

Анализ изгибаемых железобетонных элементов при условии воздействия повышенных температур

*Елесина Лолита Юрьевна
Сибирский федеральный университет
Аспирант*

*Карпов Сергей Юрьевич
Сибирский федеральный университет
Аспирант*

*Коянкин Александр Александрович
Сибирский федеральный университет
Кандидат технических наук, доцент*

Аннотация

В статье рассматривается изгибаемый железобетонный элемент перекрытия при одновременном воздействии эксплуатационных нагрузок и высоких температурных воздействий. Сопоставление предела огнестойкости несущей способности в экспериментальном и расчетном вариантах.

Ключевые слова: Предел огнестойкости, плита перекрытия, безопасность, проектирование.

Analysis of bent reinforced concrete elements under the condition of high temperatures

*Elesina Lolita Yurevna
Siberian Federal University
graduate student*

*Karpov Sergey Yurievich
Siberian Federal University
graduate student*

*Koyankin Alexander Alexandrovich
Siberian Federal University
Candidate of Technical Sciences, Associate Professor*

Abstract

The article deals with the flexible reinforced concrete floor element at the same time the impact of operational loads and high temperature effects. Comparison of the fire resistance limit of the bearing capacity in experimental and design versions.

Keywords: fire resistance Limit, floor slab, safety, design.

Развитие в современном строительстве железобетонных конструкций в последние годы привело к возможности широкого использования при возведении здания. Как только процесс строительства и ввод в эксплуатацию завершился, начинается следующая стадия жизненного цикла. Затронем единственный и опасный фактор температурного воздействия, который в следствии неосторожности, случается внезапно и имеет непоправимые последствия. Испытания железобетонных многопустотных плит перекрытия проводились с целью сопоставления экспериментальных и расчетных результатов жизнеспособности изгибаемых элементов при воздействии постоянной нагрузки и в условиях повышенных температур [1, ст.34, 35].

Для испытаний предоставлены два образца железобетонных многопустотных плит, толщиной 220 мм с круглыми пустотами диаметром 159 мм, предназначенные для опирания по двум сторонам, изготовленные из тяжелого бетона класса В22,5 и предназначенные для несущей части перекрытий зданий и сооружений различного назначения.

Железобетонная многопустотная плита перекрытия представляет собой (рис. 1) конструкцию, состоящую из каркаса арматурного плоского Кр1, сетки С2 и сетки С56.15, петли П1у, стержней напряжения $\varnothing 12\text{AtV}$ и сетки арматурной С6. Габаритные размеры плиты: длина 4500, ширина 1490 мм, толщина 220 мм.

Образец устанавливается на испытательный стенд с опиранием на две стороны, сверху на образец прикладывается равномерно распределенная нагрузка 1300 кг/м^2 (рис.2). На необогреваемую поверхность образца устанавливаются термоэлектрические преобразователи.

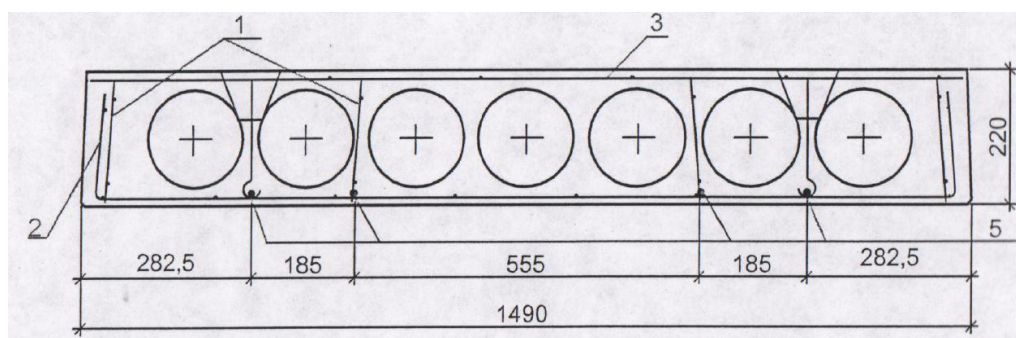


Рисунок 1 – Плита перекрытия железобетонная многопустотная: 1 - каркас Кр1; 2 - сетка С2; 3 - сетка С56.15; 5 - стержни напр. $\varnothing 12\text{AtV}$

