

УДК 693.54:624.016

ТИПОЛОГІЧНА КЛАСИФІКАЦІЯ ДЕФЕКТІВ ВИГОТОВЛЕННЯ БЕТОННОГО ОСЕРДЯ ТРУБОБЕТОННИХ КОНСТРУКЦІЙ

СЕМКО О. В.¹, *д.т.н, професор*,
ГУКАСЯН О. М.^{2*}, *аспірантка*.

¹ Кафедра архітектури та міського будівництва, Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка, Першотравневий проспект, 24, 36011, Полтава, Україна.

^{2*} Кафедра архітектури та міського будівництва, Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка, Першотравневий проспект, 24, 36011, Полтава, Україна, тел. +38 (095) 569-78-44, e-mail: o.m.gukasyan@mail.ru.

Анотація. Мета. На основі типологічного порівняльного аналізу закономірностей утворення технологічних дефектів бетонного осердя, розробити відповідну класифікацію. За результатами аналізу останніх наукових праць та публікацій, в яких представлені дослідження дефектів та пошкодження будівельних конструкцій, які приводять до зниження їх несучої здатності та надійності, то аналогічні дослідження стосовно трубобетону на сьогодні в Україні практично відсутні. **Методика.** Розглянуто методики експериментальних досліджень впливу наявних дефектів та пошкоджень на міцність, характер роботи та напружено-деформований стан трубобетонних елементів. Дослідження зразків проводилося в лабораторних умовах, на двох серіях зразків. Одна з яких трубобетонні елементи з дефектами бетонування, де заповнення бетоном зразків виконувалося за різними схемами. Також для більш детального вивчення даного питання було досліджено характеристики серії бетонних зразків-циліндрів, без сталеві оболонки для зниження впливу труби-оболонки. **Результати.** Проведено аналіз досліджень дефекти бетонування трубобетонних елементів та зразків-циліндрів, які показали, що наявність навіть невеликої мінливості міцності бетону чи неякісно виконаних бетонних робіт істотно можуть знизити несучу здатність конструкції до 30%. Позитивний результат показали зразки-циліндри з підсиленням міцності 2/4I в середині зразка, інші зразки цієї серії на 5...9 % мають менші значення міцності. Сформульовано класифікацію дефектів бетонування, а також досліджено можливі причини їх виникнення. **Наукова новизна.** Аналізуючи технологію бетонування надається можливість оцінки дефектів бетонування трубобетонних елементів, неоднорідності міцності зразків по висоті та їх вплив на несучу здатність. Результати експериментальних досліджень можуть бути основою теоретичного обґрунтування бездефектної технології бетонування осердя, енергоефективної технології виготовлення сталезалізобетонних конструкцій. Також розширяють теоретичні уявлення про вплив дефектів бетонного осердя на надійність конструкцій даного виду. **Практична значимість.** Результати досліджень можуть слугувати основою для попередження недоліків бетонування та розробки основних засад нормування технічних станів розглядуваного типу конструктивних елементів.

Ключові слова: Трубобетон, технологія бетонування, дефекти бетонування, класифікація дефектів, мінливість міцності бетону.

ТИПОЛОГИЧЕСКАЯ КЛАССИФИКАЦИЯ ДЕФЕКТОВ ИЗГОТОВЛЕНИЯ БЕТОННЫХ СЕРДЕЧНИКОВ ТРУБОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ

СЕМКО А. В.¹, *д.т.н, профессор*,
ГУКАСЯН О. М.^{2*}, *аспирантка*.

¹ Кафедра архитектуры и городского строительства, Полтавский национальный технический университет имени Юрия Кондратюка, Первомайский проспект, 24, 36011, Полтава, Украина.

^{2*} Кафедра архитектуры и городского строительства, Полтавский национальный технический университет имени Юрия Кондратюка, Первомайский проспект, 24, 36011, Полтава, Украина, тел. +38 (095) 569-78-44, e-mail: o.m.gukasyan@mail.ru.

