

Применение ультразвукового метода для оценки зоны повреждения железобетона после пожара

Старший преподаватель, аспирант А.В. Улыбин*;
инженер С.Д. Федотов,

ГОУ «Санкт-Петербургский государственный политехнический университет»

Пожары относятся к наиболее часто встречающимся стихийным бедствиям, приводящим к значительным повреждениям, а иногда и полному уничтожению строительных конструкций. В зависимости от интенсивности и продолжительности огневого воздействия конструкции из разных строительных материалов получают повреждения разной степени, вплоть до полного разрушения.

Железобетон состоит из двух разнородных материалов: бетона и стальной арматуры, имеющих разные физико-механические характеристики. Температура нагрева бетонных элементов по их толщине не является постоянной. Это создает сложности при определении характеристик бетона в различных его слоях.

При нагреве бетона свыше 60°C происходит необратимое снижение его механических характеристик (предела прочности, модуля деформации)

При огневом воздействии пожара происходит также снижение сцепления бетона с арматурой, что снижает несущую способность железобетонного элемента и повышает его деформативность. Так, абсолютная деформация удлинения арматурного стержня, не имеющего сцепления с бетоном, в 1,5 раза больше деформации удлинения стержня, имеющего сцепление с бетоном по всей его длине.

При значительном уменьшении сцепления бетона с арматурой может произойти проскальзывание последней и разрушение изгибаемого элемента по наклонному сечению.

При нагреве арматуры из сталей классов А-I, А-II, А-III, до температуры 700°C и последующем её охлаждении сохраняется её первоначальный предел текучести [1].

Можно сделать вывод, что при нагреве до температуры 500°C и охлаждении обычных железобетонных элементов, в которых использована арматура из сталей классов А-I, А-II, А-III, предел текучести арматуры, а следовательно, и её расчетное сопротивление, остается первоначальным.

Согласно имеющимся нормативам [2], прочность бетона, температура нагрева которого превысила 500°C , принимается равной нулю. Однако в действительности следует иметь в виду, что из-за неравномерности распределения температур по глубине сечения конструкций, максимальный нагрев имеет только наружный (подверженный огневому воздействию) слой. В издании [3] приведены изотермы распределения температур по сечению ж/б балки, полученные по результатам расчета (рис. 1). Как видно по рисунку, при нагреве поверхности до 600°C (при длительности огневого воздействия 20 мин) на глубине, равной толщине защитного слоя, температура бетона конструкции уменьшится в 2 раза.

Фактический нагрев конструкций во время пожара, а также реальное распределение температур по зданию (помещению), в котором произошло возгорание, неизвестно. О площади поврежденной зоны и степени (глубине) повреждения в ходе обследования судят по косвенным визуальным признакам, таким как наличие участков обрушения, изменение цвета бетона, налеты сажи и т.п. Поэтому определение реальной зоны повреждения, а также фактической глубины повреждения бетона конструкций является наиболее актуальной задачей.

В ходе обследования конструкций в здании, расположенном по адресу: г. Санкт-Петербург, Невский пр., д. 55, выполненного специалистами ГОУ СПбГПУ и ПНИПКУ «Венчур» в январе-феврале 2009 года, вышеуказанная задача была одной из основных.

По информации, указанной в «Акте о пожаре», а также свидетельству очевидцев, установлено, что возгорание началось 25 декабря около 20^{00} (согласно времени сообщения о пожаре). Пожар был ликвидирован заливкой воды к 22^{42} 25 декабря. Причина возгорания, его длительность и максимальная температура в Акте указаны не были.

Улыбин А.В., Федотов С.Д. Применение ультразвукового метода для оценки зоны повреждения железобетона после пожара

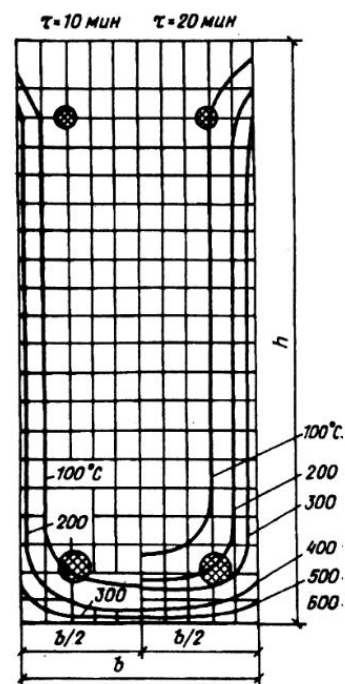


Рисунок 1. Распределение температур нагрева бетона по поперечному сечению балки при времени огневого воздействия 10 и 20 мин

По визуальным признакам в результате огневого воздействия были повреждены следующие конструкции, выполненные из монолитного железобетона:

- колонны 2 этажа;
- балки перекрытия над 2 этажом;
- плита перекрытия над 2 этажом.

