

Проведенный анализ показывает, на целесообразность разработки в Республике Беларусь нормативно-технического документа по аналитическому определению фактических и требуемых пределов огнестойкости существующих и проектируемых железобетонных конструкций. Внедрение которого позволит на базе всестороннего анализа существующей нормативно-технической документации, номенклатуры и параметров существующих и новых конструкций оптимизировать затраты при проектировании, производстве и определении области применения железобетонных конструкций.

ЛИТЕРАТУРА

1. ГОСТ 30247.0-94 Конструкции строительные. Методы испытаний на огнестойкость. Общие требования.
2. ГОСТ 30247.1-94 Конструкции строительные. Методы испытаний на огнестойкость. Несущие и ограждающие конструкции.
3. СНБ 1.01.01-97 Система технического нормирования и стандартизации в строительстве. Национальный комплекс нормативно-технических документов. Основные положения.
4. СНБ 2.02.01-98* Пожарно-техническая классификация зданий, строительных конструкций и материалов.
5. СНиП 2.01.02-85* Противопожарные нормы.
6. ISO/TO 10158:1991/E/ Принципы и логические обоснования, лежащие в основе методов расчета огнестойкости строительных элементов.
7. ISO/TO 834-3-94 Испытания на огнестойкость строительных конструкций. Часть 3. Комментарии по методам испытаний и применению результатов испытаний.
8. И.И. Кузмичев, В.С. Матлис. Вопросы экономики в пожарной охране. / Сборник научных трудов ВНИИПО. – М.: ВНИИПО МВД СССР, 1980. – С. 23 – 31.
9. И.А. Харченко, С.В. Новак. Оценка результатов испытаний конструкций на огнестойкость. // Научное обеспечение пожарной безопасности. 1997. №4, С.103-104.

УДК 624.074.415

Клюева Н.В., Демьянов А.И.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ БАЛОК СПЛОШНОГО И СОСТАВНОГО СЕЧЕНИЯ В ЗАПРЕДЕЛЬНЫХ СОСТОЯНИЯХ

Проблеме повышения конструктивной безопасности строительных систем уделяется в последнее время большое внимание. При построении расчетных алгоритмов ставится задача исключить наступление предельных состояний конструкции от заданных проектных воздействий. В то же время в процессе жизненного цикла конструкций известны различные случаи аварийных ситуаций и связанных с этим за проектных воздействий. При таких воздействиях возникает новая задача исследования конструкций в за предельных состояниях, при их видоизменении, выключении из работы отдельных элементов, связей, креплений и т.п., а также синтезу на этой основе адаптационных конструктивных систем, исключающих лавинообразные разрушения. До настоящего времени в теоретических исследованиях основное внимание уделялось, как правило, изучению работы по совершенствованию метода расче-

та конструкций по предельным состояниям первой и второй группы. Изучение особенностей деформирования конструкции в запредельных состояниях второй группы и, тем более, в запредельных состояниях первой группы теоретическими исследованиями практически не затрагивалось. Между тем, в связи с урбанизацией, усложнением технологий, расширением номенклатуры применяемых видов конструкций и материалов зданий и сооружений возрастает возможность воздействий не предусмотренных проектом и как следствие – число чрезвычайных ситуаций. В контексте изложенного, в рамках гранта РААСН «Создание теоретических основ, методов и алгоритмов оценки и оптимизации характеристик конструкционной безопасности составных железобетонных конструкций» выполнена серия экспериментально-теоретических исследований статически неопределимых железобетонных балок сплошного и составного сечения. Целью этих исследований являлось изучение процессов деформирования и разрушения балочных конструкций сплошного и составного сечения в запредельных состояниях и оценка их остаточного ресурса.

Экспериментальные исследования железобетонных неразрезных балок проводились на двух сериях сборно-монолитных железобетонных конструкций, каждая из которых включала три сборные балки, объединенные между собой в трехпролетную неразрезную систему с помощью закладных деталей и замоноличивания стыков.

