

Міністерство освіти і науки України
Одеська державна академія будівництва та архітектури
Інститут проблем міцності імені Г. С. Писаренка Національної
академії наук України
University of West Attica (Greece)
University «Sjever» (Croatia)

VII Міжнародна конференція

АКТУАЛЬНІ ПРОБЛЕМИ ІНЖЕНЕРНОЇ МЕХАНІКИ



ТЕЗИ ДОПОВІДЕЙ

Одеса, 12-15 травня 2020 року



Актуальные проблемы инженерной механики / Тезисы докладов VII Международной научно-практической конференции. Общая редакция — Н.Г. Сурьянинов. Одесса: ОГАСА, 2020. — 428 с. ISBN 978-617-7900-05-3

ОРГКОМІТЕТ КОНФЕРЕНЦІЇ

Антонюк Н.Р. - технічний редактор журналу «Вісник ОДАБА», к.т.н., доцент, vestnik@ogasa.org.ua

Балдук П.Г. - відповідальний секретар конференції, к.т.н., професор кафедри будівельної механіки Одеської державної академії будівництва та архітектури, pavel9baldook@gmail.com

Зінковський А.П. - заст. директора з наукової роботи Інституту проблем міцності імені Г.С. Писаренка, д. т. н., професор, zinkovskii@ipp.kiev.ua

Клименко Є.В. – зав. кафедри залізобетонних конструкцій та транспортних споруд Одеської державної академії будівництва та архітектури, д.т.н., професор, concrete_ogasa@mail.ru

Ковров А.В. - голова оргкомітету конференції, ректор Одеської державної академії будівництва та архітектури, к.т.н., професор, rector@ogasa.org.ua

Крутії Ю.С. - проректор Одеської державної академії будівництва та архітектури, к.т.н., професор, yurii.krutii@gmail.com

Сур'янінов М.Г. - заступник голови оргкомітету конференції, зав. кафедри будівельної механіки Одеської державної академії будівництва та архітектури, д.т.н., професор, sng@ogasa.org.ua

Харченко В.В. - директор Інституту проблем міцності імені Г.С. Писаренко Національної академії наук України, академік НАН України, д. т. н., професор, khar@ipp.kiev.ua

Шваб'юк В.І. - Луцький національний технічний університет, д.т.н., професор, Shvabyuk@lutsk-ntu.com.ua

Хендрік Досс - Професор університета прикладних наук м. Майнц (Німеччина), hendrik.doss@dosscom.de

Kyriazopoulos A. - Professor, University of West Attica, akyriazo@teiath.gr

Demakos K. - Professor, University of West Attica, cdemakos@gmail.com

Pnevmatikos N. - Associate Professor, University of West Attica, pnevma@teiath.gr

Milkovich Marin - rector of the University «Sjever», professor, rektor@unin.hr

Утверждено к печати Организационным комитетом конференции.

