

대구지역 굴착암석의 물리적 특성

Physical Properties of Excavated Rocks in Taegu Area

이상호(경북대), 차완용(경북대)*, 김영수(경북대), 이재호(경북대)

Lee, Sang Ho · Cha, Wan Yong · Kim, Young Su · Lee, Jae Ho

Abstract

At this study, we investigated the chemical component and the mineral granular composition of sedimentary rock and others where were distributed in Taegu area and compared correlations with each data through the various physical and mechanical characteristic test. As the result, D and E, they are kinds of granite, which contain much Albite than others were proved to be strong rocks by mechanical tests and the correlation moduli were proved to be more than 0.8 except P wave velocity-Poisson's ratio relation when examined Elastic modulus-Poisson's ratio, P wave velocity-Uniaxial compression strength, Elastic modulus-Uniaxial compression strength and Uniaxial compression strength-Poisson's ratio correlation function graph.

I. 서론

현대 산업사회의 발달과 더불어 지하공간의 활용이 증가되고 있다. 특히 지하철, 도로 등의 터널, 각종 지하 저장설비 등과 같은 지하공간의 필요성 때문에 이들의 설계, 시공, 유지, 보수문제와 관련된 역학적 거동특성을 충분히 파악하여야 한다. 암석은 비균질, 비등방성을 가진 재료이며 그 역학적 성질이 매우 복잡하기 때문에 아직까지 모든 역학적 특성을 규명하지 못하여 변형 거동특성을 예측하지는 못하는 실정이다. 본 연구에서는 대구지역에 분포되어 있는 퇴적암 및 기타 암석을 대상으로 화학성분과 광물입자조성을 파악하고, 각종 물리적·역학적 특성시험을 실시하여 암반정수들의 상관성을 비교하였다.

II. 시료 채취 장소 및 방법

본 연구에서 사용한 퇴적암 R1, R2는 대구 북구 산격동, R3는 침산동, R4는 지하철 2-7공구, C는 산격동, D, E, B1, B2, B3는 지하철2-15공구에서 각각 8ton트럭 2대씩 채취하였다. 암석의 공학적 특성에 관한 시험에 사용한 시료는 블록상태의 원석을 NX사이즈의 원형코아로 성형하여 사용하였다.

III. 본론

1. 시험내용 및 방법

대구지역(지하철현장)에서 산출되는 암석을 광물구성 및 화학성분 분석은 XRD회절시험과 편광현미경시험, XRF측정시험을 각각 실시하였고, 기본 물성시험은 일축압축시험, 포아송비, 탄성파속도시험, 탄성계수, Slaking시험 등을 실시하였다.

2. 시험결과 및 고찰

2.1 암석의 광물특성

기계적 풍화작용에 의해 형성된 세립질 퇴적물은 주로 석영, 장석, 백운모, 흑운모와 같은 주요 조암광물과 점토 광물로 구성되어 있다. 채취한 암석의 X-RAY 회절시험 결과 표. 1과 Fig. 1~3과 같은 양상을 보였으며, 대구지역의 암석성분은 석영(Quartz, Qz), 장석(Albite, Ab), 방해석(Calcite, Cc) 및 다량의 점토 광물(Clay mineral)로 이루어져 있다. 표 2는 연구 대상 암석의 화학성분비를 나타낸 것이다. 사진. 1~3은 규장암과 이회암, 감람석 현무암에 대한 편광현미경 사진이다. 구성광물에 대한 분석을 하면 R3시료는 Hp와 En 등이 다른 시료와 달리 많이 함유하고 있으며 B3시료도 8%정도 포함하고 있다. 점토광물은 R3, D 및 E등을 제외한 시료들에서 20~30%정도 함유하고 있다. 시료의 화학성분은 SiO_2 와 Al_2O_3 , CaO가 주성분이며 각각의 시료들은 SiO_2 가 B3, C시료를 제외하고 전체의 50%이상 구성하고 있다. 각각의 시료들을 분석하는데 있어 암석의 풍화가 심할수록 CaO가 감소하는 경향을 나타내었다. 그리고 암석의 화학성분비 중 Al_2O_3 는 풍화에 관계없이 그 수치는 거의 변하지 않는 것으로 알려져 있다.