Предположительная максимальная температура нагрева бетона конструкций около 800-900 °С была установлена по следующим косвенным признакам:

- цвет бетона – серый;
- части колонн и большая часть перекрытия покрыты сажей;
- имеются отслаивания защитного слоя бетона и его обрушение;
- бетон колонн откалывается молотком по углам сечения на глубину до 20 мм;
- поверхность бетона покрыта сеткой неглубоких температурно-усадочных трещин.

Наиболее существенными повреждениями, снижающими несущую способность конструкций, являлись:

- 1) образование поперечных трещин, а также сетки трещин в защитном слое бетона балок раскрытием до 0,3 мм;
- 2) образование сетки трещин в защитном слое бетона колонн и перекрытия раскрытием до 0,3 мм;
- 3) обрушение защитного слоя бетона перекрытия с обнажением рабочей арматуры нижней сетки на площади $\approx 310 \text{ м}^2$;
- 4) деформация и отслоение арматуры плиты перекрытия с последующим прогибом до 5 см.

Для решения задачи по выяснению фактической площади повреждения плиты перекрытия были выполнены измерения скорости прохождения ультразвуковых волн (УЗВ) сквозь плиту. Измерения производились как в зоне с наличием визуально определяемых дефектов (скол защитного слоя, сажа и т. п.), так и за ее пределами. В ходе исследований измерения были проведены в 60 точках, расположенных с шагом 3,0 м на поверхности плиты перекрытия.

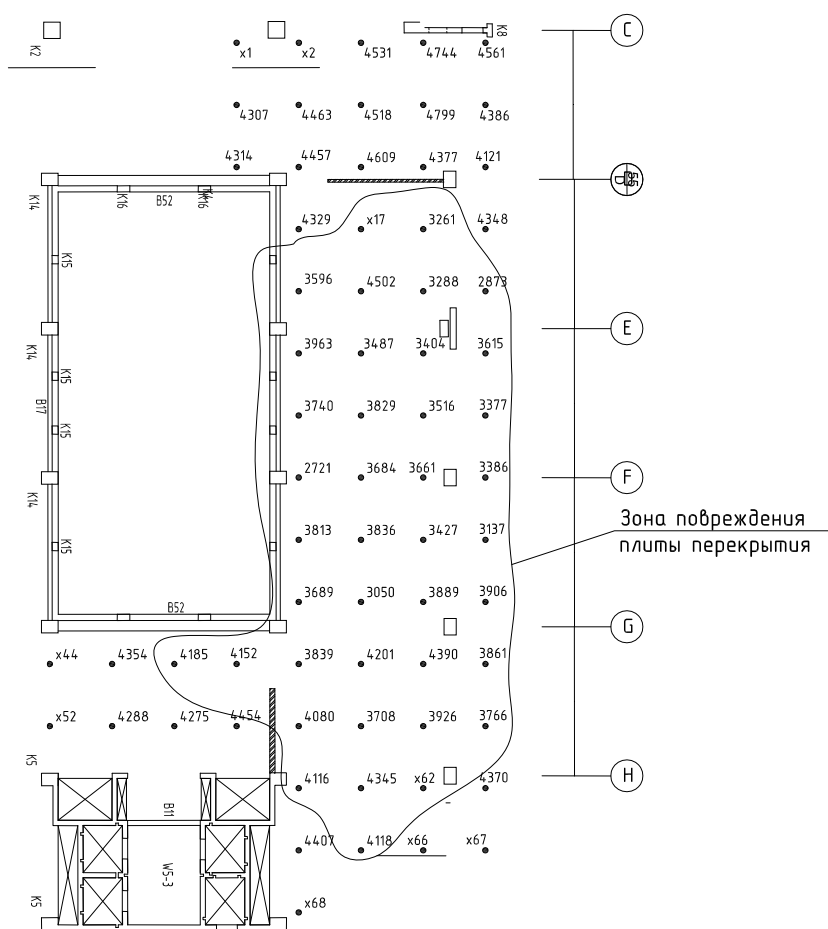


Рисунок 2. План расположения точек измерения на плите перекрытия с указанием скорости УЗВ и определенной зоны повреждения

Улыбин А.В., Федотов С.Д. Применение ультразвукового метода для оценки зоны повреждения железобетона после пожара

Работы выполнялись с помощью ультразвукового прибора Пульсар 1.1 производства НПП «Интерприбор». Сквозное прозвучивание осуществлялось соосным приложением датчиков прибора с нижней и верхней стороны плиты. Для определения расположения точек с обратной поверхности плиты, а также обеспечения их соосности в каждом исследуемом участке осуществлялось бурение сквозного вертикального отверстия диаметром 10 мм. В этом же отверстии определялась и фактическая толщина перекрытия для каждой точки измерения. Для определения отсутствия арматуры в точке измерения (бурения отверстия) применялся магнитный метод по ГОСТ 22904-93. Отношение определенной толщины перекрытия в каждой точке к времени распространения УЗВ, которое измеряется прибором, дало значение скорости УЗВ.

