

УДК 666.982.2

ВДОСКОНАЛЕННЯ ТА ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ТЕРМОСИЛОВОГО ВПЛИВУ НА БЕТОННІ ВИРОБИ

І.Н. Дудар, В.В. Швець, В.Л. Гарнага

Вступ

В умовах високої конкуренції у виробництві бетонних виробів отримання високоміцного бетону шляхом застосування якісних заповнювачів і в'язучих високих марок різко збільшує собівартість виробу і робить його неконкурентноздатним. Існує проблема, пов'язана зі скороченням виробництва високоякісних в'язучих та заповнювачів через добування якісної сировини. Більшість кар'єрів, де видобувалась якісна сировина для будівельної галузі, занедбано або вичерпано. Тому необхідно виявляти внутрішні резерви приросту міцності бетону, вирішити гостру проблему економії ресурсів та енергозбереження, застосовуючи рядові складові і місцеві будівельні матеріали.

Істотно розкрити резерви міцності бетону та підвищити фізико-механічні властивості бетону можливо шляхом комплексного впливу таких факторів: як вібрація, надлишковий тиск, температура та хімічні добавки.

Основна частина

Найбільший ефект зміцнення цементного каменю досягається при його ущільненні в процесі тужавлення цементу, тобто в період коагуляційного структуроутворення. Зовнішній тиск потрібно підтримувати тривалий час доти, поки процеси тужавлення і часткового твердіння не закінчатся, тоді цементний камінь настільки зміцніє, що зможе сприйняти внутрішній тиск повітря, стиснутого в порах системи. Силовий вплив на бетонну суміш поліпшує зчеплення цементного каменю з заповнювачами, тому що збільшується площа контакту між частинками.

Таблиця 1

Роль вібрації, тиску, температури та хімічних добавок у структуроутворенні бетону

Фактор			
Вібрування	Тиск	Температура	Хімічні добавки
<p>Попереднє – забезпечує формування та легкість укладання суміші, зменшує пористість бетону, знижує В/Ц, збільшує ступінь ущільнення</p> <p>Повторне – забезпечує руйнування каркасів із заповнювачів, що створюються при пресуванні суміші, під час гідратації руйнує сольватні оболонки, чим забезпечує повнішу гідратацію в'язучої речовини</p>	<p>зменшує пористість бетону, знижує В/Ц, збільшує ступінь ущільнення, здійснює вплив на швидкість розчинення в'язучого і утворення нової фази, покращує формування мікроструктури, підвищує зчеплення цементного каменю із заповнювачем, перешкоджає розширенню бетонної суміші під впливом температури; утримує бетон від набухання до набору ним критичної міцності</p>	<p>прискорює процеси в бетоні на ранніх стадіях тверднення, збільшує швидкість структуроутворення, забезпечує задані властивості бетону, прискорює реакції гідратації</p>	<p>регулюють тужавлення і тверднення бетонних сумішей, кінетику їх тепловиділення; забезпечують морозостійкість, корозійну стійкість, водонепроникність.</p>

У процесі вібрації в бетонній суміші можливі одночасно або різночасно два процеси: тиксотропне розрідження цементного гелю і зміна просторового упакування зерен заповнювача.

При вібруванні бетонної суміші процеси, що відбуваються в цементному гелі і середовищі зерен заповнювача варто розглядати окремо, оскільки динамічні параметри джерела коливальних по-різному впливають на обидві системи. При вібруванні бетонної суміші коливальна енергія витрачається на:

- просторове перегрупування (більш компактне упакування) зерен заповнювача і надання бетонній суміші заданої форми;
- порушення чи повне руйнування структурних зв'язків цементного гелю і зменшення в'язкості;
- коагуляційне ущільнення цементного гелю, що супроводжується стиском (контракцією) об'єму бетонної суміші під впливом власної маси і внутрішніх сил взаємодії сольватованих цементних часток.

Температура прискорює процеси в бетоні при ранніх стадіях тверднення, збільшує швидкість структуроутворення та забезпечує задані властивості бетону, прискорює реакції гідрататії, але погіршує структуру.

На нашій кафедрі проводиться розробка та удосконалення термосилової технології виготовлення бетонних виробів шляхом сполучення її із впливом вібрації та хімічних добавок.

Термосилова технологія бетону (ТСТБ) ґрунтується на узгодженому комплексному впливі сукупності технологічних операцій стиску бетону (викликаного впливом зовнішнього тиску) і нагрівання, в результаті яких здійснюється формування структури бетону, а отже, і його властивостей, в умовах створення пластичного деформування кристалічного каркасу цементного каменя.

ТСВ може бути високотемпературним та низькотемпературним.

