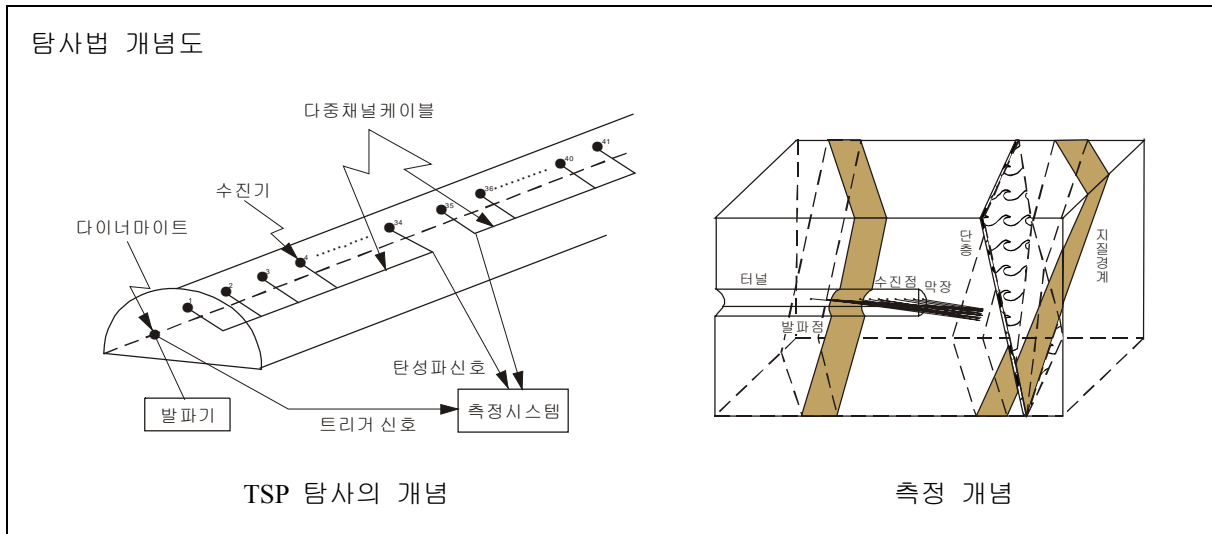


TSP (Tunnel Seismic Profiling) 탐사 (개요)



1. 원리

TSP 탐사는 시추공을 이용한 VSP(Vertical Seismic Profiling) 탐사 기법을 터널 안에서 응용한 것이다. 터널 막장으로부터 이미 굴착된 구간에 발파점 및 수신점을 설정하여 측정하고, VSP 및 반사법 탄성파 탐사의 처리·해석 기술을 이용하여 막장 전방으로부터의 반사파를 추출함으로써 막장 전방의 지질 경계, 단층 파쇄대 등의 불연속면에 대응되는 파형을 가시적으로 표현하는 방법이다. 이는 터널 HSP (Horizontal Seismic Profiling) 탐사라고도 한다.

2. 탐사 종류

탐사 방식은 크게 두 종류가 있으며 그 자료는 원리적으로 동등하다.

- 1) 다수진점-소발파점 방식 (일반적인 굴절법과 같이 갱내에 다수(20~50)의 수신점을 설치하고, 3~5점의 발파점을 설정하여 측정한다)
- 2) 다발파점-소수진점 방식 (갱내에 다수(20~50)의 발파점을 설치하고, 3~5점의 수신점을 설정하여 측정한다)

지층 경계의 방향이 터널 축에 대하여 대체로 직교하는지 평행하는지에 따라 자료처리 방법 또는 측정 변수를 변경시킬 필요가 있다. 이를 위해서는 사전에 기존의 지질조사 결과를 파악해 두는 것이 상당히 중요하다.

3. 탐사거리

주로 산악 터널의 미 시공 구간의 지질 상황을 탐사 대상으로 하며, 탐사거리는 막장 전방 100~200m이다.

4. 측정·해석으로부터 얻는 정보

막장 전방의 음향 임피던스 경계를 반사면으로서 검출하여 가시화된 반사 구조를 해석함으로써 단층 파쇄대의 규모, 위치 등을 파악할 수 있다. 탐사 목적은 ① 단층 파쇄대 등과 같이 지질이 급격히 변하는 부분의 존재 여부, ② 사전 조사로 확인된 단층 파쇄대 등의 터널 갱내에서의 위치 확인, ③ 단층 파쇄대 등의 규모, ④ 터널 축방향과 단층 파쇄대의 교차 각도 및 방향, ⑤ 단층 파쇄대의 특성 규명이다. 또한 다수진점 방식으로 2 점 이상의 발파점을 설정하게 되면 이미 시공된 구간에 있어 NATM 계측 B의 갱내 탄성파속도 측정 규격을 충족시키는 자료를 얻을 수 있다.

5. 사용 기기

개념도에 나타난 바와 같이 발생원과 수신기, 데이터 기록 장치, 모니터와 이들을 연결한 케이블로 구성된 측정 시스템을 사용한다. 측정 시스템은 일반적으로 컴퓨터에 의하여 제어되는 기기를 사용한다.

