

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИННОВАЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ В ТОННЕЛЕСТРОЕНИИ

*Пилюга Виктория Викторовна, студентка 4-го курса
кафедры «Мосты и тоннели»*

*Белорусский национальный технический университет, г. Минск
(Научный руководитель – Яковлев А.А., старший преподаватель)*

Для оптимизации движения был разработан тоннель в Украине п.г. Коктебель с численностью населения 2807 человек. (Рис. 1).

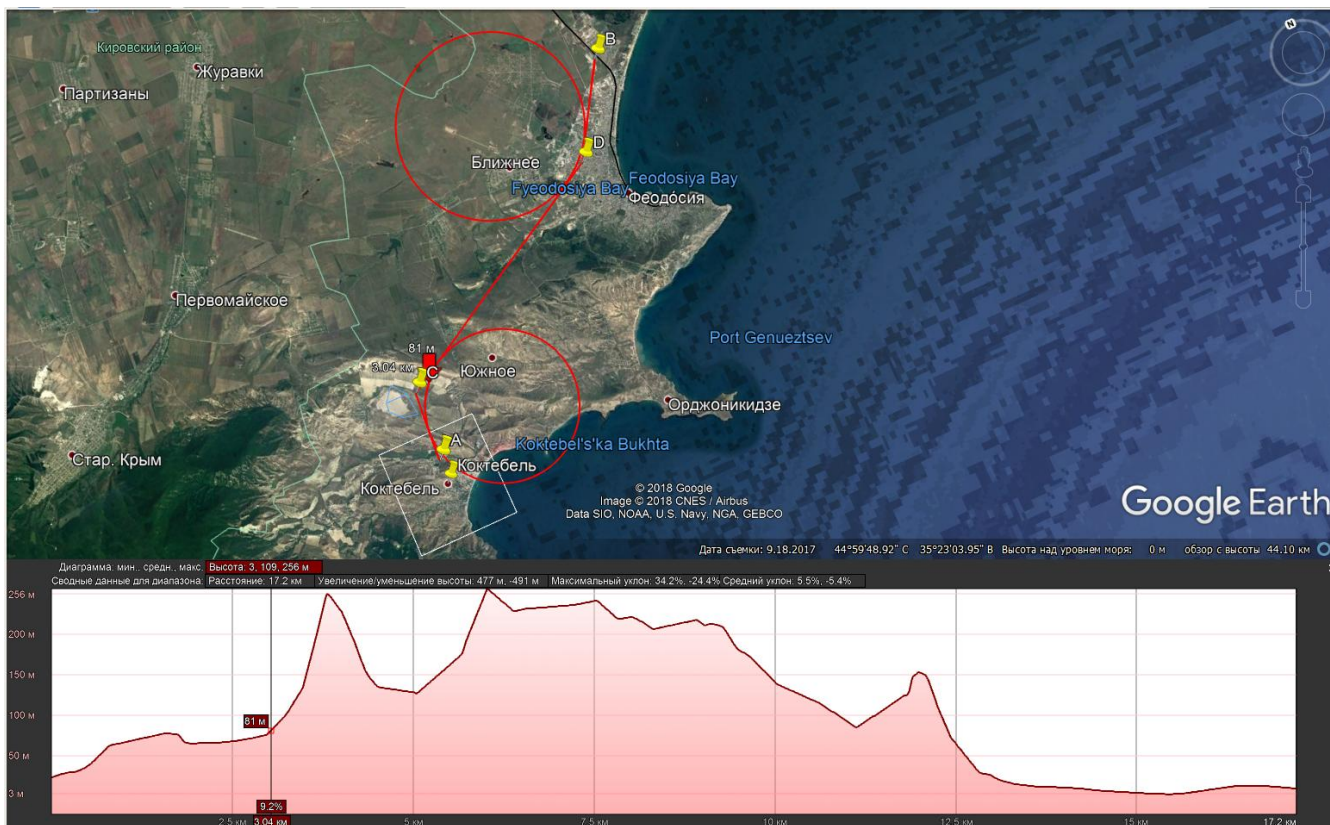
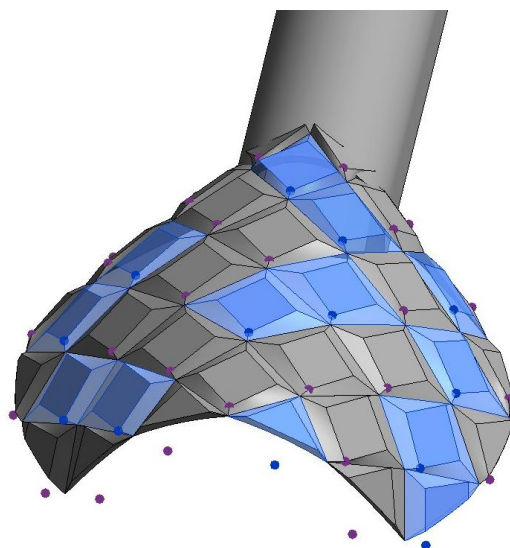
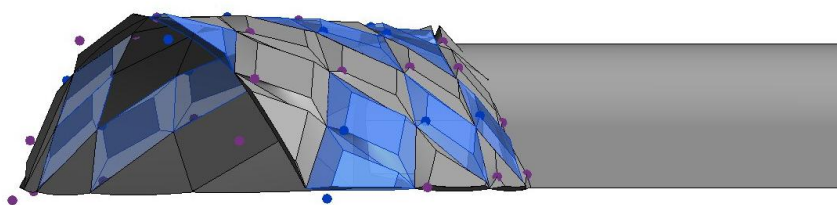


