

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. ТКП EN 1992-1-1–2009* Еврокод 2. Проектирование железобетонных конструкций. Часть 1-1. Общие правила и правила для зданий. – Минск, 2015. – 205 с.
2. Maotrise de l'eurocode 2. Guide d'application. Jean Roux. – Paris. – 337 p.

УДК 624.012

ЖИВУЧЕСТЬ КОНСТРУКТИВНЫХ СИСТЕМ С ПЕРЕКРЫТИЯМИ ИЗ СБОРНЫХ ПЛИТ БЕЗОПАЛУБОЧНОГО ФОРМОВАНИЯ

ЦЫМБАРЕВИЧ Т. А., ТУР А. В.

Белорусский национальный технический университет
Минск, Беларусь

К настоящему времени, несмотря на все возрастающее количество научных публикаций, накоплено довольно ограниченное число опытных данных, относящихся к исследованию живучести и поведения конструктивных систем в особых расчетных ситуациях при внезапном приложении нагрузки. Существующие экспериментальные исследования в подавляющем большинстве относятся к испытаниям монолитных железобетонных рам и многопролетных неразрезных балок. Что касается испытаний конструктивных систем из сборного железобетона при мгновенном удалении ключевого несущего элемента, то можно отметить их практически полное отсутствие. В связи с этим, экспериментальные исследования, которые представлены в данной работе, обладают важным практическим значением.

Нормативные документы [1, 2] рекомендуют применительно к феномену прогрессирующего обрушения определять живучесть как нечувствительность к локальному разрушению. Все определения приведены в табл. 1, и могут быть обобщены следующим образом: живучесть есть свойство конструктивной системы противостоять

анормальному воздействию или начальному разрушению без развития непропорционального обрушения.

Таблица 1

Некоторые из определений термина «живучесть», включенных в нормы различных стран

Нормативный документ	Определение
ЕН 1991-1-7 2006 [1]	<p>«Живучесть – это свойство конструкции противостоять таким событиям, как пожар, взрыв, удар, и результатам человеческих ошибок, без появления повреждений, которые были бы непропорциональны исходной причине (нечувствительность конструктивной системы к локальному повреждению)».</p> <p>«Robustness. The ability of a structure to withstand events like fire, explosions, impact or the consequences of human error without being damaged to an extent disproportionate to the original case»”</p>
GSA 2003 [2]	<p>«Живучесть – способность конструкции или конструктивных частей противостоять повреждению без преждевременного и/или хрупкого обрушения в результате пожара, взрыва, удара или результата человеческих ошибок, благодаря своей жесткости».</p> <p>«Robustness Ability of a structure or structural components to resist damage without premature and/or brittle failure due to events like fire, explosions, impact or the consequences of human error due to its vigorous strength and toughness»</p>

В соответствии с представленным определением живучесть (robustness) является исключительным свойством конструктивной системы в том смысле, что она не зависит от природы, причины и вероятности локального разрушения. Таким образом, говоря о живучести в рассматриваемой особой расчетной ситуации, следует говорить о свойстве модифицированной конструктивной системы. В этом случае следует считать, что проверка конструктивной системы в особой расчетной ситуации относится к оцениванию живучести модифицированной конструктивной системы, в которой

произвели внезапное удаление ключевого конструктивного элемента. Данная стратегия может быть единственной возможностью проверки конструктивной системы в случае неидентифицированных воздействий, для которых невозможно установить ни величину, ни направление.

