

ТЕОРЕТИЧНА ОЦІНКА СТІЙКОСТІ СТИСНУТИХ ГНУЧКИХ ТРУБОБЕТОННИХ СТРИЖНІВ

Розглянуто методику оцінювання стійкості стиснутих гнучких трубобетонних стрижнів, в основу якої покладено енергетичний метод. Застосування ітераційної процедури дозволило врахувати реальні діаграми деформування застосованих матеріалів.

Ключові слова: *трубобетон, стійкість.*

Постановка проблеми у загальному вигляді. Сучасний рівень будівельного виробництва пред'являє до несучих конструкцій вимоги щодо високої надійності в сполученні з малою матеріалоемністю і низькими трудовими витратами при виготовленні й монтажі. Цим вимогам повною мірою відповідають трубобетонні конструкції. Трубобетон є комплексним елементом, складеним із двох компонентів – зовнішнього (оболонка) та внутрішнього (осердя). При відносно малому поперечному перерізі ці конструктивні елементи здатні витримувати великі зусилля, а бетон у таких конструкціях за рахунок об'ємного напруженого стану сприймає поздовжні напруження, що значно перевищують його призову міцність. Це дозволяє раціональніше використовувати міцнісні властивості матеріалів і приводить до економії цементу та сталі. Поєднання сталевий оболонки і бетонного осердя в одному конструктивному елементі обумовлює значне перевищення спільної несучої здатності над сумарною. Трубобетон чинить значний опір дії стискального зусилля, що зумовлює зменшення поперечного перерізу конструктивного елемента порівняно із залізобетонним. Це призводить до збільшення гнучкості трубобетонного елемента і виводить на перший план питання щодо його загальної стійкості.

Аналіз досліджень та виділення не розв'язаних раніше часток загальної проблеми, котрим присвячується стаття. Як свідчать численні експериментальні дослідження [1–2], для визначення граничного навантаження гнучких стиснутих трубобетонних елементів слід урахувати гнучкість уже при відносній довжині, більшій ніж число 10. Несуча здатність таких елементів порівняно із короткими виявляється на 30 – 80% меншою. У роботах [3 – 4] наведено результати теоретичних оцінок стійкості трубобетонних елементів. Але основою цих розробок були результати власних експериментальних досліджень. Тому такі методики мають частковий характер і не можуть поширюватися на весь спектр розмаїття геометричних параметрів трубобетонних елементів та фізико-механічних характеристик застосованих матеріалів.

Метою роботи було розроблення методики оцінювання стійкості позацентровано стиснутих трубобетонних стрижнів з урахуванням дійсної роботи матеріалів.

Виклад основного матеріалу досліджень. При розв'язанні задачі стійкості позацентровано стиснутого трубобетонного стрижня з використанням розробленого методу в основу розрахунку покладено енергетичний метод, відповідно до якого попередньо задаємо форму втрати стійкості стрижня й обчислюємо для нього повну потенційну енергію. При цьому прийняття форми втрати стійкості та обчислення енергії виконується для окремого елемента, а потім остання додається до енергії всього стрижня.

При розрахунку прийнято такі передумови: компоненти трубобетону (оболонка, осердя) працюють сумісно, в'язі, які їх об'єднують, є жорсткими; вважаємо справедливим закон плоского перерізу, тому поперечний комплексний переріз залишається плоским під час усього процесу деформування; залежність між напруженнями та деформаціями матеріалів компонентів трубобетону вважаємо лінійною; діючі – вважаємо рівномірно розподіленими по площі комплексного поперечного перерізу трубобетону; епюра поздовжніх стискальних зусиль має прямокутний вигляд, а згинальний момент – трикутний та двозначний; вісь короткого комплексного елемента залишається прямолінійною і в деформованому стані; розглядається стійкість в одній вертикальній площині (площина втрата стійкості).

Розрахункову схему стиснутого трубобетонного стрижня і дискретну модель наведено на рисунку 1.

