

Список цитированных источников

1. Драган, В.И. К вопросу эффективности узлового соединения структурных конструкций / В.И. Драган, Н.Н. Шалобьга // Вестник БрГТУ. Строительство и архитектура – 2006 – № 1 (37). – С. 127-130.
2. СНиП II-23-81*. Нормы проектирования Часть II. Стальные конструкции – М.: Стройиздат, 1990. – 136 с.
3. Рекомендации по проектированию структурных конструкций / ЦНИИСК им В.А. Кучеренко. – М.: Стройиздат, 1984. – 304 с.
4. Чернышев, Г.Н. Асимптотические методы в теории оболочек (сосредоточенные нагрузки) / Г.Н. Чернышев // Сб.: Тр. VII Всес. конф. по теории оболочек и пластинок. – М.: Наука, 1966.
5. Шалобьга, Н.Н. Напряженно-деформированное состояние узла из полого шара новой металлической структурной конструкции: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.23.01 / Н.Н. Шалобьга. – Брест, 2009. – 24 с.
6. Государственный стандарт союза СССР Шайбы класса точности С к высокопрочным болтам: ГОСТ 22355-77*.– Введ. 01.01.79. – М.: Изд-во стандартов, 1987. – 3 с.

УДК 625.142.4: 624.042

ОБ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПРОЧНОСТИ БЕТОНА ПРИ ОСЕВОМ РАСТЯЖЕНИИ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ БЕТОННЫХ ТРУБ

Шепелевич Н.И.

Введение. Бетонные трубы широко применяются в практике строительства самотечных канализационных коллекторов. Так, бетонные безнапорные трубы по ГОСТ 20054-82 (диаметром от 100 до 1000 мм) изготавливали с заданными геометрическими параметрами. Несущая способность труб обеспечивалась заданной прочностью бетона на осевое растяжение [1]. СТБ 1163-99 так же были предусмотрены аналогичные трубы, геометрические размеры и прочностные характеристики которых устанавливались рабочими чертежами [2].

В 2000 и 2003 год РУП «Институт БелНИИС» были разработаны выпуски №2 и №4 типовой серии БЗ.008.1-1 на бетонные безнапорные трубы с внутренним диаметром от 100 до 600 мм. Трубы были запроектированы как изгибаемые элементы, несущая способность которых обеспечивается прочностью бетона на растяжение путем применения соответствующего класса бетона по СНиП 2.03.01[3].

Производство бетонных безнапорных труб диаметром 150 – 300 мм было налажено в ОАО «Трест № 15 «Спецстрой» (г. Минск) методом виброформования, а труб диаметром 300-400 мм – на РУП «Спецжелезобетон» (г.Микашевичи) по технологии вибропрессования. Если говорить о зарубежной практике, то, например, DIN V 4032 предусмотрены бетонные трубы диаметром от 100 до 1500 мм, и данные трубы в больших объемах производятся в Германии [4].

С введением в действие СНБ 5.03.01 возникла необходимость переработки рабочих чертежей труб. Так как в СНБ отсутствуют классы бетона по прочности при осевом растяжении, то расчетное сопротивление бетона на растяжение принимают в зависимости от класса прочности бетона при осевом сжатии (при $\gamma_c = 1,8$) [5]. При этом значения расчетного сопротивления бетона на растяжение получаются существенно ниже, чем в случае применения соответствующих

классов бетона. Так, для бетона класса С25/30 расчетное сопротивление бетона при осевом растяжении составляет 1,0 МПа, соответствующее же значение для бетона класса Вt2.4 – 1,85 МПа.

Для обеспечения несущей способности бетонных труб необходимо увеличить толщину их стенок. Согласно СНБ 5.03.01 следует так же устанавливать конструктивную арматуру. Наличие каркаса, расположенного в зоне срединной поверхности труб, существенно (в 1,5...2 раза) удлиняет время укладки бетона в форму, что отражается на их стоимости.

На наш взгляд, установка арматурных каркасов в трубах диаметром 150-400 мм приведет лишь к расходу арматурной стали и снижению объемов производства. Десятилетний опыт производства бетонных безнапорных труб диаметром 150 – 300 мм ОАО «Трест № 15 «Спецстрой» подтверждает их качество и надежность.

