

## 핵석을 포함하는 토층의 파괴강도 특성연구

### (A study failure-strength characteristics of soil layer contained Corestone)

이수곤<sup>1)</sup>, Lee-Su Gon, 금동현<sup>2)</sup>, Geum-Dong heon

<sup>1)</sup> 서울시립대학교 토목공학과 부교수, Associate Professor, Dept. of Civil Engineering, Univ. of Seoul

<sup>2)</sup> 서울시립대학교 토목공학과 박사과정, Graduate Student, Dept. of Civil Engineering, Univ. of Seoul

**SYNOPSIS** : When judging the ground by core-logging, depth of coring might be stopped by coming into view of the moderately weathered rock and also considered as bedrock line. However, highly weathered rock may appear again, if coring more, because there are core-stones in the residual soil and highly weathered rock by the effect of hydraulic-thermal differentiation and does the irregular rock weathering or metamorphic rock region. Therefore, there are room for misunderstanding of diagnosing the moderately weathered rock. Even though the irregular ground where the corestones were come out will show clear geotechnical differences between the ground and the gradually weathered bedrock, nowadays, the construction sites do not take into account the characteristic of core-stone region. In conclusion, to study the failure-strength characteristics of soil layers containing core-stones, we made artificial core-stones and varied percentage of corestones, and measured cohesion and friction factors to adjust them to construction sites containing corestones such as slope, tunnel, and underground.

**Key words** : core-logging, moderately weathered rock, corestones, hydraulic-thermal differentiation

## 1. 서 론

우리나라의 지질구조를 볼 때 토층은 지표면에서 아래로 수(m) 이내로 존재하고 그 아래에는 암이 존재하는 경우가 대부분이다. 일반적으로 암반사면은 암석이 지표면으로부터 점이적으로 단순하게 풍화가 이루어지기 때문에 토목공사시 지표지질조사와 시추조사에 의하여 지반을 판단하고 절취구배설정과 보강대책을 제시해 왔다.

시추조사에 의하여 지반을 판단시 연암까지만 시추되면 시추를 멈추고 그 깊이를 암반선으로 판단하였다. 하지만 대규모 절개 암반사면 공사에서 일부 불규칙한 암석풍화가 이루어진 화강암이나 변성암 지역은 점이적인 풍화가 아닌 열수변질 작용에 의한 풍화토와 풍화암내에 핵석이 관찰된 불규칙한 암석풍화상태(차별풍화)가 형성되어 있기 때문에 시추조사시 풍화토, 풍화암, 연암, 경암의 형태를 따르지 않고 풍화토나 풍화암내에 연,경암의 암석이 박혀있는 형태로 되어 있어 연암이 측정되었다하더라도 더 깊게 시추했을 때 다시 풍화토가 시추되곤 한다.

