

제26차 국제화약발파기술학회

국제발파기술 세미나 및 전시회를 다녀와서

이 태 노

1. 머리말

국제화약발파기술학회(The International Society of Explosives Engineers)가 매년 주최하는 제26차 국제발파기술 세미나 및 전시회가 지난 2월달에 미국 캘리포니아 Anaheim 에서 성대히 거행되었다. 필자는 최근에 급속도로 발전해가는 신 발파기술의 실태를 파악하고 기술을 습득하기 위해서 세미나 및 전시회에 참가하였다. 이번에 개최된 세미나 및 전시회에는 전세계적으로 약 1,000명 정도의 회원이 참여 하였으며, 우리나라에서도 10여명이 참가하는 등 많은 관심을 보인 행사였다. 그만큼 발파기술은 국토의 지상 및 지하를 개발하는 토목공사에서 절대적으로 필요한 중요 공종으로 인식되고 있기 때문이다.

건설현장에서 암반으로 구성되어 있는 지역에서의 기초공사는 굴착공법으로서 발파공사가 필수적으로 이루어지게 되어 있다. 공개롭게도 우리나라 암반의 주종은 경질의 화강암과 화강편마암류가 분포되어 있기 때문에 브레이커 등을 이용한 기계굴착보다는 강력한 화약을 이용한 발파작업이 불가피한 경우가 대부분이다. 지역에 따라 차이는 있지만 지표층으로부터 3m~5m 하부 지점부터는 보통압 수준 이상의 발파대상 암반으로 분포되어 있는 것이 일반적이다. 특히 도심지에서의 터파기공사는 굴착심도가 매우 깊기 때문에 발파대상 물량이 많아

질 수 밖에 없다.

우리나라의 발파작업 조건은 외국과 상당히 다르며, 많은 차별된 특성 때문에 발파기술이 다른국가에 비해 상대적으로 발전해 왔음에도 불구하고 사회적으로 많은 부정적 시각과 더불어 사람들이 민감한 반응을 나타내는 것이 현실이다. 우리나라 발파기술이 발전할 수 밖에 없는 원인을 보면 무엇보다도 먼저 지질학적 특성을 들 수 있다. 우리나라는 전 국토가 커다란 바위로 형성되어 있는 듯한 지반 조건을 가지고 있다. 그래서 지하암반을 굴착하기 위해서는 강력한 폭력을 가진 화약류 사용이 불가피 할 뿐만 아니라 생산성을 높이고 품질확보 및 안전관리에 많은 관심과 주의를 기울이기 때문이다. 그러나 일본의 경우에는 국토 대부분의 지질이 연약지반 내지는 매립층으로 형성되어 있어 발파보다는 기계식 굴착 작업이 주종을 이루고 있다. 또한 미국의 경우는 도심지의 기반이 연약층으로 형성되어 있을 뿐 아니라 지상의 용지가 매우 풍부하기 때문에 지하를 활용한 공사는 특별한 용도를 제외하고는 발파공사가 도심지에서는 별로 이루어지지 않는 것이 사실이다.

또한, 우리나라의 발파기술이 발전할 수 밖에 없는 두 번째 이유로서는 발파공해 규제기준과 사람들의 인식에서 찾을 수 있다. 우리나라의 발파공해 규제기준은 특별히 법제화되어 있지 않다. 환경부의 소음진동규제법과 지자체 및 발주기관에서 공사관리를 위한 고시로서 한계기준을 규정하고 있으나

* LG건설(주) 기술연구소

발파공사의 특성과 현실성이 고려되지 않아 발파공사에 매우 불리하게 되어있다. 설상가상으로 발파공사에 대한 우리나라 국민들의 불신과 편견이다. 작업시 강력한 폭약을 사용한다는 인식 때문에 심한 심리적 거부반응과 피해의식이 팽배해 있다. 그래서 발파기술자들은 작업시 발파공해를 최소화 할 수 있는 기술개발에 몰두할 수 밖에 없다. 그러나 유럽의 경우는 북유럽을 중심으로 발파작업이 도심지에서 활발히 이루어지고 있으나, 발파공사 규제기준 및 관리상태가 상당히 완화되어 있을 뿐만 아니라 발파작업에 대한 사람들의 인식이 매우 성숙되어 있기 때문에 우리나라와는 분위기가 상당히 다르다.