Основная часть. Расчет бетонных безнапорных труб по ГОСТ 20054-82 был выполнен еще по СНиП II-21-75 [6], как бетонных изгибаемых элементов, к которым предъявляются требования I категории по трещиностойкости. Условие прочности продольных сечений стенки трубы имеет вид:

$$M \leq k R_p \cdot W_T; \quad (1)$$

где M – максимальный изгибающий момент, возникающий в продольном сечении стенки трубы от действия внешней нагрузки;

R_p – расчетное сопротивление бетона при осевом растяжении, принимаемое в зависимости от марки бетона по прочности на осевое растяжение;

W_T – момент сопротивления продольного сечения стенки трубы с учетом пластических свойств бетона, принимаемый равным $bh^2/3,5$;

h – толщина стенки трубы.

В СНиП 2.03.01 использовалась аналогичная методика расчета, с отличием лишь в том, что расчетное сопротивление бетона на растяжение R_p принималось в зависимости от класса прочности бетона на осевое растяжение (нормативного сопротивления) [3].

В СНБ 5.03.01-02 для расчета бетонных изгибаемых элементов используется формула аналогичная (1), в которой расчетное сопротивление бетона на осевое растяжение $f_{сид}$ принимаются в зависимости от класса прочности бетона при осевом сжатии при коэффициенте безопасности $\gamma_c = 1,8$.

В таблице 1 приведены сравнительные технические характеристики бетонных безнапорных труб диаметром 150-500 мм первой группы по несущей способности, расчет которых выполнен по различным методикам.

Таблица 1

Диаметр трубы, мм	ГОСТ 20054-82			СНиП 2.03.01-84			СНБ 5.03.01-02		
	Марка бетона	R_p кгс/см ²	h, мм	Класс бетона	R_{bt} МПа	h, мм	Класс бетона	$f_{сид}$	h, мм
150	P25	15	30	B,2.0	1,55	30	C20/25	0,833	45
200	P25	15	35	B,2.0	1,55	35	C20/25	0,833	50
300	P30	18	45	B,2.4	1,85	45	C25/30	1,0	65
400	P30	18	55	B,2.4	1,85	55	C25/30	1,0	75
500	P30	18	65	B,2.4	1,85	65	C25/30	1,0	90

Таким образом, при расчете на прочность бетонных труб методике по СНБ 5.03.01, толщина их стенки увеличивается в $\approx 1,4$ раза. Следует отметить, что в

таблице 1 представлены технические характеристики бетонных труб первой группы (самой низкой) по несущей способности. При проектировании безнапорных труб второй и третьей группы по несущей способности по методике СНБ 5.03.01-02 потребуется (для сохранения соотношения толщин стенок 1,4) применение бетонов классов не ниже С30/37.

Опыт производства бетонных труб диаметром 150-300 мм показывает, что выполнение приемо-сдаточного контроля прочности бетона (отпускной и проектной) на осевое растяжение не представляет существенных проблем. Так, например, трубы диаметром 300 мм второй группы по несущей способности изготавливали из мелкозернистого бетона класса В_{2.4}. Контроль (приемно-сдаточный) прочности бетона на осевое растяжение производился по методике ГОСТ 10180 с использованием бетонных призм 10х10х40 см. [7]. При этом средняя прочность мелкозернистого бетона на растяжение при изгибе составляла 4,8...5,2 МПа.

Известно, что показатель прочности бетона на растяжение важен не только для расчета, но и для оценки качества структуры бетона. Так, в [8] дефектность структуры бетона предлагается оценивать отношением его прочности при сжатии к прочности при растяжении. Современные технологии производства труб (вибропрессование и радиальное прессование) обеспечивают получение стабильные характеристики прочности бетона на растяжение, и данный показатель может быть рекомендован в качестве контролируемого при производстве труб [9].

В таблице 2 приведены результаты испытаний контрольных образцов бетонных труб диаметром 300 и 400 мм.