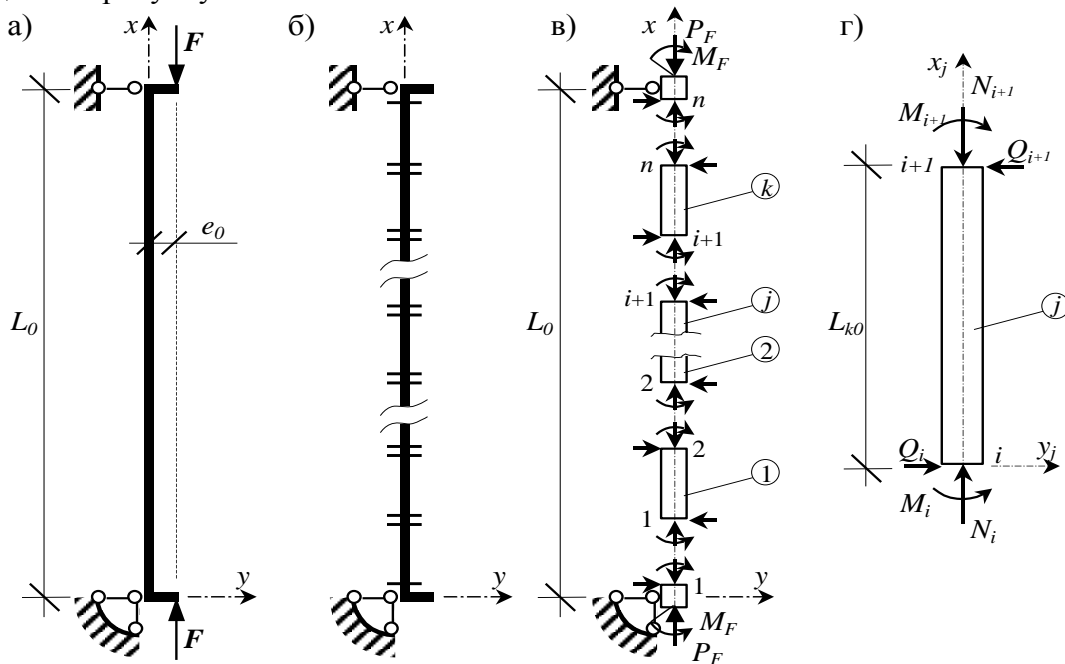


Рисунок 1 – Дискретна модель стиснутого трубобетонного стрижня

Розв'язання задачі про стійкість пружних тіл (дискретної моделі розрахункової схеми) складається з двох етапів: формування характеристик окремих елементів; розв'язання повної системи.

Установлено узагальнені силові та кінематичні змінні, які характеризують напружено-деформований стан вибраної дискретної моделі розрахункової схеми. Як незалежні параметри, які визначають деформований стан системи, прийнято переміщення розрахункового перерізу (рис. 2): кут повороту (φ_i) навколо нейтральної лінії; лінійні переміщення центра ваги у вертикальній площині zOy (w_i та u_i). Ці величини складають вектор-стовпець переміщень i -го розрахункового перерізу ($\{\vartheta_i\}$). Вектор переміщень усієї системи ($\{\vartheta_i\}$). Останній складається з векторів окремих перерізів і має розмірність $3n$:

$$\{\Theta\} = (\{\varphi_i\}, \{w_i\}, \{u_i\}). \quad (1)$$

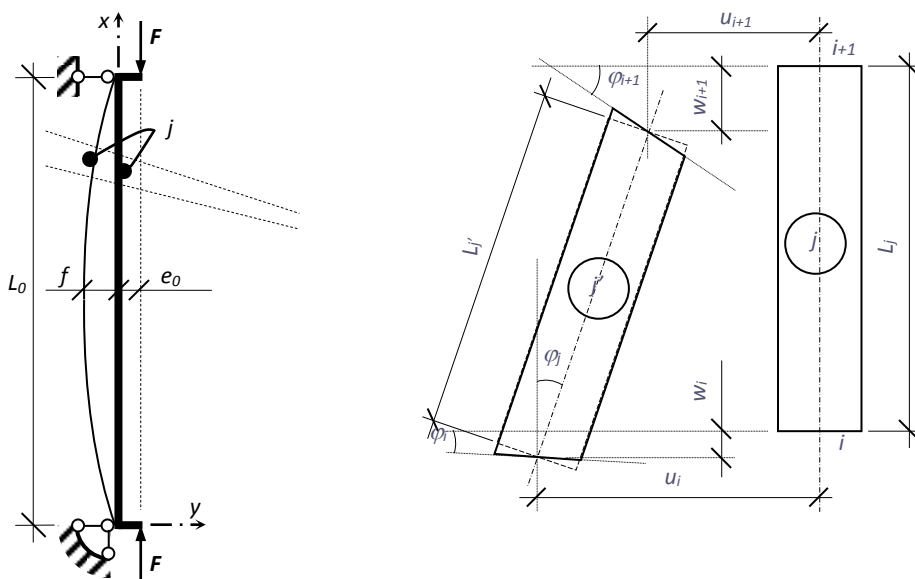


Рисунок 2 – Переміщення окремого (j -го) елемента

Компоненти вектора навантажень відповідають компонентам вектора переміщень. Тому перший вектор має вигляд

$$\{F\} = \left(\{P_z\}, \{P_\rho\}, \{M_{\rho z}^F\} \right). \quad (2)$$

На основі прийнятих припущень вважається, що на k -й елемент діють нормальні напруження, які розподілено за лінійним законом. Рівнодіючі цих зусиль дають відповідні внутрішні зусилля: згинальний момент ($M_{\rho z}$) і поздовжнє зусилля (N_z). Таким чином, напружений стан трубобетону, котрий представлено відповідною дискретною моделлю, описується вектором зусиль

$$\{S^{sb}\} = \left(\{N_z^{sb}\}, \{M_{\rho z}^{sb}\} \right)^T. \quad (3)$$

Потенційна енергія такої дискретної моделі є функцією від усіх параметрів, які входять до складу вектора переміщень $\{\Theta\}$, тобто

$$U^{sb} = U(\varphi_1, w_1, u_1, \dots, \varphi_n, w_n, u_n) = U(\xi_1, \xi_1, \xi_1, \dots, \xi_{3n-2}, \xi_{3n-1}, \xi_{3n}). \quad (4)$$