Аннотация. Цель. На основе типологического сравнительного анализа закономерностей образования технологических дефектов бетонного сердечника, разработать соответствующую классификацию. Результатам анализа последних научных трудов и публикаций, в которых представлены исследования дефектов и поврежденных строительных конструкций, приводящих к снижению их несущей способности и надежности, показал то, что аналогичные исследования относительно трубобетонных конструкций сегодня в Украине практически отсутствуют. **Методика.** Рассмотрены методики экспериментальных исследований влияния имеющихся дефектов и повреждений бетона на прочность, характер работы и напряженно-деформированное состояние трубобетонных элементов. Исследование образцов проводилось в лабораторных условиях, на двух сериях образцов. Одна из которых трубобетонные элементы с дефектами бетонирования, где заполнения бетоном образцов выполнялось по различным схемам. Также для более детального изучения данного вопроса были исследованы характеристики серии бетонных образцов-цилиндров, без стальной оболочки для снижения влияния трубы-

оболочки. **Результаты.** Проведен анализ исследований дефектов бетонирования трубобетонных элементов и образцов-цилиндров, которые показали, что наличие даже небольшой изменчивости прочности бетона или некачественно выполненных бетонных работ существенно могут снизить несущую способность конструкции до 30% от проектной. Положительный результат показали образцы-цилиндры с усилением прочности на 2/4l высоты в середине образца, другие образцы этой серии на 5...9% имеют меньшие значения прочности. Сформулировано классификацию дефектов бетонирования, а также исследовано возможные причин их возникновения. **Научная новизна.** Анализируя технологию бетонирования предоставляется возможность оценить дефекты бетонирования трубобетонных элементов и неоднородность прочности образцов по высоте, также выявить их влияние на несущую способность. Результаты экспериментальных исследований могут стать основой теоретического обоснования бездефектной технологии бетонирования сердечника, энергоэффективной технологии изготовления сталежелезобетонных конструкций. Также расширят теоретические представления о влиянии дефектов бетонного сердечника на надежность конструкций данного вида. **Практическая значимость.** Результаты исследований могут служить основой для предупреждения недостатков бетонирования и разработки основных принципов нормирования технических состояний рассматриваемого типа конструктивных элементов.

Ключевые слова: Трубобетон, технология бетонирования, дефекты бетонирования, классификация дефектов, изменчивость прочности бетона.

TYOLOGICAL CLASSIFICATION OF DEFECTS OF MAKING THE CONCRETE CORE OF TUBE CONFINED CONCRETE CONSTRUCTIONS

SEMKO O.V.¹, ph. d., professor,
GUKASIAN O.M.^{2*}, postgraduate student

¹ Department of Architecture and Urban Construction, Poltava National Technical Yuri Kondratyuk University, 24, Pershotravnevyi avenue, Poltava, 36011, Ukraine.

^{2*} Department of Architecture and Urban Construction, Poltava National Technical Yuri Kondratyuk University, 24, Pershotravnevyi avenue, Poltava, 36011, Ukraine, tel. +38 (095) 569-78-44, e-mail: o.m.gukasyan @mail.ru.

Annotation. Goal. To make the classification of technological defects formation process of the concrete core on the basis of typological comparative analysis. According to the results of the latest research papers and publications, which describe the researches of defects and damages of building constructions, which lead to the reduction of their carrying capacity and reliability, similar researches on the tube-confined concrete in Ukraine are almost absent. **Methods.** Methods of experimental studies of the impact of existing defects and damages on the strength and nature of the stress-strain state of the tube confined concrete elements are studied. The research of samples was held at the laboratory with the help of two types of samples. One of them is tube confined concrete elements with the defects of concreting, where concrete samples filling were carried out according to various schemes. The characteristics of the cylinder concrete samples without metal shell for reducing the impact of the tube shell were also examined for more detailed study of this subject. **Results.** The analysis of defects research of concreting the cube confined concrete elements and sample-cylinders, which showed that the presence of even a small concrete strength variability or unsatisfactory concrete work can significantly reduce the carrying capacity of the construction to 30% was held. Sample-cylinders with the strength reinforcement 2/4l and other samples of this type, which have lower meaning of strength from 5 to 9 % have shown positive results. Concrete defects classification and the research of possible causes of their occurrence were made. **Scientific novelty.** Analyzing the technology of concreting there is the opportunity to estimate the defects of concreting the tube confined concrete elements and the strength of the samples in height and their impact on the carrying capacity. The results of the experimental studies can be the basis of theoretical ground of defect-free technology of concreting core, energy efficient manufacturing technology of making reinforced-concrete constructions. They will also expand theoretical understanding of the impact of defects on the reliability of concrete core structures of this type. **Practical significance.** The results of the research can be the basis for preventing concrete defects and developing the main principles of standardization of technical conditions of the concerned type of the constructive elements.

