

KWCS 54 20 25 : 2021

댐 계측설비

2021년 5월 21일 제정
<http://www.kcsc.re.kr>

한국수자원공사 전문시방서 제·개정에 따른 경과 조치

이 기준은 발간 시점부터 사용하며, 이미 시행 중에 있는 설계용역이나 건설 공사는 발주기관의 장이 필요하다고 인정하는 경우 종전에 적용하고 있는 기준을 그대로 사용할 수 있습니다.

건설기준 연혁

- 이 기준은 건설기준 코드체계 전환에 따라 기존 댐 및 상수도공사 전문시방서와 건설기준 (설계기준, 표준시방서) 간 중복·상충을 비교 검토하여 코드로 통합 정비하였다.
- 이 기준은 기존의 댐 및 상수도공사 전문시방서를 중심으로 해당 부분을 통합 정비하여 기준으로 제정한 것으로 제·개정 연혁은 다음과 같다.

건설기준	주요내용	제정 또는 개정 (년.월)
K-water 댐 및 상수도공사 전문시방서	• K-water 댐 및 상수도공사 전문시방서 제정	제정 (1997)
K-water 댐 및 상수도공사 전문시방서	• K-water 댐 및 상수도공사 전문시방서 개정	개정 (2004)
K-water 댐 및 상수도공사 전문시방서	• K-water 댐 및 상수도공사 전문시방서 개정	개정 (2008)
K-water 댐 및 상수도공사 전문시방서	• K-water 댐 및 상수도공사 전문시방서 개정	개정 (2010)
KWCS 54 20 25 : 2021	• 건설기준 코드체계 전환에 따라 코드화로 통합 정비함	제정 (2021.5)

제 정 : 2021년 5월 21일

심 의 : 중앙건설기술심의위원회

소관부서 : 환경부

관련단체 : 한국수자원공사

개 정 :

자문검토 : 국가건설기준센터 건설기준위원회

작성기관 : 한국수자원공사

목 차

1. 일반사항	1
1.1 적용범위	1
1.1.1 개요	1
1.1.2 주요내용	1
1.2 참고기준	1
1.2.1 관련 법규	1
1.2.2 관련 기준	1
1.3 용어의 정의	1
1.4 제출물	1
1.5 공사기록서류	2
1.6 품질보증	2
2. 자재	2
2.1 계측설비의 종류	2
2.2 계측설비의 공급	2
2.3 계측설비 사양	3
2.3.1 토압계	3
2.3.2 간극수압계	3
2.3.3 수평변위계	3
2.3.4 수직침하계	4
2.3.5 연속침하 측정계	5
2.3.6 층별침하계	6
2.3.7 경사계	7
2.3.8 주변이음 변위측정계	8
2.3.9 콘크리트 차수벽 수직이음 수평변위측정계	8
2.3.10 콘크리트 차수벽 변형율측정계(cluster strain gauge)	8
2.3.11 콘크리트 차수벽 무응력 변형율측정계	9
2.3.12 콘크리트 차수벽 경사면 변위측정계	9

2.3.13	지진계	10
2.3.14	수위측정기	11
2.3.15	온도계	11
2.3.16	침투량계	11
2.3.17	회로 중계소	12
2.3.18	유도선	12
2.3.19	지중매설형 다중케이블	13
2.3.20	유도선 및 다중선 보호관	13
2.3.21	휴대용 지시계	13
2.3.22	계측기 터미널(수동 계측시)	13
2.3.23	자동계측 및 운용관리 체계	14
2.3.24	표면침하 측정점, 정부침하 측정점 및 기준점	16
3.	시공	16
3.1	시공기준	16
3.1.1	일반사항	16
3.2	계측설비 설치기준	16
3.2.1	일반사항	16
3.2.2	토압계	16
3.2.3	간극수압계	17
3.2.4	수평변위계	17
3.2.5	액상침하계	17
3.2.6	층별 침하계	17
3.2.7	경사계	17
3.2.8	주변이음부 변위계	18
3.2.9	콘크리트 차수벽 개도계(Face Slab Jointmeter)	18
3.2.10	콘크리트 차수벽 응력계	19
3.2.11	콘크리트 차수벽 무응력계	19
3.2.12	콘크리트 차수벽 경사면 변위측정계	19
3.2.13	온도계	20
3.2.14	침투량계	20

3.2.15	표면침하 측정점, 정상부 침하 측정점 및 기준점	22
3.2.16	지진가속도계측기	22
3.2.17	계기 측정실	22
3.2.18	침하계(층별, 액상) 측정실	22
3.3	측정주기 및 횟수	22
3.4	계측결과의 정리 및 분석	22
3.5	현장 품질관리	22

1. 일반사항

1.1 적용범위

1.1.1 개요

- (1) 이 기준의 적용범위는 KCS 54 20 25 (1.1)에 따른다.
- (2) 이 기준은 댐에 설치되어야 하는 각종 계측설비의 공급, 설치, 운영에 적용하며, 각 댐 형식별 설치되는 계측설비의 종류 및 사양은 해당 공사도면과 특별시방서나 공사감독자의 지시에 따라야 한다.
- (3) 계측설비의 사양은 기술의 발달에 따라 계속 변화되므로, 이 기준에 기술되어 있는 계측설비보다 성능이 우수한 계측설비가 나올 경우 사양에 관계없이 공사감독자의 승인을 받아 선정할 수 있다.
- (4) 댐 시공 전 초기 상태의 확인, 공사 중의 시공관리, 완성 후의 안전관리 및 연구 해석을 고려한 댐 계측계획을 수립하고 이에 따라 댐 계측기기를 설치하여야 한다.

1.1.2 주요내용

- (1) 계측설비의 종류
- (2) 계측설비의 일반사양
- (3) 계측설비의 공급
- (4) 계측설비의 시공 일반사항
- (5) 계측설비의 측정기간과 횟수

1.2 참고기준

1.2.1 관련 법규

내용 없음

1.2.2 관련 기준

- (1) 관련 기준은 KCS 54 20 25 (1.2)에 따른다.

1.3 용어의 정의

- (1) 용어의 정의는 KCS 54 20 25 (1.3)에 따른다.

1.4 제출물

- (1) 제출물은 KCS 54 20 25 (1.4)에 따르며, 추가사항은 다음 (2), (3)항과 같다.
- (2) 수급인 또는 계측설비 공급자는 계측설비 유도선 연결시 센서(sensor)의 주 케이블(cable)과 유도선과의 접합 및 이음부 처리방법, 낙뢰방지시설(접지시설 등) 등에 대한

시공계획서를 작성, 유도선 공사 및 낙뢰방지시설 공사 착수전 15일까지 공사감독자에게 제출하여 승인을 받아야 한다.

- (3) 수급인은 설치한 계기의 성능을 최적상태로 유지하는데 필요한 예비부품의 종류와 공급하여야 하는 시기 등을 측정계기 설치공사 계획서와 같이 공사감독자에게 제출하여 승인을 받은 후 공급하여야 한다.

1.5 공사기록서류

- (1) 공사기록서류는 KCS 54 20 25 (1.5)에 따르며, 추가사항은 다음 (2), (3)항과 같다.
- (2) 수급인은 설치한 계측설비의 성능을 언제나 최적의 상태로 유지하여야 하며, 공사기간 중에 주기적으로 혹은 공사감독자가 지시하는 시기에 계측을 하여 그 결과를 공사감독자에게 제출하여야 한다.
- (3) 수급인은 계측설비 측정 데이터를 이용하여 공사 중간 및 공사 준공 전 공사감독자가 지정하는 시기에 계측설비 측정결과를 분석한 계측설비 분석보고서를 전문가의 자문을 받아 공사감독자에게 제출하여야 한다.

1.6 품질보증

- (1) 품질보증은 KCS 54 20 25 (1.6)에 따른다.

2. 자재

2.1 계측설비의 종류

- (1) 계측설비의 종류는 KCS 54 20 25 (2.1)에 따른다.

