

УДК 666. 97:620. 169

ЗАПОВНЮВАЧІ ДЛЯ БЕТОНУ І ВЗАЄМОДІЯ ЇХ З ВОДОЮ
FILLERS FOR CONCRETE AND INTERACTION WITH THEIR
WATER

Коверніченко Л.М., к.т.н, доцент, ДВНЗ "Криворізький національний університет"

Kovernichenko LM, Ph.D., associate professor, State Pedagogical University "Krivoy Rog National University"

Не менш важливою умовою є відсутність хімічних взаємодій між рідиною і твердими часточками. Будучи гетерогенною полідисперсною системою, окремі компоненти твердої фази по-різному відносяться до різних рідин. Будь-які рідини здатні їх розчиняти з різним ступенем інтенсивності.

Equally important is the absence of chemical interactions between the liquid and solid particles. Being a heterogeneous polydisperse system, the individual components of the solid phase differ in different ways from different liquids. Any liquids can dissolve them with varying degrees of intensity. Water dissolves mineral salts and mobile fractions of humic acids. Dissolution is accompanied by a change in the initial density of the solvent. If, for the liquid is taken water, then the ions passing into the solution hydrate. The thickening of water molecules around the ions causes a variable density of water in the volume, causing distortion of the results of measuring the volume of the solid phase in the direction of decrease. The distortion indicated is the greater, the higher the solubility of the solid phase.

Ключові слова: заповнювачі, бетон, вода, хімічний, фізико-хімічний, фізико-механічний зв'язок

Key words: fillers, concrete, water, chemical, physico-chemical, physical-mechanical connection

Зміна вологісного стану бетону зв'язана зі зміною всіх його властивостей, наприклад, зволоження бетону знижує його міцність на 20-40%. Це явище можна пояснити дією таких чинників: розм'якшення деяких кристалогідратів при поглинанні води, частковим розчиненням і виносом їх (корозія 1-го виду); появою тиску, що розклинає, у мікропорах і мікро щілинах унаслідок адсорбційного ефекту; зняттям менісків, що зміцнюють, у мікропорах і мікро капілярах.

Метою являється дослідження взаємодії заповнювачів у бетоні з водою. Будучи гетерогенною полідисперсною системою, окремі компоненти твердої фази по-різному відносяться до різних рідин. Будь-які рідини здатні їх розчиняти з різним ступенем інтенсивності. Вода розчиняє мінеральні солі і рухливі фракції гумінових кислот. Розчинення супроводжується зміною первісної щільності розчинника. Якщо, за рідину узята вода, то перехідні в розчин іони гідратизуються.

Для визначення взаємодії заповнювачів з водою було розглянуто зв'язки вологи з матеріалом. Вологу, що утримується в бетоні, звичайно класифікують по розміру енергії її зв'язку з його складовими. Узагалі, розрізняють три великі групи зв'язку вологи з матеріалом: хімічну, фізико-хімічну, фізико-механічну. Хімічний зв'язок води в бетоні в результаті хімічних реакцій гідратації цементу здійснюється в точних кількісних стехіометричних співвідношеннях. Фізико-хімічно (адсорбційно) зв'язана вода присутня на гідратних оболонках кристалів. Причина виникнення цього зв'язку - наявність силових полів атомно-молекулярної природи. Найбільше міцно зв'язаний мономолекулярний прошарок води. Наступні прошарки утримуються із силою, що слабшає.

Процеси, зв'язані зі збільшенням утримання вологи або її видалення з бетону, неминуче супроводжуються накопиченням або витратою енергії, що залежить від відновлення або порушення зазначених раніше форм зв'язку води з бетоном.

Розв'язання даної задачі складає актуальність роботи. Процеси, зв'язані зі збільшенням утримання вологи або її видалення з бетону, неминуче супроводжуються накопиченням або витратою енергії, що залежить від відновлення або порушення форм зв'язку води з бетоном.

Будучи гетерогенною полідисперсною системою, окремі компоненти твердої фази по-різному відносяться до різних рідин. Будь-які рідини здатні їх розчиняти з різним ступенем інтенсивності. Вода розчиняє мінеральні солі і рухливі фракції гумінових кислот. Розчинення супроводжується зміною первісної щільності розчинника. Якщо, за рідину узята вода, то перехідні в розчин іони гідратизуються.