Високотемпературний ТСВ полягає в тепловій обробці бетону при підвищених тисках і температурах аж до області температур стійкості матеріалів цементного каменя (120-200 °С). Він приводить до різкого прискорення фізико-хімічних процесів гідрататії цементу і структуроутворення бетону. Більш сповільнене протікання цих явищ спостерігається при низькотемпературному ТСВ, він відбувається при невисоких температурах, але при підвищених тисках.

Змінюючи інтенсивність операцій теплового і силового впливу при ТСТБ можна регулювати і змінювати структуру та властивості бетону в потрібному напрямку. При даній технології термосиловий вплив можна також поєднувати з хімічним впливом, шляхом застосування добавок та вібруванням.

В даній технології виключається, через економічні міркування, застосування потужного пресового обладнання і орієнтування спрямовується на створення термосилових форм (ТСФ), які здатні самі створювати і підтримувати в бетонній суміші надлишковий тиск і підвищену температуру протягом розрахункового періоду. Вони дозволяють здійснити тверднення бетону під впливом тиску і температури без значних технічних затрат [1].

Приріст міцності бетону, що твердіє під тиском, знаходиться за залежністю:

$$R_b = R_{стр}^a + k_{прес} \cdot A_{прес} \cdot \lg \frac{\tau_n}{\tau_в} + A_{пр}^t \cdot \lg \frac{\tau_{пр}}{\tau_n} + A_{мв} \cdot \lg \frac{\tau_{мв}}{\tau_n}, \quad (1)$$

де R_b – приріст міцності;

$R_{стр}^a$ – структурна міцність після віброущільнення бетонної суміші

$R_{стр}^a = 0,003-0,005$ МПа;

$A_{прес}$, $A_{пр}$, $A_{мв}$ – інтенсивності зростання міцності бетону в процесі силового впливу тиску, теплової обробки і наступного твердіння, рівні:

$$A = \frac{R_{\tau_2} - R_{\tau_1}}{\lg(\tau_2 - \tau_1)},$$

де τ_n , $\tau_в$, $\tau_{пр}$, $\tau_{мв}$ – час силового впливу тиску (СВТ), витримки до СВТ, приведений термін і

термін закінчення теплової обробки до розрахункового періоду;

$K_{прес}$ – коефіцієнт, що враховує режим силового впливу тиску і величину тиску.

Коротко залежність (1) можна записати як

$$R_b = R_{сmp}^a + R_{np}^m + R_{np}^t + R_{np}^{m6} , \quad (2)$$

де R_{np}^m – приріст міцності від впливу тиску (привантаження);

R_{np}^t – приріст міцності від впливу температури;

R_{np}^{m6} – приріст міцності після розпалублення виробу.

Одним із вдосконалень ТСТБ є вібраційний ТСВ, в основу якого поставлена задача прискорення процесу та підвищення якості гідратації цементу, що дозволяє скоротити час обробки бетонних виробів, збільшити швидкість набору міцності, крім того підвищити міцність.

Виготовлення виробів виконується таким чином. У бетонну суміш, укладену в форму, поміщають електроди, за допомогою яких вимірюють електричний потенціал (ЕП) в процесі тверднення. Суміш привантажують та вібрують, підтримуючи привантаження протягом усього процесу вібрування. Під час нагрівання суміші слідкують за електричним потенціалом. Коли його величина досягне максимуму, суміш вібрують до досягнення мінімального значення ЕП. Потім потенціал знову починає збільшуватись і цикл повторюється (рис. 2). Через кілька циклів ЕП не буде зменшуватись, повторне вібрування закінчують. При досягненні бетоном температури до 55 °С (близько 5 год. вібраційного ТСВ) виріб має міцність $R_b > 20$ МПа, його можна розпалублювати та транспортувати - деструкція виключається.

