

УДК 624.0.12.4

Скорук О.М.,

Київський національний університет будівництва і архітектури

СВІТОВИЙ ДОСВІД І ПЕРСПЕКТИВИ ЗАСТОСУВАННЯ СТАЛЕФІБРОБЕТОНУ В УКРАЇНІ

Наведені приклади застосовування сталевібробетону в світі у різних конструкціях в монолітному будівництві та збірних конструкціях. Основними перспективними напрямками впровадження сталевібробетону в Україні слід вважати: використання сталевібробетону як гідроізоляційного і захисного шару проїжджої частини мостів і шляхопроводів при будівництві і ремонті та впровадження сталевібробетону для конструкції дорожнього покриття автомобільних доріг і збірні конструкції заводського виготовлення – шпал, перемичок, водопровідних лотків, кілець оглядових колодязів для водопостачання і каналізації, а також використання торкрет-сталевібробетону при ремонті і підсиленні залізобетонних конструкцій.

Ключові слова – сталевібробетон, фібра, сталевіброзалізобетон, фіброве армування.

Світовий досвід застосування сталевібробетону. В світовій практиці сталевібробетон застосовується в конструкціях будівель і споруд, в яких за умов експлуатації важливе значення мають зниження власної ваги конструкцій, вимоги по обмеженню ширини розкриття тріщин, забезпечення водонепроникності бетону, підвищення ударної в'язкості, стиранню, довговічності при динамічних навантаженнях.

У ряді випадків використання сталевібробетону виявляється більш ефективним в порівнянні з традиційним залізобетоном з армуванням стержневою арматурою, як по витраті матеріалів, так і в результаті зниження трудовитрат на виконання арматурних робіт.

Аналіз світового досвіду показує, що сталевібробетон широко застосовується в монолітних залізобетонних конструкціях і збірних конструкціях заводського виготовлення.

Зарубіжний досвід за останні 30 років показує високу техніко-економічну ефективність використання сталевібробетону в будівельних конструкціях і спорудах різного призначення. Тільки в Європі застосовується в рік більше 150000 т сталевібробетону, тобто близько 3 млн. куб. м сталевібробетонних конструкцій.

За рубежом сталевібробетон застосовують в основному для пристроїв тимчасових кріплень і облицювань тунелів, зведення підземних споруд, а

також в ремонтних роботах. Географія його використання достатньо широка – Японія, Норвегія, Німеччина, Франція, Великобританія, КНР, Канада, Індія, Австралія і ін..

Найцікавішими прикладами використання сталевібробетону є: конструкції перегінних тунелів метрополітену в м. Осло (Норвегія); кріплення гідротехнічного тунелю діаметром 2,34 м в р. Кар'єїнгтон (Великобританія); тунель Хеггура і газопровідні тунелі під дном Північного моря (Норвегія); залізничні тунелі в Канаді; тунелі колекторів метрополітену в м. Гамбург (Німеччина) і м. Ліон (Франція); автодорожній тунель протяжністю 8,63 км на глибині до 1 км на дорозі Енасан-2 (Японія).

Про розвиток і використання сталевібробетону можна судити на досвіді Японії [5]. Кількість використаної в Японії сталевібрової арматури, склало приблизно 3000 т в рік, з яких 2500 т виготовлено з вуглецевої сталі і близько 500 т з нержавіючої сталі.

Дослідження фібробетону отримали розвиток в Японії в 1960-х роках, але з початку 70-х років вони прийняли систематичний характер, націлений на практичне використання цього матеріалу. Більшість цих досліджень була пов'язана з вивченням бетону, армованого сталевими волокнами. Вперше ці волокна з'явилися на ринку в 1973 р. і послужили стимулом для досліджень їх використання в дорожніх покриттях і тунелях. Позитивні властивості бетону, армованого сталевими волокнами, були потім визнані і останнім часом збільшилося число конструкцій з цього бетону.

В 1980 р. Японська асоціація тунелебудування розробила настанови по проектуванню і виготовленню бетону, армованого сталевими волокнами, призначеного для облицювання тунелів. Японське товариство інженерів цивільного будівництва також підготувало настанову по проектуванню і приготуванню бетону, армованого сталевими волокнами для конструкцій дорожнього одягу і дамб. Одночасно Японський інститут бетону розробив ряд методів випробувань сталевібробетону. Крім того, в рамках Японської асоціації по цементу в 1980 р. був встановлений комітет із вивчення фібробетону, задачею якого являлася підготовка керівних матеріалів по його виробництву на заводах товарного бетону, дослідження характеристик сталевібробетону на основі бетону, що розширюється, а також вивчення конструкцій дорожніх покриттів і інших конструкцій з бетону, армованого сталевими волокнами.

