

ОСОБЛИВОСТІ ПРОЕКТУВАННЯ КАРКАСНИХ БУДІВЕЛЬ З ЗАЛІЗОБЕТОННИМИ РАМНИМИ КОНСТРУКЦІЯМИ

Першаков В.М.

Національний авіаційний університет
м. Київ, Україна

АНОТАЦІЯ: Наведено особливості проектування залізобетонних рамних конструкцій прольотом 18 і 21 м, дана оцінка ефективності їх використання. Викладено особливості методів розрахунку, конструювання та експериментального дослідження залізобетонних рамних конструкцій.

АННОТАЦИЯ: Приведены особенности проектирования железобетонных рамных конструкций пролетом 18 и 21 м, дана оценка эффективности их использования. Изложены особенности методов расчета, конструирования и экспериментального исследования железобетонных рамных конструкций.

ABSTRACT: New constructive solutions of effective reinforced concrete frames of variable section and their units have been developed as inventions. There have been improved and introduced a variety of techniques of experimental and theoretical research, calculation effective sizes of I-section frames.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: залізобетонні рами, каркаси, стояки, ригелі, жорсткість, тріщиностійкість, тавровий переріз.

Метою роботи є експериментальне дослідження, теоретичне узагальнення, розвиток теорії розрахунку за міцністю, стійкістю, деформаціями і тріщиностійкістю та конструювання ефективних залізобетонних рамних каркасів маломатеріаломістких будівель змінного перерізу.

Робота містить результати дослідження випробувань тришарнірних залізобетонних рам, зібраних із суцільних і складених піврам типу РЖ і

РЖС таврового перерізу, які проводили з метою визначення їх фактичної несучої здатності, стійкості, жорсткості, тріщиностійкості, характеру і місць руйнування, а також для порівняння результатів випробування з даними розрахунку. Результати випробувань дозволили оцінити правильність прийнятої методики розрахунку залізобетонних рам.

Розроблено нова методика та стенди випробування натурних тришарнірних залізобетонних рам прольотом 18, 21 м за допомогою важілевої системи з навантаженнями штучними вантажами (рис. 1); за допомогою підвішених до ригеля рами баків з водою (рис. 2).



Рис. 1. Випробування рами
завантаженням штучними вантажами

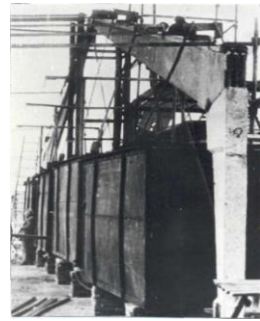


Рис. 2. Випробування рами
завантаженням бачками з
водою

Завантаження ригеля рам проводили вісьма зосередженими силами, по 4 на кожному півпрольоті. Як вантажі використовували попередньо зважені залізобетонні перемички або фундаментні блоки.

Нижче розглянуто результати випробувань 42 тришарнірних залізобетонних рам, які проводили у 13 ОНІЛ і лабораторіях заводів ЗБК та ЗБВ України.

За результатами проведених експериментально-теоретичних досліджень 42 тришарнірних залізобетонних рам визначена їх фактична несуча здатність, стійкість, жорсткість і тріщиностійкість, а також відповідність якості виготовлення піврам вимогам проекту і діючим нормативним документам. При симетричному навантаженні розрахункові значення досягають зусиль в зоні карнизного вузла. При несиметричному – поблизу гребеневого вузла в зоні позитивного моменту.

Руйнування рамних конструкцій відбувалося в ригелі (21 рама), стояку (12 рам) поблизу карнизного вузла, в ригелі в зоні позитивного моменту (6 рам), в карнизному вузлі (3 рами) з досягненням або текучості сталі в розтягнутій арматурі в нормальному перерізі до початку

роздроблення стиснутої зони, або роздроблення бетону стиснутої зони в нормальному перерізі до початку текучості сталі, або розрив поздовжньої розтягнутої арматури (рис. 3, 4).

