

실내실험을 통한 핵석지반의 강도정수 산정연구 Laboratory experiment on the assessment of the ground strength with corestone

이수곤¹⁾, Soo-Gon Lee, 김동은²⁾, Dong-eun Kim, 황의성³⁾, Sung-Eui Hwang

¹⁾ 서울시립대학교 토목공학과 부교수, Associate Professor, Dept. of Civil Engineering, Univ. of Seoul

²⁾ 서울시립대학교 토목공학과 석사과정, Master Course, Dept. of Civil Engineering, Univ. of Seoul

³⁾ 서울시립대학교 토목공학과 석사과정, Master Course, Dept. of Civil Engineering, Univ. of Seoul

SYNOPSIS : Corestone rock mass has complex characters because it is made up of stronger and stiffer corestone in a weaker and softer matrix. Physical model corestone rock mass made up of stiffer corestone in weaker matrix were tested in uniaxial compression and numerical modelling analysis. The result of the uniaxial compression tests showed that increasing the corestone proportion generally increased the modulus of deformation. And the strength decreased in the lower corestone proportion, but it increased in the higher proportion(45%, 65% corestone by volume). The strength and the modulus of deformation were not affected by different size corestone on the same proportion. The result of the numerical modelling analysis showed similar trend compared with the result of the uniaxial compression test. But though the result of the uniaxial compression test is similar to the result of the numerical modelling analysis, it's unreasonable to apply the results of this paper to in situ corestone rock mass. So more laboratory tests including triaxial test and the other numerical program analyses are necessary to apply the results to in situ corestone mass

Key Word : 핵석 핵석지반 Corestone Melange Mixture

1. 서 론

1.1 연구목적

암석이 파괴되거나, 세분화되는 물리적 과정과, 암석의 광물구조가 바뀌는 화학적 과정을 통틀어서 풍화작용(weathering)이라고 정의 될 수 있다. 풍화작용이 일어남에 있어서 판상의 수평 및 수직절리가 서로 교차하는 암괴들이 지하나 지상에서 존재하게 되면 각이 진 모서리 부분이 주변보다 풍화작용이 빠르게 진행되어 둥그런 모습으로 형태가 바뀌게 된다. 이러한 암괴는 절리의 간격과 형태, 풍화에 대한 저항력의 차, 풍화가 진행된 기간 등에 따라 다양한 형태를 갖추게 되지만 대체적으로 타원형의 모습이나 구형의 모습을 띤다. 핵석이 발견되어지는 지반의 형태는 복잡한 구조를 띄기 때문에 그 역학적 성질을 알아내기는 상당한 어려움이 있다. 그 이유는 강도를 포함한 기타 성질들이 더 큰 핵석과 상대적으로 약한 풍화층이 같이 존재하기 때문이다. 이같이 복잡한 성질을 가진 핵석지반에서의 강도정수를 추정하고자 핵석지반의 형태를 관찰하고, 분석한 결과를 이용하여 실제지반과 유사하면서도, 실내실험을 할 수 있도록 인공적인 시료를 제작하였다.

1.2 연구방법

핵석지반을 실내실험이 가능하도록 시료를 제작함에 있어서 중요한 점은, 일단 두 개의 성질을 가지면서 암석 시험이 가능하도록 성형이 가능한 물질이어야 한다는 것이다. 재료선정을 위해 석고나 일반 시멘트등 여러 물질

을 시도해 보았으나, 최종적으로 특수시멘트 중에서 초속경시멘트를 사용하기로 했다.

이 두 가지 종류의 시멘트들로 강도가 큰 하나는 핵석을 제작하고 다른 하나는 핵석 주위를 감싸는 풍화층물질(매트릭스, 이하 매트릭스, 매트릭스(matrix): 사전적 의미로는 모체, 기반의 뜻으로 이 논문에서는 핵석지반에서 상대적으로 약한 풍화층을 나타내는 총칭)로 제작한다.

우리는 핵석이 차지하는 체적비에 따른 강도 및 탄성계수 등의 차이를 규명하고자 하기 때문에 핵석지반의 모형을 제작함에 있어서 주목 할 점은 핵석의 체적비(핵석만의 체적/시료전체의 체적)를 다르게 하면서 제작해야 한다는 것이다. 그리고 하나의 변수를 더 두기로 했는데 그것은 핵석의 체적비는 동일하지만, 핵석의 크기를 다르게 하는 것이다.

즉, 첫째는 핵석이 전체에서 차지하는 체적비(0%, 15%, 30%, 45%, 65%)에 따라 달라지는 강도 및 변형계수의 차이를 알아보고, 둘째는 동일한 체적비일 경우에 핵석의 크기는 강도 및 탄성계수에 어떤 영향을 미칠 것인가를 알아보는 것이다.

