

УДК 624.042.5

к.т.н. С.С. Була,
Національний університет „Львівська політехніка”

РОЗРАХУНКОВЕ ВИЗНАЧЕННЯ ЗАЛИШКОВОЇ МІЦНОСТІ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ ЕЛЕМЕНТІВ ПІСЛЯ ДІЇ МІСЦЕВОГО НАГРІВУ

Стаття присвячена вдосконаленню методів з визначення залишкової міцності стиснутих залізобетонних елементів після дії температурного впливу, зокрема випадку місцевого нагріву. Проведене порівняння експериментальних та теоретичних результатів для випадку малих ексцентриситетів.

Ключові слова: *місцевий нагрів, залишкова міцність, стиснутий залізобетонний елемент, випадок малих ексцентриситетів.*

Вступ

Оцінка технічного стану конструкцій після техногенних аварій є важливим народно - господарським завданням. Технічні висновки експертів про придатність конструкцій до експлуатації надаються на основі обстеження та перевірочних розрахунків. При дії температурних впливів важливим чинником є наявність надійних та зручних методів розрахунку залишкової міцності пошкоджених елементів.

Аналіз останніх досліджень та публікацій

Питанню дослідження залишкової міцності стиснутих залізобетонних конструкцій після температурних впливів присвячено значна кількість робіт, зокрема [1-3], однак всі вони стосуються випадку загального нагріву (по всій довжині конструкції). Нормативні документи у цій сфері також потребують оновлення та удосконалення деяких положень з розрахунку. Випадок місцевого нагріву є малодослідженим, а питання залишкової міцності для випадку малих ексцентриситетів у таких випадках не висвітлене. Тому в продовження досліджень місцевого нагріву [4,5] для випадку великих ексцентриситетів було вирішено провести експерименти для випадку малих ексцентриситетів.

Мета та задачі досліджень

Метою даної роботи є проведення експериментальних досліджень для визначення залишкової міцності позацентрово стиснутих з малим ексцентриситетом колон після дії місцевого нагріву та порівняння отриманих результатів з розрахунковими.

Експериментальні дослідження

В якості зразків були прийняті короткі залізобетонні колони 200x140x1100мм, що випробовувалися на спільну дію позацентрового стиску та місцевого нагріву. Дослідження таких зразків (рис. 1) дозволяє вивчити роботу позацентрово-стиснутих елементів каркасів промислових будівель та споруд при дії місцевого нагріву та експлуатаційного навантаження. Гнучкість зразків складає $\lambda_h = l_0/h = 5.5$, тобто вони відносяться до гнучких зразків ($\lambda_h > 4$), що дозволяє, як і в реальних конструкціях, враховувати вплив прогину елемента на його несучу здатність.

