

УДК 624.012.35

*Павліков Андрій, д.т.н., професор,
ORCID: 0000-0002-5654-5849, e-mail: am.pavlikov@gmail.com*

*Гарькава Ольга, к.т.н., доцент,
ORCID: 0000-0003-2214-3128, e-mail: olga-boiko@ukr.net
Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»*

КОЕФІЦІЄНТ ЗМІЦНЕННЯ БЕТОНУ ТРУБОБЕТОННИХ ЕЛЕМЕНТІВ

Анотація. На основі теорій пластичності Сен-Венана та Юбера-Мізеса-Генки отримано вирази для розрахунку коефіцієнта зміцнення бетону за рахунок його роботи в об'ємному напруженому стані у складі трубобетонного елемента. Розрахункові положення засновані на одночасному руйнуванні бетонної серцевини елемента і досягненні межі текучості в трубі-оболонці, тобто умови повного використання міцності складових матеріалів. Міцність нормального перерізу трубобетонного елемента при осьовому навантаженні визначається з урахуванням меридіонального тиску бетону на трубу та осьових напружень у ній. Досліджено характер і ступінь впливу геометричних і міцнісних характеристик елемента на величину коефіцієнта зміцнення бетону.

Ключові слова: трубобетонний елемент, міцність, коефіцієнт зміцнення.

*Pavlikov Andrii, ScD, Professor,
ORCID: 0000-0002-5654-5849, e-mail: am.pavlikov@gmail.com*

*Harkava Olha, PhD, Associate Professor,
ORCID: 0000-0003-2214-3128, e-mail: olga-boiko@ukr.net
National University «Yuri Kondratyuk Poltava Polytechnic»*

COEFFICIENT OF CONCRETE STRENGTHENING OF STEEL TUBULAR CONCRETE-FILLED ELEMENTS

Abstract. Based on the theories of plasticity of Saint-Venant and Huber-Mises-Genk, the design expressions for calculating the coefficient of concrete strengthening due to its operation in the volumetric stress state as part of a steel tubular concrete-filled element are obtained. The calculation provisions are based on the simultaneous destruction of the concrete core of the element and the achievement of the yield strength in the tube-shell, i.e. the condition of full use of the strength of the constituent materials. The strength of the normal cross section of a steel tubular concrete-filled element under axial loading is determined taking into account the meridional pressure of concrete on the tube and axial stresses in it. The nature and degree of influence of geometric and strength characteristics of the element on the value of concrete strengthening coefficient are investigated.

Key words: steel tubular concrete-filled element, strength, coefficient of concrete strengthening.

Завдяки штучно створеним умовам обмеження деформації бетону зовнішньою трубою-оболонкою в трубобетонних елементах виникає явище зміцнення. Для врахування зміцнення бетону в умовах об'ємного напружено-деформованого стану розроблено велику кількість методів розрахунку міцності трубобетонних елементів. Але їх емпірична основа не сприяє глибокому розумінню складної роботи трубобетонних елементів. Можливість вирішення існуючої задачі в теорії розрахунків міцності трубобетонних елементів на основі введених

сучасних поглядів на роботу бетону в поєднанні з арматурою і сталеву трубою висвітлюється в [1 – 2] та в багатьох інших роботах.

Узагальнюючи запропоновані рекомендації, метою роботи є проаналізувати аналітичний вираз для розрахунку коефіцієнта зміцнення бетону серцевини трубобетонного елемента в момент його повного руйнування та дослідити його зміну залежно від міцнісних характеристик матеріалів та геометричних характеристик елемента.

Рівняння, отримане в [3], для перевірки несучої здатності трубобетонного елемента при осьовому стисненні у вигляді:

$$N_{Rd} = k_{cs} A_c f_c + A_s f_y, \quad (1)$$

де A_c – площа поперечного перерізу бетону; A_s – площа поперечного перерізу труби; f_c – граничне значення напруження в бетоні при його руйнуванні; f_y – граничне значення напруження в сталевій трубі при її руйнуванні в граничному стані трубобетонного елемента.