2. 연구사례

2.1 현장조사와 그에 따른 실험실시험의 경우

핵석지반은 상대적으로 강한 핵석(block)이, 상대적으로 약한 풍화층(matrix) 속에 있기 때문에 타당한 물성치를 규명하기가 어렵다. 일단 시추의 어려움 때문에 교란되지 않은 시료를 채취하기가 어려울 뿐만 아니라, 교란되지 않은 시료를 채취했다 하더라도 그 시료가 그 지반을 대표할 가능성은 희박하다고 볼 수 있다. 물론 규모가 큰 현장시험이 가능하다면, 핵석지반의 대표성을 떨 수도 있지만 이러한 시험은 가능하지 않다.

이렇듯 핵석지반의 현장상태에 맞게 시험하기가 어려웠기 때문에 기존 연구자들은 순수매트릭스시료와 순수핵석시료를 따로 채취하여, 각각을 성질을 결정했다. 두 가지 물질의 특성을 실험으로부터 얻은 후 핵석지반에 성질을 결정했는데, 이에 대해서는 몇 개의 상반된 접근이 제시되었다.

처음 제시된 연구는 순전히 상대적으로 약한 매트릭스의 성질이 핵석지반의 특징을 대표한다고 간주했는데, Bedrosian(1978)은 북부 캘리포니아에서 핵석지반의 사면안정성을 조사하면서 “핵석지반에서 전체적인 사면의 안정성은 기반물질인 매트릭스가 결정한다”고 발표했다. 이탈리아 지반공학회의 보고서(1979)에서도, 매트릭스와 핵석이 혼재하는 지반에서는 두 가지의 물질 중에서 당연히 매트릭스가 대표한다고 믿었기 때문에 그 지반의 특징을 나타낼 때는 단지 매트릭스의 물성치만 언급했다. 이런 제안은 만일 매트릭스가 핵석지반의 대부분을 차지한다면 직관적으로 생각해보도 타당성이 있지만, 그렇지 않고 핵석이 더 많은 부분을 차지한다면 이러한 가정은 지나치게 안전측일 수 있다. 즉, 위와 같은 접근은 핵석이 핵석지반의 성질을 변화시킬 수 있다는 가능성을 무시한 보수적인 생각이다.

매트릭스 물질만이 핵석지반의 성질을 결정한다는 것은 너무 보수적이라는 생각에서 다른 증거가 제시되기 시작했는데. 예를 들어보면 Savina(1978)는 매트릭스에 대한 핵석의 비가 낮은 핵석지반에서는 산사태가 일어나는 경향이 있지만, 반대로 그 비가 높은 지반에서는 산사태가 일어나지 않는다고 발표했다. 이 제안은 핵석이 사면의 안정성을 높일 수 있다는 것을 직접적으로 제시해주는 것이라 할 수 있다.

한편, D'Elia et al(1984)은 핵석이 핵석지반의 거동에 영향을 미친다고 발표했는데, Argile Scariose의 대절취사면에 대한 연구 중에서 매트릭스에 대한 핵석의 비가 상당히 낮은(약15%) 핵석지반을 가진 사면의 현장강도도 시험실에서 매트릭스물질만으로 시험한 강도보다 크게 나타나는 것을 발견했다. 그 후 D'Elia et al(1988)은 이러한 현상은 “핵석이 규칙적이고 연속적인 파괴면의 형성을 방해하기 때문이다”라고 제안했다.

그리고 Volpe et al(1991)은 핵석지반의 강도는 핵석과 매트릭스의 체적비에 기초한 두 물질의 강도의 평균값으로 나타낼 수 있다고 제안했지만, 불행히도 두 가지 물질이 전체의 강도를 나눌 수 있을 것이라는 직관적인 믿음만이 있을뿐, 어떤 이론적인 배경은 소개되지 않았다.

2.2 콘크리트의 경우

위와 같은 자연적인 핵석지반외에 인공적인 핵석지반의 실험실시험이 가능한 경우가 있는데, 이것은 누구나 알고 있는 콘크리트이다. 콘크리트는 시멘트가 물과 반응하여 굳어지는 수화반응(水和反應)을 이용하여 골재(骨材)를 시멘트풀로 둘러싸서 다진 것으로써 이것을 핵석지반으로 취급할 수 있으며 이를 이용하여 골재의 체적비가 콘크리트의 탄성계수와 압축강도에 미치는 영향은 많은 사례가 있다.

