

핵석 지반에서의 지반탐사 연구

이수곤, 김민성, 최호순 (서울시립대학교 토목공학과)
최경침 ((주)다우리엔지니어링)

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 심하게 변질되어서 생성되므로 일반적으로 절리의 방향과 일치하며 직사각형이나 약간 타원형의 형태가 보통이다. 핵석이 발달한 복잡한 지반이 국내에서 약 20-30% 지역에서 발견되는데 이런 핵석 지반의 암판정을 수행하기 위해서는 국내에서 널리 사용되고 있는 암석의 일축압축강도와 불연속면의 발달정도의 상관관계만으로는 합리적인 결과를 얻기가 어렵다. 또한 건설표준품셈의 『암분류 기준』에서도 현장 탄성파시험을 수행하여서 암판정을 수행하는 것을 추천하고 있으므로 본 연구에서도 이 방법을 적용해 보았으며 이 결과들을 토대로 복잡한 지질조건을 가지는 핵석지반에서의 객관적이고 합리적인 암판정 방법을 연구해 보았다.

2. 연구지역 소개

2.1 연구지역의 지질

본 연구지역의 전반적인 지질은 선캠브리아기(약 40억년 전에 형성) 변성암류가 기반암으로 분포하고 있으며 각 수계 및 저지대를 중심으로 제4기의 충적층이 분포하고 있다. 분포하는 암상은 호상편마암이며, 국부적으로 안구상 편마암이 관찰된다. 또한 연구지역의 전반부에 걸쳐 선캠브리아기의 호상편마암과 화강 편마암이 넓게 분포하고 있으며 이는 중립질~조립질의 조직을 보이고 주요 광물로는 석영, 장석류, 흑운모로 구성되는데 이중 장석과 흑운모가 호층을 이루는 엽리로 나타나며 엽리의 방향성은 N45E /40SE를 보인다. 또한 서로 다른 지질이 만나는 지역이므로 지질이 복잡하며 풍화가 불규칙하고, 특히 열수광화작용과 열수변질작용에 의해 절리 틈새를 따라 열수 용액이 침입하여 직사각형~약간 타원형의 암석형태를 보이는 핵석을 관찰 할 수 있다. 이러한 핵석은 주변지반과는 달리 매우 강한 강도를 보이며 핵석 주변으로 심하게 풍화가 진행되고 있으며 연구지역 곳곳에 핵석이 산재해 있는 것을 볼 수 있다.

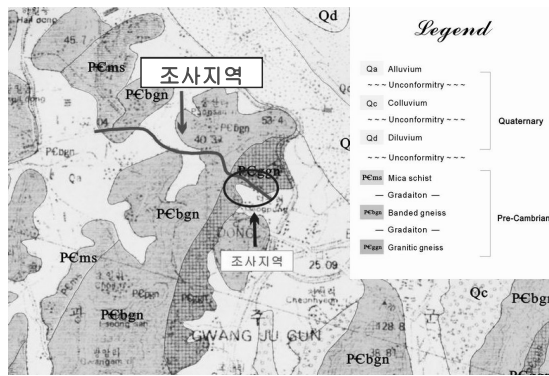


그림 1. 조사지역의 지질도 (축척 1:50,000)



그림 2. 조사구간

2.2 연구지역 지반의 풍화상태

본 연구지역의 절취면의 풍화상태는 열수변질작용과 단층파쇄대의 영향으로 인해 차별풍화를 받아 절취면 또는 불연속면에 산화철피복을 받아 붉은색을 보이는 구간이 많기 때문에 전체적으로 풍화가 진행 중인 것으로 보이지만, 풍화토 또는 풍화암이 존재하는 지반 내에 신선한 암석이 핵석 형태로 군데군데에 박혀 있는 것을 관찰 할 수 있으며 슈미트해머타격 결과 핵석의 강도는 연암 이상의 수준을 보인다. 현장에서 채취한 핵석들의 내부는 거의 연암~경암인데, 단지 핵석 표면만 불과 수 mm 만 얇게 철분이 피복된 것을 보면 이와 같은 본 지역 핵석의 풍화특성이 보다 명확해진다.



그림 3. 현장에서 채취한핵석



그림 4. 비교적 신선한 핵석

2.3 연구지역 지반의 불연속면의 상태

본 연구지역의 불연속면의 발달빈도는 차별풍화로 인해 절리발달이 많고 불규칙한 편이지만 일반적인 절리의 간격은 0.2~0.3m이며 핵석이 발달한 부근에는 0.5~1m정도인 곳도 있다. 절리의 연장성은 약 1~2m로 짧은 편이고 틈새 또한 약간 벌어진 편이다. 특히 파쇄대 부근에서는 국부적으로 절리의 발달 빈도가 매우 높으며 절리가 절취면을 어긋나게 끊으면서 수직으로 매우 우세하게 발달하여 절리에 의해 형성된 암괴들은 상호로 길죽한 판상(럭비공 모양)형태를 보이고 있다. 이러한 불규칙한 절리들의 발달로 인해 풍화가 진행되고 있는 것으로 오관할 수도 있으나 본 연구지역에 나타나는 핵석과 굴착한 암괴가 쌓여있는 지역에서 발견된 암괴(핵석포함)의 크기들을 살펴보면 약 0.5~1.5m로 비교적 큰 것들이 많이 관찰되고 있어 육안 관찰시 주의가 필요하다.

