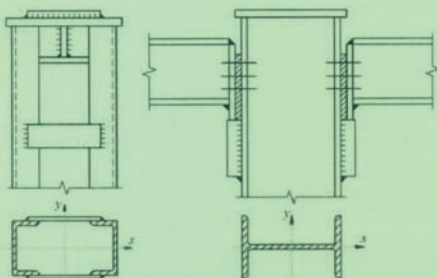
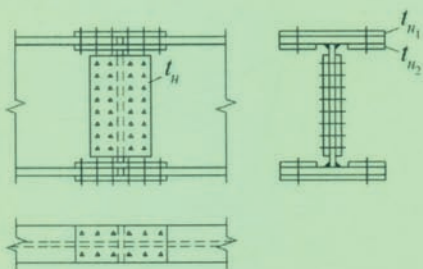


О. І. Сіянов

МЕТАЛЕВІ КОНСТРУКЦІЇ

КОНСПЕКТ ЛЕКЦІЙ

Частина 1



Міністерство освіти і науки України
Вінницький національний технічний університет

О. І. СІЯНОВ

МЕТАЛЕВІ КОНСТРУКЦІЇ
КОНСПЕКТ ЛЕКЦІЙ

Частина 1

Вінниця
ВНТУ
2015

УДК 624.014
ББК 38.54я73
С24

Рекомендовано до друку Вченою радою Вінницького національного технічного університету Міністерства освіти і науки, молоді та спорту України (протокол № 8 від 05.04.2012 р.).

Рецензенти:

О. В. Шимановський, доктор технічних наук, професор

В. В. Гайдайчук, доктор технічних наук, професор

І. О. Сивак, доктор технічних наук, професор

Сіянов, О. І.

С24 Металеві конструкції. Конспект лекцій. Частина 1 : конспект лекцій /
О. І. Сіянов. – Вінниця : ВНТУ, 2015. – 128 с.

У конспекті лекцій викладено теоретичні положення статичного розрахунку металевих конструкцій будівель та споруд. Розглянуто послідовність вивчення матеріалу. Наведено контрольні запитання, джерела інформації, глосарій.

Для студентів будівельних спеціальностей всіх форм навчання.

УДК 624.014
ББК 38.54я73

ЗМІСТ

ПЕРЕДМОВА.....	4
ЛЕКЦІЯ 1. Загальні відомості про металеві конструкції. Види та геометричні характеристики перерізів.....	5
ЛЕКЦІЯ 2. Основи розрахунку металевих конструкцій.....	10
ЛЕКЦІЯ 3. Матеріали для металевих конструкцій. Сортамент.....	16
ЛЕКЦІЯ 4. Робота сталі під навантаженням. Граничні стани металевих конструкцій.....	23
ЛЕКЦІЯ 5. Навантаження і впливи. Напруження. Особливості розрахунку металевих конструкцій.....	31
ЛЕКЦІЯ 6. Зварні з'єднання металевих конструкцій.....	40
ЛЕКЦІЯ 7. Розрахунок швів зварних з'єднань металевих конструкцій.....	46
ЛЕКЦІЯ 8. Болтові з'єднання металевих конструкцій.....	53
ЛЕКЦІЯ 9. Металеві балки і балкові конструкції.....	59
ЛЕКЦІЯ 10. Розрахунок складених металевих балок.....	67
ЛЕКЦІЯ 11. Умови міцності і стійкості складених металевих балок ...	75
ЛЕКЦІЯ 12. Стики металевих балок.....	82
ЛЕКЦІЯ 13. З'єднання і обпирання металевих балок. Перспективи розвитку металевих балкових конструкцій.....	88
ЛЕКЦІЯ 14. Металеві центрально-стиснуті колони. Загальна частина.....	95
ЛЕКЦІЯ 15. Особливості підбору перерізу. Розрахунок планок. Оголовки і бази металевих центрально-стиснутих колон.....	103
ЛЕКЦІЯ 16. Металеві ферми. Їх компонування і розрахунок.....	110
ЛЕКЦІЯ 17. Конструювання і послідовність розрахунку елементів та вузлів металевих ферм.....	120
УКРАЇНСЬКО-АНГЛІЙСЬКИЙ СЛОВНИК.....	126

ПЕРЕДМОВА

Сучасні фахівці конструкторського напрямку спеціальності “Будівництво” під час проектування будівель і споруд повинні використовувати теоретичні знання в галузі металевих конструкцій. У зв’язку з цим в навчальному процесі для студентів спеціалізації “Промислове та цивільне будівництво” передбачено вивчення основ розрахунку і проектування сучасних металевих конструкцій.

Як допомога студентам розроблений конспект лекцій “Металеві конструкції. Частина 1”, який включає загальні поняття про металеві конструкції, їх матеріали, елементи, статичний розрахунок металевих конструкцій, зокрема балок, колон, ферм та їх вузлових з’єднань.

Безумовно можна виконати розрахунок за допомогою звичайного калькулятора, використовуючи величезну кількість часто складних аналітичних формул або залучити будь-який програмний комплекс, який пройшов серйозну апробацію і успішно зарекомендував себе на практиці під час створення та розрахунку складних конструкцій, але сучасний спеціаліст для використання технічних засобів, у тому числі комп’ютерної техніки повинен досконало знати і використовувати на практиці існуючий теоретичний матеріал.

Даний конспект лекцій містить ілюстративний і текстовий матеріали, які в комплексі розкривають принципи розрахунку і конструювання металевих конструкцій.

ЛЕКЦІЯ 1

ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ ПРО МЕТАЛЕВІ КОНСТРУКЦІЇ. ВИДИ ТА ГЕОМЕТРИЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПЕРЕРІЗІВ

Мета і задачі: ознайомити студентів з металевими конструкціями, їх сферами застосування, перевагами і недоліками, частинами проекту металевих конструкцій, відомими розробками, геометричними характеристиками фасонних профілів та складених перерізів.

Металеві конструкції – це дисципліна, яка вивчає розрахунок металевих конструкцій, їх використання та проектування.

Галузі застосування

- 1) промислові будівлі;
- 2) перекриття великих прогонів;
- 3) мости і мостові переходи;
- 4) листові конструкції;
- 5) металеві каркаси багатопверхових будівель;
- 6) висотні споруди;
- 7) конструкції, які переміщуються (крани);
- 8) інші споруди (гідрозатвори, галереї...).

Переваги і недоліки металевих конструкцій

Переваги МК

1. Легкість.
2. Міцність.
3. Непроникність.
4. Легкість розрахунків.
5. Виготовлення МК на заводах.

Недоліки МК

1. Корозія.
2. Мала вогнестійкість.
3. Висока вартість.

Проектування металевих конструкцій

Проект МК складається із 2-х частин: 1. КМ і 2. КМД.

КМ виконується проектною організацією на підставі затвердженого проекту стадії “П” (“П” – проект).

Сюди входить пояснювальна записка, дані про навантаження, розрахунки, загальні компоновальні та креслярські схеми, вузли, специфікації.

На підставі проекту КМ складається проект КМД.

КМД виконується заводом з урахуванням технічних особливостей заводу і наявності матеріалу.

Внесок вчених СРСР та України у розвиток металевих конструкцій

Вчені, які займалися МК: Д. І. Журавський – уперше розробив теорію розрахунку ферм; Ф. С. Ясинський – один із творців теорії стійкості стиснутих стержнів; Н. А. Белелюбський – винайшов нову систему металевих мостів; В. Г. Шухов – проектував вежі, резервуари; Є. О. Патон – нові види зварювання і зварювального устаткування; М. С. Стрелецький – оптимальне проектування МК.

Крім того, слід відмітити таких вчених як: М. П. Мельников, Є. І. Беленя, В. М. Шимановський, В. І. Трофімов, М. М. Жербін, Я. М. Ліхтарніков, В. В. Трофимович, А. Н. Генієв, В. О. Пермьков, О. В. Шимановський, В. М. Гордєєв, Є. І. Горохов, С. Ф. Пічугін, С. І. Білик та інші.

Види та геометричні характеристики перерізів

Для простих перерізів – фасонних профілів (рис. 1.1) – геометричні характеристики визначаємо за сортаментом.

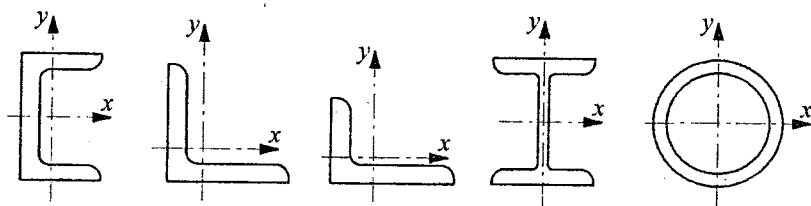


Рисунок 1.1 – Фасонні профілі

Для інших простих, як наприклад, з отворами (рис. 1.2) визначаємо таким чином:

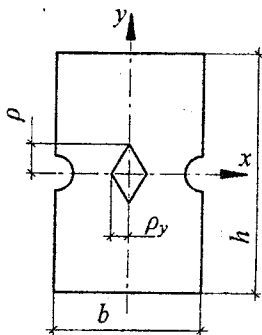


Рисунок 1.2 – Прямокутний профіль з отвором та вирізами

$$\begin{aligned}
 A &= b \cdot h, & A_{nm} &= A - A_0, \\
 W_x &= \frac{I_x}{h/2} = \frac{b \cdot h^3 \cdot 2}{12 \cdot h} = \frac{b \cdot h^2}{6}, & W_y &= \frac{I_y}{b/2} = \frac{h \cdot b^3 \cdot 2}{12 \cdot b} = \frac{h \cdot b^2}{6}, \\
 I_x &= \frac{b \cdot h^3}{12}, & I_y &= \frac{h \cdot b^3}{12}, \\
 S_x &= \frac{W_x}{A} = \frac{b \cdot h^2}{6 \cdot b \cdot h} = \frac{h}{6}, & S_y &= \frac{W_y}{A} = \frac{h \cdot b^2}{6 \cdot h \cdot b} = \frac{b}{6}, \\
 i_x &= \sqrt{\frac{I_x}{A}}, & i_y &= \sqrt{\frac{I_y}{A}}, \\
 S_x &= A \cdot y = 0, & S_y &= A \cdot x = 0.
 \end{aligned}$$

S_x – статичний момент площі півперерізу.

Для складних перерізів (наприклад рис. 1.3) із декількох елементів геометричні характеристики визначаємо, починаючи з визначених координат центра ваги складеного перерізу:

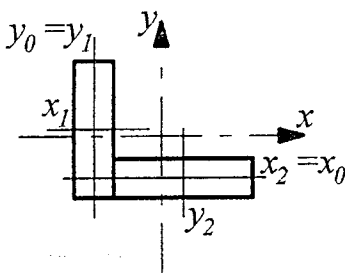


Рисунок 1.3 – Складений переріз

$$\begin{aligned}
 x_c &= \frac{\sum S_{y_0}}{\sum A} = \frac{A_1 \cdot x_1 + A_2 \cdot x_2 + \dots + A_n \cdot x_n}{A_1 + A_2 + \dots + A_n}, \\
 y_c &= \frac{\sum S_{x_0}}{\sum A} = \frac{A_1 \cdot y_1 + A_2 \cdot y_2 + \dots + A_n \cdot y_n}{A_1 + A_2 + \dots + A_n}.
 \end{aligned}$$

Далі визначаємо: I_x , I_y ,

$$\begin{aligned}
 i_x &= \sqrt{\frac{I_x}{A}}, & i_y &= \sqrt{\frac{I_y}{A}}, \\
 W_x &= \frac{I_x}{z_{\max 1}}, & W_y &= \frac{I_y}{z_{\max 2}}, \\
 \rho_x &= \frac{W_x}{A}, & \rho_y &= \frac{W_y}{A},
 \end{aligned}$$

$$S_x = S_y = 0.$$

Висновок

Після вивчення даної лекції студент повинен знати визначення металевих конструкцій, сфери їх застосування, переваги та недоліки, частини проекту металевих конструкцій, відомих розробок, геометричні характеристики фасонних профілів та складених перерізів.

Контрольні запитання

1. Що таке металеві конструкції?
2. Для яких цілей застосовуються металеві конструкції?
3. У чому полягають переваги металевих конструкцій?
4. За яких недоліків металевих конструкцій можуть прийняти рішення використовувати інший матеріал?
5. З яких частин складається проект металевих конструкцій?
6. Якими вченими зроблені реальні кроки в розвитку металевих конструкцій?
7. У яких типах будівель застосовуються металеві конструкції?
8. Чи відноситься непроникливість до позитивних якостей металевих конструкцій?
9. Які існують геометричні характеристики перерізів металевих конструкцій?
10. Завдяки якому документу визначаються геометричні характеристики для простих перерізів – фасонних профілів?

Джерела інформації

1. Металеві конструкції : загальний курс : підручник [для вищих навчальних закладів] / [Нілов О. О., Пермяков В. О., Шимановський О. В. и др.] ; під загальною редакцією О. О. Нілова та О. В. Шимановського. – [2-е видання, перероблене і доповнене]. – К. : Видавництво «Сталь», 2010. – 869 с.
2. Металеві конструкції. Ч.1 : підручник [для вищих навчальних закладів] / [Свердлов В. Д., Середюк І. П., Середюк В. Ф., Жарко Л. О.]. – Вінниця : УНІВЕРСУМ-Вінниця, 2003. – 262 с.
3. Свердлов В. Д. Металеві конструкції. Ч.1 : навчальний посібник [для вищих навчальних закладів] / [В. Д. Свердлов, Л. О. Жарко]. – К. : ІСДО, 1994. – 192 с.

4. Металлические конструкции : общий курс : учебник [для студентов высших учебных заведений] / [Кудишин Ю. И., Беленя Е. И., Игнатьева В. С. и др.] ; под. ред. Ю. И. Кудишина. – М. : Изд. центр «Академия», 2008. – 688 с.
5. Металлические конструкции : В 3-х томах. Т. 1. Элементы стальных конструкций : учеб. пособие [для строит. вузов] / [Горев В. В., Уваров Б. Ю., Филиппов В. В. и др.] ; под ред. В. В. Горева. – М. : Высш. школа, 1997. – 527 с.
6. Металлические конструкции : В 3-х томах. Т. 2. Конструкции зданий : учеб. пособие [для строит. вузов] / [Горев В. В., Уваров Б. Ю., Филиппов В. В. и др.] ; под ред. В. В. Горева. – М. : Высш. школа, 1997. – 528 с.
7. Металлические конструкции : В 3-х томах. Т. 2. Стальные конструкции зданий и сооружений : справочник проектировщика ; под общей ред. В. В. Кузнецова (ЦНИИпроектстальконструкция им. Н. П. Мельникова). – М. : Изд-во АСВ, 1998. – 512 с.

Глосарій

Металеві конструкції – це дисципліна, яка вивчає розрахунок металевих конструкцій, використання та проектування.

Корозія металів – процес хімічного руйнування металів і сплавів при їх взаємодії із зовнішнім середовищем: повітрям, водою, розчинами електролітів тощо. Розрізняють два види корозії: хімічну і електрохімічну.

КМ – конструкції металеві.

КМД – конструкції металеві деталювання.

Фасонний профіль – прокатний профіль типу кутика, двотавра, швелера і т.ін.

Простий профіль – профіль у вигляді одного елемента.

Сортамент – каталог форм, розмірів, геометричних характеристик прокатних профілів, а також наведена маса 1 п. м.

Складений переріз – переріз, який складається із декількох елементів.

ЛЕКЦІЯ 2

ОСНОВИ РОЗРАХУНКУ МЕТАЛЕВИХ КОНСТРУКЦІЙ

Мета і задачі: ознайомити студентів з розрахунковими схемами та основами розрахунку металевих конструкцій.

Розтяг (wricked) і стиск (clench)

На рис. 2.1 наведена розрахункова схема лінійної конструкції, що зазнає центрального розтягу



Рисунок 2.1 – Розрахункова схема лінійної конструкції, яка працює на центральний розтяг

$$\sigma = \frac{N}{A_{\text{нетто}}} \leq R_y \gamma_c,$$
$$R_y = \frac{R_{yn}}{\gamma_m}.$$

На рис. 2.2 наведена розрахункова схема лінійної конструкції, що зазнає центрального стиску



Рисунок 2.2 – Розрахункова схема лінійної конструкції, яка працює на центральний стиск

$$\sigma = \frac{N}{\varphi A} \leq R_y \gamma_c,$$

$$\varphi = f(\bar{\lambda}; \lambda_{\max}; R_y; \text{типу перерізу і кривої стійкості}).$$

На рис. 2.3 наведені розрахункові схеми лінійних конструкцій, що зазнають центрального стиску

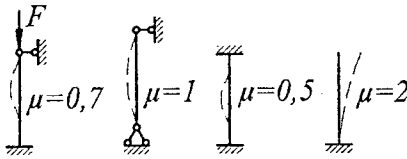


Рисунок 2.3 – Розрахункові схеми центрально стиснутих лінійних конструкцій з можливими умовами закріплення

$$\lambda_x = \frac{l_{ef,x}}{i_x} \leq \lambda_{ef}, \quad \lambda_y = \frac{l_{ef,y}}{i_y} \leq \lambda_{ef},$$

$$l_{ef} = \mu \cdot l,$$

$$l_{ef} = f(\mu) \text{ і способу кріплення.}$$

Згин (bend)

На рис. 2.4 наведена розрахункова схеми лінійної конструкції, що зазнає згину

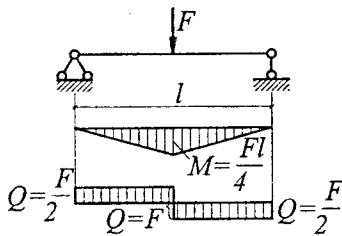


Рисунок 2.4 – Розрахункова схема лінійної конструкції, яка працює на згин

$$\sigma = \frac{M}{cW_x} \leq R_y \gamma_c,$$

де c – коефіцієнт, який враховує роботу балки за межею пружності,
 $c = 1,12$ – для прокатних балок, $c = 1$ – для зварних балок,

$$\tau = \frac{QS}{It} \leq R_s \gamma_c,$$

$$R_s = \frac{0,58 R_{yn}}{\gamma_m},$$

$$\gamma_m = 1,025.$$

Зминання (crumpling)

На рис. 2.5 наведена розрахункова схема лінійної конструкції, що зазнає зминання.

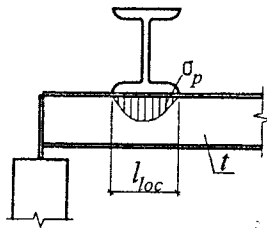


Рисунок 2.5 – Зминання стінки балки від дії місцевого навантаження

$$\sigma_p = \frac{F}{A_p} = \frac{F}{l_{loc} \cdot t} \leq R_p \gamma_c,$$

$$R_p = \frac{R_{un}}{\gamma_m}.$$

Зріз (cut)

На рис. 2.6 наведена розрахункова схема лінійної конструкції, що зазнає зрізу.

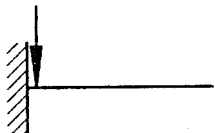


Рисунок 2.6 – Розрахункова схема лінійної конструкції, яка працює на зріз

$$\tau = \frac{F}{A_s} \leq R_s \gamma_c.$$

Кручення (twisting)

На рис. 2.7, 2.8 наведена розрахункова схема лінійної конструкції, що зазнає кручення

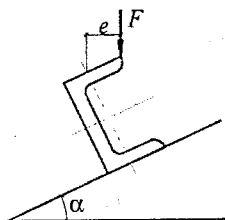


Рисунок 2.7 – Переріз балки, яка нахилена до горизонту і сприймає дію навантаження, прикладеного з ексцентриситетом

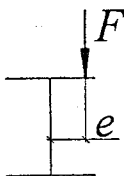


Рисунок 2.8 – Переріз балки, яка сприймає дію навантаження, прикладеного з ексцентриситетом

$$M_{кр} = F \cdot e,$$

$$\sigma = \frac{M_x}{W_x} + \frac{M_y}{W_y} + \frac{M_k}{W_k} \leq R_y \gamma_c,$$

$$I_k = \frac{bh^3}{3},$$

$$\sigma = \frac{M_x}{W_x} + \frac{M_k}{W_k} \leq R_y \gamma_c.$$

Висновок

Після вивчення даної лекції студент повинен знати розрахункові схеми та основи розрахунку металевих конструкцій, схеми закріплення, що таке розтяг, стиск, згин, зріз, кручення, зминання.

Контрольні запитання

1. З чого починається розрахунок будь-якої металевої конструкції?
2. Які існують розрахункові схеми металевих конструкцій?
3. На які основні види робіт працюють металеві конструкції?
4. Який вигляд мають умови міцності при роботі елементів на розтяг, згин, зріз?
5. Як виглядає умова стійкості при роботі елементів на стиск?
6. У який спосіб записуються умови міцності при роботі елементів на зминання, кручення?
7. Чим відрізняються схеми закріплення елементів?
8. Чому дорівнює коефіцієнт, який враховує роботу балки за межею пружності?
9. Від чого залежить розрахункова довжина елемента?
10. Яким чином працює балка, яка сприймає дію навантаження, прикладеного з ексцентриситетом?

Джерела інформації

1. Металеві конструкції : загальний курс : підручник [для вищих навчальних закладів] / [Нілов О. О., Пермяков В. О., Шимановський О. В. и др.] ; під загальною редакцією О. О. Нілова та О. В. Шимановського. – [2-е видання, перероблене і доповнене]. – К. : Видавництво «Сталь», 2010. – 869 с.
2. Металеві конструкції. Ч.1 : підручник [для вищих навчальних закладів] / [Свердлов В. Д., Середюк І. П., Середюк В. Ф., Жарко Л. О.]. – Вінниця : УНІВЕРСУМ-Вінниця, 2003. – 262 с.

3. Сverdlov В. Д. Металеві конструкції. Ч.1 : навчальний посібник [для вищих навчальних закладів] / [В. Д. Сverdlov, Л. О. Жарко]. – К. : ІСДО, 1994. – 192 с.
4. Металлические конструкции : общий курс : учебник [для студентов высших учебных заведений] / [Кудишин Ю. И., Беленя Е. И., Игнатъева В. С. и др.] ; под ред. Ю. И. Кудишина. – М. : Изд. центр «Академия», 2008. – 688 с.
5. Металлические конструкции : В 3-х томах. Т. 1. Элементы стальных конструкций : учеб. пособие [для строит. вузов] / [Горев В. В., Уваров Б. Ю., Филиппов В. В. и др.] ; под ред. В. В. Горева. – М. : Высш. школа, 1997. – 527 с.
6. Металлические конструкции : В 3-х томах. Т. 2. Конструкции зданий : учеб. пособие [для строит. вузов] / [Горев В. В., Уваров Б. Ю., Филиппов В. В. и др.] ; под ред. В. В. Горева. – М. : Высш. школа, 1997. – 528 с.
7. Металлические конструкции : В 3-х томах. Т. 2. Стальные конструкции зданий и сооружений : справочник проектировщика ; под общей ред. В. В. Кузнецова (ЦНИИПроектстальконструкция им. Н. П. Мельникова). – М. : Изд-во АСВ, 1998. – 512 с.
8. Сварные строительные конструкции : В 3-х томах. Т. 1. Основы проектирования конструкций / [Лобанов Л. М., Махненко В. И., Труфяков В. И. и др.] ; под ред. Л. М. Лобанова. – К. : Наук. думка, 1993. – 416 с.
9. Сварные строительные конструкции : В 3-х томах. Т. 2. Типы конструкций / [Шимановский В. Н., Гарф Э. Ф., Пермяков В. А. и др.] ; под ред. Л. М. Лобанова. – К. : ИЭС им. Є. О. Патона, 1997. – 680 с.
10. ДБН В.1.2-14-2009. Загальні принципи забезпечення надійності та конструктивної безпеки будівель, споруд, будівельних конструкцій та основ. – К. : Мінрегіонбуд України, 2009. – 37 с.

Глосарій

Розтяг – вид роботи, при якій відбувається розтягування конструкції.

Стиск – вид роботи, при якій відбувається стискання та змінюється форма конструкції.

Згин – вид роботи, при якому відбувається згинання конструкції.

Зминання – вид роботи, при якому відбувається місцеве стиснення, що виникає в зоні контакту елементів конструкції. Супроводжується зазвичай залишковими деформаціями матеріалу.

Зріз – вид роботи, при якому відбувається зрізання конструкції.

Кручення – вид роботи, при якому сила прикладається зі зміщенням відносно осі перерізу конструкції.

ЛЕКЦІЯ 3

МАТЕРІАЛИ ДЛЯ МЕТАЛЕВИХ КОНСТРУКЦІЙ. СОРТАМЕНТ

Мета і задачі: ознайомити студентів з матеріалами для металевих конструкцій, сортаментом та галуззю застосування матеріалів, видами робіт профілів.

Матеріали для металевих конструкцій

Сталь виплавляється з чавуну, металевого брухту і домішок.

Сталі діляться на:

- 1) вуглецеві (без компонентів);
- 2) низьколеговані (до 2,5% компонентів);
- 3) середньолеговані (2,5...10% компонентів);
- 4) високолеговані (>10% компонентів).

Вуглецеві сталі діляться на:

- 1) низьковуглецеві 0,25% С;
- 2) середньовуглецеві 0,25...06% С;
- 3) високовуглецеві до 2% С.

Температура плавлення чистого заліза 1535 °С. $E_{ст} = 2,1 \cdot 10^6$ кг/см²,
 $\gamma = 7850$ кг/м³.

За способом розкислення сталь поділяється на:

- 1) кишлача (КП);
- 2) спокійна (СП);
- 3) напівспокійна (НС).

Інший метал, який використовують – це алюмінієві сплави. Алюміній одержують із руди такими способами: хімічним, електротехнічним та електрохімічним.

$E_{Al} = 2,1 \cdot 10^6$ кг/см², $\gamma = 2700$ кг/м³.

