

**Применение предварительного напряжения
в построечных условиях**

Назарова М.А.

(Научный руководитель – Зверев В.Ф.)

Белорусский национальный технический университет,

Минск, Беларусь

Современное строительство трудно представить без использования предварительно напряженного железобетона, особенно в тех случаях, когда образование трещин в конструкциях недопустимо по условиям эксплуатации. Примером таких конструкций могут служить различные емкости, резервуары, плавательные бассейны, ледовые стадионы, трубопроводы, конструкции, эксплуатируемые при воздействии агрессивных сред. Чтобы избежать появления трещин в бетоне и уменьшить деформации конструкции в стадии эксплуатации применяют предварительно напряженные конструкции.

Хотелось бы отметить целесообразность использования преднапряжения в ленточных и плитных фундаментах. Отсутствие трещин на всех стадиях нагружения фундамента обеспечивает защиту рабочей арматуры от коррозии.

Преднапряжение может осуществляться со сцеплением напрягаемой арматуры с бетоном и без сцепления. Для того чтобы обеспечить возможность натяжения арматуры после твердения бетона, арматура должна иметь возможность свободного перемещения в бетоне. Для этого напрягаемая арматура заключается в каналообразователи: полиэтиленовые трубы (извлекаемые или неизвлекаемые) для системы без сцепления или металлические трубы – для системы со сцеплением. Передача усилий на бетон осуществляется при помощи устанавливаемых на концы напрягаемых элементов анкерных устройств. Как правило, для преднапряжения используются арматурные канаты. Канат в конструкции раскладывается между верхней и нижней сеткой арматуры в соответствии с формой эпюры изгибающих моментов (линией главных растягивающих напряжений). Захват каната на анкере осуществляется при помощи клинового цангового захвата (рисунок 1).

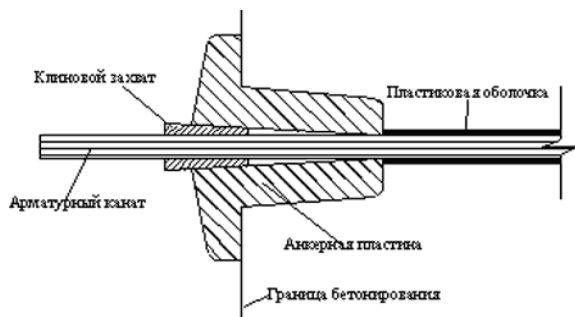


Рисунок 1. Схема анкерного устройства



Рисунок 2. Сечение каната в оболочке

После набора бетоном передаточной прочности, производится натяжение каната при помощи гидравлического домкрата. В зависимости от типа раскладки каната, возникающие при натяжении усилия вызывают напряжения обжатия бетона и, при криволинейности раскладки канатной арматуры, разгружающие усилия по длине пролета.

При выполнении предварительного напряжения со сцеплением напрягаемой арматуры с бетоном, в тело конструкции на стадии опалубочных работ и армирования укладываются каналообразователи, которые изготавливаются, как правило, из тонколистовой вальцованной в холодном состоянии стали толщиной 0,2- 0,35 мм. Вальцевание осуществляется в поперечном направлении по винтообразной линии. Это позволяет увеличить жесткость каналообразователей и улучшить сцепление. После бетонирования в образовавшиеся полости вводятся арматурные элементы из высокопрочной стали (канаты). Затем производят поэтапное натяжение канатов при помощи гидравлического домкрата с тщательным контролем усилия натяжения, после производят инъектирование полости бетоном под давлением. После твердения происходит сцепление арматурно-

го элемента с бетоном. На данный момент технология со сцеплением арматуры с бетоном показала себя как наиболее эффективная при возведении мостовых пролетов, массивных балочных конструкций и высотных сооружений.

В случае применения систем без сцепления в тело конструкции на стадии производства опалубочных работ и армирования укладываются специальные канаты заводского изготовления в гофрированную пластиковую оболочку, которую в последующем заполняют специальным составом, который уменьшает сцепление арматуры с бетоном и защищает ее от коррозии. За счёт этого напрягаемая арматура имеет возможность свободно перемещения относительно бетона как в процессе натяжения, так и при эксплуатации конструкции. Каналообразователи монтируются с канатами или без них и анкеруются. После набора бетоном прочности 70-80% от расчётной, производится монтаж неактивного анкера с прямоугольной опорной плитой (для предотвращения местного смятия бетона конструкции). После этого монтируется активный анкер. С помощью гидравлического домкрата двойного действия выполняется натяжение канатов с последующим закреплением клиновыми анкерами с захватами. Перед заливкой бетона на анкера надеваются формообразователь – опалубочный элемент для создания углубления – “ниши натяжения”. После натяжения арматурного каната с помощью гидравлического домкрата, усилие которого контролируется по манометру, анкер закрывается пластиковой пробкой. При применении преднапряженных конструкций с системой преднапряжения без сцепления с бетоном следует учесть следующее: преднапряженная арматура передает усилия на бетон не по всей длине, а только в местах анкерования на торцах конструкции, а также в местах перегиба канатов. Соответственно, преднапряжение должно быть принято в расчете как приложенные к конструкции внешние силы. Силы, возникающие в местах перегиба канатов, зависят, в первую очередь, от геометрии каната и усилий в нем. Как правило, в конструкциях применяется два типа раскладки канатов - свободная раскладка, при которой фиксируются только анкерные элементы, и фиксированная

раскладка, с фиксированием каната на подкладках. При свободной раскладке геометрия каната определяется его жесткостными характеристиками, собственным весом и габаритами конструкции.

