

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

УДК 624.012.45

Зулпуев А.М. – д.т.н., проф. Кызыл-Кийский институт технологий, экономики и права Баткенский ГУ.
Ордобаев Б.С. – к.т.н., и.о. профессора КРСУ
Абдыкеева Ш.С. – КРСУ

РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТА ФРАГМЕНТА ПЕРЕКРЫТИЯ НА ВЕРТИКАЛЬНЫЕ НАГРУЗКИ И РАСЧЕТОВ ПО МЕТОДУ СОСРЕДОТОЧЕННЫХ ДЕФОРМАЦИЙ

Аннотациясы: Бул макалада этаждар аралык перекрытие фрагментине тик берилген жүк таасириндеги пределдик көрүнүшүнүн теориялык изилдөө үчүн топтолгон деформациялар методун колдонуу, ошондой эле перекрытие фрагментине тик берилген жүк таасириндеги эксперименталдык жана топтолгон деформациялар методу аркылуу эсептөө жыйынтыктары каралган.

Негизги сөздөр: вертикалдык жүктөө, топтолгон деформациялар методу, жана фрагментти.

Аннотация: В данной работе рассматривается теоретическое исследование предельного состояния фрагмента междуэтажного перекрытия на вертикальной нагрузке, за основу которого принята метод сосредоточенных деформаций, а также результаты эксперимента фрагмента перекрытия на вертикальные нагрузки и расчетов по методу сосредоточенных деформаций.

Ключевые слова: вертикальные нагрузки, метод сосредоточенных деформаций, фрагмент перекрытия.

Abstract: This paper deals with the theoretical studying of the limited condition of the two-storey covering fragment on the vertical loadings, where the method of concentrated deformation is taken for the basis, as well as the results of the experiment on the covering fragment on vertical loadings and of the calculations on the method of concentrated deformation.

Keywords: vertical loads, concentrated deformation method, fragment overlap.

Исследования предельного состояния фрагмента междуэтажного перекрытия при вертикальной воздействию осуществлялись дискретным методом, за основу принята дискретная расчетная модель в форме метода сосредоточенных деформаций.

Рассмотрим вначале изгибаемую плиту постоянной толщины, изотропную в упругой стадии работы без реальных швов. Исходная изгибаемая железобетонная плита перекрытия сплошного сечения разбивается плоскостями сосредоточенных деформаций на прямоугольные (квадратные) элементы размером $a_k * b_k$ (рис. 1).

Рассматривая эти «элементы МСД» как

жесткие на изгиб, кручение и сдвиг (срез), из своей плоскости и в своей плоскости введем между ними условные (фиктивные) связи, способные сопротивляться изгибу, кручению, сдвигу и сжатию-растяжению; характеристики жесткости этих связей должны быть назначены такими, чтобы исходная плита и ее модуль в МСД были эквивалентными, т.е. при действии нагрузки давали одинаковые прогибы, углы поворота, величины изгибающих и крутящих моментов, и поперечных (перерезывающих) сил в интересующих сечениях.

Задачу о напряженно-деформированном состоянии изгибаемой плиты будем решать

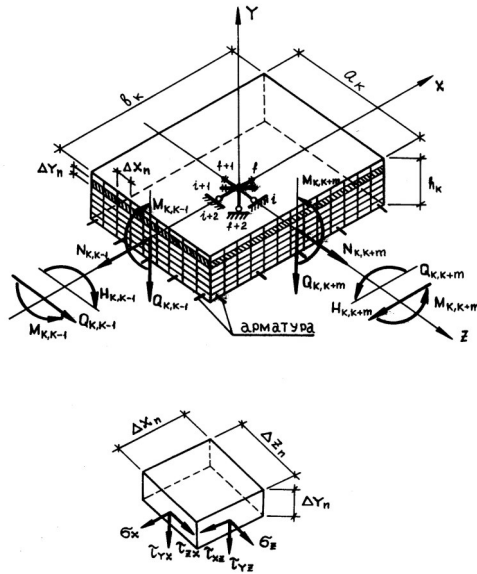


Рис. 1. Расчетная схема по МСД для железобетонной плиты

на основе метода перемещений; каждый элемент МСД закрепляется фиктивными связями, исключающими его поворот вокруг оси X, поворот вокруг оси Z и перемещение в направлении оси Y. Аналогичные связи вводятся во всех других элементах МСД. Схема внутренних сил по плоскостям сосредоточенных деформаций; внешние силы сводятся к узловым, прикладываемым в местах фиктивных связей метода перемещений. Чаще всего эти внешние силы – поперечная нагрузка из плоскости плиты; однако нагрузки могут быть приложены в виде изгибающих моментов, что не меняет последовательности расчета и его трудоемкости.

