

ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Барашиков А.Я., Блалы эль Мустафа. Расчет прочности железобетонных балок, усиленных эффективными материалами в растянутой зоне // Збірник наукових праць. Ресурсоекономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди. Вип. 10. – Рівне: УДУВГП, 2003. – С.252-258.
2. Гнідець Б. Підсилення залізобетонних конструкцій зі зміною статичної схеми і регулюванням зусиль // Збірник наукових праць. Ресурсоекономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди. Вип. 10. – Рівне: УДУВГП, 2003. – С.259-266.
3. Шагин А.Л., Избаш М.Ю. Усиление эксплуатируемых балочных конструкций локальным обжатием // Міжвідомчий науково-технічний збірник наукових праць(будівництво). Державний науково-дослідний інститут будівельних конструкцій Держбуду України (у 2-х томах, т.2). Вип.62 – Київ, НДБК,2005. – С.316-321.
4. Катруца Ю.А., Лисенный А.М. Усиление перекрытий ярусом Одесского театра оперы и балета созданием преднапряженных сталежелезобетонных систем перекрытий с использованием временных опор для регулирования напряжений // Міжвідомчий науково-технічний збірник наукових праць(будівництво). Державний науково-дослідний інститут будівельних конструкцій Держбуду України (у 2-х томах, т.1). Вип.59 – Київ, НДБК,2003. – С.503-510.

УДК: 691.624.016.5.001.4

РЕЗУЛЬТАТЫ ОГНЕВЫХ ИСПЫТАНИЙ ЖЕЛЕЗОБЕТОННОГО КАРКАСА СЕРИИ Б 1.020.1-7 С ПЛОСКИМИ СБОРНО- МОНОЛИТНЫМИ ПЕРЕКРЫТИЯМИ ПОД НАГРУЗКОЙ

*Мордич А.И., канд.техн.наук, Белевич В.Н., Навой Д.И, инженеры
УП «Институт БелНИИС», Минск, Беларусь*

Введение. В УП «Институт БелНИИС» разработана, исследована и утверждена в 1999 году приказом Минстройархитектуры РБ Унифицированная архитектурно-строительная конструктивная система многоэтажных зданий серии Б1.020.1-7 [1] на основе железобетонного каркаса с плоскими сборно-монолитными дисками перекрытий с применением многопустотных плит и поэтажно опертых наружных стен из легких материалов. Эта система апробирована в условиях экспериментального проектирования и серийного строительства многократными натурными испытаниями [2] статическим нагружением перекрытий фрагментов каркаса и получила широкое распространение на стройках Беларуси и России. Начато освоение серии предприятиями Украины.

Конструктивной особенностью каркаса являются плоские сборно-монолитные диски перекрытий, заземленные в колоннах. Они образованы многопустотными плитами (в т.ч. безопалубочного формования – ПБФ),

объединенными в ячейках каркаса монолитными неразрезными несущими (поперек плит) и связевыми (вдоль плит) железобетонными ригелями, скрытыми в плоскости диска перекрытия и пропущенными в створах колонн на всю длину и ширину здания. Многopустотные плиты сопряжены по торцам с несущими ригелями посредством бетонных шпонок, размещенных в открытых полостях плит на глубину 100 ± 10 мм, и содержат выпуски рабочей арматуры, заанкеренные в бетоне несущих ригелей. Многopустотные плиты размещены группами в ячейках перекрытия с упором торцами и боковыми гранями в замкнутых по контуру железобетонных рамах, образованных монолитными ригелями. При изгибе плит в составе ячеек диска перекрытия по их контурам возникает горизонтальная реакция распора H (рис.1), приложенная с эксцентриситетом e относительно срединной поверхности.

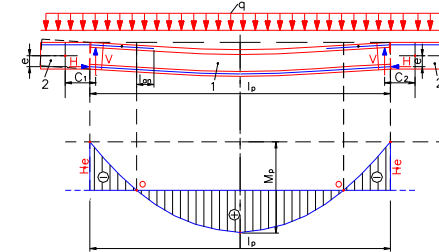


Рис.1. Схема работы плит с распором и этюра изгибающего момента, 1 – сборные многopустотные плиты; 2 – несущие ригели

Действие распора H в угловых и крайних ячейках каркаса совместно с вертикальной реакцией вызывает изгиб с кручением монолитных ригелей. Для восприятия распора в связевых ригелях и межплитных швах крайних ячеек перекрытия должно быть установлено достаточное количество продольной арматуры-затяжек [1]. Учет распора позволяет сократить расход арматуры в плитах на 30..50%.

