НОВЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ТЕХНОЛОГИИ АРМАТУРНЫХ РАБОТ В МОНОЛИТНОМ ЖЕЛЕЗОБЕТОНЕ

С.А. МАДАТЯН, доктор техн. наук, профессор, НИИЖБ

Рассматриваются особенности применения арматурной стали А500С и В500 в монолитном строительстве.



Предлагаемая для обсуждения новая архитектурно-строительная система, с нашей токи зрения, включает оптимально эффективное на сегодняшний день применение металла и бетона в строительстве зданий и сооружений. Не останавливаясь на вопросах применения трубобетона и новых ограждающих однослойных конструкциях стен по технологии «Капсимэт», освещенной в докладе М.Я. Бикбау, я хотел бы более подробно доложить совету свои соображения по армированию различных бетонных конструкций с учетом последних мировых достижений в этой области.

Арматура железобетонных конструкций и арматурные работы при изготовлении зданий различного назначения из монолитного железобетона переживают в настоящее время революционные изменения, связанные с реализацией самых современных дости¬жений науки и техники в этой области.

Первым и безусловно важнейшим этапом этих изменений стал повсеместный переход на унифицированную свариваемую арматурную сталь с пределом текучести σ ≥500 Н/мм2 (А500Си В500), вместо менее прочной и хуже свариваемой арматуры класса А-III (А400) с пределом текучести σ ≥ 400 Н/мм2.

К 2005 г. все металлургические заводы России, Украины, Белоруссии, Молдавии и Латвии - производители арматуры периодического профиля - освоили массовое промышленное производство термомеханически упрочненной стержневой арматурной стали класса А500С диаметром 6-40 мм по СТО АСЧМ 7-93 и холодно-деформированной стали того же класса прочности диаметром 4-1 2 мм, обозначаемого как В500С.

Главными причинами необходимости полной замены арматуры класса А-III (А400) на арматурную сталь класса А500С являются:

- исключение хрупких разрушений собственно арматуры и ее сварных соединений, выполненных дуговой сваркой, за счет низкого (до 0,22%) содержания углерода и структуры «естественно композита», получаемой в результате термомеханического упрочнения в потоке проката стали класса А500С;
- значительная (до 22%) экономия стали А400 за счет более высокого предела текучести стали класса А500С;
- универсальность применения стали позволяет за счет высокой пластичности в сочетании с высоким пределом упругости и низкой себестоимостью использовать ее во всех видах арматурных изделий как в качестве рабочей, так и конструктивной и даже напрягаемой арматуры.

Действующие нормативные документы ТСН 102-00, СП 52-101-2003 и другие нормы позволяют выполнять проектирование или строительство всех без исключения зданий и сооружений в районах с расчетной зимней температурой до - 5 5°С включительно при обычных, динамических и вибрационных нагрузках с использованием этой стали в качестве рабочей или конструктивной арматуры в виде целых стержней или сварных изделий.Некоторые статистические данные о механических свойствах стали класса А500С диаметром 6-40 мм и прочности сварных соединений, выполненных дуговой сваркой, приведены в таблице.

В настоящее время на большинстве строек г. Москвы эта арматура заменила класс А400(А-III). По всему комплексу механических свойств, выносливости, сце¬плению с бетоном и свариваемости эта арматурная сталь отвечает нормам европейских стандартов EN 10080-2005, BS 4449-2005 и др.

Другой важнейшей проблемой является стыкование арматуры для монолитного железобетона. Здесь можно рассматривать три способа соединения: нахлестка (без сварки), дуговая сварка или механические соединения.

В нашей стране до сих пор общепринятым способом соединения арматуры на монтаже была сварка: ручная дуговая протяженными швами, внахлестку и с накладками, ванно-шовная и многослойными швами на стальной скобе-накладке, а также дуговая в крест. Для стыкования арматурной стали класса А500С эти виды дуговой сварки могут применяться практически без ограничения, но требуют значительного расхода электроэнергии и трудозатрат, а также жесткого систематического контроля.

Нахлестка длиной от 20d до 40d, в зависимости от условий работы арматуры и количества стыков в одном сечении, приводит к потере от 3,5 до 27% арматуры при ее диаметрах от 1 0 до 40 мм и длине стыкуемых стержней 6,0 м. При этом наибольшие потери металла имеют место при стыковании стержней больших диаметров: 32-40 мм - соответственно до 22-27 %. Однако проблема этим не ограничивается. Для гарантии прочности такое соединение требует значительного расхода поперечной арматуры, а минимальные величины объемного армирования должны составлять, например, не менее 0,01-0,016 при прочности бетона 42,3 и 31,5 Н/мм2. Кроме того, применение нахлесточных соединений для стыкования арматуры большихдиаметров приводиткограничениюобъема для бетона в месте стыка и опасности снижения реальной прочности железобетонного элемента, что особенно опасно в колоннах и других сжатых в стадии эксплуатации железобетонных элементах относительно небольшого сечения. По этой причине, как показано в работе, стоимость стыкования здесь уходит на второй план.

Главным является эксплуатационная безопасность здания. Поэтому в большинстве стран мира, в том числе в Великобритании,

США, Германии, для стыкования арматуры диаметром 25-40 мм применяют механическиесоединения, гарантирующие надежность сооружения.

Механические соединения, по условиям их работы в железобетонных конструкциях и в зависимости от требований, предъявляемых к их прочности на растяжение и сжатие, подразделяются на растянутые и сжатые контактные.

Растянутые стыки могут использоваться в железобетонных конструкциях с расчетными сопротивлениями растяжению и сжатию по нормативным документам для арматуры соответствующих классов.

