

핵석지반에서의 굴착난이도 평가방법 연구

이수곤^{1)*} · 이벽규²⁾ · 김민성¹⁾ · 최호순¹⁾

1. 서 론

일반적인 암반단면은 점진적으로 풍화 정도가 약해져 상부풍화토층과 하부암반층의 경계가 뚜렷하지만 핵석 풍화단면은 불규칙적으로 변질되는 특이한 형태를 보이며 국외 및 국내에 걸쳐 산발적으로 분포한다고 보고된다. 이런 핵석 풍화의 발달은 물리적, 화학적 풍화작용과 열수광화작용 및 열수변질작용에 의해 일어나, 절리 부근의 암석이 급속히 변질되어 직사각형이나 타원형 형태로 되어 신선한 핵석과 풍화가 심한 주변부 사이에 풍화정도가 급격하게 변화하는 특징을 보인다. 핵석지반은 지질적 특성 때문에 여러 토목공사과정에서 많은 어려움을 일으키고, 종종 굴착공사 방법을 선정하는 기준이 불분명하여 분쟁을 많이 발생한다. 이에 보다 합리적이고 객관적인 굴착난이도 평가방법을 제시하려한다.

2. 본 론

본 연구지역은 60m이내의 낮은 구릉성 간구를 포함하는 하남시 북서쪽의 위치한 주택가 주변의 도로에 위치해 있다. 그리고 화강편마암과 호상편마암등 두 개의 암석종류가 접촉하는 복잡한 지질로 파쇄와 풍화정도가 매우 불규칙하다. 또한 파쇄대 부근에서는 국부적으로 절리의 높은 발달빈도를 보이고 불규칙한 절리가 절취사면을 어긋나게 끊으면서 수직으로 우세하게 발달하는 등 차별풍화로 인해 불규칙한 절리가 발달해 있는 특징을 보인다.

또한 본 연구지역을 살펴보면 암갈색의 풍화토 및 풍화암으로 풍화가 심한 지질로 오판되기 쉬우나, 열수광화작용에 기인하여 생성된 철분(Fe)이 절리면 표면에 그대로 남아 있기 때문에 암갈색을 띄게 되는 것이다. 또한 핵석 형태의 암석이 군데군데 박혀있는 것을 확인 할 수 있다. 핵석을 해머로 깨보면 비교적 신선한 연암~경암(SHV:30~62)의 암석인 것을 알 수 있다.

일축압축강도와 불연속면의 발달빈도 등 두 가지 요소를 동시에 고려하여 굴착난이도를 평가방법은 다소 주관적이나 편리한 방법으로 널리 사용되고 있지만 토층과 풍화가 심한 풍화암 사이에 핵석이 불규칙하게 박혀있는 복잡한 지질에서는 적용하기 힘들다. 현장 탄성파속도를 이용하는 굴착난이도 평가방법은 점이적으로 풍화가 진행되는 일반적인 지표면하의 지질을 비교적 정확하게 분류할 수 있으며 여러 종류의 암석에 대해서도 객관적이고 정량적인 굴착난이도 평가방법이 가능하다고 여러 연구자들이 제안하였고 실제적으로 국내 건설표준품셈에서도 가장 우선적으로 추천하고 있다. 하지만 불규칙한 형태의 핵석 지반에서 합리적인 암판정법을 위해서는 실내시험과 현장시험을 종합적으로 고려하여 판단하여야한다.

1) 실내 암석 시험 (핵석지반에서 채취한 코어시료 22개)

비중은 약 2.63~2.74, 흡수율 0.62~0.89%로 대부분 양호한 암질상태로 판단되나 간혹 흡수율이 1.40~1.84%도 있는데, 암석시료 내의 존재하는 미세균열 때문으로 판단된다.

주요어 : 핵석, 암반분류, 탄성파탐사 시험, 암영대, 슈미트해머 반발시험

1) 서울시립대학교 토목공학과 (sglee@uos.ac.kr)

2) (주)새터기술 (saeter20@kornet.net)

ISRM(1978a)이 추천하는 탄성파속도 시험을 자연 상태와 함수상태의 두 조건으로 나누어서 실시하였는데, 자연건조상태에서는 2.70~4.70 km/sec 함수상태에서는 3.67~5.50 km/sec 가 나왔다.

