

Лоток розраховується як балка на двох опорах, навантажена рівномірно розподіленим навантаженням і кінцевими згинальними моментами.

Епюри моментів і поперечних сил наведені на рисунку.

Розрахунок лотка з урахуванням спільної роботи лотка і ґрунту.

Приймаємо Вінклерівську модель ґрунту.

При розрахунку лоткового елемента з урахуванням спільної роботи лотка і ґрунту економиться арматура в декілька разів.

АНАЛІЗ РОБОТИ МЕТАЛЕВИХ СТОЯКІВ СКЛАДНОГО ПЕРЕРІЗУ ПРИ ПОЗДОВЖНЬОМУ ЗГІНІ

*М.Дорожко, І.Поваляєв, Д-22-17, ХНАДУ
Керівник проф. каф. МКіБМ Кіслов О.Г.*

Дослідження причин руйнування різноманітних споруд показало, що для надійності роботи будь-якої конструкції під навантаженням недостатньо зробити її елементи міцними, необхідно ще забезпечити збереження початкової форми рівноваги як самих елементів, так і всій конструкції в цілому. Тому крім розрахунків, у багатьох випадках дії стискуючих сил доводиться перевіряти поряд з міцністю також стійкість елементів конструкцій, зокрема стійкість стиснутих стержнів.

Під дією зовнішніх сил конструкція може приймати ту або іншу форму рівноваги. Таких форм для однієї і тієї ж конструкції і може бути багато в відповідності з різноманітністю схем її навантаження.

Для небезпечної експлуатації конструкції необхідно щоб її рівновага форми, що встановилася, мала одну обов'язкову властивість і спроможністю відновлюватись після її порушення будь-якої тимчасової сторонньою причиною. Така форма рівноваги конструкції називається стійкою. Втрата стійкості будь-якої конструкції називається поздовжнім згином, що зустрічається при розв'язанні інженерних задач, пов'язаних з проблемою стійкості.

Стійкість будь-якої конструкції залежить від її розмірів, матеріалу, величин та напрямку навантаження. Навантаження,

перевищення якого спричиняє втрату стійкості початкової форми конструкцій зветься критичною.

Розрахункову формулу для визначення критичної сили було отримано Л.Ейлером

$$F_{кр} = \frac{\pi^2 EI_{min}}{(\mu\ell)^2},$$

Критичне напруження визначається за формулою

$$\sigma_{кр} = \frac{\pi^2 E}{\lambda^2}.$$

Ф.С.Ясинський на підставі експлуатаційних досліджень отримав формулу критичного напруження, яка має вигляд

$$\sigma_{кр} = a - v\lambda,$$

де a, v – коефіцієнти, які характеризують міцність матеріалу.

У реальних конструкціях, елементи яких працюють на стиск треба мати певний запас стійкості, тому практичні розрахунки виконуються на підставі умови стійкості

$$\frac{F}{A} \leq \varphi[\sigma_-],$$

де φ - коефіцієнт зниження допустимого напруження на простий стиск.

За цієї умови впливає формула підбору поперечного перерізу

$$A \geq \frac{F}{\varphi[\sigma_-]}.$$

Питання підбору розмірів поперечного перерізу стиснутого стержня пов'язане питання його раціональної форми.

З розглянутої теорії стійкості стиснутих стержнів впливає, що такі стержні будуть працювати тим краще, чим більший момент інерції, а тим самим і радіусу інерції, при даній величині площі поперечного перерізу. Тому матеріал перерізу стержня повинен бути розміщений як можна далі від його центру ваги.

Цим вимогам найкраще відповідають порожнисті стержні. На практиці дуже поширені такі перерізи стиснутих стержнів як суцільні, а також наскрізні, які складаються з окремих стандартних елементів, наприклад: кутники, швелери. Елементи такого стержня з'єднуються між собою решіткою або поперечними планками, що повинні забезпечити сумісну роботу всіх елементів стержня.

Стержні, які використовуються у будівництві називаються стоек або колона.

Стояк або колона це вертикальний елемент, який передає навантаження від вищележачих конструкцій на фундамент. Колони використовують для підтримання перекриття підкранових конструкцій, а також конструкцій інженерних споруд – шляхопроводів, які сприймають навантаження; базу, яка передає тиснення колони на фундамент.

Металеві колони виготовляються із сталі.

