

발 간 등 록 번 호

AN01145-000145-12

도 로 설 계 요 령

제2권 토공 및 배수

2020

 한국도로공사

제2권

...

토공 및 배수

제5편 토공
제6편 배수시설
제7편 암거

제5편 토 공





3. 흙 및 암의 분류

3.1 분류 목적과 적용

흙 및 암의 분류는 대상으로 하는 흙 및 암을 현지에서의 관찰이나 조사 또는 시험 등의 결과로부터 공학적인 성질을 포함하여 일반적으로 비슷한 특성을 나타내는 것을 분류하여 설계에 필요한 예비지식을 얻거나, 공사의 보고 및 기록 등에 객관성을 부여하기 위한 것이다.

3.1.1 분류 목적

흙 및 암의 분류 목적은 다음과 같다.

- (1) 대상으로 하는 흙 및 암에 대한 정보를 객관적 근거에 의하여 이해될 수 있고, 정보의 전달 및 교환을 한층 확실히 할 수 있다.
- (2) 조사, 설계에 있어서 대상으로 하는 흙 및 암의 공학적 성질이나 일반적 특성을 개략적으로 알 수 있다.
- (3) 미리 준비한 분류표에 의하여 조사 및 설계 시에 필요한 수치를 개략적으로 구할 수 있다.
- (4) 조사 보고, 시공 관리 및 공사의 보고, 기록 등에 객관성을 부여할 수 있다.

3.1.2 분류의 적용

흙 및 암의 분류는 다음과 같은 경우에 이용된다.

- (1) 지질 및 토질조사 결과의 표시(시추주상도, 토성도 등의 작성)
- (2) 재료의 적부 판단(노상 및 뒤펀재의 선정, 안정 처리의 여부, 사토의 판정)
- (3) 흙쌓기나 구조물의 기초지반으로서의 적부 판정
- (4) 시공 방법과 건설기계의 선정(굴착방식의 선정 및 계획)
- (5) 땅깍기와 흙쌓기의 토량변화율 산정(토량환산계수 산정)
- (6) 건설기계의 작업 능력 산정(굴착, 운반, 다짐 등의 난이)
- (7) 땅깍기 및 흙쌓기 비탈면 경사의 계획
- (8) 비탈면 보호공, 옹벽, 기초공, 터널 등의 계획(공법의 선정, 토압 등의 계산)

3.2 흙의 분류

토공의 설계 및 시공에 사용하는 흙의 분류는 원칙적으로 흙의 공학적 분류방법(KS F 2324)인 통일 분류법에 따르며, 보조적으로 AASHTO 분류법을 사용할 수 있다.

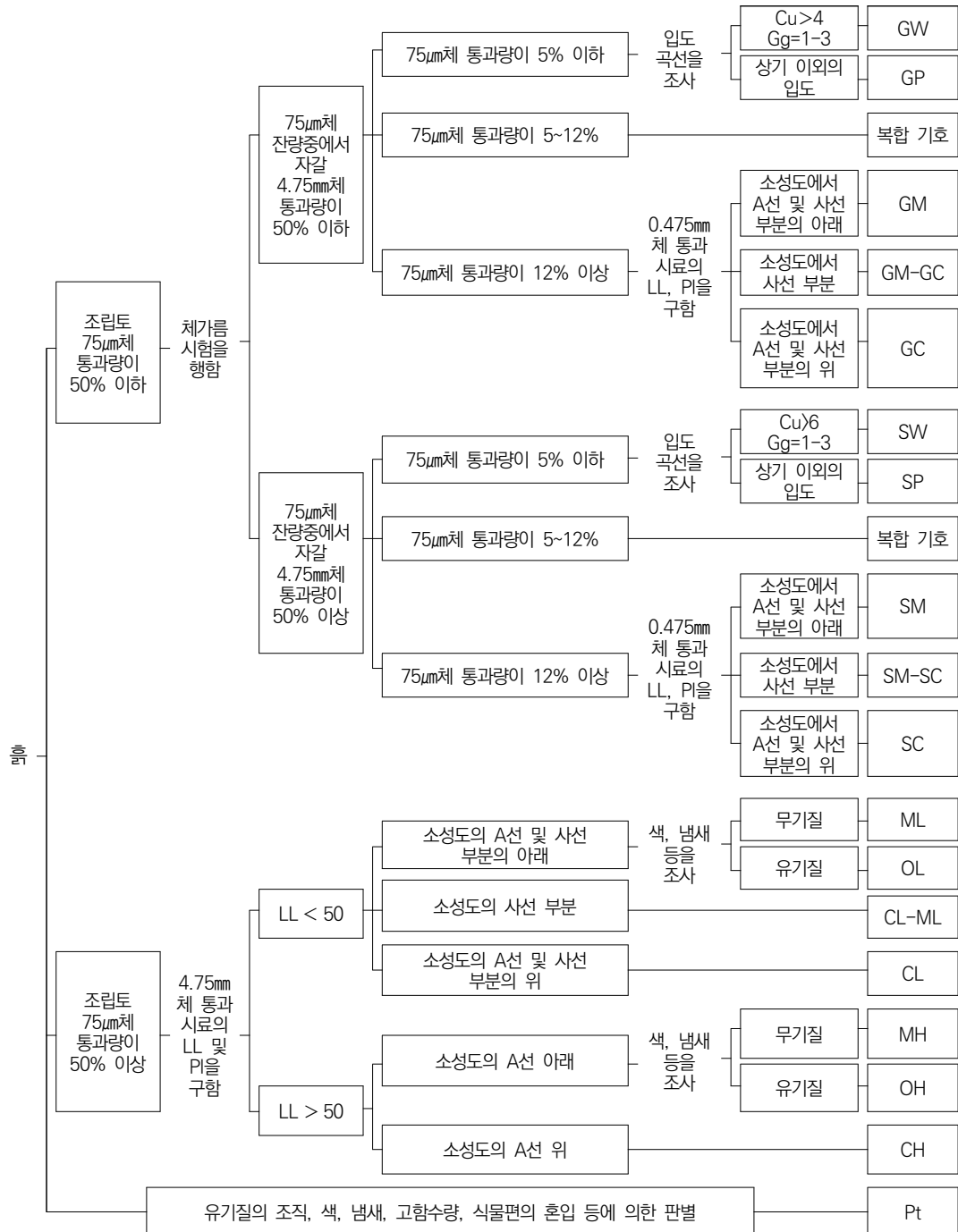
흙의 공학적 분류방법(KS F 2324)은 통일분류법으로서 세계적으로 널리 이용되고 있는 분류법이며, 이 분류법은 토질조사 결과의 보고, 흙쌓기 재료의 평가, 개략적인 흙의 공학적 성질 파악, 공사의 보고 등에 주로 사용되고 있는 방법이다.

