



УДК 624.041,3+624.046



К. М. ДЖАМАНКУЛОВ
КГУСТА ИМ. Н. ИСАНОВА,
БИШКЕК, КЫРГЫЗСКАЯ РЕСПУБЛИКА
E-MAIL: J.KENESH@GMAIL.COM

К. М. DJAMANKULOV
KSUCTA N.A. N.ISANOV,
BISHKEK, KYRGYZ REPUBLIC

У. Б. МАМЫТОВ
КГУСТА ИМ. Н. ИСАНОВА,
БИШКЕК, КЫРГЫЗСКАЯ РЕСПУБЛИКА
E-MAIL: MR.TAMRU@MAIL.RU

U. B. MAMYTOV
KSUCTA N.A. N.ISANOV,
BISHKEK, KYRGYZ REPUBLIC

ТИЛЕК У. Н.
КГУСТА ИМ. Н. ИСАНОВА,
БИШКЕК, КЫРГЫЗСКАЯ РЕСПУБЛИКА
E-MAIL.TWILIGHTTO@MAIL.RU

TILEK U. N.
KSUCTA N.A. N.ISANOV,
BISHKEK, KYRGYZ REPUBLIC

АБДЫЖАПАР У. А.
КГУСТА ИМ. Н. ИСАНОВА,
БИШКЕК, КЫРГЫЗСКАЯ РЕСПУБЛИКА
E-MAIL: : ADIKOMIKO173@GMAIL.COM

ABDYZHAPAR U. A.
KSUCTA N.A. N.ISANOV,
BISHKEK, KYRGYZ REPUBLIC

E.mail.ksucta@elcat.kg

ПРОЧНОСТНОЙ РАСЧЕТ ПЛОСКОНАПРЯЖЕННЫХ И ПЛОСКОДЕФОРМИРОВАННЫХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСОЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

STRENGTH DESIGN OF PLANE STRAIN AND PLANE STRESS REINFORCED CONCRETE CANTILEVERED ELEMENTS

Макалада темир-болот жалпак чыңалган жана жалпак деформацияланган “кыска” консольдор үчүн бир түрдүү-тилке чыңалуу талааларын түзүү {Б} методикасы каралган. Ушундай элементтердин бузулуусунун негизги түшүнүктөрү берилген, касалып-чоюлган зоналарда пайда болгон чыңалуу зонасы серпилгич стадиясында бир түрдүүлүккө жакын болот.

Чечүүчү сөздөр: чектик жүк; пластикалык зоналардын эң жогорку стадиясы; тең салмактуулуктун шарты; эркин жүк P ; жылдыруучу күч Q_T ; кооптуу аймак; жогорку чоюлган арматуранын агуусу.



В статье рассмотрено схема методики построения равновесных кусочно-однородных полей напряжений $\{\sigma\}$ для железобетонных для плосконапряженных и плоскодеформированных “коротких” консолей. Даны основные понятия разрушения таких элементов, что происходят по сжато-растянутым зонам, в которых поле напряжений уже в упругой стадии близко к однородному.

Ключевые слова: предельная нагрузка q ; предельная стадия пластических зон; условие равновесия; произвольная нагрузка P ; сдвиговая нагрузка Q_T ; опасная зона; текучесть верхней растянутой арматуры.

The article deploys the method scheme of arrangement of the equilibrium piecewise homogeneous stress fields $\{\sigma\}$ for reinforced concrete plane-stress and plane-strain “short” consoles, the basic concepts of destruction of such elements have been given that occur in the compressed-stretched areas in which the stress field is already in the elastic stage close to the homogeneous.

Key words: limiting load “ q ”, limiting stage of elastic zones, equilibrium condition, random load, shifting load Q_T ; hazard area, strain-hardening range of upper stretched bars.

На сегодняшний день получение аналитического решения, позволяющего находить предельные (разрушающие) нагрузки для плосконапряженных и плоскодеформированных консолей является весьма актуальной задачей. В последнее время для большинства подобных элементов удалось получить весьма простые и экспериментально обоснованные формулы по определению их предельно несущей способности для прямого и проверочного прочностного расчета. Эти формулы получены на основе метода кусочно-однородных полей напряжений $\{\sigma\}$, который представляет собой способ практической реализации статической теоремы предельного равновесия применительно к классу плоскодеформированных элементов [1].