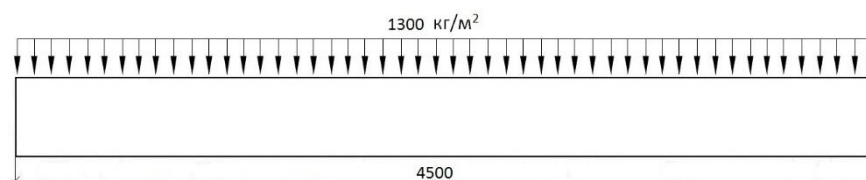


Рисунок 2 – Схема приложения нагрузки на образец

Испытания проводились в специально оборудованной огневой печи. График температурных режимов печи представлен на рисунке 3.

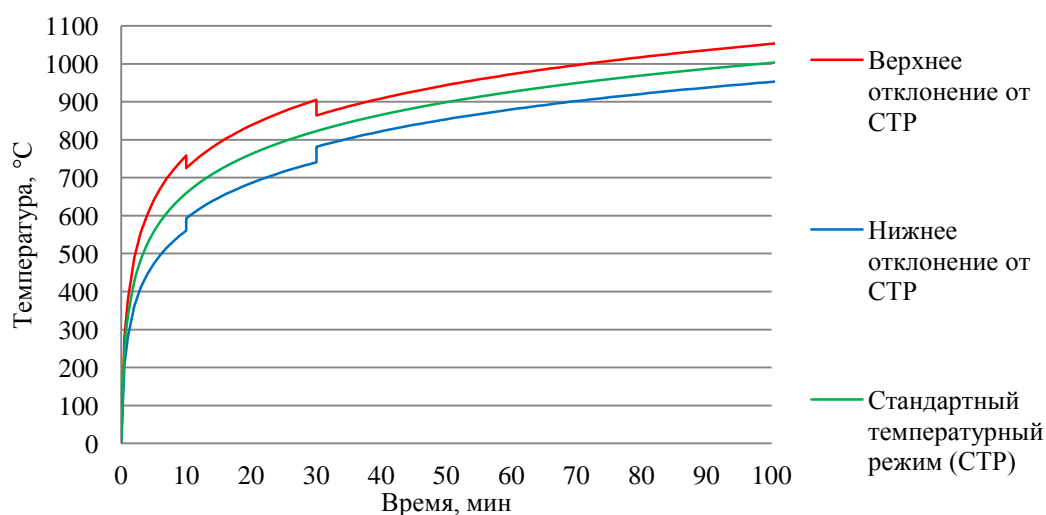


Рисунок 3 – Температурный режим в печи при испытаниях

Образцы при проведении испытаний подвергались визуальным наблюдениям [2, п.8, 9]. На 100 минуте проведения испытания визуальные признаки отсутствуют, а также отсутствует признак наступления предельного состояния в связи с этим испытания прекращаются.

При проведении расчета несущей способности железобетонных изгибаемых элементов обязательно следует учитывать изменение механических свойств бетона и арматуры в зависимости от температуры, а также возможное изменение расчетной схемы предельного равновесия вследствие температурных деформаций рассматриваемой конструкции.

Дальнейший анализ проводился расчетом по [3]. Для исследуемой конструкции принимаем тяжелый бетон с крупным заполнителем из силикатных пород ($\rho = 2350 \text{ кг/м}^3$). Для изгибаемых свободно опирающихся железобетонных плит при огневом воздействии снизу обрушение происходит вследствие уменьшения с прогревом прочности растянутой арматуры. При расчете можно пренебречь прогревом сжатой зоны бетона и сжатой арматуры.