Stock et al.(1979)는 골재체적비 대 일축압축강도사이의 관계에 대한 많은 사례를 모았다. 아래그림 2.1은 그에 의해 수집되어진 많은 학자의 연구결과이다. 결과를 보면 콘크리트의 일축압축강도는 골재의 체적이 증가함에 따라 적어도 처음에는 떨어진다. 하지만, 골재체적비가 더 높아지면, 이러한 경향은 바뀐다. Stock et al.은 골재 체적비 증가에 따라 콘크리트 강도가 떨어지는 이유가 골재를 둘러싸고 있는 시멘트 페이스트부분이 더 높은 공극률을 만들어서 강도가 약해진다고 설명했다.

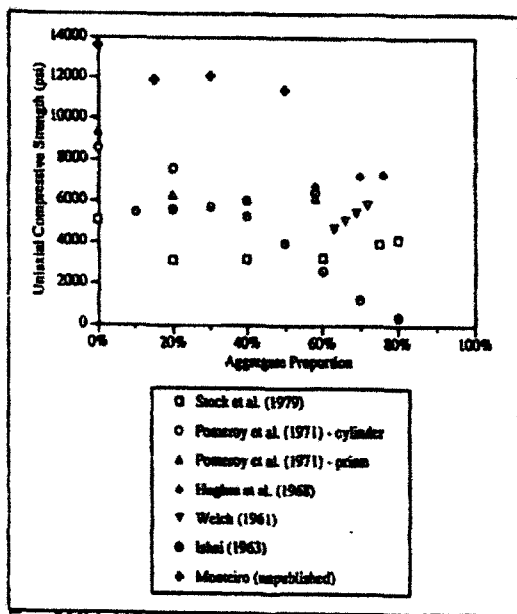


그림 2-1 일축압축강도 대 골재체적비 (after Stock et al. 1979)

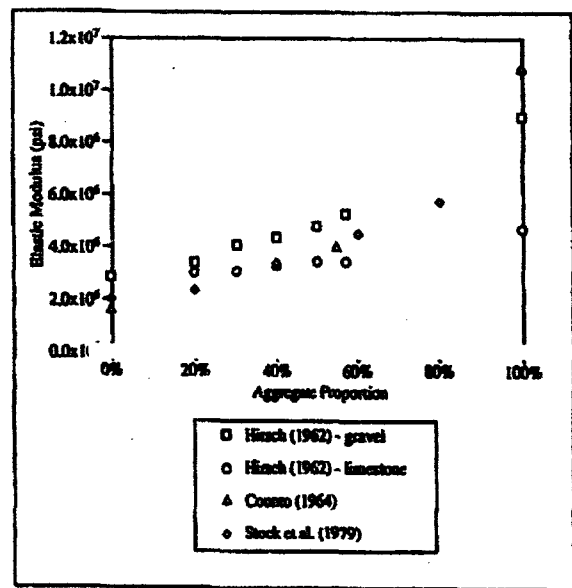


그림 2.2 탄성계수 대 골재체적비 (Hirsch(1962),Counto(1964),Hansen(1965)등)

그리고 골재체적비와 탄성계수와와의 관계는 실험적으로나 이론적으로 많은 연구가 있었다. 이러한 사례에서 시멘트와 골재의 체적비에 따라 적용할수 있는 많은 경험적이고 이론적인 공식이 제시되었다 (Hirsch(1962), Counto(1964), Hansen(1965) 등). 몇가지의 시험결과는 그림 2.2에 나타나 있는데, 이것은 골재가 시멘트보다 탄성계수가 더 크다면, 콘크리트의 탄성계수는 골재 체적이 증가함에 따라 증가함을 나타낸다.

한편, Lindquist, E.S 는 포틀랜드시멘트를 이용하여 실내시험이 가능하도록 시료를 인공적으로 모델링하여, 핵석의 체적비와 핵석이 정렬되어있는 각도에 따라 Mohr-Coulomb 의 변수가 어떻게 변하는지를 연구했다. 그에 따르면 핵석지반에서 점착력은 핵석의 함유량이 증가함에 따라 감소하고, 내부마찰각은 증가한다고 했다. 핵석지반에서의 점착력이 핵석의 체적비가 증가함에 따라 감소하는 경향을 보이는 이유는 핵석과 매트릭스사이의 경계부가 핵석의 체적이 증가함에 따라 같이 증가하기 때문이라고 했다. 그리고 내부마찰각이 핵석의 체적비가 증가함에 따라 증가하는 이유는 파괴면이 핵석의 함유량이 증가함에 따라 직선의 형태에서 굴곡이 진 곡선의 형태로 바뀌는, 다시 말하면 상대적으로 강도가 약한 매트릭스를 따라서 발생하는 파괴가 핵석의 체적비가 증가하면서 핵석의 영향으로 인해 직선의 형태에서 점차 곡선의 형태로 변하기 때문이라고 했다.