그래서 필자는 이번에 참가한 세미나 및 전시회 내용중에서 우리나라 발파공사의 현실을 감안하여 발파공해를 방지할 수 있고 생산성을 높일수 있는 분야에 많은 관심을 갖고 기술을 습득하고 정보를 수집하게 되었다. 여기에서는 이와같은 내용을 중심으로 참관한 내용을 소개하고자 한다.

2. 세미나 및 전시회 현황

이번 국제화약발파학회가 주최하는 세미나 및 전시회는 디즈니랜드 놀이동산으로 유명한 Anaheim의 Disneyland 호텔에서 개최되었다. 여기에는 화약발파업계에서 유명한 스웨덴의 Dyno AB를 비롯하여 화약 제조사와 학계 및 기술자들이 참석하였고, 새로운 발파용품을 개발한 벤처기업, 그리고 발파와 관련된 소프트웨어 개발제품 및 발파 진동 측정장비들이 전시되었다.

- 개최일정 및 장소

- 개최일정 : 2000. 2. 11 - 2. 17(7일간)
- 장 소 : Disneyland 호텔(미국 캘리포니아)

- 참석자

- 전체 참석인원 : 980 명
- 국내 참석인원 : 11 명



사진 1. 고 허진박사와 함께 세미나를 마친후 기념촬영 (Anaheim Disneyland 호텔)

- 세미나 발표논문

| 논문분류 | 주요 논문내용 | 논문편수 |
|---------------------------|----------------|------|
| 학술논문 | 암반의 손상평가 연구 등 | 16 |
| 발파 시공기술 논문 | 응용발파 기술 등 | 45 |
| 발파공해(진동, 소음, 비산) 저감 기술 논문 | 최대 지반진동 평가기법 등 | 14 |
| 화약제조 논문 | 에멀전폭약의 신개발 등 | 12 |
| 합 계 | | 87 편 |

- 전시회 현황

| 구 분 | 대표적 참가회사 | Booth 숫자 |
|-----------------|----------------------------|----------|
| 발파진동 및 소음 측정기기 | Instatel, Inc 등 | 26 |
| 천공장비 및 기자재 | Ingersollrand Co 등 | 28 |
| 발파설계 및 해석 프로그램 | DCI 등 | 14 |
| 발파암 및 천공상태 측량기기 | Laser Technology Inc. | 8 |
| 화약류(화약, 뇌관) 제조 | Dyno Nobel Inc. | 14 |
| 발파공해 저감용 기자재 | ROCKLOCK | 22 |
| 발파용품 | Blasters Tool & Supply Co. | 13 |
| 합 계 | | 125 개 |

