

균열전파로 인한 암석의 이방성 거동

신종진, 전석원¹⁾

한국자원공학회 춘계학술발표대회 발표논문, 조선대학교, 광주, 2000년 4월 14-15일

1. 서론

암석에 존재하는 다양한 크기의 불연속면으로 인해 암석은 다양한 거동을 보인다. 이러한 복잡한 암석의 거동을 해석하기 위해 균열모형에 관한 연구가 많이 이루어진 바 있다. 본 연구에서는 활주균열모형(sliding crack model)을 사용하여 이차원적인 횡등방성을 묘사하는 탄성계수를 암석에 가해지는 하중에 따라 구하였고, 이를 탄성과속도 시험을 통해 구한 값과의 비교를 통해 균열모형의 유효성을 알아보았다.

2. 이론적 고찰

Jeon[1]은 역학적인 균열모형을 이용하여, 암석내 성장하는 균열로 인해 발생하는 횡등방성을 묘사하는 유효탄성계수를 구하는 식을 제시하였다. 다음의 수식은 균열모형으로부터 유도된 이론적인 유효탄성계수중의 하나를 나타낸다.

$$E_{1,eff} = \frac{E}{\left[1 + \frac{16}{\pi(v_0 l)} \sum_{i=1}^N l_{0i}^2 (s_i c_i - \mu c_i^2)^2 c_i^2 \ln \frac{l_i}{l_{0i}}\right]}$$

여기에서, N 은 균열의 총개수, l_0 은 초기 균열의 길이이고, l 은 자라난 균열의 길이이며, s 는 $\sin \theta$ 를 c 는 $\cos \theta$ 를 나타낸다. θ 는 초기 균열의 방향을 나타낸다.

단축인장하에서 탄성과속도를 통해 원래 횡등방인 암석의 탄성계수를 구하는 시험이 Liao et al.[2]에 의해 수행된 바 있다. 5 가지의 탄성과속도를 통해 관심의 대상이 되는 공학적인 상수를 구하는 식은 다음의 탄성계수의 역행렬로부터 구해진다.

$$\begin{aligned} C_{11} &= \rho V_{p,y}^2 & C_{33} &= \rho V_{p,z}^2 \\ C_{44} &= \rho V_{s,zx}^2 & C_{66} &= \rho V_{s,xy}^2 \\ C_{13} &= \sqrt{\left(2\rho V_{p,45}^2 - \frac{(C_{11} + C_{33})}{2} - C_{66}\right)^2 - \frac{(C_{11} - C_{33})^2}{4}} - C_{66} \end{aligned}$$

여기에서, V_p 는 P 파의 속도를 V_s 는 S 파의 속도를 나타낸다.

3. 본론

1) 초기 균열에 관한 정보 획득

균열모형에 사용되는 초기 균열에 관한 정보를 하중이 가해지지 않은 암석의 표면을 가공하여 전자 현미경으로 관찰하여 구하였다. 초기 균열에 관한 정보는 균열의 개수, 길이 분포, 방향 분포이며 여산대리석의 경우 그림 1 과 같이 14 mm² 안에 167개의 균열이 관찰되었다.

2) 활주균열모형을 이용하여 이론적인 유효탄성계수 구하기

활주균열모형을 이용하여 주응력방향으로 발달한 균열로 인해 생긴 이방성을 묘사하는 유효탄성계수를 구하였다. 그림 3, 4 에서 작은 점선으로 표시된 부분이 균열모형을 이용하여 유효탄성계수를 구한 결과이다. 대략 파괴하중의 70% 부근에서 균열이 자라나기 시작함을

1) 서울대학교 지구환경시스템공학부

알 수 있고, v_2 의 경우를 제외한 나머지 유효탄성계수는 모두 하중이 증가함에 따라 감소함을 알 수 있다.

