

공주지역 퇴적암의 풍화특성에 관한 연구

신방웅, 최기봉*, 이봉직**, 배우석

충북대학교 토목공학과, 충청대학 산업안전과*, 충주대학교 도시공학과**

1. 서 론

암반을 대상으로 하는 건설공사는 많은 시간과 비용, 설계, 시공, 안전상에 많은 문제점을 일으키고 있다. 이러한 암반들은 흡수, 풍화 등에 기인하여 안정성이 약화되어 낙석, 산사태, 붕괴 등의 위험을 안고 있으며 이러한 현상은 우기, 해빙기에 두드러지게 나타나고 있다. 비균질, 비등방성의 역학적 성질을 지닌 암석은 변형 거동을 완벽하게 예측하지는 못하고 있는 실정으로 이러한 거동은 암석의 종류와 구성 광물, 내부 불연속면의 상태, 응력 조건과 온도, 습도의 함수비 등과 같은 다양한 요소에 의해 영향을 받으며, 이러한 경향은 퇴적암의 경우 두드러지게 나타나고 있다¹⁾.

따라서, 본 연구에서는 공주지역의 각력역암과 세일을 대상으로 물리·역학적 시험을 실시하여 풍화에 따른 퇴적암의 역학적 특성 변화를 구명하였다.

2. 물성시험 결과 및 분석

(1) Slaking 시험

Fig. 2.1, Fig. 2.2에 보이는 바와 같이 각력역암의 경우 건습의 2회 반복으로 0.42~14.89%의 손실량을 보이고 있으며 세일의 경우는 0.77~41.62%의 손실량을 나타내고 있다. 손실량이 넓은 범위를 나타내는 것은 각각의 시료가 가지는 강도에 따라 각기 다른 손실을 보이고 있기 때문이며 세일이 비교적 큰 손실량을 나타내고 있음을 관찰할 수 있다.

각력역암인 C1~C4 시료는 표면 노출 시료로서 건습의 반복에 따라 85.11~91.49%의 값을 보이고 있으므로 풍화에 대해 중내지·고의 내구성을 나타내고 있으며 C5~C8 시료는 98.85~99.58%로 건습의 반복에도 큰 손실량을 보이고 있지 않으므로 거의 slaking의 영향을 받고 있지 않음을 알 수 있다.

세일인 S1~S4 시료 역시 강도가 약한 표면 노출 시료로써 58.37~83.01%의 slaking 지수를 보이므로 풍화에 대해 상당히 영향을 받고 있다는 것을 관찰할 수 있으며, 건습이 반복됨에 따라 50%이하의 범위로까지 저하되는 현상을 나타내고 있다. 대체적으로 S5~S8 시료의 경우에는 97.54~99.23%의 값을 보이므로 slaking의 영향을 받고 있지 않음을 알 수 있다.

이와 같이 slaking현상은 암석자체의 강도와 주변환경에도 크게 영향을 받음을 관찰할 수 있다.

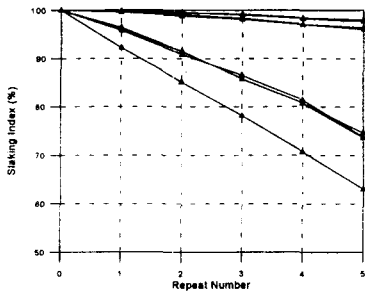


Fig. 2.1 Slaking index with repeated number (conglomerate)

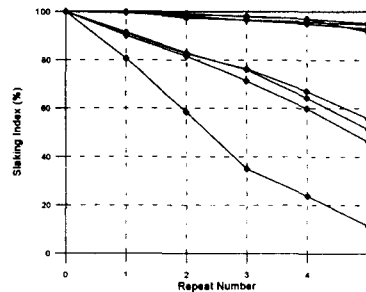


Fig. 2.2 Slaking index with repeated number (Red shale)

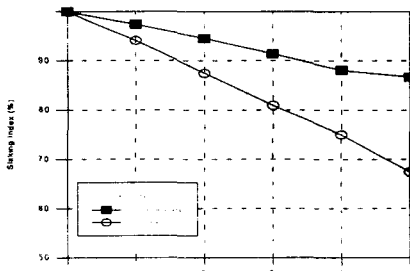


Fig. 2.3 Comparison of slaking index with rock types

Fig. 2.3은 건습의 반복에 따른 각력역암과 셰일의 평균 내 slaking 지수의 변화를 보여준다. 각력역암의 경우 4회의 건습반복에 의해 손실량이 둔화됨을 나타내고 있으나 셰일의 경우 5회의 반복에도 지속적인 손실양상을 나타내고 있다. 건·습의 반복횟수가 증가함에 따라 slaking에 대한 내구성이 지속적으로 저하됨을 관찰할 수 있으며 각력역암에 비해 셰일이 풍화에 대한 저항력이 약화됨을 관찰할 수 있다.