Температура плавлення 658 °С.

Переваги алюмінієвих сплавів:

- 1) легкість (в три рази легший сталей);
- 2) корозійна стійкість і стійкість проти кислот;
- 3) при зниженні температури міцність алюмінієвих сплавів не переходить в крихкий стан;

4) антимагнітні.

Недоліки алюмінієвих сплавів:

- 1) мала жорсткість, а тому велика деформативність;
- 2) висока вартість (дорожче сталі у 8–10 разів);
- 3) зниження міцності при температурі 100...150 °С.

Галузі застосування алюмінієвих сплавів:

- 1) конструкції покриттів;
- 2) в умовах підвищеної вологості і агресивного середовища;
- 3) ємності;
- 4) захисні конструкції (стінові панелі, конструкції типу віражів, дверей, віконних рам).

Сортамент

- А. Кутики.
- Б. Швелери.
- В. Двотаври.
- Г. Листові профілі.
- Д. Труби.
- Е. Гнуті профілі.
- Ж. Інші профілі.

Сортамент – це каталог розмірів прокатних профілів.

А. Кутики (рис. 3.1).

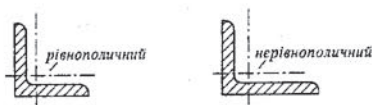


Рисунок 3.1 – Типи кутиків

45×5...250×16 мм. 63×40×5 мм...250×160×16 мм. $A_{\min} = 1...1,5 \text{ см}^2$.
 $A = 3,48 \text{ см}^2...78,4 \text{ см}^2$. $A = 4,98 \text{ см}^2...78,6 \text{ см}^2$. $A_{\max} = 140 \text{ см}^2$.

Призначені для роботи на розтяг або стиск. Кутикові профілі (кутики) (рис. 3.2) використовують для з'єднання конструкцій (примикання балок до колон, кріплення прогонів до поясів ферм) Їх також використовують як опорні столики, ребра жорсткості тощо.

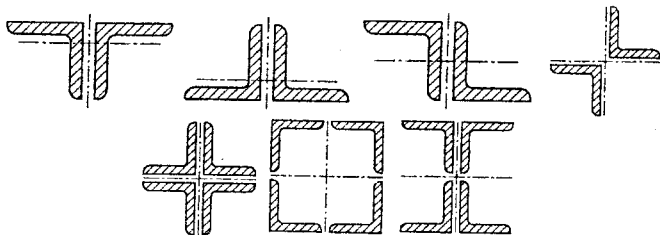


Рисунок 3.2 – Типи поперечних перерізів з кутиків

Б. Швелери (рис. 3.3).

Номер визначається в залежності від висоти h .

Призначені для роботи на згин, але й добре працюють на стиск. Їх використовують у вигляді прогонів у покриттях, а також в складених перерізах, з'єднаних планками або решітками (колони, пояси ферм).

№ 5...№ 40.

$h = 50 \text{ мм} \dots 400 \text{ мм}$.

$A = 6,16 \text{ см}^2 \dots 61,5 \text{ см}^2$.

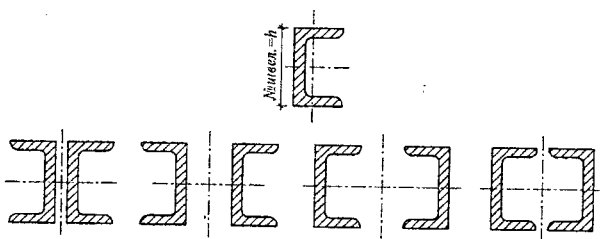


Рисунок 3.3 – Типи поперечних перерізів швелерів

В. Двотаври.

Номер двотавра (рис. 3.4) визначається в залежності від висоти h .

№ 10...№ 60.

$h = 100 \text{ мм} \dots 600 \text{ мм}$.

$A = 12 \text{ см}^2 \dots 138 \text{ см}^2$.

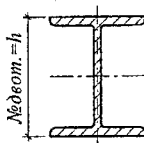


Рисунок 3.4 – Переріз двотавра

Призначені для роботи на згин. Їх використовують в основному як балки. Бувають звичайні і широкополічні. Широкополічні використовують для балок, колон, стержнів важких ферм.

Г. Листові профілі.

Вони складають 40...60% маси всієї споруди або всіх металоконструкцій в споруді. В спеціальних конструкціях – оболонках близько 100% маси.

Класифікація листової сталі:

- 1) тонколистова ($t = 1...4$ мм) використовується для виготовлення гнутих профілів, а також як покрівельне залізо;
- 2) товстолиста ($t = 4...160$ мм), частіше $t = 4...40$ мм використовується для елементів суцільних систем і листових конструкцій;
- 3) широкосмугова ($t = 6...60$ мм) використовується для зварних балок, колон, а також для зварювання встик.

Д. Труби.

Бувають безшовні та електрозварні. Особливо економічно використовувати в стиснутих елементах, оскільки труби мають найбільший і при $A_{номр}$. Безшовні труби (рис. 3.5) $\varnothing 25...550$ мм, $t = 2,5...75$ мм використовують в основному в конструкціях радіо- і телевізійних опор (висотні конструкції). Круглі електрозварні труби $\varnothing 25...550$ мм, $t = 1...16$ мм використовують в конструкціях покриття, особливо в будівлях з агресивним середовищем. Квадратні електрозварні труби $80...100$ мм і прямокутні електрозварні труби $60 \times 100...140 \times 180$ мм, $t = 3...8$ мм.

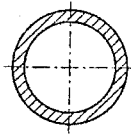


Рисунок 3.5 – Переріз круглої безшовної труби

Е. Гнуті профілі (рис. 3.6).

$t = 1...8$ мм.

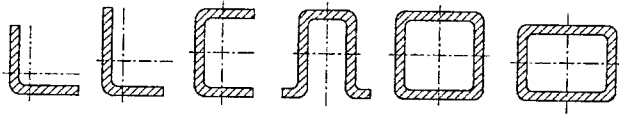


Рисунок 3.6 – Типи перерізів гнутих профілів

Використовують в легких конструкціях покриття. Холодногнуті профілі дають економію металу до 10%.

Ж. Інші профілі.

Арматурна сталь гладка (рис. 3.7) діаметром 5...250 мм використовується для в'язів, анкерних болтів.



Рисунок 3.7 – Гладка арматура

Рифлена листовая сталь (рис. 3.8) використовується для легких покриттів.

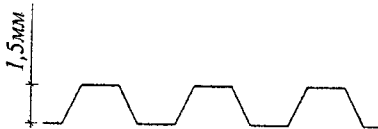


Рисунок 3.8 – Рифлена листовая сталь

Троси, канати (рис. 3.9) використовують для висячих і вантових конструкцій.



Рисунок 3.9 – Трос

Висновок

Після вивчення даної лекції студент повинен знати матеріали для металевих конструкцій, сортамент, галузі застосування матеріалів, види робіт профілів.

Контрольні запитання

1. Що таке сортамент?
2. На які види поділяється сталь?
3. Як класифікують вуглецеві сталі?
4. За способом розкислення як поділяються сталі?
5. Що таке алюміній?
6. У чому полягають переваги алюмінію?
7. Завдяки яким недолікам алюміній менше застосовується?
8. Які галузі застосування алюмінію?
9. З яких профілів утворюються складені перерізи?
10. На що працюють прокатні профілі?
11. На яких два види поділяються труби?

Джерела інформації

1. Металеві конструкції : загальний курс : підручник [для вищих навчальних закладів] / [Нілов О. О., Пермяков В. О., Шимановський О. В. и др.] ; під загальною редакцією О. О. Нілова та О. В. Шимановського. – [2-е видання, перероблене і доповнене]. – К. : Видавництво «Сталь», 2010. – 869 с.
2. Металеві конструкції. Ч.1 : підручник [для вищих навчальних закладів] / [Свердлов В. Д., Середюк І. П., Середюк В. Ф., Жарко Л. О.]. – Вінниця : УНІВЕРСУМ-Вінниця, 2003. – 262 с.

3. Сverdlov В. Д. Металеві конструкції. Ч.1 : навчальний посібник [для вищих навчальних закладів] / [В. Д. Сverdlov, Л. О. Жарко]. – К. : ІСДО, 1994. – 192 с.
4. Металлические конструкции : общий курс : учебник [для студентов высших учебных заведений] / [Кудишин Ю. И., Беленя Е. И., Игнатъева В. С. и др.] ; под ред. Ю. И. Кудишина. – М. : Изд. центр «Академия», 2008. – 688 с.
5. Металлические конструкции : В 3-х томах. Т. 1. Элементы стальных конструкций : учеб. пособие [для строит. вузов] / [Горев В. В., Уваров Б. Ю., Филиппов В. В. и др.] ; под ред. В. В. Горева. – М. : Высш. школа, 1997. – 527 с.
6. Металлические конструкции : В 3-х томах. Т. 2. Конструкции зданий : учеб. пособие [для строит. вузов] / [Горев В. В., Уваров Б. Ю., Филиппов В. В. и др.] ; под ред. В. В. Горева. – М. : Высш. школа, 1997. – 528 с.
7. Металлические конструкции : В 3-х томах. Т. 2. Стальные конструкции зданий и сооружений : справочник проектировщика ; под общей ред. В. В. Кузнецова (ЦНИИпроектстальконструкция им. Н. П. Мельникова). – М. : Изд-во АСВ, 1998. – 512 с.

Глосарій

Легування – процес введення в розплав додаткових елементів, поліпшуючих механічні, фізичні і хімічні властивості основного матеріалу.

Сплав – макроскопічно-однорідна суміш двох або більшої кількості хімічних елементів з переважанням металевих компонентів.

Деформація – зміна розмірів, форми та конфігурації тіла в результаті дії зовнішніх або внутрішніх сил.

Сортамент – каталог форм, розмірів, геометричних характеристик прокатних профілів, а також наведена маса 1 п. м.

Анкерний болт – закріплююча деталь, яка призначена для з'єднання з фундаментом будівельних конструкцій.

Жорсткість – здатність конструктивних елементів деформуватися при зовнішньому впливі без істотної зміни геометричних розмірів.

Канат – гнучкий виріб з дроту чи органічних волокон.

ЛЕКЦІЯ 4

РОБОТА СТАЛІ ПІД НАВАНТАЖЕННЯМ. ГРАНИЧНІ СТАНИ МЕТАЛЕВИХ КОНСТРУКЦІЙ

Мета і задачі: ознайомити студентів з роботою сталі під навантаженням, з концентрацією напружень, ударною в'язкістю та втомленістю металу; розрахунком конструкцій за граничними станами, з коефіцієнтами при розрахункових формулах.

Робота сталі на розтяг

Характерним прикладом роботи сталі під навантаженням є робота сталі на розтяг.

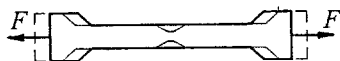


Рисунок 4.1 – Сталевий зразок, який випробовується на розтяг

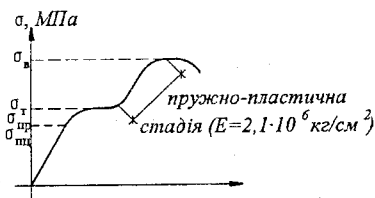


Рисунок 4.2 – Діаграма розтягу сталевого зразка

$$R_{yt} \sim \sigma_T = 235 \text{ МПа},$$

$$\epsilon = 22 \dots 26\% \text{ (вуглецеві сталі)},$$

$\epsilon \leq 15\%$ у металевих конструкціях як правило не застосовують.

Чим більше $\epsilon_{\text{пластичне}}$, тим більший запас пластичної роботи сталі.

Основні характеристики роботи сталі є показники:

- 1) межа текучості (починають розвиватися великі деформації);
- 2) тимчасовий опір, що відповідає граничному навантаженню;
- 3) відносне видовження (проявляються пластичні властивості матеріалу).

Високоміцні сталі практично не працюють в пружно-пластичній стадії ($\sigma_T / \sigma_B = 0,8$). При мінусових температурах пластичні властивості погіршу-

ються ($\sigma_T; \sigma_B$ збільшуються). При підвищенні температури до 400...500 °С $\sigma_T; \sigma_B$ знижуються, 600 °С – вичерпується несуча здатність ($\sigma_T; \sigma_B \rightarrow 0$).

Концентрація напружень

$$\frac{\sigma_{\max}}{\sigma} = KK \text{ (коефіцієнт концентрації).}$$

σ_{\max} – напруження в місцях концентрації.

σ – номінальне напруження.

KK = 2...3 біля отворів; KK = 6...9 біля гострих надрізів.

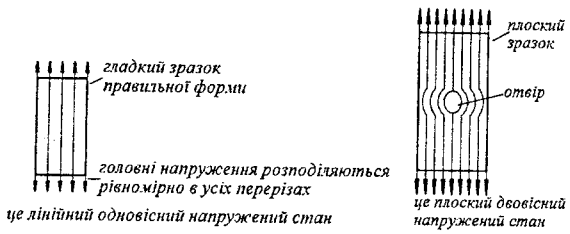


Рисунок 4.3 – Напружені стани

Ударна в'язкість

Ударна в'язкість -- це робота, яка витрачається на ударне руйнування зразка з надрізом.

Вона характеризує крихке руйнування і чутливість до концентрації напружень.

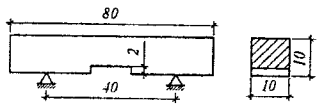


Рисунок 4.4 – Зразок з надрізом

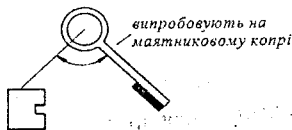


Рисунок 4.5 – Випробовування зразка з надрізом на маятниковому копрі

Температура, при якій ударна в'язкість спадає, вважають порогом холодноламокості. Нижче цієї температури експлуатація конструкції заборонена.

Ударна в'язкість алюмінієвих сплавів із зниженням температури не знижується.

Ударна в'язкість характеризується міцністю сталі на удар.

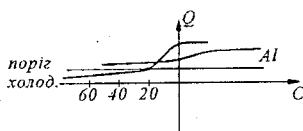


Рисунок 4.6 – Графік для визначення ударної в'язкості

Приклад: впала стела в Корсунь-Шевченківському. Причина аварії – при монтажі виникла тріщина. Помилка – вушко не відповідало ударній в'язкості. Порушені правила монтажу.

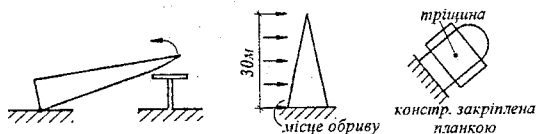


Рисунок 4.7 – Приклад руйнування стели: варіант падіння, розрахункова схема і опорний вузол

Втомленість металу

Це руйнування під дією багаторазового знакозмінного чи змінного навантаження при $\sigma < \sigma_B$ (руйнування дроту при багаторазових перегибах). Здатність металу чинити опір такому руйнуванню є витривалістю (по роз. вносливостію).

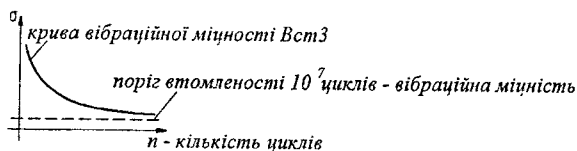


Рисунок 4.8 – Графік для визначення втомленості металу

Втомленість враховують коефіцієнтами, які знижують R_y .

Міцність при витривалості також залежить від виду навантаження, який характеризується коефіцієнтом асиметрії:

$$\rho = \frac{\sigma_{\min}}{\sigma_{\max}}$$

Граничні стани

МК з 1955 року за розробками М. С. Стрелецького розраховують за граничними станами (до цього існував метод розрахунку за допустимими напруженнями).

Граничний стан – це стан конструкції, при якому вона стає непридатною для подальшої експлуатації. Є дві групи граничних станів:

- 1 група граничних станів – за несучою здатністю;
- 2 група граничних станів – за деформаціями, розкриттям тріщин, прогинами.

Коефіцієнти при розрахункових формулах

Раніше використовувався коефіцієнт запасу $K = 1,8 \dots 2$.

Тепер цей коефіцієнт замінений чотирма коефіцієнтами, $[\sigma]$ зараз не використовується.

1) γ_{fm} – коефіцієнт надійності за навантаженням.

$\gamma_{fm} > 1$ або < 1 враховує перехід від характеристичних до розрахункових, оскільки навантаження можуть змінюватися в більшу чи меншу сторону (випадкові величини навантаження)

$$F = F_0 \gamma_{fm},$$

де F_0 – для нормальних умов експлуатації;

2) γ_m – коефіцієнт надійності за матеріалом, $\gamma_m > 1$,

$$R_{yn} = \sigma_T,$$

$$R_{un} = \sigma_B,$$

$$R_y = \frac{R_{yn}}{\gamma_m}.$$

де R_y – в табл. ДБН в залежності від класу сталі встановлено за межею текучості.

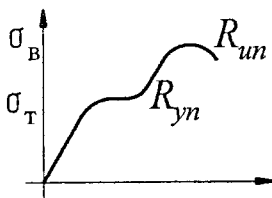


Рисунок 4.9 – Графік для визначення нормативних опорів сталі

3) γ_c – коефіцієнт умов роботи, $\gamma_c \geq 1$ або < 1 .

4) γ_n – коефіцієнт надійності за відповідальністю враховує ступінь відповідальності будівель і споруд для більш відповідальних $\gamma_n \geq 1$, для менш відповідальних $\gamma_n < 1$.

$$\sigma \leq \frac{R_y \gamma_c}{\gamma_n}.$$

Розрахунок конструкцій за граничними станами

Граничний стан поділяють на 2 групи:

1-а група складається з двох випадків: за втратою несучої здатності; за повною непридатністю до експлуатації.

2-а група визначається за непридатністю до нормальної експлуатації або за зниженням довговічності споруди внаслідок прогинів, кутів повороту, тріщин.

1-а група

Умова розрахунку:

$$N_{\max} \leq \Phi,$$

де N_{\max} – максимальні зусилля,

Φ – несуча здатність (мінімально можлива).

$$N_{\max} = \Sigma N_0 \gamma_{fm} \psi,$$

де ψ – коефіцієнт поєднання навантажень.

Для розтягу:

$$\Phi = AR_y \gamma_c,$$

$$\Sigma N_0 \gamma_{fm} \psi \leq AR_y \gamma_c.$$

2-а група

Умова розрахунку $f \leq f_u$; f_u – із норм ДБН.

При цьому граничному стані це можлива експлуатація конструкції.

Тому f_u визначають за характеристичними навантаженнями.

Розрахункові опори

$$R_y = \frac{R_{yn}}{\gamma_m},$$

$$R_u = \frac{R_{un}}{\gamma_m},$$

$$R_s = \frac{0,58 R_{yn}}{\gamma_m}.$$

Висновок

Після вивчення даної лекції студент повинен знати роботу сталі під навантаженням, концентрацію напружень, ударну в'язкість та втомленість металу; розрахунок конструкцій за граничними станами, з коефіцієнтами при розрахункових формулах.

Контрольні запитання

1. Як працює сталь на розтяг?
2. Яка сталь практично не працює в пружно-пластичній стадії?
3. У чому полягають основні характеристики роботи сталі?
4. Що таке ударна в'язкість?
5. На якому приладі випробовують зразок з надрізом?
6. Як називається температура, при якій експлуатація конструкцій заборонена?
7. Чим характеризується втомленість металу?
8. З якого року розраховують металеві конструкції за граничними станами?
9. Скільки використовується груп граничних станів і які вони є?
10. За якими формулами обчислюються розрахункові опори?

Джерела інформації

1. Металеві конструкції : загальний курс : підручник [для вищих навчальних закладів] / [Нілов О. О., Пермяков В. О., Шимановський О. В. и др.] ; під загальною редакцією О. О. Нілова та О. В. Шимановського. – [2-е видання, перероблене і доповнене]. – К. : Видавництво «Сталь», 2010. – 869 с.
2. Металеві конструкції. Ч.1 : підручник [для вищих навчальних закладів] / [Свердлов В. Д., Середюк І. П., Середюк В. Ф., Жарко Л. О.]. – Вінниця : УНІВЕРСУМ-Вінниця, 2003. – 262 с.
3. Свердлов В. Д. Металеві конструкції. Ч.1 : навчальний посібник [для вищих навчальних закладів] / [В. Д. Свердлов, Л. О. Жарко]. – К. : ІСДО, 1994. – 192 с.
4. Металлические конструкции : общий курс : учебник [для студентов высших учебных заведений] / [Кудишин Ю. И., Беленя Е. И., Игнатьева В. С. и др.] ; под ред. Ю. И. Кудишина. – М. : Изд. центр «Академия», 2008. – 688 с.
5. Металлические конструкции : В 3-х томах. Т. 1. Элементы стальных конструкций : учеб. пособие [для строит. вузов] / [Горев В. В., Уваров Б. Ю., Филиппов В. В. и др.] ; под ред. В. В. Горева. – М. : Высш. школа, 1997. – 527 с.

6. Металлические конструкции : В 3-х томах. Т. 2. Конструкции зданий : учеб. пособие [для строит. вузов] / [Горев В. В., Уваров Б. Ю., Филиппов В. В. и др.] ; под ред. В. В. Горева. – М. : Высш. школа, 1997. – 528 с.
7. Металлические конструкции : В 3-х томах. Т. 2. Стальные конструкции зданий и сооружений : справочник проектировщика ; под общей ред. В. В. Кузнецова (ЦНИИпроектстальконструкция им. Н. П. Мельникова). – М. : Изд-во АСВ, 1998. – 512 с.
8. СНиП II-23-81*. Стальные конструкции. Нормы проектирования / Госстрой СССР. – М. : ЦИТП Госстроя СССР, 1991. – 96 с.
9. ДБН В.1.2-2:2006. Навантаження і впливи. Норми проектування / Мінбудархітектури України. – К. : Видавництво «Сталь», 2006. – 59 с.
10. ДБН В.1.2-14-2009. Загальні принципи забезпечення надійності та конструктивної безпеки будівель, споруд, будівельних конструкцій та основ. – К. : Мінрегіонбуд України, 2009. – 37 с.

Глосарій

Ударна в'язкість – це робота, яка витрачається на ударне руйнування зразка з надрізом.

Поріг холодноламкості – температура, при якій ударна в'язкість спадає.

Витривалість – здатність металу чинити опір.

Граничний стан – це стан конструкції, при якому вона стає непридатною для подальшої експлуатації.

1-ша група граничних станів – перевірка за несучою здатністю;

2-га група граничних станів – перевірка за деформаціями, розкриттям тріщин, прогинами, кутами повороту.

Коефіцієнт концентрації – співвідношення напруження в місцях концентрації до номінального напруження.

ЛЕКЦІЯ 5

НАВАНТАЖЕННЯ І ВПЛИВИ. НАПРУЖЕННЯ. ОСОБЛИВОСТІ РОЗРАХУНКУ МЕТАЛЕВИХ КОНСТРУКЦІЙ

Мета і задачі: ознайомити студентів з постійними, тимчасовими і епізодичними навантаженнями, їх поєднанням, видами напружень, з розрахунком розтягнутих, стиснутих, позацентрово-розтягнутих і позацентрово-стиснутих елементів.

Навантаження і впливи

Навантаження і впливи поділяють на:

- 1) постійні (власна вага конструкції, маса і тиск ґрунтів, вплив попереднього напруження, маса матеріалів і виробів, які напружують конструкцію – плити, утеплювач, різні вирівнювальні шари, покрівля);
- 2) тимчасові (довгочасні, короткочасні – сніг, вітер, люди, крани);
- 3) епізодичні (сейсмічні та вибухові впливи, осідання підвалин).

Снігове навантаження на покриття залежить від кліматичного району будівництва, профілю та нахилу покрівлі, швидкості вітру.

$$S = S_0 \mu \gamma_n \gamma_{fm},$$

де μ – коефіцієнт нахилу покрівлі залежить від кута нахилу покрівлі, $\mu = 0 \dots 6$;

S_0 – характеристичне снігове навантаження, $S_0 = 136 \text{ кг/м}^2$ для IV-го снігового району;

γ_{fm} – коефіцієнт надійності за граничним значенням снігового навантаження, $\gamma_{fm} = 0,24 \dots 1,44$.

Вітрове навантаження визначають як суму статичної і динамічної складових. Статичну складову, яка відповідає швидкісному тиску W_0 , враховують завжди. Динамічну складову враховують тільки для висотних споруд.

$$W = W_0 c_e C_h \gamma_{fm} \gamma_n,$$

де W_0 – характеристичний швидкісний тиск вітру, $W_0 = 47 \text{ кг/м}^2$ для III-го вітрового району;

c_e – аеродинамічний коефіцієнт, з боку тиску, $c_e = 0,8$;

C_h – коефіцієнт, який враховує зміну швидкісного тиску по висоті, залежить від типу місцевості.

γ_n – коефіцієнт надійності за відповідальністю, $\gamma_n = 0,9 \dots 1,25$.

Динамічну складову визначають з урахуванням зведеної до вершини статичної складової, коефіцієнта динамічності та коефіцієнтів, які враховують пульсацію швидкості тиску вітру за висотою та фоном будівлі або споруди.

Посадання навантажень

- 1) основні (постійні+короточасні);
- 2) особливі (постійні+можливі короточасні $\times \psi = 0,8+1$ особливе).

Основні розглядають у 2-х варіантах:

- 1) з одним найбільшим короточасним, $\psi = 1$;
- 2) з двома або більше короточасними, $\psi = 0,95$ – для довгочасних, $\psi = 0,9$ – для короточасних.

Вплив динамічних вертикальних навантажень від мостових кранів при кроці колон до 12 м враховується коефіцієнтом динамічності $\gamma_d = 1,1$.

Види напружень

Є чотири види напружень:

- 1) основні;
- 2) додаткові;
- 3) місцеві;
- 4) початкові (до навантаження).