사진. 1 D의 편광현미경사진

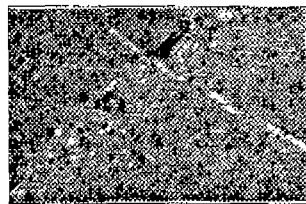


사진. 2 B의 편광현미경사진

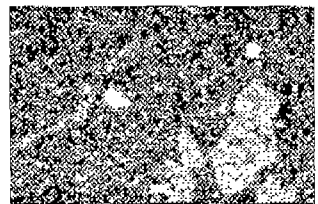


사진. 3 E의 편광현미경사진

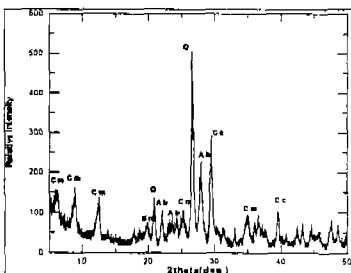


Fig. 1. X-ray diffraction patterns of B3 sample

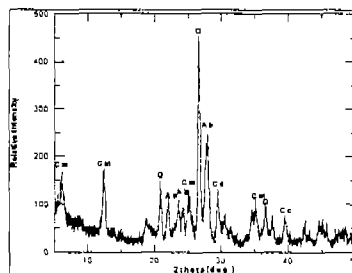


Fig. 2. X-ray diffraction patterns of B1 sample

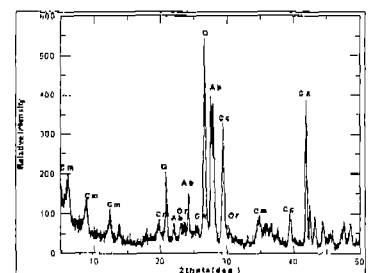


Fig. 3. X-ray diffraction patterns of R2 sample

표 1 암석의 광물구성비(%)

시료명 성분	R1	R2	R3	R4	B1	B2	B3	C	D	E
Qz	36.20	18.44	11.38	30.05	21.11	18.10	3.51	16.44	18.41	-
Or	7.85	12.27	9.66	12.24	-	3.60	-	2.20	2.22	13.57
Ab	37.13	23.56	35.55	37.37	31.72	26.74	26.55	17.83	74.72	43.41
An	4.92	12.01	7.60	6.78	4.28	-	-	16.59	1.38	8.20
Co	-	-	1.89	-	5.43	-	2.63	-	0.27	1.73
Wo	1.01	-	-	0.32	-	-	-	1.69	-	-
Di	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Hp	-	-	23.54	-	-	-	8.88	-	1.32	0.56
En	-	-	20.54	-	-	-	8.12	-	-	0.43
Fs	-	-	3.00	-	-	-	0.76	-	1.32	0.13
Ol	-	-	-	-	-	-	-	-	-	17.43
Fe	-	-	-	-	-	-	-	-	-	13.42
Fa	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4.01
Clay mine	2.59	18.45	-	2.79	32.02	27.58	15.36	21.34	-	-
Ilm	-	-	-	-	-	0.59	0.55	-	-	-
Mt	0.73	2.32	3.27	1.30	1.96	2.13	2.32	1.83	0.97	2.27
Cc	8.07	11.21	5.14	7.82	1.48	18.20	38.16	20.64	0.11	9.89
Tn	1.15	1.26	1.56	1.05	1.51	7.48	5.76	1.05	0.48	2.22
Ap	0.34	0.48	0.41	0.29	0.48	0.32	-	0.4	0.12	0.72

표 2. 암석의 화학성분비(%)

시료번호 화학성분	R1	R2	R3	R4	B1	B2	B3	C	D	E
SiO ₂	71.55	55.89	56.68	67.77	56.36	50.93	36.10	46.54	72.12	47.41
TiO ₂	0.55	0.60	0.73	0.49	0.70	0.59	0.41	0.49	0.23	1.06
Al ₂ O ₃	10.23	14.49	12.48	11.65	16.98	14.10	9.56	11.87	15.04	14.90
Fe ₂ O ₃	0.69	2.22	3.05	1.22	1.81	2.02	2.35	1.70	0.94	2.15
MnO	0.07	0.09	0.11	0.07	0.05	0.06	0.24	0.19	0.03	0.15
MgO	0.07	3.30	7.26	0.10	4.95	3.50	8.26	4.67	-	6.58
FeO	1.36	2.67	3.15	1.62	5.65	3.11	2.36	2.31	1.25	4.32
CaO	6.10	8.81	4.78	5.88	2.34	9.41	18.83	14.80	0.58	7.77
Na ₂ O	4.09	2.63	3.86	4.08	3.42	2.95	3.13	1.93	8.43	4.79
K ₂ O	1.59	3.93	1.59	2.32	3.17	3.07	1.72	2.56	0.38	2.28
P ₂ O ₅	0.15	0.23	0.19	0.14	0.22	0.15	0.17	0.19	0.06	0.34
Co ₂	2.87	4.04	1.80	2.75	0.52	6.48	14.53	7.22	0.04	3.53
H ₂ O	0.06	0.44	3.95	1.47	3.31	3.11	1.52	5.01	0.48	4.19
합계	99.36	99.33	99.62	99.54	99.36	99.49	99.22	99.47	99.57	

