

우리나라 암석의 풍화특성 과 지질공학적 특성

이 수 곤

서울시립대학교 토목공학과

1. 서언

암석의 풍화과정은 화학적인 변질, 물리적인 분해 및 생물학적인 작용으로 나뉘어 진다. 풍화에 영향을 주는 요소는 강수량, 기후, 조성광물의 종류 및 구조, 절리와 단층, 열수변질 작용과 열수광화작용, 지형 등이다. 또한 암석의 풍화는 성인에 따라 다양한 양상으로 진행 되는데 이는 암석을 이루고 있는 각각 광물들이 열역학적인 반응경로가 서로 다르고, 이에 수반되는 물리적인 풍화진행속도가 차이가 있으며, 암석의 균질성, 투수성 등의 암종별로 다양하기 때문이다. 현장에서 암석의 풍화정도는 조성광물의 변질과 분해정도를 육안 등으로 정성적으로 판단하고 분류하는 것이 일반적이다. 따라서 공학적인 목적에서 풍화암반을 서술하기 위해서는 절리 주위에 분포하는 암석의 전반적인 풍화특성이 가장 중요하다. 풍화작용은 암반의 공학적 특성을 다양하게 변화시키므로 토목건설공사시 이러한 암반의 풍화특성을 무시한 채 설계 및 시공시 붕괴사고를 발생하곤 한다. 그러므로 본 연구에서는 암석과 암반의 풍화정도를 정확하게 판단하는 방법을 각각 나누어서 서술하고 또한 암석종류별 풍화특성과 이에 따른 암석과 암반의 지질공학적인 특성을 규명해 보고자 한다.

2. 암반의 풍화특성

보편적인 암반의 절취단면 풍화형태를 살펴보면 일반적으로 풍화의 정도는 보통 지표면에서 하부로 깊어갈수록 적어진다. 이는 빗물이 지표면에서부터 암반의 불연속면(단층 및 절리)틈으로 침투하여 불연속면 부근부터 암석들이 풍화(암석이 썩는 것)되기 시작하여 토양으로 변화한다. 그러므로 지표면부근에 토양이 많이 분포하고 하부의 깊은 곳에는 비교적 신선한 암석들이 분포한다. 그런데 이 풍화단면의 형태는 크게 두 가지로 구별된다.

1) 점이적인 풍화형태(Gradational weathering profile)

지표면에서 지하부로 갈수록 풍화의 정도는 점차로 감소하는데, 토양과 암석의 경계가 비교적 뚜렷한 상태(Weathering front라고 불림)가 나타난다. 이 점이적인 풍화형태는 국내에서는 빈번히 관찰된다.(약 80%) 그러므로 국내에서 이러한 풍화형태에서 높은 건물의 기초 처리시 파일설치 때 비교적 큰 문제가 없고, 사면붕괴도 비교적 예측이 쉬운 편이다.

2) 핵석 풍화형태(Corestone weathering profile)

그러나 지반의 약 10~20%는 특이하게도 지표면에서 지하부로 갈수록 풍화의 정도는 점차로 감소하는데, 토양속에 암석이 핵석(Corestone)으로 존재하는 풍화상태인 경우가 있다.

이 핵석풍화 형태는 지표면에서 지하수가 땅속으로 침투하여서 발달하는 단순한 지하수의 풍화에 의한 작용이 아니라, 거꾸로 지하 깊은 곳에서부터 지표면 쪽으로 불연속면을 따라서 지하심부의 마그마(Magma)용액의 열수변질 작용(Hydrothermal alteration)으로 인하여 불연속면 부근이 특히 강열하게 뜨거운 마그마용액이 침투하여서 암석이 변질(Alteration)되어서 형성되었으므로, 상기에서 언급한 단순한 지하수의 풍화에 의한 점이적인 풍화 형태와는 뚜렷이 구별된다. 이 핵석풍화 형태는 국내에는 비교적 드물게 관찰되는데(약 10~20%) 외국, 특히 홍콩에서는 이 풍화형태가 빈번하여 갑작스러운 사면 붕괴뿐만 아니라, 높은 건물의 기초 처리시 파일 설치 때나 암반사면안정을 위한 rock bolt를 시공할 때 문제를 야기시키는 것으로 종종 보고 되고 있다.

