

시멘트 그라우팅 시공순서도(석탄산업합리화사업단, 2004)

나. 해외 사례(페이지 184-185 참조)

(4) 시험시공 및 보강효과 확인

가. 시험시공

ㄱ. 지반보강공법의 주입량, 주입압, 주입속도, 배합비 등 고려

나. 보강효과 확인

ㄱ. 직접적 방법: 코어 상태, 페놀프탈레인 반응시험

ㄴ. 간접적인 방법: 투수시험, 밀크주입시험

3.7 계측조사

(1) 개요

가. 계측 방법

ㄱ. 시추공 내 암반변위를 계측할 수 있는 계측센서를 매설하는 방법

ㄴ. 지표에서 직접 침하를 계측하는 방법

나. 광산지역 계측조사 목적: 채굴적 존재구간 일대에 대한 광역적인 지반변위 관찰, 시공관리 및 보강공사 검증

다. 계측 목적

ㄱ. 지반변위 관찰 후 보강대책 수립

ㄴ. 보강 후 보강효과 확인 수단

(2) 계측 계획

가. 조사지역에 관한 자료를 조사하고 수집하여 사업목적, 현장조건, 계측비용 등을 검토하여 합리적인 계측 계획 수립

나. 계측 위치 선정: 채굴적 위치, 주요 구조물 현황, 침하현상 발생지역 및 주변지형을 고려하여 지반거동을 대표할 수 있고 원활한 계측이 가능한 지역에 설치

다. 폐광지역 계측계획(그림 3-59)

