

ПРЕДВАРИТЕЛЬНОЕ НАПРЯЖЕНИЕ ЖЕЛЕЗОБЕТОНА В СБОРНЫХ СПЕЦИАЛЬНЫХ ФОРТИФИКАЦИОННЫХ СООРУЖЕНИЯХ

Курлапов Д. В., к.т.н., доцент,

Лапшин Г. А., к.т.н., доцент ВИ(ИТ) ВА МТО г.Санкт-Петербург

Введение. Сборные фортификационные сооружения широко применяются в практике инженерного оборудования позиций и при создании стационарных защищённых объектов.

Сборные конструкции обладают рядом существенных достоинств по сравнению с монолитными и сборно-монолитными. Это в первую очередь большая скорость возведения сооружений, за счёт переноса изготовления конструкций в заводские условия, где производительность труда значительно выше, чем на строительной площадке. Для фортификационных сооружений сборные конструкции остаются безальтернативными.

Но наряду с достоинствами, сборные сооружения более дорогие, по сравнению с монолитными, и имеют большое количество швов и стыков, что ограничивает область их применения. Из сборных конструкций целесообразно делать сооружения только группы индивидуальной защиты. Соединения сборных элементов в специальных фортификационных сооружениях при воздействии современных средств поражения не обеспечивают гарантированно нормируемой герметичности.

Одним из возможных способов повышения жёсткости фортификационных сооружений может служить предварительное напряжение сооружения в целом.

Способ предварительного натяжения арматуры применяют как в сборных, так и в монолитных конструкциях и сооружениях. В монолитном исполнении с предварительным натяжением арматуры бетонируют пролетные строения мостов, большепролетные балки и плиты перекрытий, контурные элементы оболочек и куполов, резервуары, высотные сооружения и многие другие конструкции.

Предварительно напряжённый железобетон - это железобетон (конструкция, каркас), в котором до приложения внешней нагрузки искусственно создают внутренние напряжения, чаще всего, противоположные по знаку тем напряжениям, которые будут возникать при действии внешней нагрузки.

Преимущества преднапряжённого железобетона (железобетонного каркаса) перед обычным – это, прежде всего, его высокая трещиностойкость конструкций, повышенная жесткость конструкций и сооружения в целом, а также лучшее сопротивление динамическим нагрузкам, коррозионная стойкость, долговечность и определенный экономический эффект, достигаемый применением высокопрочной арматуры.

В изгибаемых элементах специальных фортификационных сооружений напряжённый бетон будет предположительно уменьшать откольное явление при воздействии обычных средств поражения. Так же вследствие уменьшения де-

формативности конструкции уменьшится уровень звукового давления, возникающий при колебаниях конструкций при воздействии современных средств поражения. Для определения конкретных результатов влияния предварительного обжата бетона на вышеприведенные параметры нужно проводить дополнительные исследования.

Создание предварительного напряжения бетона достигается двумя способами: натяжение арматуры на упоры и натяжение арматуры на готовый бетон. Известно, что натяжение на упоры является более индустриальным способом и находит применение в заводском производстве. Натяжение на бетон применяется главным образом для крупноразмерных конструкций, создаваемых непосредственно на месте их возведения. За последние годы в странах Европы и США все большее развитие получает использование предварительного напряжения с натяжением на бетон (постнатяжения), позволяющее эффективно преднапрягать монолитные конструкции. Данная технология получила распространение при строительстве монолитных путепроводов и мостов, в специальном же строительстве применяется крайне редко. Отчасти это связано с отсутствием норм и рекомендаций по расчету и конструированию подобных конструкций и сооружений.

Как правило, в промышленно-гражданском строительстве применяется система предварительного напряжения с использованием канатной арматуры. Существуют две принципиальные схемы систем преднапряжения: система предварительного напряжения со сцеплением (система с «восстановленным сцеплением») напрягаемой арматуры с бетоном и система преднапряжения без сцепления напрягаемой арматуры с бетоном. Каждая из систем имеет свои достоинства и недостатки, которые определяют диапазон эффективного применения этой системы.

Одним из используемых вариантов натяжения на бетон с восстановлением сцепления является вариант с использованием металлических гофр в качестве каналобразователей (рисунок 1).



