

암반의 굴착난이도 평가를 위한 제안

Estimation of Ripperbility in Rock Mass

황영철¹⁾, Young-Cheol Hwang, 유병옥¹⁾, Byung-Ok You, 김태수²⁾, Tae-Su Kim

¹⁾ 한국도로공사 도로연구소 책임연구원, Chief Researcher, Highway Research Center, Korea Highway Corporation

²⁾ 한국도로공사 도로연구소 연구원, Researcher, Highway Research Center, Korea Highway Corporation

SYNOPSIS : One of the most general methods that can evaluate the rippability is the seismic exploration. However, most field engineers have hardly used the seismic exploration. Instead of using the seismic exploration, they have usually used rock hammer and naked eyes to confirm the degree of rippability for soil, ripping rock and blasting rock. Therefore, to excavate the ground rationally, it is required to establish a quantitative criterion that can be used for distinguishing rippability.

In this study, we find out the characteristics of rock strength through laboratory and field tests. The weathering condition of rock exposed to air due to excavation of soil layer and the variation of rock strength caused by weathering were investigated. A relationship between rock strength values that are obtained from uniaxial compression test, slaking durability test, point load test, schmidt hammer test and absorption ratio test is analyzed. The relationship is expressed in a form of equation by which we can evaluate the rock strengths obtained from simple laboratory and field tests. To evaluate rippability in a reasonable manner, a quantitative approach is proposed and a check list of rippability is developed based on the proposed methodology.

It is recommended to modify the proposed method for evaluation of rippability in the field.

Key words : excavatability, rippability chart, checklist

1. 서 론

지반 굴착시 굴착난이도를 토층, 리핑암, 발파암으로 구분하는 기준은 주로 정성적인 방법에 의존하고 있어 주관적인 판단의 개입으로 시공사와 발주처간의 시비가 발생하는 문제점을 안고 있다. 그러므로 토공사 굴착에 대한 합리적인 설계 및 시공이 이루어지기 위해서 현재의 암반의 굴착난이도 판정방법에 대해, 보다 정량화된 판정방법이 요구되고 있다.

따라서 본 연구에서는 굴착공사를 위한 정량적이고 객관적인 굴착난이도 평가지침을 제안하기 위하여 암반의 공학적인 특성을 종합적으로 이용하는 방안을 적용하고자 하였다. 이를 위하여 일축압축강도, 점하중강도, 슈미트 해머수치와 같은 암석의 강도특성과 흡수율, 탄성과 속도, 절리간격과 같은 실내시험 및 현장시험을 통하여 암석 및 암반의 강도특성을 파악하고, 실시된 시험자료에 대해 토층, 리핑암, 발파암에 대한 굴착난이도 판정기준을 수립하여 현장에서 객관화된 방법으로 굴착난이도를 평가할 수 있는 현장 체크리스트를 제안하였다.

본 연구의 정립화를 위해서는 계속적인 현장적용 및 수정·보완작용이 필요하며, 이로부터 사면설계 및 시공에 있어서 경제성 및 안정성을 고려한 합리적인 설계를 도모할 수 있을 것이다.

2. 굴착 및 토공에서의 암반분류

암반굴착의 일반적인 분류는 대상지반을 경암, 연암, 토사로 구분하고 이를 기계굴착과 발파굴착으로 구분하는 것이다(그림 1 참조). 암반분류를 위한 파라메타는 암석의 강도, 불연속면(절리)의 발달, 풍화 정도, 투수(지하수)특성 등 여러 요소를 들 수 있고 이를 고려한 분류법으로 RMR, RSR, Q-system 등이 있으나 사면에서의 굴착을 위한 암반분류는 이들 여러 요소를 조합한 분류법보다는 단순히 사용상 하나의 요소(parameter)로 대표시켜 사용하는 경향이 있다.

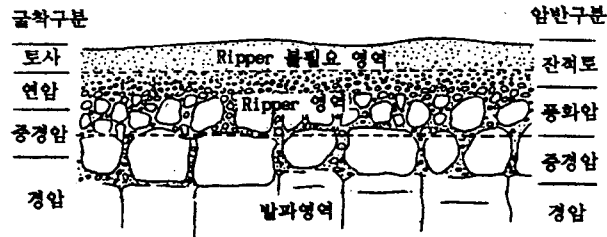


그림 1. 굴착난이도에 따른 지반구분

국내에서의 암반분류 기준은 건설교통부의 경우 토공을 목적으로 한 분류법으로 건설공사 표준품셈에 제시된 방안이 있으며 측정이 가능한 경우, 탄성과 속도와 일축압축강도에 따르도록 제시하고 있다(표 1 참조). 또한 한국도로공사의 리핑암과 발파암 분류기준은 다음 표 2와 같다.

