

Зулпуев А.М., Насиров М.Т.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ НЕСУЩЮЮ СПОСОБНОСТЬ СБОРНЫХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ПЛИТ ПЕРЕКРЫТИЙ МНОГОЭТАЖНЫХ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ ПО МЕТОДУ ПРЕДЕЛЬНОГО РАВНОВЕСИЯ

Zulpujev A.M., Nasirov M.T.

DETERMINATION OF BEARING CAPACITY PRECAST CONCRETE FLOOR SLABS OF MULTI-STOREY BUILDINGS AND STRUCTURES ACCORDING TO THE METHOD OF LIMIT EQUILIBRIUM

УДК:624.012.45

Бул макалада төмөнкү маселелер каралган: көп кабаттуу имараттар жана ири имараттардагы топтолгон темир бетон плит перекртыясынын жүк көтөрүмдүүлүгүн, чектелген тен салмактуулук методу аркылуу аныктоо; ар кандай сырткы күчтөрдүн таасири менен алардын бузулуу механизмин тактоо.

В данной статье рассмотрены следующие вопросы: расчет на несущую способность по методу предельного равновесия сборных железобетонных плит перекрытий многоэтажных зданий и сооружений; установление механизма их разрушения от воздействия внешних нагрузок.

This article considers the following problems: calculating of the durability by method of maximum balance of the overlapping prefabricated ferro-concrete slabs of the multi-storeyed buildings and constructions and ascertainment of the mechanism of their destruction at outer loading influence.

В настоящее время при определении несущей способности, т.е. прочности сборных железобетонных плит перекрытий многоэтажных зданий и сооружений, методом предельного равновесия, основной задачей является установление механизма возможных схема излома.

Проведенный анализ схемы закрепления на опорах сборных железобетонных плит перекрытий, построенных и проектируемых многоэтажных зданий и сооружений, их расчеты и экспериментальные исследования, позволили отметить следующий подход к определению механизмов возможных схема излома сборных железобетонных плит перекрытий при действии внешних нагрузок:

- сборные железобетонные плит перекрытий разбиваются на несколько участков с максимальными размерами при условии отсутствия опор внутри элемента, контур таких участков образуется отрицательными линиями излома;

- определенный каждый участок рассматривается как отдельная плита с соответствующими условиями на контуре;

- из всех допустимых схем разрушения рассматриваемого и изображенных примыкающих участков, за реальную принимается эта, которой отвечает наименьшая интенсивность разрушающей нагрузки.

В отдельных случаях механизм возможных схема излома бесспорны, а других случаях достаточно принять к сравнению несколько возможных схема излома.

Основными разновидностями механизм возможные схема излома участков сборных железобетонных плит перекрытий являются:

- механизм возможные схема излома «конверт», возникающий на участках, рассматриваемых как пластины, опертые по четырем сторонам или размерами на комнату;

- механизм возможные схема излома неполного «конверта», возникающий на местах, анализируемых как пластины, опертые по трем сторонам и свободной четвертой сторона;

- балочной механизм возможные схема излома, возникающий на участках, сведенных к пластинам, опертым по двум противоположным сторонам и на консолях;

- механизмы возможные схема излома участков трапециевидальной конфигурации в плане;

- механизмы возможные схема излома участков полигональной формы.

Полагая что, определение несущей способности сборных железобетонных плит перекрытий методом предельного равновесия сводится к решению расчетных формул для всех видов механизмов возможных схема излома участков с учетом специфик их опорных условий и конфигурации в плане.

Для предельной нагрузки соответствующие выражения, при различных механизма возможных схема излома участков, определяли согласно [1] из условия паритетности нулю работы всех сил системы на виртуальных перемещениях.

Выражения для определения предельной нагрузки при основных механизмах возможных схема излома участков приведены ниже.

Механизм возможных схема излома «конверт».

