

## О РАСЧЕТЕ ЛЕНТОЧНЫХ ФУНДАМЕНТОВ СООРУЖЕНИЙ В МЕСТАХ ВОЗМОЖНОГО ВОЗНИКНОВЕНИЯ КАРСТОВЫХ ПРОВАЛОВ

*А.М. Самедов, докт. техн. наук (НТУУ «КПИ»)*

*В місцях імовірного виникнення карстових провалів необхідно змінювати жорсткісні параметри фундаментів, тобто збільшувати поперечний переріз балки або застосовувати фундаменти коробчатого типу.*

При строительстве жилых, гражданских и промышленных зданий и сооружений, возводимых в закарстованных участках, необходимо соблюдать специальные требования, предъявляемые к проектированию фундаментов зданий в особых грунтовых условиях.

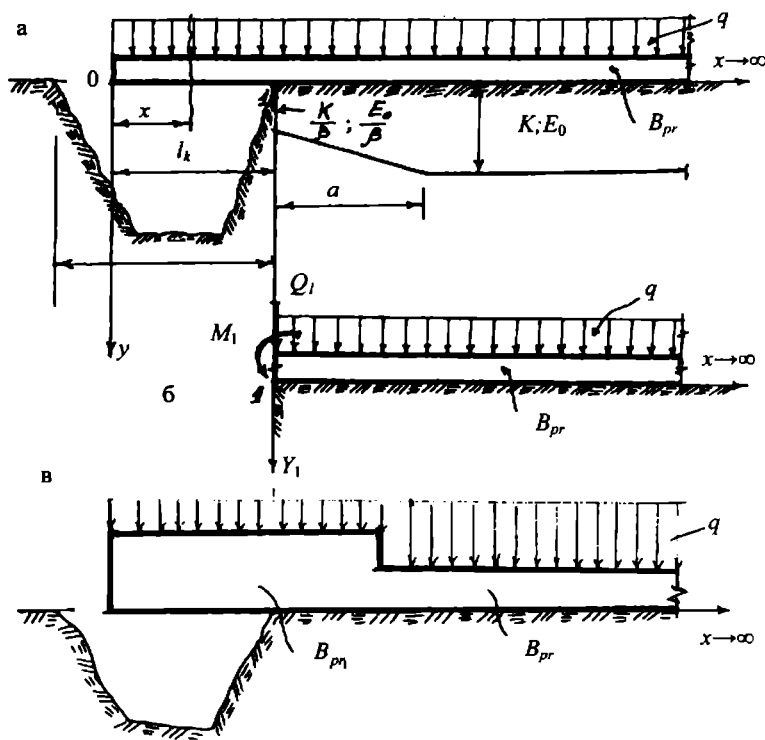
Расчету и проектированию фундаментов должно предшествовать специальное инженерно-геологическое и гидрогеологическое обоснование, которое должно содержать характеристики закарстованной территории района строительства с данными о формах проявления карста, величине деформаций, опасных размерах подземных карстовых пустот, погребенных карстов и пещер, а также о технологических процессах производственных предприятий, объектов коммунального хозяйства, влияющих на возникновение и развитие карстовых и карстово-суффозионных процессов.

Перед строительством зданий и сооружений на закарстованных участках тщательно изучают вероятность образования и развития карстовых явлений и устраняют причины их возникновения. Однако это еще не гарантирует долговечности сооружений в процессе длительной эксплуатации. Поэтому фундаменты сооружений необходимо рассчитывать с учетом возможности возникновения случайного карстового провала.

Рассмотрим на примере один из вариантов расчета фундамента с учетом возможности образования карстового провала в процессе эксплуатации сооружения. Допустим, что под левой частью полубесконечного ленточного фундамента, испытывающего распределенную нагрузку  $q$ , образовался карстовый провал. В этих условиях для расчета ленточного фундамента требуется определить прогибы  $Y(x)$ , поперечные силы  $Q(x)$  и изгибающие моменты  $M(x)$ .

На участке карстового провала фундамент работает как консольная балка, а на остальных участках – как полубесконечная балка на грунтовом основании (рисунок).

Участок фундамента над карстовым провалом необходимо рассматривать отдельно от части фундамента, расположенной на упругом грунтовом основании. Задача решается в два этапа.



