

❖ 터널 환경 기술위원회

Annual Activity Report

2016. 12.



사단
법인 **한국터널지하공간학회**
Korean Tunnelling and Underground Space Association

2016-Annual Activity Report

터 널 환 경 기술위원회

기술위원장 : 고 성 일

수 석 간 사 : 이 용 한

모임

1차모임 일 시 : 2016년 08월 30일 화요일 시간 15:00 ~ 19:00

장 소 : 터널지하공간학회 회의실

의 제 : 최근 터널 공사시 환경민원이 발생된 현안 논의

참석자 : 고성일(위원장, 단우기술단), 이용한(간사, 삼성물산), 이규필(한국건설기술연구원), 서상연(GS 건설), 박민수(단우기술단), 문훈기(다산건설터트)

주요 활동사항

- 최근 터널 공사시의 터널환경 기술 문제점 소개
- 각 분야 전문가들의 개선 방안에 따른 의견 수렴

세부 활동내용

- 터널 시공시의 환경관련 문제점 소개
 - 발파에 의한 환경 관련 문제점 및 해소방안 소개
 - 지하수 저하에 따른 문제점 사례 소개
 - 터널 발파에 의한 환경관련 문제점 발표
 - 가축 및 우사에 대한 강화된 허용진동치로 인한 현장 트러블 사례 발표
 - 현 발파진동 기준선정의 문제점 및 개선방안
-

• 각 분야 전문가들의 개선 방안에 따른 의견 수렴

주요성과

- 측사 및 우사에 대한 과도한 강화기준 적용으로 현장에서의 시공시 많은 어려움 산재 및 이에 대한 대처방안 수립 필요
 - 측사에 대한 허용진동치 $57\text{dB}(v) = 0.02\text{cm/sec}$
- 허용진동치를 초과하는 양도록 제어발파를 수행하더라도 측사 및 우사 피해 발생
 - 폐사, 유·사산, 성장지연, 수태율 저하, 육질저하 등

1. 현장에서의 발파시 현안 문제점

[매우 엄격한 적용 허용 진동치 적용으로 공사비 및 공기 증가]

- 발파에 의한 환경공해를 최소화하고, 민원발생 및 그에 따른 공사지연을 방지하기 위해 환경부의 중앙 환경분쟁 조정위원회의 조정사례 및 “00~00 철도건설사업 환경영향평가서”에 따라 건물내 거주자의 민원을 고려하여 민가에 대하여 0.2cm/s 를 적용하고 측사는 0.02cm/s 를 적용
- 콘크리트 구조물 등의 허용기준치는 $1.0\sim 4.0\text{cm/s}$ 인 것으로 조사되었으며, 과업인근 주요 보안물건은 주택이므로 조적식 구조물의 기준치인 1.0cm/s 를 적용

[적용 허용 진동치]

구 분	허용 진동치준	비 고
측 사	0.02cm/s	환경분쟁 조정시 소음 피해인정기준(신설) (2008년 1월 1일부터 적용) “원주~강릉 철도건설사업 환경영향평가서”
민 가	0.2cm/s	최근 환경영향평가 협의사례 적용 “원주~강릉 철도건설사업 환경영향평가서”

[획일적인 국토부 발파진동식 적용으로 발파 진동치 예상결과의 신뢰도 저하]

- 발파진동 추정식은 시험발파 등을 통하여 결정되는 것이나 설계단계에서 이러한 절차수행에는 현실적으로 적용하기에 무리가 있으므로, 효율적인 설계추진을 위하여 진동예측을 위한 설계단계에서의 발파진동 추정식 결정이 필요하다.
설계단계에서 예비검토를 위한 설계 발파진동 추정식은 다음과 같다.

$$PPV = 200 \left(\frac{D}{W^{1/2}} \right)^{-1.6} : \text{「국도건설공사 설계실무 요령(국토해양부, 2008)」}$$

여기서 D : 폭원으로부터 이격거리 (m)

W : 지발당 최대장약량(kg)

국내 도로공사 현장의 실 계측자료로부터 구한 $K=200$, $n=-1.6$ 이다.

2. 현 설계기준 고찰(KDS 27 20 00 : 터널 굴착)

4.1.3 발파굴착

(1) 발파굴착은 가장 일반적인 암반 굴착방법으로 설계 시에 다음 사항을 고려해야 한다.

- ① 발파굴착은 경제성과 시공성은 양호하나 진동과 소음 등이 수반되기 때문에 지반조건 또는 주변여건에 따라서 적용여부를 결정해야 한다.
- ② 발파설계는 지반조건을 고려하여 발파진동으로 인한 터널주변 지반의 이완영역을 최소화 하며 평활한 굴착면이 형성되고, 버력의 크기가 적재 및 운반에 적합하도록 수행해야 하며, 다음 사항을 포함해야 한다.

가. 굴착 단면의 크기 및 형상

나. 굴진장

다. 심발형식

라. 심발공, 발파공 및 주변공의 직경, 배치, 각도 및 천공 깊이

마. 화약의 종류와 장약량

바. 뇌관의 형식

사. 점화 및 기폭 순서

아. 현장 시험발파 계획

- ③ 발파설계 시에는 지반진동이나 소음이 주변 환경에 미치는 영향을 고려하여 제어발파 등의 대책을 수립해야 하며 엄격한 진동규제를 필요로 할 때에는 방진대책을 제시하거나 미진동굴착공법, 정밀진동제어발파 등을 검토하여 진동소음 허용기준을 만족시켜야 하며, 터널 갱구부에서 발파소음으로 인한 환경영향이 우려되는 경우 방음시설(방음문, 방음둑, 방음벽 등)을 설치하는 등 적극적인 대책을 마련해야 한다.
- ④ 발파지점 주변에 보호하여야 할 시설물이나 구조물이 있는 경우, 대상시설물 위치에서의 발파진동(지반진동) 허용치는 최대입자속도 측정치를 기준으로 표 4.1-1에서 정한 값을 준용하여 설계하여야 한다. 단, 지반진동치를 주파수대역별로 구분하여 관리할 필요가 있는 경우에는 외국의 법규나 공공기관의 기준치를 참조하여 별도로 정할 수 있다.

