

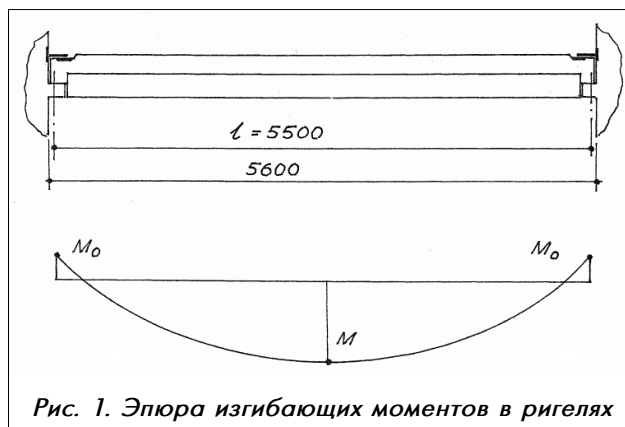
РИГЕЛИ СЕРИИ ИИ-04: ДЕФЕКТЫ ИЗГОТОВЛЕНИЯ И СПОСОБЫ УСИЛЕНИЯ

Конструкция типового каркаса серии ИИ-04 уже более 30 лет остается одной из самых популярных в массовом многоэтажном строительстве. Каркас этот относится к типу связевых, у которых горизонтальные (ветровые) нагрузки воспринимаются вертикальными связями (диафрагмами жесткости), а на колонны передаются только вертикальные нагрузки. Вместе с тем у ригелей каркаса предусмотрено не шарнирное опирание на колонны (как обычно принято в связевых каркасах), а частичное защемление на опорах (рис. 1), цель которого — обеспечить пространственную жесткость каркаса на монтажный период, т.е. до начала установки перегородок-диафрагм. Впоследствии, когда диафрагмы были совмещены с ригелями в одном конструктивном элементе, надобности в обеспечении временной монтажной жесткости каркаса отпала, однако конструкция ригелей сохранилась в прежнем виде.

Частичное защемление ригелей на опорах создается парой сил — сжимающей N_c , которая передается на нижние опорные закладные детали, и растягивающей N_r , которая передается на верхние соединительные детали («рыбки»), а от них — на верхнюю закладную деталь и далее на верхнюю продольную арматуру (рис. 2). Сечение «рыбок» подобрано таким образом, что при достижении предела текучести металла опорные изгибающие моменты $M_0 = N_r z$ составляют 5,5 т.м и более не растут — на опорах образуется пластический шарнир. На ту же величину уменьшается и пролетный момент M (по сравнению с тем, как если бы ригель представлял собой шарнирно опертую балку).

Отсюда ясно, что некачественная приварка «рыбок» к закладным деталям колонн и к закладным деталям ригеля может привести к разрыву цепочки передачи усилий, к снижению до нуля опорных моментов и к соответствующему росту пролетного момента, на который ригели не рассчитаны.

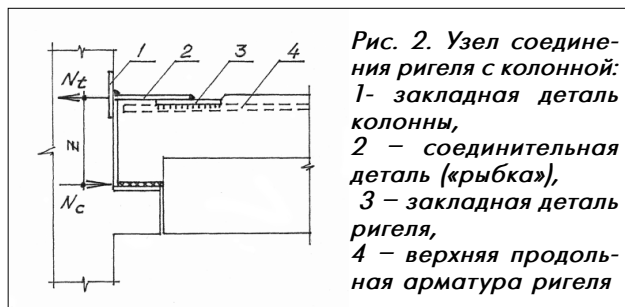
Те же последствия — и при некачественной приварке верхних закладных деталей к продольной арматуре. Именно этот дефект стал появляться в последнее время при изготовлении ригелей на некоторых заводах сборного железобетона. Имеются случаи, когда верхние закладные детали либо вообще не приваривают к арматуре, а лишь закрепляют в бетоне с помощью анкеров, либо приваривают через узкие прокладки, которые передачу растягивающих усилий N_r не обеспечивают. Дефект, к сожалению, обнаруживается уже после монтажа



плит перекрытий, когда на верхних гранях ригелей вблизи опор образуются трещины.

