

일축재하식 정적파쇄기에 의한 일자유면 암반내 균열진전과정에 연구

조상호¹⁾, 김승곤¹⁾, 양형식²⁾, 가네꼬 카츠히코³⁾

1. 서론

천공을 이용한 암석의 정적파쇄는 천공내에 가압을 하여 공벽내에 균열을 발생시킴과 동시에 소정의 길이 또는 위치까지 진전시켜 암괴를 파단하는 작업으로 볼 수 있다. 그러나 사용하는 파쇄기의 파쇄능력은 공벽내 균열을 발생시킨 후, 그 균열을 성장시키기 위한 재하능력으로 간주하고 있다¹⁾. 여기서 파쇄기의 파쇄능력평가 및 파쇄기의 최적설계를 위해서는 공벽의 재하에 따른 공벽내 균열의 발생과 성장과정의 역학적 검토가 필요하다.

본 연구에서는 천공을 이용한 정적파쇄작업의 조건에 맞추어 프로그램을 개정하고 최적인 파괴조건을 기초자료를 얻기위한 목적으로 해석을 수행하였다. 또한 일축재하에 따른 하중과 균열길이를 분석하고 있다.

2. 천공을 이용한 파쇄공법

천공을 이용한 파쇄공법에는 재하방식에 따라 다양한 공법으로 구별된다¹⁾. 그림 1에서는 일반적인 공벽에 작용하고 있는 재하방식을 구분하여 보여주고 있다. 그림 1(a)는 정수압재하로서, 수압식파쇄 및 정적파쇄제를 이용한 경우에 해당되며, 그림 1(b)는 일축재하방식으로 유압잭과 유압빼기(비거)가 대응된다. 그림 1(c)와 그림 1(d)는 경질고무스리브형의 유압셀을 이용한 파쇄공법이 해당된다.

