**Плугін Андрій Аркадійович. Довговічність бетону і залізобетону в обводнених спорудах: колоїдно- хімічні основи : дис... д-ра техн. наук: 05.23.05 / Харківський держ. технічний ун-т будівництва та архітектури. - Х., 2005.**

|  |  |
| --- | --- |
| |  | | --- | | Плугін Андрій Аркадійович. Довговічність бетону і залізобетону в обводнених спорудах: Колоїдно-хімічні основи. Рукопис.  Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.23.05 – будівельні матеріали і вироби. Харківський державний технічний університет будівництва та архітектури, Харків, 2005.  Довговічність бетону і залізобетону у великогабаритних спорудах, зокрема тунелях, мостах, каналізаційних колекторах, резервуарах та ін., експлуатованих в умовах обводнення та вигину, набагато нижча, ніж у експлуатованих в нормальних умовах. Існуючі уявлення про довговічність і сам бетон для таких конструкцій недосконалі.  У дисертації розвинена кількісна теорія довговічності бетону і залізобетону в обводнених спорудах. Особливість цієї кількісної теорії полягає в тому, що вона ґрунтується на закономірностях колоїдної хімії, фізико-хімічної механіки дисперсних систем і матеріалів і основних положеннях про електрогетерогенні взаємодії при твердінні цементного каменю. На основі цих закономірностей і положень даються нові уявлення про механізми елементарних процесів формування міцності, руйнування, деформівності, водопроникності, корозійної стійкості, тріщиностійкості і в цілому довговічності цементного каменю, розчину, бетону й обводнених конструкцій з них. Виведені відповідні фізико-математичні моделі, що дозволяють прогнозувати довговічність вказаних обводнених конструкцій і споруд.  Розроблені нові теоретичні уявлення про довговічність бетону і залізобетону в обводнених спорудах дозволили створити комплекс високоефективних методик дослідження їх технічного стану, нових матеріалів, виробів і технологій для їх відновлення, підсилення, герметизації і продовження термінів служби, який ефективно використаний на багатьох реальних конструкціях і спорудах. | |
| |  | | --- | | 1. Встановлено, що значна частина обводнених бетонних, залізобетонних, кам’яних споруд (тунелів, водопропускних труб, мостів, колекторів, ємнісних споруд і т.п.) не витримує нормативних термінів служби, знаходиться в незадовільному стані, часто вимагає великих експлуатаційних витрат і невідкладного капітального ремонту. Основними факторами їх передчасних пошкоджень і зниження довговічності є обводнення і велика довжина конструкцій, що вигинаються і зазнають значних деформацій з утворенням тріщин, нестабільність цементного каменю, розчину і бетону за довготривалою повзучістю і безнапірною водопроникністю, недосконалість захисних і ремонтних матеріалів і технологій, а основною причиною - недосконалість теорії міцності і довговічності бетону і конструкцій з нього, що не дозволяє реалізувати їх великі потенційні можливості з довговічності.  2. Уточнені уявлення про бетон як полідисперсну систему з багаторівневою структурою, рівні якої - макро-, мезо-, мікро- та субмікро- визначаються розмірами структуроутворюючих елементів: за допомогою удосконалених електронно-мікроскопічних досліджень встановлено, що на субмікрорівні структурними елементами цементного каменю є частинки кристалогідратів і глобули гідросилікатного гелю, які є агрегатами частинок гелю.  3. Розроблена методика енергетичного (з урахуванням енергії Фермі) розрахунку електроповерхневих потенціалів простих речовин, за допомогою якої уточнені значення електроповерхневих потенціалів *y*0і рівноважних електроповерхневих потенціалів *yр*0частинок кристалогідратів *Са*(*ОН*)2 і гідросилікатів кальцію при різних рН. Удосконалені методики дослідження електроповерхневих властивостей - адсорбції колірних індикаторів і вимірювань у високовольтному електричному полі, за допомогою яких уточнені електроповерхневі потенціали кварцу і кальциту, які були використані при розрахунках довговічності в умовах біохімічної корозії.  4. Розроблена схема будови електрогетерогенних контактів між структурними елементами в цементному камені, розчині і бетоні, в якій виділені одиничні парні контакти між потенціалвизначальними іонами *Са*2+ і *ОН*-; встановлена залежність корозійної стійкості цементного каменю і бетону від стабільності кристалогідратів *Са*(*ОН*)2, при розчиненні яких зменшується кількість ЕГК між ними і гідросилікатним гелем. На основі цього розроблені основи кількісної теорії міцності цементного каменю і бетону з відповідними рівняннями. Встановлене оптимальне співвідношення кристалогідратів і гелю (*К*/*Г*)*опт*= 0,91,0, яке разом з оптимальними величинами (*В*/*Ц*)*опт* і коефіцієнтів розсунення зерен дрібного і крупного заповнювача *mопт*і *aопт* забезпечує максимальні міцність, щільність, довговічність цементного каменю, розчину, бетону.  