

Air Gap을 이용한 미진동 화약의 현장적용 사례

안봉도¹⁾, 조영곤¹⁾, 이익주¹⁾

A Case Study of the Koryo Fine Cracker Using the Air Gap

Bong-do An, Yong-gon Jo and Ik-joo Lee

초 록. 최근 도심지의 가속화에 따라 시가지 인근에서의 암반굴착이 활성화되고 있으며, 특히 보안을 요하는 구조물에 근접한 발파 또는 가동중의 설비 가까이에서 발파굴착을 실시해야하는 등 주변환경을 충분히 고려하여 진동, 소음 및 비산을 효과적으로 제어할 수 있는 발파기술이 요구되고 있다. 이와 같은 배경에서 미진동 발파굴착을 위하여 콘크리트 파쇄기, 팽창성 파쇄제 등이 개발되어 실용화되고 있다. 국내에서는 (주)한화가 콘크리트 파쇄기(Finecker)를 개발하여 공급해 왔으며, (주)고려노벨화약에서는 저폭속(2,000 m/s) 화약을 2중의 Air Gap을 이용하여 진동 및 소음 제어하는 미진동 발파용 화약(Kinecker)을 출시하여 공급하고 있다. 이에 Kinecker의 원리와 특징 그리고 현장적용 사례 및 발파패턴을 소개하고자 한다.

핵심어 : 저폭속 화약, Air Gap

1. 서 론

시가지 인근에서의 암반굴착과 보안을 요하는 구조물에 근접한 발파 또는 가동중의 설비 가까이에서 발파굴착을 실시해야하는 등 주변환경을 충분히 고려한 발파기술이 요구되고 있다. 이와 같은 배경에서 미진동 발파굴착을 위하여 콘크리트 파쇄기, 팽창성 파쇄제 등이 개발되어 실용화되고 있다.

국내에서는 (주)한화가 콘크리트 파쇄기(Finecker)를 개발하여 공급해 왔으며, (주)고려노벨화약에서 저폭속(2,000m/s)의 화약을 Air Gap과 Decoupling효과를 이용하여 진동, 소음 및 비산을 효과적으로 제어할 수 있는 미진동 발파용 화약(Kinecker)을 출시하여 공급하고 있다.

이에, Kinecker의 현장적용 사례와 발파패턴을 제시하고자 한다.

2. 기존제품소개

화이넥카는 고열 반응에 의한 순간적인 열팽창

1) (주)고려노벨화약

접수일 : 2004년 2월 16일

으로 암석에 균열이 발생하는 원리를 이용한 제품으로서 화이넥카 전용의 점화구를 사용하여 발파를 하고, 최근 도심지나 보안물건이 있는 곳에서 콘크리트, 암반 및 교각 등을 발파시 진동 및 소음 제어와 비산물 방지를 위한 발파현장에서 사용하고 있는 미진동 파쇄기로서 화공품의 일종이다.



그림 1. 기존제품.

3. 카이넥커(Kinecker) 제품 특성

3.1 개요

Kinecker는 폭속이 2,000m/s의 저폭속 화약을 이용하여 미진동 발파를 목적으로 개발된 미진동 발파용 화약으로써 시설물과 근접한 곳에서 발파

를 가능하게 하여, 구조물에 발파진동의 영향을 최소화시킬 수 있는 화약입니다.

철포현상을 억제하여 소음발생을 줄였을 뿐만 아니라 인위적으로 2중 Air-Pocket을 만들어 Decoupling 효과를 최대한 이용함으로써 충격파의 위력을 약화시켜 암반으로 전달되는 진동을 대폭 감소시킬 수 있습니다.

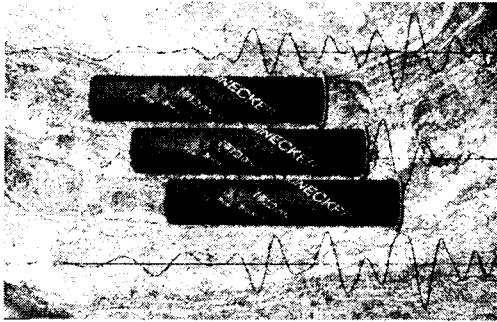


그림 2. 미진동 발파용 화약(Kinecker).

3.2 원 리

폭약의 폭발에 의하여 발생한 초기 충격파는 장약공을 중심으로 방사상태로 바깥쪽을 향하며, 이 충격파는 일반적으로 Hoop Stress라고 일컬어지는 접선방향으로 인장응력을 발생시킨다.