Метод основан на построение таких равновесных кусочно-однородных полей напряжений, которые содержат зоны – аналоги реальных опасных зон, где поле напряжений в предельной стадии также близко к однородному, несмотря на наличие трещин. Из условия прочности железобетона этих зон, которые, как правило, сжато-растянуты, получаются формулы для разрушающей нагрузки.

Максимальное число зон поля получается в том случае, если его схема разбивки имеет минимальное число центров разбивки. Сложность поставленной задачи состоит в том, чтобы получить не любую схему разбивки, а схему с минимальным количеством зон. В противном случае не удастся сразу найти истинную предельную нагрузку q и эффективность метода снижается. То есть сквозные зоны аналоги реальных пластических зон возникает только при построении поля с минимальным числом зон n_3 , где $n_3 = n_3^{min}$. При правильной разбивке число уравнений равновесия $n_{ур}$, равное удвоенному числу внутренних граничных линий $n_{л}^E$ и контурных линий $n_{л}^K$, не должно превышать общее число неизвестных n_H , то есть $n_{ур} \leq n_H$. Оно складывается на неизвестных реактивных контурных напряжений и произвольных геометрических параметров разбивки n_T . Тогда условие равновесия разбивки имеет вид:

$$n_{ур} = 2*(n_{л}^E + n_{л}^K) \leq n_H = n_{\delta} + n_T + 3 = 3*n_3 + n_T + 3 \quad (1)$$

где: n_T – число геометрических параметров; n_{δ} – число неизвестных напряжений.

При сложной форме нагрузки, когда $n_{л}^E > 9$, поле напряжений $\{\sigma\}$ строятся путем суперпозиций базисных полей, и схему разбивки необходимо усложнять, вводя дополнительные внутренние центры разбивки. При этом прирост числа неизвестных опережает прирост числа равновесия. Поэтому условие разбивки при счете угловых зон

имеет вид: $n_{yp} = 2*(n_{л}^B + n_{л}^K) - n_3^y \leq n_n = 3*n_3 + 3 + 2*n_{л}^B + 2 * n_{л}^K$ (2)

где: n_3^y – число угловых зон; $n_{л}^B, n_{л}^K$ – число внутренних и контурных центров разбивки.

Рассмотрим принцип построения равновесных кусочно-однородных полей напряжений для коротких консольных элементов с касательной нагрузкой q_{τ} (рис. 1 а).

