

8. Добовий графік виробництва/споживання електроенергії. [Електронне джерело]. - Режим доступу: <https://ua.energy/diyalnist/dyspetcherska-informatsiya/doboviy-grafik-vyrobnytstva-spozhyvannya-e-e/>.
 9. Поташник С.И. Каскад Среднеднепровских ГЭС: Опыт освоения и эксплуатации / С.И. Поташник. – М.: Энергоатомиздат, 1986. – 144 с.
 10. Векслер А.Б. Надежность, социальная и экологическая безопасность гидротехнических объектов: оценка риска и принятие решений / А.Б. Векслер, Д.А. Ивашинцов, Д.В. Стефанишин. – СПб: ВНИИГ им. Б.Е. Веденеева, 2002. – 591 с.
 11. The use of risk analysis to support dam safety decisions and management. Trans. Of the 20-th Int. Congress on Large Dams. – Vol. 1. – Q. 76. – Beijing-China, 2000. – 896 p.
 12. Risk Assessment in Dam Safety Management. A reconnaissance of benefits, methods and current applications. ICOLD Bulletin 130. – Paris, 2005. – 276 p.
 13. Бенатов, Д. Е. Системний аналіз чинників природно-техногенної безпеки найбільших гідровузлів України [Текст] / Д. Е. Бенатов // Східно-Європейський журнал передових технологій. – 2015. – Т. 5, № 10 (77). – С. 12–21. doi: 10.15587/1729-4061.2015.49270
 14. Стефанишин Д.В. Урахування ризику невикористаних можливостей під час обгрунтування оптимального сценарію введення нових агрегатів на гідроакмулювальних електростанціях в Україні // Системні дослідження та інформаційні технології, 2017, № 4. – С. 7–19. doi: 10.20535/SRIT.2308-8893.2017.4.01
- Бойко Т.К., Пальченко О.Л. ОСОБЕННОСТИ ВЛИЯНИЯ ГИДРОАККУМУЛИРУЮЩИХ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ НА КАЧЕСТВО ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЯ.** Проанализирована роль гидроаккумулирующих электростанций (ГАЭС) в оптимизации режимов работы энергетических систем, в повышении надежности и качества электроснабжения.
- Ключевые слова:** гидроаккумулирующая электростанция, энергосистема, аккумулярование энергии.
- Boyko T.K., Palchenko O.L. PECULIARITIES OF THE INFLUENCE OF HYDROACCUMULATING POWER STATIONS ON QUALITY OF ENERGY SUPPLY.** The role of pumped storage power plants (HPPP) in optimizing the operating modes of power systems, in increasing the reliability and quality of electricity supply is analyzed.
- Key words:** pumped storage power station, power system, energy storage.

DOI: 10.29295/2311-7257-2018-91-1-253-257
УДК 666.983

Вандоловський С. С.

*Харківський національний університет будівництва та архітектури
(вул. Сумська, 40, Харків, 61002, Україна; e-mail: wandolovskiy@gmail.com)*

ОСОБЛИВОСТІ СТРУКТУРИ СТАЛЕФІБРОБЕТОНА ТА ЇЇ УДОСКОНАЛЕННЯ

Розглянута проблема підвищення міцності сталевібробетону за рахунок уточнення взаємодії сталевіброповерхні (тверда фаза) і цементного тіста (рідка фаза). Проведений аналіз міцностних показників і доведено, що при тужавінні бетону сталева підкладка сприяє підвищенню густини та міцності шару, який контактує зі сталевібропідкладкою.

Ключові слова: сталевібробетон, цементний камінь, зона контакту, залізний порошок.

