

경상분지 길안-청송 지역에서 단열계의 특성으로부터 고찰된 단층운동사

이덕선, 강지훈*

안동대학교 지구환경과학과 (jhkang@andong.ac.kr)

1. 서론

경상분지의 중앙 북부에 해당하는 경상북도 길안-청송 지역에는 경상분지의 주요 단층계의 방향성과 유사한 다양한 방향의 단층들이 발달한다(Figs. 1 and 2). 본 논문에서는 이들 단열조의 방향성과 기하학적 특성(연결, 종료, 상호 교차형상 및 상호 절단관계)을 정밀하게 분석하여 길안-청송 지역에 발달하는 인장단열의 발달사와 전단단열의 운동성을 파악하였고, 이를 바탕으로 이 지역에 발달하는 다양한 방향의 단층발달사와 운동성을 고찰하였다.

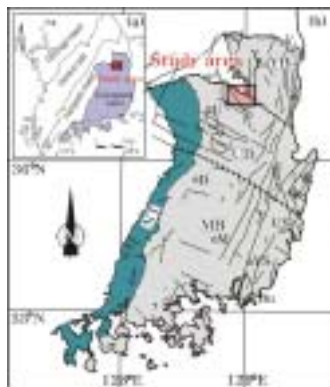


Fig. 1. (a) Index map showing the tectonic locality of study area. (b) Tectonic map showing the subbasin divisions, the distribution of fault systems, and the locality of study area in the Gyeongsang Basin. NT: Nakdong Trough, MB: Milyang Block, UB: Uiseong Block, YB: Yeongyang Block, A: Andong, Bu: Busan, D: Daegu, J: Jinju, M: Milyang, Se: Seoul, U: Uiseong, US: Ulsan, Y: Yeongyang, YS: Yangsan.



Fig. 2. Geological map of Gilan-Cheongsong area, Andong [modified from Chang et al.(1978), Lee and Hong(1973)].

2. 지질개요

경상분지 영양지괴와 의성지괴가 접하는 길안-청송 지역은 선캠브리아기 변성암류와 이를 관입하는 트라이아스기 청송화강암을 기반암류로 하고, 이를 부정합으로 피복하는 백악기 퇴적암류(일직층, 후평동층, 점곡층), 그리고 이들을 관입하는 백악기 화성암류(안산암, 석영반암, 규장암) 등으로 구성되어 있으며, (서)북서, 북북동, 동북동, 남북, (북)북동 등 경상

분지를 대표하는 다양한 방향의 단층들이 발달한다(Fig. 2).

3. 연구내용 및 방법

대표적인 취성 구조요소인 단열은 크게 인장단열과 전단단열로 구분된다. 인장단열은 최소 주응력 σ_3 에 수직한 모드-I 열림작용(mode-I opening)에 의해 최대 주응력 σ_1 과 중간 주응력 σ_2 가 이루는 $\sigma_1\sigma_2$ 면에 평행하게 형성되고, 전단단열은 이후의 응력장 변화로 새로운 인장단열의 형성과 함께 기존에 형성된 모드-I 인장단열이 모드-II 미끄럼작용(mode-II sliding) 내지 모드-III 가위작용(mode-III scissoring)을 받아 재활동할 때 형성된다. 이때 새로운 응력장에 수용되어 형성된 새로운 모드-I 인장단열은 전단단열(전단된 기존의 인장단열)의 선단부에 갈고리상(hooking) 내지 깃털상(pinnate)과 안행상 등으로 형성되거나 기존의 인장절리에 접경(abutting)하거나 기존의 인장단열의 사이에서 연장성이 단절되어 짧게 나타나고, 응력의 증가와 함께 전단단열은 변위량의 증가와 함께 이웃하는 전단단열 사이에 단층암을 형성시키며 다량의 변위를 수반하는 단층으로 발달한다(Fig. 3)(Eyal et al., 2001; Peacock, 2001). 따라서, 이들 인장단열의 방향성 및 기하학적 특성은 다수의 단열조가 발달하는 단열계 노두에서 인장단열들의 상대적인 시간관계(선후관계 및 공존관계) 및 전단단열의 운동성 나아가 단층의 발달 운동사를 연구하는데 매우 유용한 도구로써 널리 이용되고 있다(cf. Hancock et al., 1984; Pollard and Aydin, 1988; Wilkins et al., 2001).