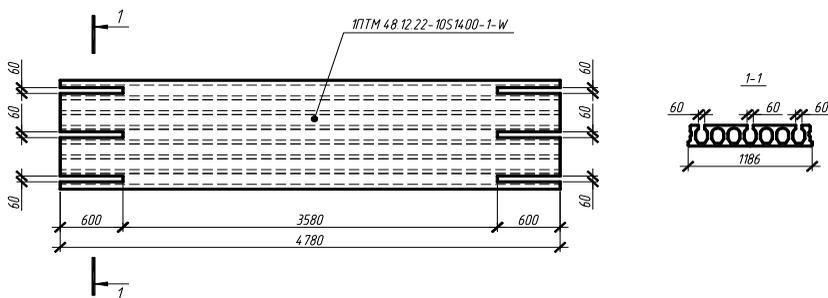


Рис. 1. Расположение прорезей для размещения каркасов в плитах безопалубочного формования для связи их в плоский диск перекрытия

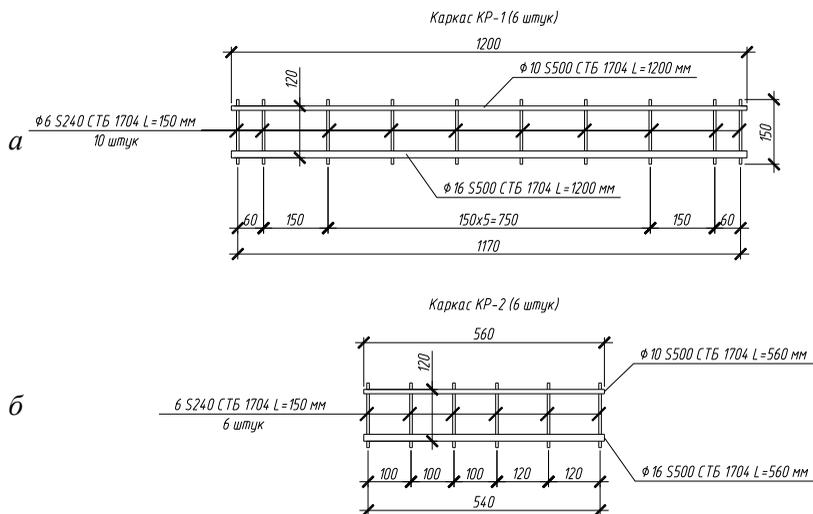


Рис. 2. Плоские каркасы:

а – каркасы КР-1 размещаются в прорезях в месте стыка плит на временной опоре (6 штук);

б – каркасы КР-2 размещаются в прорезях по торцам плит (12 штук)

Испытания проводились на фрагменте плоского диска перекрытия, состоящего из четырех плит безопалубочного формования, соответствующих серии Б1.041.1-4.08 1ПТМ 48.12.22-10S1400-1-W. По торцам плит выполнены прорезы для установки соединительных каркасов согласно чертежам (рис. 1), которые связывают плиты в плоский диск перекрытия в продольном направлении.

В качестве опор для плит были использованы фундаментные блоки. В качестве опоры для средней части диска перекрытия (стыка плит) была собрана временная опора, которая при проведении эксперимента удалялась из-под плит.

С целью повышения и обеспечения живучести фрагмента производилась установка арматурных стержней ($\varnothing 12$ мм и $\varnothing 14$ мм), моделирующих связи в поперечном направлении, зафиксированных на массивных вертикальных опорах. Связь была принята в соответствии с предварительным расчетом.

С целью моделирования опорных связей (выпуски в колонну, стену) по торцам плит в прорезы помимо каркасов устанавливались дополнительные арматурные стержни, которые приваривались к металлическим балкам.

Бетон заполнения стыка плит в поперечном направлении формирует сплошной монолитный балочный элемент. Шпонки между плитами замоноличивались бетоном того же класса, из которого выполнен балочный элемент.

Общий вид опытного фрагмента диска перекрытия представлен на рис. 3.

