

## ИЗСЛЕДВАНЕ НА ПОДЗЕМНИ КОНСТРУКЦИИ ПОДЛОЖЕНИ НА ЛИНЕЙНИ ПРЕМЕСТВАНИЯ

**Виолета Трифонова-Генова**

*Минно-геоложки университет "Св. Иван Рилски", 1700 София*

**РЕЗЮМЕ.** Разглеждат се подземни конструкции с правоъгълна и трапецовидна форма, подложени на линейни премествания. Определени са изразите за разрезните усилия по, метода на преместванията '.

За конкретен напластен скален масив е получено разпределеното натоварване върху правоъгълна затворена рамка. Получени са диаграмите на разрезните усилия при хоризонтално преместване на основите.

### STUDY OF UNDERGROUND STRUCTURES SUBJECTED TO LINEAR DISPLACEMENT

*Violeta Trifonava –Guenova*

*University of Mining and Geology "St. Ivan Rilski", 1700 Sofia*

**ABSTRACT.** The paper focuses on the underground structures with rectangular and trapezoidal shape which are subjected to linear displacements. Identified are expressions of the efforts diluted through the displacements' method.

The distributed load on a closed rectangular frame of a specific rock mass is obtained. The diagrams of internal forces in the horizontal displacement of the foundation are also derived.

Във вътрешността на земния масив се развиват различни термодинамични процеси. Това налага да се изследват конструкциите при слягане, сеизмични вибрации и др. За целта е подходящо да се приложи метода на преместванията. С него са изследвани основни конструктивни системи като греди, колони, едноетажни и многоетажни рамки, дъгови и прътови системи на надземни конструкции при линейни премествания на основите (Минчев И. Тр. 2007, Трифонова В. М. 2007, 2008, 2009).

Подземните конструкции могат да се представят като затворени рамки, които се оразмеряват по зададено натоварване. Последното най-често се приема за симетрично и нормално (Трифонова В.М. 2009). То обаче се различава съществено от действителните резултати, получени чрез измерване на вече изпълнени конструкции (Минчев И. Тр. 2003). За отчитане на пълното нормално и тангенциално натоварване са подходящи аналитичните и числени методи (Трифонова В.М. 1982) при които се отчита взаимодействието на крепежа и масива.

Тук се изследва двуетажна рамка натоварена с несиметрично натоварване, подложена на хоризонтално преместване на основите. За да се приложи метода на преместванията е необходимо първо да се определят разрезните усилия при статично състояние на основите и неравномерен товар от земен натиск.

След това се създава основната статично определима система – „ конзолна колона „. За нейното съставяне се провеждат сечения, прекарани в краищата на ригелите на всеки от етажите на рамката. В тези сечения се прилагат изчислените разрезни усилия от статичното решение. Тези сили се редуцират за върховете на колоните и се събират със силите от статичното решение. Така основната „ конзолна колона „ е запъната в долния край и натоварена с пренесените сили  $N_n$ ,  $Q_n$  и момент  $M_n$ .

Като се отчете деформираното състояние на колоната (Минчев И.Тр. 2003) огъващият момент има вида :

$$M(x) = M_n + Q_n(h - x) + N_n \left( C_1 - \frac{c}{a^3} \sin(ax) - u + \delta + \frac{cx}{a^2} \right) \quad (1)$$

В това уравнение хоризонталните премествания във върховете се получават от израза:

$$\delta = -u - \frac{b}{a^2} + \frac{c}{a^2} \left( \frac{\operatorname{tg}(ah)}{a} - h \right) + C_1 \quad (2)$$

Коефициентите в уравнения (1) и (2) се определят от изразите:

$$a^2 = \frac{N_n}{EJ}, \quad b = \frac{M_n}{EJ}, \quad c = \frac{Q_n}{EJ}, \quad h = h_1 + h_2 \quad (3)$$

$$C_1 = \frac{b}{a^2 \cos(ah)} + \frac{ctg(ah)}{a^3}$$

Поради несиметрично натоварване на колоните тези премествания са различни.