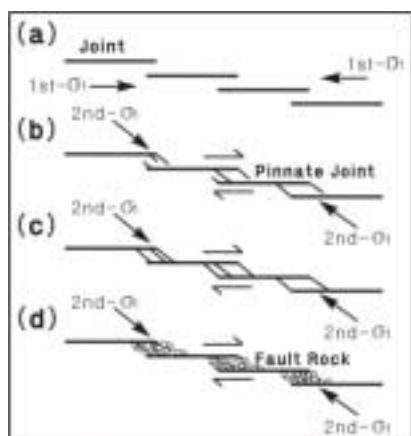


Fig. 3. Interpretation for the development of the strike-slip faults (revision form Peacock, 2001, Fig. 1). (a) A set of right-stepping joints occurs. (b) The stress system changed, allowing shear on the joints, and causing pinnate joint development in the extensional quadrants of the faults. (c) Pull-aparts developed between faults linked by pinnate joints as displacement increased. (d) A through-going fault developed with brecciation at the pull-aparts



Fig. 4. Outcrop photograph and sketch. Numbers and arrow marks in outcrop sketch refer to the orientation (e.g. 87W) and the relative timing of joints (e.g. I, II) and shear fractures (e.g. II, III), and the sense of shear fracturing

길안-청송 지역의 다수 단열조가 발달하는 단열계 노두들(Fig. 4)로부터 인장단열들의 상대적인 발생관계 및 전단단열의 운동성 그리고 이 지역에 발달하는 다양한 방향의 단층들의 발달사 및 운동성에 대한 본 연구는 상기된 연구내용 및 방법을 중심으로 하여 강지훈과 류충렬(2006)에 의해 이미 기재된 인장단열과 전단단열 사이의 상대적 시간관계에 대한 연구방법을 종합적으로 참조하여 수행하였다.

4. 결과

길안-청송 지역의 단열계의 기하학적·운동학적 특성 (우세 방향성, 선후관계, 운동성 등) 으로부터 이 지역에 발달하는 서북서, 북북서, 동북동, 남북, (북)북동 방향의 단층발달사와 운동성을 분석한 결과 다음과 같은 연구결과를 얻었다.

(1) 연구지역내 발달하는 노두 규모 단층의 출현빈도는 (서)북서, 북북서, (북)북동, 동북동, 남북 방향 등의 순으로 높게 나타나고, 이들 단층의 운동성은 부분적인 사교이동성과 함께 대부분 주향이동성으로 인지된다(Fig. 5).

(2) 방향성별 단열조의 출현빈도는 동북동, 북북서, (서)북서, (북)북동, 남북 등의 방향 순으로 높게 나타나고, 방향성별 단열조의 연장성은 (서)북서, 북북서, 동북동, (북)북동, 남북 등의 방향 순으로 우세하게 나타난다(Fig. 6).

(3) 방향성별 단열조의 발달사 및 운동성은 (서)북서 방향 단열조의 우수향 전단단열운동 → (서)북서 방향과 북북서 방향 단열조의 공역성 전단단열운동(전자: 우수향, 후자: 좌수향) → 북북서 방향 단열조의 우수향 전단단열운동 → (서)북서 방향 단열조의 좌수향 전단단열운동 → 동북동 방향 단열조의 우수향 전단단열운동 → 동북동 방향과 남북 방향 단열조의 공역성 전단단열운동(전자: 좌수향, 후자: 우수향) → (북)북동 방향 단열조의 좌수향과 우수향 전단단열운동 등으로 나타난다(Fig. 7).

(4) 단열조의 발달사 및 운동성은 지질도 규모의 단층 발달사 및 운동성과 밀접한 상관관계를 가질 것으로 판단되나(Fig. 8), 이러한 상관관계 설정을 위해서는 전단단열의 단층으로 발전 여부, 단층 선후관계 및 운동성에 대한 단층자료 연구, 단층 발달사와 운동성에 대한 기존 연구결과 등을 추후 종합적으로 검토해 볼 필요가 있다.

참고문헌

- 강지훈, 류충렬, 2006, 경상분지 의성지괴 길안면지역에서 청송화강암의 단열 발달사 및 운동성에 대한 기하학적 해석. 암석학회지, 15, 180-193.
- 이홍규, 홍승호, 1973, 한국지질도(1:50,000), 청송 지질도폭 및 설명서. 국립지질광물연구소, 19p.
- 장기홍, 고인석, 박희인, 지정만, 김항목, 1978, 한국지질도(1:50,000), 천지 지질도폭 및 설명서. 자원개발연구소, 20p.
- Eyal, Y., Gross, M.R., Engelder, T. and Becker, A., 2001, Joint development during fluctuation of the regional stress field in southern Israel. *Journal of Structural Geology*, 23, 279-296.
- Hancock, P.L., Al Kadhi, A. and Sha'at, N.A., 1984, Regional joint sets in the Arabian Platform as indicators of intraplate processes. *Tectonics*, 3, 27-43.
- Peacock, D.C.P., 2001, The temporal relationship between joint and faults. *Journal of Structural Geology*, 23, 329-341.
- Pollard, D.D. and Aydin, A., 1988, Progress in understanding jointing over the past century. *Geological Society of America Bulletin*, 100, 1181-1204.
- Wilkins, S.J., Gross, M.R., Wacker, M., Eyal Y. and Engelder, T., 2001, Faulted joints: kinematics, displacement-length scaling relations and criteria for their identification. *Journal of Structural Geology*, 23, 315-327.