

ВИБІР РАЦІОНАЛЬНОГО ТИПУ ПЕРЕТИНУ ЛЕГКИХ МЕТАЛЕВИХ АРОК

М.О.Веремієнко, кандидат технічних наук, доцент

Миколаївський державний аграрний університет

Л.П.Шебаніна, кандидат технічних наук, доцент

Миколаївський державний університет ім.В.О.Сухомлинського

С.І.Богданов, ст. викладач

Миколаївський державний аграрний університет

У статті досліджується суцільний та решітчастий перетин легких металевих арок. Зроблено висновки про межу застосування решітчастого перетину та доцільність застосування суцільного перетину легких металевих арок.

Потреба різних галузей народного господарства в збірно-розбірних спорудах, що використовуються як сховища промислової і сільськогосподарської продукції, гаражі, будівлі для розміщення підсобно-допоміжних виробництв, задовольняється їх широкою номенклатурою, розробленою на основі використання різних конструкційних схем. Відомо використання балочних, рамних, складчастих та арочних[1-3] схем будівель.

Для кожної з наведених схем можна відмітити безліч переваг, що забезпечують в кожному конкретному випадку зручності експлуатації, виготовлення, транспортування або монтажу, але безперечно і те, що існуючі конструкції будівель характеризуються значною витратою металу на несучі конструкції.

Тому для розв'язання проблеми істотного зменшення числа варіантів конструкцій арок без перевищення витрати матеріалів при збереженні оптимальних об'ємно-планувальних габаритів пропонується шлях використання системи відкритої типізації. Відкрита система типізації базується не на розробці типових проектів будівель з уніфікованою габаритною схемою, а на використанні уніфікованих елементів, що забезпечують реалізацію різних габаритних схем. Для несучих конструкцій будівель рекомендуються варіанти уніфікованих елементів, які передбачають заводський рівень уніфікації, тобто

є базовий елемент, а шляхом застосування збірно-розбірних монтажних з'єднань встановлюються необхідні проліт і контур каркасу. У цьому випадку замовник може, варіюючи числом елементів, реалізувати каркаси різного перетину і висоти.

У НДІ нових агропромислових об'єктів при Миколаївському державному аграрному університеті ведуться розробки і дослідження подібних будівель з багатоваріантними схемами несучих конструкцій. Використання таких схем має в порівнянні із вказаними вище схемами переваги: потрібна менша витрата металу на несучі конструкції, оскільки висота перетину цих будівель близька до оптимального значення для арок; забезпечується за рахунок більш раціональної аеродинамічної форми зменшення інтенсивності атмосферних навантажень, що створює додатковий резерв економії конструкційних матеріалів; досягається однотипність конструкційних елементів, оскільки виключає загальноприйнятний розподіл їх на елементи стінові і покриття; вимагає при одному і тому ж перетині менший параметр захищаючих конструкцій. Питання ж про наявність в будівлях „мертвих просторів“ вирішуються шляхом вибору раціональних перетинів несучих конструкцій.

Перетин металевих легких арок може бути виконаний суцільним або решітчастим. Проміжне положення між ними займає перфорований переріз арок. Кожний із відмічених перерізів має характерний набір конструктивних якостей, а тому для повної реалізації цих переваг треба знати умови їх раціональної реалізації. Для визначення раціональних границь застосування вказаних перетинів легких арок запишемо вираз мас цих арок. Маса арки суцільного перетину може бути записана так:

$$G_{cu} = \frac{\Psi_A \Psi_{cu} S \gamma (N + \frac{M}{\rho})}{R_y \gamma_c}, \quad (1)$$

де Ψ_A – конструкційний коефіцієнт арки в цілому; Ψ_{cu} – конструкційний коефіцієнт стержня арки суцільного перетину;

S - довжина дуги арки; N - повздовжня сила в арці; M - згинаючий момент; R_y - розрахунковий опір сталі; γ_c - коефіцієнт умов роботи; ρ - ядрова відстань.

Маса арки істотно залежить від ядрової відстані, тому при суцільному перетині арки з метою зменшення її маси слід приймати профілі з максимальним значенням ρ . В цьому плані перевагу мають перфоровані перетини арок. Маса решітчастої арки включає масу поясів і масу решітки

$$G_p = \psi_A(\psi_{II}G_{II} + \psi_pG_p), \quad (2)$$

де ψ_{II} , ψ_p - відповідно конструкційний коефіцієнт маси поясів і решітки; G_{II} , G_p - маса поясів і решітки.

Маса однотипних поясів арки

$$G_{II} = \frac{\gamma S}{R_y \gamma_c} \left(N + \frac{2M}{h} + n \frac{K_n h^2 R_y}{m^2} \right), \quad (3)$$

де N , M - відповідно значення нормальної сили та згинаючого моменту; h - висота перетину арки; γ - густина металу; S - довжина дуги арки; n , m - коефіцієнти арок.

Значення коефіцієнта K_n визначається за формулою

$$K_n = \frac{1,9 \cdot 10^{-5} \mu R_y}{\eta_c}, \quad (4)$$

де μ - коефіцієнт розрахункової довжини; η_c - коефіцієнт форми перетину.

Маса однотипної решітки арки залежить від її типу, її можна записати так:

$$G_p = \gamma S \left(\frac{Q}{K_1 R_y \gamma_c} \eta + t K_p h^2 \xi \right). \quad (5)$$

де Q - перетинаюча сила; t - коефіцієнт, який беруть, $t=1$ для арок з односторонньою решіткою та $t=2$ - для арок з двохсторонньою решіткою; η , ξ - коефіцієнти, які залежать від типу

решітки і кута нахилу розкосів; K_1 – коефіцієнт, який враховує додаткові навантаження.

