

УДК 699.82

ОБ'ЄМНА ГІДРОФОБІЗАЦІЯ ВАЖКИХ БЕТОНІВ

В. Р. Сердюк, М. С. Лемешев

В роботі розкритий механізм негативного впливу ґрунтових вод та її складових на властивості бетонів. Проведено узагальнення сучасного ринку гідрофобізуючих композиційних матеріалів, акцентовано увагу на довговічності бітумних матеріалів.

В работе раскрыт механизм негативного влияния грунтовых вод и их составляющих на свойства бетонов. Проведено обобщение современного рынка гидрофобизирующих композиционных материалов, акцентировано внимание на долговечности битумных материалов.

We uncovered the mechanism of the negative impact of groundwater and its components on the properties of concrete. A synthesis of contemporary market hydrofobic composite materials focused on the durability of bituminous materials.

Вступ

Існуюча міська забудова не передбачала навіть тієї кількості транспорту, яка є вже сьогодні на вулицях міст і невпинно зростає. Як наслідок – гостра проблема автостоянок та підземних паркінгів та складність проїзду по вулицях міст.

Досвід розвинених країн свідчить про те, що будівлі та споруди будуть в майбутньому зростати не тільки вгору, але і нижче рівня землі. Саме тому підбудинковий підземний простір має зайняти гідне місце при розробці будівельних проектів. Підземний простір будинків ефективно використовується для різноманітних цілей. Підвищення рівня ґрунтових вод та відсутність якісної гідроізоляції призводить до підтоплення підвальних приміщень, підвищення вологості та цілого ряду інших проблем.

Волога, яка потрапила в капілярну мережу бетону заглибленої частини будівлі, мігрує в конструкцію стіни і руйнує штукатурний шар. Вимивання гідроксиду кальцію може супроводжуватись зростанням кількості нових і збільшенням об'єму існуючих в бетоні капілярів і пор, механічною деструкцією, обумовленою замерзанням води. Взаємодія складових бетону з компонентами, які містяться у воді і проникають в бетон з навколишнього середовища (ґрунтові води або дощові потоки), приводить до хімічних реакцій між мінеральними складовими (СаО, Са(ОН)₂ та інш.) і різноманітними "атмосферними" кислотами. Дощові потоки захоплюють з атмосфери велику кількість газоподібних промислових викидів, таких як оксиди вуглецю, сірки, фосфору, азоту, аміаку, хлору, хлористого водню і т.п., які частково розчиняючись у воді, перетворюються в кислі дощі (Н₂СО₃, Н₂SO₃, Н₂SO₄, НNO₂, НNO₃, НСl та кислоти фосфору) [1].

Під дією хлоридів і сульфатів, які містяться в ґрунтових водах, утворюються нові сильно гідратовані селеві структури складного складу, які суттєво збільшують кристалізаційний тиск. Алюмінати цементного каменю реагують з NaCl з утворенням гідрохлоралюмінатів, сульфати ґрунтових вод – з трьох кальцієвим алюмінатом 3СаО×Al₂O₃ з утворенням об'ємної структури 3СаО×Al₂O₃×3СаSO₄×30Н₂O, що призводить до створення висолів та руйнування бетону.

Гідроізоляція та гідрофобізація бетонних конструкцій

Серед існуючих способів захисту бетону від проникнення води та руйнувань при будівництві об'єктів в умовах високого рівня ґрунтових вод або можливого їх підтоплення частіше всього у вітчизняній практиці застосовували матеріали поверхневого захисту – обклеювальні, обмазувальні, обкладочні, гідрофобізуючі. Гідроізоляційні роботи традиційно виконувались на стадії будівництва при виконанні робіт нульового циклу. якісного виконання.

Довговічність будівель і споруд залежить від безлічі чинників, але найбільше значення має рівень організації захисту будівельних конструкцій від агресивної дії навколишнього середовища і, в першу чергу, вологи. На практиці застосовуються два принципово різних підходи до рішення цієї задачі: гідроізоляція і гідрофобізація. Гідроізоляція припускає створення на поверхні конструкцій шару водо- і паронепроникного матеріалу певної товщини, або просочення будівельних виробів чи об'ємна гідрофобізація.

