

EXCS 27 50 10 : 2024

계측

2024년 12월 11일 개정

<http://www.ex.co.kr/research>



고속도로공사 전문시방서 제·개정에 따른 경과 조치

「고속도로공사 전문시방서(EXCS ; Expressway Construction Specification)」는 국가건설기준(KCS ; Korea Construction Specification)를 기본으로 하여 고속도로 시공에 관련된 공종을 대상으로 작성한 종합적인 시방기준으로서, 단위공사 설계시 해당 공사의 특성과 여건 등에 맞게 「공사시방서」를 작성하는데 활용하기 위한 「전문시방서」(Guide Specification)이므로 관계법상 구속력과 계약도서로서의 효력이 없습니다.

이 시방기준 발간 시점에 이미 시행 중인 설계용역이나 건설공사는 발주기관의 장이 필요하다고 인정하는 경우 종전에 적용하고 있는 기준을 그대로 사용할 수 있으며, 이 시방기준으로 공사시방서 작성 시 도로교통연구원 홈페이지 및 국가건설기준센터 홈페이지에 등재된 최신 시방기준을 반드시 확인 후 작성하시기 바랍니다.

※ 도로교통연구원 홈페이지 : <http://www.ex.co.kr/research/>

국가건설기준센터 홈페이지 : <http://www.kcsc.re.kr/>

목 차

1. 일반사항	1
1.1 적용 범위	1
1.2 참고 기준	1
1.3 용어의 정의	1
1.4 제출물	1
2. 자재	1
3. 시공	1
3.1 계측일반	1
3.2 계측기기	2
3.2.1 계측기기의 선정	2
3.2.2 계측기기의 보정	2
3.2.3 계측기기의 설치	3
3.2.4 계측기기의 관리	3
3.3 계측빈도	3
3.4 계측내용	4
3.4.1 터널 내 관찰조사	4
3.4.2 내공변위 측정	4
3.4.3 천단침하 측정	5
3.4.4 지표 및 지중침하 측정	5
3.4.5 숏크리트응력 측정	5
3.4.6 지중변위 측정	5
3.4.7 록볼트 축력 측정	5
3.4.8 주변 구조물의 변형상태 조사	6
3.5 계측관리	6
3.5.1 계측결과의 시공 반영	6
3.5.2 계측결과의 정리	6
3.5.3 계측결과의 보고	6
3.5.4 계측기의 취급	7
3.5.5 계측원의 자격	7

1. 일반사항

1.1 적용 범위

- (1) 계측의 적용 범위는 터널을 굴착할 때부터 콘크리트 라이닝을 완료할 때까지 터널의 구조적 안정성 여부를 판단하기 위한 터널 내·외부의 계측 및 분석 작업에 적용한다.

1.2 참고 기준

- 계측의 참고 기준은 KCS 27 50 10 (1.3)에 따른다.
- EXCS 10 10 05 공사일반
- EXCS 10 10 10 공무행정요건
- KCS 27 50 05 배수 및 방수

1.3 용어의 정의

- 계측 용어의 정의는 KCS 27 50 05 (1.5)에 따른다.

1.4 제출물

- (1) EXCS 10 10 05 (1.7(12)) 및 EXCS 10 10 10 (1.8)에 따라 해당 공사의 공사계획에 맞추어 시공계획서를 작성한 후 제출하여야 한다.
- (2) 다음 사항을 추가로 제출하여야 한다.
- ① 월간 계측결과보고서
 - ② 계측결과 종합보고서

