

EXCS 10 20 20 : 2018

지반조사

2018년 6월 19일 제정

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



국토교통부



한국도로공사

고속도로공사 전문시방서 제·개정에 따른 경과 조치

「고속도로공사 전문시방서(EXCS ; Express Construction Specification)」는 국가 건설기준(KCS ; Korea Construction Specification)를 기본으로 하여 고속도로 시공에 관련된 공종을 대상으로 작성한 종합적인 시방기준으로서, 단위공사 설계 시 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://ex.co.kr/research/>

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

전문시방서 제·개정 연혁

- 이 시방기준은 건설기준 코드체계 전환에 따라 기존 고속도로공사 전문시방서와 건설기준(표준시방서) 간 중복·상충을 비교 검토하여 코드로 통합 정비하였다.
- 이 기준은 기존의 고속도로공사 전문시방서를 중심으로 KCS 10 20 20 등의 해당하는 부분을 통합 정비하여 기준으로 제정한 것으로 제·개정 연혁은 다음과 같다.

전문시방서	주요내용	제·개정 (년.월)
고속도로공사 전문시방서	• 고속도로공사 전문시방서를 제정	제정 (1998.5)
고속도로공사 전문시방서	• 제정이후 개발된 신기술 및 신공법을 고속도로공사현장에 적용하기 위하여 개정함	개정 (2000.11)
고속도로공사 전문시방서	• 시대적 흐름을 반영하고 건설기술 발전에 이바지함으로써 ‘신뢰받는 국민기업 실현’을 달성하기 위하여 개정함	개정 (2004.12)
고속도로공사 전문시방서	• 2차 개정 이후 기술발전과 축적된 건설기술 노하우를 반영하기 위하여 개정함	개정 (2009.7)
고속도로공사 전문시방서	• 도로건설현장에 발전된 기술을 신속히 적용하기 위해 그간의 많은 연구성과와 축적된 건설기술 노하우를 반영하여 개정함	개정 (2012.10)
EXCS 10 20 20 :2018	• 건설기준 코드체계 전환에 따라 코드화로 통합 정비함	제정 (2018.6)

제 정	: 2018년 6월 19일	개 정	: 년 월 일
심 의	: 중앙건설기술심의위원회	자 문 검 토	: 국가건설기준센터 건설기준위원회
소 관 부 서	: 국토교통부 도로정책과		
관련단체 (작성기관)	: 한국도로공사 (도로교통연구원)		

목 차

1. 일반	1
1.1 적용 범위	1
1.2 참고 기준	2
1.3 용어의 정의	4
1.4 제출물	4
2. 자재	5
3. 시공	6
3.1 지반조사계획	6
3.2 지표지질조사	7
3.3 물리탐사	8
3.4 시추조사	10
3.5 시험굴조사와 핸드오거보링	12
3.6 원위치시험과 시험굴착	13
3.7 시료채취	17
3.8 토질시험	17
3.9 암석시험	20

지반조사

1. 일반

1.1 적용 범위

1.1.1 지반조사계획

(1) 지반조사계획의 적용 범위는 과업의 설계 및 공사에 필요한 지반정보를 얻기 위한 지반조사에 적용한다. 지반조사는 도로체, 교량, 옹벽 및 기타구조물에 적용하기 위하여 다음 절차에 따라 시행한다.

- ① 1단계 : 예비조사 및 계획수립
- ② 2단계 : 현장조사 및 시료채취
- ③ 3단계 : 실내시험
- ④ 4단계 : 지반조사 보고서 작성

1.1.2 지표지질조사

(1) 지표지질조사의 적용 범위는 토목공사의 시공을 위한 지표지질조사 및 터널 막장관찰에 적용한다.

1.1.3 물리탐사

(1) 물리탐사의 적용 범위는 토목공사의 시공을 위한 물리탐사에 적용한다.

1.1.4 시추조사

(1) 시추조사의 적용 범위는 토목공사의 시공을 위한 시추조사에 적용한다.

1.1.5 시험굴조사와 핸드오거보링

(1) 시험굴조사와 핸드오거보링의 적용 범위는 토목공사의 시공을 위한 시험굴조사와 핸드오거보링에 적용한다.

1.1.6 원위치시험과 시험굴착

(1) 원위치시험과 시험굴착의 적용 범위는 토목공사의 시공을 위한 현장 원위치 시험에 적용한다.

1.1.7 시료채취

(1) 시료채취의 적용 범위는 토목공사의 시공을 위한 시료채취에 적용한다.

1.1.8 토질시험

(1) 토질시험의 적용 범위는 토목공사의 시공을 위한 토질시험에 적용한다.

1.1.9 암석시험

- (1) 암석시험의 적용 범위는 토목공사의 시공을 위한 암석시험에 적용한다.

1.2 참고 기준

1.2.1 지반조사계획

내용 없음

1.2.2 지표지질조사

- (1) ASTM D 4879 암반 막장관찰 방법

1.2.3 물리탐사

내용 없음

1.2.4 시추조사

- (1) ASTM D 2113 암석 코아 시추 및 시료채취

1.2.5 시험굴조사와 핸드오거보링

- (1) KS F 2311 모래 치환법에 의한 흙의 밀도 시험 방법
- (2) KS F 2320 노상토 지지력비(CBR) 시험 방법
- (3) KS F 2319 오거 보링에 의한 토질 조사 및 시료 채취 방법

1.2.6 원위치시험과 시험굴착

- (1) KS F 2307 흙의 표준 관입 시험 방법
- (2) KS F 2342 점성토의 현장 베인 전단 시험 방법
- (3) JIS A 1220 덧치 콘 관입 시험 방법
- (4) KS F 2592 전자식 콘 관입 시험 방법 및(또는) ASTM D 5778 Standard Test Method for Performing Electronic Friction Cone and Piezocone Penetration Testing of Soils
- (5) ASTM D 4719 Standard Test Method for Prebored Pressuremeter Testing in Soils
- (6) ASTM D 4971 Standard Test Method for Determining the In Situ Modulus of Deformation of Rock Using the Diametrically Loaded 76-mm (3-in.) Borehole Jack
- (7) ASTM D 4645 Standard Test Method for Determination of In-Situ Stress in Rock Using the Hydraulic Fracturing Method

1.2.7 시료채취

- (1) KS F 2307 흙의 표준 관입 시험 방법

- (2) KS F 2317 얇은 관에 의한 흙의 시료 채취 방법
- (3) KS F 2319 오거 보링에 의한 토질 조사 및 시료 채취 방법

1.2.8 토질시험

- (1) KS F 2301 흙의 입도 시험 및 물리 시험용 시료 조제 방법
- (2) KS F 2302 흙의 입도 시험 방법
- (3) KS F 2303 흙의 액성 한계·소성 한계 시험 방법
- (4) KS F 2305 흙의 수축 정수 시험 방법
- (5) KS F 2306 흙의 함수비 시험 방법
- (6) KS F 2308 흙입자 밀도 시험 방법
- (7) KS F 2310 도로의 평판 재하 시험 방법
- (8) KS F 2311 모래 치환법에 의한 흙의 밀도 시험 방법
- (9) KS F 2312 흙의 다짐 시험 방법
- (10) KS F 2314 흙의 일축 압축 시험 방법
- (11) KS F 2316 흙의 압밀 시험 방법
- (12) KS F 2320 노상토 지지력비(CBR) 시험 방법
- (13) KS F 2322 흙의 투수 시험 방법
- (14) KS F 2324 흙의 공학적 분류 방법
- (15) KS F 2343 압밀 배수 조건 아래서 흙의 직접 전단 시험 방법
- (16) KS F 2444 확대기초에서 정적하중에 대한 흙의 지지력 시험 방법
- (17) KS F 2346 삼축 압축 시험에서 점성토의 비압밀, 비배수 강도 시험 방법