이 작용에 의하여 장약공을 연결하는 면에 파단면을 발생시킨다.

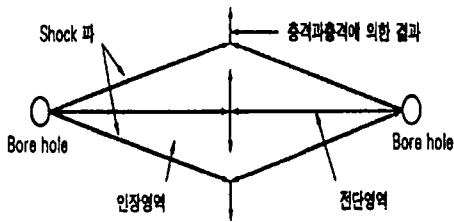


그림 3. 파쇄원리.

Kinecker는 2중으로 구성된 용기를 날개달린 Cap을 이용하여 천공 중심부에 위치되게 하고 Decoupling효과를 이용할 수 있는 Air-Cushion을

형성시킴으로써 초기 발생하는 충격파를 효율적으로 제어할 수 있습니다.

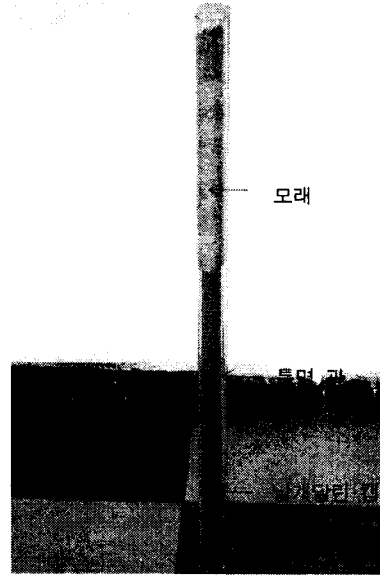


그림 4. 천공내 장약모습.

3.2 특 징

- ① 2중 Air-Pocket 내부에 저속속(2,000m/s)의 폭약을 이용하여, Decoupling 효과로 진동 및 소음 감소.
- ② 경질암 조건에서 철포현상 억제 및 소음발생 수준을 대폭 저감.
- ③ 전색재료는 일반 모래전색으로 시공의 편의성을 증대
⇒ 기존의 모르타르 전색방식에서 소요되는 양생시간 및 비용을 절감으로 발파 효율증대 와 작업 시간 단축
- ④ 기폭은 순발 전기 뇌관을 사용하여 동시에 기폭하여야 효과적이거나 진동제어 수준에 따라 MS 뇌관을 사용하는 것도 가능.

표 1. Kinecker의 제원표.

약 경 (mm)	32
약 장 (mm)	300
본 당 중 량 (g)	50
상자당포장수량 (EA/Box)	100
상자당순중량 (kg/Box)	5

표 2. Kinecker의 성능표.

폭 속 (m/sec)	2,000
가 비 중 (g/cc)	0.7~0.8
폭 발 열 (kcal/kg)	650
낙 추 감 도 (cm)	100
가 스 량 (l/kg)	640
내 한 성 (°C)	-20
내 수 성	최우수
비 고	미진동 발파용 화약

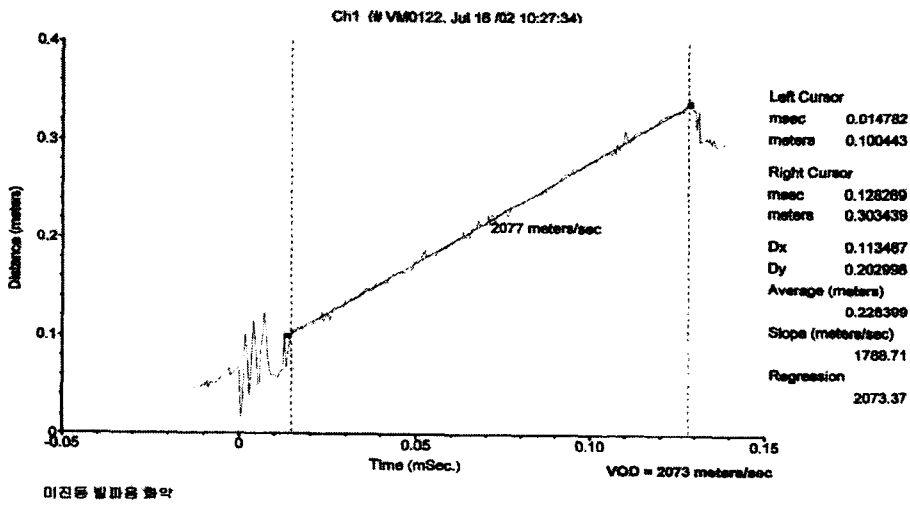


그림 5. Kinecker 폭속측정 그래프.

