

강릉지역에서 발생한 산사태의 위치와 절리발달과의 상관성 연구

조용찬^{1)*} · 장태우²⁾

1. 서론

일반적으로 자연사면에서 발생하는 산사태는 잔류토 또는 충적토에 해당하는 토층이 붕괴되어 발생한다. 2002년 태풍 '루사'로 인해서 전국에 많은 산사태가 발생하였으며, 특히 강릉지역에 집중적으로 발생하였다. 이 당시 강릉지역에 발생한 산사태의 형태 역시 토층이 붕괴되는 전이형 산사태가 대부분이다. 이런 산사태의 대상이 되는 토층은 암반의 풍화산물이며, 암반 풍화의 요인은 여러 가지가 있지만 절리의 발달도 중요한 요인중의 하나이다. 따라서 본 연구는 강릉시 주문진-연곡지역을 대상으로 절리조사를 수행하여 절리의 특성을 파악하고 이것과 산사태 발생위치와의 상관성을 구명하는데 그 목적을 두고 있다.

2. 지질

연구지역일대의 지질은 선캠브리아기 편마암류를 중생대 쥐라기에 관입한 대보화강암이 분포하고 있다. 야외조사에 의하면 연구지역의 화강암은 흑운모 화강암 보다는 복운모 화강암이 흔히 나타나고 있으며, 중립질 내지 거정질로서 암석의 풍화가 많이 진행되는 곳에서는 거정의 백운모 광물들을 흔히 관찰할 수 있다. 연구지역의 북쪽과 남쪽에서 동-서 방향으로 발달하는 신리천과 연곡천은 단층에 의해 형성된 골짜기로 직선적으로 잘 발달하고 있다. 본 지역의 지형적 특징을 파악하기 위하여 음영기복도를 작성해 보면, 북북서-남남동 방향의 소계곡들이 평행하게 발달하고 있음이 나타난다. 이 방향은 동-서 방향으로 발달하는 두 단층계곡 사이에 발달하는 2차 단열의 방향으로 해석이 가능하다.

3. 절리

연구지역에 대한 절리조사는 산사태가 발생하여 기반암이 노출된 지점과, 암반노두가 발달하는 지점을 대상으로 실시하였으며, 모두 94개 지점에서 249개의 절리에 대한 방향, 간격, 틈 및 기타특성들을 기재하였다. 조사대상에 포함되는 절리는 주로 신장절리이면서 규칙절리인 것으로 하였다.

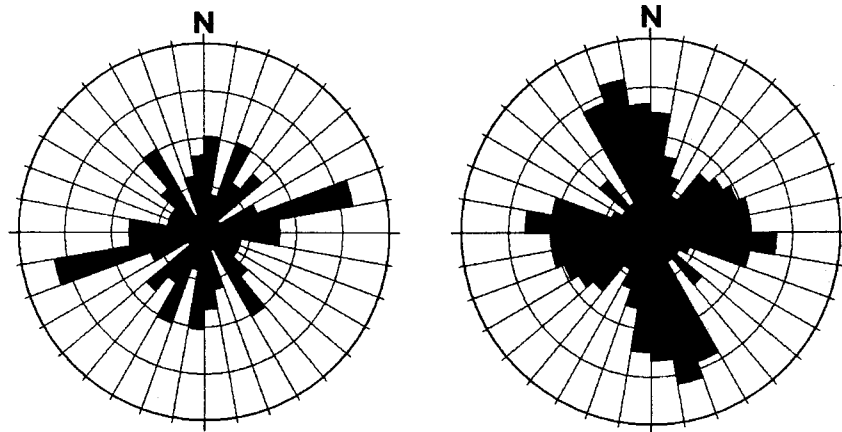
연구지역에서 특정한 249개의 절리들의 방향성을 분석하기 위하여 등면적 하반기 투영을 실시해보면, 고각의 절리는 북북서-남남동 방향과 동-서 방향의 2개 방향의 집중도를 보여주고 있으며, 저각 절리의 경우는 방향의 집중성이 뚜렷하게 나타나지 않는다. 이는 지형과 관련이 있는 판상절리들이 많이 포함되어 있기 때문으로 추정된다. 따라서 절리의 방향성을 뚜렷하게 구분하기 위하여 저각절리(경사각 45° 이하)와 고각절리(경사각 45° 초과)로 나누어서 절리방향의 장미그림(rose diagram)을 작성하였다(그림 1). 장미그림에서 저각절리는 동북동-서남서 방향이 조금 우세하지만 대체로 모든 방향에서 골고루 발달하는 경향을 보여주고 있으며, 고각절리는 동-서 방향과 북북서-남남동 방향이 아주 우세한 경향을 보여주고 있다. 이렇게 두

