

К вопросу об опалубочных системах из композитных материалов

С.Г. Абрамян, А.О. Акопян, М.Р. Степанян, Д. М. Сироткин

Волгоградский государственный технический университет

Аннотация: В статье подчеркивается значение монолитного строительства и его преимущества. Вместе с тем отмечается, что возведение монолитных железобетонных конструкций — трудоемкий процесс, в особенности устройство и распалубка опалубочной системы. Так как большой вес современных опалубочных систем снижает технологичность выполнения работ, в настоящее время ведутся активные исследования по разработке опалубочных систем из композитных материалов, отличающиеся легкостью, прочностью, относительной долговечностью, безопасностью и экологичностью. Приводятся технологии создания опалубочных систем.

Ключевые слова: инвентарные и несъемные опалубочные системы, критерии выбора, аддитивные и традиционные технологии.

Архитектурная выразительность, индивидуальность, повышенное качество, долговечность, надежность зданий и сооружений, наименьшие материальные, трудовые, энергетические затраты на их возведение сделали монолитное строительство самым высокотехнологичным видом строительства во всем мире.

Статистические данные, исследования и мировые рейтинги в области монолитного строительства, показывают реальную картину динамики и факторов развития монолитного строительства.

Приведенные на рис. 1 данные характеризуют долю возведения зданий и сооружений (или их конструктивных частей) из монолитного бетона и железобетона в двенадцати странах мира (в т. ч. и в России). Остальная часть показывает долю применения сборных железобетонных конструкций, в том числе из объемных модульных блоков.

Монолитные здания обладают целым рядом преимуществ. В силу технологических особенностей, они более устойчивы к влиянию техногенных и прочих неблагоприятных факторов окружающей среды, обладают высокой сейсмоустойчивостью, что обеспечивается жесткостью и особой прочностью конструкций [1].

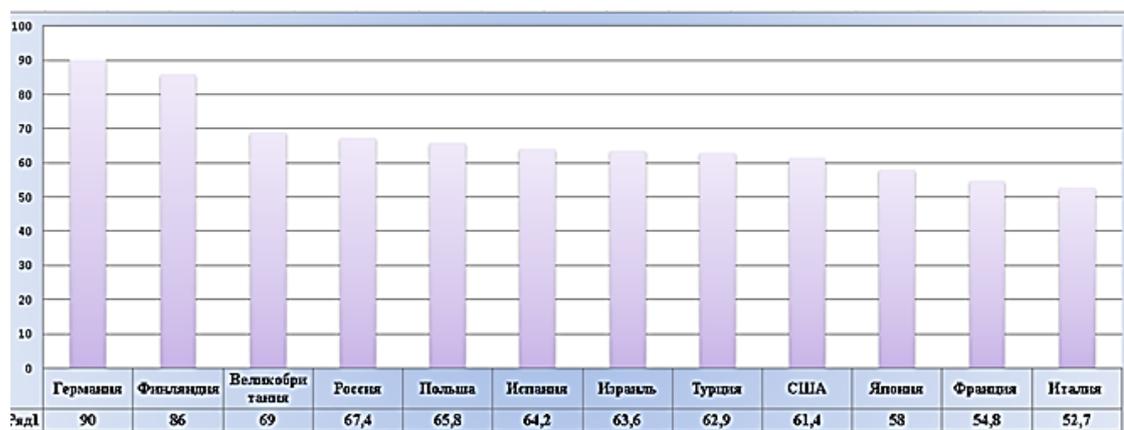


Рис. 1. – Доля возведения зданий и сооружений (или их конструктивных частей) из монолитного бетона и железобетона в двенадцати странах мира

Особый рост монолитного строительства некоторые ученые связывают с быстрым ростом численности населения и «возможностью использования пустынных районов, занимающие пятую часть поверхности Земли, для создания будущих мест обитания» [2].

Все это позволяет сформировать основы разработки новых планировочных решений населенных пунктов, обеспечивающих комфортность проживания людей и безопасных, высокопроизводительных строительных технологий.

