ОСОБЕННОСТИ ОБСЛЕДОВАНИЯ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ БОЛЬШЕПРОЛЕТНЫХ КОНСТРУКЦИЙ ПОСЛЕ ПОЖАРА

В данной работе рассматриваются нюансы технического обследования большепролетных конструкций покрытия в виде железобетонных оболочек двоякой положительной и отрицательной гауссовой кривизны, длинных и коротких железобетонных цилиндрических оболочек, железобетонных куполов.

За основу взяты результаты обследования оболочек двоякой положительной гауссовой кривизны, которыми перекрывают склад санитарно-бытовых изделий Сясьского целлюлозно-бумажного комбината (рис. 1).

При обследовании большепролетных конструкций покрытия (оболочек) после пожара важным критерием является степень повреждения, нанесенного пожаром, которая зависит от максимальной температуры при пожаре, продолжительности пожара (указывается в отчете службы ЧС), взаимного расположения обследуемой конструкции и очага пожара (устанавливается по месту или с использованием общих архитектурных проекций отдельной части или целиком здания). Это те факторы, которые вызывают появление повреждений конструкции в виде трещин и отслоений бетона и удлинения арматуры (при температуре свыше 450 °С) и приводит к разупрочнению высокопрочной арматуры бортовых элементов или опорного кольца и снижению прочности бетона, а при высоких температурах (400 – 800 °С) — к структурным изменениям бетона (деструкции). При воздействии умеренно высоких температур (200 – 400 °С) и высоких температур (400 – 800 °С) разрушение бетона носит или относительно спокойный характер разрушения, или взрывообразный.

Практически всегда максимальная температура при пожаре не известна, поэтому в процессе обследования необходимо установить амплитудное (максимальное) значение температуры на момент пожара. Для этого используются следующие методы: по изменению цвета бетона, по снижению тона звука при простукивании, по отслаиванию и отколам бетона, по оплавлению и следам эрозии, по наличию или отсутствию сажи на внутренней поверхности оболочки (фото 1), по реакции стальной арматуры (если есть возможность визуального и/или лабораторного обследования), по изменению прочности бетона и стальной арматуры.

Если часть конструкции была обрушена в результате пожара, то можно лабораторными методами исследовать арматуру и бетон и установить температуру при пожаре. В остальных случаях необходимо применять другие методы обследования. Достаточно точным будет метод, основанный на изменение прочностных характеристик бетона или арматуры. Применение данного метода позволяет, во-первых, установить фактические значения прочности бетона и арматуры, во-вторых, определить максимальную температуру при пожаре.

Определение фактической прочности бетона оболочек может выполняться неразрушающими методами, т. е. с применением склерометра ИПС-МГ4.03 и/или ультразвукового прибора УК1401М. При обследовании прочность бетона должна определяться в 10% конструктивных элементов оболочки (в соответствии с [1]). Поскольку конструкция является большепролетной, то воздействие температуры будет неравномерным, следовательно, обязательно необходимо определять прочность бетона в следующих местах: в самой высокой точке оболочки (где может возникать самая высокая температура), в местах возникновения растягивающих напряжений в конструкции (в угловых зонах оболочек двоякой кривизны, в опорном кольце купола), в местах сопряжения оболочки и бортовых элементов; в местах возможного повышения температуры (над очагами пожара) и в местах, близких к расположению горячих потоков воздуха (т. е. вблизи проемов вытяжных труб). Желательно определять прочность бетона не менее чем двумя приборами, чтобы повысить точность результатов. Суть данного метода основана на сравнении фактической прочности бетона с проектной.

Анализируя изменение прочности бетона после пожара (согласно [1]) можно определить максимальную температуру горения. При использовании склерометра для определения прочности бетона результаты тестирования (сопротивление бетона и класс бетона) известны после каждого простукивания, а при использовании ультразвукового прибора требуется обработка результатов для получения расчетного сопротивления и класса бетона. Кроме того, для определения прочности бетона ультразвуковым прибором требуется тарирование прибора под данный состав бетона, что позволяет получить наиболее точные результаты. Если определяется прочность промерзшего бетона, то точность результатов тестирования склерометром очень низкая, поэтому данный прибор не приемлем в этих условиях.