Напряженно-деформированное состояние железобетонных плит раскрывается из системы алгебраических линейных уравнений метода перемещений в общей форме

$$[R] * \{V\} = \{P\} \quad (1)$$

где: [R] – матрица внешней жесткости для всей рассчитываемой системы;

ее элементы R_{ij} – реакция в i-й связи метода перемещений от

смещения j-й связи на единицу;

{V} – вектор искомых перемещений, его элементы – перемещения элементов МСД (по два угловых и одному линейному для каждого);

{P} – вектор нагрузок, его элементы – сосредоточенные силы и изгибающие моменты, действующие в узлах закрепления элементов МСД.

По перемещениям на основе общих зависимостей определяются внутренние силы

$$\{F\} = [D] * [\lambda] \quad (2)$$

где: {F} – вектор внутренних сил, элементами которого являются внутренние силы по плоскостям сосредоточенных деформаций (изгибающий момент M, крутящий момент H и поперечная сила Q с каждой из четырех сторон элемента МСД); [Э] – матрица внутренней жесткости системы, ее элементы – внутренние силы по плоскостям сосредоточенных деформаций от единичного взаимного смещения соседних элементов МСД;

[\lambda] – вектор сосредоточенных деформаций (взаимных смещений и поворотов элементов МСД).

Для всех сечений элементов МСД по плоскостям сосредоточенных деформаций принимается гипотеза плоских сечений.

Система алгебраических уравнений (1) решается относительно вектора перемещений {v}. Для этого должны быть известны матрица внешней жесткости [R] и вектор узловых нагрузок {P}

Имея расчетную модель, без особых за-

Таблица 1.

Этапы загрузки	Нагрузки на этапах в долях от разрушения, кгс/см ²	Прогиб, мм				Трещины, мм			
		Экспериментальный		Теоретический (МСД)		Экспериментальный		Теоретический (МСД)	
		Ригель (п. 86 и 87, 92 и 93)	Плита (п. 78 и 79)	Ригель	Плита	Ригель (92 и 93)	Плита (п. 78 и 79)	Ригель	Плита
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
от 0 до 5	664/0,33	1,25	0,65	1,201	0,624	0,02	-	0,018	-
6	738/0,36	2,00	1,47	1,948	1,411	0,05	0,02	0,047	0,019
7	837/0,41	2,75	2,10	2,651	2,016	0,08	0,05	0,076	0,049
8	1087/0,53	3,40	2,65	3,364	2,317	0,10	0,08	0,098	0,078
9	1188/0,58	4,10	4,55	4,032	4,277	0,12	0,10	0,106	0,095
10	1376/0,66	4,80	6,85	4,674	6,371	0,20	0,18	0,180	0,179
11	1619/0,79	6,80	11,90	6,804	10,710	0,28	0,25	0,275	0,248
12	1880/0,92	8,30	14,35	8,075	12,915	0,30	0,60	0,324	0,597
13	2035/1,0	13,75	19,16	13,120	17,244	0,35	1,10	0,367	1,096

трудней можно составить вектор внешних сил {P}. Основная трудность заключается в формировании матрицы внешней жесткости системы [R]. Для ее построения можно применить способ единичных перемещений элементов МСД в направлении наложенных связей.

Однако, как показала практика, удобнее воспользоваться формулой

$$[R] = [A] * [K] * [A]^T \quad (3)$$

где: [A] – матрица, коэффициентов уравнений равновесия элементов МСД;

[A]^T – матрица, транспонированная с матрицей коэффициентов уравнений равновесия [A]

[K] – матрица внутренней жесткости сечений.

Согласно формуле (2) связь между внутренними усилиями по плоскостям сосредоточенных деформаций и соответствующими деформациями для типового k-го элемента МСД запишем в матричном виде

$$\{F\}_k = [Э]_k * \{\lambda\}_k \quad (4)$$

где: {F}_k – вектор внутренних сил по граням k-го элемента по плоскостям сосредоточенных деформаций;

[Э]_k – матрица жесткости сечений для k – го элемента по тем же граням;

{λ}_k – вектор соответствующих деформаций.

Расчетная методика была реализована по программе «DIRAR» [1].

Результаты испытания фрагмента перекрытия на вертикальное воздействие [2] и результаты теоретических расчетов по МСД приведены в таблице 1.

Из таблицы 1 видно, что прогибы по методу сосредоточенных деформаций хорошо подтверждаются с экспериментальными данными. При анализе разница в результатах не превышает 4-13% (рис. 2).

Данные эксперимента показали, что прогиб в середине перекрытия в точках 78 и 79 увеличивался пропорционально величине поэтапного приращения нагрузки (табл. 1). Максимальное значение прогиба на тринадцатом этапе составило 19,16 мм.

В момент образования трещин на шестом этапе величина прогиба в плитах П-1 и П-2 равнялась 1,47 мм.

Если величина прогиба с 1 по 9 этап увеличивалась на каждом этапе на 5 % от максимального прогиба, то с 10 по 13 этап составляла в среднем на 20 %.

