

УДК 691.32

**ОПТИМАЛЬНА ВЕЛИЧИНА ВОДОЦЕМЕНТНОГО ВІДНОШЕННЯ
ОСОБОШВИДКОТВЕРДНУЧОГО БЕЗПРОПАРЮВАЛЬНОГО БЕТОНУ**

Канд. техн. наук О.В. Романенко

**ОПТИМАЛЬНАЯ ВЕЛИЧИНА ВОДОЦЕМЕНТНОГО ОТНОШЕНИЕ
ОСОБОБЫСТРОТВЕРДЕЮЩЕГО БЕЗПРОПАРОЧНОГО БЕТОНА**

Канд. техн. наук А.В. Романенко

**THE OPTIMAL VALUE WATER-CEMENT RATIO VERY FAST HARDENING WITHOUT
STEAMING CONCRETE**

Cand. of techn. sciences O.V. Romanenko

Виконано теоретичне та експериментальне обґрунтування оптимальної величини водоцементного відношення особобистротвердеючого безпропарочного бетону з комплексною добавкою суперпластифікатора і прискорювача твердіння. Встановлено залежність кількості електрогетерогенних контактів в структурі цементного каменю від В / Ц.

Ключові слова: бетон, водо-цементне відношення, електрогетеро-генний контакт, рання міцність.

Выполнено теоретическое и экспериментальное обоснование оптимальной величины водоцементного отношения особобыстротвердеющего безпропарочного бетона с комплексной добавкой суперпластификатора и ускорителя твердения. Установлена зависимость количества электрогетерогенных контактов в структуре цементного камня от В/Ц.

Ключевые слова: бетон, водоцементное отношение, электрогетерогенный контакт, ранняя прочность.

Many scientific studies have been devoted strength of cement and concrete, namely the definition of water-cement ratio at which it is possible to obtain the greatest strength. Therefore, the development of theoretical ideas about the optimal W/C for the formation of the primary frame is relevant.

Theoretical and experimental justification for the optimal values of water-cement ratio concrete quick hardening without steaming complex additive superplasticizer and hardening accelerator. The dependence of the number of contacts in elektrogeterogennyh structure of cement stone from W / C.

Keywords: concrete, water-cement ratio, elektrogetero gene-contact, early strength.

Вступ. Розробка складів бетону з добавками, які дозволяють мінімізувати тепловологісну обробку залізобетонних виробів або навіть відмовитись від неї, залишається надто актуальною. На кафедрі БМКС УкрДАЗТ розроблений особлившвидкотверднучий безпропарювальний бетон оптимального складу з комплексною добавкою суперпластифікатора і прискорювача твердіння для залізобетонних шпал [1]. Проте в цьому складі бетону оптимальна величина водоцементного відношення залишається недостатньо обґрунтованою.

Мета та задачі дослідження. Мета роботи – теоретичне та експериментальне

обґрунтування оптимальної величини водоцементного відношення В/Ц особлившвидкотверднучого безпропарювального бетону.

Аналіз попередніх досліджень та публікацій. В роботах Г. Фере, І.Г. Малюги, а потім Д. Абрамса, М. БолOMEЯ, М.М. Беляєва, Б.Г. Скрамтаєва, Ю.М. Баженова та інших дослідників [2] запропоновані різні математичні вирази закону водоцементного відношення – залежності міцності бетону від водоцементного відношення В/Ц. У відповідності з даними експериментальних і теоретичних досліджень [3] міцність цементного каменю $R_{ц}$ має екстремальну залежність від В/Ц з максимумом міцності при В/Ц = 0,23 (рис. 1). На рис. 2 наве-

дена найбільш характерна експериментальна крива залежності міцності бетону R_b від В/Ц [4].