1) 전북대학교 자원·에너지공학과
2) 전남대학교 지구환경시스템공학부
3) 북해도대학교 대학원공학연구과

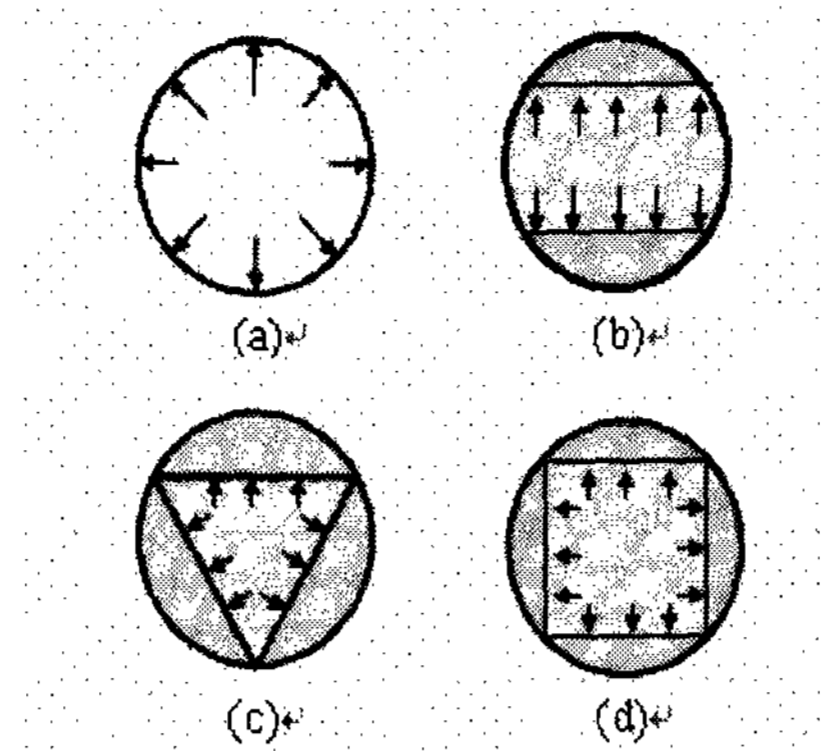


그림1 천공을 이용한 파쇄공법의 재하방식

본 연구에서는 앞에서 소개한 공법들을 비교하여, 재하하는 방향의 수가 적고 가장 단순한 경우인 (b)의 모델을 채용하였다. 특히 그림1(b)과 같은 일축재하방식의 할암공법은 대표적으로 그림 2에서 보여주는 유압썰기(비거)가 있다. 유압썰기는 약 20년전 서독의 다루다사에서 개발하여 지금까지 주요 할암공법으로 채용되어 오고 있다.



그림 2 유압 썰기(비거)

3. 파괴과정해석

일자면유면 내 암반의 파괴과정을 수치적으로 모사하기 위해서 하나의 자유면과 원형천공의 기하형상을 고려할 필요가 있다. 그림 3에서는 본 해석에서 적용한 일자유면과 천공의

배치상황을 보여주고 있으며, 해석 경계면의 영향을 줄이기 위하여 해석경계를 천공으로부터 10미터 이격시켜 해석을 수행하였다.

