

РОЗРАХУНОК СТАЛЕВИХ ЕЛЕМЕНТІВ ПРИ СПОЛУЧЕННІ ВНУТРІШНІХ ЗУСИЛЬ І РОЗКРІПЛЕННІ

Проведемо аналіз і намітимо шляхи вирішення проблеми визначення граничної несучої здатності розкріплених бічними в'язями сталевих елементів, що сприймають зусилля від наявності згину і кручення. В'язі різного роду можуть не тільки виконувати свою безпосередню функцію, але й ефективно використовуватися для закріплення сталевих балок з метою уникнення закручування та втрати стійкості, таким чином зменшуючи ступінь використання перерізу і витрати сталі. Вплив жорсткості в'язей на підвищення стійкості балки в українських нормах ніяк не відображено. Тому розроблення методів урахування жорсткості в'язей у розрахунку сталевих елементів при складному опорі є актуальною науково-технічною проблемою. При достатній зсувній жорсткості вважається, що стиснутий пояс повністю закріплений від поперечних зміщень і вісь обертання, котру в цьому випадку називають зв'язаною, проходить по верху балки.

Унаслідок ексцентричного прикладення навантаження у сталевих балках різного призначення з відкритим поперечним перерізом з'являються деформації обмеженого кручення, що призводять до відповідних додаткових напружень, названих секторіальними. Проблема врахування цих напружень тісно пов'язана з таким явищем як «згинально-крутильна форма втрати стійкості», котру для балок прийнято називати «поперечно-крутильна форма втрати стійкості». В цьому контексті існує суперечність, на яку слід звернути увагу і яка полягає у невідповідності роботи розкріпленої конструкції більшості класичних теоретичних уявлень про обмежене кручення тонкостінних стрижнів. Значна кількість математичних моделей характеризує лише деякі особливості поведінки конструкції у складі каркасу, особливо при суттєвій жорсткості приєднаних елементів. У таких випадках дійсні процеси не завжди відображаються при моделюванні, яке не відповідає реальній картині напружено-деформованого стану. Ступінь використання поперечного перерізу за напруженнями, необхідний для забезпечення надійності конструкції загалом, потребує уточнення для його адекватного відображення. Внутрішні зусилля потрібно визначати за нелінійною теорією другого порядку [1] для збільшення точності розрахунків і наближення їх до дійсних умов роботи конструкції. Вона являє собою по суті розрахунок за деформованою схемою, в якому рівняння рівноваги записуються для деформованого стану системи, таким чином враховуючи геометричну нелінійність.

При визначенні крутильних геометричних характеристик і несучої здатності поперечного перерізу елемента ефективним буде врахування по можливості жорсткості в'язей і пластичної роботи сталі. Для розрахунку граничної несучої здатності сталевій балці (не)симетричного поперечного перерізу (рис. 1) в пластичній стадії з довільним сполученням внутрішніх зусиль слід використати окремий випадок методу часткових внутрішніх зусиль (МЧВЗ) [2] при дії згинальних моментів і бімоменту та прийнятті більшого максимального початкового викривлення.

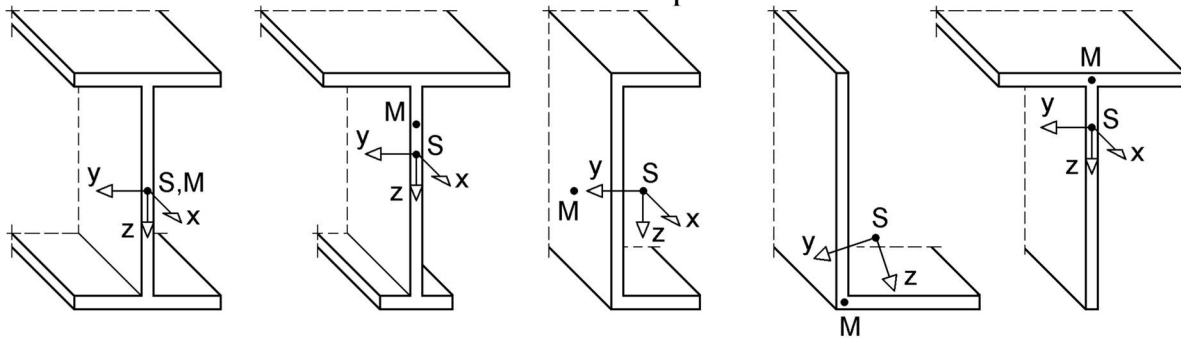


Рис. 1. Типи поперечних перерізів, які можуть бути розраховані МЧВЗ

У випадку поперечного перерізу, який умовно можна розкласти на три прямокутні елементи з довільними товщинами (дві полицьки та одна стінка), метод полягає у розміщенні початку координат не в центрі ваги загального перерізу, а в центрі ваги стінки; подальшому визначенні геометричних характеристик загального перерізу (положення центра ваги, кута повороту головних осей, секторіальних координат у разі дії поздовжньої сили, положення центра згину або при розкріпленні балки центра обертання відносно центра ваги стінки); переміщенні внутрішніх зусиль у систему координат з початком у цій точці; розкладанні загальних внутрішніх зусиль на часткові для кожного елемента відносно його центра ваги з використанням умов рівноваги між ними; перевірці окремих умов розрахунку для згину полицьок від згинального моменту в площині меншої жорсткості та згинально-крутильного бімоменту; визначенні та порівнянні залишкової несучої здатності не включеної в роботу частини загального перерізу за згинальним моментом із діючим згинальним моментом в площині більшої жорсткості з урахуванням при необхідності поздовжньої сили та зниження несучої здатності від можливої наявності в місці перевірки внутрішніх зусиль, що призводять до появи дотичних напружень, а саме поперечних сил і в меншій мірі крутильних моментів, однак для балок впливом останніх можна знехтувати без відчутної втрати точності.

Література

1. Kindmann, R.: *Stahlbau, Teil 2: Stabilität und Theorie II. Ordnung. 4. Auflage, Berlin: Ernst & Sohn, 2008. – 429 s.*
2. Kindmann, R., Frickel, J.: *Elastische und plastische Querschnittstragfähigkeit. Grundlagen, Methoden, Berechnungsverfahren, Beispiele. Online-Auflage, 2017. – 602 s.*