

## MPES 총회의 최근 발파공학 연구동향

김원범 · 하태욱 · 양형식<sup>1)</sup>

### 1. 서론

2006년 MPES(15th International Symposium on Mine Planning & Equipment Selection)는 2006년 9월 20일부터 2006년 9월 22일까지 3일간 이태리 토리노에서 개최되었다. 총 13개 분야에 232편의 논문이 발표되었으며, 이중 발파관련 분야에는 13편의 논문이 발표되었다. 이번 MPES 총회에서 발표된 논문을 통해 최근 발파공학 연구동향을 고찰하였다.

### 2. MPES(Mine Planning & Equipment Selection)

제15차 MPES 국제 심포지엄은 2006년 동계올림픽이 열린 이태리 토리노에서 개최되었다. 유럽지역을 중심으로 아시아를 비롯한 전 세계 곳곳에서 연구자들이 연구한 내용을 가지고 참석하였으며, 우리나라에서는 한국지질자원연구원과 전남대학교, 기업체 등에서 다양한 연구결과를 발표하기 위해 여러 연구자들이 참석하였다. 이번 심포지엄은 표. 1과 같이

표 1. MPES 발표 주제

- |  |
|--|
| <ol style="list-style-type: none"><li>1. Coal Mining: Technologies, Processing Equipment and Quality Control</li><li>2. Mining Equipment Selection, Automation and Information Technology</li><li>3. Mine Reclamation, Mine Closure and Waste Disposal</li><li>4. Maintenance and Production Management for Mines and Mining System</li><li>5. Non Destructive Tests and Geophysical Characterization</li><li>6. Building Stones and Ornamental Rocks: Quarrying and Processing</li><li>7. Health, Safety, Environmental Sustainability and LCA</li><li>8. Case Histories from Mineral Industry</li><li>9. Drilling, Blasting and Excavation Engineering</li><li>10. Open Pit and Underground Mine Planning, Design and Productivity Gains</li><li>11. Petroleum Engineering: Exploration and Production</li><li>12. Road Headers, Tunneling and Other Excavation Equipment</li><li>13. Rock Mechanics and Geotechnical Applications</li></ol> |
|--|

1) 전남대학교 지구시스템공학과

김원범, 하태욱, 양형식

13개 주제에 232편의 논문이 발표되었으며, 이중 Drilling, Blasting and Excavation Engineering 분야의 13개 논문을 간략히 요약하고자 한다.



그림 1. MPES 학회장

### 3. 천공, 발파 그리고 굴착공학

본 분야는 발파, 파쇄, 천공, 기타 영역으로 다시 분류할 수 있으며, 참여 지역별로는 유럽지역, 아메리카지역, 아시아지역으로 크게 구분할 수 있다. 그림 2는 분야별 지역별 논문 발표현황이다.

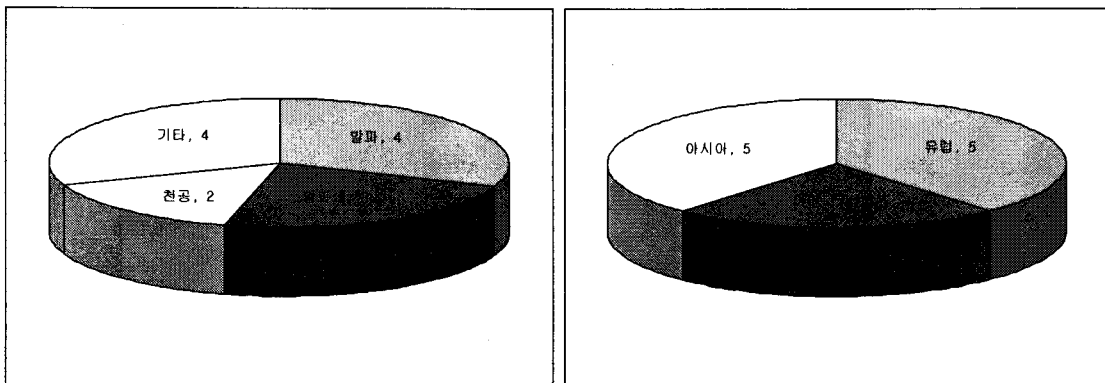


그림 2 영역별, 지역별 참여 현황

1) 발파

Moser는 암발파 목적에 맞는 파쇄입도에 도달하기 위한 방법으로 조절발파의 중요성을 들고 에너지 조절 발파의 개요와 tool을 소개하였고, 현장실험을 통해 개선된 파쇄도와 경제적 이점에 대해 검증하였다.