3. 암석의 성인별 풍화특성 및 지질공학적 특성

암석종류별로 암석과 암반 내에 발달하는 풍화특성과 지질공학적 특성이 다양하게 변화하기 때문에 각종 토목건설공사에 미치는 영향이 각 암석의 성인에 따라서 큰 차이가 있으므로 각 암석종류별 풍화특성을 잘 파악하여야 한다. 현재 우리나라에서는 암석의 성인별로 성인에 따라서 화성암, 퇴적암, 변성암으로 분류되는데 각각 남한의 35%, 23%, 42%를 차지하고 있다. 암반의 풍화특성은 암반 내에 발달하는 불연속면의 특성에도 관련이 있으므로 암석종류별 불연속면의 특성도 개략적으로 설명한다.

1) 화성암

심성암(화강암, 섬록암, 섬장암, 반려암 등)은 일반적으로 풍화토층이 사질토이고 그 하부에 있는 풍화암층의 두께가 깊은 것이 특징이다. 규칙적인 절리에 의한 암반붕괴가 가능하고 단층에 의한 위험은 적은 편이며, 수직절리는 연장성이 긴 편이나 판상절리는 연장성이 짧은 경우- 긴 경우로 다양하다. 또한 수직절리에 의한 전도파괴가 가능하고 나무뿌리가 붕괴를 촉진시키며 암괴가 직육면체의 괴상이므로 입상형태 또는 판상형태에 따라서 전도파괴나 활동파괴의 가능성이 있다.

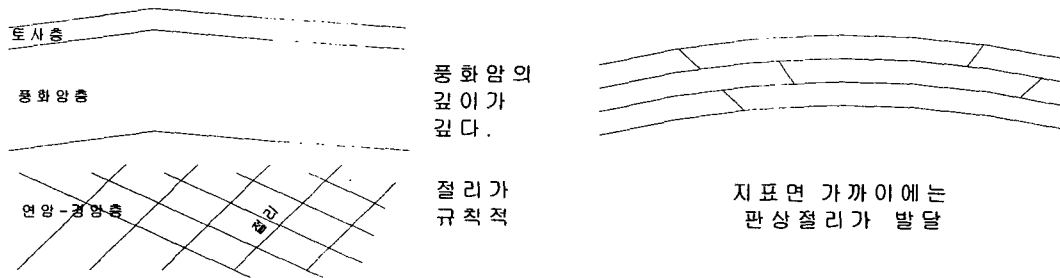


그림 1. 심성암의 풍화특성과 지질공학적 특성

화산암 (용회암, 유문암, 안산암, 현무암) 은 토층의 깊이가 비교적 얇고 토사층은 대체로 Silt로 구성되어 있는 것이 일반적이고 이 토사층 하부에는 풍화암이 거의 발달하지 않고 직접 연암이나 경암이 존재하는 경우가 대부분이다. 화산암의 암반에는 비교적 단층이 잘 발달되는 것이 관찰되며, 특히 현무암 지대의 경우 연,경암층 밑에 용암동굴등이 관찰되는 경우도 있으므로 설계 또는 시공시 항상 주의를 요하여야 한다. 불규칙하고 짧은 절리에 의해서는 국부적인 낙반 가능성만 있으므로 대체적으로 절리는 사면안정 분석시 중요도가 적다.(단 현무암의 주상절리로 인한 전도파괴 가능성에 주의) 간혹 단층이 관찰되는 경우(특히 암석종류가 변하는 경계를 주의)에 이 단층에 의한 위험성을 고려할 필요가 있다. 화산암에서 특히 주의해야 할 암반의 풍화양상은 토사층 사이에 핵석이 간혹 존재하는 경우이다. 이 경우에는 암반의 전단강도와 변형계수결정, 굴착난이도 결정시에 신중하게 판단하여야 한다.