3. 실내시험 및 현장시험

3.1 실내시험

본 연구지역의 실내시험 결과를 종합해 보면 핵석지반에서 채취한 암석시료 22개의 비중은 약 2.63~2.74이며 흡수율은 0.62~0.89%이며 간혹 1.4~1.84%인 것을 볼 수 있다. 이는 암석시료 내에 존재하는 미세균열에 의한 것이라고 판단되며 이를 제외한 일반적인 암석시료의 비중과 흡수율 고려한 암질상태는 우수한 것으로 판단된다. 실내 탄성파속도와 일축압축강도시험은 건조상태와 습윤상태 두 조건으로 나누어서 실시하였으며 건조상태에서는 2.7~4.3km/sec 이고, 습윤상태에서는 3.6~5.5km/sec이며 일축압축강도는 건조상태에서는 771~1618 kgf/cm² 이고, 습윤상태에서는 509~1542 kgf/cm² 로서 연암~경암에 해당된다.

암석시료에 대한 슈미트해머수치를 종합해 보면 건조상태에서는 약 34~58, 습윤상태에서는 31~56의 수치를 보인다. 또한 일축압축강도와 슈미트해머 수치와의 상관관계가 분산되는 경향을 보이는데 이는 편마암의 엽리에 의한 이방성과 미세균열에 영향을 받은 것이라고 판단된다.

3.2 현장시험

3. 2. 1 슈미트해머시험 결과

본 연구지역은 복잡한 지질구조를 보이는 핵석지역이므로 암반의 강도는 높다고 판단되지만 암반의 표면이 풍화와 미세균열로 인해 슈미트해머강도가 예상했던 것 보다 낮게 나오는 경우가 발생할 수 있으며 이를 위해 육안관찰을 동시에 수행하며 슈미트해머시험을 수행하였다. 또한 굴착난이도상에서 절리발달빈도에 관계없이 연암은 SHV=25~30이 경계로서 그보다 강하면 발파가 가능하고 그보다 약하면 리핑암으로 판정하였다.(이수곤, 1988) 결과를 종합해보면 접근 가능지역에 수평으로 약 0.3~1m마다 절취면을 대표할 수 있는 암석표면을 슈미트해머(L-type) 타격시험을 수행하였다. 총 107지점에 대하여 슈미트해머타격시험을 수행하였으며 편마암에 대하여 일축압축강도 시험(총 22회)에서 얻어진 값과의 상관관계식을 통하여 반발시에 따른 일축강도를 환산하였으며 신뢰도는 71~87%정도이다. 결과는 절

취면에서의 풍화상태가 매우 불규칙하며 풍화암의 군데군데에 핵석(SHV=35~55)의 강도는 연암~경암정도를 보이고 있다.

이미 언급한 바와 같이 일반적인 암판정 방법은 암석의 강도와 불연속면의 발달정도를 고려하는 것이다. 하지만 이러한 방법은 일반적인 지반조건하에서 유용하나 본 연구지역 같은 핵석이 불규칙하게 지반에 분포하고 있는 경우에는 굴착의 시공성을 고려하여야 한다. 즉, 전체 절개지 표면의 60~90% 정도가 핵석이고 나머지 40~10%는 풍화암인 경우에는 전체를 리핑 작업으로 굴착이 어려우므로 발파로 굴착하여야 하기 때문에 발파암으로 판단하고 그 이하인 경우 리핑암으로 판단하는 것이 합리적이며, (1994년도 대한토목학회지 정기학술발표회 논문집의 내용 “절취공사시의 암판정 방법 연구”, p.801~804.” 참조) 본 연구에서는 이러한 굴착의 시공성을 충분히 고려하여 슈미트 해머 강도시험을 통한 암반선을 추정하였다

3. 2. 2 현장 탄성파탐사 결과

본 연구구간의 길이는 약 500m정도이므로 구간을 3구간(A, B, C)으로 나누어 현장 탄성과 탐사시험을 수행하였다. 각 구간의 결과를 살펴보면 A구간은 연암의 깊이는 측정위치로부터 상부지표면을 따라 약 4~8m깊이에서 발파암선이 발달한다. B구간은 토층의 깊이는 측정위치로부터 0.1~1.3m 정도의 차이가 있고 연암층의 깊이는 1.4~6.0m로 불규칙하게 분포한다. C구간은 도로계획고 밑으로 발파암의 깊이가 0.6~2m의 깊이에서 분포한다. 종합적인 결과는 지표면에 수 m 두께의 얇은 토사와 리핑암이 분포하며 그 하부에는 발파암이 분포하는 것으로 판독된다. 그러나 핵석이 불규칙하게 분포하므로 발파암 경계선도 불규칙하게 분포하는 것으로 판단된다.

