

ВИЗНАЧЕННЯ НЕСУЧОЇ ЗДАТНОСТІ СТАЛЕБЕТОННИХ ЕЛЕМЕНТІВ ПРЯМОКУТНОГО ПОПЕРЕЧНОГО ПЕРЕРІЗУ З ВИКОРИСТАННЯМ ДІАГРАМ ГРАНИЧНИХ СТАНІВ

© Опанасенко О.В., Петрушевська А.А., 2010

Розглянуто підхід до оптимізації й оцінки несучої здатності стержневих сталобетонних конструкцій прямокутного поперечного перерізу, який ґрунтується на використанні діаграм несучої здатності сталобетонних елементів.

Ключові слова: оптимізація, сталобетонні конструкції, діаграми несучої здатності.

In clause the approach before optimization and an estimation of bearing ability of rod steel-concrete designs of rectangular cross-section which is based on use of diagrams of bearing ability of steel-concrete elements is considered.

Keywords: optimization, steel-concrete elements, diagrams of bearing ability.

Постановка проблеми. Все більшого поширення в будівництві, машинобудуванні, на транспорті і в інших галузях народного господарства набувають сталобетонні конструкції, завдяки значній несучій здатності і надійності роботи. Використання в конструкціях різних за властивостями матеріалів сприяє зменшенню як їх матеріаломісткості, так і вартості. На підставі цього актуальною проблемою є розроблення ефективних методів зниження їх матеріаломісткості і вартості.

Аналіз основних досліджень. Як показує аналіз літературних джерел [1, 2, 3, 4, 5, 6], застосування сталобетонних конструкцій прямокутного перерізу із зовнішнім армуванням суцільною обоймою у каркасах промислових будівель досі залишається до кінця не дослідженою задачею. Тому розроблення методів оптимізації таких конструкцій є актуальним.

Формулювання цілей. Використання діаграм граничних станів (рис. 1) дає можливість виявити резерви несучої здатності конструкцій і відповідно зменшити їх вартість. Тому метою цього дослідження є розроблення методики аналізу несучої здатності сталобетонних елементів, що ґрунтується на використанні діаграм граничних станів.

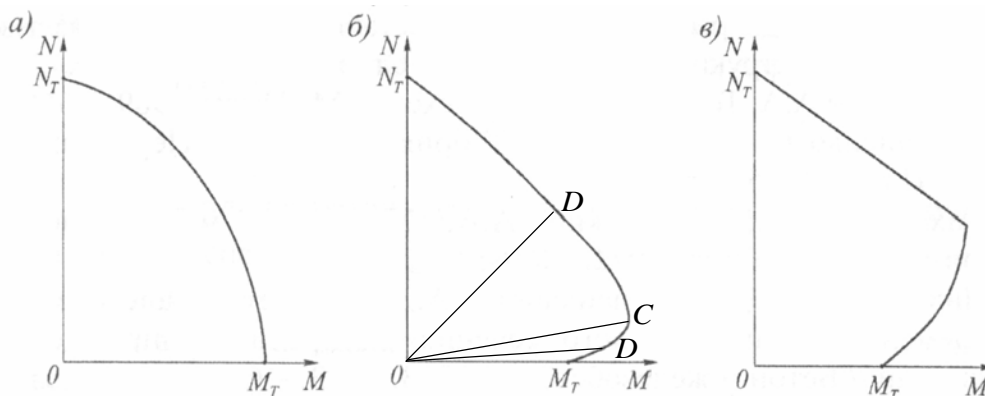


Рис. 1. Діаграми граничних станів сталового (а), сталобетонного (б) і залізобетонного (в) елементів

Використовуючи запропоновану в [8] методику, підберемо переріз сталобетонного елемента. Скористаємося спрощеною діаграмою граничних станів. Подамо діаграму несучої здатності трьома точками (рис. 2).

