

В результате длительных атмосферных воздействий окрасочное покрытие изношено. Металлические конструкции поражены поверхностной коррозией, а в местах скопления пыли — язвенной коррозией. Все это потребовало выполнения проверочных расчетов с учетом выявленных дефектов.

2. Вследствие длительного срока службы и нарушения эксплуатационного режима работы склада, балки перекрытия подверглись коррозионному износу, что потребовало их усиления или полной замены.

Выполненными исследованиями было установлено, что технологически и экономически более целесообразным является не усиление сварных балок перекрытия галереи, подвергшихся сильному коррозионному износу, а их полная замена прокатными.

3. Разработанное конструктивное решение и технология выполнения работ позволили выполнить замену балок перекрытия в кратчайшие сроки без остановки производства в условиях действующего предприятия.

4. Приведенное решение может быть использовано и при усилении и реконструкции зданий и инженерных сооружений.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. СНиП 2.09.03-85. Сооружения промышленных предприятий / Госстрой СССР. — М.: 1985.
2. Пособие по проектированию конвейерных галерей (ГПИ Ленпроектстальконструкция Госстроя СССР). — М.: Стройиздат, 1989.
3. СНиП 2.01.07-85. Нагрузки и воздействия / Госстрой СССР. — М.: 1986.
4. СНиП 2.01.07-85. Нагрузки и воздействия (Дополнения. Разд. 10. Прогибы и перемещения) / Госстрой СССР. — М.: 1988.
5. СНиП II-23-81*. Стальные конструкции / Госстрой СССР. — М.: 1991.
6. СНиП 2.03.01-84*. Бетонные и железобетонные конструкции / Госстрой СССР. — М.: 1985.
7. СНиП 2.03.11-85. Защита строительных конструкций от коррозии / Госстрой СССР. М.: 1985.
8. Справочник проектировщика. Металлические конструкции. Том 3. Под общей ред. В. В. Кузнецова (ЦНИИ проектстальконструкция им. Н. П. Мельникова) — М.: Изд. АСВ, 1999.
9. Руководство по проектированию транспортных галерей (Ленинградский Промстройпроект). — М.: Стройиздат, 1979.

УДК 624.012.45/46

Белюсова Г. Н., Золотухин Ю. Д.

ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДОВ АНТИКОРРОЗИЙНОЙ ЗАЩИТЫ АРМАТУРЫ В ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЯХ

ВВЕДЕНИЕ

Существующее мнение, что щелочная среда бетона надежно сохраняет арматурную сталь за счет образования на ее поверхности пассивных пленок, справедливо только в том случае, когда арматура тщательно очищена от следов омеднения и окислов.

Рассмотрение проблем повышения долговечности железобетонных конструкций должно осуществляться в двух аспектах: изучения характеристик окружающей среды и выявления ведущих факторов воздействия среды на арматуру и бетон, особенно на железобетонные конструкции в целом; изучения механизма и кинетики коррозионных процессов и разработки на этой основе способов повышения стойкости бетона и железобетона в агрессивных средах.

Можно привести много примеров недостаточной длительности сроков службы бетона в различных условиях [1-5].

Коррозия арматуры в настоящее время является одной из главных причин повреждения железобетонных конструкций. Недостаточная толщина защитного слоя, повышенная проницаемость бетона, подвергавшегося тепловой обработке, не создают достаточно надежной защиты стальной арматуры от коррозии в эксплуатационных условиях повышенной влажности и температуры.

Систематическое изучение проблем коррозии и защиты арматуры железобетонных конструкций начала Центральная лаборатория коррозии НИИ бетона и железобетона АСИА СССР под руководством Москвина В.Т. Значительные работы в этой области выполнены Алексеевым С.М., Ивановым Ф.М., Калмыковым В.В. и многими другими.

С появлением ржавчины на поверхности арматуры встает вопрос о том, как остановить процесс коррозии. Этот вопрос достаточно широко рассмотрен в литературных источниках. Эффективным методом защиты в настоящее время является нанесение защитных покрытий на арматуру.