Гідрофобізація – різке зниження здатності виробів і матеріалів змочуватися водою і

водними розчинами при збереженні паро- і газопроникності. Термін «гідроізоляція» означає наявність водонепроникного бар'єра, а «гідрофобізація» - це різке зниження здатності виробів і матеріалів змочуватися водою і водними розчинами при збереженні паро- і газопроникності поверхні конструктивного елемента з проникним ефектом на певну товщину шару.

Гідрофобне покриття у вигляді мономолекулярних (завтовшки в одну молекулу) шарів або тонких плівок отримують обробкою матеріалу розчинами, емульсіями або (рідше) парами гідрофобізаторів – речовин, що слабо взаємодіють з водою, але міцно утримуються на поверхні. Як гідрофобізатори застосовують солі жирних кислот, деяких металів (мідь, алюміній, цирконій і т.ін.), катіоно-активні поверхнево-активні речовини а також низько- і високомолекулярні кремнійорганічні фторорганічні сполуки.

До полімерних гідроізоляційних матеріалів відносяться цементно-пісчані розчини з добавками латексів, рідкої гуми, поліетиленових, епоксидних емульсій і синтетичних смол.

По звичайному капіляру будівельного матеріалу чи бетону вода, під дією сил поверхневого натягу, піднімається вгору (іноді на десятки метрів). В той же час з капілярів, стінки яких оброблені гідрофобізатором, вода, навпаки, "виштовхується".

Дослідження особливостей гідрофобізації поверхні будівельних пористих матеріалів і захисних властивостей гідрофобних покриттів системно були розпочаті в 1960-і роки. Гідрофобізуючі суміші готувалися на основі милонафта, бітумних емульсій, синтетичних жирних і дерев'яних кислот. З появою на ринку кремнійорганічних з'єднань в кінці 1970-х років почалися дослідження з гідрофобізації поверхні будівельних матеріалів кремнійорганічними гідрофобізаторами: ГКЖ-10, ГКЖ-11, ГКЖ-94, ГКЖ-94М, ФЕС-50, ФЕС-80. Проте широкого практичного застосування в народному господарстві колишнього СРСР цей метод захисту будівельних матеріалів не знайшов через високі на них ціни і високу пожежонебезпеку.

Кремнійорганічні гідрофобізатори (вони ж – силіконові або силоксанові) в бетонних виробках не створюють перешкоди для проникнення повітря, одиничних молекул води, матеріал, як би "дихає". Поверхневий вуглецевий шар починає "працювати" тільки в тих випадках, коли волога присутня не в газоподібній формі (пари), а у вигляді набагато крупніших агломератів (капіляр і мікрокапіляр). На будівельному ринку країни сьогодні реалізується велика кількість торговельних марок добавок, виготовлених на їх основі.

Особливо інтенсивно завойовується ринок України гідроізоляційними матеріалами системи Пенетрон, яка поєднує в собі декілька видів матеріалів. Кожний з яких направлений на вирішення конкретних технологічних задач: Пенетрон – захист від вологи і гідроізоляція бетону; Пенекріт – для затирання швів; Пенеплаг – зупинення течії води під тиском; Пенетрон-Адмікс – добавка в розчин чи бетон; Адмікс Плюс –розчин для затирання для свіжеукладених бетонів; Пенебар Репід SW45 – гідронабухаючий шнур та інші. Американська компанія ICS Penetron International Ltd виробляє більше 60 найменувань матеріалів. В 2004-2006 роках в Росії затверджені технічні умови на матеріали системи Пенетрон та введений в експлуатацію завод, який виготовляє 6 видів матеріалів: пенетрон, пенекріт, пенебар, пенеплаг, ватерплаг, пенетрон алмікс.

На замовлення ряду будівельних підприємств у ВНТУ були провені лабораторні випробовування гідрофобізуючих добавок та видані рекомендації щодо їх використання.

На рис. 1 видно, що добавка 0,5 % пенетрону, на відміну від контрольного зразка, не дає змоги воді підніматись вгору при капілярному підсмоктуванні води при їх контакті з водою.

Краєвий кут змочування бетонних зразків з добавкою пенетрону 1 % від маси цементу становить 45°, тоді як контрольного – практично 180° і капля водинанесена на зразок через 5-8 секунд всмоктується бетоном. Через 72 години зразок з добавкою пенетрону за рахунок капілярного підсмоктування поглинув лише 0,3 % води від маси зразка.

