

кроме нормативных сопротивлений, применяемые арматурные стали никак не характеризуются. Между тем отношение σ_u/σ_y для различных классов арматуры меняется (в пределах 0,67..0,95), увеличиваясь с ростом прочности арматуры. Практика показала, что при статистической обработке результатов массовых испытаний арматуры на растяжение относительные среднеквадратические отклонения временного сопротивления меньше, чем условного предела текучести, определение которого более сложно. Это также вносит некоторые трудности при использовании условного предела текучести в качестве нормативной характеристики.

Пластические свойства арматурных сталей в отечественных стандартах и нормативных документах оцениваются относительным удлинением при растяжении, определяемым различными способами. Для стержневой арматуры нормируют полное (с учетом шейки) остаточное относительное удлинение после разрыва и равномерное остаточное удлинение; для проволоки — полное относительное удлинение после разрыва на

постоянной базе в 100 мм для всех диаметров; для канатов — полное относительное удлинение при максимальной нагрузке (перед разрывом). Такое разнообразие оценок рассматриваемой характеристики создает часто неправильное представление о пластических свойствах арматуры различных видов, в том числе при их сравнении. В зарубежных нормах и стандартах проведена унификация в этой области и нормируются полные относительные удлинения арматуры перед разрывом; однако точная фиксация этой величины затруднительна и требует обязательной автоматической записи рабочей диаграммы при испытании.

Для правильной оценки поведения арматуры в железобетонных конструкциях достаточно знать остаточное равномерное относительное удлинение после разрыва, которое легко определяется на любой базе измерения без шейки. Исключение составляют канаты, для которых необходимо определять относительное удлинение перед разрывом, так как после него образцы теряют форму. Эту величину для остальных видов арматурных сталей при необходимости

находят по вспомогательной таблице, исходя из модуля упругости и временного сопротивления рассматриваемой арматуры.

Выводы

При подготовке новой редакции СНиП 2.03.01—84* и пересмотре стандартов на арматурную проволоку целесообразно: рассчитывать железобетонные конструкции по первому предельному состоянию, принимая за нормативное сопротивление мягкой стали физический предел текучести, а твердой — ее временное сопротивление разрыву; включить в нормы более подробные данные об общих характеристиках арматурных сталей, которые будут влиять на совершенствование стандартов и технических условий на данную продукцию; провести унификацию в нормировании пластических свойств арматурных сталей, положив в основу определение остаточного равномерного относительного удлинения после разрыва; при пересмотре стандартов на арматурную проволоку внести этот показатель в число обязательных характеристик.

УДК 624.872

Т. И. БАРАНОВА, д-р техн. наук, проф., В. В. ВИКТОРОВ, канд. техн. наук
(Пензенский инженерно-строительный ин-т)

Проектирование коротких консолей по отечественным и зарубежным нормам ЕКБ — ФИП

К классу коротких элементов относятся короткие консоли, короткие балки и их разновидности. В отечественных нормах даны рекомендации только по расчету консолей колонн, а в нормах ЕКБ — ФИП — консолей и балок.

Пензенским инженерно-строительным институтом совместно с НИИЖБом разработан метод расчета коротких консолей и балок, который планируется включить в следующий выпуск норм. В этой ситуации сопоставление технического уровня отечественных и зарубежных норм особенно полезно,

поскольку результаты можно использовать при разработке норм нового поколения.

В СНиП 2.03.01 — 84, как и в нормах ЕКБ — ФИП, расчетная схема консоли представляет собой модель, которую принято называть каркасно-стержневой. Согласно этой модели прочность консоли определяют по сжатой наклонной полосе бетона и горизонтальному растянутому арматурному поясу. На рис. 1 показаны расчетные схемы консолей, принятые в СНиПе и в нормах ЕКБ — ФИП.

Основными факторами, характе-

ризующими расчетные схемы, являются угол наклона и ширина сжатой полосы бетона. Расчетная полоса, согласно СНиП 2.03.01 — 84, определяется углом наклона к горизонтали линии, соединяющей вершину нижнего угла примыкания консоли к колонне с точкой пересечения оси продольной арматуры с вертикальной линией, проходящей через внешнюю грань грузовой площадки. Эта линия одновременно является внешней гранью наклонной полосы. Внутренняя грань, как и ось расчетной полосы, проходит параллельно внешней. Таким образом, ширина полосы определяется размером грузовой площадки и является постоянной по длине полосы.