4. 현장적용

Kinecker(카이넥카)의 위력 및 진동수준을 파악하기 위하여 도심지 아파트 터파기 현장과 도로현장 2개소에 적용한 자료를 소개하기로 한다.

- 현 장 명 : ○○ 아파트
- 적용폭약 : 미진동 발파용 화약(Kinecker)
- 암석종류 : 화강암
- 진 색 불 : 모래

4.1 일반 도심지 아파트 공사

본 현장은 아파트 건설을 위한 터파기 공사로서 공사진행중 기존 건축된 상가건물 인근에 발파구간이 있어 미진동 발파용 화약을 적용하게 되었다.

표 3. 발파 설계 제원 요약표.

일자	이격 거리 (m)	계단 높이 (m)	천공장 (m)	최 소 저항선 (m)	천공 간격 (m)	공 당 파쇄량 (m ³)	공 당 장약량 (kg/공)	비장약량 (kg/m ³)	공수	진동 수준 (cm/sec)	
2003 4.4	1 회	18 ~23	1.30	1.50	0.40	0.40	0.24	0.050	0.208	2	0.03
	2 회		1.30	1.50	0.40	0.40	0.24	0.050	0.208	3	0.05
	3 회		1.30	1.50	0.40	0.40	0.24	0.050	0.208	5	0.1
	4 회		1.30	1.50	0.60	0.30	0.27	0.050	0.185	2	0.02
	5 회		1.30	1.50	0.60	0.30	0.27	0.050	0.185	3	0.05
	6 회		1.30	1.50	0.60	0.30	0.27	0.050	0.185	5	0.1



(a) 발파 전



(b) 장약



(c) 발파 후



(d) 발파 후

그림 6. 도심지 미진동 발파용 화약 적용사진.

4.2 도로 공사

본 현장은 20~34m내에 빌라, 보건소등이 위치하고 있으며 인근 보안 대상물에 피해를 주지 않으며 안전하고 효율적인 발파공사를 수행하기 위하여 미진동 발파용 화약을 사용하였다.

- 공사 명 : ○○ 우회도로 공사
- 적용폭약 : 미진동 발파용 화약(Kinecker)
- 암석종류 : 석영반암
- 전 색 물 : 모래

본 현장에 적용된 발파패턴에 대한 모식도는 그림 7과 같으며, 그림 8에 발파사진을 나타내었다.