2.2 계측설비의 공급

- (1) 계측설비의 공급은 KCS 54 20 25 (2.2)에 따르며, 추가사항은 다음 (2)~(5)항과 같다.
- (2) 수급인은 계측설비의 취급, 운영, 보수, 설명서 등 사양과 공인기관의 시험성적서 등의 품질보증서, 수입품의 경우 수입면장 및 기타 이와 관련 있는 모든 사항에 대한 자료를 공사감독자에게 제출하여 승인을 득한 후 공급하여야 한다.
- (3) 모든 계측설비는 낙뢰로 인하여 발생할 수 있는 센서 및 센서 케이블의 손상을 방지하는 시설(접지시설 등)을 포함하여야 하며, 낙뢰 등으로 인한 피해는 수급인의 책임하에 보수 또는 교체하고 소요경비는 수급인이 부담하여야 한다.
- (4) 계측설비 납품업체는 계측설비의 설치, 유지관리, 계측설비 측정지침 등에 대한 기술도서를 공사감독자에게 제출하고, 이와 관련된 기술사항에 대하여 공사감독자에게 충분한 기술교육을 시켜야 한다. 이때 소요되는 모든 직접경비 및 기타 소요경비는 수급인이 부담하여야 한다.
- (5) 공사 중 각 계측설비에 대한 설치, 측정 및 자료정리, 분석은 수급인의 책임하에 계측설비 공급자가 수행하여야 한다.

2.3 계측설비 사양

- (1) 수급인은 도면이나 공사감독자의 별다른 지시가 없는 한 각 계측설비에 대하여 아래에 기술한 사항에 적합하거나 동등 이상의 기능과 내구성을 가진 제품을 공급하여야 한다.

2.3.1 토압계

- (1) 토압계(earth pressure meter)는 제체 내부에 설치하여 댐체 중량과 수압의 작용에 따르는 댐체 내의 수평과 수직응력 분포를 파악할 수 있는 형식으로 토사나 암석층에 매설하여 측정할 수 있는 구조이어야 하며, 다음 항목에 대하여 공사감독자가 제시하는 기준에 적합하여야 한다.

(2) 기준

- ① 측정범위(MPa)
- ② 최소 측정치 : 0.002 MPa
- ③ 작동 온도 : -25 ℃ ~ 65 ℃
- ④ 초과수압 허용차 : 설계수압의 150 % 이상
- ⑤ 응력판의 직경(mm)

2.3.2 간극수압계

- (1) 간극수압계(pore pressure meter)는 기초 암반층과 구조물사이에 작용하는 간극수압을 측정할 수 있는 형식으로 설치한 후에 댐체를 축조하거나 콘크리트 치기를 하였을 때 충분히 기능을 유지할 수 있는 구조이어야 하며, 다음 항목에 대하여 공사감독자가 제시하는 기준에 적합하여야 한다.

(2) 기준

- ① 측정 범위 : 수압 () ~ () m
- ② 최소 측정치 : 0.002 MPa
- ③ 작동 온도 : -25 ℃ ~ 65 ℃
- ④ 초과수압허용치 : 설계수압의 150 % 이상
- ⑤ 응력판의 직경 : () mm 이상

2.3.3 수평변위계

- (1) 수평변위계(horizontal strain meter)는 댐체 내부의 수평방향의 변위를 측정할 수 있는 형식으로 토사 혹은 암석층내에 설치하였을 때 충분히 기능을 유지할 수 있는 구조이어야 하며, 다음 항목에 대하여 공사감독자가 제시하는 기준에 적합하여야 한다.

(2) 기준

- ① 확장감지 센서(extensometer)
가. 측정 범위 : () mm 이상

- 나. 최소측정치 : 0.3 mm
- 다. 길이 : () mm
- ② 크로스 암(cross arm)
 - 가. 표면처리 : 부식 방지처리
 - 나. 규격 : () × () × () mm 철재 채널(channel) 또는 동등품
- ③ 연결용 rod
 - 가. 규격 : 길이 () m, 직경 () mm 또는 동등품
 - 나. 재질 : 스테인리스강
- ④ 연결용 로드(rod) 외부보호 튜브(tube)
 - 가. 규격 : 길이 () m 또는 동등품
 - 나. 재질 : P.V.C
- ⑤ 간격조절 장치
 - 가. 규격 : 외경 12 mm
 - 나. 길이 조정범위 : 0 ~ 500 mm

2.3.4 수직침하계

- (1) 수직침하계(overflow settlement cell)는 댐체의 같은 표고에서 다른 존들 사이의 부등침하를 비교할 수 있는 형식으로 토사 혹은 암석층내에 설치하였을 때 충분히 기능을 유지할 수 있는 구조이어야 하며, 다음 항목에 대하여 공사감독자가 제시하는 기준에 적합하여야 한다.
- (2) 기준
 - ① 수직침하계
 - 가. 측정범위 : () ~ () m 또는 동등품
 - 나. 정밀도 : ± 10 mm 또는 동등품
 - 다. 표면처리 : 방수 및 부식방지 처리
 - ② 리퀴드 라인 튜브(liquid line tube)
 - 가. 내부 튜브수 : () EA 이상
 - 나. 파열압력 : () MPa 또는 동등품
 - 다. 최소 휨반경 : () mm 이상 또는 동등품
 - ③ 터미널(terminal)과 데이터 패널 어셈블리(data panel assembly)
 - 가. 채널수 : () 이상
 - 나. 크기 : () × () mm 또는 동등품
 - ④ 터미널 캐비닛(terminal cabinet)
 - 가. 침하측정용 수두관 : 최대 침하측정 () m
 - 나. 총 수두관 수량 : () 개
 - 다. 크기 : () × () × () mm 또는 동등품
 - 라. 표면처리 : 외부방수 및 부식 방지처리

2.3.5 연속침하 측정계

- (1) 연속침하 측정계(continuous settlement tube)는 댐체의 여러 성토층의 수직 침하에 따르는 변위를 동시에 측정할 수 있는 형식으로 토사 혹은 암석층 내에 설치하였을 때 충분히 기능을 유지할 수 있는 구조이어야 하며, 다음 항목에 대하여 공사감독자가 제시하는 기준에 적합하여야 한다.
- (2) 기준
 - ① 침하 측정관
 - 가. 재질 : 저마찰 저저항 나일론
 - 나. 외경 : () mm
 - 다. 관의 두께 : () mm 이상
 - ② 측정 단말기 몸체
 - 가. 침하 측정을 위한 수은/물 작동 펌프와 연결하기 위한 몸체로서 액체저장 탱크, 압력게이지, 밸브류와 연결파이프, 전기모터와 압력조정장치 등이 내장되어 있는 단말기 일체
 - 나. 전력 : 110/220 V, () Hz, () pH
 - ③ 연속침하측정계 자동측정 기록보관
 - 가. 자동측정된 계측지를 기록 또는 보관하기 위한 장치
 - 나. 형식 : 마이크로센서(microprocessor) CMOS 방식 또는 유사형
 - 다. 측정의 표시 : 측정거리 및 침하량 변화의 액정 디지털 표시
 - 라. 기억용량 : () k byte 카트리리지(cartridge) 이상
 - ④ 침하량 연속 플로터
 - 가. 침하량의 변화를 기록지상에 프린트하기 위한 장치
 - 나. 기록기 넓이 : () mm
 - 다. 기록 변환장치와 침하량 변환 범위 : () m
 - 라. 기록 속도조절 범위 : () 개 조정가능
 - 마. 전력 : 110/220 V, () Hz, () pH
 - ⑤ 수두판독장치
 - 가. 수은의 수두변화를 설치된 관과 연결되어 눈으로 읽을 수 있는 장치
 - ⑥ 입구 보호도관
 - 가. 측정실에 설치되어 기 설치된 관과 연결되어 눈으로 읽을 수 있는 장치
 - 나. 재질 : 보강된 P.V.C
 - 다. 지름 : () mm
 - 라. 부속품 : 커버 플레이트 네오프렌 개스킷(cover plate neoprene gasket), 플랜지 볼트(flange bolt)
 - ⑦ 수은/물 펌프 몸체
 - 가. 작동을 위한 전기식 조정장치 일체와 2개의 펌프와 압력 조정장치로 구성

