

УДК 691.547.3

**СОВМЕСТНАЯ РАБОТА АРМАТУРЫ И БЕТОНА,
ИЗГОТОВЛЕННОГО В ЭКСТРЕМАЛЬНЫХ КЛИМАТИЧЕСКИХ
УСЛОВИЯХ**

Бржанов Р.Т.

Темірбетон конструкциялардың ұзақ уақытқа жарамдылық және беріктігі тәуелді болатыны бетон және арматура бірлескен жұмысына байланысты. Бетон және арматураның қирауы пайдаланудың қолданылатын шарттарымен, қосымшалармен, климаттық шарттармен олардың жасауында байланған. Деформация және коррозия процесстеріне болуға ықпал ететін факторлар қарастырылған.

Longevity and durability reinforce-concrete to the construction depends on joint work of concrete became. A concrete and steel can have damages, caused by climatic terms, applied additions, external environments. Factors, influencing on deformation and corrosive processes in steel, are considered.

Большая территория СНГ находится под суровым климатическим воздействием. Это морозы до минус 40-50°C зимой, жара летом 40-50°C, как мы видим перепад температур около 100°C. Вследствий такого большого перепада температур при бетонировании конструкции возникают температурно-влажностные деформации в твердеющем бетоне и в арматуре. Химические процессы в бетоне и в арматуре имеют вероятностный характер.

Поведение железобетона при отрицательных температурах имеет свои особенности.

Одним из решающих факторов, влияющих на совместную работу стали и бетона в конструкции, является различие в значениях температурных деформаций арматуры и составляющих бетона.

Согласно отечественным и зарубежным нормам проектирования железобетонных конструкций, коэффициент линейного расширения портландцементного бетона в диапазоне положительных температур до 100 °C рекомендуется принимать постоянным и равным $10 \cdot 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$, а арматурных сталей - $12 \cdot 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$. Отсюда видно, что

железобетон состоит из двух материалов с близкими или почти равными значениями коэффициента линейного расширения. Это важнейшее свойство железобетона, обеспечивающее ему высокие строительные и эксплуатационные качества.

Коэффициент линейного расширения арматурных сталей при обычной температуре составляет $11,1 \cdot 10^{-6} \dots 11,7 \cdot 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$, крупного заполнителя в виде песчаника или кварцита - $11,7 \cdot 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$, гранита - $9,5 \cdot 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$, известняка - $6,8 \cdot 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$, а цементного камня в пределах $4 \dots 55 \text{ } ^\circ\text{C}$ - $2 \cdot 10^{-6} \dots 5 \cdot 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ и портландцементного бетона - $3 \cdot 10^{-6} \dots 10 \cdot 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$. Поскольку в литературе отсутствуют сведения о коэффициенте линейного расширения бетона за пределами указанного диапазона температур, в том числе и при отрицательных температурах, при расчетах конструкций и сооружений он принимается равным коэффициенту линейного расширения, который рекомендуется для положительных температур. Железобетон в этом случае рассматривается как условно однородный материал, в котором при изменении температуры напряжений в месте контакта стали и бетона не возникает. Это предположение является одной из предпосылок применяемой в настоящее время методики расчета железобетона [1].

При понижении температуры и появлении температурных деформаций стальная арматура укорачивается. Замораживание высушенного бетона приводит к уменьшению его объема, однако в водонасыщенном бетоне деформации положительны, вследствие расширения бетона за счет увеличения объема замерзающей в порах и капиллярах воды. Известно также, что если бетон не расширяется при замораживании, коэффициенты линейного расширения его и стали в некоторых температурных интервалах различны (у стали он практически стабилен в диапазоне от $+60$ до $-60 \text{ } ^\circ\text{C}$). Вследствие различия коэффициентов линейного расширения бетона и стали при повторении циклов замораживания и оттаивания происходит расшатывание структуры бетона, что в итоге приводит к снижению несущей способности железобетонной конструкции и ее разрушению.

