

УДК 624.015.5

**АНАЛІЗ ДОСЛІДЖЕНЬ СТАЛЕЗАЛІЗОБЕТОННИХ СТРИЖНЕВИХ
КОНСТРУКЦІЙ З УРАХУВАННЯМ ГНУЧКОСТІ**

*д.т.н., с.н.с. О. В. Нижник, к.т.н., С.О. Мурза, к.т.н. Ю.В. Дрижирук
Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка,
м. Полтава, Україна*

Постановка проблеми. Сталезалізобетонні конструкції з жорстким армуванням мають багато переваг, основна з них – це відсутність опалубки, можливість виготовляти комплексні конструкції, в яких сумісно працюють залізобетон та сталеві профілі. Уже доведено, що їх раціонально застосовувати для перекриття великих прольотів (плити, балки, ригелі, ферми і т.д.), стійок, які сприймають великі навантаження (колони промислових та цивільних будівель, стояки різного призначення, опори ЛЕП і т.д.), в інженерних спорудах. Поперечні перерізи таких конструкцій можуть бути найрізноманітніші. При використанні сталезалізобетонних конструкцій зменшується маса будівель, дуже часто можна обійтися без опалубки, закладних деталей.

При дослідженні та будівництві таких конструкцій важливим стає фактор стійкості. Значення розрахунку на стійкість для вказаних конструкцій в загальному циклі розрахунків на міцність та жорсткість істотно зросло, оскільки руйнування сталезалізобетонних конструкцій найчастіше пов'язане з втратою загальної стійкості або їх окремих конструктивних елементів.

Аналіз останніх досліджень. Несучі будівельні конструкції постійно розвиваються, вдосконалюються шляхом подолання протиріч: перекриття все більших прольотів, необхідність сприймати навантаження, які збільшуються, за умов зниження маси конструкцій, зменшення енергозатрат і трудомісткості при їх виготовленні. Цим суперечливим вимогам значною мірою відповідають сталезалізобетонні конструкції з жорстким армуванням завдяки можливості утворювати найрізноманітніші поперечні перерізи.

Сталезалізобетонні конструкції надзвичайно різноманітні: це стійки й колони, балки й ригелі, плити покриттів і перекриттів, просторові конструкції. Вони застосовуються при будівництві згинальних і стиснутих конструкцій, їх використовують при зведенні різноманітних споруд [3, 4]. Застосування сталевих профілів, листової арматури як винесеного армування, в стиснуто-зігнутих конструкціях дозволяє знизити витрати на опалубочні роботи, зменшити вагу конструкції спростити процес зведення колон, монолітних та збірних покриттів будівель і споруд [3].

При виготовленні конструкцій з зовнішнім армуванням необхідно забезпечити стійкість окремих елементів. Втрата стійкості окремих елементів може призвести до зміни розрахункової схеми, що в свою чергу може призвести до руйнування конструкції в цілому [1].

Виділення невирішених частин загальної проблеми. Використання арматури у вигляді сталевих листів та прокатних профілів, для комплексних конструкцій, дозволяє ефективно їх використовувати при обмежених розмірах

перерізу. Ці конструкції мають суттєві переваги при проектуванні та будівництві різних будівель і споруд [3]. Недостатньо дослідженою є проблема втрати як місцевої стійкості сталевих листа або прокатного профілю, що входить до конструкції так і загальної стійкості стрижневих конструкцій.

Формулювання цілей статті. Метою даної статті є аналіз проведених досліджень сталезалізобетонних стрижневих конструкцій з урахуванням гнучкості та питання впливу фактора стійкості на них.

Виклад основного матеріалу. Сталезалізобетонні конструкції мають суттєві переваги при проектуванні й будівництві різних будівель та споруд. Але при їх проектуванні виникають питання щодо розмірів поперечного перерізу та способів армування. Невирішені питання стійкості окремих елементів при проектуванні таких конструкцій змушують використовувати наближені методи розрахунку, які призводять до зайвих витрат матеріалів, а в деяких випадках і до недостатньої надійності конструкцій. Для підвищення ефективності й більш широкого розповсюдження конструкцій із винесеним зовнішнім армуванням необхідна розробка відповідної теорії і методів розрахунку на стійкість.

На цей час сталезалізобетонні конструкції, що являють собою сполучення профільної сталі, стрижневої арматури й бетону для їх сумісної роботи, отримали широке розповсюдження в усім світі. Це пояснюється їх високою техніко-економічною ефективністю (рис. 1).