Keywords: tube confined concrete, concrete technology, concrete defects, defects classification, variability of concrete strength.

Постановка проблеми в загальному вигляді

На сьогодні актуальною проблемою є забезпечення конструктивної надійності будівель та споруд. На перший план виходять задачі попередження та урахування пошкоджень, що також передбачає попереднє ретельне дослідження питання технології виготовлення комплексних будівельних конструкцій. Головним аспектом цього питання є

невідповідність діючих стандартів з питань технічної експлуатації будівельних конструкцій вимогам сьогодення. З іншого боку, має місце попередження та урахування пошкоджень, що також передбачає попереднє ретельне дослідження питання технології виготовлення комплексних будівельних конструкцій. Широкого розповсюдження набули сталезалізобетонні конструкції та трубобетонні елементи, в яких раціонально поєднуються

специфічні властивості сталі й бетону [5, 6, 7, 8, 11]. Тому одним із шляхів до розв'язання поставленої задачі є класифікація можливих дефектів бетонного осердя.

Огляд останніх джерел досліджень і публікацій

Аналіз останніх наукових праць та публікацій [1, 2, 3], в яких представлені дослідження та рекомендації щодо розв'язання даної проблеми, свідчить, що дефекти та пошкодження будівельних конструкцій, що знаходяться в експлуатації, приводять не лише до зниження їх несучої здатності та надійності, а й до суттєвої зміни параметрів напружено-деформованого стану та характеру роботи під навантаженням. Якщо закономірності утворення дефектів експлуатаційних пошкоджень залізобетонних та евих конструкцій, а також їх вплив на фактичні показники експлуатаційної придатності (міцності, деформативності, довговічності тощо) в літературі [1, 2, 11] вивчені досить детально, то аналогічні дослідження стосовно бетону в труботетоні на сьогодні в Україні практично відсутні.

Технологію бетонування труботетонних колон розглянуто в працях закордонних видань Європи [13, 14, 15] та Японії [13].

Мета

Отже, **основною метою досліджень** є на основі типологічного порівняльного аналізу закономірностей утворення технологічних дефектів бетонного осердя (на прикладі коротких елементів, виконаних з труботетону), розробити відповідну класифікацію. Такий підхід може слугувати основою для врахування недоліків бетонування.

Основний матеріал та результати

Згідно з [4] дефектами прийнято називати відхилення від проектних розмірів, форми і якості вище встановлених меж (допусків).

Так як особливою рисою труботетону є конструктивне розміщення бетону всередині оболонки, тому для таких елементів нехарактерні дефекти, пов'язані з порушенням сумісної роботи складових комплексного перерізу. Але з іншого боку, внаслідок того, що труба слугує незнімною опалубкою бетонного осердя, яке надійно захищене сталевією оболонкою, тому експлуатаційні пошкодження бетонного осердя досить рідкісне явище, яке може спричинити наскрізне пошкодження оболонки, або вплив високих температур. Для оболонки труботетонних елементів, як правило, характерні дефекти, притаманні й іншим типам сталевих конструкцій, виготовлених із прокатного у, які широко досліджені та упоряджені [3, 4, 6, 9].

Відповідно до [12] неоднорідність бетону може біти викликана цілим рядом чинників випадкового та систематичного характеру, що в свою чергу

зумовлюють виникнення дійсної (природної) – первинної, та вторинної (уявної) неоднорідності властивостей. Дійсне розсіювання властивостей бетону зумовлене його природньою неоднорідністю: коливанням властивостей складових бетону, зміною умов ущільнення, а також інших технологічних факторів. Вторинна неоднорідність – це ентропія, пов'язана з невизначеністю наших уявлень про фактичні властивості матеріалів перш за все внаслідок застосування тих чи інших засобів (руйнівні, неруйнівні) та методики вибіркового контролю.