Сталевібробетон набуває дедалі більшого застосування у будівництві. У сучасному світі в число виробників сталевібробетонних конструкцій входить багато країн світу, у тому числі США, Японія, Канада, Німеччина, Великобританія, Норвегія, Австралія, Нова Зеландія та інші. В Японії

вже в 1981 році кількість використаної сталевіброфібри склало близько 3000 т. Використання дисперсної арматури дозволяє спростити технологію виготовлення конструкцій: повністю або частково відмовитися від арматурних робіт. [1]

В цивільному будівництві запропоновано використовувати в якості незнімної опалубки тонкі панелі з сталевібробетону [2]. Встановлено, що введення сталевих фібр дозволяє значно підвищити міцність бетону саме на розтяг. На практиці при розробці складів дисперсно-армованого бетону в основу покладені експериментальні випробування. Це пов'язане з тим, що взаємодія сталевих фібр і оточуючого їх бетону теоретично не визначена. Доведено, що в дисперсно-армованому бетоні при накладанні зовнішнього зусилля складові цього композиційного матеріалу (КМ) деформуються відносно їх модулів пружності «Е» [3, 7, 10]. Оскільки вони для бетону і сталі відмінні, між цими складовими КМ виникають дотичні напруження, для яких Е змінюється на G. Згідно положенням опору матеріалів [3] $G=0,4E$, тобто допустиме напруження на зріз, визначається через допустиме напруження на розтягнення, для крихких матеріалів $\tau_3 = 0,7 \sigma$.

Статистично обробивши оприлюднені експериментальні дані Ф. Н. Рабінович визнав за можливе розрахувати τ , як відносну величину від призмової міцності бетону на стиск R_b по залежності [8]:

$$\tau = \frac{R_b}{4m} = \frac{R_b}{\beta}, \quad (1)$$

де β - коефіцієнт умов роботи визначають експериментально.

Згодом В. Н. Колчунов запропонував вираховувати τ через міцність бетону на розтяг R_{bt} [9]:

Розрахунки за формулами 1 і 2 збігаються. Отже експериментальні дані довели, що фактично міцність бетону під впливом дисперсного армування збільшується.

Мета дослідження. Теоретично встановити, яка взаємодія між сталевіброю та твердіючим бетоном сприяє підвищенню міцності КМ. В працях Б. В. Дерягіна та його школи [6], було встановлено, що граничні шари рідини які утворилися на поверхні твердих тіл, володіють аномальними властивостями і є наочним прикладом об'ємного характеру поверхневих явищ, так як в аномальних властивостях граничних шарів проявляється далеко діючий вплив поверхні твердих тіл. Доведено,

що геометричні особливості поверхні і їхній вплив мають другорядний характер порівняно з електричними зарядами часток, які контактують. Подвійні електричні шари (ПЕШ) на границі двох твердих фаз є також моделлю подвійних ПЕШ, які виникають на границі твердої і рідинної фаз. З електричними властивостями поверхні кристалів тісно пов'язаний далеко діючий механізм кристалізації, що полягає в орієнтованій дії реальної поверхні кристалів-підкладок через дифракційно-аморфні граничні шари. Активна поверхня твердих тіл в загальному випадку являє собою електрично активну, точніше, заряджену поверхню[4]. Поверхневі сили прагнуть забезпечити продовження властивої кристалу «цегляної кладки» (тобто структури будови речовини) і за рахунок нового будівельного матеріалу, який складається з тих же атомів. «Цегляна кладка» кристала діями його поверхневих сил може бути нав'язана і атомам іншого роду, особливо близьких розмірів (радіусів), здібних утворювати кристали аналогічної будови і форми (ізоморфні даному кристалу). Таке нав'язування своєї структури чужорідному нашаруванню отримало назву епітаксія, нашарування з тих же самих атомів - автоепітаксія. Існування різкого стрибка властивостей на певній відстані від підкладки було виявлено В. В. Карасевим та Б. В. Дерягиним, що дає підставу називати такі шари особливою, граничною, фазою. Як відомо наявність різкого розмежування розділу (тобто наявність границі) є основою для визначення такої характеристики стану речовини, як фаза.[5, 6]

Робоча гіпотеза. Аналіз вищенаведених розробок в галузі фізико – хімічних явищ при кристалізації в колоїдних розчинах дає підставу стверджувати, що при твердінні цементний гель в зоні контакту із сталевіброю матрицею підпадає під вплив поверхні речовини сталевіброю матриці. Висунута гіпотеза стосовно характеру новоутворень в цементному тісті при його перетворенні в цементний камінь: *під впливом активних центрів на поверхні сталевих фібр кристалізація новоутворень в граничних*

шарах відбувається під впливом кристалічної структури сталі, яка є підкладкою, що сприяє виникненню структур наближених до структури металу, тобто більш міцних порівняно з цементним каменем, що твердіє в бетонній масі.