Відсутність досвіду використання таких добавок та перестраховка проектувальників та будівельників на прикладі одного з об'єктів побудованого в м. Вінниці привела до подорожання робіт підземної частини будівлі на 1,6 млн. грн. за рахунок об'ємної гідрофобізації бетону.

Широковживаними за рахунок цінового фактора при виконанні гідроізоляційних робіт є бітумні, рулонні матеріали та композиційні матеріали з використанням бітумів. Суміш нафтового бітуму, пластифікатора і наповнювача наносяться на поверхню конструкції підземної частини будівлі, захищаючи її від вологи. Бітумно-полімерні мастики хоча відносяться до фарбувальної гідроізоляції, але наявність високої температури та органічного розчинника забезпечує об'ємну гідрофобізацію бетону поверхневого шару конструкції. Глибина проникання тим більша, чим

нижче поверхневий натяг і в'язкість гідрофобізуючої композиції і чим вища пористість бетону. Використання таких розчинників як толуол, ксилол виключає необхідність підігріву бітумно-полімерних мастик, але при цьому зростає їх вартість та пожежна небезпека. Відомі більш ефективні технології виготовлення бітумних емульсій з використанням кавітаційних диспергаторів [2].



Рис. 1. Характер водяного підсмоктування води контрольним бетонним зразком і з добавкою 0,5 % пенетрону від маси цементу

Довговічність бітумної гідроізоляції

Важливою складовою гідроізоляції є її довговічність. Нафтові бітуми тривалий час залишаються найбільш вживаним гідрофобізатором. При вологості ґрунту 5 % і більше бетон, як капілярно пористий матеріал, зволожується за рахунок капілярного підсмоктування води практично до повного водонасичення. Фарбувальні бітумні матеріали, як показали багаточисельні експерименти, не виключають, а лише гальмують у часі процес водонасичення бетону. Мікрокапіляри бітумних покриттів в процесі тривалої експлуатації розширюються і множаться, а через деякий час покриття втрачає свої водозахисні властивості.

Відомі дані, що сам бітум не є настільки ефективним гідрофобізатором так, як це прийнято вважати, і сам спроможний протягом трьох років поглинати до 10 % води.

Бітуми, являючи собою суміш метанових $C_{n}H_{2n+2}$, нафтових $C_{n}H_{2n}$, ароматичних $C_{n}H_{2n-6}$, а також високомолекулярних вуглеводів звичайно підлягають дії мікроорганізмів. Тверда частина бітумів представлена високомолекулярними вуглеводами та їх похідними з молекулярною масою 1000-5000, щільністю більше 1000 кг/м^3 , які мають назву асфальтени. Існують мікроорганізми, які окисляють частково або повністю деякі вуглеводи. За даними [3] за один місяць культура грибів *Pseudomonas 1-SA-C* зруйнувала 90 % асфальту, внесеного в середовище розвитку цієї культури грибів.

Старіння бітумних матеріалів пов'язано з проходженням окислювальних процесів під дією повітря, теплоти, сонячного світла і ультрафіолетового випромінювання. Зі зростанням в складі бітумів сполук, які містять кисень, азот і сірку, стабільність матеріалів на їх основі зменшується. Для підвищення довговічності бітумних матеріалів до їх складу необхідно вводити антиокислювальні добавки (інгібітори) або модифікувати полімерними добавками (атактичний і ізоатактичний пропілен, стирол-бутадієн-стирольний каучук, етилен-пропілен-бутеновий каучук та інші [4, 5].

Гідроізоляція на цементній основі, раніше вважалась не досить ефективною, в порівнянні з бітумними, полімерно-бітумними та рулонними матеріалами. З появою ефективних хімічних добавок вона сьогодні отримала широке поширення.

Поява на ринку великої кількості сучасних зарубіжних і вітчизняних гідроізоляційних матеріалів створює іншу проблему – проблему правильного вибору. При цьому, важливим фактором для переважної кількості споживачів залишається прийнятність ціни та якості.

Належне місце для захисту від води знаходять полімерно-бітумні мембрани, в яких поєднуються відносно довговічні полімерно-бітумні композиції, армовані мінеральними (сткловолокно) та синтетичними (поліефір, поліестер та інш.) волокнами. Методом холодного розпилення наносяться водні модифіковані бітумно-полімерні емульсії.