Таким образом, при замораживании насыщенной водой железобетонной конструкции соответствие температурных деформаций стали и бетона нарушается. Различие деформаций стали и бетона при воздействии отрицательных температур обуславливает возникновение в железобетонных элементах значительных внутренних напряжений и уменьшение прочности сцепления стали с бетоном. Растягивающие

напряжения в арматуре при замораживании насыщенных водой железобетонных конструкций могут достигать 120...150 МПа.

Напряжения, возникающие из-за несоответствия температурных деформаций стали и бетона, искажают поле напряжений, создаваемых внешними силами. Экспериментально доказано, что при попеременном замораживании и оттаивании резко снижается долговечность бетона, работающего на растяжение и изгиб. При этом она тем меньше, чем выше степень нагружения. Так, например, напряжения менее 0,25 сопротивления осевому сжатию призм практически не влияют на морозостойкость. При напряжениях, составляющих 0,45 призмной прочности, уже заметно ускоряются разрушительные процессы в замораживаемом бетоне, а при напряжениях, равных 0,6...0,8 призмной прочности, бетон разрушается в течение нескольких циклов замораживания.

Опыт эксплуатации железобетонных конструкций при отрицательной температуре показывает, что циклическое замораживание несущих конструкций приводит к повышению влажности бетона. При замораживании влажного железобетона ускоряется трещинообразование в растянутой зоне и увеличиваются размеры трещин. Однако повышение влажности бетона при замораживании происходит неравномерно, наиболее интенсивно - в растянутой зоне железобетонной конструкции. Это объясняется двумя причинами: расширением замороженного бетона при повышении его температуры и появлением разрежений в отдельных его микрообъемах, что приводит к созданию вакуума в бетоне и поглощению им воды из окружающей среды; миграцией влаги в виде пара из тех зон железобетона, где разрушение идет менее интенсивно. В этом случае перенос влаги из менее разрушенной сжатой зоны с мелкопористой структурой бетона в активно разрушающуюся растянутую зону может быть объяснен различием давлений пара переохлажденной адсорбированной воды в мелких порах и кристаллического льда в крупных порах и трещинах.

В водонасыщенном бетоне при замораживании увеличивается сцепление арматуры с бетоном. Обусловлено это явление, по всей вероятности, накоплением влаги в при арматурных трещинах и полостях, имеющих сравнительно большие размеры, способствующим процессу льдообразования на поверхности арматуры и лучшему зацеплению арматуры в бетоне. Однако при оттаивании бетона сцепление резко снижается. Сцепление снижается также при многократном переходе температуры через 0°C.

Интенсивные деструкция и водонасыщение бетона растянутой зоны железобетонных элементов при попеременном замораживании и оттаивании вызывают накопление остаточных положительных деформаций и, как следствие, рост растягивающих напряжений в арматуре, что приводит к хрупкому разрушению конструкции по арматуре. Исчерпание несущей способности железобетонных конструкций наступает при достижении напряжений и влажности, составляющих соответственно около 80 и 65% предельных значений. Разрушение происходит на конечной стадии замораживания, т.е. при наиболее низкой отрицательной температуре.

Арматура и бетон не всегда подвергаются коррозии под влиянием одних и тех же причин. Часто условия, влияющие на коррозию бетона, приводящие к понижению его плотности, содействуют коррозии арматуры. Арматура в бетоне подвергается коррозии в местах с высокой относительной влажностью, при наличии в воздухе сернистых газов, хлора, сероводорода и др. Одной из основных причин коррозии металла в бетоне являются электрохимические процессы, возникающие из-за неоднородности условий работы металла при неравномерном смачивании поверхности и неравномерной аэрации. Вследствие этого участки металла с более низкими значениями потенциала являются анодами, а с более высокими - катодами. Ионы металла на анодных участках будут переходить в раствор, а на катодных ионы водорода будут восстанавливаться в молекулы. При этом скорость коррозии зависит от воздухопроницаемости защитного слоя бетона и наличия в нем трещин.

