

## 토목구조물 시공현장 암질 분류 기준에 대한 제안

허 훈<sup>\*1</sup>, 이 재찬<sup>\*2</sup>

\*1 : 농어촌진흥공사, 토목지질부장

\*2 : 농어촌진흥공사, 토목지질부 조사과장

### 1. 서론

암질분류는 구조물의 설계 및 시공에 영향을 미치는 기본요소를 선택하여 현장에서 관찰, 계측한후 일정기준에 따라 암반을 등급별로 구분하는데 목적이 있다.

이와 같은 암질분류는 댐, 도로, 터널등의 설계 및 시공의 각단계를 통하여 경제성과 안정성에 밀접한 상관 관계를 가지며 중대한 영향을 끼치게 된다. 따라서 암질분류기준은 객관적이고 간편하며 모든암반에 적용이 가능하여야 하고 구조물의 설계 및 시공에 필요한 정보를 제공하여야 한다.

이러한 조건을 만족하기 위하여 현재까지 암질분류를 위한 조사 및 시험법이 많이 개발되어 있으나 어떠한 평가항목이 암질분류상의 중요한 결정요인이 되느냐 하는것은 아직 명확하게 밝혀지지 않은 상태이다.

특히 국내에서 적용되는 암질분류의 구분과 평가항목이 사업시행처마다 상이하며 자료도 미흡한 상태이므로 모든암반에 범용적으로 적용 할 수 있는 분류기준 정립에 대한 필요성이 절실히 요구 된다.

금번 제안된 암질분류기준은 농어촌진흥공사가 토목구조물 시공현장에서 암질분류시 적용 할 목적으로 Bieniawski의 RMR 분류법(1976)을 기초로 현장에서 직접 관찰, 계측이 가능한 평가요소를 종합하여 작성한것이다. 기존의 암질분류 방법이 조사자의 주관에 치우치기 쉬운점을 배제하고 수치화된 점수제를 도입하므로서 분류의 합리성과 암질판정의 객관화를 제고시키고 단시간내 많은 조사량을 효율적으로 수행할 수 있게 되었다.

분류기준(안) 작성후 2년간 기존암질분류 방법과 토목시공현장에 병행 적용하여 시행오차를 최소화 되도록 조정 하였다.

## 2. 암질분류 방법에 의한 분류

### 가. 현장암질상태 판단에 의한 분류

1) 목 적 : 암절취나 채취의 난이도 및 토목공사의 공기와 공사비 산정

2) 기 준 : 암석의 물리적 성질과 자연상태의 암석구조를 관찰, 계측하여 구분

### 3) 평가항목

- 암종 및 지질시대
- 암괴의 신선도 및 치밀성
- 균열, 절리의 간격과 상태
- 풍화에 대한 저항도
- 화학적 변화에 대한 저항도
- 작업의 난이도를 결정 할 수 있는 화약의 소요량
- 지질조사용함마 타격
- 시추용 bit 소모율
- 시추시 코아회수율(RQD)
- 슈미트함마의 반발도

4) 문 제 점 : 조사자의 주관에 치우치기 쉽고 암질구분의 한계와 분류명칭의 정의가 곤란함.

### 나. 실내 및 현장시험에 의한 분류

1) 목 적 : 암반의 물리적, 공학적 특성을 파악하여 설계 및 시공방향 설정

2) 기 준 : 시험치의 계수에 의하여 암질구분

### 3) 평가항목

- 압축강도
- 흡수율

- 겉보기 비중
- 탄성과속도 측정
- 지내력 측정(평판재하시험)
- CaO 함량측정
- Slaking 특성측정
- 단위체적중량
- 점토분 함유비

4) 문제점 : 연질암반에 대한 시험편 제작이 지난하며 시험계수에 의존하여 실제현장상태와 불합리한 암질구분 발생 우려

### 3. 농어촌진흥공사의 암질분류 방법 소개

당공사에서 적용하고 있는 암질의 일반적인 분류방법은 조사의 목적, 시기, 작업공종에 따라 현장암질분류, 실내시험분류, Boring 조사분류 및 기타 분류기준을 상호보완하여 시행하고 있으며 기준은 아래와 같다.