Відповідно до цієї кривої діапазон дії розглянутих законів водоцементного відношення обмежений. Вважається, що характер кривої залежить від наявних засобів ущільнення. Згідно [4], зниження міцності при низькому водоцементному відношенні

обумовлено усадкою, яка викликає розтріскування цементного каменю або втрату зчеплення останнього з заповнювачем. На наш погляд, зменшення міцності в області малих значень В/Ц при звичайних засобах ущільнення і звичайній температурі твердіння в більшій мірі залежить від ступеня гідратації цементу і мікроструктури цементного каменю.

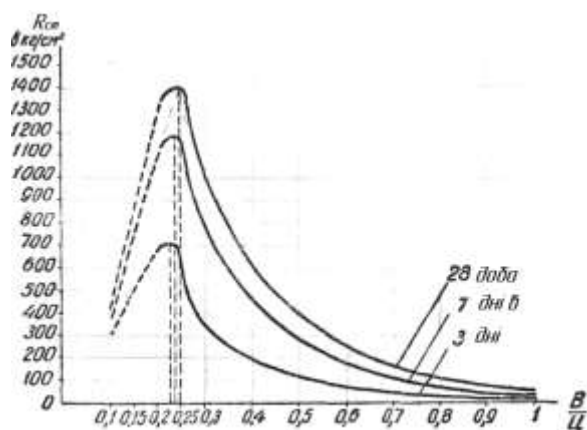


Рис. 1. Залежність міцності цементного каменю від В/Ц [3]

Рис. 2. Залежність міцності бетону від В/Ц [4]

міцність бетону визначається не тільки величиною В/Ц, а й активністю цементу R_c . Найбільш відомими рівняннями, що відображають цю залежність, є формули М. Болоея, І.О. Риб'єва, Л.А. Кайсера, М.З. Симонова та ін. [4]. Усі їхні формули мають той недолік, що в них входять лише початкові параметри бетонної суміші й у найзагальнішому вигляді. Вони не містять характеристик структури

нових утворень і тих параметрів, які визначають процеси їх створення.

Загальноприйнятою є залежність, отримана статистично за результатами численних експериментів, проведених у середині 50-х років минулого століття під керівництвом Б.Г.Скрамтаєва і Ю.М.Баженова [5]. Графік, що відображає цю залежність, доповнений нами координатної сіткою, поданий на рис. 3.

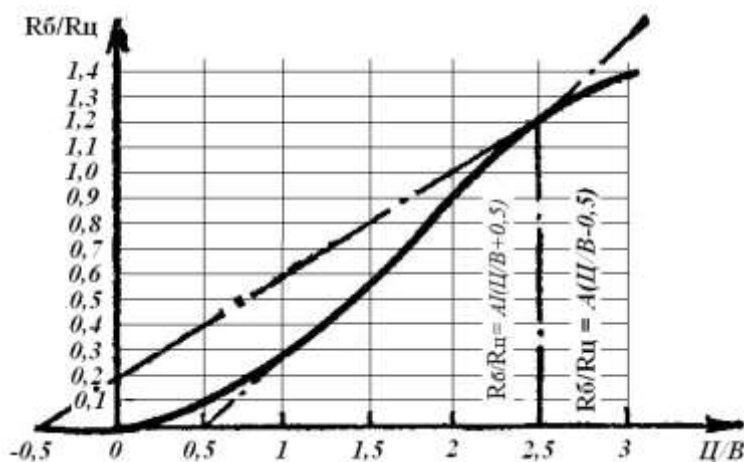


Рис. 3. Експериментальна статистична залежність R_b/R_c від Ц/В

Автори експериментальної залежності R_6/R_c від $Ц/В$, поданої на рис. 3, виразили її двома лінійними рівняннями – в області $Ц/В$ до 2,5 і після 2,5, відносячи їх до бетонів низької і середньої міцності та високоміцних бетонів, відповідно [5]. У рівняннях A і A_1 – коефіцієнти якості заповнювачів або тангенс кута нахилу графіків. Залежно від якості (високоякісні, рядові і зниженої якості) заповнювачів величини A і A_1 приймаються в інтервалах $A = 0,57-0,63$ і $A_1 = 0,37-0,43$.

