

РАСЧЁТ ПАРАМЕТРОВ ОПЕРЕЖАЮЩЕЙ БЕТОННОЙ КРЕПИ*

Студ. Сибилёва Н.А., ДонНТУ, г. Донецк

Сущность применения опережающей бетонной крепи (ОБК) заключается в предварительном создании впереди забоя выработки временной крепи путём бетонирования методом набрызга предварительно созданной контурной щели длиной 3-4 м и высотой 10-20 см. Щель прорезается под небольшим углом (4-12) к продольной оси тоннеля, чтобы обеспечить возможность возведения последующих секций ОБК. В отличие от традиционной крепи (арочной, анкерной, набрызгбетонной), ОБК стабилизирует породный массив до разработки и предотвращает его сдвигание. Эта крепь обладает повышенной прочностью за счёт высокой прочности самого набрызгбетона, прочностной связи его с породными стенками и образования упрочнения бетонной оболочки. Практически исключаются переборы породы из-за ровного очертания контурной щели, сводятся к минимуму деформации породного массива и поверхности земли, повышаются темпы проходки. ОБК входит в состав постоянной конструкции тоннеля, в то время как другие виды крепи выполняют лишь временные функции.

Стоимость строительства с ОБК на 40-60% ниже, чем при сооружении традиционным способом. Целесообразная область применения ОБК - некрепкие скальные, полускальные и мягкие породы с коэффициентом крепости по М.М. Протодряконову $f=2-5$.

Для нарезания контурной щели создано специализированное оборудование с баровым рабочим органом, предназначенное для работы в породах различной крепости. При проходке тоннелей с ОБК во Франции применяли несколько видов щеленарезных машин. Машина для проходки в крепких породах, сконструированная французскими фирмами «Супремек» и «Перфорекс» и выпускаемая фирмой «Сершар», включает смонтированную на гусеничном ходу порталную раму, пол которой свободно проходит оборудование для разработки и погрузки породы. К раме консольно прикреплен сборно-разборный металлический щит, очертание которого соответствует проектному контуру выработки. По двум зубчатым рейкам арочной формы в передней и задней частях рамы перемещается каретка с установленным на ней баровым органом; длина бара 2,27 м.

Машина позволяет нарезать щель глубиной 1,9 м, высотой 80-100 мм, под углом не менее 10^0 к горизонтальной оси. Большинство из построенных с применением ОБК тоннелей, заложены в некрепких скальных, полу скальных и мягких породах. Проходку тоннелей осуществляют горными способами нижнего уступа или сплошного забоя с разработкой породы механизированными способами без применения буровзрывных работ.

В зависимости от требуемой толщины крепи высота щели изменяется от 10 до 20 см, глубина её определяется глубиной проникновения рабочего органа щеленарезной машины и не превышает 5,0 м. Однако в слабоустойчивых нарушенных породах глубину щели следует уменьшать до 1 - 1,5 м. В процессе нарезания щели рабочий орган машины наклонен наружу, так что щель приобретает коническую форму. Это даёт возможность «перекрытия» соседних секций ОБК не менее чем на 0,3 м и создания непрерывной крепи. Увеличение длины «перекрытия» до 1-1,5 м хотя и превышает несущую способность обделки, но значительно снижает темпы проходки. Сразу же после нарезки очередной щели её заполняют бетонной смесью по технологии набрызгбетонирования в торец щели.

Время набора прочности бетона в щели изменяется в довольно широких пределах: от 4-6 ч (Парижский метрополитен) до 10-15 ч (тоннель Акико, Япония) и 16-17 ч (тоннели Фонтенэ и Со, Франция). После того как бетон наберёт требуемую прочность (порядка 8-10 МПа), под прикрытием ОБК разрабатывают породу в забое на величину заходки, используя

* Работа выполнена под руководством проф. Лысикова Б.А. ДонНТУ

тоннелепроходческую машину с рабочим органом избирательного действия или тоннельный экскаватор. По мере разработки породы ОБК подкрепляют стальными арками, располагая их с шагом 2-2,5 м. Продолжительность нарезания щели в полускальных и мягких породах определяется возможностями щеленарезной машины и составляет 3-15 мин при средней скорости резания 1 м/мин, а время цикла устройства одной секции ОБК составляет 3-5 ч. Постоянную обделку возводят на расстоянии 15-20 м от забоя с использованием передвижной опалубки.

