

№ 384-ФЗ и Федерального закона «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» от 23.11.2009 №261-ФЗ, что совершенно не допустимо.

В ряде региональных программ перечень работ (услуг) по капитальному ремонту многоквартирных домов предусматривает выполнение видов работ (услуг), не имеющих никакого отношения к капитальному ремонту (техническая инвентаризация и паспортизация жилищного фонда, проведение энергетических обследований, капитальный ремонт трансформаторных подстанций, котельных и тепловых пунктов и др.).

И, наконец, создание 85 локальных монополистов (в каждом из субъектов РФ) – региональных операторов по капитальному ремонту общего имущества МКД себя, по нашему мнению, совершенно не оправдало.

Установлено, что контроль за деятельностью региональных операторов практически не осуществляется, что доказывает исследование ремонта фасадов 1071 многоквартирного дома. Установлено, что только в 567 домах (65%) ремонт выполнен качественно и в полном объёме. В 39 многоквартирных домах на момент проверки (после предоставления отчётности) ремонт производился, в 33 домах ремонт не производился вообще, а в 240 домах (28%) ремонт фасадов выполнен не в полном объёме или с существенными дефектами [3].

Институт общественного контроля за работой региональных операторов развит крайне слабо, поскольку действующее законодательство не предполагает наличия правовых инструментов для эффективного воздействия граждан на ход реализации региональных программ капитального ремонта общего имущества многоквартирных домов.

Отношения, складывающиеся между региональными операторами и собственниками помещений в многоквартирных домах, имеют крайне слабую правовую защиту в силу отсутствия в них договорных основ со всеми вытекающими последствиями, что также негативно влияет на действенность контроля за работой региональных операторов.

Заключение. Все вышеперечисленные пробелы и недостатки должны быть в кратчайшие сроки устранены в Российской Федерации и учтены при разработке и реализации программ капитального ремонта общего имущества многоквартирных домов в других странах.

СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Шрейбер, К.А. Технология производства ремонтно-строительных работ. Научное издание. – Москва : Издательство АСВ, 2014. – 264 с.
2. Российский статистический ежегодник. 2015: Стат.об./Росстат. – Р76 Москва, 2015. – 728 с.
3. Центр независимого мониторинга исполнения Указов Президента Российской Федерации «Народная экспертиза» ОНФ. «Доклад о результатах анализа состояния системы капитального ремонта общего имущества в многоквартирных домах», Москва, ноябрь 2015 г.

Материал поступил в редакцию 01.02.2018

SHREYBER S.K. Capital repairs of the general property of apartment houses

The results of analysis of soviet and Russian experience of major repairs of apartment dwellings houses are expounded in the article, the estimation of possibility of his adaptation and practical use is given in the modern terms of Republic of Belarus and Russian Federation.

УДК 624.012

Тур А.В., Лизогуб А.А., Горбат Я.В.

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА СЕТОК ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ НЕЛИНЕЙНОЙ РЕАКЦИИ МОНОЛИТНЫХ БЕЗБАЛОЧНЫХ ПЛОСКИХ ПЕРЕКРЫТИЙ

Введение. В последние годы в связи с увеличением перечня угроз, которым подвержена конструктивная система на разных стадиях своего существования, проверка живучести в особых расчётных ситуациях является одной из важнейших задач, стоящих перед проектировщиком. Для оценки живучести необходимо провести исследование нелинейного поведения конструктивной системы при удалении ключевого несущего элемента (колонны, фрагмента стены). Для получения полной нелинейной зависимости «сила-перемещение» должны быть, с одной стороны, адекватно назначены характеристики свойств материалов, принимаемых в расчёте, а с другой – приняты подходящие методы нелинейного анализа. Для сложных конструктивных систем упрощённый ручной расчёт может являться некоторой альтернативой. Однако задачи подобного уровня, как правило, решаются с применением конечно-элементных программных комплексов, декларирующих способность выполнения нелинейных расчётов. Следует отметить, что в случае определения нелинейной реакции в монолитных плоских дисках перекрытия сложность представляет не только выбор программного комплекса, но и сам порядок выполнения такого расчёта.