Расчетная схема ленточного фундамента в месте возможного возникновения карстового провала: а – ленточный фундамент в месте случайного появления карстового провала; б – условно вырезанная консольная часть балки, часть распределенной нагрузки заменена сосредоточенными силами  $Q_1$  и  $M_1$ ; в – усиление поперечного сечения балки над карстовым провалом

**На I этапе** определим прогибы, усилия и перемещения на участке провала.

1. Прогибы ленточного фундамента над карстовым провалом определяем при следующих граничных условиях:

а) при  $x = 0$

$$Y_0 = \frac{q l_k^4}{8 B_{pr}} + \frac{q}{k} + (1 + \alpha l_k)(A_{1p} + A_{1m} + \frac{q}{k} \psi_1) + \alpha l_k A_{1m}; \quad (1)$$

б) на участке  $0 < x < l_k$

$$Y(x) = \frac{q}{2B_{pr}} \left( \frac{l_k^4}{4} - \frac{l_k^3 x}{3} + \frac{x^4}{12} \right) + \frac{q}{k} [1 + \alpha(l_k - x)](A_{1p} + A_{1m} + \frac{q}{k} \psi_1) + \alpha(l_k - x)A_{1m}; \quad (2)$$

в) на краю провала, при  $x = l_k$

$$Y_1 = A_{1p} + A_{1m} + \frac{q}{k}(1 - \psi_1), \quad (3)$$

где  $A_{1p} = \psi_2 P_0$ ;

$$\psi_1 = \frac{4(\alpha l_k - \eta_{2l_k})(\beta - 1)}{\alpha l_k(\beta + 3) + (\beta - 1)(1 + \eta_{1l_k} \eta_{2l_k} - e^{-2\alpha l_k})};$$

$$\psi_2 = \frac{2\beta}{\alpha^2 B_{pr} [2\alpha(1 + 3\beta) + \xi(1 - 3e^{-2\alpha l_k} + \eta_{1l_k} \eta_{2l_k})]};$$

$$P_0 = q l_k; \quad A_{1m} = \psi_3 M_1;$$

$$\psi_3 = \frac{4\beta}{\alpha B_{pr} [2\alpha(1 + 3\beta) + \xi(1 - 3e^{-2\alpha l_k} + 2\eta_{1l_k}^2)]};$$

$\xi = \frac{\beta - 1}{\alpha l_k}$ ,  $\text{см}^{-1}$  – угловой коэффициент функции изменения коэффициента

жесткости основания по длине балки;  $\beta = \frac{k}{k_1}$ , где  $k = \frac{P}{S}$  – коэффициент

жесткости основания балки у края провала, МПа;  $P$  – фактические нагрузки от

сооружения;  $S$  – полная осадка от давления здания;  $\alpha = \sqrt[4]{\frac{k}{4B_{pr}}}$ ,  $\text{см}^{-1}$  –

жесткостная характеристика конструкций и оснований;  $l_k$  – длина участка основания, ослабленного провалом, см;  $B_{pr}$  – приведенная жесткость конструкции ленточного фундамента, МПа;  $\eta_{1l_k} = e^{-\alpha l_k} \cos \alpha l_k$ ;  $\eta_{2l_k} = e^{-\alpha l_k} \sin \alpha l_k$  –

табличные тригонометрические функционалы, в случае надежного закрепления ослабленного участка карстового провала принимается  $k_1 = k$ .

2. Поперечные силы в ленточном фундаменте:

а) при  $x = 0$ ;  $Q_0 = 0$ ;

б) при  $0 < x < l_k$ ;  $Q(x) = -qx$ ;

в) при  $x = l_k$ ;  $Q(l_k) = -q l_k$ .

3. Изгибающие моменты:

а) при  $x = 0$ ;  $M_0 = 0$ ;

б) при  $0 < x < l_k$ ;  $M(x) = -q x^2/2$ ;

в) при  $x = l_k$ ;  $M(l_k) = -q l_k^2/2$ .

На 2-м этапе определим прогиб, отпор грунта и усилия на участке упругого основания.

Прогиб равен

$$Y_x = \frac{q}{k}(1 + \psi_1 \eta_1). \quad (4)$$

Реактивное давление основания (отпор грунта):

а) на участке  $0 < x_1 < l_k$

$$P(x_1) = \frac{q}{\beta}(1 + \xi x_1)(1 + \psi_1 \eta_1); \quad (5)$$

б) на участке  $x \geq l_k$

$$P(x_2) = q(1 + \psi_1 \eta_1). \quad (6)$$

Поперечные силы в ленточном фундаменте:

а) на участке  $0 < x \leq l_k$

$$Q(x_1) = \frac{q}{2\alpha\beta} \left\{ \left[ \psi_1 \left( 1 + \frac{\xi}{\alpha} \eta_2 - (1 + \xi x_1) \eta_3 \right) - \alpha \xi x_1 (2l_k - x_1) \right] \right\}; \quad (7)$$

б) на участке  $x_2 \geq l_k$

$$Q(x_2) = \frac{q}{2\alpha\beta} \left[ \psi_1 \left( 1 + \frac{\xi}{\alpha} \eta_{2l_k} - \beta \eta_3 \right) - \alpha l_k (\beta - 1) \right], \quad (8)$$

где  $\eta_1 = e^{-\alpha x} \cos \alpha x$ ;  $\eta_2 = e^{-\alpha x} \sin \alpha x$ ;  $\eta_3 = \eta_1 - \eta_2$  — табличные тригонометрические функционалы.