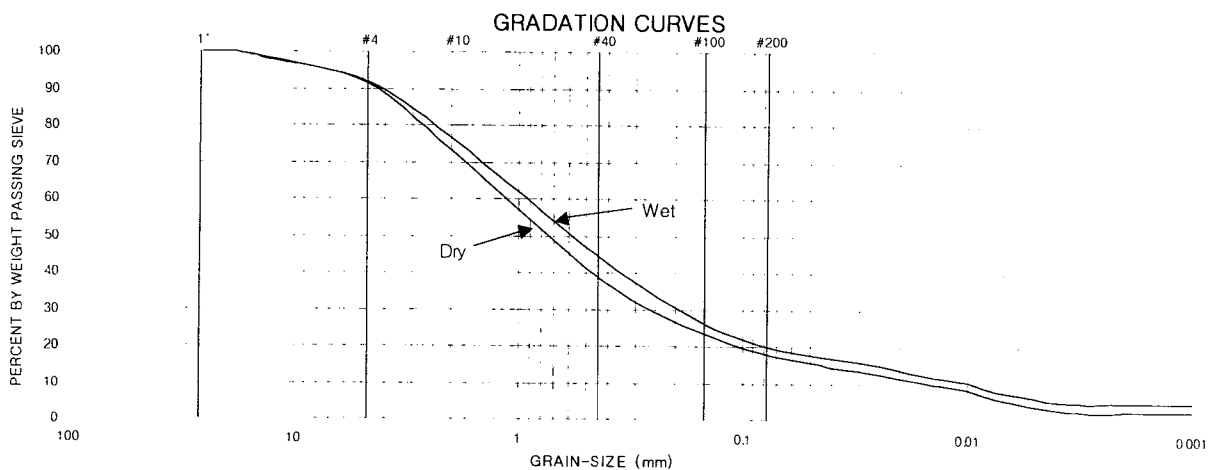
그러므로 핵석이 관찰된 불규칙한 지반일 경우 그에 따른 지반강도 정수는 보통의 점이적인 풍화상태를 나타내는 지반과 분명한 차이를 보임에도 불구하고, 현재 건설현장에서는 이와 같은 핵석 지반의 특성에 대한 고려를 하지 않고 있다. 따라서 핵석이 포함되어 있는 토층의 파괴 강도 특성을 알아보기 위하여 핵석을 인공적으로 제작하고 시료를 성형하여 핵석의 %별 전단시험을 수행하여 토층에서의 핵석의 함유량에 따른 지반 강도정수(점착력과 마찰각)의 변화를 측정하여 사면이나 터널 및

지하공간에 나타나는 핵석지반에 적용하고자 한다.

## 2. 시료의 제작

### 2.1 Soil 시료 준비

전단링에 들어갈 soil은 현장에서 채취한 ring sample로 자연함수비와 밀도를 측정 후 현장에서 채취한 흙은 자연상태와 같은 자연함수비를 맞춘 후 유리판 위에 주걱으로 재성형하였고 wrap으로 포장해서 수분증발을 막았다. 함수상태의 시험에서는 시료의 포화도 측정을 위하여 6개의 전단링에 각각 1, 3, 6, 9, 12, 24시간 수침시켜 포화정도를 측정한 결과 포화도 95% 도달시간은 6시간으로 측정되어 함수상태 시험에서 시료는 6시간 수침시킨 후 시험을 실시하였다.



