

Обеспечение процессов эффективного возведения бетонных конструкций различной функциональности в строительстве

Р.М. Тамов

Кубанский государственный технологический университет

Аннотация: В статье приводятся исследования по проблематике эффективного возведения бетонных конструкций различной функциональности. Цель статьи – исследование особенностей производства работ по устройству бетонных конструкций в соответствии с действующими нормами и правилами. Для достижения поставленных целей были решены задачи по проведению аналитического обзора по проблематике, посвященной получению бетонов с заданными свойствами для монолитных бетонных конструкций с целью уменьшения влияния внешних факторов на их свойства. Были проанализированы современные технологии возведения бетонных конструкций: фибробетона, «умного» бетона, а также методы модификации для улучшения свойств бетонных конструкций.

Ключевые слова: возведение, бетон, бетонные конструкции, функциональность, свойства, строительство.

Бетонные конструкции – это большая группа строительных материалов, обладающих высокой прочностью и долговечностью. Однако в чистом виде его нельзя использовать для изготовления габаритных изделий. Армирование металлом повышает устойчивость к деформациям, прочность и долговечность конструкции [1]. Именно поэтому возведение современных строительных объектов невозможно осуществить без применения бетонных и железобетонных конструкций. Изделия из железобетона – прочные и надежные конструкции, применяемые в разных видах строительства. Многообразие изделий обусловлено широкой сферой применения, особенностями конструкции, материалами. Для изготовления используют разные виды бетона – ячеистые, лёгкие, тяжёлые, особо тяжёлые, жаростойкие, декоративные, стойкие к химическим воздействиям. По виду армирования – предварительно напряженные изделия и ненапряженные [2,3].

Классификация железобетонных конструкций по форме выглядит следующим образом [4,5]:

- линейные – балки, прогоны, колонны;
- блочные, предназначенные для изготовления фундамента и возведения стен;
- пространственные – кольца колодцев, трубы;
- плоскостные – плиты, перегородки.

Изделия из железобетона применяют при строительном-монтажных работах в гражданском, энергетическом, промышленном, железнодорожном строительстве для возведения стен, фундаментов, перекрытий, мостов, опор линий электропередачи (ЛЭП) и многого другого [6,7].

Охарактеризуем основные виды железобетонных конструкций:

- монолитные изделия используют при жилищном строительстве. Они ускоряют возведение всех видов зданий и сооружений;
- сборные железобетонные конструкции доставляют в готовом виде со строительного комбината. Основное преимущество – возможность проведения строительных работ в любое время года;
- железобетонные плиты используют для создания перекрытий в жилых зданиях [8].

Для перекрытия производственных цехов используют бетонные фермы. Железобетонные конструкции в виде ригелей и балок – опоры, размещённые в определённых местах возводимого строения. При строительстве здания на слабых грунтах используют железобетонные сваи, обеспечивающие устойчивость сооружения. Для увеличения долговечности и надёжности ЛЭП применяют стойки. Основные несущие

элементы каркаса здания – колонны, имеющие прямоугольное или квадратное сечение.

Отметим основные преимущества железобетонных конструкций:

- высокая прочность, возможность эксплуатации в регионах с высокой сейсмичностью;
- стойкость к воздействию влаги, растворов кислот и щелочей;
- долговечность;
- морозостойкость;
- огнестойкость;
- технологичность – возможность изготавливать путем заливки изделия сложной формы;
- высокая скорость проведения строительных работ;
- низкая цена.

Сочетание этих качеств позволило железобетонной продукции занять лидерские позиции среди строительных материалов. Основной недостаток – высокая масса. Она увеличивает расходы на транспортировку и монтаж, требует затрат на усиление основы сооружения.