Впервые арматура, покрытая смолистой массой, была применена при строительстве мостов в Пенсильвании (штат США) в 1974 году. В этом же году в государственном бюро стандартов в США начались научные исследования над покрытиями арматуры. В настоящее время в США почти все дорожные агентства в строительстве мостов применяют покрытые стержни в несущих конструкциях. В последние годы наблюдается применение стержней в армировании дорожных покрытий и конструкций высоких зданий. Армирование такого вида применяется в конструкциях очистных станций.

ОБЪЕКТ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В результате исследований, выполненных в лаборатории кафедры «Строительные конструкции, основания и фундаменты» БелГУТ рассмотрены следующие вопросы:

- оценка коррозионной стойкости арматуры при незавершенном строительстве специализированного диспансера (строительство велось Словенской фирмой «Smelt»);
- сцепления арматуры с бетоном при наличии защитных покрытий и электропроводность железобетона;
- эффективность применения защитных покрытий.

При обследовании конструкций на специализированном диспансере в г. Гомеле было обнаружено, что из-за остановки строительства осталась не забетонирована рабочая арматура из стали класса АIII диаметром 8-20 мм, поверхность которой покрылась слоем ржавчины. Бетон на конструкциях объекта был поврежден незначительно, в некоторых местах на бетонной поверхности образовались раковины и отколы. Специалисты фирмы ««Smelt» сделали заключение о необходимости замены всей проржавевшей арматуры новой со снятием бетона на глубину до 60 мм.

Для экономии капитальных вложений в валюте кафедрой «Строительные конструкции, основания и фундаменты» БелГУТ выполнено детальное обследование зданий диспансера и мониторинг коррозионных процессов арматуры при не законсервированном строительстве.

По причине невыполнения правил консервации объекта под действием атмосферных осадков на всей арматуре образовался слой коррозии толщиной от 0,15 до 0,4 мм. Коррозия арматуры обнаружена на всех местах, на которых ее поверхность обнажена, где оставлены торцы арматуры для продолжения бетонирования и на местах, где защитный слой бетона достигает толщины всего несколько миллиметров. На некоторых таких участках степень коррозии оценивается примерно в 5%, так что арматура существенно не ослаблена. На стальной арматуре выявлены небольшие коррозионные разрушения – поверхность покрыта тонким слоем ржавчины. Из-за приостановления работ и длительного воздействия атмосферных влияний разрушена бетонная поверхность узких элементов, предусмотренных для добетонирования (парапеты стен и т.д.). Несмотря на то, что торцевая арматура покрыта коррозией, это не уменьшило в значительной степени ее диаметра.

Оценка коррозии повреждений арматуры определяется по скорости коррозии, характеризующейся потерями массы. Для анализа степени коррозии арматуры и определения ее временного сопротивления на исследуемом объекте из незащищенных железобетонных конструкций были вырезаны 15 стержней длиной 30 см, диаметром 10 мм. Эти стержни были взвешены, разделены на три группы и замаркированы. Первая группа образцов очищена вручную – металлической щеткой, вторая – сухой пескоструйной обработкой, третья – преобразователем ржавчины. После очистки стержни снова были взвешены. По результатам взвешивания определены потери массы (табл. 1).

Учитывая период нахождения стержней под непосредственным воздействием атмосферных осадков (5 лет), степень их повреждения незначительна и составляет в среднем 1% от массы стержня. Наиболее эффективным способом очистки арматуры от продуктов коррозии целесообразно считать пескоструйную обработку, так как в процессе очистки процент удаления ржавчины выше по сравнению с процентами других используемых методов.