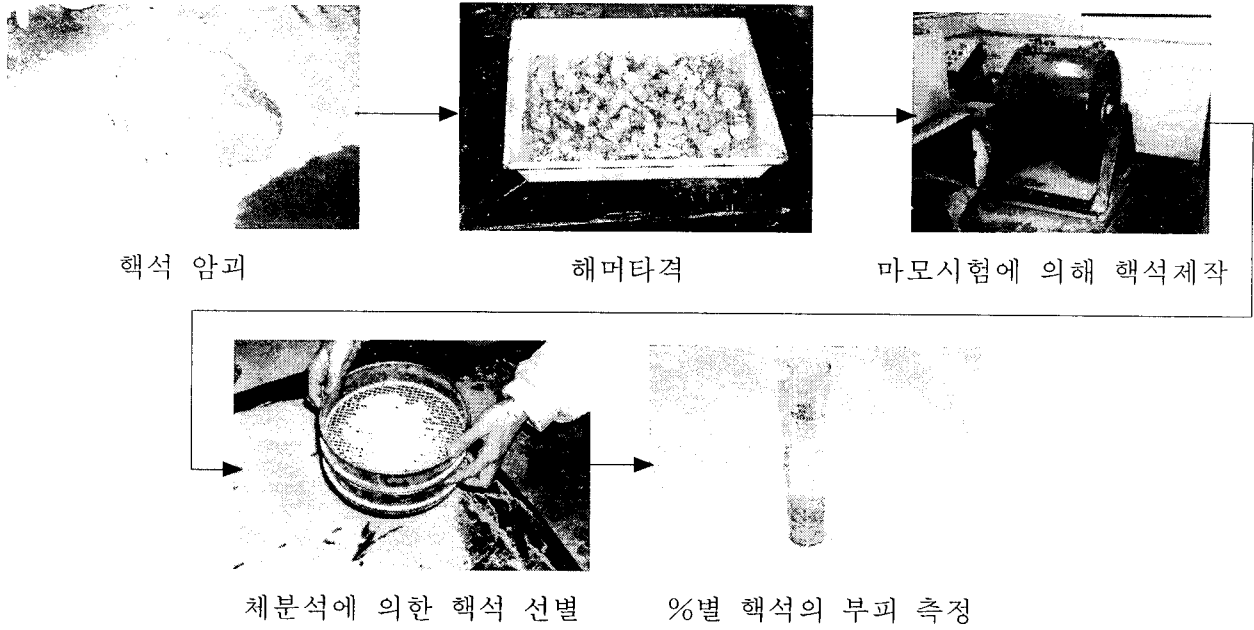
[그림 1] 입도분석 결과

[표 1] soil의 입도분석과 포화도 시험결과

자연상태	단위중량 (t/m <sup>3</sup> )	함수비 (%)	포화도 (%)	G <sub>s</sub>	LL	PI	USGS	포화도(95%) 도달시간
화강풍화토의 평균값	1.61	27.4	42.5	2.65	N.P	N.P	SM	6

### 2.2 핵석시료 준비

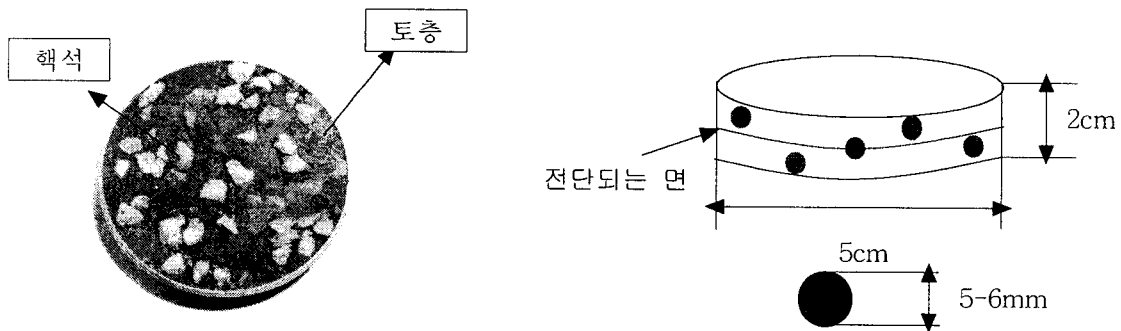
현장에서 채취한 화강암 핵석을 전단링의 지름 6cm 의 10% 인 5~6mm의 핵석을 제작하기 위하여 암피를 해머로 타격하여 일정한 크기로 잘게 부순 다음 마모시험기를 500회 회전 시켜 일정한 크기의 핵석을 체분석을 통하여 선별하였다. 또한 전단링의 부피에 대한 핵석의 부피를 정확히 측정하기 위하여 베스실린더를 이용하여 %별 핵석의 부피를 측정하였다.



[그림 2] 핵석제작 과정

### 2.3 핵석지반 모델링

메스실린더로 측정된 전단링의 부피에 대한 0%, 10%, 20%, 30%, 40%, 60% 핵석과 자연함수비를 인공적으로 맞춘 화강 풍화토의 %별 무게를 측정하여 핵석과 화강풍화토가 잘 혼합되도록 인공적인 핵석 지반을 모델링 하였다.