주요어: 산사태, 화강암, 절리의 방향, 절리의 밀도

1) 한국지질자원연구원 지질환경재해연구부 (choych@kigam.re.kr)

2) 경북대학교 지질학과 (twchang@knu.ac.kr)

조의 절리가 거의 직각으로 교차하는 양상은 야외조사시 개울 바닥 노두에서도 잘 나타나는 현상에 해당한다.



(a) 63개 절리

(b) 186개 절리

그림 1 절리의 장미그림 (a) 경사각 45°이하의 절리, (b) 경사각 45°이상의 절리

절리들의 지역별 분포 특성을 분석하기 위하여 연구지역을 5개의 소구역으로 나누어 절리의 방향성을 분석해 보았다. 각 지역을 나누는 기준은 산사태가 집중된 지역을 포함하면서, 계곡의 방향과 사면의 방향과 같은 지형적 관계와 노두의 위치를 고려하여 구분하였다. 이렇게 구분한 각 지역의 특징은 Rj-1, Rj-4, 그리고 Rj-5 번 지역은 남향 사면지역, Rj-2번 지역은 북향 및 남향 사면지역, Rj-3은 능선부 지역에 해당한다. 그리고 Rj-1번은 북북서-남남동 계곡을 포함하는 지역이고, Rj-5번은 풍화가 많이 진행된 낮은 고도의 구릉지형이 주를 이루는 곳에 해당한다.

Rj-1 지역에서는 42개의 절리를 측정하였다. 경사각이 수직에 가까운 고각의 절리들이 많으며, 판상절리라고 판단되는 저각의 절리들도 존재하고 있다. 절리의 방향은 고각의 경우는 북북서-남남동 및 동서 방향의 절리가 많이 관찰되고 있다. 저각의 절리는 동서 내지 북동-남서 방향으로 발달하고 있다. 이 지역은 주 계곡의 발달 방향이 북북서-남남동 방향이기 때문에 주 계곡과 평행한 방향과 이를 가로지르는 방향으로 발달하는 절리들이 관찰되고 있다. Rj-2 지역에서는 137개의 절리를 측정하였다. 이 지역 절리의 경사각도 Rj-1 지역과 마찬가지로 고각의 절리와 저각의 절리로 나뉘고 있다. 고각의 절리 방향 역시 북북서-남남동 방향과 동-서 방향이 가장 우세하게 발달하고 있다. 저각의 경우는 여러 방향으로 고루 나타나고 있지만, 북북서-남남동과 동북동-서남서 방향이 다소 우세하게 발달하고 있다. 이 지역도 Rj-1 지역과 마찬가지로 절리의 방향은 지형과 관련되어 나타나고 있다. Rj-3 지역은 산 정상부의 능선부로서 주능선은 동-서 방향으로 발달하고 있다. 이 지역에서는 17개의 절리를 측정하였는데 저각의 절리는 북서-남동 방향, 고각의 절리는 동북동-서남서 방향 및 남북 방향으로 발달하고 있다. Rj-4 지역에서는 39개의 절리를 측정하였으며, 동서방향의 고각 절리와 북서-남동 방향의 저각절리가 우세하게 발달하고 있는 지역이다. Rj-5 지역에서는 27개의 절리를 측정하였으며, 동북동-서남서방향 및 북북서-남남동 방향의 고각 절리와 북서-남동 방향 및 남북방향의 절리가 잘 발달하고 있다.

연구지역 절리 방향의 분포는 음영기복도에서 나타나는 동-서방향의 대선상구조와 북북서-남남동 방향의 소선상구조의 방향과도 잘 일치하고 있으며, 연구지역 수계의 발달 상태와도 일치하고 있다.

