

ПРИМЕНЕНИЕ АРМАТУРЫ КЛАССА А_T-600С В КАЧЕСТВЕ ПОПЕРЕЧНОЙ В ИЗГИБАЕМЫХ ЭЛЕМЕНТАХ

Терин В.Д., Колтунов А.И., Соловьев Д.С.

Полоцкий государственный университет

В связи с резким подорожанием в последние годы арматурных сталей актуальность обретает проблема снижения металлоемкости железобетонных изделий. Решением этой проблемы является применение эффективных видов арматурных сталей, с более высоким пределом текучести.

В настоящее время в Республике Беларусь активно ведутся работы по освоению полного сортамента арматуры класса А_T-600С (Ø 6÷28 мм) с серповидным профилем, гармонизированным с DIN-488. Такая арматура будет конкурентна на мировом рынке и позволит экономно расходовать сталь при изготовлении железобетонных конструкций.

Производство арматуры класса А_T-600С диаметром 6÷14 мм освоено на Белорусском металлургическом заводе (БМЗ) из стали марок 25Г2С и 30Г2 по технологии термомеханического упрочнения в потоке прокатного стана [2]. Существуют реальные возможности массового применения в производстве железобетонных конструкций арматуры класса А_T-600С в замен традиционно применяемой А-III (А-400). Это позволит снизить расход стали в изгибаемых элементах до 30 %, а в сжатых – до 40 %.

Для обоснования массового производства были проведены исследования, связанные с проверкой возможности эффективного использования арматуры класса А_T-600С в качестве поперечной. С этой целью было запроектировано, изготовлено и испытано две серии балок сечением 150×300 мм. Продольная арматура для всех образцов класса А_T-600С (в растянутой зоне 8 Ø 12 мм, в сжатой – 2 Ø 12 мм) подобрана таким образом, чтобы предотвратить разрушение балки по нормальным сечениям. Поперечная арматура – Ø 6 мм классов А_T-600С и А-250. Соединение продольной и поперечной арматуры в каркасах балок выполнено в трех вариантах:

- равнопрочные соединения – замкнутые хомуты, огибающие продольную арматуру;
- сварные соединения, выполненные при помощи контактно-точечной сварки с предварительным подбором режима, обеспечивающего при испытаниях крестообразных соединений на срез усилие, равное 30 % разрывного усилия хомутов;
- вязаные соединения продольной и поперечной арматуры.

Величину пролета среза варьировали таким образом, чтобы получить три различных типа разрушения по наклонным сечениям [1]:

- раздробление бетона в наклонной полосе между опорой и грузом имеет место при отношении пролета среза к рабочей высоте сечения (a/h_0) меньше 2.2 (a/h_0 принято 1.35);
- раздробление бетона сжатой зоны над вершиной критической наклонной трещины наблюдается при a/h_0 от 2.2 до 3.0 (a/h_0 принято 2.3);
- срез бетона сжатой зоны над вершиной критической наклонной трещины наблюдается при $a/h_0 > 3.0$ (a/h_0 принято 3.3).

Тип разрушения при раздроблении бетона над вершиной наклонной трещины рассматривался более подробно, т.к. в этом случае напряжения в поперечной арматуре в стадии разрушения достигают больших значений.

Балки изготавливали из тяжелого бетона естественного твердения. Одновременно формовали кубы с ребром 150 мм и призмы размером 150×150×600 мм, необходимые для определения фактических характеристик бетона в момент испытания. Характеристики балок приведены в табл. 1.

Испытание опытных образцов на изгиб проводилось под прессом ПР-500 при действии кратковременной нагрузки. Нагрузка на балку передавалась двумя сосредоточенными силами через распределительную траверсу, расстояние между опорами которой 250 мм.

Для оценки напряженно-деформированного состояния элементов контролировались следующие параметры: деформации хомутов, ширина раскрытия и длина развития наклонной трещины ($a_{срс}$ и $l_{срс}$) и прогиб балки.

По ходу испытания визуально фиксировали нагрузку при которой образовались наклонные трещины. Ширину раскрытия трещин измеряли при помощи микроскопа МПБ-2 в местах пересечения ими хомутов. Деформации поперечных стержней измеряли индикаторами часового типа с ценой деления 0.01 мм, установленных на реперах на базе 200 мм. Репера до бетонирования балок закрепляли на арматуре и изолировали от бетона. Прогиб измеряли в середине пролета прогибомером с ценой деления 0.01 мм.

При разрушении балок по одной из сторон ее усиливали специальными хомутами и продолжали нагружение до разрушения по другой стороне, что позволило продублировать результаты испытания.

По характеру развития наклонных трещин, а также по значениям деформаций поперечной арматуры можно утверждать, что поперечные стержни в пределах пролета среза работают в неодинаковых условиях. Стержни, которые пересекает наклонная трещина, полностью реализуют свои прочностные характеристики, тогда как в стержнях, расположенных ближе к опорам, напряжения существенно меньше.

Ширина раскрытия наклонных трещин в середине пролета среза была значительно выше, чем на участках трещины, близких к продольной арматуре.

Полученные экспериментально зависимости ширины раскрытия наклонных трещин от напряжений в поперечной арматуре показали, что при максимально допустимой ширине раскрытия трещин 0.4 мм напряжения в поперечной арматуре достигают значений 563 МПа, что превышает величину расчетного сопротивления для стали класса Ат-600С.

