

터널 콘크리트 라이닝 배면공동 뒷채움 전후의 GPR 반응

문윤섭¹⁾, 하희상¹⁾, 고광범¹⁾

¹⁾(주)지오맥스 moonnice@geomax.co.kr

Comparison of the GPR response of the cavity behind the tunnel lining before and after the backfill grouting

Yoonsup Moon¹⁾, Heesang Ha¹⁾, Kwangbeom Ko¹⁾

¹⁾Geomax Co., Ltd.

요약 : 터널 시공당시 발생하는 여굴이나 라이닝과 원지반 사이에 발생하는 배면공동은 터널의 안정성에 심각한 문제를 야기할 가능성이 있으므로 모르타르 등으로 반드시 뒷채움 시공을 하여야 한다. 이러한 뒷채움 시공이 필요한 공동의 위치, 규모의 확인 및 뒷채움 시공의 결과를 효과적으로 확인하는 비파괴 방법으로 GPR탐사가 보편적으로 이용되어진다. 본 논문에서는 서울의 ○○ 터널의 천단부에 대하여 뒷채움 시공전 450MHz 주파수 대역의 안테나를 이용하여 연속적인 GPR탐사를 수행하였고, 그 결과 전체 터널구간 중 크고 작은 8개구간의 배면 공동이 존재하고 있음을 확인하였다. 뒷채움 시공 이후에도 동일한 축선에서 GPR탐사를 수행한 결과 시공전에 발견된 배면공동이 모두 효과적으로 메워진 것을 확인할 수 있었으며, 기타 철근이 배근되어진 구간역시 밀착도가 더욱 향상된 것을 확인할 수 있었다.

주요어 : 여굴, 배면공동, 뒷채움, GPR

Abstract : The cavity behind the tunnel lining, caused by overbrake, might be cause a severe instability during tunnel construction. So backfill grouting is essentially required. GPR(Ground penetrating Radar) is widely used to identify the position and size of the cavity and to verify the effect of the backfill grouting. In this study, GPR survey with 450 MHz antenna was implied to access the effect of the backfill grouting before and after the work to the crown part of ○○ tunnel in Seoul respectively. The result of GPR survey conducted before the backfill, was revealed that cavities behind the lining were existed in the areas of 8 spans. Finally, from the GPR survey implied after backfilling, it was turned out that backfill grouting was successfully carried out. Also, GPR survey was ascertained the better contact between lining and rock base at arrangement of bar span.

Key word : overbrake, cavity, backfill, GPR

서론

터널 라이닝, 특히 천단부(arch crown)와 원지반과의 사이는 아무리 주의 깊게 시공하더라도 라이닝시공 특성상 배면공동이 생기는 것이 일반적이다(건교부, 1996). 또한 시공시 발생한 여굴 등은 작은 진동에도 터널의 안정성에 문제를 야기할 가능성이 있다(김동백과 권기준, 2006). 따라서 터널은 모르타르나 기타의 충전재 주입으로 원지반과 라이닝 뒷면 사이의 공동을 반드시 충전 하여야 한다(건교부, 1996). 천단부 배면 공동의 뒷채움(backfill grout) 시공을 위해서는 먼저 공동의 위치, 규모에 대한 정보가 요구된다. 더불어 뒷채움 시공이 성공적으로 수행되었다 하더라도 시공시의 주입재료, 사용기계, 주입압력 등에 따라 뒷채움의 결과가 매우 상이해지기 때문에 시공 효과의 확인 또한 매우 중요한 사항이라 할 수 있다.