Основні – напруження, які відзначаються від зовнішніх впливів згідно з прийнятим розрахунком. Вони врівноважують зовнішні впливи і визначають несучу здатність елементів конструкцій.

Додаткові напруження виникають внаслідок в'язів, які не враховані в розрахунковій схемі. Їх практично не визначають, адже метал може працювати в пластичній стадії, в місцях перевантаження при цьому додаткові напруження зменшуються.

Місцеві напруження виникають під дією зовнішніх впливів, а також у місцях зміни або порушення суцільності перерізу, тобто в місцях концентрації напружень.

Основні місця:

- 1) на опорах;
- 2) під катками мостових кранів.

Початкові – напруження у незавантаженому елементі внаслідок нерівномірного охолодження після прокатування чи зварювання. Їх називають внутрішніми, власними або залишковими. Початкові напруження впливають на стійкість при поздовжньому згині. До цього виду напружень належить попереднє напруження.

Розрахунок розтягнутих і стиснутих елементів

1) центральний розтяг (рис. 5.1)



Рисунок 5.1 – Розрахункова схема елемента, який працює на розтяг

Розрахунок на міцність:

$$\sigma = \frac{N}{A_n} \leq R_y \gamma_c;$$

$$A_n = A - A_o.$$

Робота металу на розтяг раціональніша, оскільки повністю використовується міцність сталі.

2) центральний стиск (рис. 5.2)

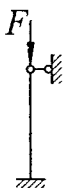


Рисунок 5.2 – Розрахункова схема елемента, який працює на стиск

Розрахунок на стійкість (для довгих гнучких стержнів):

$$\sigma = \frac{N}{\varphi A} \leq R_y \gamma_c,$$

$$\varphi = f(\lambda; R_y).$$

В фермах (рис. 5.3), якщо дивитись зліва направо від опори до середини ферм, низхідні розкоси – розтягнуті, висхідні – стиснуті; елементи верхнього пояса стиснуті, якщо не нульові; елементи нижнього пояса розтягнуті, якщо не нульові.

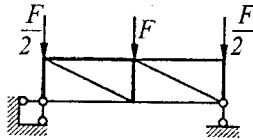


Рисунок 5.3 – Розрахункова схема ферми, в якій виділені стиснуті елементи

Розрахунок на міцність (для коротких стержнів):

$$\sigma = \frac{N}{A} \leq R_y \gamma_c.$$

Короткі стержні: $l = 5 \dots 6 A_{\min}$.

Втрата міцності – руйнується матеріал, втрата стійкості – порушується прямолінійна форма

$$\varphi = \sigma_{cr} / R_y,$$

$$\sigma_{cr} = \frac{N_{cr}}{A} = \frac{\pi^2 EI}{l_{ef}^2 A} = \frac{\pi^2 E}{(l_{ef}/i)^2} = \frac{\pi^2 E}{\lambda^2},$$

$$R_y = \frac{R_{yn}}{\gamma_m}.$$

Формула Ейлера:

$$N_{cr} = \pi^2 EI / (\mu l)^2,$$

$$l_{ef} = \mu l,$$

$$i = \sqrt{I/A},$$

$$\lambda = l_{ef} / i,$$

де l_{ef} – розрахункова довжина елемента в межах пружних деформацій;

N_{cr} – критична сила, при якій відбувається перехід від однієї форми рівноваги до іншої. Необхідні умови: прямий стержень, осьова сила, стійка, але криволінійна форма.



Рисунок 5.4 – Розрахункова схема елемента, який працює на стиск

$\sigma \leq \sigma_{cr}$ – умова збереження стійкості стержня.

Розрахунок елементів на згин. Розрахунок на міцність

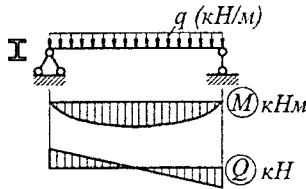


Рисунок 5.5 – Розрахункова схема двотаврової балки, яка працює на згин

$$\sigma = \frac{M_{\max}}{W_{\min}} \leq R_y \gamma_c,$$

$$\tau = \frac{Q_{\max} S}{I t} \leq R_s \gamma_c,$$

$$R_s = 0,58 R_y.$$

Міцність при згині у двох головних площинах:

$$\frac{M_x}{I_x} y \pm \frac{M_y}{I_y} x \leq R_y \gamma_c,$$

де x, y – координати точки, яка розглядається відносно головних осей.

При спільній дії σ і τ розвиваються пластичні деформації:

$$\sqrt{\sigma_x^2 - \sigma_x \sigma_y + \sigma_y^2 + 3\tau_{xy}^2} \leq 1,15 R_y \gamma_c.$$

Пластична робота конструкції допускається в балках суцільного перерізу ($R_y < 580$ МПа).

$$\sigma = \frac{M}{c_1 W_{\min}} \leq R_y \gamma_c,$$

$$\sigma = \frac{M_x}{c_x W_{x_{\min}}} + \frac{M_y}{c_y W_{y_{\min}}} \leq R_y \gamma_c,$$

де c_1 – коефіцієнти, які враховують роботу матеріалу за межею пружності;

$c_1 = 1,12$ – для прокатних балок;

$c_1 = 1$ – для зварних балок і A_f / A_w .

Перевірка загальної стійкості балки:

$$\frac{M}{\varphi_b W_c} \leq R_y \gamma_c,$$

$$\varphi_b = \frac{\sigma_{cr}}{R_y},$$

де (φ_b для балок).

Перевірка за прогинами:

$$f = \frac{5}{384} \frac{q_0 l^4}{EI} \leq f_u.$$

Розрахунок позациентрово-розтягнутих і позациентрово-стиснутих елементів

На міцність:

$$\sigma = \frac{N}{A} + \frac{M_x}{I_x} y \pm \frac{M_y}{I_y} x \leq R_y \gamma_c,$$

де $R_y > 580$ МПа;

з урахуванням розвитку пластичних деформацій:

$$\sigma = \left(\frac{N}{AR_y \gamma_c} \right)^n + \frac{M_x}{c_x W_{x_{\min}} R_y \gamma_c} + \frac{M_y}{c_y W_{y_{\min}} R_y \gamma_c} \leq 1,$$

де $R_y \leq 580$ МПа;

$n = 1 \dots 3$ в залежності від форми перерізу.

На стійкість:

$$\sigma = \frac{N}{\varphi_e A} \leq R_y \gamma_c,$$

$$\varphi_e = f(\bar{\lambda}; m_{ef}),$$

$$\bar{\lambda} = \lambda \sqrt{\frac{R_y}{E}},$$

$$m = \frac{e}{\rho} = \frac{M_{\max}}{N} / \frac{W}{A},$$

$$\bar{\lambda} = (3, 4, 5),$$

$$\lambda = (100; 110),$$

$$m_{ef} = \eta m,$$

де $\bar{\lambda}$ – умовна гнучкість;

m – відносний ексцентриситет;

m_{ef} – приведений ексцентриситет.

Стійкість позацентрово-стиснутих елементів з площини дії моменту

$$\sigma = \frac{N}{c\varphi_y A} \leq R_y \gamma_c,$$

де c – коефіцієнт, який враховує вплив згинального моменту, який діє в площині згину, $c = f(m_x) \rightarrow$ ДБН,

$$m_x = \frac{M_x}{N} / \frac{W_x}{A}.$$

Висновок

Після вивчення даної лекції студент повинен знати постійні, тимчасові, епізодичні навантаження, їх поєднання, види напружень, розрахунок розтягнутих, стиснутих, позацентрово-розтягнутих і позацентрово-стиснутих елементів.

Контрольні запитання

1. На які три групи поділять навантаження і впливи?
2. Від чого залежить снігове навантаження на покриття?
3. За якими складовими визначають вітрове навантаження?
4. Який характер несе поєднання навантажень?
5. Скільки існує видів напружень, які вони є?
6. Як працюють елементи верхнього пояса ферми?
7. На що працюють елементи нижнього пояса ферми?
8. Яка умова збереження стійкості стержня?

9. Чим характеризується формула Ейлера?
10. Що враховують із розвитком пластичних деформацій?

Джерела інформації

1. Металеві конструкції : загальний курс : підручник [для вищих навчальних закладів] / [Нілов О. О., Пермяков В. О., Шимановський О. В. и др.] ; під загальною редакцією О. О. Нілова та О. В. Шимановського. – [2-е видання, перероблене і доповнене]. – К. : Видавництво «Сталь», 2010. – 869 с.
2. Металеві конструкції. Ч.1 : підручник [для вищих навчальних закладів] / [Свердлов В. Д., Середюк І. П., Середюк В. Ф., Жарко Л. О.]. – Вінниця : УНІВЕРСУМ-Вінниця, 2003. – 262 с.
3. Свердлов В. Д. Металеві конструкції. Ч.1 : навчальний посібник [для вищих навчальних закладів] / [В. Д. Свердлов, Л. О. Жарко]. – К. : ІСДО, 1994. – 192 с.
4. Металлические конструкции : общий курс : учебник [для студентов высших учебных заведений] / [Кудишин Ю. И., Беленя Е. И., Игнатьева В. С. и др.] ; под ред. Ю. И. Кудишина. – М. : Изд. центр «Академия», 2008. – 688 с.
5. Металлические конструкции : В 3-х томах. Т. 1. Элементы стальных конструкций : учеб. пособие [для строит. вузов] / [Горев В. В., Уваров Б. Ю., Филиппов В. В. и др.] ; под ред. В. В. Горева. – М. : Высш. школа, 1997. – 527 с.
6. Металлические конструкции : В 3-х томах. Т. 2. Конструкции зданий : учеб. пособие [для строит. вузов] / [Горев В. В., Уваров Б. Ю., Филиппов В. В. и др.] ; под ред. В. В. Горева. – М. : Высш. школа, 1997. – 528 с.
7. Металлические конструкции : В 3-х томах. Т. 2. Стальные конструкции зданий и сооружений : справочник проектировщика ; под общей ред. В. В. Кузнецова (ЦНИИпроектстальконструкция им. Н. П. Мельникова). – М. : Изд-во АСВ, 1998. – 512 с.
8. СНиП II-23-81*. Стальные конструкции. Нормы проектирования / Госстрой СССР. – М. : ЦИТП Госстроя СССР, 1991. – 96 с.
9. ДБН В.1.2-2:2006. Навантаження і впливи. Норми проектування / Мінбудархітектури України. – К. : Видавництво «Сталь», 2006. – 59 с.

10. Сварные строительные конструкции : В 3-х томах. Т. 1. Основы проектирования конструкций / [Лобанов Л. М., Махненко В. И., Труфяков В. И. и др.]; под ред. Л. М. Лобанова. – К. : Наук. думка, 1993. – 416 с.
11. Сварные строительные конструкции : В 3-х томах. Т. 2. Типы конструкций / [Шимановский В. Н., Гарф Э. Ф., Пермяков В. А. и др.]; под ред. Л. М. Лобанова. – К. : ИЭС им. С. О. Патона, 1997. – 680 с.
12. ДБН В.1.2-14-2009. Загальні принципи забезпечення надійності та конструктивної безпеки будівель, споруд, будівельних конструкцій та основ. – К. : Мінрегіонбуд України, 2009. – 37 с.

Глосарій

Постійні навантаження – власна вага конструкції, маса і тиск ґрунтів, вплив попереднього напруження, маса матеріалів і виробів, які напружують конструкцію – плити, утеплювач, різні вирівнювальні шари, покрівля.

Тимчасові навантаження – довгочасні, короточасні – сніг, вітер, люди, крани.

Особливі навантаження – сейсмічні та вибухові впливи, осідання підвалин.

Основні напруження – ті напруження, які врівноважують зовнішні впливи і визначають несучу здатність елементів конструкцій.

Додаткові напруження – ті напруження, які виникають внаслідок в'язів, які не враховані в розрахунковій схемі.

Місцеві напруження – ті напруження, які виникають під дією зовнішніх впливів, а також у місцях зміни або порушення суцільності перерізу, тобто в місцях концентрації напружень.

Початкові напруження – ті напруження, які виникають у ненавантаженому елементі внаслідок нерівномірного охолодження після прокатування чи зварювання. Їх називають внутрішніми, власними або залишковими. Початкові напруження впливають на стійкість при повздовжньому згині. До цього виду напружень належить попереднє напруження.

Втрата міцності – руйнування матеріалу.

Втрата стійкості – порушення прямолінійної форми.

ЛЕКЦІЯ 6

ЗВАРНІ З'ЄДНАННЯ МЕТАЛЕВИХ КОНСТРУКЦІЙ

Мета і задачі: ознайомити студентів з визначення зварного з'єднання, зварного шва, типами зварних з'єднань, їх призначенням в залежності від місця розташування.

Зварні з'єднання

Зварне з'єднання – ділянка конструкції, в якій окремі її частини поєднанні шляхом місцевого сплавлення або спільного пластичного деформування матеріалів цих елементів, у наслідок чого виникає міцше зчеплення матеріалів, яке ґрунтується на міжатомній взаємодії. До складу зварного з'єднання входить зварний шов, зона термічного впливу і прилеглі до неї ділянки основного металу.

Для зварних конструкцій найчастіше використовуються сталі та алюмінієві сплави через їх високу здатність до зварювання. Може використовуватись також титан.

Зварні з'єднання поділяються на:

– стикові (рис. 6.1)



Рисунок 6.1 – Стикове з'єднання

– таврові (рис. 6.2)



Рисунок 6.2 – Таврове з'єднання

– кутові (рис. 6.3)

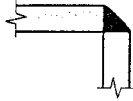


Рисунок 6.3 – Кутове з'єднання

– внапуск (рис. 6.4)

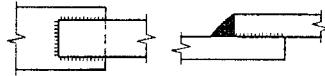


Рисунок 6.4 – З'єднання внапуск






Зварні шви

Зварний шов – ділянка зварного з'єднання, утворена внаслідок кристалізації металу зварної ванни.

Зварні шви бувають: стикові і кутові.

-- стикові

за формою поділяються на:

- 1)  – прями;
- 2)  – V-подібні;
- 3)  – X-подібні;
- 4)  – K-подібні;
- 5)  – U-подібні.

За розташуванням стикові шви поділяються на вертикальні, горизонтальні, стельові та нижні (рис. 6.5).

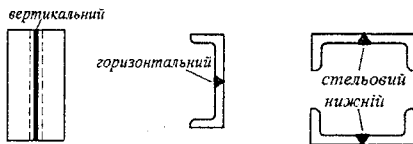


Рисунок 6.5 – Класифікація стикових швів за розташуванням

Стикові шви виконуються в одній площині.

– кутові (рис. 6.6) за розташуванням поділяються на флангові та лобові.

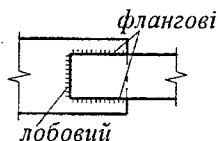


Рисунок 6.6 – Класифікація кутових швів за розташуванням


Зварні шви за місцем виконання поділяються на:

– заводські 

– монтажні 

Зварні шви за щільністю виконання поділяються на:

– суцільні 

– переривчасті 

Висновок

Після вивчення даної лекції студент повинен знати визначення зварного з'єднання, зварного шва, типи зварних з'єднань, їхнє призначення в залежності від місця розташування.

Контрольні запитання

1. У чому полягає визначення зварного з'єднання?
2. На які види поділяються зварні з'єднання?
3. Для яких цілей застосовуються зварні з'єднання?
4. Що таке зварний шов?
5. Скільки зварних швів накладається для кутових з'єднань?
6. Чим відрізняються на кресленнях заводський шов від монтажного?
7. За якою ознакою поділяються зварні шви на флангові і лобові?
8. Які існують зварні шви за формою?
9. Якими бувають зварні шви за щільністю виконання?
10. Як позначаються на кресленнях монтажні шви?

Джерела інформації

1. Металеві конструкції : загальний курс : підручник [для вищих навчальних закладів] / [Нілов О. О., Пермяков В. О., Шимановський О. В. и др.] ; під загальною редакцією О. О. Нілова та О. В. Шимановського. – [2-е видання, перероблене і доповнене]. – К. : Видавництво «Сталь», 2010. – 869 с.
2. Металеві конструкції. Ч.1 : підручник [для вищих навчальних закладів] / [Свердлов В. Д., Середюк І. П., Середюк В. Ф., Жарко Л. О.]. – Вінниця : УНІВЕРСУМ-Вінниця, 2003. – 262 с.
3. Свердлов В. Д. Металеві конструкції. Ч.1 : навчальний посібник [для вищих навчальних закладів] / [В. Д. Свердлов, Л. О. Жарко]. – К. : ІСДО, 1994. – 192 с.
4. Металлические конструкции : общий курс : учебник [для студентов высших учебных заведений] / [Кудишин Ю. И., Беленя Е. И., Игнатъева В. С. и др.] ; под. ред. Ю. И. Кудишина. – М. : Изд. центр «Академия», 2008. – 688 с.
5. Металлические конструкции : В 3-х томах. Т. 1. Элементы стальных конструкций : учеб. пособие [для строит. вузов] / [Горев В. В., Уваров Б. Ю., Филиппов В. В. и др.] ; под ред. В. В. Горева. – М. : Высш. школа, 1997. – 527 с.
6. Металлические конструкции : В 3-х томах. Т. 2. Конструкции зданий : учеб. пособие [для строит. вузов] / [Горев В. В., Уваров Б. Ю., Филиппов В. В. и др.] ; под ред. В. В. Горева. – М. : Высш. школа, 1997. – 528 с.
7. Металлические конструкции : В 3-х томах. Т. 2. Стальные конструкции зданий и сооружений : справочник проектировщика ; под общей ред. В. В. Кузнецова (ЦНИИпроектстальконструкция им. Н. П. Мельникова). – М. : Изд-во АСВ, 1998. – 512 с.
8. СНиП II-23-81*. Стальные конструкции. Нормы проектирования / Госстрой СССР. – М. : ЦИТП Госстроя СССР, 1991. – 96 с.
9. Сварные строительные конструкции : В 3-х томах. Т. 1. Основы проектирования конструкций / [Лобанов Л. М., Махненко В. И., Труфяков В. И. и др.] ; под ред. Л. М. Лобанова. – К. : Наук. думка, 1993. – 416 с.

10. Сварные строительные конструкции : В 3-х томах. Т. 2. Типы конструкций / [Шимановский В. Н., Гарф Э. Ф., Пермяков В. А. и др.] ; под ред. Л. М. Лобанова. – К. : ИЭС им. С. О. Патона, 1997. – 680 с.

Глосарій

Зварне з'єднання – ділянка конструкції, в якій окремі її частини з'єднані шляхом місцевого сплавлення або спільного пластичного деформування матеріалів цих елементів, внаслідок чого виникає міцне зчеплення матеріалів, яке ґрунтується на міжатомній взаємодії. До складу зварного з'єднання входить зварний шов, зона термічного впливу і прилеглі до неї ділянки основного металу.

Зварний шов – ділянка зварного з'єднання, утворена внаслідок кристалізації металу зварної ванни.

Стикові з'єднання є найбільш розповсюдженими майже при всіх способах зварювання, тому що дають найменші власні напруження і деформації під час зварювання. Стикові з'єднання в основному застосовують для конструкцій з листового металу. Вони потребують мінімальної витрати основного і наплавленого металу і часу на зварювання, можуть бути виконані рівноміцними до основного металу.

Напускні з'єднання застосовуються переважно при дуговому зварюванні будівельних конструкцій зі сталі товщиною не більше, ніж 10 – 12 мм. Вони не потребують спеціальної обробки кромки, окрім обрізки. Рекомендується зварювати листи з обох боків, у випадку одностороннього зварювання може відбутися потрапляння вологи в щілини між листами і подальше іржавіння в цьому місці.

Таврові з'єднання широко використовуються при дуговому зварюванні; виконуються без скосу кромки та зі скосами з одного чи обох боків. Вертикальний лист повинен мати достатньо рівно обрізану кромку. При односторонньому і двосторонньому скосі кромки вертикального листа між вертикальним і горизонтальним листами залишається зазор в 2 – 3 мм для кращого провару.

Кутові з'єднання застосовуються при зварюванні різним чином попередньо оброблених кромки листів. Зварювані частини розташовують під

прямим або іншим кутом і зварюють по кромках. Такі з'єднання застосовуються переважно при зварюванні резервуарів, що працюють під незначним внутрішнім тиском газу або рідини.

Прорізні з'єднання застосовують у випадку, коли довжина нормального напускового шва не забезпечує достатньої міцності. Прорізні з'єднання бувають закритого чи відкритого типу. Проріз зазвичай виконують кисневим різанням.

Торцеві (бокові) з'єднання – листи з'єднуються своїми поверхнями і зварюються по суміжних торцях.

З'єднання з накладками використовується у випадках, коли з інших причин не можуть бути замінені стиковими або напусковими з'єднаннями.

З'єднання електрозаклепками міцні, але не щільні з'єднання. Верхній лист просвердлюється і отвір заварюється так, щоб був захоплений нижній лист.

Зварювання (рос. сварка, англ. welding; нім. Schweißen) – технологічний процес утворення нероз'ємного з'єднання між матеріалами при їх нагріванні або пластичному деформуванні за рахунок встановлення міжмолекулярних і міжатомних в'язів.

Фланговий шов – шов, який розташований паралельно діючому зусиллю.

Лобовий шов – шов, що розташований перпендикулярно до діючого зусилля.

Стикове зварювання – відноситься до контактного виду зварювання. Поділяють на зварювання опаленням і зварювання опором. При зварюванні опором торцеві поверхні деталей обробляють, деталі підводять одна до одної встик і вмикають струм. Після нагрівання металу в місці контакту до пластичного стану збільшують осьове зусилля. У стику відбувається пластична деформація, з'єднання утворюється без розплавлення металу. Цим способом не завжди вдається забезпечити рівномірне нагрівання деталей великого перерізу по всій площі і досить повно виділити зі стику деталей окисні плівки. Тому стикове зварювання опором застосовують тільки для з'єднання деталей малого перерізу (до 200...300 мм²): дротів, труб, прутів з низьковуглецевих сталей.

ЛЕКЦІЯ 7

РОЗРАХУНОК ШВІВ ЗВАРНИХ З'ЄДНАНЬ МЕТАЛЕВИХ КОНСТРУКЦІЙ

Мета і задачі: ознайомити студентів з розрахунком напружень зварного шва та визначенням його довжини.

Розрахунок стикових зварних швів

А. На дію поздовжньої сили розтягу (рис. 7.1):



Рисунок 7.1 – До розрахунку стикового зварного шва у випадку дії поздовжньої сили розтягу

$$\sigma_w = \frac{N}{l_w t_{w\min}} \leq R_{wy} \gamma_c,$$

$$R_{wy} = 0,85 R_y,$$

$$l_w = l - 2t_{\min}.$$

Якщо не забезпечені міцнісні характеристики, то роблять косий шов (рис. 7.2):

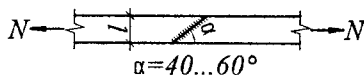


Рисунок 7.2 – До розрахунку стикового косого зварного шва у випадку дії поздовжньої сили розтягу

$$\sigma_w = \frac{N \sin \alpha}{l_w t_{w\min}} \leq R_{wy} \gamma_c,$$

$$R_{wy} = 0,85 R_y,$$

$$\tau_w = \frac{N \cos \alpha}{l_w t_{w\min}} \leq R_{ws} \gamma_c,$$

$$R_{ws} = R_s = 0,58 R_y,$$

$$l_w = l / \sin \alpha - 2t_{\min}$$

Крім косо́го шва можна передбачити чи використати фізичні методи контролю якості зварного шва, прийнявши $R_{wy} = R_y$; шви вивести на планки, $l_w = l$; або передбачити накладки одно – чи двосторонні.

Б. На дію згинального моменту (рис. 7.3):



Рисунок 7.3 – До розрахунку стикового зварного шва у випадку дії згинального моменту

$$\sigma_w = \frac{M}{W_w} = \frac{6M}{l_w^2 t_{w,\min}} \leq R_{wy} \gamma_c,$$

$$W_w = \frac{t_{w,\min} l_w^2}{6}.$$

Розрахунок кутових зварних швів

А. На дію поздовжньої сили розтягу (рис. 7.4):

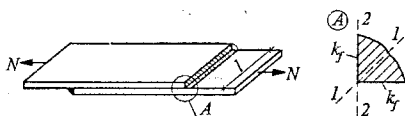


Рисунок 7.4 – Кутовий зварний шов, який працює на зріз

При кутових швах перевіряємо шов і зону біля шва.

Визначається τ_1 або τ_2 в залежності від того, який прийнято переріз:

1-1 чи 2-2.

$$\tau_1 = \frac{N}{\beta_f k_f l_w} \leq R_{wf} \gamma_{wf} \gamma_c \quad (R_{wf} - \text{табл. ДБН}),$$

$$\tau_2 = \frac{N}{\beta_z k_f l_w} \leq R_{wz} \gamma_{wz} \gamma_c \quad (R_{wz} = 0,45 R_{wn}),$$

де $k_{f,\min}$ – табл. ДБН,

$$l_w = l - 10 \text{ мм},$$

β_f, β_z – коефіцієнти проплавлення – табл. ДБН (залежить від виду зварювання: автоматичне, напіваавтоматичне, ручне): β_f – для швів, β_z – для зони біля шва.

Розрахунковий переріз шва:

1-1 $\rightarrow \beta_f R_{wf} < \beta_z R_{wz}$ – переріз проходить по металу шва;

2-2 $\rightarrow \beta_f R_{wf} > \beta_z R_{wz}$ – переріз проходить по металу границі сплавлення.

Розрахунок ведемо по одному з перерізів.

R_{wf} – розрахунковий опір кутових швів зрізу по металу шва.

R_{wz} – розрахунковий опір кутових швів зрізу по металу границі сплавлення.

k_f – катет шва.

$\beta_f = 0,7; \beta_z = 1$ – при ручному зварюванні;

$\beta_f = 0,9; \beta_z = 1,05$ – при напіваавтоматичному зварюванні;

$\beta_f = 0,5; \beta_z = 1,15$ – при автоматичному зварюванні.