Настоящий механизм возможных схема излома (рис. 1а) возникает, как правило, в этом случае, если на контуре участка, сформированного отрицательными линиями излома или линиями контура, устраивается хотя бы одна опора на каждой стороне, кроме угловых.

Предельная несущая способность для предоставленного механизма возможных схема излома равна:

$$Q_n = 12 \cdot [(2 \cdot m_1 + m_1' + m_1'') \cdot l_2 + (2 \cdot m_2 + m_2' + m_2'') \cdot l_1] / [l_1^2 \cdot (3 \cdot l_2 - l_1)] \quad (1)$$

где: l_1 и l_2 - соответственно, меньший и больший пролеты участка;

m_1 и m_2 - усредненные предельные погонные изгибающие моменты на положительных линиях излома;

m_2', m_2'', m_2', m_2'' - усредненные предельные погонные изгибающие моменты на отрицательных линиях излома.

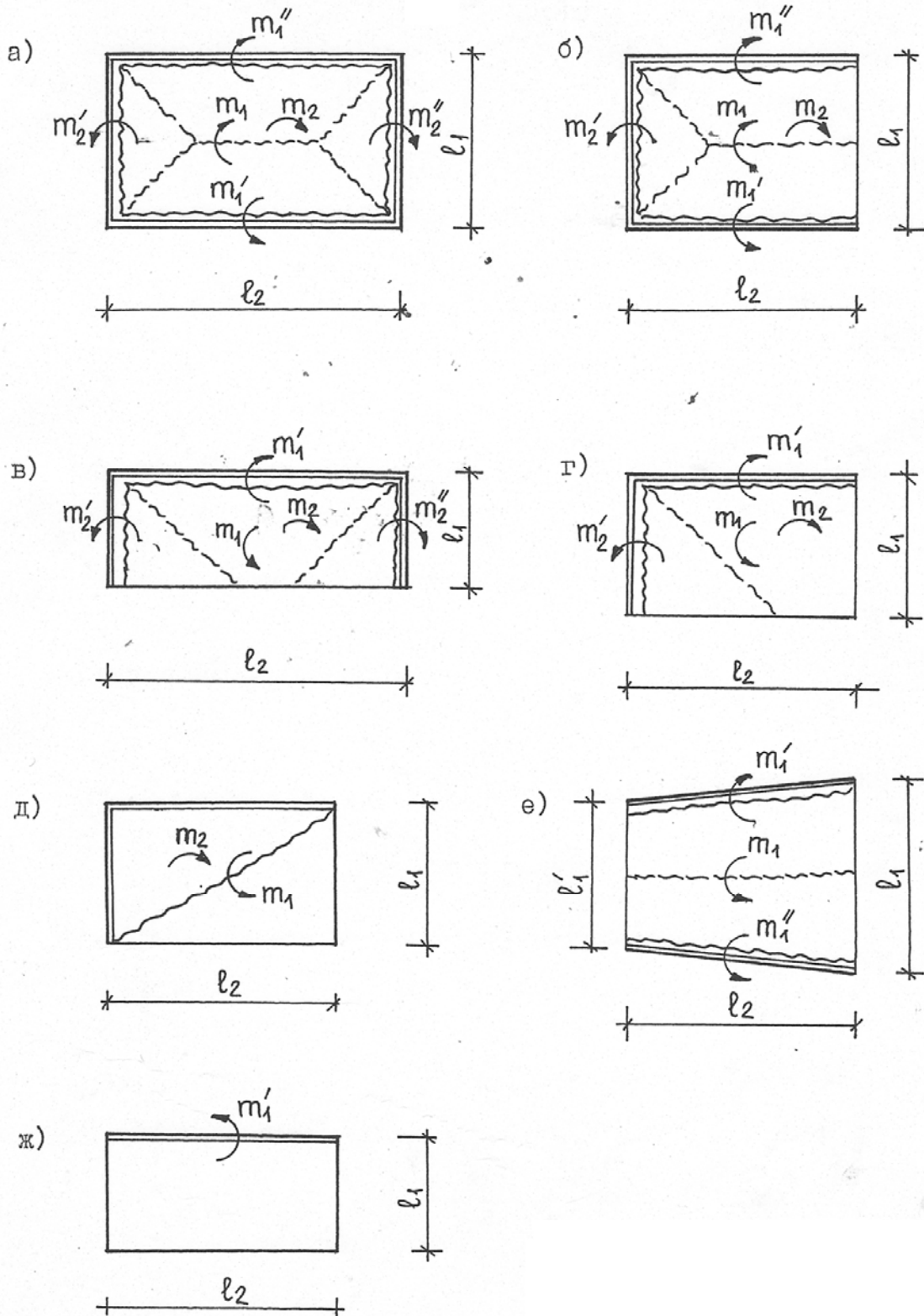


Рис. 1. Разновидности механизмов разрушения участков сборных железобетонных плит перекрытий

Величины изгибающих моментов пролетных m_1 и m_2 и опорных m_2', m_2'', m_2', m_2'' , определяются путем умножения соответствующих усредненных площадей сечений арматуры на погонном метре $A_{S1}, A_{S2}, A'_{S1}, A''_{S1}, A'_{S2}, A''_{S2}$ на их расчетные сопротивления и на плечо внутренней пары для соответствующего сечения плиты.

Механизм возможные схема излома «полу-конверт».

Этот механизм возможные схема излома (рис. 1б) реализуется на участках, где имеется свободный край, причем $l_1 \leq 2 \cdot l_2$. Механизм такого вида составляет половину механизма возможные схема излома «конверт» и предельная несущая способность его равна:

$$Q_n = 24 \cdot [(2 \cdot m_1 + m_1' + m_1'') \cdot l_2 + (2 \cdot m_2 + m_2') \cdot l_1] / [l_1^2 \cdot (6 \cdot l_2 - l_1)] \quad (2)$$