- 나. 전력 : 110/220 V, () Hz, () pH
- ⑧ 전력 공급원
 - 가. 전력 : 110/220 V, () Hz, () pH
 - 나. 전원공급장치(power supply unit) : () × () × () mm 또는 동등품
- ⑨ 물 가열장치
 - 가. 침하량 측정시 주입하는 물의 밀도를 높이기 위하여 공기 및 공극이 없도록 물을 끓이는 장치
 - 나. 보일러 수조 : 스테인리스 재질의 () ℓ 용량의 용기
 - 다. 전기식 히터 : 대형 () W
 - 라. 전력 : 110/220 V, () Hz, () pH
- ⑩ 공압식 물 순환장치
 - 가. 침하 측정관내의 물의 순환 및 압력시험을 위한 기구
 - 나. 퍼스펙스 워터 실린더 케파시티(perspex water cylinder capacity) : () ℓ
 - 다. 배압 공기압축/압송장치
 - 라. 압력게이지(pressure gauge), 밸브(valve), 캐링 프레임 마운트(carrying frame mounted)
 - 마. 동절기 동해방지를 위한 관내 청소
- ⑪ 튜브 연결 커플링(coupling) : 설치된 튜브를 측정기와 연결
- ⑫ 증류 수은액 : 침하량 측정을 위한 수은액

2.3.6 층별침하계

- (1) 층별침하계(multi-layer settlement meter)는 댐 성토 진행과 수직 침하량과 수평 변위량을 동시에 측정하여 이의 상호 상관 영향과 전체 성토 높이별 각각의 침하 발생량을 측정할 수 있는 형식으로 토사 혹은 암석층 내에 설치하였을 때 충분히 기능을 유지할 수 있는 구조이어야 하며, 다음 항목에 대하여 공사감독자가 제시하는 기준에 적합하여야 한다.
- (2) 기준
 - ① 침하판
 - 가. 설치간격 : () m
 - 나. 규격 : 침하판 두께 () mm와 크로스 암이 합체된 형식 또는 동등품
 - 다. 표면처리 : 외부 부식방지 처리
 - ② 인덕티브 세틀먼트 메저링 프로브(inductive settlement measuring probe)
 - 가. 변위측정 : ± 1 mm
 - 나. 길이 : () m 이상 깊이 측정
 - 다. () m 길이 케이블 측정장치 장착
 - ③ 측정 테이프(tape)
 - 가. 길이 : () m 이상

나. 눈금 : 1 mm 이하

다. 프로브(probe)와의 접속장치 및 부속장치

라. 지시계 : 휴대용으로 버저(buzzer)와 침하판 감지장치

④ 부속품

2.3.7 경사계

(1) 경사계(inclinometer)는 댐 기초와 정상 사이에 층별침하와 수평방향의 변형을 측정할 수 있는 형식으로 토사 혹은 암석층 내에 설치하였을 때 충분히 기능을 유지할 수 있는 구조이어야 하며, 다음 항목에 대하여 공사감독자가 제시하는 기준에 적합하여야 한다.

(2) 기준

① 감지 프로브

가. 측정범위 : $\pm ()^\circ$ 이상

나. 재질이 스테인리스 스틸(stainless steel)로 완전 방수

다. 두 개의 자동 가속도계(servo-accelerometer) 내장된 이축 감지 형식

② 인디케이터(indicator)

가. 전원 : 12 V 배터리 또는 110/220 V AC 겸용

나. 최소변위 측정단위 : 0.1 mm 이하

다. 액정표시판 : 데이터 안정시 시그널(signal) 표시가 나타나야 함.

③ 케이블

가. 길이 : () m

나. 지름 : () mm 내외

다. 0.5 m 마다 깊이 번호가 색인되어 식별표시용 스테인리스 클램프(stainless clamp) 장착, 방수처리

라. 감지 프로브와 인디케이터를 연결하는 커넥터 포함

④ 측정관

가. ABS 플라스틱 측정관은 원주 내부와 동일한 거리에 4개의 수직 홈을 갖는 구조로 댐체의 침하에도 망실되지 않도록 3 m마다 최소 20 mm의 침하 유격을 확보

나. 크기 : () mm O.C $\times$ () mm $\times$ () m

⑤ 커플링

가. 재질 : ABS 레진 또는 이와 동등품

나. 길이 : () mm 이상

다. 외경 : () mm 이상

⑥ 보호마개

가. 재질 : ABS 레진 또는 이와 동등품

나. 크기 : 케이싱에 알맞는 크기

다. 기타 : 외부 잠금장치

⑦ 부속품

2.3.8 주변이음 변위측정계

- (1) 주변이음 변위측정계(perimetric jointmeter)는 콘크리트 차수벽과 프린스 이음의 3방향 변위를 측정할 수 있는 형식으로 콘크리트 이음에 설치하였을 때 충분히 기능을 유지할 수 있는 구조이어야 하며, 다음 항목에 대하여 공사감독자가 제시하는 기준에 적합하여야 한다.
- (2) 주변이음 변위측정계의 리액션 플레이트(reaction plate)는 마찰저항이 적고 마모되지 않는 재질로 이루어져야 하며, 표면의 굴곡에 기인한 측정오차가 없도록 제작하여야 한다. 프레임(frame), 플레이트(plate), 볼트 등의 모든 재료는 스테인리스 스틸(stainless steel) 또는 부식방지 재료를 사용하여야 하며, 예상되는 낙석 등 충격, 파손, 부식 등에 대비하여 아연 도금된 보호덮개를 반드시 덮어서 보호하여야 한다.
- (3) 기준
 - ① 측정 범위 : 최소 () mm 또는 이상
 - ② 최소측정치 : 0.1 mm 또는 이하
 - ③ 정밀도 : $\pm 0.10\%$ 풀 스케일(full scale) 또는 이하
 - ④ 작동 온도 : $-25^{\circ}\text{C} \sim 65^{\circ}\text{C}$
 - ⑤ 온도계 : 작동온도 $-25^{\circ}\text{C} \sim 65^{\circ}\text{C}$, 정밀도 0.1°C

2.3.9 콘크리트 차수벽 수직이음 수평변위측정계

- (1) 콘크리트 차수벽 수직이음부 수평방향의 변위계(face slab joint meter) 내부에 온도계를 내장하는 형식으로 콘크리트 이음에 설치하였을 때 충분히 기능을 유지할 수 있는 구조이어야 하며, 다음 항목에 대하여 공사감독자가 제시하는 기준에 적합하여야 한다.
- (2) 기준
 - ① 측정범위 : () mm
 - ② 최소측정치 : () mm 또는 이하
 - ③ 정밀도 : $\pm 0.10\%$ 풀 스케일(full scale) 또는 이하
 - ④ 작동온도 : $-25^{\circ}\text{C} \sim 65^{\circ}\text{C}$
 - ⑤ 온도계 : 작동온도 $-25^{\circ}\text{C} \sim 65^{\circ}\text{C}$, 정밀도 0.1°C

2.3.10 콘크리트 차수벽 변형률측정계(cluster strain gauge)

- (1) 콘크리트 차수벽의 3방향 변형률(cluster strain gauge)을 측정할 수 있는 형식으로 콘크리트 속에 설치하였을 때 충분히 기능을 유지할 수 있는 구조이어야 하며, 다음 항목에 대하여 공사감독자가 제시하는 기준에 적합하여야 한다.
- (2) 기준

- ① 측정범위 : () 마이크로 스트레인(micro strain) 또는 이상
- ② 최소측정치 : 0.05 마이크로 스트레인(micro strain)
- ③ 정 밀 도 : 0.10 % 풀 스케일(full scale) 또는 이하
- ④ 작동온도 : - 25 ℃ ~ 65 ℃
- ⑤ 표면처리 : 방수 및 부식방지 처리

2.3.11 콘크리트 차수벽 무응력 변형률측정계

- (1) 콘크리트 차수벽 무응력 변형률측정계(no-stress strain gauge)는 온도 변화 등에 의해 차수벽 콘크리트 내에서 자생적으로 발생하는 응력으로 인한 변형율을 측정할 수 있는 형식으로 콘크리트 속에 설치하였을 때 충분히 기능을 유지할 수 있는 구조이어야 하며, 다음 항목에 대하여 공사감독자가 제시하는 기준에 적합하여야 한다.