В залежності від схеми навантаження розрізняють центрально стиснуті, позацентрово стиснуті та стиснуто-зігнуті колони.

Для центрально-стиснутих колон раціональні зварні перерізи (рис.1).

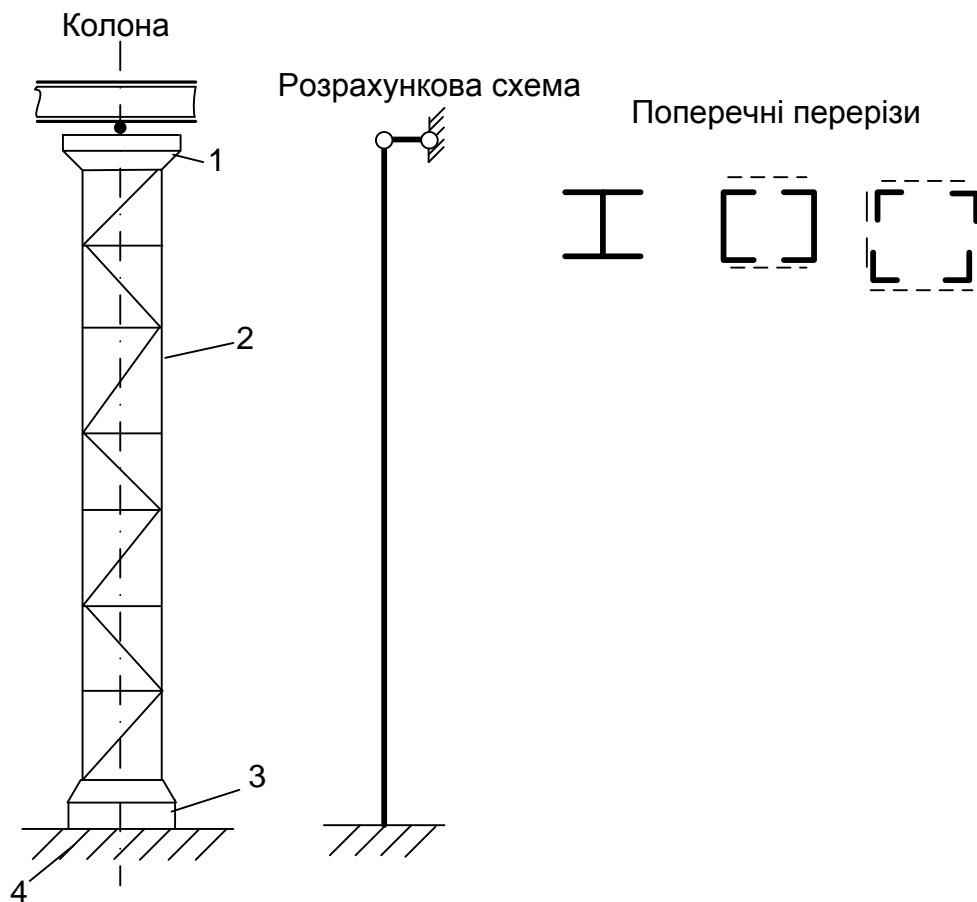


Рисунок 1

1 - оголовки, 2 - стержень, 3- база, 4 – фундамент

В нашому дослідженні ми розглядали центрально-стиснуті стояки, які мають 3 типи поперечних перерізів:

- суцільний, який складається з 3-х листових елементів;
- наскрізний, який складається з 2-х швелерів;
- наскрізний, який складається з 4-х рівнобоких кутників.

Зробимо порівняння за напруженнями та вагою всієї конструкції стояка.

Геометричну незмінність поперечних перерізів стояків забезпечують встановлення поперечних ребер, або решітки по довжині стержня.

Закріплення кінців стояків однакові в двох площинах.