Несмотря на значительные преимущества монолитного строительства, возведение монолитных железобетонных конструкций — трудоемкий процесс, в особенности устройство и распалубка опалубочной системы. Трудозатраты на технологические процессы по устройству и демонтажу опалубочных систем в среднем составляет 43 % от всего объема трудозатрат на изготовление 1 м³ монолитной железобетонной конструкции. В связи с этим необходимы разработки технологичных в монтаже и высокооборотистых опалубочных систем и совершенствование существующих.

В научной публикации [3] подчёркивается, что невысокая

технологичность многих инвентарных опалубочных систем связана с большим весом, поэтому авторами предлагается новая опалубочная система из композитных материалов, отличающееся не только конструктивной надежностью, но и улучшенными эксплуатационными характеристиками.

В связи с развитием новых строительных технологий меняется обычное восприятие термина «опалубка». Современные опалубочные системы не всегда являются «временными формообразующими конструкциями», они могут быть конструктивной частью того или иного элемента строительной системы. Доказательством является применение строительных аддитивных технологий. Например, в публикации [4] авторами предлагается инновационная технология, сущность которой заключается в создании трехслойной стены с помощью «мобильного и полиартикулированного робота», т.е. два слоя стены (первый и третий) печатается из композитной полимерно-пенопластовой смеси, а промежуточный второй слой заливается бетонной смесью. Таким образом, на строительной площадке практически выполняются все виды работ по изготовлению монолитной конструкции, в том числе и опалубочные работы «так как на месте печатаются внутренние и внешние щиты опалубки» [4].

Создание несъемной опалубочной системы из композитных материалов по аддитивной или традиционной технологии возможно и в заводских условиях. После доставки их на строительную площадку, устройства в проектом положении бетонная смесь (или другой композитный материал) заливается в несъемную опалубочную систему. Строительная практика показывает, что при применении конструкционного композитного материала для изготовления (печатания) щитов несъемной опалубочной системы, в опалубку обычно заливают теплоизоляционный материал, предварительно рассчитав толщину каждого слоя.

В работе [5], авторы отмечают эффективность производства в

заводских условиях модульной сэндвич-панельной системы из композитных материалов по аддитивной технологии. При этом, «инновационная сэндвич-панель и ее интегрированные соединения, может использоваться в качестве конструктивных элементов стен и полов».

При строительстве зданий из монолитного бетона опалубочные системы влияют не только на продолжительность и стоимость строительства, но и на качество выполнения последующих и особенно отделочных работ. Поэтому выбор подходящей опалубочные системы является очень важной задачей [6]. Авторы публикации [7] подчеркивают, что «для выбора оптимального комплекта опалубки строящегося объекта в зависимости от объемно-планировочных и конструктивных решений необходимо учитывать ряд факторов, в том числе и установленные сроки возведения монолитного каркаса».

Существуют исследования (численные и экспериментальные) [8, 9], целью которых является выявление эксплуатационных характеристик инвентарных опалубочных систем из композитных материалов при различных типах нагрузки на каркас и щиты опалубки.

Обоснование эффективности внедрения опалубочных систем из стеклопластика исследовано в работе [10], где авторы сравнивают опалубку из стеклопластика с традиционными опалубочными системами из древесины и стали и отмечают, что «использование в строительстве композитной опалубки экономически эффективно, безопасно, экологически целесообразно». Использование другого композитного материала, а именно - искусственной пористой древесины для изготовления щитов опалубки расчетным путем (на прочность, устойчивость сжатой опалубки и изгиб) обосновано также в работе [11].

В публикации [12], предлагается «новый метод принятия решений по выбору наиболее подходящей пневматической тканевой опалубки» и при

этом учитывается многофакторность определения самой эффективной опалубки, по следующим критериям: проницаемость, прочность, относительная стоимость, долговечность, и эстетика.