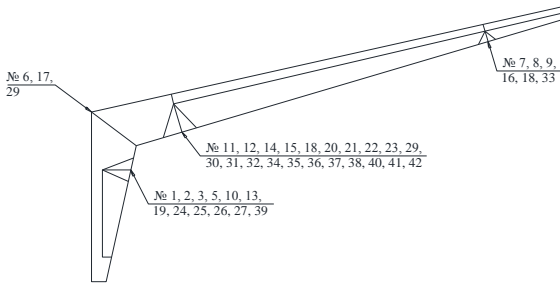


Рис. 3. Узагальнена схема місць руйнування 42 піврам



Рис. 4. Тавровий стояк піврами після випробувань

Випробування рам **за міцністю** показало, що 34 рами відповідають ДСТУ: за текучістю арматури ($c > 1,25$) - 26 рам; за роздробленням бетону стиснутої зони ($c > 1,6$) - 8 рам. Рами (8 шт.) не відповідають вимогам норм за різних чинників: передчасного руйнування карнизного вузла внаслідок зниженої міцності бетону; сколювання бетону в зоні гребеневого вузла та ін.

Випробування рам **за жорсткістю (деформаціями)** показало, що 38 рам відповідають СНиП, відносні прогини гребеневого шарніра менше $1/300$ прольоту рам. Рами (2 шт.) не в повній мірі відповідають вимогам норм, тому що відносні прогини складають $1/150; 1/178 > 1/300$ прольоту рам.

Випробування рам **за тріщиностійкістю** показало, що 20 рам відповідають ДСТУ, ширина розкриття яких менше нормуємих $0,15$ мм. Рами (11 шт.) умовно відповідають вимогам норм. У відповідності до норм допускається перевищення контрольної ширини розкриття тріщин $0,15$ мм на 50% , тобто до $0,225$ мм. Тому тріщиностійкість цих рам на рівні розтягнутої арматури та у вуті можна вважати задовільною. Рами (13 шт.) не відповідають вимогам норм в карнизному вузлі (вуті), ширина розкриття яких складає від $0,3$ до $0,5$ мм. Запропоновані рекомендації з покращення конструкцій піврам і технології виготовлення: встановлення додаткових поздовжніх стержнів по висоті перерізу ригеля і стояка рами, зменшення кроку поперечної арматури, встановлення поперечних сіток і стержнів в

карнизному вузлі, що призвели до зменшення ширини розкриття тріщин до нормованих величин.

Таким чином, підтверджена доцільність методики розрахунку і принципів конструювання, а також відповідність якості виготовлення піврам вимогам проекту і чинним нормам, що дає можливість рекомендувати тришарнірні залізобетонні рами до впровадження в будівництві.

Усього було отримано результати випробувань 42 рам, в тому числі 18 суцільних і 24 складених. В суцільних піврамах вузол спряження ригеля зі стояком (карнизний вузол) армується достатньо і доцільність розрахункового апарату визначається результатами випробування в основному суцільних піврам. Тому важливим є дослідження напруженого стану карнизного вузла складених рам та їх деформованість.

В складених рамах типу РЖС розрізання здійснювали в карнизному вузлі ближче до стояка, а в РЖУ – ближче до ригеля. В розтягнутій зоні ригель і стояк об'єднуються за допомогою зварювання випусків робочої арматури стояка в РЖС і ригеля в РЖУ до закладних деталей відповідно ригеля або стояка. Звідси в карнизному вузлі утворився сухий стик зі штучною тріщиною, зусилля в якому в розтягнутій зоні сприймала робоча арматура, а в стиснутій – за допомогою закладних деталей ригеля і стояка. Бетон в роботі самого напруженого вузла спряження ригеля зі стояком рами не бере участі.

Зіставлення результатів випробування складених і суцільних піврам показало, що розрізка у вузлі спряження ригеля зі стояком не дає суттєвого впливу на міцність, жорсткість (деформованість) і тріщиностійкість піврам. При цьому слід зазначити, що значення ширини розкриття тріщин в карнизних вузлах складених піврам було дещо меншим, ніж і суцільних піврамах у зв'язку з наявністю однієї великої штучної тріщини в сухому стику карнизного вузла складеної піврами.

