

зданий. Под «зданием-представителем» понимается типичное здание для каждого отдельного класса проектируемых, возводимых, эксплуатируемых или реконструируемых зданий.

Такой подход весьма актуален в связи с широкомасштабной паспортизацией зданий. Использование таких моделей в процессе поверочных расчетов паспортизируемых зданий позволит не только оценить текущее состояние несущих элементов, но и составить прогноз их работы при изменении условий эксплуатации, вызванных в том числе и реконструкцией.

1.Городецкий А.С., Евзеров И.Д. Компьютерные модели конструкций. – К.: ФАКТ, 2005. – 344 с.

2.Дыховичный А.А. Модели строительных конструкций и их идентификация: Дис. ...д-ра техн. наук. – К., 1995. – 322 с.

3.Расчетные модели сооружений и возможность их анализа / А.В.Перельмутер, В.И.Сливкер. – К.: ВПП «Компас», 2001. – 448 с.

*Получено 09.04.2007*

УДК 545.185

Ю.В.ГЛАЗУНОВ, канд. техн. наук

*Украинская государственная академия железнодорожного транспорта, г.Харьков*

### **ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНО-ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОЧНОСТИ И УСТОЙЧИВОСТИ СТАЛЕБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ**

Исследуются прочность и устойчивость в конструкциях с внешним армированием. Рассматривается экономическая эффективность применения в строительстве конструкций, выполненных из сталебетона. Показаны результаты теоретических и экспериментальных исследований конструкций с внешним армированием под нагрузкой.

Сборные и монолитные железобетонные конструкции с внешним армированием получили распространение в различных отраслях строительства в нашей стране и за рубежом. Этому способствовали следующие факторы: расширение области применения железобетона (для специальных сооружений энергетического и гидротехнического строительства и др.), технико-экономическая эффективность таких конструкций, а также возможность использования внешней арматуры в качестве опалубки при монолитном способе возведения сооружений.

В данном исследовании обобщен отечественный и зарубежный опыт применения сталебетонных конструкций в промышленном и гражданском строительстве [1-4].

Сегодня бетон и сталь – основные материалы в строительстве, которые работают как единая конструкция и позволяют во многих случа-

ях наилучшим образом использовать каждый из этих двух материалов в соответствии с его свойствами.

К сталебетонным конструкциям с внешним армированием относятся: плиты, армированные гладкой листовой сталью или профилированными (гофрированными) стальными настилами; линейные сталебетонные балочные элементы, армированные обычной и высокопрочной напрягаемой внешней полосовой арматурой; колонны, выполненные из брусковых элементов с внешним армированием четырьмя уголками; трубобетонные элементы; сталебетонные фермы из гнутых профилей и др.

В настоящее время для большепролетных автодорожных и городских сталежелезобетонных мостов применяют преимущественно неразрезные балки постоянной высоты, предварительно напряженные с регулированием на опорах. В наибольших пролетах предварительное напряжение осуществляют путем натяжения высокопрочной арматуры.

В сталебетонной балке с внешним армированием связь гладкой полосовой арматуры с бетоном за счет различных типов анкеров является решающей для обеспечения надежности работы конструкции под нагрузкой. Назначение связей – обеспечивать монолитность работы такой конструкции, препятствовать сдвигу полосовой арматуры относительно бетона и воспринимать поперечные силы, действующие по наклонным сечениям.

Несущая способность образцов с жесткими упорами при наличии одиночных связей зависит от прочности бетона, а деформации сдвига – от жесткости упора и степени обжатия бетона. В опытных образцах в момент разрушения напряжения в бетоне превышали осевые напряжения сжатия в 1,8 раза.

Несущая способность гибких упоров обусловлена прочностью бетона и самого упора при изгибе, деформация сдвига в значительной степени зависит от величины обжатия бетона в основании упора.

Характер распределения сдвигающих сил и деформаций сдвига при работе ряда связей исследовался на образцах, состоящих из двух парных железобетонных блоков. В каждом блоке располагалось по четыре связи.

При выборе конструкции анкеров для применения в сталебетонных образцах исходили из простоты и надежности их крепления к полосовой листовой арматуре с помощью сварки. Из различных видов связей-анкеров наиболее простыми в изготовлении и наименее металлоемкими являются анкеры в виде отдельных стержней, приваренные в тавр к полосовой листовой арматуре.

В тонкостенных колоннах с металлической оболочкой прямоугольного и круглого сечений, заполненной бетоном, наиболее рационально используются сталь и бетон. По сравнению с неизолированным бетоном, бетонное ядро имеет повышенную прочность вследствие обжатия оболочкой с двух сторон, и меньшую усадочную деформацию [1].

Для расчетов на прочность принят следующий деформационный критерий: ограничение относительных пластических деформаций стали и полных относительных деформаций бетона некоторыми предельными величинами. Специальными исследованиями были уточнены нормы расчетов на специфические для сталебетонных конструкций усадочные и температурные воздействия.

Методы расчета сталебетонных конструкций аналогичны с расчетом железобетонных и металлических конструкций. Сооружение в целом рассчитывается методами строительной механики – определяются усилия, действующие на отдельные элементы конструкции. При расчете необходимо учитывать прочность конструктивных элементов при осевом кратковременном сжатии и устойчивость сжато-изогнутых элементов [2].