1. Применение слоистой деформационной модели для сечений с учётом перераспределения усилий при образовании и раскрытии трещин (layered model) при выполнении нелинейных расчётов. В случае применения слоистых моделей принято, что каждая полоса находится в условиях плоского напряженного состояния (в случае плит) или осевого (в случае сечений балок) и фактиче-

ское напряженное состояние бетонного сечения описывается некоторой «столбчатой» функцией, моделирующей равномерное распределение по высоте слоя.

Бетонное сечение делят на k слоёв. В общем случае для j -й полосы можно записать:

$$\{\sigma\}^T = [C]_j \{\varepsilon\}^T, \quad (1)$$

Принимая, что $\{\varepsilon_0\} = \{\varepsilon_{x0}, \varepsilon_{y0}, \varepsilon_{xy0}\}$ – относительные деформации на уровне середины поверхности и $\{k\} = \{k_x, k_y, k_{xy}\}$ соответственно кривизны, можно записать:

$$\{\varepsilon\}^T = \{\varepsilon_0\}^T + z_j \cdot \{k\}^T, \quad (2)$$

где z_j – расстояние от срединной поверхности до центра j -й полосы.

Для железобетонного сечения в общем виде можно записать:

$$\begin{Bmatrix} \{N\}^T \\ \{V\}^T \\ \{M\}^T \end{Bmatrix} = [D] \cdot \begin{Bmatrix} \{\varepsilon_0\}^T \\ \{\gamma_j\}^T \\ \{k\}^T \end{Bmatrix}, \quad (3)$$

где $[D]$ – матрица жесткостей для общего случая железобетонного элемента.

Применяемые расчётные модели, как сложные, так и упрощённые (т. н. адаптивной жесткости), включают базисные переменные,

Тур А.В., к.т.н., доцент кафедры строительных конструкций Брестского государственного технического университета.

Лизогуб А.А., магистрант кафедры строительных конструкций Брестского государственного технического университета.

Горбат Я.В., магистрант кафедры строительных конструкций Брестского государственного технического университета.

Беларусь, БрГТУ, 224017, г. Брест, ул. Московская, 267.

Строительство и архитектура

относящиеся к описанию свойств материалов, геометрическим характеристикам, ошибкам моделирования (неопределенностям расчётных моделей сопротивления).

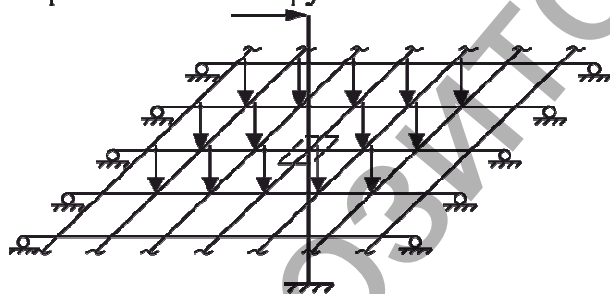
Вместе с тем, действующее в настоящее время нормы проектирования конструкций [1] хотя и допускают возможность выполнения нелинейных расчетов, но содержат довольно ограниченные указания, как по их применению, так и трактовке полученных результатов расчета. Следует подчеркнуть, что нелинейный анализ по своей природе всегда является оценкой глобального типа, при котором все конструктивные элементы системы и их сечения находятся во взаимодействии.

2. Применение метода сеток (grid method) для определения нелинейной реакции конструктивной системы. Альтернативой использованию слоистого деформационного метода может являться использование метода сеток. При расчете плоских дисков перекрытия особую сложность вызывает описание и врезка линейного пластического шарнира. Для выполнения нелинейного расчета плоских плит имеет смысл проанализировать метод сеток, в котором основные параметры сетки разбиения, жесткостные характеристики и свойства пластических шарниров, должны быть скорректированы в соответствии с действительной работой системы.

Расчётная модель, описанная например в [2, 3], описывает линейное поведение плоских плитных конструкций. Пластическая реакция конструкции сосредоточена в точечных шарнирах, введенных в балочные конечные элементы, которые моделируют поведение при изгибе, кручении и сдвиге. Этот тип модели позволяет оценивать внутренние воздействия на стыке «плита-колонна». Описание их нелинейного поведения позволяет оценить полную реакцию конструкции. В частности, можно оценить надежность соединений в отношении продавливания и конструктивной деформативности.

