

УДК 624.012

Особенности проектирования и расчета междуэтажного перекрытия с предварительно напряженной арматурой в построечных условиях

Ильенков О.В.

(Научный руководитель – Зверев В.Ф.)

Белорусский национальный технический университет,
Минск, Беларусь

На данный момент все больше и больше зданий и сооружений в нашей стране выполняются с использованием монолитного железобетона. В отличие от сборных конструкций монолитный железобетон обеспечивает большую гибкость в области архитектурно-планировочных решений. В отличие от монолитных конструкций сборный железобетон обладает одним существенным преимуществом – возможностью использования в нем предварительного напряжения, существенно повышающего жесткость и трещиностойкость конструкций.

В последнее время начинает подниматься интерес к технологии преднапряженного монолитного железобетона в построечных условиях в промышленном и гражданском строительстве.

Виды систем предварительного напряжения

Как правило, в гражданском строительстве применяется система предварительного напряжения с использованием канатной арматуры. Существуют две принципиальные схемы систем преднапряжения: система предварительного напряжения со сцеплением напрягаемой арматуры с бетоном и система преднапряжения без сцепления напрягаемой арматуры с бетоном.

Система предварительного напряжения без сцепления напрягаемой арматуры с бетоном

Данная система 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 усилий на бетон осуществляется за счет установки на торцах каната анкерных устройств. За счет наличия смазочного состава достигается минимальный коэффициент трения каната о стенки канала и соответственно минимальные потери преднапряжения от трения. Также за счет пластиковой оболочки и смазки напрягаемая арматура надежно защищена от коррозии на протяжении всего срока эксплуатации конструкции.

Система предварительного напряжения со сцеплением напрягаемой арматуры с бетоном

Основным отличием системы преднапряжения со сцеплением напрягаемой арматуры с бетоном является то, что каналообразователь, выполняемый из трубы из гофрированной стали или пластика, после натяжения находящихся в нем канатов заполняется безусадочным цементным раствором, обеспечивающим в дальнейшем защиту канатов и передачу усилия с канатов на бетон конструкции по всей длине каната.

Технология монтажа система предварительного напряжения со сцеплением с бетоном состоит из следующих технологических процессов:

Монтаж каналообразователей и анкеров, герметизация стыков каналообразователей.

«Набивка», или протяжка, напрягаемой арматуры в каналообразователи.

Натяжение канатной арматуры после набора бетоном достаточной передаточной прочности.

Инъектирование каналообразователей.

Таблица 1. – Преимущества и недостатки систем преднапряжения со сцеплением и без сцепления

Параметр	Система преднапряжения со сцеплением	Система преднапряжения без сцепления
1. Потери на трение	Коэффициент трения $\mu = 0,15-0,21$	Коэффициент трения $\mu = 0,06$
2. Область применения	Массивные балки, фундаментные плиты	Тонкие перекрытия, силовые полы по грунту, невысокие балки
3. Ограничения по производству работ	Инъектирование при температуре не менее $+5^{\circ}\text{C}$	Работы могут производиться при любой темпера-

Параметр	Система преднапряжения со сцеплением	Система преднапряжения без сцепления
		туре
4. Трещиностойкость	Площадь напрягаемой арматуры со сцеплением учитывается в расчете на трещиностойкость и раскрытие трещин	Площадь напрягаемой арматуры без сцепления не учитывается в расчете на трещиностойкость и раскрытие трещин
5. Габариты	Минимальный диаметр канала 50 мм	Диаметр каната в оболочке всего 2 мм
6. Передача усилий	Передача усилий на бетон осуществляется по всей длине каната, за счет сил сцепления	Передача усилий на бетон происходит только по торцевым анкерам

Раскладки напрягаемой арматуры в статически неопределимых конструкциях

Как правило, в статически неопределимых конструкциях напрягаемая арматура раскладывается в форме приближенной к эпюрам изгибающих моментов от равномерно распределенной нагрузки.



Рисунок 1. Идеализированная модель арматурного каната (по модели Лина)

Как правило, при расчетах фактическая раскладка в конструкции заменяется на идеализованную. Наиболее распространенная форма идеализованной раскладки подразумевает замену фактической геометрии каната в последовательность направленных вверх

парабол и прямолинейных участков. Участок каната над колонной, где парабола направлена вниз, заменяется точечной сосредоточенной силой.