Рисунок 1 – Каналообразователь

В процессе арматурных работ в конструкции укладывается каналобразователь из гофрированной стали толщиной 0,2...0,3 мм диаметром, необходимым для размещения требуемого количества канатов. Каналообразователи – это герметические гофрированные стальные трубы, изготавливаемые из стальной полосы методом вальцовки. Гофры изготовлены в виде двухзаходной резьбы, что позволяет соединять каналобразователи муфтами. Секции каналобразо-

вателей соединяют муфтами 300 мм из отрезков следующего из ряда диаметра. После установки каналобразователей производят проталкивание в них канатов. После полного монтажа конструкций производят натяжение канатной арматуры, например домкратом-натяжителем «EVOLUTION», с давлением 70МПа (рисунок 2) и инъектированием – заполнением каналов цементным расширяющимся раствором под давлением 0,8 МПа.



Рисунок 2 – Домкрат-натяжитель «EVOLUTION» арматурного каната с давлением 70МПа и насосная станция

Система с «восстановленным сцеплением» в промышленно-гражданском строительстве может получить большее распространение, если в качестве раствора для заполнения каналов для арматуры (канатов) будут использоваться смеси химических анкеров, например фирмы Hilti. В этом случае конструкция будет работать как единое целое.

Система предварительного напряжения без сцепления арматуры с бетоном подразумевает отсутствие сцепления напрягаемой арматуры с бетоном в течение всего срока эксплуатации. Как правило, используются канаты диаметром от 12 до 15,7 мм, где каждый канат имеет индивидуальную пластиковую оболочку со смазкой. Данная схема каната получила название «моностренд». Передача осевых усилий на бетон осуществляется за счет установки на торцах отрезка каната анкерных устройств. За счет наличия смазочного состава достигается минимальный коэффициент трения каната о стенки оболочки и соответственно минимальные потери от трения. Также за счет пластиковой оболочки и смазки напрягаемая арматура надежно защищена от коррозии на протяжении всего срока эксплуатации конструкции.

Канаты, выполненные по монострендовой технологии, сами по себе являются металлоконструкциями. Основу стренда составляют высокопрочные гальванизированные проволоки диаметром 5 мм каждая. Канаты включают в себя несколько прядей (стрендов). Расчетное сопротивление проволок может состав-

лять до 1860 МПа. Защитная оболочка стренда выполнена из высокоплотного полиэтилена и обладает стойкостью к воздействию ультрафиолетовых лучей и окружающей среды.

Доказано, что канаты без оболочки предпочтительно применять в заводских условиях при натяжении на упоры (с прямолинейным натяжением канатов). Способ натяжения этих канатов на бетон целесообразно применять в построечных условиях, для армирования длинномерных конструкций и каркасов. Наиболее выгодным вариантом следует считать способ натяжения канатов в оболочке на бетон, что уменьшает прогиб и позволяет применять их в построечных условиях для длинномерных конструкций и каркасов.

Распространение канатов защищенных и в оболочке еще не получили широкого применения в России. Пока не имеется общепризнанных государственных стандартов и строительных норм и правил в этой области, но, тем не менее, использование этих канатов для предварительного напряжения имеет большие преимущества, например для длинномерных и неразрезных конструкций и каркасов зданий и сооружений.

При создании специальных фортификационных сооружений нужно отдать предпочтение системе с «восстановлением сцепления». СФС при расчёте на общее воздействие специальных средств, боеприпасов объёмного взрыва, обычных средств поражения загружается полностью, и канаты без сцепления с арматурой начинают работать, не разрушаясь до заданного предельного состояния. СФС при местном воздействии обычных средств поражения могут разрушаться только в локальной области. В этом случае возможен разрыв каната, и вся система «рассыпается» удерживаясь только на сцеплении связующих растворов и бетонов.

Поэтому для фортификационных сооружений необходимо использовать систему с «восстановлением сцепления». В заполненных каналах растворами с расширяющимся цементом, составом для химических анкеров возникает монолитное сцепление, которое можно посчитать так же как анкеровку арматурных стержней в бетоне для совместной работы. Однако в процессе производства сборных панелей на заводе железобетонных конструкций каналы для канатов, изготовленные методом штока, необходимо прогрунтовать. Эта операция может быть совмещена с грунтовкой наружной поверхности сборных элементов при её гидроизоляции.

На кафедрах ВИ(ИТ) ведётся поиск рациональных конструктивно-компоновочных схем специальных фортификационных сооружений для размещения современной военной техники и вооружения. Одним из направлений этого поиска является создание быстровозводимых железобетонных СФС с предварительным напряжением арматуры каркаса.