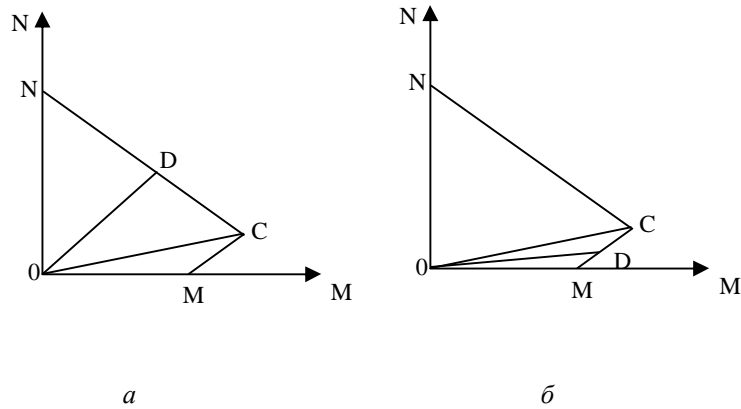


Рис.2. Розрахункові випадки добору перерізів сталобетонного елемента

Точка С характеризується максимальним моментом M_{max} і відповідним значенням поздовжньої сили N_c . Вважатимемо, що залежності між M_{max} і M_T та між M_T і N_c є степеневими функціями

$$N_T = aM_T^\alpha, \quad M_{max} = bM_T^\beta, \quad N_c = cM_T^\gamma. \quad (1)$$

Для визначення коефіцієнтів і показників степенів у залежностях (1) використаємо метод середніх [9].

Для визначення величин допустимого значення M_T використаємо метод послідовних наближень. Спочатку визначаємо наближене значення M_T при $N=0$, а також між N_T при $M=0$. Далі обчислюємо ексцентриситет $e=M/N$ і порівнюємо з величиною $e_c=M_{max}/N_c$, оскільки перехід ексцентриситету через значення e_c приводить до зміни розрахункових формул. Якщо $e \leq e_c$, вирази для обчислення граничних значень моментів і поздовжніх сил мають вигляд:

$$M_d = \frac{M_{max}N_T e}{e(N_T - N_c) + M_{max}}, \quad (2)$$

$$N_d = \frac{M_{max}N_T}{e(N_T - N_c) + M_{max}}. \quad (3)$$

Аналогічно при $e \geq e_c$ (рис.3, б) отримаємо

$$M_d = \frac{M_E N_c e}{N_c e - M_{max} + M_T}, \quad (4)$$

$$N_d = \frac{M_E N_c}{N_c e - M_{max} + M_T}. \quad (5)$$

Далі знаходимо коефіцієнт запасу $n=M_d/M$. При його відхиленні від одиниці обчислюємо нове значення M_T за формулою $M_T^{k+1} = M_T^k / n$. Зазначимо, що викладений процес послідовних наближень має швидку збіжність. Приклади добору перерізів в кожному із розглянутих випадків наводяться нижче.

Розглянемо розрахунок поперечної рами каркаса промислової будівлі зі сталобетонних елементів. Каркас має проліт 30 м, крок колон 12 м із двома кранами вантажопідйомністю $Q=50/10$ т кожен.

Розрахункова схема рами прийнята у вигляді один раз статично невизначної системи з затисненими у фундамент колонами й шарнірно приєднаним ригелем (рис.3).

Результати розрахунку рами сталобетонного каркаса, виконаного методом кінцевих елементів з використанням програмного комплексу “ЛІРА” подано у [7].

Маючи набір діаграм несучої здатності сталобетонних елементів і значення згинального моменту й поздовжньої сили, можемо підібрати розміри перерізів (рис. 4).