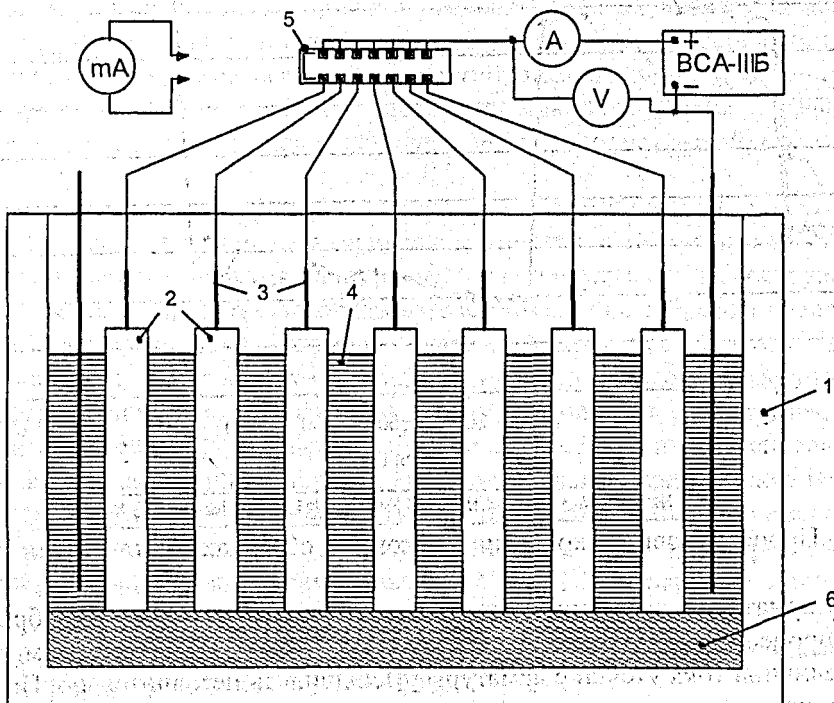
Для оценки влияния ржавчины на состояние арматуры в бетоне была проведена серия опытов на бетонных образцах со стальными стержнями длиной 30 см, одна часть из них была покрыта слоем ржавчины, вторая – различными защитными покрытиями, третья – чистая (заводского изготовления). В качестве защитного покрытия были использованы полимерные составы «Унимаст», «Кормет», «Эпокс». Стержни арматуры были предварительно замаркированы и забетонированы в образцы призмы размером 50×50×150 мм и 100×100×150 мм с выпуском арматуры 150 мм, толщина защитного слоя 2 см и 4,5 см соответственно. Призмы изготавливали из бетона такого же состава, какой при-

менялся при строительстве диспансера: состава 1:2,4:6,2 (цемент – песок – вода) с В/Ц = 0,46, щебень фракциями 5/10 и 5/20. После 4 суток твердения в пропарочной камере образцы подверглись коррозионному испытанию.

Таблица 1 – Определение весовых потерь в арматуре

Марка образца	Вид обработки	Масса до удаления ржавчины	Масса после удаления ржавчины	% коррозии
АР-1	Ручная обработка	184,91	180,14	0,99
АР-2		182,05	180,30	0,96
АР-3		185,05	183,20	0,999
АР-4		183,77	181,90	1,02
АР-5		184,84	182,60	1,20
АП-1	Сухая пескоструйная обработка	193,86	191,90	1,01
АП-2		184,04	182,00	1,10
АП-3		198,42	196,40	1,02
АП-4		196,83	195,10	0,90
АП-5		193,63	191,20	1,20
АПР-1	Преобразователь ржавчины на основе жидкого стекла	195,25	194,50	0,38
АПР-2		195,20	194,30	0,46
АПР-3		195,41	194,70	0,36
АПР-4		194,41	193,00	0,73
АПР-5		194,35	192,80	0,77

Коррозионная стойкость – это не абсолютное свойство самого металла; она определяется не в меньшей степени и характером коррозионной среды. Поэтому испытания проводились в электролизной ванне, заполненной подсоленной водой (1%-раствор NaCl) при температуре 18-20 °С. Арматура на нижнем конце изолировалась эпоксидной смолой. Электрохимические исследования состояли в снятии показаний силы тока в течение 12 часов при прохождении электрического тока через арматуру с постоянным напряжением в цепи. Схематически включение призм в цепь постоянного тока представлено на рис. 1.



1- электролизная ванна; 2- экспериментальные образцы; 3- арматура; 4- вода; 5- переключатель; 6- деревянная решетка; А- амперметр; У- вольтметр; ВСА-111Б – выпрямитель; mA-миллиамперметр

Рисунок 1 – Схема включения призм в цепь постоянного тока:

Интенсивность коррозии арматуры под действием постоянного тока зависит от величины потенциала арматуры по отношению к бетону. Нормальный электрический потенциал арматуры в бетоне имеет величину порядка $-0,4$ В по отношению к водопроводному электроду. При наложении тока в анодных зонах величина потенциала смещается в отрицательную сторону. Очевидно существует критическая (для определенных условий) величина наложения потенциала, при которой нарушается целостность защитной пленки окислов, имеющейся на поверхности стали в щелочной среде бетона. При превышении этой критической величины потенциала начинается процесс коррозии стали в анодных зонах. Скорость этого процесса будет зависеть от плотности тока, перетекающего с арматуры на бетон. Плотность тока может быть резко различной вследствие концентрации тока на острых углах и в местах наименьшего сопротивления бетона. Внешний эффект разрушительного действия электрического тока на железобетонную конструкцию, проявляющийся в виде растрескивания бетона вдоль арматуры, связан прямой зависимостью с количеством протекающего электричества, так как в основе лежит процесс электролиза.

РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТА И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В образцах с арматурой, покрытой слоем ржавчины, (№1, №2, №3) первые 10 минут величина тока утечки увеличивалась в среднем на $0,3$ мА, а затем произошел резкий спад, и в течение часа величина утечки оставалась почти стабильной. Это явление происходило вследствие накопления в порах бетона продуктов коррозии металла. Последующие 3 часа величина тока утечки росла. После 4 часов проведения эксперимента снова произошел резкий спад, на образцах появились трещины толщиной $0,1 - 0,3$ мм, в результате чего ток, стекающий с арматуры, увеличился в среднем на $0,6$ мА. Этот спад длился 4 часа. Последующие 3 часа ток утечки с арматуры начал расти. Процесс коррозии в образцах с арматурой, покрытой слоем ржавчины, представлен на рисунке 2.

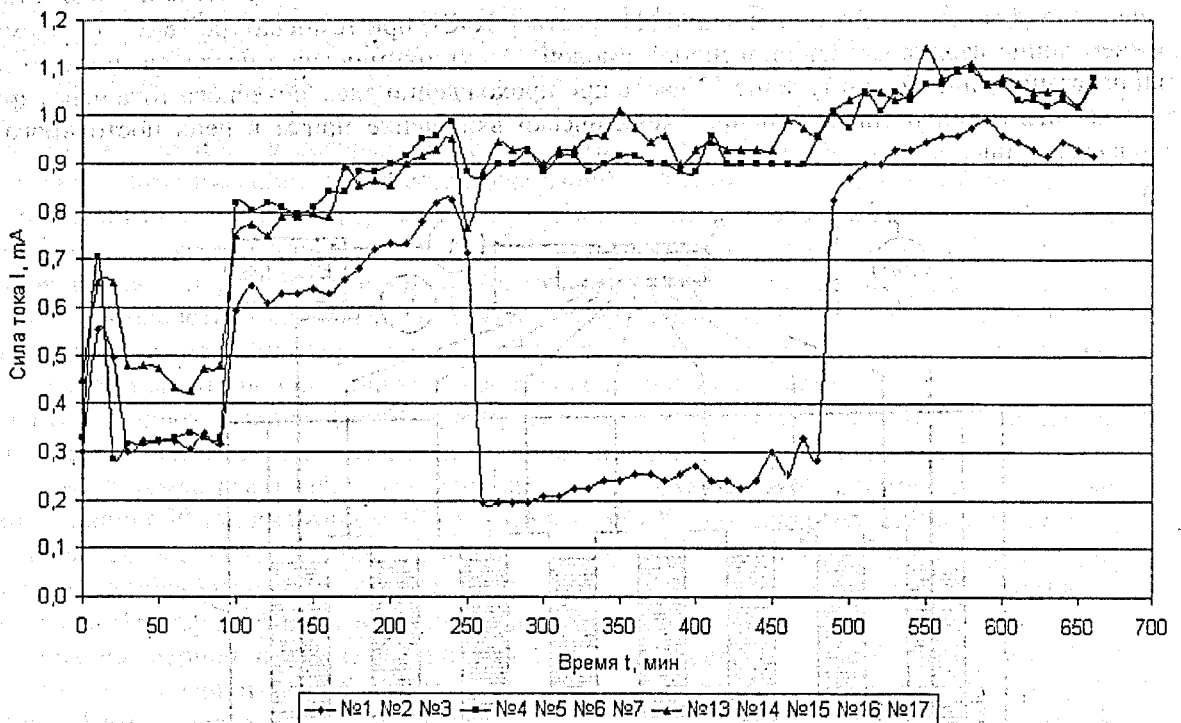


Рисунок 2 – Процесс развития коррозии в бетонных образцах со стальными стержнями

В образцах с арматурой, очищенной от коррозии сухой пескоструйной обработкой (образцы №4, №5, №6, №7), процесс коррозии протекал также как в образцах с ржавой арматурой, но после 4 часов испытаний величина тока утечки с арматуры уменьшилась незначительно. Первые трещины на образцах появились после 6 часов испытаний. Процесс коррозии в образцах с арматурой, очищенной от коррозии сухой пескоструйной обработкой, представлен на рис. 2.