(2) 흡수율 시험

시험결과 각력역암이 셰일에 비해 약간 치밀함을 나타내고 있다. 이는 각력역암의 경우 렉(gravel)이 고결되어 있는 것으로 렉자체가 치밀하며 셰일과 같이 성층면이 존재하지 않아 공극이 작은 것에 기인한다. 또한, 흡수율이 넓은 범위에 걸쳐 나타나는 것은 풍화정도에 기인하는 것으로 판단된다.

Table 2.1 Results of absorption test with rock types

Rock types	Dry	Absorption quantity	Absorption (%)	Ave.	Rock types	Dry	Absorption quantity	Absorption (%)	Ave.
Conglomerate	74.02	74.38	0.486	0.731	Red Shale	83.25	85.37	2.547	1.581
	74.07	74.43	0.490			83.27	85.07	2.162	
	74.07	74.52	0.996			97.11	98.95	1.895	
	74.07	74.43	0.956			97.34	98.97	1.675	
	99.32	100.18	0.866			102.91	103.54	0.612	
	99.41	100.40	0.996			107.22	109.00	1.660	
	161.01	161.54	0.329			140.86	141.59	0.518	

3. 역학시험 결과 및 분석

(1) 일축압축강도시험

암석의 강도측정 방법 중 가장 대표적인 시험이며 기본적인 물성치로서 암석의 강도특성이나 암 분류에 있어 가장 일반적인 지표로 사용되고 있다.

시험은 노건조나 포화시의 강도변화 특성을 파악하기 위하여 퇴적암의 풍화에 따른 강도 특성의 변화를 파악하기 위해 시추 심도에 따라 실시되었다. 또한, 암석의 풍화나 흡수에 따른 강도 특성의 변화를 검증하기 위해 노건조상태/포화상태의 강도비를 이용하였다.

1) 각력역암의 일축압축강도

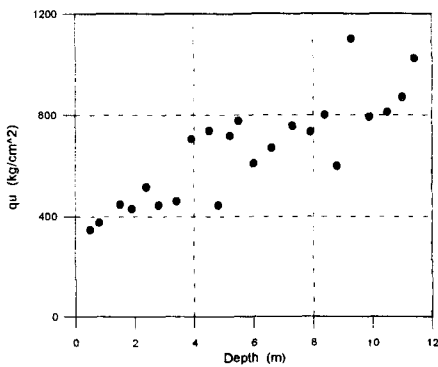


Fig. 3.1 Uniaxial compression test on conglomerate(natural condition)

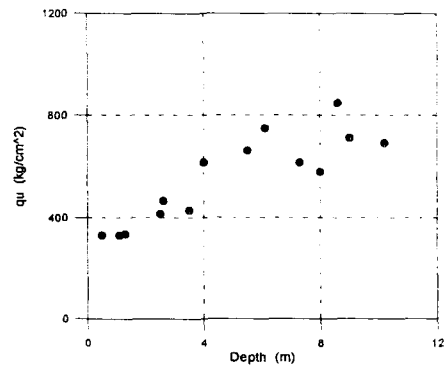


Fig. 3.2 Uniaxial compression test on conglomerate(dry condition)

Fig. 3.1에서 볼 수 있듯이 자연상태 각력역암의 일축압축강도는 대체적으로 일정심도 이상인 경우 강도가 증가되는 경향을 나타내고 있으며 심도가 얇은 경우 풍화의 영향을 받고 있음을 알 수 있다.

얇은 심도에 비해 낮은 일축압축강도를 보이며 넓은 범위로 분포하는 것은 시편 내에 존재하는 내부 불연속면에 기인한다.

Fig. 3.2에 보이듯이 건조상태의 일축압축강도는 자연상태와 마찬가지로 심도가 얇은 경우 비교적 낮은 강도를 보이며 일정심도 이상에서는 유사한 강도를 보이고 있다. 또한, 시편 내에 불연속면이 존재하는 경우 일축압축강도가 현저히 저하하고 있음을 보여주고 있다.

또한, 포화상태의 경우 자연상태, 건조상태에 비해 강도가 저하되는 현상을 보이고 있다. 이러한 강도저하 특성은 표면에 가까울수록 두드러지며, 심도가 깊은 시료에서는 두드러진 강도의 저하는 보이고 있지 않음을 관찰할 수 있다. 이러한 현상은 암석 내에 존재하는 공극을 통한 함수비의 증가로 인한 압력의 증가에 기인한 것으로 판단된다.