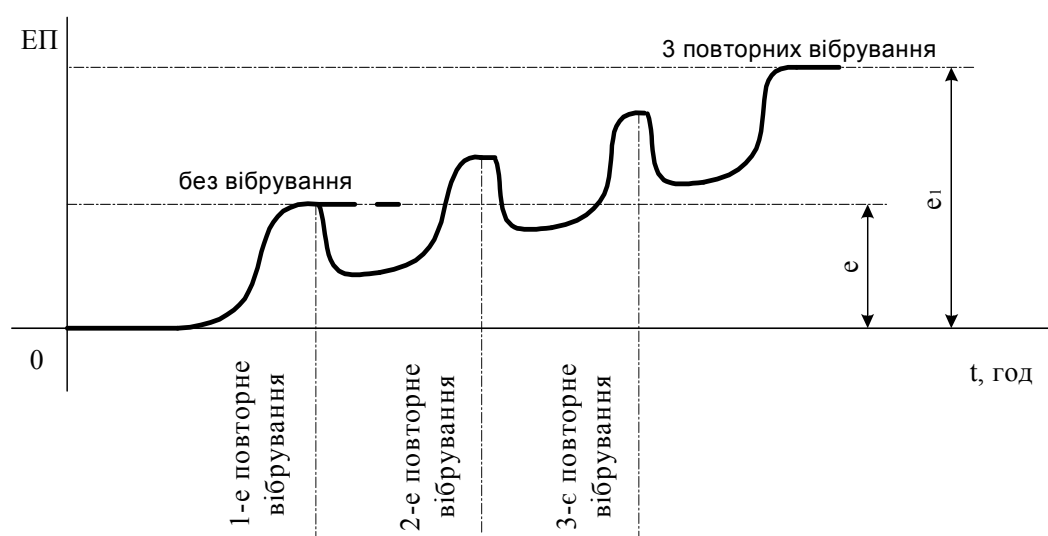


Рис. 2. Графік зростання енергетичного потенціалу бетонної суміші при повторному вібруванні

Поєднання та взаємоузгодження повторного вібрування, температури та силового впливу тиску на бетон, що твердіє, дає можливість покращувати його фізико-механічні властивості без використання високомарочного цементу, заповнювачів підвищеної якості. Використання вібраційного термосилового впливу на бетон дозволяє отримувати протягом робочої зміни виробу міцністю, достатньою для їх розпалублення, транспортування та використання за призначенням без тривалого сушіння. Це дає можливість збільшити оборотність виробничого обладнання, зменшити об'єми складських приміщень та інтенсифікувати виробництво [2].

Одна з найголовніших задач, що вирішується даною технологією – це максимальне прискорення набору розпалубочної міцності бетоном. Експериментальним шляхом було встановлено, що критичної міцності при твердненні в умовах вібраційного ТСВ бетонний виріб набирає за термін близько 5 год. обробки [3].

Найбільш універсальним і ефективним способом моделювання структури і регулювання властивостей бетону є введення в бетонну суміш додаткових компонентів – добавок. Хіміко-

термосиловий вплив (ХТСВ) на бетонні вироби полягає у взаємоузгодженому впливі тиску, температури та хімічних добавок. Застосування силової дії з застосуванням хімічних добавок дозволить отримати бетон підвищеної міцності, довговічності, що не поступається бетону, який отриманий при високих тисках, а прискорення структуроутворення можливі шляхом використання комплексних хімічних добавок.

Міцність бетону, виготовленого при ХТСВ, буде відрізнятися від звичайного ТСВ на величину зміцнення від впливу хімічних добавок:

$$R_{np} = R_{cmp} + R^x + R^m + R^l + R^{m6}, \quad (3)$$

де R^x – приріст міцності від впливу хімічних добавок, можна записати у вигляді:

$$R^x = A_{x0} k_x \lg \frac{\tau_n^x}{\tau_n^6}, \quad (4)$$

де A_{x0} – інтенсивність приросту міцності бетону при комплексному впливі хімічних добавок;

k_x – коефіцієнт, що враховує вплив хімічних добавок;

τ_n^x - час дії хімічної добавки;

τ_n^6 - час витримки.

Остаточна формула, яка характеризує ріст міцності бетону в умовах ХТСВ у період до 28 доби має вигляд:

$$R_{np} = R_{cmp} + k_{npes} \cdot A_{npes} \lg \frac{\tau_n}{\tau_6} + A_{np} \cdot \lg \frac{\tau_{np}}{\tau_n} + A_{x0} k_x \lg \frac{\tau_n^x}{\tau_n^6} + A_{m6} \cdot \lg \frac{\tau_{m6}}{\tau_n}. \quad (5)$$

Вираз (3) враховує: умови тверднення бетону, витримку бетонної суміші під тиском, величину і тривалість прикладання силового впливу, комплексний вплив хімічних добавок.

Висновки

- При поєднанні термосилового впливу із хімічним впливом, шляхом введення в бетонну суміш хімічних добавок, відбувається приріст міцності бетону на усіх стадіях твердіння. Зростає швидкість набору міцності бетоном.

Список літератури

1. Дудар І.Н. Термосилова технологія бетону: [монографія] / Ігор Никифорович Дудар. – Вінниця: УНІВЕРСУМ, 2001. – 146 с.
2. Швець В.В. Вібротермосилова технологія залізобетонних виробів і конструкцій: [монографія] / В.В. Швець, І.Н. Дудар. – Вінниця: УНІВЕРСУМ-Вінниця, 2007. – 87 с.
3. Швець В.В. Вдосконалення технології дрібнорозмірних бетонних виробів способом вібраційних термосилових впливів: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук: спец. 05.23.05 «Будівельні матеріали та вироби» / В.В. Швець. – Вінниця, 2005. – 18 с.

Дудар Ігор Никифорович – д.т.н., професор, зав. кафедри містобудування та архітектури Вінницького національного технічного університету.

Швець Віталій Вікторович – к.т.н., доцент кафедри містобудування та архітектури Вінницького національного технічного університету.

Гарнага Вікторія Леонідівна – аспірант Вінницького національного технічного університету.