Известно, что прочность бетона находится в тесной связи со скоростью распространения УЗВ в нем, что и используется в ходе неразрушающего контроля прочности по ГОСТ 17624-87. Наличие дефектов в толще бетона, таких как трещины, расслоения, не провибрированные зоны также существенно сказывается на величине скорости УЗВ, которая при наличии дефектов резко снижается.

Два данных обстоятельства и легли в основу применимости данного метода в исследовании.

По результатам измерений было выявлено, что в поврежденной зоне вокруг очага возгорания скорость УЗВ в бетоне имела величины от 2700 до 4300 м/с. Вне зоны повреждения скорость УЗВ имела среднее значение 4500 м/с. По результатам измерений была выделена поврежденная зона перекрытия (рис. 2).

Для решения второй поставленной задачи, а именно определения глубины повреждения бетона конструкций, произведено выбуривание кернов диаметром 75-100 мм из плиты перекрытия, колонн и балок. Отбор кернов произведен в 10 участках из плиты, в 7 из балок и в 12 из колонн. Точки отбора кернов располагались как на конструкциях, имеющих визуальные признаки повреждения, так и на неповрежденных.

Для каждого керна произведено измерение скорости УЗВ поперек сечения (по диаметру) в нескольких точках, расположенных по его высоте от зоны огневого воздействия к противоположной стороне (рис. 3). Оценка глубины повреждения произведена по аномальному снижению скорости. Графики, построенные по результатам исследования некоторых образцов, представлены на рис. 4, 5.



Рисунок 3. Лабораторное измерение скорости УЗВ по диаметру кернов

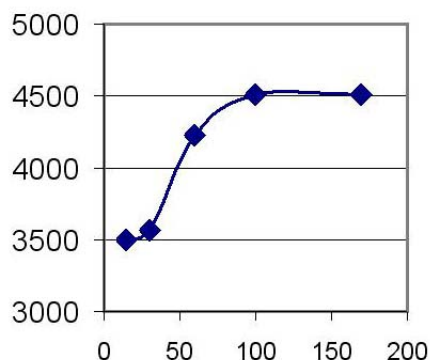


Рисунок 4. График зависимости скорости УЗВ (по оси ординат в м/с) по длине керна (по оси абсцисс в мм), отобранного из поврежденного участка конструкции

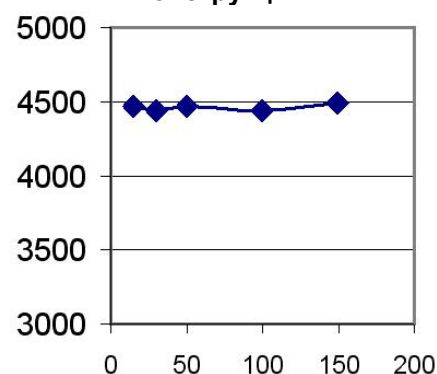


Рисунок 5. График зависимости скорости УЗВ (по оси ординат в м/с) по длине керна (по оси абсцисс в мм), отобранного из неповрежденного участка конструкции

По результатам измерений установлено, что на большинстве кернов скорость УЗВ у поврежденной поверхности имеет минимальные значения (около 3500-4000 м/с). При удалении исследуемого сечения от зоны повреждения скорость возрастает, и в неповрежденной зоне для большинства образцов составляет 4500 м/с (см. рис. 4). В кернах, отобранных из неповрежденных конструкций, скорость УЗВ по сечению менялась несущественно и составляла в среднем также 4500 м/с (см. рис. 5).

По результатам исследований установлено, что максимальная глубина повреждения бетона конструкций (колонн, плиты и балок) составляет 50 мм от поверхности.

Выводы

1. Применение ультразвукового метода для оценки зоны повреждения бетона позволяет количественно оценить зоны повреждения конструкций и глубину поврежденного бетона.
2. При использовании ультразвукового метода можно проводить измерения в кратчайшие сроки с большой достоверностью.
3. Трудоемкость метода в сочетании со стоимостью применяемого оборудования гораздо ниже, чем у альтернативных методов, таких как дефектоскопия или петрографическое исследование шлифов.

Литература

1. Гроздов В.Т. Определение остаточной несущей способности строительных конструкций, подвергшихся огневому воздействию при пожарах, и рекомендации по их использованию. СПб.: ООФ «ЦКС».-2008.-78с.
2. СП 13-102-2003. Правила обследования несущих строительных конструкций зданий и сооружений. М.: ГОССТРОЙ России.-2004.- 26 с.
3. Милованов А.Ф. Стойкость железобетонных конструкций при пожаре. М.: Стройиздат.-1998.-300с.

* Алексей Владимирович Улыбин, Санкт-Петербурге
Тел. раб.: +7(812)535-57-82; эл. почта: ulybin@mail.ru