

핵석 지반에서의 합리적인 지반강도 정수 산정

양홍석, 김동은, 이수근
서울시립대학교 토목공학과

1. 서론

지표의 암석이 물리적 또는 화학적으로 파괴되는 일련의 과정인 풍화작용과 비슷하게 암석이 변질되는 과정으로서 열수변질작용(Hydrothermal alteration)이 있다. 이것은 지하의 마그마 속에 포함된 열수 용액이 절리 틈새를 따라 이동하면서 열수 용액내의 황산성분으로 인하여 절리 부근의 암석이 급속히 변질되는 현상이다. 이러한 열수변질작용으로 인하여 풍화층에서 풍화 잔류암체가 핵석(corestone)의 형태로 관찰되는 경우가 있다. 핵석은 절리를 따라서 심하게 변질되어서 생성되므로 일반적으로 절리의 방향과 일치하며 직사각형~약간 타원형의 형태가 보통이다. 이러한 핵석(corestone)은 두 가지의 물질, 즉 절리 부근에서 풍화가 된, 강도가 상대적으로 약한 풍화층과 강도가 상대적으로 강한 핵석(corestone)이 혼재되어있는 형태를 나타내는 것이 보통이다. 따라서 이와 같은 핵석이 혼재되어 있는 풍화층의 지반 강도 정수를 파악하기 위하여 핵석의 체적 % 변화에 따른 강도시험을 실시하였다. 이를 위하여 초속경 시멘트를 이용한 원통형 핵석 모형을 제작하고 일축압축시험과 삼축압축 시험을 실시하여 핵석 체적 %에 따른 핵석지반의 일축압축강도, 탄성계수, 점착력과 마찰각의 변화를 알아보고자 하였다.

2. 본론

2.1 시료의 제작

핵석 지반을 모델링 하기 위해서는 기본적으로 핵석 주변을 구성하고 있는 물질(matrix), 즉 풍화암 지반을 모델링 하는 것이 매우 중요하다. 풍화암과 비슷한 강도를 가지면서 또한 실제 풍화암 지반에서와 같은 거동을 보이는 물질로서 핵석은 시멘트의 양생문제를 해결하기 위하여 초속경시멘트+모래(일축압축강도 약 450kg/cm²)를 사용하였고 풍화암으로써의 matrix는 초속경시멘트(150kg/cm²) 만을 사용하였다. 핵석지반의 일축 및 삼축압축 시험을 위하여 시료를 제작하는 방법은 다음과 같다.

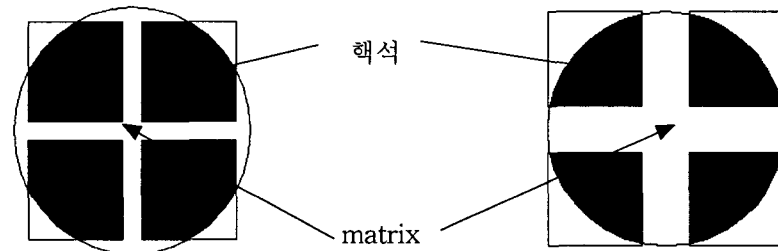
2.1.1 핵석의 제작

핵석은 절리를 따라서 급속히 변질되어서 형성되었고, 현장 시추조사 등을 통하여 확인한 결과등을 종합하여 볼 때, 핵석의 형태를 modelling 하기 위하여 정사각형의 핵석을 제작하였다. 핵석의 크기는 실험하고자 하는 NX 크기의 코어 시료에 적정하게 사용하기 위하여 가로*세로*높이가 각각 2cm인 정방형으로 하였다. 이 핵석을 제작하기 위하여 원하는 강도가 발현될 수 있도록 물, 시멘트 비를 적절한 비율로 배합하였고 플라스틱 성형기는 가

장자리에 윤활제를 발라서 양생후 잘 분리되도록 하였다.

2.1.2 핵석 기반의 제작

핵석의 배열은 핵석 사이의 간격은 0mm(핵석 100%인 경우), 2mm(핵석 65%인 경우), 4mm(핵석 57%인 경우), 6mm(핵석 50%인 경우), 8mm(핵석 40%인 경우), 10mm(핵석 20%인 경우), matrix만 있는 경우(핵석 0%인 경우)의 7단계로 벌리면서 그 틈새 사이로 matrix 물질을 침투시키는 방법으로 모델링을 하였다. 또한 이렇게 제작한 모든 시료는 7일간 양생 시켰다.



