

УДК 624.072

К ВОПРОСУ О РАСЧЕТЕ БАЛКИ СОВМЕСТНО С ШАРНИРНО-СТЕРЖНЕВОЙ ЦЕПЬЮ

Д.Х. ФАРРАН, Е.С. СЕРГЕЕВА

(Представлено: канд. техн. наук, доц Л.С. ТУРИЦЕВ)

Рассматривается расчет статически неопределимой комбинированной системы, состоящей из балки жесткости и шарнирно-стержневой цепи общего вида на действие произвольной вертикальной нагрузки. В зависимости от схемы взаимодействия цепи с балкой жесткости рассматривается расчет распорных и безраспорных комбинированных систем. Получены конечные формулы для определения внутренних усилий в таких системах.

Широкое применение в строительной практике получили комбинированные системы, состоящие из балки жесткости и шарнирно-стержневой цепи. По статическим свойствам такие системы, как правило, являются статически неопределимыми системами. Частные примеры расчета таких систем методом сил приведены в [1], [2].

Рассматривается расчет методом сил балки жесткости и шарнирно-стержневой цепи общего вида на действие произвольной вертикальной нагрузки (рис. 1). Используются два варианта конструктивного исполнения шарнирно-стержневой цепи – арочный и висячий варианты. В зависимости от схемы взаимодействия цепи с балкой жесткости рассматривается расчет распорных (рис. 1, а) и безраспорных (рис. 1, б) комбинированных систем.

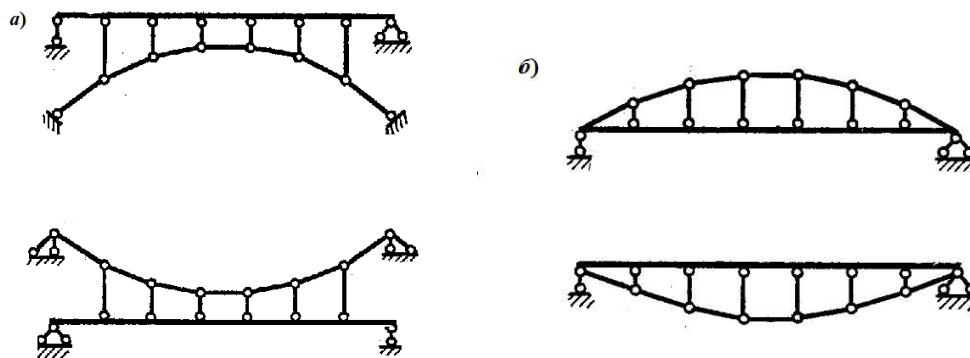


Рисунок 1. – Комбинированные системы

Исходными задаваемыми параметрами комбинированных систем во всех рассматриваемых случаях являются:

- параметр типа системы: $t = 1$ – висячая система; $t = 2$ – арочная система;
- значения пролета - l и стрелы цепи – f ;
- число панелей цепи – p ;
- параметры нагрузки – места приложения и направления сосредоточенных и распределенных нагрузок, значения их модулей и интенсивностей;
- параметры балки жесткости – модуль упругости материала – E_b , площадь – A_b и момент инерции – I_b поперечного сечения;
- параметры элементов цепи – модуль упругости материала стержней пояса – E_s , модуль упругости материала стоек – E_v , площадь поперечного сечения стержней пояса – A_s , площадь поперечного сечения стоек – A_v .

Производными параметрами комбинированных систем во всех рассматриваемых случаях являются:

- длина панели пояса – $a = \frac{l}{p}$;
- число узлов цепи – $k_y = p + 1$;
- число стержней пояса цепи – $k_s = p$;

– число стоек цепи – $k_v = p - 1$.

Геометрия шарнирно-стержневой цепи рассчитываемых комбинированных систем характеризуется;

– законом очертания цепи – $y(x)$;

– координатами узлов цепи – y_k ($k = 1, \dots, k_y$);

– длинами стержней пояса цепи – $l_{s_k} = \sqrt{(y_{k+1} - y_k)^2 + a^2}$ ($k = 1, \dots, p$);

– углами наклона стержней пояса цепи – $\operatorname{tg} \alpha_k = \frac{y_k - y_{k+1}}{a}$ ($k = 1, \dots, p$);

– длинами стоек цепи – l_{v_k} ($k = 1, \dots, k_v$).

