

Зулпуев А.М., Ордобаев Б.С., Абдыкеева Ш.С.

ФОРМАЛЫК ӨЗГӨРҮШ ТОПТОМУНУН ЖОБОЛОРУН ВЕРТИКАЛДЫК ООРДУКТАРГА ЭТАЖАРАЛЫК ТОСМОЛОРДУН ТУРУКТУУ АБАЛЫНЫН ҮЗҮНДҮСҮН ТЕОРИЕТИКАЛЫК ИЗИЛДӨӨ

Зулпуев А.М., Ордобаев Б.С., Абдыкеева Ш.С.

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРЕДЕЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ ФРАГМЕНТА МЕЖДУЭТАЖНОГО ПЕРЕКРЫТИЯ НА ВЕРТИКАЛЬНОЙ НАГРУЗКИ МЕТОДОМ СОСРЕДОТОЧЕННЫХ ДЕФОРМАЦИЙ

A.M. Zulpuev, B.S. Ordobaev, Sh.S. Abdykeeva

THEORETICAL STUDY OF THE LIMITING STATE OF THE INSERTED FLOOR IN THE VERTICAL LOAD BY THE METHOD OF CONCENTRATED DEFORMATIONS

УДК 624.012.45.

Бул эмгекте негизинен формалык өзгөрүш топтомунун жоболору вертикалдык оордуктарга этажаралык тосмолордун туруктуу абалынын үзүндүсүн теоретикалык изилдөө каралган о.э. формалык өзгөрүш топтомунун жоболору боюнча тактыктык менен вертикалдык оордуктарга тосмолордун эксперименттик жыйынтыгынын үзүндүлөрү.

Негизги сөздөр: жоболору, туруктуу абал, оордук, тосмолор.

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: предельное состояние, нагрузка, деформация, модель, напряжение, метод, сечение, плита.

This paper deals with theoretical investigation of the ultimate state of inserted floor on the vertical load, the basis of which adopted the method of the concentrated deformation, and the results of the experiment fragment overlap on the vertical load and the calculations by method of concentrated deformation.

Key words: limit state, load, deformation, model, voltage, method, section, plate.

Исследования предельного состояния фрагмента междуэтажного перекрытия при вертикальной воздействии 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.

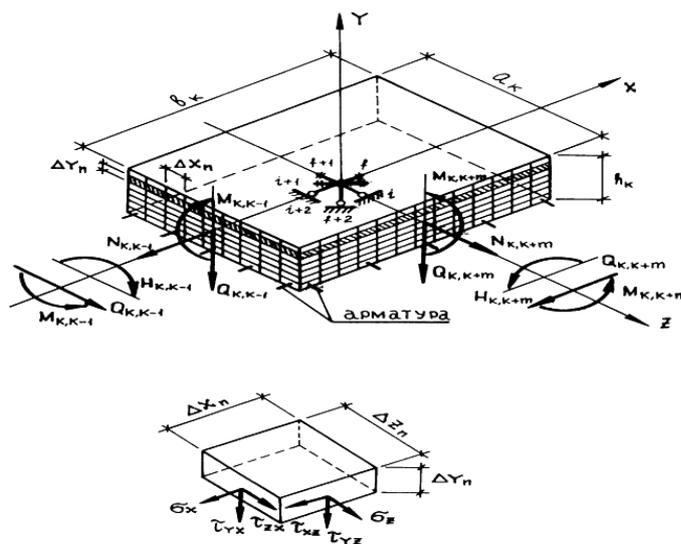


Рис. 1. Расчетная схема по МСД для железобетонной плиты

Задачу о напряженно-деформированном состоянии изгибаемой плиты будем решать на основе метода перемещений; каждый элемент МСД закрепляется фиктивными связями, исключаящими 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

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

где: $[R]$ – матрица внешней жесткости для всей рассматриваемой 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

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

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); $[D]$ – 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 затруднений 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

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

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

$$\{F\}_k = [E]_k \cdot \{\lambda\}_k \quad (4)$$

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

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

$\{\lambda\}_k$ – 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.

Результаты испытания фрагмента перекрытия

Этапы загрузки	Нагрузки на этапах в долях от разрушения, кгс/см ²	Прогиб, мм				Трещины, мм			
		Экспериментальный		Теоретический (МСД)		Экспериментальный		Теоретический (МСД)	
		Ригель (т. 86 и 87, 92 и 93)	Плита (т. 78 и 79)	Ригель	Плита	Ригель (92 и 93)	Плита (т. 78 и 79)	Ригель	Плита
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

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).