주광물은 Qz, Or, Ab, An 등이 였으며, 구성광물에 관한 분석은 표.1 에 표시하였다. 각각의 시료들을 분석하는데 있어 암석의 풍화가 심할수록 CaO가 감소하는 경향을 보이는데, B군에서 B3시료는 상대적으로 SiO₂가 적고 점토광물을 많이 함유하지 않으며, CaO의 수치가 높은 것을 보아 풍화도가 많이 진행되지 않았음을 보이며, R군에서는 R3시료가 상대적으로 CaO가 낮아서 풍화도가 많이 진행됨을 알 수 있다. C성분은 CaO가 높아 풍화도는 많이 진행되지 않았지만 점토광물을 많이 함유하고 SiO₂가 낮아 암석자체의 강도는 떨어짐을 알 수 있다. D성분은 점토광물이 적고, MgO와 FeO, CaO가 낮아 원암의 풍화도가 적고, 내부침전물이 적다. E 성분은 Fe, Mg성분이 많이 함유된 규장암 계열로 점토광물이 적은 것으로 보아 지표 가까이에서 갑자기 냉각·고결 되어 암질이 견고하고 치밀한 것을 알 수 있다.

2. 2 암석의 공학적 특성

암석에 관련된 일축압축시험, 탄성파시험, Slaking 시험을 실시하여 표 3과 같은 결과를 얻었다. 각 시료별 P파 속도는 Fig. 4와 같은 양상을 보이고 있다. 각 시료의 P파 속도는 일축압

축강도와 그림을 비교하였을때 연관성을 보이고 있다. 하지만 R3시료는 질리, 총리와 같은 분 연속면이 많이 존재하였기에 P파속도는 크게나왔지만 일축강도는 다른 시료에 비해 적게 측정되었다. Fig. 5는 각 시료별 일축압축강도를 나타낸 것이고, Fig. 6은 각 시료의 탄성계수를 나타낸 것이다. 각각의 시료를 P파속도와 일축압축강도를 기준으로 하여 건설품질표로 판정하면 R1, R4시료는 보통암, R2, C, D, B2시료는 연암, R3시료는 풍화암, E, B1, B3시료는 경암으로 판정되었다.

표 3. 암석 및 파쇄 즉시 골재 시험결과

암석 시험							
종 류	원산지(대구)	P파 속도(km/sec)	일축압축강도(kg/cm ²)	포아송비	탄성계수	Slaking 시험2회(%)	시료판정
R1	북구 신격동	4.878	577.73	0.168	2.387	98.59	이암
R2	산격동	3.664	333.60	0.126	2.47	99.15	알코즈 사암
R3	침산동	5.495	224.53	0.114	1.06	99.33	열기성 용회질 사암
R4	지하철2-7공구	4.950	1072.23	0.222	2.275	96.97	알코즈 사암
C	산격동	3.883	369.64	0.097	2.23	99.50	이질사암
D	지하철2-15공구	4.306	815.53	0.240	2.994	99.47	규장암
E	지하철2-15공구	5.357	1540.50	0.287	6.395	99.55	감람석 현무암
B1	지하철2-15공구	5.711	1672.59	0.269	6.997	99.82	흑색세일
B2	지하철2-15공구	4.162	308.46	0.091	1.603	98.97	이회암
B3	지하철2-15공구	5.926	1643.89	0.338	6.5	99.71	이회암