Аналізуючи дефекти виготовлення труботетонних елементів можна прийти до висновку, що до найбільш суттєвих перш за все слід віднести дефекти або аномалії бетонування, зумовлені технологічними ускладненнями, пов'язаними з особливостями укладання та ущільнення бетонної суміші в замкнений об'єм труби-оболонки. До найбільш поширених видів із числа відомих дефектів технології бетонування труботетонних стійок слід віднести розшарування бетонної суміші, утворення порожнин та раковин на поверхні контакту осердя та оболонки. Ці дефекти розрізняються своїми розмірами, конфігурацією та глибиною поширення в тілі бетону.

Також до порушень технології бетонування труботетонних елементів слід віднести випадкові дефекти, такі як: неоднорідність міцності по висоті зразка; розшарування бетонної суміші; мінливість міцності; неоднорідність структури та фізико-механічних властивостей бетону по висоті зразка. Проте численні дослідження [7, 8] свідчать про відсутність розшарування бетонної суміші навіть при падінні зі значної (10...15 м) висоти та однорідність макроструктури бетонного осердя при його вертикальному бетонуванні в трубі. Отже, за характером походження дефекти можна поділити на дві групи: технологічні та випадкові. Узагальнена класифікація дефектів бетонування труботетонних елементів наведена на рис. 1.

Також необхідно враховувати чисельні фактори, що впливають на фізико-механічні властивості бетону, головним з яких є структура і властивості цементного каменю, який скріплює зерна заповнювача в моноліт. Структура і властивості цементного каменю залежать від його мінералогічного складу, водоцементного відношення, тонкості помелу цементу, віку, умов приготування і тверднення, введених добавок. В останні роки було доведено, що шляхом застосування певних технологічних прийомів, наприклад активації цементного тіста або введення хімічних добавок, можна суттєво підвищити міцність і інші фізико-механічні властивості бетону. Властивості бетону суттєво залежать від виду і якості заповнювача, його складу. Міцність бетонів, приготовлених на цементі однакової якості і в однаковому водоцементному відношенні, але на різних заповнювачах, можуть відрізнятися в 1,5...2 рази.

До дефектів бетонування можна також віднести недостатню адгезію, в результаті чого утворюються тріщини між бетоном та сталеву оболонкою труби, пов'язані з порушенням зчеплення між ними за деформацій зсуву, розвиваються поступово [10].



Рис. 1. Класифікація дефектів осердя трубобетонних конструкцій
The classification of defects concrete core of tube confined concrete constructions

Проведені експериментальні дослідження трубобетонних елементів з дефектами бетонування, де заповнення бетоном зразків виконувалось за різними схемами: по всій висоті бетоном однієї міцності (ТБк-1 та ТБк-2), заповненням бетоном різної міцності на половину висоти (ТБк-3 та ТБк-4), заповненням бетоном різної міцності на 1/4 висоти із торців зразка (ТБк-5 та ТБк-6), різної міцності на 1/3 висоти зразка (ТБк-7, ТБк-8, ТБк-9, ТБк-10).

Також для дослідження характеристик трубобетонних елементів з дефектами осердя бетонуванням труб-оболонки здійснювалось бетоном однієї міцності по всій висоті зразка зі штучно утвореним послабленням по всій висоті перерізом 30×30 мм, які розміщувалися біля стінки труби (ТБп-1 та ТБп-2) та в центрі зразка (ТБп-3 та ТБп-4), а також один зразок з утвореним послабленням у вигляді раковини розміром $30 \times 30 \times 60$ мм, що розміщений по середині висоти біля стіни труби (ТБп-5).

Дослідження серії зразків показали, що несуча здатність експериментальних зразків серії ТБк коливались не в значних межах: N_1 від 338 до 386 кН, що складає 12,4%, N_2 від 432 до 514 кН (15,9 %). Максимальні значення несучої здатності (N_2) на 19...29% перевищували значення навантажень при

початку плинності труби (N_1). В середньому ΔN (різниця між N_1 та N_2) складала 25%. Несуча здатність експериментальних зразків серії ТБп має більший розкид значень: N_1 змінювалась від 318 до 414 кН, що складає 23,2%, N_2 від 330 до 480 кН (31,2%). Так, наприклад, несуча здатність зразка ТБп-5 на 31% перевищує несучу здатність зразка ТБп-3. Це свідчить про вплив наявних дефектів трубобетонного осердя на їх несучу здатність.