TSP (Tunnel Seismic Profiling) 탐사 (개요)

반사파로서 관측된 파형은 주파수가 수백~수천 Hz에 달하기 때문에 수신기로는 고유 진동수가 높은 속도형 수신기(움직코일형 수신기) 또는 압전형 가속도계를 이용한다. 수신기는 미약한 반사파의 진폭을 증폭하기 위해 갱도 벽면의 하나의 수신점에 대하여 여러 개 배치하거나 갱벽에 작은 구멍을 굴착하여 그 안에 수신기를 매설하는 방법을 취한다. 발생원으로는 주로 화약류가 사용된다.

6. 조사 방법

「탐사 종류」에 기술한 바와 같이, 계측 방법은 크게 두 종류가 있지만 다수진점-소발파점 방식에 대해 설명하고자 한다. 다발파점-소수진점 방식의 경우는 발생원과 수신기를 서로 대체하여 적용한다.

기존 굴착 구간의 바닥 또는 측벽부에 축선을 설치하고, 축선 내의 20~50곳에 수신점(1~2 m 간격)을 설치한다. 또한 축선내 또는 축선의 연장선 상에 수 개의 발파점을 설치한다. 준비 작업이 종료되면 순차적으로 발파를 실시하고 측정을 수행하여 자료를 얻게 된다.

이 탐사의 성과로는 반사시간 단면도를 얻을 수 있지만 시간 단면으로부터 심도 단면으로 변환하기 위해서는 막장 전방의 탄성파 속도가 필요하다. 막장 전방의 탄성파 속도를 측정 결과로부터 구하는 것은 곤란하다. 따라서 일반적으로 갱내 탄성파탐사 또는 기존 자료로부터 얻게 된 탄성파 속도를 적용한다.

7. 자료처리·해석

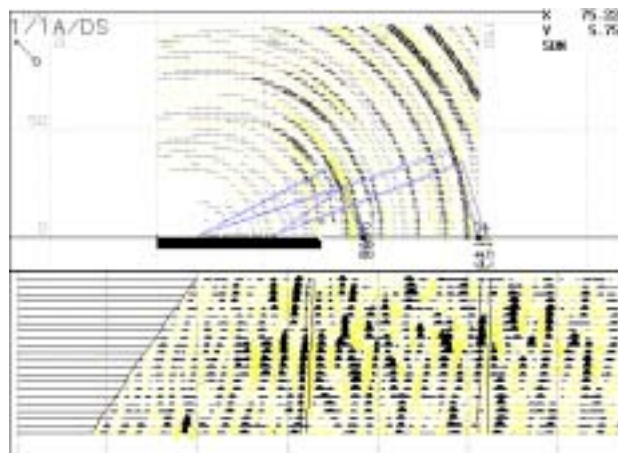
자료처리·해석은 컴퓨터에서 반사법 탄성파탐사 및 VSP 처리 소프트웨어를 사용하여 수행한다. 처음에 저장된 디지털 자료는 해석 소프트웨어에 적합하도록 포맷 변환한다. 이 자료에 대하여 각종 필터 처리, 정보정 등의 전처리를 수행한 후 파형을 분리하여 필요한 자료를 추출하고 다시 한번 각종 필터 처리를 실시한다. 그 후, 적당하다고 생각되는 탄성파 속도를 이용하여 구조보정 처리를 수행하여 반사 시간 단면도를 작성한다. 또한 적정한 탄성파 속도를 적용하여 반사 심도 단면도로 변환한다.

반사 시간 단면도나 반사 심도 단면도, 지질도, 막장 관찰 기록이나 갱내 전개도 등의 기존 지질 자료를 검토하여 반사면과 지질 상황을 대비·평가하여 해석 단면도를 작성한다.

8. 적용상의 문제점

- 1) 측정 또는 자료처리만으로 막장 전방의 단층 파쇄대를 정확하게 파악하는 것은 대단히 어렵기 때문에 해석을 위해서는 기존의 지질 조사 자료나 굴착 실적과 충분히 대비시킬 필요가 있다.
- 2) 반사파는 지층의 음향 임피던스 경계를 반사면으로 하기 때문에 인접된 지층간의 탄성파 속도가 서로 차이가 나지 않는 경우에는 이를 파악할 수 없다. 또한 지질적인 경계와 물리적인 경계가 반드시 일치하는 것은 아니다.
- 3) 반사법의 분해능은 탄성파의 파장에 의해 결정된다. 이 탐사에 이용되는 탄성파의 파장은 1 m 내외이기 때문에 수십 cm의 분해능을 갖는다.

결과도



강원도 삼척군 도계읍 문의재 터널에서의 TSP 탐사 결과 예.

차성수, 김세훈, 윤상필, 배정식, 이진우, 1999, TSP탐사를 이용한 지하유류저장공동 및 도로터널의 시공 중 설계변경 사례 고찰, 건설현장에 필요한 물리탐사기술 심포지움, 한국지구물리탐사학회 1999년도 제2회 학술발표회, p. 134.