(2) 기준

- ① 측정범위 : () 마이크로 스트레인(micro strain) 또는 이상
- ② 최소측정치 : 0.05 마이크로 스트레인(micro strain)
- ③ 작동온도 : - 25 ℃ ~ 65 ℃
- ④ 응력방지 케이스 : 스테인리스 스틸(stainless steel)로 제작
- ⑤ 표면처리 : 방수 및 부식방지 처리

2.3.12 콘크리트 차수벽 경사면 변위측정계

- (1) 경사면 변위측정계(concrete face inclinometer)는 콘크리트 표면차수벽 표면 또는 콘크리트 표면차수벽 속에 설치하여 댐체 침하에 따른 상류사면의 변형률을 측정할 수 있는 형식으로 물이나 공기속에 노출되어도 기능을 유지할 수 있는 구조이어야 하며, 다음 항목에 대하여 공사감독자가 제시하는 기준에 적합하여야 한다.

- (2) 콘크리트 표면차수벽 표면에 설치하는 경우에는 튜브(tube)가 외부 온도변화 및 콘크리트 표면차수벽의 온도변화에 따른 신축 변화로 인하여 측정오차가 없어야 한다.

(3) 기준

- ① 프로브 형식 : 2축성 포터블(biaxial portable), 방수 및 부식방지처리
- ② 리드아웃(readout)
 - 가. 디스플레이스먼트(displacement) : () mm 내외
 - 나. 최소 측정단위 : 0.1 mm
 - 다. 축(axis)의 수 : () axis 이상
 - 라. 내부 메모리(memory) : 최소 () K byte 또는 이상
 - 마. 동력장치(power) : 재충전 가능 형식
- ③ 케이블(cable)과 케이블 드럼(cable drum)
- ④ ABS 액세스 튜브(access tube) : 방수 및 부식방지 처리
- ⑤ 케이블 고정장치
- ⑥ 락커블 탑 캡(lockable top cap), 엔드 캡(end cap)

- ⑦ 튜브 조임 받침 등 고정장치(0.5 m interval)
- ⑧ 튜브 보호덮개, 튜브와 보호덮개 사이의 보온 충진재
- ⑨ 튜브 엔드 캡(tube end cap) 외부 잠금장치 및 기타 부속품

2.3.13 지진계

(1) 지진계(seismic accelerometer)는 댐 부근에 발생하는 지진의 규모와 지진시 기초지반의 수평과 수직 가속도를 측정하여 지진이 댐체에 미치는 영향을 파악할 수 있는 형식으로 외부에 콘크리트 혹은 암반에 단단히 부착하여 설치하고 기능을 유지할 수 있는 구조이어야 하며, 다음 항목에 대하여 공사감독자가 제시하는 기준에 적합하여야 한다.

(2) 기준

- ① 그라운드 채널(ground channels)
 - 가. 3개 channels : 종파, 횡파, 수직파 측정
 - 나. 주파수 응답 : 2.2 ~ 250 Hz + 0, -0 dB
 - 다. 범위 : 0~4 in/sec
 - 라. 초과범위 : 30 %
 - 마. 트리거 세팅(trigger settings) : none and 0.01, 0.02, 0.05, 0.1, 0.5 in/sec
- ② 에어 채널(air channel)
 - 가. 주파수 응답 : 4~250 Hz + 0, -3 dB
 - 나. 범위 : 100~150 dB
 - 다. 초과범위 : 3 dB
 - 라. 트리거 세팅(trigger settings) : none and 105, 110, 115, 120, 125, 130 dB
- ③ 신호처리(모두 4 channels)
 - 가. 샘플(samply) 주파수 : 8,192 Hz
 - 나. 해상력 : 13 Bits(즉, 12 Bits + Sign Bits)
 - 다. 샘플기록 : 1,024 회/S
- ④ 자동 인터페이스(interface)
 - 가. 디스플레이(display) : 20 란(column) 4줄 LCD
 - 나. 조작 : 5개의 기능 스위치(switch)
- ⑤ 자료 저장
 - 가. 이벤트 메모리(event memory) : 본체전력과 독립하여 염화리튬 배터리(liCl battery)로 유지
 - 나. EEP ROM : 1,024 bytes 이상
 - 다. 이벤트(event) 수용량 : 길이와 진동에 따라서 30 ~ 50 event 까지 가능
- ⑥ 연속통신 채널(channels)
 - 가. 2 tuples : RS - 232C modem interface
 - 나. 송·수신 데이터 라인(data line)만 가진 TTL 인터페이스(interface)

다. 프로토콜(protocol) : X-modem 포맷(format)을 가지는 동시의 일련 데이터(data)

⑦ 프린터 ; 일렉트릭얼 인터페이스(electrical interface)와 같은 산업 표준규격 제품

⑧ 전원

가. 전력선 : 120 V, AC, 50/50 Hz

나. 외부 배터리 : 5~12 V DC 전력

다. 태양전지(solar cell)를 이용한 독립 전원공급(power supply) : 방수 인클로저 배터리(enclosure batteries) 전원장치

⑨ 보조 배터리 : 봉인된 LiCl 셀

가. 주변환경

나. 작동범위 : -23 ℃ ~ 55 ℃

다. 저장 : -40 ℃ ~ 60 ℃

⑩ 기타 부속품

2.3.14 수위측정기

(1) 수위측정기(water level gauge)는 취수탑 또는 수위측정이 가능한 구조물에 설치하여 저수위의 변화를 측정하여 즉시 관리사무소로 송신할 수 있는 형식으로 저수지내 구조물에 설치하였을 때 충분히 기능을 유지할 수 있는 구조이어야 하며, 다음 항목에 대하여 공사감독자가 제시하는 기준에 적합하여야 한다.

(2) 기준

① 측정범위 : () ~ () m

② 최소 측정치 : 0.002 MPa

③ 작동온도 : -25 ℃ ~ 65 ℃

④ 초과수압 허용치 : 150 % 풀 스케일(full scale) 또는 그 이상

⑤ 정밀도 : ± 0.10 % 또는 그 이하

2.3.15 온도계

(1) 온도계는 콘크리트 댐체에 설치되어 댐체의 온도변화를 정확하게 측정할 수 있는 구조이어야 하며, 다음 항목에 대하여 공사감독자가 제시하는 기준에 적합하여야 한다.

(2) 기준

① 측정범위 : () ~ () ℃

② 최소 측정단위 : () ℃

③ 표면처리 : 방식, 방수 및 부식처리

④ 케이블(cable)과 케이블 드럼(cable drum)

2.3.16 침투량계

(1) 도면에 표시되어 있거나 공사감독자의 지시에 따라 댐 하류에서 콘크리트 구조물로 집수를 하고 이 집수정을 통하여 나오는 누수량을 측정하여 자동으로 기록할 수 있는

형식으로 집수정 내에 설치하였을 때 충분히 기능을 유지할 수 있는 구조이어야 하며, 다음 항목에 대하여 공사감독자가 제시하는 기준에 적합하여야 한다.