1.2.9 암석시험

- (1) KS F 2519 석재의 압축강도 시험 방법
- (2) KS F 2503 굵은 골재의 밀도 및 흡수율 시험 방법
- (3) KS F 2507 골재의 안정성 시험 방법
- (4) KS F 2508 로스엔젤스 시험기에 의한 굵은 골재의 마모 시험 방법
- (5) ASTM D 2664 Standard Test Method for Triaxial Compressive Strength of Undrained Rock Core Specimens Without Pore Pressure Measurements
- (6) ASTM D 2845 Standard Test Method for Laboratory Determination of Pulse Velocities and Ultrasonic Elastic Constants of Rock
- (7) ASTM D 2936 Standard Test Method for Direct Tensile Strength of Intact Rock Core Specimens
- (8) ASTM D 2938 Standard Test Method for Unconfined Compressive Strength of Intact Rock Core Specimens
- (9) ASTM D 3148 Standard Test Method for Elastic Moduli of Intact Rock Core Specimens in Uniaxial Compression
- (10) ASTM D 3967 Standard Test Method for Splitting Tensile Strength of Intact Rock Core Specimens

- (11) ASTM D 4644 Standard Test Method for Slake Durability of Shales and Similar Weak Rocks

1.3 용어의 정의

내용 없음

1.4 제출물

1.4.1 지반조사계획

내용 없음

1.4.2 지표지질조사

- (1) EXCS 10 10 05 (1.7(12)) 및 EXCS 10 10 10 (1.8)에 따라 해당 공사의 공사계획에 맞추어 책임시공계획 및 시공계획서를 작성한 후 제출하여야 한다.
- (2) 다음 사항을 추가로 제출하여야 한다.
- ① 응용지질도(engineering geology map) 등의 지표지질조사 성과
 - ② 막장관찰일지 등의 막장관찰 성과

1.4.3 물리탐사

- (1) 물리탐사의 제출물은 이 기준 1.4.2(1)에 따르되 아래의 사항을 추가로 제출하여야 한다.
- ① 탐사 전산출력 자료
 - ② 탐사 단면도 및 이상대 분포 유무
 - ③ 탐사결과 분석보고서
 - ④ 기타 탐사목적에 상응하는 탐사결과 출력물
 - ⑤ 시추주상도와 비교분석도

1.4.4 시추조사

- (1) 시추조사의 제출물은 이 기준 1.4.2(1)에 따르되 아래의 사항을 추가로 제출하여야 한다.
- ① 시추조사 위치도
 - ② 시추주상도
 - ③ 지층단면도
 - ④ 기타 시추조사 목적에 상응하는 결과

1.4.5 시험굴조사와 핸드오거보링

- (1) 시험굴조사와 핸드오거보링의 제출물은 이 기준 1.4.2(1)에 따르되 아래의 사항을 추가로 제출하여야 한다.
- ① 조사위치도

- ② 시험굴 주상도
- ③ 핸드오거보링 주상도
- ④ 기타 조사 목적에 상응하는 결과

1.4.6 원위치시험과 시험굴착

- (1) 원위치시험과 시험굴착의 제출물은 이 기준 1.4.2(1)에 따르되 아래의 사항을 추가로 제출하여야 한다.
- ① 조사위치도
 - ② 각 원위치 시험과 시험굴착에 해당하는 시험성과표
 - ③ 기타 시험 목적에 상응하는 결과물

1.4.7 시료채취

내용 없음

1.4.8 토질시험

- (1) 토질시험의 제출물은 이 기준 1.4.2(1)에 따르되 아래의 사항을 추가로 제출하여야 한다.
- ① 각 시험성과표
 - ② 기타 시험 목적에 상응하는 결과물

1.4.9 암석시험

- (1) 암석시험의 제출물은 이 기준 1.4.2(1)에 따르되 아래의 사항을 추가로 제출하여야 한다.
- ① 각 시험성과표
 - ② 기타 시험 목적에 상응하는 결과물

2. 자재

내용 없음

3. 시공

3.1 지반조사계획

3.1.1 예비조사 및 계획수립

- (1) 이 단계는 현장조사 전 대상지반에 대한 개략적인 정보를 수집하여 조사계획을 수립하는 단계이다.
- (2) 실내예비조사
 - ① 지질도, 지형도, 기존 구조물현황, 지장물도, 수계현황도, 항공측량도 등 문헌에 의한 조사를 포함한다.
- (3) 현장예비조사
 - ① 기존포장, 기존구조물, 지장물, 땅깍기 및 흙쌓기부, 산사태, 기반암분포, 광산분포, 수계현황 조사 등 현장에서 관찰되는 지반상태를 포함한다.
- (4) 계획수립
 - ① 토취, 사토, 땅깍기 및 흙쌓기, 주변 자연조건(연못, 개울, 늪지 등), 구조물위치(교량, 지하통로, 보강토), 지장물, 연약지반 등을 고려하여 공사에 필요한 조사항목 및 수량과 간격 및 심도에 대한 계획을 수립하여야 한다.

3.1.2 현장조사 및 시료채취

- (1) 현장조사는 지표지질조사, 시추조사와 현장원위치시험 및 물리탐사 등을 포함한다.
- (2) 공사를 할 때 문제가 발생할 수 있는 취약구간(파쇄대, 연약대 등)에 대해서는 공사감독자와 협의하여 보완조사를 실시하여야 한다.
- (3) 노선선정과정에서 행정도서를 포함한 지질도, 지형도, 지역조사 등이 선행되어야 한다.
- (4) 시추조사는 표준관입시험 및 호트러진시료채취를 포함하며, 공경은 NX($\phi 76$ mm)규격을 표준으로 한다.
- (5) 현장원위치시험은 시추조사와 병행하여 실시되는 각종 시험(표준관입시험, 공내수평재하시험, 공내투수시험, 현장투수시험, 공내전단시험, 공내영상촬영, 수압파쇄시험, 콘관입시험(CPT), 피에조콘관입시험(CPTu), 현장배인전단시험 등)을 포함하며, 공종별 필요한 조사항목을 선정하여 실시하여야 한다.
- (6) 시료채취는 시추조사에 의한 호트러진시료와 호트러지지않은시료 및 지표면에서 채취된 시료를 포함한다.
- (7) 물리탐사는 탄성파탐사, 전기비저항탐사, 시추공간탄성파탐사 등을 포함하며, 지반의 연속적인 변화 및 위험구간 파악을 위해 실시한다.

3.1.3 실내시험

- (1) 실내시험은 토질시험 및 암석시험을 포함한다.
- (2) 실내시험은 설계 및 시공에 필요한 지반의 물리·역학적 특성을 규명하여 설계지반정수 산정

및 지반안정성 분석을 위해 실시한다.

- (3) 시험은 공인된 기관 및 업체에서 숙련된 기술자에 의해 실시하여 시험결과의 신뢰도를 높여야 한다.

3.1.4 지반조사보고서

- (1) 지반조사보고서는 예비조사 및 현장조사, 실내시험 결과 등을 수록하여야 한다.
- (2) 지반조사보고서는 각 조사항목에 따른 성과물을 수록하여야 한다.
- (3) 보고서에 수록되는 내용은 조사목적과 부합되도록 하여야 하며, 조사결과에 대한 검토내용과 지층별 지반의 특성값 및 설계지반정수를 수록하여야 하며, 필요 시 주의 및 권고사항에 대한 내용도 수록하여야 한다.

3.2 지표지질조사

3.2.1 일반

- (1) 지표지질조사 및 막장관찰은 지반공학을 전공한 자 또는 동등 이상의 자격이나 경험을 구비한 자로서 응용지질도 및 터널지질도를 작성하고 지반의 안정성을 평가할 수 있는 자이어야 한다.
- (2) 실제 지반상태가 설계시의 적용조건과 상이하여 설계보완이 필요할 경우 상세지반조사를 실시하여야 한다.

