

## 보안물건이 근접한 소단면 철도 단선터널 굴착시 전자발파 시공사례

이민수<sup>1)\*</sup>, 김희도<sup>2)</sup>

### Electronic Blasting for Excavating Single Line Railway Tunnel Close to Residential Area

Min Su Lee, Hee Do Kim

**Abstract** This paper introduce a multistage parallel non-vibration electronic tunnel blasting cases which adapts Electronic Blasting System(EBS) and the center-cut blasting method to excavating a single line railway tunnel close to residential area. As a result, it was revealed that the vibration and noise showed a reduction of 23.5% and 75% of compared with the allowable standard. We successfully completed the tunnel excavation with decreasing construction time and construction cost and without civil compliant.

**Key words** A single line tunnel, Center-cut, Electronic blasting system(EBS), Multistage parallel non-vibration electronic blasting, permit standard of vibration and sound

**초 록** 소단면 철도 단선터널 발파시 보안물건과 근접한 구간에서 진동소음을 줄이기 위하여 심발공법을 다단평행 미진동 전자발파 공법을 적용한 전자발파시스템(EBS)으로 시험발파를 실시하였다. 시험발파결과 진동소음 허용기준대비 진동 23.5%, 소음 75% 수준으로 측정이 되어 전자발파 공법으로 지속적으로 발파를 실시 완료하였으며 또한, 시험발파를 바탕으로 본 시공에서도 공사기간 단축, 공사비 절감, 민원방지 효과를 얻었다.

**핵심어** 단선터널, 심발공법, 전자발파 시스템(EBS), 다단평행미진동전자발파, 진동소음 허용기준

## 1. 서 론

소단면 철도 단선터널 굴착시 근접한 구역내에 민가가 위치하고 있는 현장에서 발파진동 및 소음을 제어하기 위하여 다단평행 미진동 전자발파 공법으로 설계를 실시하고, 진동·소음 기준치 이내로 발파를 수행하여 공사기간 단축, 공사비 절감 및 민원 방지의 효과를 얻을 수 있었다. 본 연구에서는 소단면 발파시 천공, 장약, 전색 및 초시결정 등의 최적 터널발파 공법을 수행하면서 전자발파 시스템을 적용한 시공사례를 소개하고자 한다.

## 2. 공사개요 및 검토구간 및 주변상황

### 2.1 공사개요

- 현장명 : 동해선 포항~삼척 철도공사 OO공구 노반 건설공사
- 발주처 : 한국철도시설공단
- 일 시 : 2016년 2월 29일~2016년 3월 4일
- 장 소 : 경상북도 울진군 매화면~근남면 일원

### 2.2 검토구간 및 주변상황

검토구간인 OO터널에서 STA. 104km428~104km441의 총 13m 구간은 무진동암파쇄 공법으로 설계되어 있으며 주변의 보안물건으로는 주거시설인 민가가 북동쪽에 있으며, 시험발파 지점 104km440으로부터 43.9m가 이격되어 있다(그림 1). 당 현장의 발파진동 허용기준은

<sup>1)</sup> (주)고려노벨화약 기술영업부 대리

<sup>2)</sup> (주)고려노벨화약 기술영업부 이사

\* 교신저자 : attom1234@daum.net

접수일 : 2016년 9월 8일

심사 완료일 : 2016년 9월 20일

게재 승인일 : 2016년 9월 22일

소음진동 관리법, 실시설계 보고서, 환경영향 평가서를 참고로 진동속도 0.2cm/sec, 진동레벨 75dB(V), 발파소음 75dB(A)으로 설정하였다.

### 2.3 위치 현황

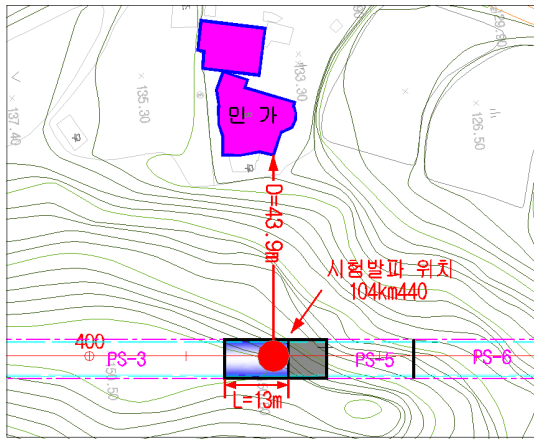


그림 1. 시험발파 위치.