(2) 기준

① 삼각위어

가. 삼각위어는 국제표준(ISO 1438-1)에 부합하도록 설치

나. 재질 : 스테인리스 스틸(stainless steel) 판

다. 수위 측정용 목측자와 설치용 부품 일체 공급

② 유속 정류판(wave damper)

가. 직경 20 mm의 유속 정류공을 30 mm 간격으로 판 전체에 배열

나. 재질 : 스테인리스 스틸(stainless steel)판 또는 유사형

③ 보이언시 실린더(buoyancy cylinder)

가. 누수량 증감에 따른 수위 변화를 감지하는 부이로써 수평방향으로 이탈되어 측정오차가 발생하면 안 된다.

④ 지시계

가. 정밀도 : 1 mm

나. 정확도 : 0.1 % F.S

다. 작동 온도범위 : -26 ℃ ~ 65 ℃

라. 재질 : 스테인리스 강철 몸체, 폴리에틸렌 필터

2.3.17 회로 중계소

(1) 회로중계소(junction box)는 각종 계기로부터 연결한 유도선과 계기 측정실로 가는 다중선을 연결하는 장치로서 연결과 중간지점에서 계측을 편리하게 할 수 있는 형식으로 지중에 매설하였을 때 충분히 기능을 유지할 수 있는 구조이어야 하며, 다음 항목에 대하여 공사감독자가 제시하는 기준에 적합하여야 한다.

(2) 기준

① 채널 수 : () 채널(용도에 맞게 제작)

② 내부밀폐 : 에폭시 레진

③ 케이스와 부속품은 방수 및 부식처리

2.3.18 유도선

(1) 유도선(lead cable)은 계기와 회로 중계선 사이를 연결하는 케이블로 각 계기의 정보를 정확하게 전달할 수 있고 매설된 계기(sensor)의 특성 및 사양에 가장 적합한 케이블을 사용하여야 하며, 암석층, 토사층 또는 콘크리트 내에 매설되거나 노출되는 경우에도 충분히 적응할 수 있는 제품으로 다음 항목에 대하여 공사감독자가 제시하는 기준에 적합하여야 한다.

(2) 유도선은 빛과 부식에 대하여 충분히 보호될 수 있는 구조로 된 제품을 사용하여야 한다.

(3) 기준

- ① 아머드 케이블(armoured cable)
 - 가. 댐 기초지반 및 제체 매설용으로 철선으로 보강
 - 나. 인장, 외압, 충격 등에 대한 보강, 방수 및 부식처리
 - 다. 도선수 : 2도 동선 또는 동등품
 - 라. 절연 : 헤비 듀티(heavy duty)
 - 마. 직경 : 10 mm 이상, 중량 20 kg/ 100 m 이상
 - 사. 방수 코어(core) (차수벽에 매설)
 - 아. 케이블 연결부 보호
- ② 방수 케이블: 콘크리트내 매설용으로 철선보강 없이 위와 유사한 특성
- ③ 케이블 라이징 프레임(cable rising frame)

2.3.19 지중매설형 다중케이블

- (1) 회로 중계소에서 측정실 사이를 연결하는 다중선 케이블로 각 계기의 정보를 충분히 전달할 수 있는 제품이어야 한다.
- (2) 지중매설형 다중케이블(multi cable)은 각 접속 배선함(junction box)에 연결되는 유도선 숫자에 비례하여 정하되, 그 용량은 10도선 이상 40도선 이하이다.

2.3.20 유도선 및 다중선 보호관

- (1) 차수벽 및 댐 제체에 설치되는 유도선 및 댐정상부에 매설되는 다중선을 보호하기 위하여 설치하며, 다음 항목에 대하여 공사감독자가 제시하는 기준에 적합하여야 한다.
- (2) 기준
 - ① 내경 : () mm 또는 그 이상(보호관내 설치될 유도선 및 다중선에 맞게 선정)
 - ② 구조 : 외부 콘크리트 및 토압에 의한 변형이 없으며, 완전한 방수성을 갖는 구조
 - ③ 부속물 : 방수용 충진제, 마감 실링 테이프(sealing tape) 및 연결 커플링

2.3.21 휴대용 지시계

- (1) 휴대용 지시계(indicator)는 설치할 때 또는 공사중에 유지관리 할 때 현장검측에 사용할 수 있는 이동이 간편하면서도 설치하는 모든 계기를 검측할 수 있는 형식으로, 다음 항목에 대하여 공사감독자가 제시하는 기준에 적합하여야 한다.
- (2) 기준
 - ① 표시 : LCD 디지털 디스플레이(digital display)
 - ② 적용범위 : 모든 전기적 변환기
 - ③ 정밀도 : () % 이하
 - ④ 작동온도 : - 25 ℃ ~ 65 ℃

2.3.22 계측기 터미널(수동 계측시)

- (1) 계측기 터미널은 지중매설형 다중케이블(multi cable)과 측정실 내의 판독기에 연결하여 계측설비의 수동 판독을 위하여 설치하며, 다음 항목에 대하여 공사감독자가 제시하는 기준에 적합하여야 한다.

(2) 기준

- ① 형식 : 다이얼 로터리 스위치(dial rotary switch) 접점방식
- ② 용량 : () 채널(channels)
- ③ 규격 : () × () × () mm 이상
- ④ 기타 : 에폭시 외장, 판독기와 잭과 연결방식

2.3.23 자동계측 및 운용관리 체계

- (1) 자동계측기는 댐 공사기간 중의 거동을 측정하기 위하여 시공 현장에 직접 설치하고, 각종 계측설비의 측정치를 연속 무인측정 후 그 기록을 전산처리하여 시공기간 중 공사진행에 따른 변위를 정립하고, 수동계측기와 같이 측정의 지연, 현장계측과 자료관리의 오차 발생 및 측정자의 인위적인 과실을 배제하며, 신뢰성이 높은 정보화 시스템으로써 컴퓨터를 이용한 각 시공단계별의 분석작업을 위한 전산자료를 제공하여야 한다. 또한 댐 축조기간중 매설된 계기의 고장시에 즉각 대처하기 위하여도 자동 계측되어야 한다. 그리고 댐 완공후 자동계측기는 측정실에 영구 설치하여 댐 시설물관리를 위한 자동 계측기로 사용되고, 어떠한 센서의 형식에도 별도의 모듈 없이 공히 사용할 수 있어야 하며, 관리사무소의 제어실과의 정보 통신은 무선통신 방식으로 계속 측정할 수 있어야 한다. 다음 항목에 대하여 공사감독자가 제시하는 기준에 적합하여야 한다.

(2) 기준

- ① 형식 : 인공지능 보유의 자체제어 가능 형식
- ② 국내에서 사용되는 어떠한 센서의 형식에도 별도의 모듈 없이 내부 프로그램 조작으로 공히 사용할 수 있거나 이와 유사형
- ③ 계측 오류방지과 잡음제거 기능 : 케이블의 길이지향 차이나 지반의 간섭잡음에 영향없이 내장형 인공지능의 조절방식으로 신호상태를 인식한 출력의 자동조절로 정확한 계측이 수행 가능한 형식이어야 한다.
- ④ 작동온도 : - 20 ℃ ~ 70 ℃
- ⑤ 작동습도 범위 : 최대 80 % 이상
- ⑥ 기억용량 : 최대 ()만개의 측정값 이상
- ⑦ 계측기 단선 등 문제통고 기능 : 단선 등의 문제로 인한 오측정 계측시 로거(logger)의 자체 판단으로 계측자에게 통고가 가능
- ⑧ 외장 : 완전 방수
- ⑨ 측정 정확도 : 0.15 % F.S 이하
- ⑩ 전원 : 9 ~ 18 V AC 이거나 11 ~ 24 V DC, 내부에 충전용 배터리가 내장형
- ⑪ 통신망 : 무선