При расчете на устойчивость с учетом плоской формы изгиба балки возникают трудности с геометрическими несовершенствами конструктивных элементов, сварочными напряжениями, а также пластическими деформациями, которые начинают развиваться при достижении предельного состояния сталебетонной конструкции.

Проверку общей устойчивости сжатого пояса сталебетонной конструкции необходимо выполнить, исходя из следующего уравнения:

$$\sigma_B \leq \varphi R,$$

где  $\sigma_B = M_z / I_{c,z}$  – напряжение в центре тяжести сечения сжатого пояса проверяемой балки;  $M_z$  – наибольший расчетный изгибающий момент, возникающий в панели балки;  $I_{c,z}$  – момент инерции сжатого пояса балки относительно оси  $z$ ;  $R$  – расчетное сопротивление стали;  $\varphi = f(\lambda)$  – коэффициент продольного изгиба центрально сжатого стержня, учитывающий развитие пластических деформаций и сварочных напряжений;  $\lambda$  – гибкость рассматриваемого эквивалентного стержня [3].

Гибкость  $\lambda$  определяется по формуле

$$\lambda = \pi \sqrt{\frac{E\mu}{\sigma_B}},$$

где  $E$  – модуль упругости стали;  $\mu = \frac{1}{M} \sqrt{\int_a^b \frac{(M_x)^2 dy}{d}}$  – коэффициент,

приблизительно учитывающий особенности очертания эпюры моментов в балке на длине  $d$  рассматриваемой панели;  $M_x = f(y)$  – функция изгибающего момента по длине панели;  $\alpha, b$  – размеры граничных значений сжатого участка конструкции [4].

Оценку эффективности сталебетонных колонн выполняли в сопоставлении с железобетонными колоннами. Для обеспечения равных условий принятых вариантов соблюдался принцип сопоставимости, предусматривающий 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, которая достигается путем взаимодействия стальных конструкций с железобетонными – достижение более высоких технико-экономических показателей сооружений. В данных конструкциях выполнено сравнение технических и экономических показателей произошло за счет использования преимуществ каждого из компонентов комбинированных конструкций при одновременном устранении их недостатков. Этому способствует хорошая сочетаемость стальных конструкций с тяжелым и легким бетоном, монолитным и сборным железобетоном.

Армирование бетона внешней оболочкой способствует его изоляции от окружающей среды, в результате чего 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.

В сталебетонных конструкциях стальная оболочка выполняет одновременно функции как продольного, так и поперечного армирования, воспринимает усилия по всем направлениям конструкции и под любым углом. Боковое давление обоймы препятствует развитию микротрещин разрыва в бетонном сердечнике, который в условиях всестороннего сжатия выдерживает напряжения, значительно превосходящие прочность при центральной сжатии под действием нагрузки.

Сталебетонные конструкции надежны в эксплуатации – в предельном состоянии они не теряют несущую способность мгновенно, как железобетонные, и способны длительное время выдерживать на-

грузку. Бетон в обойме приобретает новые, более выгодные в техническом отношении свойства прочности, а именно – несущая способность сталебетонных элементов увеличивается за счет повышения устойчивости элемента в связи с наличием бетонного ядра. Стальная оболочка в поперечном направлении начинает работать только после достижения бетоном предельного состояния по прочности.

Сталебетонные конструкции можно изготавливать как на работающих в настоящее время заводах железобетонных конструкций, так и на местах возведения сооружений. Заполнение обоек бетоном не вызывает затруднений технологического порядка. Хорошее уплотнение и структура бетона обеспечивается отсутствием арматурного каркаса, при этом прочность бетона повышается до 14 %.

Эффективность строительно-монтажных конструкций определяется такими показателями, как расход материалов на их производство, количество трудозатрат и, в конечном итоге, стоимость монтажных работ. Применение сталебетонных конструкций взамен железобетонных позволяет снизить их металлоемкость и трудоемкость изготовления, повысить надежность.

Экономичность сталебетонных конструкций достигается благодаря многофункциональному и рациональному использованию стального листа: применение в качестве опалубки и закладных деталей; совмещение функций рабочей арматуры с защитными и изоляционными функциями; компактное расположение у внешней кромки; способность стального листа воспринимать растягивающие усилия одновременно во всех направлениях в плоскости.

Технико-экономические исследования показали, что применение сталебетонных элементов для колонн промышленных зданий способствует экономии до 31-55% стали по сравнению со стальными и до 13% – с железобетонными конструктивными элементами. Приведенные затраты снижаются в первом случае на 28-47%, во втором – на 51-62%. Использование сталебетонных колонн в подкрановых эстакадах позволяет экономить до 12-28% стали по сравнению со стальными и до 9% – с железобетонными колоннами. Приведенные затраты снижаются на 28 и 56%.

1. Грушко И.М., Ильин А.Г., Чихладзе Э.Д. Повышение прочности и выносливости бетона. – Харьков: Вища шк., 1986. – 149 с.

2. Чихладзе Э.Д. Сопротивление материалов. – Харьков: УкрГАЖТ, 2002. – 362 с.

3. Smith F., Brown R. The Shearing Strength of Concrete, Bull. Univ. of Washington, N 106, 2001, p. 205.

4. Garner N.I. Use of Spiral Welded Steel Tubes in Pipe Columns. ACJ. J. Proceedings, vol. 65, Nov. 2003, p. 937-942.

*Получено 07.01.2007*