핵석 간격 : 4mm(핵석 57%인 경우) 핵석 간격 : 10mm(핵석 20%인 경우)

그림 1.1 핵석 기반의 모델링 예

2.1.3 시료의 준비

일축과 삼축압축강도용 코어시료는 양생이 끝난 후 천공기를 이용하여 7단계의 modelling에 대하여 각각 4개의 시추코어(직경 ; 50mm, 길이 ; 100mm)를 제작(총 7×4=28개)하였고, 간접인장시험용 Disc 시료를 각각 1개씩(총 7×1=7개)을 제작하였다. 또한 모든 실험은 시료를 충분히 포화시킨 후에 수행되었다.

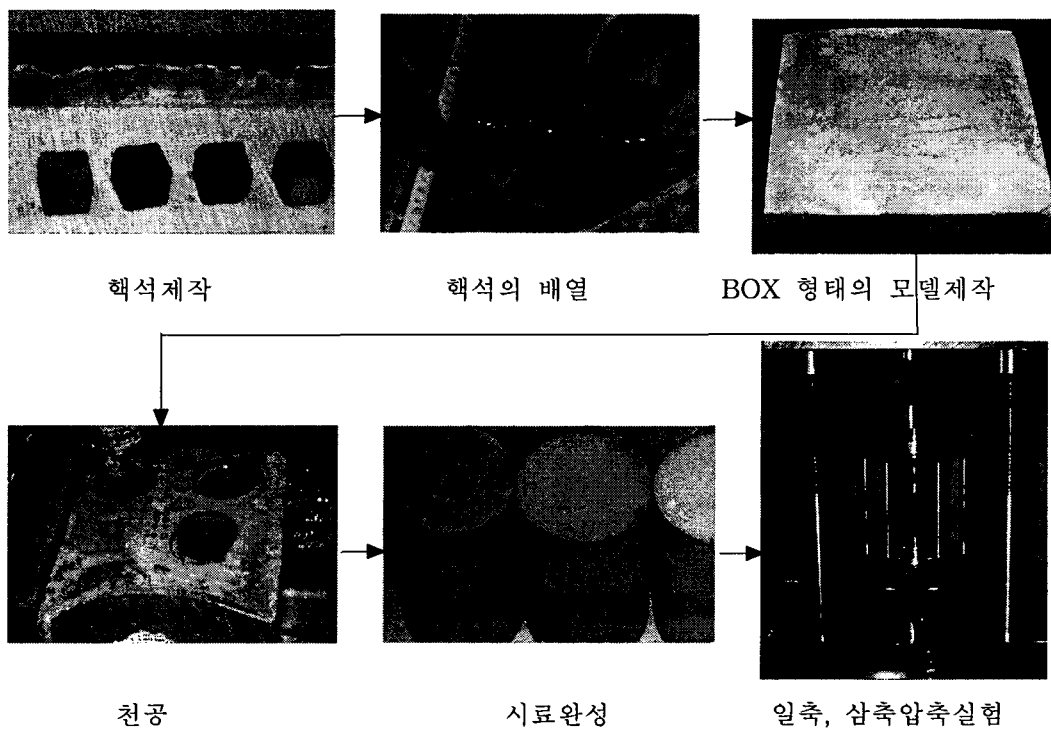


그림1.2 시료성형 과정

2.2. 실험결과

2.2.1 일축압축시험에 의한 일축압축강도와 탄성계수 측정

일축압축시험은 암석 시험편에 축방향으로 압축력을 가한 후 파괴 될 때의 하중을 측정하여 압축강도를 구하며 또한 시험편의 변형률을 측정하여 응력-변형률 곡선을 얻어 탄성계수나 포아송비를 얻는데 그 목적이 있다.

· 핵석 함유량의 증가에 따른 일축압축강도의 변화

핵석지반에서의 일축압축강도는 핵석함유량이 70%이하인 경우에는 matrix인 풍화층 지반과 비슷한 강도를 보이면서 큰 변화가 없지만 핵석함유량이 70%이상인 경우에는 강도가 452 kg/cm^2 으로 급격히 증가하는 것을 알수 있다. 이러한 결과는 Lindquist and Goodman(1994)이 제시한 실내 실험 결과와 비슷한 경향을 보인다.

