

КОНСТРУКЦИИ И РАСЧЕТ КРЕПЛЕНИЯ КАМЕР БОЛЬШОГО ПОПЕРЕЧНОГО СЕЧЕНИЯ В СОЛЯНЫХ ПОРОДАХ

Дементьева Анна Владиславовна, Карасев Максим Анатольевич

ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский горный университет»

Lutik-nutic@mail.ru

При строительстве выработок в соляном массиве с увеличением глубины проходки увеличиваются деформационные свойства породы. Чем больше глубина строительства, тем больше соляные породы проявляют реологические свойства, которые необходимо учитывать при строительстве.

Современные методики расчета деформации соляных пород не рассчитаны на применение на больших глубинах, так как не учитывают длительное развитие деформаций. Кроме того, при увеличении площади поперечного сечения подземного сооружения методика дает заниженные результаты. Для более точного прогноза напряженно-деформированного состояния системы крепь-массив необходимо разработать численную геомеханическую модель, учитывающую условия будущего строительства.

В качестве исходных данных в задаче рассматривается камера подковообразного сечения с размерами 13×22 м. Строительство камеры планируется в соляном массиве на глубине более 1 км на 50-летний период эксплуатации. В таком случае смещения породного контура выработки будут превышать 1 м (Согласно имеющимся экспериментальным данным [1] на глубине 850 м за 8 лет эксплуатации смещения контура камеры составляют 150 мм).

Ввиду величины ожидаемых смещений крепление камеры должно осуществляться податливой крепью [2], реализующей часть деформаций и тем самым снижая величину горного давления. Реализация податливости происходит за счет наличия в конструкции сильно деформируемых элементов. Такие элементы могут располагаться как в качестве самостоятельного податливого слоя, устанавливаемого в пространство между основной крепью и массивом, так и в качестве элементов, внедряемых в сечение основной крепи. Принимая во внимание размеры камеры и величину ожидаемых смещений, был выбран второй вариант крепления.

Податливые элементы могут выполняться из различных материалов, но чаще всего – в виде стальных труб или пенобетонных элементов. Согласно данным лабораторных испытаний [3], деформационные характеристики пенобетонных элементов как элементов податливости наиболее полно удовлетворяют поставленной задаче.

Таким образом, для крепления камеры сечением 13×22 м, располагающейся в соляном массиве на глубине 1 км, была выбрана податливая крепь, выполненная в качестве слоя набрызг-бетона с открытыми пазами, заполненными пенобетонными элементами.

Расчет камеры производился в программном комплексе Abaqus CAE. Для учета реологических свойств соляного массива поведение соляных пород описывалось с помощью функции «Creep». Параметры модели подбирались на основании предыдущих исследований. Поведение набрызг-бетона моделировалось как упругое, а пенобетонных элементов – с помощью модели «Crushable foam». В основе модели лежит эллиптическая поверхность текучести с объемным упрочнением. Подбор параметров модели производился на основании данных имеющихся лабораторных испытаний.

Моделирование задачи производится в плоской постановке. Массив соляных пород мощностью 100 м окружен плотными глинами. К верхней границе модели прикладывается нагрузка, имитирующая вышележащую толщу пород, а остальные границы закреплены от смещений, что имитирует положение пород в нетронутом массиве.

Расчет состоит из двух этапов. Первый этап – моделирование напряженного состояния массива, второй – длительного поведения соляных пород. В качестве выходных данных выводились напряжения и деформации в боковой и верхней точках сечения.

Напряжения в крепи не превышают предел прочности набрызг-бетона и на конец эксплуатационного периода составляют 15,7 МПа в боковой точке (2,5 МПа в своде выработки), что говорит о том, что крепь может быть использована в течение всего периода эксплуатации без дополнительных охраняющих мер.

Максимальные смещения свода выработки составляют 1 м, а боков – 0,61 м. При проектировании поперечного сечения камеры была учтена величина ожидаемых смещений контура, поэтому на конец эксплуатационного периода с учетом реализации смещений размеры камеры будут удовлетворять минимально допустимым.

Таким образом, применение податливой крепи, состоящей из набрызг-бетонных и пенобетонных элементов, благоприятно скажется на устойчивости породного контура выработки. При этом напряжения в крепи не будут превышать предела прочности материала, а конвергенция стен – минимально допустимых размеров камеры.

Литература

1. Dawson P. R., Munson D. E. Numerical simulation of creep deformations around a room in a deep potash mine, Int. J. Rock Mech. Min. Sci & Geomech. Abstr. – Vol. 20, 1983.

2. L. Cantieni & G. Anagnostou The interaction between yielding supports and squeezing ground // Tunneling and underground space technology. – 2009.

3. Anagnostou G. & Cantieni L. Design and analysis of yielding support in squeezing ground//11th ISRM Congress, The Second Half-Century of Rock Mechanics. July 9–13, Lisbon, Portugal. – 2007.