표 1. 건교부 암반 분류 기준표

토공작업구분	토질상태	N-Value	탄성파속도	코아회수율(NX 기준)	작업기준
토사	표토층 및 풍화잔류토층	50회/15cm 이하	1,000m/sec 이하	-	
리핑암	풍화암층	50회/15cm 이상	1,000~1,800m/sec	15~20%	30ton Dozer
발파암	연암 및 경암	-	1,800m/sec 이상	15~25% 이상	

표 2. 불연속면의 발달빈도 및 탄성과속도에 따른 분류(한국도로공사)

구분	리핑암		발파암	
	약한 암석인 풍화암, 연암, 보통암 중		강한 암석인 보통암, 경암, 극경암 중	
불연속면의 발달빈도	BX 크기	T.C.R=5% 이하이고 R.Q.D=0% 정도	BX 크기	T.C.R=5~10%이상이고 R.Q.D=0~5%
	NX 크기	T.C.R=20% 이하이고 R.Q.D=0% 정도	NX 크기	T.C.R=20% 이상이고 R.Q.D=0~10% 이상
구분	풍화암		경암	

3. 현행 암반의 굴착난이도 판정 및 문제점

한국도로공사의 경우 암반의 굴착난이도를 판정하기 위하여 시공회사는 감독원에게 암판정을 의뢰하고 감독원은 사업소 품질관리부에 보고한다. 사업소에서는 암판정을 위한 암판정위원회를 구성하는데 이때 구성되는 암판정위원회는 위원장으로 건설사업소장, 위원으로 품질관리부장, 품질관리과장, 담당공사부장, 담당 설계과장, 주감독, 자문감리단 토질담당, 지반공학 전문가 등의 7~8명으로 구성된다. 암판정방법은 현지 육안확인이 주를 이루는데, 필요시 현장시험(일축압축강도, 슈미트 해머확인, 탄성과 탐사 등)을 병행한다. 그리고 판단이 모호한 경우는 장비를 이용하여 굴착가능여부를 판단한다.

국내의 암판정을 위한 기준들은 30~32ton 불도우저로 리핑이 가능한지 불가능한지의 여부를 탄성과 속도에 따라 구분하고 있다. 그러나 실제 건설현장에는 30~32ton 불도우저를 사용하기 보다는 주로 굴삭기를 이용하여 굴착을 하고 있으며 굴삭기에 의해 굴착이 불가능한 경우에는 브레이커(Braker)를 굴삭기에 설치하여 리핑암 및 발파암을 굴착하거나 폭약을 사용하여 발파하여 암반을 굴착하게 된다. 그러므로 현재 국내 굴착공사에서 주로 사용하고 있는 장비를 기준으로 굴착난이도 평가기준을 작성할 필요가 있다.

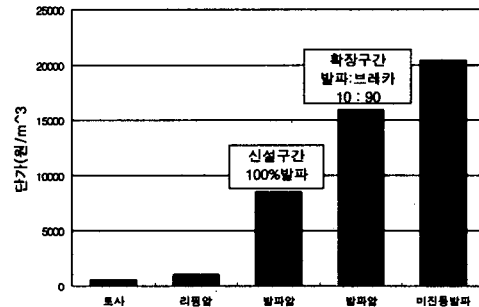
또한 지반내에 발달하는 지질구조에 따라 풍화단면이 매우 복잡하거나, 특히, 국내의 변성암에서는 단층 및 파쇄대와 같은 지질구조선이 많이 발달하고 있기 때문에 암판정시 종단방향에서의 평가가 문제시 되기도 한다.

현장에서의 굴착비용은 신설구간인 경우, 토층과 리핑암과의 단가차이는 2배 정도이고 리핑암과 발파암은 8배정도이며 확장구간에서는 브레커작업과 발파작업의 비율에 따라 차이가 있으나, 브레커작업(90%) 발파작업(10%)의 비율로 산정하면 리핑암과 발파암은 15배 정도를 차이를 보인다(표 3 참조).