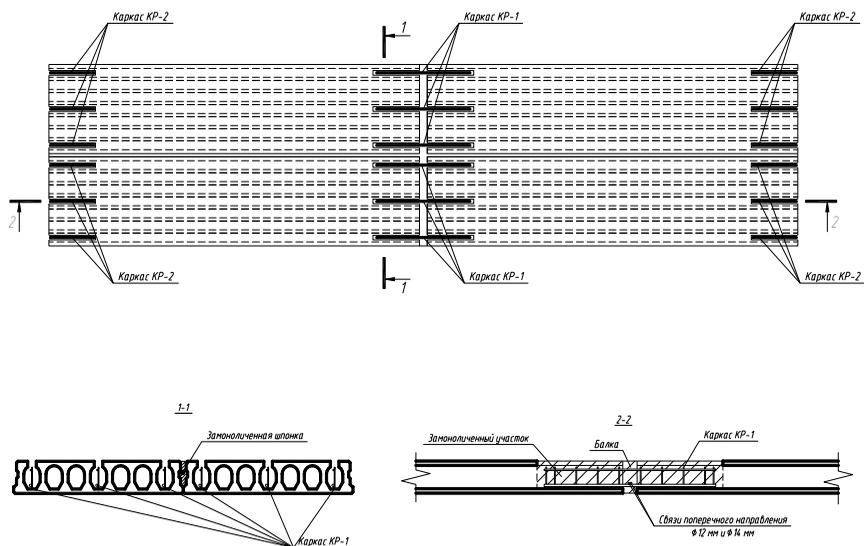


Рис. 3. Конструкция опытного фрагмента плоского диска перекрытия

Испытания опытного фрагмента проводились по следующей схеме:

- производилось нагружение диска перекрытия штучными грузами по 10 и 20 кг таким образом, что полезная нагрузка составляла 160 кг/м^2 или $1,6 \text{ кПа}$;

- производился демонтаж средней опоры диска перекрытия после передачи нагрузки от собственного веса плит и полезной нагрузки на стропы крана.

Таким образом, стропы крана выполняют функцию средней опоры (рис. 4).



Рис. 4. Диск перекрытия, образованный плитами безопалубочного формования и балкой замоноличивания

Производилось нагружение опытного фрагмента путем поэтапной передачи нагрузки на диск перекрытия в результате отпуска строп крана с контролируемой скоростью. Условные этапы передачи нагрузки и, соответственно, нагружения диска перекрытия контролировались по показаниям прогибомеров П1 и П2, расположенных в середине пролета диска перекрытия (рис. 5).



Рис. 5. Связи, замоноличенные по торцам плит

При проведении испытаний производились измерения относительных деформаций растянутой арматуры связи и бетона плит. Измерения производили с помощью индикаторов часового типа ИЧ-0,01 (с точностью 10–2 мм), установленных на арматурном стержне связи, на базе 155 мм (рис. 6). Также индикаторы размещались в сжатой и растянутой зонах бетона, на базе 300 мм (см рис. 6).

По результатам испытаний были установлены основные зависимости для описания работы диска перекрытия на характерных этапах нагружения.

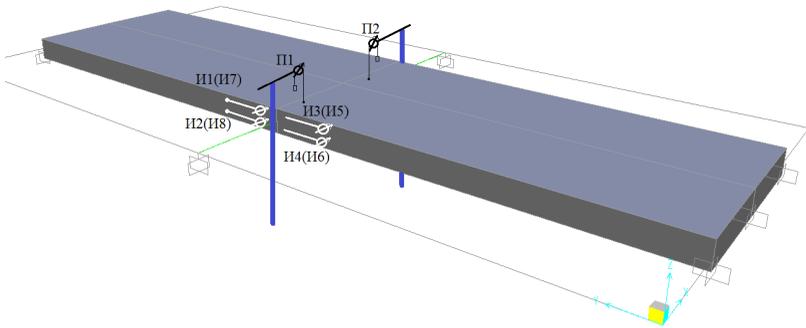


Рис. 6. Расположение индикаторов (И1–И8) и прогибомеров (П1, П2)

Проанализировав зависимости, полученные по результатам испытаний, работу диска перекрытия можно разбить на три характерные стадии.

Стадия 1. На данной стадии диск перекрытия, который состоит из сборных плит безопалубочного формования и балки замоноличивания, работает как единый монолитный диск.