2. 자재

내용 없음

3. 시공

3.1 계측일반

- (1) 터널계측에는 일상계측과 정밀계측이 있으며, 일상계측에는 터널 내 관찰조사·내공변위 측정·천단침하 측정 등이 있고, 정밀계측에는 지표 및 지중침하 측정·숏크리트응력 측정·지중변위 측정·록볼트축력 측정 등이 있다. 팽창성지반, 대규모 단층파쇄대 등 특수지반과 터널 상부에 관리대상 구조물이 위치하는 경우 등 특수구간은 공사감독자와 협의하여 3차원계측(필요시 자동화계측) 시행여부를 판단하여 시행하여야 한다.
- (2) 수급인은 터널공사를 착수하기 전에 계측기의 정밀도·측정범위·작동 온도범위 등을 포함한 계측기의 제원, 계측기의 보정방법 및 유지관리, 계측결과의 기록양식·분석범위·분석방법 및 활용방안, 계측값의 수렴여부 판정방법 등을 포함하는 계측계획서를

작성하여 공사감독자에게 제출하여야 한다.

- (3) 수급인은 계측 자료를 조기에 수집·분석하여 이를 공사에 반영함으로써 경제적이고 안전한 시공이 될 수 있도록 하여야 한다.
- (4) 수급인은 설계도서 및 계측계획서에 제시된 계측기기를 구비하여야 하며, 공사감독자에게 계측기기의 정밀도를 확인받아야 한다. 계측기기의 설치에 공사감독자 입회하에 시행하여야 하며, 전문기술자에 의하여 지정된 위치에 계측기를 설치하여야 한다.
- (5) 수급인은 계측기기의 유지관리에 만전을 기하여 계측결과의 획득에 차질이 없도록 하여야 한다.
- (6) 터널공사는 계측자료를 근거로 시행하여야 하며, 계측된 결과를 설계와 비교 분석하여 매 주마다 공사감독자에게 제출하여야 한다.
- (7) 수급인은 시공계측 뿐만 아니라 필요할 때에는 유지관리계측도 공사에 반영하여야 하며, 이러한 자료를 정리한 후 공사감독자에게 제출하여 승인을 받아야 한다.
- (8) 수급인은 계측결과 및 터널거동 분석내용을 월간보고서로 작성하여 공사감독자에게 제출하여야 하며, 시공계측 작업이 완전히 종료된 후에는 그간의 계측결과 및 분석내용을 종합적으로 정리한 계측결과 종합보고서를 공사감독자에게 제출하여야 한다.
- (9) 위에서 명시한 부분 이외의 계측계획의 수립은 KCS 27 50 10 (1.5.1)에 따른다.

3.2 계측기기

3.2.1 계측기기의 선정

- (1) 계측기기의 선정은 KCS 27 50 10 (1.5.2)에 따른다.

3.2.2 계측기기의 보정

- (1) 계측기기의 보정은 KCS 27 50 10 (1.6.3)에 따르되 아래의 사항을 추가하여 적용한다.
- (2) 계측기기의 설치자는 계측기기 상세 설치계획서와 사용될 계측 센서, 측정장비 및 부속자재 등이 계측의 목적에 부합되도록 다음 사항을 서류로 제출하여야 한다.

- ① 제작자 증명원
- ② 공급자 증명원
- ③ 제작자의 품질 보증서
- ④ 검·교정 성과표
- ⑤ 사용자 설명서 및 유지관리 매뉴얼
- ⑥ 부속품 리스트

- (3) 계측기기의 보정 및 초기치 측정

- ① 계측기기의 보정

가. 계측기기를 설치할 당시의 영점이 계측업체에서 출하당시의 표준값과 일치하지 않거나 계측기기의 특성상 밀봉된 기기인 경우는 대기압의 변화에도 영향을 받게 된다. 따라서 설치시 계측기기의 현장검정이나 각종 보정을 실시하여 정확한 초기값을 얻

어 향후 유지관리 계측에 필요한 정확한 관리기준치를 설정할 수 있어야 한다.