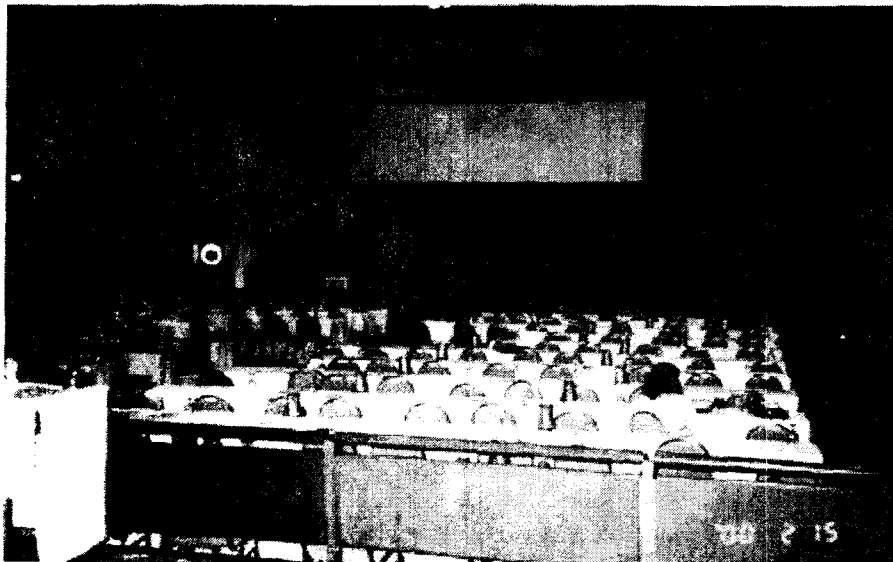


사진 2. 세미나실 내부전경(Anaheim) Disneyland 호텔

3. 주요내용

이번 세미나에서 발표된 주요논문과 전시장에 출품된 각종 전시용품중 우리나라에 많은 관심을 줄 수 있고 지금까지 알려지지 않은 것을 중심으로 내용을 요약하여 정리하면 다음과 같다.

3.1 세미나 주요내용

| 제 목 | 발 표 자 | 주 요 내 용 |
|--|---|---|
| Drill & Blast Excavation of a Geologic Repository for the Disposal of High - Level Radioactive Nuclear | Roger Keller (Morrison Knudsen Corp. Blasting Engineer) | <ul style="list-style-type: none"> · 미국 Yucca 산맥의 핵폐기물 저장고 건설을 위한 굴착기술 · QED model 을 이용한 발파설계 · 암석물성과 화약특성 관계를 통한 암반의 손상 범위 추정 |
| Customer Site Safety at Orica | Frank Barker (Orica U.S Inc.) | <ul style="list-style-type: none"> · 발파공사시 사용자의 부주의에의한 사고사례 발표(장전, 누전, 낙반, 운반 등) · 발파안전 체크리스트 소개 |
| A New Method of Shaft Sinking | John Cowin, Jr. (Cowin & Company) | <ul style="list-style-type: none"> · 굴착 및 운반장비의 보관 및 굴착 Cycle 관리 · 지하수 유출에 따른 누전 및 천둥에 대비한 뇌 관 사용법 · 수직구 중앙 sump를 이용한 배수 및 무장약공 활용기술 |

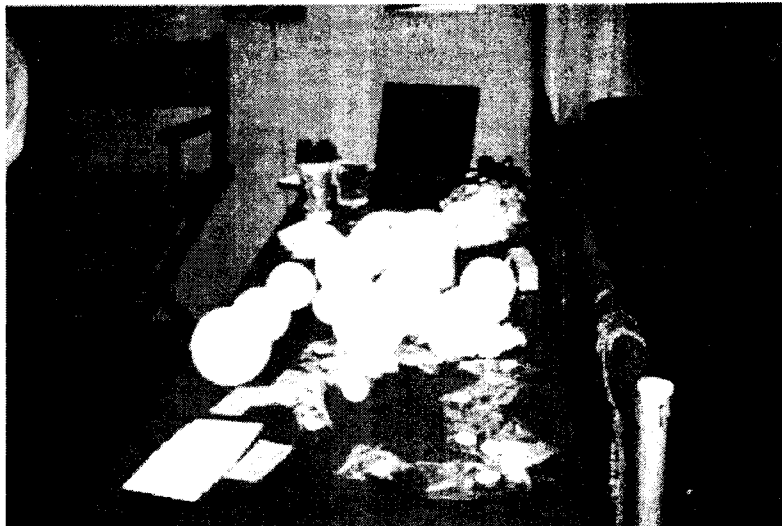


사진 3. 구형의 플라스틱 Stemming Plug(ROCKLOCK)의 모습
(S.S Jenkins, Jr.의 연구시 사용된 Hall Explosives Inc. 제품)