Постановка задачи. В последнее время наблюдается тенденция к увеличению этажности (до 25 и более этажей) зданий серии Б.1020.1-7, что вызывает к ним повышенные требования по пожарной безопасности, как для зданий I и II степени огнестойкости (СНБ 2.02.01-98). Пределы огнестойкости устанавливаются по ГОСТ 30247 и они различные для строительных конструкций в зависимости от их назначения по степени ответственности. Поскольку в сборно-монолитном каркасе серии Б1.020.1-7 конструкции с различными пределами огнестойкости работают совместно, то определение предела огнестойкости каркаса в целом является весьма актуальной задачей с выявлением возможностей снижения последствий от пожара и восстановления. Однако, имея существенные конструктивные отличия от применяющихся систем, до настоящего времени отсутствовали экспериментальные данные по пределам огнестойкости такого каркаса. Тем более, что применение в дисках перекрытий плит ПБФ не имеющих поперечного армирования и выпусков арматуры, заводимых в бетон монолитных ригелей, нетрадиционное сопряжение плит с ригелями посредством бетонных шпонок и действие сжимающих напряжений в бетоне по нижней поверхности перекрытия в зоне стыка плит с ригелями от распора при их изгибе под нагрузкой, а также отрицательное влияние на сжатый бетон высоких температур при пожаре, вызвало необходимость в проведении специальных испытаний.

Конструкции опытных образцов. Для оценки предела огнестойкости в

нагруженном состоянии каркаса серии Б1.020.1-7 в целом и, в частности, шпоночных и комбинированных (с выпусками арматуры) стыков многпустотных плит с несущими ригелями, были изготовлены в натуральную величину четыре объемных фрагмента каркаса ФК1-ФК4 с размерами в осях 6,6x6,0 м и два плоских фрагмента перекрытий ФП-1 и ФП-2 (рис.2а,б).

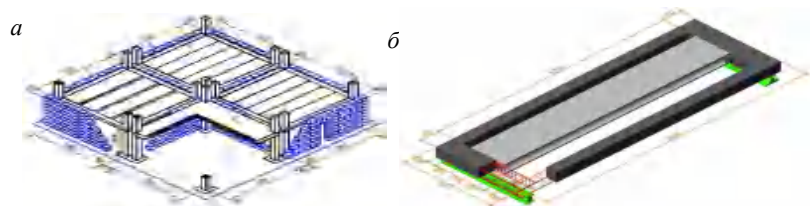


Рис.2. Принципиальная конструкция объемных фрагментов каркаса (а) и плоских фрагментов перекрытия (б)

Объемные фрагменты каркаса включали 4 варианта сборно-монолитных дисков перекрытий, образованных плитами обоих типов и сопряженных посредством бетонных шпонок с монолитными ригелями, опертыми на колонны с открытыми по двум боковым граням сторонами для огневых воздействий. Во фрагментах ФК1 и ФК2 перекрытие представлено уложенными вплотную друг к другу плитами с круглыми пустотами и выпусками арматуры, заанкеренными в несущих ригелях (ФК1) и плитами ПБФ (ФК2) с замоноличенными и армированными затяжками (Ø16A400) межплитными швами по боковым сторонам и монолитными ригелями по контуру. В остальных фрагментах (ФК3 и ФК4) перекрытия выполнены из плит ПБФ с уширенными на 150 мм и армированными межплитными швами пространственными арматурными каркасами с нижней рабочей арматурой из 2Ø12A400 и верхней арматурой из 2Ø8A400, заанкеренной по концам в монолитных ригелях. Причем перекрытие фрагмента (ФК4) выполнено с набетонкой толщиной 60 мм, армированной из проволоки Ø6 A400 с ячейкой 150 мм. По периметру каждого фрагмента были возведены ограждающие стены из газосиликатных блоков низкой плотности ($\gamma_o=400 \text{ кг/м}^3$) толщиной 300 мм с дверным проемом и окном. Для страховки перекрытий фрагментов от полного обрушения и потери при этом общей картины деструктивных образований от огневых воздействий под перекрытиями были возведены страховочные столбы из силикатного кирпича. Между верхом столбов и потолочной поверхностью перекрытий были предусмотрены зазоры 200 - 500 мм для обеспечения свободных вертикальных перемещений (прогибов).