Б. На дію згинального моменту (рис. 7.5, 7.6):

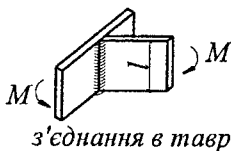


Рисунок 7.5 – До розрахунку кутового зварного шва у випадку дії згинального моменту

$$\tau_1 = \frac{M}{W_{wf}} = \frac{6M}{\beta_f k_f l_w^2} \leq R_{wf} \gamma_{wf} \gamma_c,$$

$$W_{wf} = \frac{\beta_f k_f l_w^2}{6},$$

$$\tau_2 = \frac{M}{W_{wz}} = \frac{6M}{\beta_z k_f l_w^2} \leq R_{wz} \gamma_{wz} \gamma_c.$$

Визначається τ_1 або τ_2 в залежності від того, який прийнято переріз: 1-1 чи 2-2.

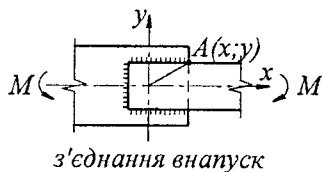


Рисунок 7.6 – До розрахунку кутового зварного шва у випадку дії згинального моменту

Спочатку визначаємо розрахунковий переріз шва. Потім визначаємо I_{f_x} , I_{f_y} і розраховуємо τ_1 або τ_2 в залежності від того, який прийнято переріз: 1-1 чи 2-2.

$$\tau_1 = \frac{M}{I_{f_x} + I_{f_y}} \sqrt{x^2 + y^2} \leq R_{wf} \gamma_{wf} \gamma_c,$$

$$\tau_2 = \frac{M}{I_{z_x} + I_{z_y}} \sqrt{x^2 + y^2} \leq R_{wz} \gamma_{wz} \gamma_c.$$

Визначення довжини шва

Основний розрахунок шва виконується для того, щоб можна було визначити довжину шва l_w :

$$l_w = N / k_f \beta R_{w_{\min}} \gamma_w \gamma_c.$$

Висновок

Після вивчення даної лекції студент повинен знати розрахунок напружень зварного шва та визначення його довжини.

Контрольні запитання

1. Що перевіряється в результаті розрахунків зварних швів?
2. Якими фізичними методами можна передбачити контроль якості зварного шва?
3. Який шов краще працює на розтяг?
4. З чого починається розрахунок зварного шва?
5. За якою формулою визначається довжина шва?
6. Яким чином можна забезпечити міцнісні характеристики зварного шва?

7. Від чого залежать коефіцієнти проплавлення?
8. В яких випадках застосовують косий шов?
9. Коли розрахунковий переріз проходить по металу шва?
10. Які існують способи зварювання?

Джерела інформації

1. Металеві конструкції : загальний курс : підручник [для вищих навчальних закладів] / [Нілов О. О., Пермяков В. О., Шимановський О. В. и др.] ; під загальною редакцією О. О. Нілова та О. В. Шимановського. – [2-е видання, перероблене і доповнене]. – К. : Видавництво «Сталь», 2010. – 869 с.
2. Металеві конструкції. Ч.1 : підручник [для вищих навчальних закладів] / [Свердлов В. Д., Середюк І. П., Середюк В. Ф., Жарко Л. О.]. – Вінниця : УНІВЕРСУМ-Вінниця, 2003. – 262 с.
3. Свердлов В. Д. Металеві конструкції. Ч.1 : навчальний посібник [для вищих навчальних закладів] / [В. Д. Свердлов, Л. О. Жарко]. – К. : ІСДО, 1994. – 192 с.
4. Металлические конструкции : общий курс : учебник [для студентов высших учебных заведений] / [Кудишин Ю. И., Беленя Е. И., Игнатьева В. С. и др.] ; под ред. Ю. И. Кудишина. – М. : Изд. центр «Академия», 2008. – 688 с.
5. Металлические конструкции : В 3-х томах. Т. 1. Элементы стальных конструкций : учеб. пособие [для строит. вузов] / [Горев В. В., Уваров Б. Ю., Филиппов В. В. и др.] ; под ред. В. В. Горева. – М. : Высш. школа, 1997. – 527 с.
6. Металлические конструкции : В 3-х томах. Т. 2. Конструкции зданий : учеб. пособие [для строит. вузов] / [Горев В. В., Уваров Б. Ю., Филиппов В. В. и др.] ; под ред. В. В. Горева. – М. : Высш. школа, 1997. – 528 с.
7. Металлические конструкции : В 3-х томах. Т. 2. Стальные конструкции зданий и сооружений : справочник проектировщика ; под общей ред. В. В. Кузнецова (ЦНИИпроектстальконструкция им. Н. П. Мельникова). – М. : Изд-во АСВ, 1998. – 512 с.
8. СНиП II-23-81*. Стальные конструкции. Нормы проектирования / Госстрой СССР. – М. : ЦИТП Госстроя СССР, 1991. – 96 с.

9. Сварные строительные конструкции : В 3-х томах. Т. 1. Основы проектирования конструкций / [Лобанов Л. М., Махненко В. И., Труфяков В. И. и др.] ; под ред. Л. М. Лобанова. – К. : Наук. думка, 1993. – 416 с.
10. Сварные строительные конструкции : В 3-х томах. Т. 2. Типы конструкций / [Шимановский В. Н., Гарф Э. Ф., Пермяков В. А. и др.] ; под ред. Л. М. Лобанова. – К. : ИЭС им. С. О. Патона, 1997. – 680 с.

Глосарій

Зварне з'єднання – ділянка конструкції, в якій окремі її частини з'єднані шляхом місцевого сплавлення або спільного пластичного деформування матеріалів цих елементів, внаслідок чого виникає міцне зчеплення матеріалів, яке ґрунтується на міжатомній взаємодії. До складу зварного з'єднання входить зварний шов, зона термічного впливу і прилеглі до неї ділянки основного металу.

Зварний шов – ділянка зварного з'єднання, утворена в наслідок кристалізації металу зварної ванни.

Стикові з'єднання є найбільш розповсюдженими майже при всіх способах зварювання, тому що дають найменші власні напруження і деформації під час зварювання. Стикові з'єднання в основному застосовують для конструкцій з листового металу. Вони потребують мінімальної витрати основного і наплавленого металу і часу на зварювання, можуть бути виконані рівномісними до основного металу.

Напускні з'єднання застосовуються переважно при дуговому зварюванні будівельних конструкцій зі сталі товщиною не більше, ніж 10 – 12 мм. Вони не потребують спеціальної обробки кромки, окрім обрізки. Рекомендується зварювати листи з обох боків, у випадку одностороннього зварювання може відбутися потрапляння вологи в щілини між листами і подальше іржавіння в цьому місці.

Таврові з'єднання широко використовуються при дуговому зварюванні; виконуються без скосу кромки та зі скосами з одного чи обох боків. Вертикальний лист повинен мати достатньо рівно обрізану кромку. При односторонньому і двосторонньому скосі кромки вертикального листа між вертикальним і горизонтальним листами залишається зазор в 2 – 3 мм для кращого провару.

Кутові з'єднання застосовуються при зварюванні різним чином попередньо оброблених кромek листів. Зварювані частини розташовують під прямим або іншим кутом і зварюють по кромках. Такі з'єднання застосовуються переважно при зварюванні резервуарів, що працюють під незначним внутрішнім тиском газу або рідини.

Прорізні з'єднання застосовують у випадку, коли довжина нормального напускного шва не забезпечує достатньої міцності. Прорізні з'єднання бувають закритого чи відкритого типу. Проріз зазвичай виконують кисневим різанням.

Торцеві (бокові) з'єднання – листи з'єднуються своїми поверхнями і зварюються по суміжних торцях.

З'єднання з накладками використовується у випадках, коли з інших причин не можуть бути замінені стиковими або напускними з'єднаннями.

З'єднання електрозаклепками міцні, але не щільні з'єднання. Верхній лист просвердлюється і отвір заварюється так, щоб був захоплений нижній лист.

Зварювання (рос. сварка, англ. welding; нім. Schweißen) – технологічний процес утворення нероз'ємного з'єднання між матеріалами при їх нагріванні або пластичному деформуванні за рахунок встановлення міжмолекулярних і міжатомних зв'язків.

Стикове зварювання – відноситься до контактного виду зварювання. Поділяють зварювання оплавленням і зварювання опором. При зварюванні опором торцеві поверхні деталей обробляють, деталі підводять одна до другої встик і вмикають струм. Після нагрівання металу в місці контакту до пластичного стану збільшують осьове зусилля. У стику відбувається пластична деформація, з'єднання утворюється без розплавлення металу. Цим способом не завжди вдається забезпечити рівномірне нагрівання деталей великого перерізу по всій площі і досить повно виділити зі стику деталей окисні плівки. Тому стикове зварювання опором застосовують тільки для з'єднання деталей малого перерізу (до 200...300 мм²): дротів, труб, прутів з низьковуглецевих сталей.

ЛЕКЦІЯ 8

БОЛТОВІ З'ЄДНАННЯ МЕТАЛЕВИХ КОНСТРУКЦІЙ

Мета і задачі: ознайомити студентів з класифікацією болтів, позначеннями за класом точності, застосуванням та надати основи розрахунку на зріз, зминання та розтяг, послідовність розрахунку високоміцних болтів.

Загальна характеристика

Металевий болт – циліндричний стержень з металу, що має спіральну різьбу та багатогранну (шестигранну або чотиригранну) чи спеціальну (наприклад, напівкруглу) голівку. Використовується для з'єднання деталей та конструкцій. Болт фіксується за допомогою шайби, гровера, гайки або безпосередньо вкручується в різьбовий отвір одної із з'єднаних деталей.

Класифікація болтів

Болти за точністю класифікують на:

- 1) грубої точності – клас “С” (відхилення $\varnothing 1$ мм);
- 2) нормальної точності – клас “В” (відхилення $\varnothing 0,52$ мм);
- 3) підвищеної точності – клас “А” (без відхилень).

Їх виготовляють з вуглецевої сталі, а високоміцні – з легованої сталі.

Позначення болтів:

За класом точності болти позначають цифрами від 4.6 до 10.9.

4.6 означає $4 \cdot 10 = \sigma_b = R_{tm}$; $4 \cdot 6 = \sigma_t = R_{yt}$ [кгс/мм²] або [кН/см²].

Діаметри: болтів 16...48 мм,

заклепок 12...30 мм.

Анкерні болти діаметром до 90 мм.

Також використовують самонарізні болти.

Для заклепок – сталь 0,9Г2, 0,9 – кількість С, Г2 – добавка марганцю 2%;

низьколегована сталь ($R_y = 300$ МПа).

Розрахунок на зріз і зминання

а) розрахунок на зріз (рис. 8.1):

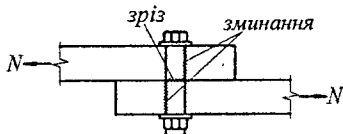


Рисунок 8.1 – Болтове з'єднання при розрахунку на зріз та зминання

$$\tau = \frac{N}{A_{bs}} \leq R_{bs} \gamma_b,$$

$$A_{bs} = \frac{\pi d^2}{4} n_b n_s,$$

де n_b – кількість болтів;

n_s – кількість площин зрізу;

R_{bs} – розрахунковий опір болтів на зріз – табл. ДБН в залежності від класу точності болтів;

γ_b – коефіцієнт умов роботи болтового з'єднання.

$$n_b \geq \frac{4N}{n_s \pi d^2 R_{bs}}.$$

Несуча здатність одного болта:

$$N_{bs} = R_{bs} A n_s \gamma_b,$$

$$A = \frac{\pi d^2}{4},$$

де A – площа бруто, $\gamma_b = 0,9$ ($n = 5 \dots 10$), $\gamma_b = 1$ ($n > 10$), $\gamma_b = 0,8$ ($n < 5$).

б) розрахунок на зминання:

$$N_{bp} = R_{bp} \gamma_b d \sum t_{\min};$$

де R_{bp} – розрахунковий опір болта на зминання;

$\sum t_{\min}$ – мінімальна сума товщин елементів, що згинаються в одному напрямку.

$$n_b = \frac{N}{N_{b_{\min}} \gamma_c},$$

де $N_{b_{\min}}$ – менше з двох: N_{bs} чи N_{bp} .

Розрахунок на розтяг

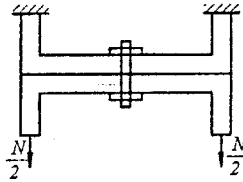


Рисунок 8.2 – Болтове з'єднання елементів, що працюють на розтяг

Зусилля розтягу болта:

$$N_{bt} = R_{bt} \gamma_b A_{bn},$$

де A_{bn} – площа болта нетто;

R_{bt} – розрахунковий опір болта на розтяг.

$$n = \frac{N}{N_{bt} \gamma_c}.$$

Розрахунок високоміцних болтів

Несуча здатність одного високоміцного болта:

$$Q_{bh} = R_{bh} \cdot \gamma_b \cdot A_{bn} \cdot \mu / \gamma_h,$$

де R_{bh} – розрахунковий опір високоміцного болта на розтяг;

$$R_{bh} = 0,7 R_{b_{\text{нн}}};$$

μ – коефіцієнт тертя;

$\mu = 0,25 \dots 0,35$ – табл. ДБН в залежності від способу обробки поверхонь;

γ_b – коефіцієнт умов роботи болтового з'єднання;

A_{bn} – площа болта нетто – табл. ДБН;

γ_h – коефіцієнт надійності, який залежить від способу обробки поверхонь, які з'єднуються, $\gamma_h = 1,02 \dots 1,7$.

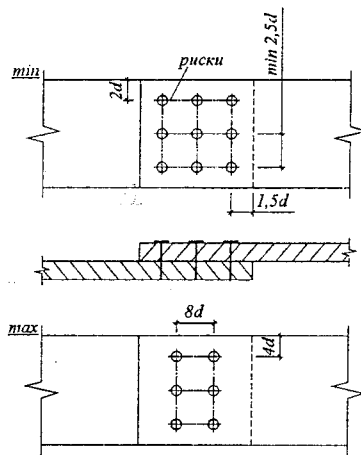


Рисунок 8.3 – Встановлення болтів по рисках

$$n = \frac{N}{Q_{bh} \gamma_c}$$

Всі розміри та відстані наведені в ДБН. Встановлення болтів виконуться по рисках (рис. 8.3). Болти можуть бути розташовані також у шахматному порядку.

Висновок

Після вивчення даної лекції студент повинен знати класифікацію болтів, позначення за класом точності, застосування та основи розрахунку на зріз, зминання та розтяг, послідовність розрахунку високоміцних болтів.

Контрольні запитання

1. Що таке болт?
2. Як класифікують болти за точністю?
3. З якого матеріалу виготовляють звичайні болти?
4. Для яких цілей застосовуються болти?
5. Які потрібно знати основні формули для розрахунку болтового з'єднання?
6. У чому полягають особливості розрахунку болтового з'єднання?

7. На які основні види робіт працюють болтові з'єднання?
8. З чого починається розрахунок болтового з'єднання?
9. Чим характерна несуча здатність одного болта?
10. Яке можливе розташування болтів і яке на вашу думку краще?

Джерела інформації

1. Металеві конструкції : загальний курс : підручник [для вищих навчальних закладів] / [Нілов О. О., Пермяков В. О., Шимановський О. В. і др.] ; під загальною редакцією О. О. Нілова та О. В. Шимановського. – [2-е видання, перероблене і доповнене]. – К. : Видавництво «Сталь», 2010. – 869 с.
2. Металеві конструкції. Ч.1 : підручник [для вищих навчальних закладів] / [Свердлов В. Д., Середюк І. П., Середюк В. Ф., Жарко Л. О.]. – Вінниця : УНІВЕРСУМ-Вінниця, 2003. – 262 с.
3. Свердлов В. Д. Металеві конструкції. Ч.1 : навчальний посібник [для вищих навчальних закладів] / [В. Д. Свердлов, Л. О. Жарко]. – К. : ІСДО, 1994. – 192 с.
4. Металлические конструкции : общий курс : учебник [для студентов высших учебных заведений] / [Кудишина Ю. И., Беленя Е. И., Игнатъева В. С. и др.] ; под. ред. Ю. И. Кудишина. – М. : Изд. центр «Академия», 2008. – 688 с.
5. Металлические конструкции : В 3-х томах. Т. 1. Элементы стальных конструкций : учеб. пособие [для строит. вузов] / [Горев В. В., Уваров Б. Ю., Филиппов В. В. и др.] ; под ред. В. В. Горева. – М. : Высш. школа, 1997. – 527 с.
6. Металлические конструкции : В 3-х томах. Т. 2. Конструкции зданий : учеб. пособие [для строит. вузов] / [Горев В. В., Уваров Б. Ю., Филиппов В. В. и др.] ; под ред. В. В. Горева. – М. : Высш. школа, 1997. – 528 с.
7. Металлические конструкции : В 3-х томах. Т. 2. Стальные конструкции зданий и сооружений : справочник проектировщика ; под общей ред. В. В. Кузнецова (ЦНИИпроектстальконструкция им. Н. П. Мельникова). – М. : Изд-во АСВ, 1998. – 512 с.

8. СНиП II-23-81*. Стальные конструкции. Нормы проектирования / Госстрой СССР. – М. : ЦИТП Госстроя СССР, 1991. – 96 с.

Глосарій

Болт – циліндричний стержень, що має спіральну різьбу та багатогранну (шестигранну або чотиригранну) чи спеціальну (наприклад, напівкруглу) головку. Використовується для з'єднання деталей та конструкцій. Болт фіксується за допомогою шайби, гровера, гайки або безпосередньо вкручується в різьбовий отвір одної із з'єднуваних деталей.

Болти грубої точності – клас “С” (відхилення $\varnothing 1$ мм).

Болти нормальної точності – клас “В” (відхилення $\varnothing 0,52$ мм).

Болти підвищеної точності – клас “А” (без відхилень).

Анкерний болт – закріплююча деталь, яка призначена для з'єднання з фундаментом будівельних конструкцій.

Заклепка – це кріпильний виріб у формі гладкого циліндричного стрижня з головкою на одному кінці, що служить для одержання нероз'ємного з'єднання за рахунок утворення головки на іншому кінці стрижня пластичною деформацією.

ЛЕКЦІЯ 9

МЕТАЛЕВІ БАЛКИ І БАЛКОВІ КОНСТРУКЦІЇ

Мета і задачі: ознайомити студентів із загальними відомостями балок та балкових конструкцій, з типами з'єднань балкових кліток, їх застосуванням та надати конструктивні рішення, основи розрахунку прокатних балок, балок настигу.

Загальні відомості

Балками називають суцільні елементи, які працюють на згин. Їх використовують в конструкціях громадських і промислових будівель, балкових площадках, міжповерхових перекриттях, мостах, у вигляді підкранових балок.

При прогонах до 18 м балки дуже ефективні. Для більших прогонів їх не використовують. Основний профіль балок – це двотавр, однак може бути і швелер. Для порівняння різних перерізів визначається $\rho = W/A$.

За цим показником двотавр переважає: прямокутник в 2 рази, а круглий профіль в 3 рази, тобто ядрова відстань у двотавра значно більша ($\rho_I = 0,33 \dots 0,42h$), $\rho_\phi = 0,125\phi$, $\rho_U = 0,17h$).

Основні перерізи балок (рис. 9.1):

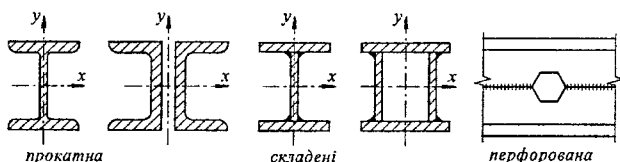


Рисунок 9.1 – Основні перерізи балок

Також можуть використовуватись із гнучого профілю, бісталеві (із різної сталі), попередньо напружені.

За статичною роботою балки поділяють на:

1) розрізні (рис. 9.2):



Рисунок 9.2 – Схема розрізної балки

2) нерозрізні (рис. 9.3):

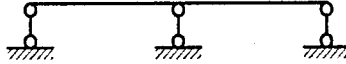


Рисунок 9.3 – Схема нерозрізної балки

3) консольні (рис. 9.4):

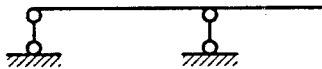


Рисунок 9.4 – Схема консольної балки

Нерозрізні і консольні мають менші витрати металу, але складніші у виготовленні і монтажі. Перевага розрізних у тому, що вони не реагують на осідання опор і температурні коливання.

Окремо балки використовуються рідко, а в основному – у вигляді балкової клітки.

Балкова клітка – це система несучих балок, що входять до складу конструкції перекриття робочих площадок проїзної частини мостів та інших конструкцій.

Балкова клітка складається з основних і другорядних балок. Головні – це ті, які передають навантаження на опори, другорядні – це ті, які спираються на головні.

На балкову клітку спирають настил (металевий лист чи з/б плити).

Є три типи балкової клітки:

1) спрощений (рис. 9.5 при невеликих прогонах):

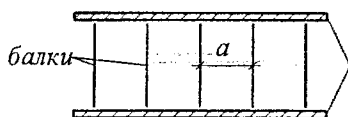


Рисунок 9.5 – Спрощений тип балкової клітки

$a = 0,6 \dots 1,6$ м (мет. плоский настил)
 $a = 3 \dots 6$ м (мет. профільований настил) } $t = 6 \dots 14$ мм
 $a = 1,5 \dots 3$ м (з/б настил)
 $\delta = 8 \div 16$ см
 2) нормальний (рис. 9.6):



Рисунок 9.6 – Нормальний тип балкової клітки

3) ускладнений (рис. 9.7):

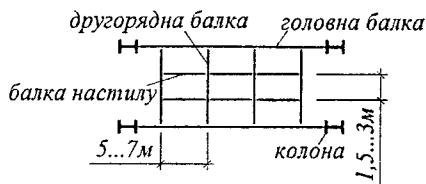


Рисунок 9.7 – Ускладнений тип балкової клітки

Типи з'єднань елементів балкової клітки

Є три типи з'єднань:

1) поверхове (рис. 9.8):

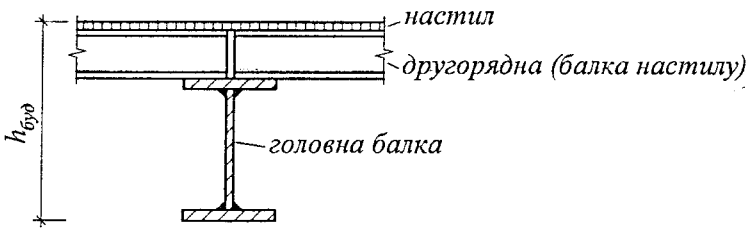


Рисунок 9.8 – Поверхове з'єднання елементів балкової клітки

Перевага: простіший монтаж.

Недолік: велика будівельна висота;

2) на одному рівні (рис. 9.9):

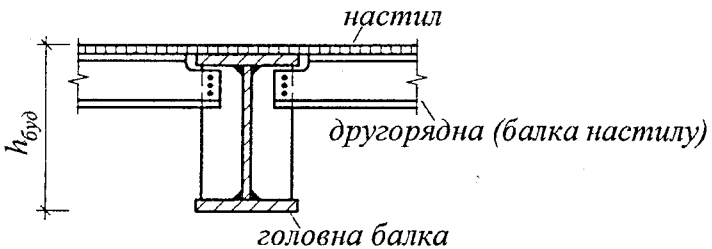


Рисунок 9.9 – З'єднання елементів балкової клітки на одному рівні

Перевага: збільшується висота головної балки при заданій будівельній висоті.

Недолік: ускладнена конструкція обпирання балок;

3) понижене (рис. 9.10):

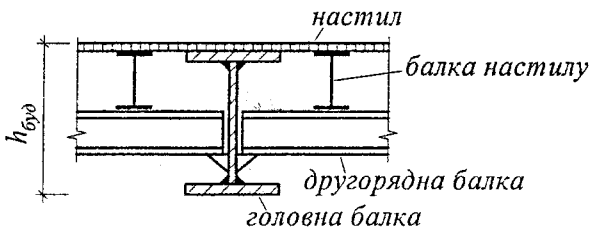


Рисунок 9.10 – Понижене з'єднання елементів балкової клітки

Цей тип з'єднань використовується у балкових клітках ускладненого типу.

Розрахунок настилу

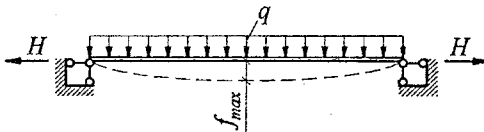


Рисунок 9.11 – Розрахункова схема настилу

Настил – це металеві листи чи залізобетонні плити (рис. 9.11).

Це один раз статично невизначена система.

Товщина настилу приймається в залежності від q_0 (кН/м²) і знаходиться в межах 6...14 мм.

$$q_0 \leq 10 \text{ кН/м}^2 \Rightarrow t = 6 \text{ мм,}$$

$$q_0 > 30 \text{ кН/м}^2 \Rightarrow t = 14 \text{ мм.}$$

Переміщення настилу:

$$f = \frac{5}{384} \frac{q_0 l^4}{EI} \leq f_u = \frac{1}{n_0} l = \frac{1}{150} l.$$

Розрахунок прокатних балок (балок настилу)

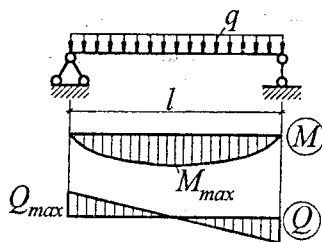


Рисунок 9.12 – Розрахункова схема балки настилу

$$M_{\max} = \frac{ql^2}{8}.$$

При згині в площині стінки:

$$W_{\text{номр}} = \frac{M_{\max}}{1,12R_y \cdot \gamma_c}.$$

При згині в площинах полицок:

$$W_{\text{номр}} = \frac{M_{\max}}{1,2R_y \cdot \gamma_c}.$$

За $W_{\text{номр},\min}$ підбираємо номер перерізу: $W > W_{\text{номр},\min}$.

$$\sigma = \frac{M_{\max}}{c_1 W_{\text{за сортам.}}} \leq R_y \cdot \gamma_c,$$

де $c_1 = 1,12$,

$$\tau = \frac{Q_{\max} \cdot S}{I \cdot t} \leq R_s \gamma_c,$$

$$R_s = 0,58R_y,$$

$$f = \frac{5}{384} \frac{q_0 l^4}{EI} \leq f_u = \frac{1}{n_0} l = \frac{1}{250} l.$$

Висновок

Після вивчення даної лекції студент повинен знати загальні відомості про балки та балкові конструкції, типи з'єднань балкових кліток, їх застосування, конструктивні рішення, основи розрахунку прокатних балок, балок настилу.

