

ИЗСЛЕДВАНЕ НА ПОДЗЕМНИ РАМКИ, ПОДЛОЖЕНИ НА ЛИНЕЙНИ ПРЕМЕСТВАНИЯ И ТЕМПЕРАТУРНИ ВЪЗДЕЙСТВИЯ

Виолета Трифонова–Генова

Минно-геоложки университет "Св. Иван Рилски", 1700 София, violeta.trifonova@yahoo.com

РЕЗЮМЕ. В работата се изследват разрезните усилия в подземни рамки, чиито основи се преместват под действие на хоризонтални сили. За изчисляването им е приложен метод, който използва деформирана изчислителна схема. Към външното натоварване е добавено влиянието на температурата. В резултат на предложения начин на моделиране са получени аналитичните изрази за огъвателните линии и разрезните усилия в рамка.

Ключови думи: температура, рамков крепеж, премествания, деформирана схема

STUDY OF UNDERGROUND FRAMES SUBJECT LINEAR DISPLACEMENTS AND TEMPERATURE INFLUENCES

Viолета Trifonova–Genova

University of Mining and Geology "St. Ivan Rilski", 1700 Sofia, violeta.trifonova@yahoo.com

ABSTRACT: The work examined the internal forces in underground frames, whose foundations are moving under the action of horizontal forces. For their calculation is proposed the method, which used deformed computing scheme. To the external load is added the effects of temperature. As a result of the proposed method of modeling were obtained analytical expressions for bending lines and internal forces in the frame.

Key words: temperature, frame support, horizontal displacements, deformed scheme

Увод

Статично неопределима рамка може да се реши ръчно, прилагайки известни методи описани в много литературни източници. Когато обаче рамката се състои от няколко отвора, то изчислителната работа е огромна и поради това се препоръчва да се използва компютър.

Друга възможност е матричната форма на решението на статически неопределима рамка по силов метод, подробно описана в публикациите на Стоянов (Стоянов, 2012, 2013). При нея се съставя матрицата на моментите от единичните диаграми и от външното натоварване в двата края на участъците и матрицата на податливостите.

Решението може да се получи и числено, с програми разработени от Милков и Бацинов (Милков и Бацинов, 1981). Авторите съставят диференциалното уравнение на правия прът и го решават по метода на началните параметри.

Деформираното положение на елементите от разглежданите рамки е отчетено при определяне на разрезните усилия в рамка в предишна работа на автора (Трифенова-Генова, 2007). Тук са отчетени преместванията на основите, под действието на хоризонтални сили.

Цел на тази работа е да се определят разрезните усилия в рамка, при преместване на опорите и при отчитане на

различната температура по височината на напречното сечение.

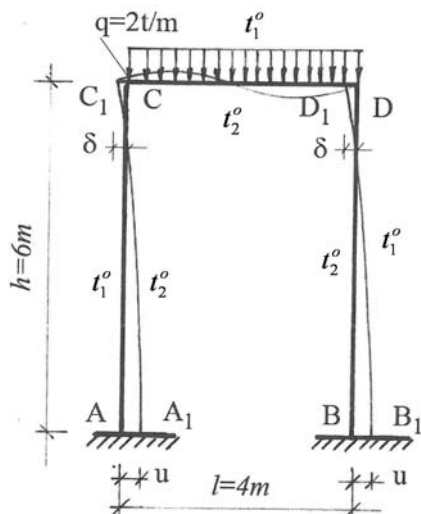
Изложение

Постановка на задачата

Разглежда се рамка, запъната в основите, която се премества на хоризонтално разстояние u . Тя е натоварена по ригела с равномерно разпределен товар. В резултат на това преместване рамката се деформира, като възел C се премества хоризонтално на разстояние δ (фиг.1). Модулът на еластичността на рамката е E , инерционния момент на колоната и ригела са съответно J_1 и J_1 , а коравините са EJ_1 и EJ_1 .

Основната схема, според описания метод (Трифенова-Генова, 2007), е конзолна колона AC . В свободния край C са приложени огъващия момент M_n , сръзващата сила Q_n и нормалната сила N_n . Те представляват разрезните усилия в статично неопределимата недеформируема рамка и са сума от разрезните усилия в същото сечение при решаване на две задачи. В първата се отчита влиянието само на външното натоварване, а във втората – промяната на температурата. Всяка от тези задачи може да се реши ръчно, чрез използване на таблици и готови

формули, чрез прилагане на матричния метод (Стоянов, 2012), чрез стандартно съставена програма (Милков и Бацинов, 1981, Резников, 1964), чрез готов програмен пакет (MATLAB, 1992).