② 초기치 계측

가. 각 계측 항목별 초기치 계측은 현장검정과 각종 보정을 실시한 후 정확한 초기값을 얻어야 한다. 이때 얻어진 초기값은 향후 유지관리 계측에 필요한 관리기준의 설정에 중요한 기준이 되므로 관계자 입회하에 계측센서의 이상 여부를 최종적으로 확인한 후 초기치 계측이 시행되어야 한다. 이때 초기치 계측은 3회 이상 실시하여 최적값을 얻도록 해야 한다. 계측기기 설치시 지시계등으로 즉시 초기치를 획득하여야 하고, 규정된 측정 및 분석빈도에 따라 지속적인 계측 관리가 수행되어야 한다.

3.2.3 계측기기의 설치

(1) 계측기기의 설치는 KCS 27 50 10 (1.5.4)에 따른다.

3.2.4. 계측기기의 관리

(1) 계측기기의 관리는 KCS 27 50 10 (1.5.5)에 따른다.

3.3 계측빈도

(1) 계측항목과 빈도는 표 3.3-1을 표준으로 하며, 현장여건 및 지반조건을 감안하여 공사 감독자의 확인을 받은 후 조정하여 사용할 수 있다.

표 3.3-1 계측항목별 측정빈도

구분	계측항목	계측간격	배치	계측기 설치시기 및 위치	측 정 빈 도 ¹⁾			비고
					0 ~ 15일 (0 ~ 7일)	15 ~ 30일 (8 ~ 14일)	30일 ~ (15일 ~)	
계측 A (일상 계측)	터널내 관찰	전길이	전막장	-	매막장 마다	매막장 마다	매막장 마다	록볼트 인발시험은 록볼트 품질관리 시험으로 실시함
	내공변위	10 ~ 50 m	수 평 2 대각선 4	막장후방 1 ~ 3 m 또는 굴착 24시간 이내 ²⁾	1 ~ 2회/일	2회/주	1회/주	
	천단침하	10 ~ 50 m	1개소	막장후방 1 ~ 3 m 또는 굴착 후 4시간 이내 ²⁾	1 ~ 2회/일	2회/주	1회/주	
	록볼트 인발시험	20 m마다 3개소	측벽부 천장부 어깨	-	-	-	-	
계측 B (정밀 계측)	지표침하 지중침하	300 ~ 600 m	터널상부 3 ~ 5개소	막장전방 30 m	1회/일	1회/주	1회/2주	각 항목별 계측기를 동일한 단면에 설치하여 종합적으
	숏크리트 응력	200 ~ 500 m	3 ~ 5개소 (반경방향, 접선방향)	막장후방 1 ~ 3 m 또는 굴착 후 24시간 이내 ²⁾	1회/일	1회/주	1회/2주	
	지중변위	200 ~ 500 m	3 ~ 5개소	막장후방 1 ~ 3 m	1 ~ 2회/일	1회/2일	1회/주	

구분	계측항목	계측간격	배치	계측기 설치시기 및 위치	측 정 빈 도 ¹⁾			비고
					0 ~ 15일 (0 ~ 7일)	15 ~ 30일 (8 ~ 14일)	30일 ~ (15일 ~)	
			(3 ~ 5개의 다른 깊이)	또는 굴착 후 24시간 이내 ²⁾				로 계측
	록볼트 축력	200 ~ 500 m	3 ~ 5개소 (3 ~ 5개의 다른 깊이)	막장후방 1 ~ 3 m 또는 굴착 후 24시간 이내 ²⁾	1 ~ 2회/일	1회/2일	1회/주	

주 1) 빈도란 중에 있는 ()는 수렴이 빨리 되는 경우의 빈도임.

2) 막장후방 1 ~ 3m 또는 굴착 후 24시간 이내 중 빠른 시기를 기준으로 함.

3.4 계측내용

3.4.1 터널 내 관찰조사

(1) 터널 내 관찰조사는 지질상태를 파악하고 지보효과를 확인하기 위한 것으로서, 터널의 설계, 시공 및 계측의 기본이 되므로 정확한 관찰조사를 하여야 한다. 관찰조사 항목으로는 막장, 록볼트, 슛크리트, 강지보재에 대한 조사관찰과 기타 확인사항 등이며, 주요 조사내용은 다음과 같다.