가. 현장분류기준

암 질	극경암	경 암	보통암	연 암	비 고
총 합 판 정	A I a	A I b B I a B I b	A I c	AⅢ c	C I c
			AⅡ c	BⅡ c	C I d
			AⅡ b	BⅡ d	CⅢ d
			BⅡ a	BⅢ c	CⅢ b
			BⅡ b	BⅢ d	CⅢ c
구분					C I b
암 괴 상 태	A : 신선, 견경, 치밀 B : 일부견질, 일부연질, 대체로 약간 연질 C : 연질				
균 열 절 리	I : 50cm 이상마다 1개소 II : 50~15cm 마다 1개소 III : 15cm 이하마다 1개소				

균열 분리의 상태	a : 밀착, 균열은 신선, 풍화흔적 없음 b : 밀착, 균열은 약간 연질, 점토부착 c : 2mm정도 균열발달 d : 개구상
-----------------	---

나. 실내시험분류기준

암질	극경암	경암	보통암	연암	비고
종합 판정	A I a	A II a	C I a	D II a	
		A II b	C I b	D II b	
		B I a	C II a	D II c	
		B I b	C II b	E III a	
		B II a	D I a	E III b	
구분		B II b			
압축 강도 (kg/ cm <sup>2</sup> )	A : 1,500 kg/cm <sup>2</sup> 이상 B : 1,000 ~ 1,500 kg/cm <sup>2</sup> C : 500 ~ 1,000 kg/cm <sup>2</sup> D : 100 ~ 500 kg/cm <sup>2</sup> E : 100 kg/cm <sup>2</sup> 이하				
흡 수 율	I : 5 % 미만 II : 5 ~ 15 % III : 15 % 이상				
겉보기 비중	a : 2.7 이상 b : 2.5 ~ 2.7 c : 2.0 ~ 2.5 d : 2.0 미만 * 풍화암 : E III d				

다. Boring 조사 분류기준

암 질	극경암	경 암	보통암	연 암	풍화암	비 고
총 합 판 정  구분	A I a	A I b  A II b	B I b  B II b	B III b B III c B III d C III d C III c	D III c D III d D III e	
Core log 의 상태	A : 신선, 균열없음, 완전성형 RQD = 90% 이상 B : 신선, 상당량 균열, 완전성형 RQD = 40~90% 이상 C : 균열, 신선도 없음, 불완전파쇄성 RQD = 10~40% 이상 D : 완전 쇄설성 RQD = 10% 이내 E : 100 kg/cm <sup>2</sup> 이하					
Core 의 길 이	I : 15cm 이상 II : 5 ~ 15cm III : 5cm 이내					
일반상태	a : 견고하고 Core가 완전성형, Core개수가 1m당 5~6개 형성 b : 견고하고 Core가 다소 짧고 1m당 6개 이상 c : 균열이 많고 Core가 완전 보존되지 않고 봉상을 이루 지 않으며 암편상태로 나타남 d : 균열이 많고 복원이 잘안되며 세균열 상태로의 조합이 가능 e : Core가 완전파쇄상태, 모래나 점토크기로 분쇄된 상태 로 회수됨					

라. 기타분류기준

성 질	암 질	극 경 암	경 암	보 통 암	연 암
Hammer stroke		10회 이상	8 ~ 10	5 ~ 8	5 이하
풍화에 대한 저항도		매우 강함	강함	보통	약함
화학변화에 대한 저항도		매우 강함	강함	보통	약함
암질작업의 난이도		화약 250g/m <sup>3</sup> 이상	화약 250g/m <sup>3</sup> 소요	화약 160g/m <sup>3</sup>	화약 119g/m <sup>3</sup>
CaO 함량		-	1 % 이하	1 ~ 3 %	3 ~ 10 %
마모시험		아주 낮음	약간 낮음	보통	높음
허용 지내력		300~650t/m <sup>3</sup>	160~300t/m <sup>3</sup>	110~160t/m <sup>3</sup>	70~110t/m <sup>3</sup>