⑫ 계측치 관리 프로그램 : 계측자료 전산관리를 위한 소프트웨어

(3) 소프트웨어 구성

- ① 계측자료 정리의 내업을 감소하고 측정자료의 시간대별 정리를 위한 전산관리 운영프로그램으로 댐 관리목적에 적합하도록 작성된 것이어야 한다.
- ② 기준 : 자동계측기 제어 소프트웨어 패키지(software package)
 - 가. 입력된 계기측정 시간의 자동기록 및 인위적인 기록 입력
 - 나. 최근에 입력된 측정값과 이미 입력된 측정값의 상호 비교
 - 다. 자료 입력을 위한 편집
 - 라. 정리된 자료를 프린터를 통한 인쇄
 - 마. 시간 경과에 따른 측정값 변화 추이의 분석
 - 바. 모든 기록값의 화면 그래픽 처리

(4) 하드웨어 구성

- ① 컴퓨터
 - 가. 시스템 CPU : ()급 이상
 - 나. 메모리 : ()GB ram 이상
 - 다. 영상표시장치(video display) : VGA, HDMI, DVI
 - 라. CD, USB 지원
 - 마. 키보드
 - 바. 모니터
 - 사. 마우스
- ② 프린터 : 레이저 프린트, 최대해상도 ()pi 이상 또는 동등 제품
- ③ 멀티플렉스 모듈(multiplex module) : () 개의 센서 연결가능
- ④ 피뢰(lightning protection)
 - 가. 번개, 주변의 자장 형식으로 인한 간접현상 방지
 - 나. 종류 : Bus LP, 멀티플렉스 모듈 LP, 센서 LP
- ⑤ 인터페이스/리피터(repeater)
 - 가. 인터페이스 모듈 : RS-232C와 멀티플렉스 간의 프로토콜에 의해 상호 데이터 전송
 - 나. 리피터 모듈(repeater mode) : 멀티플렉스로부터 계측된 자료가 전송시 이송되는 자료를 중단하고 오류가 발생한 센서에 자료를 재전송하도록 요청
- ⑥ 전원공급(power supply) : 전류를 보내 각 센서에 전압을 공급

(5) 무선 모뎀

- ① 통신 직접 도달거리 : 장애물이 없는 공간에서 약 ()m 이상
- ② 통신 감리방식 : 광역 통신주파수 감지
- ③ 상호 통신가능 영역 : 특정모뎀과 직접 또는 다중연결가능
- ④ 통신 형식 : RS 233 접속
- ⑤ 통신 속도 : 최소 () 최대 ()K baud

- ⑥ 사용 주파수대 : () MHz
- ⑦ 안테나 : yag1 안테나 9 감지대(element)형식
- ⑧ 사용가능 온도범위 : - 10 ℃ ~ 50 ℃

2.3.24 표면침하 측정점, 정부침하 측정점 및 기준점

- (1) 표면침하 측정점, 정부침하 측정점 및 기준점(survey point)은 제체의 침하를 측정하기 설치하는 것으로 물이나 공기속에 노출되어도 기능을 유지할 수 있는 구조이어야 하며, 다음 항목에 대하여 공사감독자가 제시하는 기준에 적합하여야 한다.
- (2) 기준
 - ① 침하 측정점의 재질은 녹이 슬지 않는 스테인리스나 이와 동등한 재질
 - ② 기준점의 재질은 화강석 또는 이와 동등한 재질

3. 시공

3.1 시공기준

3.1.1 일반사항

- (1) 시공기준의 일반사항은 KCS 54 20 25 (3.1)에 따르며, 추가사항은 다음 (2)~(5)항과 같다.
- (2) 수급인은 댐 축조공정을 파악하여 소요 위치 및 적기에 설치될 수 있도록 사전 계기 공급 및 설치계획을 수립하여 댐 축조공정에 지장이 없도록 시공하여야 한다.
- (3) 수급인은 도면에 표시되어 있거나 공사감독자의 지시에 따라 댐과 부속설비의 유지관리에 필요한 계측설비를 공급 및 설치하고 공사기간 중에 유지관리를 하여야 한다.
- (4) 계측설비를 설치하는 장소는 관련 기준에 따라 주변 구조물과 동일한 품질이 되도록 공사를 하여야 한다.
- (5) 수급인은 공사감독자가 지시하는 경우에 유사한 경험이 있는 전문가의 지도를 받아 계기를 설치하거나 검측을 하여야 한다.

3.2 계측설비 설치기준

3.2.1 일반사항

- (1) 일반사항은 KCS 54 20 25 (3.2.1)에 따른다.

3.2.2 토압계

- (1) 토압계는 KCS 54 20 25 (3.2.2)에 따르며, 추가사항은 다음 (2)항과 같다.
- (2) 토압계의 설치순서는 다음과 같다.
 - ① 굴착 저부에 중심간격이 1m 이상이 되도록 배열선을 표시한다.

- ② 댐축과 방향이 교차하게 한다.
- ③ 각 토압계 설치 위치에서 주의 깊게 구멍을 판다.
- ④ 돌출된 암편이 있을 경우 모두 제거하고 그 공간을 5 mm 이하의 재료 또는 모래로 채운 후 주의 깊게 재다짐을 한다.
- ⑤ 설치 전후 및 도중에 정확한 초기치를 얻기 위해서는 천막을 쳐서 응달이 되도록 하여 기온을 일정하게 유지한다.
- ⑥ 배열 위치 및 높낮이를 검토하면서 첫번째 토압계를 기 굴착한 수직공에 설치한다. 입도조정한 모래를 조금씩 토압계 주변에 포설하면서 잘 다진다. 배열을 확인하기 위하여 성토기간 중 일정한 간격으로 다짐작업을 중단하고 계기 읽는 작업을 반복하여 실시한다.
- ⑦ 두번째로 토압계를 45° 경사면에 설치한다. 입도조정한 모래를 사용하여 수 개의 수평층으로 나누어 포설하며 다진다.
- ⑧ 세번째 토압계를 설치하고 그 주위에 모래를 포설하며 다진다. 30~40 mm까지 포설하기 전에는 하중판 중앙부에 심한 하중이 가해지는 것을 피한다.
- ⑨ 모든 토압계 설치용 구멍은 강철, 튜브, 변환기 및 케이블용으로 최고 100 mm 깊이의 흠이 필요하다. 이 부분의 성토는 손으로 주의깊게 다져야 한다.
- ⑩ 굴착면에서 기 성토부까지의 다짐은 탬퍼 등 수동 경장비에 의하되 불도저 및 진동 로울러 등 중장비는 기 성토부까지 도달하기 전에는 사용해서는 안 된다.
- ⑪ 토압계의 설치가 완료된 경우에는 설치자료를 기록, 보존한다.

3.2.3 간극수압계

- (1) 간극수압계는 KCS 54 20 25 (3.2.3)에 따른다.

3.2.4 수평변위계

- (1) 수평변위계는 KCS 54 20 25 (3.2.4)에 따른다.

3.2.5 액상침하계

- (1) 댐 계측설비의 액상침하계는 KCS 54 20 25 (3.2.5)에 따른다.

3.2.6 층별 침하계

- (1) 층별 침하계는 KCS 54 20 25 (3.2.6)에 따른다.

3.2.7 경사계

- (1) 경사계는 KCS 54 20 25 (3.2.7)에 따르며, 추가사항은 다음 (2), (3)항과 같다.
- (2) 경사계는 케이블이 부착된 프로브(probe)가 인디케이터(indicator)에 연결되어 측정을 실시하며, 데이터의 측정은 지시계의 내부 메모리(memory)에 기록된 후 인터페이스(interface)에 의해 컴퓨터로 연결된다.

- (3) 다음 층을 성토하기 전에 이미 설치된 튜브 상단 중심은 수평과 수직이 정확하게 위치되어야 한다. 이때 정확도는 표고와 수평방향으로 적어도 1 mm 정도이어야 한다.