- ① 시공중 막장 관찰 및 조사항목(EXCS 27 20 00 (3.1.3)의 조사항목)
- ② 막장, 터널 천장부 지반 및 측벽에서의 붕괴 여부
- ③ 록볼트의 설치위치, 방향 및 정착 여부
- ④ 슛크리트의 파괴 및 강지보재의 변형 여부
- ⑤ 당초 설계와 시공시의 지반구분 재평가 및 기타사항

(2) 수급인은 이러한 관찰조사 결과와 계측에 의한 지반거동, 시공상황 등의 관계를 명백하게 파악하여 효율적인 시공이 되도록 하여야 한다. 또한 막장을 관찰·조사한 후에는 조사결과와 관련한 상세도면 및 사진 등을 정리하여 보관하여야 한다.

3.4.2 내공변위 측정

- (1) 내공변위 측정은 터널의 안정성·지보효과·지보의 시공시기 및 방법 등을 검토하는데에 가장 기본이 되는 항목이며, 계측에는 변위측정용 기기를 사용하여야 한다.
- (2) 내공변위 측정은 막장굴착 후 조기에 최종변위량을 예측하고, 슛크리트 및 록볼트의 추가 시공여부를 판단하며, 콘크리트 라이닝 타설시기를 판단하는 자료로 사용하여야 하므로 굴착초기부터 내공변위가 수렴할 때까지 정확한 계측이 이루어져야 한다.
- (3) 내공변위의 수렴여부 판정은 계측계획서에 제시된 기준을 따른다.
- (4) 수급인은 발파 굴착을 할 때에는 비산석에 의하여 계측기기가 손상되지 않도록 보호시설을 하여야 한다.
- (5) 내공변위 측정시에는 굴착후 가능한 한 조기에 초기치를 측정해야 하며 측정의 오차는 ±1.0 mm 이내이어야 한다.

3.4.3 천단침하 측정

- (1) 천단침하 측정은 주변지반의 안정성 확인, 록볼트 및 숏크리트의 지보효과를 파악하기 위한 계측항목으로서, 특히 고결도가 낮은 지층, 터널 천단과 지표 사이의 수직거리가 짧은 경우와 단층 등으로 인하여 붕괴가 일어나기 쉬운 지반조건인 경우 가장 중요한 계측이다. 따라서 막장 굴착 후 가능한 한 빨리 초기값을 측정하여야 하며, 변위가 수렴될 때까지 측정을 하여야 한다.
- (2) 측정은 굴착에 따른 절대 높이의 수준측량으로 한다.
- (3) 천단침하 측정시에는 굴착후 가능한 한 조기에 초기치를 측정해야 하며 측정의 오차는 $\pm 1.0 \text{ mm}$ 이내이어야 한다.

3.4.4 지표 및 지중침하 측정

- (1) 지표 및 지중침하 측정은 KCS 27 50 10 (3.1.1)에 따르되 아래의 사항을 추가하여 적용한다.
- (2) 지표침하는 $\pm 1.0 \text{ mm}$ 이내의 오차를 유지할 수 있는 수준측량으로 측정하여야 한다.
- (3) 지중침하는 반드시 지표침하 측정과 함께 시행되어야 하며 지표침하 측정과 동일한 정확도로 깊이별 지반의 연직 변위 양상을 확인할 수 있도록 하여야 한다.

3.4.5 숏크리트응력 측정

- (1) 숏크리트응력 측정은 숏크리트의 안정성 및 추가 지보재의 필요성을 검토하기 위하여 실시하며, 숏크리트 내에 응력계를 매설하여 터널단면의 접선방향과 터널 반지름 방향의 응력을 측정한다.
- (2) 측정 대상물의 강성과 계측기의 강성을 고려하여 계측기기 자체의 오차나 형상 오차가 작은 기기를 사용하여야 한다.
- (3) 응력계를 매설할 때에는 숏크리트 내의 계측기기와 숏크리트 사이에 공극이 발생되지 않도록 하여야 한다.
- (4) 숏크리트 응력계는 10 kPa 이하의 오차범위를 가져야 하며 예상되는 최대응력 이상을 측정할 수 있는 것이어야 한다.