В результаті маса решітчастої арки буде дорівнювати:

$$G_p = \psi_A \left\{ \psi_{II} \left[\frac{\gamma S}{R_y \gamma_c} \left(N + \frac{2M}{h} \right) + \frac{\eta K_n R_y h^2}{m^2} \right] + \psi_P \gamma S \left(\frac{Q}{K_1 R_y \gamma_c} \eta + t K_P h^2 \xi \right) \right\} \quad (6)$$

В решітчастих полегшених арках, як правило, стержні решітки приймають однотипними. Маса арки в такому випадку рівна

$$G_p = \psi_A \left\{ \psi_{II} \left[\frac{\gamma S}{R_y \gamma_c} \left(N + \frac{2M}{h} \right) + \frac{\eta K_n R_y h^2}{m^2} \right] + \psi_P \gamma Stch^2 \xi \right\}, \quad (7)$$

де $c = \frac{\mu^2}{\eta c \lambda}$, тут λ – гранична гнучкість стержнів решітки.

Таким чином нами отримано вирази маси арок суцільного (1) та решітчастого перетинів (6) та (7). Раціональність застосування решітчастих арок можна визначити з розв'язку нерівності:

$$G_{cu} > G_p \quad (8)$$

З якого і слідує:

$$M > M_{ум} = \frac{h^3 \rho R_y \gamma_c}{\psi_{cu} h - \psi_{II} 2\rho} \left(\frac{\eta \psi_{II} K_n}{m^2} + t \psi_P c \xi \right) = \frac{h^3 \rho R_y \gamma_c}{\psi_{cu} h - \psi_{II} 2\rho} \frac{1}{\beta} \quad (9)$$

Умова (9) формується таким чином: якщо зовнішній згинаючий момент в перетині арки більше умовного ($M_{ум}$), то за витратою металу більш економічним буде решітчастий перетин арок і, навпаки, при невиконанні цієї умови доцільно застосовувати суцільний переріз арки. З урахуванням вартості виготовлення арок умова (9) запишеться так:

$$M > M_{ym} = \frac{1}{\beta} \frac{C_{cu} h^3 \rho R_y \gamma_c}{C_{cu} \psi_{cu} h - C_p \psi_{II} 2\rho}, \quad (10)$$

де C_{cu} , C_p - відповідно питома вартість арок суцільного і решітчастого перетину; β - параметр, який залежить від типу перетину решітчастої арки.

Розглядаючи умови (9) (10), можна зробити висновки:

- раціональна границя застосування арок решітчастого перетину залежить від висоти перетину арки (h) та параметру (p), тому при відсутності конструкційних обмежень їх значення слід приймати оптимальними;
- у випадках, коли умова (9) записується у вигляді слабкої нерівності (тобто $M \approx M_{ym}$), кінцева форма перетину арки приймається за умовою (10);
- в арках з великою амплітудою зміни величини згинаючого моменту може статися раціональним комбінований переріз, тобто на ділянках з меншим згинаючим моментом - суцільний переріз, а на ділянках з більшим згинаючим моментом - решітчастий переріз, в такому випадку кінцеве рішення повинно бути прийнято після додаткового техніко-економічного аналізу.

Припускаючи, що можлива реалізація арок суцільного та решітчастого перетинів при оптимальних значеннях $h = h_{opt}$ та $\rho = \rho_{opt}$, знайдемо граничну умову за якою застосування арок суцільного перетину стає недоцільним. З роботи [4] для двотаврових перетинів можна визначити:

$$\rho_{opt} = 0,33h_{opt} = \sqrt[3]{\frac{0,054K_{cm}}{R_y \gamma_c} M} = \sqrt[3]{\frac{\beta_1 M}{R_y \gamma_c}}, \quad (11)$$

де $K_{cm} = \frac{h}{t}$ - гнучкість стінки двотавра.

Підставивши (11) в (10), отримаємо наступну умову:

$$1 > \frac{C_{cy}}{\Psi_{cy} C_{cy} \sqrt[3]{\frac{\beta}{\beta_1}} - 2\Psi_{II} C_P} = \frac{1}{\Psi_{cy} \sqrt[3]{\frac{\beta}{\beta_1}} - 2\Psi_{II} \Psi_u} \quad (12)$$

Таким чином, суцільний переріз арки є доцільним, якщо гнучкість стінки:

$$\frac{\beta \Psi_{cy}^3}{0,054(1 + 2\Psi_{II} \Psi_u)^3} \approx 0,34\beta. \quad (13)$$

Беручи до уваги значення β , можна зробити висновок, що в загальному випадку застосування арок суцільного перерізу при традиційному підході до забезпечення місцевої стійкості стінок недоцільно. Застосування арок суцільного перетину може бути виправданим тільки у випадках наявності конструкційних та технологічних обмежень на реалізацію решітчастих перетинів арок.

ЛІТЕРАТУРА

1. Шейнфель В.Н., Куперман И.Ш., Лившиц Л.С. Сборно-разборные здания из унифицированных легких металлоконструкций полной заводской готовности // Промышленное строительство. – 1975. – №3.
2. Легкие металлические конструкции одноэтажных производственных зданий: Справ. пособие /Под. ред. И.И. Ищенко. – М. Стройиздат, 1979. – 200с.
3. Кузнецов И.Л. Стальные арочные конструкции зданий многоцелевого назначения //Строительные конструкции, строительная физика. – 1979.- Вып 7.- С 23-25.
4. Куницкий Л.П. Закономерности веса и оптимальная компоновка сплошных изгибаемых металлических элементов// Известия вузов. Строительство и архитектура. – 1965. –№5. – С.33-45.