З метою більш детального вивчення дефектів бетонування було випробувано серію суто бетонних зразків-циліндрів, для зниження впливу труби-оболонки.

При дослідженнях неоднорідності міцності по висоті виготовлено серію зразків-циліндрів, які мали послаблення бетону по різній висоті зразка. Під час проведення експерименту варійованими параметрами були склад бетону на двох рівнях: бетон з середньою кубиковою міцністю при витраті цементу 250 кг/м^3 та середньою кубиковою міцністю при витраті цементу 450 кг/м^3 , при цьому середня витрата цементу на 1 м^3 для всіх варіантів досліджуваних зразків складала 350 кг/м^3 .

Схеми бетонування зразків-циліндрів:

- заповненням бетоном різної міцності на половину висоти, послаблення міцності в нижній половині зразка (Б-1.1), послаблення міцності в верхній половині зразка (Б-1.2);

- заповненням бетоном різної міцності на 1/2 по середині та з торців на 1/2, послаблення міцності в середині зразка; заповненням бетоном різної міцності на половину висоти (Б-1.3);

- послаблення в середині зразка (Б-1.4); по всій висоті бетоном однієї міцності (Б-1.5).

Міцність зразків фіксувалися двома методами неруйнівним методом – за допомогою приладу «Онiкс – 2.5» та руйнівним. Результат проведених випробувань неруйнівним методом показав, що максимальні середні значення міцності по висоті мають зразки серії Б-1.4 $f_{cm,cyl} = 34,40$ МПа. Інші серії зразків на 5...8 % мають менші значення міцності. При цьому слід відмітити, що мінімальні значення міцності притаманні для зразків, у яких верхня половина забетонувана бетоном з меншою міцністю (серія зразків Б-1.2.) $f_{cm,cil} = 30,35$ МПа, ніж у зразків інших серій. А в результаті проведених випробувань зразків руйнівним методом отримали не передбачуваний результат. Максимальні середні значення міцності двох зразків мають зразки серії Б-1.3 $f_{cm,cyl} = 26,85$ МПа, з підвищеною міцністю бетону в середині зразка. Інші серії зразків на 20...21% мають менші значення міцності. При цьому максимальна розбіжність між значеннями міцності визначених руйнівним методом також притаманна для зразків, серії зразків Б-1.2. Ця залежність спостерігається для зразків випробуваних у віці 2 доби та 28 діб.

Визначення мінливості міцності по висоті бетонних циліндрів, неруйнівним методом, відбувалося на двох зразках кожної серії. По висоті

зразки розділялися на 10 рівних зон, досліджено та знайдено середнє значення за результатами випробувань побудовано діаграми, що наведені на рис. 2.