이러한 뒷채움 시공의 효과를 확인하는 대표적인 방법은 시공 구간의 코어링을 통한 육안확인법이 있으나, 이것은 매우 국부적인 구간의 확인만이 가능하며 구조물을 파괴하면서 진단하는 방식으로 구조물의 안전성에 문제를 야기 할 수 있음은 물론, 확인공에 대한 되메움을 해야하는 경제적인 문제도 발생하게 된다. 이에 반해 시공된 터널 라이닝을 파괴하지 않고 결과를 확인할 수 있는 물리탐사 기법으로서 GPR(ground penetrating radar) 탐사, 충격반향법(impact echo method), 초음파 반사탐사법(sonic reflection method), 표면파 탐사(SASW, spectral analysis surface wave) 등이 있다. 이중, GPR은 다른 비파괴 시험방법과 비교할 때 대상물의 형상에 따른 조사범위의 제한이 없고 측정자가 의도한 심도대로 조사가 가능하며 현장실험이 매우 신속히 이루어지고 센서의 고정설치나 준비 등의 특별한 현장 준비가 필요 없으며, 특히 관련 자료가 영상처리되므로 객관적인 자료 제공이 가능하여 신뢰성 있는 시험성고가 제시될 수 있다(과학기술처, 1996). 이와 같은 장점으로 인하여 토목 분야에서 시공 또는 유지, 관리 단계에서 많이 응용되고 있다(한국지구물리탐사학회, 2002)

본 논문은 서울 ○○ 터널 뒷채움 시공을 전후하여 수행한 GPR탐사 천단부 배면공동 사례연구로서 콘크리트 라이닝 시공 후 배면공동의 확인과 뒷채움 시공후의 GPR 반응양상을 비교함으로써 뒷채움 시공 효과 및 터널의 구조적 안정성을 검토하는데 있어서 GPR 탐사의 활용도를 제고하는데 그 목적이 있다.

자료획득

서울 ○○ 터널은 가운데 정거장을 기준으로 좌우 총 2개의 터널(A, B)로 이루어 졌으며 두 터널의 총연장은 481.9m이다. 뒷채움 시공전, 터널의 전체구간에서 가장 배면 공동이 발생하기 쉬운 천단부에 대해 자료를 획득하였으며, 뒷채움 시공 이후 역시 동일한 구간에 대해 자료를 획득하였다. 자료의 획득은 캐나다 Sensors & Software사의 Pulse EKKO 1000ATM (Fig. 1)를 사용하였으며 획득변수는 Table 1과 같다.

Table 1. Data acquisition parameters.

classification		total length	No. of span	frequency range	method
Before backfill grouting	tunnel A	363.8 m	46	450 MHz	reflection & continuous
	tunnel B	118.1 m	15	450 MHz	reflection & continuous
After backfill grouting	tunnel A	363.8 m	46	450 MHz	reflection & continuous
	tunnel B	118.1 m	15	450 MHz	reflection & continuous



Fig. 1. (a) GPR system(PulseEKKO 1000A™), (b) Data acquisition

결과 및 토의

서울 ○○터널의 뒷채움 시공 전후의 GPR 탐사를 수행한 결과 라이닝과 동시에 시공된 복철근에 의한 전자파의 산란으로 인하여 슛크리트와 라이닝 접합부의 정확한 경계를 파악하기에 곤란한 구간이 많았으나, A터널의 평균 라이닝 두께는 0.7~0.9 m이고, B터널의 평균 라이닝 두께는 0.6~0.8 m 안팎으로 파악되었다.

뒷채움 시공 이전에 획득된 영상 이미지에서는 총 8개 구간에서 배면공동이 파악되었으며 공동의 최대 수평 길이는 1.0 m 안팎 최대 수직 길이 0.2 m 안팎의 소규모 공동이 파악되었다. 그 세부적인 결과는 Table 2.와 같다.

Table 2. Survey results.