3.2.2 지표지질조사

- (1) 지표지질조사는 지형, 지질구조, 암질, 토질, 지하수 분포 등을 개괄적으로 파악하여 기 실시된 조사의 보완자료나 상세조사의 참고자료로 활용할 수 있도록 수행하여야 한다.
- (2) 지표지질조사를 통하여 불연속면 및 구조대의 방향성, 발달상태 등에 대한 지질구조도를 작성하고 암석의 분포상태나 특성을 파악하여 지질재해의 가능성 등을 검토하여야 한다. 지표지질조사는 1/25,000 ~ 1/50,000 의 지형도를 이용한 응용지질도 작성을 원칙으로 하며, 현장여건 및 조사목적에 맞는 축척의 지형도를 사용하여야 한다.
- (3) 지표지질조사 결과, 노두에서의 불연속면의 방향성, 개수, 위치, 조사자료의 분석 등이 포함되어야 한다.
- (4) 지표지질조사를 할 때에는 다음사항을 조사하여 공사감독자에게 제출하여야 한다.
 - ① 지층분포상태 : 표층, 풍화대심도, 암종 및 암질, 파쇄대, 지표수 및 지하수 분포상태 등
 - ② 지질구조 : 불연속면(단층, 습곡, 절리) 및 구조대의 방향성 및 연장성, 틈새, 충전물, 면상태 등
 - ③ 지하공동 : 자연공동(석회암동굴 등), 광산갱도, 폐광, 폐공(우물), 보링공 등의 과거 갱도 및 채굴흔적 등
 - ④ 지질재해가능성분석 : 과거 재해 이력 및 산사태 등의 붕괴가능성 파악, 팽창성 및 유동성지반의 유무, 편토압 발생 가능성 등 분석
 - ⑤ 기타 조사목적에 필요한 사항

3.3 물리탐사

3.3.1 일반

- (1) 물리탐사 및 검층은 탄성파탐사, 전기비저항탐사, 전자탐사, 지표레이다탐사, 시추공간 물리탐사 및 공내검층으로 하고 조사항목 및 내용은 해당공사의 목적에 맞도록 결정하여야 한다.
- (2) 지반의 성층상태와 성질, 파쇄대의 위치와 규모, 공동의 위치와 규모, 지중매설물의 위치와 크기, 지하수의 존재 유무 등을 조사하기 위하여 실시한다.
- (3) 터널 근접부의 파쇄대 분포탐지나 지하공동을 탐지함에 있어서 지표레이다 탐사, 시추공간 물리탐사 등 정밀 물리탐사 기술을 조합, 활용하면 고해상도의 영상을 얻을 수 있다.

3.3.2 탄성파 탐사

- (1) 측선의 배치는 현지의 상황에 따라 조사목적에 지장을 주지 않는 범위 내에서 공사감독자의 승인을 받아 변경할 수 있다.
- (2) 정밀한 탐사결과를 얻기 위하여 탐사 주변의 소음을 최소화 되도록 하며, 측선단의 파일과 측선 중간의 파일은 크기를 변화시키거나 색깔별로 구분하여 보존할 수 있는 표시가 훼손되지 않도록 보호하여야 한다. 또한 수급인은 기준점의 위치와 높이를 확인하여야 한다.
- (3) 발파를 발진원으로 이용하는 경우 수급인은 관계법령에 따라 시험에 필요한 화약의 사용, 보관 및 도난 방지에 대한 조치를 취하여야 한다.
- (4) 식생 등 자연훼손이 발생되지 않도록 하며, 발파할 때에는 사고방지를 위하여 안전원을 배치하고 사이렌, 호각 등에 의하여 주의를 환기시킨다.
- (5) 발파공은 조사종료 후 다짐하여 되메워야 한다.
- (6) 현장 여건상 해머 타격을 발진원으로 할 때에는 타격에너지에 의한 가탐심도 및 해상도를 감안하여 적용하여야 하며, 주변 소음 발생을 최대한 억제하여야 한다.
- (7) 2점 이상 연속한 측점에서 결측된 경우에는 재측정하여야 한다.
- (8) 측정결과는 측선배치도, 주시곡선도, 단면도로 작성하여 정리하여야 한다.
- (9) 주시곡선도 또는 단면도에는 해석내용을 명시하여야 한다.

3.3.3 전기비저항탐사

- (1) 측선의 배치는 현지의 상황에 따라 조사목적에 지장이 없는 범위 내에서 공사감독자의 승인을 받아 변경할 수 있다.
- (2) 전극의 배치는 탐사의 목적에 맞게 설정하고, 전극의 간격은 탐사하고자 하는 지반의 심도와 전극배열에 따라 적절히 선택할 수 있다.
- (3) 특히, 탐사 대상 전구간이 포함될 수 있도록 탐사측선의 연장을 충분히 계획하고, 가탐심도 및 해상도를 감안하여 적용하여야 하며, 대상구조물의 하부 지반상태를 판단할 수 있어야 한다.
- (4) 전극의 전개는 현장여건상 할 수 없는 경우를 제외하고 예상되는 지질 구조의 주향에 직각방향으로 하여야 한다.

- (5) 측정은 측정치를 겹보기 전기비저항 전극간격곡선(Pa-a)에 도시하거나 또는 제어 컴퓨터상에서 확인하면서 수행하고 이상적인 값이 얻어졌을 때에는 바로 전극을 바꿔 재측정을 실시하여야 한다.
- (6) 탐사결과는 측정배치도와 수직탐사의 경우는 겹보기 전기비저항곡선, 쌍극자배열 전기비저항탐사의 경우는 겹보기 전기비저항 단면도에 정리하며, 이외에 해석결과에 따른 비저항 등가선도 등을 작성하여야 하고 예상 파쇄대 및 이상대 분포여부를 탐사단면도에 기재하여야 한다.

3.3.4 전자탐사

- (1) 이 기준 3.3.3의 전기비저항탐사를 수행할 수 없거나 또는 정확한 자료획득이 어려운 지역, 즉 콘크리트나 아스팔트 포장지역이나 전극과 땅의 접촉이 불량할 수밖에 없는 지역에서는 동일한 전기비저항 단면을 제공할 수 있는 전자탐사기술을 사용할 수 있다.
- (2) 수급인은 탐사실시 전 탐사장비 및 탐사방법에 대하여 공사감독자와 협의하여야 하며, 측정결과를 공사감독자에게 제출하여야 한다.
- (3) 수급인은 기준측선의 설정, 측선, 간격, 측선의 총연장, 측정간격은 현지의 상황에 따라 조사목적에 지장이 없는 범위 내에서 공사감독자의 승인을 받아 변경할 수 있다.

3.3.5 지표레이다(GPR)탐사

- (1) 지표레이다 탐사는 지하에 묻혀 있는 대상체를 찾아내거나 지하에 존재하는 불균질대 또는 파쇄대 등의 지질학적 구조를 규명하는데 사용할 수 있다.
- (2) 탐사는 송수신 안테나를 일정한 간격으로 위치시킨 후 측선을 따라 두 안테나를 동시에 일정 간격씩 옮겨가며 측정한다.
- (3) 수급인은 지표레이다 탐사결과로 얻어진 자료의 컴퓨터 수치모형 계산(전산처리)을 통하여 구한 레이다 단면을 공사감독자에게 제출하여야 한다.

3.3.6 시추공간 물리탐사

- (1) 시추공간 물리탐사는 2개소 이상의 시추공 사이의 연속적이고 상세한 지반상태를 파악하기 위해 실시한다.
- (2) 지오토포그래피(geotomography)
 - ① 지오토포그래피 탐사는 두 개 또는 그 이상의 시추공을 이용하며, 시추공 내에 위치하는 송신원에서 발생된 탄성파 또는 전자기파(레이더파)를 매질로 방사시켜 시추공 사이의 다양한 경로를 따라 전파되는 파의 주행시간이나 진폭을 측정하고, 측정된 자료의 행렬 역산 등을 통하여 2차원 또는 3차원의 지하 매질의 속도, 흡수성 또는 전기비저항과 같은 물성의 분포를 영상화하여야 한다.
 - ② 전기비저항 토모그래피의 경우에는 탐사목적에 맞는 전극배열을 선정하고 2차원 또는 3차원 수치역산을 통하여 대상 단면의 전기비저항 영상을 작성하여야 한다.
 - ③ 전자탐사 토모그래피의 경우에는 사용 주파수 및 측정간격을 탐사 대상, 해상도에 맞게 결정하고, 회절 토모그래피나 역산법에 의한 결과인 대상단면의 전기비저항 영상을 작성하여

야 한다.

- ④ 지오토모그래피는 파선토모그래피 또는 회절토모그래피 방법을 적용할 수 있으며, 수급인은 측정방법 및 결과를 공사감독자에게 제출하여야 한다.