건설현장에서는 리핑암과 발파암이 확연하게 구분되지 않으므로 리핑암과 발파암의 중간단계, 어려운 리핑암 또는 준 발파암과 같은 등급의 굴착단가 산출이 요구된다.

표 3. 토층, 리핑암, 발파암의 단가에(1998년도 기준)

구 분		단가 (원/m ³)
토 사		564
리 핑 암		1,044
발 파 암	신설발파(100%)	8,252
	확장 (발파 10%, 브레커 90%)	15,945
	미진동 발파	20,402



4. 리핑암 및 발파암의 강도특성

4.1 시료채취 및 시험

본 연구의 암석시편은 고속도로 절토사면에서 시추조사 및 암판정을 받은 절토사면에서 리핑암과 발파암에서 채취하여 실시하였다(표 4 참조).

표 4. 암석시료 채취 위치

암 석 명	채취위치	비 고
화강반암	호남고속도로 구간	비교적 치밀
화강암	호남고속도로 구간	미세균열 다량함유
세일	구마고속도로, 중앙고속도로(대구~안동)	
화산각력암	호남고속도로 45km	
흑운모편마암	서울외곽고속도로(판교~산본구간) 중앙고속도로(홍천~춘천구간)	
화강편마암	서울외곽고속도로(판교~산본구간) 중앙고속도로(홍천~춘천구간)	

채취된 코아시료를 성형하여 일축압축강도시험(Uniaxial Compressive Strength Test), 슈미트해머 반발시험(Schmidt Hammer Rebound Test), 점하중시험(Point Load Index Test), 흡수율시험(Absorption Test), 슬레이크 내구성시험(Slaking Durability Test)을 실시하여 공학적 강도특성을 파악하였다.

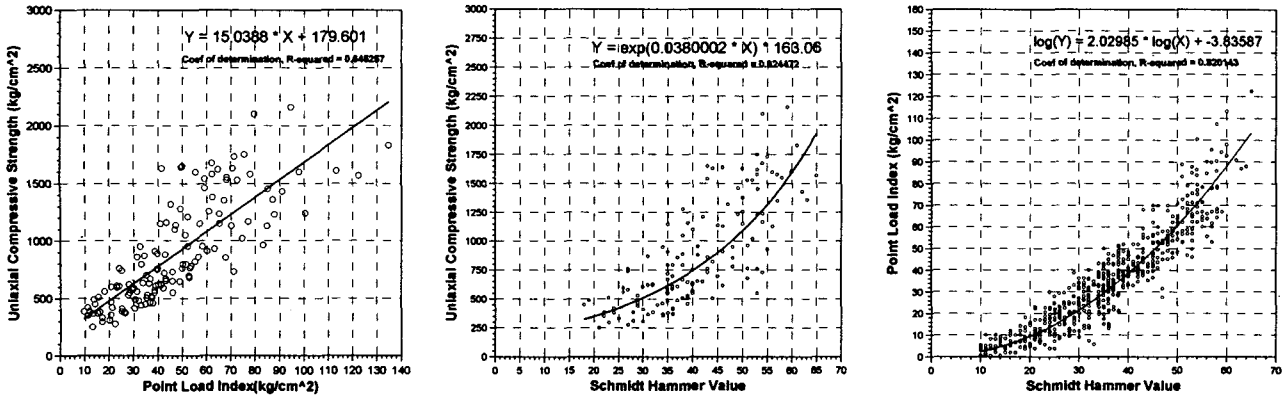
4.2 암석의 강도특성 상관관계

본 연구에서 여섯 가지 암종에 대해 일축압축강도와 점하중강도, 슈미트해머 반발수치 그리고 점하중강도와 슈미트해머 반발수치에 대한 시험결과를 종합 분석하여 상호 관계를 추정하였다.

점하중강도(I_s)와 일축압축강도(σ_c)와의 상관관계를 회귀분석한 결과, 각 암종에 따른 상관 관계는 선

형관계($y = Kx + C$)식을 갖는 것으로 나타났으며 슈미트해머 반발치(SHV)와 일축압축강도(σ_c)와의 관계는 $\sigma_c = e^{(A \times SHV)} \times B$ 의 관계식으로 표현할 수 있고 슈미트해머 반발수치와 점하중강도와의 관계는 $\ln(I_s) = A \times \ln(SHV) + B$ 의 관계식으로 표현할 수 있다.