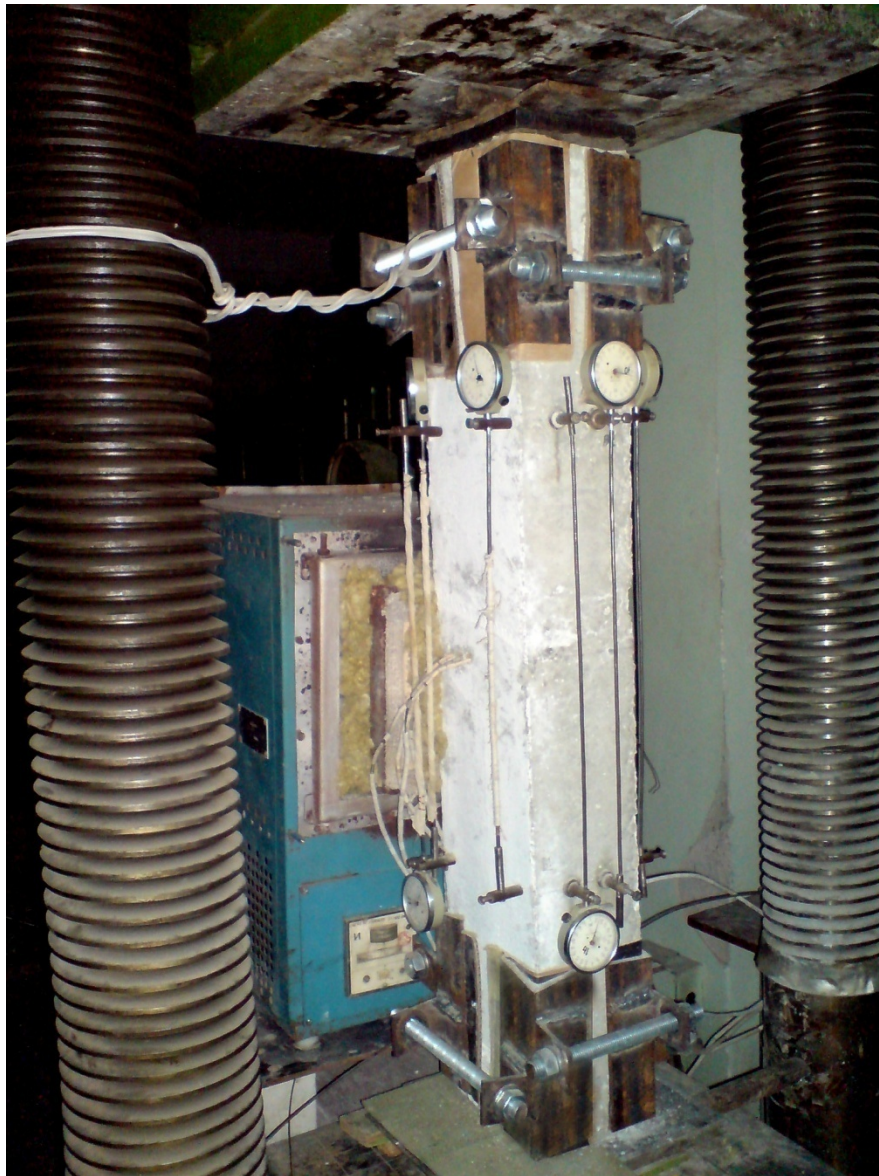


Рис. 1 Випробування дослідних зразків

Ексцентриситет прикладання навантаження був прийнятий $e_0 = 4$ см, оскільки більшість стиснутих залізобетонних елементів навантажені повздовжньою силою з малим ексцентриситетом.

Армування колони несиметричне, виконане з двох плоских каркасів, з'єднаних між собою у просторовий каркас стержнями $\varnothing 6$ класу Вр-I контактним зварюванням. Каркас складається з двох стержнів. У розтягнутій зоні зразка знаходиться арматура $\varnothing 12$ класу А-III довжиною 1080 мм, у стиснутій зоні зразка - арматура $\varnothing 8$ класу А-III, довжиною 1080 мм. Поперечні стержні каркасів виконувались з $\varnothing 4$ класу Вр-I із кроком 150 мм та довжиною 520 мм. Для запобігання руйнуванню приопорних зон колон, їх додатково підсилили сталеву обіймою, виготовленою із кутників 63x63x6 мм, довжина зони підсилення – 200мм. Відсоток армування поперечного перерізу зразка становить $\mu=1.12\%$. Випробування дослідних зразків проводили у віці бетону 6-7 місяців. Під час бетонування в об'ємі бетону та на арматурних каркасах дослідних зразків-колон встановили хромель-алюмелеві термопари для подальшого вимірювання температури. До кожного арматурного стержня приєднували по парі тримачів на базі 500 мм для вимірювання повздовжніх деформацій. Клас бетону зразків – В25. Призмова міцність бетону $R_b=19$ МПа. Границя текучості арматури $\varnothing 12$ А-III $R_y=437$ МПа, $\varnothing 8$ А-III $R_y=425$ МПа.

Повздовжню силу прикладали на кінцях колони через опорні шарніри, встановлюючи необхідний ексцентриситет. Навантаження повздовжньою силою здійснювалося за допомогою 500-тонного пресу. Вимірювання повздовжніх деформацій бетону та арматури проводився за допомогою індикаторів годинникового типу з ціною поділки 0.001 мм.

Місцевий нагрів зразків здійснювався за допомогою муфельної печі, попередньо нагрітої до температури 900°C , яка контактувала безпосередньо з поверхнею бетону. Температура нагріву пічки з точністю $\pm 1^{\circ}\text{C}$ регулювалася за допомогою термопари, яка була попередньо введена у корпус печі. Контроль температури здійснювався хромель-алюмелевими термопарами, які були введені в тіло колони на глибину 7 см. Одна термопара була закріплена на поверхні бетону у місці контакту сопла печі з колоною для моніторингу температурного навантаження. Температури нагріву арматури та бетону вимірювались за допомогою перетворювача ПВІ-0298, який під'єднувався до персонального комп'ютера. Температурний режим нагріву та схема розміщення термопар аналогічна приведеним у попередніх роботах [4].