Плита моделируется сеткой из стержневых конечных элементов, закрепленных в узлах, расположенных в двух ортогональных направлениях (рис. 1). Колонны моделируются двумя стержневыми элементами, один сверху и один под плитой. Стержневые конечные элементы воспринимают эффекты от изгиба, кручения, осевой и сдвиговой деформации. Каждый узел обладает шестью степенями свободы.

Горизонтальная нагрузка

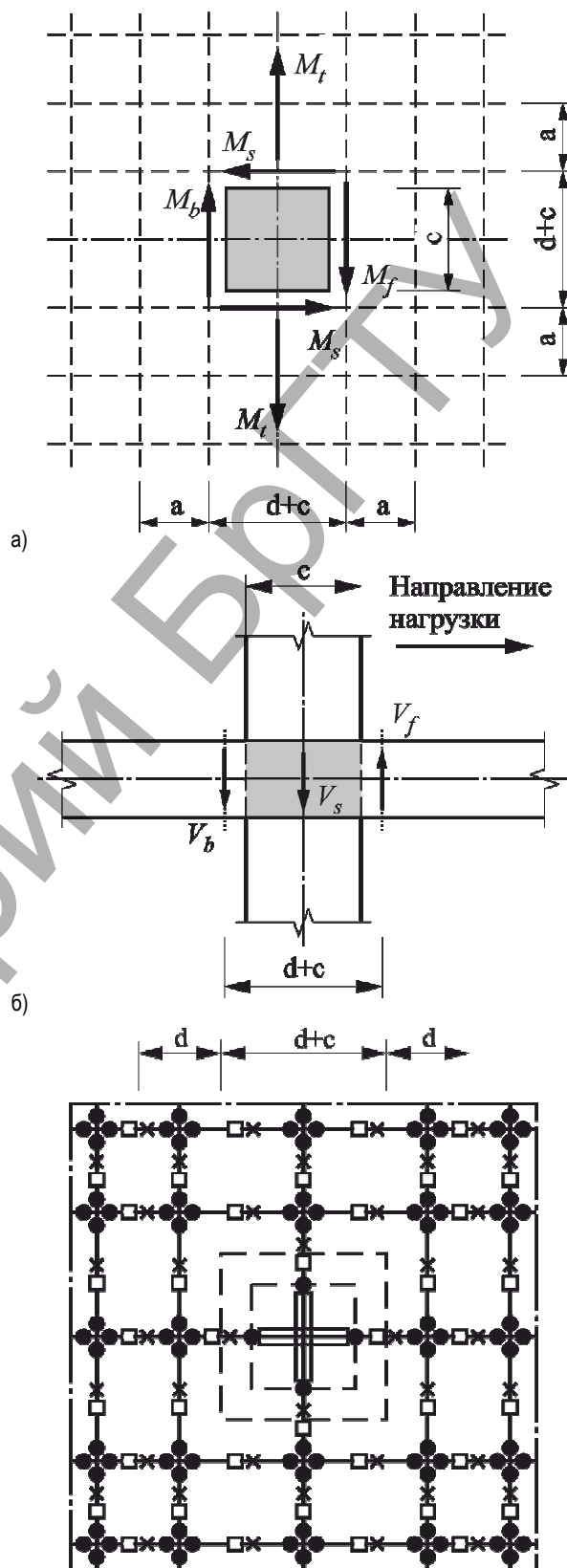


[] - периметр колонны

Рисунок 1 – Геометрическая модель плиты и приложение нагрузки

Элементы сетки работают по линейно-упругой модели. Нелинейную работу описывают с помощью врезки в узлы этих элементов пластических шарниров, которые моделируют изгиб, срез и кручение в пластической стадии. Два главных изгибных шарнира расположены на концах элемента, где достигается максимальный изгибающий момент. Шарнир кручения и шарнир сдвига расположены в центре, так как сдвиг и кручение постоянны на всей длине элемента сетки (рис. 2, в).