Нормалните и напречни сили са:

$$N(x) = -N_n \cos \alpha_x + Q_n \sin \alpha_x \quad (4)$$

$$Q(x) = -N_n \sin \alpha_x + Q_n \cos \alpha_x$$

Където:

$$\alpha_x = -\left(u + \delta + \frac{ch}{a^2}\right)a \sin(ax) + \frac{c}{a^2}(1 - \cos(ax)) \quad (5)$$

Долният ригел  $A$  се разглежда като еластично подпярна греда натоварена с усилията  $N_A, Q_A, M_A$  и  $N_D, Q_D, M_D$  от статичното решение. Външното натоварване се изключва, тъй като е взето при определянето на разрезните усилия при статично натоварване. Тъй като долният ригел е много близо до основите на колоните, то хоризонталните премествания са взети еднакви и равни на преместването на опорите  $u$ , а ъглите на огъвателната линия, определени от деформацията на колоната се пренебрегват. Тогава огъващият момент за произволно сечение от ригела се определя от израза:

$$M(x) = M_A - \frac{M_A - M_D}{\ell}(x - u) - N_D \left( + \frac{b_1}{a_1^2}x + \frac{c_1 - e_1}{a_1^2} \right) \quad (6)$$

Коефициентите в уравнение (6) се определят от следните формули:

$$a_1^2 = \frac{N_D}{EJ}, \quad b_1 = \frac{M_A - M_D}{\ell EJ}, \quad e_1 = -\frac{M_A}{EJ}$$

$$c_1 = -b_1 u, \quad \ell = AD$$

$$C_4 = -\frac{b_1 u - c_1 - e_1}{a_1^2 \sin(\ell a_1)}, \quad C_5 = \frac{b_1 \ell}{a_1^2 \cos(\ell a_1)}$$

$$C_2 = C_4 \{ \sin[(\ell + u)a_1] - \sin(a_1 u) \} + C_5 \sin(a_1 u)$$

$$C_3 = C_4 \{ \cos(a_1 u) - \cos[(\ell + u)a_1] \} - C_5 \cos(a_1 u) \quad (7)$$

Надлъжните и напречни сили  $N(x)$  и  $Q(x)$  се определят от условията за равновесие на произволно сечение от ригела:

$$N(x) = \frac{M_A - M_D}{\ell} \sin \alpha_x - N_D \cos \alpha_x$$

$$Q(x) = -\frac{M_A - M_D}{\ell} \cos \alpha_x - N_D \sin \alpha_x \quad (8)$$

където,

$$\alpha_x = -C_2 a_1 \sin(a_1 x) + C_3 a_1 \cos(a_1 x) + \frac{b_1}{a_1^2} \quad (9)$$

При изследване на горния ригел  $BC$  се използва същата теоретична схема както схемата за долния ригел, а именно греда на две опори. Характерното тук е, че преместванията в опорите  $\delta_B$  и  $\delta_C$  са различни. Това се дължи на различното натоварване, а от тук и на различното хоризонтално преместване на колоните. Силите придадени в ригела от двете колони са  $N_B, Q_B, M_B$  и  $N_C, Q_C, M_C$  са наклонени спрямо недеформирания ригел. Ъглите на наклоните  $\alpha_B$  и  $\alpha_C$  се определят от уравнения (8) при  $x = h$ .