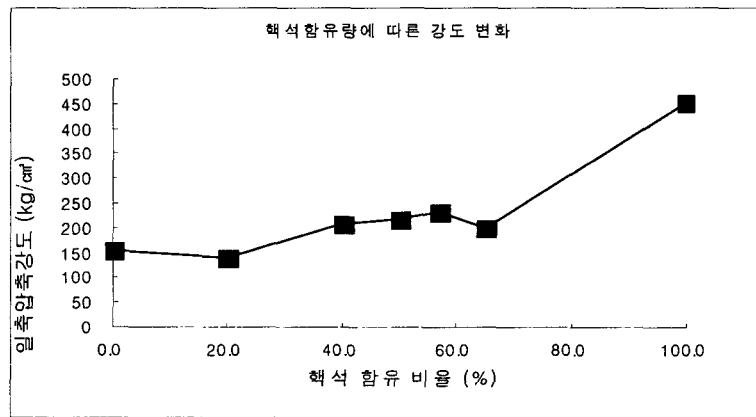


그림 2.1 핵석함유량에 따른 압축강도의 변화그림

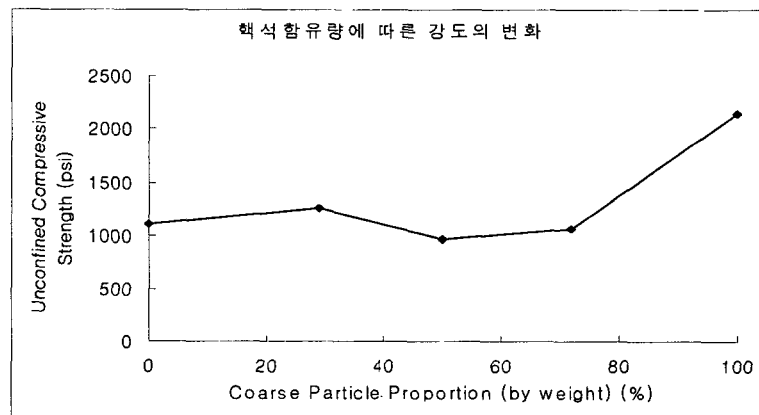


그림2.2 핵석함유비율에 따른 일축압축강도의 변화
(Lindquist and Goodman, 1994)

· **핵석 함유량의 증가에 따른 탄성계수의 변화**

핵석의 함유비율에 따른 탄성계수의 변화는 핵석함유량이 10~70%까지 증가함에 따라 점차적으로 증가하는 경향($0.22 \times 10^5 \text{ kg/cm}^2 \sim 0.72 \times 10^5 \text{ kg/cm}^2$)을 보이지만 70% 이상에서는 큰 변화가 없이 일정한 편이다.

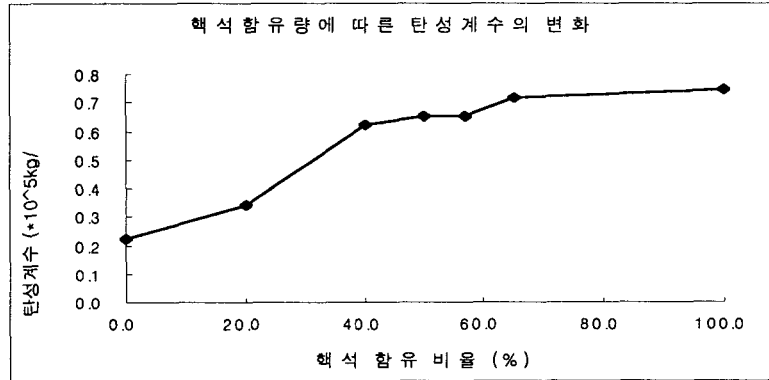


그림 2.3 핵석함유량에 따른 탄성계수의 변화

· **핵석 함유량의 증가에 따른 파괴 형태, 일축압축강도, 탄성계수의 변화**

본 실험에서 일축압축시험을 통해 본 핵석의 함유비율에 따른 파괴형태를 관찰해 보면 10~70%까지는 핵석과 풍화층의 경계면을 중심으로 파괴면이 발달하므로 일축압축강도에는 핵석이 큰 역할을 못하지만 탄성계수에는 서서히 증가하는 영향을 준다. 그러나 핵석함유량이 70%이상인 경우에는 핵석이 부서져 있는 것으로 보아 핵석들의 맞물림현상(interlocking) 때문에 일축압축강도가 70% 이상에서 급격히 증가되지만 탄성계수에는 큰 영향이 없이 일정한 것으로 판단되었다.

2.2.2 삼축압축시험에 의한 점착력과 마찰각 측정

삼축압축시험은 지하암반내 응력상태와 같이 원주형 시험편을 삼축압축챔버(Tri-axial chamber)내에 넣고 유압으로 주위에 일정한 하중 즉, 축압(confining pressure)을 가한 후 일축압축에서와 같이 수직으로 하중을 가하여 파괴강도를 얻는 시험으로서, 미국 SBEL 사의 Hydraulic servo control system을 사용하였다.