Цементний камінь, який на тривалий час поміщено у воду, набрякає. Припускають, що останнє обумовлено посиленням процесів гідратації й розвитком осмотичного тиску в гелевидних масах. Вони викликають не тільки набрякання, але і розірвання гелевих оболонок, окремі частинки яких, розміщаючись між стичними зернами цементу, розсовують їх. Показники набрякання цементного каменю у воді, звичайно, тим більше, чим менше водоцементний фактор. Через декілька років набрякання звичайно припиняється.

Перша умова, що визначає успішність аналізу, - явище змочування рідиною всієї поверхні часток. Неповне змочування веде до завищення шуканого показника об'єму узятого для аналізу навішення за рахунок порожнеч на границі зіткнення фаз, заповнених повітрям. Цьому сприяє нерівна поверхня часток.

Фізична сутність змочування розкривається в молекулярній взаємодії рідини з поверхнею твердого тіла на границі зіткнення трьох фаз. У процесі змочування повітря витісняється і рідина входить у безпосередній контакт із поверхнею твердої фази.

Вологу, що утримується в бетоні, звичайно класифікують по розміру енергії її зв'язку з його складовими. Узагалі, розрізняють три великі групи зв'язку вологи з матеріалом: хімічну, фізико-хімічну, фізико-механічну.

Хімічний зв'язок води в бетоні в результаті хімічних реакцій гідратації цементу здійснюється в точних кількісних стехіометричних співвідношеннях. Кількість хімічно зв'язаної води залежить від мінералогічного складу в'язучого. Орієнтоване хімічне утримання води в 1 м^3 зрілого бетону

$$B_x = C(0,199 n_{C_3S} + 0,152 n_{C_2S} + 0,561 n_{C_3A} + 0,178 n_{C_4AF}) \quad (1)$$

де C - утримання цементу в 1 м^3 бетону; $n_{C_3S}, n_{C_2S}, n_{C_3A}, n_{C_4AF}$ - відносне утримання у клінкері відповідно мінералів C_3S, C_2S, C_3A, C_4AF , ($\sum n_i = 1$).

При необхідності розрахунку вологісних полів бетону хімічне зв'язування води варто враховувати як розподілене по обсязі тіла внутрішнє стікання вологи. При звичайних температурах ця волога не може брати участь у процесах вологообміну із зовнішнім середовищем. Вона може бути віддалена в результаті хімічного впливу або прожарювання. [1]

Фізико-хімічно (адсорбційно) зв'язана вода присутня на гідратних оболонках кристалів. Причина виникнення цього зв'язку - наявність силових полів атомно-молекулярної природи. Найбільше міцно зв'язаний мономолекулярний прошарок води. Наступні прошарки утримуються із силою, що слабшає. Такий полімолекулярний прошарок адсорбційної води складає приблизно декілька сотих діаметрів водяних молекул. Адсорбційно-зв'язана вода володіє певними властивостями, що відрізняють її від звичайної води. Так, унаслідок підвищеної щільності, ця вода має властивості пружного тіла і виконує розклинюючу дію. Адсорбційний зв'язок води в бетоні відноситься до числа зв'язків середньої інтенсивності, що можуть бути зруйновані десорбцією й випаром, проте для цього потрібно визначений час.

Фізико-механічний зв'язок у бетоні виникає завдяки капілярним силам (у мікрокапілярах) і здійснюється чисто механічно (у макрокапілярах). Ця вода легко віддалиться випаром або штучним створенням тиску більше капілярного (наприклад, вакуумуванням).

Процеси, зв'язані зі збільшенням утримання вологи або її видалення з бетону, неминуче супроводжуються накопиченням або витратою енергії, що залежить від відновлення або порушення зазначених раніше форм зв'язку води з бетоном.

Фізичні деформації набрякання називають іноді власними деформаціями на відміну від тих, що виникають у тілі цементного каменя або бетону під дією зовнішніх сил.

Аналізовані тут процеси набрякання не варто змішувати зі збільшенням його обсягу, що викликається гідратацією окису кальцію або магнію, а також утворенням еттрингіту.