Изгибающие моменты в ленточном фундаменте определяются по следующим уравнениям:

а) на участке  $0 < x_1 \leq l_k$

$$M(x_1) = \frac{q}{6\alpha^2\beta} \left\{ 3\psi_1 \left[ \alpha x_1 + \frac{\xi}{\alpha} (1 + \eta_3) - (1 + \xi x_1) \eta_2 \right] - \alpha^2 x_1^2 [3(\beta - 1) - \xi x_1] \right\}; \quad (9)$$

б) на участке  $x_2 \geq l_k$

$$M(x_2) = \frac{q\xi}{6\alpha^2\beta} \left\{ 3\psi_1 [l_k + \eta_{3l_k} + \alpha(x_2 - l_k)] + \frac{\alpha}{\xi} (\alpha x_2 - \beta) \eta_2 - \alpha^3 l_k^2 (3x_2 - l_k) \right\}, \quad (10)$$

где  $\eta_{3l_k} = \eta_{1l_k} - \eta_{2l_k}$ .

Для полубесконечной балки, испытывающей равномерно-распределенную нагрузку  $q$  в течение длительного времени, консольную часть балки над карстовым провалом необходимо принимать условно отрезанной и прикладывать к концу балки сосредоточенную силу  $Q_1 = -ql_k$ , сосредоточенный изгибающий момент  $M_1 = -ql_k^2/2$  и равномерно распределенную нагрузку интенсивностью  $q$  (см. рисунок, б).

Составляющие функционалы прогиба на краю карстового провала  $A_{1m}$ ,  $A_{1n}$ ,  $\psi_1$ ,  $\psi_2$ ,  $\psi_3$  вычисляются с помощью углового коэффициента функции изменения  $\xi$ , коэффициента жесткости основания  $k$ .

Таким образом, при сооружении ленточных фундаментов в местах вероятного возникновения карстовых провалов необходимо изменять

жесткостные параметры фундаментов, то есть увеличивать поперечное сечение балки (см. рисунок, в) или применять фундаменты коробчатого типа.

1. Толмачев В.В., Троицкий Г.М., Хоменко В.П. Инженерно-строительное освоение закарстованных территорий. – М. – Стройиздат, 1986. – С. 177.

2. Кравець В.Г., Самедова Р.Р. Динамічний спосіб ущільнення золошлакової суміші у карстових провалах та ґрунту з його межами // Вісник Національного технічного університету України "КПІ". Серія "Гірництво": Збірник наукових праць. – Київ: НТУУ "КПІ": ЗАТ "Техновибух", 2000. – Вип. 3. – С. 82–88.

УДК 624.539.374

## О РАСЧЕТЕ БАЛКИ ПОД ДИАФРАГМОЙ ПРИ ВНЕЗАПНО ПРИЛОЖЕННОМ ТЕМПЕРАТУРНОМ ИМПУЛЬСЕ

*Т. Рембеляк, докт.-инж.*

*(Краковская горно-металлургическая академия, РП)*

*Знаючи теплофізичні та деформаційні параметри матеріалу балки, величину температурного імпульсу і габаритні розміри балки, можна визначити прогин, згинальні моменти та частоти власних коливань балки при раптово прикладеному температурному імпульсі від ендегенної пожежі.*

При добыче угля подземным способом существует опасность возникновения эндогенных пожаров. Для предотвращения распространения пожара на весь выработанный участок пройденную штольню разделяют на секции с помощью огнестойкой диафрагмы. Под диафрагму укладывают фундаментную балку.

Во время эндогенного пожара балка с диафрагмой подвергается воздействию внезапно приложенного интенсивного теплового потока, что влечет за собой быстрое нарастание деформаций и вызывает соответствующие инерционные силы, существенно влияющие на напряженное состояние конструкций.

Внезапное повышение температуры приводит в движение систему балка–диафрагма. Для упрощения расчета систему балка–диафрагма условно разделим на балку и диафрагму и рассмотрим поведение балки в этих условиях.

Чтобы решить задачу, касающуюся приложения температурно-инерционной силы, составим систему дифференциальных уравнений движения, в правую часть которой введем функцию распространения температуры, зависящую от координат и времени. Интегрируя уравнение движения, получим