В каждом из плоских фрагментов (ФП-1, ФП-2) многпустотная плита была размещена в замкнутой железобетонной раме с упором по торцам и была оперта посредством бетонных шпонок на поперечные ригели, а по бокам плиты были отделены от продольных ригелей-затяжек рам зазорами 30 мм. Во фрагменте ФП-1 плита марки ПК46.12-6Ат800ов имела выпуски

продольной рабочей арматуры, заанкеренные в бетоне поперечных ригелей. В образце (ФПо-2) плита ПБФ (Макс-Рот) марки 2П47.12.11,0К7(9т) выпусков по торцам не имела и опирание ее на монолитные ригели рамы осуществлялось только посредством бетонных шпонок. Несущие и связевые ригели армированы объемными арматурными каркасами из стержней 2Ø18A500 в нижней зоне и 2Ø10A500 в верхней. При приложении к плитам вертикальной испытательной нагрузки плиты работали с продольным распором, как указано выше (см.рис.1). Для сопоставления с традиционными условиями работы плит-близнецов при свободном опирании их размещали над печью рядом с испытываемыми фрагментами ФП-1 и ФП-2.

Методика огневых испытаний. Огневые испытания плит, плоских фрагментов перекрытий и объемных фрагментов каркаса (рис. 4) проводили на стандартных печах и полигоне Испытательного Центра МЧС РБ по методике, разработанной «НИИ ПБ и ЧС МЧС Беларуси» согласно [3].

Цель испытаний – определение в нагруженном состоянии пределов огнестойкости каркаса серии Б1.020.1-7 в целом, а также многопустотных плит перекрытий, испытываемых по балочной схеме при их традиционном опирании на шарнирные опоры и при опирании плит на бетонные шпонки монолитных ригелей. При этом предстояло определить степень огнестойкости плит с выпусками рабочей арматуры из торцов, заанкеренных в монолитных ригелях, а также плит ПБФ при опирании их только на бетонные шпонки.

Плиты и плоские фрагменты шарнирно по концам опирали на стены огневой камеры (рис.3а) и сначала загружали железобетонными блоками массой 225 кг до уровня нормативных нагрузок, составляющих $g=4,5-4,9 \text{ кН/м}^2$ на плиты с круглыми пустотами при свободном опирании и в составе фрагмента ФП-1. Нагрузка на свободно опертую плиту ПБФ составила $g=5,9 \text{ кН/м}^2$, а на такую же плиту в составе фрагмента ФП-2 – $g=6,4 \text{ кН/м}^2$. Нагрузки на перекрытия фрагментов каркаса (рис.3б) составляли $g=4,5-5,3 \text{ кН/м}^2$. Температурный режим в огневой камере печи и внутреннем объеме фрагментов создавали дизельным топливом и штабелями дров влажностью 12-14%, при этом максимальная температура достигала величины 980..1010°C.



Рис. 4. Общий вид огневых испытаний
а- плит и плоских фрагментов, б – объемных фрагментов каркаса

В процессе силовых и огневых испытаний измеряли прогибы конструкций, температуру нагрева рабочей арматуры, внутреннего

пространства и поверхностей с помощью термоэлектрических преобразователей и потенциометров.

Результаты испытаний. Согласно ГОСТ 30247.1-94 предельное состояние в конструкциях по огнестойкости наступает при достижении предельных прогибов $f_{lim}=l/20$, при нарушении теплопроводящих свойств конструкций, повышении температуры на необогреваемой поверхности на 140°C , а также при нарушении целостности конструкции, образовании трещин, через которые на необогреваемую поверхность поступают продукты горения. На оценку предела огнестойкости влияет также продолжительность времени нагрева рабочей арматуры до температуры 500°C , после которой она теряет свои упругие свойства и способствует скорости приращения прогибов.