5. Розроблено уточнену фізико-математичну (реологічну) модель повзучості цементного каменю, в якій кінетика деформацій визначається коефіцієнтом фільтрації і довжиною шляху фільтрації води, що витискується, визначуваною розмірами зразка або конструкції (масштабний фактор). Виходячи з цього причина значних розбіжностей у тривалості повзучості бетону в стандартних зразках (23 роки) і експлуатованих спорудах (десятки і сотні років) пояснена масштабним фактором.  6. Обґрунтований фільтраційний механізм довготривалої повзучості цементного каменю за рахунок безнапірної водопроникності, виведені рівняння для довготривалої повзучості на стадіях швидконатікаючої та довготривалої повзучості. Встановлено, що тривалість довготривалої повзучості цементного каменю визначається його безнапірною водопроникністю *Wбв* і довжиною шляху фільтрації, а гранична деформація - зменшенням товщини прошарків новоутворень між частинками цементу за рахунок стиснення ПЕШ частинок гелю. Показано, що мінімальні деформівність і безнапірна водопроникність цементного каменю і бетону, тобто їх максимальна довговічність, забезпечуються при оптимальних величинах (*К/Г*)*опт*, (*В/Ц*)*опт*, а у бетоні ще й *mопт*і *aопт*.  7. Встановлено, що на довговічність однобічно обводнених або омиваних конструкцій з бетону найістотніший вплив мають вилуговування при фільтрації води через бетон або його омиванні, карбонізація (карбонатизація), біохімічна корозія. Механізми цих видів корозії пояснені фільтраційними потоками під дією безнапірної водопроникності бетону, капілярного і осмотичного тиску, дифузійними потоками іонів агресивних речовин і продуктів розчинення. Розроблені кінетичні рівняння для прогнозу довговічності обводнених конструкцій при вказаних видах корозії.  8. Розвинуті уявлення про механізм біохімічної корозії бетону в каналізаційних колекторах і подібних спорудах: оцінені електроповерхневі властивості клітин бактерій та їх взаємодія з цементним каменем; показано, що кінетика корозії бетону в результаті життєдіяльності тіонових бактерій визначається дифузією іонів *Н+*, електрофоретичним прониканням клітин углиб бетону і фільтраційним винесенням продуктів розчинення кристалогідратів під дією осмотичного тиску води; виведені відповідні кінетичні рівняння.  9. Експериментально підтверджені закономірності розробленої кількісної теорії міцності цементного каменю, уявлення про механізм його безнапірної водопроникності і визначальний вплив довжини шляху фільтрації і *В*/*Ц* на кінетику і граничну деформацію довготривалої повзучості бетону. Отримані експериментальні значення *Wбв* цементного каменю на стадіях звичайної і довготривалої повзучості цементного каменю, близькі до розрахункових теоретичних, а розрахунково-експериментальні величини прогинів залізобетонних конструкцій порівнянні з реальними.  10. Обґрунтовано механізм в’язкості цементно-водних систем і впливу на в’язкість добавок-суперпластифікаторів як результат електростатичних взаємодій між різнойменно зарядженими ділянками поверхонь частинок цементу. Розроблено експериментальний спосіб визначення оптимальних за текучістю і довговічністю (*В/Ц*)*опт*і витрати добавки, на основі яких розроблена у співавторстві суперпластифікована цементно-водна суспензія для цементації гірських порід і будівельних конструкцій, на яку отримано патент на винахід.  11. Розроблені нові принципи створення бетонів з низькими деформівністю і водопроникністю – з безосадкової (*ОК*0) бетонної суміші з високою вібророзтічністюза рахунок оптимальної витрати добавки-суперпластифікатора і забезпечення оптимальних значень *опт*і *опт*, а на їх основі створений у співавторстві новий спосіб визначення складу бетону з низькими деформівністю і безнапірною водопроникністю, на який отримані патенти на винаходи. Експериментальні дослідження міцності, вібророзтічності, довготривалої повзучості і безнапірної водопроникності бетону, склад якого визначений новим способом, показали його високу ефективність.  12. За результатами досліджень створено комплекс високоефективних методик оцінки технічного стану, прогнозування і проектування довговічності обводнених конструкцій і споруд, нових матеріалів, виробів і технологій для їх відновлення, підсилення і продовження терміну служби.  13. Результати досліджень впроваджені при розробленні проектів і проведенні робіт (за безпосередньою участю автора) з відновлення, підсилення, подовження терміну служби обводнених споруд - залізничного тунелю на ділянці Самбір - Сянки Львівської залізниці, бутобетонних опор з кам’яним облицюванням залізничного мосту через р. Сіверський Донець на ділянці Основа - Букине Південної залізниці, залізобетонних прогонових споруд мосту через р. Сироватка на ділянці Ворожба - Люботин Південної залізниці і залізничного шляхопроводу в м. Одеса, залізобетонної ванни плавального басейну «Локомотив» в м. Харкові, конструкцій насосної станції №2А (Ново-Баварської) Харківської міської каналізації і т.п. Особистий внесок здобувача в економічний ефект, одержаний тільки Південною залізницею, склав 729423,25 грн. Результати досліджень широко використані у навчальному процесі на будівельних факультетах УкрДАЗТ і ХДТУБА а також розроблених з участю автора навчальних посібниках і нормативних документах. | |