Випробування 6 піврам (для рам прольотом 9, 12, 18 і 21 м) з висотою стояків 3,6; 4,2; 5,1 м показали, що втрата їх несучої здатності відбувалась внаслідок досягнення текучості сталі розтягнутої арматури саме в сухому стику спряження ригеля зі стояком. Звідси, характеристики міцності арматурної сталі визначають несучу здатність складених піврам.

Аналіз впливу жорсткості карнизного вузла виконується зіставленням випробування суцільних і складених піврам. Переміщення гребеневого шарніру суцільних і складених піврам при нормативному навантаженні майже однакові. Отже, наявність сухого стику в вузлі спряження ригеля зі стояком не має суттєвого впливу на деформативність рам.

Розкріплення ригеля рами проводили кутниками на зварюванні по довжині через 1,5 м в 14 рамах, через 1,8 м в 2 рамах, через 3,0 м в 11 рамах, усього в 27 рамах. Втрати місцевої або загальної стійкості елементів рами не спостерігалось.

Проведено **аналіз порівняння результатів** теоретичних досліджень на ПК ЛІРА з даними експерименту. У КНУБА проведено спеціальні досліді з уточнення напружено-деформованого стану з'єднання ригеля зі стояком. Отримано експериментальні графіки напруження в арматурі сухого стику зі збільшенням навантаження, яке зіставлялось з теоретичним, обчисленим з рівняння моментів зовнішніх і внутрішніх сил відносно центра закладної деталі ригеля, розташованого в стиснутій зоні. Дослідні і розрахункові значення напруження в арматурі близькі між собою, що підтверджує правильність розрахункових положень.

Порівняння результатів руйнуючих зусиль у тришарнірних залізобетонних рамах з високими стояками 5,1 і 5,7 м, розрахованих за деформованою і недеформованою схемами, виявив, що руйнуюче зусилля, обчислене за недеформованою схемою, від 12 до 27%, а за деформованою схемою лише на 6% більше дослідного. Отже, урахування деформованої схеми рамного каркасу при розрахунку його міцності, жорсткості і тріщиностійкості більш точно відображає його дійсний напружено-деформований стан. Зі збільшенням висоти стояка до 5,1...5,7 м зростає деформативність рам, що дає суттєвий вплив на величину і розподілення зусиль в елементах рами.

Утворення штучного ексцентриситету, тобто зміщення шарнірного з'єднання від центру гребеневого вузла униз на відстань ексцентриситету $e=20...40$ мм, дає зменшення величини згинаючого моменту в ригелях рами до 26...27% порівняно з конструкцією центрально стиснутого гребеневого вузла рами. Наявність ексцентриситету дозволяє мінімізувати виникаючі згинальні моменти у ригелях і стояках рам та зменшити зусилля від дії експлуатаційних навантажень, які виникають у вузлах стику ригеля зі стояком.

Отримані результати розрахунку 42 рам на ПК ЛІРА та співставлення їх з експериментальними даними показують, що розбіжності між експериментальними та розрахунковими даними за міцністю та деформаціями знаходяться у межах 10%.

В результаті розрахунку просторового каркасу будівлі з тришарнірних залізобетонних рам на ПК ЛІРА отримали максимальний і мінімальний моменти M , нормальні сили N і поперечні сили Q , а також ізополя напружень по осям X , Y , Z при різних комбінаціях навантажень (рис.5, 6, 7). Норми рекомендують виконувати статичний розрахунок рам, які утворюють цю систему, за деформованою схемою з урахуванням непружних властивостей залізобетону.