또 핵석의 각도에 따라서도 강도정수가 변한다고 발표하였는데 그 방법은 핵석을 구형이 아닌 타원형으로 제작하여 그 핵석이 하중이 가해지는 축과 이루는 각도를 다르게 하면서, 제작하여 그 강도의 차이를 비교했다. 그 결과로, 핵석지반의 강성은 체적비가 증가하면 증가할 것이며 탄성계수는 하중 방향에 수직으로 타원형의 핵석이 놓였을 때 가장 적을 것이라고 했다. 그 이유는 핵석의 방향 때문이 아니라 아마도 블락 모서리에 평행하게 발달하는 더 변형성이 심한 물질의 존재 때문이고, 변형계수의 변화의 크기는 정확하게 가늠하기가 힘들다고 했다.

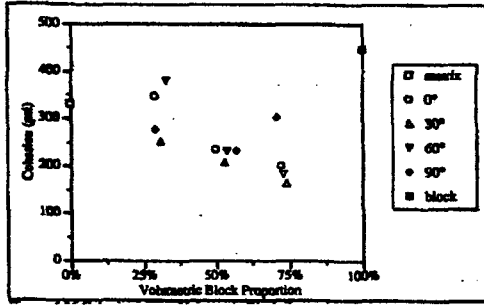


그림 2.3 핵석체적비에 따른 점착력의 변화 (Lindquist, E.S 1994)

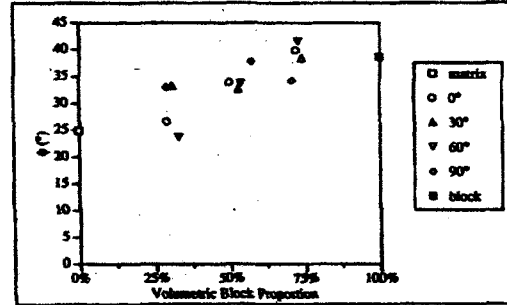


그림 2.4 핵석 체적비에 따른 마찰각의 변화 (Lindquist, E.S 1994)

3. 실내시험을 통한 강도정수 추정

3.1 시료의 제작

3.1.1 재료와 핵석의 모양 결정

먼저 핵석으로 제작될 초속경 그라우트(JM)의 특성을 알아보면, 이는 초속경 시멘트와 모래로 구성되어 있으며 사용자의 현장배합과 적절한 입도를 가진 골재선정의 어려움을 보완하기 위해 Grouting에 적합하도록 제조된 초속경성 고강도 몰탈이다. 이 재료는 2시간만에 실용강도를 발현하고, 무수축 및 속경성으로 강도를 발현하며 유동성 및 기계초 시공시 점착력이 우수한 특성이 있어 기계설비 기초 Grout, Anchor bolt 매설 및 기존 콘크리트상의 보수 및 도로 보수에 쓰인다.

이 재료의 시험강도는 하루만 지나면 $600\text{kg}/\text{cm}^2$ 정도의 강도를 나타내고 강도에서 크게 변화가 없다. 그러나 일반 암석시험에 사용되는 직경 50mm, 길이 100mm 의 시료로 제작하기 위해서는 위에 나타난 것처럼 15%의 표준수량으로는 성형이 불가능하였다. 그래서 약25%의 물과 섞어서 시료를 성형하고, 약 2주일 이상의 수중양생 후에 일축압축시험을 한 결과 약 $350\sim 400\text{kg}/\text{cm}^2$ 정도의 강도를 나타내었다.

다음 매트릭스의 제작은 초속경시멘트와 물 25%를 섞어서 시료를 성형하는데 강도시험결과 약 $120\text{kg}/\text{cm}^2$ 정도의 강도가 나왔다. 이 정도의 차이를 가진 재료라면, 실제 핵석지반을 완벽하게 만족하는 상태는 아니지만 두 재료의 강도차이가 충분히 나기 때문에 이 재료를 채택하기로 했다.

그래서 최종적으로 매트릭스는 [초속경시멘트+물], 핵석은 [초속경그라우트JM(초속경시멘트+모래) + 물]로 제작하기로 했으며, 핵석의 모양은 제작이 용이하며 방향성이 없는 구형을 채택했다.

3.1.2 핵석의 크기결정과 시료제작

시험하고자 하는 목적중 하나는 두 가지 크기의 핵석을 똑같은 체적비로 시료를 제작하였을 때, 예를 들면 직경 X mm의 핵석이 차지하는 체적비가 10%인 시료와, 직경이 그 2배인 2X mm의 핵석이 차지하는 체적비가 10%인 시료의 강도 및 변형특성을 비교하는 것이다. 그런데 핵석은 두 가지 크기로 제작

되어야하고, 시험은 직경 50mm, 길이 100mm의 원통형시료에서 이루어질 것이기 때문에 핵석의 직경을 10mm와 20mm를 하기로 결정했다.