У ригелей имеется и еще одна особенность, которую следует учитывать при заводском изготовлении. Конструкции были запроектированы и утверждены Госстроем СССР в начале 1970-х годов, в период действия СНиП II.В-1.62 [1]. Эти Нормы имели существенные отличия от последующих Норм — СНиП II-21-75 и СНиП 2.01.03-84 [2]. С точки зрения расчета прочности нормальных сечений принципиальная разница заключалась в том, что кроме расчетного сопротивления бетона осевому сжатию $R_{пр}$ (призмочной прочности) в Нормах 1962 г. существовало еще и расчетное сопротивление бетона сжатию при изгибе $R_{из}$, которое было выше призмочной прочности на 20...25% и которое использовали в расчете прочности нормальных сечений при изгибе.

Во всех последующих Нормах расчетное сопротивление при изгибе отсутствует. Главным образом по этой причине при пересчете по Нормах 1984 г. [2] (как и по современному Своду правил [3]) расчетная несущая способность ригелей заметно умень-



Сравнительные результаты расчета ригелей P2-72-56

Наименование показателей	СНиП II-V.1-62	СНиП 2.03.01-84
Расчетное сопротивление арматуры А-III растяжению R_s , кг/см ²	3400	3750
Марка (условный класс) бетона	400 (30,6)	400 (30,6)
Расчетное сопротивление бетона, кг/см ²		175
осевому сжатию R_b	210	
сжатию при изгибе $R_{и}$	нет	0,9
Коэффициент γ_{b2} , учитывающий длительность действия нагрузки		
Рабочая высота сечения h_0 , см	39,5	39,5
Граничная относительная высота сжатой зоны ξ_R	0,55	0,582
Граничная высота сжатой зоны $x_R = \xi_R h_0$, см	21,7	23,0
Расчетная высота сжатой зоны x , см	$19,9 < x_R$	$29,6 > x_R$
Предельный изгибающий момент в пролете M_U , т·м	24,7	20,3
Допустимая полезная расчетная нагрузка q_U , т/м	7,60	6,44
<i>Расчет по «общему случаю»</i>		
Расчетная высота сжатой зоны x , см		23,7
Напряжения в растянутой арматуре σ_s , кг/см ²		3024
Предельный изгибающий момент M_U , т·м		20,64
Допустимая полезная расчетная нагрузка q_U , т/м		6,54

шилась. Кроме того, во всех последующих нормах был введен коэффициент, учитывающий длительное действие нагрузки, который дополнительно снижает расчетное сопротивление бетона сжатию.

Особенно сильно изменения затронули ригели наиболее ходовых марок P2-72-56 (рис. 3) и P2-72-57 длиной соответственно 5,6 и 5,7 м – их расчетная несущая способность оказалась недостаточной для восприятия расчетной полезной нагрузки 7,2 т/м (включающей вес плит перекрытий). Дело в том, что за счет снижения расчетного сопротивления бетона, увеличилась высота сжатой зоны x , которая превысила граничное значение x_R . В результате, нормальные сечения ригелей перешли в разряд «переармированных», у которых прочность растянутой арматуры недоиспользуется. Результат мало меняется, даже если расчет выполнять по «общему случаю» (см. таблицу).

В более мощных ригелях марки P2-90-56 снижения расчетной несущей способности почти не произошло, поскольку по всей длине у верхней грани там установлены стержни диаметром 25 мм, воспринимающие значительную часть сжимающих усилий и удерживающие высоту сжатой зоны x в пределах граничной высоты x_R . Сжатые же стержни диаметром 10 мм у ригелей P2-72-56 и P2-72-57 в расчете учитывать вообще нельзя, так как при шаге поперечных стержней 300 мм не обеспечивается их устойчивость.

По этой причине снижение прочности бетона при изготовлении изделий по сравнению с проектной маркой М400 (условным классом В30,6) совершенно недопустимо, и контролю качества бетона ригелей на заводах стройиндустрии должно быть уделено самое серьезное внимание.