Фиг. 1. Схема на рамка

Диференциално уравнение на правия прът при неравномерно нагряване

Температурата по височината на напречното сечение се изменя по линеен закон. Разглежда се елемент от колоната с малка дължина. Когато нагряването е неравномерно, то външните нишки се удължават повече от вътрешните нишки, поради което колоната се изкривява. От тук се записва равенство между разликата на дължините на долните и горни нишки и произведението на елементарния ъгъл по височината. Знакът минус в израза се поставя поради това, че когато температурната разлика е положителна, то коравината е отрицателна и обратно. Така се получава диференциалното уравнение вследствие на нагряването (Милков и Бацинов, 1981).

Диференциално уравнение на огънатата ос при неравномерно нагряване

Приема се, че изменението на температурата е еднакво за цялата рамка. Според приетия метод се определят линиите на огъване за всеки елемент от рамката (Трифенова-Генова, 2007).

Диференциално уравнение за конзолната колона

Взема се под внимание диференциалното уравнение за праволинеен прът, вследствие нагряването и диференциалното уравнение на огънатата колона от цитирания по-горе източник и се записва диференциалното уравнение на огънатата колона с отчитане на температурата

$$z'' + a^2 z = -\bar{b} - c(h - x) - a^2 \delta, \quad (1)$$

където

$$\bar{b} = \frac{M_n}{EJ_1} - \frac{\alpha_t \Delta t}{h}; \quad a^2 = \frac{N_n}{EJ_1}; \quad c = \frac{Q_n}{EJ_1}.$$

Тук α_t е температурния коефициент, Δt е температурната разлика ($\Delta t = t_1^o - t_2^o$), h височината

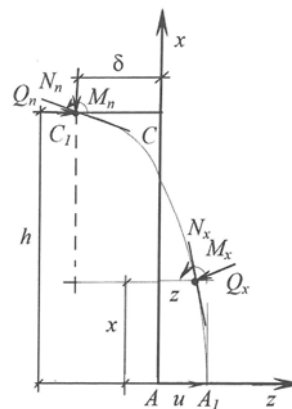
на напречното сечение, x е текущо разстояние в колоната (фиг.1). Разрезните усилия M_n, Q_n, N_n се получават с отчитане на температурата при статично състояние на външното натоварване. От условието в горния край на колоната $x = h$ и $z = -\delta$ се получава хоризонталното преместване (фиг. 2):

$$\delta = -u + \delta_1 + \delta_2, \quad (2)$$

където

$$\delta_1 = \frac{b}{a^2} \left(\frac{1}{c_1} - 1 \right); \quad \delta_2 = \frac{c}{a^3} \left(-h + \frac{t_a}{a} \right);$$

$$c_1 = \cos ah; \quad t_a = \operatorname{tg} ah.$$



Фиг. 2. Изчислителна схема на колоната

Решението на уравнение (1) има вида:

$$z = D_4 \cos ax - D_2 \sin ax + D_3 x - D_1, \quad (3)$$

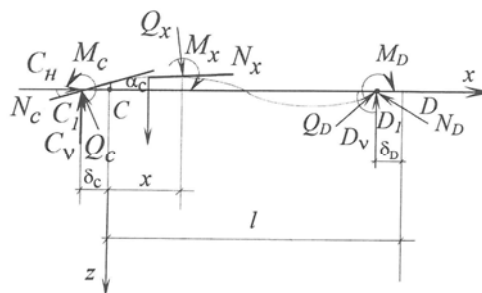
където

$$D_1 = \delta + \delta_3; \quad D_2 = \frac{c}{a^2}; \quad D_3 = \frac{D_2}{a};$$

$$D_4 = u + D_1; \quad \delta_3 = \frac{ch + \bar{b}}{a^2}.$$

Диференциално уравнение за ригела

Ригелът се изследва като еластично подпърна греда на две опори, натоварена с усилията предадени на колоните (фиг. 3).



Фиг. 3. Изчислителна схема на ригела

Диференциалното уравнение на огъвателната линия има вида:

$$z'' + a_1^2 z = -\bar{b}_1 - \delta d_1 - d_1 x, \quad (4)$$

където

$$a_1^2 = \frac{N_n \cos \alpha - Q_n \sin \alpha}{EJ_2};$$

$$\bar{b}_1 = \frac{M_n}{EJ_2} - \frac{\alpha_t \Delta t}{h}; \quad d_1 = \frac{-M_n}{lEJ_2}.$$