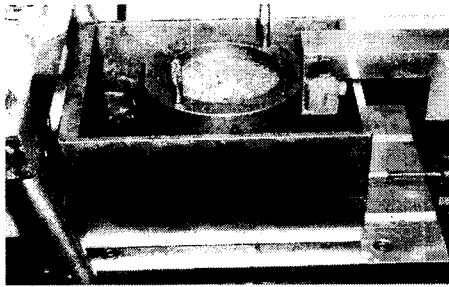
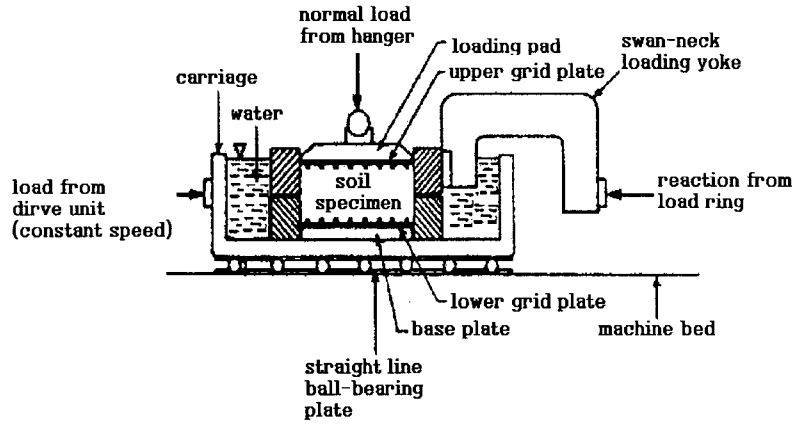


[그림 3] %별 핵석 지반 모델링 과 핵석의 함유량에 따른 배치도

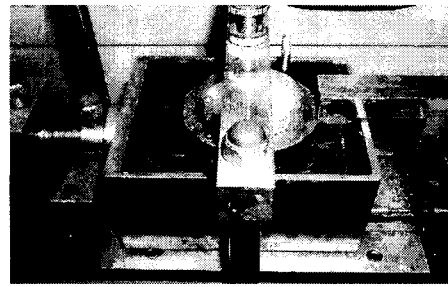
### 3. 핵석의 직접 전단시험 절차

윗 부분에서 잡아주도록 원형 쇠로 고정시키고 배수조건을 위해 다공석을 배치한 후 시험하였다. 본 시험에서는 자연상태 시험과 함수상태시험을 수행하였다. 모든 시험은 자연조건과 함수조건 하에서 이루어졌고 전단속도는 0.5mm/min 로 하였다.

수직응력은 최대높이가 약 20m 인 토사사면을 기준으로 0.8kg/cm<sup>2</sup>부터 4.0kg/cm<sup>2</sup>까지 5단계로 증가시키며 재하하였다. 최대 전단 변위는 시료전체길이의 15%인 9mm로 하였다. 또한 습윤상태 시험에서는 본 화강풍화토의 시간에 따른 포화도를 측정하여 충분히 포화시킨 후 실험을 실시하였다.