Связь поперечного направления обладает собственной жесткостью и работает по модели изгибаемого элемента.

На данном этапе можно считать, что каркасы продольного направления практически не включаются в работу. Либо включаются, но далеко не в полной мере.

Также необходимо отметить, что немаловажную роль играют связи по торцам плит, моделирующие выпуски арматурных стержней в колонны либо стены. На данном этапе их роль, возможно, не так значительна, однако, на завершающих стадиях проведения эксперимента, на наш взгляд, их работа вносит определенный вклад в общую работу диска перекрытия. Соответственно, определение необходимой длины анкеровки стержней связи, замоноличенных по торцам плит, является отдельной задачей.



Рис. 7. Работа элементов на стадии 2 на 3 этапе работы диска перекрытия

Стадия 2. На данной стадии происходит образование трещин по границе контактного слоя между плитой и балкой с ее последующим выделением. Начинает образовываться пластический шарнир, включаются и начинают работать на растяжение каркасы продольного направления.

Связь поперечного направления все еще обладает собственной жесткостью и работает по модели изгибаемого элемента.

Следует отметить, что на данном этапе включаются в работу связи продольного направления по торцам (по 4d10 с каждой стороны.).

Стадия 3. На данном этапе система работает, как пластический шарнир вместе со связями поперечного и продольного направления.



Рис. 8. Диск перекрытия после полной передачи нагрузки

В результате выполненного анализа экспериментальных исследований диска перекрытия можно сделать следующие выводы:

1) Связь поперечного направления существенно повышает живучесть конструктивной системы при удалении средней опоры и при увеличении расчетного пролета в два раза. Следует отметить, что после разгрузки плиты и обрезки связей, конструктивная система превратилась в механизм в месте пластического шарнира, который полностью исчерпал свой ресурс, что говорит о том, что мембранный эффект и работа самого диска перекрытия осуществлялась за счет работы связи поперечного направления и частично связей на крайних опорах (замоноличенных выпусков).

2) Принятое количество арматурных стержней, используемых в качестве связи, оказалось достаточным для восприятия растягивающих усилий после полной передачи нагрузки на диск перекрытия

в результате отпуска строп крана в соответствии с методикой проведения эксперимента.

Таким образом, принятое конструктивное решение диска перекрытия показало, что оно способно существенно повысить живучесть конструктивной системы при удалении средней опоры.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Еврокод 1 Воздействия на конструкции. Часть 1–7. Общие воздействия. Особые воздействия. – ТКП EN 1991-1-7–2009. – Минск, РУП «Стройтехнорм». – 50 с.

2. General Services Administrations (GSA), Progressive Collapse Analysis and Design Guidelines for New Federal Office Buildings Major Modernizations Projects: 2003.

УДК 624.012.45

ОСОБЕННОСТИ УЧЕТА ЭФФЕКТОВ ВТОРОГО ПОРЯДКА ПРИ РАСЧЕТЕ СЖАТЫХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ПО ТКП EN-1992-1-1–2009*

ШИЛОВ А. Е., МЕЗЕН В. В.

Белорусский национальный технический университет,
Минск, Беларусь

Особенность нынешней ситуации при проектировании зданий и сооружений в Республике Беларусь заключается в том, что в настоящее время одновременное действие СНБ 5.03.01–02 «Бетонные и железобетонные конструкции» [3] и ТКП EN 1992-1-1–2009* «Еврокод 2. Проектирование железобетонных конструкций. Часть 1-1. Общие правила и правила для зданий» [1] узаконено информационным письмом Министерства архитектуры и строительства Республики Беларусь от 12.03.2010 г. Согласно приказу № 340 от 10.12.2014 г. Министерства архитектуры и строительства Республики Беларусь с 1 января 2015 г. проектирование монолитных железобетонных конструкций на возведение зданий и сооружений следует выполнять по ТКП EN 1992-1-1–2009* «Еврокод 2. Проектирование