표 4.1-1 구조물의 손상기준 발파진동 허용치

구분	문화재 및 진동예민 구조물	조적식(벽돌, 석재 등) 벽체와 목재로 된 천장을 가진 구조물	지하기초와 콘크리트 슬래브를 갖는 조적식 건물	철근콘크리트 골조 및 슬래브를 갖는 중소형 건축물	철근콘크리트 또는 철골골조 및 슬래브를 갖는 대형건물
최대 입자 속도 (cm/sec)	0.2 ~ 0.3	1.0	2.0	3.0	5.0

⑤ 진동에 아주 민감한 특정 시설의 경우에는 해당 시설의 진동규제치를 기준으로 설계해야 하고 표 4.1-1에 의한 구조물의 구분이 명확히 적용하기 어려운 경우에는 시험발파 등의 방법을 통하여 별도로 진동규제치를 정할 수 있다.

⑥ 발파지점 주변의 주민에 대한 생활 공해방지를 위한 지반진동 허용치는 환경부 제정 진동과 소음에 관한 규정을 준용해야 한다. 단, 가축사육장, 양식장, 정밀기계공장 등에 대한 인접공사의 경우에는 해당 전문가의 자문이나 기존 판례를 고려하여 발파진동 허용치를 정해야 한다.

3. 현 시방기준 고찰

1.2 발파로 인한 지반진동 측정

1.2.1 진동측정 계기는 발파진동의 주파수 범위에 적합하고 3방향 직교축에 대한 입자속도를 측정할 수 있는 것이어야 하며, 정밀분석이 가능하도록 시간이력을기록할 수 있는 것을 사용하여야 한다.

1.2.2 대상 시설물에 대한 지반진동은 발파원으로부터 가장 근접한 구조물 기초 부위에서 측정하고 여건상 이것이 불가능한 경우에는 이에 근접한 지표에서 측정할 수 있다.

1.2.3 시험발파 또는 발파패턴 변경 시에는 목표의 발파효과와 진동 관리치 도달시까지 매 발파마다 측정한다.

1.2.4 일상적 발파작업이 이루어질 경우에도 주 1회 이상 주기적으로 측정하여 발파작업의 효과와 작업원에 대한 안전의식을 반복적으로 확인하도록 하여야 한다.

1.2.5 문화재 및 진동에 민감한 시설물에 대하여는 지반진동 영향권 전 구간을 통과할 때까지 매 발파마다 측정하여야 한다.

1.2.6 측정 빈도는 현장의 작업여건이나 입지여건에 따라 조정할 수 있다.

1.3 발파진동기준 및 관리

1.3.1 발파지점 주변에 보호하여야 할 시설물이나 구조물이 있는 경우, 대상시설물위치에서의 발파진동(지반진동) 허용치는 최대입자속도 측정치를 기준으로 <표 4-4.1>에 의하여 결정하되 공사발주 지방서 작성 시 조정할 수 있다. 단, 지반진동치를 주파수 대역별로 구분하여 관리할 필요가 있는 경우에는 외국의 법규나 공공기관의 기준치를 참조하여 별도로 정할 수 있다.

<표 4-4.1> 구조물의 손상기준 발파진동 허용치

표 4.1-1 구조물의 손상기준 발파진동 허용치

구분	문화재 및 진동예민 구조물	조적식(벽돌, 석재 등) 벽체와 목재로 된 천장을 가진 구조물	지하기초와 콘크리트 슬래브를 갖는 조적식 건물	철근콘크리트 골조 및 슬래브를 갖는 중소형 건축물	철근콘크리트 또는 철골골조 및 슬래브를 갖는 대형건물
최대 입자 속도 (cm/sec)	0.2 ~ 0.3	1.0	2.0	3.0	5.0

1.3.2 발파지점 주변의 주거민에 대한 생활 공해 방지를 위한 발파진동 허용치는 환경부 제정 ‘진동과 소음에 관한 규정’을 준용한다. 단, 가축사육 및 양식장 인접 공사의 경우에는 해당 전문가의 자문을 얻어 발파진동 허용치를 정하여야 한다.

1.3.3 현장에서 측정된 직교하는 3방향 측정치와 3축의 벡터 합이 허용치를 초과할 경우에는 천공을 포함한 일체의 발파작업을 중단하고 저폭속의 폭약 사용, 다단발파 적용, 장약량 제한, 심발 발파방법 조정, 발파방식 변경 및 진동전파 방지방법 등을 활용하여 지반진동치가 허용범위 이내가 되도록 조치하여야 한다.

4. 개선 필요사항

4.1 국내에서 많은 터널공사가 진행되어온 현 여건상 민가 또는 일반적인 콘크리트에 대한 허용진동치 산정에는 트리블 발생소지가 비교적 적음

4.2 특수조건에 대한 보안물건의 허용진동치 산정시에는 허용 진동치 산정 결과에 따라 설계중인 터널의 사업비와 직결됨에 따라 이에 대한 기술적 가이드 라인 설정 필요

ex) 측사에 대한 허용진동치, 국가시설물에 대한 해당관리 기관의 엄격한 요구사항등 (가스관료, 상하수도 관로, 원자력 발전시설 등)