다른 하나의 목적은 핵석이 시료 내 차지하는 체적비의 차이에 따라 달라지는 시료의 강도 및 변형특성을 규명하고자 함이다. 앞에서 언급했듯이 제작될 핵석의 크기는 10mm와 20mm인데, 20mm 핵석은 직경이 너무 크기 때문에 시료전체에서 차지할 수 있는 최대의 체적이 약 45% 정도까지 밖에 제작할 수 없었다. 45%의 체적비라면 직관적으로 생각했을 때 핵석이 시료를 지배할 정도의 양은 아니라고 생각되었다. 하지만, 10mm 핵석은 약 65%까지 제작이 가능했고, 그 정도 체적이라면 핵석이 지배적으로 시료를 차지한다고 볼 수 있기에 우리의 두 번째 목적을 만족했다.

이렇게 모양과 크기가 결정된 후에 맨 먼저 [초속경시멘트 + 모래 + 물(+red수성잉크)]를 섞어서 핵석을 제작한다. 수성잉크는 시험후 파괴형상을 볼 때 확연히 그 형상을 보기 위해 첨가했다. 제작된 핵석은 예상했던 것처럼 직경이 정확하게 10mm, 20mm가 아니었다. 따라서 제작된 핵석은 골재체가름 시험에 이용하는 체를 이용하여 체가름을 하였다. 그 결과 작은 크기의 핵석은 9.50mm~13.2mm의 크기로, 큰 크기의 핵석은 19mm~26.5mm의 크기로 제작되었다. 처음 계획과는 약간 다르게 진행되었지만, 정확한 크기보다는 2배의 직경의 차이를 가진 핵석이 같은 체적으로 시료에 위치하였을 때의 시험결과를 비교하려는 시험목적과는 크게 어긋남이 없었다. 이 논문에서는 편의를 위해 작은 크기의 핵석은 10mm의 핵석, 큰 크기의 핵석은 20mm의 핵석으로 호칭한다. 핵석은 제작후 실온에서 약 1시간정도 양생 후 사포를 이용하여 이물질 제거하고 수중에서 양생하는데, 수중에서의 양생은 2주일 이상으로 한다.

다음은 각 체적비별로 시료를 제작하는데, 매트릭스로 제작할 물질[초속경 시멘트 + 물]을 혼합하고, 미리 제작한 후 2주 정도의 양생을 거친 핵석을 이 매트릭스와 섞고 난 후에 준비된 몰더에 핵석과 혼합된 매트릭스물질을 넣는다. 이때 주의할 점은 핵석이 매트릭스물질보다 비중이 크기 때문에 바닥으로 가라앉지 않게 주의해야한다.

위의 과정을 통해서 10mm의 핵석은 시료에 차지하는 체적비가 15%, 30%, 45%, 65%가 되도록 메스실린더를 이용하여 측정하고, 해당하는 각각의 체적비 별로 6개의 시료를 제작하고 20mm의 핵석도 같은 방식으로 15%, 30%, 45%의 체적비로 6개의 시료를 제작한다.

즉, 두 가지 크기의 핵석이 같은 체적비로 시료에 위치했을 때의 강도특성의 비교는 체적비 15%, 30%, 45%일 때 각각 행해졌다. 그리고, 체적비에 따라서 핵석이 시료의 강도 및 변형계수에 미치는 영향은 10mm 핵석의 경우 각 체적비는 6단계 (0%, 15%, 30%, 45%, 65%, 100%)에서, 20mm 핵석의 경우 각 체적비는 5단계(0%, 15%, 30%, 45%, 100%)에서 행해졌다. 체적비에 따른 시험개수는 완전건조상태 일때와 표면건조포화상태 일때로 나누어 세 번씩 실시했다.

제작된 시료는 핵석의 제작후와 마찬가지로 1시간정도 실온에서 몰더에 있는 상태로 양생 후, 몰더에서 분리하여 2주 정도의 수중양생을 한다. 2주 정도의 수중양생을 거친 시료는 절단과 연마의 과정을 거친 후 SBEL사의 시험기를 이용하여 일축압축시험을 실시하여 강도 및 변형특성을 알아본다.