### 3. 시험발파

NE150(φ32×200mm, 0.16kg/pcs) 총 36.96kg과 전자

뇌관 154개를 사용하였으며, 발파공경 45mm, 천공장 1.1m, 굴진장 1.0m, 지발당장약량 0.24kg, 비장약량 0.997kg/m<sup>3</sup>로 설계하여 시험발파를 진행되었다.

### 3.1 사용폭약 및 사용뇌관

그림2는 본 현장의 터널발파에 사용한 폭약 및 전자뇌관의 그림이다((주)고려노벨화약, 2012; ORICA, 2016).

### 3.2 천공 패턴도 및 심발 상세도(다단평행 미진동 전자발파 공법)

그림3은 시험발파시 천공 패턴도와 그룹별 발파 진행도, 다단평행 미진동 전자발파 공법의 심발 상세도를 실제 천공한 것과 비교한 사진이다.

### 4. 계측 결과 및 분석

지발당 장약량 0.24kg/delay로 설계하였으며, 발파지점에서 43.9m가 이격되어 있는 보안물건인 민가에서 발파 진동소음을 측정된 결과 발파진동속도 0.047cm/sec, 진동레벨 62.7dB(V), 소음레벨 67.1dB(A)로 측정이 되었다.

이 측정결과는 허용규제기준 이내로 측정되어 보안물



에멀전 폭약 (φ32×200mm, 0.16kg)



정밀 폭약(φ17×500mm, 0.125kg)



Electronic Blasting System(EBS)



전자뇌관(6m)

그림 2. 사용폭약 및 사용뇌관.

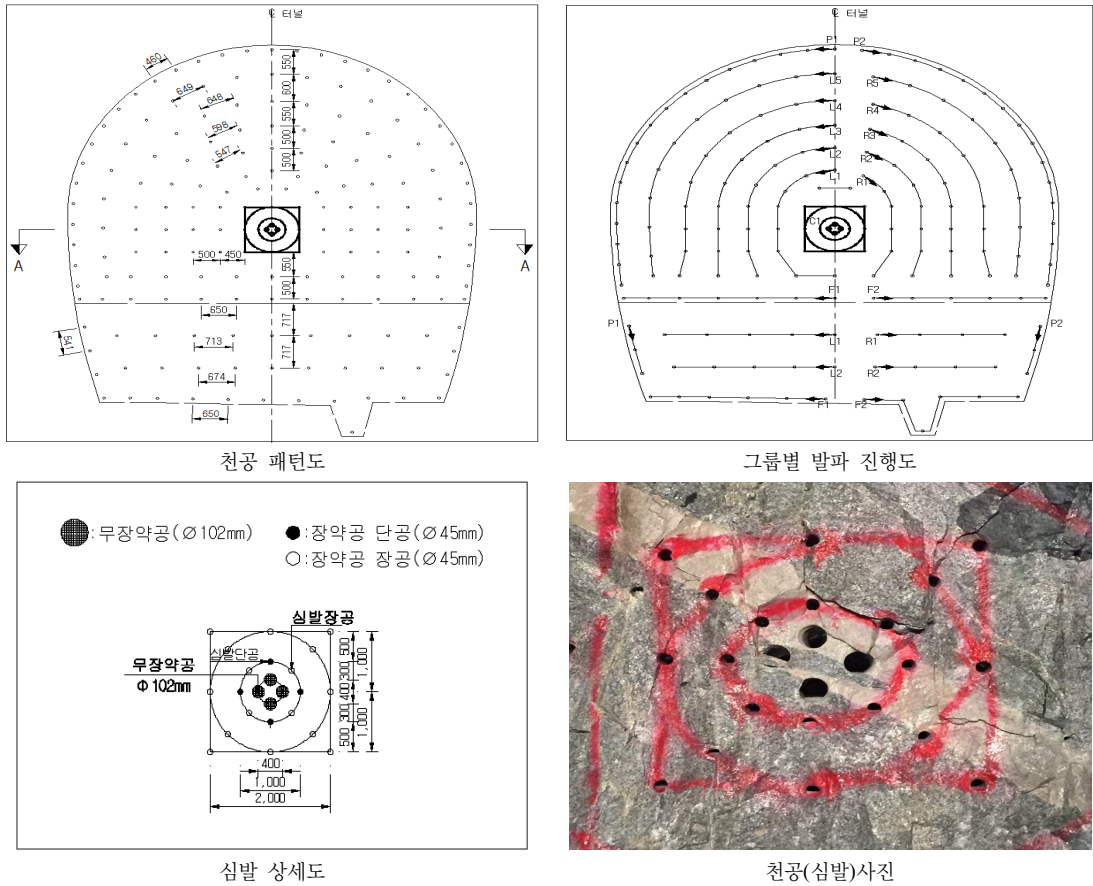


그림 3. 천공 패턴도 및 심발 상세도.