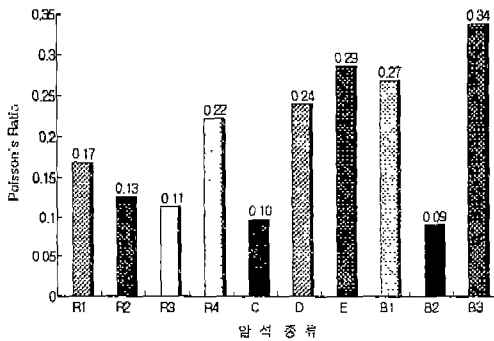


Fig. 4. 각 시료별 포아송비

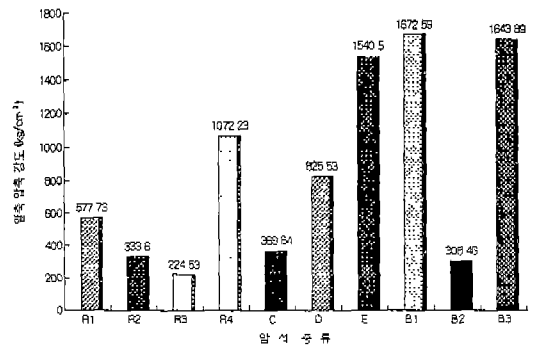


Fig. 5. 각 시료별 일축압축강도

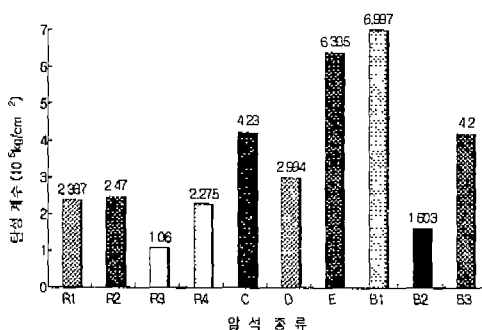


Fig. 6. 각 시료별 탄성계수

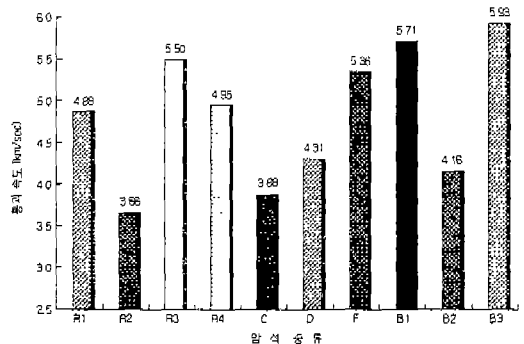


Fig. 7. 각 시료별 P파속도

일축압축강도와 Poisson's Ratio는 R4시료를 제외하고는 직선적인 상관관계를 가지고 있을 실험을 통하여 입증되었다. R군은 포아송비가 각각 0.168~0.114정도로 측정되었고, 기타군(C,D,E)는 C시료가 0.097, D시료는 0.24, E시료는 0.287로 각각 측정되었는데 화강암계열인 D, E시료는 다른 시료들 보다 포아송비가 더 크게 측정되었다. 각시료별 Slaking시험을 시료별로 총 2회를 실시하였으며, 그 결과치를 비교하면 B군은 Slaking시험 회수가 증가할 때 거의 손실이 없는 것으로 나타났다. 기타군(C, D, E)은 C시료가 Slaking 시험회수의 증가에 따라 현저하게 손실율이 증가하였으며, R군에서는 R4가 현저하게 손실율이 증가하였다. Slaking실험결과(2회기준) B1, B2, D, E, R2, R3시료는 손실지수가 양호하게 나타났다. 이암이나 사암의 경우 시료의 점토성분 함유율이 높은 경우 Slaking손실율이 증가하는데 R1과 R4, C시료가 여기에 속한다.

2. 3 각 암석정수들의 상관관계

세립질 퇴적물로 구성된 대구지역의 암석들의 상관관계를 구하기 위해 P파-포아송비, 일축 압축강도-포아송비, P파-일축압축강도, 탄성계수-일축압축강도, 탄성계수-포아송비를 선형회귀 분석으로 표 4를 구하였다. 상관계수가 1과 -1에 가까울수록 관련성이 높다고 본다. Fig. 4~6는 각각의 그래프를 나타낸 것이다. Fig.4는 일축압축강도와 포아송비 관계로서 회계분석으로 구한 직선식을 이용하여 상한경계선과 하한경계선을 그렸다. 암석의 물성치시험 결과를 바탕으로 서로의 상관관계를 선형회귀 분석한 표 4를 통해 일축압축강도-포아송비, 탄성계수-일축압축강도, 탄성계수-포아송비, P파-일축압축강도의 관계가 0.8이상의 비교적 높은 상관계수를 보였으며, 이를 바탕으로 암석의 탄성계수와 포아송비를 통해 일축압축강도를 대략 추정할 수 있었다.