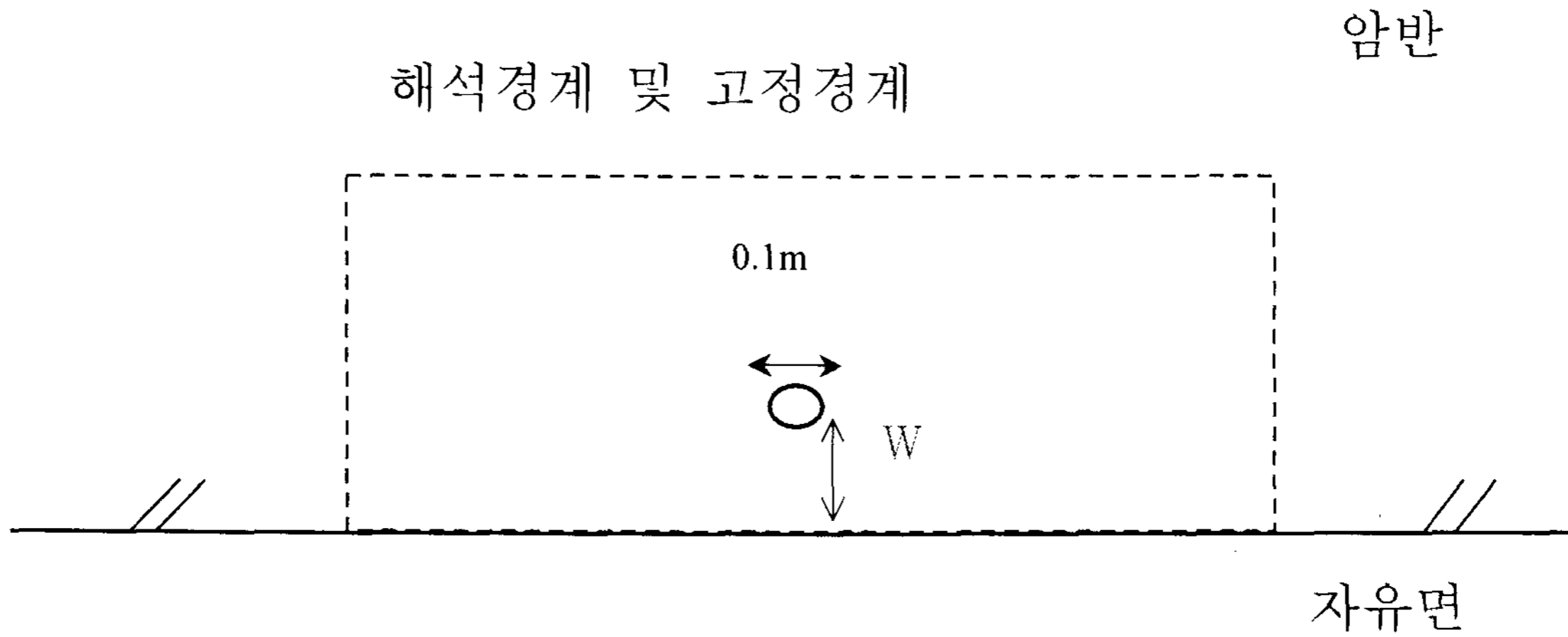


그림 3 해석모델의 기하형상

천공벽에는 그림 4와 같이 일정속도로 증가하는 하중함수를 적용시켰다. 여기서 하중속도는 하중이 100MPa에 이르는데 0.02초가 걸리도록 설정하였다.