Навколо сталеві фібри утворюється нова структура в дисперсно-армованому бетоні. Під впливом активних центрів поверхні сталі структура новоутворень цементного каменю частково набуває властивостей сталі. Оскільки вплив матриці передається через її поверхню, при виконанні роботи запропоновано збільшити об'єм зміцнених новоутворень цементного каменю шляхом розширення площі підкладки, що може бути досягнуто двома технологічними прийомами:

1. Використання фібри малого діаметру, що розширює площу зони контакту між сталевією підкладкою та цементним тістом. Оскільки новоутворення мають підвищену густину, це підвищує адгезію цементного каменю до сталевих фібр і в результаті підвищує міцність сталевіфібробетону.

2. Введенням залізного порошку – речовини з розвиненою поверхнею. Поверхня порошку за рахунок далекодії (ПЕШ) сприяє утворенню в бетоні на більшій площі міцних речовин підвищеної густини.

Вплив матеріалу підкладки на особистості росту новоутворень в контактній зоні викликає необхідність розглянути більш детально взаємодії двох фаз в цій зоні.

Контактна зона складається з двох фаз: 1 - сталева підкладка (тверда фаза);

2 - рідинна фаза у вигляді колоїдного водного розчину з дрібнозернистими частками гелю (до 1 мкм), та часток цементу (6 мкм).

Сталева підкладка є кристалічним матеріалом, який складається з великої кількості кристалевих зерен: кожне зерно – це система атомів, розташованих на близьких відстанях один до одного. Для сталі при його електроповерхневому потенціалі $\Psi_{\text{еп}}^0 = -1,77$ міцність на розтяг Fe є максимальною порівняно з іншими металами.

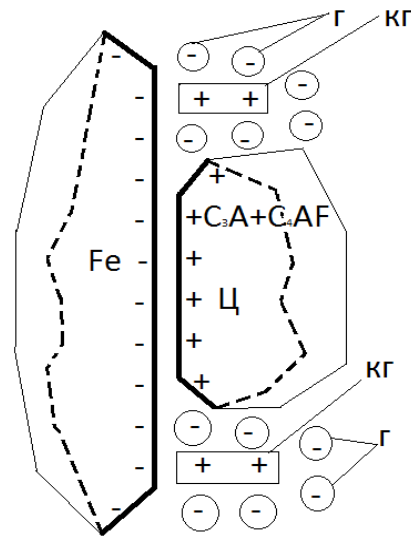


Рис. 1. Схема взаємодії поверхні сталевієї фібри з новоутвореними частками цементного тіста

Залежність енергії взаємодії W залежить від відстані між частками (l_i) і має назву у фізиці «потенціал взаємодії». Згідно теорії міцності Гріффітса теоретична міцність матеріалів R_T

$$R_T = \sqrt{\frac{GE}{b}}, \quad (3)$$

де G – енергія поверхні, E – модуль пружності, b – міжатомна відстань.

Згідно Закону Кулона два тіла з зарядами g_1 і g_2 мають силу притягнення F :

$$F = k \frac{g_1 g_2}{r^2}, \quad (4)$$

де r – відстань між зарядами, k – коефіцієнт. З залежностей (3 та 4) витікає, що основним по впливу на міцність показником є відстань між контактуючими об'єктами. Активні центри (АЦ) на поверхні сталі завдяки малих розмірів сталевих кристалів розташовані дуже близько один до другого. Оскільки потенціали контактуючих речовин (залізо $\Psi = -1,77$ і портландит $= +0,53$) різні і досить значні, міцність новоутворень повинна бути значною, яка перевищує міцність новоутворень цементного тіста, твердіючого в масі [4].

Цей розгляд доводить, що структуру сталевіфібробетону можна уявити наступним виглядом (рис. 2).