Колони досліджувались на спільну дію позацентрового стиску та нагріву розтягнутої зони бетону. Дослід вели у три етапи. На першому етапі колона навантажувалась ступенями по $0,125 N_u$ до 70% несучої здатності ($N=0.7N_u$). Рівні навантаження зразків приймалися виходячи з умов роботи конструкцій при експлуатаційних навантаженнях. При цьому фіксували повздовжні деформації бетону та арматури. Після досягнення необхідної величини повздовжньої сили навантаження зупиняли і зафіксували. На другому етапі

до колони прикладали температурне навантаження за допомогою муфельної печі. Джерело нагріву згідно програми досліджень розміщували з боку розтягнутого бетону. Повздовжні деформації бетону та арматури фіксували кожні 15 хв. Зміна температури записувалась в режимі реального часу та архівувалась у пам'яті персонального комп'ютера через перетворювач ПВІ-0298. На третьому етапі джерело нагріву від'єднувалось і проводилось охолодження зразка водою. Це у якійсь мірі імітувало процес гасіння пожежі і дозволили наблизити експеримент до умов, які можливі при надзвичайній ситуації. Всього було випробувано чотири зразки.

Аналіз отриманих результатів

Розрахункове визначення залишкової міцності стиснутих залізобетонних елементів виконували за методикою, наведеною у роботі [1] з врахуванням особливостей місцевого нагріву.

Перевірка залишкової несучої здатності прямокутних перерізів стиснутих залізобетонних елементів визначається за формулою:

$$Ne \leq R_b b_n x (h_0 - 0.5x) + (\gamma_{st} R_{sc} - \sigma_{s,csc}) A'_s (h_0 - a'_n) \quad (1)$$

де σ_s - напруження в розтягнутій арматурі, $\sigma_{s,csc}$ - напруження в стиснутій арматурі від усадки та повзучості бетону після температурного впливу, a_n - шар бетону, пошкоджений нагрівом та не приймає участі в роботі конструкції, $b_n = b - 2a_n$ - ширина приведенного перерізу, x - висота стисненої зони бетону, γ_{st} - коефіцієнт умов роботи арматури після дії температури. Інші позначення відповідно до СНиП 2.03.01-84.

$$x = (N + \sigma_s A_s - (\gamma_{st} R_{sc} - \sigma_{s,csc}) A'_s) / (R_b b_n) \quad (2)$$

$$\sigma_s = (2 \cdot (1 - x/h_0) / (1 - \xi_r) - 1) \gamma_{st} R_s \quad (3)$$

$$\sigma_{s,csc} = (\varepsilon_{cs} + \varepsilon_c) E_s \beta_s \leq R_{sc} \gamma_{st} \quad (4)$$

де ε_{cs} - деформація усадки бетону після температурного впливу, ε_c - деформація короткотермінової повзучості бетону після дії температури.

$$\varepsilon_{cs} = \alpha_{cs} t_b \quad (5)$$

$$\varepsilon_c = C(t, \tau) N / A_{red} \quad (6)$$

де α_{cs} - коефіцієнт температурної усадки бетону, t_b - найбільша середня температура бетону, $[C(t, \tau)]$ - питома міра повзучості бетону, N - стискаюче зусилля, A_{red} - приведена площа стиснутої зони бетону.

Всі коефіцієнти та довідкові величини були прийняті відповідно до даних запропонованих у [1].

Оскільки, залишкова несуча здатність стиснутих елементів залежить від деформацій усадки та повзучості, то у даному випадку слід врахувати особливості місцевого нагріву, а саме нерівномірний по довжині нагрів зразка. Особливості визначення температурних деформацій за таких умов були описані у роботі [5]. Зокрема, у ній було показано, що деформації при місцевому нагріві

складаються із суми відповідних елементарних деформацій на відповідних ділянках.

$$\epsilon^{loc} = \epsilon_{t_1} \frac{l_1}{l_0} + \epsilon_{t_2} \frac{l_2}{l_0} + \epsilon_{t_3} \frac{l_3}{l_0} + \dots + \epsilon_{t_n} \frac{l_n}{l_0} \quad (7)$$