(3) 시추공간 탄성파탐사(cross hole test) 및 하향식 탄성파탐사(down hole test)

- ① 시추공간 탄성파 탐사는 현지 암반의 심도별 탄성파속도(P파 및 S파)를 측정하고, 하향식 탄성파탐사는 심도별 구간속도를 측정하여 암질구분과 동탄성계수를 산정함을 목적으로 한다.
- ② 측정간격은 탐사목적 및 현지암반의 상태 등에 따라 적절히 설정하여야 한다.
- ③ 시추공간 및 하향식 탄성파탐사 수행 시 서로 반대방향의 극성을 가지는 S파를 발생시키고 이들의 진폭 및 위상을 분석하여 S파의 도달시간을 정확히 판독하여야 한다.
- ④ 시추공간 탄성파 탐사의 경우에는 시추공의 편향도를 측정하는 공곡(verticity)의 측정을 필수적으로 수행하여 송신기간 거리를 정확히 산출하여야 한다.

3.3.7 공내물리검층

- (1) 공내물리검층은 시추조사로 발생된 시추공 내에 검출기(probe)를 삽입하여 암반의 파쇄정도, 연약대의 존재유무, 지층의 구분 등을 판정하기 위해 실시한다.
- (2) 전기검층은 케이싱의 삽입부분 및 전극간의 관계에서 측정할 수 없는 부분을 제외하고는 전 구간에 대해 실시하여야 한다.
- (3) 전기검층은 전기비저항과 자연전위에 대하여 실시한다. 전기비저항의 측정은 원칙적으로 2 전극 검층법에 의해 실시하여야 한다. 전극의 간격은 250 mm, 500 mm 및 1,000 mm 의 3종류 또는 그에 상응하는 정밀도를 갖는 간격으로 하여야 한다.
- (4) 전기검층은 연속적으로 행하고 연속기록을 취하지 않을 경우에도 측정간격을 500 mm 이하로 하여야 한다.
- (5) 음파검층은 케이싱의 삽입부분 및 지하수위의 관계에서 측정할 수 없는 부분을 제외하고는 전 구간에 대해 실시하여야 한다. 다만, 케이싱의 삽입부분에서도 뺄 수 있는 경우에는 측정을 실시하여야 한다.
- (6) 음파 수신기는 공내용 수신기 및 스타트 쇼트용 수신기를 사용하며 공내용 수신기는 상하 1성분, 수평 2성분의 측정이 가능한 것을 사용하여야 하며, 주변의 차량 등의 진동에 따른 직접적 잡음을 피해 실시하여야 한다. 시추공 직경의 변화가 클 경우 수급인은 발·수진기의 조합을 2조 이상으로 하여 속도값에 시추공 직경의 영향을 경감하는 공벽보상형(Bore Hole Compensated, BHC) 음파검층을 시행하여야 한다.
- (7) 붕괴 등에 의해 측정이 불가능하게 된 경우에는 공사감독자의 지시에 따라야 한다.

3.4 시추조사

3.4.1 일반

- (1) 공사구간내의 지반의 지층구성, 단층, 파쇄대 등의 불연속면의 위치와 폭, 지하수 유출량을 파악하고 시료를 채취하며, 조사목적과 현장조건을 고려하여 수직, 수평 및 경사시추를 할 수 있다.

- (2) 시추조사 결과 연약지반의 출현이 파악되면 정확한 지반상태를 파악하기 위해 콘관입시험 등을 추가 실시한다.

3.4.2 시추기의 종류

- (1) 시추기계는 회전-수세식 시추기를 사용하여야 한다.
- (2) 다만, 지반의 특성이나 시추목적에 따라 오거 보링기, 회전식 보링기, 세척식 보링기, 충격식 보링기 중 공사감독자의 승인을 받은 시추기를 사용할 수 있다.

3.4.3 시추공의 크기, 간격 및 심도

- (1) 지반조사를 위한 시추공의 크기는 NX($\phi 76$ mm)규격 이상이어야 한다.
- (2) 얇은 관(thin-walled tube)으로 시료를 채취할 때 시추공의 크기는 이용하고자 하는 관의 외경보다 10 mm 이상 커야 하며, 그러하지 않는 경우에는 공사감독자의 승인을 받아야 한다.
- (3) 시추공 내 횡방향 재하시험, 현장투수시험, 간극수압측정 등을 행할 경우의 시추공 크기는 NX($\phi 76$ mm)규격 이상이어야 한다.
- (4) 시추공의 간격 및 심도는 구조물 기초 설계기준 등에서 제안하는 기준에 의거하여 실시한다. 다만 석회암지대와 같은 특수한 경우에는 공사감독자와 협의하여 추가 실시할 수 있다.

3.4.4 시추관리

- (1) 수급인은 시추작업 개시 전에 전문기술자를 임명하여 공사감독자의 승인을 받아야 하고, 시추작업은 승인 받은 전문기술자의 입회하에 실시하여야 한다.
- (2) 시추에 앞서 공사감독자가 지시하는 기준점으로부터 수준측량을 실시하고 시추 및 그 성과에 사용하는 표고를 정하여 그 위치를 평면도상에 명기하여야 한다.
- (3) 시추 중에는 추진속도, 로드압력계, 펌프압력계, 용수량 및 배수량, 배수색깔, 슬라임의 상태, 이물질의 혼입 등에 주의하고 이들의 변화를 심도와 함께 기록하여야 한다. 얇은 층에 대해서도 소홀히 하지 않도록 주의하여야 한다.
- (4) 시추공벽이 유지되도록 하기 위해 풍화암까지 케이싱을 설치하여야 하며, 시추 중 공벽붕괴의 위험이 있을 때는 케이싱을 사용하거나, 점성과 비중이 큰 천공 이수를 사용하여 굴진하여야 한다.
- (5) 시추 도중 용수가 확인될 경우에는 정확하게 그 심도를 측정하고 기록하여야 한다. 또 조사 완료까지는 매일 작업 개시 전에 공내수위를 측정하고 기록하여야 한다. 상시수위는 시추공 내 수위부근의 우물수위 및 계절적인 수위의 변동 등을 종합적으로 판단하여 결정하여야 한다.
- (6) 암 또는 이에 준하는 코아채취를 시행하는 경우 시추는 NX($\phi 76$ mm)규격 이상으로 D-3 코아배럴을 사용하며, 공사감독자와 협의하여 풍화대나 파쇄대 등에서는 코아회수율을 높이고 원상태의 시료를 채취하기 위하여 삼중코아배럴 등을 사용할 수 있다. 다만 암질상태가 양호하고 장심도 조사에서는 이중코아배럴을 공사감독자 승인 하에 사용할 수 있다.
- (7) 시추조사로 부터 구한 상세한 정보는 시추주상도에 기록하며, 현장에서 시추공 굴착자 및 조사자는 시추주상도에 다음과 같은 정보를 추가 기록하여야 한다.

① 시추조사명 및 시추공번호

- ② 위치 및 조사기간, 굴착자, 조사자 이름
 - ③ 시추공 자료 및 지반고(표고)
 - ④ 시추공의 수량(심도) 및 종류
 - ⑤ 시추장비 및 구경
 - ⑥ 지하수위 평가 및 관찰날짜
 - ⑦ 지반성층
 - ⑧ 표준관입시험값(N) 및 표준관입시험 깊이, 해머종류와 형식
 - ⑨ 채취된 흙시료의 깊이, 형태 및 길이
 - ⑩ 시험지반 굴착부 각 단면에 대한 실태조사내용이 포함된 도면과 사진
 - ⑪ 암석코아 채취의 경우 코아회수율(TCR), RQD, 암석명, 색깔, 절리간격과 경사, 절리면의 거칠기 등을 기록하여야 한다.
- (8) 시추조사 완료 후에는 주변정리 및 다음의 방법에 의한 폐공을 실시하여야 하며, 장기간의 지하수위 관측이 필요할 경우 공사감독자와 협의 하에 시추공 보호캡 등을 설치하여야 한다.
- ① 굴착공 내부를 확인하여 설치자재 및 오염물질을 제거하고, 당초에 굴착공 바닥부터 지표까지 시멘트, 슬러리, 점토 등 물이 침투하기 어려운 재료로 되메움 할 것. (단, 지표하부 보호벽의 하부에는 모래 등 물이 침투하기 쉬운 재료를 주입하여 되메움 할 수 있다.)
 - ② 지표하부에 설치되어 있는 보호벽을 제거하여야 하며, 보호벽의 제거가 곤란한 경우에는 주변의 토양을 터파기한 후 지표로부터 깊이 1 m 이상 보호벽을 절단하여야 한다.
- (9) 지하매설물 등의 지장물 예상구간은 시추작업 전 관계기관과의 협의를 통해 매설심도 및 위치를 확인하고 승인을 받은 후 시행하여야 한다.