Рисунок 1 – Трассировка и продольный профиль тоннеля



а)



б)

Рисунок 2 – Портал тоннеля: а) главный фасад, б) общий вид

По периметру портала установлены солнечные батареи, которые частично будут погашать затраты электроэнергии на освещение тоннеля.

При строительстве данного сооружения рекомендовано применить следующую инновацию: микрофибру.

В настоящее время одним из превосходящих и развиваемых направлений в области транспортного тоннелестроения является технология щитовой проходки. В большинстве случаев при щитовой проходке используются сборные конструкции тоннельных обделок из железобетона. Многолетний опыт показывает, что эти конструкции подвержены образованию дефектов, связанных с недостаточной прочностью бетона в неармированных зонах, наличие которых неизбежно по эксплуатационным требованиям, а также дефектов и трещин, связанных с особенностью монтажа колец обделки и технологии щитовой проходки. Для предупреждения образования дефектов в тоннельных обделках на рынке стройматериалов предлагают новый материал –

фибробетон. Он представляет собой бетон, который в своем составе имеет фиброволокна.

Фибра – это вспомогательный строительный материал, представляющие собой синтетические волокна, используемые для микроармирования бетонных конструкций.

При армировании бетона фиброй получает такие ценные качества:

- пластичность и вязкость, что делает более удобной, быстрой и легкой работу с ним;
- морозоустойчивость;
- водонепроницаемость;
- отсутствие деформации после застывания;
- устойчивость к истиранию;
- прочность и долговечность.

При щитовой проходке в сборных сегментах тоннеля (Рис. 4) используется стальная фибра (Рис. 3); в некоторых случаях фибра может полностью заменить арматуру, в некоторых случаях значительно снизить ее количество.



Рисунок 3 – Стальная фибра



Рисунок 4 – Сборные сегменты тоннеля

В то же время, стальная фибра является выгодным с экономической точки зрения решением. Экономическая эффективность фибрового армирования достигается за счет снижения трудозатрат на изготовление арматурных каркасов, процесс изготовления которых включает следующие операции:

- протяжку арматуры
- рубку арматуры на заготовку
- прокатку заготовки
- сборку плоских сеток на точке, сборку объемных каркасов.

Экономия составляет 11% при комбинированной системе армирования и 18% при использовании стальной фибры без арматуры.

Профессор Политехнического Университета Каталонии Альберт де ла Фуэнте Антекера со своей командой провел ряд опытов и исследований фибробетона. Одним из исследований была оценка содержания фиброволокон и их ориентация.

Было выявлено, что волокна не обеспечивают равномерности армирования с одинаковой эффективностью во всех направлениях. Предпочтительные ориентации волокон возникают в результате учета ряда факторов (Рис.5).

