

**ДОСЛІДЖЕННЯ ТРУБЧАТИХ ЦЕНТРИФУГОВАНИХ ЕЛЕМЕНТІВ
З БЕТОНІВ НА СЛАБКИХ КАРБОНАТНИХ ЗАПОВНЮВАЧАХ
УКРАЇНСЬКИХ РОДОВИЩ**

Діодрієнко Л.Д., к.т.н., професор,
Семчук П.П., к.т.н., доцент,
Одеська державна академія будівництва та архітектури
concrete_ogasa@mail.ru

Анотація. Робота присвячена використанню бетонів на заповнювачі з вапняку з місцевих порід для виготовлення центрифугованих труб. Актуальність роботи зумовлена тим, що при випилюванні каменів з вапняку-черепашнику утворюється багато дрібних відходів, а потреба у бетонних і залізобетонних трубах зростає у зв'язку із розвитком на півдні України водогосподарського будівництва та будівництва доріг.

В ОДАБА детально вивчені фізико-механічні властивості карбонатних бетонів, їх усадка і повзучість, робота на поперечну силу і позацентровий стиск.

Ключові слова: бетон на вапняковому заповнювачі, труби, центрифугування.

**ИССЛЕДОВАНИЯ ТРУБЧАТЫХ ЦЕНТРИФУГИРОВАННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ
ИЗ БЕТОНОВ НА СЛАБЫХ КАРБОНАТНЫХ ЗАПОЛНИТЕЛЯХ
УКРАИНСКИХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ**

Диордиенко Л.Д., к.т.н., профессор,
Семчук П.П., к.т.н., доцент,
Одесская государственная академия строительства и архитектуры
concrete_ogasa@mail.ru

Аннотация. Работа посвящена использованию бетонов на заполнителе из известняка местных пород для изготовления центрифугированных труб. Актуальность работы обусловлена тем, что при выпиливании камней из известняка-ракушечника образуется много мелких отходов, а потребность в бетонных и железобетонных трубах возрастает в связи с развитием на юге Украины водохозяйственного строительства и строительства дорог.

В ОГАСА подробно изучены физико-механические свойства карбонатных бетонов, их усадка и ползучесть, работа на поперечную силу и внецентренное сжатие.

Ключевые слова: бетон на известняковом заполнителе, трубы, центрифугирование.

**INVESTIGATION OF TUBULAR CENTRIFUGED ELEMENTS
FROM CONCRETE ON WEAK CARBONATE AGGREGATES
OF UKRAINIAN DEPOSITS**

Diordienko, L.D., Ph. D., Professor,
Semchuk, P.P., Ph. D., associated Professor
Odessa State Academy of Civil Engineering and Architecture
concrete_ogasa@mail.ru

Abstract. In the South of Ukraine there are significant reserves of natural shell limestone. When cutting fine-grained blocks, a large number of small wastes is formed from it, which makes up to 50% of the processed rock mass. Therefore, the use of these wastes is an urgent task.

The possibility of using limestone in concrete has been proved for the manufacture of large blocks, pressed bricks, wall panels and hollow core slabs.

Studies of the use of carbonate concretes for the manufacture of centrifuged structures occupy a special place.

The aim of this work is to study the physical and mechanical properties of centrifuged concrete, the influence of technological parameters on them, as well as the operation of pipe samples under the action of loads. Centrifuged concretes on carbonate aggregates of three deposits in the South of Ukraine were studied.

As a result of the research technological parameters in the manufacture of pipes, the physical and mechanical characteristics of concrete were optimized, the possibility of using the existing norms for the calculation of concrete pipes was proved. At the same time features of pipe concrete are revealed: increased crack-resistance and rigidity.

Conducted studies have shown that centrifuged concretes on carbonate aggregates can be used for the production of non-pressure and low-pressure water-bearing pipes, which are suitable for the use in hydrotechnical and hydromelioration construction.

Key words: concrete on limestone aggregate, pipes, centrifugation.

Вступ. Карбонатні породи низьких марок залягають на великих територіях півдня України. В кар'єрах при випилюванні блоків залишається значна кількість відходів через велику тріщинуватість карбонатних порід. Ці відходи в деяких кар'єрах досягають 50% переробленої гірської маси. До них ще додається значна частина породи при виконанні очисних робіт. Рациональне використання цих відходів має велике господарське значення.

В результаті проведених в Одеській державній академії будівництва та архітектури (ОДАБА) досліджень по темі «Комплексне використання пиляних вапняків-черепашників у будівництві» доказана можливість використання вапняків для виготовлення великих стінових блоків для будинків різних серій, бетонної пресованої цегли, стінових панелей і багатопустотних плит перекриття.

Особливе місце в цих дослідженнях займає питання використання карбонатних бетонів для виготовлення центрифугованих конструкцій.