Контрольні запитання

1. Що називають балкою?
2. Для яких цілей застосовуються балкові конструкції?
3. У чому полягають переваги балкових конструкцій?
4. Які є недоліки балкових конструкцій?
5. При яких прогонах балки дуже ефективні?
6. Який основний профіль використовують для балок?
7. На які три типи за статичною роботою поділяють балки?
8. Якими бувають перерізи балок?
9. Скільки є типів балкових кліток?
10. У який спосіб з'єднують елементи балкових кліток?

Джерела інформації

1. Металеві конструкції : загальний курс : підручник [для вищих навчальних закладів] / [Нілов О. О., Пермьков В. О., Шимановський О. В. и др.] ; під загальною редакцією О. О. Нілова та О. В. Шимановського. – [2-е видання, перероблене і доповнене]. – К. : Видавництво «Сталь», 2010. – 869 с.
2. Металеві конструкції. Ч.1 : підручник [для вищих навчальних закладів] / [Свердлов В. Д., Середюк І. П., Середюк В. Ф., Жарко Л. О.]. – Вінниця : УНІВЕРСУМ-Вінниця, 2003. – 262 с.
3. Свердлов В. Д. Металеві конструкції. Ч.1 : навчальний посібник [для вищих навчальних закладів] / [В. Д. Свердлов, Л. О. Жарко]. – К. : ІСДО, 1994. – 192 с.
4. Металлические конструкции : общий курс : учебник [для студентов высших учебных заведений] / [Кудишин Ю. И., Беленя Е. И., Игнатьева В. С. и др.] ; под ред. Ю. И. Кудишина. – М. : Изд. центр «Академия», 2008. – 688 с.
5. Металлические конструкции : В 3-х томах. Т. 1. Элементы стальных конструкций : учеб. пособие [для строит. вузов] / [Горев В. В., Уваров Б. Ю., Филиппов В. В. и др.] ; под ред. В. В. Горева. – М. : Высш. школа, 1997. – 527 с.
6. Металлические конструкции : В 3-х томах. Т. 2. Конструкции зданий : учеб. пособие [для строит. вузов] / [Горев В. В., Уваров Б. Ю., Филиппов В. В. и др.] ; под ред. В. В. Горева. – М. : Высш. школа, 1997. – 528 с.

7. Металлические конструкции : В 3-х томах. Т. 2. Стальные конструкции зданий и сооружений : справочник проектировщика ; под общей ред. В. В. Кузнецова (ЦНИИпроектстальконструкция им. Н. П. Мельникова). – М. : Изд-во АСВ, 1998. – 512 с.
8. СНиП II-23-81*. Стальные конструкции. Нормы проектирования / Госстрой СССР. – М. : ЦИТП Госстроя СССР, 1991. – 96 с.
9. ДБН В.1.2-2:2006. Навантаження і впливи. Норми проектування / Мінбудархітектури України. – К. : Видавництво «Сталь», 2006. – 59 с.
10. Сварные строительные конструкции : В 3-х томах. Т. 1. Основы проектирования конструкций / [Лобанов Л. М., Махненко В. И., Труфяков В. И. и др.] ; под ред. Л. М. Лобанова. – К. : Наук. думка, 1993. – 416 с.
11. Сварные строительные конструкции : В 3-х томах. Т. 2. Типы конструкций / [Шимановский В. Н., Гарф Э. Ф., Пермяков В. А. и др.] ; под ред. Л. М. Лобанова. – К. : ИЭС им. С. О. Патона, 1997. – 680 с.
12. ДБН В.1.2-14-2009. Загальні принципи забезпечення надійності та конструктивної безпеки будівель, споруд, будівельних конструкцій та основ. – К. : Мінрегіонбуд України, 2009. – 37 с.

Глосарій

Балка – судільний елемент, який працює переважно на поперечне згинання і сприймає навантаження, розташоване в прогоні, передаючи його на опори.

Балкова клітка – це система несучих балок, що входять до складу конструкції перекриття робочих площадок проїзної частини мостів та інших конструкцій.

Спрощена схема балкової клітки – тільки один тип балок – головні балки. Таку схему балкової клітки раціонально використовувати при невеликих прогонах.

Нормальна схема балкової клітки – головні балки, що спираються на колони та використовуються балки настилу.

Ускладнена схема балкової клітки – три типи балок: головні, другорядні і балки настилу.

Поверхове розташування – балки настилу безпосередньо спираються на головні зверху.

Розташування в рівень – розташування балок настилу на одному рівні з головними балками.

Понижене розташування – розташування другорядних балок і на одному рівні балок настилу.

ЛЕКЦІЯ 10

РОЗРАХУНОК СКЛАДЕНИХ МЕТАЛЕВИХ БАЛОК

Мета і задачі: ознайомити студентів з розрахунком складених балок, а саме: з визначенням їхньої висоти, товщини стінки, розмірів поясів (поличок) балки та з перевіркою міцності підбраного перерізу балок, зі зміною перерізу балки.

Визначення висоти балки

Розрахунок складених балок виконується методами будівельної механіки.

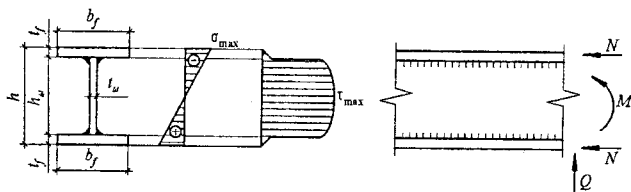


Рисунок 10.1 – Переріз складеної балки

Компонування перерізу складеної балки (рис. 10.1) починається з визначення висоти балки, від якої залежать інші параметри.

Висоту балки визначають з таких умов:

- 1) урахування мінімальної ваги балки (економічні міркування);
- 2) забезпечення потрібної жорсткості балки (максимально допустимий прогин);
- 3) будівельна висота перекриття.

Розглядаючи розподіл напружень по висоті балки, можна побачити, що:

- 1) 96...98% Q сприймається стінкою, тому ділянки епюри дотичних напружень, які є у межах поясів не враховують;
- 2) 80...90% M сприймається поясами балки, перерізи яких залежать від висоти балки (чим вище балка, тим менші перерізи поясів).

Оптимальна висота – це висота, при якій маса стінки дорівнює масі поясів балки.

За методикою М. С. Стрелецького:

$$h_{opt} = k \sqrt{W_{номп} / t_w},$$

$$W_{номп} = \frac{1,03 M_{max}}{R_y \cdot \gamma_c},$$

$$t_w = \frac{7 + 3h}{1000},$$

де $h = (1/7 \dots 1/10)L$;

$k = 1$ для зварних балок змінного перерізу;

$k = 1,2 \dots 1,15$ для зварних балок постійного перерізу.

Буває навіть висота $h = 6$ м.

Мінімальна висота визначається жорсткістю балки, тобто її граничним прогином (II граничний стан).

$$h_{min} = \frac{Ln_0}{4800} \cdot \frac{1}{\gamma_{f,сеп}} \cdot \frac{R_y}{20,6},$$

де $n_0 = 400$;

$\gamma_{f,сеп} = 1,18$;

$$f = \frac{5 q_0 l^4}{384 EI_x} \leq f_n = \frac{1}{n_0} l.$$

Конструктивні умови: $h = (\pm 5 \dots 10\%) h_{opt}$; $h \geq h_{min}$; $h \leq h_{констр}$.

При поверхневому з'єднанні ГБ і БН:

$$h_{констр.1} = h_{max} - h_{БН} - t_n.$$

При з'єднанні балок в одному рівні:

$$h_{констр.2} = h_{max} - t_n.$$

Визначення товщини стінки балки

Формула Журавського:

$$\tau = \frac{Q_{max} \cdot S}{I_w} \leq R_s \cdot \gamma_c,$$

$$t_{wmin} = \frac{k Q_{max}}{h_w R_s \gamma_c},$$

де $k = 1,5$ (при роботі стінки на зріз без урахування поясів);

$k = 1,2$ (з урахуванням поясів).

Відношення I/S називається плечем пари сил, $I/S = 0,85 h_w$,

$$t_{w\min} = \frac{Q_{\max}}{R_s \gamma_c} \cdot \frac{I}{S} = \frac{Q_{\max}}{R_s \gamma_c} / 0,85 h_w = \frac{Q_{\max}}{R_s 0,85 h_w \gamma_c} = \frac{1}{0,85} \frac{Q_{\max}}{R_s h_w \gamma_c} = \frac{1,2 Q_{\max}}{R_s h_w \gamma_c},$$

$$t_{w\min} = 8 \text{ мм.}$$

Товщину стінки слід брати: $t_w = 8 \dots 12$ мм (через 1 мм); $t_w > 12$ мм (через 2 мм).

$$t_{w\min} = (h_w / \bar{\lambda}_w) \sqrt{R_y / E},$$

де $\bar{\lambda}_w = 5,5$ (для стійкості стінки без укріплення її поздовжніми ребрами).

Визначення розмірів поясів (полічок) балки

$$W_f = 2A_f \left(\frac{h_w}{2} \right),$$

$$W_w = \frac{t_w h_w^2}{6},$$

$$W_{mn} = W_f + W_w = 2A_f \left(\frac{h_w}{2} \right) + \frac{t_w h_w^2}{6} = A_f h_w + \frac{t_w h_w^2}{6},$$

$$A_f = \frac{W_{mn}}{h_w} - \frac{t_w h_w^2}{6 h_w} = \frac{W_{номп}}{h_w} - \frac{1}{6} t_w h_w,$$

$$t_f \leq (2 \dots 3) t_w; b_f = A_f / t_f,$$

$$b_f = \left(\frac{1}{3} \dots \frac{1}{5} \right) h_w, b_f \geq 180 \text{ мм.}$$

Місцева стійкість полічки:

$$b_{ef} / t_f \leq 0,5 \sqrt{E / R_y},$$

$$b_{ef} = (b_f - t_w) / 2.$$

Розрахунок міцності підбраного перерізу балки

$$I_x = \frac{t_w h_w^3}{12} + 2b_f t_f \left(\frac{h_w + t_f}{2} \right)^2,$$

$$W_x = 2I_x / h,$$

$$h = h_w + 2t_f,$$

$$\sigma = \frac{1,03M_{\max}}{W_x} \leq R_y \gamma_c,$$

$$\Delta = \frac{R_y \gamma_c - \sigma}{R_y \gamma_c} 100\% < 5\%.$$

Зміна перерізу балки

Переріз балки, підбраний за M_{\max} , як правило, зменшують на деякій відстані від опор. Це робиться з метою зменшення трудомісткості виготовлення в балках прогоном $l \geq 10 \dots 12$ мм.

Є три способи зміни перерізу:

- 1) зменшення ширини поясів (рис. 10.2):

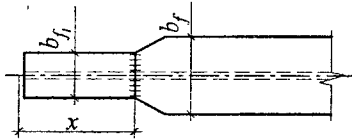


Рисунок 10.2 – Зменшення ширини поясів балки

- 2) зменшення товщини поясів (рис. 10.3):

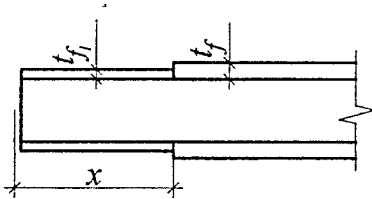


Рисунок 10.3 – Зменшення товщини поясів балки

- 3) зменшення висоти стінки (рис. 10.4):

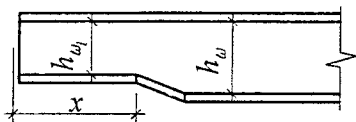


Рисунок 10.4 – Зменшення висоти стінки балки

Алгоритм розрахунку:

$$x = \left(\frac{1}{6} \dots \frac{1}{7} \right) l,$$

$$M_x, Q_x,$$

$$W_{x1} = \frac{M_x}{R_{wy} \gamma_c},$$

$$R_{wy} = 0,85 R_y,$$

$$A_{f1, \text{норм}} = \frac{W_{x1}}{h_w} - \frac{h_w t_w}{6},$$

$$b_{f1} = \frac{A_{f1, \text{норм}}}{t_f},$$

$$t_{f1} = \frac{A_{f1, \text{норм}}}{b_f}.$$

Конструктивні умови: $b_{f1} \geq 180 \dots 200$ мм,

$$b_{f1} \geq h_w / 10,$$

$$b_{f1} \geq 0,5 b_f,$$

або для 2-го випадку

$$t_{f1} \geq 0,5 t_f,$$

$$I_{x1} = \frac{t_w h_w^3}{12} + 2 b_{f1} t_f \left(\frac{h_w + t_f}{2} \right)^2.$$

Остаточню приймаємо зменшений розмір b_{f1} або t_{f1} , узгоджений із сортаментом. Якщо розрахунок ведеться за 3-ою схемою, то до 3 пункту всі пункти зберігаються.

$$I_{x1} = \frac{W_{x1} h}{2},$$

$$I_{w1, \text{норм}} = I_{x1} - I_f,$$

$$\text{де } I_f = 2b_f t_f \left(\frac{h_w + t_f}{2} \right)^2,$$

$$I_{w1} = \frac{t_w h_{w1}^3}{12} \Rightarrow h_{w1} = \sqrt[3]{\frac{12I_{w1}}{t_w}}.$$

Конструктивні умови: $h_{w1} \geq 0,5h_w$.

Остаточню приймають h_{w1} зменшений і узгоджений.

Далі виконують перевірки:

$$\sigma_{x1} = M_x h_w / 2I_{x1},$$

$$\tau_{x1} = Q_x / t_w h_w.$$

На опорі:

$$\tau = Q_{\max} S / I_{x1} t_w \leq R_s \gamma_c,$$

$$\sigma_{red} = \sqrt{\sigma_{x1}^2 + 3\tau_{x1}^2} \leq 1,15R_y \gamma_c,$$

$$S = \frac{t_w h_w^2}{8} + b_f t_f \left(\frac{h_w + t_f}{2} \right).$$

Висновок

Після вивчення даної лекції студент повинен знати розрахунок складених балок, а саме: визначення їхньої висоти, товщини стінки, розмірів поясів (полічок) балок та перевірку міцності підбраного перерізу балки, особливості зміни перерізу балки.

Контрольні запитання

1. За яких умов визначають висоту балки?
2. Що таке оптимальна висота балки?
3. Якою методикою користуються при визначенні оптимальної висоти?
4. Чим визначається мінімальна висота балки?
5. Як визначається товщина стінки балки?
6. У який спосіб розраховується міцність підбраного перерізу балки?
7. З якою метою зменшують переріз балки на деякій відстані від опор?
8. Скільки є способів зміни перерізу балки?

9. Для чего уменьшают толщину поясов балки?
10. Які приймають конструктивні умови в зменшені висоти стінки балки?

Джерела інформації

1. Металеві конструкції : загальний курс : підручник [для вищих навчальних закладів] / [Нілов О. О., Пермяков В. О., Шимановський О. В. и др.]; під загальною редакцією О. О. Нілова та О. В. Шимановського. – [2-е видання, перероблене і доповнене]. – К. : Видавництво «Сталь», 2010. – 869 с.
2. Металеві конструкції. Ч.1 : підручник [для вищих навчальних закладів] / [Свердлов В. Д., Середюк І. П., Середюк В. Ф., Жарко Л. О.]. – Вінниця : УНІВЕРСУМ-Вінниця, 2003. – 262 с.
3. Свердлов В. Д. Металеві конструкції. Ч.1 : навчальний посібник [для вищих навчальних закладів] / [В. Д. Свердлов, Л. О. Жарко]. – К. : ІСДО, 1994. – 192 с.
4. Металлические конструкции : общий курс : учебник [для студентов высших учебных заведений] / [Кудишин Ю. И., Беленя Е. И., Игнатьева В. С. и др.]; под ред. Ю. И. Кудишина. – М. : Изд. центр «Академия», 2008. – 688 с.
5. Металлические конструкции : В 3-х томах. Т. 1. Элементы стальных конструкций : учеб. пособие [для строит. вузов] / [Горев В. В., Уваров Б. Ю., Филиппов В. В. и др.]; под ред. В. В. Горева. – М. : Высш. школа, 1997. – 527 с.
6. Металлические конструкции : В 3-х томах. Т. 2. Конструкции зданий : учеб. пособие [для строит. вузов] / [Горев В. В., Уваров Б. Ю., Филиппов В. В. и др.]; под ред. В. В. Горева. – М. : Высш. школа, 1997. – 528 с.
7. Металлические конструкции : В 3-х томах. Т. 2. Стальные конструкции зданий и сооружений : справочник проектировщика ; под общей ред. В. В. Кузнецова (ЦНИИпроектстальконструкция им. Н. П. Мельникова). – М. : Изд-во АСВ, 1998. – 512 с.
8. СНиП II-23-81*. Стальные конструкции. Нормы проектирования / Госстрой СССР. – М. : ЦИТП Госстроя СССР, 1991. – 96 с.

9. Сварные строительные конструкции : В 3-х томах. Т. 1. Основы проектирования конструкций / [Лобанов Л. М., Махненко В. И., Труфяков В. И. и др.] ; под ред. Л. М. Лобанова. – К. : Наук. думка, 1993. – 416 с.
10. Сварные строительные конструкции : В 3-х томах. Т. 2. Типы конструкций / [Шимановский В. Н., Гарф Э. Ф., Пермяков В. А. и др.] ; под ред. Л. М. Лобанова. – К. : ИЭС им. Є. О. Патона, 1997. – 680 с.
11. ДБН В.1.2-14-2009. Загальні принципи забезпечення надійності та конструктивної безпеки будівель, споруд, будівельних конструкцій та основ. – К. : Мінрегіонбуд України, 2009. – 37 с.

Глосарій

Балка – суцільний елемент, який працює переважно на поперечне згинання і сприймає навантаження, розташоване в прогоні, передаючи його на опори.

Компонування перерізу складеної балки – визначення висоти балки, від якої залежать інші параметри.

Зміна перерізу складеної балки – зменшення ширини поясів, зменшення товщини поясів, зменшення висоти стінки.

Оптимальна висота перерізу складеної балки – це висота, при якій маса стінки дорівнює масі поясів балки.

Конструктивні умови – умови, які регламентовані ДБН.

ЛЕКЦІЯ 11

УМОВИ МІЦНОСТІ І СТІЙКОСТІ СКЛАДЕНИХ МЕТАЛЕВИХ БАЛОК

Мета і задачі: ознайомити студентів з розрахунком складених балок, а саме: з перевіркою міцності балок, із загальною стійкістю балок, з місцевою стійкістю полиць балок та стінок.

Перевірка міцності балок

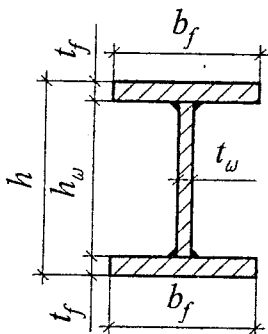


Рисунок 11.1 – Поперечний переріз розрізних балок

$$\sigma = \frac{M_{\max}}{W_{\min}} \leq R_y \gamma_c,$$

$$\tau = \frac{Q_{\max} S}{I_w} \leq R_s \gamma_c,$$

$$\sigma_{\text{прис}} = \sqrt{\sigma_1^2 + 3\tau_1^2} \leq 1,15 R_y \gamma_c.$$

Моменти і поперечні сили беруться на опорі нерозрізних балок, а також у місці зміни перерізу розрізних балок (рис. 11.1);

σ_1 ; τ_1 – напруження на рівні поясних швів.

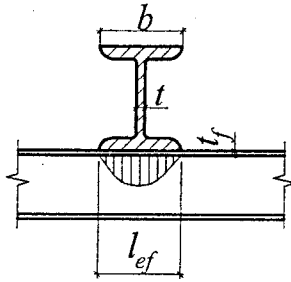


Рисунок 11.2 – Змінання стінки балки від дії місцевого навантаження

$$\sigma_{loc} = \frac{F}{tl_{ef,loc}} \leq R_y \gamma_c,$$

$$l_{ef,loc} = b + 2t_f.$$

В цьому випадку:

$$\sigma_{прив} = \sqrt{\sigma_1^2 + \sigma_{loc}^2 - \sigma_1 \sigma_{loc} + 3\tau_1^2} \leq 1,15 R_y \gamma_c.$$

Якщо ця перевірка не виконується, то стінку балки підкріплюють ребрами жорсткості.

Перевірка загальної стійкості балок

Ця перевірка виконується тоді, коли верхній пояс не закріплений від поперечних зміщень.

$$\sigma = \frac{M}{\varphi_b W_c} \leq R_y \gamma_c,$$

де φ_b залежить від розвинутості верхнього пояса (табл. ДБН);

W_c слід визначати для верхнього пояса.

Перевірка місцевої стійкості полиць балок

Місцева стійкість стиснутого пояса забезпечується при підборі перерізу:

$$\frac{b_{ef}}{t_f} \leq 0,5 \sqrt{\frac{E}{R_y}},$$

$$b_{ef} = \frac{b_f}{2} - \frac{t_w}{2}.$$

З урахуванням розвитку пластичних деформацій стійкість пояса знижується:

$$\frac{b_{ef}}{t_f} \leq 0,11 \frac{h_{ef}}{t_w},$$

але не більше:

$$0,5 \sqrt{\frac{E}{R_y}},$$

$$h_{ef} = h_w + t_f.$$

Якщо товста стінка, то:

$$\frac{h_{ef}}{t_w} \leq 2,7 \sqrt{\frac{E}{R_y}},$$

$$\frac{b_{ef}}{t_f} \leq 0,3 \sqrt{\frac{E}{R_y}}.$$

Перевірка місцевої стійкості стінки

$$\sigma_{cr} = c_{cr} \frac{R_y}{\bar{\lambda}_w^2},$$

$c_{cr} = f(\delta)$ (табл. ДБН),

$\bar{\lambda}_w = \bar{\lambda}_{ef}$ ДБН =>

$$\bar{\lambda}_{ef} = \frac{h_{ef}}{t_w} \sqrt{\frac{R_y}{E}} > 3,2,$$

– ставимо поперечні (вертикальні) ребра жорсткості при визначенні τ ;

$$\bar{\lambda}_{ef} = \frac{h_{ef}}{t_w} \sqrt{\frac{R_y}{E}} > 5,5,$$

– ставимо поздовжні (горизонтальні) ребра жорсткості при визначенні σ .

$\bar{\lambda}_{ef}$ – умовна гнучкість;

$$\sigma \leq \sigma_{cr} \gamma_c.$$

Стійкість стінки досягається не збільшенням t_w , а підкріпленням її поперечними ребрами жорсткості. Ці ребра ділять стінку на відсіки, які втрачають стійкість незалежно один від одного.

Крім поперечних, якщо $\sigma > \sigma_{cr} \gamma_c$, іноді використовують поздовжні ребра жорсткості, однак, як правило, збільшують товщину стінки.

У приопорних відсіках:

$$\tau_{cr} = 10,3 \left(1 + \frac{0,76}{\mu^2} \right) \frac{R_s}{\bar{\lambda}_{ef}^2},$$

$$\tau \leq \tau_{cr} \gamma_c,$$

$$\tau = \frac{Q}{h_w t_w},$$

де μ – відношення більшої сторони відсіку до меншої.

При спільній дії напружень σ і τ здійснюють перевірку стійкості стінки за формулою:

$$\sqrt{(\sigma/\sigma_{cr})^2 + (\tau/\tau_{cr})^2} \leq \gamma_c, (\bar{\lambda}_w \geq 3,2),$$

а при дії ще й місцевих напружень за формулою:

$$\sqrt{(\sigma/\sigma_{cr} + \sigma_{loc}/\sigma_{loc,cr})^2 + (\tau/\tau_{cr})^2} \leq \gamma_c, (\bar{\lambda}_w \geq 2,5).$$

$$\sigma_{loc} = \frac{c_1 R_y}{\bar{\lambda}_a^2},$$

$$c_1 = f \left(a/h_{ef}; \sigma_{loc}/\sigma; \delta; \bar{\lambda} = \frac{a}{t_w} \sqrt{\frac{R_y}{E}} \right),$$

де a – відстань між поперечними ребрами,

$$a = 2h_{ef}.$$

Проте поздовжні ребра повинні бути на відстані $(0,2 \dots 0,25)h_w$ від стиснутого пояса.

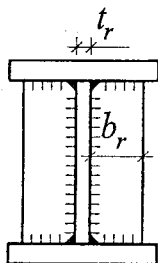


Рисунок 11.3 – Балка з парними симетричними ребрами

Для односторонніх несиметричних ребер:

$$b_r = \frac{h_{ef}}{24} + 50.$$

Для парних (рис. 11.3) симетричних ребер:

$$b_r = \frac{h_{ef}}{30} + 40,$$

$$t_r \geq 2b_r \sqrt{\frac{R_y}{E}}.$$

Алгоритм розрахунку складеної балки:

- 1) вибір розмірів;
- 2) зміна перерізу;
- 3) перевірка міцності;
- 4) перевірка загальної стійкості (при необхідності);
- 5) перевірка стійкості на місцеві навантаження;
- 6) стійкість стінки;
- 7) стійкість полиць;
- 8) стики балок;
- 9) з'єднання і обпирання балок.