СОДЕРЖАНИЕ

Адамчук М. П., Бородій М. В. Визначення констант ендохронної теорії пластичності при прогнозуванні ратчетингу за двовісного навантаження	12
Азизов Т.Н., Кочкарёв Д.В., Галинская Т.А. Учет изменения жесткости стенки при расчете на кручение двутавровых железобетонных элементов с нормальными трещинами	14
Азизов Т.Н., Мельник А.С., Кочкарев Д.В. Расчет комбинированных изгибаемых элементов	17
Воробйов Є.В., Анпілогова Т.В. Розвиток і прояви переривчастої деформації сплаву Д20 за криогенних температур	23
Антоненко Н.М., Ткаченко І.Г., Долгорукий П.Ю. Осесиметрична термопружна деформація багатопшарової основи з неідеальним тепловим контактом між шарами	24
Абдыкалыков А.А., Джусупова М.А., Антонюк Н.Р., Талантбек кызы А. Обеспечение прочности мелкозернистого бетона на смешанных цементных вяжущих веществах	27
Багно А.М., Щурук Г.И. О влиянии конечных начальных деформаций на поверхностную неустойчивость несжимаемого упругого слоя, взаимодействующего с полупространством идеальной жидкости	30
Банніков Д.О., Радкевич А.В., Мунтян А.О. Нормативна база України та Індії з визначення вітрових навантажень на малоповерхові будівлі	32
Банніков Д.О., Гезенцвей Ю.І., Мунтян А.О. Динамічні властивості малорозмірних бункерних ємностей з дрібнозернистих термозміцнених сталей	36
Бекірова М.М. Внецентрено стиснуті колони	40
Березин Л.Н. Розрахунок на надійність податливої робочої грані для клина	42
Берестянська С.Ю., Галагуря Е.І., Опанасенко О.В., Берестянська А.О., Биченок І.В. Визначення коефіцієнтів умов роботи фібробетонних призм	45
Цапко Ю.В., Бондаренко О.П., Цапко О.Ю. Дослідження умов вимивання антипіренів з будівельного виробу	47
Бородій М.В., Стрижало В.О. Визначення деформаційного зміщення та довговічності за багатовісної втоми	48
Крутії Ю.С., Вандинський В.Ю. Про аналітичні розрахунки стрижневих конструкцій на коливання з урахуванням власної ваги	50
Verameichyk A.I. Research of temperature fields for bodies with a variable coefficient of thermal conductivity by using the potential theory	53
Вінниченко В.І., Рязанов О.М. Екологічні проблеми утілізації фосфогіпса	57

Льницький Б.М., Крамарчук А.П., Липвиляк О.Я., Бобало Т.В. Вплив вібраційного навантаження від швейного обладнання на несучі конструкції збірної залізобетонної перекриття промислової будівлі	223
Фідровська Н.М., Ломакін А.О., Писарцов О.С. До питання удосконалення методики визначення довговічності канату	226
Сурьянинов Н.Г., Маковкина Т.С., Чучмай А.М. Экспериментальные и компьютерные исследования колебаний пустотных плит	230
Максимович О.В., Дзюбик А.Р., Назар І.Б. Концентрація напружень при близько розміщених отворах у анізотропних пластинках	232
Zavertannyi V.S., Manoilenko O.P., Akymov O.O., Zenkin M.A. Research of the influence of the treatment process of three-cone packing on critical speeds of bobbin holder of the winding machine	236
Гоменюк С.І., Гребенюк С.М., Манько Н.І., Спиця О.Г. Матриця жорсткості нескінченного шестигранного скінченного елемента для волокнистого композиційного матеріалу на основі моментної схеми	240
Марченко Г.П., Солтис І.Ф. Про механізм формування дефекту «нора» в головках залізничних рейок	244
Махинько А.В., Махинько Н.А. Оптимальные геометрические характеристики гофрированных панелей стальных бункеров	246
Мікуліч О.А., Шваб'юк В.І., Смаль М.В. Моделювання впливу імпульсного локалізованого навантаження на напружений стан пінистих матеріалів у рамках континууму Коссера	250
Дерев'яно В.М., Мороз Л.В., Мороз В.Ю. Нанотехнологічні бетони. Аналітичний огляд	251
Мурашко А.В., Бенради И., Кубийович Н.И. Ненесущее стеновое заполнение при сейсмических воздействиях с точки зрения нелинейного статического анализа	255
Новицький С.В., Марченко Н.В., Коваленко О.О., Буйських Н.В. Деревинознавчі характеристики деревини із сухостійних дерев сосни звичайної (PINUS SYLVESTRIS L.)	257
Новогрудський Л.С., Оправхата М.Я. Механічні характеристики рейкової сталі при дії електричного струму	259
Шинкевич Е.С., Тертичний А.А., Олейник Т.П., Мироненко І.М. Вплив технологічних параметрів перемішування сумішей на властивості будівельних розчинів різного призначення	261
Онопрієнко О.Д., Комаров О.В., Лобода В.В. Аналіз міжфазної тріщини у п'єзоелектричному біматеріалі з урахуванням сил Максвелла на її берегах	264
Павліков А.М., Кочкар'юв Д.В., Гарькава О.В. Розрахунок міцності трубобетонних елементів на основі умов пластичності	265
Паливода О.А., Єрмоленко Д.А. Аналітичний розрахунок стиснутих трубобетонних елементів зі зміцненим осердям	270