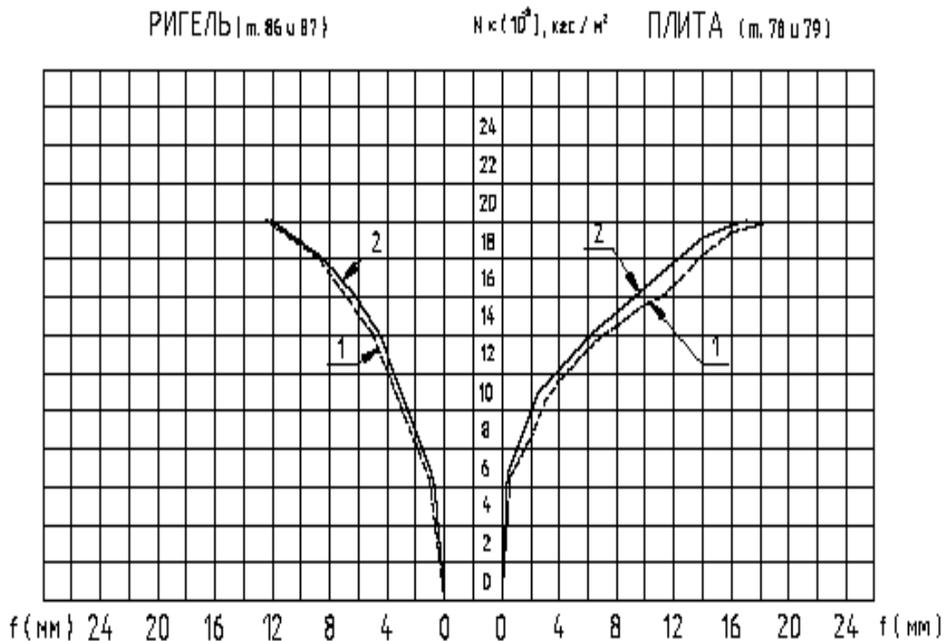


Рис. 2. График зависимости «N-f». 1-эксперимент; 2 – теория (МСД)

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 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 - $a_{сгс}$ " ригеля и график зависимости "N - $a_{сгс}$ " плиты приведены в рис. 3 и 4.

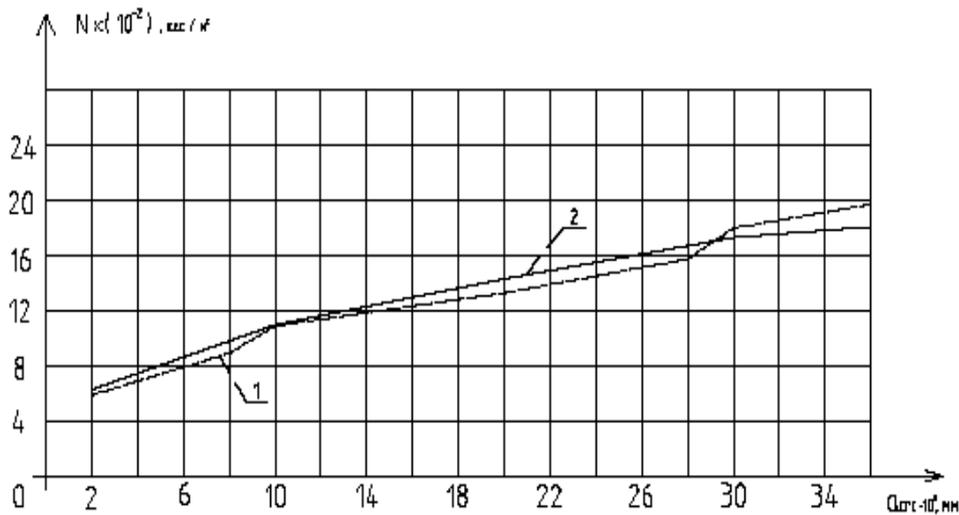


Рис. 3. График зависимости "N - $a_{сгс}$ " (ригель) 1-эксперимент; 2-теория (МСД)

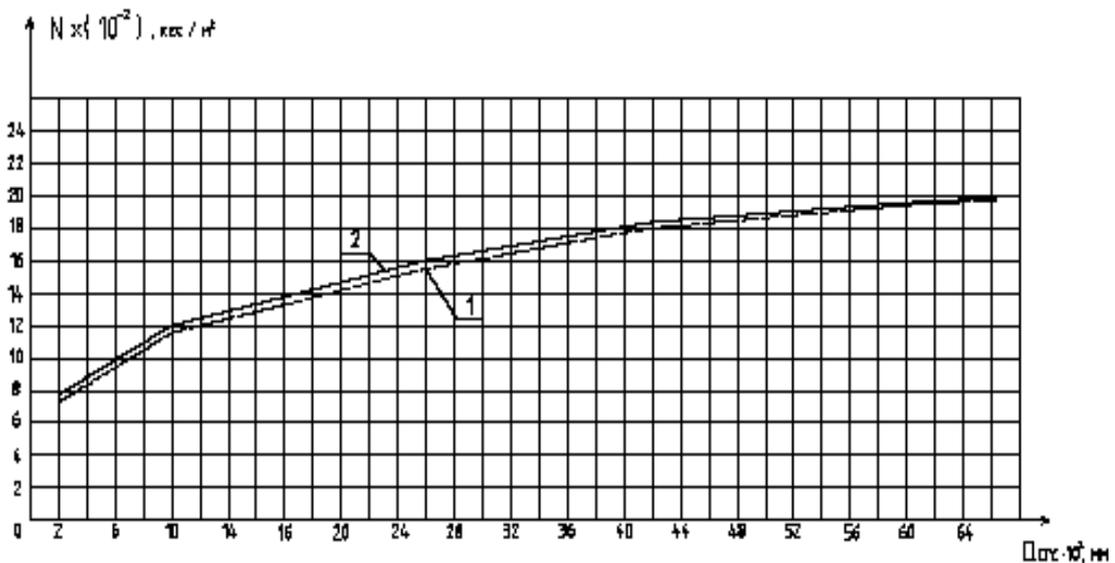


Рис. 4. График зависимости "N - $a_{сгс}$ " (плита) 1-эксперимент; 2-теория (МСД)

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 изме-

нения 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 действиях вертикальной нагрузке. //Сборник трудов КАСИ. № 2. – Бишкек. – 1994. – С. 38-43.

Рецензент: д.т.н., профессор Тентиев Ж.Т.