Рассматриваемые распорные и безраспорные комбинированные системы для обоих вариантов конструктивного исполнения шарнирно-стержневой цепи являются один раз статически неопределимыми системами. Во всех случаях для удаления лишней связи врезается шарнир в среднее сечение балки жесткости и, следовательно, основная система метода сил является статически определимой комбинированной системой (рис. 2)

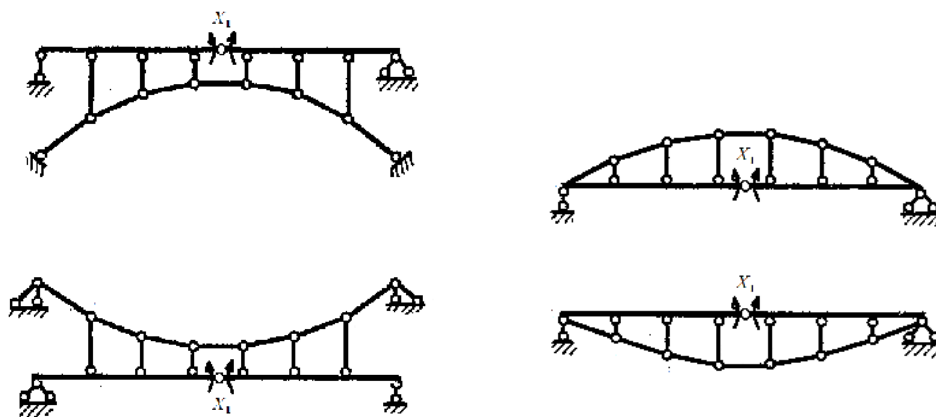


Рисунок 2. – Основная система метода сил

Каноническое уравнение метода сил для всех рассматриваемых комбинированных систем имеет одинаковый вид

$$\delta_{11} X_1 + \Delta_{1P} = 0, \quad (1)$$

а основным неизвестным во всех случаях является изгибающий момент в наиболее опасном сечении балки жесткости. Получены конечные формулы, связывающие внутренние усилия рассматриваемых комбинированных систем с балочными внутренними усилиями, с распором цепи и основным неизвестным.

Формулы для определения внутренних усилий в шарнирно-стержневой цепи имеют вид:

– распор цепи – $H = \frac{M_{Cb} - X_1}{f}$

– продольные силы в стержнях пояса цепи – $S_k = \frac{M_{Cb} - X_1}{f \cos \alpha_k}$ ($k=1, \dots, p$)

– продольные силы в стойках цепи – $V_k = \frac{M_{Cb} - X_1}{f} (\operatorname{tg} \alpha_{k+1} - \operatorname{tg} \alpha_k)$ ($k=1, \dots, k_v$)

Формулы для определения внутренних усилий в балке жесткости имеют вид:

– безраспорные комбинированные системы любого типа;

$$M(x) = M_b(x) + \frac{X_1 - M_{Cb}}{f} y(x)$$

$$Q(x) = Q_b + \frac{X_1 - M_{Cb}}{f} \operatorname{tg} \alpha(x)$$

$$N = \frac{X_1 - M_{Cb}}{f}$$

– распорные комбинированные системы любого типа;

$$M(x) = M_b(x) + \frac{X_1 - M_{Cb}}{f} y(x)$$

$$Q(x) = Q_b + \frac{X_1 - M_{Cb}}{f} \operatorname{tg} \alpha(x)$$

$$N = 0$$

Полученные конечные формулы для определения внутренних усилий в рассмотренных комбинированных системах имеют практическое значение и могут использоваться как при проектировании новых комбинированных систем, так и при усилении существующих балочных конструкций.

ЛИТЕРАТУРА

1. Борисевич, А.А. Строительная механика: учебное пособие для вузов / А.А. Борисевич, Е.М. Сидорович, В.И. Игнатюк. – Минск: БНТУ, 2009. – 756 с.
2. Дарков, А.В. Строительная механика: Учебник для вузов. / А. В. Дарков, Н.Н. Шапошников. – СПб.: Изд. Лань, 2010. – 656 с.