АНАЛІТИЧНИЙ РОЗРАХУНОК СТИСНУТИХ ТРУБОБЕТОННИХ ЕЛЕМЕНТІВ ЗІ ЗМІЦНЕНИМ ОСЕРДЯМ

Паливода О.А., к.т.н., доц.

Криворізький національний університет, м. Кривий Ріг, palyvoda87@ukr.net

Єрмоленко Д.А., д.т.н., доц.

Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»,
м. Полтава, yeda@ukr.net

Проблема та її зв'язок з науковою і практичною задачею. Відомо, що в стиснутих труобетонних елементах діюче зусилля сприймається як трубою оболонкою, так і бетонним осердям. Якщо певним чином збільшити несучу здатність осердя, то можна зменшити витрати сталі для отримання труобетонного елемента, що приведе до значної економії коштів при зведенні конструкції. Проте питання по виконанню розрахунків зазначених конструкцій не є однозначним, і щодо його вирішення існують різні погляди.

Метою представлених досліджень є формулювання передумов для виконання аналітичного розрахунку стиснутих труобетонних елементів зі зміцненим осердям з урахуванням проведених раніше експериментальних досліджень; а також оцінка ефективності конструктивних труобетонних елементів зі зміцненими ядрами у порівнянні зі сталевими елементами.

Аналіз досліджень і публікацій. На сьогодні будівлі і споруди, що запроектовано і побудовано із застосуванням труобетону, представлено практично по всьому світу, зокрема у Японії [1], Китаї [2], Канаді [3], США [4], у пострадянських країнах [5, 6]. Разом з тим, питання неоднозначності у веденнях розрахунків таких конструкцій стримує більш широке впровадження такого роду поєднання сталі та бетону, в тому числі з урахуванням зміцнення їх ядер.

Постановка задачі. Зважаючи на ряд переваг, що привертають увагу до представлених конструкцій [5 – 7], проведені раніше експерименти було спрямовано на уточнення механізму розвитку напружено-деформованого стану труобетонних елементів зі зміцненим осердям для більш достовірної та конкретної оцінки їх характеристик [7, 12].

Таким чином, на основі практичного досвіду необхідно сформулювати передумови та побудувати загальний алгоритм для можливості теоретичної оцінки напружено-деформованого стану труобетону зі зміцненими ядрами.

Виклад матеріалу і результати. Наведений матеріал ґрунтується на проведених раніше авторами експериментальних дослідженнях [7, 12]. За результатами цих експериментів вдалось встановити характер руйнування трубобетону зі зміцненим осердям різних конструктивних форм, розподіл деформацій на всіх етапах завантаження. На основі усього цього досвіду для можливості теоретичної оцінки напружено-деформованого стану трубобетону зі зміцненими ядрами було сформовано такі передумови:

- матеріали, які використано для виготовлення трубобетонних елементів, представляються собою ізотропні тіла;
- робота під навантаженням сталевій стрижневої арматури та сталевій оболонки представлено у вигляді діаграми Прандтля;
- робота під навантаженням бетону представлено у вигляді власної діаграми роботи;
- бетонне осердя, стрижневе армування та сталеві оболонки на всьому періоду завантаження працюють сумісно;
- в трубобетонних елементах із зміцненим осердям за рахунок високоміцного бетону бетонне осердя та труба-оболонка працюють паралельно до моменту досягнення плинності у трубі-оболонці, і не впливають один на одного;
- протягом всього процесу деформування бетонне осердя працює із конструкційною та арматурною сталлю сумісно;
- матеріали, які складають трубобетонний елемент, розглядаються як ізотропні пружно-пластичні;
- між напруженнями та деформаціями в матеріалах трубобетонного елемента приймається лінійна залежність при досягненні першого граничного стану за міцністю;
- протягом всього процесу деформування поздовжня вісь трубобетонного елемента залишається прямою;
- вважається справедливою гіпотеза плоского перерізу;
- геометричні розміри поперечного перерізу та фізичні властивості матеріалів по довжині трубобетонного елемента не змінюються;
- вважаємо, що труба-оболонка, бетонне осердя та підкріплення деформуються сумісно;
- зберігається умова статички: сума зусиль на поздовжню вісь рівна нулю;
- труба-оболонка працює в плоскому напруженому стані; бетонне осердя – в об'ємному; додаткове стержневе армування – в одновісному на стиск.

Стадія пружної роботи матеріалів. З початку розглянуто роботу трубобетонних елементів зі зміцненими ядрами за умови пружної роботи сталі та бетону. В загальній постановці задача оцінки напружено-деформованого стану трубобетонних елементів зі зміцненими ядрами полягає у знаходженні п'ятнадцяти невідомих: переміщення (u, v, w); деформації ($\epsilon_x, \epsilon_y, \epsilon_z, \gamma_{xy}, \gamma_{yz}, \gamma_{zx}$); напруження ($\sigma_x, \sigma_y, \sigma_z, \tau_{xy}, \tau_{yz}, \tau_{zx}$). При цьому набір таких невідомих повинен бути знайденим для кожного окремого компонента труба-бетонного елемента зі зміцненим ядром.

Значення невідомих повинні задовольняти рівняння механіки суцільного середовища в області, зайнятій дослідним елементом, зокрема, рівнянням рівняння рівноваги, умовам на бокових поверхнях та на поверхнях крайніх обрізів [8]. Напруження представляються через деформації за фізичними рівняннями Гука. Деформації – через переміщення за рівняннями Копій.

Стадія пластичної роботи матеріалів. Експериментально доведено, що залежність між стискаючим зусиллям та деформаціями при досягненні 70...90 % від N_I отримує криволінійний характер. Причиною цьому є поява пластичних деформацій. Застосування положень теорії пружно-пластичних деформацій, як вказував А.А. Ільюшин [9], можливе лише в умовах простого завантаження. Тобто тоді, коли всі складові тензору деформацій змінюються пропорційно до одного параметра. За таких умов працює закон узагальнених кривих. При будь-якому напруженому стані діаграма $\sigma_i - \varepsilon_i$ подібна до діаграми $\sigma - \varepsilon$ при одновісному стиску. Але при цьому замінюється модуль пружності на змінний модуль E' .

Для опису роботи сталі труби-оболонки та сталевोї арматури прийнято залежність у вигляді [10]:

$$\sigma_i = E'(1 - \omega) \cdot \varepsilon_i, \quad (1)$$

де $\omega = f(\varepsilon_i)$, – функція інтенсивності деформацій, відмінна від нуля лише після появи пластичних деформацій.

Діаграму роботи сталі представляємо у вигляді двогілкової. Перша гілка є зоною пружних деформацій, друга – зоною зміцнення.

Визначення зусиль контакту. В разі передачі навантаження на трубобетонний елемент через штамп на комплексний переріз доля зусилля розподіляється між бетонним осердям та оболонкою.

Для визначення величини контактної зусилля використано результати, які викладено в роботі [11] Вайнберга Д.В.

Реалізацію методики, в т.ч. і розрахункові схеми елементів, детально представлено у роботі [12].

Апробація методики. З використанням наведеної методики розрахунку було обчислено несучу здатність центрально стиснутих трубобетонних елементів зі зміцненими ядрами.