전체적으로 현저한 강도 저하 현상은 보이고 있지 않으나 노건조상태에 대해 약 11%의 강도 저하를 보이며 노건조/포화의 강도비는 1.12의 값을 나타내고 있다. 이러한 현상은 앞서 밝힌 바와 같이 암석내 공극의 함수비 증가로 인한 압력의 증가로 강도가 저하하는데 기인한다.

2) 적색 셰일의 일축압축강도

적색 셰일의 경우 건조상태에서 532.41~733.05kg/cm²의 범위를 보이고 있으며 포화상태에서 433.15~517.89kg/cm²의 범위를 보이고 있다.

시료의 상태에 따라 뚜렷한 강도 변화를 보이고 있지는 않으나 평균적으로 27.47%의 강도 저하 현상을 보이고 있으며 노건조/포화의 강도비는 1.38로 각력역압에 비해 민감한 경향을 나타내고 있다.

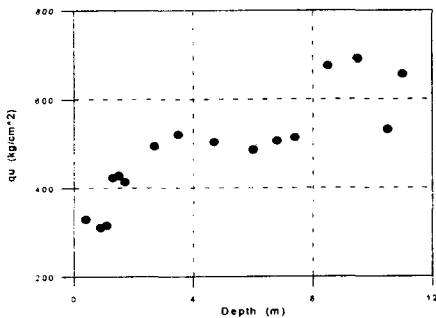


Fig. 3.3 Uniaxial compression test on conglomerate(saturate condition)

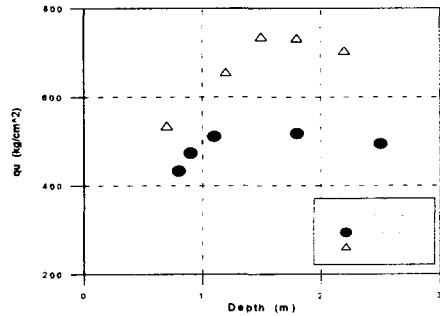


Fig. 3.4 Uniaxial compression test on red shale

(2) 점하중시험

점하중시험은 현장에서 할 수 있는 가장 간단한 역학시험으로 점하중시험기를 이용하여 암석 코아의 파괴시 하중을 측정하고, 해당 코아시료의 직경에 따른 점하중지수 $I_{s(50)}$ 을 산출하여 일축압축강도와의 상관관계로부터 암석의 강도를 구하는데 목적이 있다.

1) 각력역압의 점하중 강도

자연상태의 경우 부정형 시료 및 0~2m의 심도에서 풍화에 대한 영향을 크게 받고 있음을 알 수 있으며 암석의 이방성구조로 인해 일축강도에 비해 작은 값을 보인다. 그 외의 심도에서는 497.52~1854.72kg/cm²의 값을 보이고 있어 대체적으로 일정한 강도를 나타내고 있으며 다양한 범위를 나타내는 결과는 시료내의 불연속면과 암의 특성상 재하시력에 재하된 것에 기인한다.

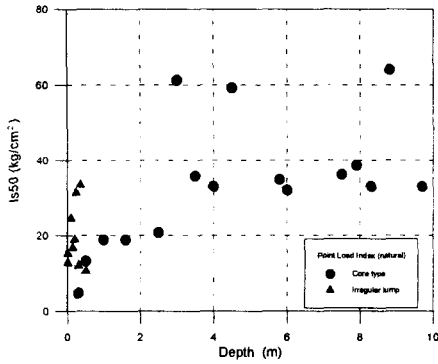


Fig. 3.5 Point load index on conglomerate(natural condition)

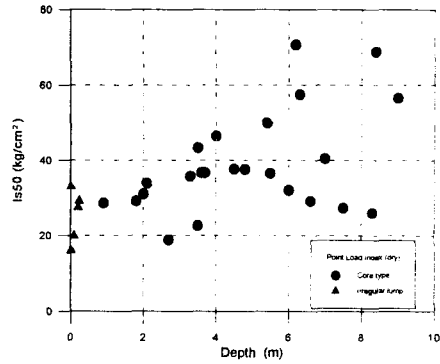


Fig. 3.6 Point load index on conglomerate(dry condition)

Fig. 3.6은 건조상태 각력역암에 대한 점하중 시험결과로 일부시료를 제외하고는 0~9m의 심도에서 거의 일정한 범위의 값을 보이고 있다.

포화상태의 경우 환산일축압축강도는 135.84~1244.16kg/cm²의 다양한 범위를 나타내고 있다.

Fig. 3.7은 포화상태의 각력역암에 대한 점하중시험 결과를 보이고 있다.

암석 내에 존재하는 약면의 영향도 배제할 수 없으나 대체적으로 자연·건조상태에 비해 강도 저하 현상을 보이고 있다. 노건조상태에 대해서는 약 23.64%의 강도 저하를 보이며 노건조/포화의 강도비는 1.31을 나타내고 있다. 이러한 현상은 앞서 밝힌 바와 같이 암석내 공극의 함수비 증가로 인한 압력의 증가로 강도가 저하하는데 기인한다.