3.5 시험굴조사와 핸드오거보링

3.5.1 일반

- (1) 땅깍기구간에서는 시험굴조사를 200 m 간격으로 실시하여 흙쌓기재료의 적정성을 판단할 수 있도록 하며, 흙쌓기구간에서는 핸드오거보링을 200 m 간격으로 시행하여 연약지반의 분포유무를 판단할 수 있도록 한다. 현장여건을 고려하여 조사간격은 공사감독자와 협의하여 조정할 수 있다.
- (2) 모든 토질시료는 통일분류방식으로 분류하며, 시험굴 조사의 경우 다음의 시험을 시행하여 포장설계의 기초자료로 활용한다.
 - ① 토질분류시험
 - ② 다짐시험
 - ③ 흙의 노상토 지지력비CBR 시험(수정)
- (3) 핸드오거보링 조사결과, 흙쌓기기초로서 지지력이 부족하다고 판단되는 연약지반이 출현할 경우 별도의 조사를 실시하여 연약지반의 심도와 설계정수를 파악하여야 한다.

3.5.2 시험굴조사

- (1) 계획노선 중 땅깍기 예정지역을 대상으로 토공작업에 의해 발생될 토사층이 흙쌓기재료 또는

도로 노반재로서의 사용가능성 여부와 흙의 다짐특성, 토량변화율 등을 파악하기 위하여 인력이나 굴착기를 사용하여 지표면으로부터 1.2 ~ 1.5 m 내외의 심도까지 굴착하여 조사한다.

3.5.3 핸드오거보링

- (1) 흙쌓기 예정지역을 대상으로 지층 구성상태에 따른 연약지반 유무를 확인하기 위하여 실시한다.
- (2) 조사방법은 KS F 2319에 의하며 채취된 시료에 대한 토질분류시험을 실시한다.

3.6 원위치시험과 시험굴착

3.6.1 일반

- (1) 원위치시험이라 함은 시추조사와 병행하여 실시되는 각종 시험(표준관입시험, 공내수평재하 시험, 공내투수시험, 현장투수시험, 공내전단시험, 공내영상촬영, 수압파쇄시험, 현장배인전단시험 등)과 피에조콘관입시험(CPT_u) 등을 포함한다.
- (2) 원위치 시험의 항목과 위치는 조사목적과 부합되는 세부 자료를 취득할 목적으로 공사감독자와 협의하여 정한다.
- (3) 시추조사공 내에서 실시되는 원위치 시험의 경우 공벽의 교란정도가 시험에 미치는 영향이 매우 크므로 현장의 응력상태를 고려한 시험이 되도록 공벽의 교란을 최소화하기 위한 노력에 만전을 기하여야 하며 숙련된 시추작업자로 하여금 조사를 실시하게 하여야 한다.

3.6.2 표준관입시험

- (1) 표준관입시험은 KS F 2307에 따른다.
- (2) 시추공 내에서 표준관입시험을 실시할 경우에는 시험심도 측정에 특히 주의하여야 하며 지층 구조를 파악할 수 있어야 한다. 공사감독자는 시험심도가 지정되어 있는 새로운 위치에 지금까지 실시한 시험을 포함하여 재시험을 요구할 수 있다.
- (3) 표준관입시험의 간격은 별도규정이 없는 한 동일 토층의 경우 규정에 따라 연속적으로 실시하여야 하며, 다른 층이 나타나면 해당 층의 상부에서 표준관입시험을 실시하여 지반의 N 값 측정과 흐트러진 시료를 채취하여야 한다. 다만, 동일 토층의 두께가 500 mm 이하의 경우에는 공사감독자의 지시에 따른다. N값은 해머의 에너지 효율, 로드 길이 등에 대해 적절한 보정을 하여야 한다.
- (4) 시험결과에는 다음사항을 기록하여야 한다.
 - ① 시험을 할 때의 본 타격 개시깊이 및 종료깊이
 - ② 타격수와 누계관입량의 관계를 도식
 - ③ 예비관입부(초기상부 150 mm)는 교란영역으로 판단하여 타격횟수 N 값에서 제외하고, 본 관입 300 mm에 대한 타격횟수를 N 값으로 기록하여야 한다.
 - ④ 채취시료의 관찰결과를 기재한다.

3.6.3 스웨덴식 콘관입 시험

- (1) 스웨덴식 콘관입 시험기를 이용하여 지반의 관입저항을 측정하여 지반의 연경, 다져진 정도

및 토질층의 구성을 판정하는 시험에 적용한다.

- (2) 관입속도가 갑자기 증대하거나 감소하는 경우에는 관입상황을 관찰하고 기록하여야 한다.
- (3) 시험결과는 종축에 깊이 D , 횡축에 하중의 크기 W_{sw} 와 관입량 1 m 당 반회전수(180° 회전수) N_{sw} 를 취하여 도시하여야 한다.
- (4) 하중의 크기 및 반회전수의 측정치로부터 측정된 흙의 강도를 기록하여야 한다.

3.6.4 현장베인전단시험

- (1) 현장베인전단시험은 KS F 2342에 따른다.
- (2) 측정방법은 다음과 같다.
 - ① 베인 삽입 전에 시추공을 청소한다.
 - ② 베인 날개를 고정시켜 베인을 멈추지 않고 한 번에 삽입한다.
 - ③ 삽입완료 후 로드를 상부장치에 고정하고 검력계 등을 조사한다.
 - ④ 회전시킬 때는 최대 $6^\circ/\text{min}$ 이상 되지 않도록 하여야 한다.
 - ⑤ 최대회전력을 결정한 다음에는 교란된 상태에서 베인을 최소 10회 정도 빨리 회전시킨다.
다시 성형된 시료의 강도를 결정하려면 빨리 회전시킨 후 베인날개를 회전시켜 교란된 흙의 강도를 측정한다. 이때 시험은 성형작업을 마친 후 1분 이내에 끝내야 한다.

3.6.5 덩치 콘 관입시험(dutch cone penetrometer)

- (1) 덩치 콘 관입시험은 JIS A 1220에 따른다.
- (2) 콘 시험기는 이중관이어야 하고, 선단저항력과 로드 주변마찰력을 측정할 수 있는 것이어야 한다.
- (3) 시험에 사용되는 콘의 영점 조정한 결과를 시험 전에 공사감독자에게 제출하고 사용승인을 받아야 한다.

3.6.6 피에조콘 관입시험(piezo cone penetrometer)

- (1) 피에조콘 관입시험은 KS F 2592 또는 ASTM D 5778에 따른다.
- (2) KS F 2592 또는 ASTM D 5778에서 규정한 콘 이외의 경우에는 관입상황을 관찰하고 기록하여야 한다.
- (3) 시험에 사용되는 콘의 영점 조정한 결과를 시험 전에 공사감독자에게 제출하고 사용승인을 받아야 한다.
- (4) 시험위치, 심도, 간극수압측정(소산시험 포함)에 관한 사항은 공사감독자와 협의하여야 한다.
- (5) 지반의 간극수압을 측정할 때에는 시험 전에 완전히 포화시킨 피에조콘을 사용하여야 한다.
- (6) 여름철(7~8월)과 겨울철(12월~1월)에는 지중의 온도와 유사한 온도 조건에서 초기값을 설정하여 시험한다.

3.6.7 공내수평재하시험

- (1) 시험구간의 선정은 지층의 대표성과 신뢰성을 확보할 수 있는 구간을 정하여 실시한다.
- (2) 지층의 구성상태에 따라 LLT(Lateral Load Test, LLT), PMT(Pressure Meter Test, PMT),

goodman-Jack 등의 시험기기를 이용하며, 시험규격을 참고하여 현장 여건에 맞는 장비조합을 구성한다.

