

УДК 574.075

Ю.В.ГЛАЗУНОВ, канд. техн. наук

Украинская государственная академия железнодорожного транспорта, г.Харьков

РАБОТА СТАЛЕБЕТОННЫХ СТЕРЖНЕЙ ПРИ ЦЕНТРАЛЬНОМ СЖАТИИ

Рассматриваются особенности работы сталебетонных стержней под нагрузкой, приведены их технико-экономические характеристики. Описаны результаты теоретических и экспериментальных исследований работы сталебетонных стержней при центральном сжатии. Рассматривается влияние ползучести бетона на несущую способность стержней.

С развитием производительных сил в строительстве возникает необходимость внедрения все более эффективных и экономичных конструкций. Бетон в сочетании со стальной арматурой является основным материалом для жилищно-гражданского, промышленного, энергетического, транспортного и сельскохозяйственного строительства.

Известно, что основные направления прогресса в современных строительных конструкциях тесно связаны с проблемой экономии стали. Замена стальных конструкций железобетонными приводит к более экономному расходу стали, но это не всегда связано с экономией денежных средств. Поэтому наряду с поисками успешно конкурирующих решений в железобетоне стимулируется развитие других комплексных материалов и конструкций, в частности, сталебетонных.

Этому способствует ряд преимуществ сталебетонных конструкций: упрощение технологии изготовления; сокращение расходов на опалубку и закладные детали; простота сборки, ремонта и усиления; совмещение функций рабочей арматуры с защитным ограждением от механических и других воздействий. Для изготовления сталебетонных конструкций не требуется применение специальных форм; монтаж элементов осуществляется так же, как и металлических; стальная обойма выполняет роль продольной и поперечной арматуры. Бетон за счет объемного напряженного состояния воспринимает напряжения, значительно превышающие призмную прочность, что позволяет достичь экономии стали и бетона.

Экономичность сталебетонных конструкций с внешним армированием, по сравнению с традиционными железобетонными, обеспечивается за счет более эффективного использования арматуры. Однако, несмотря на высокую экономичность, широкое применение сталебетонных конструкций сдерживается из-за недостаточной разработанности способов их расчета. Поэтому исследование сталебетонных конструкций является актуальной задачей.

Технико-экономические исследования [1, 2] показали, что применение сталебетонных элементов для колонн промышленных зданий позволяет экономить до 35-45% стали по сравнению со стальными колоннами и до 14% – с железобетонными. Приведенные затраты снижаются в первом случае на 28-33%, во втором – на 51-57%. Использование сталебетонных колонн в подкрановых эстакадах позволяет экономить до 17-22% стали по сравнению со стальными и до 9% – с железобетонными. Приведенные затраты снижаются на 28-36%.

Создание необычных конструктивных схем, освоение новых технологических процессов изготовления труб и разработка узлов [3, 4], использование на заводах ЖБК вибрационных процессов для скоростного заполнения труб бетоном способствуют развитию сталебетонных конструкций.

Сборка конструктивных элементов трубобетонных конструкций, как и стальных, производится при помощи электросварки. Стык элементов по длине осуществляется впритык. Конструктивные особенности соединений трубобетонных элементов позволяют образовывать из них пространственные решетчатые системы различных конструкций.

Применение трубобетонных конструкций обуславливается требованиями технологии строительства, условиями температурно-влажностного режима, агрессивностью среды, характером оборудования и длиной пролета. Бетон, защищенный от влияния внешней среды, можно использовать в строительстве, где обычный железобетон не применяется [5, 6].

Применение сталебетона наиболее целесообразно в элементах, работающих на большое сжимающее усилие. Сталебетон также применяется в сжатых поясах арок, в опорных раскосах и элементах большепролетных ферм, мостовых опорах, стойках сооружений рамной конструкции, несущих конструкциях гражданских сооружений, опорах линий высоковольтных электропередач, в высотных радио- и телевизионных мачтах и стойках шахтного крепления.

Трубобетонный стержень является комплексной конструкцией, состоящей из стальной трубы и бетонного ядра, работающих совместно. Такая конструкция обладает многими положительными качествами. Прочность бетонного ядра, стесненного стальной оболочкой как обоймой, повышается примерно в два раза по сравнению с первоначальной.

Исследованиями [7, 8] установлено, что вместо ожидаемой усадки происходит набухание бетона в трубе и его расширение, сохраняющееся на протяжении многих лет, что создает благоприятные условия для его работы. Разбухание характерно для бетона, не только заклю-

ченного в стальную трубу, но и изолированного любым другим способом от окружающей среды, что подтверждается известными опытами О.Я.Берга с изолированными бетонными образцами [9].