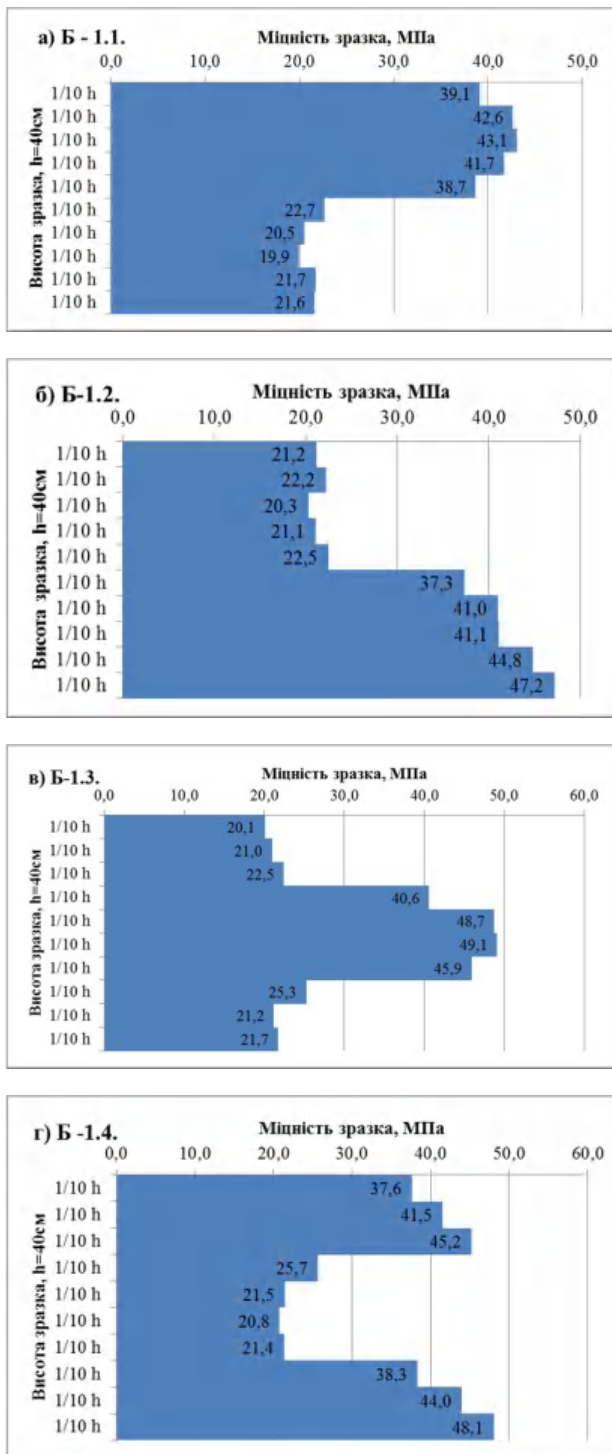


Рис. 2. Графічне зображення мінливості міцності по висоті зразків-циліндрів
The graphic representation variability of concrete strength height-cylinder designs

Для зменшення впливу труби-оболонки прийнято рішення виготовлення серії зразків ТБП

трубобетонних конструкцій в полівінілхлоридних трубах (рис 3.). Висота зразків варіюється на трьох рівнях 4d, 12d та 20d. Випробування зразків висотою 12d та 20d передбачає розділення їх на рівні частини.

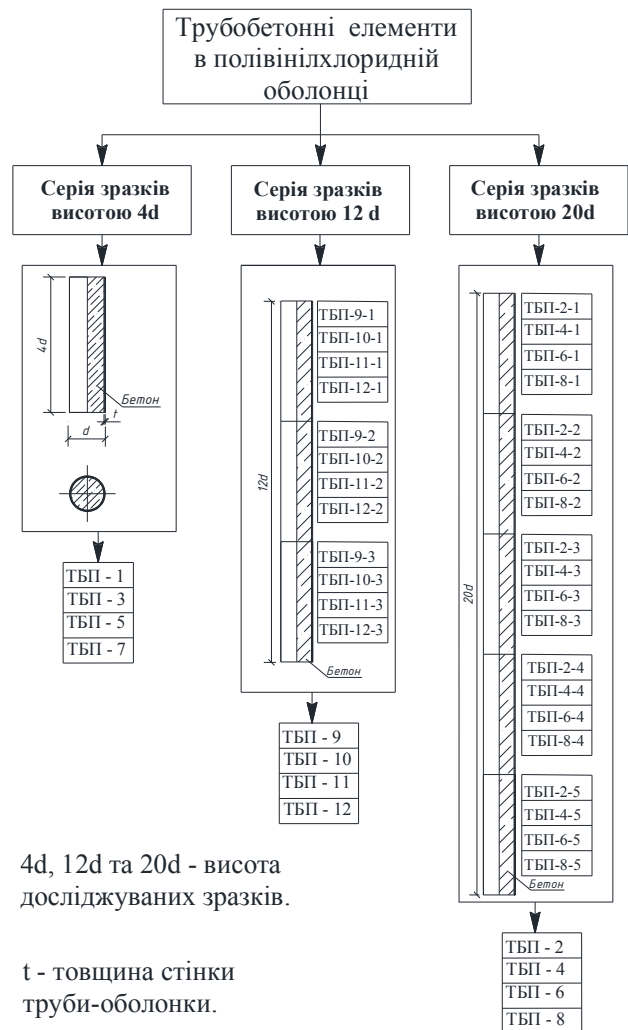


Рис. 3. Схема розрізання довгих циліндричних зразків на короткі елементи
Scheme cutting long cylindrical samples of short items