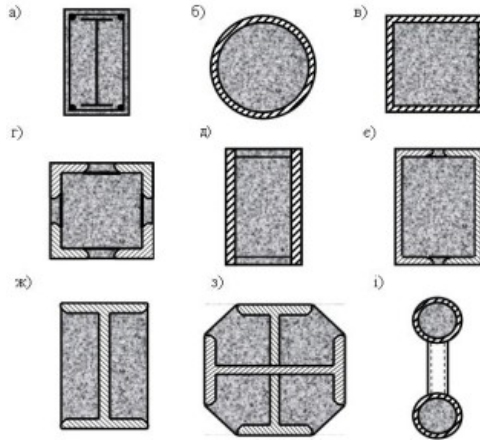


Рисунок 1 - Поперечні перерізи сталезалізобетонних колон:

а) з внутрішнім жорстким армуванням; б), в) труобетонні з круглих та квадратних труб; г), д) із кутиками і листами вдововж граней; е), ж), з) у вигляді сталевих профілів із заповненими порожнинами; і) складені з труобетонних гілок

Сталезалізобетонні конструкції якнайкраще відповідають конкретним вимогам, які висуваються при будівництві того чи іншого об'єкта, і дозволяють порівняно легко розв'язувати складні інженерні задачі.

Жорстку арматуру застосовують із метою зменшення розмірів перерізу стиснених елементів у монолітних конструкціях висотних будівель, для зведення яких потрібне влаштування складного дорогого риштування. У період спорудження таких конструкцій жорстку арматуру використовують як стійки риштування, на які передають навантаження від опалубки, бетонної суміші і монтажних пристроїв. Після зняття опалубки жорстка арматура сприймає навантаження разом із бетоном.

Ефективність жорсткої арматури зростає в міру зниження власної ваги конструкцій відносно повного навантаження. Як жорстку арматуру застосовують прокатну сталь швелерного, двотаврового й іншого великого профілю або зварені каркаси з укрупнених круглих стрижнів або дрібних кутників. Переріз жорсткої арматури приймають найменшим (3÷8%) з умови прийняття навантажень у процесі зведення конструкцій. Сумісна робота жорсткої арматури та бетону класу В15 і більше, за наявності хомутів, надійно забезпечується аж до руйнування при $\mu \leq 15\%$.

Основні положення розрахунку позacentрово стиснених елементів із гнучкою арматурою залишаються в силі й для елементів із жорсткою арматурою. При їх розрахунку площу стисненої зони бетону приймають за винятком площі, зайнятою жорсткою арматурою, що приблизно рівнозначною зниженню розрахункового опору жорсткої арматури цієї зони до значення $R_{sr} - R_b$.

Сталезалізобетонні конструкції із комбінованим (зовнішнім і внутрішнім) армуванням, в яких наявність зовнішньої арматури виключає необхідність у закладних деталях, так і ті, в яких усередині бетонного ядра встановлюється арматура – гнучка й жорстка. Армування ядра дозволяє зменшити розміри перерізу. Зменшення розмірів перерізу може призвести до підвищення гнучкості конструкції, що в свою чергу може призвести до втрати стійкості. Розрахунок таких конструкцій норми рекомендують виконувати так само, як і сталезалізобетонних конструкцій із внутрішнім армуванням, однак фактично бетон усередині конструкцій цього класу знаходиться в об'ємному напруженому стані, тому його розрахунковий опір допускається застосовувати з коефіцієнтом умов роботи 1,1 при $\mu \leq 15\%$ та коефіцієнтом 1,0 при $\mu > 15\%$.

На даний час накопичений великий експериментальний і теоретичний досвід щодо дослідження гнучких стиснених трубобетонних елементів. Різними авторами в різний час запропонована ціла низка методик для розрахунку трубобетонних елементів. Заслужують особливої уваги експериментальні дослідження проведені авторами [2]. За їх результатами виходить, що трубобетонні елементи мають підвищену міцність і стійкість порівняно із сталевими. Проте результати розрахунку за несучою здатністю гнучких стиснених трубобетонних елементів отримуються різними. Причому чим більша гнучкість та чим більший початковий ексцентриситет прикладення навантаження, тим більша різниця отриманих результатів. Основною причиною, що призвело до появи багаточисленних методик

розрахунку трубобетонних елементів є те, що важко зафіксувати момент руйнування трубобетонного зразка під навантаженням.

Аналізуючи способи розрахунків науковців, що займалися проблемою визначення несучої здатності та деформативності трубобетонних елементів як в нашій країні так і за кордоном, можна виділити певну консолідацію дослідників в методі врахування несучої здатності – зменшення несучої здатності елемента шляхом множення цього значення на коефіцієнт, менший за одиницю, що враховує гнучкість і визначається в залежності від висоти і ексцентриситету прикладення навантаження.