Эффективность возведения бетонных конструкций различной функциональности связана с обеспечением прочности бетона, которая, в свою очередь, зависит от состава исходного сырья – цемента, песка, гравия. Большое значение имеют пористость и плотность строительного материала. Бетон имеет невысокую теплопроводность, железобетонные конструкции переносят длительный нагрев, поэтому их используют для возведения промышленных объектов. Важная характеристика железобетонных конструкций – морозоустойчивость, способность выдержать многочисленные замерзания и оттаивания без ухудшения качества. Недостаток бетона – невысокое сопротивление растяжению.

Справиться с этой проблемой помогает укрепление сеткой или прутьями из армированной стали. Армирование позволяет существенно увеличить прочность и надежность железобетонных изделий [9].

В данной работе мы рассмотрим новейшие технологии, связанные с возведением железобетонных конструкций различной функциональности, и то, как они влияют на сферу строительства. Ведущими направлениями в развитии технологий возведения железобетонных конструкций различной функциональности являются методы, связанные с использованием фибробетона и «умных» технологий возведения железобетонных конструкций [10,11].

Возведение железобетонных конструкций различной функциональности с использованием технологии фибробетонов связано с активным использованием стекло-, органических и минеральных волокон, как новейших добавок к железобетону, значительно повышающих прочность и долговечность конструкций. Волокна способствуют повышению устойчивости бетона к растрескиванию, тепловому расширению и вибрации, продлевая срок службы и уменьшая необходимость в будущем обслуживании – рис. 1.

Армирование фибробетоном железобетонных колонн может изменить осевое напряженное состояние бетона на трехмерное напряженное состояние и улучшить несущую способность и деформационную способность замкнутого бетона. Результаты практического использования фибробетона при возведении бетонных конструкций различной функциональности показывают, что железобетонные колонны, укрепляющие углепластиковую ткань, обладают характеристиками простой конструкции, сильной коррозионной стойкостью, хорошим сдерживающим эффектом и практически не

требуют обслуживания. Когда железобетонные колонны подвергаются осевому сжатию, стержни вызывают боковое расширение с очень малым предельным значением. Например, вокруг элементов могут быть созданы поперечные ограничения, чтобы предотвратить такое боковое расширение сжимающих элементов, чтобы улучшить способность элементов к сжатию и деформации. Возведение бетонных конструкций различной функциональности по технологии создания фибробетонов - идеальный выбор для проектов, подвергающихся суровым условиям окружающей среды, или для использования в крупных конструкциях, таких, как мосты и башни [12,13].



Рисунок 1 – Возведение железобетонной колонны из фибробетона на основе углеродного волокна

Концепция «умного» бетона основана на интеграции технологий зондирования и мониторинга в железобетонные конструкции для

предоставления точной информации об их состоянии и характеристиках. Датчики, встроенные в бетон, используются для измерения давления, напряжения, температуры и влажности, что помогает отслеживать и оценивать потенциальные повреждения и изменения в конструкции. Этот тип бетона способствует повышению безопасности, устойчивости и снижению затрат на техническое обслуживание в долгосрочной перспективе [14].

Используя передовые технологии, подрядные организации могут контролировать состояние бетона и прогнозировать любую потенциальную проблему до ее возникновения, предоставляя возможность принять превентивные меры и снизить затраты, возникающие в результате ремонта повреждений.

Датчики, встроенные в «умный» бетон, — важная и интересная технология. Эта технология направлена на внедрение чувствительных элементов в железобетонные конструкции для измерения и контроля их состояния и производительности в течение определенного периода времени. Датчики устанавливаются внутри бетона во время процесса заливки и связаны с системами мониторинга и анализа данных для сбора и анализа информации.

Датчики, встроенные в «умный» бетон, разнообразны и включают в себя множество устройств и систем, таких, как:

- Датчики давления: используются для измерения давления бетона и его распределения во времени. Эти датчики устанавливаются в бетон для отслеживания любых изменений напряжения, что помогает обнаружить потенциальные трещины или трещины существующие.

- Датчики растяжения: они измеряют прочность бетона на растяжение и определяют любые изменения напряжения с течением

времени. Эти датчики можно использовать для раннего обнаружения разрушения конструкции или чрезмерной нагрузки на бетон.

