висота поверху – 3,3 м. Ширина віконних прорізів – 1810 мм. У зв'язку з пошкодженням цегляних стін і простінок, а також заниженням марки розчину порівняно з проектом виконано їх підсилення обоймами.

З умов сейсмічності 7 балів зведено стіни комплексної конструкції з поперечними залізобетонними рамами-вставками, які сховано в межах габаритів стін. Розміри стояків рам $b \times h = 390 \times 490$ мм, ригелів – $b \times h = 380 \times 220$ мм. Армуння стояків симетричне – 6Ø12А-III, ригелів – 4Ø12А-III, хомути в'язані Ø6А-I. Бетон монолітних рам – класу В15. Поперечні рами розташовані вздовж будинку з кроком 9 і 6 м, включаючи торцеві стіни (рис. 3).

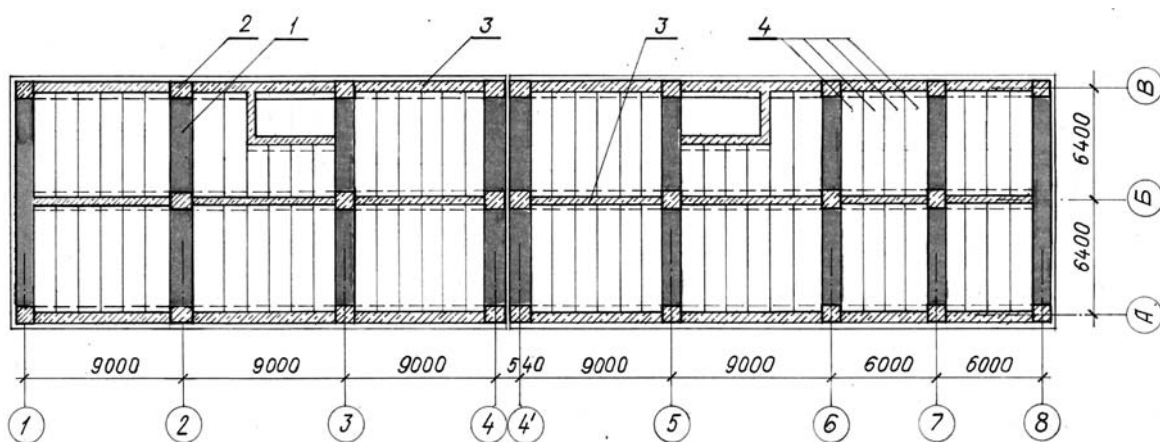


Рис. 3. План-схема монолітних залізобетонних контурів у рівні перекриття першого та другого поверхів:
 1 – ригель поперечної монолітної рами-вставки Р_М-3; 2 – стояк рами;
 3 – антисейсмічний пояс; 4 – плити перекриттів

Варто зазначити, що ригелі поперечних рам-вставок забетоновані разом із плитами перекриттів в такий спосіб, що плити і верхня грань підмурованих поперечних стін утворюють опалубну форму поперечними розмірами 380×220 мм. Об'єднані разом із монолітними антисейсмічними поясами, ригелі рам-вставок утворюють по стінах (за винятком рам марки Р_М-8) замкнені монолітні контури розміром в осях 6,4×9,0 м та 6,4×6,0 м (рис. 3).

Аналіз пошкоджень плит. Той факт, що отвори в місці розташування монтажних петель не були завчасно замонолічені, а будинок без даху знаходився під відкритим небом, призвів до нагромадження води у замкнених порожнинах, які розташовані на другому місці від бокових граней плит. У холодну зиму 2000/2001 рр. вода в порожнинах замерзла, що й послужило причиною руйнування бетону плит від морозного пучення льоду. Характерні руйнування з боку нижньої грані плит показано на фотознімках (рис. 4, 5) і на рис. 6.



Рис. 4. Відколювання бетону нижньої грані плити біля опори (фото, вигляд знизу)



Рис. 5. Тріщина вздовж другої від краю порожнини (фото, вигляд знизу)

Переважно – це рвані тріщини вздовж порожнин та відколювання бетону, вирваного тиском льоду. Із 167 плит, змонтованих у перекриттях, пошкодження різного рівня отримала 61 плита (36 %), в т.ч. 32 плити (19 %) – сильно пошкоджені. У 14 плитах вода потрапила й в інші сусідні порожнини через, очевидно, нещільності замонолічених торців, а також через дефектні тріщини технологічного характеру на верхній грані плит ближче до опор (8 плит). Найважче спрогнозувати стан проміжних ребер плит, доступ до яких є обмеженим. Крім того, виявлено 4 браковані плити, в яких під одним із робочих стрижнів відсутній захисний шар бетону, що пов'язано з імовірним обривом анкерів типу "висаджена головка" ще під час виготовлення плит в процесі віброущільнення бетонної суміші. Згадані стрижні піддані інтенсивній корозії.