이 분류방법은 흙의 입도 시험방법(KS F 2302), 흙의 액성·소성한계 시험방법 (KS F 2303)에 따른 시험결과를 근거로 분류하는 것으로서, 흙의 종류를 2개의 영문 대문자 조합 표 3.1로 나타낸다.

〈표 3.1〉 통일분류법에 사용되는 기호의 의미

제 1 문자	흙의 종류	제 2 문자	흙의 상태
G	자갈(gravel)	조립토	
S	모래(sand)	W	입도 양호(well graded)
M	실트(스웨덴어의 Mo)	P	입도 불량(poorly graded)
C	점토(clay)	C	비소성 또는 저소성 세립분
O	유기질의 점토 및 실트(organic)	M	소성의 세립분
P _t	압축성이 큰 유기질(peat)	세립토	
		L	압축성이 작음(LL < 50)
		H	압축성이 큼(LL > 50)

〈표 3.2〉 흙의 공학적 분류 방법



3.3 암의 분류

암은 복합적인 재료로 그 특성이 아주 넓은 범위에서 가변적이고 대부분의 현장에서 수많은 형태의 암석이 존재하며, 일반적으로 역학적 특성과 탄성파속도 및 현장의 암반 상태 등을 종합적으로 고려하여 극경암 · 경암 · 보통암 · 연암 · 풍화암으로 구분된다.

국내에서의 암반 분류는 토공을 목적으로 한 분류법으로서, 건설공사 시 암반의 거동에 영향을 주는 인자 판별, 암반 분류의 특성을 이해하는 기초자료 제공 및 정량적인 자료와 공학적인 설계의 지침을 유도하기 위하여 주로 사용되며, 일반적으로 암반의 분류는 지질학적 분류, 불연속면에 의한 분류, 풍화도에 의한 분류 및 RQD와 속도지수에 의한 분류법이 사용된다. 또한 암석의 분류는 일축압축강도와 탄성파속도에 의한 분류 및 암석강도와 탄성계수에 의한 분류가 사용된다.

3.3.1 암석의 분류

3.3.1.1 탄성파속도와 일축압축강도에 의한 분류

자연상태 및 현장에서 채취된 시료를 이용하여 표 3.3, 표 3.4와 같이 구분한다.

표 3.5는 균열이 없는 신선암(intact rock)에 대한 범위를 나타낸다.

〈표 3.3〉 탄성파 속도에 따른 암석의 분류

암석의 구분	그룹	자연상태의 탄성파속도 V(km/sec)	암편의 탄성파속도 Vc(km/sec)	암편 내압강도 (MPa)	비 고
풍 화 암	A B	0.7 ~ 1.2 1.0 ~ 1.8	2.0 ~ 2.7 2.5 ~ 3.0	29.4 ~ 68.6 9.8 ~ 19.6	내압강도 • 시편 : 50 mm 입방체
연 암	A B	1.2 ~ 1.9 1.8 ~ 2.8	2.7 ~ 3.7 3.0 ~ 4.3	68.6 ~ 98.0 19.6 ~ 49.0	• 노건조 : 24시간 • 수중침윤 : 2일 • 내압시험
보 통 암	A B	1.9 ~ 2.9 2.8 ~ 4.1	3.7 ~ 4.7 4.3 ~ 5.7	98.0 ~ 127.4 49.0 ~ 78.4	• 시험방향(가압방향) z축 (결면에 수직) (탄성파속도가 가장 느린 방향)
정 암	A B	2.9 ~ 4.2 4.1 이상	4.7 ~ 5.8 5.7 이상	127.4 ~ 156.8 78.4 이상	암편 탄성파 속도 • 시편 : 두께 150 ~ 200 mm 상 · 하면이 평행면
극 경 암	A	4.2 이상	5.8 이상	156.8 이상	• 측정방향 x축(탄성파 속도가 가장 빠른 방향) (결면에 평행)

