

В силу симметрии задачи расчет проводился для одной половины исследуемой области. В массиве грунта была выделена часть полуплоскости шириной  $2,5b$  и глубиной  $3,5b$  ( $b = 0,9$  м - ширина фундамента), за пределами которой значениями перемещения массива можно пренебречь.

В расчетах были приняты следующие характеристики: модуль деформации грунта в естественном залегании  $E_1 = 18,0$  МПа (после замачивания  $E_1 = 3,4$  МПа) и  $\mu = 0,3$ ; модуль деформации уплотненного грунта подушки  $E_2 = 6,0$  МПа и  $\mu = 0,3$ ; модуль упругости арматуры в продольном направлении  $E_s = 45$  МПа, в поперечном  $E_s = 42,5$  МПа и  $\mu = 0,35$ ; фундамента  $E_f = 3,15 \cdot 10^4$  МПа и  $\mu = 0,2$ .

При моделировании рассматривались две схемы армирования:

- армогрунтовая прослойка на глубине  $h = 15$  см ( $z \leq 0,2b$ );
- армогрунтовая прослойка на глубине  $h = 45$  см ( $z = 0,5b$ ).

По результатам расчета МКЭ получены эпюры распределения реактивных давлений по подошве жесткого фундамента до и после замачивания.

Эпюры реактивных давлений по подошве жесткого фундамента носят седлообразный характер с возрастанием значений к краям. Под краями фундамента происходит концентрация напряжений; большие вертикальные напряжения приводят к возникновению предельного напряженного состояния грунта. Здесь развиваются зоны пластических деформаций, размеры которых по мере возрастаия нагрузки увеличиваются.

Наличие армирующей прослойки в зоне пластических деформаций препятствует развитию зон сдвига под краями фундамента, тем самым мешая образованию поверхностей скольжения и их развитию, приводя их к трансформации.

При различных схемах армирования эпюры контактных напряжений принимают различные очертания:

- в случае армирования на глубине  $z = 0,5b$  (45 см) контактная эпюра подобна эпюре неармированного основания;
- в случае армирования на глубине  $z \leq 0,2b$  (15 см) контактная эпюра имеет более пологое очертание с уменьшением ординат по краям.

Это можно объяснить тем, что горизонтальное армирование из-за включения в работу участков арматуры за пределами фундамента приводит к увеличению сопротивления грунта под его краями. Контактные эпюры имеют вогнутый характер как до, так и после замачивания. Однако после замачивания происходит снижение реактивных давлений по оси фундамента и их увеличение под краями.

Полученные данные аналогичны теоретическим результатам М.И. Горбунова-Посадова по исследованию влияния соотношения жестокостей фундамента и основания на характер распределения контактных эпюр.

Таким образом, распределение контактных давлений по подошве фундамента зависит не только от гибкости фундамента, но и от особенностей расположения армирующих элементов в массиве, материала армирующего элемента, особенностей контактного взаимодействия грунт-арматура, степени водонасыщенности грунтовой матрицы.

УДК 69.059.1

## К МЕТОДИКЕ ОЦЕНКИ И ВЫБОРА ЭФФЕКТИВНЫХ СИСТЕМ УСИЛЕНИЯ НЕСУЩИХ КОНСТРУКЦИЙ ПРИ РЕМОНТЕ И РЕКОНСТРУКЦИИ ЗДАНИЙ

В. П. УЛАСЕВИЧ, О. В. КОСТЮК

Брестский государственный технический университет

Важнейшими качественными показателями строительства как средства создания зданий являются их эксплуатационная надежность и долговечность. Эксплуатационная надежность здания в первую очередь зависит от того, насколько в процессе его эксплуатации обеспечена требуемая надежность всех его несущих конструкций. Проблема капитального ремонта несущих конструкций вызвана необходимостью поддерживать их в удовлетворительном состоянии без осуществления коренных переделок здания; проблема же ремонта конструкций при реконструкции зданий связана

с необходимостью усиления несущих конструкций при замене морально устаревшего оборудования.

Надежность несущих конструкций должна удовлетворять ГОСТ 27751-88 и может быть охарактеризована как *комплексное свойство*, позволяющее сохранять эксплуатационные качества в течение заданного срока службы и определяемое *безотказностью, долговечностью и ремонтопригодностью*. На стадии проектирования строительных конструкций в проектном решении удается заложить лишь такие показатели надежности, как *нормативный срок службы и безотказность, вероятность безотказной работы в заданный срок службы*. На стадии эксплуатации здания должны быть определены: *ремонтопригодность как возможность устранения причин возникновения отказов в межремонтный срок службы и удельная трудоемкость технической эксплуатации*. При этом на стадии эксплуатации определение всех вышеназванных показателей также затруднено в силу их характерной особенности: все они функционально связаны с временем эксплуатации здания. Поэтому *безотказность и ремонтопригодность определяют обычно во взаимосвязи с вероятностью появления дефектов и повреждений применительно к несущим конструктивным элементам здания, так как нарушение их работоспособности вполне прогнозируемо на стадии их обследования*.

В процессе *предварительного осмотра и детального обследования* конструкций необходимо, как правило, решать следующие задачи:

- установить, нет ли на объекте конструкций, находящихся в аварийной ситуации;
- выявить конструкции и узлы их сопряжения, имеющие дефекты и повреждения, и оценить их влияние на несущую способность;
- выявить конструкции, требующие усиления;
- разработать технологические и конструктивные мероприятия, позволяющие устранить выявленные дефекты и повреждения, снижающие эксплуатационную надежность здания.

Все обследуемые конструкции здания, с учетом особенностей выявленных дефектов и повреждений на момент его обследования, удобно классифицировать по *характерным признакам* применительно к одной из следующих *четырех категорий состояния*.