3.2 일축압축시험결과

3.2.1. 핵석함유 비율에 따른 일축압축강도

직경 10mm의 크기로 만든 핵석의 시료 전체에 대한 체적비는 15%, 30%, 45%, 65%이다. 각각의 경우마다 총 6회의 일축압축시험이 행해졌는데 3회는 표면건조포화상태에서, 3회는 완전건조상태에서 행해졌다. 두 가지 종류의 건조상태에 따른 일축압축강도의 변화는 그림3.1-1과 그림3.1-2에 나타나 있다. 완전건조상태의 시료는 표면건조포화상태의 시료와 비교해서 시험의 오차가 컸는데, 그것은 수중양생을 거친 시료가 48시간 건조기에서 건조되는 동안 외부에 크랙들이 발생되었는데 이 크랙들이 암석의 파괴를 촉진시킨 것으로 판단되었다. 그래서 건조방법을 건조기에서 오븐건조하는 것이 아니라 실온에서 약 7일정도 실온 건조하는 방법으로 바꿨는데 오차의 범위를 줄일 수는 있었지만, 오차의 크기는 표면건조상태 일 때보다 컸다.

두 그래프를 비교해보면 강도의 크기는 차이가 있지만 체적비에 따른 경향은 비슷함을 알 수 있다. 체적비가 낮은 15%와 30%일 때는 핵석이 전혀없는 매트릭스만으로 구성된 시료보다 오히려 강도가 낮게 나오는 경향을 나타냈다. 이유는 핵석이 전체의 강도에 영향을 줄 정도의 체적을 차지하지 못하고, 핵석과 매트릭스의 경계면이 불연속면으로 작용하기 때문으로 판단된다.

그런데 체적비가 45%이상일 경우에는 매트릭스만으로 구성된 시료(핵석 0%)와 거의 비슷한 강도를 나타냈고, 65% 이상일 경우에는 강도가 증가하는 경향을 보였다. 이것은 핵석의 체적이 증가하면서 각 핵석들간의 맞물림현상(interlocking)과 굴곡(tortuosity)에 의해 크랙의 전파가 지연되기 때문이라고 판단된다.

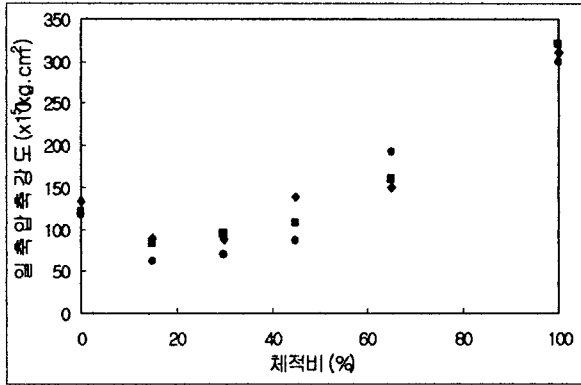


그림 3.1-1 체적비 대 일축압축강도
(10mm핵석, 표면건조포화상태)

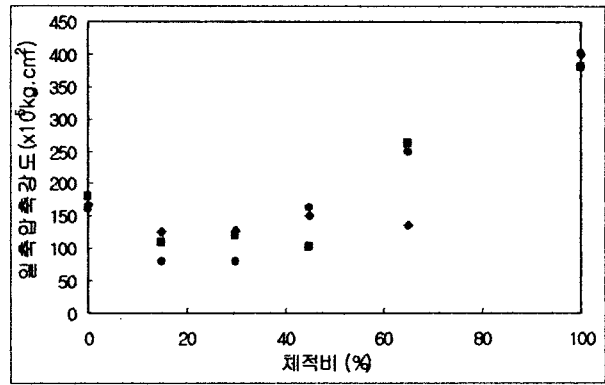


그림 3.1-2 체적비 대 일축압축강도
(10mm핵석, 완전건조상태)

20mm의 핵석의 경우는 시험의 방법은 10mm의 핵석과 동일하게 두 가지 상태에서 행해졌으며, 20mm의 크기로 만든 핵석의 시료전체에 대한 체적비는 15%, 30%, 45% 이며 시험결과는 아래 그림3.11-1, 그림3.11-2 와 같다. 일축압축강도는 20mm크기의 핵석의 경우에도 역시 낮은 체적비의 시료의 경우에는 10mm크기의 핵석과 마찬가지로 강도가 떨어졌다. 20mm핵석의 경우는 서론에서 설명했듯이 체적비 45%이상의 시료는 제작을 할 수가 없었다. 그렇기 때문에 체적비 45%일 경우에 더 작은 체적의 비의 경우보다 더 크거나, 매트릭스만으로 제작된 시료와 비슷한 강도를 나타내는 것만을 확인할 수 있었다.