К достоинствам способа следует отнести гибкость технологии, хорошую приспособляемость к изменяющимся инженерно-геологическим условиям. Проходка тоннелей с ОБК может составить альтернативу открытым способам строительства тоннелей мелкого заложения на застроенных участках городских территорий.

Работы по сооружению тоннеля производят в следующей последовательности. Из забоя выработки в пятовых сечениях на длину заходки бурят опережающие скважины диаметром (2- 3)Н, где Н – толщина щели. Затем проводят опережающую щель по контуру калоттного сечения выработки. Скважины и щель заполняют бетонной смесью. После набора бетоном необходимой прочности и образования крепи и пятовых усиливающих элементов, разрабатывают грунт на величину заходки. При этом элементы воспринимают на себя дополнительные напряжения и исключают утолщения обделки в пятах. Затем возводят обделку тоннеля постоянной толщины, что снижает расход бетона.

В настоящее время нет формулы для определения толщины опережающей бетонной крепи, поэтому я предлагаю произвести расчёт по формуле проф. Протодяконова, т.к. она учитывает необходимые параметры – пролёт выработки, марку бетона, крепость пород.

$$d_0 = 4.4 \frac{l_0}{[\sigma_{сж}] * \sqrt{f}} * \sqrt[3]{\frac{l_0}{h_0}} ; \text{м} \quad (1)$$

Таблица 1 - Исходные данные:

L – полупролет выработки	2,5	3	3,5	4	4,5	5	5,5	6
G - марка бетона	200	300	400	500				
F – крепость пород	2	3	4	5				
h – высота свода выработки	$\frac{l_0}{\sqrt{f}}$							

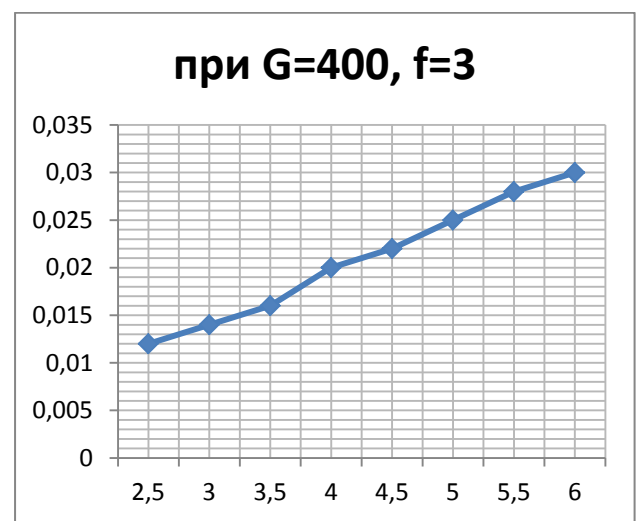
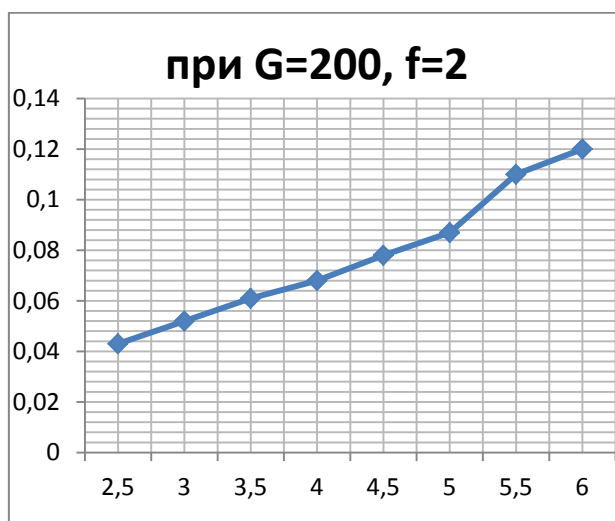