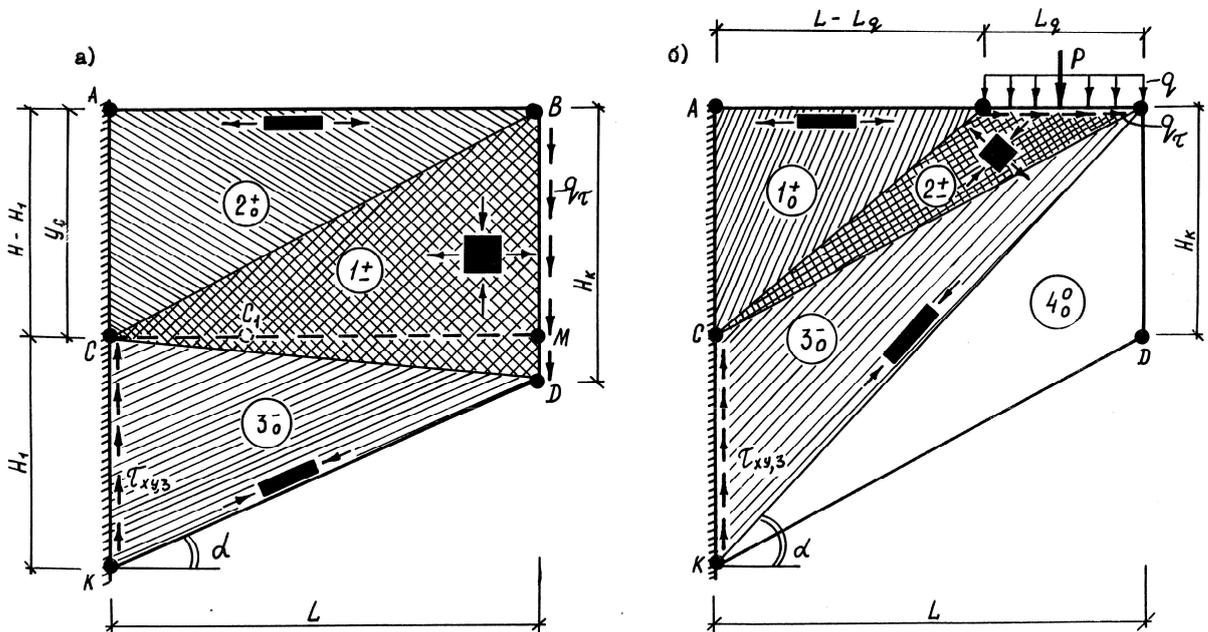


Рис.1. Схема разбивки на однородные кусочно-однородных полей напряжений {6} консоли: а) с касательной нагрузкой; б) с произвольной нагрузкой по верхней грани в комбинации со сдвиговой нагрузкой.

Разбивка на минимальное число однородных полей производится из контурного центра “С” лучами СВ и CD на три зоны. При этом в консольном элементе с касательной нагрузкой возникают следующие зоны: сжато-растянутая зона 1^+ ; зона одноосного растяжения 2_0^+ и зона одноосного сжатия 3_0^- .

Величины компонентов напряжений зон находятся из условия равновесия $\Sigma X = 0; \Sigma Y = 0$ для отсеченных участков консоли.

Из условия равновесия отсеченного участка АВМС, для зоны сдвига 1^+ находим:

$$\delta_{x,1} = 0; \quad \delta_y = \frac{q\tau*(H-H_1)}{L} \quad (3)$$

Для одноосной растянутой зоны 2_0^+ находим:

$$\delta_{x,2} = \delta_{гл,2}^+ = \frac{q\tau*L}{(H-H_1)}; \quad \delta_{x,2} = 0; \quad \tau_{xy,2} = 0 \quad (4)$$

Для одноосно сжатой зоны 3_0^- , где из условия ее равновесия имеем:

$$\delta_{x,3}^- = \delta_{гл,3}^- * \cos^2 \alpha = \tau_{xy,3} * \text{Ctg} \alpha; \quad \delta_{y,3}^- = 0; \quad \tau_{xy,3} = \frac{q\tau*H_k}{H_1} \quad (5)$$

При выполнении условия $H_k = 0,5 * H$ в предельной стадии пластичность возникает либо одновременно в зонах 2_0^+ и 3_0^- , или в зоне 1^+ , либо во всех трех зонах.

Реализация пластичности одновременно в зонах 1^+ и 3_0^- при сохранении зоны



2_0^+ невозможна.

Из условия $\Sigma X_{\text{общ.}} = 0$ имеем: $\delta_{x,3}^- * H * \delta_{x,2}^+ * (H - H_1) = 0$ (6)

Из условия (5) находим $\delta_{x,3}^-$: $\delta_{x,3}^- = \tau_{xy,3}^+ * \text{Ctg} \alpha = \frac{q\tau * H_k * L}{H_1 * (H - H_1)}$ (7)

Сопоставив формулы (6) и (7) для $\delta_{x,3}^-$ получаем следующее соотношение $\frac{L}{H_k} = \frac{L}{(H - H_k)}$, которое дает необходимое условие равновесности этой схемы разбивки $H_k = 0,5 * H$. При ее нарушении правильная схема разбивки усложняется, т.к. появляется еще и внутренний центр разбивки "С".