Група компаній «Хенкель» включає біля 400 фірм більше ніж в 70 країнах світу. В Україні ця компанія працює з 1998 року, а в 1999 році вона відкрила перший спеціалізований завод із виробництва сухих будівельних сумішей. Компанія «Хенкель Баутехнік (Україна)» пропонує ефективні широко апробовані гідроізоляційні матеріали – Ceresit CO81, Ceresit CR66, Ceresit CR166, Ceresit CX1 і Ceresit CX5.

Велике розповсюдження в Україні набула продукція німецького концерну Дайтерман (Deitermann), який є відомим виробником хімічних добавок та гідроізоляційних матеріалів на мінеральній основі з полімерними добавками. Матеріал наноситься на поверхню бетону, цегли, керамічної плитки товщиною 2-4 мм. Гідроізоляційні системи Aquaflin та Comdilex (Німеччина) передбачають використання концентратів силіконових емульсій, калієвого рідкого скла окремо та в поєднанні з однокомпонентною сухою цементною сумішшю.

Для виконання гідроізоляційних робіт методом нанесення штукатурного шару гідроізоляції українська компанія «Віа Телос» пропонує багатофункціональний матеріал Viatron. Певна аналогія в технології та ефективності дії німецької гідроізоляції фірми HYGROATOR та російської Пенетрон.

Організаційно-технологічні заходи захисту від вологи підземних бетонних споруд

Вирішення проблеми та варіант захисту будівель та споруд, які проектується, від підземних вод має визначатись економічною доцільністю та враховувати ряд наступних факторів їх експлуатації. Доцільно для прийняття технічного рішення передбачати такі етапи:

- економічне обґрунтування доцільності в окремих випадках;
- виконання штучного водопониження рівня ґрунтових вод на будівельному майданчику до початку будівництва об'єкта шляхом влаштування дренажу;
- виключення можливості підтоплення чи попадання стічних вод під фундаменти;
- гідрофобізація бетонних виробів на етапі їх виготовлення шляхом зменшення їх пористості та зростання щільності, введенням добавок, які забезпечують об'ємну та поверхневу гідрофобізацією захисних конструктивних елементів підземної частини споруд;
- гідроізоляція та гідрофобізація підземної частини споруд на етапі;
- виконання робіт нульового циклу з використання обмазувальної, рулонної гідроізоляції та гідрофобізації поверхні бетону сумішами з проникаючим ефектом;
- гідроізоляцію в уже існуючих будівлях та спорудах логічно проводити з середини будівлі з використанням гідроізоляційних композиційних матеріалів з проникаючою дією, або бітумних, полімерних мастик, рулонної гідроізоляції при наявності надійної адгезії, адже навіть при невеликому тиску води з підлоги або від стіни покриття плівкового типу може легко відшаруватись від основи.

Висновки

- Економічна доцільність вибору способу та стадії (гідрофобізації чи гідроізоляції) забезпечують досягнення мінімізації затрат та досягнення максимального ефекту захисту бетону від дії води.

Використана література

1. Сердюк В. Р. Гідрофобізація та гідроізоляція бетонів в умовах високого рівня ґрунтових вод / В. Р. Сердюк, О. О. Міщенко // Строительные материалы и изделия. – 2008. – № 5. – С. 8-11.
2. Бауман К. В. Нова технологія та устаткування для виготовлення бітумної емульсії / К. В. Бауман, А. А. Борисенко // Вісник Національного транспортного університету. – 2008. – №6. – С. 393-396.
3. Позмогова И. Н. Культивирование микроорганизмов, потребляющих жидкие Н-алканы / И. Н. Позмогова. – Издательство АН СССР: Серия биологическая, 1966. – № 4. – 360 с.
4. Попченко С. Н. Справочник по гидроизоляции сооружений / С. Н. Попченко. – Л.: Стройиздат. 1981. – 304 с.
5. Кривенко П. В. Строительное материаловедение: Учебник / П. В. Кривенко. – К.: Основа, 2007. – 704 с.

Сердюк Василь Романович – д.т.н., зав. кафедри менеджменту будівництва, охорони праці та безпеки життєдіяльності Вінницького національного технічного університету.

Лемешев Михайло Степанович – к.т.н., старший викладач кафедри менеджменту будівництва, охорони праці та безпеки життєдіяльності Вінницького національного технічного університету.