Sastry 외(India)는 기폭시스템으로 도폭선과 비전기식 뇌관(shock tube)을 사용하여 25회 실시한 발파결과를 파쇄도 분석, 쇼벨과 크러셔의 동력 소비량, 진동계측 등에 대해 평가하여 shock tube의 경제적·친환경적 측면의 우수성을 사례연구를 통해 발표하였다.

Candia 외(Brazil)는 브라질의 대규모광산에서 흔히 사용되고 있는 대구경 발파공을 이용한 암 발파의 장·단점을 사례연구를 통해 보여주었다. 브라질의 대규모 광산에서는 주로 127mm 이상의 발파공을 사용하여 경제적인 이점을 도모하고 있다.

Partnoi 외(Romania)는 화강암 채석장의 지질학적 특성을 고려하여 보다 나은 천공발파 기술을 이론적·실험적으로 연구하였다. 그 결과 정적탄성계수와 비장약량(specific consumption of explosive)과의 관계그래프를 도출 그림 3과 같이 도출하였다.

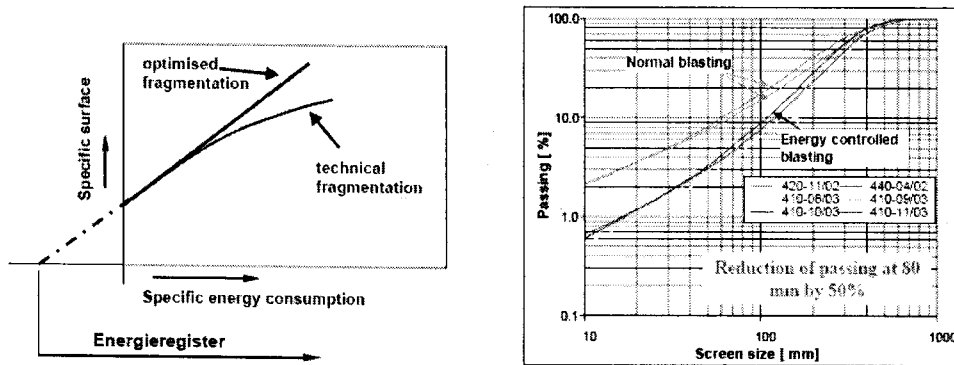


그림 3. "Energy controlled blasts" & 파쇄도

2) 파쇄

O'connor 외(Canada)는 discrete Kuz-Ram model과 WipFrag를 대상으로 파쇄도를 예측하였고 이를 비교분석하였다. Singh 외(Canada)는 이미지분석법을 통해 얻은 결과를 이용하여 수정 Kuz-Ram model의 파쇄도 곡선을 그림 4와 같이 도출하였다. 이미지분석과 Kuz-Ram model 그래프의 편차는 이미지분석에서의 미세입자나 큰 버력의 영향으로 발생하였다.

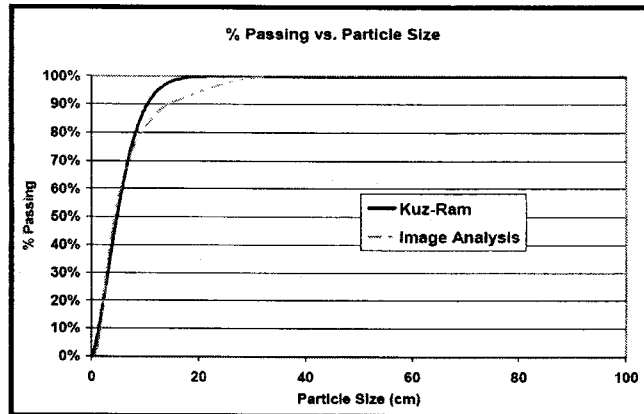


그림 4. 이미지분석과 수정 Kuz-Ram의 곡선

또한, Ryu 외(Korea)는 3차원 공간 분포의 추정을 통해 대규모 채석이 이루어질 대상 구역의 발파암 계수 분포를 추정하였고, 이를 근거로 대상 구역의 3개 TYPE의 발파암 계수 범위를 설정하였다.