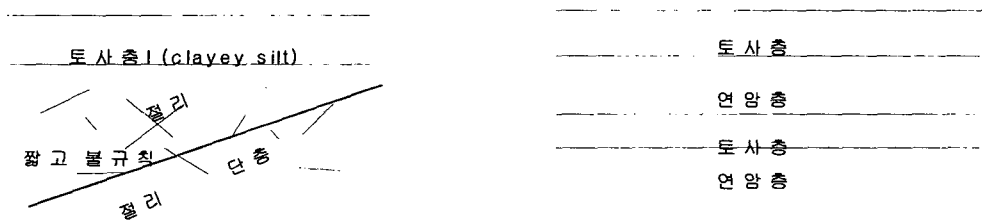


그림 2. 화산암의 풍화특성과 지질공학적 특성

2) 퇴적암

사암 또는 이암등 쇄설성 퇴적암의 경우 풍화가 심하여 풍화토나 풍화암으로 구성된 이

암과 풍화가 적어서 연암으로 구성된 사암이 교호하여서 호층으로 나타난다. 또한 층리가 사면의 경사와 같을 경우 붕괴의 가장 큰 요인으로 사면의안정성에 크게 영향을 미친다. 불연속면의 발달은 암석의 종류에 따라서 큰 차이를 보인다. 사암은 층리면이 단혀 있는 경우가 많으나 이암과 혈암은 층리면이 벌어져 있거나 쪼개짐(fissility)이 많다. 이러한 쇄설성 퇴적암은 경상도에 많이 분포하며 이런 호층상태인 암반풍화상태에 대한 암반의 전단강도 특성은 암석자체만을 고려하지 말고 교호하는 암반 전체의 풍화상태를 고려하여서 판단하여야 한다. 그리고 이러한 교호하는 암반사면에서는 이암과 같은 취약한 암석은 슛크리트 등으로 피복이 필요하다.

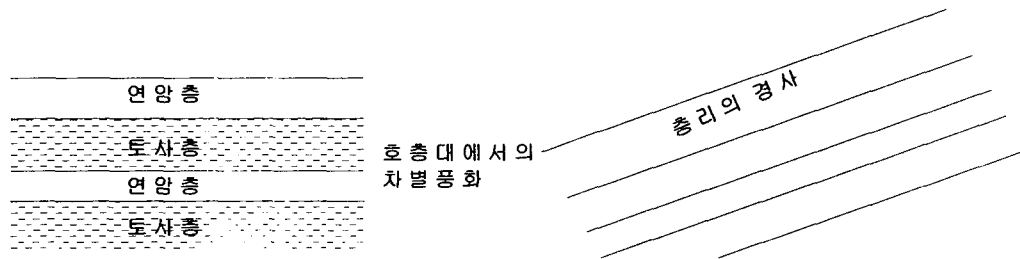


그림 3. 쇄설성 퇴적암의 풍화특성과 지질공학적 특성

석회암과 같은 비쇄설성 퇴적암은 대체로 토층이 Clayey silt 이루어져 있으며 절리는 짧고 불규칙한 양상으로 관찰된다. 우리나라의 대부분의 비쇄설성 퇴적암은 대부분 고생대에 형성된 것으로 대체로 백악기에 형성된 경상계 퇴적암지대에 비해서는 단층의 빈도가 높은 특징이 있으며 이들은 층리방향과 비슷하게 관찰되고 있다. 석회암은 일반적으로 절리의 발달이 드물고 불규칙하며 절리의 연속성이 1-2m 로 짧은 편으로서 절리에 의한 대규모 낙반 위험은 적다. 그러나 빈번하게 석회암에 발달하는 지하동공이 토목구조물에 따른 하부지반이 응력의 영향권 내에 있어서 위험하다고 판단되면 동공을 grouting 한다.