4. 현장암질분류 기준의 개정 제안

가. 목 적 : 당공사에서 기 적용하고 있는 현장분류기준에 대한  
 누락유형의 보완과 객관화되고 수치화 된 판정기준의  
 정립

나. 제안요지

- Bieniawski의 RMR분류법(1976)에 착안 평가항목을 각  
 6개 등급으로 구분하여 고유점수를 부여
- 현장암질상태 및 계측수치를 평가항목별 기준 점수표  
 에 대비하여 해당 등급별 점수를 합산
- 합산된 점수를 암질분류기준에 대비하여 암질판정

다. 평가항목 : 평가항목의 결정은 시공구조물의 안정성 및 경제성을  
 고려 강도 및 불연속면(균열,절리)에 대하여 관찰 및  
 계측이 용이한 요소를 조합함.

구 분	평가항목	평 가 요 소	점수배점	측정시중요착안사항
강 도	암괴상태	조 직	15	치밀성
		풍 화 도	15	조암광물 변질상태
	강 도	슈미트함마타격	7.5	일축압축강도
		지질함마 타격	7.5	견고성
불연속면 (균열· 절리)	간 격	균열·절리간격	30	균열·절리의 발달 빈도
	상 태	틈의 간격 및 협재물	13	개구도
		면의 상태	7	균열면의 풍화상태
계		7 종목	95	

라. 암질등급 분류 : 건설부 표준품셈에 근거 암질을 5개군으로 분류

구 분	점 수 배 점	건설부 표준품셈에 의한 분류
극 경 암	86 이상	암질이 아주 밀착된 단단한 암질
경 암	66 ~ 85.9	굴착·절취시 화약사용, 균열상태 1 m 이내
보 통 암	46 ~ 65.9	굴착·절취시 화약사용, 균열상태 30~50cm
연 암	21 ~ 45.9	굴착·절취시 화약사용, 균열상태 10~30cm 석축용으로 부적합
풍 화 암	9 ~ 20.9	굴착·절취시 일부 화약사용, 균열상태 1~10cm, 암질부식으로 곡괭이 사용

마. 평가항목별 점수배점

- 평가항목의 점수배점은 시공구조물의 안정성이 그 자체의 강도와 변형성 및 균열·절리에 지배되므로 평가요소를 강도와 균열·절리로 구분, 2년간 현장조사 실측치를 기존 현장분류기준과 대비하여 배점을 조정하였다.
- 평가항목의 등급별 점수배점은 점수를 균등하게 등급별로 안배한후 기존 암질분류와 현장조사시 대비 적의 조정하였다.

- 항목별 기준 점수표

구 분		등 급 별		A	B	C	D	E	F
강 도	압괴상태	조 직	15	11	7.5	4	1.5	-	
		풍 화 도	15	11	7.5	4	1.5	-	
		소 계	30	22	15	8	3	-	
	타격계측	슈미트함마	7.5	5	3.5	1.5	0.5	-	
		지질함마	7.5	5	3.5	1.5	0.5	-	
		소 계	15	10	7	3	1	-	
	계		45	32	22	11	4	-	
불연속면	간 격		30	25	20	13	7	-	
	상 태	틈	13	10	6.7	4	1.3	-	
		면 상 태	7	5	3.3	2	0.7	-	
		소 계	20	15	10	6	2	-	
	계		50	40	30	19	9	-	
합 계		95	72	52	30	13	-		