3.2.8 주변이음부 변위계

- (1) 주변이음부 변위계는 KCS 54 20 25 (3.2.8)에 따르며, 추가사항은 다음 (2)항과 같다.
- (2) 주변이음 변위측정계의 설치방법은 다음과 같다.
- ① 콘크리트 차수벽 철근배근 작업시 설치할 위치에 게이지를 연결할 케이블을 보호관에 넣어서 철근 밑으로 결속선을 이용하여 댐 정상에서 바닥까지 지지시켜 주어야 한다.
 - ② 차수벽 사면 콘크리트 타설작업이 완료되고 양생이 끝나면 게이지가 설치될 구조물의 거푸집을 설치하고 콘크리트를 타설하여야 한다.
 - ③ 구조물이 완료되면 게이지를 설치 위치에 맞게 세 방향으로 설치한다.
 - ④ 게이지의 장력(tension) 범위는 전체길이의 50 % 정도가 나오도록 앵글을 설치한다.
 - ⑤ 게이지의 설치가 끝나면 도면에 표시된 바와 같이 보호시설을 설치하고 앵커볼트로 움직이지 않도록 고정시킨다.
 - ⑥ 초기 계측값을 읽고 기록한다.

3.2.9 콘크리트 차수벽 개도계(Face Slab Jointmeter)

- (1) 콘크리트 차수벽 개도계는 KCS 54 20 25 (3.2.9)에 따르며, 추가사항은 다음 (2)항과 같다.
- (2) 콘크리트 차수벽 개도계의 설치방법은 다음과 같다.
- ① 설치 전 게이지의 작동상태의 이상 유무를 점검한다.
 - ② 소켓은 도면에 표시된 설치 위치에 철근배근 작업이 끝난 후 지수판 위에 설치한다.
 - ③ 소켓을 설치할 때에는 콘크리트 타설시 움직이지 않도록 철근에 용접을 하거나 혹은 타이 와이어(tie wire)로 적절히 묶어 준다.
 - ④ 소켓은 외부에서 이물질이 유입하지 않도록 고무마개 등으로 보호하여야 한다.
 - ⑤ 소켓을 설치한 차수벽의 콘크리트 타설이 끝나면 게이지가 설치될 차수벽의 철근배근 작업 후 게이지를 철근에 고정되도록 설치한다.
 - ⑥ 게이지는 소켓 안으로 집어넣기 전에 보호용 고무마개를 제거하고 설치하여야 한다.
 - ⑦ 게이지와 스레드(threads) 위에 스레드 로킹 컴파운드(thread locking compound)를 넣고 멈출 때까지 소켓 안으로 집어넣는다.
 - ⑧ 게이지가 소켓 안에 완전히 부착될 때까지 시계방향으로 게이지를 회전시킨다.
 - ⑨ 장력(tension) 범위는 약 25 % 정도로 잡아당겨 놓는다.
 - ⑩ 게이지를 소켓 안에서 뒤로 잡아당겨 준 후에는 더 이상 회전될 수 없다.
 - ⑪ 소켓에서 게이지를 분리하려고 할 때에는 핀(pin)이 잡힐 때까지 뒤로 잡아당기고

게이지를 시계 반대방향으로 회전시켜야 한다.

- ⑫ 콘크리트 타설시 계기가 손상되지 않도록 포설 및 다짐 시 주의하여 시공하여야 한다.
- ⑬ 설치가 완전히 끝난 후에는 초기치 계측을 실시하여야 한다.

3.2.10 콘크리트 차수벽 응력계

- (1) 콘크리트 차수벽 응력계는 KCS 54 20 25 (3.2.10)에 따르며, 추가사항은 다음 (2)항과 같다.
- (2) 콘크리트 차수벽 응력계의 설치방법은 다음과 같다.
 - ① 설치할 위치에 케이블을 보호관으로 씌우고 댐 정상에서 설치 위치까지 철근 배근 밑으로 내린다.
 - ② 게이지는 수평, 수직, 연직 45° 방향으로 하여 철근에 지지시킨다.
 - ③ 게이지와 케이블을 연결한다. 이때 연결부에 물이 침투하지 않도록 방수처리를 철저히 하여야 한다.
 - ④ 설치하는 동안 엔드 블록(end block)에 큰 힘이 가해지지 않도록 주의하여야 한다.
 - ⑤ 철근에 게이지 설치 시 콘크리트 타설에 의한 진동으로 움직이기 때문에 현을 너무 단단히 묶지 않도록 하여야 한다.
 - ⑥ 콘크리트 타설 및 다짐 시 다짐기 등에 의해 케이블 및 게이지에 손상이 가지 않도록 주의하여야 한다.
 - ⑦ 설치가 완전히 끝난 후에는 초기치 계측을 실시하여야 한다.

3.2.11 콘크리트 차수벽 무응력계

- (1) 콘크리트 차수벽 무응력계는 KCS 54 20 25 (3.2.11)에 따르며, 추가사항은 다음 (2)항과 같다.
- (2) 콘크리트 차수벽 무응력계의 설치방법은 다음과 같다.
 - ① 설치할 위치에 케이블을 보호관으로 씌우고 댐 정상에서 설치위치까지 철근 배근 밑으로 내린다.
 - ② 보호상자 안에 게이지를 넣어서 케이블과 연결하고 방수처리를 철저히 한다.
 - ③ 보호상자가 들어갈 수 있도록 철근 배근 위치에 사전에 블록 아웃(block out)을 하여야 한다.
 - ④ 보호상자는 콘크리트 타설시 움직이지 않도록 단단히 고정시켜야 한다.
 - ⑤ 설치가 끝나면 차수벽 콘크리트 타설 전 보호상자 안벽에 스티로폼으로 격리하여 모르터를 채운다.
 - ⑥ 표면차수벽 콘크리트 타설시 케이블 및 보호관에 손상이 가지 않도록 주의하여 시공하여야 한다.
 - ⑦ 설치가 완전히 끝난 후에는 초기치 계측을 실시하여야 한다.

3.2.12 콘크리트 차수벽 경사면 변위측정계

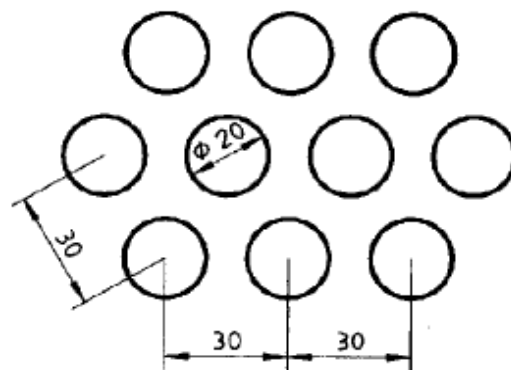
- (1) 콘크리트 차수벽 경사면 변위측정계는 KCS 54 20 25 (3.2.12)에 따르며, 추가사항은 다음 (2)항과 같다.
- (2) 콘크리트 차수벽 경사면 변위측정계의 설치방법은 다음과 같다.
 - ① 케이싱의 한쪽 끝에 보습마개로 씌우고 리벳건을 사용하여 리베팅(rivetting) 한다.
 - ② 케이싱과 카플링 사이의 홈은 실리콘과 테이프로 실링(sealing)한다.
 - ③ 드릴을 사용하여 케이싱 옆으로 앵커볼트를 설치하고 케이싱 고정판을 끼워서 조여 준다.
 - ④ 이때 홈 방향을 댐 사면과 수평으로 설치한다.
 - ⑤ 앵커볼트 등 튜브 고정장치 간격은 카플링에서 0.5 m 간격으로 설치한다.
 - ⑥ 설치가 모두 완료되면 프로브와 케이블을 튜브 내부에 넣어서 튜브 바닥까지 내렸다 올리며, 프로브가 케이싱 내부의 홈을 타는지 여부를 확인한다.
 - ⑦ 이물질이 유입되지 않도록 튜브에 보호마개를 씌운다.
 - ⑧ 댐 정상 튜브의 상단부에는 튜브 내 이물질 유입 방지를 위한 보호시설을 설치하고 시건장치를 하여야 한다.