Вычисляем нагрузку, действующую на образец, максимальный изгибающий момент и высоту сжатой зоны элемента:

$$p = \frac{M}{l \cdot b} = \frac{2120}{4,5 \cdot 1,49} = 316,182 = 3098,6 \text{ Па};$$

$$M = \frac{b \cdot (p + g) \cdot l^2}{8} = \frac{1,49 \cdot (3098,6 + 12740) \cdot 4,5^2}{8} = 5,97 \cdot 10^4 = 59,7 \text{ кНм};$$

$$h_0 = 0,22 - 0,02 - 0,006 = 0,194 \text{ м}.$$

Определяем критическое значение коэффициента условий работы арматуры [3]:

$$\gamma_{st,cr} = \frac{5,97 \cdot 10^4}{0,194 \cdot 5,34 \cdot 10^{-4} \cdot 872 \cdot 10^6} / \left(1 - \frac{5,97 \cdot 10^4}{2 \cdot 1,49 \cdot 0,194^2 \cdot 20,12 \cdot 10^6} \right) = \frac{0,661}{0,973} = 0,679.$$

Для арматуры класса Ат-V используя интерполяцию [3, табл.3], находим:

$$t_{cr} = 450 + \frac{0,7 - 0,679}{0,7 - 0,5} \cdot 50 = 456 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

Предел огнестойкости рассматриваемого образца будет равен времени достижения $t_{cr} = 456^\circ\text{C}$ в растянутой арматуре, которое определим в соответствии с [3, п.7]:

$$\delta_s = \delta_1 = \delta_2 = 0,02 \text{ м};$$

$$d_s = \frac{2 \cdot d_1 \cdot A_1 + 2 \cdot d_2 \cdot A_2}{A_s} = \frac{0,012 \cdot 2,26 \cdot 10^{-4} + 0,014 \cdot 3,08 \cdot 10^{-4}}{5,34 \cdot 10^{-4}} = 0,0132 \text{ м}.$$

$$\text{где } 2A_{s1} = 2,26 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2, 2A_{s2} = 3,08 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2.$$

Вычисляем расстояние от рассматриваемой точки сечения до обогреваемой поверхности x^* и относительное расстояние r . Для тяжелого бетона с $p = 2350 \text{ кг/м}^3$ по [3, табл.11] определим коэффициент зависящий от плотности бетона $\varphi_1 = 0,62$; по [3, табл.12] коэффициент зависящий от плотности бетона $\varphi_2 = 0,5$; а по [3, табл.10] коэффициент температуропровода $a_{red} = 0,00133 \text{ м}^2/\text{ч}$.

$$x^* = \delta_s + \varphi_1 \sqrt{a_{red}} + \varphi_2 \cdot d_s = 0,02 + 0,62 \sqrt{0,00133} + 0,5 \cdot 0,0132 = 0,0492 \text{ м};$$

$$r = 1 - \sqrt{\frac{456 - 20}{1200}} = 0,398.$$

Время достижения критической температуры:

$$\tau = \frac{1}{12 \cdot a_{red}} \cdot \left(\frac{x^*}{r} \right)^2 = \frac{1}{12 \cdot 0,00133} \cdot \left(\frac{0,0492}{0,398} \right)^2 = 0,96 \approx 1 \text{ ч}.$$

Предел огнестойкости по несущей способности изгибаемого образца равен 1 ч. Время достижения критической температуры $t_{cr} = 456 \text{ } ^\circ\text{C}$ на глубине $x = \delta + 0,5 \cdot d_s = 0,02 + 0,5 \cdot 0,0132 = 0,0266 \text{ м}$ (2,66 см) в соответствии с [3, п.3.5] можно определить по графику для железобетонной

плиты с крупным заполнителем. Получим $\tau = 1,1$ ч, что удовлетворительно совпадает с расчетным значением 1 ч.

Итак, проведя испытания железобетонной многопустотной плиты перекрытия можно подвести итоги. Образец воспринимает нагрузку без признаков наступления предельных состояний более чем 100 мин, при расчете было получено 60 мин, что объясняется запасом возможности сопротивления конструкций высоким температур. Исследования проводимого образца показывают и подтверждают значения и безопасное использование железобетонных многопустотных плит в соответствии с нормативными документами.

Библиографический список

1. Технический регламент о требованиях пожарной безопасности: федер. закон от 22.07.2008 № 123-ФЗ // Справочная правовая система «КонсультантПлюс». Режим доступа: <http://www.consultant.ru>.
2. ГОСТ 30247.1-94 Конструкции строительные. Метод испытаний на огнестойкость. Несущие и ограждающие конструкции. Введ. 01.01.1996. М.: МНТКС, 1996.
3. Рекомендации по расчету пределов огнестойкости бетонных и железобетонных конструкций / НИИЖБ. М.: Стройиздат, 1986. 40 с.