Шаг сетки должен быть достаточно густым рядом с колоннами, чтобы получить хорошее приближение влияния нагрузки на плиту, так как в этих зонах существует концентрация напряжений. Элементы сетки могут быть расставлены с большим шагом в других местах. Жесткие вставки с длиной, равной поперечному сечению колонны, размещены в центре сопряжения плиты с колонной (рис. 2, в). Элементы, пересекающие колонну, имеют ширину равную $(c + d)$ (где c – длина стороны колонны и d – средняя рабочая высота сечения плиты),



Пластические шарниры:
 ● - изгиб
 □ - срез
 × - кручение

Элементы сетки:
 [] - жесткая вставка
 — - упругий элемент

в)

Рисунок 2 – Сеточная модель плиты

которая является шириной критического сечения сдвига в соответствии с определением **ACI 318** [4] и является такой же для кручения в поперечном направлении. Пластический шарнир сдвига врезается в каждый из этих элементов на расстоянии $d/2$ от торца колонны.

Нелинейное сопротивление изгибу определяют по большей ширине, чем сдвиговое, и она считается равной $(c + 3d)$ согласно [4]. Часть его моделируется шарнирами изгиба элементов, обрамляющих колонны, а остальная часть – шарнирами соседних элементов. Что касается других элементов сетки, существуют следующие решения:

- 1) постоянный шаг $(c + d)$ для всех элементов, что упрощает геометрию, а также определение свойств элемента;
- 2) постоянный шаг $2d$, приводящий к довольно густой сетке.

Эти два типа сеток приводят к эквивалентным результатам с точки зрения реакции всей конструкции (рис. 2).

Свойства нелинейных шарниров

Пластический шарнир изгиба описывается упрощенной трехлинейной диаграммой «момент-кривизна» (рис. 3). Исходными параметрами для получения аналитической зависимости «момент-кривизна» являются геометрические характеристики сечения, характеристики бетона и арматуры.

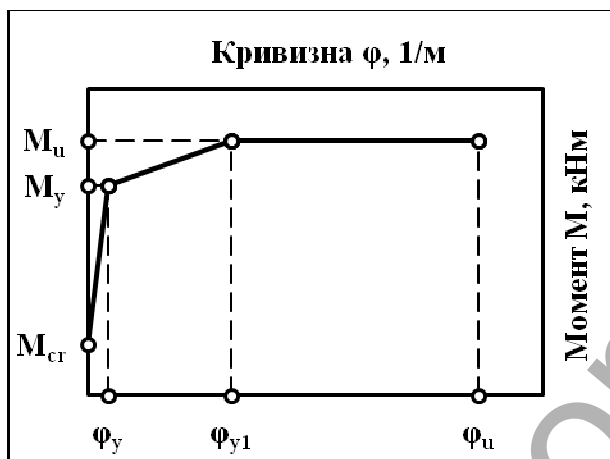


Рисунок 3 – Трехлинейная диаграмма «момент-кривизна»

Полученная из расчета зависимость затем аппроксимируется трехлинейной диаграммой, которая будет представлена в качестве входных данных для модели. Длина пластических шарниров изгиба принимается равной d (рабочая высота сечения плиты). При расчете не учитывается эффект проскальзывания арматуры относительно бетона.

Шарнир кручения описывается упрощенной трехлинейной диаграммой «момент-угол поворота» (рис. 4). Предельный момент соответствует предельному углу поворота.

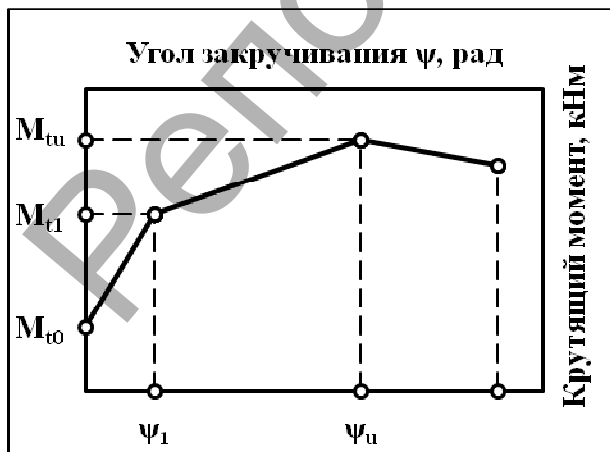


Рисунок 4 – Упрощенная трехлинейная зависимость «крутящий момент – угол закручивания»