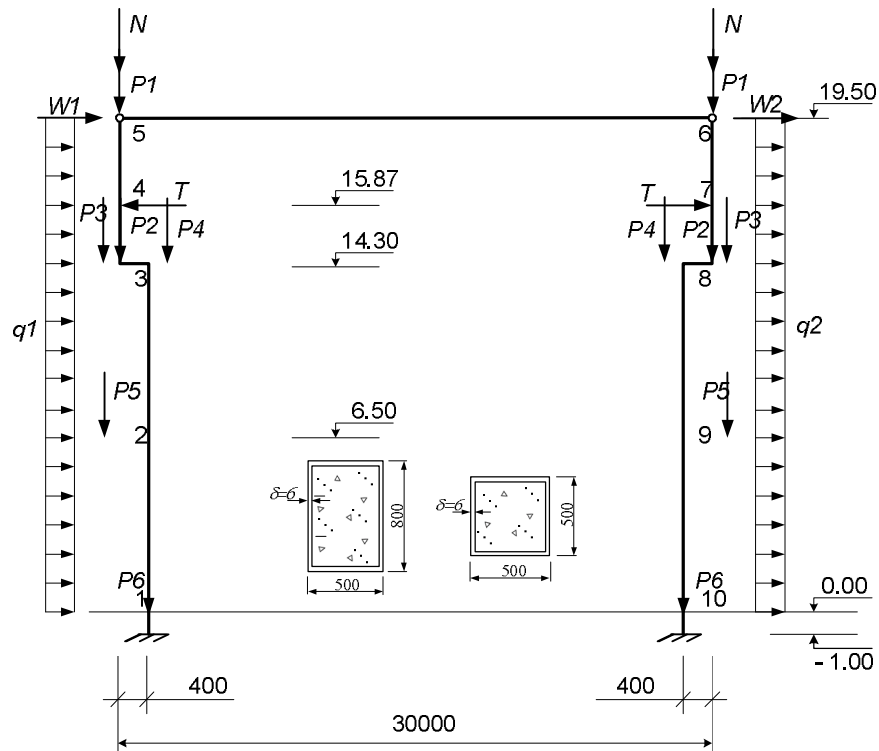


Рис.3. Розрахункова схема рами: P_1, N – опорний тиск на колону від ферми й снігу; P_2 – вага верхньої частини колони; P_6 – вага підкранової частини колони; T – поперечне гальмування; P_4 – кранове навантаження, вага підкранової балки й гальмових площадок; q_1, W_1, q_2, W_2 – вітрові навантаження; P_3, P_5 – вага панелей

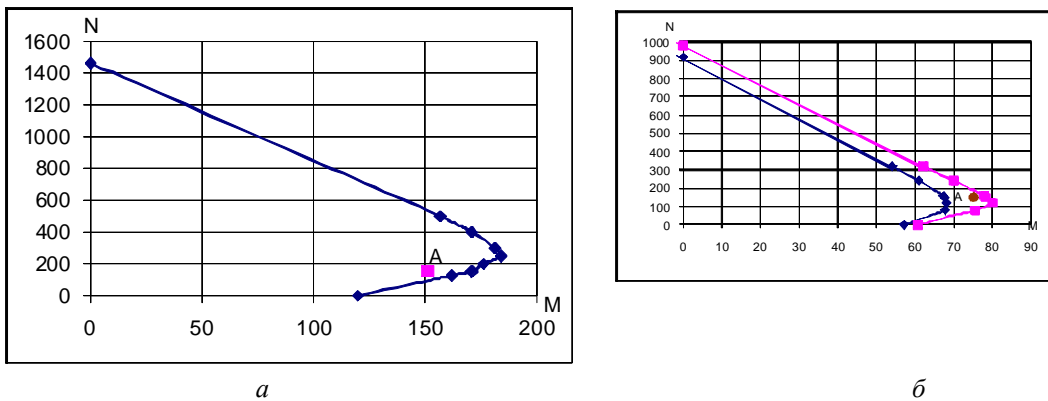


Рис. 4. Графіки несучої здатності сталобетонного елемента перерізом $800 \times 500 \times 6$ мм (а) і 500×500 з товщинами обійми 5 й 6 мм (б)

Розрахункові внутрішні сили для сталобетонного елемента мають значення: $M=74.3$ тсм і $N=150$ тс. На першому кроці, знаючи значення параметрів функціонального зв'язку, обчислюємо $M_{max}=218,17 \times 74,3^{0.360}$, $N_T=3,76 \times 74,3^{0.73}$, $N_c=5444,34 \times 74,3^{-0.93}$. За цими значеннями знаходимо ексцентриситети $e_c=M_{max}/N_c=0,903$ м, $e=74,3/150=0,495$. Оскільки $e < e_c$, то $M_d=81,05$ тсм, $N_d=163,63$ тс.

Далі визначаємо коефіцієнт запасу $n=M_d/M=1,091$. На іншому кроці обчислюємо $M_T=74,3/1,091=68,11$ тс і знаходимо відповідні йому значення $M_{max}, N_T, N_c, n, M_T$. І так робимо кілька наближень, поки коефіцієнт запасу не дорівнюватиме 1. У нашому випадку розрахунок закінчений при $n=1,008$, $M_{max}=78,13$ тсм, $N_T=111$ тс, $N_c=974,32$ тс, $M_d=74,92$ тсм, $N_d=151,25$ тс, цим граничним значенням відповідають розміри перерізу сталобетонного елемента – $500 \times 500 \times 6$ мм.