Положение расчетной полосы в нормах ЕКБ — ФИП фиксируется углом наклона линии, соединяющей центр внешней силы на уровне оси продольной растянутой арматуры с точкой пересечения двух

равнодействующих сжимающих усилий в вертикальном и горизонтальном опорном сечениях консоли.

При таком подходе бетонная полоса по длине имеет переменную ширину, что отличает расчетные модели, принятые в СНиПе и в нормах ЕКБ — ФИП.

Сравнение рассмотренных выше параметров показало, что в отличие от СНиП 2.03.01—84 угол наклона расчетной полосы по нормам ЕКБ — ФИП является функцией двух параметров — соотношения a/h_0 и внешней силы F_v . При уменьшении F_v и соотношения a/h_0 угол наклона сжатой полосы возрастает в большей степени в нормах ЕКБ — ФИП и превышает угол, определенный по СНиП 2.03.01—84, в 1,2 раза. При увеличении F_v угол θ , определенный по СНиПу, выше, чем по нормам ЕКБ — ФИП, в 1,6 раза.

Таким образом, введение в нормах ЕКБ — ФИП фактора силы F_v в расчетные зависимости для определения угла наклона сжатой полосы расширяет число неизвестных величин, при этом способствуя некоторому повышению расчетной прочности консоли при уменьшении F_v и ее значительному снижению при увеличении F_v . Методика расчета по нормам ЕКБ — ФИП позволяет производить только проверку прочности консоли.

Сопоставление расчетной ширины полосы, полученной по СНиП 2.03.01—84 и нормам ЕКБ — ФИП, показано на рис. 2. Для определения ширины полосы по нормам ЕКБ — ФИП принимали два значения F_v : меньшее — 0,4 $F_{v \max}$ и большее — 0,6 $F_{v \max}$.

Изменение расчетной ширины бетонной полосы по верхней частиносит одинаковый характер в нормах ЕКБ — ФИП и СНиПе. При этом значения расчетной ширины полосы, определенные по нормам ЕКБ — ФИП, в среднем в 1,3 раза выше, чем по СНиПу. Расхождение в характере изменения расчетной ширины по низу бетонной полосы при изменении a/h_0 в нормах ЕКБ — ФИП и СНиПе составляет 1,7...0,5.

Таким образом, сопоставление методики определения ширины расчетной полосы свидетельствует о их согласованности в нормах ЕКБ — ФИП и СНиПе при расчете полосы по верху и несогласованности — при расчете по низу.

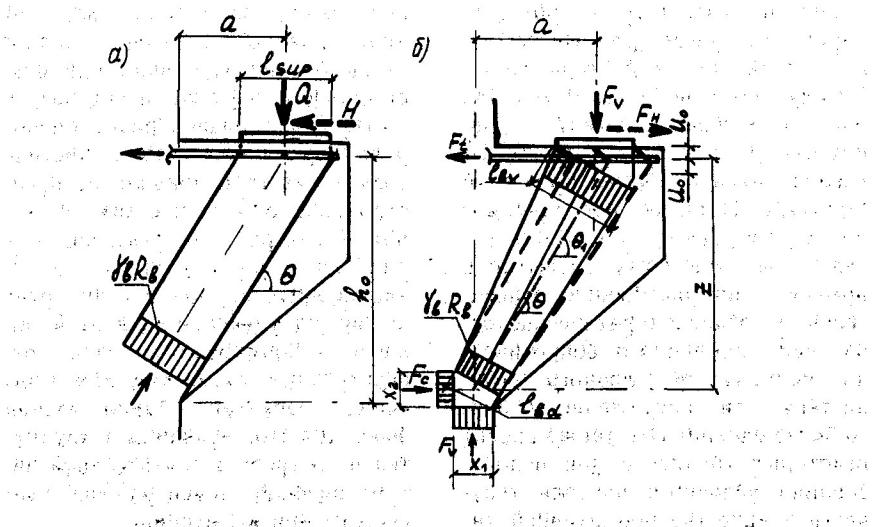


Рис. 1. Расчетная схема консоли:
а — принятая СНиП 2.03.01—84; б — принятая в нормах ЕКБ — ФИП