Як уже відзначалося, якщо цементний камінь або бетон, вологість якого відповідає відносної вологості навколишнього середовища, помістити в середовище з більш високою вологістю, то він продовжує поглинати пари води, поки не установиться нова рівноважна вологість. Цей процес супроводжується збільшенням обсягу - набряканням. Якщо воложити цілком висушений зразок цементного каменю, то процес починається із заповнення вологою гелевих пір і капілярів, а також проміжків між площинами кристалічної решітки.

При обмиванні бетону прісною (із малою тимчасовою жорсткістю) водою або фільтрації такої води через нього спостерігається його руйнація, яка отримала назву - корозія 1-го виду. Цей вид корозії обумовлено розчинністю окремих компонентів цементного каменю. Корозія бетону 1-го виду спостерігається в бетоні різноманітних споруджень: конструкції гідротехнічних споруджень, стіни шлюзів, бетонні труби й лотки для відведення поверхневих вод, тунельні оздоблення й ін.

Мінерали цементного каменю (гідросилікати, гідроалюмінати й гідроферити) можуть стійко існувати у твердій фазі тільки в тому випадку, коли концентрація $Ca(OH)_2$ у воді, яка знаходиться у бетоні, залишається вище визначеної рівноважної для даного мінералу концентрації.

У початковій стадії дії прісної (із малою тимчасовою жорсткістю) води на бетон концентрація $Ca(OH)_2$ залишається рівною концентрації насиченого розчину (при температурі 20°C - 1,18 гр/л у розрахунку на CaO) у результаті розчинення вапна, що знаходиться у твердій фазі. Маса вільного вапна в портландцементному камені складає в 3-місячному віці біля 15% маси цементу. Після розчинення й виносу усього вільного вапна його концентрація у граничному обсязі бетону відновлюється внаслідок переходу в рідку фазу кальцію, хімічно зв'язаного в мінералах цементного каменю.

Вапно у твердій фазі, гідросилікати, гідроалюмінати, гідроферити визначають міцність кристалізаційних контактів у цементному камені.

Тому вилуджування вапна - розчинення $Ca(OH)_2$, що знаходиться у твердій фазі, розкладання інших з'єднань з утворенням гелю, що не володіє в'язучими властивостями, знижує міцність цементного каменю в бетоні і, як наслідок, самого бетону.

Явище змочування характеризується величиною кута змочування і поверхнею натягу.

Якщо на гладку тверду поверхню помістити краплю якої-небудь рідини, то під впливом молекулярних сил, що діють між твердим тілом і рідиною, тобто адгезійних сил, і сил, що діють усередині рідини, тобто когезійних сил, зазначена крапля буде мати різну форму, або ж розтечеться. Когезійні сили прагнуть додати краплі велику форму. Адгезійні сили, навпаки, обумовлюють притягання рідини до твердої поверхні. Та частина поверхні краплі, що стикається з гладкою поверхнею твердого тіла, утворить у розрізі пряму. Інша частина утворить криву. Кут усередині рідини між площиною розділу твердої і рідкої фаз, і дотичної, минаючі через крапку, де крива перетинає площину, і називається кутом змочування.

Кут змочування визначається формулою:

$$\cos \theta = \frac{\sigma_1}{\sigma_2} - 1. \quad (2)$$

де σ_1 - робота адгезії; σ_2 - робота когезії.

З приведеної формули виявляється, що кут змочування визначається відношенням адгезії рідини до твердого тіла і когезією самої рідини. Якщо зазначені когезійні і адгезійні сили рівні, або ж когезійні сили перевищують адгезійні, то тверда поверхня не змочується рідиною і дорівнює 90° , або має більшу величину. Явище змочування має місце при значенні менше 90° . При повному змочуванні дорівнює 0° .

Як відомо з фізики поверхонь, робота когезії в рідині є функцією вільної поверхневої енергії і знаходить математичне вираження через показник «поверхневого натягу». Чим більше значення має θ , тим менше поверхневий натяг рідини. Тільки абсолютно чиста поверхня скла змочується деякими рідинами повністю. У всіх інших випадках змочування неповне. Краще змочує та рідина, поверхневий натяг якої на границі з твердою

стілкою судини незначне. Поверхневий натяг залежить також від наявності електромагнітних полів. Так, установлено, що під впливом магнітного поля змочуваність твердих тіл водою знижується.