- Датчики температуры: используются для контроля температуры бетона в процессе затвердевания. Эти датчики позволяют выявлять любые изменения температуры, которые могут повлиять на прочность и долговечность железобетона.

- Датчики влажности: используются для измерения уровня влаги в бетоне, поскольку высокое содержание влаги может повлиять на прочность и долговечность бетона. Мониторинг влажности помогает выявить любые потенциальные проблемы, связанные с коррозией или износом.

Когда данные датчиков собираются, их можно передать в системы мониторинга для анализа и интерпретации. Анализ данных можно использовать для обнаружения необычных закономерностей и изменений в структуре.

Актуальным направлением «умных» технологий возведения бетонных конструкций различной функциональности является использование сплавов с памятью формы (Shape memory alloy-SMA) [15]. SMA представляют собой функциональные материалы для возведения бетонных конструкций, которые могут проявлять большие деформации в процессе нагружения-разгрузки без остаточной деформации. Они обладают способностью запоминать заданную форму даже после сильной деформации. Возведение бетонных конструкций различной функциональности связано с использованием SMA в качестве датчиков, исполнительных механизмов, пассивных рассеивателей энергии, ограничителей для мостовых конструкций и демпферами для контроля формы и вибрации строительных конструкций.

SMA-ограничители мостовых соединений при возведения бетонных конструкций различной функциональности — это элементы, которые обычно используются для соединения двух соседних пролетов или рам мостов и предотвращения их больших относительных смещений во время землетрясений. Сверхэластичные SMA могут использоваться в качестве демпфирующих элементов или потенциальных сейсмозащитных устройств для мостов. На рис. 2 показаны сверхэластичные ограничительные стержни SMA диаметром 25,4 мм, используемых для сейсмической модернизации многопролетных опорных мостов. Ограничитель SMA более эффективно уменьшает относительное шарнирное смещение опоры и обеспечивает больший диапазон упругих деформаций по сравнению с обычными стальными ограничительными тросами. Кроме того, ограничитель SMA чрезвычайно ограничивает реакцию покрытия моста на движение грунта в ближней зоне. Повышенная жесткость ограничителей SMA при больших нагрузках обеспечивает дополнительную фиксацию для ограничения относительных отверстий в мосту [15].

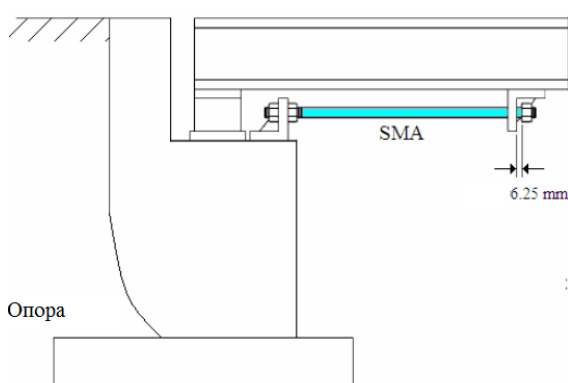


Рисунок 2. - Схема установки фиксатора SMA для простоопорного моста.

Также, при возведения бетонных конструкций различной функциональности, используются крепления SMA. Крепления SMA были

разработаны для обеспечения демпфирования и выдерживания относительно больших деформаций. Предложен колонный фундамент открытого типа с креплением SMA для обеспечения сейсмостойкости – рис. 3а. Крепления SMA изготовлены из нитиноловых стержней SMA диаметром 20–30 мм и стальных стержней, как показано на рисунке 3б.