Рис. 2. Изменение ширины расчетной полосы

1 — l_{bd} — ширина полосы по нормам ЕКБ — ФИП при $F_v = 0,6F_{v \max}$; 2 — l_{bv} — то же при $F_v = 0,6F_{v \max}$; 3 — l_{bv} — то же при $F_v = 0,4F_{v \max}$; 4 — l_{bd} — то же при $F_v = 0,4F_{v \max}$; 5 — l_b — ширина полосы по СНиП 2.03.01—84

Согласно нормам ЕКБ — ФИП расчет прочности консоли по сжатой наклонной полосе производят по зависимости

$$F_v \leq y_b R_b b l_b \sin \theta, \quad (1)$$

где l_b — ширина расчетной полосы, определяемая по верху $l_b = l_{bv}$ либо по низу $l_b = l_{bd}$ (см. рис. 1).

$$l_{bv} = l_{sup} \sin \theta + 2x_0 \cos \theta; \quad (2)$$

$$l_{bd} = x_1 \sin \theta + x_2 \cos \theta, \quad (3)$$

где $x_1 = F_v / 0,85R_b b$, $x_2 = F_v / 0,85R_b b \operatorname{tg} \theta$.

Коэффициент $y_b = 0,85$ — при расчете полосы по верху и $y_b = 0,65$ — при расчете по низу.

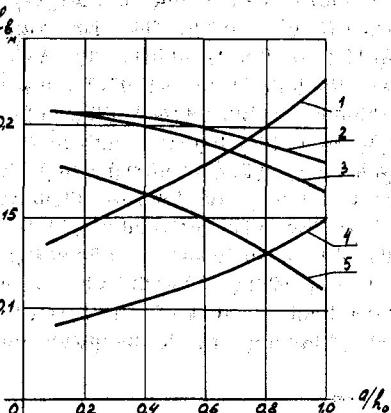
Согласно СНиП 2.03.01—84, расчет прочности консоли по сжатой бетонной полосе производят по зависимости

$$Q \leq y_b R_b l_b b \sin \theta, \quad (4)$$

где $l_b = 0,8l_{sup} \sin \theta$; $y_b = 1$.

Сопоставление расчетных зависимостей (1) и (4) показывает (рис. 3), что они хорошо согласуются при расчете сжатой полосы по верху и расходятся при расчете полосы по низу. При этом количественное соотношение величин изменяется в зависимости от значения внешней силы.

Другим отличием сопоставляемых нормативных методов расчета является методика оценки работы арматуры, равномерно рас-



пределенной по консоли. Нормы ЕКБ — ФИП предлагают стержневые модели, показанные на рис. 4, согласно которым определяют горизонтальное усилие F_{wh} при $a/h_0 \leq 0,5$ и вертикальное усилие F_w при $a/h_0 > 0,5$. Эти усилия передаются соответственно на горизонтальную и вертикальную равномерно расположенную по высоте и длине консоли арматуру. Построение предложенных моделей базируется на основной расчетной модели и не противоречит друг другу. Преимуществом такого подхода является одновременное решение проблемы конструирования, т. е. выбора горизонтальных либо вертикальных стержней для армирования консоли.

В отечественных нормах предлагается эмпирическая зависимость расчета распределенной арматуры, которая незначительно повышает расчетную прочность консоли. Сопоставление расчетной прочности консоли по сжатой полосе, армированной горизонтальными стержнями, показывает, что прочность, определенная по нормам ЕКБ — ФИП, в среднем в 1,4 раза выше, чем определенной по СНиПу.

