

Метод предельного равновесия для расчета статически неопределимых железобетонных конструкций. Теория и практика.

Расчет по методу предельного равновесия (далее МПР) позволяет, как уже известно, вскрыть резервы прочности конструкций за счет учета пластических и других неупругих свойств материалов. В результате расчеты статически неопределимых конструкций по МПР являются более выгодными, чем по упругой стадии, и могут приводить к экономии материалов.

Экономичность МПР зависит от большого ряда факторов, в числе которых наиболее важную роль играет степень статической неопределимости конструкции.

Рассмотрим дважды статически неопределимую балку, изображенную на рис.1.

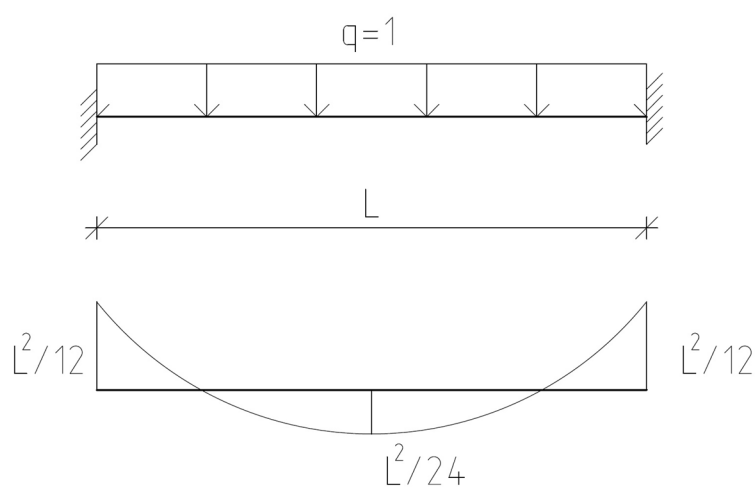


Рис.1.

Балка обладает одинаковой прочностью на изгиб по всей длине. На рис.1 показана эпюра изгибающих моментов в упругой стадии от нагрузки $q=1$.

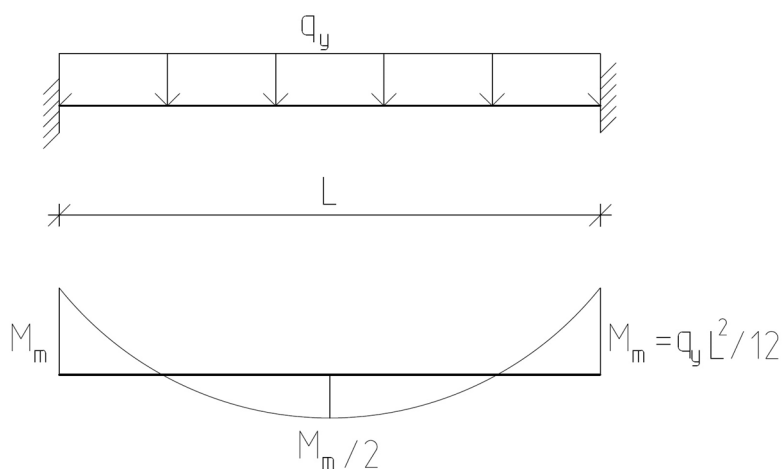


Рис.2.

С точки зрения расчета системы как упругой данная нагрузка является разрушающей – обозначим ее как q_y (рис.2). Пластические шарниры образуются на опорах. Следовательно, значение этой разрушающей нагрузки будет:

$$q_y = \frac{12M_T}{l^2}$$

Где M_T – опорный момент.

Между тем балка работала до сих пор только в пределах упругой стадии. Она сохранила свою геометрическую неизменяемость и способна поэтому нести дополнительную нагрузку вплоть до образования третьего – пролетного шарнира. Пролетный шарнир возникает тогда, когда с ростом нагрузки момент в середине пролета тоже достигнет величины:

$$M_T = \frac{q_y l^2}{12}.$$

Для этого он после окончания упругой стадии должен возрасти на величину:

$$\Delta M_T = M_T - \frac{q_y l^2}{12} = \frac{M_T}{2}$$

После образования опорных пластических шарниров балку при работе ее на дополнительную нагрузку Δq можно рассматривать как статически определимую вследствие чего имеем рис.3.

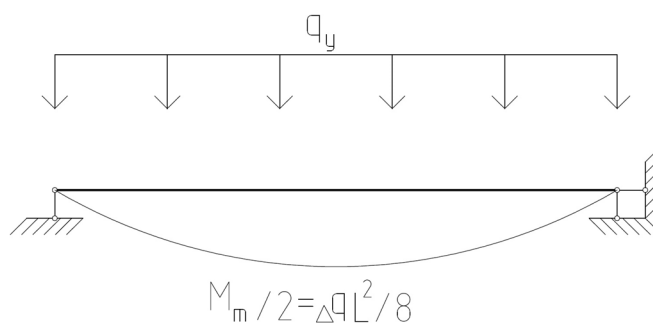


Рис.3.

$$\Delta M_T = \frac{\Delta q l^2}{8}$$

Откуда

$$\Delta q = \frac{8\Delta M_T}{l^2} = \frac{4M_T}{l^2}$$

В результате несущая способность рассматриваемой балки, определенная по методу предельного равновесия, т.е. с учетом пластических деформаций, превышает вычисленную в предположении работы балки как упругой системы на величину, равную:

$$\frac{\Delta q}{q_y} 100 = \left(4 \frac{M_T}{l^2} : 12 \frac{M_T}{l^2}\right) 100 = 33\%$$

Показательны опыты, доказывающие эту теорию, по испытанию плит выполненные Б.Г. Корневым под руководством А.А. Гвоздева в 1939 г. А так же более поздние испытания различных конструкций выполненные С.М. Крыловым.

В [3] на примере двухпролетной статически неопределимой балки экспериментально получено значение перераспределения моментов 30%.

В целом все эти опыты свидетельствуют, что причиной перераспределения усилий служит вся сумма неупругих деформаций, возникающих в бетоне, арматуре и конструкции в целом при работе ее в стадии предельного равновесия.

Список литературы:

1. Кальницкий А.А. Расчет статически неопределимых железобетонных конструкций с учетом перераспределения усилий. Издательство литературы по строительству. Москва 1970.
2. Крылов С.М. Перераспределение усилий в статически неопределимых железобетонных конструкциях. Научно-исследовательский институт бетона и железобетона. Издательство литературы по строительству. Москва — 1964.
3. Крылов С.М. К вопросу о расчете железобетонных неразрезных балок с учетом перераспределения усилий. НИИЖБ "Исследования по теории железобетона" Госстройиздат Москва 1960г. Труды института Выпуск 17.