- (3) 시험과정에서 가압하는 하중단계의 크기는 지층의 연경상태에 따라 다르나, 연약한 점토의 경우 15 kPa, 굳은 점토의 경우 50 kPa, 약한 암반의 경우 100 kPa 이상으로 하는 것이 이상적이다. 토사지반의 경우 재하 할 때 한계압력은 시추조사결과를 토대로 개략적으로 판단한 다음에 실시하여야 한다.
- (4) 변형계수의 산정방법은 장비에 따라 다르므로 보고서상에 명기하여야 한다.

3.6.8 현장투수시험

- (1) 현장투수시험은 수압을 이용하여 절리를 포함한 암반의 투수성을 시험하는 방법으로 지반보강 설계 및 시공에 적용된다.
- (2) 현장투수시험에 따라 P(압력)-Q(주입량)의 곡선을 작성하고 투수계수와 lugeon 값을 구하여야 한다.
- (3) 각 압력단계별 주입량에 따라 flow pattern 을 파악하여 지반의 수리특성을 판단하여야 한다.
- (4) 각 압력단계에서는 동일압력을 5분 이상 유지하여야 한다.
- (5) 각 압력단계는 0.1, 0.3, 0.5, 0.7, 0.9 MPa으로 하며, 가압범위는 공사감독자와 협의하여 조정할 수 있다.
- (6) 시험구간은 각 시추조사와 병행하여 실시하는 하향식 single packer 방식과 시추조사 완료 후 실시하는 상향식 double packer 방식으로 나눌 수 있다.
- (7) 각 packer 방식은 서로 장단점이 있으므로 공사감독자와 협의하여 시험방식을 결정한다.

3.6.9 공내전단시험

- (1) 풍화대 구간의 원지반 강도정수를 파악하기 위해 실시한다.
- (2) 전단플레이트를 공벽에 부착시켜 수평압력을 가한 후 수직력을 가하여 전단력을 산정한다. 또한 공벽에 직접 전단시험을 실시함으로 시추조사 시 공벽의 교란이 최소화 되도록 만전을 기하여야 한다.
- (3) 전단플레이트를 공벽에 압착한 후 5분 정도 유지한다.
- (4) 접착압력을 5단계로 분할(0.5, 1, 2, 3 MPa)하여 각 단계별 압력에 대해 인발시험을 실시하며, 동일 심도에 대해 2회 실시하며, 이때 90° 회전시켜 시행한다.

3.6.10 공내영상촬영

- (1) 풍화암 이상의 암반의 불연속면의 방향성 및 파쇄대, 위험구간, 지질경계 등을 영상화하는 방법으로 크게 초음파에 의한 방법과 광학적 방법으로 나눌 수 있다.
- (2) 초음파에 의한 방법은 음파의 전달 매개체로서 공내 수위가 반드시 필요하다.
- (3) 광학적 방법은 초소형 카메라를 삽입하여 공벽을 360° 촬영하는 방법으로 굴진수 혼탁 및 투명관을 삽입할 때 이물질의 끌림 현상이 없도록 주의하여야 한다.
- (4) 불연속면의 방향성 측정을 위한 원점보정을 철저히 하고 실제 시추코아와 비교하여 그 신뢰성을 확보하여야 한다.

- ① 심도보정
- ② 방향보정
- ③ 경사보정

3.6.11 수압파쇄시험

- (1) 수압파쇄시험은 ASTM D 4645 수압파쇄시험 방법을 참고하여 실시한다.
- (2) 수압파쇄시험은 대상지반의 초기지압을 파악할 때 실시한다.
- (3) 측정원리는 시추공내의 일정구간을 팽창성 패커(packer)로 밀폐한 뒤 이 구간 내에 수압을 가하여 공벽을 인장 파괴시킨 후 가압과 중지의 사이클을 반복하여 발생된 균열의 열림과 닫힘에 따른 압력변화 양상을 측정하여 초기 지압성분을 산정한다.

3.6.12 시험굴착

- (1) 자연상태를 직접 확인 할 필요가 있거나 특정의 원위치 시험을 실시할 필요가 있을 때에는 시험굴착하여 조사할 수 있다.

① 시험굴착계획서

가. 시험굴착에 앞서 다음 사항에 대한 계획서를 작성하여 공사감독자에게 제출하여야 한다.

- (가) 시험굴착의 위치 및 시기
- (나) 시험굴착의 목적 (토질 및 암석시험의 종류 및 번호)
- (다) 시험굴착의 규모
- (라) 굴착에 따른 안정관리 대책

② 시험굴착

가. 시험굴착은 공사감독자의 입회 하에 실시하여야 한다.

나. 시험굴착 전경은 사진으로 촬영하여야 한다.

다. 시험굴착의 위치는 평탄하고 배수가 양호하며, 충분한 지지력을 갖는 장소이어야 한다.

라. 시험굴착 중 강우에 의한 붕괴위험이 있을 경우에는 방수시트나 비닐류에 의해 보호조치를 하여야 한다.

마. 시험굴착 후 굴착의 목적을 달성하면 당초 다짐도 이상으로 즉시 되메움을 실시하여야 한다. 다만, 후속 공사가 곧바로 시행될 예정으로 공사감독자의 승인이 있는 경우에는 예외로 한다.

③ 시험굴착 결과보고

가. 시험굴착 후 결과 보고서를 작성하여 공사감독자에게 제출하여야 한다. 보고서에는 다음 사항을 포함하여야 한다.

- (가) 시험굴착 지반에 대한 설계도서와의 상이 여부
- (나) 토질, 암질, 지하수위 등 지반특성
- (다) 시험굴착부의 각 단면에 대한 실태조사 내용이 포함된 도면과 사진
- (라) 시험굴착 후 시행한 토질 및 암석시험의 종류 및 결과
- (마) 기타 필요한 사항

3.7 시료채취

3.7.1 시료채취의 종류

- (1) 얇은 심도의 지반조사를 할 때 시료채취는 KS F 2319에 따른다.
- (2) 깊은 심도의 지반조사와 현장관입시험이 필요한 경우의 시료채취는 KS F 2307에 따른다.
- (3) 점성토 및 모래지반에 대한 호트러지지 않은 시료의 채취는 KS F 2317에 따른다. 다만, 이외의 시료채취방법을 적용할 경우에는 공사감독자의 승인을 받아야 한다.

3.7.2 호트러진 시료의 채취

- (1) 호트러진 시료를 채취할 때에는 시료가 변화되지 않도록 주의하여 투명 플라스틱병 또는 비닐봉지에 넣어 밀봉하여야 한다.
- (2) 시추공으로부터의 시료채취는 지반을 구성하는 지층이 변화할 때 마다 시행하고 동일층에 대해서도 연속성 있게 시행하여야 한다.
- (3) 시료채취는 조사명칭, 시료채취일, 시추개시일과 완료일, 조사지점, 시추공의 상태, 지하수의 침투위치, 채취할 때의 특이사항과 그 외 토질시험 및 암석시험에 참고할 사항을 기록하여야 한다.

3.7.3 호트러지지 않은 시료의 채취

- (1) 고정피스톤 얇은 관(thin-walled tube) 시료채취기의 사용에 있어서는 피스톤 로드(piston rod) 또는 체인은 완전하게 고정하여야 한다.
- (2) 시료채취에 앞서 시추공 저면은 깨끗이 청소하여야 한다.
- (3) 시료채취기의 압입은 정지하지 않도록 정속도를 유지하여야 하며 충격, 진동 등을 주어서는 안 되며, 이때 시료채취기의 관입깊이는 시료채취 유효길이의 90 % 이내로 하여야 한다.
- (4) 시료채취기 관입종료 후 바로 회전을 주지 않고 채취하여야 한다. 이 때 인발과정에서 석션(suction)에 의한 시료교란(응력해방)의 영향이 없도록 최소화 하여야 한다.
- (5) 고정피스톤식 얇은 관 시료채취기로 채취한 시료는 파라핀 또는 실리콘 파우더, 기타 밀봉재로 봉하고 캡을 덮어 씌워야 한다.
- (6) 시료통에는 조사명칭, 시추공번호, 시료번호, 관입깊이, 채취된 시료의 깊이 등을 기입한 표를 붙여야 한다.
- (7) 캡과 튜브와의 틈새를 테이프 등을 사용하여 밀봉시켜야 한다.
- (8) 시료는 극심한 온도변화를 받지 않도록 보호하여야 한다.
- (9) 시료의 운반, 보관에 있어서는 충격을 주어서는 안 된다.