(a) 절리가 불규칙한 경우

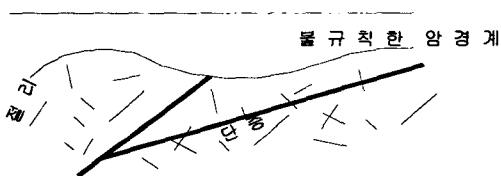
(b) 단층이 발달하는 경우

그림 4. 비쇄설성 퇴적암의 풍화특성과 지질공학적 특성

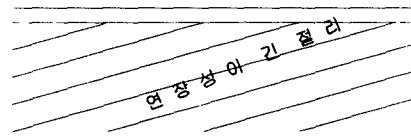
3) 변성암

동력변성암에서는 암석이 재결정된 상태에 따라서 암석강도가 약한 것부터 강한 것까지 다양하며 불규칙한 절리가 불규칙적으로 극심하게 발달하고 대소규모의 단층이 많아 대규모의 붕괴가 우려된다.

변성암은 일반적으로 풍화의 깊이가 깊고 전체적으로 다른 암종에 비해서 불규칙한 풍화양상이 관찰된다. 또한 변성암에서는 절리가 불규칙적이고 연장성이 짧아서 암석이 서로 끼고 있는 형태이므로 지반관련 각종 토목공사에서 절리는 큰 위험요소가 아니다. 그러나 변성암은 대체로 수십억년 전의 오래전에 형성되었기 때문에 그동안 여러 지각변동을 많이 받아서 단층의 발달이 많은 편이다. 이와 같은 점토층진 단층에 의해서 대규모 붕괴가 자주 발생하므로 지반에서의 단층의 위치, 특성을 판단하여 지반관련 각종 토목공사에 미치는 영향을 고려하여 단층의 위험가능성을 신중히 검토해야 한다.



(a) 일반적인 변성암의 특성



(b) 규암은 연장성이 긴 절리가 발달

그림 5. 변성암의 풍화특성과 지질공학적 특성

이와 같이 복잡한 암반풍화특성이 있는 변성암지역에서는 가능한 현장 탄성과 탐사가 중요한 불규칙한 풍화특성을 규명하는데 효과적인 탐사방법이다. 규암은 뚜렷한 엽리구조를 보이지 않는 암석인데 사암이 변성된 암석이므로 골재가 부족한 경우에는 가장 양호하게 암석을 깨부수어서 모래로 사용될 수 있는 암석이다. 뚜렷한 엽리구조를 보이지 않는 변성암의 경우에는 특히 풍화를 잘 받지 않고 강한 암석이므로 지표면에 토사층이 0.5~1m 두께로 매우 얇고 그 하부는 연암과 경암이 대부분이다. 토층의 깊이가 깊지는 않으나 그런데 특이하게도 규암에는 규칙적이고 연장성이 긴 판상형태의 절리가 뚜렷하게 발달하므로 사면 안정성 분석시에 대규모 붕괴가능성을 고려하여야 한다.

변성암에서도 핵석이 자주 관찰되는데 핵석을 고려한 암반의 전단강도와 변형계수결정과

굴착난이도 결정시에는 화성암에서 설명하는 바와 같이 신중하게 접근하여야 한다.

결언

본 연구에서 분석한 바와 같이 풍화특성이 암종별로 현저하게 다른 양상을 보임에도 불구하고, 대부분의 토목건설공사가 단순한 풍화형태만을 고려하여서 일률적인 지반으로 설계하고 시공하므로 암석종류별 암반의 불규칙한 풍화특성을 충분히 고려하지 못하고 있으므로 풍화특성에 따른 지질공학적인 특성에 대한 합리적인 검토가 필요하다.