자연상태 시험



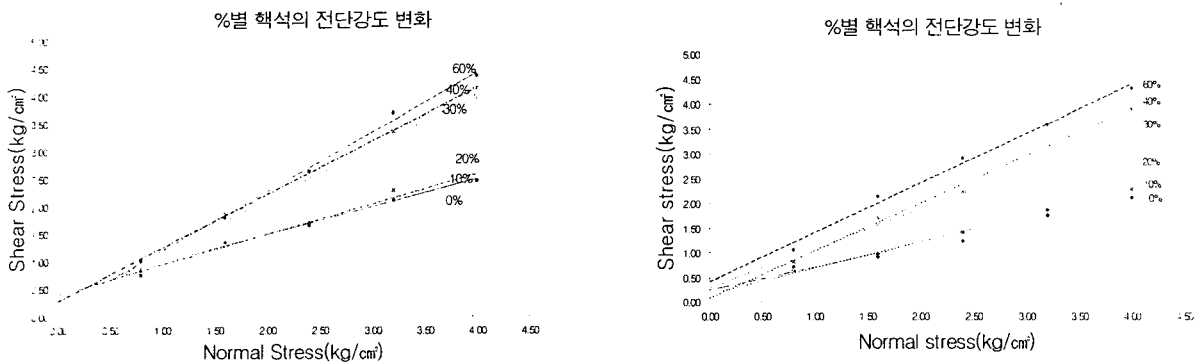
습윤상태 시험

[그림 4] 변위제어에 의한 전단시험기 배열

#### 4. 시험결과

##### 4.1 핵석의 체적%에 따른 전단강도 변화

실험결과 핵석을 함유한 토층의 전단강도는 핵석의 체적 %가 0~20%에서는 거의 비슷한 강도가 측정되었으나 30%이상의 핵석을 함유한 토층에서는 전단강도가 급격히 증가하는 것으로 나타났다. 이것은 핵석의 체적%가 20%까지는 핵석이 전단강도에 큰 영향을 미치지 못하는 것으로 판단되며 핵석이 30% 이상일 경우에는 핵석자체가 전단강도에 영향을 크게 미치는 것으로 판단된다.



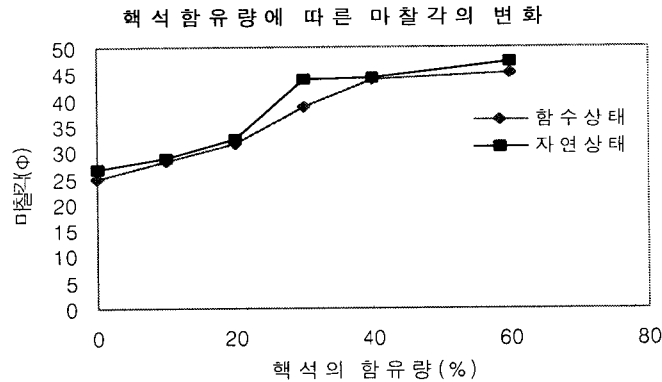
자연상태일 경우 %별 핵석의 전단강도 결과

함수상태일 경우 %별 핵석의 전단강도 결과

[그림 5] 핵석의 체적 %에 따른 전단강도 결과

## 4.2 핵석의 체적 %에 따른 마찰각의 변화

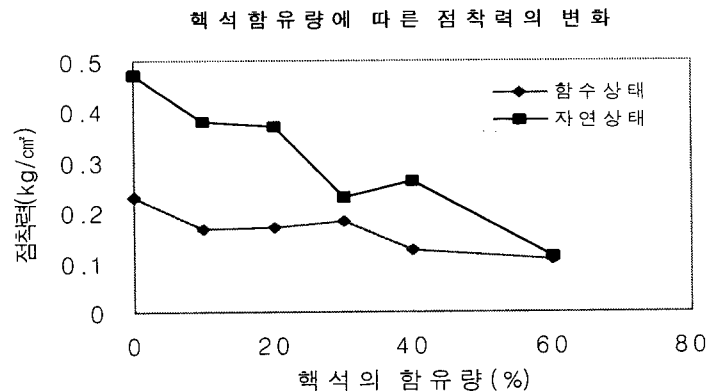
실험 결과 마찰각은 핵석의 체적 %가 비교적 적은 0~30%의 경우에는 25° ~30° 정도로 낮고 서서히 증가하지만, 핵석의 체적 %가 비교적 많은 30% 이후부터 급격히 증가하여서 40° ~45° 로 높아지는 것으로 판단되었다. 이는 핵석의 맞물림 현상 때문으로 판단된다. 또한 함수상태 보다 자연상태에서의 마찰각이 더 큰 것을 알 수 있었다.