В этих случаях, когда свободный край совпадает с большей стороной участка, причем $l_1 \leq 0,5 \cdot l_2$, возникает механизм возможные схема излома «неполного полуконверта» (рис. 1в). В этом случае справедлива следующая расчетная формула определения предельной несущей способности:

$$Q_n = 6 \cdot [(2 \cdot m_1 + 2 \cdot m_2 + m_2' + m_2'') \cdot l_1 + m_1' \cdot l_2] / [l_1^2 \cdot (3 \cdot l_2 - l_1)] \quad (3)$$

Балочный механизм возможные схема излома.

С закреплением на опорах две смежные стороны возникают на участках два опасных механизма разрушения: механизм с образованием отрицательных линий излома по защемленным сторонам (рис. 1г) и механизм отламывания консольного участка – балочный механизм (рис. 1д).

Балочный механизм возможные схема излома возникает также при условии закрепления на опорах по двум противоположным сторонам (рис. 1е) или закрепления опора по одной стороне (рис. 1ж).

Величина предельной несущей способности для механизма возможные схема излома, составляющего половину механизма возможные схема излома «неполного полуконверта» (рис. 1г) составит:

$$Q_n = 6 \cdot [(m_1 + m_2 + m_2') \cdot l_1 + m_1' \cdot l_2] / [l_1^2 \cdot (3 \cdot l_2 - l_1)] \quad (4)$$

Предельная несущая способность для балочных механизмов возможного схема излома вычисляется для механизм возможные схема излома на рис. 1д

$$Q_n = 6 \cdot [(m_1'' \cdot \sin^2 \alpha + m_2' \cdot \cos^2 \alpha) \cdot \text{ctg}^2 \alpha] / (l_1 \cdot l_2) \quad (5)$$

- для механизм возможные схема излома на рис. 1е

$$Q_n = 12 \cdot (2 \cdot m_1 + m_1' + m_1'') / \{l_1^2 [1 + (l_1'/l_1) + (l_1'/l_1)^2]\} \quad (6)$$