Часть образцов арматуры, покрытой ржавчиной, была очищена от продуктов коррозии сухой пескоструйной обработкой и покрыта различными защитными составами (№8, №9, №10, №11, №12).

Практически во всех образцах с арматурой, покрытой защитными составами, величина тока утечки была равна нулю. На поверхности арматуры появились рыжие пятна. Трещины в течение 12 часов не образовались.

В образцах с чистой арматурой (№13, №14, №15, №16, №17) процесс коррозии протекал по той же схеме, что приведена ранее. После 4 часов величина тока утечки уменьшилась незначительно. На выпусках арматуры появилась точечная коррозия. Первые трещины начали появляться после 6 часов испытаний. В течение двух часов на всех образцах появились трещины (диаметр очага 0,1 – 0,3 мм). Процесс коррозии в образцах с чистой арматурой представлен на рисунке 2.

При рациональном выборе методов защиты арматуры от коррозии важное значение имеет выбор экономически эффективных способов. В качестве критерия экономической эффективности принят минимум затрат, учитывающих себестоимость конструкций и материалов. Сравнение методов защиты показали, что для данного эксперимента экономически более эффективным методом защиты следует считать очистку арматуры вручную, чем достигается минимальное увеличение сметной стоимости по сравнению с использованием традиционных методов защиты от коррозии. Также следует отметить, что перед нанесением полимерных составов на арматуру ее необходимо очистить пескоструйной обработкой, а это приводит к еще большему увеличению сметной стоимости строительства.

Результаты проведенных экспериментов показали, что процесс коррозии в образцах с арматурой, покрытой слоем ржавчины, протекает значительно быстрее, чем в остальных образцах. Следовательно, применение ржавой арматуры при бетонировании недопустимо. Применение арматуры, очищенной от продуктов коррозии (вручную или пескоструйной обработкой), возможно, так как процесс развития коррозии во многом сходен с процессом, возникающим в образцах с чистой арматурой. Применение защитных покрытий обеспечивает надежную коррозионную стойкость арматуры. Следовательно, лучшим способом защиты от коррозии арматуры является нанесение защитных покрытий.

По литературным данным существующие средства и методы защиты арматурной стали от коррозии не в полной мере обеспечивают необходимую защиту, порой сложны и трудноосуществимы технически, а некоторые из них могут привести к водородному охрупчиванию высокопрочной арматуры. Методы защиты, основанные на изменении свойств арматуры, связанные с расходом легирующих добавок, значительно удорожают ее стоимость. Применение ингибиторов не нашло широкого распространения, так как они теряют способность пассивировать арматуру с течением времени.

Щелочная среда бетона сохранит арматуру только в том случае, когда арматура будет тщательно очищена от слоев омеднения и окислов. Большое значение в обеспечении антикоррозионной защиты имеют физико-химические свойства покрытий, позволяющих производить конструкции с металлическими арматурными стержнями, имеющими такие покрытия. Коэффициент защитной способности полимерных покрытий намного больше, чем у таких покрытий, как суспензия, эмульсия, лаки и т. д.

Для оценки влияния вида покрытия на коррозионную стойкость арматуры в железобетонных конструкциях, была проведена следующая серия экспериментов с 46 стальными стержнями длиной 30 см, покрытых слоем ржавчины. Одна часть стержней была подвергнута пескоструйной очистке, вторая – ручной зачистке, третья – обработке преобразователем ржавчины. Образцы предварительно были маркированы. Затем на стержни были нанесены четыре вида защитных покрытий. Для оценки скорости коррозионных процессов в качестве метода исследования был выбран ускоренный метод испытаний «метод полного погружения в электролит». Испытания проводились в электролизной ванне (рисунок 1), заполненной подсолонной водой (5%-раствор), в течение 12 часов при непрерывном прохождении электрического тока через арматурные стержни. Напряжение в цепи составляло 5 Вт.