Возникает, правда, вопрос: почему ригели этой серии в свое время не были отменены Госстроем (или, по крайней мере, не были переработаны)? Есть несколько вариантов ответа. Во-первых, уже в конце 1970-х годов авторами проекта (ЦНИИЭП торгово-бытовых зданий и туристских комплексов)

были разработаны ригели так называемой «межвидовой» серии, а затем и новой серии 1.020. Во-вторых, изготовление старых ригелей разрешалось «до износа существующих металлоформ», что практически продлевало жизнь старой конструкции на неограниченное время. В-третьих, при проведении контрольных испытаний ригели под нагрузку 7,2 т/м, хоть и с трудом, но требованиям ГОСТ 8829 удовлетворяли. Наконец, опыт эксплуатации показал в подавляющем большинстве случаев безотказную работу ригелей, что было связано не столько с самими ригелями, сколько с реальными эксплуатационными нагрузками, которые, как правило, были существенно меньше расчетных.

Между тем повысить расчетную несущую способность ригелей марок P2-72-56 и P2-72-57 до необходимого уровня большого труда не составляет. Для этого достаточно вместо двух продольных стержней диаметром 10 мм установить в верхней зоне (в составе объемного каркаса) два стержня диаметром 20 мм класса А-III (А400). Эта мера приведет к небольшому увеличению расхода стали, но, в то же время, позволит упростить изготовление каркаса, исключив стыковое соединение продольных стержней $\varnothing 10$ мм, расположенных в пролетной части, с продольными стержнями $\varnothing 20$ мм, которые расположены в опорных частях и к которым привариваются те самые верхние закладные детали.

Как быть, если смонтированные ригели все же оказались с указанными дефектами? Рассмотрим некоторые, наиболее приемлемые способы усиления [4].

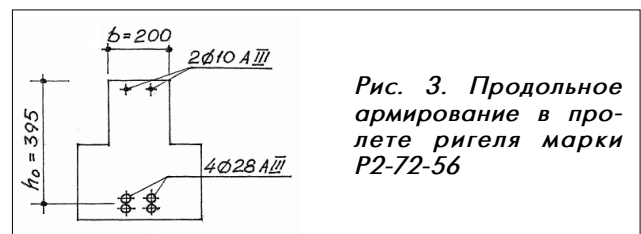


Рис. 3. Продольное армирование в пролете ригеля марки P2-72-56



1. Усиление армированной набетонкой (рис. 4,а). Сверху ригеля устанавливают продольную арматуру, концы которой приваривают к «рыбкам», а по длине закрепляют анкерами в бетоне от потери устойчивости (с шагом не более 15 диаметров продольных стержней). Затем укладывают бетон слоем не менее 40 мм класса по прочности на сжатие не ниже В30.

При таком решении одновременно осуществляется передача опорных моментов M_0 , увеличивается рабочая высота сечения h_0 и в работе участвует дополнительная сжатая арматура, т.е. увеличивается несущая способность ригеля в пролете и у опор. Способ этот привлекателен малой материалоемкостью и трудоемкостью, однако эффективность его целиком и полностью зависит от надежности сцепления старого и нового бетона, т.е. от качества выполнения работ, которое подразумевает выполнение насечки на старом бетоне, тщательную его очистку сжатым воздухом от грязи и пыли, хорошее увлажнение перед началом бетонирования и надежное заанкеривание продольной арматуры в старом бетоне.

2. Усиление стальными преднапряженными балками (рис. 4,б). По бокам полок ригелей устанавливают балки из швеллеров с опиранием последних на самостоятельные стойки (например, на стальные обоймы железобетонных колонн). Швеллеры оттягивают книзу с помощью натяжных болтов, т.е. одновременно нагружают их и разгружают ригели. Величину усилия «нагружения – разгружения» контролируют по взаимному вертикальному смещению ригеля и усиливающей балки.

Этот способ позволяет разгрузить нормальные сечения в пролете и наклонные сечения у опор, однако восстановить опорные моменты он не в состоянии. Поэтому над верхней гранью ригелей необходима установка дополнительных продольных стержней, привариваемых по концам к «рыбкам», с последующей их защитой слоем раствора или бетона, но без выполнения мероприятий по обеспечению сцепления слоев бетона (раствора). Если же опорные моменты M_0 в статическом расчете каркаса не были учтены, то от «рыбок» вообще можно отказаться, т.е. демонтировать их.