Балки образцов первой серии с размерами $1200 \times 120 \times 40$ мм были изготовлены в двух вариантах: сплошного сечения с нижней пролетной арматурой диаметром 6 мм и 8 мм.



Рис.1. Общий вид испытаний

Конструкция сборных элементов систем второй серии таких же размеров представляла собой составной стержень из двух брусьев. При бетонировании нижний брус был отделен от верхнего двумя слоями низко модульного материала в виде полиэтиленовой пленки. Балки этой серии также выполнялось с двумя вариантами армирования: первый – с рабочей пролетной арматурой в нижнем брусце $\varnothing 6$ мм и рабочей надпорной арматурой в верхнем брусце $\varnothing 8$ мм, второй – с рабочей пролетной арматурой в обоих брусьях $\varnothing 6$ мм и надпорной арматурой $\varnothing 8$ мм. Поперечная арматура опытных образцов запроектирована из проволоки диаметром 1,5 мм, с шагом 60 мм. Проектный класс бетона для всех конструкций был принят В35.

Нагружение конструкций осуществлялось двумя сосредоточенными силами в каждом пролете, до уровня проектной нагрузки ступенями. Запроектную нагрузку создавали путем мгновенного разрыва прокалиброванного сварного шва соедини-

тельного элемента над первой промежуточной опорой растягивающим усилием, действующим в этом элементе от внешней нагрузки. В результате разрыва момент над первой промежуточной опорой мгновенно уменьшался с заданного проектного до нулевого значения.

Нагружение запроектным воздействием производилось дважды: первый раз при нагрузке, равной 0,8 от величины нагрузки трещинообразования, второй — при проектной нагрузке.

Полученные значения приращений деформаций сжатого бетона и перемещений конструкций опытных образцов обеих серий значительно превышали перемещения и деформации, которые возникли бы в тех же сечениях балок, если бы выключение из работы сварного шва закладной детали происходило медленно. Указанное превышение от рассматриваемого запроектного воздействия в балках сплошного сечения для деформаций составило 1,83 раза, а для перемещений — 1,92 раза, в балках составного сечения эти показатели составили соответственно 1,76 и 1,86 раза. Согласно результатов теоретических исследований [1, 2], если бы деформирование балки происходило упруго, то названное превышение, составило бы два раза. При неупругом деформировании эффект от мгновенного выключения из работы опорного сечения балки заметно снижается. Полученные опытные данные не только подтвердили теоретические результаты, но и позволили установить количественные значения названного параметра изучаемого явления. Эффект импульсного воздействия от выключения из работы надопорного сечения особенно заметен в конструктивных системах с элементами составного сечения и податливым швом сдвига, что обусловлено не только упругопластическим характером работы брусьев составных балок, но и шва их сопряжения.