Висновки

1. Розроблено узагальнену класифікацію дефектів бетонування осердя трубобетонних елементів.
2. Дослідження трубобетонних елементів в сталевій трубі оболонці свідчить про вплив наявних дефектів осердя на їх несучу здатність. Навіть не суттєві дефекти можуть знизити міцність конструкції на 30 % від проектної.
3. Отримані результати дослідження неоднорідності міцності по висоті зразків-циліндрів, показали, що збільшення міцності бетону зразків в середній частині осердя веде до збільшення загальної несучої здатності вцілому.
4. Розроблено план експерименту для детального вивчення мінливості міцності та дефектів бетонування на зразках різної висоти.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Воскобийник О.П. Деякі аспекти надійності стиснутих трубобетонних елементів [Текст] / О.П. Воскобийник // Будівельні конструкції : зб. наук. праць. – К. : НДІБК, 2006. – Вип. 65. – С. 152–159.
2. Воскобийник О.П. Типологічна класифікація дефектів та пошкоджень сталезалізобетонних конструкцій [Текст] / О.П. Воскобийник // Стrojительство, материаловедение, машиностроение : зб. наук. праць. – Д. : ПДАБА, 2011. – Вип. 61. – С. 98 – 108.
3. Воскобийник О. П. Типологічне порівняння дефектів та пошкоджень залізобетонних, евих та сталезалізобетонних балкових конструкцій [Текст] / О.П. Воскобийник // Вісник національного університету «Львівська Політехніка». Теорія і практика будівництва. - 2010. - № 662. - С. 97 - 103.
4. Восстановление и усиление строительных конструкций аварийных и реконструируемых зданий : атлас схем и чертежей [Текст] / А. И. Мальганов, В. С. Плевков, А. И. Полищук. – Томск : Том. ун-т, 1990. – 456 с.
5. Ильясевич С.А. Стальные конструкции из труб. Экспериментально-теоретические исследования / С.А. Ильясевич. – Москва: Стройиздат, 1973. – 191с.
6. Назаров О.В. Напружено-деформований стан трубобетонних елементів при місцевих силових впливах: Автореферат дис. канд. техн. наук. – Київ, 2004. – 20с.
7. Кикин А.И. Конструкции из стальных труб заполненных бетоном / А.И. Кикин, Р.С. Санжаровский, В.А. Труль. – Москва: Стройиздат, 1974. – 145 с.
8. Комар А.Г. Технология бетонных и железобетонных изделий [текст] / А.Г. Комар. – Москва: Стройиздат, 1984. – 267 с.
9. Семко О.В. Імовірнісні аспекти розрахунку сталезалізобетонних конструкцій [Текст] : монографія / О.В. Семко. – К. : Сталь, 2004. – 316 с.
10. Семко О.В. Випробування трубобетонних елементів із ослабленим осердям / О.В. Семко, А.В. Гасенко, О.Є. Куденко // Дороги і мости: зб. наук. пр. – К. : ДерждорНДІ, 2007. – Вип. 7 в 2-х т., 2 т. – С. 162–168.
11. 5. Стороженко Л.И. Сталезалізобетонные конструкции [Текст] / Л. И. Стороженко, О.В. Семко, В.И. Ефименко. – К. : Четверта хвиля, 1997. – 160 с.
12. Лещинский А. М. Классификация неоднородностей прочности бетона [Текст] / А. М. Лещинский // Строительные конструкции: Республиканский межведомственный научно-технический сборник. - К. : Будівельник, 1986. - Вип. 39. - С. 47-49.
13. Bergmann R. German Design Method for Composite Columns with Concrete Filled Sections // Concrete filled steel tubes. A comparison of international codes and practices. □ ASCCS Seminar, Innsbruck, 1997. □ P. 27 – 38.
14. Hanswille G. Design of composite columns made of concrete filled tubes with inner massive core profiles and high strength materials // Hanswille G., Lippes M. // Germany, 11 p.
<http://ccvi.ce.gatech.edu/Papers March PDF/Lippes M.pdf>
15. Eurocode 4. Common Unified Rules for Composite Steel and concrete Structures European Committee for Standardization (CEN) ENV. 1994 □ 1-1: 1992.
http://eurocodes.jrc.ec.europa.eu/doc/WS2008/EN1994_4_Hanswille.pdf
16. Shosuke Morino, Keigo Tsuda Design and Construction of Concrete-Filled Steel Tube Column System in Japan/ Earthquake Engineering and Engineering Seismology/ Japan Vol. 4, No. 1 pp. 51-73.
<http://www.ctsee.org.tw/出版品/200310/ee0401-05.pdf>