3.2.13 온도계

- (1) 온도계는 KCS 54 20 25 (3.2.13)에 따른다.

3.2.14 침투량계

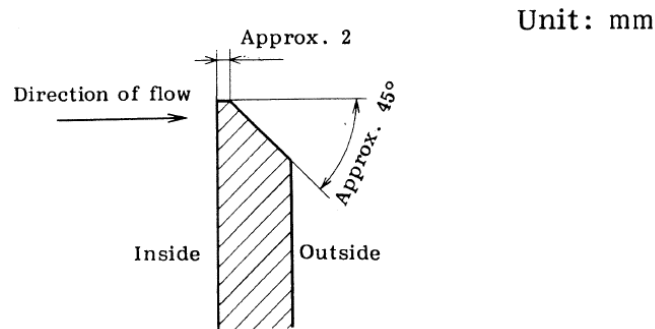
- (1) 침투수량(누수량) 측정계는 KCS 54 20 25 (3.2.14)에 따르며, 추가사항은 다음 (2)~(14)항과 같다.
- (2) 위어는 위어판(weir plate)과 지지판(support plate), 수로(channel)로 구성된다.
- (3) 수로에 발생하는 파랑, 난류, 수면진동에 대비하여 정류판(개방률 40% 이상)을 설치하며, 정류판 간의 구멍이 서로 엇갈리고 최소 간격은 0.2 m가 되도록 한다.



<그림 3.2-1> 정류판 설치 예시(ISO 1438)

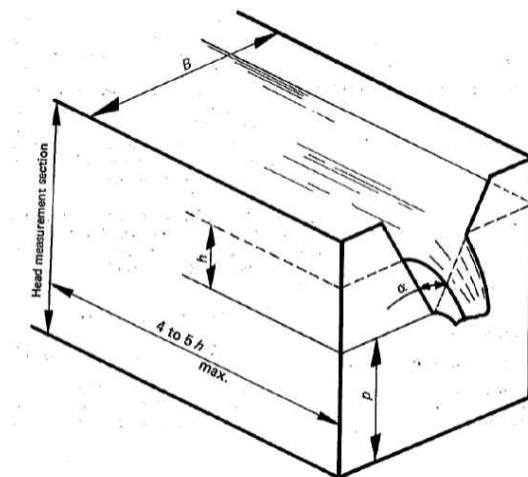
- (4) 위어판은 평면이고 강성이며 수로의 벽과 바닥에 연직설치 한다.

- (5) 접근수로 길이는 위어 최대수두의 20배의 길이가 되도록 하고, 횡단면은 균일해야 한다.
- (6) 위어의 월류면은 폭이 약 2 mm이고 외측방향으로 45° 경사를 갖도록 제작한다(그림 3.2-2).



<그림 3.2-2> 위어판의 단면(ISO 1438)

- (7) 수위측정용 목측자 및 수위측정장치는 수위를 정확히 읽을 수 있도록 위어로부터 상류측으로 최대 측정수두의 5배 거리에 설치되어야 한다(그림 3.2-3).



<그림 3.2-3> 삼각위어 표준단면(ISO 1438)

- (8) 수위측정용 목측자 및 수위측정장치의 영(0)점과 위어의 정상부는 레벨을 맞춰 오차가 없도록 하여야 한다.
- (9) 위어의 재질은 스테인리스 스틸로 설치하여야 하고, 위어 판은 깨끗하게 유지하고 단단히 고정해야 한다.
- (10) 위어의 정상부 표고는 집수벽 설치 전 계측된 연중 최저 지하수위 표고로 한다.
- (11) 위어 하류수위는 완전 월류가 될 수 있도록 6 cm 이상의 낙차를 확보하여야 한다.
- (12) 측정수두 6 cm 이하에서는 측정유량의 정확도가 낮으므로, 정확한 수심측정을 위해

측정수두는 6 cm를 초과하여야 한다.

- (13) 수두측정용 수위계는 측정수두의 1/250 이하의 높은 정확도를 가져야 한다.
- (14) 침투수량 측정용 삼각위어의 설치규격, 유량공식 및 유량계수, 유지관리방법 등 제반 내용은 ISO 1438을 따라야 한다.

3.2.15 표면침하 측정점, 정상부 침하 측정점 및 기준점

- (1) 표면침하 측정점, 정상부침하 측정점 및 기준점은 KCS 54 20 25 (3.2.15)에 따른다.

3.2.16 지진가속도계측기

- (1) 지진가속도계측기는 KCS 54 20 25 (3.2.16) 및 지진가속도계측기 설치 및 운영기준(행정안전부)에 따른다.

3.2.17 계기 측정실

- (1) 계기 측정실(automatic data logging room)은 KCS 54 20 25 (3.2.17)에 따른다.

3.2.18 침하계(층별, 액상) 측정실

- (1) 침하계(층별, 액상) 측정실은 KCS 54 20 25 (3.2.18)에 따른다.

3.3 측정주기 및 횟수

- (1) 측정주기 및 횟수는 KCS 54 20 25 (3.3)에 따른다.

3.4 계측결과의 정리 및 분석

- (1) 계측결과의 정리 및 분석은 KCS 54 20 25 (3.4)에 따른다.

3.5 현장 품질관리

- (1) 현장 품질관리는 KCS 54 20 25 (3.5)에 따른다.

집필위원

성명	소속	성명	소속
이현	한국수자원공사	제갈훈	한국수자원공사
문부영	한국수자원공사	송두호	한국수자원공사
설재현	한국수자원공사	장창래	한국수자원학회
손승규	한국수자원공사	김성원	한국수자원학회

자문위원

성명	소속	성명	소속
김기호	한국수자원공사	정관수	충남대학교
김형주	한국수자원공사	오윤근	유신
이현노	한국수자원공사	오규창	동부
허연강	한국수자원공사	안희복	이산

국가건설기준센터 및 건설기준위원회

성명	소속	성명	소속
이영호	한국건설기술연구원	최병규	(주)이산
구재동	한국건설기술연구원	송석근	(주)삼안
김기현	한국건설기술연구원	송용진	(주)도화엔지니어링
김나은	한국건설기술연구원	안희복	(주)이산
김태송	한국건설기술연구원	오규창	동부엔지니어링
김희석	한국건설기술연구원	이규원	동부엔지니어링
류상훈	한국건설기술연구원	이상열	(주)이산
소병진	한국건설기술연구원	임인석	(주)동성엔지니어링
원훈일	한국건설기술연구원	전세진	(주)도화엔지니어링
이승환	한국건설기술연구원	한성용	한국수자원공사
이용수	한국건설기술연구원	황만하	한국수자원공사
이용준	한국건설기술연구원	김형수	인하대학교
주영경	한국건설기술연구원	안재현	서경대학교
최봉혁	한국건설기술연구원	유철상	고려대학교
허원호	한국건설기술연구원	이승오	홍익대학교

중앙건설기술심의위원회

성 명	소 속	성 명	소 속
정성원	한국수자원조사기술원	이수빈	고려개발(주)
서근순	(주)신성엔지니어링	정평기	(주)화인씨이엠테크
권순철	SK건설	김희대	(주)세광종합기술단
권석현	(주)디엠씨엠		

소관부처

성 명	소 속	성 명	소 속
이상훈	환경부	박찬흥	환경부

KWCS 54 20 25 : 2021 댐 계측설비

2021년 5월 21일 제정

소관부서 환경부

관련단체 한국수자원공사
34350 대전광역시 대덕구 신탄진로 200
Tel : 042-629-3114(대표전화)
<http://www.kwater.or.kr>

작성기관 한국수자원공사
34350 대전광역시 대덕구 신탄진로 200
Tel : 042-629-3709~3710
<http://www.kwater.or.kr>

국가건설기준센터
10223 경기도 고양시 일산서구 고양대로 283(대화동)
Tel : 031-910-0444 E-mail : kcsc@kiot.re.kr
<http://www.kcsc.re.kr>