Матеріал – сталь Ст.3, $[\sigma_-] = 160 \text{ МПа}$

Суцільний переріз з 3-х листових елементів

Потрібна площа перерізу визначається за формулою

$$A \geq \frac{F}{\varphi[\sigma_-]}$$

Використовується метод послідовних наближень, змінюючи величину коефіцієнта φ попереднє визначення геометричних характеристик поперечного перерізу, а також гнучкості в одиницях «в»

1. Наближення $\varphi_1 = 0,6$

$$A_1 = \frac{1000 \cdot 10^3}{\varphi 160 \cdot 10^2} = \frac{62,5}{\varphi} = \frac{62,5}{0,6} = 104,17 \text{ см}^2$$

$$104,17 = 0,127 v^2; \quad v \geq \sqrt{\frac{104,17}{0,1237}} = 28,64 \text{ см}$$

$$\lambda_1 = \frac{1914}{28,64} = 66,83 \rightarrow \varphi_1 = 0,86 - \frac{0,86 - 0,81}{10} 6,83 = 0,826 < 0,6$$

тому переходимо до наближення 2

$$2. \quad \varphi_2 = \frac{0,826 + 0,6}{2} = 0,713$$

$$A_2 = \frac{62,5}{0,713} = 87,66 \text{ см}^2 \quad 87,66 = 0,127 v^2 \quad v = 26,27 \text{ см}$$

$$\lambda_2 = \frac{1914}{26,27} = 72,86 \rightarrow \varphi_2 = 0,81 - \frac{0,81 - 0,75}{10} 2,86 = 0,793 > 0,713, \text{ більши 5\%}$$

переходимо до наближення 3

$$3. \quad \varphi_3 = \frac{0,793 + 0,713}{2} = 0,753$$

$$A_3 = \frac{62,5}{0,753} = 83 \text{ см}^2 \quad 83 = 0,127 v^2 \quad v = 22,56 \text{ см}$$

$$\lambda_3 = \frac{1914}{25,56} = 74,88 \rightarrow \varphi_3 = 0,81 - \frac{0,81 - 0,75}{10} \cdot 74,88 = 0,781 > 0,753, \text{ мениш } 5\%$$

тому приймаємо $\nu = 26 \text{ см}$

перевіримо умову стійкості

$$\sigma = \frac{1000 \cdot 10^3}{2 \cdot 35,2 \cdot 0,879 \cdot 10^2} = 161,6 \text{ МПа} > [\sigma] = 160 \text{ МПа} \quad \text{перенапруження}$$

на $\varepsilon = 1\% < 5\%$, що допустимо.

Перевіримо стійкість стояка

Гнучкість $\lambda = 75$ тому використовуємо формулу
Ф.С.Ясинського

$$\sigma_{кр} = a - b\lambda = 310 - 1,14 \cdot 75 = 224,5 \text{ МПа}$$

Критична сила

$$F_{кр} = \sigma_{кр} A = 224,5 \cdot 85,85 \frac{10^2}{10^3} = 1927 \text{ кН}$$

Тоді коефіцієнт запасу стійкості

$$n_{ст} = \frac{F_{кр}}{F} = \frac{1927}{1000} = 1,9 \quad (1,8 \leq n_{ст} \leq 3)$$

Стійкість забезпечена.

Однак для підвищення жорсткості стінки суцільного перерізу її треба підкріпити поперечними ребрами по довжині стояка. Тому приймаємо такий переріз (рис.2), де ребра поставлені через 1 м.

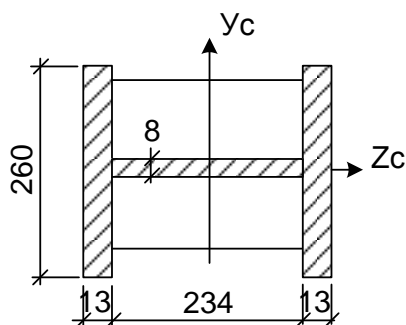


Рисунок 2

Визначимо вагу всього стояка

$$(85,85 \cdot 700 + 23,4 \cdot 2 \cdot 7 \cdot 10 \cdot 1) \cdot 0,00788 = 503 \text{ кг}$$

Наскрізний переріз з 2-х швелерів

Такий переріз також розраховується методом послідовних наближень, однак з використанням сортаменту прокатної сталі (швелер).

За результатами розрахунків отримано швелер [№27].

Перевіримо умову стійкості

$$\sigma = \frac{1000 \cdot 10^3}{2 \cdot 35,2 \cdot 0,879 \cdot 10^2} = 161,6 \text{ МПа} > [\sigma] = 160 \text{ МПа}$$

Перенапруження складає $1\% < 5\%$ що допустимо.

Рациональним буде такий переріз у якого $I_{zc} = I_{yc}$

Визначимо відстань одного швелера від другого « v » з приведеною умовою.