- для механизм возможные схема излома на рис. 1ж:

$$Q_n = (12 \cdot m_1'') / (l_1 \cdot l_2) \quad (7)$$

Для оценки сборных железобетонных плит перекрытий, работающей в двух направлениях, был принят метод предельного равновесия [2]. В стадии предельного равновесия сборная железобетонная плита перекрытия под нагрузкой провисает, ее плоская поверхность может рассматриваться как усеченная пирамида с высотой, равной максимальному прогибу плиты.

Для наших случаев сборных железобетонных плит перекрытий был принят механизм возможный схема излома, показанный на рис. 2.

$$A_g + A_Q = A_m \quad (8)$$

где: A_g - работа равномерно распределенной нагрузки g от собственного веса плиты, приложенной в пределах фигуры возможные схема излома;

A_Q - работа сосредоточенных сил Q ;

A_m - работа изгибающих моментов m по линиям пластических деформаций.

Работа внешних сил:

$$A_g + A_Q = V + Q \cdot f \quad (9)$$

где: V – объем усеченной пирамиды продавливания, с основаниями $l_y \cdot [l_x/2 - (l_y \cdot \text{ctg} \alpha)/3]$ и высотой f , равной прогибу под нагрузкой Q .

В нашем случае:

$$V = f \cdot l_y \cdot [l_x/2 - (l_y \cdot \text{ctg} \alpha)/3] \quad (10)$$

Возможные схема излома сборных железобетонных плит перекрытий при других схемах закрепления опора и от воздействия внешней нагрузки может быть принята на основе широких опытов над железобетонными плитами, работающими в двух направлениях, с гибкой арматурой.

Работа внутренних сил может быть выражена так:

$$A_Q = l_y \cdot [l_x/2 - (l_y \cdot \text{ctg} \alpha)/3] \cdot Q \quad (11)$$

$$A_m = 4 \cdot m_y \cdot \cos^2 \alpha \cdot (\text{tga} + \text{ctga}) + 4 \cdot m_x \cdot \sin^2 \alpha \cdot (\text{tga} + \text{ctga}) + 2 \cdot (m_y/l_y) \cdot (l_x - l_y \cdot \text{ctg} \alpha) \quad (12)$$

где: m_y - погонный изгибающий момент в направлении короткого пролета;

m_x - погонный положительный изгибающий момент в направлении длинного пролета.

Изгибающий момент m_y и m_x вычисляется как для балочных плит по методике [3].

Несущая способность сборных железобетонных плит перекрытий при условии $f = 1$ определяется из формул (8) и (9):

$$Q = A_m - V \quad (13)$$

В выражениях для A_m и V содержатся геометрические параметры, которые могут быть выражены через угол α (рис. 2):