Огъващият момент за сечение се определя от израза:

$$M(x) = (Q_C \sin \alpha_C - N_C \cos \alpha_C)z + M_B - \frac{M_B - M_C}{\ell_2}(x - \delta_B) \quad (10)$$

където:

$$z = C_8 \cos(a_2 x) + C_9 \sin(a_2 x) + \frac{b_2}{a_2^2}x - \frac{c_2 + e_2}{a_2^2} \quad (11)$$

Коефициентите в това уравнение се определят от зависимостите:

$$a_2^2 = \frac{Q_C \sin \alpha_C - N_C \cos \alpha_C}{EJ},$$

$$b_2 = \frac{M_B - M_C}{EJ \ell_2}, \quad \ell_1 = BC,$$

$$\ell_2 = \ell_1 + \delta_C - \delta_B,$$

$$c_2 = b_2 \delta_B, \quad e_2 = \frac{M_B}{EJ},$$

$$C_6 = -\frac{b_2 \delta_B - c_2 - e_2}{a_2^2 \sin(a_2 \ell_2)},$$

$$C_7 = -\frac{b_2(\ell_1 + \delta_C) - c_2 - e_2}{a_2^2 \sin(a_2 \ell_2)}$$



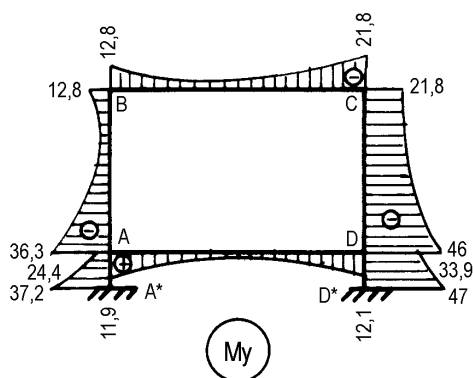
Получените в таблица 2 усилия се редуцират за върховете на колоните и се събират с тези от таблица 1. Получените сили  $N_n$ ,  $Q_n$  и  $M_n$  участват в определянето на коефициентите от уравнение (3). Последните се заместват в уравнения (2) и (5) и се получават хоризонталните премествания и наклоните на линиите на огъване във върховете (табл. 3).

Таблица 3

Сечение i	$\delta_i$ m	$\alpha_i$ rad
B	-0,28	-0,303
C	-0,266	-0,0415

Усилията в таблица 1 и 2 участват при определянето на коефициентите от уравнения (7) и (12).

Огъващите моменти в конкретни точки от контура на рамката се получават от уравнения (1), (6) и (10), а нормалните и напречни сили от (4), (8) и (13). На фигура 4 е дадена диаграмата на огъващия момент получен по метода на преместванията.



Фиг. 4

Препоръчана за публикуване от Катедра  
"Техническа механика", МТФ

Въз основа на получените разрезни усилия могат да се определят нормалните напрежения в застрашените сечения. Оказва се, че напрежението от нормалното усилие е много по-малко от напрежението от огъващия момент, поради което може да не се отчете.

По аналогичен начин се прилага метода на преместванията за двуетажна рамка с форма на трапец. Изразите за разрезните усилия в колоните отговарят на получените от автора (Трифенова-Генова В. М. 2009), а на ригелите – описаните по-горе. Чрез тях могат да се построят диаграмите на разрезните усилия за затворена рамка по метода на преместванията при общо преместване на опорите.

## Литература

- Минчев И. Т. 2007. *Метод на преместванията*, С.
- Минчев И. Т. 2003. *Теория на катастрофалните разрушения*, С.
- Трифенова В. М. 1982. *Приложения на тънки еластични черупки с произволна форма като крепежни конструкции на подземни изработки*, Годишник на ВМГИ, том XXVIII, св. III.
- Трифенова-Генова В. М. 2007. *Основни принципи и приложения на метода на преместванията*, Годишник на МГУ „Св. Ив.Рилски“, том 50, св. II.
- Трифенова-Генова В. М. 2008. *Приложение на метода на преместванията за изследване на рамка при общо преместване на основите*, Годишник на МГУ „Св. Ив.Рилски“, том 51, св. II.
- Трифенова-Генова В. М. 2009. *Приложение на метода на преместванията за изследване на подземна трапецовидна рамка при общо преместване на основите*, Годишник на МГУ „Св. Ив.Рилски“, том 52, св. II.
- Трифенова-Генова В. М. 2010. *Устойчивост на затворени подземни конструкции*, Годишник на МГУ „Св. Ив.Рилски“, том 53, св. II.