У зв'язку з розвитком на півдні України водогосподарського будівництва і будівництва доріг є потреба в значній кількості залізобетонних труб.

Аналіз останніх джерел і публікацій. Питанням вивчення залізобетонних труб присвячені роботи Ахвердова І.Н. [1], Каландадзе В.Ш. [2], Рабиновича Д.Л. [3], Попова А.Н. [4], Сенкевича Т.П. [5] та інших.

Постановка завдання. Метою роботи є вивчення фізико-механічних властивостей центрифугованого бетону, впливу на них технологічних параметрів, а також роботи зразків труб при дії навантажень.

Основний матеріал і результати. Досліджувались центрифуговані бетони на карбонатних заповнювачах Главанського (Одеська обл.), Осокорівського (Херсонська обл.), Євпаторійського (Крим) родовищ. Пиляний камінь цих кар'єрів має міцність від 0,4 до 2 МПа.

Дослідженні зразки труб виготовлялись на запроектованій в академії лабораторній центрифугі, яка дозволяє розвивати оберти до 2000 за хвилину і виготовляти зразки з зовнішнім діаметром 250 мм товщиною стінки до 50 мм і довжиною від 200 до 1100 мм.

Методикою досліджень було передбачено відпрацювання режимів центрифугування (ущільнюючого тиску і тривалості ущільнення) підбір складів бетонів, вивчення основних фізико-механічних і деформативних характеристик бетонів, напружено-деформованого стану кільцевих перерізів при згинанні, водопоглинанні, водонепроникності і морозостійкості, а також міцності, жорсткості і тріщиностійкості залізобетонних трубчастих елементів.

Міцність центрифугованого бетону визначалась шляхом випробовування бетонних кілець на розтяг при згинанні від дії рівномірного розподіленого лінійного навантаження, прикладеного уздовж циліндра (рис. 1).

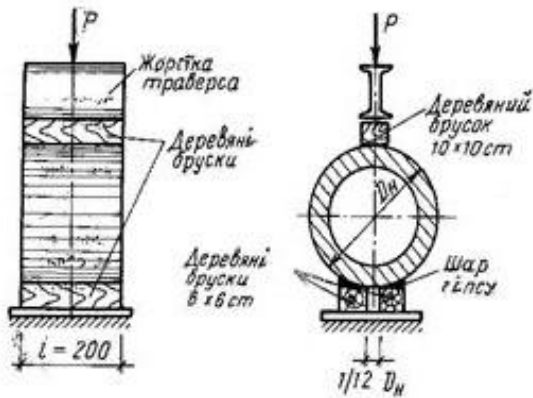


Рис. 1. Схема випробовування кілець на розтяг при згинанні

має щільну структуру і мало пористий. Пори в бетоні розподілені рівномірно по всьому об'єму зразків. Форма пор, в основному, овальна. Пори спостерігаються в заповнювачі і дуже рідко – в цементному камені, розміри пор знаходяться в межах від 0,1 до 2,0 мм.

Дослідження пошарового центрифугування показало, що товщина цементного каменю на внутрішніх поверхнях шарів зменшується при збільшенні кількості шарів центрифугування. В двошаровому бетоні через більшу товщину цементного каменю межа розділу між шарами видима більш чітко, ніж в тришаровому (рис. 2).

Дослідження впливу тривалості центрифугування бетону на його міцність показало, що стабілізація міцності постає при 12-хвилинному ущільненні, подальше збільшення тривалості ущільнення бетону є неефективним.

Серед досліджених складів бетонів при багатошаровому центрифугуванні найбільш технологічним виявився склад з витратою цементу М400 – 530 кг/м³ і співвідношення цементу і вапняку-черепашнику 1:2,9 (25,2%-74,8%) при початковому водоцементному відношенні 0,66. В табл. 1 наведені значення міцності бетонів, отриманих на цьому складі при багатошаровому центрифугуванні, а також коефіцієнти збільшення міцності (Z) при переході від віброваного бетону до центрифугування.

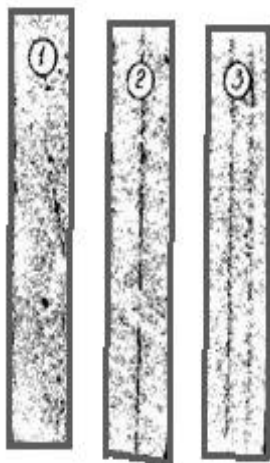


Рис. 2. Розподілення заповнювача по перерізу 1, 2, 3, відповідно 1, 2 і 3 шарове центрифугування

Коефіцієнт Z – це відношення міцності центрифугуваного бетону до міцності віброваного бетону.

Аналіз даних табл. 1 показує, що значення коефіцієнта Z залежить від кількості шарів центрифугування, а область тиску в інтервалі $(0,7 - 1,8) \cdot 10^5 \text{ Pa}$ є неефективною.