표 4 각 암석정수들의 상관관계

상관관계	상관식	상한경계선	하한경계선	상관계수(r)
P파(X)-포아송비(Y)	$Y=0.0768974X-0.176461$	$Y=0.0768974X-0.09$	$Y=0.0768974X-0.23$	0.70
탄성계수(X)-일축압축강도(Y)	$Y=245.4X-0.844539$	$Y=245.4X+520$	$Y=245.4X-300$	0.93
탄성계수(X)-포아송비(Y)	$Y=0.0338789X+0.0769265$	$Y=0.0338789X+0.15$	$Y=0.0338789X+0.03$	0.86
P파(X)-일축압축강도(Y)	$Y=664.287X-2235.77$	$Y=664.287X-2000$	$Y=664.287X-2670$	0.93
일축압축강도(Y)-포아송비(Y)	$Y=0.000142203X+0.0734924$	$Y=0.000142203X+0.125$	$Y=0.000142203X+0.03$	0.947

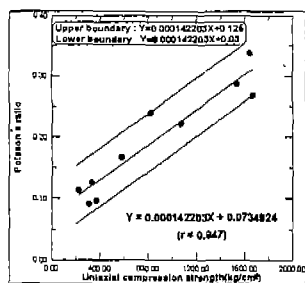


Fig. 8. 일축압축강도와 포아송비의 상관관계

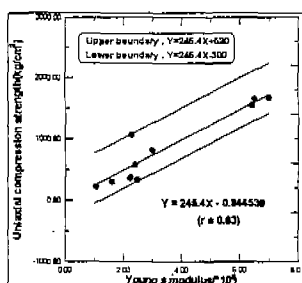


Fig. 9. 탄성계수와 일축압축강도의 상관관계

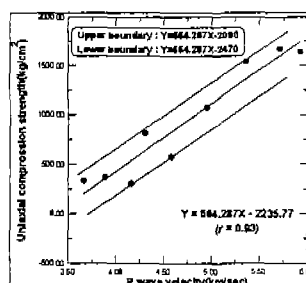


Fig. 10. 일축압축강도와 P파의 상관관계

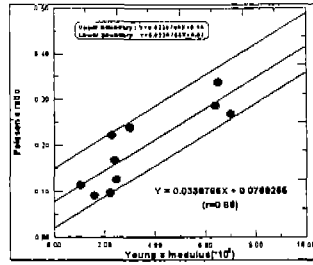


Fig. 11. 탄성계수와 포아송비의 상관관계

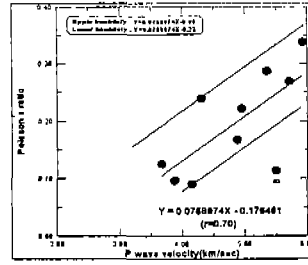


Fig. 12. P파속도와 포아송비의 상관관계

IV. 결론

1. 본 연구에서 사용된 시료들의 주요 광물은 Qz, Or, Ab, An 등이었으며, 이들 광물이 전체 구성광물의 50% 이상을 차지하였다. 그리고, 화학성분을 분석한 결과 시료의 화학성분은 SiO₂와 Al₂O₃, CaO가 주성분이며 각각의 시료들은 SiO₂가 B3, C시료를 제외하고 전체의 50% 이상 구성하고 있다.
2. 암석의 물성치시험 결과를 바탕으로 서로의 상관관계를 선형회귀 분석한 결과 일축압축강도-포아송비, 탄성계수-일축압축강도, 탄성계수-포아송비, P파-일축압축강도의 관계가 0.8이상의 비교적 높은 상관계수를 보였다. 그리고, 암석의 탄성계수와 포아송비를 통해 일축압축강도를 대략 추정할 수 있었다.
3. 암석시험결과를 기초로 하여 각각의 시료를 건설품질표기준에 의거 암판정을 하면 각각 R1, R4시료는 보통암, R2, C, D, B2시료는 연암, R3시료는 풍화암, E, B1, B3시료는 경암으로 판정되었다.
4. 이암이나 사암의 경우 시료의 점토성분 함유율이 높은 경우 Slaking손실율이 증가하는데 R1, R4, C시료가 여기에 해당된다.
5. 모든 실험치들의 상관관계는 총리의 영향을 제거한다면 0.9이상의 높은 상관계수를 얻을 것으로 추정된다.

참고 문헌

1. 김영수의, 대구지역 퇴적암 절트사면의 안정해석에 관한 문제점 - '97 사면안정 학술발표회 논문집, 1997.
2. 고인석, 이용태, 김종근, 1994, 경상분지 백악기 상부경상상누층군 사암의 퇴적변질, 석유지질학회, 제2권 1 호, p. 176
3. Deere, D. U. and Miller, R. P. Engineering classification and index properties for intact rock. Technical Report No. AFNL-TR-65-116 Air Force Weapons Laboratory, New Mexico, 1966.
4. Clive Whiston, 1987, X-ray Methods, Analytical Chemistry by Open Learning, : Wolverhampton Polytechnic, UK, 29~33p, 296~305p, 309~312p,
5. 윤지선, 1991, 암석·암반의 조사와 시험, (사단법인)일본토질공학회편, 483~492p, 515~520p