

РАСЧЕТ МОНОЛИТНЫХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ПЛИТ ПЕРЕКРЫТИЙ МЕТОДОМ ПРЕДЕЛЬНОГО РАВНОВЕСИЯ ПРИ ШАРНИРНОМ ОПИРАНИИ ОДНОГО ИЗ КРАЕВ

Ю.К. Басов, А.Н. Малов

Российский университет дружбы народов
ул. Орджоникидзе, 3, Москва, Россия, 115419

Рассматривается влияние смещения трещин на нижней поверхности монолитных железобетонных перекрытий при образовании линейных пластических шарниров в случае защемления по трем сторонам и одном шарнирном опирании.

Ключевые слова: метод предельного равновесия, монолитные железобетонные перекрытия.

Случай, когда плита перекрытия защемлена по трем сторонам и по одной опирается шарнирно, часто встречается при расчете монолитных каркасных зданий с плитами, опертыми по контуру.

При расчете плиты перекрытия по методу предельного равновесия этот случай рассматривается как частный случай защемления плиты перекрытия по четырем сторонам, т.е. когда трещины на нижней поверхности железобетонной плиты при образовании линейных пластических шарниров образуются посередине пролета плиты и затем направлены по биссектрисам защемленных углов.

Однако при шарнирном опирании одной из сторон следует ожидать смещения линейных пластических шарниров от опоры, как показано на рис. 1.

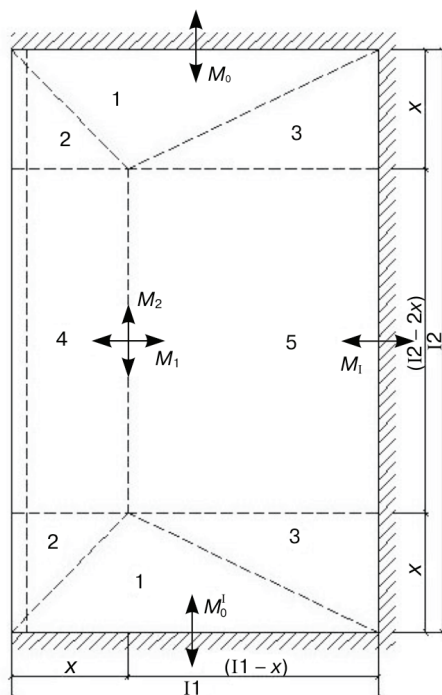


Рис. 1. Образование линейных пластических шарниров в плитах перекрытия

Метод предельного равновесия рассматривает плиту как систему жестких дисков, связанных между собой линейными пластическими шарнирами: на заземленных опорах — сверху вдоль опор, в пролете — вдоль длинной стороны плиты (см. рис. 1).

Внешняя нагрузка в связи с провисанием плиты перемещается и совершает работу, равную произведению интенсивности равномерно распределенной нагрузки q на объем фигуры перемещения.

Разобьем фигуру перемещения на несколько частей (рис. 1, 2).

Тогда получим

$$\begin{aligned} V_1 &= 2 \cdot 1/2 \cdot l_1 \cdot x \cdot 1/3 \cdot f; \\ V_2 &= 2 \cdot 1/2 \cdot x \cdot x \cdot 1/3 \cdot f; \\ V_3 &= 2 \cdot 1/2 \cdot (l_1 - x) \cdot 1/3 \cdot f; \\ V_4 &= (l_2 - 2x) \cdot x \cdot 1/2 \cdot f; \\ V_5 &= (l_2 - 2x) \cdot (l_1 - x) \cdot 1/2 \cdot f, \end{aligned} \quad (1)$$

где f — максимальное перемещение плиты.

Объем фигуры перемещения будет равен

$$\begin{aligned} V &= V_1 + V_2 + V_3 + V_4 + V_5 = \\ &= [1/3 \cdot l_1 \cdot x + 1/3 \cdot x^2 + 1/3 \cdot x \cdot (l_1 - x) + \\ &+ 1/2 \cdot x \cdot (l_2 - 2x) + 1/2 \cdot (l_1 - x) \cdot (l_2 - 2x)] \cdot f. \end{aligned} \quad (2)$$

Работа равна

$$\begin{aligned} A_q &= q \cdot V = \\ &= q \cdot f \cdot [1/3 \cdot l_1 \cdot x + 1/3 \cdot x^2 + 1/3 \cdot x \cdot (l_1 - x) + \\ &+ 1/2 \cdot x \cdot (l_2 - 2x) + 1/2 \cdot (l_1 - x) \cdot (l_2 - 2x)]. \end{aligned} \quad (3)$$