Общият интеграл на уравнение (4) има вида:

$$z = -B_1 \cos a_5 - B_2 \sin a_2 - B_3 x - B_4, \quad (5)$$

където

$$B_1 = \frac{\bar{b}_1}{a_1^2 \cos a_4}; \quad B_2 = \frac{d_1 l}{a_1^2 \sin a_3}; \quad B_3 = -\frac{d_1}{a_1^2};$$

$$B_4 = \frac{\bar{b}_1 + \delta d_1}{a_1^2}; \quad a_2 = a_1(\delta + x); \quad a_3 = a_1 l;$$

$$a_4 = 0,5 a_3; \quad a_5 = a_4 - a_2.$$

Разрезни усилия

Получената еластична линия (3) и нейната производна се заместват в изразите за разрезните усилия за произволно сечение от вертикалната колона и техният окончателен вид е:

$$M(x) = M_n + Q_n(h - x) + N_n A_{11}, \quad (6)$$

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

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

където

$$A_{11} = D_4 \cos ax - D_2 \sin ax + D_3 - \delta_3;$$

$$\alpha_x = z'(x) = -aD_1 \sin ax - D_2 a \cos ax + D_3.$$

Разрезните усилия в ригела, се получават по аналогичен начин, използвайки (5):

$$M_p(x) = M_n A_{12} + z(N_n \cos \alpha - Q_n \sin \alpha); \quad (7)$$

$$N_p(x) = -\frac{2M_n}{l} \sin \alpha_x - Q_m \cos \alpha_x;$$

$$Q_p(x) = -\frac{2M_n}{l} \cos \alpha_x - Q_m \sin \alpha_x;$$

където

$$A_{12} = 1 - \frac{2}{l}(\delta + x); \quad s_a = \sin ah; \quad c_a = \cos ah;$$

$$Q_m = Q_n \sin \alpha - N_n \cos \alpha;$$

$$\alpha = z'(h) = -aD_1 s_a - D_2 c_a + D_3;$$

$$\alpha_x = -B_1 a_1 \sin a_5 - B_2 a_1 \cos a_2 - B_3.$$

Въз основа на (6) и (7) се определят числените стойности в диаграмите на разрезните усилия в рамка подложена на постоянно натоварване, влияние на температурата и преместване на основите.

Решението може да се използва при подземни рамки, натоварени според големината на земния натиск.

Напрежения

Напреженията по височината на напречното сечение на рамката само от неравномерно нагряване са:

$$\sigma_{x,t} = \frac{N_t}{A} + \frac{M_t(x)}{J_1} = -E\alpha_t t_m - E\alpha_t \Delta t \frac{z}{h}, \quad (8)$$

където $t_m = 0,5(t_1 + t_2)$, а A е площ на напречното сечение.

Към тези напрежения се прибавят напреженията от натоварването, в които участват разрезните усилия от уравнения (6) и (7).

Ако максималните опънни усилия надвишават якостта на бетона на опън, конструкцията ще се напука. За да не се допусне това се налага да се увеличи височината на сечението или да се увеличи марката бетон.

Заклучение

Изчисляване на конструкция по деформирана схема се използва при взимане под внимание на осовия товар, който е приет за достатъчно по-малък от критичния. От примери в предишни изследвания на автора се оказва, че диаграмата на огъващия момент на деформирана схема е по-голям, а в основата при запъването разликата между него и съответния момент, получен по недеформирана схема достига 20,7%. Ето защо изследването по деформирана схема е наложително за по-точно определяне на размерите на напречното сечение.

Температурните изменения предизвикват усилия, които суперпониран с останалото натоварване, могат да доведат до напукване на бетона, ако рамката е изпълнена от такъв материал. Подобно изследване е желателно да се прави в онези случаи, когато разликата между температурата по вътрешната и външната повърхнина на рамката е значителна. Освен това влиянието на съсъхване и набъбване води до обемни изменения, които са равностойни на едно неравномерно охлаждане или затопляне на конструкцията. Ето защо получените напрежения за отделни видове натоварвания се суперпонират и се получава възможно най-неблагоприятното натоварване в строителния и експлоатационен период. Така се определят размерите на сечението, при което се гарантира устойчивост на конструкцията.

Литература

- MATLAB: High-performance Numerical Computation and visualization software, The Math works, 1992.
- Милков В., Бацинов Ц., Изпозване на ЕИМ в Съпротивление на материалите, Варна, 1981, 221.
- Резников Р. А., Методи решение задач строительной механики на електронно – цифровых машинах, Стрийиздат, М., 1964.
- Стоянов А., Приложение на матричното смятане за определяне на линейните премествания в точка от равнинна статически определима рамка, *Годишник на МГУ „Св. Ив. Рилски“*, том 56, св. II, 2013, стр.175-177.
- Стоянов А., Решаване на статично неопределима рамка по силов метод в матрична форма, *Годишник на МГУ „Св. Ив. Рилски“*, том 55, св. II, 2012, 93-95.
- Трифенова-Генова В.М. Основни принципи и приложения на метода на преместванията, *Годишник на МГУ св. „Ив. Рилски“*, т. 50, св. II, 2007, 53-55.

Статията е препоръчана за публикуване от кат. "Техническа механика".