[그림 6] 핵석의 체적 %에 따른 마찰각의 변화

## 4.3 핵석의 체적 %에 따른 점착력의 변화

실험 결과 점착력은 자연상태에서 핵석 함유량의 증가에 따라 감소하는 경향을 보인다. 자연상태에서는 핵석의 함유량이 0%에서 60%로 증가함에 따라서 0.47kg/cm<sup>2</sup>에서 0.11kg/cm<sup>2</sup> 으로 급격하게 감소한다. 그러나 함수 상태에서는 핵석의 함유량이 0%에서 60%까지 증가함에 따라서 0.23kg/cm<sup>2</sup>에서 0.105kg/cm<sup>2</sup> 으로 서서히 감소한다.



[그림 7] 핵석의 체적 %에 따른 점착력의 변화

## 5. 결론

우리나라의 지질여건상 핵석을 포함하는 지반이 자주 발견되지만 그에 따른 지반강도 정수는 현재 건설현장에서 적용되지 않는 실정이다. 따라서 핵석이 포함되어 있는 토층의 파괴 강도 특성을 알아보기 위하여 핵석을 인공적으로 제작하고 시료를 성형하여 핵석의 체적 %에 따른 전단시험을 수행하여 토층에서의 핵석의 함유량에 따른 지반 강도정수(점착력과 마찰각)의 변화를 알아보았다.

1. 핵석의 체적 %에 따른 전단강도의 변화는 실험결과 핵석을 함유한 토층의 전단강도는 핵석의 체적 %가 0~20%에서는 거의 비슷한 강도가 측정되었으나 30%이상의 핵석을 함유한 토층에서는 전단강도가 급격히 증가하는 것으로 나타났다.
2. 핵석의 체적 %에 따른 마찰각의 변화는 실험 결과 마찰각은 핵석의 체적 %가 비교적 적은 0~30%의 경우에는 25° ~30° 정도로 낮고 서서히 증가하지만, 핵석의 체적 %가 비교적 많은 30% 이후부터 급격히 증가하여서 40° ~45° 로 높아지는 것으로 판단되었다. 이는 핵석의 맞물림 현상 때문으로 판단된다. 또한 함수상태 보다 자연상태에서의 마찰각이 더 큰 것을 알 수 있었다.
3. 핵석의 체적 %에 따른 점착력의 변화는 실험 결과 점착력은 자연상태에서 핵석 함유량의 증가에 따라 감소하는 경향을 보인다. 자연상태에서는 핵석의 함유량이 0%에서 60%로 증가함에 따라서 0.47kg/cm<sup>2</sup>에서 0.11kg/cm<sup>2</sup> 으로 급격하게 감소한다. 그러나 함수 상태에서는 핵석의 함유량이 0%에서 60%까지 증가함에 따라서 0.23kg/cm<sup>2</sup>에서 0.105kg/cm<sup>2</sup>으로 서서히 감소한다.

위와 같은 결과로 현재 건설현장에서 단순히 토층이나 암반층의 지반강도 정수가 적용되는 핵석을 포함하는 지반의 강도특성은 더욱 정밀하게 측정될 수 있음을 알았으며, 더 나아가 실제 핵석 지반에서의 현장 시험들을 본 연구 결과와 비교·분석한다면 더욱 정밀한 핵석을 포함하는 지반의 강도 특성을 파악할 수 있을 것으로 판단된다.

## 참고문헌

1. 이수곤, 권성주, 2001, 핵석지반에서의 합리적인 지반강도 정수의 산정, 한국토목공학회
2. Lee.S.G and de Freitas.M.H " A revision of Description and classification of weathered granite and its application to granite in Korea " Quarterly Journal of Engineering Geology, London,1989, Vol.22, pp.31-48
3. Lindquist, E.S and Goodman, R.E, 1994, The Strength and Deformation Properties of Melange, Ph.D. thesis, The University of California, Berkeley
4. Stock, A.F., Hannant, D.J. and Williams, R.I.T.(1979) The effect of aggregate concentration upon the strength and modulus of elasticity of concrete, Magazine of Concrete Research, 31, pp. 225-234