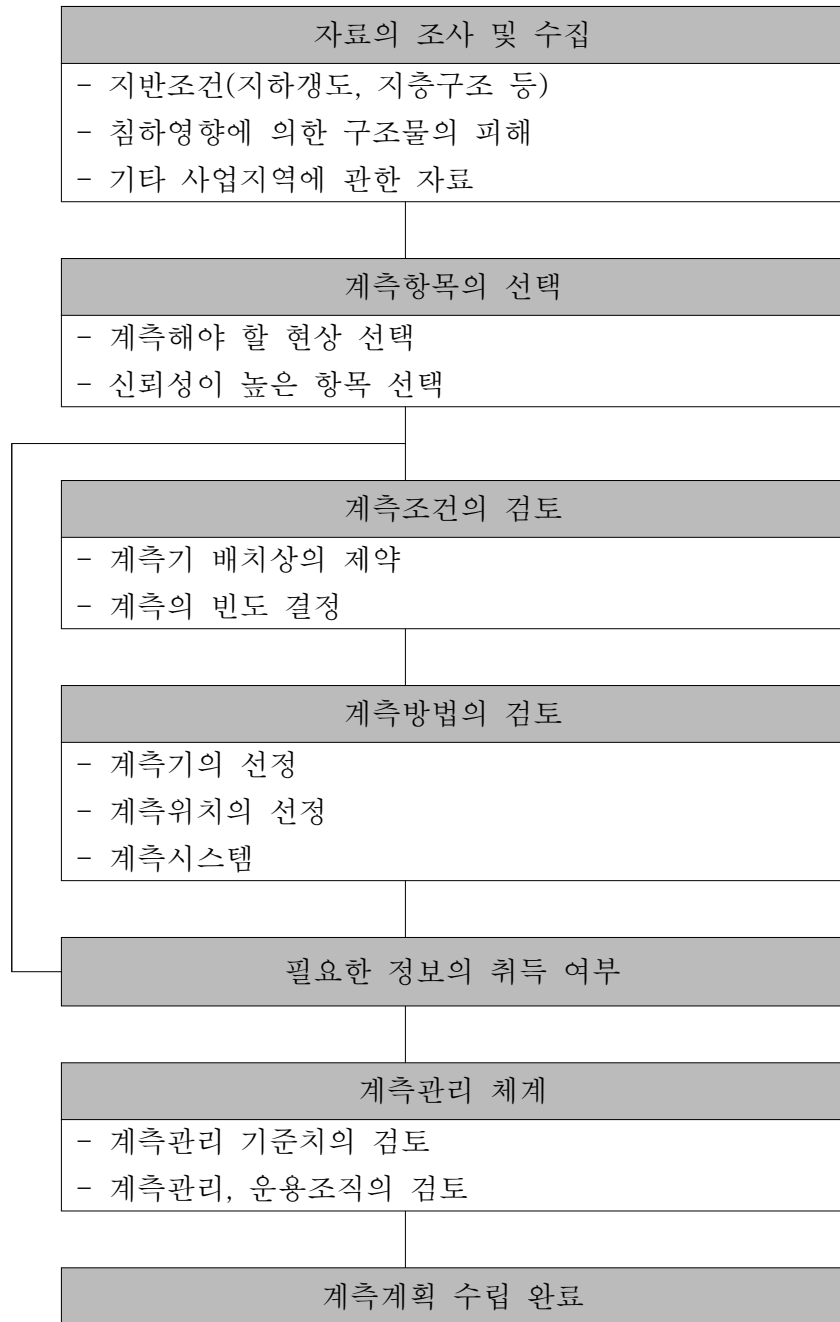


그림 3-59 폐광지역 계측계획 흐름도

(3) 계측기 종류

가. 지표침하 계측

- ㄱ. 지표면에서 지반의 수직 침하량을 측정하여 지반 침하량 산정
- ㄴ. 측정 장치: 지표침하판(핀), 액상침하계(Liquid settlement)
- ㄷ. 동결 깊이 이하로 설치할 경우 동상용기 영향이 있으므로 동결심도보다 깊게 설치
- ㄹ. 지표침하판(핀)과 액성침하계 비교(석탄산업합리화사업단, 2004)

구분	지표침하관(핀)	액상침하계
계측원리	- 지반에 고정된 핀을 수준 측량하여 침하량 계측	- 액체의 수두차를 전기적 신호로 변환하여 침하량 계측
장점	- 구조적으로 간단, 고장이 적음 - 계측여건 변화 시 대응 용이	- 자동화 계측 용이 - 연속측정 가능
단점	- 1회 측정시간 많이 소요 - 자동계측 곤란	- 장비가 고가 - 온도 영향

나. 지중변위 계측

ㄱ. 시추공 내 지중변위계나 경사계를 설치한 후 시간경과에 따른 지중변위나 경사변화를 측정

ㄴ. 지중변위계

- 시추공 내 일정 위치에 지중변위계를 설치하여 지표면과 측정점 사이의 상대변위를 측정
- 측정 장치: Rod type(광산지역에 적합) 지중침하계, Magnetic type 지중침하계
- 폐광지역: Rod type 지중침하계인 심도별 여러 지점의 지중침하량을 계측할 수 있는 다점지중침하계(Multi Point Borehole Extensometer, MPBX) 사용
- Rod type 지중침하계와 Magnetic type 지중침하계의 비교(석탄산업합리화사업단, 2004)

구분	Rod type	Magnetic type
계측원리	- 측정고자 하는 심도에 침하봉을 설치하고 지반과 일체화시킨 후 침하봉의 침하량 측정	- 측정고자 하는 심도에 자석을 설치하고 지반과 일체화시킨 후 센서를 이용하여 침하량 측정
장점	- 정밀성이 높음 - 자동화 계측 가능	- 침하량이 큰 경우에도 적용 가능 - 측정심도에 제한이 적음 - 침하량이 큰 지반에 유리
단점	- 비교적 장비가 고가 - 측정 수에 제한이 있음	- 센서와 연결된 줄자로 침하량을 측정하므로 정밀성이 떨어짐

ㄷ. 경사계

- 시추공 내에 경사계를 삽입시켜 시추공 기울기의 경사변화를 측정하여 지반의 횡방향 변위 측정
- 측정 장치: 삽입식 경사계, 고정식 경사계

다. TDR(Time Domain Reflectometry, 시간영역 반사법)

ㄱ. 원리: 송신장치로부터 송신된 신호가 반사되어 돌아오는 시간을 측정하는 기술로서 사용되는 케이블에 결함이 발생하면 송신된 신호에너지의 일부분이 반사되어 돌아오는 것을 감지하여 결함 발생 위치 및 종류 규명

ㄴ. 설치: 시추공을 이용하여 원하는 심도까지 전체 구간에 케이블 매설

ㄷ. 적용: 전기송전선, 전화선, LAN 케이블의 파손된 위치 파악, 산사태 및 암반사면 변형 파악, 지반 함수비 변화 모니터링, 지반 오염물질 종류 및 이동 경로 추정, 지하수위 변동 측정, 지반 침하 계측 및 지반변위 정밀계측조사 등