Висновок

Після вивчення даної лекції студент повинен знати розрахунок складених балок, перевірку міцності балок, загальну стійкість балок, місцеву стійкість полиць балок та стінок.

Контрольні запитання

1. Що являє собою перевірка міцності балки?
2. Які виникають напруження на рівні поясних швів?
3. За яких умов стінку балки підкріплюють ребрами жорсткості?
4. Коли виконується перевірка загальної стійкості балки?
5. Від чого залежить φ_b ?
6. З урахуванням якої деформації стійкість пояса знижується?
7. Для яких цілей застосовуються підсилення балки ребрами жорсткості?
8. У чому полягають переваги ребер жорсткості?
9. За якою формулою перевіряють стійкість стінки?
10. Який алгоритм розрахунку складеної балки?

Джерела інформації

1. Металеві конструкції : загальний курс : підручник [для вищих навчальних закладів] / [Нілов О. О., Пермяков В. О., Шимановський О. В. и др.] ; під загальною редакцією О. О. Нілова та О. В. Шимановського. – [2-е видання, перероблене і доповнене]. – К. : Видавництво «Сталь», 2010. – 869 с.
2. Металеві конструкції. Ч.1 : підручник [для вищих навчальних закладів] / [Свердлов В. Д., Середюк І. П., Середюк В. Ф., Жарко Л. О.]. – Вінниця : УНІВЕРСУМ-Вінниця, 2003. – 262 с.
3. Свердлов В. Д. Металеві конструкції. Ч.1 : навчальний посібник [для вищих навчальних закладів] / [В. Д. Свердлов, Л. О. Жарко]. – К. : ІСДО, 1994. – 192 с.
4. Металлические конструкции : общий курс : учебник [для студентов высших учебных заведений] / [Кудишин Ю. И., Беленя Е. И., Игнатьева В. С. и др.] ; под ред. Ю. И. Кудишина. – М. : Изд. центр «Академия», 2008. – 688 с.
5. Металлические конструкции : В 3-х томах. Т. 1. Элементы стальных конструкций : учеб. пособие [для строит. вузов] / [Горев В. В., Уваров Б. Ю., Филиппов В. В. и др.] ; под ред. В. В. Горева. – М. : Высш. школа, 1997. – 527 с.
6. Металлические конструкции : В 3-х томах. Т. 2. Конструкции зданий : учеб. пособие [для строит. вузов] / [Горев В. В., Уваров Б. Ю., Филиппов В. В. и др.] ; под ред. В. В. Горева. – М. : Высш. школа, 1997. – 528 с.
7. Металлические конструкции : В 3-х томах. Т. 2. Стальные конструкции зданий и сооружений : справочник проектировщика ; под общей ред. В. В. Кузнецова (ЦНИИпроектстальконструкция им. Н. П. Мельникова). – М. : Изд-во АСВ, 1998. – 512 с.
8. СНиП II-23-81*. Стальные конструкции. Нормы проектирования / Госстрой СССР. – М. : ЦИТП Госстроя СССР, 1991. – 96 с.
9. Сварные строительные конструкции : В 3-х томах. Т. 1. Основы проектирования конструкций / [Лобанов Л. М., Махненко В. И., Труфяков В. И. и др.] ; под ред. Л. М. Лобанова. – К. : Наук. думка, 1993. – 416 с.

10. Сварные строительные конструкции : В 3-х томах. Т. 2. Типы конструкций / [Шимановский В. Н., Гарф Э. Ф., Пермяков В. А. и др.] ; под ред. Л. М. Лобанова. – К. : ИЭС им. С. О. Патона, 1997. – 680 с.
11. ДБН В.1.2-14-2009. Загальні принципи забезпечення надійності та конструктивної безпеки будівель, споруд, будівельних конструкцій та основ. – К. : Мінрегіонбуд України, 2009. – 37 с.

Глосарій

Ребра жорсткості – підкріплювальні елементи, які збільшують несучу здатність балок.

Поперечні ребра жорсткості – вертикальні ребра.

Поздовжні ребра жорсткості – горизонтальні ребра.

Зминання – вид роботи, при якому відбувається місцеве стиснення, що виникає в зоні контакту елементів конструкції. Супроводжується зазвичай залишковими деформаціями матеріалу.

Суцільні сталеві балки – зазвичай виконують зварними двотаврового перерізу з листової сталі.

Перевірка загальної стійкості балок – виконується тоді, коли верхній пояс не закріплений від поперечних зміщень.

Перевірка місцевої стійкості полиць – забезпечується при підборі перерізу.

ЛЕКЦІЯ 12 СТИКИ МЕТАЛЕВИХ БАЛОК

Мета і задачі: ознайомити студентів з різновидами стиків балок та основами їх розрахунку.

Стик пояса зі стінкою

Цей стик у зварних балках має поясний шов. При згині балки стінка може зсунутись відносно поясів. Виникають зсувні зусилля (рис. 12.1).

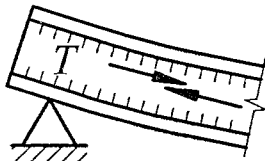


Рисунок 12.1 – Стик поясів зі стінкою балки, в якому виникають зсувні зусилля

Зсувне зусилля:

$$T = \tau_w = \frac{Q_{\max} S_{f_1}}{I_{x_1}},$$

$$S_{f_1} = b_{f_1} t_f \left(\frac{h_w + t_f}{2} \right),$$

$$I_{x_1} = \frac{t_w h_w^3}{12} + 2b_f t_f \left(\frac{h_w + t_f}{2} \right)^2.$$

Розрахунковий переріз шва:

$$\beta_f R_{wf} \leq \beta_z R_{wz},$$

$$\beta_f R_{wf} > \beta_z R_{wz}.$$

Катет шва:

$$k_f = \frac{T}{n\beta R_w \gamma_w \gamma_c},$$

де $n = 1$ – при односторонніх швах;

$n = 2$ – при двосторонніх швах.

Стики прокатних балок

З'єднання в стик (рис. 12.2) в основному виконують зварними.

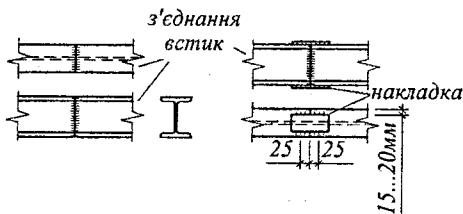


Рисунок 12.2 – З'єднання частин балки встик

Виникає згинальний момент:

$$M = WR_{wy} + N_n h_n,$$

де N_n – зусилля в накладці,

$$N_n = (M - WR_{wy}) / h_n,$$

h_n – відстань між осями накладок.

Площа накладки:

$$A_n = N_n / R_{wy}.$$

При з'єднанні тільки накладками визначають:

$$N_n = M / h_n,$$

$$A = N_n / R_y.$$

Кутові шви перевіряють на дію:

$$\tau = \frac{Q_{\max}}{2\beta k_f l_w} \leq R_{wy} \gamma_c.$$

Стики складених зварних балок

Основні типи є з'єднання встик наведені на рис. 12.3.

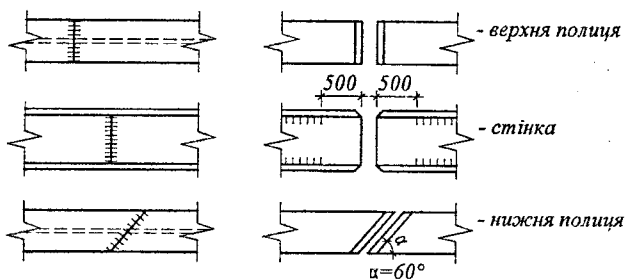


Рисунок 12.3 – Основні типи з'єднання встик

З'єднання відправних елементів балки на високоміцних болтах

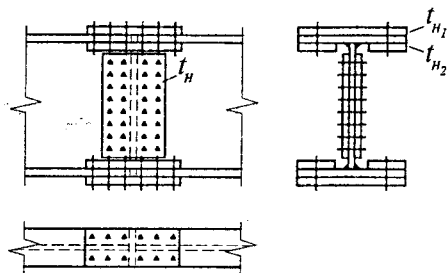


Рисунок 12.4 – З'єднання відварних елементів балки високоміцними болтами

Для поясів:

$$M_f = M_1 \frac{I_f}{I_x},$$

де M_1 – момент в місці стику;

I_f, I_x – моменти інерції поясів і перерізу в місці стику.

$$N_f = \frac{M_f}{h_{ef}} = \frac{M_f}{h_w + t_f},$$

де $t_{n1} + t_{n2} \geq t_f$; $t_n < 1...2$ мм за t_w , або $t_n = t_w$ (t_n – товщина накладки для стінки).

Кількість болтів на одній половині стику:

$$n = \frac{N_f}{Q_{bh} k \gamma_c},$$

де k – кількість поверхонь тертя.

Несуча здатність одного високоміцного болта:

$$Q_{bh} = \frac{R_{bh} \gamma_b A_{bn} \mu}{\gamma_h},$$

де R_{bh} – розрахунковий опір високоміцного болта на розтяг;

μ – коефіцієнт тертя;

γ_h – коефіцієнт надійності.

Ослаблення перерізу поясів враховуються (при статичному навантаженні):

$$A_n \leq 0,85A \Rightarrow A_{fic} = 1,18A_n.$$

При динамічних навантаженнях береться A_n незалежно від послаблення.

Для стінки:

$$M_w = M_1 \frac{I_w}{I_x}.$$

Попередньо приймається $m = 2$ – два вертикальних ряди болтів на одній стороні стику ($m = 2 \dots 3$). Далі визначається максимальна відстань між болтами у вертикальному ряду a_{\max} . Відстань між болтами $a = (3 \dots 8)d_{\text{отв}}$.

Зусилля в крайньому болті:

$$N_{\max} = M_w \frac{a_{\max}}{m \sum a_i^2} \leq Q_{bh} k \gamma_c,$$

де k – кількість поверхонь тертя;

$$\sum a_i^2 = a_1^2 + a_2^2 + \dots + a_i^2.$$

Висновок

Після вивчення даної лекції студент повинен знати різновиди стиків балок та основи їх розрахунку.

Контрольні запитання

1. Який стик у зварних балках має поясний шов?
2. Як охарактеризувати основні типи з'єднання встик?
3. Для чого застосовуються накладки?
4. Що може статись зі стінкою при згині?
5. Які виникають зусилля при згині балки?
6. При якому навантаженні враховують ослаблення перерізу поясів?
7. За якою формулою розраховується несуча здатність одного високоміцного болта?
8. Яка повинна бути товщина накладок при з'єднанні елементів балки?
9. Чому дорівнює відстань між болтами у вертикальному ряду?
10. Яким чином визначається розрахунковий переріз шва?

Джерела інформації

1. Металеві конструкції : загальний курс : підручник [для вищих навчальних закладів] / [Нілов О. О., Пермяков В. О., Шимановський О. В. и др.] ; під загальною редакцією О. О. Нілова та О. В. Шимановського. – [2-е видання, перероблене і доповнене]. – К. : Видавництво «Сталь», 2010. – 869 с.
2. Металеві конструкції. Ч.1 : підручник [для вищих навчальних закладів] / [Свердлов В. Д., Середюк І. П., Середюк В. Ф., Жарко Л. О.]. – Вінниця : УНІВЕРСУМ-Вінниця, 2003. – 262 с.
3. Свердлов В. Д. Металеві конструкції. Ч.1 : навчальний посібник [для вищих навчальних закладів] / [В. Д. Свердлов, Л. О. Жарко]. – К. : ІСДО, 1994. – 192 с.
4. Металлические конструкции : общий курс : учебник [для студентов высших учебных заведений] / [Кудишин Ю. И., Беленя Е. И., Игнатьева В. С. и др.] ; под ред. Ю. И. Кудишина. – М. : Изд. центр «Академия», 2008. – 688 с.
5. Металлические конструкции : В 3-х томах. Т. 1. Элементы стальных конструкций : учеб. пособие [для строит. вузов] / [Горев В. В., Уваров Б. Ю., Филиппов В. В. и др.] ; под ред. В. В. Горева. – М. : Высш. школа, 1997. – 527 с.
6. Металлические конструкции : В 3-х томах. Т. 2. Конструкции зданий : учеб. пособие [для строит. вузов] / [Горев В. В., Уваров Б. Ю., Филиппов В. В. и др.] ; под ред. В. В. Горева. – М. : Высш. школа, 1997. – 528 с.
7. Металлические конструкции : В 3-х томах. Т. 2. Стальные конструкции зданий и сооружений : справочник проектировщика ; под общей ред. В. В. Кузнецова (ЦНИИпроектстальконструкция им. Н. П. Мельникова). – М. : Изд-во АСВ, 1998. – 512 с.
8. СНиП II-23-81*. Стальные конструкции. Нормы проектирования / Госстрой СССР. – М. : ЦИТП Госстроя СССР, 1991. – 96 с.
9. Сварные строительные конструкции : В 3-х томах. Т. 1. Основы проектирования конструкций / [Лобанов Л. М., Махненко В. И., Труфяков В. И. и др.] ; под ред. Л. М. Лобанова. – К. : Наук. думка, 1993. – 416 с.

10. Сварные строительные конструкции : В 3-х томах. Т. 2. Типы конструкций / [Шимановский В. Н., Гарф Э. Ф., Пермяков В. А. и др.] ; под ред. Л. М. Лобанова. – К. : ИЭС им. Є. О. Патона, 1997. – 680 с.
11. ДБН В.1.2-14-2009. Загальні принципи забезпечення надійності та конструктивної безпеки будівель, споруд, будівельних конструкцій та основ. – К. : Мінрегіонбуд України, 2009. – 37 с.

Глосарій

Балка – суцільний елемент, який працює переважно на поперечне згинання і сприймає навантаження, розташоване в прогоні, передаючи його на опори.

Колона – вертикальна лінійна конструкція, висота якої значно перевищує її поперечний переріз. Колона призначена для сприйняття вертикальних (меншою мірою – горизонтальних) навантажень.

Зварювання (рос. сварка, англ. welding; нім. Schweißen) – технологічний процес утворення нероз’ємного з’єднання між матеріалами при їх нагріванні або пластичному деформуванні за рахунок встановлення міжмолекулярних і міжатомних в’язів.

Зварний шов – ділянка зварного з’єднання, утворена внаслідок кристалізації металу зварної ванни.

Фланговий шов – шов, який розташований паралельно діючому зусиллю.

Лобовий шов – шов, що розташований перпендикулярно до діючого зусилля.

Болт – циліндричний стержень, що має спіральну різьбу та багатогранну (шестигранну або чотиригранну) чи спеціальну (наприклад, напівкруглу) головку. Використовується для з’єднання деталей та конструкцій. Болт фіксується за допомогою шайби, гровера, гайки або безпосередньо вкручується в різьбовий отвір одної із з’єднуваних деталей.

Зминання – вид роботи, при якій відбувається місцеве стиснення, що виникає в зоні контакту елементів конструкції. Супроводжується зазвичай залишковими деформаціями матеріалу.

ЛЕКЦІЯ 13

З'ЄДНАННЯ І ОБПИРАННЯ МЕТАЛЕВИХ БАЛОК ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ МЕТАЛЕВИХ БАЛКОВИХ КОНСТРУКЦІЙ

Мета і задачі: ознайомити студентів зі способами з'єднання та обпирання балок, а також перспективами розвитку балкових конструкцій.

Обпирання балок на колону

Балки на колону обпирають:

1) зверху (рис. 13.1):

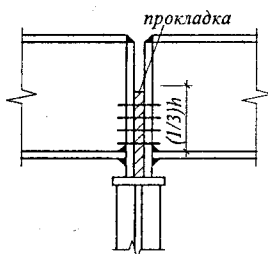


Рисунок 13.1 – Обпирання балок на колону зверху

2) приєднують збоку до колони (рис. 13.2):

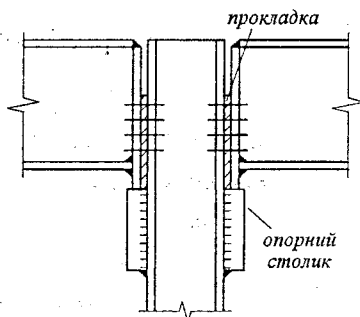


Рисунок 13.2 – Приєднання балок до колони збоку

З'єднання за допомогою зварювання або болтів.

В балкових конструкціях приймають шарнірне з'єднання, а зварне використовують в каркасах багатоповерхових будівель.

Основна проблема – розрахунок опорного ребра. Необхідно знайти товщину ребра і перевірити його на зминання.

Товщина ребра:

$$t_r = \frac{R_{ГБ}}{b_r R_p \gamma_c},$$

де ширина ребра приймається рівною ширині полицки:

$$b_r = b_{f1}.$$

Перевірка на зминання:

$$\frac{R_{ГБ}}{b_r t_r} \leq R_p \gamma_c,$$

де розрахунковий опір на зминання:

$$R_p = \frac{R_{un}}{\gamma_m}.$$

Також перевіряється стійкість опорної частини балки, до складу якої входять ребро та частина стінки довжиною:

$$b = 0,65 t_w \sqrt{\frac{E}{R_y}}.$$

Напруження:

$$\sigma = \frac{R_{ГБ}}{\varphi A} \leq R_y \gamma_c.$$

Площа перерізу:

$$A = b_r t_r + b t_w.$$

Коефіцієнт поздовжнього згину:

$$\varphi = f(\lambda_x).$$

Гнучкість:

$$\lambda_x = \frac{h_r}{i_x}.$$

Радіус інерції перерізу:

$$i_x = \sqrt{\frac{I_x}{A}}$$

Момент інерції перерізу:

$$I_x = \frac{t_r b_r^3}{12} + \frac{b t_w^3}{12}$$

Шов, який прикріплює ребро до стінки, повинен сприймати опорну реакцію балки.

Катет шва:

$$k_f = \sqrt{\frac{R_{ГБ}}{85n\beta_f R_{wf} \gamma_{wf} \gamma_c}}$$

де $n = 2$ – кількість швів.

Вузли з'єднання балок

Балка настилу до головної балки (рис. 13.3) може кріпитись також за допомогою зварювання.

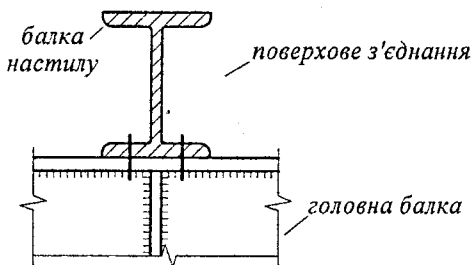


Рисунок 13.3 – Поверхове з'єднання балок

Однак можливе кріплення на зварюванні (рис. 13.4).

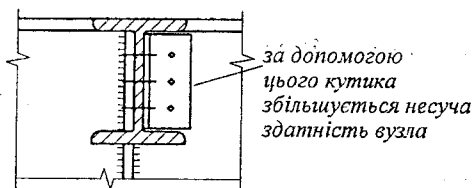


Рисунок 13.4 – З'єднання балок в одному рівні за допомогою кутика

Кріплення до ребер при $R_{Б1} \leq 300$ кН.

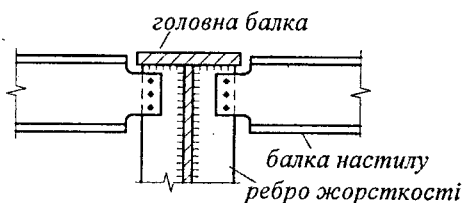


Рисунок 13.5 – З'єднання балок в одному рівні до ребер жорсткості

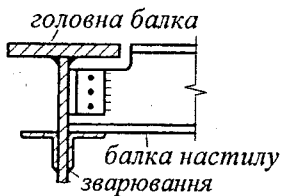


Рисунок 13.6 – З'єднання балок в одному рівні за допомогою опорних столиків

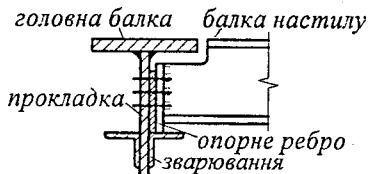


Рисунок 13.7 – З'єднання балок в одному рівні за допомогою опорних столиків при обпиранні на опорне ребро

Перспективи розвитку балкових конструкцій

До перспектив розвитку балкових конструкцій відноситься використання:

- гнутих профілів;
- перфорованих балок;
- бісталевих балок;
- попередньо напружених балок, отриманих шляхом: 1) вигину у напрямку протилежному прогину, 2) переміщення опор, 3) встановлення високоміцної затяжки або інших елементів.

Висновок

Після вивчення даної лекції студент повинен знати способи з'єднання та опирання балок, а також перспективи розвитку балкових конструкцій.

Контрольні запитання

1. У чому полягають основні види опирання балок на колону?
2. Яке з'єднання використовується в каркасах багатоповерхових будівель?
3. Що входить до складу опорної частини балки?
4. Які перспективи розвитку балкових конструкцій?
5. Яка особливість методів попереднього напруження балок?
6. В яких конструкціях приймають шарнірне з'єднання?
7. На який вид роботи перевіряється опорне ребро?
8. За якою формулою розраховується катет шва?
9. Як знаходиться товщина опорного ребра?
10. При якому з'єднанні балки з колоною використовується опорний столик?

Джерела інформації

1. Металеві конструкції : загальний курс : підручник [для вищих навчальних закладів] / [Нілов О. О., Пермяков В. О., Шимановський О. В. и др.] ; під загальною редакцією О. О. Нілова та О. В. Шимановсь-

- кого. – [2-е видання, перероблене і доповнене]. – К. : Видавництво «Сталь», 2010. – 869 с.
2. Металеві конструкції. Ч.1 : підручник [для вищих навчальних закладів] / [Свердлов В. Д., Середюк І. П., Середюк В. Ф., Жарко Л. О.]. – Вінниця : УНІВЕРСУМ-Вінниця, 2003. – 262 с.
 3. Свердлов В. Д. Металеві конструкції. Ч.1 : навчальний посібник [для вищих навчальних закладів] / [В. Д. Свердлов, Л. О. Жарко]. – К. : ІСДО, 1994. – 192 с.
 4. Металлические конструкции : общий курс : учебник [для студентов высших учебных заведений] / [Кудишин Ю. И., Беленя Е. И., Игнатьева В. С. и др.] ; под ред. Ю. И. Кудишина. – М. : Изд. центр «Академия», 2008. – 688 с.
 5. Металлические конструкции : В 3-х томах. Т. 1. Элементы стальных конструкций : учеб. пособие [для строит. вузов] / [Горев В. В., Уваров Б. Ю., Филиппов В. В. и др.] ; под ред. В. В. Горева. – М. : Высш. школа, 1997. – 527 с.
 6. Металлические конструкции : В 3-х томах. Т. 2. Конструкции зданий : учеб. пособие [для строит. вузов] / [Горев В. В., Уваров Б. Ю., Филиппов В. В. и др.] ; под ред. В. В. Горева. – М. : Высш. школа, 1997. – 528 с.
 7. Металлические конструкции : В 3-х томах. Т. 2. Стальные конструкции зданий и сооружений : справочник проектировщика ; под общей ред. В. В. Кузнецова (ЦНИИпроектстальконструкция им. Н. П. Мельникова). – М. : Изд-во АСВ, 1998. – 512 с.
 8. СНиП II-23-81*. Стальные конструкции. Нормы проектирования / Госстрой СССР. – М. : ЦИТП Госстроя СССР, 1991. – 96 с.
 9. Сварные строительные конструкции : В 3-х томах. Т. 1. Основы проектирования конструкций / [Лобанов Л. М., Махненко В. И., Труфяков В. И. и др.] ; под ред. Л. М. Лобанова. – К. : Наук. думка, 1993. – 416 с.
 10. Сварные строительные конструкции : В 3-х томах. Т. 2. Типы конструкций / [Шимановский В. Н., Гарф Э. Ф., Пермяков В. А. и др.] ; под ред. Л. М. Лобанова. – К. : ИЭС им. Є. О. Патона, 1997. – 680 с.

11. ДБН В.1.2-14-2009. Загальні принципи забезпечення надійності та конструктивної безпеки будівель, споруд, будівельних конструкцій та основ. – К. : Мінрегіонбуд України, 2009. – 37 с.

Глосарій

Балка – конструктивний елемент, який працює головним чином на згин.

Колона – вертикальна лінійна конструкція, висота якої значно перевищує її поперечний переріз. Колона призначена для сприйняття вертикальних (меншою мірою – горизонтальних) навантажень.

Зварювання – технологічний процес утворення нероз’ємного з’єднання між матеріалами при їх нагріванні та/або пластичному деформуванні за рахунок встановлення міжмолекулярних і міжатомних зв’язків.

Зварний шов – ділянка зварного з’єднання, сформована як результат кристалізації розплавленого металу.

Фланговий шов – шов, який розташований паралельно діючому зусиллю.

Лобовий шов – шов, що розташований перпендикулярно до діючого зусилля.

Болт – циліндричний стержень, що має спіральну різьбу та багатогранну (шестигранну або чотиригранну) чи спеціальну (наприклад, напівкруглу) головку. Використовується для з’єднання деталей та конструкцій. Болт фіксується за допомогою шайби, гровера, гайки або безпосередньо вкручується в різьбовий отвір одної із з’єднуваних деталей.

Змннання – вид роботи, при якій відбувається місцеве стиснення, що виникає в зоні контакту елементів конструкції. Супроводжується зазвичай залишковими деформаціями матеріалу.

ЛЕКЦІЯ 14
МЕТАЛЕВІ ЦЕНТРАЛЬНО-СТИСНУТІ КОЛОНИ
ЗАГАЛЬНА ЧАСТИНА

Мета і задачі: ознайомити студентів з різновидами колон, їх перерізами, розрахунковими схемами, алгоритмом їх розв'язання.