슈미트해머타격시험을 수행한 후 일축압축강도 시험을 자연건조상태와 함수상태에서 시행하였고, 결과는 각각 771~1618kgf/cm², 509~1542 kgf/cm² 로 연암~경암에 해당하는 강도를 보이고 있으며 일축압축강도와 슈미트 해머수치와는 비교적 좋은 상관관계를 보이고 있다. 일부 값의 상관관계가 약간 분산되는 경향을 보이는데 이는 편마암의 엽리에 의한 이방성과 암석 내에 발달한 미세균열의 영향을 받은 것이라고 판단된다.

2) 현장 시험

접근가능지역에 수평으로 약 0.3~1.0 m 마다 절취사면을 대표할 수 있는 111지점의 암석 표면에 ISRM추천방법으로 자연적인 습도상태에서 슈미트해머 타격시험을 수행하였다. 그 결과 본 연구지역에서 관찰되는 핵석은 SHV=30~62로 일축압축강도로 환산시 509~1618 kgf/cm² 로 연암~경암에 해당하는 양호한 암석으로 판단되며 핵석 자체의 강도와 암석규모를 동시에 고려해 볼 때 발파암으로 분류된다. 본 연구지역에서 굴착작업성과 굴착효율성을 고려한 결과, 전체 절개지 표현의 40~90% 정도가 양호한 핵석이고 나머지 60~10% 는 취약한 풍화토나 풍화암인 경우로 발파암으로 판단되고 그 이하인 경우 리핑암으로 판단하는 것이 합리적이다.

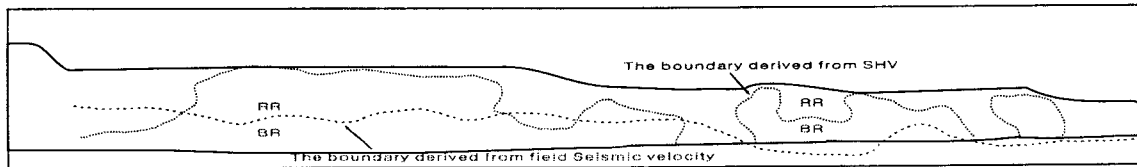


Fig. 1. 슈미트타격시험 값과 현장탄성과 시험의 비교를 통한 굴착난이도 경계선

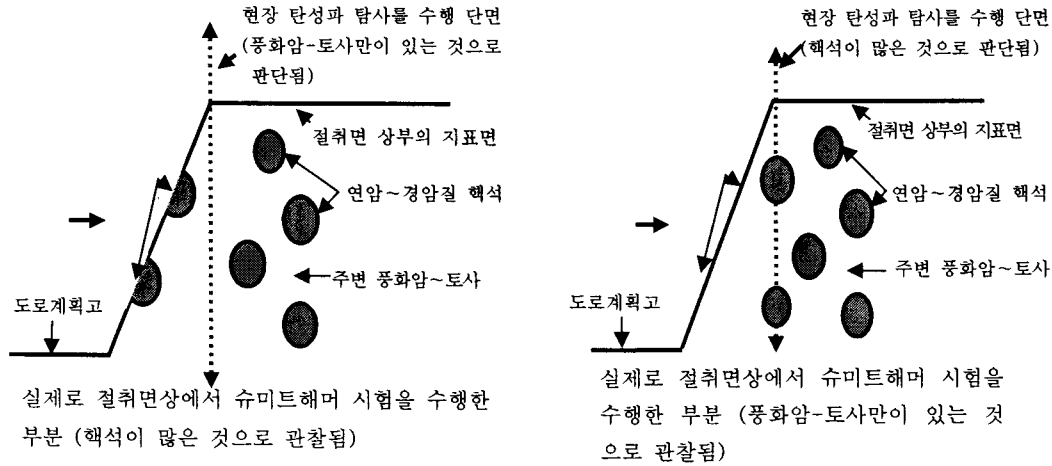
현장탄성과 시험은 진원으로 5 kg의 슬러지 해머타격방법을 사용하고, 수신은 24channel의 지오폰을 사용하였다. 그리고 본 연구지역을 총 4개의 축선을 설정하고 축선당 3~4개의 지오폰을 중첩하여 기록을 보정했다. 또한 총 시험구간 연장 86 m에서 정밀한 조사를 위해 지오폰 간격을 1.0m 로 배열, 진원도 1축선당 7~8개소에서 측정하였다. 그 결과 탄성과탐사로 얻어진 전체주시곡선을 종합분석해 보면 토층은 0.7km/sec 이하, 리핑암은 0.7~1.2 km/sec, 발파암(연암층)은 1.2~1.9 km/sec, 발파암(보통암층)은 1.9~4.2 km/sec, 발파암(경암층)은 4.2km/sec 이상으로 분류되었다. 풍화심도는 핵석분포의 영향으로 매우 불규칙하여 토사는 0.1~1.3 m 깊이로 얇고, 그 하부는 리핑암이 분포하며, 발파암은 지표면에서부터 약 1.4~6.9 m의 다양한 깊이로 불규칙하게 분포하는 것으로 판단되며 슈미트해머 시험을 하면서 본 연구지역의 좌측하부에 직접 관찰되는 토사와 풍화암이 있는데 탄성과탐사결과에서는 전부 발파암으로 해석되었다. 이는 굴절법 탄성과 탐사의 한계인 암영대의 영향으로 판단된다.