Недостаток такого способа — высокая металлоемкость, а достоинство — большая степень разгрузки ригелей, поэтому его целесообразно применять для усиления ригелей, сильно ослабленных и другими дефектами (морозным разрушением бетона, коррозией арматуры и пр.).

3. Усиление преднапряженными затяжками (рис. 4,в). Суть усиления — в создании разгружающего момента отрицательного знака $M = Pe_{op}$, который создается электротермическим натяжением внешней арматуры (затяжки). До начала натяжения стержни затяжки закрепляют одними концами на упорах, приваренных к рабочей арматуре ригелей. После нагрева и удлинения на других упорах закрепляют противоположные концы стержней. В процессе остывания в затяжках возникают растягивающие усилия P , которые действуют на ригель в виде сжимающей силы и вызывают в нем разгружающий момент.

Величина разгружающего момента определяется сечением затяжки, величиной удлинения и температурой нагрева (которая не должна превышать

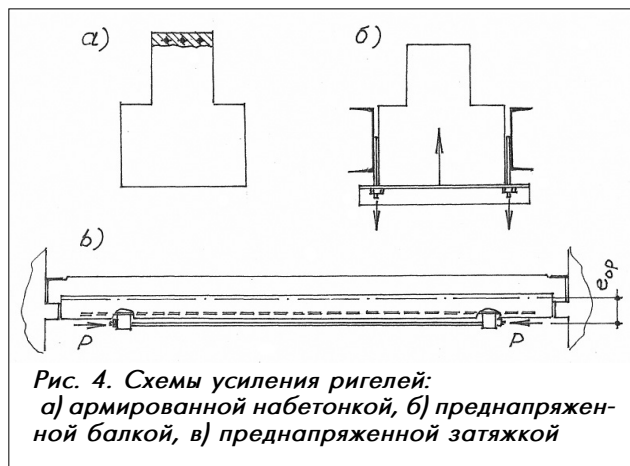


Рис. 4. Схемы усиления ригелей: а) армированной набетонкой, б) преднапряженной балкой, в) преднапряженной затяжкой

350°С). Способ этот намного менее металлоемкий, чем второй, но требует специального оборудования. Как и второй способ, он не восстанавливает защемление ригелей на опорах, а позволяет лишь существенно увеличить несущую способность нормальных сечений в пролете.

ВЫВОДЫ

1. Отступление от рабочих чертежей при армировании опорных участков сборных железобетонных ригелей каркаса серии ИИ-04 приводит не только к невозможности восприятия опорных моментов, но и к снижению общей несущей способности конструкций.

2. Расчетная несущая способность ригелей марок Р2-72-56 и Р2-72-57, определенная по Нормам 1984 г. [2] и по СП [3], недостаточна для восприятия проектной полезной нагрузки 7,2 т/м, поэтому при изготовлении ригелей должна безоговорочно обеспечиваться проектная прочность бетона.

3. Расчетную несущую способность ригелей выше указанных марок можно обеспечить, если увеличить продольное армирование сжатой зоны в пролете до 2Ø20 А-III. Однако такое изменение должно пройти экспериментальную проверку и быть согласовано в установленном порядке.

4. Если при изготовлении ригелей допущено нарушение армирования концевых участков, не позволяющее воспринимать проектные опорные моменты, а прочность бетона ригелей оказалась ниже проектной, наименее дорогим способом усиления является устройство армированной набетонки, которое, однако, требует высокого качества выполнения работ.

Библиографический список:

1. СНиП II-V. 1-62. *Бетонные и железобетонные конструкции. Нормы проектирования.*
2. СНиП 2.03.01-84*. *Бетонные и железобетонные конструкции.*
3. СП 52-101-2003. *Бетонные и железобетонные конструкции без предварительного напряжения арматуры.*
4. Габрусенко В.В. *Аварии, дефекты и усиление железобетонных и каменных конструкций.* — Новосибирск, 2005. — 88 с.