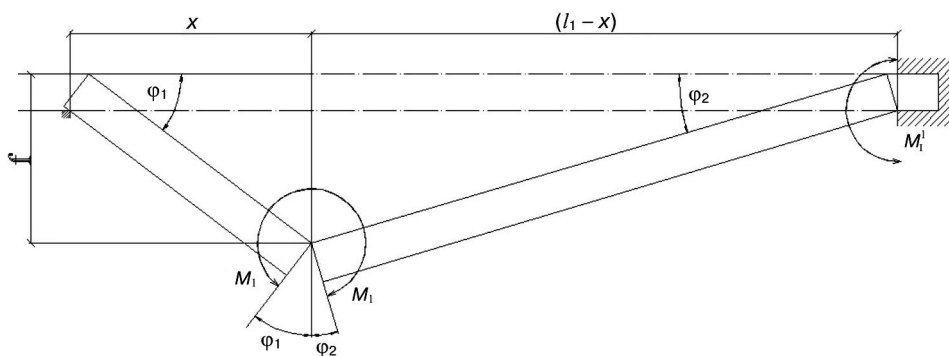


Рис. 2. Схема изгиба плиты в направлении пролета l_1

Работа изгибающих моментов на соответствующих углах поворотов в направлении пролетов l_1 и l_2 :

$$A_M = [M_1 \cdot (\varphi_1 + \varphi_2) + M_1' \cdot \varphi_2] \cdot l_2 + [M_{II} \cdot \varphi_3 + 2 \cdot M_2 \cdot \varphi_3] \cdot l_1, \quad (4)$$

где $\varphi_1 \approx \text{tg } \varphi_1 = f/x$; $\varphi_2 \approx \text{tg } \varphi_2 = f/(l_1 - x)$; $\varphi_3 \approx \text{tg } \varphi_3 = f/x$;

$$\varphi_1 + \varphi_2 \approx \text{tg } \varphi_1 + \text{tg } \varphi_2 = f/x + f/(l_1 - x) = f \cdot l_1/[x \cdot (l_1 - x)]. \quad (5)$$

Из условия равенства работ внешних и внутренних сил $A_q = A_M$, приравнявая выражения в формулах (3) и (4), а углы φ_1 , φ_2 , φ_3 заменяя их значениями (5), получим разрешающее выражение для расчета плит перекрытия.

В качестве примера рассмотрим плиту со следующими исходными данными:

$$q = 16 \text{ кН/м}^2; l_1 = 4 \text{ м}; l_2 = 6 \text{ м}; l_2/l_1 = 1,5,$$

$$M_2/M_1 = 0,5; M_1^1/M_1 = 1,3; M_{II}/M_2 = 1,3; M_{II}^1/M_2 = 1,3,$$

$$x = [l_1/2 - 1,3 \cdot M_1 / (q \cdot l_1)]. \quad (6)$$

Используя соотношения (6), получим из общего выражения равенство,

$$q \cdot [1/3 \cdot l_1 \cdot x + 1/3 \cdot x^2 + 1/3 \cdot x \cdot (l_1 - x) +$$

$$+ 1/2 \cdot x \cdot (l_2 - 2x) + 1/2 \cdot (l_1 - x) \cdot (l_2 - 2x)] =$$

$$= M_1 \cdot l_1/x \cdot (l_1 - x) + 1,3 \cdot M_1 \cdot 1/(l_1 - x) \cdot l_2 + 2,3 M_1 \cdot l_1/x. \quad (7)$$

При принятых исходных данных получим

$$M_1 = 10,438 \text{ кН} \cdot \text{м}; M_2 = 0,5 M_1 = 5,219 \text{ кН} \cdot \text{м};$$

$$M_1^1 = 13,569 \text{ кН} \cdot \text{м}; M_{II} = M_{II}^1 = 0,65 M_1 = 6,785 \text{ кН} \cdot \text{м}.$$

Рассматривая шарнирное опирание как частный случай защемленной по четырем сторонам плиты при опорном моменте $M_1 = 0$, получим при этих же исходных данных

$$M_1 = 10,299 \text{ кН} \cdot \text{м}; M_2 = 5,149 \text{ кН} \cdot \text{м};$$

$$M_1^1 = 13,389 \text{ кН} \cdot \text{м}; M_{II} = M_{II}^1 = 0,65 M_1 = 6,694 \text{ кН} \cdot \text{м}.$$

Различие результатов составляет 1,3%, т.е. они практически совпадают.

Таким образом, формулы для расчета железобетонных плит перекрытий по методу предельного равновесия, приведенные в литературе, при защемлении плиты по четырем сторонам могут рассматриваться при различных условиях опирания, принимая соответствующие опорные моменты равными нулю, а смещение линейного пластического шарнира не оказывает существенного влияния на усилия в железобетонной плите.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] *Байков В.Н., Сигалов Э.Е.* Железобетонные конструкции. Общий курс. — М.: Стройиздат, 1991.
- [2] *Басов Ю.К.* К расчету монолитных плит перекрытий методом предельного равновесия // Вестник РУДН. Серия «Инженерные исследования». — 2005. — № 2.

ANALYSIS OF MONOLITIC REINFORCED CONCRETE FLOOR SLAB WITH HINGED SUPPORT ALONG ONE EDGE BY THE LIMIT EQUILIBRIUM METHOD

Y.K. Basov, A.N. Malov

Peoples' Friendship University of Russia
Ordshonikidze str., 3, Moscow, Russia, 115419

The influence of the displacement of the cracks at the lower face of monolithic reinforced concrete floor slab during formation of linear plastic hinges is discussed in the paper. The slab is fixed at three edges and has hinge support along the fourth edge.

Key words: limit equilibrium method, monolithic reinforced concrete.