현장 및 실내 탄성파속도를 비교해 보면 현장탄성과 속도(약 1.2~1.9 km/sec)가 실내 탄성파속도(약 3~4.5km/sec) 비하여 약 40%정도로서 일반적인 암반 속도보다도 상당히 낮은데 이는 핵석과 토사 및 풍화암이 혼재된 지질이기 때문인 것으로 판단된다.

현장 탄성과탐사시험에서 추정된 암반선 결과와 현장 슈미트해머시험에서 추정된 암반선 결과를 서로 비교해보면, 전체 조사 구간인 86 m 중에서 18 m 구간 비슷하고, 나머지 68 m 구간은 평균 3~4 m, 최대 6 m까지 차이가 있었다. 이러한 오차는 일반적으로 점이적인 풍화양상을 보이는 국내지반에서 약 2m 오차를 보이는 연구결과와 비교해 볼때 비교적 많은 차이로 판단된다. 이와 같이 판정결과가 많이 다른 이유는 슈미트해머시험은 최종 절취사면의 시

행하여서 경사된 절취사면에서 보이는 지질을 조사한데 비해, 현장 탄성과탐사시험은 절취사면의 최정상 또는 소단부에서 시행하였기 때문에 굴절파가 수직으로 전파되므로 조사위치에서 수직적인 지질 특성을 조사한 것이다. 그러므로 서로 다른 위치에서 측정한 굴착난이도 경계선이 일치하지 않은 것으로 보인다.

또한 슈미트해머시험에 의한 암질이 현장 탄성과탐사결과에 의한 암질보다 더 불량하거나 양호한 경우가 모두 발생할 수 있다고 판단되며 이러한 사실을 해석이 불규칙하게 발달하는 복잡한 지질의 경우에 그 결과 해석에 주의하여야 한다.



3. 결 론

일반적인 암석강도와 절리의 발달빈도를 동시에 고려하는 방법은 핵석 지반에는 적용하기 어렵다. 이러한 지반에서는 암석강도를 우선적으로 파악한 후에, 또한 굴착 시공성과 효율성을 모두 고려하는 핵석의 체적%를 감안하여서 굴착난이도를 결정하여야한다. 핵석이 60~90% 이상으로 분포하면 발파암이고, 이보다 적게 분포하면 리핑암으로 고려하는 것이 타당하다.

또한, 핵석 하부에 풍화가 심한 취약층이 존재하는 경우에는 탄성과시험의 원천적인 한계 때문에 그 취약층을 확인하기 어려우므로 해석시 주의를 요한다. 그리고 탄성과탐사는 절취사면의 상부에서 수행하여 수직단면상에서의 핵석 지반을 추정하는 것인데, 이에 비하여 절취사면의 표면에서 육안관찰과 슈미트해머로서 확인한 지질의 결과는 경사된 사면표면에서의 핵석 지반을 확인한 것이므로 서로 지질상태가 다른 것으로 판단된다. 그러므로 핵석이 발달한 복잡한 지질에서의 절취사면에서 육안관찰(슈미트해머시험 포함)과 현장 탄성과탐사결과가 서로 장단점이 있으므로 이를 서로 보완하기 위하여 두 방법을 모두 사용하여서 결과를 서로 비교 검토하여 현장 지질조건을 종합적으로 판단한 후에 굴착난이도를 결정하는 방법이 보다 합리적이라고 판단된다.

사 사

이 연구는 소방방재청 자연재해저감기술개발사업(사면 붕괴 예측 및 대응 기술 개발) 연구비의 일부지원으로 수행되었으며 이에 감사드립니다.