### 3) 천공

Hoseinie 외(Iran)는 블록을 이용하여 임의로 절리를 생성한 모델을 이용하여 절리경사를 묘사하였고, 실험을 통해 암반 절리상태(경사)에 따른 천공효율을 검토하였다. Tkachenko 외(Kazakhstan)는 여러 가지 위험요소를 내포하고 있는 암 발파의 대응방법으로 경암에서 천공분할기(drilling splitter)를 통한 정확한 암 절취 성공사례를 보여주었다. 그림 5는 천공 분할기와 절취한 암석의 단면을 보여주고 있다.

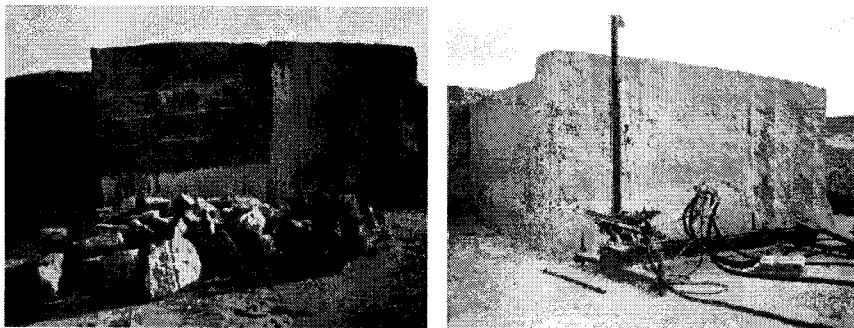


그림 5. 암절취 단면과 drilling splitter

4) 기타

Hoseinie 외(Iran)는 현장 실험을 통해 RMi(Rock Mass index)와 BI(Blasting Index)의 상관관계를 분석하여 그림 6과 같은 상관관계 그래프를 도출하였고, 발파설계에 암반분류(RMi)결과를 활용하고자 하였다.

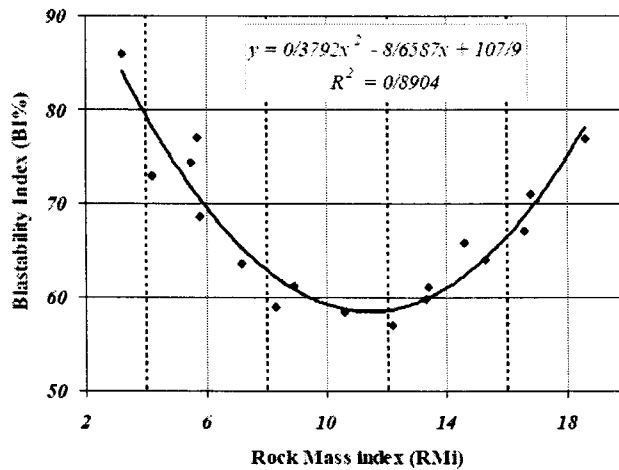


그림 6. RMi와 BI의 상관관계

Mancini 외(Italy)는 현장에서 다양하게 적용되고 있는 허용 환산거리식을 검토하고 바람직한 사용법을 권고하였고, Folchi 외(Italy)는 유럽지역의 몇몇 나라들이 연합하여 결성한 EU-Excert(유럽의 폭발물 분야에 전문기술인 증명)에 대해 소개하였다.

마지막으로 Drebenstedt 외(Germany)는 그림 6과 같은 fibre-optic system을 이용하여 구조물(building)에서 발생하는 크랙에 영향을 주는 인자를 발파진동 및 구조물의 내·외부 온도 등을 대상으로 평가하고 검토하는 연구를 실시하였다.