Загальна характеристика

Колони – це елементи споруд, які сприймають і передають навантаження від вищерозташованих конструкцій на фундаменти. В залежності від прикладеного навантаження колони бувають:

- 1) центрально-стиснуті (рис. 14.1, а);
- 2) позацентрово-стиснуті (рис. 14.1, б).

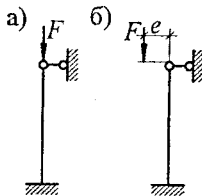


Рисунок 14.1 – Розрахункові схеми стиснення колон

Центрально-стиснуті використовують для підтримки міжповерхового перекриття і покриття споруд у робочих площадках, трубопроводах, естакадах.

Позацентрово-стиснуті використовують в каркасах виробничих будівель.

За типом колони бувають:

- 1) постійного перерізу;
- 2) змінного перерізу.

За перерізом колони бувають:

- 1) суцільні;
- 2) наскрізні.

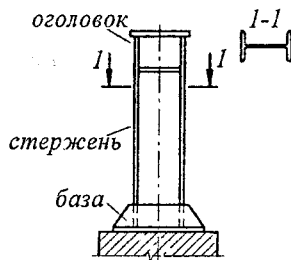


Рисунок 14.2 – Головні частини колони

Суцільні колони

Види перерізів (рис. 14.3):

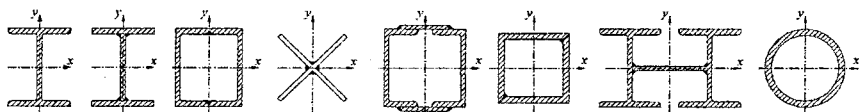


Рисунок 14.3 – Види перерізів колон

Раціональнішим з точки зору роботи матеріалу є трубчастий переріз, однак він не застосовується через:

- 1) складність вузлових з'єднань;
- 2) значну вартість.

Основний переріз, який рекомендується – зварний двотавровий переріз, зварений з трьох листів. Також ефективним є хрестоподібний переріз.

Розрахунок суцільних колон

Основні етапи розрахунку

1. Побудова розрахункової схеми і перерізу (рис. 14.4):

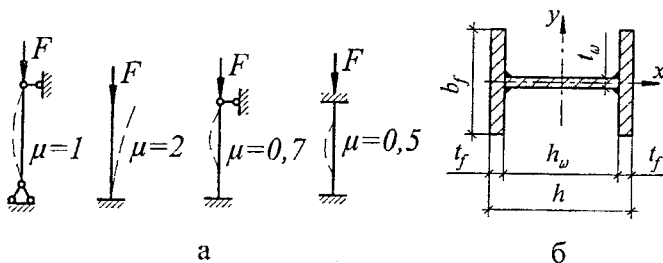


Рисунок 14.4 – Розрахункові схеми колон з можливими умовами закріплення (а) і переріз колони (б)

$$l_{ef,x} = \mu \cdot l_x,$$

$$l_{ef,y} = \mu \cdot l_y,$$

$$i_x = 0,43h,$$

$$i_y = 0,24b.$$

2. Компонування перерізу

Задаємось:

$$\lambda \Rightarrow \varphi = f(\lambda, R_y),$$

$$\lambda = 100 \dots 70 \text{ при } F = 1500 \dots 2500 \text{ кН; } l = 5 \dots 6 \text{ м,}$$

$$\lambda = 70 \dots 50 \text{ при } F = 2500 \dots 4000 \text{ кН; } l = 5 \dots 6 \text{ м,}$$

$$A_{nm} = \frac{N}{\varphi R_y \gamma_c},$$

$$i_{nm} = l_{ef,x} / \lambda = l_{ef,y} / \lambda,$$

$$b_f = b_{f,nm} = \frac{i_{nm}}{0,24},$$

$$b_f = h_w,$$

$$A_{f,nm} = 0,35 \cdot A_{nm},$$

$$A_{w,nm} = 0,3 \cdot A_{nm},$$

$$t_{f,nm} = \frac{A_{f,nm}}{b_f},$$

$$t_{w,nm} = \frac{A_{w,nm}}{h_w},$$

$$A = 2A_f + A_w \geq A_{nm}.$$

3. Перевірка загальної стійкості:

$$\sigma = \frac{N}{\Phi_{\min} A} \leq R_y \gamma_c,$$

де Φ_{\min} береться по λ_{\max} ,

$$\lambda = \frac{l_{ef}}{i},$$

$$i = \sqrt{J/A},$$

$$\Delta = \frac{R_y \gamma_c - \sigma}{R_y \gamma_c} 100\% \leq 5\%.$$

Із умови забезпечення загальної стійкості колони, потрібно основну масу металу зосереджувати у полицках.

4. Перевірка місцевої стійкості елементів перерізу:

а) полицки:

умова місцевої стійкості полицки:

$$\frac{b_{ef}}{t_f} \leq (0,36 + 0,1\bar{\lambda}) \sqrt{\frac{E}{R_y}},$$

$$\bar{\lambda} = \lambda \sqrt{\frac{R_y}{E}}.$$

б) стінки:

умова місцевої стійкості стінки:

$$\frac{h_{ef}}{t_w} \leq \bar{\lambda}_{nw} \sqrt{\frac{E}{R_y}},$$

$$\bar{\lambda}_{nw} = (1,2 + 0,35\bar{\lambda}) \leq 2,3.$$

Якщо стійкість не забезпечена, то необхідно ставити ребра жорсткості (мінімум 2–3 ребра).

Наскрізні колони

Види перерізів (рис. 14.5):

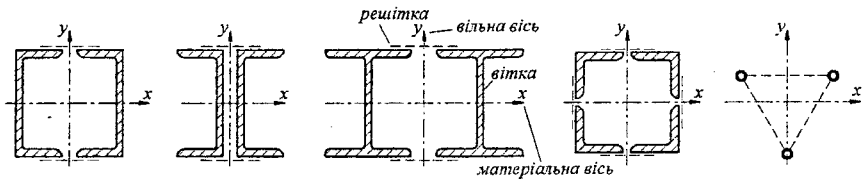


Рисунок 14.5 – Види перерізів наскрізних колон

Переваги наскрізних колон: менші витрати металу. Недолік наскрізних колон: збільшується трудомісткість виготовлення.

Вісь, яка перетинає вітки колони, називається матеріальною, а вісь, яка паралельна віткам, називається вільною. Відстань між вітками встановлюють з умов рівності жорсткості стержня. Зазор передбачено між полицями віток $\geq 100 \dots 150$ мм для фарбування внутрішньої поверхні. Стержень колони складається з віток і решіток.

Решітки забезпечують спільну роботу віток і підвищують стійкість колони.

Типи решіток:

- 1) з розкосів (кутики або швелери);
- 2) з розкосів і планок;
- 3) з планок (безрозкісна).

Решітки сприймають поперечні сили, які з'являються від випадкових ексцентриситетів. Безрозкісну решітку застосовують при невеликих навантаженнях (2000...2500 кН), а при великих – розкісну. Для підвищення стійкості колони через 3...4 м по висоті стержня ставлять листові діафрагми. Ці діафрагми приварюють до віток колони та решітки.

Розрахунок наскрізних колон

Цей розрахунок по матеріальній осі аналогічний суцільним колонам. Найкращим перерізом вважається переріз із двох швелерів, поличками всередину (рис. 14.6).

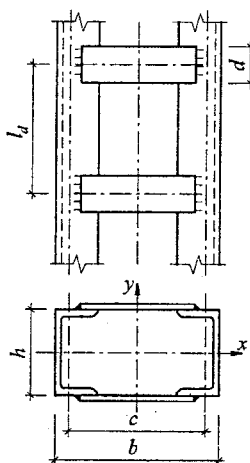


Рисунок 14.6 – Переріз колони із двох швелерів, поличками в середину

Алгоритм розрахунку:

1. Задаємо коефіцієнтом поздовжнього згину

$$\varphi = 0,6 \dots 0,8.$$

2. Визначаємо потрібну площу поперечного перерізу

$$A_{nm} = \frac{N}{\varphi R_y \gamma_c}$$

і за сортаментом підбираємо переріз.

3. Перевіряємо стійкість відносно матеріальної осі "x".

$$\lambda_x = l_{ef,x} / i_x = \mu l / i_x < \lambda_{ef} = 120,$$

де i_x – береться із сортаменту;

$$\lambda_x \Rightarrow \varphi_x,$$

$$\sigma = \frac{N}{\varphi A} \leq R_y \gamma_c.$$

4. Перевіряємо стійкість відносно вільної осі "y".

$$\lambda_{ef} = \sqrt{\lambda_y^2 + \lambda_1^2} \approx \lambda_x,$$

$$\lambda_y = l_{ef,y} / i_y = l_{ef,x} / i_y,$$

$$i_y = \sqrt{J_y / 2A},$$

$$J_y = 2J_{y1} + 2A_1 \left(\frac{c}{2} \right)^2.$$

Тут J_{y1} і A_1 – береться із сортаменту.

Гнучкість віток:

$$\lambda_1 \leq 0,6 \lambda_x \approx 30,$$

$$l_d = \lambda_1 \cdot i_y.$$

де i_y – береться із сортаменту.

$$\lambda_{ef} \Rightarrow \varphi_y,$$

$$\sigma = \frac{N}{\varphi_y A} \leq R_y \gamma_c.$$

Висновок

Після вивчення даної лекції студент повинен знати різновиди колон, їх перерізи, розрахункові схеми, алгоритм їх розв'язання.

Контрольні запитання

1. Що таке колона?
2. Для чого використовують центрально-стиснуті колони?
3. Де використовують позацентрово-стиснуті колони?
4. На які різновиди поділяють колони за перерізом?
5. Який переріз рекомендується для колон?
6. Як слід діяти, якщо стійкість не забезпечена?
7. У чому полягають переваги наскрізних колон?
8. Які колони розрізняють за типом?
9. З чого складається стержень колони?
10. При яких навантаженнях використовують безрозкісну решітку?

Джерела інформації

1. Металеві конструкції : загальний курс : підручник [для вищих навчальних закладів] / [Нілов О. О., Пермяков В. О., Шимановський О. В. и др.] ; під загальною редакцією О. О. Нілова та О. В. Шимановського. – [2-е видання, перероблене і доповнене]. – К. : Видавництво «Сталь», 2010. – 869 с.
2. Металеві конструкції. Ч.1 : підручник [для вищих навчальних закладів] / [Свердлов В. Д., Середюк І. П., Середюк В. Ф., Жарко Л. О.]. – Вінниця : УНІВЕРСУМ-Вінниця, 2003. – 262 с.
3. Свердлов В. Д. Металеві конструкції. Ч.1 : навчальний посібник [для вищих навчальних закладів] / [В. Д. Свердлов, Л. О. Жарко]. – К. : ІСДО, 1994. – 192 с.
4. Металлические конструкции : общий курс : учебник [для студентов высших учебных заведений] / [Кудишин Ю. И., Беленя Е. И., Игнатьева В. С. и др.] ; под. ред. Ю. И. Кудишина. – М. : Изд. центр «Академия», 2008. – 688 с.
5. Металлические конструкции : В 3-х томах. Т. 1. Элементы стальных конструкций : учеб. пособие [для строит. вузов] / [Горев В. В., Уваров Б. Ю., Филиппов В. В. и др.] ; под ред. В. В. Горева. – М. : Высш. школа, 1997. – 527 с.
6. Металлические конструкции : В 3-х томах. Т. 2. Конструкции зданий : учеб. пособие [для строит. вузов] / [Горев В. В., Уваров Б. Ю.,

- Филиппов В. В. и др.] ; под ред. В. В. Горева. – М. : Высш. школа, 1997. – 528 с.
7. Металлические конструкции : В 3-х томах. Т. 2. Стальные конструкции зданий и сооружений : справочник проектировщика ; под общей ред. В. В. Кузнецова (ЦНИИпроектстальконструкция им. Н. П. Мельникова). – М. : Изд-во АСВ, 1998. – 512 с.
 8. СНиП П-23-81*. Стальные конструкции. Нормы проектирования / Госстрой СССР. – М. : ЦИТП Госстроя СССР, 1991. – 96 с.
 9. Сварные строительные конструкции : В 3-х томах. Т. 1. Основы проектирования конструкций / [Лобанов Л. М., Махненко В. И., Труфяков В. И. и др.] ; под ред. Л. М. Лобанова. – К. : Наук. думка, 1993. – 416 с.
 10. Сварные строительные конструкции : В 3-х томах. Т. 2. Типы конструкций / [Шимановский В. Н., Гарф Э. Ф., Пермяков В. А. и др.] ; под ред. Л. М. Лобанова. – К. : ИЭС им. Є. О. Патона, 1997. – 680 с.
 11. ДБН В.1.2-14-2009. Загальні принципи забезпечення надійності та конструктивної безпеки будівель, споруд, будівельних конструкцій та основ. – К. : Мінрегіонбуд України, 2009. – 37 с.

Глосарій

Колона – вертикальна лінійна конструкція, висота якої значно перевищує її поперечний переріз. Колона призначена для сприйняття вертикальних (меншою мірою – горизонтальних) навантажень.

Стержень колони – середня частина колони, розташована між базою і оголовком.

Оголовок колони – верхній елемент колони, який служить для сприйняття навантаження від вищерозміщеного елемента.

База колони – нижня ушпирена опорна частина колони, що сприймає навантаження від стержня колони і передає його на фундамент.

Розкіс – похилий елемент конструкції.

ЛЕКЦІЯ 15

ОСОБЛИВОСТІ ПІДБОРУ ПЕРЕРІЗУ. РОЗРАХУНОК ПЛАНОК ОГОЛОВКИ І БАЗИ МЕТАЛЕВИХ ЦЕНТРАЛЬНО-СТИСНУТИХ КОЛОН

Мета і задачі: ознайомити студентів з алгоритмом підбору перерізу колони, розрахунком планок, оголовками та базами колони.

Підбір перерізу

На рис. 15.1 наведений переріз наскрізної колони, який складається з двох швелерів, з'єднаних планками.

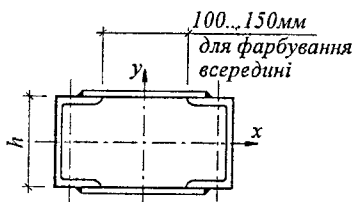


Рисунок 15.1 – Переріз наскрізної колони

Ширина перерізу:

$$b = m \cdot \frac{\alpha_x}{\alpha_y} \cdot h,$$

$$m = 1, 2 \dots 1, 3,$$

$$\left. \begin{array}{l} \alpha_x = 0,38 \\ \alpha_y = 0,44 \end{array} \right\} \text{для перерізу із 2-х швелерів}$$

Розрахунок планок

Геометричні розміри:

$$d = (0,5 \dots 0,7)b,$$

$$t = 8 \dots 12 \text{ мм } (t \geq d/25).$$

Умовна поперечна сила в планках:

$$Q_{fc} = A \cdot \beta \cdot \left(\frac{R_y}{60,81} - 0,15 \right).$$

Зсувне зусилля в швах:

$$F = \frac{Q_{fic} \cdot l_{d_1}}{2c},$$

$$l_{d_1} = l_d + d.$$

Момент в площині планки:

$$M = \frac{Q_{fic} \cdot l_{d_1}}{4},$$

$k_{f_{\min}}$ (табл. ДБН), $k_f = f(t; \sigma_m; \text{вид з'єднання, вид зварювання})$,

$$k_{f_{\max}} = 1,2t,$$

$\beta_f R_{wf}$ і $\beta_z R_{wz}$ порівнюють та визначають розрахунковий переріз шва.

$$A_f = \beta_f k_f (d-1),$$

$$W_f = \beta_f k_f \frac{(d-1)^2}{6}.$$

Міцність швів:

$$\sigma_{\text{рівнодійс}} = \sqrt{\left(\frac{F}{A_f}\right)^2 + \left(\frac{M}{W_f}\right)^2} \leq R_{wf} \gamma_{wf} \gamma_c.$$

Оголовки колон

Оголовок колони (рис. 15.2, 15.3) сприймає навантаження від головних балок і передає навантаження на стержень колони. Балки на колону можуть спиратись зверху або збоку, причому якщо збоку, то симетрично (рис. 15.4).

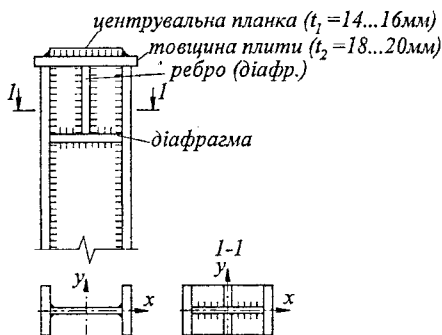


Рисунок 15.2 – Оголовок суцільної колони

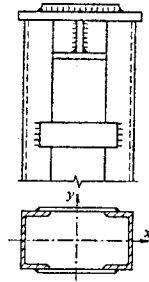


Рисунок 15.3 – Оголовок наскрізної колони

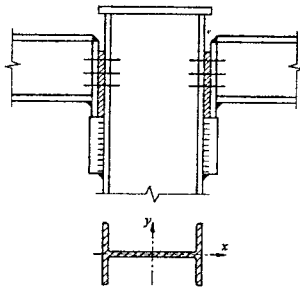


Рисунок 15.4 – Симетричне кріплення балки до колони

Перевірка міцності швів кріплення вертикального ребра до плити:

$$\sigma = \frac{N}{\beta_f k_f \Sigma l_w} \leq R_{wf} \gamma_{wf} \gamma_c,$$

$$\Sigma l_w = \frac{N}{\beta_f k_f R_{wf} \gamma_{wf} \gamma_c}.$$

Якщо збоку кріпиться, то, $\frac{2}{3} N$ враховує непаралельність торців балки і столика.

$$\Sigma l_w = \frac{\frac{2}{3} N}{\beta_f k_f R_{wf} \gamma_{wf} \gamma_c}.$$

Визначається товщина і висота діафрагми (t_d і h_d)

$$t_d = \frac{N}{l_{loc} R_p \gamma_c},$$

$$l_{loc} = b_r + 2(t_1 + t_2),$$

$$h_0 = \frac{N}{4\beta_f k_f R_{wf} \gamma_{wf} \gamma_c} + 1 \text{ см} \leq 85\beta_f k_f,$$

$$k_{f \min} \text{ (табл. ДБН),}$$

$$k_{f \max} = 1,2t,$$

$$h_0 = 300 \dots 500 \text{ мм},$$

$$\beta_f R_{wf} > \beta_z R_{wz}.$$

При великих навантаженнях товщину ребра перевіряють на зріз:

$$\tau = N/2h_0 t_0 \leq R_s \gamma_c.$$

Товщину стінок колони також перевіряють на зріз у місці прикріплення ребер за формулою Журавського.

Бази колон

База колони передає навантаження з колони на фундамент і складається з плити та траверс (рис. 15.5).

Розрахунок пов'язаний з визначенням товщини плити і висоти траверси.

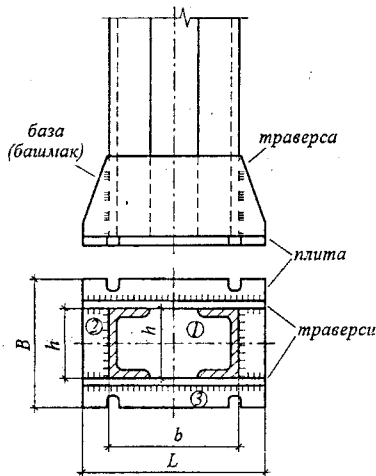


Рисунок 15.5 – База колони передає навантаження з колони на фундамент і складається з плити та траверс

Приймається бетон і визначається

$$R_{b,loc} = 1,2R_b,$$

$$B = h + 2t_{mp} + 2c,$$

де $t_{mp} = 10 \dots 12$ мм, $c = 80 \dots 120$ мм.

$$A_{pl} = N / R_{b,loc},$$

$$L = A_{pl} / B.$$

Реактивний тиск бетону фундаменту на опорну плиту:

$$q = N / BL.$$

Визначаються моменти на ділянках: 1, 2, 3.

$$M_1 = \alpha q b^2,$$

де α, β визначаються в залежності від відношення сторін (табл. ДБН)

$$M_2 = \beta q h^2,$$

$$M_3 = \frac{qc^2}{2},$$

$$t_{pl} = \sqrt{\frac{6M_{max}}{R_y \gamma_c}}.$$

Конструктивна умова: $t_{pl} = 20 \dots 40$ мм

$$h_{mp} = \frac{N}{4\beta_f k_f R_{wf} \gamma_{wf} \gamma_c} + 1 \text{ см} \leq 85\beta_f k_f,$$

$k_{f \min}$ (табл. ДБН),

$$k_{f \max} = 1,2t.$$

Конструктивна умова: $h_{mp} = 300 \dots 500$ мм.

Висновок

Після вивчення даної лекції студент повинен знати алгоритм підбору перерізу колони, методику розрахунку планок, знати що таке оголовок та база колони.

Контрольні запитання

1. Що називають оголовком колони?
2. Яку частину балки називають базою колони?
3. З чого складається база колони?

4. Чому перевіряють на зріз товщину ребра?
5. Які потрібно визначати параметри діафрагми?
6. Яке навантаження сприймає оголовок колони?
7. На що передає навантаження оголовок колони?
8. Яка конструктивна умова використовується при визначенні бази колони?

Джерела інформації

1. Металеві конструкції : загальний курс : підручник [для вищих навчальних закладів] / [Нілов О. О., Пермьков В. О., Шимановський О. В. и др.] ; під загальною редакцією О. О. Нілова та О. В. Шимановського. – [2-е видання, перероблене і доповнене]. – К. : Видавництво «Сталь», 2010. – 869 с.
2. Металеві конструкції. Ч.1 : підручник [для вищих навчальних закладів] / [Свердлов В. Д., Середюк І. П., Середюк В. Ф., Жарко Л. О.]. – Вінниця : УНІВЕРСУМ-Вінниця, 2003. – 262 с.
3. Свердлов В. Д. Металеві конструкції. Ч.1 : навчальний посібник [для вищих навчальних закладів] / [В. Д. Свердлов, Л. О. Жарко]. – К. : ІСДО, 1994. – 192 с.
4. Металлические конструкции : общий курс : учебник [для студентов высших учебных заведений] / [Кудишпин Ю. И., Беленя Е. И., Игнатъева В. С. и др.] ; под. ред. Ю. И. Кудишпина. – М. : Изд. центр «Академия», 2008. – 688 с.
5. Металлические конструкции : В 3-х томах. Т. 1. Элементы стальных конструкций : учеб. пособие [для строит. вузов] / [Горев В. В., Уваров Б. Ю., Филиппов В. В. и др.] ; под ред. В. В. Горева. – М. : Высш. школа, 1997. – 527 с.
6. Металлические конструкции : В 3-х томах. Т. 2. Конструкции зданий : учеб. пособие [для строит. вузов] / [Горев В. В., Уваров Б. Ю., Филиппов В. В. и др.] ; под ред. В. В. Горева. – М. : Высш. школа, 1997. – 528 с.
7. Металлические конструкции : В 3-х томах. Т. 2. Стальные конструкции зданий и сооружений : справочник проектировщика ; под общей ред. В. В. Кузнецова (ЦНИИпроектстальконструкция им. Н. П. Мельникова). – М. : Изд-во АСВ, 1998. – 512 с.

8. СНиП II-23-81*. Стальные конструкции. Нормы проектирования / Госстрой СССР. – М. : ЦИТП Госстроя СССР, 1991. – 96 с.
9. Сварные строительные конструкции : В 3-х томах. Т. 1. Основы проектирования конструкций / [Лобанов Л. М., Махненко В. И., Труфяков В. И. и др.] ; под ред. Л. М. Лобанова. – К. : Наук. думка, 1993. – 416 с.
10. Сварные строительные конструкции : В 3-х томах. Т. 2. Типы конструкций / [Шимановский В. Н., Гарф Э. Ф., Пермяков В. А. и др.] ; под ред. Л. М. Лобанова. – К. : ИЭС им. Є. О. Патона, 1997. – 680 с.
11. ДБН В.1.2-14-2009. Загальні принципи забезпечення надійності та конструктивної безпеки будівель, споруд, будівельних конструкцій та основ. – К. : Мінрегіонбуд України, 2009. – 37 с.

Глосарій

Колона – вертикальна лінійна конструкція, висота якої значно перевищує її поперечний переріз. Колона призначена для сприйняття вертикальних (меншою мірою – горизонтальних) навантажень.

Оголовок колони – верхній елемент колони, який служить для сприйняття навантаження від вищерозміщеного елемента.

Стержень колони – середня частина колони, розташована між базою і оголовком.

База колони – нижня уширена опорна частина колони, що сприймає навантаження від стержня колони і передає його на фундамент.

Фундамент – основна опорна конструкція всієї будівлі. Головне його завдання – переносити вагове навантаження всієї споруди, яка створюється будівлею, на ґрунт. Це необхідно для того, щоб будівля не змістилася щодо місця її зведення.

Траверса – пристосування для проміжного кріплення, з'єднання різних деталей.

ЛЕКЦІЯ 16

МЕТАЛЕВІ ФЕРМИ. ЇХ КОМПОНУВАННЯ І РОЗРАХУНОК

Мета і задачі: ознайомити студентів з визначенням ферм, їх компонуванням, алгоритмом розрахунку.

Загальні відомості

Ферма – це гратчаста конструкція, яка призначена для роботи переважно на згин.

Для ферми характерно:

- 1) прямолінійні стержні, які з'єднані у вузлах в геометрично-незмінну систему;
- 2) навантаження прикладаються у вузлах;
- 3) вузли ферм вважаються шарнірними.

$$\frac{h_{\text{перерізу}}}{l_{\text{елемента}}} > \frac{1}{5} \Rightarrow \text{починається вплив жорсткості.}$$

Ферми використовуються в основному при прогонах $l \geq 12$ м і невеликих навантаженнях ($F \leq 100$ кН).