В плоских плитных конструкциях, подверженных горизонтальным нагрузкам, высокие моменты кручения развиваются вдоль элементов, поперечно ориентированных относительно направления нагрузки. В частности, элементы, ориентированные таким образом, и находящиеся в близлежащих соединениях являются наиболее подверженными кручению. Таким образом, используемая сеточная модель также содержит определение пластического шарнира кручения.

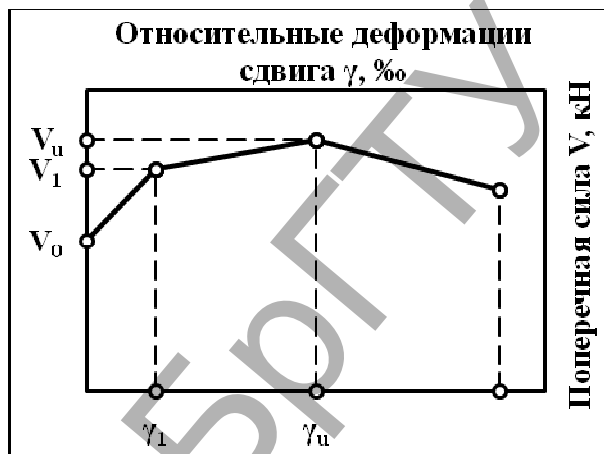


Рисунок 5 – Упрощенная трехлинейная зависимость «поперечная сила – деформация сдвига»

Нелинейная реакция на сдвиг особенно важна для элементов, размещенных в критической зоне соединений, поскольку в этих областях напряжения сдвига являются самыми высокими. Отношение, связывающее сдвиговое и нелинейное деформирование, основано на прочности при продавливании на критическом участке и соответствующей деформации (рис. 5).

3. Численные исследования методом сеток и верификация на фоне опытных данных. В качестве проверки применимости представленных выше моделей произведём расчёт опытного фрагмента S0, представленного в работе [5]. Экспериментальный фрагмент S0 представляет собой плоскую прямоугольную плиту длиной 2000 мм, шириной 1000 мм и высотой 100 мм. Длина консольного участка составляет 700 мм, расстояние в свету между опорами составляет 1200 мм. Нагрузка передаётся на плиту через траверсу с помощью домкрата и приложена по двум линиям (на опоре и на консоли согласно рис. 6). Плита армирована стержнями диаметром 10 мм с шагом 160 мм в верхней и нижней зоне.

В качестве материалов были приняты:

- бетон, который обладал прочностью 31 МПа в возрасте 28 суток;
- сталь с характеристиками $\sigma_{sy} = 450$ МПа, $\sigma_{su} = 610$ МПа, $\epsilon_{su} = 16\%$.

Предельное значение нагрузки (P на домкрате) составило 67 кН. Разрушение произошло от изгиба. Схема испытательной установки и опытного фрагмента представлена на рис. 6.

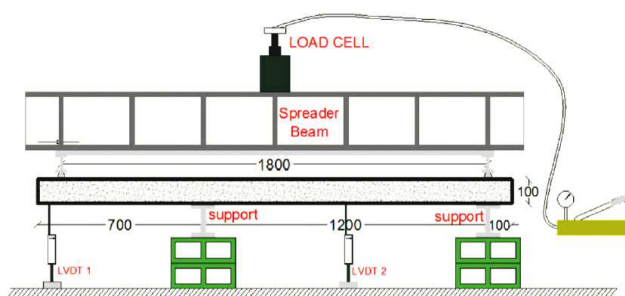


Рисунок 6 – Схема опытного фрагмента, согласно [5]