ㄹ. 장점: 케이블을 이용하므로 연속적 지중변위 관찰 가능, 지하공동에 의한 지반침하 대심도 계측 시 경제적이며 효율적, 지반침하 위험지역에 대한 장기적인 침하 계측관리 적합

ㄱ. 단점: 케이블 설치 시 고난이 기술이 요구, 지반침하의 정량적 분석이 어려움, 반사 신호 해석에 충분한 경험이 필요

라. 건물의 기울기 계측

ㄱ. 구조물이나 옹벽에 설치하여 측정지점의 경사도를 측정한 후 안정성 진단(그림 60)

ㄴ. 측정 장치: Tube형 및 Plate형 표면경사계 이용되며, 채굴지역과 같이 미세한 지반진동까지 측정해야 하는 정밀도 요구되는 경우 Plate형 표면경사계가 적용됨

ㄷ. 측정하고자 하는 구조물의 위치에 계측기를 부착시켜 접착제가 굳은 후 초기값을 기록하고 시간경과에 따른 측정값과 비교하여 침하영향 및 침하진행 여부 판단

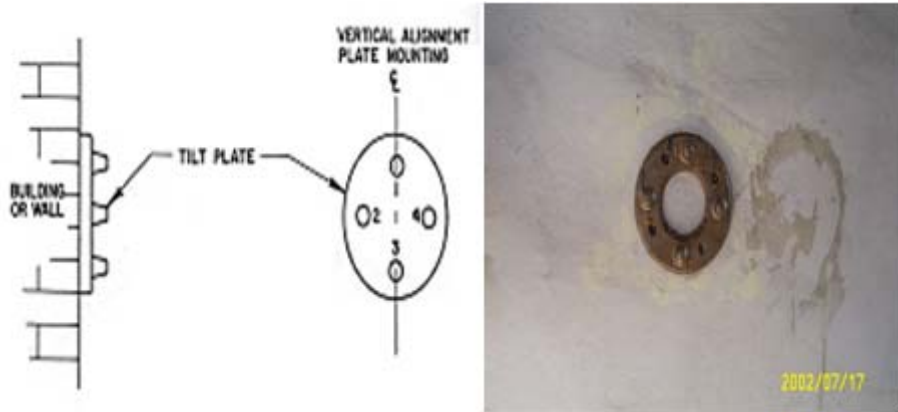


그림 3-60 표면경사계 측정

마. 건물의 균열 측정

ㄱ. 구조물 표면의 균열이나 팽창지점에 균열측정기 설치하여 균열의 진행 여부와 균열 폭을 측정 (그림 3-61)

ㄴ. 측정하고자 하는 균열지점에 측정기를 부착시켜 접착제가 굳은 후 초기값을 기록하고 시간경과에 따른 측정값과 비교하여 침하영향 및 침하진행 여부 판단



그림 3-61 지반침하에 의한 구조물의 균열 발생 및 균열 측정

(4) 계측 항목 선정(석탄산업합리화사업단, 2004)

가. 채굴적 지역의 지반변위 관찰 및 보강공사에 따른 침하와 융기에 대한 응급조치, 안전관리를 위한 판단기준 제공을 목적으로 계측 항목 선정

계측 항목	계측 목적	적용 계측기
지표침하	지표에서 발생하는 침하량 측정	지표 침하판(핀)
지중침하	시추공을 이용한 지중의 변위량 측정	다중지중침하계, TDR
주변 구조물(건물, 가옥)	구조물에 발생된 균열, 기울기 진행 상태 파악	표면경사계, 균열측정기

나. 채굴적으로 인한 지반침하 및 구조물의 안정성 판단을 위한 유사지역 계측 항목 적용 사례(석탄산업합리화사업단, 2003)

계측 항목	화전지역 철암지역	통리지역	고사리지역	도계지역	심포리지역
지표침하	지표침하계	지표침하계	지표침하계 액상침하계	지표침하계	지표침하계
지중침하	지중침하계 TDR	지중침하계 TDR	지중침하계 TDR	지중침하계	지중침하계
지중수평변위	경사계				
주변 구조물 (터널, 교량, 가옥)	터널:내공변위 계 가옥: 균열측 정기, 표면경 사계		교량: 균열측 정기, 표면경 사계 가옥: 균열측 정기		가옥: 균열측 정기, 표면경 사계

(5) 계측관리기준 선정