# 현장 암질분류기준(안)

## 암질분류기준

합계수치	85.9 ~ 66	65.9 ~ 46	45.9 ~ 21	20.9 ~ 6	8.9 이하
암질분류	규경암	경암	보통암	연암	풍화암

## 현장암질조사 항목별 기준 점수표

구분	A	B	C	D	E	F
○ 암괴상태 - 풍화도 (점수)	신선건고함 (15) 풍화초적전부 (Fresh)	대체로 신선건고함 (11) 약간 풍화변질 (Slightly weathered)	비교적 견고하며 조암 광물이 다소 인지됨 (7.5) 다수 변질되어 조암 광물 (Moderately weathered)	암내부는 비교적 풍화변질 (4) 풍화로 인하여 여질화 (신선하거나 변질된 암석) 현석으로 존재 (Highly weathered)	상하게 풍화되어 황갈색 상하로 구분 (1.5) 조각 파괴되어 큰 칩에 구멍이 사용(신선) 나거나 풍화된 구 조나 해석 불로 존재 (Completely weathered)	앞면이 개 풍화되어 토사화됨 위안구조를 인지하 기 (Residual Soil)
○ 불연면 (점수)	3m 이상 (30)	1 ~ 3m (25)	0.3 ~ 1.0m (20)	5 ~ 30cm (13)	5cm 이하 (7)	토사화되어 Crack 없음
○ 불연상태 (점수) - 면상태 (점수)	밀착 연속 (13) 매우거친면 (7)	0.1mm 이하 약간 불연 별어짐 (10)	0.1 ~ 1.0mm 다수 떨어져 충진물 현악 (6.7) 거친면(중경질 암반) (3.3)	1 ~ 5mm 충진 물 충진 물 충진 물 충진 물 (4) 평탄한 면 (2)	5mm 이상 충진물 충진물 충진물 충진물 (1.3) 아주 평탄한 면 (0.7)	
○ 강석용 수 (점수) - 함타격 (화) · 타격음 · 타격반응 (점수)	57 이상 (7.5) 11회 이상 금속성 깨짐없이반발 (7.5)	51 ~ 57 (5) 8 ~ 10 경금속성 약간 깨짐 (5)	44 ~ 51 (3.5) 5 ~ 7 경금속성 ~ 탁음 연속면을 따라 크게 깨짐 (3.5)	34 ~ 44 (1.5) 2 ~ 4 탁음 쉽게 깨짐 (1.5)	10 ~ 34 (0.5) 1 탁음 쉽게 소편으로 깨지거나 소편으로 (0.5)	손으로 부서짐

## 5. 맺는말

제안된 현장암질분류기준으로 암질판정을 시행시 암반상태가 각등급 구분의 전형적인 양상을 나타내지 못하고 등급의 경계부위에 있는 암반 판정과 퇴적암의 경우 강도는 매우 낮으나 암괴상태 및 균열·절리의 발달 빈도가 양호하면 실제와 상이한 암질판정을 받게 될 우려등의 문제점이 있다. 또한 현장에서 암반상태만을 관찰·계측한 정성적인 자료이므로 이러한 문제점은 압축강도시험과 탄성파속도측정 및 변형시험으로 보정되어야 할 것이다.

그리고 슈미트함마 타격치와 일축압축강도와의 상관관계등은 앞으로 연구 검토되어야 할 과제이며 본 분류기준이 작성초기단계로서 현장자료를 계속 축적하여 문제점을 보완, 국내 현장암질분류시 기준으로 적용될 수 있도록 제안하는 바이다.