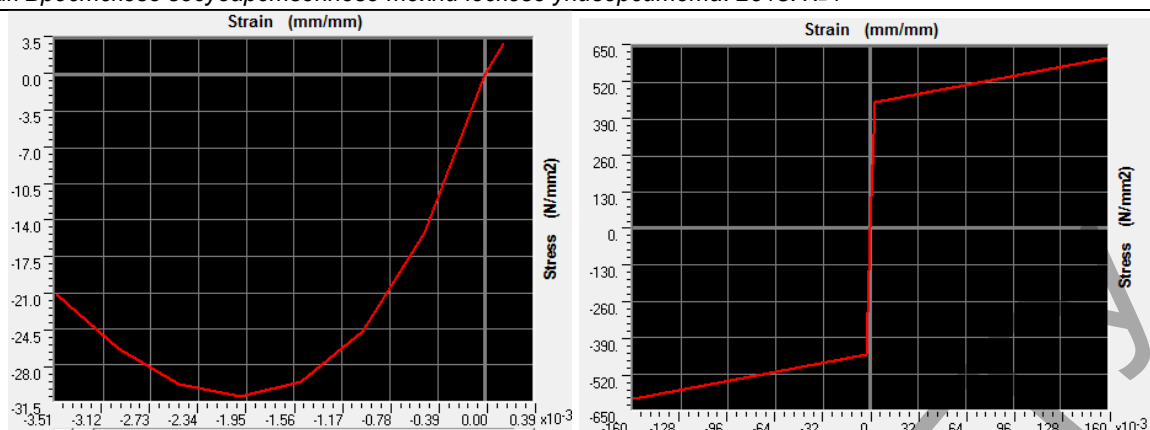


Рисунок 7 – Диаграммы деформирования материалов (бетона, стали)