Причиной разбухания является отсутствие влагообмена между бетоном и внешней средой. В вышеуказанных опытах через 135 дней на одном из образцов была снята изоляция, что вызвало быстрое развитие деформаций усадки, которые стали почти такими же, как и у аналогичных неизолированных образцов. Величины усадочных продольных деформаций изолированного образца весьма незначительные и составляют $\varepsilon_2 = (2 \div 3) \cdot 10^{-5}$. Это является одним из преимуществ трубобетона в сравнении с железобетоном.

Изоляция бетона от окружающей среды создает лучшие условия для работы бетона под нагрузкой. Эксперименты свидетельствуют, что в неизолированном бетоне нагрузка вызывает более значительную деформацию во времени, чем в изолированном. В неизолированном бетоне развитие микротрещин все время прогрессирует, у изолированного бетона при том же напряжении оно полностью прекращается в первые 2-3 дня. В неизолированных образцах нелинейность деформаций ползучести наблюдается в течение 20-30 суток, а в изолированных – нелинейность исчезает при аналогичных напряжениях за 2-7 суток.

Заполнение стальной трубы бетоном повышает ее противокоррозионную стойкость, защищая от коррозии ее внутреннюю поверхность, уменьшает гибкость элементов, увеличивает местную устойчивость стенок трубы, повышает сопротивление оболочки вмятию в узлах сопряжения и при ударных воздействиях во время транспортирования и монтажа.

Наружная поверхность трубобетонных конструкций примерно в два раза меньше, чем конструкций из профильного проката, вследствие этого у них меньше расходы по окраске и эксплуатации. На цилиндрических поверхностях задерживается меньше пыли и грязи, являющихся активизаторами процессов атмосферной коррозии, поэтому трубобетонные конструкции имеют повышенную коррозионную стойкость.

Использование цилиндрических стержней в сооружениях, подверженных ветровым нагрузкам, позволяет снизить эти нагрузки за счет улучшения аэродинамических свойств. Стержень круглого сечения является равно устойчивым при одинаковых расчетных длинах. Жесткость на кручение такого стержня значительно выше, чем у стержней открытого профиля. При применении трубобетонных конструкций не требуется окраски, металлизации или герметизации внут-

ренных поверхностей труб, что необходимо для трубчатых конструкций, не заполненных бетоном.

Применяя стальные конструкции вместо железобетонных, необходимо учитывать условия, в которых они будут находиться при эксплуатации. Обследованиями установлено, что при повышенных температурах конструкции из железобетона с бетонами обычных марок разрушаются через 5-10 лет вследствие пересушивания бетона и дегидратации цементного камня. В агрессивных средах агломерационных фабрик в условиях воздействия мышьяковистого ангидрида были случаи разрушения конструкций за четыре года. Значительная коррозия железобетона в цехах цветной металлургии. В этих и других подобных неблагоприятных условиях с успехом можно применять трубобетон, в котором бетон защищен от агрессивных воздействий стальной оболочкой.

Оценка эффективности сталебетонных колонн производилась в сопоставлении с эффективностью железобетонных колонн. Для обеспечения условий принятых вариантов соблюден принцип сопоставимости, который предусматривал расчет конструкций на одинаковые нагрузки. Сопоставляемые конструкции запроектированы в соответствии с действующими строительными нормами и правилами, имеют одинаковые нормативные и расчетные характеристики бетона и стали, длины, назначения и условия эксплуатации.

Основная цель сочетания стальных конструкций с железобетонными – достижение более высоких технико-экономических показателей сооружений за счет использования преимуществ каждого из компонентов комбинированных конструкций при одновременном устранении их недостатков. Этому способствует хорошая сочетаемость стальных конструкций с тяжелым и легким бетонами, монолитным и сборным железобетонами.

Армирование бетона внешней оболочкой означает его изоляцию от окружающей среды. Таким образом, создаются лучшие условия для работы бетона под нагрузкой. Тонкостенные колонны с металлической оболочкой, заполненной бетоном, отличаются от обычных колонн из армированного бетона более рациональным использованием материалов.

По сравнению с неизолированным бетоном бетонное ядро имеет повышенную прочность благодаря боковому обжатию, создаваемому оболочкой, и меньшую усадочную деформацию, так как отсутствует влагообмен между материалом и внешней средой. Предельная деформация ползучести железобетонных образцов в сравнении со сталебетонными, больше в 3-4 раза. Нелинейность деформаций ползучести в

неизолированных образцах проявляется в течение 20-30 суток, а в изолированных – в первые 2-7 суток. Железобетонные образцы, армированные продольной арматурой, равной по площади сечению оболочки, разрушаются при нагрузке, в два раза меньшей, чем разрушающая нагрузка сталебетонных элементов. Прогибы сталебетонных образцов в 5-10 раз меньше, чем железобетонных, если нагрузка одинакова.