참고. 1. 합동암질조사 지구별 내역

지구명	위 치			구 조 물	조 사 내 용			조사기간	구 성 암 석
	도	군	면		측정위치	기 존	개정(안)		
천 천	전북	장수	천천	여수토로 방수로	No. 0+5~ 0+10 (5)	경암 (A I b)	경암 (75)	4.7~4.9	편마암
					No. 2+5~ 2+15 (10)	보통암 (B I b)	보통암 (58)		
					No. 4+0~ 4+10 (10)	보통암 (B I c)	보통암 (58)		
옥 계	전북	남원	운봉	제 당	No. 0+10~ 1+0 (10)	풍화암 (D)	풍화암 (18)	4.7~4.9	편마암
					No. 1+10~ 2+0 (10)	연암 (B III b)	연암 (45)		
					No. 2+0~ 2+10 (10)	보통암 (A II b)	보통암 (62)		
쌍 호	경북	의성	안사	용수터널	No. 34+30~ 31+0 (20)	보통암 (B II b)	보통암 (65)	5.11~ 5.13	역암 사암
					No. 32+0~ 32+15 (15)	보통암 (B I b)	경암 (74)		
					No. 33+16~ 33+31 (15)	보통암 (B II b)	보통암 (69)		
미호천	충북	청원	문의	도수터널	No. 9+37~ (막장)	풍화암 (D III d)	풍화암 (17)	5.25~ 5.27	편암
					No. 9+37~ (막장좌우)	풍화토 사	풍화토사		
석 포	전북	부안	진서	여수토로 방수로	No. 0+0~ 0+10 (10)	연암 (C I b)	보통암 (60)	6.7~6.9	응회암
					No. -0+0~ -0+10 (10)	연암 (C II d)	연암 (37)		
					No. -1+0~ -1+10 (10)	보통암 (B I b)	보통암 (52)		
					No. -2+0~ -2+10 (10)	경암 (A I b)	경암 (72)		

지구명	위 치			구 조 물	조 사 내 용			조사기간	구 성 암 석
	도	군	면		측정위치	기 존	개정(안)		
노단이	경남	창녕	창녕	통 관	No. 3+0~ 3+10 (10)	연 암 (CⅡc)	보통암 (48)	7.4~7.6	화강암
					No. 4+0~ 4+6 (6)	연 암 (BⅡc)	보통암 (52)		
					No. 5+0~ 5+10 (10)	보통암 (AⅠc)	보통암 (62)		
화 용	경기	화성	서신	배수갑문	No.0+0~호 0+10(10)측	풍화암 (DⅢc)	연 암 (26)	8.30~ 8.31	혼성편마 암
					No.0+0~호 0+26(26)측	풍화암 (DⅢd)	풍화암 (15)		
					No.0+10~해 0+20(10)측	연 암 (CⅡb)	연 암 (45)		
장 기	충남	공주	의당	취수탑	바 닥 면	보통암 (BⅠb)	보통암 (55)	10.6~ 10.7	편마암
이 인	충남	공주	이인	용수암거	No.31+0~ 31+20(20)	연 암 (CⅡc)	연 암 (30)	10.8~ 10.9	세일 역암
					No.28+0~ 28+30(30)	연 암 (CⅡb)	연 암 (34)		
					No.30+0~ 30+20(20)	풍화암 (DⅢd)	풍화암 (16)		
원 창	강원	춘천	동산	취수터널	No.33+30~ 33+35 (5)	풍화암 (DⅢc)	연 암 (34)	10.12~ 10.13	편암 편마암
					No.34+0~ 34+10 (10)	연 암 (CⅢc)	연 암 (38)		
					No.35+0~ 35+10 (10)	연 암 (CⅢc)	연 암 (32)		
금 당	경북	예천	용문	통 관	No. 3+0~ 4+00 (20)	연 암 (BⅡc)	연 암 (41)	11.2~ 11.3	화강편마 암
					No. 9+0~ 10+00(20)	연 암 (CⅢc)	연 암 (24)		

지구명	위 치			구 조 물	조 사 내 용			조사기간	구성암석
	도	군	면		측정위치	기 존	개정(안)		
대 안	강원	원주	귀래	제 당	No. 0+0~ 1+00 (20)  No. 8+0~ 9+00 (20)	풍화암 (DⅢc)  연 압 (BⅢb)	풍화암 (12)  연 압 (48)	11.9~ 11.10	화강암
노단이	경남	창녕	창녕	제 당	No. 1+0~ 2+00 (20)  No. 3+0~ 4+00 (20)	보통암 (AⅡc)  연 압 (BⅡc)	보통암 (56)  연 압 (44)	11.24~ 11.26	화강암
고 흥	전남	고흥	도덕	배수갑문	유입부 No. 0+0~ 1+0 (20)	연 압 (CⅡb)	보통암 (59)	11.28~ 11.30	편마암
도비도	충남	당진	석문	순환도로	No. 7+0~ 8+0 (20)	풍화암 (DⅢc)	풍화암 (16)	12.1~ 12.3	편암