В результаті аналізу пошкоджень плит, які носять як відкритий, явний характер, так і скритий, імовірний, плити поділено на дві категорії: дефектні та пошкоджені. Дефектні плити – ті, які не знизили своєї несучої здатності. У пошкоджених плитах прийнято за основу: по-перше, що один із робочих стрижнів більшого діаметра не працює з причини відсутності захисного шару, порушення зони анкерування або відшарування від зруйнованого проміжного ребра; по-друге, що в приопорній зоні не працюють два проміжні ребра з причини їх руйнування.

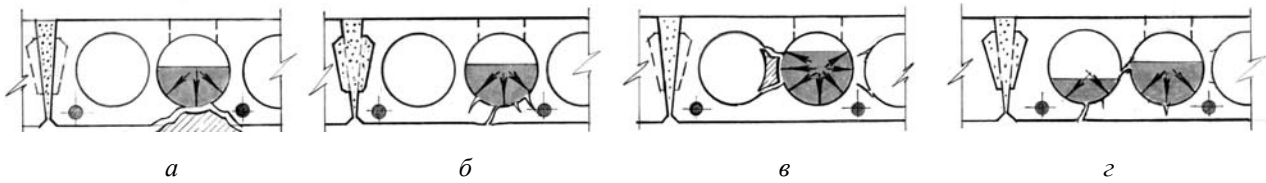


Рис. 6. Схеми руйнування бетону плит: а – відколювання бетону на ділянках 0,4–1,5 м біля опор; б – тріщини вздовж другої від краю порожнини по нижній грані окремими ділянками завдовжки 0,8–5,0 м; в – імовірна схема руйнування поздовжнього неармованого ребра; г – тріщина вздовж крайньої порожнини

Попередні розрахунки плит за балковою схемою свідчать про те, що в зв'язку з пошкодженнями несуча здатність плит у нормальних і похилих перерізах знизилась до 17–26%. Щодо розподілення пошкоджених плит у складі перекриття, то вони чергуються з уціленими, неушкодженими, за винятком восьми зон, де вказані плити, розташовані підряд по дві, три та чотири штуки (одна зона).

Теоретичні передумови пошуку резерву несучої здатності плит перекриття. Проектом будинку школи передбачено підбір марок плит, які працюють за ідеалізованою розрахунковою схемою балок, вільно опертих на торцях. Водночас антисейсмічні заходи у вигляді монолітних рам і поясів у рівні перекриттів утворюють об'язувальні контури розміром 6,4×9,0 та 6,4×6,0 м. Такі контури разом із надійно замоноліченими швами між плитами утворюють збірно-монолітні фрагменти загального диска перекриття (рис. 3).

В умовах обмежених деформацій плити працюють із розподіленням зусиль у зв'язку з появою як поздовжніх, так і поперечних розпорів (рис. 7). Величину розпору вздовж прогону в плитах можна оцінити за формулою

$$p_1 = \frac{H}{B} = k \frac{M_b}{z}, \quad (1)$$

де k – коефіцієнт, який враховує піддатливість опорного контура і вплив суміжних плит; z – плече внутрішньої пари сил із розрахунку за міцністю; M_b – найбільший розрахунковий момент у плиті, як у вільно опертій балці; B – ширина плити; H – рівнодійне зусилля розпору.