3.8 토질시험

3.8.1 시료의 조제

- (1) 흙의 입도시험 및 물리시험용 시료 조제방법은 KS F 2301에 따른다.

- (2) 역학시험용 시료를 성형할 때에는 특히 교란, 함수비의 변화 등이 없도록 하여야 한다.
- (3) 시험용 시료는 1회 시험을 위한 최소 무게 이상이어야 한다.
- (4) 시험실에 반입된 시료가 교란이나 함수비의 변화 등 변형이 수반된 것으로 인정된 경우에는 시료를 다시 채취하여 시험을 하여야 한다.

3.8.2 흙의 입도시험

- (1) 흙의 입도시험은 KS F 2302에 따른다.
- (2) 항온수조의 항온장치는 진동을 유발시킬 수 있는 것을 사용하여서는 안 된다.

3.8.3 흙의 액성한계, · 소성한계 및 수축정수시험

- (1) 흙의 액성한계·소성한계 시험은 KS F 2303에 따른다.
- (2) 흙의 수축정수시험은 KS F 2305에 따른다.
- (3) 공사감독자의 승인이 있는 경우에는 자연함수비 또는 이에 가까운 건조 상태에서부터 시험을 할 수 있다. 이때에는 기록지에 시험할 때의 상황을 기재하여야 한다.

3.8.4 흙의 함수비 시험

- (1) 흙의 함수비 시험은 KS F 2306 또는 ASTM D 3017에 따른다.
- (2) 시료는 함수비 변화가 없는 부분에서 대표적인 시료를 취하여야 한다.
- (3) 시험실에 운반된 시료는 맨 먼저 자연함수비를 측정하여야 하며, 함수비 측정을 위한 저울은 동일한 것을 계속 사용하여야 한다.
- (4) 방사선을 활용한 급속함수비를 측정할 때 수급인은 시험 전에 장비의 안전성을 확인하여야 하며, 장비에 대한 검정은 공사감독자 입회하에 실시하여 확인을 받아야 한다.
- (5) 수급인은 시험장비의 이동 및 시험 시 방사능물질이 누출되는 것을 방지하여야 한다.

3.8.5 흙입자 밀도시험

- (1) 흙입자 밀도시험은 KS F 2308에 따른다.
- (2) 비중병의 무게는 항상 뚜껑(stopper)과 함께 측정하여야 하며, 2개 이상을 시험하여 평균치를 비중으로 하고, 2개의 비중 차가 0.03 이상이면 재시험을 하여야 한다.

3.8.6 흙의 다짐시험

- (1) 흙의 다짐시험은 KS F 2312에 따른다.
- (2) 점성토의 시험은 시험 전 시료의 건조정도에 대해 공사감독자의 승인을 받아야 한다. 이 경우 시험개시 전에 함수비를 측정하고 기록지에 기재하여야 한다.
- (3) 램머의 가이드는 항상 시료표면에 있어야 하고, 가이드와 램머사이에 마찰이 일어나지 않도록 하여야 한다.
- (4) 다짐 후의 1층의 두께가 규정과 현저히 다를 경우에는 재시험을 하여야 한다.
- (5) 함수비 곡선에는 최소 6개의 측정치가 있어야 한다.
- (6) 함수비를 증가시키기 곤란한 점토 또는 부서지기 쉬운 시료는 매회 새로운 시료를 사용(비반

복합)하여 그 사항을 기재하여야 한다.

- (7) 시료의 함수비를 저하시키면서 시험을 행할 경우에는 공사감독자의 승인을 받아야 한다.

3.8.7 흙의 노상토 지지력비(CBR)시험

- (1) 노상토 지지력비 시험방법은 KS F 2320에 따른다.
- (2) 실내 CBR용 시료의 제작과정은 KS F 2312에 따른다.
- (3) 시험재하장치는 스크류잭을 사용하여야 한다.

3.8.8 흙의 일축압축시험

- (1) 흙의 일축압축 강도시험은 KS F 2314에 따른다.
- (2) 시험기는 변형제어형(strain-controlled type)기기를 사용하여야 한다.
- (3) 압축력이 최대가 되고 나서 계속해서 변형이 2 % 이상 생기거나, 압축력이 최대값의 2/3 정도로 감소하거나 또는 압축 변형이 15 %에 도달하면 압축을 종료한다.
- (4) 재성형한 시료는 비닐로 포장하여 함수비 변화가 없도록 하고, 시험대 위에 놓고 조금씩 회전시키면서 손으로 책상 위에서 되반죽 한다. 이 때 되반죽의 조작은 300회 이상 시행하여야 한다.

3.8.9 흙의 삼축압축시험

- (1) 점성토의 비압밀 비배수 시험(UU-test)은 KS F 2346에 따른다.
- (2) 흙의 압밀 비배수 시험(CU-test)은 ASTM D 4767에 따른다.
- (3) 시험 시 파괴가 뚜렷하지 않더라도 축방향 변형률이 15 % 이상 될 때까지 계속 재하하여야 한다.

3.8.10 흙의 압밀시험

- (1) 흙의 압밀시험은 KS F 2316에 따른다.
- (2) 흙의 압밀시험은 흙의 측면을 구속하고 축방향으로 배수를 허용하면서 재하할 때의 변형량과 시간을 구하는 압밀시험방법에 적용한다.

3.8.11 흙의 투수시험

- (1) 흙의 투수시험은 KS F 2322에 따른다.
- (2) 정수위 투수시험의 경우 흐트러지지 않은 시료의 시험에서는 샘플 튜브를 그대로 이용할 수 있으며, 투수원통에 옮겨 시험할 경우, 틈새는 메움용 벤토나이트를 이용하여야 한다.
- (3) 흐트러지지 않은 시료에 대해서 시험할 경우에는 자연상태에서의 투수방향과 시험시의 투수방향과의 관계에 대해서 기록하여야 한다.

3.8.12 흙의 직접전단시험

- (1) 압밀 배수조건 아래서 흙의 직접전단시험은 KS F 2343에 따른다.
- (2) 자연시료는 교란되지 않도록 특별한 주의를 하여야 한다.
- (3) 전단상자의 마찰은 최소화하여야 한다.

3.8.13 흙의 평판재하시험

- (1) 도로의 평판재하시험은 KS F 2310에 따른다.
- (2) 확대기초에서 정적하중에 대한 흙의 지지력 시험은 KS F 2444에 따른다.
- (3) 흙의 평판재하시험은 도로의 노상, 노반에서 정적하중에 대한 흙의 지지력계수를 구하고자 할 경우에 이용한다.

3.8.14 흙의 현장 단위중량시험

- (1) 현장에서의 모래치환법에 의한 흙의 밀도 시험은 KS F 2311에 따른다.
- (2) 현장 밀도 시험 대상 지반의 최대입자 크기가 KS F 2311에서 정한 허용범위 이상일 경우에는 쉼트(sheet)법 또는 공사감독자의 승인을 받아 기타 방법으로 시행할 수 있다.
- (3) 원재료인 흙이 현저한 변화를 보이거나 기준이 되는 단위중량에 변화가 있다고 판단되는 경우에는 실내다짐시험을 다시 실시하여 기준이 되는 건조단위중량을 다시 구하여야 한다.