3) 탄성과속도 시험을 통한 유효탄성계수 구하기

포천화강암과 여산대리석 두 종류의 암석을 사용하여 하중단계별로 5 가지 방향으로 탄성과속도를 측정하여 균열의 발달로 인한 횡등방체의 거동을 나타내는 유효탄성계수를 실험적으로 구할 수 있었다. 특히, 여산대리석의 경우 얇은 사각형 시료를 만들어 균열이 발전하는 방향을 횡등방성이 되도록 유도하였다. 그림 2 는 여산대리석의 하중단계별 탄성과속도를 나타내는 것이며, 파괴하중의 65 % 이후부터 탄성과속도의 감소가 이루어짐을 알 수 있다.

4. 결론

균열모형의 유효성을 탄성과속도 시험을 통하여 알아볼 수 있었다. 이를 통해, 초기 균열에 관한 정보를 여러 가지 이용 가능한 방법을 통하여 구할 수 있으면 암석의 비선형거동을 예측하는 것이 가능할 것이라 판단된다.

5. 참고문헌

- [1] Jeon, S., 1999, "Numerical Analysis of Rock Behavior with Crack Model Implementation", Tunnel & Underground, Vol. 9, pp. 56-63.
- [2] Liao, J.J., Hu, T., & Chang, C., 1997, "Determination of Dynamic Elastic Constants of Transversely Isotropic Rocks Using a Single Cylindrical Specimen: Int. J. Rock Mech. Min. Sci. & Geomech. Abstr., Vol. 34, No. 7, pp. 1045-1054.

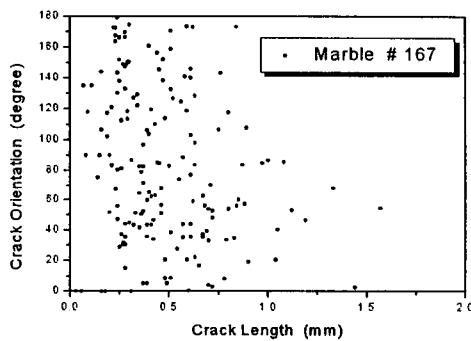


Fig. 1 Initial crack information.

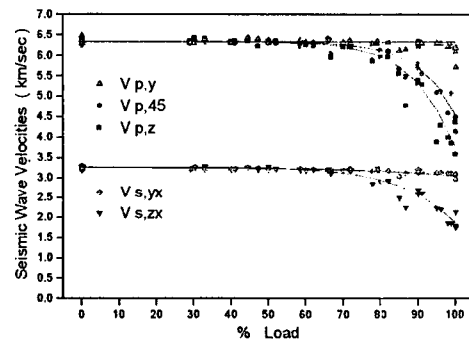


Fig. 2 Ultrasonic wave velocities.

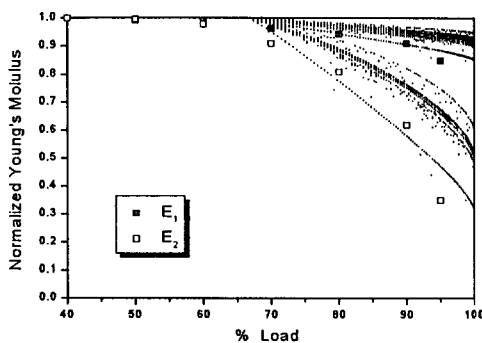


Fig. 3 Young's modulus.

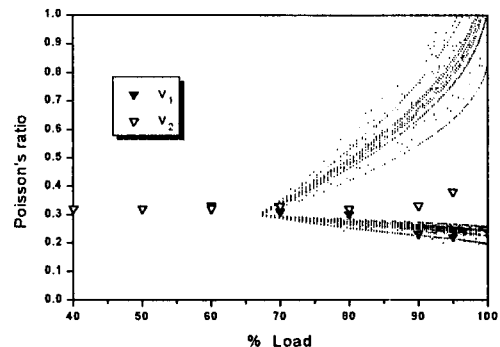


Fig. 4 Poisson's ratio.