분석결과 시험된 암종을 종합한 결과는 다음 그림 2와 같다.



(a)점하중강도-일축압축강도 (b)슈미트해머지수-일축압축강도 (c)슈미트해머지수-점하중강도

그림 2. 실험결과 암종별 강도의 상관관계

암석의 강도는 일반적으로 일축압축강도를 말해 왔으나 많은 학자들이 좀 더 쉽고 간단한 시험으로 강도를 얻기 위하여 일축압축강도, 점하중강도, 슈미트해머 시험의 상관관계에 대해 제안하였다. 이들 시험은 간편하기는 하나 많은 오차와 결과치의 넓은 분산을 갖는 문제점을 가지고 있어 많은 자료의 축적으로 이 문제를 극복하여야 한다.

본 연구에서 분석된 상관관계에 대한 결과와 기존 시험자료와의 비교는 다음 표 5와 같다.

표 5. 기존 시험 자료와 연구결과와의 비교

제안자	일축압축강도와 점하중강도		슈미트해머 반발수치와 일축압축강도		점하중강도와 슈미트해머 반발수치		
	상관식	r^2	상관식	r^2	상관식	r^2	
본 연구	화강반암	$\sigma_c = 22 \times I_s + 31.7$	0.96	$\sigma_c = e^{(0.061 \times SHV)} \times 92.1$	0.92	$\ln(I_s) = 2.12 \times \ln(SHV) - 4.34$	0.91
	화강암	$\sigma_c = 14 \times I_s + 6.3$	0.94	$\sigma_c = e^{(0.044 \times SHV)} \times 96.0$	0.91	$\ln(I_s) = 2.65 \times \ln(SHV) - 6.13$	0.83
	세일	$\sigma_c = 23 \times I_s + 136.0$	0.88	$\sigma_c = e^{(0.042 \times SHV)} \times 196.7$	0.87	$\ln(I_s) = 2.02 \times \ln(SHV) - 3.68$	0.88
	화산각력암	$\sigma_c = 15 \times I_s + 82.1$	0.94	$\sigma_c = e^{(0.044 \times SHV)} \times 111.2$	0.75	$\ln(I_s) = 1.83 \times \ln(SHV) - 3.14$	0.80
	흑운모편마암	$\sigma_c = 17 \times I_s + 49.5$	0.91	$\sigma_c = e^{(0.043 \times SHV)} \times 128.9$	0.82	$\ln(I_s) = 1.62 \times \ln(SHV) - 2.22$	0.93
	화강편마암	$\sigma_c = 13 \times I_s + 82.8$	0.94	$\sigma_c = e^{(0.041 \times SHV)} \times 111.0$	0.79	$\ln(I_s) = 2.89 \times \ln(SHV) - 7.19$	0.90
	종합	$\sigma_c = 15 \times I_s + 179.6$	0.65	$\sigma_c = e^{(0.038 \times SHV)} \times 163.1$	0.63	$\ln(I_s) = 2.03 \times \ln(SHV) - 3.84$	0.82
Deere & Miller	-	-	SHV(50까지); $\sigma_c = 4(SHV-25)$ (MPa) SHV(50이상); $\sigma_c = 20(SHV-25)$ (MPa)		-		
Lee (한국 화강암)	$\sigma_c = 412.8375 + 15.84971 \times I_s$ ($r=0.902$)		건조상태 시료($r=0.871$); $\log \sigma_{cd} = 2.32481 + 0.01541 \times SHV_d$ 습윤상태 시료($r=0.906$); $\log \sigma_{cs} = 1.80601 + 0.02324 \times SHV_w$		-		
Saito	-		포물선관계(관계식없음)		-		
ISRM	$\sigma_c = 22 I_{s(50)}$		-		-		

4.3 굴착난이도별 암석의 강도 및 흡수율 기준

본 연구에서는 굴착난이도별 암석강도를 파악하기 위하여 암반의 풍화등급별(CW, HW, MW, SW, F)로 암편을 선택하여 강도시험을 실시하였다. 그런데 암반의 풍화정도를 결정하는 방법 자체에서도 주관적인 판단이 포함되며 각 풍화등급 별로 집단을 이루어 공통적인 경향을 가진다 할지라도 이러한 평가

는 객관성이 떨어진다. 따라서 주관적인 판단에 대한 현실적인 접근을 위하여 확률론적 해석을 실시하였다.

