

## ПРИМЕНЕНИЕ МИКРОКРЕМНЕЗЕМА В СОЧЕТАНИИ С МИКРОЦЕМЕНТОМ В ИНЪЕКЦИОННЫХ МЕТОДАХ УКРЕПЛЕНИЯ ГРУНТОВ

*Зенькевич Максим Олегович, студент 4-го курса*

*кафедры «Мосты и тоннели»*

*(Научный руководитель Яковлев А.А., старший преподаватель)*

Туннелирование через сложный тип почв оказаться чрезвычайно сложной и опасной задачей. В таком грунте строительство без укрепления и уплотнения невозможно. Такие участки земли характерны высоким содержанием торфа и глины (Рис. 1).

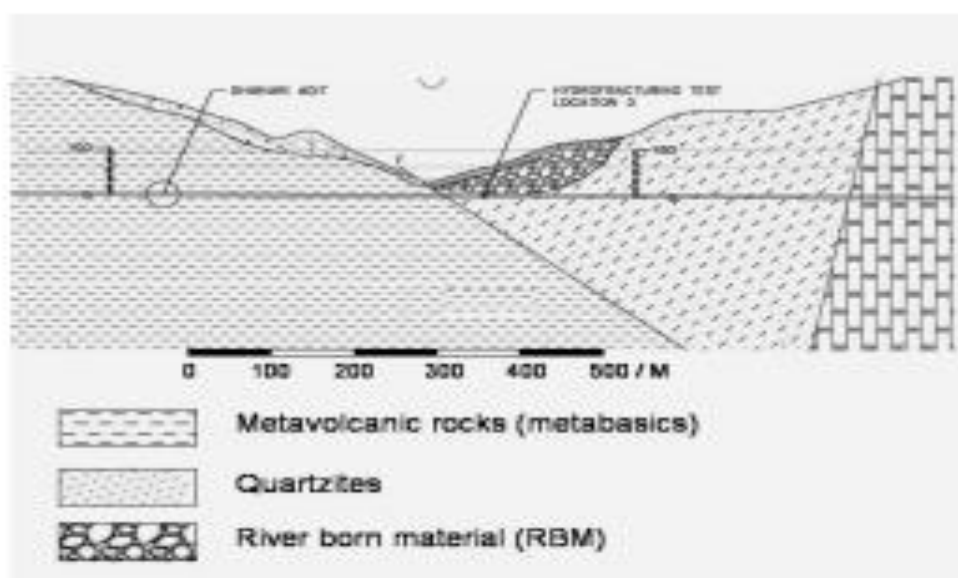


Рисунок 1 — Продольный геологический разрез с прохождением тоннеля под слабой зоной

Предварительная цементация перед туннелями имеет три основные функции: контролировать приток воды в туннель, ограничивать просадку подземных вод над туннелем и делать ход туннелирования более предсказуемым, поскольку качество горной массы эффективно улучшается. Это помогает избежать ущерба поселений, вызванного уплотнением глинистых отложений под застроенными территориями., поскольку города, как правило, строятся там, где рельеф местности более плоский из-за отложений глины.

Вода под давлением - одно из самых сложных условий горного массива, которое необходимо срочно контролировать при движении по туннелям. Если на новой поверхности туннеля внезапно происходит значительный приток

воды, необходимый контроль уже нарушен, так как после впрыска должно быть более низкое и, следовательно, менее эффективное давление. Даже герметизация протекающих отверстий под болты отнимает много времени и расстраивает работу, поскольку вода «всегда находит выход». Вода, окружающая туннель, неотразимо притягивается к атмосферному давлению, поэтому перекрывающие глинистые материалы могут затем консолидироваться из-за понижения порового давления., Близкие к туннелю, заполненные глиной, неоднородности могут быть даже разрушены, что может привести к ослаблению каменных блоков. В разломанной породе это может привести к внезапным крупномасштабным броскам, которые иногда уносят жизни и задерживают проекты ТВМ на месяцы или даже навсегда, требуя завершения строительства буровзрывных работ.

Следовательно, чтобы укрепить почву и уменьшить до минимума, необходимо применение инъекционных методов (Рис.2).