Для [№27 $I_{min} = I_y = 262 \text{ см}^4$, $Z_o = 2,47 \text{ см}$ $A = 35,2 \text{ см}^2$

$$2 \left[262 + 35,2(v - 2,47)^2 \right] = 2 \cdot 4160$$

Тому $v = \sqrt{\frac{4160 - 262}{35,2}} + 2,47 = 13 \text{ см}$ (рис. 3)

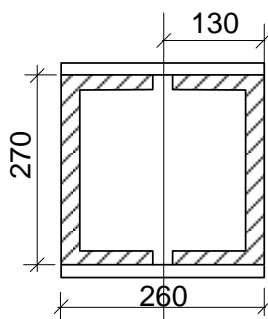


Рисунок 3

Для підвищення жорсткості в горизонтальному напрямку, треба встановити ребра жорсткості.

Треба визначити відстань « a » між ребрами з умови приблизно рівних гнучкостей цього стояка й одного швелера

$$a \leq \frac{\lambda \cdot i_{min}}{\mu} = \frac{44,95 \cdot 2,73}{1} = 122,7 \text{ см}$$

Цю величину з конструктивних міркувань можна зменшити ($a = 115 \text{ см}$)

Ширина ребра 10 см

Перевіримо стійкість стояка

Гнучкість $\lambda = 45$ тому використовуємо формулу

Ф.С.Ясинського

$$\sigma_{кр} = a - v_{\lambda} = 310 - 1,14 \cdot 45 = 259 \text{ МПа}$$

Критична сила

$$F_{кр} = \sigma_{кр} A = 259 \cdot 35,2 \cdot 2 \frac{10^2}{10^3} = 1823 \text{ кН}$$

Тоді коефіцієнт запасу стійкості

$$n_{ст} = \frac{F_{кр}}{F} = \frac{1823}{1000} = 1,82 \quad (1,8 \leq n_{ст} \leq 3)$$

Стійкість забезпечена.

Визначимо загальну вагу всього стояка

$$(70,4 \cdot 700 + 7 \cdot 2 \cdot 26 \cdot 1) 0,00788 = 390 \text{ кг}$$

Наскрізний переріз з 4-х рівнобоких кутників

Розрахунок також виконуємо методом послідовних наближення, однак з використанням сортаменту прокатної сталі (рівнобокий кутник) за результатами розрахунків отримано кутники $\angle 10(10)$.

Перевіримо умову стійкості

$$\sigma = \frac{1000 \cdot 10^3}{4 \cdot 319,2 \cdot 0,861 \cdot 10^2} = 151,6 \text{ МПа} < [\sigma] = 160 \text{ МПа}$$

Перевіримо стійкість стояка

Гнучкість $\lambda = 46$ тому використовуємо формулу Ф.С.Ясинського

$$\sigma_{кр} = a - b\lambda = 310 - 1,14 \cdot 46 = 258 \text{ МПа}$$

Критична сила

$$F_{кр} = \sigma_{кр} A = 258 \cdot 19,2 \cdot 4 \frac{10^2}{10^3} = 1,980 \text{ кН}$$

Тоді коефіцієнт запасу стійкості

$$n_{ст} = \frac{F_{кр}}{F} = \frac{1980}{1000} = 1,98 \quad (1,8 \leq n_{ст} \leq 3)$$

Стійкість забезпечена.

Відстань між ребрами

$$a = \frac{\lambda \cdot i_{min}}{1} = \frac{46 \cdot 2,05}{1} = 94 \text{ см}$$

Приймаємо $a = 115 \text{ см}$, але до підвищення жорсткості у 4-х площинах поставимо похили елементи (решітка).

Вага всього стояка

$$(19,2 \cdot 4 \cdot 700 + 9 \cdot 4 \cdot 26 \cdot 1 + 8 \cdot 4 \cdot 100 \cdot 1) 0,00788 = 457 \text{ кг}$$