У рівнянні (1) коефіцієнт

$$k_{cs} = 1 + \frac{4k}{k+1} \frac{f_y}{f_c} \frac{t}{D}. \quad (2)$$

– коефіцієнт зміцнення бетону трубобетонного елемента з урахуванням особливостей умов теорії пластичності Сен-Венана при її застосуванні до моделювання цього явища.

Коефіцієнт зміцнення бетону k_{cs} трубобетонного елемента з урахуванням особливостей умов теорії пластичності Губера-Мізеса-Генки при її застосуванні до моделювання цього явища отримано у вигляді

$$k_{cs} = 1 + 4 \left(\frac{2k+1}{\sqrt{k^2+k+1}} - 1 \right) \frac{f_y}{f_c} \frac{t}{D}. \quad (3)$$

У ході роботи було поставлено завдання виявити характер і ступінь впливу різних факторів на величину коефіцієнта зміцнення бетону трубобетонних елементів. Для аналізу використано теоретичні вирази для коефіцієнта k_{cs} за формулами (2) та (3). На графіках на малюнку 1 показано зміну коефіцієнта зміцнення зі збільшенням класу бетону в діапазоні від C12/15 до C50/60.

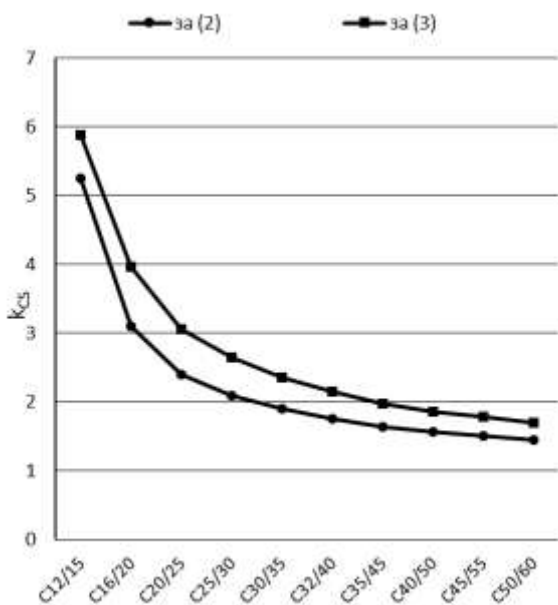


Рис. 1 – Графіки залежності значень коефіцієнта зміцнення бетону від класу бетону

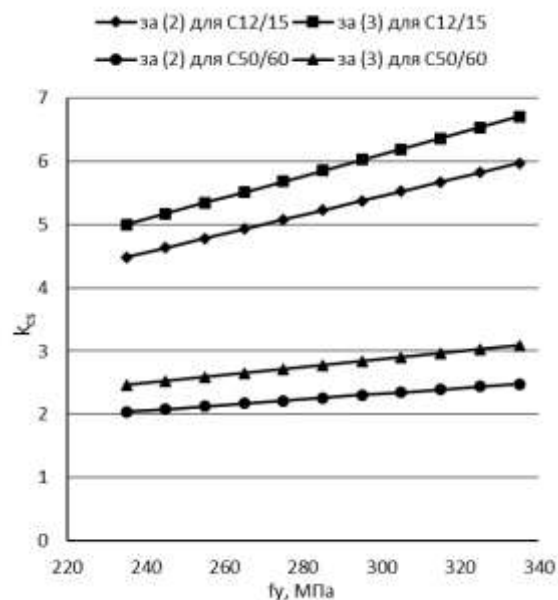


Рис. 2 – Графіки залежності значень коефіцієнта зміцнення бетону від межі текучості сталі

