

УДК 624.016.001.24

Канд. техн. наук О.В. Опанасенко

Е. Опанасенко

**ВИКОРИСТАННЯ ДІАГРАМ ГРАНИЧНИХ СТАНІВ ДЛЯ
ВИЗНАЧЕННЯ НЕСУЧОЇ ЗДАТНОСТІ СТАЛЕБЕТОННИХ
ЕЛЕМЕНТІВ**

**USE OF CHARTS BOUNDARY CONDITIONS FOR DETERMINATION
OF BEARING ABILITY THE STEEL-CONCRETE ELEMENTS**

Представив д-р хім. наук, професор А.М. Плуґін

Постановка проблеми. Все більше поширення в будівництві здобувають сталобетонні конструкції завдяки значній несучій здатності і надійності роботи. Використання в конструкціях різних за властивостями матеріалів сприяє зменшенню їх як 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], застосування сталобетонних конструкцій прямокутного перерізу з зовнішнім армуванням суцільною обоймою в каркасах промислових будівель до цього часу залишається до кінця не дослідженою задачею. Тому розроблення методів оптимізації таких конструкцій є актуальним завданням.

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

Використовуючи запропоновану в роботі [6] методику, підберемо переріз сталобетонного елемента. Скористаємося спрощеною діаграмою граничних станів. Представимо діаграму несучої здатності трьома точками (рис. 2).

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

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

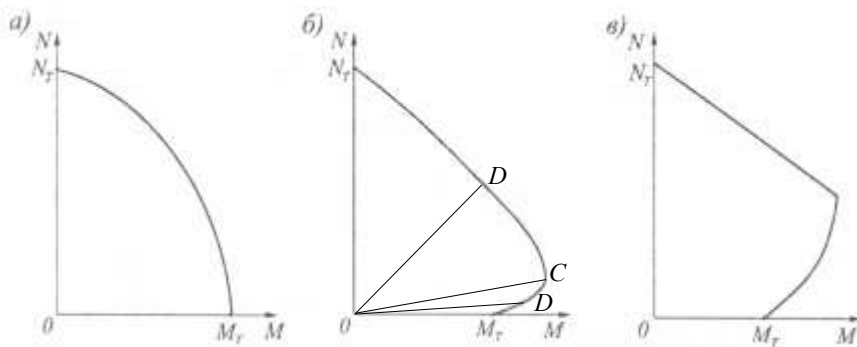


Рис. 1. Діаграми граничних станів сталевого (а), сталобетонного (б) і залізобетонного (в) елементів

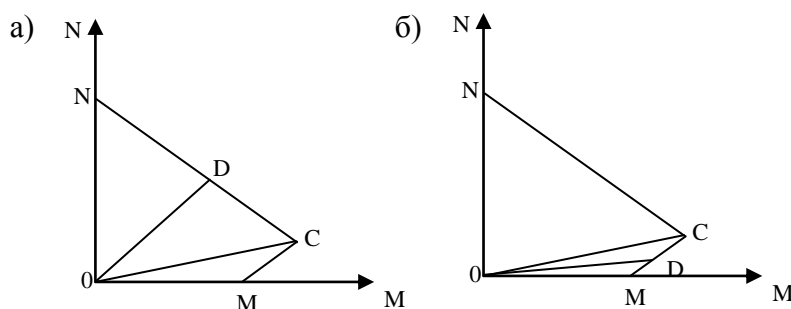


Рис. 2. Розрахункові випадки підбору перерізів сталобетонного елемента

Для визначення коефіцієнтів і показників степенів у залежностях (1) використаємо метод середніх [7].

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

обчислюється ексцентриситет $e=M/N$ і порівнюється з величиною $e_c=M_{max}/N_c$, оскільки перехід ексцентриситету через значення e_c призводить до зміни розрахункових формул. У випадку, коли $e \leq e_c$, вирази для обчислення граничних значень моментів і поздовжніх сил мають вигляд

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

Аналогічно при $e \geq e_c$ (рис. 2, б) отримаємо

$$M_d = \frac{M_E N_c e}{N_c e - M_{max} + M_T}, \quad N_d = \frac{M_E N_c}{N_c e - M_{max} + M_T}. \quad (3)$$

Далі обчислюється коефіцієнт запасу $n=M_d/M$. При його відхиленні від одиниці

обчислюється 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 у кожному із розглянутих випадків наводяться нижче.

Розглянемо розрахунок поперечної рами каркаса промислової будівлі зі сталобетонних елементів. Каркас має

прогін 30 м, крок колон 12 м із двома кранами вантажопідйомністю $Q=50/10$ т кожний. Розрахункова схема рами прийнята у вигляді один раз статично невизначної системи з затисненими у фундамент колонами й шарнірно приєднаним ригелем (рис. 3).