Впервые подобная модель была предложена в середине 1950-х гг. американским ученым Т.И. Лином и получила название модель Лина.

Данный подход позволяет чрезвычайно просто и с высокой точностью моделировать преднапряжение в конструкции, загружая ее равномерно распределенными нагрузками и сосредоточенными силами. Данный метод также называют методом баланса нагрузки – load balancing method.

Моделирование предварительного напряжения с помощью температурной нагрузки

Преднапряженная арматура может быть смоделирована также напрямую при помощи стержневых элементов. Сечения стержневых элементов задаются соответствующими сечениям напрягаемой арматуры, подбирается соответствующий модуль упругости элемента. Предварительное напряжение моделируется путем приложения к стержневым элементам температурной нагрузки:

$$\Delta t = \frac{\varepsilon_0}{\alpha},$$

где $\varepsilon_0 = \frac{\sigma_0}{E_p}$, E_p – модуль упругости напрягаемой арматуры, σ_0 – контролируемое натяжение напрягаемой арматуры, α – коэффициент линейного расширения арматурной стали.

Достоинства применения технологии предварительного напряжения железобетонных конструкций в построечных условиях

Наиболее важные преимущества, предлагаемые системами преднапряжения монолитного железобетона, могут быть кратко перечислены следующим образом:

- по сравнению с железобетоном, значительная экономия бетона и стали;
- меньшие прогибы, в сравнении со стальными и железобетонными конструкциями;

- меньшая ширина раскрытия трещин и, следовательно, постоянная защита стали от коррозии;
- увеличение длины пролетов;
- снижение толщины перекрытий;
- сокращение нагрузок на фундамент;
- уменьшение общего веса сооружений, что чрезвычайно важно для зон повышенной сейсмической активности.

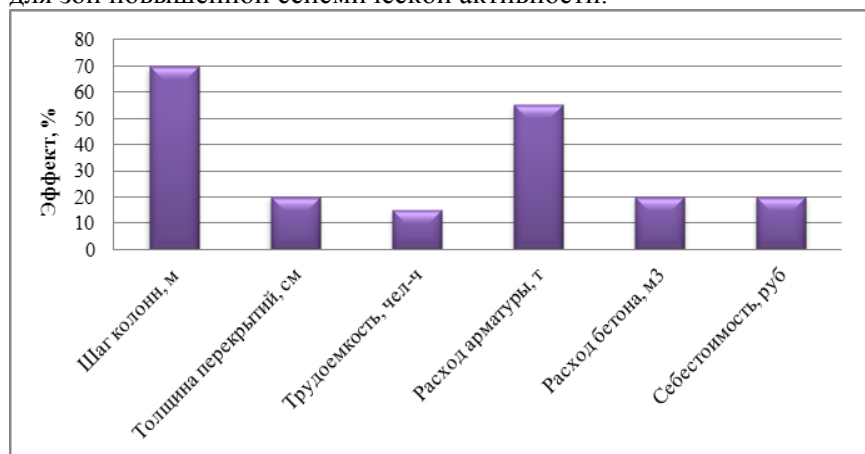


Рисунок 2. Достоинства применения технологии предварительного напряжения в построечных условиях

ЛИТЕРАТУРА

1. Еврокод 2. Проектирование железобетонных конструкций. Часть 1-1. Общие правила и правила для зданий. Мн.: Стройтехнорм. – 206 с.
2. СНБ 5.03.01-02. Бетонные и железобетонные конструкции. – Минстройархитектуры. – Мн.: Стройтехнорм, 2002. – 274 с.
3. Портаев Д.В. Расчет и конструирование монолитных предварительно напряженных конструкций гражданских зданий: Научное издание. – М.: Издательство АСВ, 2011. – 248 с.
4. Ritz, P. Post-Tensioned Slabs/ Dr. P. Ritz. – VSL International LTD, 1985.
5. Stevenson, A. M. Post-Tensioned Concrete Floors in Multi-Storey Buildings/ A. M. Stevenson. – British Cement Association, 1994.