Висновки. Розроблено аналітичну методику визначення несучої здатності трубобетонних елементів зі зміцненими ядрами шляхом встановлення напружено-деформованого стану окремих елементів поперечного перерізу. Такий підхід дозволяє встановити ефективність застосування бетонів різних класів у якості ядра, а також оцінити ефективність конструктивного трубобетонного елемента зі зміцненими ядрами у порівнянні зі сталевими елементами.

[1]. Hiromichi Matsumura. Strength of Reinforced Concrete Filled Restangular Tubular Columns // Proceedings of the Third International Conference on Steel-Concrete Composite Structures. – Fukuoka, Japan, 1991. – p. 219 – 224.

- [2]. Zhong Shan-tong. The Use of Concrete Filled Steel Tubular Structures in China. - Proceedings. The international speciality conference on concrete filled steel tubular structures. Held at Harbin, China, 1995. - p. 1-6.
- [3]. Furlong R.W. Asco M. - Desing of Steel-Encased Concrete Beam-Columns. "Proceeding ASCE", №. St. 13, 1998, vol. 94, p 267-281.
- [4]. Gardner K.J. Jacobson E.R. Structural Behavior of Concrete Pilled Steel Tubes as Columns. - J. Amer. Concrete Inst. Proc., 1967, vol. 64, n 7. - p. 404-413.
- [5]. Современный трубобетон: <https://elima.ru/articles/?id=166>
- [6]. Хамиев Р. Трубобетон – технология будущего / Р. Хамиев // Строительный вестник. Элек. Издание: <https://subscribe.ru/archive/build.gsv/200702/28114728.html>
- [7]. Паливода О.А. Напружено-деформований стан трубобетонних елементів зі зміцненим осердям / О.А. Паливода // Вісник Інженерної академії України : зб. наук. праць. – Київ. – 2016. – Вип. 1. – С. 263 – 266.
- [8]. Єфіменко В.І. Несучі конструкції зі сталевих труб, заповнених центрифужованим бетоном: автореф. дис. ... д-ра техн. наук / В.І. Єфіменко. – Дніпропетровськ, 2009. – 38 с.
- [9]. Ильюшин А.А. Пластичность / А.А. Ильюшин. – М.: Гостехиздат, 1948. – 376 с.
- [10]. Єроменко Д.А. Трубобетонні елементи зі стрижневою арматурою / Д.А. Єроменко // Сталезалізобетонні конструкції: дослідження, проектування, будівництво, експлуатація : зб. наук. ст. — Кривий Ріг, – 2002. – Вип. 5. – С. 53 – 56.
- [11]. Вайнберг Д.В. Пластини, диски, балки-стенки / Д.В. Вайнберг, Е.Д. Вайнберг. – К: лит. По строит. и арх., УССР, 1959. – 1060 с.
- [12]. О.А. Palyvoda, O.I. Lapenko, Study of joint work of shell and core of tube confined concrete elements with strengthened core Trans Tech Publication Ltd, Switzerland, Vol. 968, pp. 258 – 266.

ANALYTICAL CALCULATION OF TUBE CONCRETE ELEMENTS WITH STRENGTHENED CORES

The approach to the formation of the analytical method of evaluation of the stress-strain state of complex rod bearing structural elements is considered in the paper. The prerequisites described cover all the fundamental features of deformation of the components in conditions of tube confined concrete with a strengthened core. This is confirmed by the results of our own experimental studies. The case of central axial compression is considered in detail. From the beginning of loading to destruction of a structural element, two fundamentally different stages of work are distinguished: in the beginning – elastic; closer to destruction – plastic. The method of variable elasticity parameters is used to describe the performance of concrete in the plastic stage. The mutual influence of components during deformation is revealed by solving the contact problem. The methodology was tested by comparing the results of our own experimental and theoretical results.