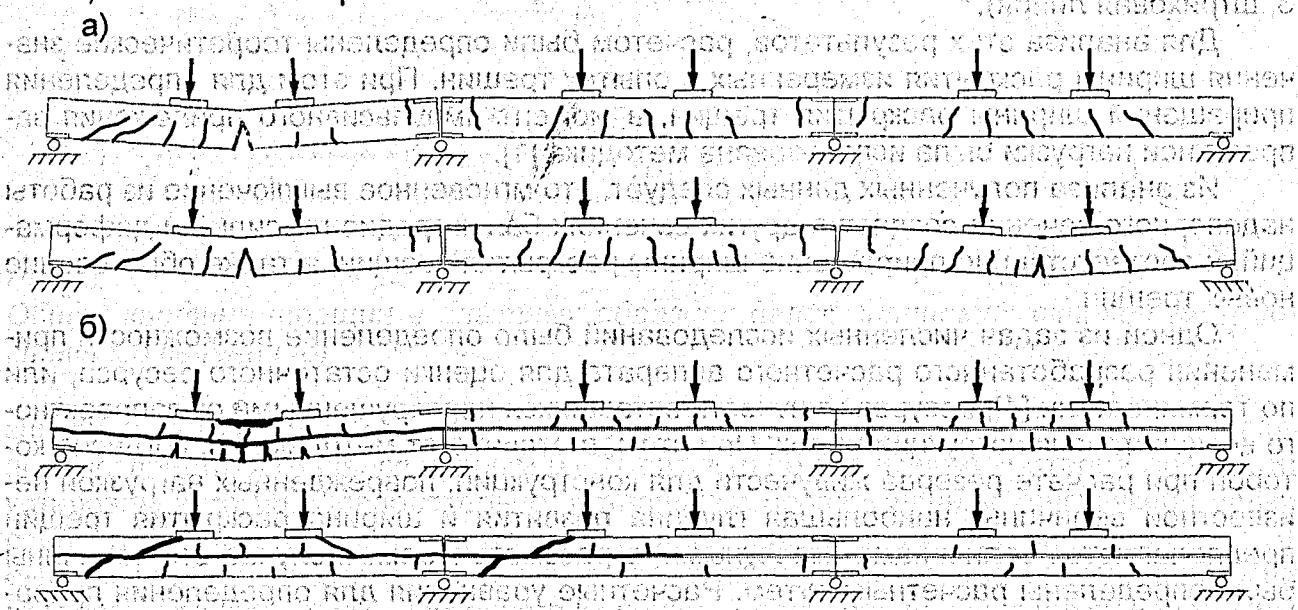


Рис. 2. Схемы разрушения конструкций неразрезных балок сплошного (а) и составного (б) сечения.

Экспериментальными исследованиями были установлены схемы разрушения железобетонных статически неопределимых балок обеих серий (рис. 2). Так, для балок сплошного сечения, при мгновенном разрушении сечения над одной из промежуточных опор, получены схемы разрушения:

- разрушение крайнего, наиболее нагруженного пролета вследствие влияния динамического эффекта, с разрывом пролетной рабочей арматуры;
- разрушение крайнего пролета, далее, с задержкой в несколько секунд, разрушение сечения над второй промежуточной опорой и разрушение второго крайнего пролета, т.е. лавинообразное разрушение всей балки.

При аналогичной запроектной нагрузке для балок составного сечения получены следующие схемы разрушения:

- разрушение балок по шву сдвига, далее, из-за резкого уменьшения жесткости поперечных сечений и фактическом выключении из работы связей сдвига в шве, происходило дальнейшее разрушение по сжатому бетону в нормальном сечении нижнего, а затем и верхнего бруса составного стержня;
- разрушение балок второй серии также начиналось по шву сдвига и далее произошло мгновенное лавинообразное хрупкое разрушение крайнего, и наконец среднего пролетов по наклонным сечениям.

Примечательно и то, что наклонные трещины в составных балках не образовывались при нагружении проектной нагрузкой. Разрушение верхних и нижних брусьев проходило лишь после расслоения шва сдвига по мгновенно образовавшимся наклонным трещинам. Причем эти трещины в верхнем и нижнем брусев балок образовывались в разных наклонных сечениях.

При нагружении балок проектной, а затем после действия запроектной нагрузок, были измерены ширина раскрытия и глубина развития трещин во всех опытных конструкциях (рис. 3). Кроме того, в балках неразрушенных пролетов были зафиксированы новые трещины, образовавшиеся после запроектного воздействия (см. рис. 3, штриховая линия).