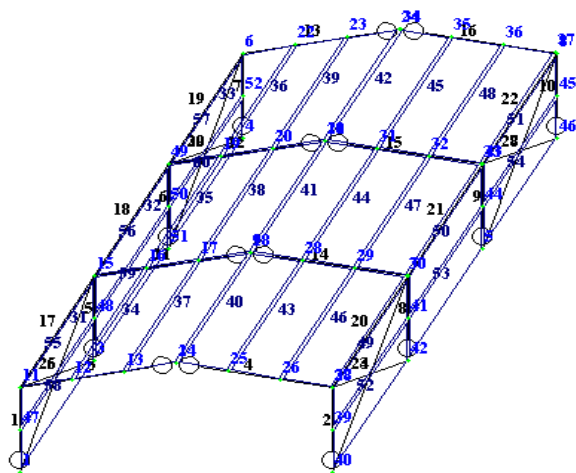
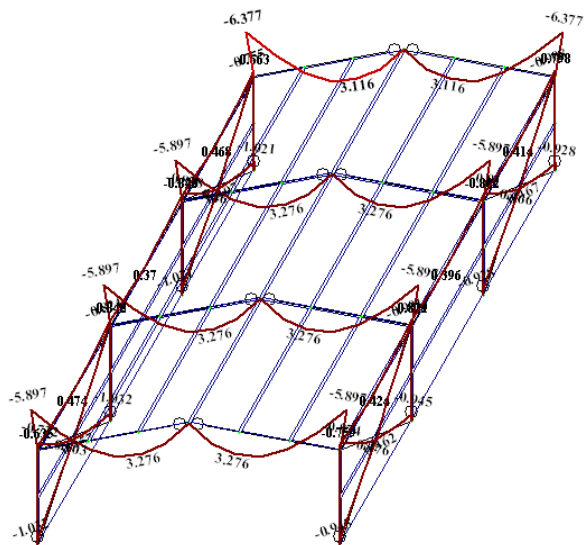


Рис.5. Просторова розрахункова модель будинку. Каркас з рам і плит

Зарядження 1
Епюра M_y
Единиці вимірювання - кН*м



З
Y
X
Мінімальне навантаження -6.37726
Максимальне навантаження 3.27694

Рис.6. Результати розрахунку: Епюра M_y . Навантаження 1. $M_{y \min} = -6,38$ кНм, $M_{y \max} = 3,28$ кНм

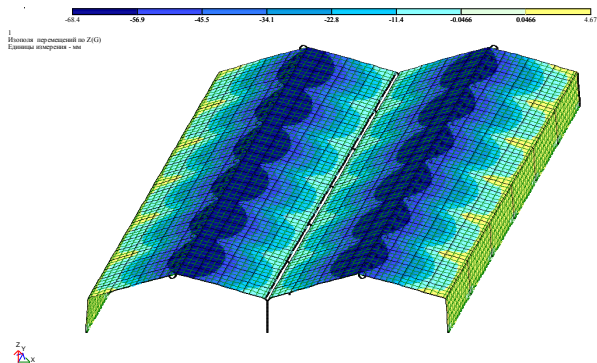


Рис.7. Переміщення рамного каркасу відповідно до осі Z

ВИСНОВКИ

1. Результати проведених експериментально-теоретичних досліджень свідчать, що тришарнірні залізобетонні рами РЖ і РЖС та інших типів відповідають нормативним вимогам за міцністю, жорсткістю й тріщиностійкістю. Зіставлення результатів розрахунку й дослідів показало задовільну збіжність. Оцінена достовірність методики розрахунку й принципів конструювання, а також відповідність якості виготовлених піврам вимогам проекту й діючих норм. Запропоновано рекомендації з поліпшення конструкцій піврам і технології їх виготовлення. Все це дає можливість рекомендувати тришарнірні залізобетонні рами РЖ і РЖС до впровадження в будівництво в Україні.

2. Експериментальне дослідження рам РЖ і РЖС показало надійність армування вузла сполучення ригеля зі стояком з використанням гнutoї закладної деталі. Випробування рам показує, що карнизний вузол у складених піврамах за допомогою сухого зварного стику не впливає на деформованість рам. Зі збільшенням висоти стояка до 5,1...5,7 м зростає деформованість рам, що впливає на величину і розподіл зусиль в елементах рами.

ЛІТЕРАТУРА

1. Першаков В.М. Експериментальні дослідження тришарнірних залізобетонних рам / Першаков В.М. – К.: Будівництво України. -2011. - №1. - С. 17-22.
2. Першаков В.М. Каркасні будинки з тришарнірних залізобетонних рам: монографія / В.М. Першаков. – К.: НАУ, 2007. – 301 с.

Стаття надійшла до редакції 11.01.2013 р.