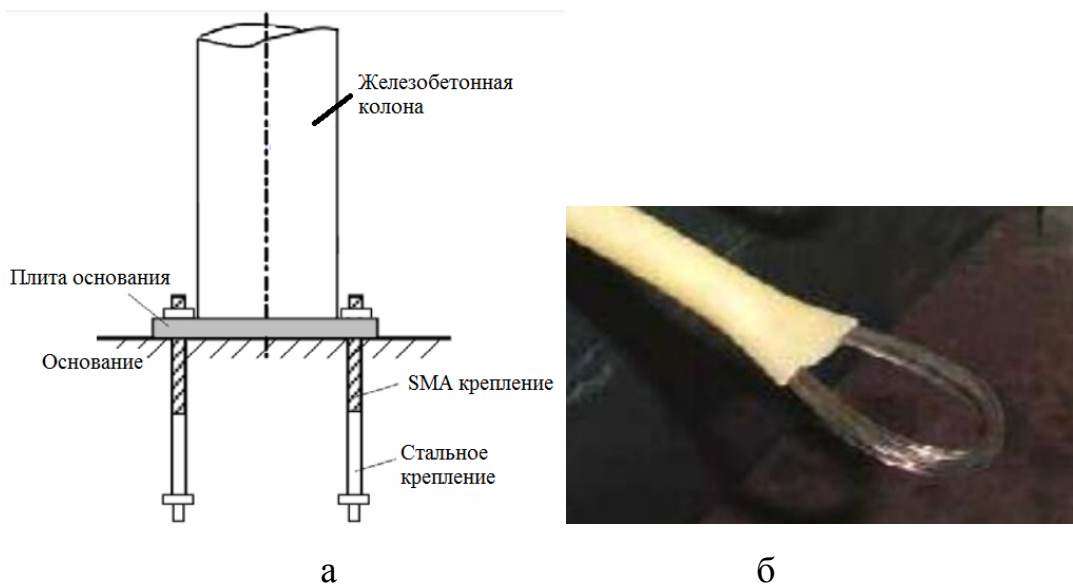


Рисунок 3. – Схема (а) и внешний вида (б) SMA-крепления стержня для колонны

Результаты, полученные в результате испытаний на пульсирующую растягивающую нагрузку и численного моделирования крепления SMA, показали, что крепление SMA очень эффективно рассеивают энергию и снижают вибрацию здания при сильных сейсмических движениях грунта. Кроме того, анкерные крепления SMA могут восстанавливать свою первоначальную форму после циклических нагрузок, поэтому их характеристики сопротивления остаются неизменными, что позволяет предотвратить пластическую деформацию и повреждение несущих колонн [15].

Кроме того, разработаны и другие приемы улучшения механических и прочностных свойств бетонных конструкций различной функциональности. Эти методы включают использование улучшенных химических добавок и современных инструментов для формовки, армирования и отделки. Эти методы улучшают характеристики бетона по сопротивлению напряжениям, растяжению, изгибу и истиранию, что способствует увеличению срока службы конструкций и сокращению технического обслуживания в будущем.

Заключение

В статье приводятся исследования особенностей процессов эффективного возведения бетонных конструкций различной функциональности в строительстве. Показано, что железобетон и новейшие технологические разработки его возведения представляют собой интересную и важную область современного и будущего сферы создания бетонных конструкций различной функциональности.

Были проанализированы современные технологии возведения бетонных конструкций: фибробетона, «умного» бетона, а также методы модификации для улучшения свойств бетонных конструкций. Показано, что армирование фибробетоном железобетонных колонн может изменить осевое напряженное состояние бетона на трехмерное напряженное состояние и улучшить несущую способность и деформационную способность замкнутого бетона. Отмечено, что актуальным направлением «умных» технологий возведения бетонных конструкций различной функциональности является использование сплавов с памятью формы SMA.

Используя проанализированные технологии, можно создать более прочные и устойчивые конструкции, сократить расходы на техническое обслуживание и накладные расходы, а также способствовать инновациям в строительной отрасли.