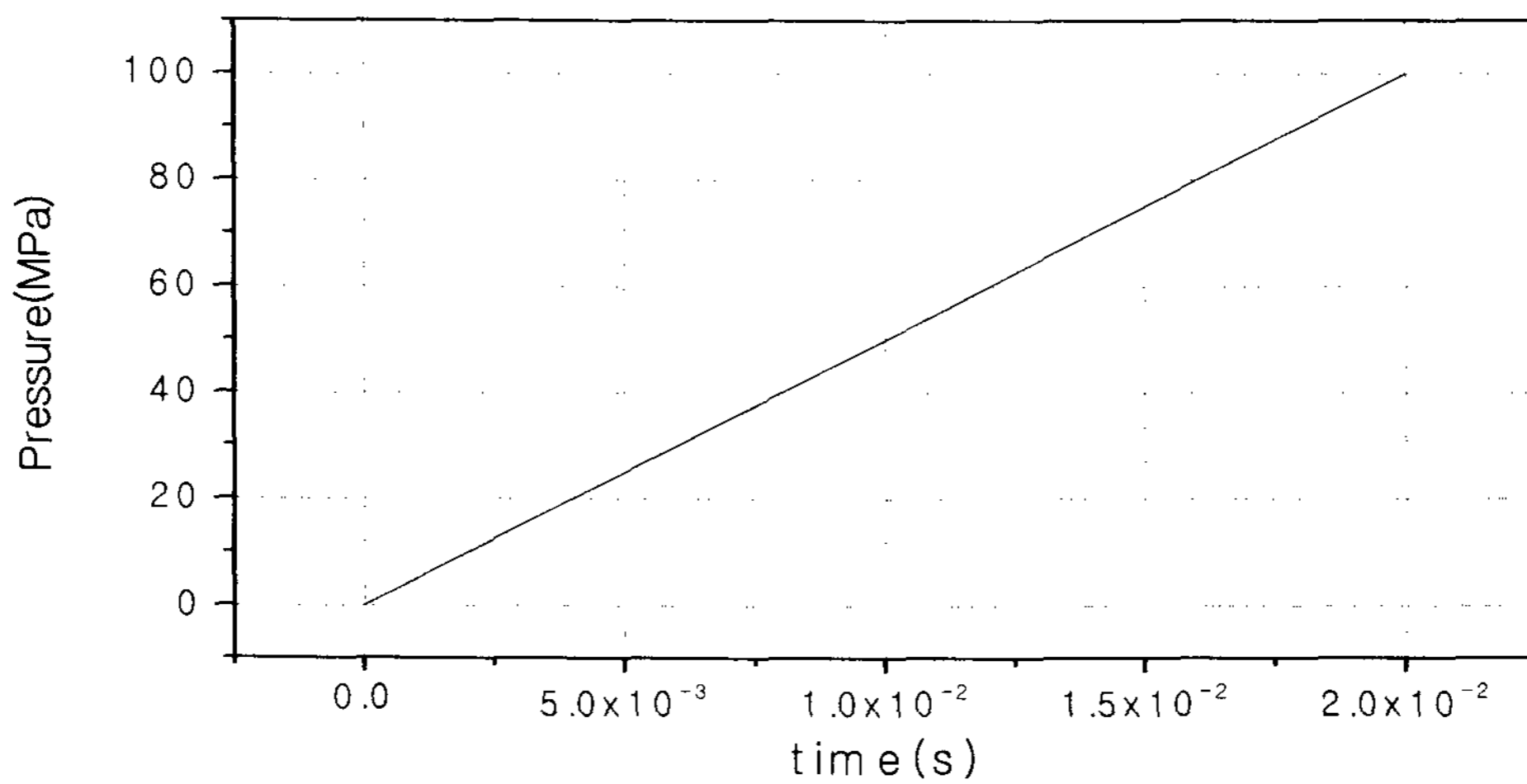


그림 4 압력파형

해석은 일자유면의 유무, 재하각도($1/2\pi$, $1/3\pi$, $1/4\pi$, $1/6\pi$), 최소저항선(0.3m, 1m)를 고려하여 해석모델 및 가압조건을 변경하여 수행하였다. 그림 5는 재하각도가 $1/4\pi$, 최소저항