〈표 3.4〉 A, B 그룹에 속하는 대표적인 암석

구 분	A	B
대표적인 암 석 명	편마암, 사질편암, 녹색편암, 각암, 석회암, 사암, 휘록응회암, 역암, 화강암, 섬록암, 감람암, 사문암, 유문암, 셰일, 안산암, 현무암	흑색편암, 녹색편암, 휘록응회암, 셰일, 이암, 응회암, 집괴암
함유물 등에 의한 시각 판정	사질분·석영분을 다량 함유하고, 암질이 단단한 것, 결정도가 높은 것	사질분, 석영분이 거의 없고 응회분이 거의 없는 암석 천매상의 암석
500 ~ 1000 gr 해머의 타격에 의한 판정	타격점의 암은 작은 평평한 암편으로 되어 비산되나, 거의 암분을 남기지 않는 것	타격점의 암 자신이 부서지지 않고 분상이 되어 남고, 암편이 별로 비산되지 않는 암석

〈표 3.5〉 강도에 의한 분류(ISRM, 1978)암석

구 분	상 태	일축압축강도 (MPa)
극히 강함(extremely strong)	여러 번의 해머 타격으로도 잘 깨어지지 않음.	245 이상
매우 강함(very strong)	여러 번의 해머 타격으로 깨어짐	98.0 ~ 245.0
강 함(strong)	1회 이상의 타격으로 깨어짐	49.0 ~ 98.0
보통 강함(moderately strong)	해머의 1회 타격으로 깨어지는 정도	24.5 ~ 49.0
약 함(weak)	휴대용 칼로 긁어지지 않음	
	해머의 끝으로 타격하여 자국이 남는 정도	4.9 ~ 24.5
매우 약함(very weak)	휴대용 칼로 약간 긁어짐	
	해머의 끝으로 타격하여 부서지는 정도	0.98 ~ 4.9
극히 약함(extremely weak)	휴대용 칼로 쉽게 긁어짐	
	엄지손톱으로 자국이 나는 정도	0.245 ~ 0.98

3.3.1.2 암석강도와 탄성계수에 의한 분류(Deer & Miller, 1996)

일축압축강도는 암석의 공학적 특성에 있어서 탄성계수와도 높은 상관관계를 가지고 있으며, 두 요소에 의한 암석분류는 표 3.6과 같다

〈표 3.6〉 암석강도와 탄성계수에 의한 암석분류
〈일축압축강도〉

구 분	분 류	일축압축강도 (MPa)
A	극경암(very high strength)	220.5 이상
B	경 암(high strength)	110.25 ~ 220.5
C	보통암(medium strength)	54.8 ~ 110.25
D	연 암(low strength)	27.4 ~ 54.8
E	극연암(very low strength)	27.4 이하

〈탄성계수비〉

구 분	분 류	탄성계수비 (E_{50}/q_u)
H	고 탄성비(high modulus ratio)	500 이상
M	중 탄성비(medium modulus ratio)	200 ~ 500
L	저 탄성비(low modulus ratio)	200 미만

3.3.2 암반의 분류

3.3.2.1 지질학적 분류

지질학적 암명으로 분류하며, 개략적인 분류는 표 3.7과 같다.

〈표 3.7〉 지질학적인 암명 분류(화성암)

색		←----- 밝은색 ----- 검은색 -----→					
		산성암	중성암			염기성암	초염기성암
SiO ₂		> 65	65 ~ 60	60 ±	55 ±	52 ~ 45	40 ±
광물성분		석영 정장석 흑운모 백운모 각섬석	정장석 사장석 석영, 흑운모 각섬석 백운모	정장석 흑운모 백운모 각섬석	사장석 각섬석 흑운모	사장석 휘석 감람석	감람석 휘석 자철석 크롬철석
심성암		화강암	화강섬록암	섬장암	섬록암	반려암	감람암 듀나이트
반심성암		화강반암 석영반암	화강섬록 반암	섬장반암 반암	섬록반암 반암	반려반암 조립현무암	
화산암		유문암 석영조면암	석영안산암	조면암	안산암	현무암	
비현정질암맥		←----- 규장암 -----→ ←----- 현무암					
유 리 질	유리질	←----- 흑요암 -----→				분석 다공상 행인상 현무암	
	다공상구조	←----- 부 석 -----→					
	행인상구조	←----- 행인상부석 -----→					

〈표 3.8〉 지질학적인 암명 분류(변성암)

조 직	구 조	
	변 성 구 조	괴 상 구 조
조립의 결정질	편 마 암	변 성 규 암
중립의 결정질	편 암 (견운모, 운모, 활석, 녹니석)	대리석, 규 암, 사문암, 활 석
세립 또는 미결정질	천 매 암, 슬 레 이 트	혼 펠 스, 무 연 탄

〈표 3.9〉 지질학적인 암명 분류(퇴적암)

조 직	성 인	구 성 물 질		퇴 적 암
		쇄설물의 명칭	입자의 직경(mm)	
쇄설성퇴적암	육성쇄설물 (주로 유수에 의하여 운반, 퇴적)	호박돌(대력)	256 이상	역 암(boulder)
		왕자갈	256 ~ 64	역 암(cobble)
		자 갈	64 ~ 4	역 암(pebble)
		잔자갈	4 ~ 2	역 암(granule gravel)
		모 래	2 ~ 1/16	사 암(sand)
		실 트(silt, 뽕)	1/16 ~ 1/256	실트암(siltstone, 이암)
		점 토	1/256 미만	셰일(shale, 점토암)
	화산쇄설암 (화산분출물이 운반, 퇴적)	화산암괴 화산력 화산재 화산진	32 이상 32 ~ 4 4 ~ 1/4 1/4 미만	각력암(breccia)
비쇄설성퇴적암	유기적 퇴적암 (생물유해의 집합)	석회질 생물체, 규질생물체 식물체(탄 질), 동물체(아스팔트질)		
	화학적 퇴적암 (화학적 침전물의 집합)	탄산칼슘(CaCO_3 , 방해석) 돌로마이트($\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$) 염화나트륨(NaCl) 황산칼슘($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) 질산나트륨(NaNO_3)		