В качестве примера специального фортификационного сооружения из сборных железобетонных элементов **шахтного типа** (вертикальное расположение элементов) можно привести разработанное сооружение командного пункта (рисунк 3). Сооружение собирается из колец, полуколец и плоских фундаментных плит и плит покрытия. Напряжение арматуры осуществляется вдоль ствола сооружения.

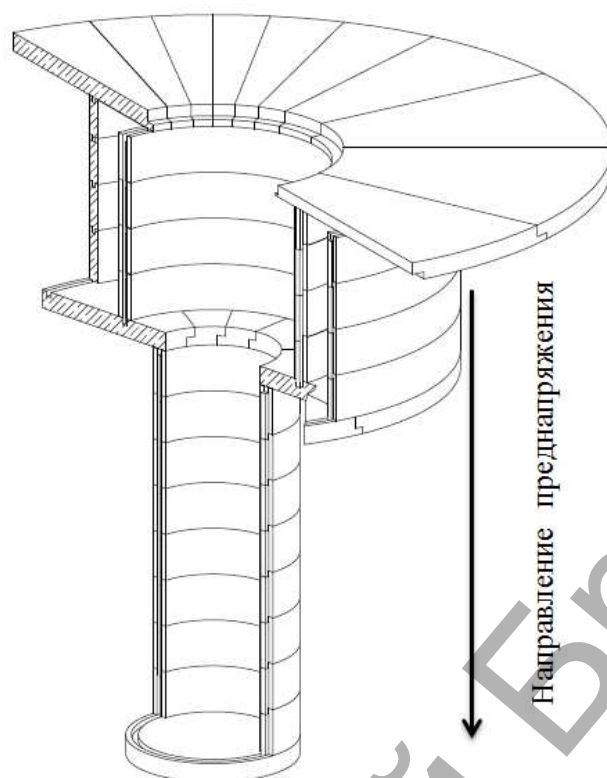


Рисунок 3 – Сборное СФС шахтного типа с предварительным напряжением арматуры на бетон вдоль ствола

При натяжении арматуры на бетон сборные железобетонные элементы изготавливаются на заводе. Предварительное напряжение в продольном направлении осуществляется после монтажа всех железобетонных элементов на строительной площадке.

Напрягаемую арматуру располагают в специально устраиваемых каналах в сборных элементах. Каналы имеют диаметр на 5...15 мм больше диаметра арматуры. Выполняют их при бетонировании элемента на заводе железобетонных конструкций путем укладки гофрированных стальных трубок (оболочек) или с помощью пустотообразователей (стальных спиралей и металлических штоков, трубок из кровельной стали, резиновых шлангов и т. д.), извлекаемых из свежеуложенного бетона. При натяжении арматура не имеет сцепления с бетоном колец, но каналы, для обеспечения совместной работы колец и предварительно напряжённой арматуры, могут потом быть заполнены раствором. Обжатие бетона происходит в процессе натяжения арматуры. Напряжения в арматуре контролируют после окончания обжатия бетона. Один конец арматурного стержня, пучка или каната, снабженный анкером, например клиновым стаканного типа, закрепляют на фундаментной плите и натягивают. При этом происходит обжатие бетона. После натяжения арматуры до заданного напряжения ее анкеруют со стороны расположения домкрата, в верхнем элементе сооружения.

Для предварительно напряженных железобетонных конструкций СФС и сооружения в целом следует предусматривать бетоны следующих классов по прочности на сжатие: В25; В30; В35; В40; В45; В50; В55; В60.

В качестве продольной напрягаемой арматуры рационально использовать горячекатаную и термомеханически упрочненную периодического профиля

классов А600 (А-IV), А800 (А-V) и А1000 (А-VI), холоднодеформированную периодического профиля классов от Вр1200 до Вр1500 (Вр-II) и канатную 7- и 19-проволочную классов К1400, К1500 (К-7, К-19).

Все элементы сооружения изготавливаются на заводе с нанесением на внешнюю поверхность проектной гидроизоляции. При монтаже стыки могут заполняться, например, расширяющейся смесью Вайтмикс НСТ с использованием гидрофильного резинового профиля для герметизации швов и стыков Гидротайт (hydrotite sj). Названные материалы для гидроизоляции имеют высокую скорость твердения, значительные прочностные характеристики после твердения, высокую гидроизоляционную способность, высокое значение коэффициента линейного расширения при твердении, как в воздухе, так и в воде. В настоящее время есть много гидроизоляционных материалов для стыков, способных в условиях низких температур обеспечивать герметизацию сооружения (Пенетрон, Эталон, Waterplast и др.).