У аналізі, аналітик завжди зіштовхується з явищем поглинання повітря і газів досліджуваним навішенням зразка.

- 1) адсорбція - згущення газу на твердій поверхні;
- 2) абсорбція - поглинання газу за рахунок дифузії в масу твердого тіла;
- 3) хемосорбція - хімічна взаємодія з твердим тілом;
- 4) капілярна конденсація - поглинання пари в результаті її конденсації в порах твердого тіла.

У природних умовах поровий простір зайнято водою і повітрям. При цьому поверхня часток завжди покрита водою. Молекули повітря в безпосередній контакт із поверхнею не вступають, тому що адгезійні сили між водою і поверхнею твердої фази перевищують адгезійні сили між повітрям і зазначеною поверхнею.

Взаємозв'язок між вологістю і кількістю в ній поглиненого повітря виражається рівнянням:

$$V = e^{c_1 x + c_2} \quad (3)$$

де V - поглинене повітря; x - вміст води; c_1 і c_2 - константи; e - основа натуральних логарифмів.

Вище ми розглянули явище сорбції і десорбції повітря на твердій поверхні часток і вказали, що змочування є першою стадією молекулярної взаємодії між зазначеною поверхнею і рідиною.

Зміна щільності води зв'язана зі змінами в її структурі. Нерівномірний розподіл електронної щільності в молекулі води говорить про її будівлю і електричну асиметрію з дипольним моментом 1,86. Кожна молекула по характеру розподілу електронної щільності являє собою тетраedr із двома негативно і з двома позитивно зарядженими полюсами. За допомогою водневого зв'язку кожна молекула води здатна зв'язуватися з чотирма найближчими до неї іншими молекулами. Така тверда тетраедна структура характерна для твердого агрегатного стану води - для льоду, що має найменшу щільність (916,8 кг/м³) [2-4].

Висновки та перспективи подальших досліджень. Таким чином, взаємодія твердої і рідкої фаз відбувається за участю молекулярних і електричних сил. Як відомо, по Коену, у цьому процесі фаза, що володіє більшою діелектричною постійною, одержує позитивний заряд, а фаза з меншою діелектричною постійною заряджається негативно.

Діелектрична постійна твердої фази значно нижче в порівнянні з водою й одержує позитивний сумарний заряд. Під впливом зазначеного силового поля вільної енергії поверхні водневі зв'язки між тетрапольними молекулами води руйнуються, і вони орієнтуються, збираючись навколо твердих часток. Позитивні полюси молекул води спрямовані до твердої поверхні, а негативні - до рідкої фази. Вивільнювана при цьому енергія, названа теплотою змочування, є не результатом зниження кінетичної енергії теплового руху молекул, а являє собою залишкову теплоту гідратації іонів, що утворюють поверхню твердої фази.

Властивості зв'язаної води відрізняються від властивостей вільної води не тільки підвищеною щільністю, але і меншою діелектричною постійною, електропровідністю, в'язкістю, температурою замерзання, меншим тиском насиченої пари і осмотичним тиском.

1. Шишкін О.О. Спеціальні бетони для підсилення будівельних конструкцій, що експлуатуються в умовах дії агресивних середовищ. Навчальний посібник для студентів ВНЗ - Кривий Ріг: "Мінерал", 2001. - 113 с.

2. Штарк Иохен, Вихт Бернд. Долговечность бетона / Пер. с нем. - А. Тулаганова. Под ред. П. Кривенко, Техн. ред. Е. Кавалеровой. Киев: Оранта, 2004. - 301 с.

3. Коррозия бетона и железобетона, методы их защиты / В.М. осквин, Ф.М. Иванов, С.Н. Алексеев, Е.А. Гузеев; под общ. ред. В.М. Мсквина. - М.: Стройиздат, 1980. - 536 с.

4. Долговечность бетонных и железобетонных изделий и конструкций. Учебное пособие для студентов ВУЗов / В.Н. Пунагин, А.П. Приходько, Н.В. Савицкий. - Киев: УМК ВО, 1988. - 112 с.