Литература

1. Гамаюнова О., Спицов Д. Технические особенности строительства высотных зданий // В сборнике: E3S Web of Conferences. Актуальные проблемы зеленой архитектуры, гражданского строительства и охраны окружающей среды, 2019. 2020. С. 08008.
2. Солодкий С.Й., Шевчук Г.Я., Аларджан Р.А. Эффективность работы добавок системы «Релаксол» с композиционными вяжущими // Сборник докладов и тезисов VII Международной конференции „Дни современного бетона”. - Запорожье, 2005. – С. 151-156.
3. Баскаков К. О. Особенности бетонирования при строительстве высотных зданий в условиях сухого жаркого климата // StudNet. 2020. №5. URL: cyberleninka.ru/article/n/osobennosti-betonirovaniya-pri-stroitelstve-vysotnyh-zdaniy-v-usloviyah-suhogo-zharkogo-klimata (дата обращения: 06.01.2022).
4. Topchy D. V., Lapidus A. A. Construction supervision at the facilities renovation // Topical Problems of Architecture, Civil Engineering and Environmental Economics (TPACEE-2018). 2019. P. 08044.
5. Lapidus A., Ndayiragije Y. SIP-technology as solution in low-rise multi-family residential buildings // E3S Web of Conferences. 2019. P. 06032.
6. Гараджаев А., Мырадов Й., Баллыев Г., Рахымов Б. Укладка и уплотнение бетонной смеси // Символ науки. 2023. №12-2. URL:

cyberleninka.ru/article/n/ukladka-i-uplotnenie-betonnoy-smesi (дата обращения: 07.04.2024).

7. Колчунов В.И. Основные результаты механики железобетона в зданиях и сооружениях // Эксперт: теория и практика. 2023. №1 (20). URL: cyberleninka.ru/article/n/osnovnye-rezultaty-mehaniki-zhelezobetona-v-zdaniyah-i-sooruzheniyah (дата обращения: 07.04.2024).

8. Летова Т.А., Тилинин Ю.И. Совершенствование технологических процессов бетонирования и армирования монолитных конструкций // Colloquium-journal. 2019. №25 (49). URL: cyberleninka.ru/article/n/sovershenstvovanie-tehnologicheskikh-protsessov-betonirovaniya-i-armirovaniya-monolitnyh-konstruktsiy (дата обращения: 07.04.2024).

9. Герасимова Е., Галямичев А., Догру С. Напряженно-деформированное состояние стеклопакета в системах структурного остекления // Журнал гражданского строительства. 2020. № 6 (98). с. 9808.

10. Седых С.А. Фибробетон перспективы современного строительства//Colloquium-journal. 2023. №14 (173). URL: cyberleninka.ru/article/n/fibrobeton-perspektivy-sovremennogo-stroitelstva (дата обращения: 17.04.2024).

11. Падуев К.В., Терехова О.П. Эффективные технологии возведения зданий из монолитного железобетона в различных инженерно-геологических условиях // Вестник науки. 2023. №11 (68). URL: cyberleninka.ru/article/n/effektivnye-tehnologii-vozvedeniya-zdaniy-iz-monolitnogo-zhelezobetona-v-razlichnyh-inzhenerno-geologicheskikh-usloviyah (дата обращения: 17.04.2024).

12. Susilorini R.M.R., Kusumawardaningsih Y. Advanced Study of Columns Confined by Ultra-High-Performance Concrete and Ultra-High-

Performance Fiber-Reinforced Concrete Confinements // *Fibers* 2023. 11. P. 44.

13. Shehab, H.; Eisa, A.; Wahba, A.M.; Sabol, P.; Katunský, D. Strengthening of Reinforced Concrete Columns Using Ultra-High Performance Fiber-Reinforced Concrete Jacket // *Buildings* 2023. 13. P. 2036.

14. Куприяновский В.П., Покусаев О.Н., Намиот Д.Е., Климов А.А., Жабицкий М.Г. Цифровой бетон: открытый BIM, машиночитаемые стандарты, ИОТ, цифровые двойники, логистика 4.0, бережливое строительство и другие промышленные подходы на примерах транспортных инфраструктур // *International Journal of Open Information Technologies*. 2021. №9. URL: cyberleninka.ru/article/n/tsifrovoy-beton-otkryty-bim-mashinochitaemye-standarty-iot-tsifrovye-dvoyniki-logistika-4-0-berezhlivoe-stroitelstvo-i-drugie (дата обращения: 17.04.2024).