Первые деструктивные изменения - отшелушение защитного слоя бетона плит - наступали на 5-10 минуте от разогрева капиллярной воды в структуре бетона. Графики роста прогибов плит при огневых испытаниях плоских фрагментов ФП-1 и ФП-2 приведены на рис.4. Разрушение фрагмента ФП-1 с плитой ПБФ было хрупким и произошло на 32 минуте из-за раздробления от перегрева и потери прочностных свойств сжатой зоны бетона при действии горизонтальной реакции распора в шпоночном стыке плит с монолитными ригелями. В результате этого усилие распора в стыке стало резко уменьшаться и исчезать. Одновременно произошло перераспределение усилий в опорном сечении плиты и, при отсутствии в нем поперечной арматуры, образовалась горизонтальная трещина с разделением полков плиты и передачей вертикальной реакции по верху бетонных шпонок, после чего и произошло ее выпадение (рис.5). Разрушение плиты с круглыми пустотами при свободном опирании наступило на 55 минуте, а такой же плиты в составе фрагмента ФП-2 произошло на 76 минуте от разогрева и текучести рабочей арматуры в пролетном сечении. При этом плита в ФП2 осталась «висеть» на выпусках рабочей арматуры, что свидетельствует о достаточной несущей способности комбинированного стыка плиты с монолитным ригелем. Наличие выпусков арматуры из плит, заанкеренных в монолитных ригелях рам, увеличивают предел огнестойкости плит по сравнению со свободно опертыми и опертыми только на бетонные шпонки соответственно в 1,5-2,3 раза.

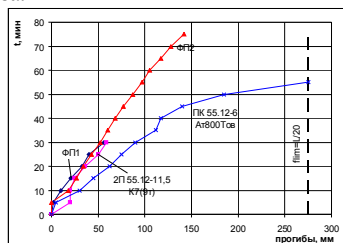


Рис. 4. Прогибы свободно опертых плит и в составе фрагментов перекрытия при огневых испытаниях



Рис. 5. Разрушение ФП1 (а) и ФП2 (б)

Последний случай опирания создает опасность хрупкого разрушения сжатой зоны стыка, обращенной к источнику огня вследствие потери бетоном сжатой зоны прочностных свойств и исчезания распорного усилия. Это необходимо учитывать при проектировании посредством устройства между плитами ПБФ расширенных и армированных на всю длину межплитных швов с заанкериванием их рабочей арматуры в противоположных монолитных ригелях, что и было предусмотрено в перекрытиях фрагментов ФК3 и ФК4.

При поочередном испытании объемных фрагментов каркаса установлено, что время выдержки при огневом воздействии может составлять 120-150 минут, как, например, было достигнуто во фрагментах ФК3 и ФК4 с перекрытиями из плит ПБФ с уширенными межплитными швами и надбетонкой, что значительно превышает предел огнестойкости самих плит (45-60 мин). При этом прогибы плит опережали прогибы несущих ригелей, но их разрушения не наступило даже к концу испытаний, поскольку они удерживались в перекрытии за счет армированных и уширенных межплитных швов. По характеру развития дефектов можно выделить наиболее значимые из них в виде обнажения рабочей арматуры несущих ригелей при полном разрушении защитного слоя, что приводит к более быстрому разогреву и потере упругих свойств арматуры (рис.6), влияющей на скорость приращения прогибов (рис.7).

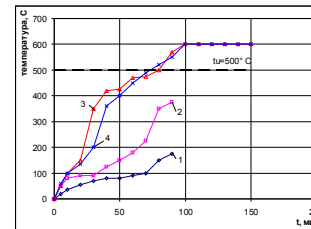


Рис. 6. Изменение температуры в арматуре
1,3– плит ФК1, ФК4, 2- ригелей ФК1, ФК4

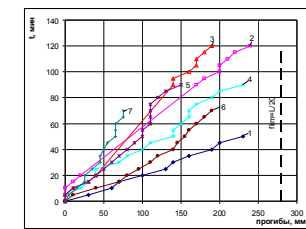


Рис. 7. Прогибы элементов каркаса
1,2,4,6 - плит ФК1- ФК4, 3,5,7 - несущих ригелей ФК2, ФК3, ФК4

Из представленного на рис.8а состояния нижней поверхности перекрытий фрагмента ФК1 после действия огня в течение 80 минут обнажения рабочей арматуры в несущих и связевых ригелях не наблюдалось, хотя и имелись достаточно обширные участки с локальными отслоениями бетона. В плитах перекрытия имелись разрушенные участки защитного слоя бетона с обнажением рабочей арматуры, заанкеренной в монолитных ригелях. Разрушения плит при этом не произошло, т.к. их сдерживали выпуски рабочей арматуры, заведенные в бетон монолитных ригелей. В перекрытии фрагмента каркаса ФК4 с плитами ПБФ и расширенными межплитными швами с надбетонкой, после истечения 150 минут огневого воздействия, также не наблюдалось обширных разрушений раскаленного при разогреве бетона (рис.8б), однако при его остывании происходило локальное обрушение нижних полок, вскрытие пустот, выпадение канатной арматуры (рис.8в).