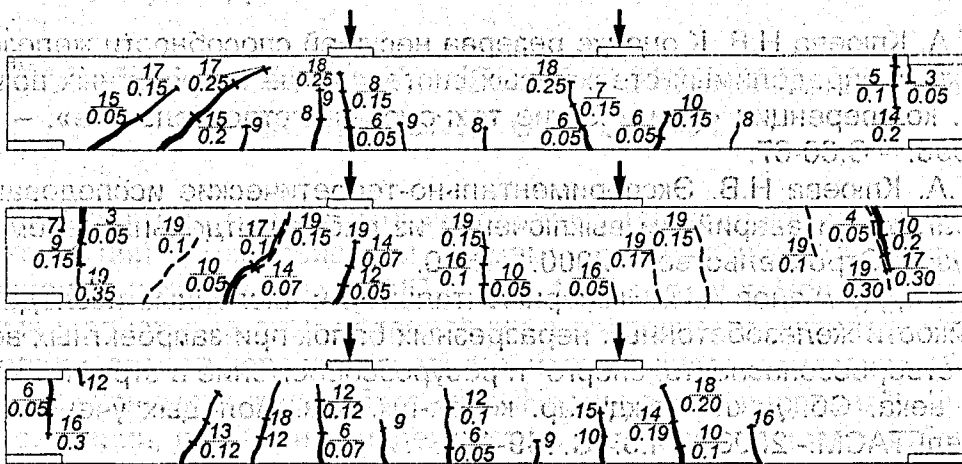
Для анализа этих результатов, расчетом были определены теоретические значения ширины раскрытия измеренных в опытах трещин. При этом для определения приращений ширины раскрытия трещин, в момент импульсивного приложения запроектной нагрузки была использована методика [1].

Из анализа полученных данных следует, что мгновенное выключение из работы надпорного сечения создает в других сечениях балок градиент усилий и деформаций, и соответственно приращение ширины раскрытия трещин, а также образование новых трещин.

Одной из задач численных исследований было определение возможности применения разработанного расчетного аппарата для оценки остаточного ресурса, или по терминологии [4], ресурса живучести оставшихся неразрушенными от запроектного воздействия конструкций балок. При этом, в отличие от методики [4], согласно которой при расчете резерва живучести для конструкций, поврежденных нагрузкой неизвестной величины, наибольшая глубина развития и ширина раскрытия трещин предполагаются величинами известными, в рассматриваемом случае эти величины были определены расчетным путем. Расчетные уравнения для определения приращений динамических напряжений в сечениях железобетонной балки приняты по работе [2].

С использованием разработанного алгоритма по определению резерва живучести элементов конструктивной системы после запроектных воздействий [3], была выполнена оценка остаточного ресурса оставшихся не разрушенными после испытаний балок. В качестве примера приведем результаты расчета резерва живучести балки среднего пролета первой серии. Получены следующие расчетные параметры: ширина раскрытия трещин (a_{cr}) до и после запроектного воздействия соответственно составила 0,096 и 0,178. Опытные значения этих величин имели соответственно

а)



б)

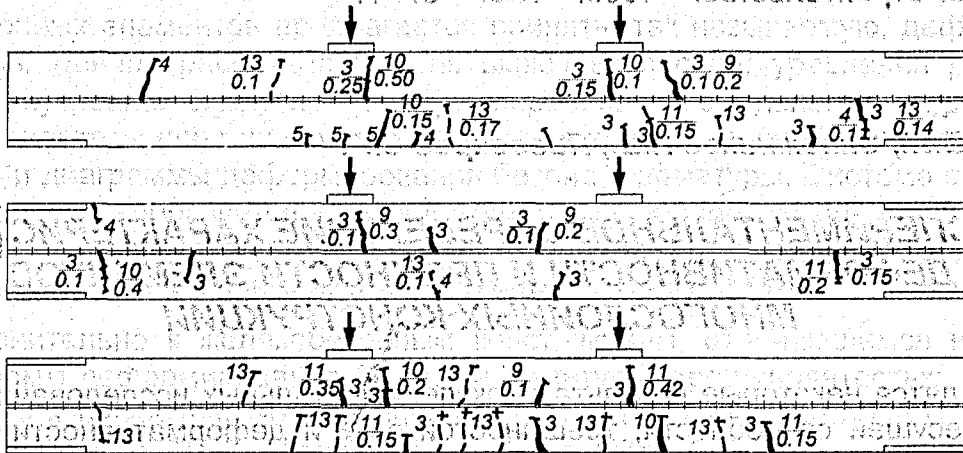


Рис. 3. Общая картина трещин в опытных образцах балок сплошного сечения (а) и составного сечения (б)