3.4.6 지중변위 측정

- (1) 지중변위 측정은 굴착 후 터널주변의 이완영역을 파악하여 록볼트의 적정길이를 결정하기 위한 것으로서, 터널 반지름 방향으로 지중에 수개의 깊이가 다른 앵커를 설치하고 그 변위를 측정한다.
- (2) 가장 깊은 측정점은 반드시 이완영역 바깥의 부동점에 설치되도록 하여야 한다.
- (3) 지중변위 측정결과는 록볼트 축력 및 내공변위 측정결과와 연계하여 종합적으로 판단하여야 한다.
- (4) 지중변위계의 측정 오차의 한계는 $\pm 1.0 \text{ mm}$ 이내이어야 한다.

3.4.7 록볼트 축력 측정

- (1) 록볼트 축력 측정은 록볼트의 축력을 측정하고 그 응력도에 의하여 록볼트의 효과 등을 검토하여 록볼트 간격 및 길이의 증감여부를 판단하기 위한 계측으로서, 내공변위 측정결과와 연계하여 계측결과를 해석하여야 한다.
- (2) 록볼트 축력계는 지반에 확실하게 고정되어서 지반변위에 따른 측정 설치부의 축력변화를 충분히 반영할 수 있어야 하며, 정확도는 1kN 이상이어야 한다.

3.4.8 주변 구조물의 변형상태 조사

- (1) 수급인은 주변 구조물의 변형이 터널시공으로 인한 것인지의 여부를 판단할 수 있도록 시공 전에 사진촬영 및 비디오촬영 등 사전조사를 하여야 한다.
- (2) 터널시공에 의한 변형이 발생하였을 때는 이에 필요한 대책수립과 지속적인 관찰을 하여야 한다.

3.5 계측관리

3.5.1 계측결과와 시공 반영

- (1) 터널을 시공할 때에는 각종 계측을 조직적으로 수행하면서 계측결과를 직접 설계 및 시공에 반영하여야 하며, 공사의 안전성, 경제성 및 시공성을 만족할 수 있도록 그림 3.5-1과 같이 계측관리를 하여야 한다.

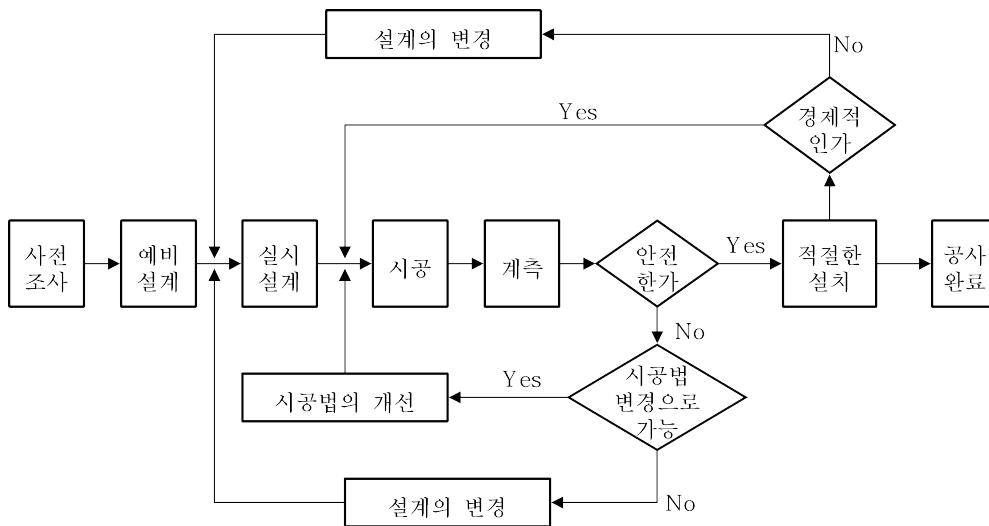


그림 3.5-1 계측관리 계획도

3.5.2 계측결과와 정리

- (1) 계측결과는 일상의 시공관리에도 이용하고, 장래 공사계획에도 반영할 수 있도록 정리하여 보존하여야 한다.