Постановка проблеми у загальному вигляді та її зв'язок із важливими науковими та практичними завданнями. Таким чином, відомі залежності міцності цементного

каменю і бетону від $В/Ц$ залишаються емпіричними і не враховують впливу $В/Ц$ на формування первинного каркасу продуктів гідратації цементу, а його характеру – на міцність. Поставлена важлива наукова і практична проблема встановлення цієї залежності.

Основна частина дослідження. На відміну від згаданих теоретичних уявлень і емпіричних формул, розроблених різними авторами, в [6; 7] розроблена кількісна фізично обґрунтована теорія міцності цементного каменю і бетону, відповідні рівняння, які дали повний збіг розрахункових та експериментальних величин міцності після 28 діб нормального твердіння для різних $В/Ц$ (рис. 4, 5).

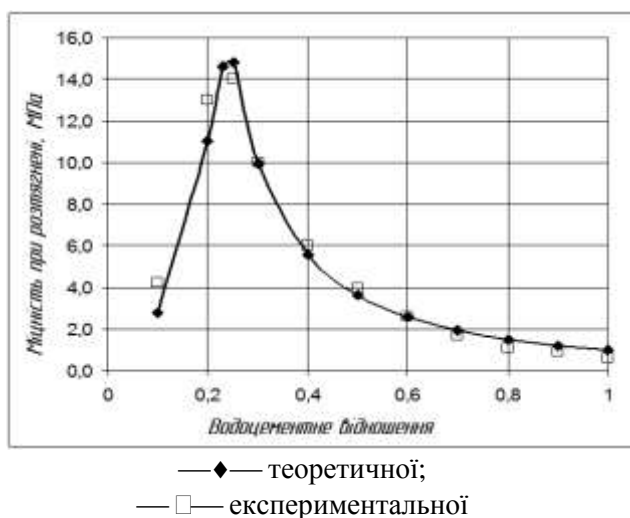


Рис. 4. Залежність величин міцності цементного каменю від $В/Ц$ [8; 9]

Згідно розробленої теорії міцності цементного каменю його міцність визначається концентрацією електрогетерогенних контактів ЕГК між позитивно і негативно зарядженими частинками і залежить екстремально від $В/Ц$ (рис. 6). Оптимальними для бетону є величини $(Ц/В)_{опт.б} = 2,5$ і $(В/Ц)_{опт.б} = 0,4$ (рис. 5), що значно перевищує $(Ц/В)_{опт.ц} = 4$ і $(В/Ц)_{опт.ц} = 0,25$ (точніше 0,23) для чистого цементного каменю (рис. 6, 7). Це зумовлено збільшенням кількості води в бетоні на змочування заповнювачів. Екстремум теоретичної міцності бетону (недосяжної для звичайних бетонів) при $Ц/В = 4,0$ або $В/Ц = 0,25$ (рис. 8, істинне