REFERENCES

1. Voskobiynyk O.P. Some aspects of the reliability of compressed tube confined concrete elements [Building constructions: Coll. science. works]. Kiev. 2006. pp. 152-159.
2. Voskobiynyk O.P. Typological classification of defects and damages of composite constructions[Construction, material engineering, machine building: Coll. science. works]. Dnipropetrovs'k, PSAES, 2011. – pp. 98-108.
3. Voskobiynyk O.P. Typological comparison of defects and damages of concrete, metal and composite beam structures [Visnyk of National University] "Lviv Polytechnic". Theory and practice of construction. Lvov, 2010. – pp. 97 – 103.
4. Malhanov A.I., Plevkov V.S. and Polishchuk A.I.. Restoration and enhancement of building structures of emergency and reconstructed buildings: map of drawings and schemes [Text] / - Tomsk: Vol. University Press, 1990. - 456 p.
5. Ilyasevich S.A. Pipe steel constructions. Experimental theoretical researches [Stroyizdat]. Moscow, 1973. – 191p.
6. Nazarov O.V. Strain-stress state of cube confined concrete elements at the local force influence: Abstract. - Kyiv, 2004. – 20p.
7. Kikin A.I., Sanzharovskii R.S. and Trul V.A. Constructions made of steel tubes filled with concrete.[Stroyizdat] Moscow, 1974. – 145p.
8. Komar A.G. Technology of concrete and reinforced-concrete products [Stroyizdat]. Moscow, 1984. - 267p.

9. Semko O.V. Probabilistic aspects of calculating composite constructions. Monograph [Stal]. Kiev, 2004. - 316 p.
10. Semko O.V., Hasenko A.V. and Kutsenko O.E. Examination of cube confined concrete elements with weakened core [Roads and bridges: Coll. science. pr.] - Kiev.: DerzhdorNDI, vol. 2, 2007.pp. 162-168.
11. Storozhenko L.I., Semko A.V. and Efimenko V.I. Composite structures [Fourth Hvilya]. Kiev, 1997. - 160p.
12. Leschynskyy A.M. Classification of inhomogeneities of durability concrete [Building constructions: Republican interdepartmental scientific and technical collection.]. Kiev, Budivelnik, 1986, Vol. 39, pp 47-49.
13. Bergmann R. German Design Method for Composite Columns with Concrete Filled Sections [Concrete filled steel tubes. A comparison of international codes and practices]. □ ASCCS Seminar, Innsbruck, 1997. □ P. 27 - 38
14. Hanswille G. and Lippes M. Design of composite columns made of concrete filled tubes with inner massive core profiles and high strength materials. Germany, 11 p.
[http://ccvi.ce.gatech.edu/Papers March PDF/Lippes M.pdf](http://ccvi.ce.gatech.edu/Papers%20March%20PDF/Lippes%20M.pdf)
15. Eurocode 4. Common Unified Rules for Composite Steel and concrete Structures European Committee for Standardization (CEN) ENV. 1994 □ 1-1: 1992.
http://eurocodes.jrc.ec.europa.eu/doc/WS2008/EN1994_4_Hanswille.pdf
16. Shosuke Morino and Keigo Tsuda Design and Construction of Concrete-Filled Steel Tube Column System in Japan/ Earthquake Engineering and Engineering Seismology/ Japan Vol. 4, No. 1 pp. 51-73.
<http://www.ctsee.org.tw/出版品/200310/ee0401-05.pdf>