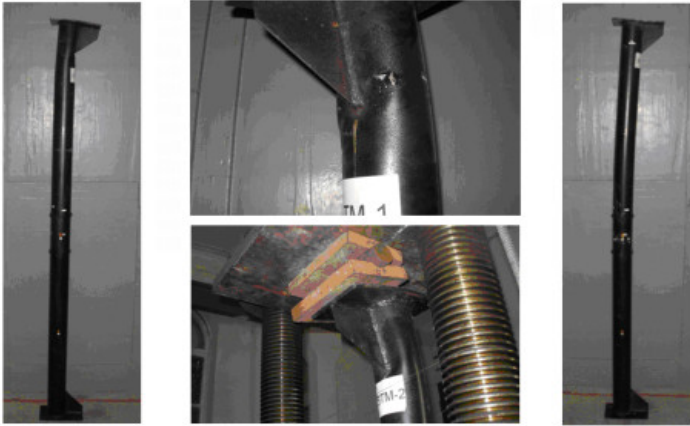


Рис. 2. Характер руйнування гнучких позациентрово стиснутих дослідних трубобетонних зразків

Характер руйнування гнучких трубобетонних елементів. Всі зразки доводилися до руйнування, при цьому бетон в стисненій зоні частково переходив в пластичний стан, а метал оболонки в цій зоні досягав межі текучості. В цей період на поверхні лакового покриття трубобетонних елементів в стисненій зоні з'являлися лінії Чернова-Людерса (рис. 2), а в зразках із порожніх труб, незаповнених бетоном, відбувалося місцеве випучування стінок, з'являлися складки.

У випадку великих ексцентриситетів, внаслідок виключення із роботи частини перерізу бетонного ядра розтягнутої зони, ефективність трубобетону знижується, але наявність бетонного ядра значно підвищує місцеву стійкість стінки труби, що дає можливість використовувати несучу здатність металу повністю (рис. 3).

Ефект бетону підвищувати несучу здатність трубобетонних елементів в цілому при великих ексцентриситетах і гнучкостях зменшується, але при цьому бетон підвищує місцеву стійкість стінки і не дає сплющуватися трубі. З цієї точки зору заповнювати труби бетоном в таких конструкціях доцільно. Зі збільшенням відносної довжини елементів коефіцієнт поперечних деформацій зростає. Суттєвим лише є вплив ексцентриситету прикладення зовнішнього навантаження. По різному розташовується нейтральна вісь у перерізах

залежно від їх знаходження за висотою. Так площа стиснутої зони середнього деформованого стану гнучких позациентрово стиснутих трубобетонних елементів вирішальне значення має стиснута зона.

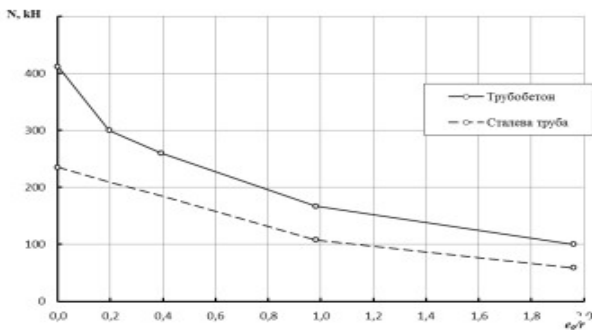


Рис. 3. Залежність руйнуючого зусилля від відносного ексцентриситету

Аналіз проведених експериментальних та теоретичних досліджень показав, що в такому комплексному елементі при дії зовнішнього навантаження труба відіграє роль оболонки, завдяки чому в елементі виникає складний напружено-деформований стан і тим самим створюються сприятливі умови для підвищення несучої здатності та жорсткості сталезалізобетонного елемента. Об'ємний напружено-деформований стан призводить до зменшення геометричних розмірів перерізу конструкції, а тому на важливим для таких конструкцій є вирішення задачі їх стійкості. Стійкість сталезалізобетонних конструкцій є комплексною складною задачею, оскільки до складу таких конструкцій, окрім бетону, входять і листові арматура і прокатні профілі. Таким чином задача вирішення стійкості сталезалізобетонних конструкцій є неоднозначною. В ряді випадків такі конструкції можуть втратити місцеву стійкість, що призводить до втрати загальної стійкості.

ВИКОРИСТАНА ЛІТЕРАТУРА

1. Грудев И.Д. Устойчивость стержневых элементов в составе стальных конструкций. – М.: МИК, 2005. – 320 с.
2. Єрмоленко Д.А. Об'ємний напружено-деформований стан трубобетонних елементів: Монографія // Д. А. Єрмоленко – Полтава: Видавець Шевченко Р.В., 2012. –316 с.
3. Стороженко Л.І., Лапенко О.І. Залізобетонні конструкції в незнімній опалубці: Монографія.– Полтава: ПолтНТУ, 2008. –312с.
4. Стороженко Л.І., Семко О.В., Пенц В.Ф. Сталезалізобетонні конструкції: навчальний посібник. – Полтава: ПолтНТУ ім. Ю.Кондратюка, 2005. - 181 с.