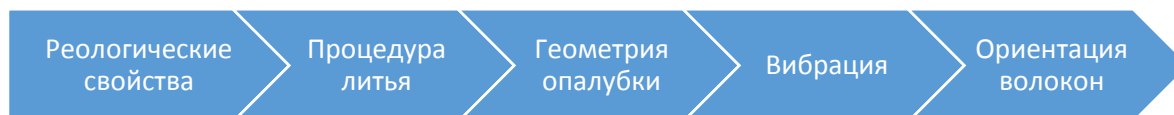


Рисунок 5 – Факторы, влияющие на ориентацию фиброволокон

Для оценки прочности фибробетона на сжатие провели ряд опытов.

Экспериментальная часть состояла из:

1) Промывание бетона, чтобы удалить мелкие частицы и отдельные волокна из агрегата вручную.

2) Давление твердого образца и отдельных волокон вручную.

Улучшенные индуктивные методы используют цилиндрическую катушку с круглыми медными спиралями и анализатор индуктивности (переносной или нет) (Рис. 6).

Применение метода

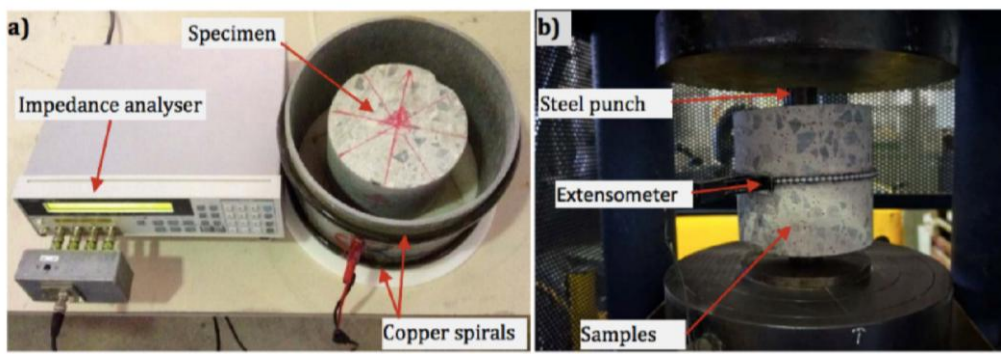


Рисунок 6 – Индуктивный метод + тест в Барселоне

По итогам теста была проведена оценка:

Повторение = $0,05 \text{ кг/м}^3$

Точность < $0,35 \text{ кг/м}^3$

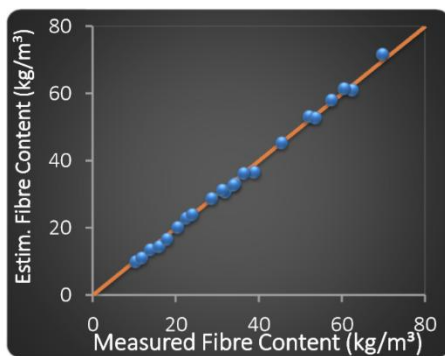


Рисунок 7 – График точности и повторяемости

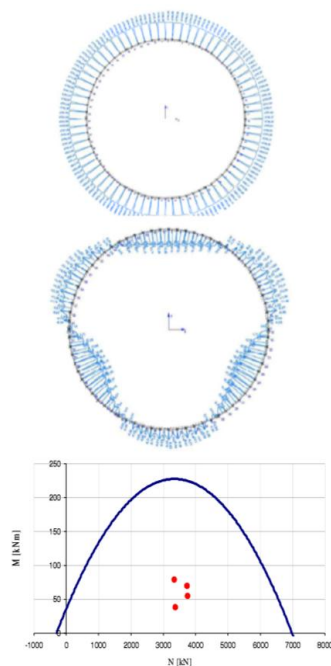


Рисунок 8 – Временные и постоянные нагрузки

Как видно из графика (Рис. 8), испытываемые образцы выдерживают большие значения прикладываемых усилий, что говорит о высокопрочности фибробетона.