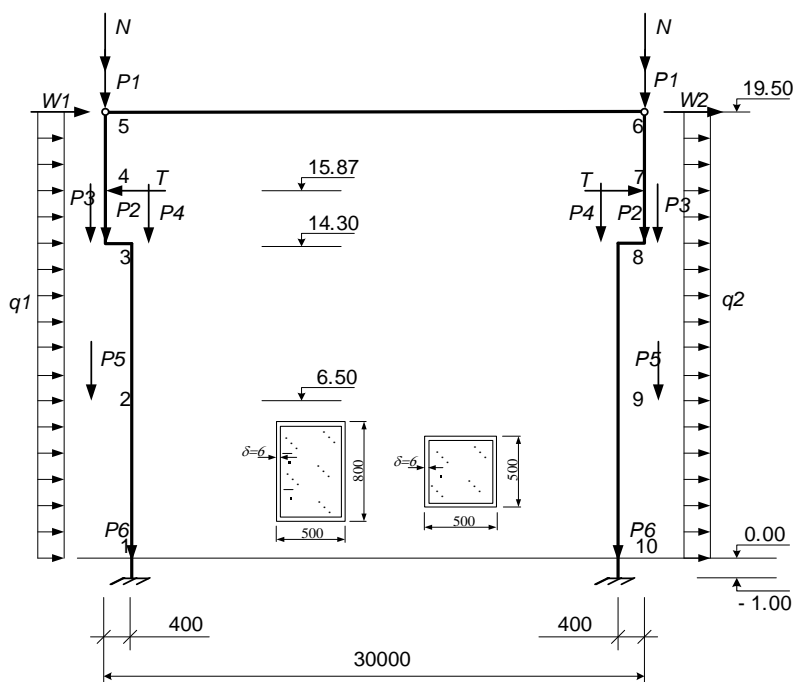


Рис. 3. Розрахункова схема рами

Результати розрахунку рами сталобетонного каркаса виконано методом кінцевих елементів з використанням програмного комплексу ЛІРА [5]. Маючи набір діаграм несучої здатності сталобетонних елементів і значення згинального моменту й поздовжньої сили можемо зробити підбір розмірів перерізів (рис. 4).

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

обчислюємо 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 другому 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 буде дорівнювати 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.

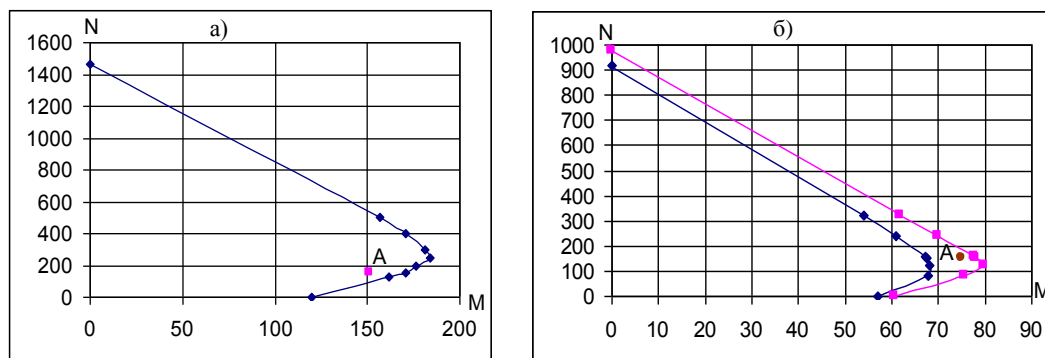


Рис. 4. Графіки несучої здатності сталобетонного елемента перерізом $800 \times 500 \times 6$ мм (а) і 500×500 з товщинами обійми 5 і 6 мм (б)

Аналогічний розрахунок робимо і для іншого перерізу. Розрахункові внутрішні сили для сталобетонного елемента мають значення: $M=151$ тсм і $N=153$ тс. Знаючи величини параметрів функціонального зв'язку, обчислюємо

$$M_{max}=12,489 \times 151^{0.560}=207,46 \text{ тсм},$$

$$N_T=416,569 \times 151^{0.261}=1546,25 \text{ тс},$$

$$N_c=187,723 \times 151^{0.061}=254,46 \text{ тс}.$$

За цими значеннями обчислюємо 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. Таким чином, на підставі проведених досліджень можна зробити 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 стержня і зробити оцінку несучої здатності каркаса промислової будівлі.

Список літератури

1. Чихладзе, Э.Д. Расчет сталобетонных элементов прямоугольного сечения на прочность при изгибе и внецентренном сжатии [Текст] / Э.Д. Чихладзе, А.Д. Арсланханов // Изв. вузов. Строительство. – 1992. – № 1. – С. 6 – 10.
2. Стороженко, Л.І. Несучі труобетонні конструкції в промислових і цивільних будівлях [Текст] / Л.І. Стороженко, В.Ф. Пенц // Будівельні конструкції: зб. наук. праць. – К.: НДІБК, 2003. – С. 39-44.
3. Грушко, И.М. Повышение прочности и выносливости бетона [Текст] / И.М. Грушко, А.Г. Ильин, Э.Д. Чихладзе. – Харьков: Вища шк., 1986. – 152 с.
4. Головкин, Г. Дослідження центрально стиснутих елементів виготовлених з сталевих труб квадратного перерізу заповнених бетоном [Текст] / Г. Головкин // Стале залізобетонні

конструкції: дослідження, проектування, будівництво, експлуатація: зб. наук. статей. – Кривий Ріг, 1998. – С. 65-68.

5. Городецкий, А.С. Информационные технологии расчета и проектирования строительных конструкций [Текст]: учеб. пособие // А.С. Городецкий, В.С. Шмуклер, А.В. Бондаренко. – Харьков: НТУ «ХПИ», 2003. – 889 с.

6. Чихладзе, Е.Д. Спрощена діаграма граничних станів сталобетонного елемента в задачах оптимізації стержневих конструкцій [Текст] / Е.Д. Чихладзе, М.Г. Черненко // Будівельні конструкції: зб. наук. праць. – К.: НДБК, 2003. – Вип. 59. – С. 310 – 317.

7. Демидович, Б.П. Численные методы анализа [Текст] / Б.П. Демидович, И.А. Марон, Э.З. Шувалов. – М.: Физматгиз, 1963. – 400 с.

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

Анотації

У статті розглядається підхід до оптимізації і оцінки несучої здатності стержневих сталобетонних конструкцій прямокутного поперечного перерізу, які ґрунтуються на використанні діаграм несучої здатності сталобетонних елементів.

В статье рассматривается подход к оптимизации и оценки несущей способности стержневых сталобетонных конструкций прямоугольного поперечного сечения, который базируется на использовании диаграмм несущей способности сталобетонных элементов.

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.