No.	Classification	Span	Cavern Size	
			Width	Length
1	Tunnel A	12	about 1.0m	about 0.2m
2		25	about 0.5m	below 0.1m
3		45	about 0.5m	below 0.1m
4	Tunnel B	1	about 0.5m	below 0.1m
5		3	about 0.5m	below 0.1m
6		10	below 0.5m	below 0.1m
7		12	below 0.5m	below 0.1m
8		13	below 0.5m	below 0.1m

뒷채움 시공이후 동일한 지역을 동일한 조건으로 반복하여 탐사한 결과 뒷채움 시공 이전에 발견되었던 8개의 공동이 성공적으로 메워진 것으로 나타났다(Fig 2). 또한 경간과 경간 사이의 철근이 없는 구간 및 공동이 발견되지 않은 복철근 구간도 뒷채움으로 인하여 라이닝과 암반의 밀착도는 매우 향상된 것으로 파악되었다.

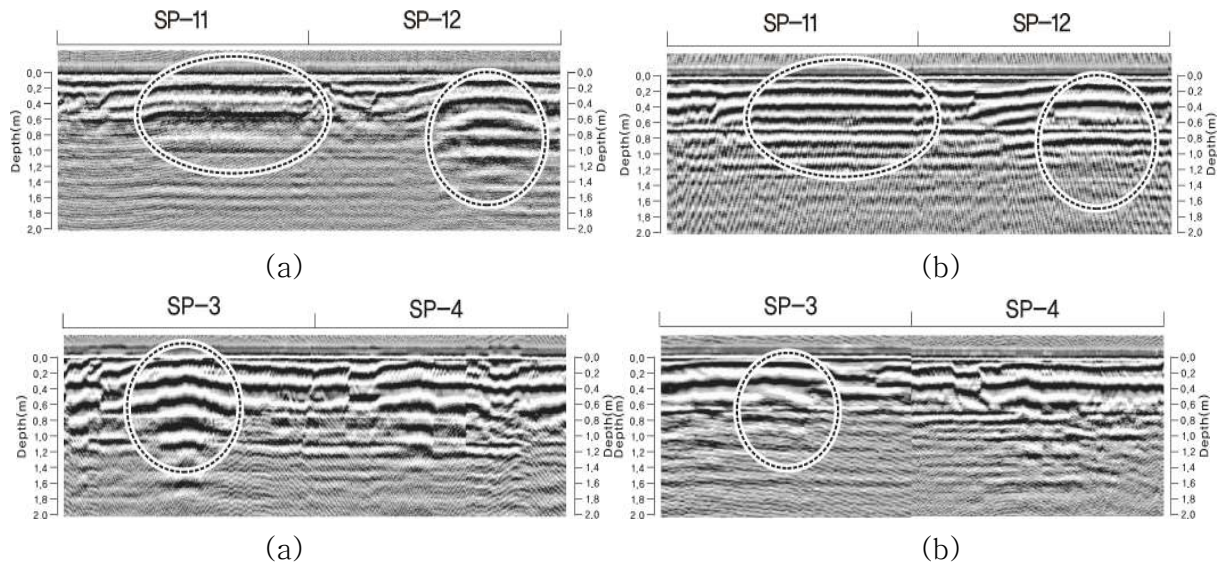


Fig. 2. Comparison of (a) before, and (b) after backfill grout at span 11, 12 of tunnel A, (c) before and (d) after backfill grout at span 3, 4 of tunnel B.

이러한 결과를 토대로 볼 때, GPR탐사를 이용하여 터널 뒷채움 시공의 결과를 매우 효과적으로 파악할 수 있는 것으로 확인되었으며, 향후 GPR을 이용하여 뒷채움 시공의 효과를 파악하는 것 이외에 터널 전반의 안정성 평가에 있어 폭넓게 활용될 수 있을 것으로 기대된다.

참고문헌

- 건설교통부, 1996, 터널표준시방서, 58-95.
- 과학기술처, 1996, 터널안전관리를 위한 정밀안전진단 시스템 개발, 10-11.
- 김동백, 권기준, 2006, 여굴이 큰 터널의 안전성에 관한 연구, 한국방재학회논문집, 제6권, 2호, 45-50.
- 한국지구물리탐사학회, 2002, 토목·환경 분야 적용을 위한 물리탐사 실무 지침, 164P.