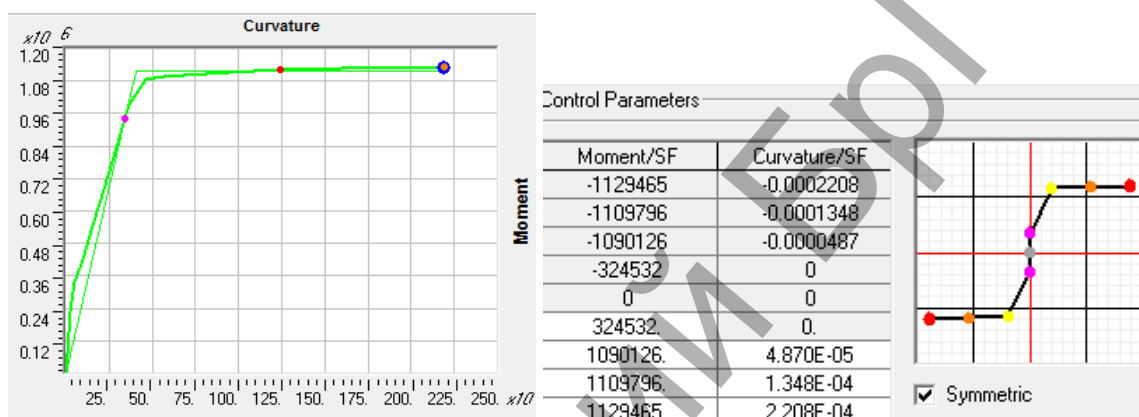


Рисунок 8 – Характеристики пластических шарниров элементов сетки

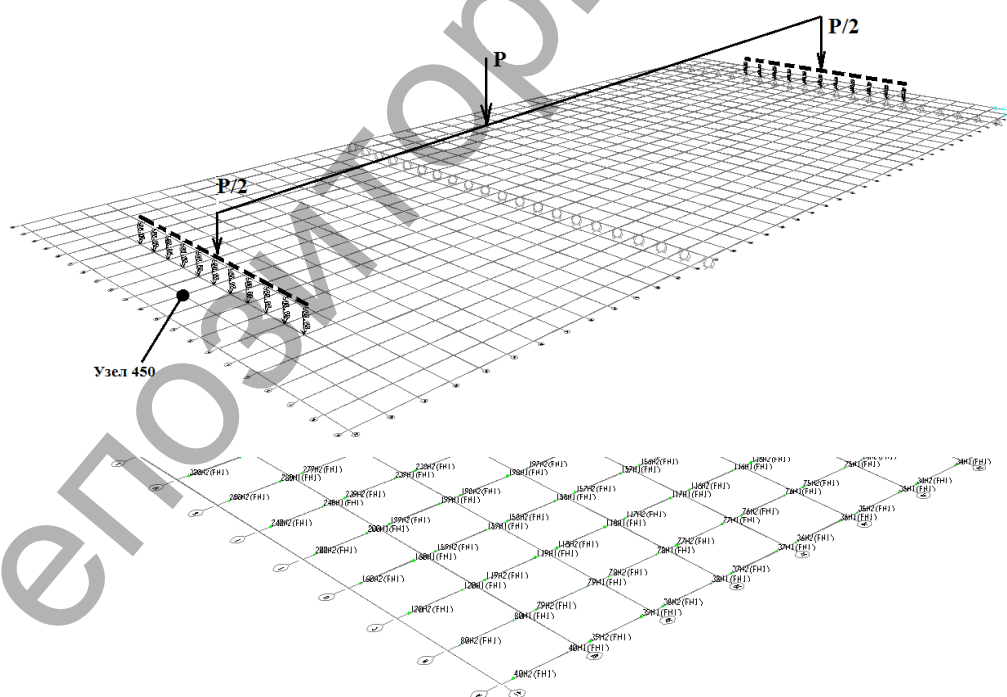


Рисунок 9 – Общий вид описанного методом сеток фрагмента с приложенными нагрузками

Зависимость “сила (на домкрате) – перемещение” получена для точки, расположенной на продольной геометрической оси плиты на расстоянии 50 мм от края консольного участка (для конечно-элементной сетки это положение соответствует узлу 450, рис. 9).

Определение нелинейной реакции опытного фрагмента методом сеток (grid method).

В качестве инструмента расчёта используем ПК **SAP2000** [6]. Исходные характеристики материалов принимаем согласно [5]. На рис. 7 представлены принятые для расчёта диаграммы деформирования материалов (бетона, стали). В качестве сетки разбиения принята сетка 50x50 мм.

В каждый элемент сетки (в длинном направлении работы плиты) в начале стержня и в конце врезаны пластические шарнира изгиба

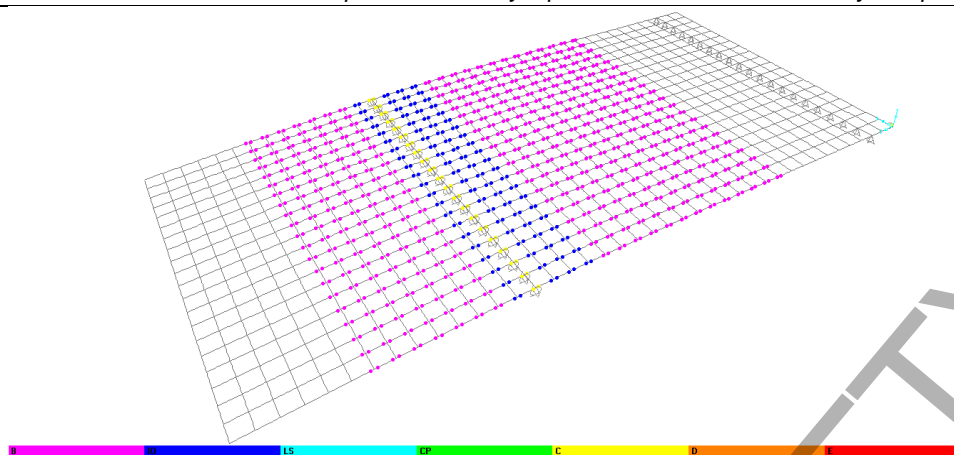


Рисунок 10 – Деформированное состояние конструктивной системы с активированными пластическими шарнирами (шаг 8)

со свойствами, представленными на рис. 8 (т. к. разрушение плиты происходит от изгиба, шарнирами среза было принято решение пренебречь для данного расчёта). На рис. 9 представлен общий вид описанного фрагмента с приложенными узловыми нагрузками и с врезанными по правилам пластическими шарнирами в балочные элементы. Нагружение производится пошагово с контролем перемещения на каждом этапе. Деформированное состояние конструктивной системы на 8 шаге с активированными пластическими шарнирами представлено на рис. 10. Сравнение зависимостей “сила-перемещение” полученных по результатам испытаний и с помощью численного моделирования (для узла 450) показано на рис. 11.