15. Nilimaa J. Smart materials and technologies for sustainable concrete construction // *Developments in the Built Environment*. Volume 15. 2023. P. 100177.

References

1. Gamayunova O., Spiczov D. E3S Web of Conferences. Aktual`ny`e problemy` zelenoj arxitektury`, grazhdanskogo stroitel`stva i ohrany` okruzhayushhej sredy`, 2019. 2020. p. 08008.

2. Solodkij S.J., Shevchuk. G.Ya., Alardzhan R.A. Sbornik dokladov i tezisov VII Mezhdunarodnoj konferencii „Dni sovremennogo betona”. Zaporozh`e, 2005. pp. 151-156.

3. Baskakov K. O. StudNet. 2020. №5. URL: cyberleninka.ru/article/n/osobennosti-betonirovaniya-pri-stroitelstve-vysotnyh-zdaniy-v-usloviyah-suhogo-zharkogo-klimata (date assessed 06.01.2022).

4. Topchy D. V., Lapidus A. A. Topical Problems of Architecture, Civil Engineering and Environmental Economics (TPACEE-2018). 2019. P. 08044.
5. Lapidus A., Ndayiragije Y. E3S Web of Conferences. 2019. P. 06032.
6. Garadzhaev A., My`radov J., Bally`ev G., Raxy`mov B. Simvol nauki. 2023. №12-2. URL: cyberleninka.ru/article/n/ukladka-i-uplotnenie-betonnoy-smesi (date assessed: 07.04.2024).
7. Kolchunov V.I. E`kspert: teoriya i praktika. 2023. №1 (20). URL: cyberleninka.ru/article/n/osnovnye-rezultaty-mehaniki-zhelezobetona-v-zdaniyah-i-sooruzheniyah (07.04.2024).
8. Letova T.A., Tilinin Yu.I. Colloquium-journal. 2019. №25 (49). URL: cyberleninka.ru/article/n/sovershenstvovanie-tehnologicheskikh-protsesov-betonirovaniya-i-armirovaniya-monolitnyh-konstruktsiy (date assessed: 07.04.2024).
9. Gerasimova E., Galyamichev A., Dogru S. Zhurnal grazhdanskogo stroitel`stva. 2020. № 6 (98). p. 9808.
10. Sedy`x S.A. Colloquium-journal. 2023. №14 (173). URL: cyberleninka.ru/article/n/fibrobeton-perspektivy-sovremennogo-stroitelstva (date assessed: 17.04.2024).
11. Paduev K.V., Terexova O.P. Vestnik nauki. 2023. №11 (68). URL: cyberleninka.ru/article/n/effektivnye-tehnologii-vozvedeniya-zdaniy-iz-monolitnogo-zhelezobetona-v-razlichnyh-inzhenerno-geologicheskikh-usloviyah (17.04.2024).
12. Susilorini R.M.R., Kusumawardaningsih Y. Fibers 2023. 11. P. 44.
13. Shehab, H.; Eisa, A.; Wahba, A.M.; Sabol, P.; Katunský, D. Buildings 2023. 13. P. 2036.



14. Kupriyanovskij V.P., Pokusaev O.N., Namiot D.E., Klimov A.A., Zhabiczkiy M.G. International Journal of Open Information Technologies. 2021. №9. URL: cyberleninka.ru/article/n/tsifrovoy-beton-otkrytyy-bim-mashinochitaemye-standarty-iot-tsifrovye-dvoyniki-logistika-4-0-berezhlivoe-stroitelstvo-i-drugie (date assessed: 17.04.2024).

15. Nilimaa J. Developments in the Built Environment. Volume 15. 2023. P. 100177.

Дата поступления: 16.04.2024

Дата публикации: 2.06.2024