Дослідження деформативності центрифугуваного дрібнозернистого вапнякового бетону показали, що за винятком деформацій бетону в ключі і в лотку труби деформації розтягу

вапнякового бетону в 1,5 – 2,0 рази перевищують відносні деформації розтягу звичайного бетону, для якого ці деформації становлять $(10-15) \cdot 10^{-5}$ (рис. 3).

Деформативність досліджуваних бетонів визначалась при визначенні несучої здатності бетонних і залізобетонних трубчатих елементів на згинання (рис. 4). Значення відносних граничних деформацій стиску і розтягу бетону, наведені на рис. 5 менші значень, показаних на рис. 3 тому, що після появи тріщин і руйнувань випробовування припинялись (рис. 5.).

Отримавши при випробовуванні бетонних кілець величину міцності на розтяг при згинанні, шляхом перерахунку знайшли величину міцності бетону при центральному стиску.

З метою отримання бетону більш високої міцності проводились дослідження властивостей центрифугуваного бетону, укладеного в 1, 2 і 3 шари.

Дослідження показали, що кількість відтиснутої води в дрібнозернистих вапнякових бетонах знаходиться у великих межах (від 15% до 40%) і залежить від складу бетонної суміші і режимів центрифугування.

При дослідженні мікроструктури зразків і характеру розташування пор виявлено, що бетон

Таблиця 1 – Коефіцієнти збільшення міцності (Z) при переході від віброваного бетону до центрифугуваного

Спосіб формування	Ущільнюючий тиск, МПа	Міцність на розтяг при згинанні, МПа	Міцність на розтяг, МПа	Міцність віброваних кубиків 10×10×10 см, МПа	Міцність центрифуг. бетону, МПа	Коеф. Z
Одношарове центрифуг.	0,028	4,55	2,74	26,0	30,4	1,17
	0,069	7,18	4,22	22,7	46,8	2,06
	0,168	6,80	4,00	24,1	44,8	1,84
	0,218	7,44	4,37	23,4	48,5	2,07
$Z = 1,73$						
Двошарове центрифуг.	0,028	6,53	3,84	25,8	42,6	1,65
	0,069	7,39	4,34	22,9	48,1	2,10
	0,166	7,15	4,20	23,3	46,6	2,00
	0,218	9,18	5,40	22,6	60,0	1,66
$Z = 2,1$						
Тришарове центрифуг.	0,028	7,35	4,32	25,2	48,0	1,90
	0,069	7,94	4,66	24,0	51,7	2,15
	0,166	7,75	4,56	25,0	50,8	2,03
	0,218	9,60	5,65	22,8	62,8	2,75
$Z = 2,21$						

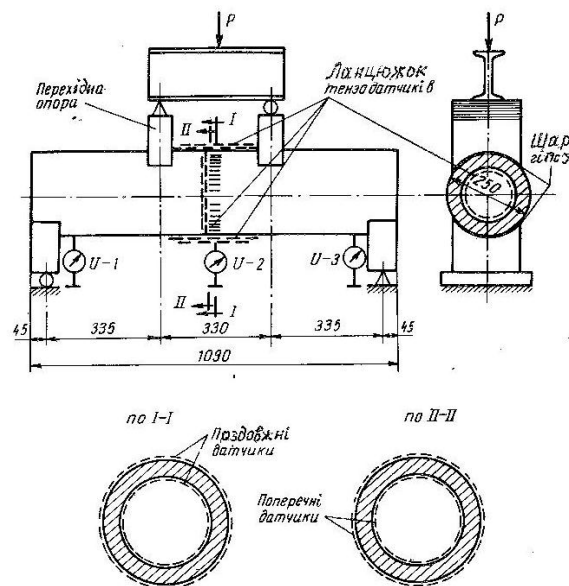


Рис. 3. Схема розташування приладів при випробовуванні бетонного зразка на згинання

Дослідження модуля деформацій дрібнозернистого вапнякового центрифугованого бетону показали, що його значення доволі високі і перевищили значення, рекомендовані в нормах для важкого бетону на дрібному заповнювачі. Початковий модуль крупності центрифугованого дрібнозернистого вапнякового бетону може бути виражений залежно від міцності кубика:

$$E_b = 14000 \cdot \sqrt{R}.$$

Граничні деформації стиску цих бетонів виявились рівними 0,001, тобто таким ж як і граничні деформації віброваних бетонів на високоміцних карбонатних заповнювачах. Коефіцієнт пластичності 0,015, коефіцієнт Пуассона 0,2 (як для важкого бетону).

Випробування армованих трубчатих зразків на згинання показали, що дослідні значення згинальних моментів за міцністю і тріщиностійкістю перевищують теоретичні, знайдені за нормами, в середньому на 12%. Жорсткість елементів виявилась вищою теоретичної в середньому на 14%.