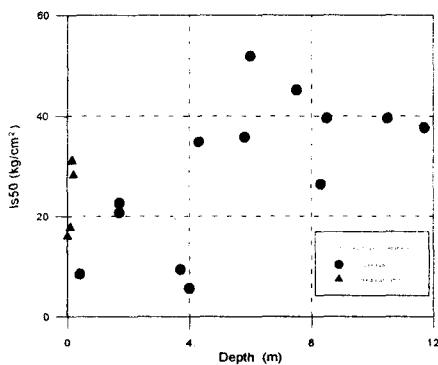


Fig. 3.7 Point load index on conglomerate(saturate condition)

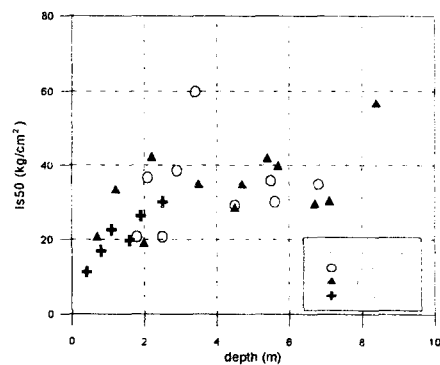


Fig. 3.8 Comparison of point load index on shale

2)세일의 점하중 강도

세일의 경우 풍화의 속도가 빨라 일부 시료는 시험이 불가능할 정도의 강도

저하를 나타내고 있다.

Fig. 3.8은 세일에 대한 점하중 지수의 변화를 보이고 있다. 세일의 강도특성은 노건조 시료/포화 시료의 강도비가 1.52를 보이고 있어 풍화나 흡수에 의한 강도 저하 특성을 확연히 나타내고 있다.

IV. 결 론

쇄설성 퇴적암 중 각력역암과 세일에 대해 각종 시험을 실시하여, 다음과 같은 결론을 도출하였다.

1. 흡수율은 각력역암과 세일에 대해 각각 0.329~0.996%, 0.341~2.547%의 값을 보이고 있어 각력역암이 세일에 비해 약간 치밀함을 나타내고 있다. 이는 각력역암의 경우 렉(gravel)이 고결되어 있는 것으로 렉자체가 치밀하며 세일과 같이 성층면이 존재하지 않아 공극이 작은 것에 기인한다.
2. Slaking 시험결과 각력역암의 내 slaking 지수는 85.11~99.58의 범위를 보이며, 세일의 경우 58.37~99.23의 값을 나타내고 있어 세일이 풍화에 대한 저항력이 약화됨을 관찰할 수 있다. 이러한 경향은 심도가 얕을수록 두드러지므로 암석의 강도에 민감하게 반응함을 알 수 있다.
3. 각력역암에 대한 일축압축시험결과 건조상태, 포화상태의 강도비가 1.12로 강제포화시 11%의 강도저하 성향을 나타내고 있으며, 세일의 경우에도 강도비가 1.38로 27.47%의 강도저하를 보이고 있다.
4. 점하중시험결과 각력역암에 대해 건조상태, 포화상태의 강도비가 1.31로 나타나고 있으며, 세일에서는 1.52를 보이고 있다. 이러한 경향은 풍화의 영향을 받는 낮은 심도에서 주로 관찰되었으며 암석내 공극의 함수비 증가로 인한 압력의 증가에 기인한다
5. 이상과 같은 시험을 통하여 각력역암이나 세일과 같은 퇴적암은 풍화의 진행이나 함수비의 증가로 인한 강도의 저하현상이 두드러지므로 퇴적암을 대상으로 할 경우 이러한 slaking이나 swelling현상을 충분히 고려해야 할 것이다.

참 고 문 헌

1. 박시현, "퇴적암의 역학적 특성에 관한 연구", 경북대학교 대학원 토목공학과 석사학위 논문, 1997.
2. "사면안정처리에 관한 연구", 한국도로공사 도로연구소 연구보고서, 1993.
3. 윤지선 역, "암석, 암반의 조사와 시험", 일본토질공학회, 1991, pp. 463~476.
4. Brown, E. T., Richards, L. R., and Barr, M. V., "Shear Strength Characteristics of the Delabole Slates", *Proceedings of the Conference on Rock Engineering*, Newcastle University, Vol. 1, 1997, pp. 53~70.
5. Broch, E. and Franklin, J. A., "The Point Load Strength Test", *International Journal of Rock Mechanics and Mining Science and Geomechanics Abstracts*, Vol. 9., 1972, pp.669-697.