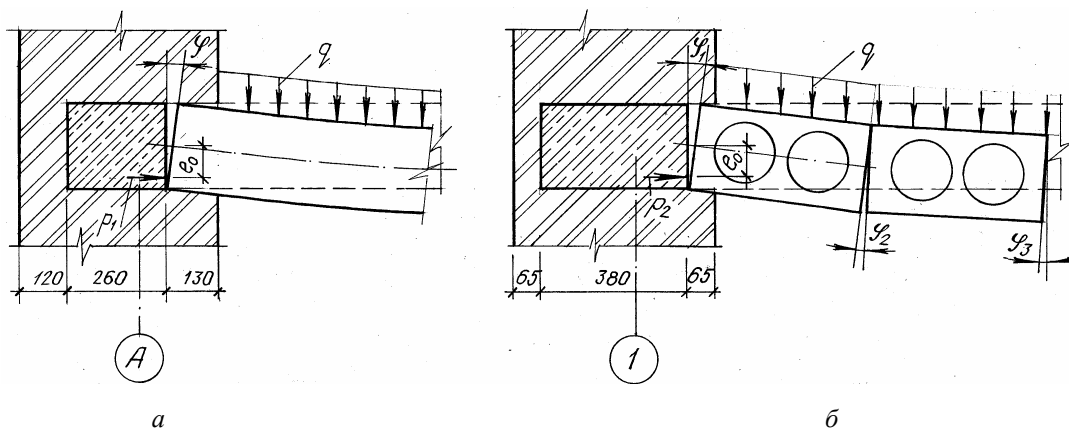


Рис. 7. Схема виникнення розпорів по периметру монолітного контура: а – поперек прогонів плит; б – вздовж прогонів плит

Для окремої плити марки ПК63.12-6А_Т-V за умови абсолютно жорсткого контура поперек прогону розпір від розрахункового навантаження може сягти 170 кН. Розпір на опорному контурі створює опорний момент

$$M_o = p_1 e_o, \quad (2)$$

де e_o – ексцентриситет розпору стосовно центра ваги перерізу плити.

Фактично жорсткість опорного контура така, що опорні моменти не призводять до появи тріщин у бетоні верхньої зони і не перевищують моменту від обтиснення бетону попереднім напруженням арматури. Зауважимо, що у разі появи надопорних тріщин, від'ємний момент, який сприйме переріз з арматурою верхніх сіток і приопорних каркасів (див. таблицю) плити марки ПК63.12-6А_Т-V, оцінюється величиною 6,5 кН·м.

З метою надійнішої просторової роботи плит в межах свого контура рекомендовано об'єднати суміжні плити між собою тяжкими елементами так, як це показано на рис. 8, при цьому крок в'язів по довжині плит повинен становити близько 1,5 м (3 в'язи на плиту). Одночасно неестетичні перепади суміжних плит (рис. 8, вузол А) слід закрити підвісною стелею із г/к-листів, а по крайніх від зовнішніх стін рядах в'язів горіщного перекриття влаштувати розподільні монолітні балки, використовуючи їх як проміжні лежачі-опори під конструкції даху. В такий спосіб можна підсумувати, що перекриття будинку школи мають резерв несучої здатності не менше ніж 30 %, який перевищує відповідні втрати від руйнувань, спричинених атмосферними впливами. В зв'язку з цим відпадає необхідність у додатковому і дорогому підсиленні окремих плит традиційними способами. Аналогічні висновки щодо запасів міцності та жорсткості зроблено у [1, 4] за результатами досліджень балок і порожнистих плит у складі рам і збірно-монолітних контурів.

Для відновлення перекриттів будинку школи рекомендовано виконати таке:

- відкрити неякісні шви між плитами і провести їх повторне замонолічування цементно-піщаним розчином марки М200;
- об'єднати суміжні плити між собою тяжкими елементами так, як це показано на рис. 8;
- на приопорних ділянках на довжині всієї зони пошкодження заповнити порожнини дрібнозернистим бетоном класу В15;
- заліпити тріщини та окремі вирвані ділянки бетону ремонтними матеріалами, звертаючи особливу увагу при цьому на антикорозійний захист бетону.

З метою перевірки теоретичних передумов буде проведено натурне випробування відновленого перекриття в зоні найбільшого пошкодження.