Таблица 2

Марка трубы	Толщина стенки, <i>h</i> , мм	Класс бетона	Контр. нагрузка, $P_{стр}$ кН/м	Разрушающая нагрузка, кН/м	Средняя прочность f_{cm} , МПа
БТ30.10-1	55	В _{1.6}	28,4	33,5	2,19
БТ30.10-2	55	В _{2.4}	39,2	44,2	2,90
БТ30.25-1	55	В _{1.6}	28,4	34,6	2,27
БТ30.25-2	55	В _{2.4}	39,2	46,8	3,07
БТ40.25-1	60	В _{2.0}	34,3	40,5	2,88
БТ40.25-2	60	В _{2.8}	47,1	50,3	3,58

Трубы марок БТ30.10-1 и БТ30.10-2 изготовлены методом виброформования из мелкозернистого бетона (ОАО «Трест № 15 «Спецстрой») с расходом цемента (М500) около 550 кг/м³, а трубы марок БТ30.25-1, ..., БТ40.25-2 изготовлены методом вибропрессования (РУП «Спецжелезобетон») из обычного тяжелого бетона при расходе цемента около 400 кг/м³. Испытание труб произведено трехлинейной нагрузкой по методике СТБ 1163 (см. рис. 1).

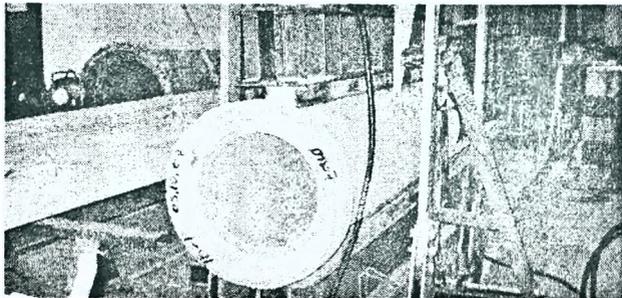


Рисунок 1 – Испытание бетонной трубы марки БТ30.25-2

Разрушение труб носило хрупкий характер, т.е. при образовании первой же трещины труба (практически мгновенно) разламывалась на четыре сегмента (см. рис. 2).

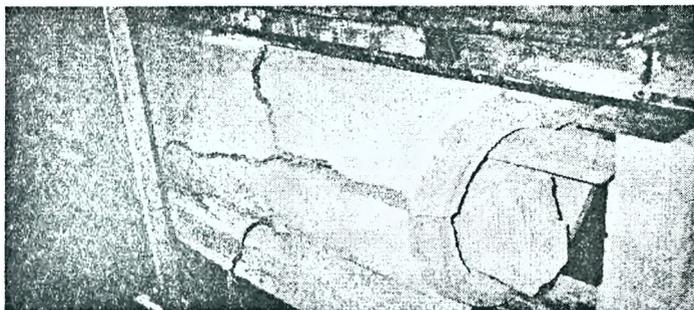


Рисунок 2 – Характер разрушения бетонной трубы

При заданной схеме нагружения значение максимального изгибающего момента M_{crc} на единицу длины трубы, определяется по формуле

$$M_{crc} = 0,318 P_{crc} r_m; \quad (2)$$

где P_{crc} – значение предельной нагрузки на единицу длины трубы;

r_m – радиус срединной поверхности сечения.

Предельный момент трещиностойкости сечения стенки трубы M_{crc} , определяется по формуле

$$M_{crc} = f_{ctm} h^2 / 3,5; \quad (3)$$

где f_{ctm} – среднее сопротивление бетона осевому растяжению;

h – толщина стенки трубы.

Таким образом, зная предельное значение контрольной нагрузки, с помощью зависимостей (2) и (3) можно определить среднее значение прочности бетона на осевое растяжение непосредственно в изделии. Как видно из таблицы 2, фактические значения прочности бетона на осевое растяжение обеспечивают восприятие проектных нагрузок и в основном (за исключением трубы марки БТ40.25-2) соответствуют принятому проектному классу бетона. Фактическая прочность бетона на осевое растяжение в трубе диаметром 400 мм второй группы по несущей способности (БТ40.25-2) составила 3,58 МПа, что $\approx 3\%$ ниже проектной (при этом труба выдержала испытания нагружением).

Выводы.

1. Расчет и проектирование бетонных безнапорных труб следует вести с использованием показателя прочности бетона при осевом растяжении.