3.3.2.2 불연속면에 의한 분류

조사 목적에 따라 절리의 형태(계단 모양, 부드러운 모양, 평평한 모양 등), 경사도, 표면 형태(거칠다, 부드럽다, 매끄럽다), 균열이 벌어진 틈의 크기와 균열의 충전물(없다, 모래, 점토, 암편 등)을 기술하며, 분류법은 표 3.10과 같다.

〈표 3.10〉 불연속면의 간격(ISRM, 1978)

간 격	불연속면에 대한 기술
6.0 m 이상	극히 넓은(extremely wide)
2.0 ~ 6.0 m	매우 넓은(very wide)
0.6 ~ 2.0 m	넓 은(wide)
0.2 ~ 0.6 m	보 통(moderate)
60 ~ 200 mm	좁 은(close)
20 ~ 60 mm	매우 좁은(very close)
20 mm 미만	극히 좁은(extremely close)

3.3.2.3 풍화도에 의한 분류

지질용 해머·손이나 칼 및 육안관찰 등을 통하여 풍화상태에 따라 암반을 신선·다소 풍화 등과 같이 기술하며, 분류법은 표 3.11과 같다.

〈표 3.11〉 풍화도에 의한 암반분류(ISRM, 1978)

분 류	기 호	상 태
신선(fresh)	F	풍화된 흔적이 없으며, 지질조사용 해머로 타격 시 금속음을 내며 울린다.
다소 풍화 (slightly weathered)	SW	갈라진 틈의 내부에 다소 풍화 변색된 상태를 제외하곤 신선(F)과 비슷하다.
보통 풍화 (moderately weathered)	MW	전체적으로 풍화 변색되고, 장석과 같이 풍화에 약한 광물은 풍화되어 있다. 신선한 암보다 약하지만 손으로 부러뜨리거나 칼로 긁을 수 있다. 암 조직은 남아있다.
심한 풍화 (highly weathered)	HW	대부분 광물이 풍화되어 있으며, 암 시료는 손으로 힘들여 부러뜨릴 수 있으며 칼로 긁어 낼 수 있다. 암반에 핵석(core stone)이 있을 수 있다. 조직은 뚜렷하지 않지만 구조는 남아있다.
완전 풍화 (completed weathered)	CW	광물은 풍화되어 흙으로 변했지만 암의 조직과 구조는 남아있다. 시료는 쉽게 부서지거나 관입된다.
잔 류 토 (residual soil)	RS	풍화가 매우 심하여 소성을 띠는 흙으로 변한 상태로 암의 조직과 구조는 완전히 파괴되어 있다. 체적변화 크다.

3.3.2.4 RQD 와 속도지수(velocity index)에 의한 분류

전체 코아 길이에 대한 100 mm 이상 코아 길이의 합을 전체 시추 길이로 나누어 계산된 RQD 값과 시험실의 압축파속도(V_1)에 대한 현장압축파속도(V_f)비의 제곱 $[(V_f/V_1)^2]$ 으로 정의되는 속도지수 관계에 따라 암질을 매우 우수·양호 등으로 기술하며, 분류법은 표 3.12와 같다.

〈표 3.12〉 RQD, 속도지수와 암질 분류(Coon & Merritt, 1970)

RQD(%)	속도지수	암질
90 ~ 100	0.8 ~ 1.0	매우 우수
75 ~ 90	0.6 ~ 0.8	양호
50 ~ 75	0.4 ~ 0.6	보통
25 ~ 50	0.2 ~ 0.4	불량
0 ~ 25	0 ~ 0.2	매우 불량

3.4 토사, 리핑암, 발파암의 분류

토사, 리핑암 및 발파암은 절취 방법의 선택 및 절취 시공 단가를 산정하기 위하여 시공의 난이도에 따라서 구분한다. 이들의 구분은 공사비나 공기에 중대한 영향을 주기 때문에 설계 시 시추 조사결과를 충분히 검토하고, 현지조사나 주변의 공사기록·탄성파 속도 등을 참고하여 신중하게 결정해야 한다.

(1) 토공의 적산 및 시공계획에서는 시공의 난이도에 따라 토사, 리핑암, 발파암으로 분류한다.

토사, 리핑암, 발파암의 최종적인 구분은 시공 시 사용할 불도저의 가동 능력을 기준하여 판정한다. 즉, 토사와 리핑암의 판정은 배토판을 사용한 불도저의 착암 능력에 따라 구분하고, 리핑암과 발파암에 대해서는 불도저에 정착된 리퍼(ripper)의 능력에 따라서 구분한다. 토사는 불도저가 유효하게 사용될 수 있는 정도의 흙, 모래, 자갈 및 호박돌이 섞인 토질이고, 리핑암은 불도저에 정착된 유압식 리퍼가 유효하게 사용될 수 있을 정도로 풍화가 진행된 지층이며, 발파암은 발파를 하는 것이 가장 효과적인 지층으로 정의된다.