Використані наступні параметри трубобетонного елемента: зовнішній діаметр труби 102 мм, товщина стінки 3,5 мм, межа текучості сталі $f_y = 287$ МПа. На основі аналізу графіків залежності коефіцієнта зміцнення бетону від класу бетону елемента (рис. 1) за обома теоріями відзначено значне підвищення коефіцієнта зміцнення бетону для низьких класів бетону, що може свідчити про значний резерв міцності і потребує подальших теоретичних і експериментальних досліджень. Для трубобетонного елемента з попередніми характеристиками коефіцієнт зміцнення визначали залежно від межі текучості сталевих труби (рис. 2). Результати показують збільшення коефіцієнта k_{cs} із збільшенням межі текучості сталевих труби, і це збільшення є більш вираженим для нижчих класів бетону. Залежності коефіцієнта зміцнення бетону від геометричних параметрів трубобетонного елемента представлені на рис. 3 – 4. Як видно з графіків, товщина стінки труби є більш впливовою для коефіцієнта зміцнення бетону порівняно з діаметром труби. Подвоєння товщини стінки труби сприяє такому ж подвоєнню коефіцієнта k_{cs} , а збільшення діаметра труби викликає незначне зниження коефіцієнта зміцнення бетону.

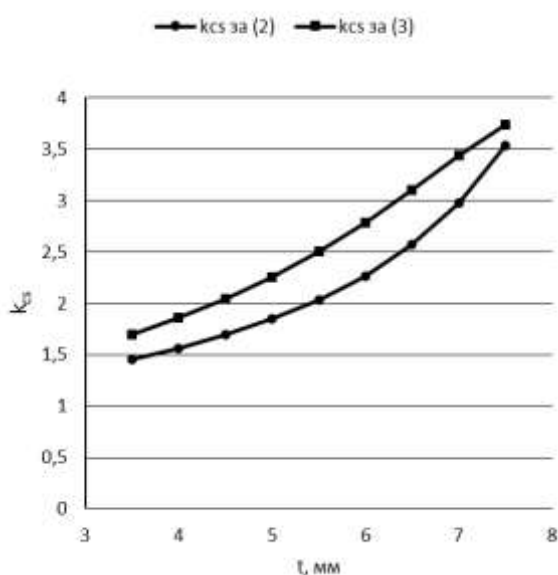


Рис. 3 – Графіки залежності значень коефіцієнта зміцнення бетону від товщини стінки труби

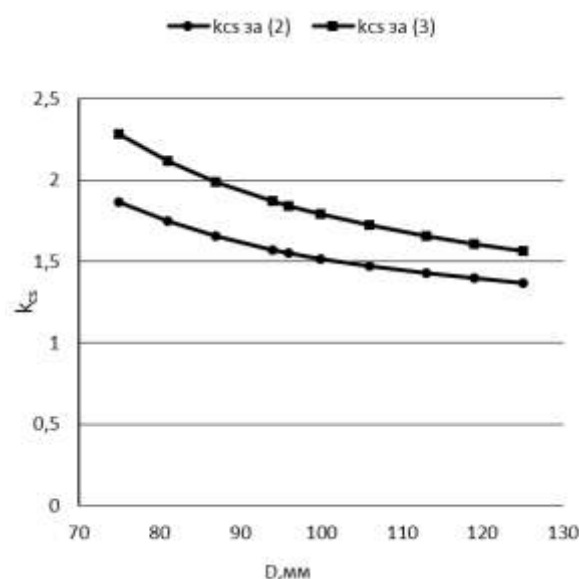


Рис. 4 – Графіки залежності значень коефіцієнта зміцнення бетону від діаметра труби

Висновки. Аналіз зміни коефіцієнта зміцнення бетону від різних факторів виявив запаси міцності трубобетонних елементів із низьких класів бетону та шляхи підвищення міцності трубобетонних елементів шляхом зміни їх геометричних характеристик.

Література

1. Митрофанов В. П. Посібник із розрахунку міцності трубобетонних елементів при осьовому стиску: монографія / В. П. Митрофанов, Н. Дергам Алі. - Полтава: ПолтНТУ імені Юрія Кондратюка, 2008. - 91 с.
2. Pavlikov A. Calculation of reinforced concrete members strength by new concept / A. Pavlikov, D. Kochkarov, O. Harkava // CONCRETE. Innovations in Materials, Design and Structures : Proceedings of the fib Symposium 2019 held in Kraków, Poland 27-29 May 2019. – P. 820 – 827.
3. Pavlikov A.M. Strength Analysis of Concrete-Filled Steel Tubes on the Basis of Plasticity Conditions / A. M. Pavlikov, D. V. Kochkarov and O. V. Harkava // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 2021/ – Volume 1079. – Chapter 4.