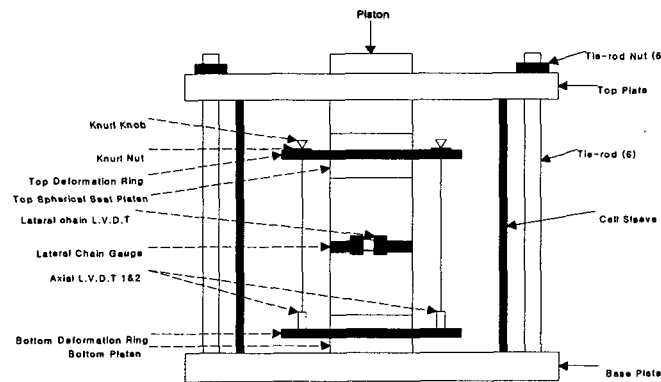


그림 2.4 삼축압축시험장치

핵석이 포함된 지반에 대하여 삼축압축시험을 실시한 결과, 핵석함유비율이 증가하면 마찰각은 대체로 서서히 증가하는 경향(36 °~49.7 °)을 보였다. 그리고 Lindquist and Goodman (1994)의 결과도 본 실험 결과와 비슷한 경향을 보인다.

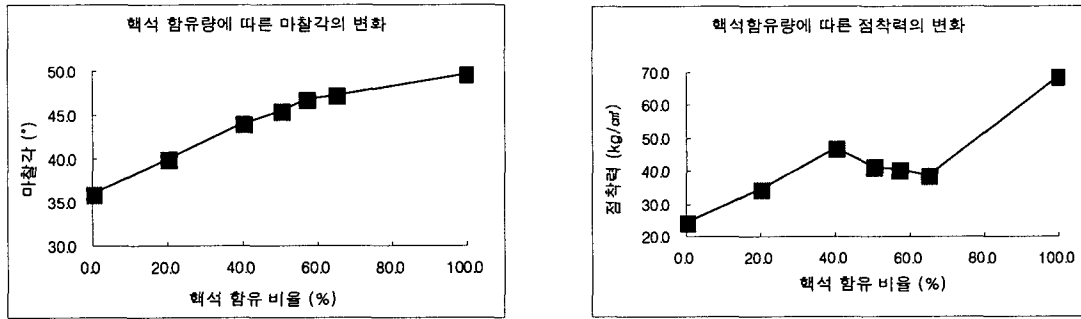


그림 2.5 핵석함유비율에 따른 마찰각 및 점착력의 변화

또한 점착력은 핵석 함유비율이 증가함에 따라 대체적으로 증가하는 경향이 있지만 30~70%에서는 약간 감소하였다가 다시 증가하는 경향을 보인다.

3. 결론

핵석이 혼재되어 있는 풍화층의 지반 강도 정수를 파악하기 위하여 초속경 시멘트를 이용하여 핵석의 체적 % 변화에 따른 핵석 지반의 일축압축시험에 의한 일축압축강도, 탄성계수의 변화와 삼축압축시험에 의한 점착력과 마찰각의 변화를 알아보았다.

1. 초속경 시멘트 모형을 이용한 일축압축 실험결과 핵석과 풍화층의 경계면을 중심으로 파괴면이 발달하는 것을 확인할 수 있었고, 핵석함유 비율이 10~70%인 경우에는 핵석이 강도변화에는 큰 역할을 못하지만 탄성계수는 서서히 증가하게 하는 역할을 한다는 걸 파악할 수 있었다.
2. 핵석함유량이 70%이상인 경우에는 파괴형상으로 보아 핵석들의 맞물림(interlocking) 현상 때문에 일축압축강도는 급격히 증가하지만 탄성계수는 큰 영향 없이 일정하다는 것을 확인할 수 있었다.
3. 삼축압축 실험결과 마찰각은 맞물림(interlockg) 현상으로 인하여 서서히 증가하고 점착력은 약간 감소하였다가 다시 증가하는 경향을 보였다.
4. 위와 같은 결과로 볼 때 일정한 핵석 함유량 이하에서는 풍화층에서 대부분의 지반 파괴 거동이 발생하지만 일정한 핵석 함유량 이상에서는 맞물림 현상에 의하여 핵석 자체가 지반 파괴 거동에 영향을 준다는 것을 알 수 있었다.

본 시험은 핵석을 포함하는 풍화층을 단순화하여 실내시험을 실시한 것으로 차후에 더욱 세분화된 시험을 수행하고, 현장 시험들과 병행하여 상호 비교 연구가 진행된다면 핵석을 포함하는 풍화층의 지반 강도 정수를 보다 정밀하게 파악 할 수 있을 것으로 판단된다.

참 고 문 헌

1. 권성주, 2001, 핵석지반에서의 합리적인 지반강도 정수의 산정, 석사학위 논문, 서울시립대학교 토목공학과
2. 이수곤, 권성주, 2001, 핵석지반에서의 합리적인 지반강도 정수의 산정, 한국토목공학회
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 Reaserch, 31, pp. 225-234