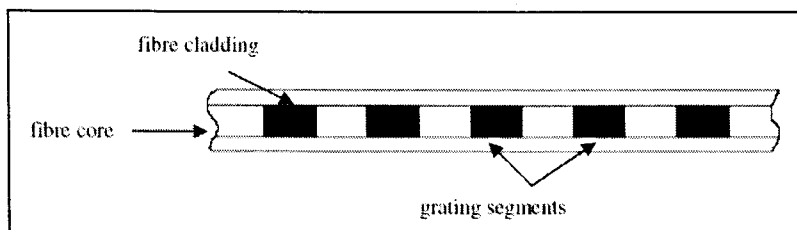


그림 7. fibre bragg grating 개요도

## 5. 결론

2006년도 MPES에서 발표된 발파공학 분야 논문을 통해 최근 연구동향을 알아보았다. 친환경적·경제적 측면의 발파기술에 대한 연구가 주로 이루어졌으며, 암 파쇄에 대한 예측기법에 대한 연구, 천공기술의 효율성 증대, 암 절취 기술, 암반분류법 적용, 신기술 소개 등 다양한 주제에 대한 연구내용들이 발표되었다.

## 감사의 글

본 연구는 건설교통부의 건설핵심기술연구개발사업인 'IT 및 신소재를 활용한 급속안정화 터널 시공기술 개발(과제번호 : 05건설핵심 D03-01)'의 일환으로 수행되었습니다.

## 참고문헌

- A.M. Tkachenko, V.K. Voronenko & D.N. Klevtsov, 2006, Feasibility of hard rock mining using a mechanical drilling splitter, Mine Planning & Equipment Selection, p.1056-1058
- C. Drebenstedt & S. Paessler, 2006, New technology for strain and deformation measurements initiated by blasting, Mine Planning & Equipment Selection, p.995-1002
- C.P. O'Connor, S.P. Singh, 2006, Fragmentation prediction during ring blasting using a discrete Kuz-Ram model, Mine Planning & Equipment Selection, p.1034-1039
- D.W. Ryu, H.J. Shim & C.Y. Han, S.M. Ahn, 2006, Prediction of rock fragmentation and design of blasting pattern based on 3-D spatial distribution of rock factor, Mine Planning & Equipment Selection, p.1044-1049
- P. Moser, 2006, Energy controlled blasting Mine Planning & Equipment Selection p.1027-1033
- R.C. Candia, L.A. Ayres da Silva, L. Soares & W.T. Hennies, M.C. Candia, 2006, Rock blasting with large diameter blast holes in Brazilian mining, Mine Planning & Equipment Selection, p.991-994
- R. Folchi & M. Battocchio, 2006, Certifying Expertise In The European Explosive Sector-EU-EXCERT, Mine Planning & Equipment Selection, p.1003-1006
- R. Mancini, M. Cardu, A. Giraudi, E. Lovera, 2006, A critical review of the site laws for

- blasting vibrations control, Mine Planning & Equipment Selection, p.1019-1026
- S.H. Hoseinie, H. Aghababaei & Y. Pourrahimian, 2006, Analyzing and physical modelling of joints dipping effects on penetration rate of rotary drilling in open pit mines, Mine Planning & Equipment Selection, p.1007-1012
- S.H. Hoseinie, Y. Pourrahimian & H. Aghababaei, 2006, Application of Rock Mass index(Rmi) to determinate of blasting Index(BI) - A case study Sungun copper mine-Iran, Mine Planning & Equipment Selection, p.1013-1018
- S.P. Singh & R. Narendrula, 2006, Prediction and assessment of rock fragmentation, Mine Planning & Equipment Selection, p.1050-1055
- V.R. Sastry & K. Ram Chandar, 2006, Influence of the initiation system on blast results : case studies, Mine Planning & Equipment Selection, p.1059-1064
- V. Partnoi, V. Arad & S. Arad, M. Ticu & C. Danciu, 2006, Theoretic-experimental research regarding the better drilling blasting in hard rocks, Mine Planning & Equipment Selection, p.1040-1043