Рис.8. Вид нижней поверхности перекрытия фрагмента каркаса ФК1 (а) и ФК4 (б) после прекращения огневого воздействия и остывания (в)

Здесь следует отметить, что, несмотря на прекращение действия огня, рабочая арматура конструкций перекрытия и бетон еще некоторое время оставались в сильно разогретом состоянии, подтверждаемом свечением бетона, как это видно из рис.8б и процесс текучести арматуры и разрушения структуры бетона продолжался практически до полного остывания. Восстановление такого перекрытия возможно после полного удаления разрушенного бетона, усиления колонн и подведения дополнительной рабочей арматуры с последующим бетонированием в опалубке.

В остальных фрагментах разрушение не было достигнуто, однако полученные данные показывают, что несущие конструкции сборно-монолитного каркаса отвечают требованиям пожарной безопасности по огнестойкости.

Выводы

1. Проведенные испытания показали, что требуемая огнестойкость железобетонного каркаса серии Б1.020.1-7 с различными вариантами плоских сборно-монолитных перекрытий из многопустотных плит обеспечивается за счет совместной работы конструктивных элементов и перераспределения усилий в их сечениях как статически неопределимой системы.
2. Наличие в шпуночном стыке плиты с монолитным ригелем выпусков арматуры, заанкеренных в монолитных ригелях, увеличивает предел их огнестойкости по сравнению со свободно опертыми плитами и опертыми только на бетонные шпонки соответственно в 1,5-2,3 раза.
3. Опирающие плиты только на бетонные шпонки создает опасность хрупкого разрушения сжатой зоны стыка, обращенной к источнику огня вследствие потери прочностных свойств бетона и исчезания в процессе нагрева величины распорного усилия, что необходимо учитывать при проектировании.

ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Типовые строительные конструкции, изделия и узлы. Сборно-монолитная каркасная система МВБ-01 с плоскими перекрытиями для зданий различного назначения: БелНИИС. –Мн.: Минсктипроект, 1999.

2. Мордич А.И., Белевич В.Н., Симбиркин В.Н., Навой Д.И. Опыт практического применения и основные результаты натурных испытаний сборно-монолитного каркаса БелНИИС// Бюллетень строительной техники №8, 2004, с.8-12.
3. ГОСТ 30247.1-94 Испытания на огнестойкость. Несущие и ограждающие конструкции.

УДК 624.075:539.376

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОМЫШЛЕННОГО СТРОИТЕЛЬСТВА

*Мустафа Ахмед, аспирант
Запорожская государственная инженерная академия*

Эффективность современного строительства может быть повышена за счет оптимального сочетания таких традиционных материалов, как железобетон, сталь со сравнительно новыми материалами – полимерными композитами. На основе экспериментально-статистического моделирования установлено [2], что оптимальная «полимероемкость» конструкций в гражданском строительстве должна составлять 10...15%. Для промышленного строительства этот показатель в среднем должен быть выше. Наиболее эффективно применение полимерных композитов в конструкциях, эксплуатируемых в агрессивных средах – объектах химической промышленности, в цветной и черной металлургии, в сельском хозяйстве.

В настоящее время в строительстве производственных зданий и сооружений цветной металлургии ведущая роль принадлежит металлическим конструкциям, эксплуатируются сотни тысяч тонн металлоконструкций. Годовые затраты на противокоррозионную защиту в бывшем СССР составляли 20 млн руб., а общие прямые убытки – около 60 млн руб/год [3]. При этом наблюдается тенденция к ежегодному росту потерь от коррозии и затрат на противокоррозионную защиту в отрасли.

Одно из направлений снижения затрат на противокоррозионную защиту – внедрение конструкций из полимерных композитов. При этом представляется перспективным как сочетание композитов с традиционными материалами, так и частичная замена стальных конструкций на конструкции из полимерных композитов.

Среди полимерных материалов, обладающих довольно высокой прочностью и способных конкурировать со сталью, являются стеклопластики. По стоимости стеклопластики дороже стали. Однако, если учесть приведенные затраты на противокоррозионную защиту конструкции, эксплуатируемой, например, в сильноагрессивной среде, где защитные покрытия выходят из строя, как правило, через 1...3 года [3], то, очевидно, эффективность применения стеклопластиков увеличится.

Главный недостаток пластмасс – низкий модуль упругости и обусловленная этим высокая деформативность материала. Поэтому наиболее