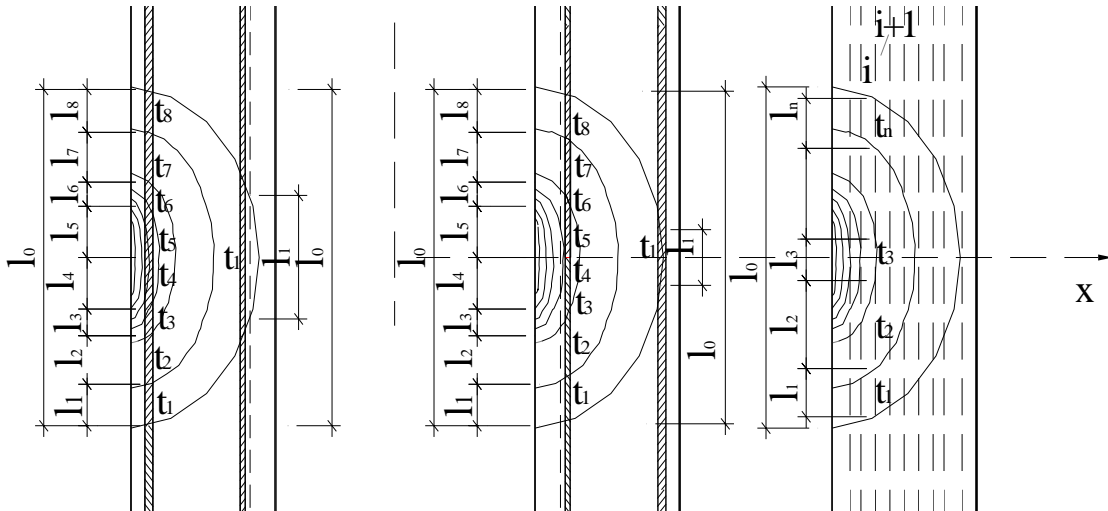


Рис. 2 Розрахункова схема визначення деформацій бетону та арматури при місцевому нагріві

Доцільно буде припустити, що і деформації усадки та повзучості будуть визначатися за цим же принципом. У такому випадку вирази (5),(6) запишемо у наступному вигляді:

$$\epsilon_{cs}^{loc} = \alpha_{cs1} t_{b1} (l_1 / l_0) + \alpha_{cs2} t_{b2} (l_2 / l_0) + \dots + \alpha_{csn} t_{bn} (l_n / l_0) \quad (8)$$

$$\epsilon_c = [C(t, \tau)_1 l_1 / l_0 + C(t, \tau)_2 l_2 / l_0 + \dots + C(t, \tau)_n l_n / l_0] N / A_{red} \quad (9)$$

Результати розрахунку за вищенаведеними формулами зведені в таблицю 1.

Таблиця 1

Залишкова несуча здатність зразків

Марка зразка	η	Вид нагріву	$N_{теор.}$ кН	$N_{exp.}$ кН	Δ , %
1	2	3	4	5	6
K1	-	б/т	288,9	290,1	0,5
K2	-	б/т		292,3	1,1
K3p	0.7	р/з	248,96	240,2	-3,51
K4p	0.7	р/з		242,4	-2,63

Висновки

1. Отримані результати показують можливість застосування вищенаведених залежностей при розрахунку у випадку місцевого нагріву.

2. Слід зауважити, що оскільки нагрів проводили зі сторони розтягнутої зони зразка, додаткові напруження від усадки та повзучості бетону

склали $\sigma_{s,csc} = 630$ МПа, що є незначною складовою у сумарних напруженнях. У зв'язку з цим, запропоновані уточнення (8), (9) слід перевірити з експериментальними даними при дії місцевого нагріву зі сторони стиснутої зони зразка.

3. Оскільки залишкова міцність зразків визначалася за приведеними перерізами та уточнюючими коефіцієнтами умов роботи бетону та арматури після дії температури, тому важливою є інформація про значення цих коефіцієнтів та температурні криві прогріву зразків. У подальших дослідженнях необхідно перевірити збіжність теоретичних даних, обчислених за коефіцієнтами з різних джерел із експериментальними величинами.

Література

1. Милованов А.Ф. Стойкость железобетонных конструкций при пожаре. –М.: Стройиздат, 1998. –304с.
2. Рекомендации по обследованию зданий и сооружений поврежденных пожаром. /НИИЖБ.-М.:Стройиздат, 1987.-80с.
3. Ильин Н.А. Техническая экспертиза зданий, поврежденных пожаром.-М.:Стройиздат, 1983.-197 с.
4. Була С.С., Пелех А.Б., Бадло О.М., Лесюк П.О., Мальків Б.І. Особливості розподілу температури у залізобетонному перерізі при дії місцевого нагріву// Вісник Національного університету “Львівська політехніка” Теорія та практика будівництва. В-во НУ ”ЛП”. Вип. № 655 Львів.-2009. – С.22-27.
5. Була С.С. Визначення кривизни та температурного зусилля у позакцентрованих залізобетонних елементах при дії місцевого нагріву та експлуатаційного навантаження. // Донбаська національна академія будівництва та архітектури. „Сучасне промислове та цивільне будівництво”. – т.3, №2. Макіївка 2007. –С.115-124.

Abstract

The article is devoted to improving the methods of determining remain strength in pressed reinforced concrete elements after local heating. The results were compared with theoretical figures in case of small eccentricities.

Keywords: local heating, remain strength, pressed reinforced concrete elements, case of small eccentricities.

Аннотация

Статья посвящается усовершенствованию методики определения остаточной прочности сжатых железобетонных элементов после действия температуры, в частности случая местного нагрева. Проведено сравнение экспериментальных и теоретических результатов для случая малых эксцентриситетов.

Ключевые слова: местный нагрев, остаточная прочность, сжатый железобетонный элемент, случай малых эксцентриситетов.