Сталеві волокна звичайно упаковують в картонні коробки. Така упаковка володіє двома перевагами. По-перше, для введення волокон в змішувач не вимагається спеціального устаткування для розподілу волокон і, по-друге, об'єм коробки складає приблизно третину об'єму при хаотичному укладанні волокон.

Все це дозволяє порівняно просто утилізувати волокна і їх зберігання вимагає мало місця.

Останніми роками в Японії бетон, армований сталевими волокнами, інтенсивно застосовувався для облицювання тунелів і великих підземних споруд, а також для зміцнення укосів і стінок каналів. В більшості випадків з використанням методу торкретування.

Сталефібробетон був застосований при відновленні тунелю Інаторі, серйозно пошкодженого землетрусом, і тунелю Ніхонцака, сильно потерпілого в результаті пожежі при автомобільній катастрофі. Вживання сталефібробетону дозволило швидко провести ремонтні роботи і усунуло труднощі, пов'язані з монтажем опалубки.

Новий залізничний тунель Шин-Усамі завдовжки приблизно 3 км був прокладений у виключно м'яких породах. Його первинне облицювання було виконано торкретуванням бетону, армованого сталевими волокнами. Сталефіброторкретбетон був застосований для облицювання автодорожнього тунелю Дайні Енаяма великого діаметра.

Гідроелектростанція Імайчи є однією з найбільших гідроелектростанцій світу потужністю 1,05 млн. кВт. Ця станція за винятком ділянок дамб розташована під землею. В найкрупнішій підземній споруді заввишки 51 м, шириною 33,5 м, завдовжки 169 м було розміщено устаткування станції. Приміщення має оболонкоподібний поперечний переріз і облицьоване сталефіброторкретбетоном.

Типовими виробами із збірного залізобетону на основі бетону, армованого сталевими волокнами, є стінові панелі заводського виготовлення, призначені для зведення перегородок в будівлях, бетонних щитів для зовнішніх сходів, шумозахисних екранів уздовж автотрас, покриттів жолобів. Сталефібробетон застосовується також для підсилення кінцевих ділянок залізобетонних труб і паль.

Використовування сталефібробетону в дорожньому будівництві в Японії знаходиться на стадії розвитку. З наявних прикладів найкрупнішим є експериментальне покриття дороги Куроїсо (національне Шосе Л 4) з об'ємом використаного сталефібробетону близько 820 м³. Товщина покриття 250-300 мм, причому ділянки розмірами до 80×7,5 м виконувалися без усадочних швів. Був виготовлений і ряд інших дорожніх покриттів зменшеної товщини комбінованої конструкції. При цьому з фібробетону виготовляли верхній шар завтовшки 80 мм і кромки покриття. Ці покриття показали, що при 2 % вмісті волокон відстань між поперечними усадочними швами може бути збільшена приблизно до 50 м.

В північних районах Японії при проведенні ремонтних робіт верхній шар дорожнього одягу виконують із сталевібробетону, який укладають поверх шару асфальтобетону. Ці захисні шари мають товщину 50 мм. Дані спостережень показують, що протягом приблизно трьох років відпадає потреба у відновленні таких покриттів.

Сталевібробетон застосовується також на ряді металургійних заводів при виконанні покриттів території і дороги під важке навантаження від автомобілів масою 60 т, підстав прокатних блюмінгових станів і монолітної вогнетривкого футерування нагрівальних печей.

Монолітний сталевібробетон застосовують для підсилення настилу мостів замість сталевих листів, приклеюваних до залізобетонних плит епоксидними складами. З плит настилу видаляють асфальтове покриття, їх поверхні обробляють з метою додання їм шороховатості і укладають сталевібробетон, який утворює одне ціле з існуючою плитою настилу. Верхній шар сталевібробетону збільшує жорсткість плит настилу, створює зносостійку поверхню і служить як гідроізоляційне покриття.

При ремонті моста Уїта старий шар асфальтового покриття завтовшки 70 мм був замінений шаром сталевібробетону завтовшки 120 мм, при цьому несуча здатність плит настилу подвоїлася, що дозволило пропускати трейлери масою понад 100 т.

Для видалення покриття з пошкоджених ділянок використовують метод вакуумування, який гарантує міцне зчеплення сталевібробетону з бетоном. Цей метод вперше був випробуваний в 1980 р. при ремонті настилу моста в м. Саппоро.