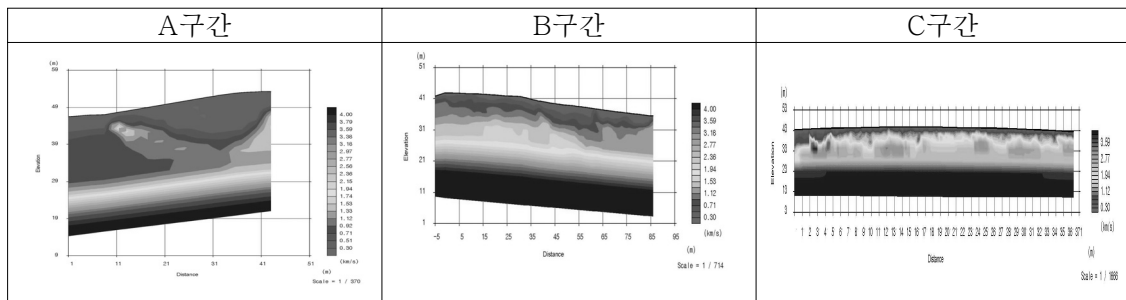


그림 5. 현장 탄성파탐사 결과

4. 슈미트해머시험과 현장 탄성파탐사 시험 결과에 대한 고찰

슈미트해머시험은 최종 굴착면에서 수행된 결과인데 비하여, 현장 탄성과탐사 시험 결과는 최종굴착면의 최정상부와 소단부에서 수직단면상의 시험결과이므로 실제로는 최종 절취면의 후방부 지역에 대한 시험결과이기 때문에 슈미트해머시험에 의한 암판정 경계선과 현장 탄성과 탐사시험에 의한 암판정 경계선이 서로 똑같이 일치하지는 않는 것으로 판단된다. 특히 본지역이 핵석지반 (풍화암 속에 연암-경암질 핵석이 포함됨)이므로 조그만 위치변경에 따라서 암판정 경계선이 크게 변화할 수 있는 가능성이 큰 지반이다. 실제로 본 절개지의 좌측부 상단(A구간)을 보면 핵석이 많이 보이는데 (크기도 보통크기로 보임), 최종 굴착면에서는 옹벽 부근에는 핵석이 관찰되지 않는 것으로 볼 때, 조그만 위치의 변경에 따라서 핵석 분포가 급격하게 변하는 것으로 추측된다.

5. 결론

암판정을 하는데 있어서 건설표준품셈의 암분류 기준에 준하여 현장탄성파시험이나 슈미트해머 수치를 이용하여 작성하지만 핵석지반의 경우 일반적인 판단으로는 오판할 소지가 있다. 핵석지반은 워낙 암괴덩어리가 분산되어 있고 상부의 발파암이 있더라도 하부에 리핑암이 나오는 경우도 있기 때문에 오판의 소지가 있다. 본 연구지역에서 현장탄성파탐사 시험을 실시한 결과 핵석의 분포에 따라 암선의 분포가 달라진다. 슈미트해머 값을 이용하여 조사할 경우 절취된 단면의 표면만 조사함으로 핵석이 노출되거나 노출되지 않음에 따라 조사 결과에 차이를 보이게 되고 현장탄성파탐사 시험만을 할 경우 탄성파탐사의 조사 조사구간의 수직단면만을 조사함으로 핵석에 의한 블라인드존으로 하부의 리핑암을 고려하지 못하게 되거나 조사단면에 핵석이 없는 경우 토사나 풍화암으로 판단하여 사면 전체를 리핑암으로 판단할 소지가 있다. 핵석지반의 경우 현장탄성파탐사와 슈미트해머시험을 조사를 할 때에는 주의를 기울여 조사지반을 판단하여야 하겠다.

참고문헌

1. 전인식, 1997, 건설표준품셈
2. 한국도로공사, 1992, 도로설계요령(토공 및 배수)
3. 이수곤, 이송, 1994, 절취공사시의 암판정 방법 연구, 1994년 대한토목학회 학술발표회 논문집
4. 이수곤, 이송, 1995, 암반 절취사면의 조사, 설계, 감리를 위한 합리적인 기준 설정방안, 한국지반공학회 사면안정위원회 95'학술발표회
5. 이수곤, 1994, 암석과 불연속면의 분류 및 공학적 특성, 토목시공 고등기술강좌(Series III), 대한토목학회
6. Atkinson, T. (1970) Ground preparation by ripping in open pit mining, Min. Mag., Vol. 122