Рис.1 - Зависимость толщины крепи от полупролёта выработки

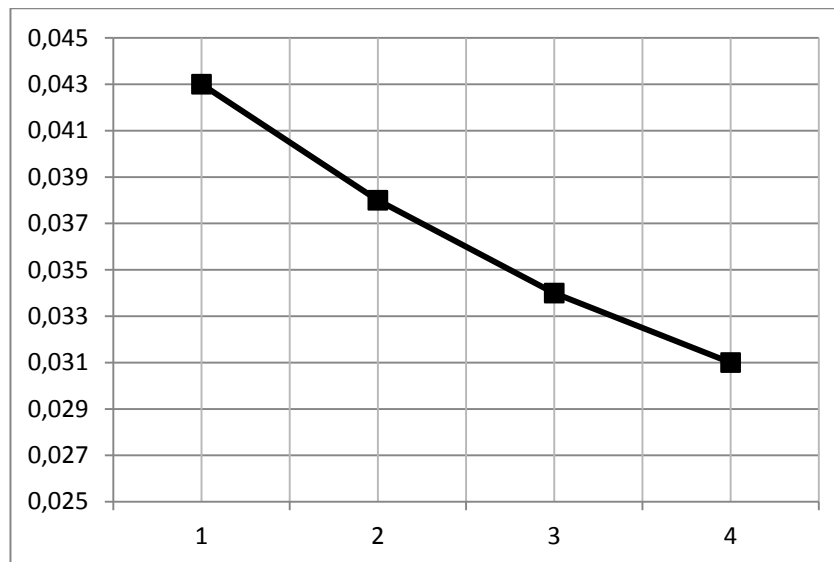


Рис.2 - Зависимость толщины от крепости пород, при $G=200$, полупролёт выработки = 2,5 м

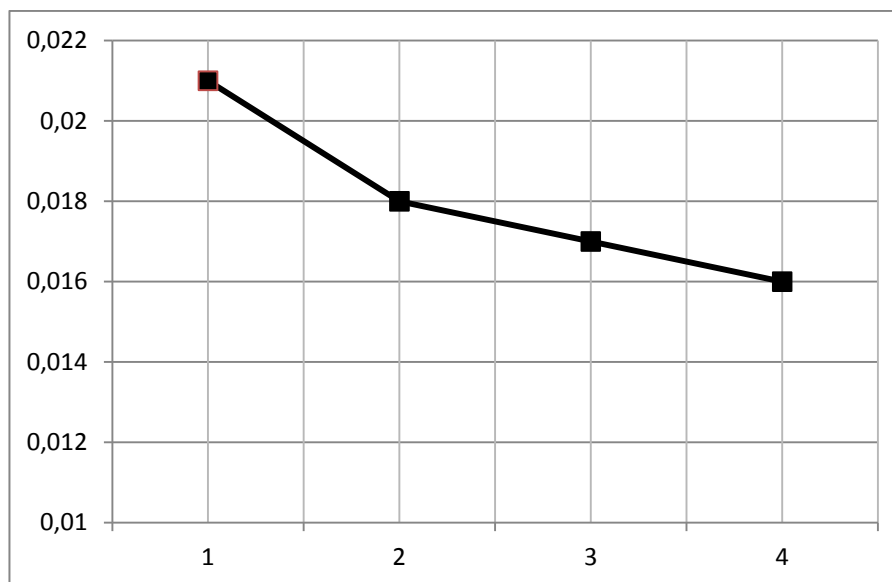


Рис.3 - Зависимость толщины от крепости пород, при $G=400$, полупролёт выработки = 4 м

Библиографический список

1. Лыиков Б.А., Метро и тоннели. 2002 г, №3
2. Совершенствование технологии строительства шахт и подземных сооружений. Сб. науч. трудов. – Донецк: «Норд-Пресс», Выпуск №11, 2005 г.