표, 양형식, 가네꼬 카츠히코

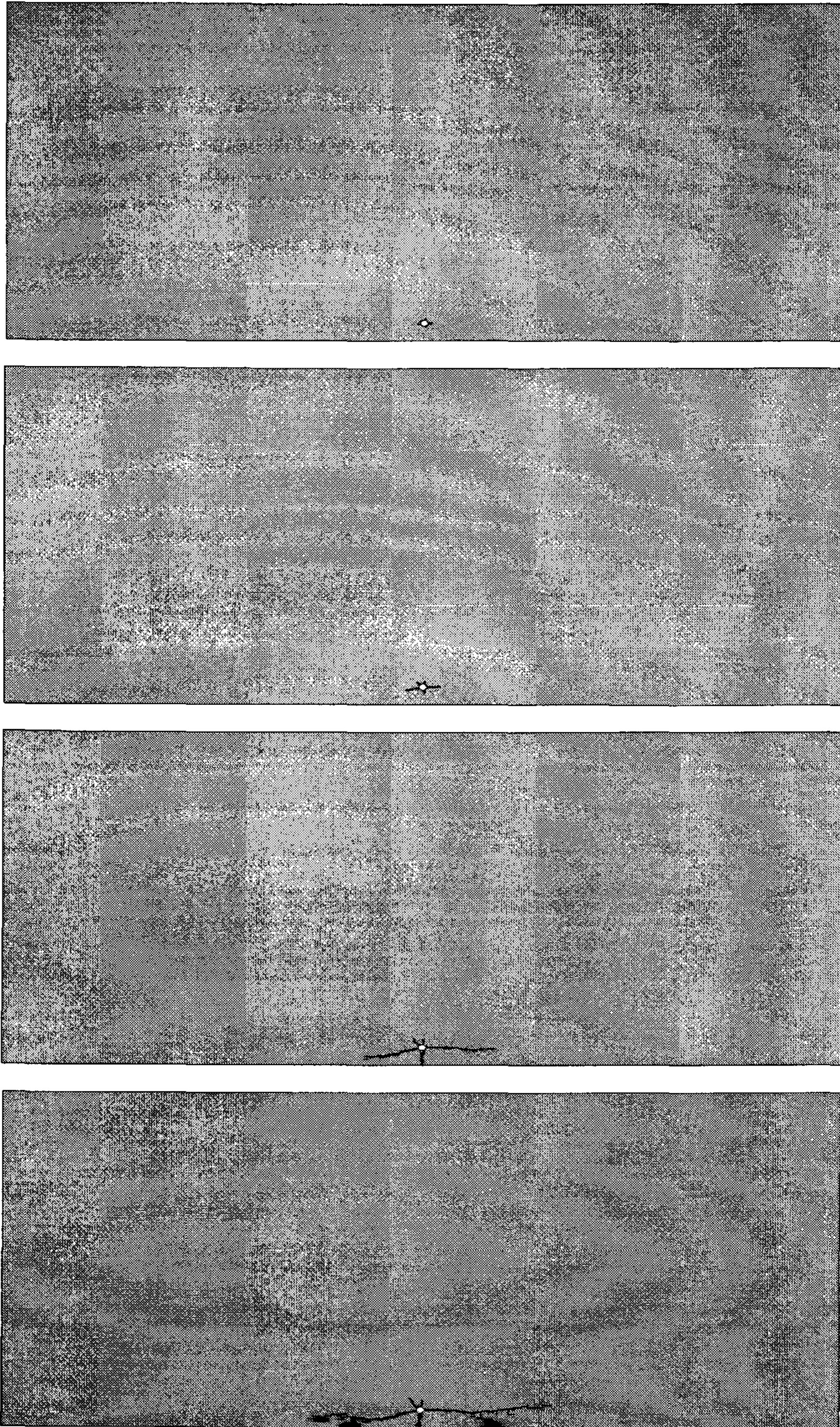


그림 5 일자유면 암반내 압축파괴 및 인장균열의 전파과정

선이 0.3m인 경우의 파괴과정해석결과를 보여주고 있다. 인장균열은 검정색 선으로, 압축파괴는 적색으로 표시되어 있다. 발생한 크래터는 인장균열과 압축균열의 결합으로 완성되었음을 알 수가 있다.

4. 해석결과

일자유면 암반에서 균열성장에 미치는 재하각도의 영향을 살펴보기 위해서 공벽의 상하(자유면방향:하)로 한쪽면의 재하각도를 $1/2\pi$, $1/3\pi$, $1/4\pi$, $1/6\pi$ 로 변경시켜 해석하였다. 여기서, 천공벽에 작용하는 재하각도는 공벽상에 발생하는 초기균열의 발생시기에 영향을 주며, 재하각도가 클수록 빠르게 균열이 발생하였다. 또한 재하각도 및 자유면의 존재와 균열성장과의 관계를 살펴보기 위해서 그림 6에 균열성장길이와 재하하중의 관계를 비교하였