Решение задачи возникновения пластичности в зоне 1_-^+ позволяет получить q_0^{c-p} . В этом случае из условия пластичности и из условия равновесия зоны 1_-^+ $\Sigma X_{\text{общ.}} = 0$ $\Sigma Y_{\text{общ.}} = 0$ имеем:

$$\delta_{\text{гл},2}^+ * (H - H_1) - \delta_{\text{гл},3}^- * H_1 * \cos^2 \alpha = 0 \quad (8)$$

$$q_\tau * H - \delta_{\text{гл},3}^- * \frac{1}{2} H_1 * \sin 2\alpha = 0 \quad (9)$$

При одновременном появлении пластичности в зонах 2_0^+ и 3_0^- , когда в верхней растянутой зоне арматура еще не достигла текучести учтя, что $\delta_{\text{гл},2}^+ = |\delta_{\text{гл},3}^-|$ из (8) получаем соотношение для H_1 :

$$(H - H_1) - H_1 * \cos^2 \alpha = 0; \quad H_1 = \frac{H}{(1 + \cos^2 \alpha)} \quad (9)$$

Из условия прочности в одноосно-сжатой зоне 3_0^- $\delta_{\text{гл},3}^- = R_b$ имеем: $\delta_{\text{гл},3}^- = \frac{q\tau * L}{H * \cos^2 \alpha}$, откуда с учетом (9) получим:

$$q_0^{c-p} = \frac{R_b * H * \cos^2 \alpha}{L * (1 + \cos^2 \alpha)} \quad (10)$$

Рассмотрим случай приложения к консольным элементам произвольной нагрузки P в любом участке верхнего пояса и занимающей лишь часть верхней грани в комбинации со сдвиговой нагрузкой q_τ .

Схема разбивки производится, как и при действии касательной нагрузки, из единого внутреннего центра "С". Простейшая схема разбивки, удовлетворяющая необходимому условию $n_{\text{ур}} = n_n$, произвольной нагрузки в комбинации со сдвиговой нагрузкой q_τ дана на рис. 1 б. В результате разбивки получим: одноосно растянутую зону 1_0^+ ; сжато-растянутую зону 2_-^+ ; одноосно сжатую зону 3_0^- и нулевую зону 4_0^0 .

Однако она оказывается неравновесной: зона 2_-^+ не может находиться в равновесии под действием напряжений, приложенных к ней со стороны зоны 3_0^- и 1_0^+ и нагрузки q . Их равнодействующие не могут пересечься в одно точке в любом положении центра разбивки "С" на опорной грани (т.е. ордината найденная из системы $n_{\text{ур}} = n_n$ не попадает в свою реальную область определения). Кроме того, при этой разбивке эпюра Q может отображаться только треугольной зоной 3_0^- , а ее форма не отвечает реальной форме эпюра Q .

При этом на опорной грани по-прежнему сохраняется контурный центр в некоторой точке "С", где имеют скачок реальные напряжения. В этом случае имеем:

$$n_{\text{л}}^q = n_3 = n_{\text{л}}^k = n_{\text{л}}^b = 0;$$



$$n_3^y = 1$$

$$n_{ц}^Б = n_{ц}^К = 1$$

$$n_{л, max}^q = n_3^y + 5 = 6$$

Согласно (2) получим: $n_{yp} = 2 * (6 + 6) - 1 = 23 < n_{н} = 3 * 6 + 3 + 2 + 1 = 24$.

Исследования показали, что при разрушении нормальной нагрузкой любого участка верхней грани консоли одной из наиболее напряженных зон всегда сказываются две примыкающие к этому участку зоны 1_0^+ и 2_1^+ они и являются опасными зонами. Во всех случаях, когда разрушение происходит от раздавливания сжато-растянутого бетона, а не от текучести верхней растянутой арматуры, то зоны под нагрузкой всегда оказываются разрушенными.

Список литературы

1. Смирнов С.Б. Методы предельного равновесия и условия прочности плоских конструкций [Текст] / Дисс. ... докт. техн. наук./ С.Б.Смирнов. – М.: 1987, 444 с.
2. Смирнов С.Б. Метод определения предельных нагрузок для плосконапряженных и плоскодеформированных систем. [Текст] / С.Б.Смирнов // Строительная механика и расчет сооружений. - 1988. – №5. - с.26 – 30.