*Состояние I* – строительные конструкции удовлетворяют предъявляемым требованиям надежности, а долговечность конструкций, находящихся в *состоянии I*, не снижена по сравнению с проектной.

*Состояние II* – строительные конструкции удовлетворяют предъявляемым требованиям надежности в период эксплуатации, однако долговечность конструкций, находящихся в *состоянии II*, снижена по сравнению с предусмотренной проектом.

*Состояние III* – строительные конструкции не удовлетворяют предъявляемым требованиям надежности в стадии эксплуатации, поэтому требуют разработки конструктивных систем усиления. Угроза безопасности для работающих отсутствует.

*Состояние IV* – строительные конструкции не удовлетворяют предъявляемым требованиям надежности, а в здании существует угроза безопасности для работающих. Требуется разработка конструктивных систем усиления, а также разработка противоаварийных мероприятий.

При обследовании несущих конструкций зданий выбор *оптимальной конструктивной системы усиления* зависит от ряда факторов, учет которых будет существенно влиять как на надежность усиливаемой конструкции, так и на стоимость работ при ее реализации на объекте. Среди таких факторов отметим следующие:

- функциональное назначение здания;
- ремонтопригодность конструктивных элементов;
- выявление и устранение причин, вызывающих появление дефектов и повреждений;
- определение действительной несущей способности конструкций или узлов их сопряжения;
- технологичность производства работ при усиливании.

Так, усиление и ремонт несущих конструкций обычно происходят путем приварки к ослабленным конструкциям усиливающих элементов. Однако у этого метода есть недостатки, среди которых отметим следующее: усиливающие элементы часто весьма трудно включить в совместную работу с усиливаемой конструкцией вследствие того, что последнюю необходимо предварительно разгрузить, а это не всегда осуществимо. Иногда в усиливающих элементах перед приваркой нужно создать каким-либо способом предварительное напряжение. Если этого не сделать, то напряжения в усиливающем элементе при работе его под нагрузкой будут небольшими и усиливающая роль его

также невелика, а сечение элемента придется назначать неоправданно большим. Так, в целом ряде случаев применение электросварки подчас бывает недопустимо, затруднительно либо слишком дорого. Например, при усилении металлических балок перекрытий жилых зданий, где весьма трудно избежать возникновения пожара, или в тех случаях, когда металлоконструкции настолько изношены и повреждены коррозией, что любое воздействие на них может вызвать их обрушение.

Это побудило разработать ряд новых комбинированных систем ремонта и усиления конструкций, которые позволили повысить или восстановить несущую способность конструкции путем контактной передачи усилия с усиливаемой конструкцией на элементы, ее усиливающие, или через бетонные самонапряженные прослойки, или путем включения усиливаемого элемента в работу совместно с усиливающим. Такие комбинированные системы ремонта и усиления конструкций реализованы нами на ряде обследуемых объектов Брестской и Гродненской областей.

УДК 624.011.04

## ОЦЕНКА КОРРОЗИОННЫХ ПОВРЕЖДЕНИЙ БЕТОНА ЭКСПЛУАТИРУЕМЫХ КОНСТРУКЦИЙ

А. С. ЧИКИЛЕВ  
АОО "Гомельпромстрой"

Виды коррозионного повреждения бетона конструкций, находящихся в эксплуатации, многообразны и обусловлены составом, пористой структурой бетона, особенностями окружающей среды и сроками эксплуатации. Наиболее распространены следующие виды коррозионного повреждения (приведены в порядке убывания случаев повреждения):

- деструкция бетона вследствие периодического замораживания и оттаивания, особенно при одновременном воздействии растворов солей (противогололедных реагентов, технических растворов);
- утрата бетоном защитного действия по отношению к стальной арматуре вследствие карбонизации и/или проникания в бетон агрессивных к стали солей и, как следствие, коррозия арматуры и разрушение защитного слоя бетона, вызванное давлением слоя ржавчины. Следует знать, что увлажнение карбонизированного бетона конденсатом осадок или технологическими жидкостями снижает электрическое сопротивление и при отсутствии эффективного анодного торможения вызывает интенсивную коррозию арматуры. Опыты, выполненные с помощью ртутного порометра, показали, что в интервалах 0,01–0,1 и 0,1–1 мкм объем пор при карбонизации уменьшился примерно в 2 раза. Другие исследования показали, что поры размером от 12 до 800 мкм при карбонизации остаются без изменения. Отсюда следует вывод, что  $\text{CaCO}_3$  заполняет более мелкие поры, расположенные вокруг крупных;
- деструкция бетона, вызванная процессами внутренней коррозии и процессами перекристаллизации и набухания (взаимодействие щелочей с кремнеземом заполнителя, взаимодействие цементного камня с вредными примесями в заполнителе: гипсом, сульфат- и сульфидсодержащими породами и минералами, увеличение объема при гашении кусков негашеной извести, набухание кусков силикат-глыбы и др.);
- разрушение бетона техногенными и природными растворами кислот (технические кислоты: соляная, серная, азотная и др., серная кислота как продукт жизнедеятельности тионовых бактерий; гуминовые кислоты болотных вод, углекислота природных источников, биогенная серная кислота в зоне сероводородных источников и вод и др.);
- разрушение бетона кристаллизующимися солями из растворов при наличии испаряющей поверхности (разрушение в зоне капиллярного подсоса растворов солей и испарения – природные засоленные воды, технологические растворы);
- разрушение бетона от выщелачивания при фильтрации воды через конструкции из бетона.

Процесс оценки коррозионного повреждения бетона в эксплуатируемых конструкциях обычно включает в себя определение причин и степени повреждения, в отдельных случаях – прогноз развития коррозионных процессов.