3.5.3 계측결과와 보고

- (1) 계측결과는 매일 보고하고 현장상황에 맞는 분석의견을 제시하여야 한다. 특히 현저하게 큰 변위가 발생하는 경우, 변위속도가 기준값 이상이거나 수렴하지 않는 경우에는 즉시 공사감독자에게 보고하고 지시에 따라 조치하여야 한다.

3.5.4 계측기의 취급

- (1) 계측기 등의 설치 및 운반할 때에는 파손이 생기지 않도록 신중히 취급하여야 하며, 파손이 생겼을 때에는 즉시 공사감독자에게 보고하고 적절한 조치를 취하여야 한다.
- (2) 계측기는 굴착 전 또는 굴착 후 즉시 설치되어야 한다.

3.5.5 계측원의 자격

- (1) 수급인은 원활한 계측관리를 위하여 계측 전담반을 직접 운영하거나 계측전문업체에 위탁하여 계측업무를 수행할 수 있다.
- (2) 계측 책임자는 터널 굴착에 따른 지반 및 지보재 거동의 역학관계를 이해하는 엔지니어링산업진흥법상 토질·지질 분야의 특급기술자 이상의 전문가이어야 한다.

2024년 집필위원

성명	소속	성명	소속
김정학	한국도로공사	신영철	한국도로공사
홍기성	한국도로공사	박혜선	한국도로공사

국가건설기준센터 및 건설기준위원회

성명	소속	성명	소속
김기현	한국건설기술연구원	김동영	케이에스엠기술(주)
김나은	한국건설기술연구원	김명철	동부엔지니어링
김민관	한국건설기술연구원	노성열	(사)한국블록협회
김재훈	한국건설기술연구원	박종호	평화지오텍(주)
김태송	한국건설기술연구원	손윤기	(주)엔비코컨설팅
김희석	한국건설기술연구원	여규권	(주)삼부토건
류상훈	한국건설기술연구원	이규환	건양대학교
안준혁	한국건설기술연구원	임광수	(주)이산
원훈일	한국건설기술연구원	장인희	포스코건설
이상규	한국건설기술연구원	정진훈	인하대학교
이소정	한국건설기술연구원	조항신	극동엔지니어링(주)
이승재	한국건설기술연구원	최준성	인덕대학교
이승환	한국건설기술연구원		
이영호	한국건설기술연구원		
이용수	한국건설기술연구원		
이원종	한국건설기술연구원		
주영경	한국건설기술연구원		
최봉혁	한국건설기술연구원		
허원호	한국건설기술연구원		

중앙건설기술심의위원회

성명	소속	성명	소속
김선백	대우건설	오세봉	영남대학교
김성호	남광토건(주)	유성준	도로교통공단
박영빈	우성디앤씨	장범수	국토안전관리원
백재욱	(주)동명기술공단		

소관부처

성명	소속	성명	소속
신종욱	국토교통부 도로건설과	송진우	국토교통부 도로건설과

EXCS 27 50 10 : 2024

계측

2024년 12월 발간

소관부서 국토교통부

관련단체 한국도로공사
(39660) 경상북도 김천시 혁신8로 77 한국도로공사
☎ 1588-2504(대표)
<http://www.ex.co.kr>

작성기관 한국도로공사 도로교통연구원
(18489) 경기도 화성시 동탄순환대로 17길 24
☎ 031-8098-6044(품질시험센터)
<http://www.ex.co.kr/research>

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