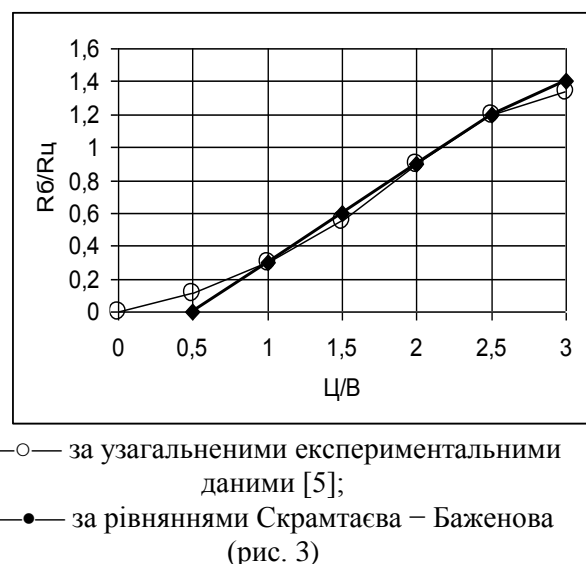


Рис. 5. Залежність R_6/R_c від $Ц/В$

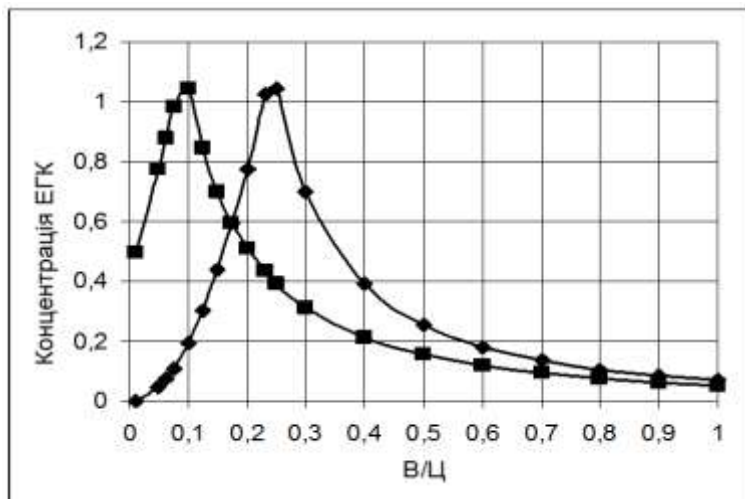
$В/Ц = 0,1$, рис. 6), виходить за межі $Ц/В = 3$ для звичайних бетонів (рис. 3) за методикою НДІЗБ. При зростанні $Ц/В$ від 0,5 до 2,5 (бетони низької і середньої міцності) зростає концентрація електрогетерогенних контактів в цементному камені бетону, відповідно, збільшується міцність бетону згідно закону $Ц/В$ ($В/Ц$).

При подальшому збільшенні $Ц/В$ від 2,5 до 3 (високоміцні бетони) концентрація електрогетерогенних контактів зменшується, тому що кількість продуктів гідратації визначається лише витратою води і не зростає із збільшенням витрати цементу, рис. 8.

Відповідно, нахил кривої, що відображає закон В/Ц, стає більш пологим (рис. 3).

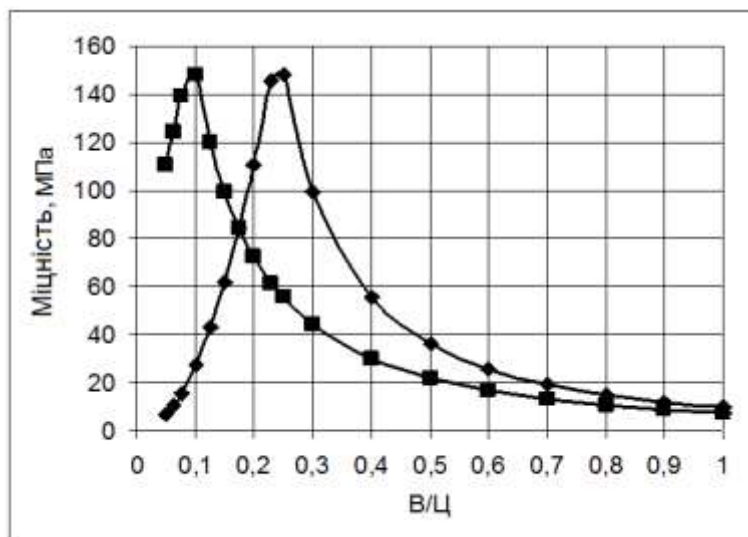
При ще більшому збільшенні (теоретичному) Ц/В (більше 3) концентрація електрогетерогенних контактів повинна спадати ще більше, і при Ц/В = 4 міцність бетону повинна різко зменшуватися.

Оскільки у звичайному важкому бетоні кількість води для гідратації цементу збільшується за рахунок її частки, що витрачається на змочування заповнювачів, В/Ц = 0,23 практично не застосовується (рис. 3).