표 1. 발파패턴 및 계측결과

| 구 분 | 천공장 (m) | 굴진장 (m) | 지발당 장약량 (kg) | 총 장약량 (kg) | 비 장약량 (kg/m <sup>3</sup> ) | 천공수 | 진동 레벨 dB(V) | 진동 소음 dB(A) |
|-----|---------|---------|--------------|------------|----------------------------|-----|-------------|-------------|
| 1차  | 1.7     | 1.7     | 0.32         | 70         | 1.1                        | 150 | 49.88       | 56.75       |
| 2차  | 1.8     | 1.8     | 0.4          | 74.5       | 1.1                        | 149 | 50.29       | 58.65       |
| 3차  | 2.0     | 2.0     | 0.64         | 30.24      | 0.4                        | 54  | 57.30       | 44.70       |
| 4차  | 2.0     | 2.0     | 0.64         | 68.98      | 0.9                        | 115 | 56.67       | 51.20       |
| 5차  | 2.0     | 2.0     | 0.64         | 27.44      | 0.3                        | 49  | 72.93       | 67.37       |

표 2. 공사기간 단축효과

| 구 분      | 연장길이 | Cycle Time | 일일굴진 | 공사기간 | 단축 효과   |
|----------|------|------------|------|------|---------|
| 무진동 굴착   | 13m  | 24시간       | 1.0m | 13일  | 100% 향상 |
| 미진동 전자발파 | 13m  | 12시간       | 2.0m | 5일   |         |

건이 근접한 민가에 대해서도 큰 영향이 없는 수준으로 터널공사를 수행할 수 있을 것으로 판단된다. 또한 소단면인 철도 단선터널에서 터널 제어발파를 실시하는데

진동 및 소음의 제어발파와 함께 굴진효율 및 파쇄도를 고려한 최적의 터널 발파기술을 선택하였다. 먼저 심발공법은 다단평행 미진동 전자발파 공법을 사용하여 자

유면의 확보를 원활하게 하였으며 장약과 전색작업시 진동 및 소음을 제어하기 위하여 전색장을 충분히 확보하였고 특히 외곽공의 경우 cut-off로 인한 소음 증폭을 방지하고자 전색장을 충분히 유지하였다. 또한 전자뇌관의 시차배열도 심발공 100ms, 확대공 55ms, 외곽공 15ms로 하여 초시의 간섭을 방지하도록 초시배열을 하여 발파진동 및 소음을 허용 규제기준 이내의 범위로 발파작업을 수행하였다.

총 13m 무진동구간에서 심발공법으로 다단평행미진동전자발파 공법을 적용한 전자발파시스템으로 시험발파를 실시한 이후, 총 5회의 전자발파를 실시하여 완료하였다. 표 1은 5회의 발파의 발파패턴 및 계측결과를 나타낸 표이며, 표 2는 무진동 굴착대비 전자발파를 실시하였을 때 공사기간 단축효과를 나타낸 표이다.

## 5. 결론

본 시공사례는 보안물건이 근접한 철도 단선터널 굴착시 전자발파 시스템을 적용하여 발파진동 및 소음을 제어한 사례로 결론은 다음과 같다.

- 1) 보안물건인 민가와 43.9m가 이격된 소단면 철도 단선터널 현장에서 지발당장약량 0.24kg/delay로

전자발파 시스템을 사용한 결과 발파진동속도는 0.047cm/sec, 진동레벨은 62.7dB(V), 소음은 67.1dB(A)로 각각 측정되어 허용규제 기준 이내로 측정되었다.

- 2) 시험발파 이후 5회의 발파결과 지발당장약량을 0.32~0.64kg/delay로 하였을 때 진동레벨은 49.88~72.93dB(V), 진동소음은 44.70~67.37dB(A)로 허용규제 기준을 만족하여 공사기간 단축, 공사비용 절감 및 민원방지 효과를 얻었다.

## 참고문헌

1. 김남수, 2016, 동해선 포항~삼척 철도공사 제11공구 노반건설공사 시험발파 결과보고서, NSB나우이엔씨 기술사사무소, pp. 74-79.
2. (주)고려노벨화약, 2012, 화약류제품설명서, p. 8, p. 14.
3. ORICA, 2013, 제품카다로그, p. 3.



**김희도**

(주)고려노벨화약 기술영업팀 이사

Tel: 02-756-2863

E-mail: nonelgim@hanmail.net



**이민수**

(주)고려노벨화약 기술영업팀 대리

Tel: 02-756-2863

E-mail: attom1234@daum.com