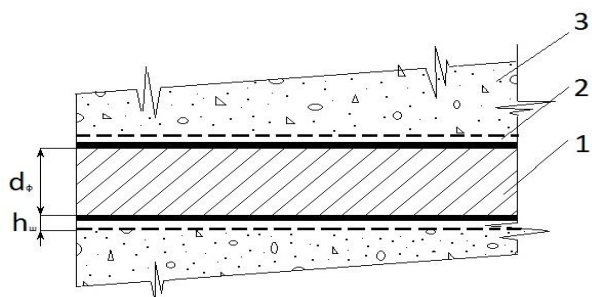


Рис. 2. Модель структури бетону, армованого сталевими фібрами: 1 – сталеві фібри, 2- шар підсиленого цементного каменю, 3 – бетонна матриця; d_{ϕ} - діаметр фібри, $h_{ш}$ - висота шару.

Для розширення площі зони 2 розглянута можливість введення до складу бетонної матриці 3 сталевих порошків. Модель структури сталевобетону з додаванням залізного порошку (ПЖП Броварського заводу) наведено на рис. 3.

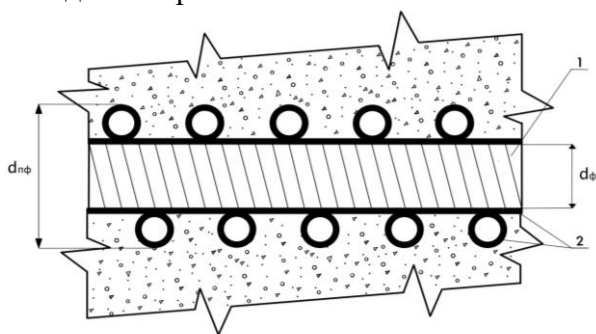


Рис.3. Схема структури сталевобетону, в якому фібра оточена залізним порошком: 1 – сталеві фібри, 2 – шар підсиленого цементного каменю; d_{ϕ} - діаметр фібри, $d_{пф}$ - діаметр підсиленої фібри

Зразки сталевобетону з залізним порошком після випробування на міцність були досліджені електронно-мікроскопічним засобом. Відбиток зразка приведений на рис. 4.

На рис. 4 показана частка залізного порошку розміром 15×35 мкм ($0,03$ мм) оточена шаром товщиною $4 - 5$ мкм. При визначенні мікротвердості цього шару було використано мікротвердометр ПМТ-3. Проблеми вимірювань - це дуже малі розміри шару: відбиток пірамідки (d) вдвічі більший за ПЕШ. Тому показник твердості HV прийнятий для отримання відносного кое-

фіцієнта підсилення $K_{п} = HV_{ш}/HV_{б}$. В середньому за допущенням, що твердість та міцність є відповідними показниками, отриманий $K_{п}$ ($1.6 - 1.9$) може бути застосований для порівняльної оцінки якісних показників різних ділянок бетону.

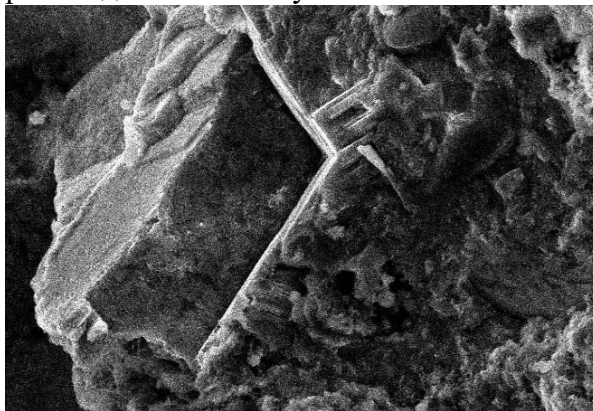


Рис. 4. Електронна мікроскопія бетону з внесеним металевим наповнювачем

Висновки

1. Розглянута фізико – хімічна взаємодія цементного тіста в зоні його контакту з сталеву поверхнею. Встановлено, що структура металу впливає на якісну особливість структури новоутворень цементного каменю завдяки відповідним електроповерхневим потенціалам. Завдяки значним силам взаємодії на поверхні сталеві підкладки утворюється плівка підвищених густини і міцності.

2. З урахуванням появи нової структурної складової розроблена принципово нова модель фіробетону, в якій додатково наданий показник підсилення $d_{пф}$.