각 암종별 강도시험 등으로 산정된 시험 값을 사용하여 확률론적 해석을 수행하였으며, 해석시 각 시험의 평균값과 표준편차를 산정한 후 분포형을 정규분포형으로 가정하여 사용하였다(표 6 참조).

표 6. 전체 암종의 풍화등급별 시험결과와 통계처리 결과

구분	풍화도	HW	MW	SW	F
	확률 분포영역				
일축압축강도 (kg/cm ²)	80%구간	-	255.72~691.68	284.83~1044.71	614.11~1690.57
	90%구간	-	193.56~753.84	176.48~1153.06	460.63~1844.05
	95%구간	-	139.91~807.49	82.98~1246.56	328.18~1976.50
점하중강도 (kg/cm ²)	80%구간	0.84~9.72	6.52~25.98	20.57~42.43	33.13~82.85
	90%구간	0~10.99	3.75~28.75	17.45~45.55	26.04~89.94
	95%구간	0~12.08	1.35~31.15	14.76~48.14	19.93~96.05
슈미트해머수치	80%구간	9.45~19.35	18.21~32.31	29.11~40.53	36.88~56.96
	90%구간	8.03~20.77	16.20~34.32	27.48~42.16	34.02~59.82
	95%구간	6.81~21.99	14.46~36.06	26.08~43.56	31.55~62.29
흡수율 (%)	80%구간	1.54 ~ 7.68	0.66 ~ 8.56	0 ~ 9.31	-
	90%구간	0.47 ~ 3.39	0.05 ~ 3.80	0 ~ 4.16	-
	95%구간	0.26 ~ 1.80	0.04 ~ 2.02	0 ~ 2.21	-

리핑암과 발파암의 구분 기준은 확률밀도 함수 그래프 결과를 기준으로 구분하였으며 경우에 따라 시료채취의 대표성 및 시험 오차성을 다소 감안하여 조정점을 두었다.

시험한 결과로 리핑암과 발파암에 대한 경계 기준을 선정하면, 화성암은 리핑암과 발파암에 대한 일축압축강도의 기준을 300kg/cm²으로 하였으며 점하중강도 7kg/cm², 슈미트 해머수치 20, 흡수율 3.4%를 기준으로 하였다.

퇴적암은 일축압축강도의 기준을 250kg/cm²으로 하였으며 점하중강도 12kg/cm², 슈미트 해머수치 20, 흡수율 3.4%를 기준으로 하였다.

변성암은 리핑암과 발파암에 대한 일축압축강도의 기준을 240kg/cm²으로 하였으며 점하중강도 10kg/cm², 슈미트 해머수치 17, 흡수율 3.4%를 기준으로 하였다(표 7 참조).

일축압축강도는 시험한 결과 값들이 일반적으로 문헌에서 언급된 암석강도보다 낮은 범위에 존재하였다.

표 7. 암반굴착난이도별 일축압축강도, 점하중강도, 슈미트 해머 수치, 흡수율 기준

암 종	굴착난이도	발 파 암			
		리핑암 HW	MW	SW	F
화성암	일축압축강도(kg/cm ²)	0~300	300~420	420~610	610 이상
	점하중강도(kg/cm ²)	0~7	7~16	16~32	32 이상
	슈미트 해머수치	0~20	20~28	28~38	38 이상
	흡수율(%)	3.4이상	1.5~3.4	0~1.5	-
퇴적암	일축압축강도(kg/cm ²)	0~250	250~780	780~1100	1100 이상
	점하중강도(kg/cm ²)	0~12	12~25	25~41	41 이상
	슈미트 해머수치	0~20	20~30	30~39	39 이상
	흡수율(%)	3.4이상	1.5~3.4	0~1.5	-
변성암	일축압축강도(kg/cm ²)	0~240	240~500	500~810	810 이상
	점하중강도(kg/cm ²)	0~10	10~27	27~48	48 이상
	슈미트 해머수치	0~17	17~22	22~45	45 이상
	흡수율(%)	3.4이상	1.5~3.4	0~1.5	-

4.4 토층, 리핑암 및 발파암의 탄성과 속도

본 연구에서는 그림 3과 같이 암판정이 완료된 굴착사면에 대해 탄성과 탐사를 실시하여 토층, 리핑

암, 발파암에 대한 탄성과 속도를 조사하였으며 또한, 굴착난이도는 암반의 강도적인 측면 이외에도 절리면의 간격에 따라 크게 좌우되므로 절리간격에 대한 평가를 실시하였다.