참고. 2. RMR System에 의한 암반분류(Bieniawski1976)

(a) 분류요소와 등급

(1)

암석의 강도		100	50	25	10	3		
(NM -2)	>200	~ 200	~ 100	~ 50	~ 25	~ 10	<3	비 고
Rating	15	12	7	4	2	1	0	

(2)

R O D (%)	91 ~ 100	76 ~ 90	51 ~ 75	25 ~ 50	<25	
Rating	20	17	13	8	3	비 고

(3)

불연속면의 간격	> 3	1 ~ 3	0.3 ~ 1	0.05 ~ 0.3	<0.05	비 고
Rating	30	25	20	10	5	

(4)

불연속면의 상태	매우거친접촉면(경암반)	약간거친접촉면(경암반)	약간거친접촉면(경질암반)	평탄한접촉면	개 구 상
Rating	25	20	12	6	0

(5)

지하수의 상태	건 조 상 태	약 간 습 윤	보 통 수 압 의 지하수	지하수 문제 야기
Rating	10	7	4	0

(b) 불연속면의 방향성에 따른 조정계수

불연속면의 방향	매우 양호	양 호	보 통	불 량	매우 불량	비 고
Rating	암 반	0	-2	-2	-10	-12
	암반기초	0	-2	-7	-15	-25
	사 면	0	-2	-25	-50	-60

(c) Rating합으로 부터의 암반 분류

Rating	100 ~ 81	80 ~ 61	60 ~ 41	40 ~ 21	<20	비 고
RMR Class No	I	II	III	IV	V	
구 분	매우양호	양 호	보 통	불 량	매우불량	

※ RMR = (1+2+3+4+5)-(b)에 의해 산출된 값은 c표에 의해 각 Class별로 적용된다.

참고. 3. 현장암질분류 개정 추진현황

일 자	추진현황	비 고
'92.4~5.15	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 지사별 자료수집</li> <li>- 지사현장사례, 기준보완에 대한 현장 의견 수렴</li> </ul>	
'92.5~8.30	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 외부자료 수집 및 해당분야 전문가 자문</li> <li>- 한국자원연구소 선임연구원 이수곤 박사</li> <li>- 청주대 자원공학과 윤지선 교수</li> <li>- 충남대 지질학과 송무영 교수</li> </ul>	
'92.9~9.30	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 자료분석 및 개정(안)작성</li> </ul>	
'92.10.2	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 1차 자체기술 검토회의 개최</li> <li>- RMR System을 원용한 암질분류 개정(안) 채택</li> <li>- 1년간 기존 분류법과 동시적용하여 비교검토 후 확정</li> </ul>	
'93. 4.~ 10.	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 합동암질조사 시행</li> <li>- 5개 지사 5지구</li> </ul>	
'93.12.13	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 2차 자체기술검토회의 개최</li> <li>- 개정(안)에 대한 자료미흡으로 1년간 시험적용 기간 연장</li> </ul>	
'94. 4.~ 12.	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 본지사 합동암질조사 시행 (15지구)</li> </ul>	
'95. 1.23	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 3차 자체기술검토회의 개최</li> <li>- RMR System을 기초로한 암질분류기준(안)보완</li> </ul>	

# 참 고 문 헌

- (1) 농어촌진흥공사, 1992. 토목지질 실무지침서
- (2) 윤지선 역, 1992. 토목지질공학
- (3) 박남서, 1994. 터널의 설계와 시공을 위한 암반분류, 지질공학회지, Vol.4, No.3, pp.365-377.