3. 2 전시회 주요 Items

| Items | 용 도 | 회 사 명 | 특 징 |
|---|----------------------|----------------------------------|---|
| VARI-STEM | 전색용품 | Mocap Ltd. | <ul style="list-style-type: none"> · 장약후 전색물에 제품을 설치 · Air Deck 효과를 얻을 수 있음 · 파쇄효과, 비산방지, 진동 감소효과를 제고시킬 수 있음 |
| Percussion Bit & Tool | 천공비트 | PBT | <ul style="list-style-type: none"> · Reaming 비트와 Inner 비트가 일체식 · 국내에 판매되고 있는 비트에 비해 저렴 · 동일암종에서 Life time 이 타 제품과 비슷 |
| Rockstik | 무진동 암파쇄기 | RockTek USA | <ul style="list-style-type: none"> · 무진동 암파쇄기로서 저폭성 화약을 소량 사용하여 암파쇄 · 커다란 부석 제거시 사용 · 화강암등 경질의 암석도 파쇄가능 |
| BLASTMATE SERIES III Histogram Combo Mode | 발파진동 해석 및 이력곡선 분석 | Instantel | <ul style="list-style-type: none"> · 발파진동 각 성분별 이력곡선 분석 · 수집된 진동치를 이용한 주파수분석 · Detailed Wave Display · Fast Fourier Transform Analysis · Timeline Analysis |
| Accelerometer | 가속도 측정 | Instantel | <ul style="list-style-type: none"> · 발파 및 기계진동으로 피해가 예상되는 기계 및 전자제품의 진동측정 · High Level 500g 및 Low Level 0.5g 의 가속도 측정 · BlastWare III에서 사용가능 |
| Alpha - Seismite Seismograph | 지진파 분석 | White Industrial Seismology, Inc | <ul style="list-style-type: none"> · 장,단기간의 지진파 측정 및 분석 |
| TLC Winprof | 천공상태 정밀도 및 사면 경사도 측정 | TLC Software | <ul style="list-style-type: none"> · 발파 자유면의 경사도 측정 · 천공된 공의 경사도 및 배치상태 측정 · TLC Software를 이용하여 측정상태 시물래 이션 |
| BDI (Blast Design International) | 발파대상 암석 측정 및 발파설계 | Contac Information | <ul style="list-style-type: none"> · 발파대상 지면 측량을 통하여 발파 물량 및 형상 측정 · 측정된 발파물량 및 형상에 따라 BDI 프로그램을 이용하여 발파패턴 설계 |

| Items | 용도 | 회사명 | 특징 |
|------------------------------|----------------------------|----------------------|---|
| ROCKLOCK | 전색용품 | Hall Explosives Inc. | <ul style="list-style-type: none"> 장약후 전색물설치 중간지점에 제품을 설치 ROCKLOCK를 설치하므로써 비산방지, 파쇄효과 양호, 분진억제등의 효과를 얻을 수 있음. |
| ELECTRONIC INITIATION System | 조정밀 너관시차 분할 및 정밀도 체크 | DCI | <ul style="list-style-type: none"> 디지털 Hand Terminal을 이용하여 너관 시차 조정 +/-0.5 ms 까지 너관 정밀도 체크 구조물 폭파해체시 정밀너관 배열 |

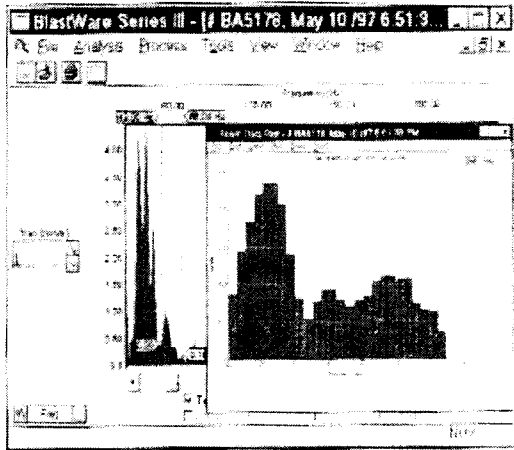


사진 4. 발파진동 측정기(BlastWare)에서 수집된 데이터의 분석 및 리포트 모니터 장면

4. 국내도입 연구개발 및 현장적용 가능기술

이번 세미나 및 전시회에서 습득한 기술정보중 다음과 같은 기술들은 우리 회사 현장에 적용할 수 있을 것으로 판단되며, 현장적용 결과 활용이 가능하고 우수성이 입증될 경우에는 발파공사의 생산성을 높일 수 있고 민원을 감소시킬 수 있을 뿐만 아니라 안전관리에 매우 획기적일 것으로 생각된다.