3. На основі розробленої моделі визнано можливим з метою зміцнення сталевобетону підвищити обсяг зони $d_{пф}$ шляхом введення сталевих порошків.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Bentur A.,Midness S. Fibre Reinforced Cementious Composites. Tailora. Francis London "NewYork 2007, 597 p.
2. Бочарников А.С. Перспективная несъемная фибробетонная опалубка для монолитного домостроения Текст./ А.С. Бочарников, В.В. Прозоров // Энергетическое строительство, 1991, № 9. с. 24 - 25.
3. Астанін В. В. Основи розрахунків на міцність. Транспорт. Харків: «Реґіон-інформ», 2001. – 209 с.

4. Плугін А. Н. Основи теорії тверднення, міцності, руйнування і довговічності портландцементу, бетону і конструкцій із них. Плугін А.А, Трикоз Л.В, Кагановський О.С., Плугін О.А. // Київ, 2011. - т. 1, т. 2, т.3
5. Дистлер Г. И. Электрическая структура реальных поверхностей твердых и формирование граничных слоев с особыми свойствами, обеспечивающими передачу дальнедействующего влияния твердых тел. // Сборник докладов IV конференции по поверхностным силам. М., «Наука», 1972, с. 245–261
6. Дерягин Б. В. Синтез алмаза из газовой фазы. Б. В. Дерягин, Д. В. Федосеев. М., «Знание», 1973 - 64 с.
7. Гвоздев А. А. Состояние и задачи исследования сцепления арматуры с бетоном. // Б и Ж. Б., 1968. - № 12. –С. 1 – 4.
8. Рабинович, Ф. Н. Композиты на основе дисперсно-армированных бетонов. Вопросы теории и проектирования, технология, конструкция: монография / Ф.Н. Рабинович. - М.: издательство АСВ, 2004 – 560с.
9. Колчунов В. И. Аналитическая и конечно-элементные стержневые модели нелинейной задачи сцепления арматуры с бетоном, их сравнение и анализ // Містобудування та територіальне планування: наук.-техн. збірник. – К.: КНУБА, 2016. – Вип. 60. – С. 184- 197.
10. Костюк Т. А. Структура сталебетонних композиционных материалов. Анализ взаимодействия между элементами композита / Т. А. Костюк, С. С. Вандоловский. // Научный вестник строительства. – 2016. – № 2 (84). – С. 242 – 245.

Vandolovskyi S. S. STRUCTURE FEATURES OF STEEL - FIBER CONCRETE AND ITS IMPROVEMENT. The problem of increasing the strength of steel-fiber concrete by improving the interaction of the steel surface (solid phase) and the cement test (liquid phase) is considered. The analysis of strength indicators is carried out and it is proved that when setting the concrete, the steel substrate contributes to the increase in the thickness and strength of the layer, which contacts the steel lining.

Keywords: steel-fiber concrete, cement stone, contact zone, iron powder.

Вандоловский С.С. ОСОБЕННОСТИ СТРУКТУРЫ СТАЛЕФИБРОБЕТОНА И ЕЕ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ. Рассмотрена проблема повышения прочности сталефибробетона за счет уточнения взаимодействия стальной поверхности (твердая фаза) и цементного теста (жидкая фаза). Проведен анализ прочностных показателей и доказано, что при схватывании бетона стальная подложка способствует повышению плотности и прочности слоя, который контактирует со стальной подкладкой.

Ключевые слова: сталефибробетон, цементный камень, зона контакта, железный порошок.

DOI: 10.29295/2311-7257-2018-91-1-257-261
УДК 691.32

Белых И.М., Сопов В.П.

*Харьковский национальный университет строительства и архитектуры
(ул. Сумская, 40, Харьков, 61002, Украина; e-mail: vsopov@ukr.net)*

ОЦЕНКА ДИНАМИКИ ПРОЧНОСТИ ТВЕРДЕЮЩЕГО БЕТОНА ПО ВЕЛИЧИНЕ ЕГО ЭКЗОТЕРМИИ

По результатам температурного мониторинга твердеющего бетона в монолитном ростверке многоэтажного жилого здания определены значения его прочности в разные сроки твердения, проанализированы возможные причины температурного трещинообразования и пути обеспечения трещиностойкости.

Ключевые слова: цемент, бетон, температура, мониторинг, зрелость, прочность, температурные напряжения.