значения 0,08 и 0,15 мм. Резерв живучести рассматриваемой балки после запроектного воздействия оказался равным 0,891 бит, что не превышает критерия живучести установленного [4]. Следовательно, оставшаяся неразрушенная конструкция балки среднего пролета балки находится в неудовлетворительном состоянии и она может быть использована для дальнейшей эксплуатации только после ее усиления. Для среднего пролета балки составного сечения второй серии названные параметры имели следующие значения $a_{ср}$: расчетные 0,26 и 0,45 мм, опытные — 0,21 и 0,36 мм, резерв живучести — 0,423 бит. Таким образом, согласно критерия [4], конструкция балки в результате запроектного воздействия получила недопустимые повреждения и восстановлению не подлежит.

Существенные расхождения опытных и расчетных значений $a_{ср}$, а следовательно и приращений $a_{ср}$ от запроектных воздействий для балок составного сечения, свидетельствуют о необходимости уточнения методики деформационного расчета таких конструкций в запредельных состояниях.

ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гениев Г.А. Ключева Н.В. К оценке резерва несущей способности железобетонных статически неопределимых стержневых систем после запроектных воздействий// Сб. докл. конференции «Критические технологии в строительстве». – М.: Изд-во МГСУ, 1998. – С.60-67.
2. Гениев Г.А. Ключева Н.В. Экспериментально-теоретические исследования неразрезных балок при аварийном выключении из работы отдельных элементов// Известия вузов. Строительство. – 2000. – №10.
3. Ключева Н.В., Демьянов А.И. Экспериментальные и численные исследования трещиностойкости железобетонных неразрезных балок при запроектных воздействиях.// Качество, безопасность, энерго- и ресурсосбережение в строительстве на пороге XXI века. Сб. докл. междунар. конф.-шк.-сем. молодых ученых- Белгород: Изд-во БелГТАСМ.- 2000. – Ч.3.- С.149-155.
4. Скоробогатов С.М. Рекомендации по определению резерва живучести для железобетонных конструкций, поврежденных нагрузкой неизвестной величины// Известия вузов. Строительство. – 1988. – №6. – С.4-7.

УДК 624.074.4

Колчунов В.И., Сапожников П.В., Пивоваров С.А.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК ДЕФОРМАТИВНОСТИ И ПРОЧНОСТИ ЭЛЕМЕНТОВ МНОГОСЛОЙНЫХ КОНСТРУКЦИЙ

Приводятся некоторые результаты экспериментальных исследований по определению несущей способности, трещиностойкости и деформативности элементов многослойных бетонных и железобетонных конструкций. Для определения опытных значений модуля сдвига материала среднего конструктивного изоляционного слоя многослойных конструкций, трещиностойкости и несущей способности контактной зоны двух бетонов при сдвиге конструкций из различных бетонов были испытаны специально разработанные образцы.

Наружные элементы трехслойных образцов выполнялись из тяжелого бетона, внутренний – из легкого бетона. Двухслойные образцы также включали два вида бетона. Для определения характеристик прочности по контакту различных бетонов на срез и растяжение были использованы также образцы трехэлементных бетонных балочек, средний элемент которых выполнялся из легкого бетона, крайние – из тяжелого.

При проведении испытаний применялась автоматизированная система исследования строительных конструкций (АСИК), разрабатываемая с участием авторов в рамках гранта РААСН. Система АСИК обеспечивает проведение физического эксперимента в диалоговом режиме. Разработанный и реализованный в аппаратно-программной системе подход предоставляет исследователю не только средства экспериментального подтверждения достоверности предлагаемой математической модели, описывающей исследуемый объект, но и возможность непосредственно видоизменять и оптимизировать внешние параметры проводимого физического эксперимента. Это позволяет существенно снизить число экспериментальных образцов без изменения надежности эксперимента и значительно расширить диапазон вариабельности изучаемых параметров.