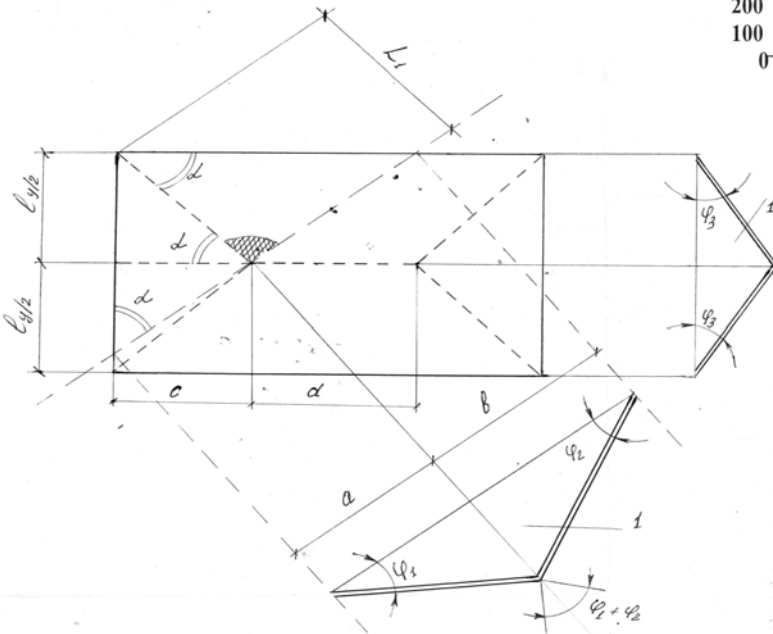


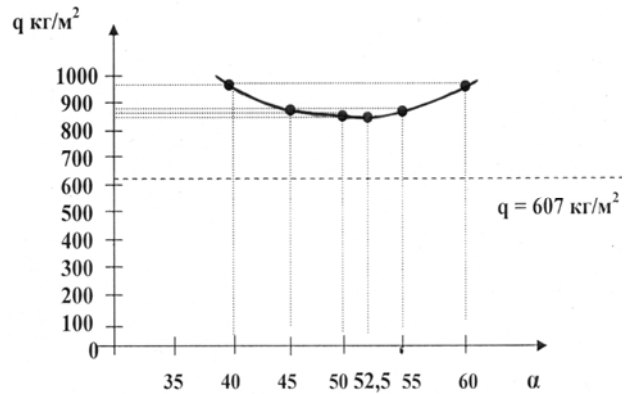
Рис. 2. Расчет сборных железобетонных плит перекрытий, методом предельного равновесия

Несущая способность сборных железобетонных плит перекрытий определяется из условия равенства работ внешних и внутренних сил

$$Q = [4 \cdot m_y \cdot (\operatorname{tg} \alpha + \operatorname{ctg} \alpha) \cdot (\cos^2 \alpha + 1,79 \cdot \sin^2 \alpha) + 2 \cdot (m_y / l_y) \cdot (l_x - l_y \cdot \operatorname{ctg} \alpha)] / [l_y \cdot (l_x / 2) - (l_y \cdot \operatorname{ctg} \alpha) / 3] \quad (14)$$

Определение минимальное значения несущую способность Q по формуле (14) находим при таком угле α и a также при вычислении несущую способность Q по формуле (14) принимаем $m_y = 1$ и $m_x = 1,79 \cdot m_y$. Определив угол α и подставив в формулу (14), можно определять искомую несущую способность Q .

В нашем случае при угла $\alpha = 52,5^\circ$ получили из графика ($Q - \alpha$) минимальная несущая



способность Q (рис. 3).

Рис. 3. График « $Q - \alpha$ » для определения минимальную несущую способность Q_{min} при угла $\alpha = 52,5^\circ$.

ВЫВОДЫ

1. Определение несущей способности сборных железобетонных плит перекрытий методом предельного равновесия сводится к выводу расчетных формул для всех разновидностей механизмов возможные схема излома участков с учетом особенностей их опорных условий и формы в плане.
2. Возможные схема излома сборных железобетонных плит перекрытий при других схемах закрепления опора и от воздействия внешней нагрузки может быть принята на основе обширных опытов над железобетонными плитами, работающими в двух направлениях, с гибкой арматурой.
3. В стадии предельного равновесия сборных железобетонных плит перекрытий под нагрузкой провисает, ее плоская поверхность может рассматриваться как усеченная пирамида с высотой, равной максимальному прогибу плиты.

Литературы

1. Гвоздев А.А. Расчет несущей способности конструкций по методу предельного равновесия. - М.: Госстройиздат, 1979.
2. Ржаницын А.Р. Расчет сооружений с учетом пластических свойств материалов. - М., 1954.
3. СНиП 2.03.01-84*. Железобетонные конструкции. Нормы проектирования. - М.: Стройиздат. - 1985. - 79 с.

Рецензент: д.т.н., профессор Маруфий А.Т.