2. В рабочих чертежах и технических условиях на трубы следует приводить значение расчетного сопротивления бетона на осевое растяжение, принятое при проектировании той или иной марки трубы, а в процессе производства труб осуществлять его контроль по ГОСТ 10180 и статистической обработке результатов испытаний бетона.

Список цитированных источников

1. Трубы бетонные безнапорные. Технические условия: ГОСТ 20054-82. – М.: Издательство стандартов, 1985. – 27 с.
2. Трубы бетонные и железобетонные безнапорные. Общие технические условия: СТБ 1163-99. – Введ. 7.06.1999. – Минск: Минстройархитектуры Республики Беларусь, 1999. – 33 с.

3. Betonrohre und Formstucke. Maße. Technischerbedingungen: DIN 4032. – 1990. – 19 s
4. Бетонные и железобетонные конструкции: СНиП 2.03.01-84. – М.: ЦИТП Госстроя СССР, 1985. – 79 с.
5. Бетонные и железобетонные конструкции: СНБ 5.03.01-02. – Минск: Минстройархитектуры. 2003. – 139 с.
6. Бетонные и железобетонные конструкции: СНиП II-21-75. – М.: Стройиздат, 1976. – 90 с
7. Бетоны. Методы определения прочности по контрольным образцам: ГОСТ 10180-90. – М.: Издательство стандартов, 1990. – 45 с.
8. Грушко, И.М. О физических основах прочности бетона при растяжении / И.М. Грушко // Вопросы теории и технологии железобетона. – Харьков. – 1972. – С. 11-14
9. Тевелев, Ю.А. Железобетонные трубы Проектирование и изготовление / Тевелев Ю.А. – М.: Изд. Ассоциации строительных вузов, 2004. – С. 86-96.

УДК 624.014.2

НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОЕ СОСТОЯНИЕ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ БАЛОК С ПОЛОГИМ ОТГИБОМ ЧАСТИ ПРОДОЛЬНОЙ ПРЕДВАРИТЕЛЬНО НАПРЯЖЕННОЙ АРМАТУРЫ

Малиновский В. Н., Шалобыта Н.Н., Холодарь Б.Г.

Введение. Повышение трещиностойкости железобетонных балочных конструкций осуществляется путем создания предварительного обжатия бетона при помощи рабочей арматуры. Традиционно для этих целей используются прямолинейные продольные стержни, располагающиеся в нижней зоне сечения балок. Данный подход существенно сказывается на трещиностойкости нормальных сечений, но практически не оказывает влияния на трещиностойкость наклонных сечений. Для повышения трещиностойкости наклонных сечений целесообразным является обжатие бетона в вертикальном направлении. Создать такое обжатие эффективно возможно при помощи перевода (отгиба) части продольной арматуры из нижней зоны в пролете в верхнюю на опорах. Благодаря отгибу решаются и другие важные вопросы: рассредоточивается напрягаемая арматура по торцу балки, уменьшается вероятность образования горизонтальных трещин на ее концевых участках, улучшаются технико-экономические показатели конструкции, прежде всего за счет снижения арматуры на поперечное армирование в виде хомутов и поперечных стержней, улучшаются условия бетонирования опорных зон балок [2, 3, 4].

В отечественных нормах [1] отгибы отнесены к одному из видов поперечного армирования, однако роль их в оценке сопротивления действию внешних усилий имеет неоднозначность и даже определённую противоречивость. Наличие поперечной и отогнутой арматуры, по мнению большинства исследователей, приводит к уменьшению угла наклона диагональных трещин, образующихся в опорной зоне балок и, вследствие этого, при применении оценки прочности наклонных сечений по методу стержневой модели («ферменной аналогии») несущая способность сжатого подкоса выше несущей способности растянутого опорного раскоса, что не удовлетворяет заложенным принципам данного метода. Кроме того, при отсутствии поперечного армирования стержневая модель оценки несущей способности наклонных сечений норм [1], неприменима в целом, так как ортогональная поперечная арматура, заменяющая растянутый раскос условно выделенной из балки фермы, отсутствует.

Принятые отечественные нормы [1] позволяют производить расчет прочности наклонных сечений и по двум другим методикам: на основе расчетной модели наклонных сечений (метод предельных усилий) и используя упрощенный деформационный метод расчета.