그러나 설계단계에서의 토사, 리핑암, 발파암의 구분은 보링 조사자료 등으로 추정하기 때문에 시공단계에서는 이들의 구분이 변경되기 쉬워 설계 시에 신중한 검토가 필요하다.

(2) 설계에서 토사, 리핑암, 발파암의 구분은 아래의 항목을 종합적으로 검토한 후 결정할 필요가 있다.

① 현지답사

현지답사에서는 굴착 예정 지점의 노두를 조사하고, 지질·암질·균열의 크기 및 간극·풍화의 정도 및 굴착작업의 난이 등을 판정한다. 풍화가 진행되는 경향은 주변 도로 등의 땅깍기 비탈면의 상태 및 비탈 끝에 모아진 암석의 풍화 상황에 유념하여 조사하는 것이 좋다.

② 시추조사

시추조사 결과는 토사, 리핑암, 발파암 구분의 지표가 된다. 그러나 조사 수량 및 결과의 검토 부족, 토질의 복잡성 등으로 인하여 시공 시 토사, 리핑암, 발파암 구분에 대한 변경이 생기기 쉽기 때문에 아래 사항에 충분히 유의할 필요가 있다.

• 위치 및 빈도

시추조사의 위치 및 빈도는 신중히 결정해야 하며, 최소한 동일 땅깍기 구간에서 1 ~ 2개소는 실시할 필요가 있다. 땅깍기가 긴 구간이 연결되는 경우나 지형, 지질이 난이한 곳에서는 조사 위치를 충분히 검토하여 유효한 위치를 선정한다. 또한, 상황에 따라서 보링 개소를 증가시키거나 탄성파 탐사 등을 실시하여 조사의 신뢰성을 높일 필요가 있다. 특히 퇴적암이나 풍화암 등은 지층이나 지질의 변화가 심하기 때문에 설계 시 주의해야 한다.

• 코아 시료의 관찰

코아 시료의 관찰은 판별에서 특히 중요하기 때문에 코아의 길이나 경도, 풍화의 정도 등에 대하여 유념하여 실시할 필요가 있다.

예를 들면, 연한 응회암은 긴 봉모양의 코아가 얻어지지만 균열이 발달한 것은 암질이 경질이라도 봉모양의 코아가 채취되지 않는 경우가 있다. 또한 일반적으로 굳은 암석 등은 해머로 타격하여 금속음을 내는 것이 많다.

• 코아회수율(TRC) 및 암질지수(RQD)

암반의 풍화 상태와 불연속면의 발달 정도는 코아회수율(TRC) 및 암질지수(RQD)로 표시되며, 단층·균열이 많은 것, 풍화 변질이 심한 것, 퇴적암 등에서 얇은 층으로 되어있는 것은 일반적으로 값이 적다.

또한, 반대로 균열이나 풍화변질이 작은 양질의 암은 값이 크다.

그 밖에 이러한 값들은 기계기구의 상태, 작업원의 능력이나 숙련 정도, 암질의 차이에 따라서도 변화하기 때문에 주의를 요한다.

• 굴진 속도

굴진 속도는 암질에 따라 다르고, 일반적으로 경암 등은 낮다. 그러나 굴진 속도는 사용하는 시추 비트의 종류나 작업원의 기능 정도, 전석의 유무 등에 따라서도 다르기 때문에 주의를 요한다.

• 표준관입시험 (N치)

토사와 리핑암의 경계를 표준관입시험 값인 N치로 판단할 때는 SPT 수치가 50타일 때 100 mm를 경계로 하여 샘플러가 50회/100 mm 이상 관입하면 도져 굴착작업이 가능한 토사층으로 구분하고, 그 보다 적게 관입하면 리핑암으로 구분한다. 설계 시에 토사로 판정되었더라도 시공에서는 작업 능률이 나쁜 리핑암 또는 연암으로 판정(잘 다져진 토사 등)될 수 있기 때문에 주의해야 한다.

• 암석의 일축압축강도

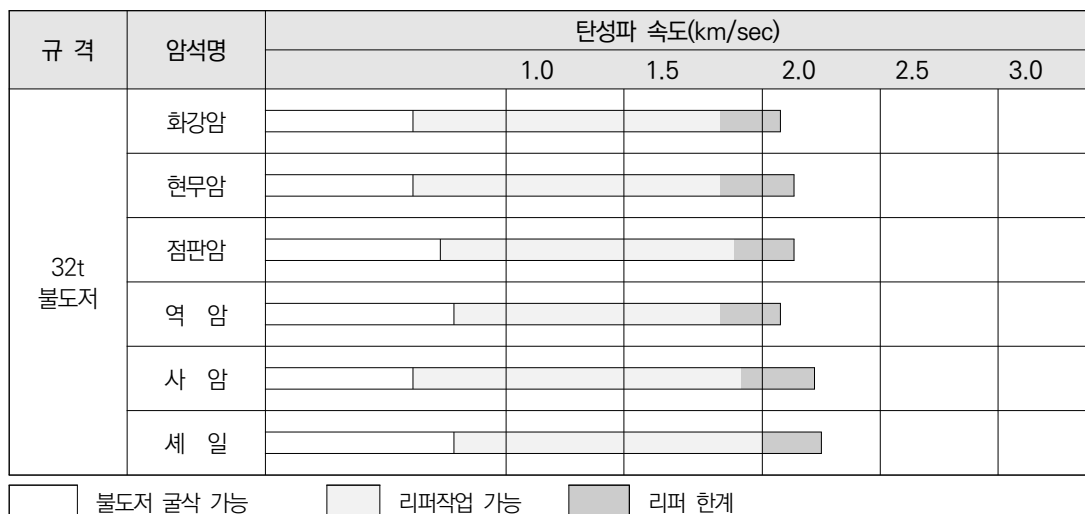
암석의 일축압축강도는 퇴적암이나 변성암과 같이 이방성이 강한 암석은 층리면이나 편리면에 직각인가 또는 수평인가에 따라 다르고, 일반적으로 이들의 면에 직각 방향인 것이 강하다. 또한, 압축강도는 함수량에 따라 영향을 받고 함수량이 많은 것은 강도가 작아지는 경향이 있다.