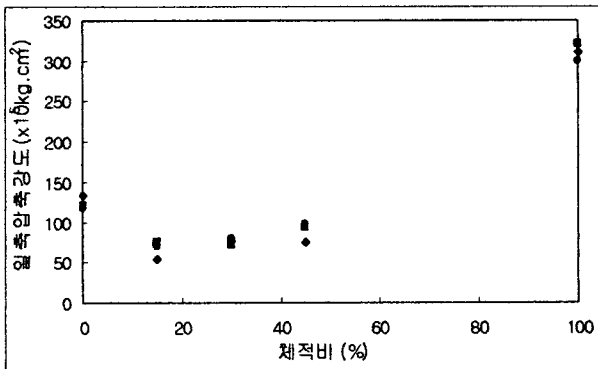


그림 3.2-1 체적비 대 일축압축강도
(20mm핵석, 표면건조포화상태)

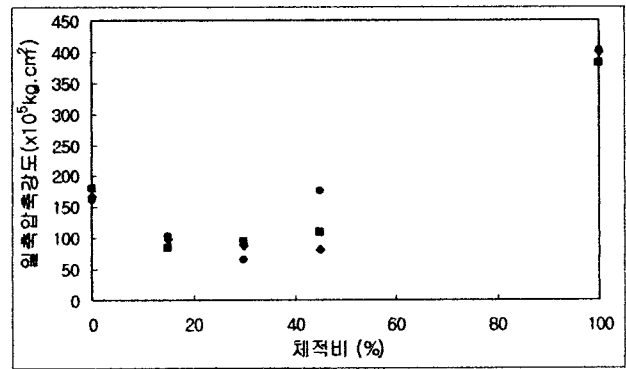


그림 3.2-2 체적비 대 일축압축강도
(20mm핵석, 완전건조상태)

3.2.2 핵석함유 비율에 따른 탄성계수

3.2.1 10mm의 핵석의 경우

핵석함유 비율에 따른 탄성계수는 그림3.13-1, 그림3.13-2과 같다. 그래프를 살펴보면, 표면건조상태에서

핵석의 체적이 증가하면 핵석의 탄성계수도 증가하는 것을 볼 수 있는데 체적비가 비교적 낮은 15%와 30% 일 때는 탄성계수가 증가하는 하지만, 정확한 경향을 확인할 수는 없었고 45%와 65% 일 때의 경우에는 확실하게 탄성계수가 증가함을 알 수 있었다. 20mm의 핵석의 경우에도 탄성계수는 핵석의 체적비가 증가할수록 전체적으로 증가하는 경향을 보였으며 거의 모든 데이터는 매트릭스 100%시료의 탄성계수와 핵석 100%시료의 탄성계수 사이에 위치했다. 하지만 두 크기의 핵석의 경우 모두 완전건조상태 일 때도 증가하는 경향을 보였지만, 실험오차가 커서 확인할 수 없었다.

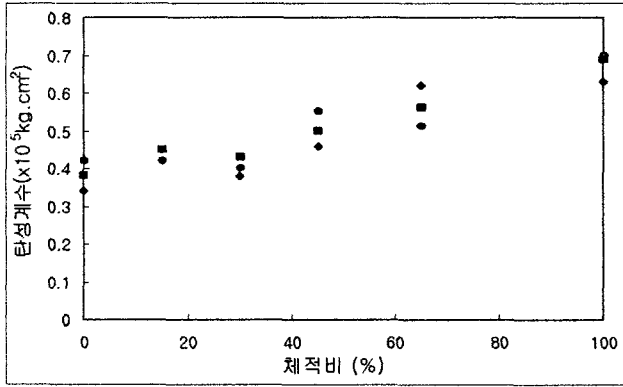


그림 3.3-1 10mm 탄성계수
(표면건조포화상태)

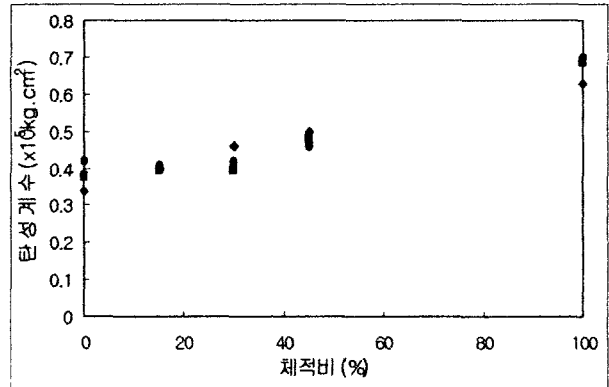


그림 3.3-2 20mm탄성계수
(표면건조포화상태)

3.2.3 핵석크기에 따른 일축압축강도와 탄성계수의 크기 비교

크기(구의 직경)는 약 2배의 차이가 나고, 시료에서 차지하는 체적은 같은 경우의 일축압축강도와 탄성계수의 차이를 비교했는데, 비교는 핵석의 체적비가 15%, 30%, 45% 일 경우 이 세 가지 경우만 해당된다. 핵석의 크기에 따라 같은 핵석체적비에서 강도의 차이는 크게 나지 않았다. 전체적으로 10mm의 핵석을 가진 시료가 약간 크게 나타났는데 명확하게 확인할 수 없을 정도의 작은 차이였으며, 탄성계수 역시 체적비에 따라서 비교적 균일한 값을 나타내는 것을 확인할 수 있었다.