ХАРАКТЕРИСТИКИ АРМАТУРНОЙ СТАЛИ

Показатели механических свойств	Нормы по СТО АСЧМ 7–93 и ТСН 102-00	Среднее значение X	Средние квадратические отклонения – S	X – 1,64S
Временное сопротивление $\sigma_в$, Н/мм²	600	703,3	40,8	636,4
Предел текучести $\sigma_т$ ($\sigma_{0,2}$), Н/мм²	500	584,3	39,7	519,2
Относительное удлинение δ_5, %	14	22,5	3,24	17,2
Равномерное удлинение $\delta_р$, %	2	9,3	2,58	5,07
Модуль упругости $E_s \cdot 10^{-5}$	–	2,02	–	–
Прочность сварных соединений, выполненных дуговой сваркой в крест, Н/мм²	600	702,3	–	–

Сжатые контактные стыки могут использоваться только для железобетонных конструкций, арматура которых в стадии эксплуатации сжата, и на растяжение не рассчитываются. Их расчетные сопротивления сжатию принимаются по нормативным документам для арматуры соответствующих классов.

В 2004 г. Ассоциацией «Железобетон» выпущены «Рекомендации по механическим соединениям арматурной стали для железобетонных конструкций» РА-1 0-1 -04, рекомендуемые Госстроем России для широкого применения.
Лабораторией арматуры НИИЖБ разработаны Технические условия и проведены сертификационные испытания механических опрессованных соединений (ООО «Спрут»), винтовые с конусной резьбой («Эрико-Лентон») и с цилиндрической резьбой («Бартех-Декстра»), номера сертификатов системы «Мосстрой-сертификация» соответственно RU.МСС.1 90.620.2.ПР.1 1 647; RU.МСС.190.620.5.ПР.3.10884; RU.МСС.1 90.620.5.ПР.1 1 020.
Стоимость механических соединений для растянутой в стадии эксплуатации арматуры сопоставима со стоимостью перерасходуемой арматуры при использовании нахлесточных соединений, но ниже стоимости стыков, выполненных ванной или ванно-шовной сваркой, а трудозатраты на строительном объекте ниже чем при любом виде сварки.
Установлено, что применение механических соединений экономически оправдано при использовании арматуры диаметром 25-40 мм и в любом случае обеспечивает более высокую надежность железобетона, проверенную многолетней практикой других стран.
В настоящее время в России спрессованные стыки изготавливаются на отечественном оборудовании фирм «Спрут» и «СТС». Винтовые соединения поставляются фирмой «Промстройконтракт» и требуют применения импортного оборудования и муфт.
С развитием строительства из монолитного железобетона сложилась практика изготовления перекрытий из обычного не-напрягаемого железобетона независимо от пролета и планировки здания. В результате расход арматурной стали на 1 м2 перекрытий пролетом 6-8 м составляет 18,0-24,0 кг против 5-7 кг при использовании сборных преднапряженных пустотных настилов, либо 8-1 0 кг при использовании монолитных предварительно напряженных железобетонных конструкций с натяжением арматуры на бетон без сцепления. Толщина перекрытий из обычного монолитного железобетона увеличивается до 25-30 см, что приводит также к увеличению веса здания и неоправданному увеличению его стоимости.
В мировой практике монолитные безбалочные перекрытия пролетом более 6 м как правило изготавливают из преднапряжен-ного бетона. При этом наблюдается значительный рост использования таких конструкций. Так, в США в 1 967 г. было применено для этих целей 1 5 566 т напрягаемой арматуры, в 1 97 5 г. - 26 300 т, а в 2001 г. - 140 000 т. При этом используют арматуру как со сцеплением с бетоном, так и без сцепления. Причем последняя как более простая в производстве применяется в больших объемах. Сегодня почти 100% всех зданий из монолитного железобетона в США строятся с использованием систем преднапряжения.
В конструкциях, для которых определяющим является расчет прочности, более оправдано применение напрягаемой арматуры со сцеплением. В случаях, когда при проектировании определяющими являются условия жесткости и трещиностойкости, более экономичным является использование напрягаемой арматуры без сцепления. Это относится, прежде всего, к безбалочным перекрытиям жилых домов свободной планировки, которые отличаются значительной гибкостью.
Системы натяжения на бетон «без сцепления» очень просты и мало отличаются от обычного армирования по трудоемкости и сложности. Они обеспечивают возможность изготовления перекрытий любых пролетов со снижением расхода арматуры в 2-3 раза по сравнению с изготовленными из обычного железобетона. Как показывают расчеты на возможное прогрессирующее разрушение, после аварийных воздействий такие перекрытия сохраняют геометрическую форму и могут быть восстановлены без разборки здания.
При этом не требуется бессмысленного многократного перерасхода арматурной стали, как это делается сейчас. Поврежденные канаты после аварийных воздействий могут быть легко вынуты и заменены на новые без дополнительных повреждений сооружения.

Важно также, что возможность полностью свободной планировки этажа позволяет периодически менять планировку квартир по желанию застройщиков.
На заседании Технической комиссии № 9 Всемирной федерации железобетона, прошедшем в Берлине в июне 2002 г., представитель Американского института преднапряженного железобетона г-н Нефф сообщил, что в США ежегодный прирост преднапряженного железобетона с натяжением на бетон без сцепления составляет 30% и 41 предприятие сертифицировано на производство арматурных канатов для этих целей.
В России в гг. Москве, Екатеринбурге, Воронеже и др. уже построен ряд объектов с применением этих систем для большепролетных перекрытий автостоянок, гаражей и общественных зданий, например торгового центра ИКЕА площадью 100000 м2 и т.п., однако эти системы пока не нашли широкого применения в гражданском строительстве и строительстве автодорог, какэто принято в США и других странах.
Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века. № 7, 2006