③ 공사 기록의 조사

주변 도로, 철도 등의 시공 기록이 있는 경우 암질, 풍화 변질의 정도, 굴삭 방법 등을 조사한다. 또한, 동일한 지질조건을 가진 장소의 시공 기록 등도 참조가 된다.

④ 탄성파 탐사

터널 및 대규모 땅깁기 구간 등의 탐사에서 탄성파 탐사를 하는 경우에는 탄성파 속도에 따라 시공의 난이를 대체로 추정할 수 있으며, 그림 3.1을 참고로 한다.



〈그림 3.1〉 탄성파속도와 32 t 불도저의 작업범위

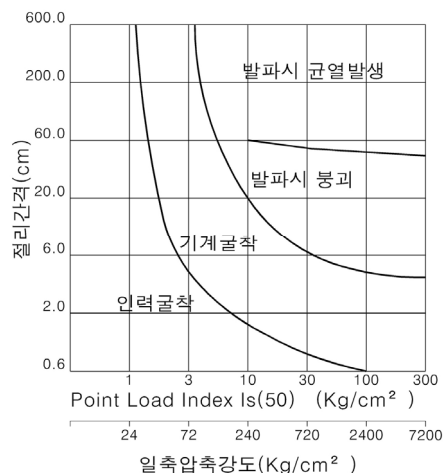
(3) 토사, 리핑암, 발파암의 구분은 (2)의 내용과 시공성을 충분히 검토한 후에 다음과 같이 분류한다.

- ① 토사와 리핑암은 표준관입시험(N치) 50타/100 mm를 경계로 구분한다.
- ② 리핑암과 발파암은 암반의 굴착 특성을 결정하는 불연속면의 발달 빈도(TCR, RQD)와 탄성과 속도를 기준으로 표 3.13에 따라 구분한다.

〈표 3.13〉 토사, 리핑암, 발파암의 분류

구 분		토 공 작 업		
		토 사(도자)	리 핑 암	발 파 암
표준관입시험 (N치, 회/mm)		50/10 미만	50/10 이상	
불연속면의 발달빈도	BX규격	-	T.C.R = 5 % 이하이고 R.Q.D = 0 % 정도	T.C.R = 5 ~ 10 % 이상이고 R.Q.D = 5 % 이상
	NX규격	-	T.C.R = 25 % 이하이고 R.Q.D = 0 % 정도	T.C.R = 25 % 이상이고 R.Q.D. = 10 % 이상
탄성파속도	A그룹	700 m/sec 미만	700 ~ 1200 m/sec	1200 m/sec 이상
	B그룹	1000 m/sec 미만	1000 ~ 1800 m/sec	1800 m/sec 이상
A그룹 암종 : 편마암, 사질편암, 녹색편암, 석회암, 안산암, 현무암, 유문암, 감람암, 화강암				
B그룹 암종 : 흑색편암, 휘록응회암, 셰일, 이암, 응회암, 집괴암				

- ③ 암반의 절취난이도를 결정하는 두 요소를 암석의 일축압축강도와 절리 등 불연속면의 빈도로 구분하여, 이를 근거로 도져 굴착(dig), Ripping, 발파(blasting)으로 구분할 수 있는 지표는 그림 3.2와 같다.



〈그림 3.2〉 강도 및 절리간격에 따른 굴착 난이도(Fraklin st al, 1971)

- ④ 탄성파 속도, 압축강도, 풍화도, 불연속면 상태와 주향, 경사 등 제반 요인을 종합평가하여 표 3.14에 따라 구분한다(Weaver의 분류기준).

〈표 3.14〉 탄성파 속도, 압축강도, 풍화도, 불연속면 상태와 주향, 경사에 따른 분류

등 급	I	II	III	IV	V
양 질	매우 양호	양호	보통	불량	매우 불량
탄성파속도 (m/sec)	2150 이상	1850 ~ 2150	1500 ~ 1850	1200 ~ 1500	450 ~ 1200
평 점	26	24	20	12	5
일축압축강도 (MPa)	70 이상	20 ~ 70	10 ~ 20	3 ~ 10	1.7 ~ 3
평 점	10	5	2	1	0
풍 화 도	신선(F)	다소 풍화(WS)	보통 풍화(MW)	심한 풍화(HW)	완전 풍화(CW)
평 점	30	25	20	10	5
불연속면의 연 속 성	연속성 없음	약간 연속성	연속적이고 협재된 점토 없음	연속적이고 협재된 점토 약간	연속적이고 점토 협재
평 점	5	5	3	0	0
불연속면의 상 태	분리 흔적 없음	약간 분리된 상태	1 mm 이하 분리	틈이 5 mm 이하	틈이 5 mm 이상
평 점	5	5	4	3	1
주향과 경사	매우 불량	불량	보통	양호	매우 양호
평 점	15	13	10	5	3
총 평 점	90 ~ 100	70 ~ 90	50 ~ 70	25 ~ 50	25 이하
리퍼빌리티	발파 (blasting)	리핑 극히 곤란 및 발파 (extremely hard ripping blasting)	리핑 매우 어려움 (very hard ripping)	리핑 어려움 (hard ripping)	쉽게 리핑됨 (easy ripping)

- (4) 설계 시의 토사, 리핑암, 발파암의 구분은 (2), (3)의 각 사항을 종합적으로 고려해야 되지만 구분상 특히 주의해야 할 지질은 표 3.15와 같다.

