

**ИЗМЕНЕНИЕ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРУЕМОГО
СОСТОЯНИЯ ВМЕЩАЮЩИХ МАССИВОВ ПРИ УСТРОЙСТВЕ
ПОДЗЕМНЫХ СООРУЖЕНИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ
ЗАЩИТНЫХ ЭКРАНОВ И ОПЕРЕЖАЮЩИХ КРЕПЕЙ**

Козловский Е.Я.

(Научный руководитель – Бойко И.Л.)

Аннотация

Тезис доклада представляет собой обзор методов строительства подземных сооружений с применением различных видов опережающих крепей не зонтового типа с использованием труб и стальных перекрытий траншейного типа, которые были внедрены при строительстве тоннелей за последние несколько лет в Российской Федерации и Республике Корея. Дана краткая оценка влияния рассматриваемых методов на напряженно-деформированное-состояние окружающего массива.

Открытый способ широко используется при устройстве подземных сооружений, но вызывает ряд проблем, таких как заторы, неудобства жителей, высокий уровень шума и т.д. Кроме того, большие сложности могут вызывать существующие пути сообщения, которые слишком чувствительны к деформациям и их перенаправление либо смещение не представляется возможным. Ряд проблем могут вызвать и различные действующие инженерные коммуникации (трубопроводы, канализация, теплотрассы и т.д.) и захороненные или законсервированные каналы. Все это вызывает дополнительные расходы и продление срока строительства.



Рисунок 1 – Фрагмент свода опережающей крепи двупутного железнодорожного тоннеля, проходящего под существующей линией. Крепь из секущихся труб и поперечным армированием используется как постоянная. Намхэ, Республика Корея



Рисунок 2 – Перегонный тоннель метрополитена Сеула с перекрытием поперечными армированными трубами, выполненное опережением забоя из угловых труб. Сеул, Республика Корея [4]



Рисунок 3 –Перекрытие поперечными армированными трубами, выполненное опережением забоя из угловых труб перегонного тоннеля метрополитена. Сеул, Республика Корея [3]

Снизить влияние на окружающий массив, а также инженерные коммуникации и сооружения в слабых неустойчивых породах (как и других неблагоприятных и сложных гидрогеологических условиях) можно путем использования опережающих крепей, которые условно можно разделить по расположению элементов относительно друг друга на линейные и зонтовые. Зонтовые крепи могут следовать криволинейным участкам трассы, выполняются непосредственно из забоя и технологически не требуют для себя создания промежуточных камер или котлованов для продления, но в сложных гидрогеологических условиях их использование не всегда бывает рациональным, нередко является затруднительным на практике. Линейные являются намного более надежными и используются даже в самых сложных условиях, но имеют ограничения по своей длине.

Можно выделить краткую классификацию опережающих крепей:

1. Зонтовые:
 - 1.1. Металлопрокат с опиранием на рамы.
 - 1.2. Инъекционные или основанные на струйном укреплении.
 - 1.3. Щелевые.
 - 1.4. Комбинированные.
2. Линейные:
 - 2.1. Использование стальных труб малого диаметра:
 - 2.1.1. Продольное однострубноое перекрытие стальными трубами с шарнирным креплением или без него (прим. - также *pipe roof method*, имеющий самое большое распространение в ближайших странах [1]).
 - 2.1.2. Мультитрубный метод – перекрытие стальными секущимися трубами с поперечным армированием (прим. - также *upgraded pipe roof method*).
 - 2.1.3. Перекрытие стальной постнапряженной плитой с опиранием на трубы (прим. также *steel tubular slab*).
 - 2.1.4. Кассетный метод с использованием объединенных полутруб.
 - 2.2. Использование стальных труб большого диаметра:
 - 2.2.1. Однострубноое перекрытие из стальных труб с срезкой нижних частей и объединением постоянной обделкой (прим. - также *new tubular roof method*).
 - 2.2.2. Однострубный метод с установкой поперечных межтрубных жестких связей (прим. - также *tubular roof and trench method*).
 - 2.2.3. Метод поперечного трубного перекрытия (прим. - также *tubular roof construction method*)
 - 2.2.4. Создание свода объединением труб поперечной несущей аркой (прим. – также *cellular arch method* [2])
 - 2.3. Основанные на принципе продавливания постоянной железобетонной обделки.
 - 2.4. Продавливание составных стальных плитных элементов на замках прямоугольными микрощитами.

Стоит отметить, что несмотря на давнюю практику использования защитных экранов на постсоветском пространстве, данные конструкции крепей носили в большинстве случаев отсечной и временный характер, за последние двадцать лет данное направление получило большое развитие. Бурный рост произошел не только в странах Азии (и особенно Корея), но и в Европе – именно конструкция, созданная по опережающему методу (см. п.2.2.4 классификации), является постоянной на станции метро «Венеция» в Милане [2].



Рисунок 4 –Армирование поперечной арки с врезкой в продольные трубы на станции метро «Венеция». Милан, Италия [www.rocksoil.com]

Известно, что старый однотрубный метод мог получать большие деформации, превышающие 15 см при некоторых условиях и размерах заходок [1], для снижения которых приходилось применять армирование забоя стеклопластиковыми анкерами, осуществлять проходку уступами. Современные жесткие крепи в комбинации с другими современными геотехнологиями позволяют свести влияние строительства до минимума, что и показывает практика тоннелестроителей Европы и Азии последние годы.

Заключение

Все перечисленные методы рационально использовать в ситуациях, когда какие-либо деформации недопустимы, либо в условиях слабых геомеханических свойствах слагающего массива. Современные методы строительства с линейными опережающими креплениями позволяют избежать деформаций окружающего массива и не нуждаются в временных распорных конструкциях, могут быть использованы как постоянная крепь.

Литература

1. Щекудов Е.В. Взаимодействие защитных экранов из труб с грунтовым массивом при строительстве тоннелей мелкого заложения: Дис. ... канд. техн. наук : 05.23.11 : Москва, 2003 - 204 с.
2. Lunardi P. Construction technologies for wide span tunnels. A comparison of methods // Geomechanik-Kolloquium. – 1996. - №.6, Felsbau 14 – P. 358-362.
3. Eun Chul Shin, Sung Hwan Kim. Metro Construction Work in Incheon, Korea // 14th Asian Regional Conference on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering 23-27 May, 2011, Hong Kong, China.
4. Yooshin geotech and tunneling cases [Эл.ресурс] - www.yooshin.co.kr