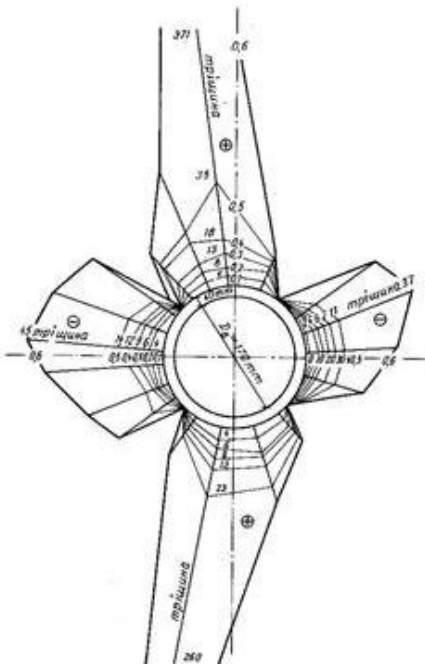


Рис. 4. Епюра відносних деформацій внутрішньої поверхні бетону одношарового

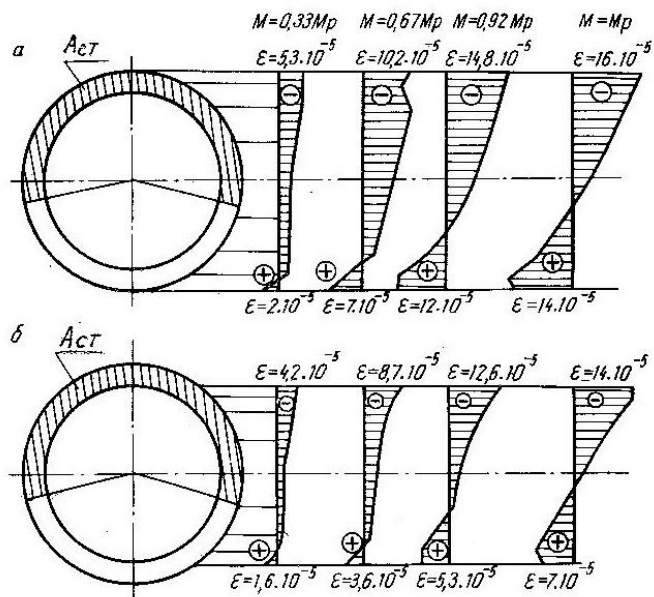


Рис. 5. Епюри відносних деформацій середнього перерізу бетонної труби при згинанні:

Водонасичення центрифугованих при різних режимах вапнякових бетонів набагато менше, ніж водонасичення легких бетонів, і знаходиться на рівні водонасичення звичайних важких бетонів – 5,35%. Водонепроникність бетонів доволі висока: бетон укладений в 1 і 2 шари, має водонепроникність не меншу, ніж звичайний бетон, а водонепроникність тришарового бетону більша, ніж важкого бетону і рівна водонепроникності багатшарово-центрифугованих важких бетонів.

Підвищена водонепроникність вапнякових бетонів пояснюється наявністю заповнювача пиловидних фракцій, які сприяють пониженню проникності бетону без використання добавок і ускладнення технології виробництва водонепроникних конструкцій, а також структурними особливостями бетону. При самовирівнюванні в зоні контакту з пористим заповнювачем створюється оболонка цементного каменю високої щільності і міцності, яка перешкоджає проникненню рідини в заповнювач.

Висновки. В результаті приведених дослідів центрифугованих дрібнозернистих вапнякових бетонів показано, що ці бетони можуть використовуватись для виробництва безнапірних і мало напірних водонесучих труб, які можуть бути використанні в гідротехнічному і гідромеліоративному будівництві.

На одному із заводів Одеської області була виготовлена партія труб, для її укладки на дослідній ділянці зрошувального водогону.

Література

1. Ахвердов И.Н. Железобетонные напорные центрифугированные трубы / И.Н. Ахвердов. – М.: Госстройиздат, 1967. – 230 с.
2. Каландадзе В.Ш. Опоры линий электропередач из легкого железобетона / В.Ш. Каландадзе. – М.-Л.: Энергия, 1967. – 187 с.
3. Рабинович Д.Л. Пути повышения качества железобетонных труб / Д.Л. Рабинович. – М.: Стройиздат, 1973. – 153 с.
4. Попов А.Н. Производство железобетонных напорных труб / А.Н. Попов, А.Л. Ционский, В.А. Хрипунов. – М.: Стройиздат, 1979. – 307 с.
5. Сенкевич Т.П. Железобетонные трубы / Т.П. Сенкевич, С.З. Рагольский, В.Н. Померанец. – М.: Стройиздат, 1989. – 409 с.

Стаття надійшла 10.05.2017