〈표 3.15〉 구분상 주의를 요하는 지질

지 질 명	토질의 성상과 설계 시 유의점
전석 섞인 흙	N값에서는 관입 불능으로 되는 것이 많다. 전석의 혼입률이 20 % 를 넘으면 가동률이 나빠져 연암으로 판정되는 혼란을 초래하므로 주의해야 한다.
화강암류	풍화토로 된 것은 설계상 토사로 구분되나, 풍화부와 신선부의 경계 부근의 것은 판별이 힘들어 시공 시에 토사·연암의 추정선이 변경될 때가 많다. 또, 이 경계부근에서는 전석을 많이 포함하여 연암이라고 판정될 때가 있으므로 설계에 있어서 주의해야 하고, 신선한 것은 대단히 굳다.
안산암·현무암	신선한 것은 설계상 경암이라 판정되나, 절리에 의한 균열이 발달한 것이나 풍화가 진행된 것은 시공 시 굴삭능력에 의하여 연암이라 판정 될 때도 있으므로 주의한다.
응회암	암질이 연한 것이 많고 시추의 굴진능력이 좋고, 설계 시에는 연암이라고 판정될 때가 많다. 그러나 신선하고 균열이 없는 것은 리퍼의 날이 들지 않아 발파가 필요하며, 경암으로 변경되는 것도 있으므로 설계에 있어서 충분한 검토가 필요하다. 풍화가 진행된 것은 굴삭 시에는 암의 상태를 띄는 것, 포설 및 전암으로 쉽게 토사화하는 것이 있으므로 연암의 자세한 구분에 있어서는 주의를 요한다.
역 암	역암은 함유되는 자갈의 크기나 량, 고결의 정도에 따라 경도가 크게 변화된다. 일반적으로 풍화의 영향을 받기 쉽고 풍화가 진행된 것은 설계상 토사로 판정된다. 또, 신제3기 이후의 것은 반고결 상태로 되어 있는 것이 있어 굴착도 용이하다. 분포상태는 세로방향의 연속성이 희박하고, 좁은 범위만 퇴적되어 있을 때가 있으므로 조사에서 주의해야 한다.
이암·점판암	이암은 풍화의 영향을 받기 쉬운 것이 많다. 신선한 것은 설계 시에 경암이라 판정되는 것도 시공 시에 공기나 햇빛에 급속으로 풍화가 진행되어 시공능률이 좋아 연암으로 판정되는 것도 있으므로 주의한다. 점판암은 일반적으로 굳지만, 층리방향으로 얇게 벗겨지는 성질이 있어 시공능률이 좋아 연암으로 판정되는 것도 있다.

3.5 설계에 사용하는 토질정수

흙의 단위체적중량 및 전단강도 등의 토공 설계에 사용하는 토질정수는 토질시험 결과에 근거하여 결정하는 것을 원칙으로 한다.

- (1) 흙쌓기의 안정 및 침하 등의 검토에 사용하는 토질정수는 원칙적으로 토질시험에 따라 얻어진 수치를 사용하도록 한다. 이들 수치는 토질이나 시험방법에 따라 상당히 다르게 되는 경우도 있고, 계산 결과에도 큰 영향을 주기 때문에 충분히 검토하여 결정해야 한다.
- (2) 현지 상황 등에 의하여 토질시험을 할 수 없는 경우나 개략적인 검토를 하는 경우에는 표 3.16의 단위체적중량 및 표 3.17의 개략적인 토질정수를 참고한다.

〈표 3.16〉 토공 재료의 개략적인 단위중량(표준품셈)

종 별	형 상	중 량 (kN/m ³)	비 고
암 석	화 강 암	26 ~ 27	자연상태
	안 산 암	23 ~ 27	"
	사 암	24 ~ 28	"
	현 무 암	27 ~ 32	"
자 갈	건 조	16 ~ 18	"
	습 기	17 ~ 18	"
	포 화	18 ~ 19	"
모 래	건 조	15 ~ 17	"
	습 기	17 ~ 18	"
	포 화	18 ~ 20	"
점 토	건 조	12 ~ 17	"
	습 기	17 ~ 18	"
	포 화	18 ~ 19	"
점 질 토	보 통	15 ~ 17	"
	역이 섞인 것	16 ~ 18	"
	역이 섞이고 습한 것	19 ~ 21	"
모래질 흙 자갈 섞인 토사 자갈 섞인 모래 호 박 돌		17 ~ 19	"
		17 ~ 20	"
		19 ~ 21	"
		18 ~ 20	"
사 석 조 약 돌		20	"
		17	

표 3.17을 사용할 때는 다음 사항에 주의하도록 한다.