3.9 암석시험

3.9.1 시편의 성형, 제작 및 시험일반

- (1) 암석시편의 성형, 제작, 시험방법은 한국산업표준(KS), 국제암반역학회의 표준시험규정(ISRM)과 미국표준 시험법(ASTM)등에서 권장하는 방법을 적용하여야 한다.
- (2) 시추공마다 2 ~ 3개 이상의 암석시료 각각에 대하여 암석시편을 3개 이상 제작하여 시험을 실시하여야 한다.
- (3) 암석시료는 풍화, 균열상태, 방향성, 함수상태 등을 고려하여 그 지반의 대표적인 부분에서 채취하여 시험을 실시하며, 특이한 부분에서 채취하여 시험을 실시할 때에는 이를 명확히 기술하여야 한다.
- (4) 수급인은 다음과 같은 암석의 압축강도에 영향을 미치는 요인에 대하여 시험 시 주의하여야 한다.
 - ① 시편의 모양 및 크기
 - ② 시편의 상하 가압면의 마무리
 - ③ 압축시험기의 가압판과 시험편의 가압면 사이의 접촉상태
 - ④ 건조정도, 하중속도, 변형율속도 등 하중의 재하방법

3.9.2 암석의 일축압축시험

- (1) 암석의 일축압축시험은 KS F 2519 또는 ASTM D 2938, ASTM D 3148에 따른다.
- (2) 시편은 원주형으로 하며 직경에 대한 높이의 비가 2.0 이상이어야 한다.
- (3) 편직경은 NX($\phi 76$ mm)규격 이상이어야 한다.

3.9.3 암석의 인장강도시험

- (1) 암석의 인장강도시험은 ASTM D 2936, ASTM D3967에 따른다.

- (2) 시편은 원주형으로 하고 직경에 대한 높이의 비는 0.5 ~ 1.0 이어야 하며 직경은 NX($\phi 76$ mm)규격 이상이어야 한다.
- (3) 국제 암반역학회에서 제안된 시험방법에 따라 시행할 수 있다. 또한 직접 또는 간접 인장시험에 의한 방법으로 시험할 수 있다.

3.9.4 암석의 삼축압축시험

- (1) 암석의 삼축압축시험은 ASTM D 2664에 따른다.
- (2) 시편은 원주형으로 직경에 대한 높이의 비는 2.0 이상이어야 한다.
- (3) 직경은 NX($\phi 76$ mm)규격 이상이어야 하며, 암석 최대입자크기의 10배 이상이어야 한다.

3.9.5 암석의 탄성과속도 측정시험

- (1) 암석의 탄성과속도 측정시험은 ASTM D 2845에 따른다.
- (2) 시편은 NX($\phi 76$ mm)규격 이상이어야 하며, 길이는 50 mm 이상이어야 한다.
- (3) 시편은 양쪽면이 서로 평행하며, 측정하는 축과 직각이어야 한다.

3.9.6 암석의 절리면 전단시험

- (1) 절리면 전단시험으로 절리면의 마찰각과 점착력을 산정한다.
- (2) 절리면 시료는 현장에서 절리면이 포함된 ब्ल록을 채취하거나 시추코어를 채취하여 시험기의 전단박스(shear box)에 맞게 몰딩하여 제작한다.
- (3) 시험은 통상적으로 수직응력 수준을 몇 단계로 설정하여 각 수직응력 단계에 대하여 전단시험을 실시한다.
- (4) 시험결과를 coulomb의 직선파괴식을 사용하여 회귀분석하여 절리면의 마찰각과 점착력을 산정한다.

3.9.7 암석의 내구성시험

- (1) 암석의 내구성시험은 ASTM D 4644에 따른다.
- (2) 암석시료에 건습의 반복을 2회 주었을 때의 취약화, 열화에 대한 저항성을 조사하는 시험방법이다.
- (3) 시험시료를 시험장치(드럼)에 넣고 105 °C의 온도로 2 ~ 6시간 노건조시킨다. 그 다음 시험장치를 수조에 세트하고 회전축 아래 20 mm 까지 물에 잠기게 한 다음, 시험장치(드럼)를 200 rpm 으로 10분간 회전시킨다. 그 후 드럼을 수조에서 꺼내고 105 °C의 온도로 노건조시킨다. 냉각 후 중량을 측정한다. 이 조작을 적어도 2번 실시한다.
- (4) 최종 건조중량을 초기 중량으로 나누어 내구성 지수(Id^2)를 구한다.

3.9.8 암석의 흡수팽창시험

- (1) ISRM의 지침에 제시되어 있는 방법을 근거로 실시한다.
- (2) 원주상 또는 각주상의 공시체를 시험장치에 거치하고 공시체 각 축에 일치하도록 측정점을 정하고 지압판 및 변위계를 설치한다.

- (3) 공시체 윗부분이 수침될 때까지 시험장치내 공시체 셀(cell)에 물을 채우고 변위량이 일정하게 될 때까지 시간경과에 따른 변위를 측정한다.

3.9.9 암석의 밀도 및 흡수율 시험

- (1) 암석의 밀도 및 흡수율 시험은 KS F 2503에 따른다.
- (2) 저울은 시료무게의 0.1 % 이내를 읽을 수 있는 것이어야 하며, 저울에는 중심으로부터 지름 3 mm 이하의 금속선으로 철망태를 매달고, 이것을 수중에 담글 수 있는 적절한 장치가 되어 있어야 한다.
- (3) 시료는 대표적인 것을 채취하여, 호칭치수 5 mm체에 남는 골재를 사분법 또는 시료분취기에 의해 거의 일정분량이 될 때까지 축분한다.
- (4) 시험에 사용되는 시료는 물로 충분히 세척하여, 입자표면의 불순물 및 그 밖의 이물질을 제거한다.
- (5) 2회 이상 시험의 평균값을 암석의 밀도 및 흡수율 값으로 하며, 시험값과 평균값과의 차이가 밀도의 경우 0.01 g/cm^3 이하, 흡수율의 경우는 0.03 % 이하이어야 한다.

3.9.10 암석의 안정성 시험

- (1) 암석의 안정성 시험은 KS F 2507에 따른다.
- (2) 저울의 계량 능력은 5 kg 이상이며, 감량이 1 g 또는 이것보다 좋은 것으로 한다.
- (3) 시험용 용액은 황산나트륨 포화용액으로 한다.
- (4) 시약용 용액의 골재에 대한 잔류 유무를 조사하기 위한 염화바륨 용액의 농도는 5 ~ 10 %로 한다.

3.9.11 로스앤젤레스 시험기에 의한 암석의 마모시험

- (1) 암석의 마모시험은 KS F 2508에 따른다.
- (2) 로스앤젤레스 시험기는 안지름(710 ± 5) mm, 안쪽길이(510 ± 5) mm의 양끝이 닫힌 강제 원통에 부착한 수평회전축을 베어링에 부착한 것을 사용한다.
- (3) 구는 강제로 하고, 구의 평균지름은 46.8 mm, 1개의 질량은 390 ~ 445 g 의 것을 사용한다.
- (4) 저울의 계량 능력은 10 kg 이상, 눈금량 1 g 또는 이것보다 좋은 것으로 한다.

3.9.12 기타 암석시험

- (1) 기타 특수한 목적으로 수행하여야 할 필요성이 있는 암석시험의 경우에는 한국산업표준(KS), 국제암반역학회의 표준시험규정(ISRM)과 미국표준 시험법(ASTM)에서 권장하는 방법을 기준으로 시행하여야 한다.

집필위원	분야	성명	소속
		정종홍 박아론	한국도로공사

자문위원	분야	성명	소속
	토공	최동식	(주)삼안

건설기준위원회	분야	성명	소속
	도로	최장원	(사)한국도로기술사회
	도로	최동식	(주)삼안
	도로	이태옥	(주)평화엔지니어링
	도로	윤경구	강원대학교
	도로	서영찬	한양대학교
	도로	김기현	(주)삼우아이엠씨
	도로	이석근	경희대학교
	도로	김영민	동일기술공사
	도로	노성열	동부엔지니어링
	도로	박규호	동일기술공사
	도로	조윤희	중앙대학교
	도로	손우화	강산기술단

중앙건설기술심의위원회	성명	소속
	문성호	서울과학기술대학교
	황주환	(주)동일기술공사
	이태옥	(주)평화엔지니어링
	신수봉	인하대학교
	김광수	(주)신성엔지니어링
	배규진	한국건설기술연구원
	추진호	한국시설안전공단

국토교통부	성명	소속	직책
	이용욱	국토교통부 도로정책과	과장
	이윤우	국토교통부 도로정책과	사무관

고속도로공사 전문시방서
EXCS 10 20 20 : 2018

지반조사

2018년 6월 발행

소관부서 국토교통부

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

작성기관 한국도로공사 도로교통연구원
(18489) 경기도 화성시 동부대로 922번길 208-96
☎ 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>