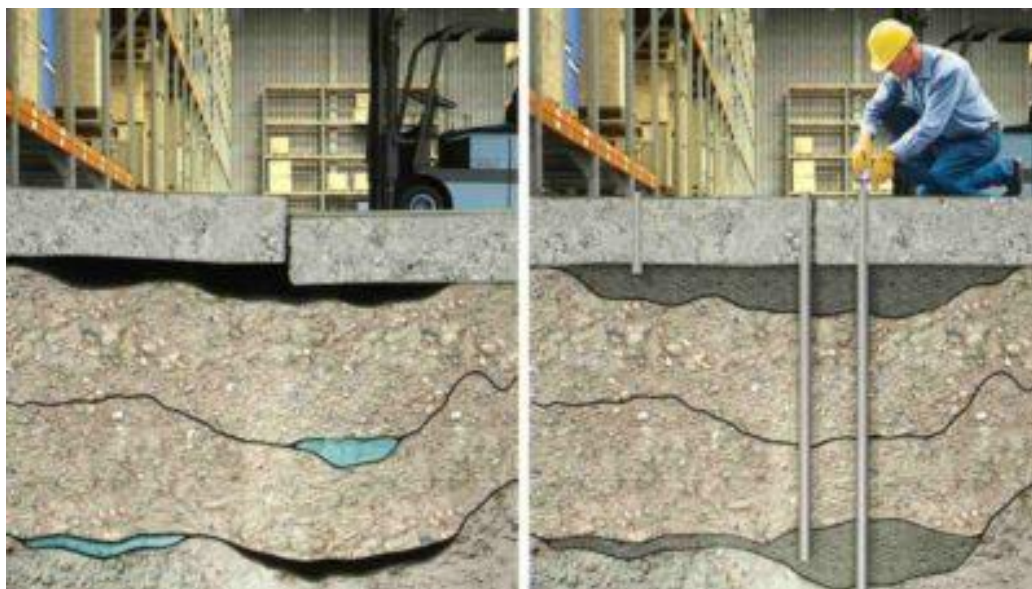


Рисунок 2 — Укрепление грунтов инъекционными методами

Основной целью является достижение такого проникновения в грунт, чтобы все самые мелкие швы были заполнены материалом.

Форма микрокремнезема под названием GroutAid, разработанная Elkem в виде суспензии, состоит из сферических частиц микрокремнезема, более или менее тонких, как сигаретный дым. Изображение огромной разницы в размерах по отношению к частицам цемента приведено на Рис. 3.

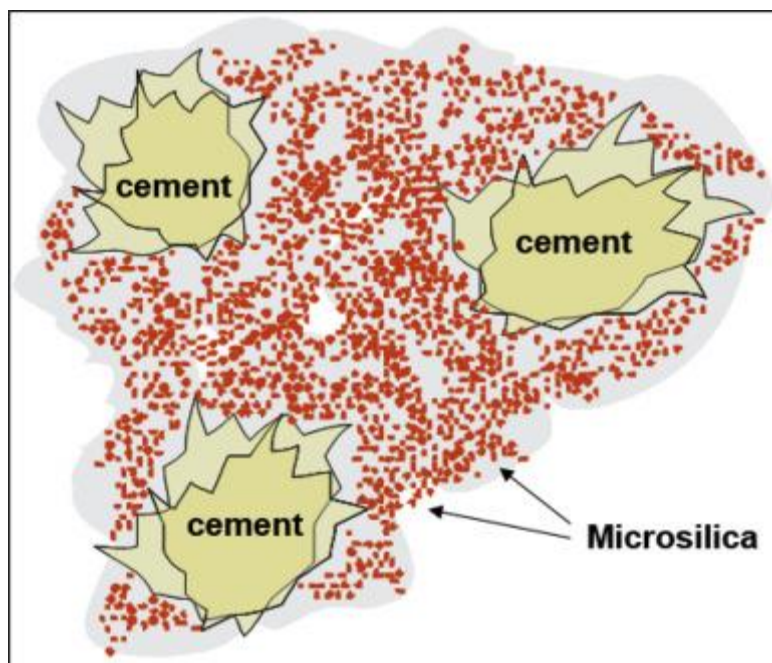


Рисунок 3 — Относительные размеры частиц цемента и микрокремнезема

Может быть от 50000 до 200000 частиц микрокремнезема на цементную частицу. В результате возникает пуццолановая реакция. Использование микрокремнезема (в форме суспензии) дает замечательные преимущества с точки зрения уменьшения усадки.

Систематическое предварительное введение стабильных, безусадочных микроцементов и добавок, является решением проблемы туннелирования через сложные породы.

#### Литература:

1. The International Journal for the Tunneling Industry «Tunneling Journal», February/March 2020
2. Шуплик М. Н. Анализ специальных способов строительства подземных сооружений в городских условиях // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2014. № 1. С. 523–546.
3. Харченко И. Я., Алексеев В. А., Ибрафилов К. А., Бетербиев А. С.Э. Современные технологии цементационного закрепления грунтов // Вестник МГСУ. 2016. Том 12. Выпуск 5. С. 552–558