- ◆— концентрація ЕГК в чистому цементному камені;
- концентрація ЕГК в бетоні при істинному Ц/В (без води на змочування)

Рис. 6. Залежність концентрації електрогетерогенних контактів ЕГК в чистому цементному камені та у бетоні від В/Ц



- ◆— міцність при стиску чистого цементного каменю;
- розрахункова міцність при стиску цементного каменю в бетоні

Рис. 7. Графіки залежності експериментальної і розрахункової міцності чистого цементного каменю і розрахункової міцності цементного каменю в бетоні



Рис. 8. Графіки залежності концентрації електрогетерогенних контактів ЕГК і відношення R_b/R_c від C/V для бетону

Висновки з дослідження і перспективи, подальший розвиток у даному напрямку. Таким чином, встановлено вплив В/Ц на формування первинного каркасу продуктів

гідратації цементу, а його характеру – на міцність. Обґрунтовано оптимальну величину В/Ц бетону за рис. 8 – 0,32, яка відповідає отриманим експериментальним даним.

Список використаних джерел

1. Особливошвидкотверднучий безпропарювальний бетон [Текст]: пат. 99426 UA МПК (2012.01) G01N 33/38 (206.01) C04B 28/00 / УкрДАЗТ; Плугін А.А., Плугін А.М., Романенко О.В., Плугін О.А., Калінін О.А., Плугін Д.А., Мірошніченко С.В. – Заявл.14.12.2011. – Заявка № а 2011 14838. – Опубл. 10.08.2002. – Бюл.№15.
2. Дворкін, Л.Й. Бетони і будівельні розчини [Текст] / Л.Й. Дворкін. – К.: Основа, 2005. – 448 с.
3. Киреєнко, І.А. Расчет состава высокопрочных и обычных бетонов и растворов на стандартных и мелких песках [Текст] / И.А. Киреєнко. – К.: Госстройиздат УССР, 1961. – 80 с.
4. Невилль, А.М. Свойства бетона [Текст] / А.М. Невилль. – М.: Стройиздат, 1972. – 344 с.
5. Уточненне формулы для определения прочности бетона [Текст]: Письмо зам. нач. УНИР Госстроя СССР, проф., д.т.н. Б.Г.Скрамтаева и доц., к.т.н. Ю.М. Баженова.
6. Конструкційні матеріали нового покоління та технології їх впровадження у будівництво [Текст] / Р.Ф. Рунова, В.І. Гоц, І.І. Назаренко [та ін.]. – К.: УВПК «ЕксОб», 2008. – 355 с.
7. Плугін, А.Н. Коллоидно-химические основы прочности, разрушения и долговечности бетона и железобетонных конструкций [Текст] / А.Н. Плугін, А.А. Плугін, О.А. Калинин // Цемент. – 1997. - №2. – С. 28-32.
8. Волянський, О.А. Технологія бетонних і залізобетонних конструкцій. Т.1. Технологія бетону [Текст] / О.А. Волянський. – К.: Вища школа, 1994. – 271 с.

9. Повышение надежности железобетонных подрельсовых оснований при различных режимах и условиях эксплуатации [Текст]: отчет о НИР / Арк.Н. Плагин, В.Б. Шишов, В.Г. Скрипник, Л.Г. Порошина [и др.]. - № 0183003909. – Харьков: ХИИТ, 1983. – 131 с.

Рецензент д-р техн. наук, профессор А.А. Плагин

Романенко Олександр Валерійович, асистент кафедри будівельних матеріалів, конструкцій та споруд
Української державної академії залізничного транспорту. Тел.: (057)730 10 63E-mail: roma_kharkov83@mail.ru.

Romanenko Alexander V. assistant of Building Materials, Constructions and Buildings Department Ukrainian State
Academy of Railway Transport. Tel.: +38(057) 730 10 63. E-mail: roma_kharkov83@mail.ru.