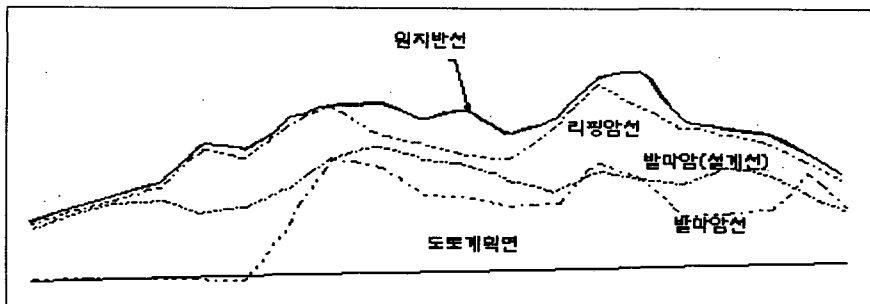
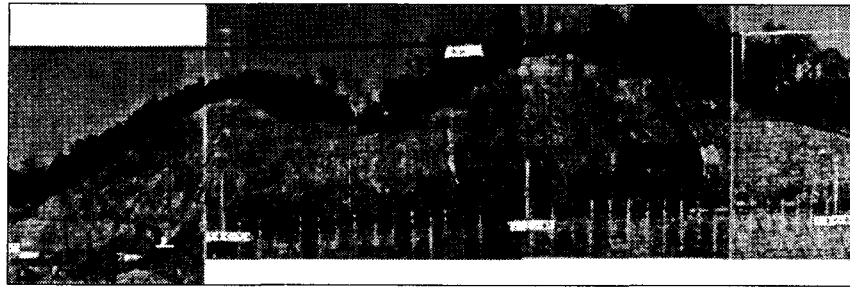


그림 3. 현장에서의 암반 굴착난이도 평가 예

절리면의 간격은 토층, 리핑암, 발파암으로 이루어진 사면의 각 구성 암층에서 Scanline Method를 이용하여 다섯 차례 정도 실시, 절리면의 평균간격을 구하였다. 단, 토층은 풍화로 인해 절리간격을 측정할 수 없었다. 현장에서 조사된 이들 절리간격과 탄성과 속도와의 관계는 그림 4와 같으며 리핑암에서의 절리간격은 약 20cm 이내에서 많이 분포하는 것으로 나타났고 발파암은 20cm 이상에서 많이 분포하고 있음을 알 수 있다.

현장에서 실시된 탄성과 탐사결과에 의하면, 탄성과속도가 그림 5와 같이 토층은 주로 750m/sec 이내에서 주로 분포하는 것으로 나타났으며, 리핑암은 750~1,700m/sec 범위에서 주로 분포한다. 그리고 발파암은 1,700m/sec 이상에서 분포하는 것으로 나타났다.

탄성과 속도는 암종별로 다소 차이를 보이지만 본 기준에 작성에서는 기준의 단순화를 위한 암종 구분없이 토층과 리핑암, 발파암에 대한 탄성과 속도기준안을 표 8과 같이 작성하였다.