Таким образом, система без сцепления наиболее эффективна при возведении конструкций сравнительно небольшого сечения.

В настоящее время в Минске возводится многофункциональный комплекс на перекрестке проспекта Независимости и ул. К.Калиновского с применением предварительного напряжения железобетона.

Основные пролеты между несущими конструкциями (колоннами) 8.4м x 8.4м.

Для предварительного анализа создана модель и обусловлены геометрические параметры перекрытия.

Основными преимуществами технологий преднапряжения монолитного железобетона являются:

1. Снятие ограничений по максимально возможному шагу колон. Все чаще по архитектурным или технологическим требованиям стало возможно применение преднапряженного монолитного железобетона с шагом колон до 20-24 метров и консолей до 10 метров.
2. Благодаря применению бетонов с повышенными классами прочности, строгой технологии изготовления, преднапряженные конструкции имеют высокие эксплуатационные свойства, такие как трещиностойкость, повышенная жесткость конструкции (за счет обратного выгиба, получаемого при обжатии конструкции), лучшее сопротивление динамическим нагрузкам, коррозионная стойкость, долговечность, сейсмостойкость, исключение растягивающих напряжений в бетоне, стойкость к разрушению от взрывов и т.д..
3. Уменьшение толщины плит перекрытий и фундаментов, в зависимости от нагрузок и шага колон, до 50 % по сравнению с непреднапряженными конструкциями. Нагрузки от веса перекрытий в конечном итоге уменьшают нагрузки на колонны и фундаменты, что существенно снижает общий расход бетона на перекрытия, колонны и фундамент. Увеличение пролетов плитных конструкций до 9-12 м при ограничении их толщины может быть достигнуто при создании неразрезности плит средствами

предварительного напряжения без использования сварки для соединения конструкций между собой.

4. Уменьшение расхода периодической арматуры в конструкциях с преднапряженными высокопрочными канатами до 40%. Например, в плитах перекрытия основное количество арматуры идет вокруг колон для компенсации напряжений от продавливания, а по всей плите, по нижнему поясу – арматурная сетка. Расход высокопрочных канатов на квадратный метр для перекрытий составляет около 4-6 метров. Но для каждого проекта необходимо проводить тщательный расчет, который определит фактический расход материалов. Удельная стоимость арматуры снижается с увеличением прочности арматуры. Поэтому высокопрочная арматура значительно выгоднее обычной. Однако применять высокопрочную арматуру в конструкциях без преднапряжения не рекомендуется, т. к. при высоких растягивающих напряжениях в арматуре трещины в растянутых зонах бетона будут значительно раскрыты, снижая при этом необходимые эксплуатационные качества конструкции.
5. Современные технологии преднапряжения построены на минимальном времени работы на строительной площадке, поэтому в настоящее время полный цикл преднапряженного монолитного железобетона, от монтажа подмостей, до преднапряжения канатов составляет сутки. Этот цикл обеспечивается за счет заранее заготовленных и собранных элементов для преднапряжения, химических добавок в бетон и автоматизированного оборудования.
6. Выполнение всех технологических операций с преднапряженным монолитом исключает необходимость применения заводов ЖБИ.

Недостатки технологии преднапряжения монолитного железобетона:

1. Строгая технологическая дисциплина и высокая технологичность. Нарушение технологии изготовления, несоблюдение требуемых условий натяжения арматуры могут привести к снижению несущей способности предварительно напряженных конструкций, а иногда и к их разрушению.

2. Внецентренное приложение усилий обжатия способно вызвать трещины в бетоне растянутой зоны сечения, а также в торцах конструкций при сосредоточенном и неравномерном приложении усилий обжатия.
3. Большие усилия, передаваемые напрягаемой арматурой на бетон, могут привести к местному разрушению бетона от смятия под анкерами, потере сцепления арматуры с бетоном у ее концов вследствие проскальзывания напрягаемой арматуры и разрушению конструкции в целом. Для их предупреждения необходимо создавать местные уширения конструкций, за счет дополнительного расхода металла усиливать отдельные участки конструкции.

Все же, преимущества предварительно напряженных конструкций настолько значительны, что, несмотря на недостатки и усложнение процесса их изготовления, они находят широкое применение в строительстве.

Опыт применения технологии предварительного напряжения в нашей стране не столь обширен как за рубежом но, тем не менее, данная методика привлекает всё большее внимание со стороны архитекторов и проектировщиков. Использование преднапряженного железобетона позволяет снизить стоимость строительства, расход стали и объем бетона, увеличить устойчивость и сейсмостойкость конструкций, зданий и сооружений в целом. Таким образом, развитие производства предварительно-напряженного железобетона необходимо для дальнейшего совершенствования строительства. Предварительное напряжение бетона в конструкциях в построечных условиях демонстрирует новые возможности и определяет перспективу развития железобетона в качестве материала для возведения современных зданий и сооружений.