Сравнительный анализ опытных и расчетных величин разрушающих поперечных сил свидетельствует от том, что прочность балок по наклонным сечениям существенно отличалась от расчетной по СНиП 2.03.01-84 (таблица 2).

Балки одной серии, имеющие одинаковые геометрические характеристики, разрушались при различных величинах поперечной силы – балки со сварными и равнопрочными соединениями продольной и поперечной арматуры имели несущую способность приблизительно на 30 % выше, чем балки с вязаными соединениями.

Таблица 1

Характеристики опытных балок

№ п/п	Шифр балок	Длина балок L, мм	Пролет среза с, мм	Класс пер. ар-ры	Прочность бетона R _b , МПа	Прочность бетона R _{сж} , МПа	Шаг хомутов S, мм	Вид профиля поперечной арматуры	Тип соединения прод. и попер. арматуры	
1	Б-П-I	1250	350	Ат-600С	14.9	1.2	110	периодический	равнопрочное	
	Б-П-III	2250	850	Ат-600С	14.9	1.2	110	периодический	равнопрочное	
	Б-I-II	1750	600	Ат-600С	14.9	1.2	75	периодический	равнопрочное	
	Б-II-II	1750	600	Ат-600С	14.9	1.2	110	периодический	равнопрочное	
	Б-II-Пв	1750	600	Ат-600С	14.9	1.2	110	периодический	вязаное	
	Б-II-Пс	1750	600	Ат-600С	14.9	1.2	110	периодический	сварное 30 %	
	Б-II-II-I	1750	600	А-250	14.9	1.2	110	гладкий	равнопрочное	
	Б-III-II	1750	600	Ат-600С	14.9	1.2	150	периодический	равнопрочное	
	2	1 Б-II-II	1750	600	Ат-600С	12.4	0.98	110	периодический	равнопрочное
		1 Б-II-IIг	1750	600	Ат-600С	12.4	0.98	110	гладкий	равнопрочное
1 Б-II-IIв		1750	600	Ат-600С	12.4	0.98	110	периодический	вязаное	
1Б-II-IIс		1750	600	Ат-600С	12.4	0.98	110	периодический	сварное 30 %	

Опытные и расчетные разрушающие характеристики

№ серии	Шифр балок	Тип разрушения балок	Расчетная Q_u , кН	Опытная Q_u , кН
1	Б-П-И	Раздробление бетона в наклонной полосе	147	210/218
	Б-П-III	Срез бетона сжатой зоны	106	145/152
	Б-И-П	Раздробление бетона сжатой зоны	134	185/192
	Б-П-П	Раздробление бетона сжатой зоны	117	172/177
	Б-П-Пв	Раздробление бетона сжатой зоны	117	115/119
	Б-П-Пс	Раздробление бетона сжатой зоны	113	167/174
	Б-П-П-И	Раздробление бетона сжатой зоны	93	165/169
	Б-П-П	Раздробление бетона сжатой зоны	107	155/159
	1Б-П-П	Раздробление бетона сжатой зоны	103	138/140
	1Б-П-Пг	Раздробление бетона сжатой зоны	103	138/142
	1Б-П-Пв	Раздробление бетона сжатой зоны	103	95/104
	1Б-П-Пс	Раздробление бетона сжатой зоны	99	137/143

Анализируя полученные данные можно сделать следующие выводы:

1. Арматура класса Ат-600С может быть эффективно использована в качестве поперечной. Соединение продольной и поперечной арматуре может быть выполнено при помощи сварки. Прочность сварного соединения на срез при этом не должна быть ниже 0.3 временного сопротивления поперечной арматуры.
2. Расчет по СНиП дает заниженное значение прочности по наклонным сечениям для балок со сварными и равнопрочными соединениями продольной и поперечной арматуры. Для балок с вязаными соединениями расчетные и опытные значения разрушающей нагрузки имеют удовлетворительную сходимость.

Список использованной литературы

1. Климов Ю.А. Теория и расчет прочности, трещиностойкости и деформативности железобетонных элементов при действии поперечных сил. Диссертация доктора технических наук. Киев, 1992 г.
2. Терин В.Г., Колтунов А.И. Влияние технологических факторов на механические свойства бунтовой арматуры. – Материалы международной конференции "Инженерные проблемы современного железобетона" – г.Плес, 1995 г.
3. Гусаков В.Н., Фортученко Ю.А. Исследование деформированного состояния поперечной арматуры в конструкциях из тяжелого бетона// Сборник трудов ВНИИСТ-РОМА. – Москва, Стройиздат, 1966 г. № 8.
4. Гвоздев А.А., Залесов А.С. К расчету прочности наклонных сечений железобетонных элементов// Бетон и железобетон, 1978 г., № 11.
5. Дорошкевич Л.А., Шостак Б.А. О влиянии поперечной арматуры на работу балки по наклонному сечению// Вестник Львовского политехнического института. Вопросы современного строительства, вып. 63. – Львов, 1971г.
6. Расчет железобетонных конструкций по прочности, трещиностойкости и деформациям/ Залесов А.С. и др. – Москва, Стройиздат, 1988 г.