Особый интерес представляют исследования авторов публикаций [13, 14], которые предлагают как альтернативу традиционным строительным материалам для изготовления инвентарных и несъемных опалубочных систем использовать «биоресурсные материалы в сочетании с цементирующей матрицей» [13] и отходов древесины [14].

Применение композитов для создания опалубочных систем открывает новые возможности для обеспечения энергоэффективной реконструкции зданий и сооружений, совершенствования применяемых технологий усиления конструктивных элементов.

Литература

1. Абрамян С. Г., Ахмедов А. М., Халилов В. С., Уманцев Д. А. Развитие монолитного строительства и современные опалубочные системы // Вестник ВолгГАСУ. Серия «Архитектура и строительство», № 36 (55), 2014 С. 231—240.
2. Ron G., Shallaby S., Antonako T. On-Site Fabrication and Assembly for Arid Region Settlements. 36th International Conference on Education and Research in Computer Aided Architectural Design in Europe (eCAADe) ECAADE 2018: Computing for a Better Tomorrow, Vol. 1. Edited by: KepczynskaWalczak A., Bialkowski S. Lodz, Poland. 2018. Pp. 801-810.
3. Lee DM, Kim T., Lee D., Lim H., Cho H., Kang KI. Development of an Advanced Composite System Form for Constructability Improvement through a Design for Six Sigma Process. Journal of Civil Engineering and Management. 2020. Vol.26 (Is. 4), pp 364-379. DOI: 10.3846/jcem.2020.12188.

4. Furet B., Poullain P., Garnier S. 3D printing for construction based on a complex wall of polymer-foam and concrete. Additive Manufacturing 2019. Vol.: 28, pp. 58-64. DOI: 10.1016/j.addma.2019.04.002/

5. Sharafi P., Nemati S., Samali B., Ghodrati M. Development of an Innovative Modular Foam-Filled Panelized System for Rapidly Assembled Postdisaster Housing. Buildings. 2018. Vol. 8 (Is. 8). Article Number: 97. DOI: 10.3390/buildings8080097/

6. Пономарева Ю.А., Ляхов В.М., Жильникова Т.Н. Разновидности опалубочных систем для каркасно-монолитного строительства // Инженерный вестник Дона, 2021, №3 URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n3y2021/6862.

7. Погодин Д.А., Спиридонов Н.Н., Халидов А.А. Совершенствование современных технологий и возведение многоэтажных жилых зданий за счет оптимизации опалубочных работ // Интернет-журнал «Транспортные сооружения», 2019, №2 URL: t-s.today/PDF/07SATS219.pdf/

8. Donmez TU, Turer A., Anil O., Erdem RT. Experimental and numerical investigation of timber formwork beam under different loading type. Mechanics Based Design of Structures and Machines. 2020. Early Access: APR 2020.

9. Achintha M., Alami F., Harry S., Bloodworth A. Towards innovative FRP fabric reinforcement in concrete beams: concrete-CFRP bond. Magazine of Concrete Research. 2018. Vol. 70 (Is. 15), pp. 785-797. DOI: 10.1680/jmacr.17.00016.

10. Имомназаров Т.С., Костюкова К.А., Харисова Г.А. Применение композитной опалубки в строительстве // Системные технологии. 2017. № 23. С. 21—24.

11. Абрамян С.Г., Оганесян О.В., Абрамян А.С. Изготовление опалубочных систем из пористой искусственной древесины // Инженерный вестник Дона, 2017, №4. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2017/4403

12. Nemati S., Rashidi M., Samali B. Decision Making On the Optimised Choice of Pneumatic Formwork Textile for Foam-Filled Structural Composite Panels. *International Journal of Geomate*. 2017. Vol. 13 (is. 39), pp. 220-226. DOI: 10.21660/2017.39.7350.

13. Li M., Khelifa M., Khennane A., El Ganaoui M. Structural Response of Cement-Bonded Wood Composite Panels as Permanent Formwork. *Composite Structures*. 2019. Vol. 209, pp. 13-22. DOI: 10.1016/j.compstruct.2018.10.079.