В будівельній практиці США сталевібробетон широко застосовують для монолітних підлог промислових споруд, покриттів в аеропортах, а також покриттів доріг і територій з важким транспортом [6]. Фірми “Keystone BSC” і “Conduit Foundation Corporation” застосовують сталевібробетон для будівництва і ремонту тунелів. Близько 800 т сталевих волокон “Mitcael Fiberoon” було використано при будівництві аеропорту в м. Норфолк. Збірні плити із сталевібробетону були застосовані при будівництві аеропортів в м. Лас-Вегас, Тамп і ін.

При ремонті Тарбельської греблі в США було застосовано 2,5 тис. м³ сталевібробетону, аналогічні роботи були проведені фірмою на греблі Церрілос в м. Понсе (Пуерто-Ріко). Є досвід використання сталевібробетону при будівництві вугільних шахт в штатах Юта і Нью-Мехіко.

Більше 1,4 тис. м³ сталевібробетону використано для стін при будівництві лінійного прискорювача SLAC Стенфордського університету біля Сан-Франциско.

За даними фірм “Horko floor”, використання сталевібробетону в монолітних підлогах промислових споруд дозволяє робити їх без швів при площі ділянок до 630 м², що дуже ефективно.

Фірмою “L.C. Rernningen company, Inc.” сталевібробетон використовується для виготовлення плоских плит перекриттів і стінових панелей, для зведення стін підвалів. Є досвід використання більше 20 тис. м³ панелей і більше 4 тис. м³ інших конструкцій. Аналогічний досвід є у фірм “William Weborg Associates A.I.A”, “Palmer Paper Company”, “Lake Erie Tracking Co” і ін., у тому числі по використанню сталевібробетону в підлогах складських приміщень.

Застосовуються також панелі типу “сендвіч” із зовнішніми шарами із сталевібробетону.

Перспективною областю використання сталевібробетону в США вважаються жароміцні конструкції. З цією метою фірма “Ribbon Technology corporation” випускає волокна “Ribtec” з жароміцної сталі. Волокна виготовляють витяжкою з розплаву. Такі волокна універсальні по можливостях вживання, причому вартість їх відносно невисока: приблизно 500 долл. за 1 т. Продуктивність установок до 320 т волокна за 1 рік.

В монолітних конструкціях сталевібробетон широко застосовується в аеродромних покриттях, дорожніх покриттях, гідроізоляційних і захисних шарів проїжджої частини мостів і шляхопроводів, при влаштуванні промислової підлоги, тимчасової і постійної кріпи тунелів метро і автодорожніх тунелів, стін сховищ банківських установ, ремонті конструкцій, зміцненні схилів і ін.

В збірних залізобетонних конструкціях заводського виготовлення сталевібробетон застосовуються при виготовленні залізничних шпал, плит аеродромних, дорожніх і тротуарних покриттів, кілець оглядових колодязів для водопостачання і каналізації, лотків водовідводів, безнапірних і напірних труб і ін.

В країнах СНД сталевібробетон найбільш широко застосовується в Росії [2, 3]. При цьому сталева фібра виготовляється по ТУ 1211-205-46854090-2005 і ТУ 0991-123-53832025-2001, а правила використання сталевібробетону регламентується наступними нормативними документами:

- РТМ–17–03–2005 “Руководящие технические материалы по проектированию изготовлению и применению сталевібробетонных конструкций на фибре из стальной проволоки”;
- РТМ–17–02–2003 “Руководящие технические материалы по проектированию и изготовлению сталевібробетонных конструкций на фибре, резаной из листа”;

- ВСП 103-97 Банк России “Сталефібробетонные ограждения защищаемых помещений учреждений центрального банка Российской Федерации. Правила производства работ, контроля качества и приемки”.

Перспективи застосування сталефібробетону в Україні

В Україні у сучасному будівництві сталефібробетон застосовується в монолітних залізобетонних конструкціях і збірних конструкціях заводського виготовлення. Особливістю сучасного будівництва в Україні є переважаюче використання монолітного залізобетону в першу чергу в промисловому, цивільному і транспортному будівництві.

В світлі вищевикладеного, основним напрямом впровадження сталефібробетону в будівельну галузь України слід вважати монолітне будівництво. З виходом ДСТУ-Н [1], будівельна галузь отримала можливість застосовувати сталефібробетон безпосередньо в проектах, що розробляються.

Для широкого використання сталефібробетону в збірних конструкціях заводського виготовлення необхідно розробити альбоми робочих креслень конструкцій і технічні умови їх виготовлення, які дозволять проектувальникам застосовувати такі конструкції в проектах. Очевидно, що використання сталефібробетону в збірних конструкціях має певну, але віддаленішу перспективу в порівнянні з монолітними конструкціями [4].