- QED Program(by Roger Keller)을 이용한 터널 파단선의 손상범위 추정

- 터널 보강용 Rock bolt 시공선계 및 안정성 해석
- 터널 파단선 여굴범위 추정
- 감지공을 통한 발파진, 후의 한열내 파악
- 암석물성 특성이 터널 여굴에 미치는 영향 및 암반의 손상효과를 고려한 발파패턴 설계 (by S.Paul Singh)
 - 여굴(Overbreak)에 영향을 주는 암반특성 인자 분류
 - 암반특성 인자 분류를 통한 발파패턴 및 화약

류 선정

- 발파후 터널 파단선 및 균열대 관찰
- 구형의 플라스틱 Stemming Plug를 이용한 전색 효과 측정(by S.S Jenkins, Jr.)
 - 벤치발파 장약공 전채시 구형의 플라스틱 Stemming Plug를 설치하여 발파효과 측정
 - 발파석의 비산정도
 - 발파진동 및 소음의 크기
 - 암반의 파쇄정도
- BLASTMATE SERIES III Histogram Combo Mode를 이용한 발파진동 분석
 - 진동의 주주파수대를 파악하여 구조물의 진동 영향 상태 분석
 - 발파진동기 설치후 연속적으로 진동 측정후 E-mail 전송 및 장거리에서의 데이터 확인 가능
 - 발파진동 최대발생 초시 및 구간추정을 통한 발파패턴 적정성 분석
- Pre-Splitting 및 Trim 발파시 물을 이용한 전색 (by Mark F.C. Schmidt)
 - 수직구 및 벤치발파 장약공 전색에 물을 사용
 - 발파석의 비산정도
 - 발파진동 및 소음의 크기
 - 암반의 파쇄정도
- Blasting Log Sheet를 발파현장에 활용(by S.J Dillingham)
 - 발파공사와 관련된 각종 Raw Data 를 체계적으로 수집
 - 현지암반과 발파특성 데이터를 수집하여 상호 연관 분석

5. 결 언

이번 제26차 발파기술세미나 및 전시회를 참관하여 필자는 캘리포니아의 맑은 하늘처럼 흥분된 기분을 감출 수가 없었으며, 새로운 기술을 접하는 들뜬 기분에 어쩔 줄 몰랐다.

수백명에 달하는 발파 전문가들이 그랬고, 새롭게 선보이는 발파 신기술 및 기자재들이 그랬다. 특히 이번에 전시회에 출품된 새로운 발파기술은 우리나라의 발파현장에서 빈번히 발생하는 어려움을 해결할 수 있을 것으로 보였다.

그러나 이러한 기술을 우리 나라 현장에 도입하기 위해서는 우리 나라의 발파조건과 지반조건에서 많은 현장실험을 거치면서 우리 나라 현장에 적합할 수 있도록 개량 또는 개선되어야 할 것이다.

마지막으로 이번 세미나에 동행했던 국내 발파분야의 원로이신 허 진박사(전 대학화약기술학회 회장)께서 논문 발표를 마치고 73세로 운명을 달리하셨다. 허박사님은 우리 나라 발파기술 발전에 누구보다도 앞장 서셨던 분이기에 더욱더 안타깝고 슬픔에 잠길 뿐이다. 삼가 고인의 명복을 빌며 우리나라의 발파기술이 날로 발전하여 전세계를 선도해 나갈 수 있도록 다같이 노력했으면 한다.