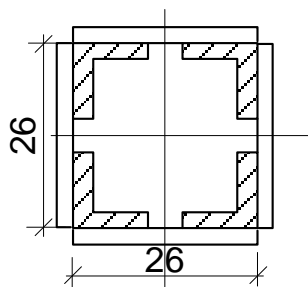


Рисунок 4

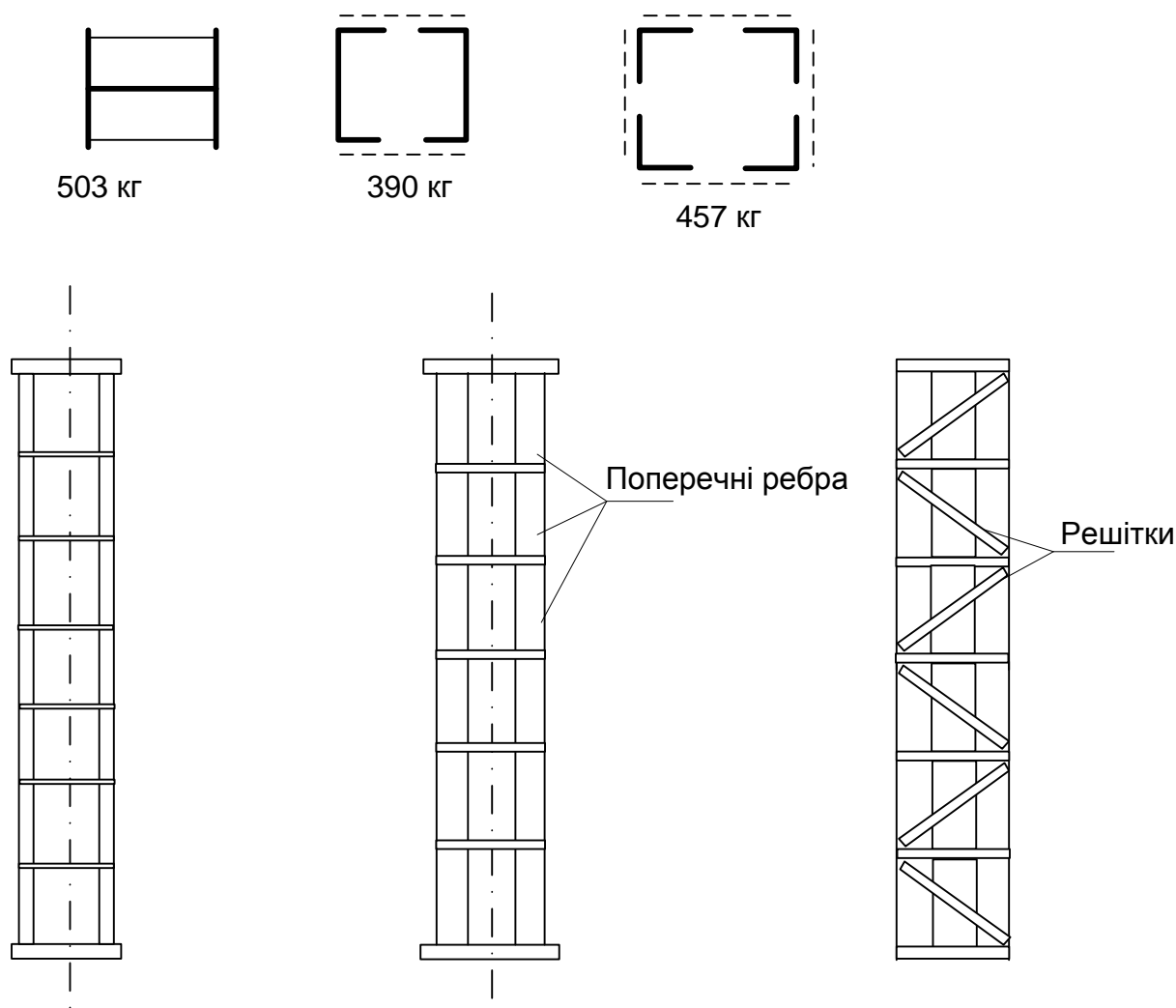


Рисунок 5

Порівняння ваги перелічених перерізів показали що найбільш раціональним буде наскрізний переріз з двома швелерами.

Література

1. Опір матеріалів: Підручник /Г.С.Писаренко, О.Л. Квітка, Е.С.Уманський:За ред. Писаренко Г.С.-К.: Вища шк., 1993.-655с.
2. Строительные конструкции: Учеб. для авт.-дор. спец. Вузов /И.Г.Иванов-Дятлов, К.П.Деллос, А.И.Иванов-Дятлов и др.; Под ред. В.Н. Байкова, Г. И. Попова. - 2-е изд., перераб. и доп. - М.: Высш. шк., 1986. - 543 с.
3. Металлические контрукции /под ред. Е.И.Беленя, М.,1985.- 332с.