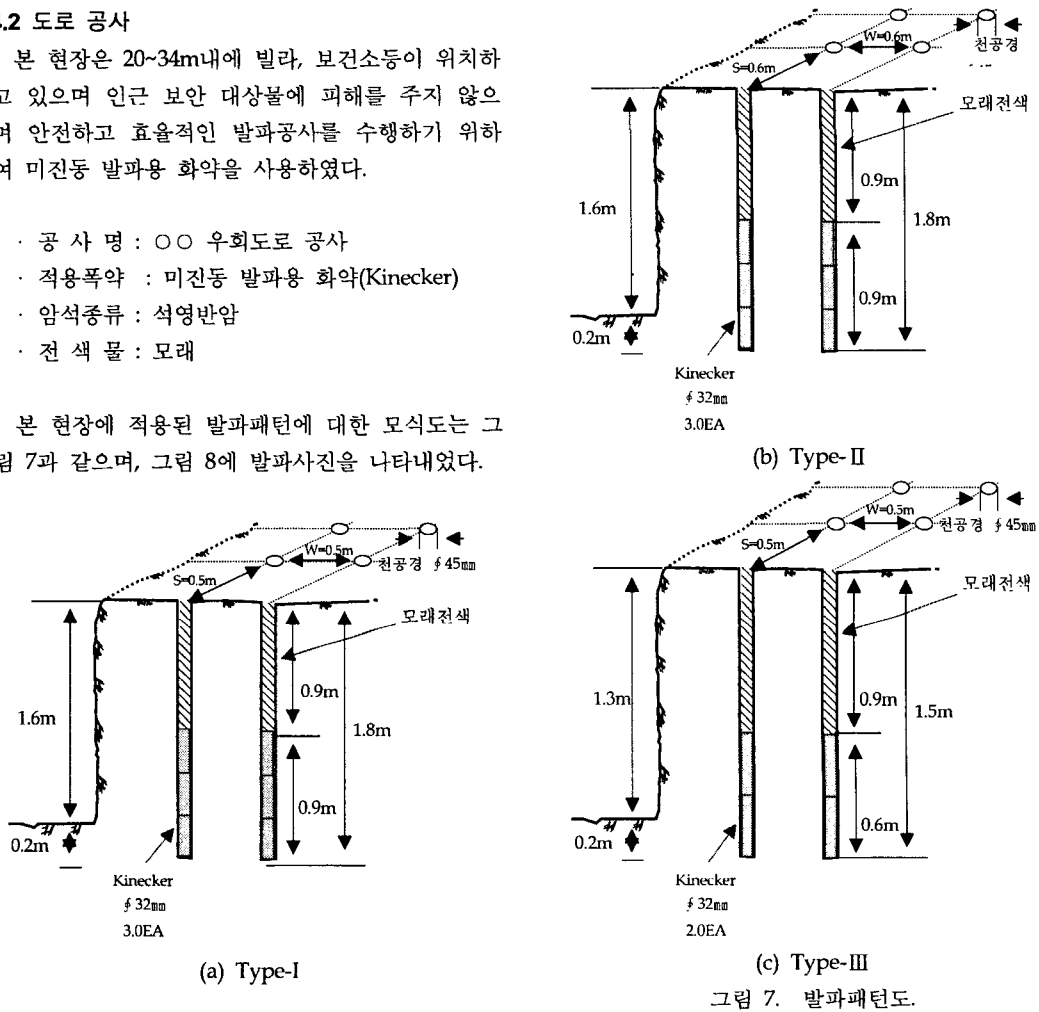


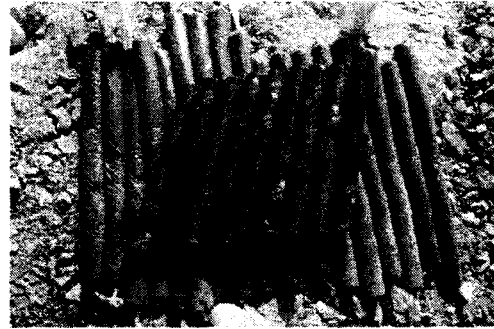
그림 7. 발파패턴도.

표 4. 발파 설계 제원 요약표.

발파회수	이격거리 (m)	계단높이 (m)	천공장 (m)	최소 저항선 (m)	천공간격 (m)	공 당 파쇄량 (m ³)	공 당 장약량 (kg/공)	비장약량 (kg/m ³)	공수	평균 진동수준 (cm/sec)	
Type-I	11회	20~34	1.60	1.80	0.50	0.50	0.45	0.15	0.33	2~6	0.2
Type-II	19회		1.60	1.80	0.60	0.60	0.65	0.15	0.23	2~6	0.18
Type-III	17회		1.30	1.50	0.5	0.5	0.375	0.10	0.27	2~6	0.16



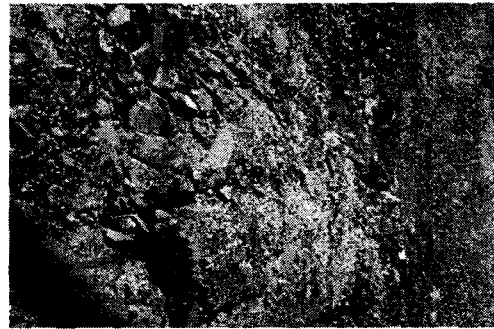
(a) 발파 전



(b) 장약



(c) 발파 후



(d) 발파 후

그림 8. 도로공사 미진동 발파용 화약 적용사진.

5. 결론

현재 국내에는 미진동으로 암을 파쇄할 수 있는 새로운 신기술과 공법들이 속속 나타나고 있다. 이러한 공법의 하나로 폭속 2,000m/s의 저폭속 화약을 사용하여 Air Gap 및 Decoupling 효과를 이용해 진동 및 소음을 제어할 수 있는 미진동 발파용 화약을 소개하였다. 이 화약의 현장 적용 결과는 다음과 같다.

가. 전색물로 일반 모래를 사용한다.

나. 시차를 가진 전기뇌관을 사용하므로 다수의 공을 기폭하여도 진동 및 소음제어에 효과적이다.

다. 철폐현상이 전혀 없다.

라. 천공장 1.8m 6공을 동시 발파한 결과 20m 거리에서 진동은 0.18Kine, 소음은 65dB로 측정이

되어 상당히 작은 수준임을 알 수 있다.

참 고 문 헌

1. 巖 發破設計 및 試驗發破 暫定指針(安), 2003, 建設 交通部
2. Rock blasting & Explosives Engineering Per Andersons Persson, Roger Holmberg Jaiming Lee, 1994, Boca Raton N · Y
3. Explosive product guide, 2002, (주)한화
4. 최신발파기술, 1998 윤지선 역