При наличии большого разброса значений тестирования при простукивании про-

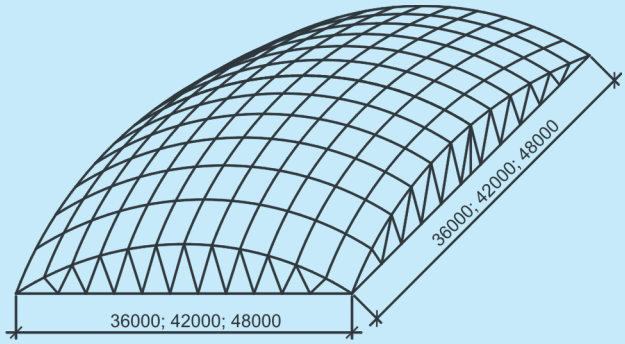

Рис. 1. Общий вид оболочки

Фото 1. Общий вид оболочки, поверхность которой покрыта сажей

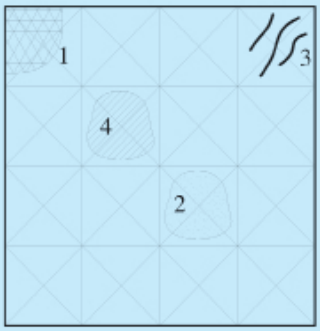

Рис. 2. Схема повреждений оболочки:
1 — водяные протечки; 2 — шелушение штукатурного слоя; 3 — трещины; 4 — сульфация бетона

Фото 2. Диагональные силовые трещины

мерзшего бетона склерометром и ультразвуковым приборами следует применять лабораторные исследования, направленные на изучение фактической прочности бетона.

Альтернативой данному методу является метод, основанный на изучении изменения прочности стальной арматуры. Фактическая прочность стальной арматуры может устанавливаться по твердости арматурной стали, которая определяется твердомером «Константа К5У». Для этого требуется оголение арматуры путем локального разрушения защитного бетонного слоя. Зная величину, на которую изменяется прочность арматурной стали в результате пожара, можно с достаточной точностью (согласно [1]) установить максимальную температуру при пожаре.

Сравнивая данный метод с предыдущем методом, основанным на изучении изменения прочности бетона, можно отметить, что данный метод является наиболее точным.

Важными повреждениями конструкции оболочки являются силовые трещины и трещины, приводящие к нецелостности конструкции. В оболочках двоякой кривизны и цилиндрических оболочках силовыми трещинами будут трещины, расположенные по направлению главных растягивающих напряжений, т. е. это диагональные трещины, расположенные в угловых зонах оболочки (рис. 2), а в куполах это нормальные трещины в опорном кольце. Причина появления силовых трещин (фото 2) вызвана увеличением растягивающих главных напряжений в данных зонах, что продиктовано уменьшением прочности бетона и превышением фактической нагрузки над проектной, которая увеличилась в виду появления новых норм на нагрузки [2]. Определение ширины раскрытия трещин выполняется с применением микроскопа МИР-2 или лупы с делением, а глубина трещин — с помощью ультразвукового прибора.

В виду большой трудоемкости данных работ определяются только параметры трещин, которые являлись силовыми, а характер трещинообразования устанавливается по результатам оценки работы конструкции и визуального осмотра.

В результате воздействия высоких температур возможно появление скрытых порождений: пустот, рыхлого бетона. Для определения скрытых повреждений или дефектов конструкции применяется ультразвуковой прибор УКБ-1М.

Ввиду того, что большепролетные конструкции являются тонкостенными, весьма важно определить глубину прогрева, т. е. определить степень поражения конструкции по толщине. Глубина прогрева сечения железобетонной конструкции может быть оценена по изменению звука и цвета бетона и непосредственным испытанием путем откола по сечению молотком или теплотехническим расчетом, если известны длительность и максимальная температура огневого воздействия.

Для фотофиксирования частей и в целом большепролетных конструкций требуется применение специальных приемов: съемкой со штатива (выдержка «от руки»), способом «блуждающего света», использованием импульсных ламп, включающихся синхронно.

Для осмотра в высоких и затемненных помещениях опирания бортовых элементов на колонны применяют передвижные телескопические приборы, полевой бинокль или линзовый эндоскоп РВП-451, а также используют монтажные вышки или подмости.

А. С. ЧУГУНОВ, О. В. ЖАДАН, М. В. КУЗНЕЦОВ, А. В. БАРМАШОВ;
Санкт-Петербургский государственный аграрный университет

Литература

1. СП 13-102-2003 «Правила обследования несущих строительных конструкций зданий и со-оружений». — М.: Госстрой РФ, 2004 г.

2. СНиП 2.01.07-85* «Нагрузки и воздействия. Нормы проектирования». — М.: Госстрой РФ, 2004 г.

Фото 3

Фото 4. Прогиб бортового элемента оболочки (сегментной железобетонной фермы) вследствие пожара (около 10 см)