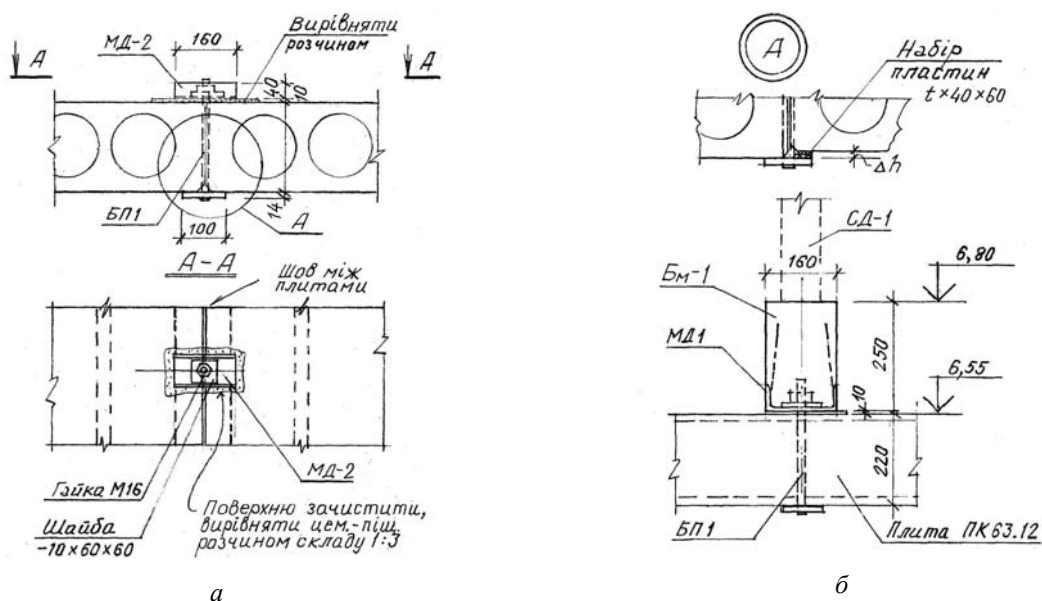


Рис. 8. Конструктивне вирішення вузлів об'єднання суміжних плит між собою в поперечному напрямку за допомогою тяжких елементів-в'язів між плитами міжповерхового (а) та горіщного (б) перекриттів: БП1 – болт підсилення М16; МД1 – упор із швелера №16У; МД-2 – упор із швелера №8У; Бм-1 – розподільна балка із монолітного залізобетону під стояки СД-1 крокв даху

Висновки: У процесі влаштування перекриттів з круглопорожнистих плит типових серій [2, 3], передусім із залізобетонним монолітним контуром, необхідно завчасно замонолічувати отвори для монтажних петель, щоб унеможливити накопичення в порожнинах як атмосферної, так і технологічної води. Це є особливо актуальним для умов низьких температур, що викликають замерзання води і пов'язане з цим руйнування бетону плит. У вказаних плитах доцільно застосовувати такий тип монтажних петель, який не вимагає виконання отворів на верхній грані плит.

1. Проектуючи перекриття цегляних будинків у сейсмічних районах, антисейсмічні заходи у вигляді монолітних поясів і комплексних конструкцій стін з монолітними залізобетонними вставками необхідно використовувати для об'єднання плит перекриттів в окремі збірно-монолітні фрагменти диска перекриття. Це дасть змогу збільшити несучу здатність плит, або відповідно зекономити робочу арматуру завдяки сумісній, просторовій роботі і позитивному впливові розпору.

2. Аналогічні заходи, які змінюють схему роботи плит із балкової на просторову, можна застосовувати як один із методів підсилення конструкцій перекриттів під час реконструкції будинків і споруд.

1. Мордич А.И., Белевич В.Н. Работа многопустотных плит в составе сборно-монолитного диска перекрытия каркаса МВБ-01 // Будівельні конструкції: Міжвідомчий наук.-техн. збірник. – Вып. 50 / Друга Всеукраїнська наук.-техн. конф. “Науково-практичні проблеми сучасного залізобетону”. – К.: НДІБК, 1999. – С. 177–183. 2. Серия 1.141.1-19с/85. Плиты перекрытий железобетонные многопустотные, армированные стержнями из стали класса А_T-V для строительства жилых и общественных зданий в районах сейсмичностью 7, 8 и 9 баллов. – Вып. 1: Рабочие чертежи / Разработан ТаиЗНИИЭП Госкомархитектуры СССР. 3. Серия 1.141.1. Панели перекрытий железобетонные многопустотные. – Вып. 63: Предварительно напряженные панели с круглыми пустотами длиной 6280, 5980, 5680, 5380, 5080 и 4780 мм, шириной 1790, 1490, 1190 и 990 мм, армированные стержнями из термически упроченной стали класса А_T-V. Метод натяжения электротермический. Рабочие чертежи / Разработан ЦНИИЭП жилища Госгражданстроя СССР. 3. Азізов Т.Н., Бибка О.В., Верещага О.І., Савченко О.С. Урахування сумісної роботи балок і плит із стояками при їх шарнірному опиранні // Будівельні конструкції: Міжвідомчий наук.-техн. збірник. – Вып. 50 / Друга Всеукраїнська наук.-техн. конф. “Науково-практичні проблеми сучасного залізобетону”. – К.: НДІБК, 1999. – С. 25–29.