Аналіз світового досвіду використання сталефібробетону показує, що найефективнішим, масовим і не вимагаючим додаткових витрат на підготовчі роботи по застосуванню, є використання сталефібробетону в промислових підлогах.

В традиційному рішенні із застосуванням стержневої арматури промислові підлоги армуються верхньою і нижньою сіткою із стержнів діаметром 12 мм з кроком 200мм. Ефективність використання сталефібробетону в даному випадку полягає у виключенні арматурних робіт, підвищенні ударної в'язкості, втомної міцності, довговічності і збільшенні міжремонтного ресурсу. При цьому витрата фібри при влаштуванні промислової підлоги складає 25-45 кг/м³ при товщині плити 150...180 мм. Аналогічні показники при армуванні сітками складають 80-120 кг/м³ при товщині плити 200-220 мм. Таким чином, економічний ефект від використання сталефібробетону в промислових підлогах може бути отриманий на стадії влаштування за рахунок зменшення витрати сталі (при відповідній вартості фібри), зменшення витрати бетону, виключення арматурних робіт, а на стадії експлуатації – за рахунок підвищення довговічності і збільшення міжремонтного ресурсу [4].

Сталефібробетон є конкурентноздатним і може також застосовуватися при влаштуванні плитних фундаментів висотою до 300...400 мм. В таких конструкціях, як правило застосовується комбіноване армування, коли вся плита виконується із сталефібробетону і лише на окремих ділянках застосовуються сітки із стержньової арматури. При цьому у відповідних випадках максимальний ефект може бути досягнутий за рахунок поєднання фундаментної плити з промисловою підлогою.

Перспективним напрямом впровадження в Україні слід також вважати використання сталефібробетону як гідроізоляційного і захисного шару проїжджої частини мостів і шляхопроводів при будівництві і ремонті. Так використання сталефібробетону замість традиційних гідроізоляційних матеріалів, арматурної сітки без вирівнюючого і захисного шару дозволить підвищити експлуатаційну надійність конструкцій проїжджої частини мостів при значному скороченні витрати матеріалів і термінів будівництва.

Окремим напрямом впровадження, як показує досвід Російської Федерації, є використання сталефібробетону в залізобетонних конструкціях захисних приміщень банківських установ.

Висновки

Сталефібробетон є перспективним композиційним матеріалом, який можна широко застосовувати в монолітному будівництві та збірних конструкціях. Основним перспективним напрямом впровадження сталефібробетону в Україні можна поділити на два етапи: на першому – слід вважати використання сталефібробетону як гідроізоляційного і захисного шару проїжджої частини мостів і шляхопроводів при будівництві і ремонті. На другому етапі впровадження сталефібробетону доцільно розглянути конструкції дорожнього покриття автомобільних доріг і збірні конструкції заводського виготовлення – шпал, перемичок, водопровідних лотків, кілець оглядових колодязів для водопостачання і каналізації, а також використання торкретсталефібробетону при ремонті і підсиленні залізобетонних конструкцій.

Впровадження ДСТУ-Н Б В.2.6-78:2009 “Настанови з проектування та виготовлення сталефібробетонних конструкцій”[1] значно розширило можливості застосування сталефібробетону в Україні. Будівельна галузь отримала можливість застосовувати сталефібробетон безпосередньо в нових проектах, та при проведенні реконструкції будівель і споруд.

Список літератури

1. ДСТУ-Н Б В.2.6-78:2009. Настанова з проектування та виготовлення сталефібробетонних конструкцій. – К.: Мінбуд України, 2009. – 63 с.

2. Журнал “Транспортное строительство Украины”. Київська асоціація транспортного будівництва. №4(4) 2006.
3. Журнал “Транспортное строительство Украины”. Київська асоціація транспортного будівництва. №1(5) 2007.
- 4 Е.Ф. Лысенко, Г.В. Гетун “Проектирование сталефибробетонных конструкций”. - К.: УМК ВО, 1989. - 184 с.
5. Журнал фірми “L’industrielle de Prefabrication”, Франція, 2012.
6. Журнал фірми “DRAMIX”, Бельгія, 2015.

Аннотация

Приведенные примеры применения сталефибробетона в мире в различных конструкциях в монолитном строительстве и сборных конструкциях.

Ключевые слова: фибра, сталефибробетон, фибробетон.

Abstract

Examples of application steel fiber concrete in the world in various designs in the monolithic construction and prefabricated structures.

Key words: fiber, steel fiber concrete, fiber-reinforced concrete.