Наряду с этим необходимо отметить такие преимущества сталебетонных конструкций, как упрощение технологии их изготовления, сокращение расходов на опалубку и закладные детали, простота сборки, ремонта и усиления, лучшая сопротивляемость в агрессивных средах, уменьшение высоты элементов благодаря отсутствию защитного слоя и компактному расположению арматуры.

В сталебетонных конструкциях стальная оболочка выполняет одновременно функции как продольного, так и поперечного армирования, воспринимает усилия по всем направлениям и под любым углом. Боковое давление обоймы препятствует развитию микротрещин разрыва в бетонном сердечнике, который в условиях всестороннего сжатия выдерживает напряжения, значительно превосходящие призматическую прочность. Одновременно обойма, заполненная бетоном, оказывается в значительной степени предохраненной от потери местной и общей устойчивости.

Сталебетонные конструкции очень надежны в эксплуатации – в предельном состоянии они не теряют несущую способность мгновенно, как железобетонные, а еще длительное время способны выдерживать нагрузку. Бетон в обойме приобретает новые, выгодные для него свойства. Стальная оболочка в поперечном направлении начинает работать только после достижения бетоном предельного состояния по прочности.

Эффективность строительных конструкций определяется расходом материалов для их производства, трудозатратами и, в конечном итоге, стоимостью. Применение сталебетонных конструкций взамен железобетонных позволяет снизить их металлоемкость и трудоемкость изготовления, повысить надежность.

Преимущество сталебетонных конструкций по сравнению с железобетонными состоит в том, что они не нуждаются в закладных деталях и в опалубке, так как в этом случае используется стальная обойма. Особенно ощутимо преимущество сталебетонных элементов там, где закладные детали составляют относительно большую удельную массу от общей массы металла.

В результате применения сталебетонных колонн взамен железобетонных одинаковой несущей способности снижается себестоимость

строительства и на 30-40% уменьшается расход металла.

1. Кикин А.И., Санжаровский Р.С. Конструкции из стальных труб, заполненных бетоном // Строительство и архитектура. – 1998. – № 5. – С.35-37.
2. Клименко Ф.Е. Прочность и деформативность сталежелезобетонных изгибаемых элементов с листовой сталью на тяжелом и легком бетоне // Вестник Львовского политехнического института. – 1996. – № 11. – С. 24-28.
3. Росновский В.А. Труبوبетон в мостостроении. – М.: Трансжелдориздат, 2001. – 195 с.
4. Сковорцов Н.Ф. Применение сталетруبوبетона в мостостроении. – М.: Авто-трансиздат, 2002. – 98 с.
5. Власов В.З. Тонкостенные упругие стержни. – М.: Стройиздат, 1997. – 233 с.
6. Smith F., Brown R. The Shearing Strength of Concrete, Bull. Univ. of Washington, N 106, 2001, p. 205.
7. Долженко А.А. Усадка бетона в трубчатой обойме // Бетон и железобетон. – 1990. – № 7. – С.14-17.
8. Санжаровский Р.С., Кусябгалиев С.Г. К технологии заполнения и твердения бетона в стальных трубах // Доклады к XXIV научной конференции ЛИСИ. Строительные материалы. – Л., 1994. – С.44-48.
9. Берг О.Я., Рожков А.И. Исследование неупругих деформаций и структурных изменений высокопрочного бетона при длительном действии сжимающих напряжений // Тр. ЦНИИС. Вып.70. – М., 1999. – С.57-61.

Получено 28.10.2004

УДК 624.01

Я.О.СЛОБОДЯН, канд. техн. наук

*Державний науково-дослідний інститут автоматизованих систем у будівництві,
м.Київ*

АВТОМАТИЗАЦІЯ НЕЛІНІЙНОГО РОЗРАХУНКУ ПРОСТОРОВИХ СИСТЕМ СПОРУД В СКЛАДНИХ УМОВАХ ДЕФОРМАЦІЙНИХ НАВАНТАЖЕНЬ

Робота присвячена створенню автоматизованого методу нелінійного розрахунку на основі теорії методу скінчених елементів та шагового методу послідовного навантаження, чисельним дослідженням нелінійного деформування складних просторових систем експериментальних споруд у всьому діапазоні силових та деформаційних навантажень у вигляді ступінчатих деформацій земної поверхні із застосуванням програмного комплексу ЛІРА [1].

Для отримання оптимальних проектних рішень сучасних складних технічних об'єктів, зведених у складних ґрунтових умовах, що складають майже 70% території України, необхідно вирішити важливу проблему автоматизації проектування на основі створення універсальних математичних моделей та загального методу нелінійного розрахунку просторових систем споруда-основа, що дозволяє проводити дослідження складних режимів силових та деформаційних навантажень у вигляді нерівномірних вертикальних і горизонтальних переміщень