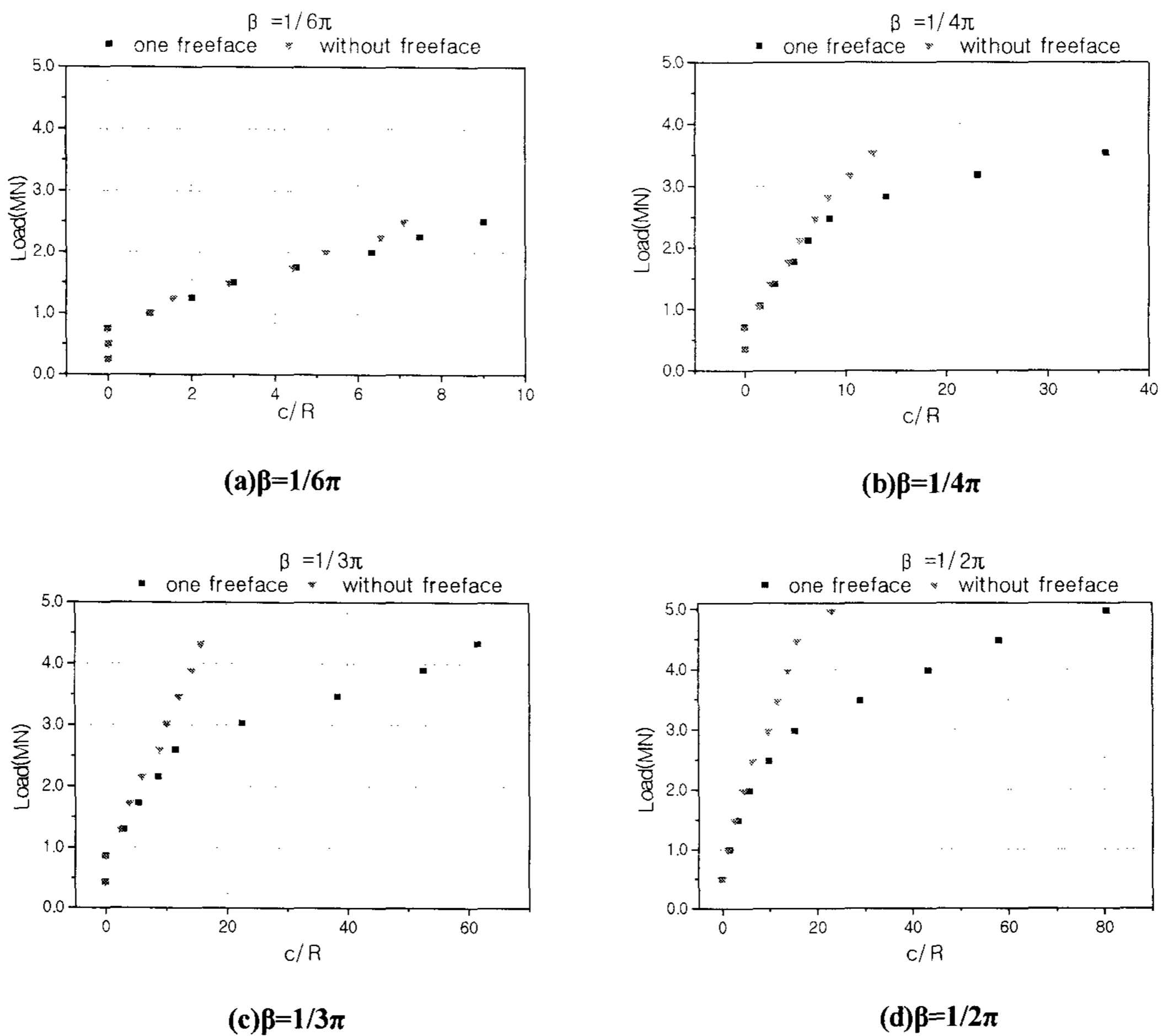


그림6 재하각도별 하중과 균열길이의 관계

다. 자유면이 존재하는 경우가 시간이 경과함에 따라 균열장이 길어짐을 알 수 있다. 재하 각도가 $1/2\pi$, $1/3\pi$, $1/4\pi$ 경우 하중량이 2.5MN까지 자유면의 유무에 관계이 동일하게 증가 하였으며, 2.5MN 이상에서는 자유면이 있는 경우가 더욱더 큰 균열성장량을 보여주고 있다. 균열장 및 재하속도와 최소저항선의 관계로 부터, 천공벽으로부터 발생된 균열의 성장길이는 재하각도보다는 최대하중량과 최소저항선의 영향이 크며, 자유면의 존재는 균열의 성장을 촉진시키고 최소저항선의 길이가 짧을수록 균열성장에 미치는 시기가 빠르다는 것을 확인하였다. 해석결과는 하중용량이 충분해도 가압기의 스트로크의 크기가 부족하면 파암능력이 현저히 떨어짐을 설명하고 있는데, 이는 본 연구에서 적용한 해석법은 실용적으로 측면에서 적용성이 있음을 보여주고 있다.

참 고 문 헌

- 1) 지오프론티연구회, 할암공법 및 할암공법 채용발파에 관한 기술자료, (2002)
- 2) 金子勝比古, 西田稔, 稲葉力, 山内清, 資源·素材学会誌, 107, 959~964 (1991)
- 3) Cho, S.H., Y. Ogata and K. Kaneko, 2003, Strain rate dependency of the dynamic tensile strength of rock, Int. J. Rock Mech. Min. Sci. 40 : 763~777