14. He PP, Hossain MU, Poon CS, Tsang DCW. Mechanical, Durability and Environmental Aspects of Magnesium Oxychloride Cement Boards Incorporating Waste Wood. *Journal of Cleaner Production*. 2019. Vol. 207, pp. 391-399.

References

1. Abramyan S. G., Akhmedov A. M., Khalilov V. S., Umantsev D. A.. *Vestnik VolgGASU. Seriya «Arkhitektura i stroitel'stvo»*. 2014. № 36 (55). Pp. 231—240.

2. Ron G., Shallaby S., Antonako T. On-Site Fabrication and Assembly for Arid Region Settlements. 36th International Conference on Education and Research in Computer Aided Architectural Design in Europe (eCAADe) ECAADE 2018: Computing for a Better Tomorrow, Vol. 1. Edited by: KepczynskaWalczak A., Bialkowski S. Lodz, Poland. 2018. Pp. 801-810.

3. Lee DM, Kim T., Lee D., Lim H., Cho H., Kang KI. Development of an Advanced Composite System Form for Constructability Improvement through a Design for Six-Sigma Process. *Journal of Civil Engineering and Management*. 2020. Vol.26 (Is. 4), pp 364-379. DOI: 10.3846/jcem.2020.12188.

4. Furet B., Poullain P., Garnier S. 3D printing for construction based on a complex wall of polymer-foam and concrete. *Additive Manufacturing* 2019. Vol.: 28, pp. 58-64. DOI: 10.1016/j.addma.2019.04.002

5. Sharafi P., Nemati S., Samali B., Ghodrat M. Development of an Innovative

Modular Foam-Filled Panelized System for Rapidly Assembled Postdisaster Housing. Buildings. 2018. Vol. 8 (Is. 8). Article Number: 97. DOI: 10.3390/buildings8080097.

6. Ponomareva Yu.A., Lyakhov V.M., Zhil'nikova T.N. Inzhenernyj vestnik Dona, 2021, №3. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n3y2021/6862.

7. Pogodin D.A., Spiridonov N.N., Khalidov A.A. Internet-zhurnal Transportnye sooruzheniya, 2019, №2. URL: t-s.today/PDF/07SATS219.pdf.

8. Donmez TU, Turer A., Anil O., Erdem RT. Experimental and numerical investigation of timber formwork beam under different loading type. Mechanics Based Design of Structures and Machines. 2020. Early Access: APR 2020.

9. Achintha M., Alami F., Harry S., Bloodworth A. Towards innovative FRP fabric reinforcement in concrete beams: concrete-CFRP bond. Magazine of Concrete Research. 2018. Vol. 70 (Is. 15), pp. 785-797. DOI: 10.1680/jmacr.17.00016.

10. Imomnazarov T.S., Kostyukova K.A., Kharisova G.A. Sistemnye tekhnologii. 2017. № 23. Pp. 21—24.

11. Abramyan S.G., Oganesyanyan O.V., Abraamyan A.S. Inzhenernyj vestnik Dona, 2017, №4. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2017/4403

12. Nemati S., Rashidi M., Samali B. Decision Making On the Optimised Choice of Pneumatic Formwork Textile for Foam-Filled Structural Composite Panels. International Journal of Geomate. 2017. Vol. 13 (is. 39), pp. 220-226. DOI: 10.21660/2017.39.7350.

13. Li M., Khelifa M., Khennane A., El Ganaoui M. Structural Response of Cement-Bonded Wood Composite Panels as Permanent Formwork. Composite Structures. 2019. Vol. 209, pp. 13-22. DOI: 10.1016/j.compstruct.2018.10.079.

14. He PP, Hossain MU, Poon CS, Tsang DCW. Mechanical, Durability and Environmental Aspects of Magnesium Oxychloride Cement Boards Incorporating Waste Wood. Journal of Cleaner Production. 2019. Vol. 207, pp. 391-399.