Рівняння рівноваги при цьому будуть мати вигляд [5]:

$$\left. \begin{aligned} \frac{\partial U^{sb}}{\partial \xi_1} &= B_{11}\xi_1 + B_{12}\xi_2 + \dots + B_{1(3n)}\xi_{3n} = 0; \\ \frac{\partial U^{sb}}{\partial \xi_2} &= B_{21}\xi_1 + B_{22}\xi_2 + \dots + B_{2(3n)}\xi_{3n} = 0; \\ &\dots \\ \frac{\partial U^{sb}}{\partial \xi_{3n}} &= B_{(3n)1}\xi_1 + B_{(3n)2}\xi_2 + \dots + B_{(3n)(3n)}\xi_{3n} = 0; \end{aligned} \right\}, \quad (5)$$

де
$$B_{ij} = \frac{\partial^2 U^{sb}}{\partial \xi_i \partial \xi_j}.$$

Аналіз стійкості позацентрово стиснутого трубобетонного стрижня залежить від згинального та осевого деформування конструкції. Тому задача стійкості за дискретною моделлю розрахункової схеми не може бути сформульована незалежно від аналізу напружено-деформованного стану окремого елемента.

Для встановлення характеристик окремих елементів використовується методика оцінювання напружено-деформованного стану позацентрово стиснутих коротких трубобетонних елементів [6]. Алгоритм розв'язання системи в цілому базується на пропозиціях, зазначених у роботі [7].

Висновки. Розроблена методика оцінювання стійкості стиснутих гнучких трубобетонних конструктивних елементів дозволяє встановити теоретичним шляхом величину критичного навантаження з урахуванням дійсної роботи сталі та бетону.

Література

1. Маракуца, В.И. Прочность и устойчивость трубобетонных элементов при кратковременном и длительном нагружении: автореф. на соискание науч. степени канд. техн. наук / В.И. Маракуца. – К., 1969. – 235 с.
2. Стороженко, Л.І., Єрмоленко Д.А., Лапенко О.І. Трубобетон: монографія / Л.І. Стороженко, Д.А. Єрмоленко, О.І. Лапенко. – Полтава: ПолтНТУ, 2009. – 306 с.
3. Броуде, Б.М. Об устойчивости труб круглого сечения, заполненных бетоном, при центральном сжатии / Б.М. Броуде // Сборник статей по металлическим конструкциям ВИА и Гинстальмост. – М., 1934.
4. Кикин, А.И. Конструкции из стальных труб, заполненных бетоном / А.И. Кикин, Р.С. Санжаровский, В.А. Труль. – М.: Стройиздат, 1974. – 144 с.
5. Ржаницын, А.Р. Устойчивость равновесия упругих систем / А.Р. Ржаницын. – М., 1955. – 476 с.

6. Єрмоленко, Д.А. Напружено-деформований стан трубобетонного елемента при позацентровому стисненні / Д.А. Єрмоленко // *Строительство, материаловедение, машиностроение: сб. науч. трудов. Вып. №61.* – Д.: ПГАСА, 2011. – С.172 – 175.

7. Чирас, А.А. *Строительная механика: теория и алгоритмы: учеб. для вузов / А.А. Чирас.* – М.: Стройиздат, 1989. – 255 с.

Надійшла до редакції 13.12. 2011

© Д.А. Єрмоленко

Д.А. Ермоленко, к.т.н., доцент

Полтавский национальный технический университет имени Юрия Кондратюка

ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА УСТОЙЧИВОСТИ СЖАТЫХ ГИБКИХ ТРУБОБЕТОННЫХ СТЕРЖНЕЙ

Рассмотрено методику теоретической оценки устойчивости сжатых гибких трубобетонных стержней, в основу которой положено энергетический метод. Применение итерационной процедуры позволило учесть реальную диаграмму деформирования использованных материалов.

Ключевые слова: *трубобетон, устойчивость.*

D.A.Yermolenko, Ph.D., doc.

Poltava National Technical University of a name of Jury Kondratyuk

THEORETICAL DESIGN OF STABILITY OF COMPRESSED LONG CONCRETE FILLED STEEL TUBE BARS

It is considered the theoretical estimation of stability of compressed long concrete filled steel tube bars. The base of the method is the energetic one. The usage of iterative procedure allowed to take on discount the real diagram of deformation of used materials.

Key words: *concrete filled steel tube, stability.*