При высокой влажности, когда все капилляры в бетоне заполнены влагой, бетон становится воздухонепроницаемым и арматура коррозии не подвергается. Наличие в воде электролитов усиливает коррозию арматуры по мере повышения их концентрации. Карбонизация бетона углекислотой воздуха повышает стойкость бетона против коррозии, но способствует развитию коррозии арматуры. В бетонах, изготовленных с добавкой хлористого кальция в количестве более 2% от веса цемента, стальная арматура подвергается коррозии. Большие добавки хлористых солей в "холодном" бетоне вызывают коррозию арматуры как в водной, так и в воздушной средах.

Одним из надежных способов защиты арматуры от коррозии является пассивирование поверхности арматуры, образование окисных пленок на металле в водной щелочной среде бетона. Этот эффект может быть усилен введением в состав бетонной смеси специальных пассивизаторов, например, нитрита натрия в количестве 2-3% от веса.

Щелочной характер среды бетона является благоприятным фактором для защиты арматуры и вызывает «пассивацию» поверхности стали. Однако при высокой пористости бетона пассивация арматурной стали нарушается вследствие проникновения углекислого и других кислых газов из окружающей среды. Наиболее интенсивно протекает процесс коррозии

арматуры при влажности около 80%. В плотном бетоне при 100%-ной влажности коррозия арматуры практически не возникает. Затухает коррозионный процесс также в воздушно-сухих условиях. Высоко агрессивной средой для арматуры железобетона являются влажный и жаркий климат морских районов с насыщенным солями воздухом. Коррозию арматуры могут вызывать также хлористые соли, вводимые в бетон для ускорения твердения. Их разрешается применять лишь для железобетонных конструкций с ненапрягаемой рабочей арматурой диаметром более 5 мм, предназначенных для эксплуатации в неагрессивных газовых и водных средах.

Основными средствами предотвращения коррозии арматуры в бетоне являются высокая плотность и надлежащая толщина защитного слоя, зависящая от влажности и агрессивности среды. Например, для конструкций в зоне переменного уровня воды толщина защитного слоя назначается не менее 5 см, а при диаметре арматуры более 24 мм не менее 2,5 диаметра. При применении поризованных и ячеистых бетонов арматуру защищают коррозионно-стойкими покрытиями.

Коррозия арматуры в бетоне возникает при уменьшении щелочности окружающего арматуру электролита до pH, равного или меньше 12, при карбонизации или коррозии бетона /2/.

Одним из надежных способов защиты арматуры от коррозии является пассивирование поверхности арматуры, образование окисных пленок на металле в водной щелочной среде бетона. Этот эффект может быть усилен введением в состав бетонной смеси специальных пассивизаторов, например, нитрита натрия в количестве 2-3% от веса цемента.

По своему влиянию на коррозию противоморозные добавки можно разделить на ингибирующие, не вызывающие коррозии арматуры, и стимулирующие этот процесс. Первая группа представлена нитритом натрия и нитрит-нитратом кальция, относящимися к ингибиторам коррозии анодного действия, наиболее эффективным в условиях коррозии арматуры с достаточной толщиной защитного слоя. Ко второй группе относятся поташ, нитрат кальция, мочевины и НКМ, к третьей - хлориды кальция и натрия.

Выводы:

1. Необходим учет климатических условий при изготовлении бетона, для обеспечения совместной и долговечной работы железобетонной конструкции.
2. При зимнем бетонировании железобетонных конструкций правильно применять противоморозные добавки, с тем чтобы не было коррозии арматуры и бетона.
3. В зависимости от условий эксплуатации железобетонных конструкций должна быть назначена толщина защитного слоя бетона.

Литература:

1. Алексеев С. Н. Коррозия и защита арматуры в бетоне. - М.: Госстройиздат, 1962.
2. Васильев А. И. Оценка коррозионного износа рабочей арматуры в балках пролётных строений автодорожных мостов // Бетон и железобетон. - 2000. - № 2. - С. 20–23.