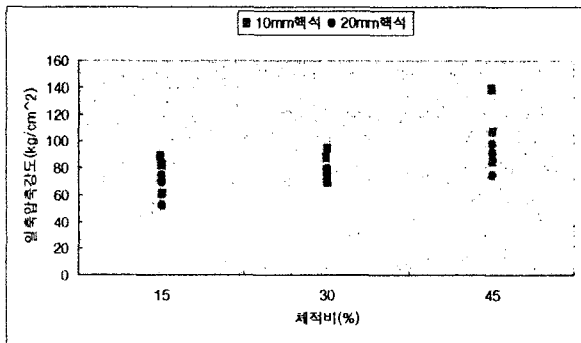


그림 3.4-1 핵석의 크기에 따른 일축압축강도
(표면건조포화상태)

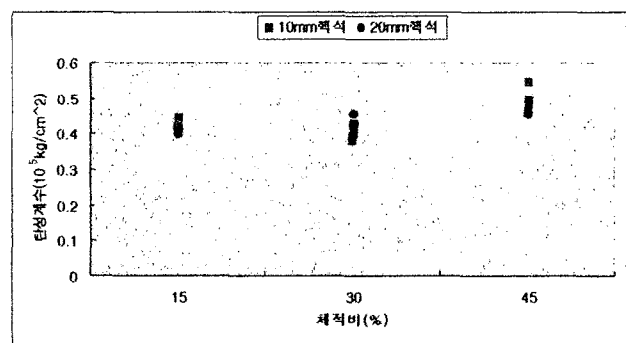


그림 3.4-2 핵석의 크기에 따른 탄성계수
(표면건조포화상태)

4. 결 론

1. 실내시험을 통해 본 핵석의 체적에 따른 일축압축강도는 핵석이 차지하는 체적이 작을 경우에는 매트릭스의 강도보다 작게 나타났고 핵석의 체적이 45%, 65%를 차지할 경우에는 매트릭스의 강도와 비슷

하거나, 더 크게 나타나는 경향이 있었다. 이 결과는 핵석의 함유량이 커지면서 핵석 상호간의 맞물림현상과 굴곡의 증가에 의해 강도가 더 크게 나타난 것이라고 사료된다.

2. 실내시험을 통한 핵석의 체적에 따른 탄성계수는, 일축압축강도의 변화와 다른 양상을 보였는데, 핵석이 차지하는 체적이 작을 경우에도 매트릭스의 탄성계수와 비슷하거나 큰 값을 나타냈다. 그리고 체적비가 더 커질수록 그 탄성계수가 서서히 증가하는 경향을 보였다.

3. 일축압축시험을 통한 핵석의 크기에 따른 일축압축강도 및 탄성계수를 비교해 본 결과 핵석의 크기는 핵석지반의 특성에 큰 영향을 미치지 못하는 것으로 판단되었다. 즉, 핵석의 크기보다는 핵석이 시료 전체에서 차지하는 체적비가 더 많은 영향을 미치는 것으로 사료된다.

5. 참고 문헌

1. Chen feng, Sun zongji, Xu jicheng & Zhan jingyi (2001) "Two-phase model for the investigation of micro-fracture mechanism of brittle rock under uniaxial compression" , Frontiers of Rock Mechanics and Sustainable Development in the 21st century(CSRME), pp. 299-301
2. Hudson, J. A., Crouch, S. L. and Fairhurst, C. (1972) : "Soft, Stiff and Servo-Controlled Testing Machines" , Engineering Geology, Vol.6 , pp. 155-189
3. Itasca Consulting Group (1995) "FLAC manual"
4. Lindquist, E.S and Goodman, R.E (1994) "The Strength and Deformation Properties of Melange" Ph.D. thesis, The University of California, Berkeley
5. Medley, E.W and Goodman, R.E (1994) "The Engineering Characterization of Melanges and Similar Block-in-Matrix Rocks(Bimrocks)", Ph.D thesis, The University of California, Berkeley
6. Richard E. Goodman (1989) "Introduction to Rock Mechanics(2nd Edition)" , pp. 55-99
7. 원종관 외 5명 (1989) "지질학원론" , pp. 552-567
8. 이수곤, 권성주 (2001) "핵석지반에서의 합리적인 지반강도 정수에 관한 연구", 대한토목학회 2001 학술발표회 논문집
9. 한국 암반공학회 외 , "건설기술자를 위한 지반조사 및 시험기술" pp. 484-499