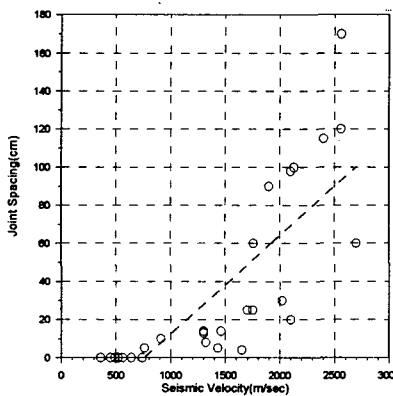


그림 4. 탄성과속도와 절리간격과의 관계

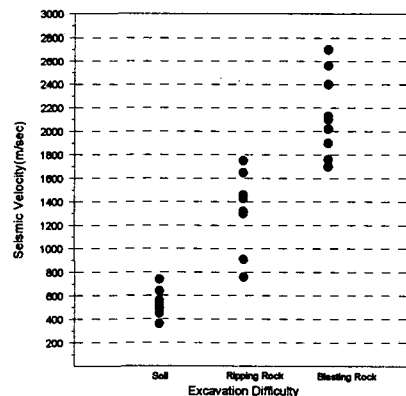


그림 5. 굴착난이도별 탄성과속도 시험결과

표 8. 암반의 굴착난이도별 탄성파속도 기준

구 분	탄성파 속도(m/sec)	절리간격	비 고
토 층	750 이하	풍화로 측정 곤란	
리핑암	750~1,700	0~20cm	
발파암	1,700이상	20cm 이상	

제 5 장 굴착난이도 평가를 위한 체크리스트 제안

현재 적용되고 있는 굴착난이도 평가, 즉 토층, 리핑암, 발파암에 대한 기준은 주로 탄성파 속도에 의하는 경우가 많으나 탄성파속도의 측정이 보편화되지 못하고 있는 실정이다. 특히, 국내의 건설부 표준 품셈 및 기타 기관에서의 암판정기준은 구분자체가 정성적인 기준을 적용하고 있는 항목이 많으므로 현장에서 객관적인 방법으로 리핑암과 발파암을 구분할 수 있는 방법이 필요하다.

5.1 굴착난이도 평가 항목의 선정

본 연구에서는 굴착난이도 평가를 위한 검토항목의 선정을 위하여 기존의 문헌자료조사, 현장실험 및 실내실험과 현장에서의 육안 관찰자료 등을 분석하였다.

조사된 자료에 의하면 암의 리핑작업 효율성인 Rippability를 평가하는데 영향을 미치는 인자는 암의 형태, 암의 구조, 암의 강도, 풍화정도, 암의 조직 및 암의 탄성파속도 등으로 알려져 있으며, 따라서 본 연구에서도 이에 관련된 자료를 조사하고 본 연구를 위해 수행한 현장 및 실내시험결과와 현장조사결과를 토대로 평가항목을 선정하였다.

따라서 암반의 굴착난이도를 평가하기 위한 항목으로서 현장암반에 대해 ① 탄성파속도, ② 암석강도, ③ 암반의 풍화도, ④ 암괴블럭의 크기의 4가지를 제안하며 이를 검토함으로써 현장암반의 리핑가능성을 평가할 수 있도록 하였다.

각각의 항목 평가는 현장시험이나 실내시험 및 현장관찰로서 시행할 수 있으며 각 항목마다 기준이 되는 항목을 설정하여 이를 기준으로 각 항목을 평가하고 기준항목 이외에 추가항목을 선정하여 추가항목에 대한 평가가 가능할 경우 이를 이용하여 좀더 신뢰성이 있는 평가가 될 수 있도록 하였다.

5.2 굴착난이도 평가법의 제안 및 활용방안

굴착난이도에 영향을 미치는 요소들을 평가한 결과, 본 연구에서 포함시키고자 하는 각각의 항목 및 요소들은 굴착성에 영향을 미치는 것이 분명하나, 개개의 요소들만으로 굴착난이도를 평가하는 것은 잘못된 평가를 할 가능성을 많이 내포하고 있다.

따라서, 본 연구에서는 굴착난이도에 대한 평가시 선정된 항목에 대하여 각각을 모두 평가하고 이로부터 종합적인 판단을 할 수 있는 방안을 마련함으로써 전체적으로 대상 암반의 굴착난이도를 구분하도록 하였다.

국내의 현실상 굴착난이도를 평가하기 위한 절차 중 탄성파속도의 측정은 대상 사면에 대하여 모두 실시하는 것이 어렵기 때문에 본 연구에서는 탄성파속도 항목을 제외한 항목에 대해서는 기본항목으로서 항상 실시하여야 하는 항목으로 선정하고 탄성파속도에 의한 평가항목은 시험을 실시할 경우 평가기준을 보완할 수 있도록 하였다(표 9 참조). 표에서 기준값으로 정한 값을 만족하면 발파암으로 만족하지 못하면 리핑암으로 평가하게 된다.