Арочные сооружения, массово построенные в 60–80-е годы прошлого века в качестве СФС различного назначения, могли бы быть преднапряжены в продольном направлении с восстановлением сцепления с целью увеличения герметичности и гидроизоляционных свойств.

В качестве примера специального фортификационного сооружения из сборных железобетонных элементов горизонтально типа (наземное обсыпное) можно привести разрабатываемое следующий вариант сооружения.

Сооружение выполнено из сборных железобетонных рам пролетом 4,5 м, устанавливаемых вертикально на бетонную подготовку. На железобетонные рамы на заводе нанесена проектная наружная гидроизоляция, на стыки наклеен набухающий профиль из гидрофильной резины «Гидротайт СиДжей». Для заделки стыков возможно применение смеси заполнения гидроизоляционной расширяющейся смесью «Вайтмикс НСТ», которая достаточно быстро затвердевает и при этом за счет пространственного расширения полностью заполняет собой стык.

Рамы после монтажа предварительно напрягаются на конструкции (на бетон) металлическими канатами в продольном направлении.

Напрягаемые канаты пропускают через специально устраиваемые каналы в рамах. При натяжении арматура не имеет сцепления с бетоном рам. Надо восстановить сцепление с арматурой. Для обеспечения совместной работы рам и предварительно напряженной арматуры каналы должны быть заполнены раствором. Обжатие бетона происходит в процессе натяжения арматуры. Натяжения в арматуре контролируют после окончания обжатия бетона. Один конец арматурного стержня, пучка или каната, снабженный анкером, например клиновым стаканного типа, закрепляют на торцевой стене и натягивают. При этом происходит обжатие бетона. После натяжения арматуры до заданного напряжения ее анкеруют со стороны расположения домкрата, в другой торцевой стене.

После восстановления сцепления арматуры и бетона сооружение работает как единое целое, как монолитная конструкция.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате предварительного напряжения конструкций сборных фортификационных сооружений увеличивается их стойкость к воздействию совре-

менных средств поражения, повышается трещиностойкость конструкций, герметичность и гидроизоляционные свойства сооружений, улучшаются эксплуатационные параметры герметизации и защиты сооружения от обводнения.

СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Свод правил. «Предварительно напряжённые железобетонные конструкции»: СП 52-102-2004. – М., 2005.
2. Курлапов, Д. В. Железобетонные и каменные конструкции: учебник для курсантов и студентов/ Д. В. Курлапов, В. В. Тюкаев. – СПб.: ВИ(ИТ) ВАМТО, 2015.
3. Методическое пособие по расчёту предварительно напряжённых железобетонных конструкций: МСЖКХ. –М., 2015.
4. Портаев, Д. В. Расчет и конструирование монолитных преднапряженных конструкций гражданских зданий. АСВ. – М., 2011.

УДК 624.15+69.05:378.2

ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА «КОНСТРУКТОР ЗДАНИЯ» ДЛЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ОБЪЕКТОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ BIM-ТЕХНОЛОГИИ

Сливка Д. Н., директор ОДО НПП «БрестКАД»

ОДО НПП «БрестКАД» более тридцати лет занимается успешной разработкой и внедрением программного обеспечения в области строительства. На данный момент основная задача ОДО НПП – разработка современного программного обеспечения для всей строительной отрасли республики.

Следует отметить, что процесс формирования расчетной модели объектов требует перехода от реальной конструкции к идеализированной расчетной схеме, которая отражает фактическую работу элементов объекта только с определенной долей приближения, что и определяет необходимость поиска новых подходов.

Тем более бурное развитие информационных технологий обусловило появление принципиально нового подхода в строительном проектировании, заключающемся в создании компьютерной модели объекта, несущей в себе все сведения о нём, т. е. информационного моделирования объектов.

Подход к проектированию объектов через их информационное моделирование предполагает прежде всего сбор и комплексную обработку в процессе проектирования всей архитектурно-конструкторской, технологической, экономической и иной информации со всеми ее взаимосвязями и зависимостями, когда проектируемый объект и все, что имеет к нему отношение, рассматриваются единым целым.

Главное отличие нового подхода от прежних методов проектирования заключается в том, что возникающий объем этой технической работы, выполняемой компьютером, носит принципиально иной характер, и человеку самому с ним уже не справиться.

Такой подход к проектированию объектов получил название Информационное моделирование зданий, или сокращенно BIM (от принятого в английском языке термина Building Information Modeling).