Переваги ферм:

- 1) економічніші ніж балки;
- 2) можуть мати різні форми;
- 3) відносно прості у використанні.

Сфери застосування ферм:

- 1) покриття промислових і цивільних будівель;
- 2) прогонні конструкції мостів;
- 3) опори повітряних ліній електропередачі;
- 4) будівлі спортивного призначення;
- 5) інші будівлі і споруди.

Класифікація ферм

За призначенням:

- 1) ферми покриттів будівель (кроквяні, підкроквяні);
- 2) ферми мостів;
- 3) ферми висотних споруд.

За статичною схемою:

1) розрізні (рис. 16.1):

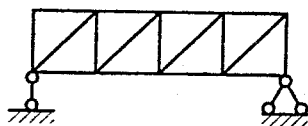


Рисунок 16.1 – Розрізна ферма

2) нерозрізні (рис. 16.2):

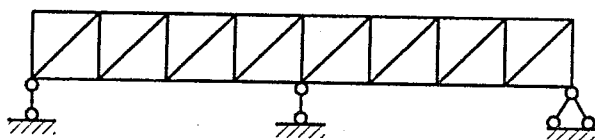


Рисунок 16.2 – Нерозрізна ферма

3) консольні (рис. 16.3):

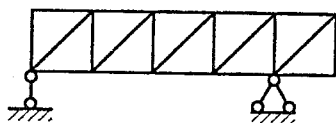


Рисунок 16.3 – Консольна ферма

За обрисом поясів:

1) з паралельними поясами (рис. 16.4):

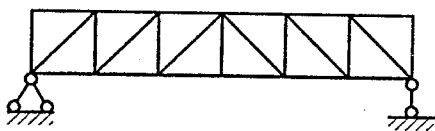


Рисунок 16.4 – Ферма з паралельними поясами

2) з полігональним верхнім поясом (рис. 16.5):

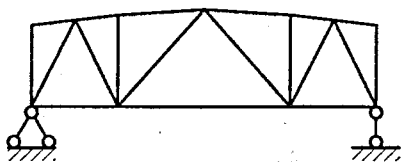


Рисунок 16.5 – Ферма з полігональним верхнім поясом

3) трапецеїдальні (рис. 16.6):

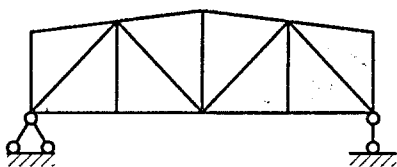


Рисунок 16.6 – Трапецеїдальна ферма

4) трикутні (рис. 16.7):

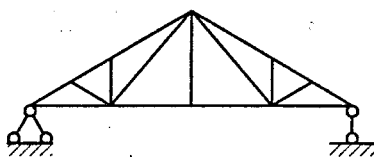


Рисунок 16.7 – Трикутна ферма

5) сегментні (рис. 16.8):

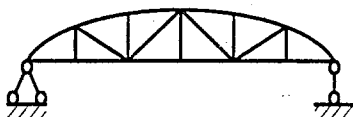


Рисунок 16.8 – Сегментна ферма

За видом гратки:

1) розкісна:

– низхідні розкоси (рис. 16.9):

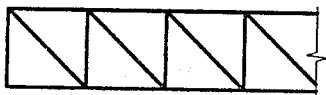


Рисунок 16.9 – Розкісна ферма з низхідними розкосами

– висхідні розкоси (рис. 16.10):

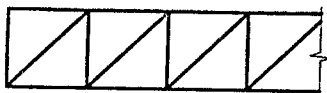


Рисунок 16.10 – Розкісна ферма з висхідними розкосами

2) трикутна (рис. 16.11):

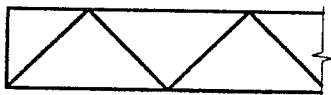


Рисунок 16.11 – Ферма з трикутною граткою

3) шпренгельна (рис. 16.12):

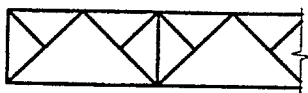


Рисунок 16.12 – Ферма з шпренгельною граткою

4) хрестова (рис. 16.13):



Рисунок 16.13 – Ферма з хрестовою ґраткою

5) ромбічна (рис. 16.14):

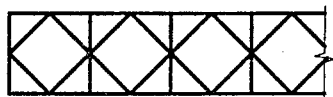


Рисунок 16.14 – Ферма з ромбічною ґраткою

6) напіврозкісна (рис. 16.15):

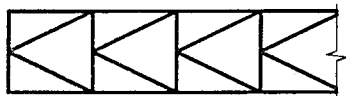


Рисунок 16.15 – Ферма з напіврозкісною ґраткою

В залежності від розміщення у просторі:

- 1) просторові;
- 2) плоскі.

За типом з'єднання:

- 1) зварні;
- 2) болтові;
- 3) комбіновані.

За архітектурною виразністю:

- 1) рамні (рис. 16.16):

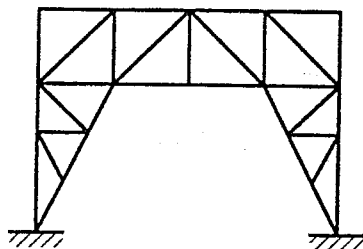


Рисунок 16.16 – Рамна ферма

2) аркові (рис. 16.17):

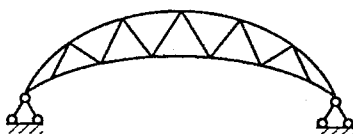


Рисунок 16.17 – Аркова ферма

3) балкові (рис. 16.18):

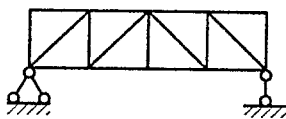


Рисунок 16.18 – Балкова ферма

За масою:

- 1) легкі (одностінні) – зусилля в поясах до 2000 кН;
- 2) важкі (двостінні) – зусилля в поясах >2000 кН. Це ферми мостів, авіаскладальних цехів, суднобудівних елінгів, до яких підвішені крани.

Компонування ферм

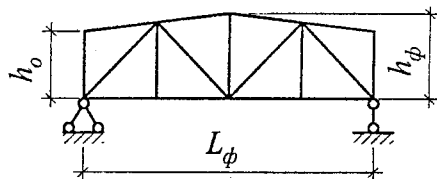


Рисунок 16.19 – Розрахункова схема ферми

Вибір розмірів:

L_ϕ – прогін;

h_ϕ – висота в середині прогону;

h_o – висота на опорі.

Прогони типових ферм: $L_\phi = (12, 18, 24, 30, 36 \text{ м})$.

Висоту ферми h_ϕ визначають за: мінімальною масою; потрібною жорсткістю; транспортуванням відправних елементів.

Мінімальна маса ферми:

$$G_{\min} = (G_{\text{носія}} = G_{\text{з'ятки}}).$$

Розкісна гратка:

$$h_{\text{opt}} = \frac{L}{n} \sqrt{\frac{0,7n+1}{3}}.$$

Трикутна гратка з додатковим стояком:

$$h_{\text{opt}} = \frac{L}{n} \sqrt{\frac{0,7n+1}{2}}.$$

Трикутна гратка:

$$h_{\text{opt}} = \frac{L}{n} \sqrt{0,7n+1},$$

де n – кількість панелей;

L – прогін.

При динамічних навантаженнях визначають прогін ферми за формулою Мора:

$$f = \Sigma \frac{NN_1 l}{EA},$$

$$\frac{h_\phi}{L_\phi} = \left(\frac{1}{15} \dots \frac{1}{10} \right).$$

Визначення навантажень

Вертикальні:

- 1) постійні (вага ферми, прогонів, плит покриття, покрівлі);
- 2) тимчасові (сніг; вітер; підвісні крани).

Горизонтальні:

- 1) тимчасові: вітер, якщо $\alpha_{\text{покриття}} > 30^\circ$; гальмування підвісних кранів.
- 2) постійні:

$$q = \gamma_n \sum q_{0i} b \gamma_{fmi} / \cos \alpha,$$

де $\gamma_n = 0,95 \dots 1,1$.

Сніг:

$$S = \gamma_n \gamma_{fm} \mu S_0 b,$$

де $\gamma_n = 0,95 \dots 1,1$;

$$\mu = f(\alpha) = 0 \dots 1;$$

$$\gamma_{fm} = 1 \dots 1,14.$$

S_0 залежить від снігового району (ДБН В.1.2-2:2006).

Вітер: враховується тільки для висотних ферм.

Підвісні крани: визначається зі стандартів на крани.

Всі навантаження приводяться до вузлових (зосереджених) сил методом множення рівномірного розподіленого навантаження на вантажну площу. Дія кількох навантажень враховується коефіцієнтом поєднання.

Визначення зусиль в елементах

Зусилля в елементах визначають методами будівельної механіки: вирізання вузлів; перерізів; графічним за допомогою побудови діаграми Максвела-Кремони.

Розрахункова довжина стиснутих стержнів

Визначається за табл. ДБН.

Висновок

Після вивчення даної лекції студент повинен знати визначення ферм, їх компонування, алгоритм розрахунку.

Контрольні запитання

1. Що називають фермою?
2. При яких прогонах використовують ферми?
3. Як розрізняють ферми в залежності від розміщення в просторі?
4. Які зусилля виникають в легких фермах?
5. За якими методами будівельної механіки визначаються зусилля в елементах?
6. Для яких ферм враховується навантаження від вітру?
7. Яким чином визначається розрахункова довжина стиснутих стержнів?
8. У чому полягають переваги ферм?
9. Якими критеріями визначається висота ферми?

Джерела інформації

1. Металеві конструкції : загальний курс : підручник [для вищих навчальних закладів] / [Нілов О. О., Пермяков В. О., Шимановський О. В. и др.] ; під загальною редакцією О. О. Нілова та О. В. Шимановського. – [2-е видання, перероблене і доповнене]. – К. : Видавництво «Сталь», 2010. – 869 с.
2. Металеві конструкції. Ч.1 : підручник [для вищих навчальних закладів] / [Свердлов В. Д., Середюк І. П., Середюк В. Ф., Жарко Л. О.]. – Вінниця : УНІВЕРСУМ-Вінниця, 2003. – 262 с.
3. Свердлов В. Д. Металеві конструкції. Ч.1 : навчальний посібник [для вищих навчальних закладів] / [В. Д. Свердлов, Л. О. Жарко]. – К. : ІСДО, 1994. – 192 с.
4. Металлические конструкции : общий курс : учебник [для студентов высших учебных заведений] / [Кудишин Ю. И., Беленя Е. И., Игнатьева В. С. и др.] ; под ред. Ю. И. Кудишина. – М. : Изд. центр «Академия», 2008. – 688 с.
5. Металлические конструкции : В 3-х томах. Т. 1. Элементы стальных конструкций : учеб. пособие [для строит. вузов] / [Горев В. В., Уваров Б. Ю., Филиппов В. В. и др.] ; под ред. В. В. Горева. – М. : Высш. школа, 1997. – 527 с.
6. Металлические конструкции : В 3-х томах. Т. 2. Конструкции зданий : учеб. пособие [для строит. вузов] / [Горев В. В., Уваров Б. Ю.,

- Филиппов В. В. и др.] ; под ред. В. В. Горева. – М. : Высш. школа, 1997. – 528 с.
7. Металлические конструкции : В 3-х томах. Т. 2. Стальные конструкции зданий и сооружений : справочник проектировщика ; под общей ред. В. В. Кузнецова (ЦНИИпроектстальконструкция им. Н. П. Мельникова). – М. : Изд-во АСВ, 1998. – 512 с.
 8. СНиП II-23-81*. Стальные конструкции. Нормы проектирования / Госстрой СССР. – М. : ЦИТП Госстроя СССР, 1991. – 96 с.
 9. ДБН В.1.2-2:2006. Навантаження і впливи. Норми проектування / Мінбудархітектури України. – К. : Видавництво «Сталь», 2006. – 59 с.
 10. ДБН В.1.2-14-2009. Загальні принципи забезпечення надійності та конструктивної безпеки будівель, споруд, будівельних конструкцій та основ. – К. : Мінрегіонбуд України, 2009. – 37 с.

Глосарій

Ферма – це решітчаста конструкція, яка призначена для роботи переважно на згин.

Прогін – відстань між поздовжніми осями колон креслення або будь-яких опор у напрямку, відповідному довжині основної несучої конструкції покриття або перекриття.

Шарнір – рухоме з'єднання частин, яке забезпечує їх обертовий рух навколо загальної осі.

Аркова ферма – це ферма, яка призначена для перекриття прогонів понад 10 м.

Консольна ферма – це ферма, яка призначена для навісів, веж, опор повітряних ліній електропередачі.

Сегментна ферма – це ферма, пояси якої утворюють контур кругового сегмента.

ЛЕКЦІЯ 17

КОНСТРУЮВАННЯ І ПОСЛІДОВНІСТЬ РОЗРАХУНКУ ЕЛЕМЕНТІВ ТА ВУЗЛІВ МЕТАЛЕВИХ ФЕРМ

Мета і задачі: ознайомити студентів з граничними гнучкостями стержнів, типами та підбором перерізів, розрахунком елементів та вузлів ферм, важкими фермами.

Граничні гнучкості стержнів

Для стиснутих поясів, стояків та опорних розкосів, які передають опорні реакції $\lambda_{lim} = 150$, для інших елементів $\lambda_{lim} = 180$. Для всіх розтягнених елементів $\lambda_{lim} = 400$. Це при статичному навантаженні. Інші значення λ_{lim} дивись табл. ДБН.

Типи перерізів

На рис. 17.1 наведені типи перерізів елементів ферм, що утворені з одиночних і парних профілів.

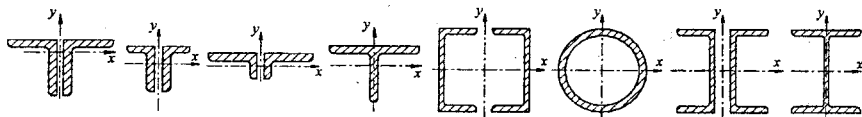


Рисунок 17.1 – Типи перерізів елементів ферм

Також можуть використовуватись гнutoзварні профілі.

Підбір перерізів

Перерізи елементів ферми починають підбирати з найнавантажених панелей верхнього пояса. Після цього підбирають перерізи елементів нижнього пояса і решітки.

Розрахунок стиснутих елементів:

1) визначають потрібну площу поперечного перерізу

$$A_{nm} = \frac{N}{\phi R_y \gamma_c},$$

де $\gamma_c = 1$,

для поясів $\varphi = 0,7 \dots 0,8$ та $\lambda = 80 \dots 60$, відповідно; для елементів ґратки $\varphi = 0,5 \dots 0,6$ та $\lambda = 120 \dots 100$, відповідно;

2) знаходять потрібний радіус інерції

$$i_{nm} = \frac{l_{ef,x}}{\lambda_{lim}};$$

3) за сортаментом підбирають номер профілю і виписують геометричні характеристики (A ; i_x ; i_y);

4) обчислюють гнучкість

$$\lambda_x = \frac{l_{ef,x}}{i_x},$$

$$\lambda_y = \frac{l_{ef,y}}{i_y},$$

$$\lambda_x < \lambda_{lim}; \lambda_y < \lambda_{lim};$$

5) за λ_{max} знаходять φ_{min} ;

6) виконують перевірку стійкості

$$\sigma = \frac{N}{\varphi_{min} A} \leq R_y \gamma_c.$$

Якщо напруження перевищують R_y або менші від нього, беруть інший номер профілю і так само виконують перерахунок.

Розрахунок розтягнутих елементів:

1) визначають потрібну площу поперечного перерізу

$$A_{nm} = \frac{N}{R_y \gamma_c},$$

де $\gamma_c = 0,95$;

2) знаходять потрібний радіус інерції

$$i_{nm} = \frac{l_{ef,x}}{\lambda_{lim}};$$

3) за сортаментом підбирають номер профілю і виписують геометричні характеристики (A ; i_x ; i_y).

Перевірки гнучкості і міцності не потрібні, оскільки $i_x > i_{nm}$; $A > A_{nm}$.

Розрахунок вузлів

Частіше елементи ґратки ферм з кутикового профілю, який складається з пера і обушка, тому частина зусилля передається на перо, а частина на обушок кутика.

Розрахунок починають із визначення довжин швів на обушок:

$$l_w^{об} \geq \frac{k_1 N}{2k_f \beta R_{w \min} \gamma_w \gamma_c} + 1 \dots 2 \text{ см},$$

на перо:

$$l_w^n \geq \frac{(1 - k_1) N}{2k_f \beta R_{w \min} \gamma_w \gamma_c} + 1 \dots 2 \text{ см},$$

де $k_1 = 0,7; 0,75; 0,65$ в залежності від розрахункового перерізу шва (1-1) чи (2-2).

Катет шва k_f не повинен перевищувати товщину полиці кутика.

За $l_w^{об}$ і l_w^n визначають розміри фасонки.

Конструювання ферм

- 1) викреслюють геометричну схему і показують розміри;
- 2) наносять осі (для кожного вузла осі елементів повинні перетинатись в одній точці);
- 3) до осей прив'язують підібрані елементи: спочатку поясів, потім ґратки. Необхідно щоб вісь перерізу зійшлась з віссю ферми;
- 4) окремо викреслюють вузли, розраховують розміри швів і фасонок і конструюють вузлові з'єднання. Причому фасонки необхідно проектувати постійної товщини і нескладної форми;
- 5) у місцях спирання плит ставлять накладки $t = 10 \dots 12$ мм;
- 6) для спільної роботи елементів (кутиків, швелерів) між вузлами ставлять з'єднувальні прокладки ("сухарики") шириною $60 \dots 80$ мм у кількості ≥ 2 .

Застосування труб і гнутих профілів в елементах ферм

Переваги:

- 1) зниження маси ферми (на $15 \dots 30\%$);
- 2) зниження трудомісткості виготовлення (на $10 \dots 20\%$);
- 3) рівномірний розподіл матеріалу по перерізу.

Недоліки:

- 1) дефіцитність;
- 2) складність виготовлення вузлів.

Види з'єднання:

- 1) зі сплющеними кінцями елементів;
- 2) на фасонках;
- 3) із вузловими вставками;
- 4) без додаткових елементів, тобто безпосереднім приєднанням.

Труби і гнуті профілі застосовують у фермах покриття промислових і сільськогосподарських будівель із легкими покрівлями по прогонах.

Важкі ферми

Перерізи елементів важких ферм (рис. 17.2) підбирають так само, як перерізи легких ферм.

Основний розмір елементів важких ферм – це відстань між вузловими фасонками, яку беруть у межах 400...500 мм. Пояси важких ферм у різних панелях мають різні перерізи. Типи перерізів: швелерний, коробчатий, двотавровий, кутиковий.

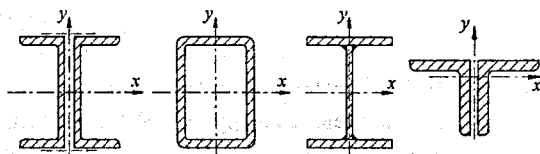


Рисунок 17.2 – Типи перерізів елементів важких ферм

Висновок

Після вивчення даної лекції студент повинен знати граничні гнучкості стержнів, типи та алгоритм підбору перерізів, послідовність розрахунку елементів та вузлів ферм, характеристику важких ферм.

Контрольні запитання

1. З яких елементів складається ферма?
2. Якими методами визначають поздовжні зусилля в елементах ферми?
3. Яка послідовність конструювання ферм?
4. У чому полягають переваги застосування труб і гнутих профілів в елементах ферм?
5. Які ферми називають важкими?

6. Чому дорівнює навантаження від власної ваги покрівлі при крутих нахилах даху?
7. Для яких елементів ферм застосовують труби і гнуті профілі?
8. В якому випадку застосовують важкі ферми з двостінними пере-різами елементів?
9. Що потрібно робити, якщо напруження перевищують розрахунковий опір матеріалу?
10. Яке визначення основного розміру елементів важких ферм?

Джерела інформації

1. Металеві конструкції : загальний курс : підручник [для вищих навчальних закладів] / [Нілов О. О., Пермьков В. О., Шимановський О. В. и др.] ; під загальною редакцією О. О. Нілова та О. В. Шимановського. – [2-е видання, перероблене і доповнене]. – К. : Видавництво «Сталь», 2010. – 869 с.
2. Металеві конструкції. Ч.1 : підручник [для вищих навчальних закладів] / [Свердлов В. Д., Середюк І. П., Середюк В. Ф., Жарко Л. О.]. – Вінниця : УНІВЕРСУМ-Вінниця, 2003. – 262 с.
3. Свердлов В. Д. Металеві конструкції. Ч.1 : навчальний посібник [для вищих навчальних закладів] / [В. Д. Свердлов, Л. О. Жарко]. – К. : ІСДО, 1994. – 192 с.
4. Металлические конструкции : общий курс : учебник [для студентов высших учебных заведений] / [Кудишин Ю. И., Беленя Е. И., Игнатъева В. С. и др.] ; под ред. Ю. И. Кудишина. – М. : Изд. центр «Академия», 2008. – 688 с.
5. Металлические конструкции : В 3-х томах. Т. 1. Элементы стальных конструкций : учеб. пособие [для строит. вузов] / [Горев В. В., Уваров Б. Ю., Филиппов В. В. и др.] ; под ред. В. В. Горева. – М. : Высш. школа, 1997. – 527 с.
6. Металлические конструкции : В 3-х томах. Т. 2. Конструкции зданий : учеб. пособие [для строит. вузов] / [Горев В. В., Уваров Б. Ю., Филиппов В. В. и др.] ; под ред. В. В. Горева. – М. : Высш. школа, 1997. – 528 с.
7. Металлические конструкции : В 3-х томах. Т. 2. Стальные конструкции зданий и сооружений : справочник проектировщика ; под общей ред. В. В. Кузнецова (ЦНИИПроектстальконструкция им. Н. П. Мельникова). – М. : Изд-во АСВ, 1998. – 512 с.

8. СНиП II-23-81*. Стальные конструкции. Нормы проектирования / Госстрой СССР. – М. : ЦИТП Госстроя СССР, 1991. – 96 с.
9. Сварные строительные конструкции : В 3-х томах. Т. 1. Основы проектирования конструкций / [Лобанов Л. М., Махненко В. И., Труфяков В. И. и др.] ; под ред. Л. М. Лобанова. – К. : Наук. думка, 1993. – 416 с.
10. Сварные строительные конструкции : В 3-х томах. Т. 2. Типы конструкций / [Шимановский В. Н., Гарф Э. Ф., Пермяков В. А. и др.] ; под ред. Л. М. Лобанова. – К. : ИЭС им. Є. О. Патона, 1997. – 680 с.
11. ДБН В.1.2-14-2009. Загальні принципи забезпечення надійності та конструктивної безпеки будівель, споруд, будівельних конструкцій та основ. – К. : Мінрегіонбуд України, 2009. – 37 с.

Глосарій

Основний розмір елементів важких ферм – це відстань між вузловими фасонками, яку беруть у межах 400...500 мм.

Ферма – це решітчаста конструкція, яка призначена для роботи переважно на згин.

Прогін – відстань між поздовжніми осями колон креслення або яких-небудь опор у напрямку, відповідному довжині основної несучої конструкції покриття або перекриття.

Вузол – з'єднання елементів.

УКРАЇНСЬКО-АНГЛІЙСЬКИЙ СЛОВНИК

- База – base.
Балка – beam.
Бетон – concrete.
Болт – screw-bolts.
Будівля – building.
Вісь – axis.
Вузол – knot.
Гнучкість – flexibility.
Граничний стан – maximum level.
Діаграма – diagram.
Ділянка – area.
Ексцентриситет – ex-centricity.
Елемент – element.
Жорсткість – inflexibility.
Зварне з'єднання – connection on welding.
Згин – bend.
Згинальний – flexural.
Зминання – crumpling.
Зміна перерізу – change of cut.
Знак – token.
Зріз – cut.
Зусилля – effort.
Колона – column.
Коефіцієнт – coefficient.
Кручення – twisting.
Лист – sheet.
Конструкція – construction.
Місцевий – local.
Міцність – firmly.
Момент – moment.
Навантаження – loading.
Напруження – tension.
Несуча здатність – bearing strength.
Опір – resistance.

Параметр – parameter.
Переріз – cut.
Планка – slat.
Плита – slab.
Поздовжній згин – longitudinal bend.
Полічка – shelf.
Ребро – rib.
Розрахунок – calculation.
Розтяг – wrick.
Сила – force.
Сталь – steel.
Стик – joint.
Стиск – clench.
Стійкість – stability.
Стінка – wall.
Схема – scheme.
Тиск – pressure.
Труба – pipe.
Ферма – farm.
Фундамент – foundation.

Навчальне видання

Сіянов Олександр Ілліч

МЕТАЛЕВІ КОНСТРУКЦІЇ

Конспект лекцій

Частина 1

Редактор В. Дружиніна

Коректор З. Поліщук

Оригінал-макет підготовлено О. Сіяновим

Підписано до друку 02.11.2015 р.

Формат 29,7×42¼. Папір офсетний.

Гарнітура Times New Roman.

Друк різнографічний. Ум. друк. арк. 8,4.

Наклад 75 пр. Зам. № 2015-103.

Вінницький національний технічний університет,
навчально-методичний відділ ВНТУ.

21021, м. Вінниця, Хмельницьке шосе, 95,
ВНТУ, к. 2201.

Тел. (0432) 59-87-36.

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи
серія ДК № 3516 від 01.07.2009 р.

Віддруковано у Вінницькому національному технічному університеті
в комп'ютерному інформаційно-видавничому центрі

21021, м. Вінниця, Хмельницьке шосе, 95,
ВНТУ, ГНК, к. 114.

Тел. (0432) 59-87-38.

publish.vntu.edu.ua; email: kivc.vntu@gmail.com.

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи
серія ДК № 3516 від 01.07.2009 р.