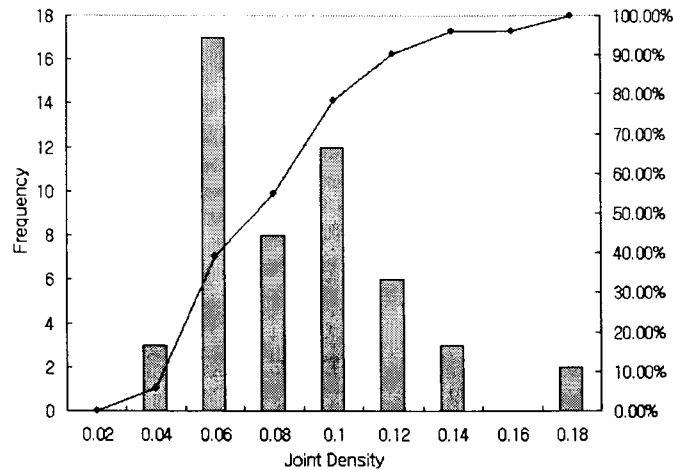


그림 2 절리밀도의 히스토그램 (꼭선은 누적백분율)

연구지역 절리의 밀도를 구하기 위하여 면적인 방법을 이용하여 절리밀도를 계산하였다. 연구지역 51개 지점에서 가로와 세로의 길이가 각 1m인 창틀을 이용하여 사진촬영기법을 적용하여 절리밀도를 산출하였다. 산출된 절리밀도의 분포는 그림 2와 같다. 연구지역에서 계산된 절리의 밀도는 최저 0.028에서 최고 0.178사이에서 분포하며, 평균은 0.078 표준편차는 0.0329에 해당한다. 그림 4.15는 연구지역에서 산정된 절리밀도에 대한 히스토그램이다. 이 그림에서 연구지역 절리밀도의 최대빈도구간은 0.04~0.06에 해당하며, 0.1 이하의 구간이 전체의 약 78%에 해당하고 있으며, 그 중에서도 0.04~0.1 구간이 전체의 약 73%를 점하고 있다. 절리밀도의 지역적 분포를 파악하기 위하여 각 지점의 값을 이용하여 등밀도 분포도를 작성하여 보면, 연구지역 중앙부분과 북서쪽 부분의 절리밀도가 높고 그 외의 지역은 대체로 0.1 이하의 값을 보여주고 있다. 특히 구릉지형이 발달하는 동쪽지역은 모두 절리 밀도가 낮은 것으로 나타나고 있다. 절리 밀도가 높은 지역은 신리천 계곡을 중심으로 그 주변에서 높은 값을 보여주고 있다.

산사태 발생위치는 대부분 절리밀도 0.05~0.1에 해당하는 지역 많이 위치하고 있다. 이는 암반의 풍화에 따른 상부토층의 두께와 관련이 있을것으로 추정되며, 밀도값의 절대치에 대해서는 다른 지역의 자료를 더 보완하여 비교 검토해 보는것이 필요할 것으로 판단된다.

4. 결론

연구지역에 분포하는 절리는 고각절리의 경우는 북북서-남남동 방향과 동-서 방향의 절리가 우세하게 발달하고 있으며, 저각절리의 경우는 동북동-서남서 방향의 절리가 우세하게 발달하고 있다. 이는 연구지역의 지형적 특징은 동-서 방향의 주계곡과 북북서-남남동 방향의 소계곡의 방향성과도 일치하여 절리의 방향이 지형의 형성에 관계가 있음을 알 수 있다.

절리의 밀도를 산정하기 위하여 51개 지점에서 창틀을 이용한 면적인 방법을 이용하였는데, 연구지역 절리의 밀도는 0.028~0.178의 범위로 산정되었으며, 산사태의 발생위치는 절리밀도 0.05~0.1의 범위를 나타내는 지역에서 집중되어 나타나고 있다.

사사

이 연구는 소방방재청 자연재해저감기술개발사업(과제명: 산사태재해 예측 및 저감기술 개발) 연구비 지원으로 수행되었으며 이에 감사드립니다.