단, 각각의 항목에 관해서는 그 항목의 중요도나 측정값 또는 판단치의 신뢰도에 따라 전체적인 굴착난이도에 미치는 영향을 달리하기 위하여 각 항목별로 평가비율이 도입되어야 할 것이며 이는 많은 적용을 통하여 계속 수정되어야 할 사항이라 판단된다.

표 9. 암반굴착 난이도 평가를 위한 체크리스트

(a) 기본항목

항목구분	구 분		기준값
기본항목	암석강도 (30%)	SHV	20이상
		점하중강도	10kg/cm ² 이상
	풍화도 (30%)	육안관찰	HW이하
		흡수율	3.4%이하
	암괴크기 (40%)	단위체적당 절리수*	30개 이하
		절리면 풍화정도	HW이하
합 계			

(b) 보완항목

항목구분	구 분		기준값
보완항목	탄성파속도	탄성파속도	1,700m/sec이상
	암괴크기	코아 T.C.R	20%이상

* 단위체적당 절리수는 현장 RQD를 대신할 수 있는 지수로서 단위체적당 절리수가 30개정도면 시추코아에 의한 RQD는 약 15%정도이다.

제 6 장 결 론

본 연구에서는 리핑암과 발파암에 대한 강도시험을 실시하여 암석의 강도특성을 파악하고, 이로부터 토층, 리핑암, 발파암 구분을 위한 굴착난이도 평가방안을 제안하고자 하였으며 그 결과는 다음과 같다.

- 1) 본 연구에서는 암반의 굴착난이도 평가시 개개인의 주관을 최대한 배제하고 객관적인 자료로서 평가할 수 있는 지표를 마련하기 위하여 굴착난이도에 영향을 미치는 인자를 파악하고 각 인자들에 대해 리핑암과 발파암의 경계값을 제안하였다. 이를 위하여 암석강도에 대한 실내시험을 실시하여 강도시험 상호간의 상관관계를 구명하였으며 각 결과의 분석을 통하여 암반의 굴착난이도 판정을 위한 기초자료로 이용하였다. 또한 굴착난이도에 따른 탄성파 속도 기준은 현장에서 실시된 탄성파 탐사결과에 의하여 제안하였다.
- 2) 시험결과 굴착난이도에 영향을 미치는 각 인자들을 시험의 적용성에 따라 항상 실시해야 하는 기본항목과 필요시 또는 시험시행시 굴착난이도를 평가할 수 있는 보완항목으로 구분하여 이 인자들을 종합적으로 고려하여 판단할 수 있도록 체크리스트를 제안하였다. 제안된 체크리스트는 인자의 중요도와 정확성 등으로부터 전체 판단에 영향을 미치는 비율을 산정하여 적용할 수 있을 것이며 이는 많은 현장적용예로부터 지속적으로 수정, 보완되어야 할 것이다.
- 3) 리핑암과 발파암의 굴착비용은 8~15배정도 차이를 보이거나 건설현장에서 리핑암과 발파암을 확연하게 구분되지 않는 애매함을 가지고 있으므로 리핑암과 발파암의 중간단계, 어려운 리핑암 또는 준발파암과 같은 등급의 굴착단가 산출이 요구된다.

참 고 문 헌

1. 전인식, (1997), "建設標準 품셈", 건설연구사, pp95~101.
2. 한국도로공사(1992), "도로설계요령(토공 및 배수)", pp.46~51
3. Atkinson, T., (1970), "Ground preparation by ripping in open pit mining", Min Mag, pp458~469.
4. Church, H. K.(1981), "Excavation Handbook", Mcgraw-Hill Inc.
5. Romana, M. "New Adjustment Rating for Application of Bieniawski Classification to Slopes." Proc. Int. Symp. Rock Mech. Min. Civ. Works, ISRM, Zacatecas, Mexico, 1985, pp.59-63.
6. Singh, R. N., B. Denby, I. Egretli, and A. G. Pathon. "Assessment of Ground Rippability in Opencast Mining Operations." Min. Dept. Mag. Univ. Nottingham 38, 1986, pp.21-34.
7. Smith, H. J., "Estimating Rippability by Rock Mass Classification." Proc. 27th U.S.Symp. Rock Mech., AIME, New York, 1986, pp.443-448