- ① 지하수위 이하에 있는 흙의 단위체적중량은 각각의 값에서 1.0을 뺀 값으로 한다.
- ② 단위체적중량의 값을 결정하는 경우 다음 사항에 주의한다.
 - 터널 버력이나 암괴 등은 입경이나 간극에 따라 다르기 때문에 과거의 실적이나 현장 실험에 따라 결정한다.
 - 자갈혼입 사질토나 자갈혼입 점성토는 자갈 혼합비율 및 상태에 따라 적절히 정한다.
- ③ 내부마찰각 및 점착력의 값은 압밀 비배수 전단강도에 의한 개략적인 값이다.
- ④ 굳은 것(N치=8~15), 약간 무른 것(N치=4~8), 무른 것(N치=2~4)을 기준으로 한다.

〈표 3.17〉 토공재료의 개략적인 토질정수(일본)

종 류		재료의 상태		단위체적 중 량 (kN/m^3)	내 부 마찰각 ϕ (°)	점착력 C (kN/m^2)	분 류 기 호 (통일분류)
흙 쌓 기	자갈 및 자갈 섞인 모래	다진 것		20	40	0	GW, GP
	모 래	다진 것	입도가 좋은 것	20	35	0	SW, SP
			입도가 나쁜 것	19	30	0	
	사질토	다진 것		19	25	30 이하	SM, SC
	점성토	다진 것		18	15	50 이하	ML, CL MH, CH
자 연 지 반	자 갈	밀실한 것, 입도가 좋은 것		20	40	0	GW, GP
		밀실하지 않은 것, 입도가 나쁜 것		18	35	0	
	자갈 섞인 모래	밀실한 것		21	40	0	"
		밀실하지 않은 것		19	35	0	
	모 래	밀실한 것, 입도가 좋은 것		20	35	0	SW, SP
		밀실하지 않은 것, 입도가 나쁜 것		18	30	0	
	사질토	밀실한 것		19	30	30 이하	SM, SC
		밀실하지 않은 것		17	25	0	
	점성토	굳은 것(손가락으로 강하게 눌러 조금 들어감)		18	25	50 이하	ML, CL
		약간 무른 것(손가락 중간정도의 힘으로 들어감)		17	20	30 이하	
		무른 것(손가락이 쉽게 들어감)		17	20	15 이하	
	점 토 및 실 트	굳은 것(손가락으로 세게 눌러 조금 들어감)		17	20	50 이하	CH, MH ML
		약간 무른 것(손가락의 중간정도 힘으로 들어감)		16	15	30 이하	
		무른 것(손가락이 쉽게 들어감)		14	10	15 이하	

3.6 토량변화율

흙이나 암을 굴착하거나 다짐할 때의 토량변화율은 시험에 의해서 산정하는 것을 원칙으로 하지만 소량이거나 부득이한 경우에는 표준품셈(국토교통부)에서 제시하는 토량변화율을 적용할 수 있다.

흙과 암은 자연 상태일 때와 굴착하여 흐트러질 때, 또 흐트러진 후 다질 때는 체적이 달라진다. 그러므로 토량을 계산하고 토량의 배분 계획을 세울 때는 그 변화율을 알아야 한다. 토량을 자연 상태의 토량(굴착할 토량), 흐트러진 상태의 토량(운반할 토량), 다짐 상태의 토량(흩뿌기가 완료된 토량)의 3가지 상태로 나누어서 생각하고 변화율은 다음 식으로 표현된다.

$$L = \text{흐트러진 상태의 토량(m}^3\text{)} / \text{자연 상태의 토량(m}^3\text{)}$$

$$C = \text{다짐 상태의 토량(m}^3\text{)} / \text{자연 상태의 토량(m}^3\text{)}$$

〈표 3.18〉 토량 변화율(국토교통부 표준품셈)

구 분			L	C
경 보 연 풍	통	암	1.70 ~ 2.00	1.30 ~ 1.50
		암	1.55 ~ 1.70	1.20 ~ 1.40
	화	암	1.30 ~ 1.50	1.00 ~ 1.30
		암	1.30 ~ 1.35	1.00 ~ 1.15
호 자 자 고	박	돌	1.10 ~ 1.15	0.95 ~ 1.05
		갈	1.10 ~ 1.20	1.10 ~ 1.05
	갈 질	토	1.15 ~ 1.20	0.90 ~ 1.00
		결 된 역 질 토	1.25 ~ 1.45	1.10 ~ 1.30
모 암 모 암	괴, 호 박 돌 섞 인 모	래	1.10 ~ 1.20	0.85 ~ 0.95
		래	1.15 ~ 1.20	0.90 ~ 1.00
	괴, 호 박 돌 섞 인 모	질 흙	1.20 ~ 1.30	0.85 ~ 0.90
		래 흙	1.40 ~ 1.45	0.90 ~ 0.95
점 자 암	갈 이 섞 인 점	토	1.25 ~ 1.35	0.85 ~ 0.95
		토	1.35 ~ 1.40	0.90 ~ 1.00
	암 괴, 호 박 돌 섞 인 점 질 토		1.40 ~ 1.45	0.90 ~ 0.95
점 자 암	갈 이 섞 인 점	토	1.20 ~ 1.45	0.85 ~ 0.95
		질 토	1.30 ~ 1.40	0.90 ~ 0.95
	암 괴, 호 박 돌 섞 인 점 질 토		1.40 ~ 1.45	0.90 ~ 0.95

주) 암(경암, 보통암, 연암)을 토사와 혼합 흩뿌릴 때에는 공극 채움으로 인한 토사량을 계상할 수 있다.