Таким образом, методика СНиПа

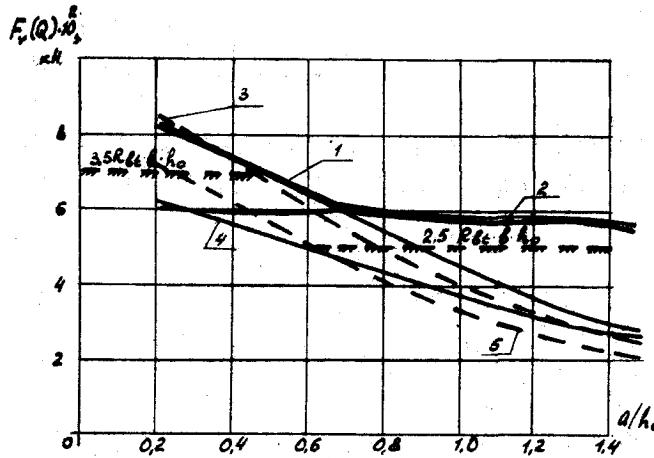


Рис. 3. Расчетные зависимости для определения прочности консоли

1 — по нормам ЕКБ — ФИП с учетом влияния горизонтальных хомутов; 2 — тоже с учетом влияния вертикальных хомутов; 3 — по СНиП 2.03.01—84 с учетом распределенной арматуры; 4 — по нормам ЕКБ — ФИП без учета арматуры по формуле (1); 5 — по СНиП 2.03.01—84 без учета арматуры по формуле (4)

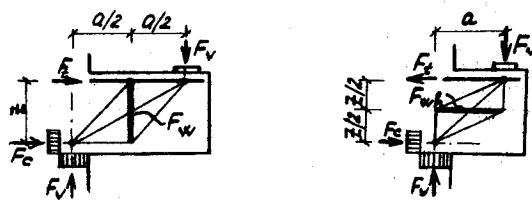


Рис. 4. Схема расчетных моделей, принятых в нормах ЕКБ — ФИП для оценки работы распределенной арматуры

при расчете армированной сжатой полосы менее эффективна по сравнению с методикой норм ЕКБ — ФИП и в большей степени использует эмпирические зависимости.

Целесообразно сравнить методику расчета норм ЕКБ — ФИП с методикой расчета равномерно распределенной в консолях арматуры, разработанной нами для отечественных норм следующего поколения*. Согласно этому методу работа арматуры оценивается с учетом выполняемых ею функций, т. е. оценивается косвенная и прямая работа вертикальных либо горизонтальных стержней в работе сжатой бетонной полосы. Построен критерий оценки работы арматуры, позволяющий выбрать эффективный вид арматуры для каждого конкретного случая. Такой подход к расчету армированной наклонной полосы предполагает физическую работу арматуры и является в данном случае предпочтительным.

Совместное действие на консоль вертикальной и горизонтальной сил в нормах ЕКБ — ФИП и СНиП

* Баранова Т. И. Новый метод расчета поперечной арматуры в коротких элементах // Бетон и железобетон. — 1987. — № 3. — С. 22—24.

что с учетом вводимых ограничений расчетные зависимости не имеют постоянной согласованности как по характеру изменения, так и по абсолютной величине.

В завершение анализа интересно сопоставить характер написания отечественных и зарубежных норм. В нормах ЕКБ — ФИП даются принципы расчета и построения расчетных моделей, частные вопросы решаются при проектировании. Такой стиль изложения носит проблемный характер и имеет положительные и отрицательные стороны. Положительным можно считать свободное проектирование конструкций, обеспечивающее индивидуальный подход к расчету и конструированию. Отрицательным является необходимость дополнительных исследований, требующих специальных структур в проектных институтах.

Проведенный анализ выявил противоречивую ситуацию при расчете сжатой наклонной полосы, имеющей переменную ширину. В нормах ЕКБ — ФИП по этому случаю нет определенности: с одной стороны, дается коэффициент 0,85 для расчета нижней части полосы и коэффициент 0,6 для расчета верхней части, которые уточняют расчетное сопротивление бетона. С другой стороны, расходжение результатов расчета по нормам ЕКБ — ФИП и СНиПу в 3 раза и более позволяет сомневаться в целесообразности такого расчета.

Выводы

При проектировании коротких консолей и балок в нормах ЕКБ — ФИП и СНиП 2.03.01—84 существует единый подход к расчету прочности на основе каркасно-стержневой модели.

Проблемой тех и других норм является определение нижней ключевой точки расчетной модели. В нормах ЕКБ — ФИП она определяется с учетом напряженного состояния консоли, в СНиПе — условно, без учета физической работы консоли и требует уточнения.

Совместное действие вертикальных и горизонтальных нагрузок наиболее удачно учитывается в нормах ЕКБ — ФИП при построении расчетной модели консоли. Целесообразно этот прием использовать в отечественной методике расчета консолей.