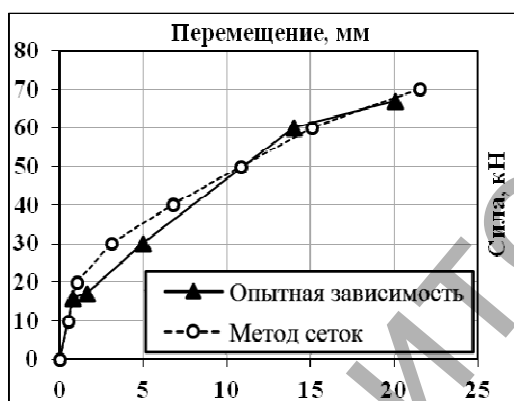


Рисунок 11 – Сравнение зависимостей “сила-перемещение”, полученных по результатам испытаний [5] и по методу сеток

Заключение. Из результата сравнения видно, что метод сеток позволил для данной задачи с некоторыми допущениями смоделировать работу плиты, близкую к эксперименту. Однако стоит отметить,

что существует перечень характеристик, требующих уточнения (жесткость элементов сетки, длины пластических шарниров). Стоит так же сказать, что данная задача была рассчитана с помощью деформационной модели слоев, однако не показала даже близкого сходства (на всех стадиях нагружения реакция линейная). Это, возможно, связано с тем, что программа после образования линейного пластического шарнира воспринимает плоский элемент, опирающийся на две шарнирные опоры, как механизм, однако если рассматривать напряженно-деформированное состояние слоя верхней арматуры под нагрузкой, то в данном слое нелинейность присутствует. Таким образом, можно сделать вывод о том, что метод сеток может быть применим для определения нелинейной реакции конструктивной системы.

СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Проектирование конструкций из бетона. Общие правила для зданий: ТКП EN 1992-1-1 (EC2) (IDT: EN 1992-1-1:2004: Design of Concrete Structures. General rules and rules for buildings). – 276 p.
2. CORTI G. Grid model for the non-linear behavior of R/C flat-slab subjected to gravity and lateral loads. – 2010.
3. Coronelli D. Grid model for flat-slab structures // ACI Structural Journal. – 2010. – Т. 107. – № 6. – С. 645.
4. ACI Committee 318. Building Code Requirements for Structural Concrete (ACI 318-05) and Commentary (318R-05). American Concrete Institute, Farmington Hills, Michigan, 2005.
5. Hamdy K. Shehab, Ahmed S. Eisa, and Kareem A. El-Awady. Strengthening of Cutouts in Existing One-Way Spanning R. C. Flat Slabs Using CFRP Sheets// International Journal of Concrete Structures and Materials. ISSN 1976-0485 / eISSN 2234-1315. – 2017. – Vol.11. – № 2. – P. 327—341.
6. SAP 2000 v. 14.0 “Linear and Nonlinear Static and Dynamic Analysis and Design of Three-Dimensional Structures”. Computers and Structures, Inc. – Berkley, California, USA, June, 2009.

Материал поступил в редакцию 28.01.2018

TUR A.V., LIZAHUB A.A., HORBAT Y.V. The use of the grid method for determining the nonlinear reaction in monolithic flat plates

The article deals with the problem of nonlinear calculation of structural systems with monolithic flat slabs. As a method, the grid model was selected and analyzed from the point of view of its further use for the calculation of the progressive collapse.

УДК 691.327

Кравченко В.В.

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ ЖЕСТКОСТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ЦЕМЕНТНЫХ КОМПОЗИТНЫХ СИСТЕМ

Введение. Цементный камень, при наличии в его структуре зерен обычного или гранул пористого заполнителя, представляет со-

бой типичный композиционный материал, состоящий из двух и более компонентов (фаз).

Кравченко В.В., старший преподаватель кафедры технологии бетона и строительных материалов Брестского государственного технического университета.

Беларусь, БрГТУ, 224017, г. Брест, ул. Московская, 267.