Аналогічний розрахунок виконуємо і для іншого перерізу. Розрахункові внутрішні сили для сталобетонного елемента мають значення: $M=151$ тсм і $N=153$ тс. Знаючи значення параметрів функціонального зв'язку, обчислюємо $M_{max}=12,489 \times 151^{0.560}=207,46$ тсм, $N_T=416,569 \times 151^{0.261}=1546,25$ тс, $N_c=187,723 \times 151^{0.061}=254,46$ тс. За цими значеннями знаходимо ексцентриситети $e_c=M_{max}/N_c=0,816$ м, $e=151/153=0,987$. Оскільки $e > e_c$, то $M_d=194,99$ тсм, $N_d=197,58$ тс.

Коефіцієнт запасу $n=M_d/M=1,26$. Наступним кроком обчислюємо $M_T=151/1,26=119,62$ тсм і знаходимо відповідні йому значення $M_{max}=180,0$ тсм, $N_T=1446,47$ тс, $N_c=250,56$ тс, $M_d=158,27$ тсм, $N_d=160,05$ тс, $n=1,039$, $MT=114,13$ тсм. Робимо друге наближення: $n=0,89$, $M_{max}=127,96$ тсм, $N_T=1233,57$ тс, $N_c=241,47$ тс, $M_d=135,59$ тсм, $N_d=137,39$ тс. Граничним значенням (приймаємо при $n=1,04$) відповідають розміри перерізу сталобетонного елемента – $800 \times 500 \times 6$ мм.

Висновки. Отже, на підставі виконаних досліджень можна зробити такий висновок: маючи значення зусиль (згинальний момент і поздовжня сила) у перерізі і набір діаграм несучої здатності сталобетонного елемента прямокутного перерізу, можна, не виконуючи складних обчислень, підібрати розміри поперечного перерізу сталобетонного стрижня і виконати оцінку несучої здатності каркаса промислової будівлі.

1. Чихладзе Э.Д., Арсланханов А.Д. Расчет сталобетонных элементов прямоугольного сечения на прочность при изгибе и внецентренном сжатии // Изв. вузов. Строительство. № 1, 1992. С. 6 – 10. 2. Чихладзе Э.Д. Несущая способность сталобетонных конструкций в условиях статического и динамического нагружения: Дис... д-ра. тех. наук: 05.23.01 / ВИСИ. – М., 1985. – 300 с. 3. Стороженко Л.И., Плахотный П.И., Черный А.Я. Расчет трубобетонных конструкций. – К.: Будівельник, 1991. – 120 с. 4. Стороженко Л.И., Пенц В.Ф. Несучі трубобетонні конструкції в промислових і цивільних будівлях: Зб. наук. праць. Будівельні конструкції. – К.: НДІБК, 2003. – С. 39-44. 5. Грушко И.М., Ильин А.Г., Чихладзе Э.Д. Повышение прочности и выносливости бетона. – Харьков: Вища школа, 1986. – 152 с. 6. Головки Г. Дослідження центрально стиснутих елементів, виготовлених з сталевих труб квадратного перерізу, заповнених бетоном: Зб. наук. статей. Сталезалізобетонні конструкції: дослідження, проектування, будівництво, експлуатація. – Кривий Ріг, 1998. – С. 65–68. 7. Городецкий А.С., Шмуклер В.С., Бондаренко А.В. Информационные технологии расчета и проектирования строительных конструкций. Учебное пособие. – Харьков: НТУ «ХПИ», 2003. – 889 с. 8. Чихладзе Э.Д., Черненко М.Г. Спроцена діаграма граничних станів сталобетонного елемента в задачах оптимізації стержневих конструкцій // Зб. наук. праць. Будівельні конструкції. Вип. 59. – К., НДІБК, 2003. – С. 310 – 317. 9. Демидович Б.П., Марон И.А., Шувалов Э.З. Численные методы анализа. – М.: Физматгиз, 1963. – 400 с.