Конструкция сегментов из фибробетона:

- Введение фиброолокон в МС-2010 (полная замена арматуры)
- Состояние материала:

$$\frac{f_{R1k}}{f_{LOPk}} \geq 0,4 \text{ и } \frac{f_{R1k}}{f_{R3k}} \geq 0,5$$

- Основные требования:

$$F_u \geq F_{cr} \text{ и } F_u \geq F_{SLS} \quad (\text{механические требования})$$

$$\delta_u \geq 20\delta_{SLS} \text{ и } \delta_{peak} \geq 5\delta_{SLS} \quad (\text{требования к деформации})$$

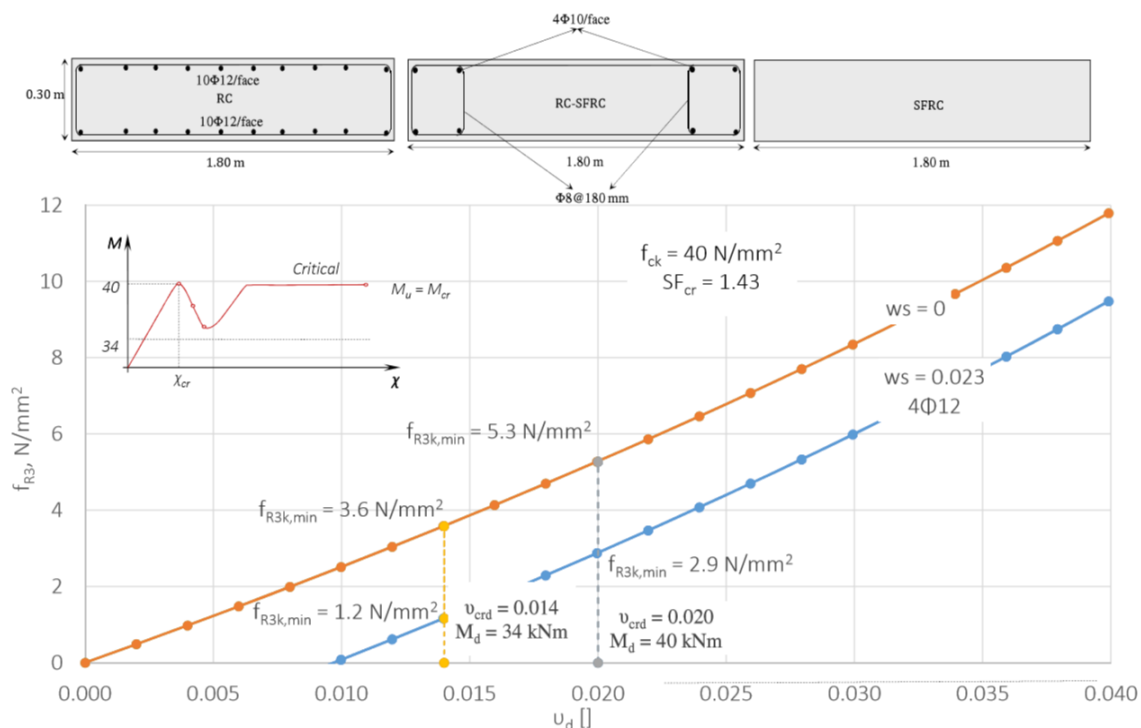


Рисунок 9 – Примеры применения различной конструкции фибры в бетоне

Таким образом при использовании фиброволокон для того чтобы заменить частично или полностью армирование железобетонных сегментов тоннельных обделок повышается прочность конструкции, снижаются трудозатраты и растет экономическая выгода. Рассмотрены конструктивные особенности армирования бетона фиброволокнами.

Литература:

4. Строительный портал: Фибра для бетона: свойства, применение – URL: <http://strport.ru/stroitelstvo-domov/fibra-dlya-betona-svoistva-primeneni>
5. Оптимизация решений для ТПМК проходки произвела революцию в современном тоннелестроении – 2016г. – URL: <https://www.massafferri.com/ru/оптимизация-решений-для-тпмк-проходк/>
6. Научные статьи профессора Альберт де ла Фуэнте Антекера – 2017- URL: <https://scholar.google.ru/citations?user=a2sVRRIAAAAJ&hl=ru>