В середине пролета ригеля в точках 86 и 87 (92 и 93) максимальная величина прогиба

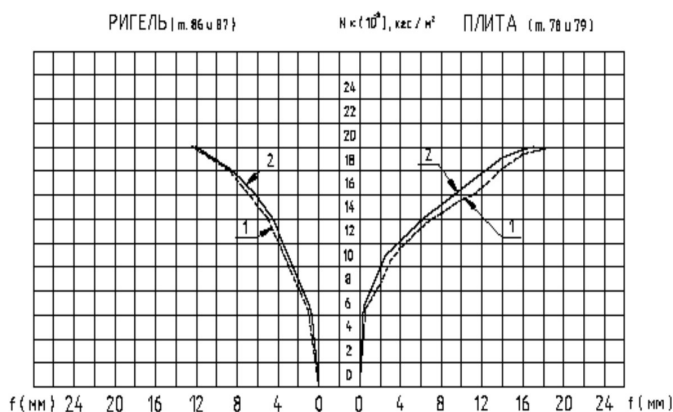


Рис. 2. График зависимости «N-f». 1 – эксперимент; 2 – теория (МСД)

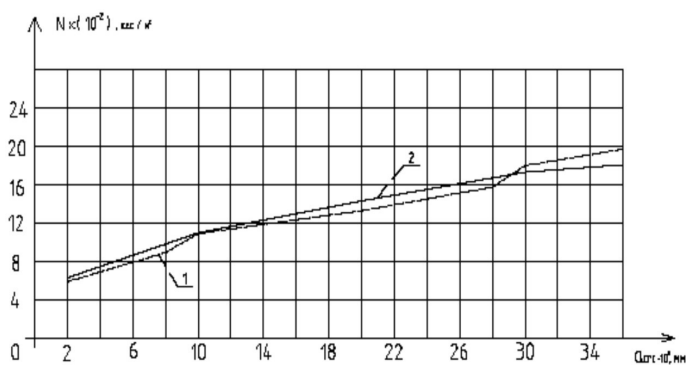


Рис. 3. График зависимости “N – $\alpha_{ср}$ ” (ригель) 1 – эксперимент; 2 – теория (МСД)

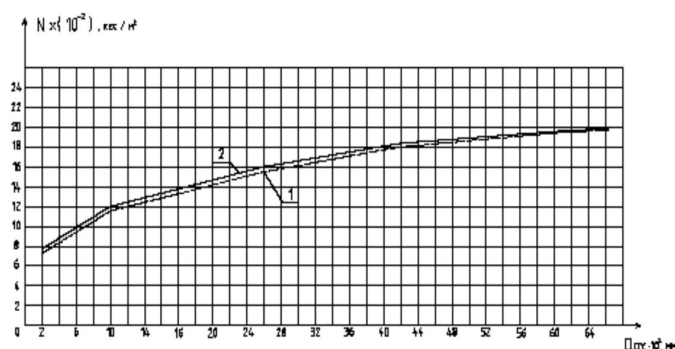


Рис. 4. График зависимости “N – $\alpha_{ср}$ ” (плита) 1-эксперимент; 2-теория (МСД)

в среднем составила на тринадцатом этапе 13,75 мм.

Прогиб на каждом этапе соответственно составлял с 1 по 10 этап 5 %, с 10 по 12 этап – 15 % и на последнем тринадцатом этапе – 66 %.

Разница прогиба между точками 86 и 87 (92 и 93) на тринадцатом этапе составила 0,55-0,65 мм.

Величина прогиба в середине пролета ригеля на начальных этапах больше, чем прогиб в середине перекрытия в точках 78 и 79, если на третьем этапе эта величина составила 72%,

то к седьмому этапу уменьшилась до 22 % и к началу восьмого этапа прогиб ригеля и перекрытия сравнивается.

На последующих этапах прогиб плит перекрытий в точках 78 и 79 увеличивается на 10% на девятом этапе, на 43 % – на двенадцатом этапе относительно прогиба середины пролета ригеля.

Образования и распространения трещин по низу фрагмента перекрытия, т.е. график зависимости “N – $\alpha_{ср}$ ” ригеля и график зависимости “N – $\alpha_{ср}$ ” плиты приведены в рис. 3 и 4.

ВЫВОДЫ

1. Результаты расчета прогиба фрагмента перекрытия по методу сосредоточенных деформаций, хорошо подтверждаются с экспериментальными данными. При сопоставлении результатов не превышает от 4 до 13 % – для метода сосредоточенных деформаций.

2. Метод сосредоточенных деформаций позволяет не только определять напряженно-деформированное состояние плиты перекрытия на каждой ступени загрузки, но и может проследить изменения перемещений, моментов, напряжений в арматуре и процесс

образования и развития трещин.

Литература

1. Зулпуев А.М. Программа «DIRAR» для расчета плит перекрытий на действие кратковременной нагрузки. //Научный журнал «Вестник». ОшГУ. № 2, 2005. – Ош. – 2005. – С. 99-101.
2. Темикеев К., Стамалиев А.К. Экспериментальные исследования пространственной работы плит перекрытий при действии вертикальной нагрузке. //Сборник трудов КАСИ. № 2. – Бишкек. – 1994. – С. 38-43.