В образцах N1 - N24 и N36 - N46 (покрытие без полимерных добавок) после 5,5 часов проведения эксперимента величина утечки тока увеличилась. В образцах с арматурой, очищенной от коррозии ручным способом и преобразователем ржавчины N30 - N35 (покрытие с полимерными добавками) величина тока утечки с арматуры уменьшилась незначительно. В образцах с арматурой очищенной от коррозии сухой пескоструйной обработкой N25 - N29 (покрытие с полимерными добавками) практически величина тока утечки была равна нулю.

ВЫВОДЫ

Результаты проведенных экспериментов показали:

- применение арматуры, очищенной от продуктов коррозии, при бетонировании возможно, так как процесс развития коррозии во многом сходен с процессом, возникающим в образцах с чистой арматурой;
- пескоструйная обработка арматуры является самым эффективным методом защиты арматуры и обеспечивает коррозионную стойкость ее;
- защитные покрытия арматуры с полимерными добавками дают высокую коррозионную степень стойкости.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Алексеев С.Н. Коррозия и защита арматуры в бетоне. – М.: Стройиздат, 1976. – 205с.
2. Алексеев С.Н., Иванов Ф.М., Модры С., Шиссель П. Долговечность железобетона в агрессивных средах: Совм. изд. СССР-ЧССР-ФРГ. – М.: Стройиздат, 1990. – 320с.
3. Москвин В.М., Иванов Ф.М., Алексеев С.Н., Гузеев Е.А. Коррозия бетона и железобетона, методы их защиты. – М.: Стройиздат, 1980.
4. Томашов Н.Д. Теория коррозии и защиты металлов. – М.: Изд АН СССР, 1959.
5. Шаталов А.Я., Маршаков И.К. Практикум по физической химии. – М.: Высшая школа, 1975.

УДК 624.012.45/46

Васильев А.А.

ОПЫТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ pH- И КАРБОМЕТРИИ ПРИ ОПРЕДЕЛЕНИИ СОСТОЯНИЯ ДЛИТЕЛЬНО ЭКСПЛУАТИРУЕМЫХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ

Целью настоящей работы является изучение возможности применения pH- и карбометрии при оценке состояния ЖБК при различных сроках их эксплуатации в атмосферных условиях.

Промышленные, транспортные, общественно-культурные и жилые здания и сооружения, где используют сборные железобетонные конструкции, требуют постоянного контроля оценки их состояния, особенно после длительных сроков эксплуатации в атмосферных условиях. Долговечность сооружений в таких условиях зависит от множества факторов [1, 2], но, в конечном счете, определяется воздействием внешней среды и условиями их эксплуатации.

Особого внимания требуют к себе недостроенные здания и сооружения, конструкции которых длительное время находятся под воздействием атмосферных условий без консервации.

В большинстве случаев воздействие кислых газов, содержащихся в воздухе, на бетон изучали индикаторным методом [1]. Данный метод позволяет определять толщину нейтрализованного слоя цементного камня в бетоне с фиксированным значением $pH = 10$, по которой нельзя судить о количественном распределении продуктов коррозии и их влиянии на pH водных вытяжек цементного камня на разной глубине залегания в конструкции. Такие данные представляют большой практический интерес при оценке состояния ЖБК, выборе рекомендаций по проведению ремонтно-восстановительных работ или для продолжения строительства незавершенных объектов.

Объектами исследования служили железобетонные конструкции различных типов.

Количественную оценку состояния бетона выполняли в следующей последовательности:

- определяли на месте поверхностную прочность бетона R. Для выполнения измерений использовали электронный измеритель прочности бетона ИПС-МГ4;
- вблизи замера прочности отбирали образцы для анализа pH водных вытяжек цементного камня и процентного содержания карбонатов.

В качестве образцов использовали сколы бетона толщиной не более 10-15 мм, отобранные из конструкций различного типа или порошков после перфорации бетона на разной глубине.

При определении R измерения проводили в трех местах на каждой конструкции, вычисляя средние значения. Обработку накопленных данных проводили по методу наименьших квадратов. Результаты с большими отклонениями значений R не использовали в расчетах средних значений.