

구미-왜관-성주 지역 낙동강 유역에 대한 단열계의 특성 연구

이덕선^{1)*} · 강지훈¹⁾ · 함세영²⁾ · 배상근³⁾ · 박기호⁴⁾ · 김문수⁵⁾ · 이정환²⁾

1. 서론

유체 흐름의 장애물 내지 통로 역할을 하는 단층대와 절리계와 같은 단열계의 종류 및 특성 그리고 공간적 밀도 등은 유체의 유동과 밀접한 관련이 있다(e.g. CFCFF, 1996; Dholakia et al., 1998). 따라서 유체의 유동체계를 이해하기 위해서는 구성암류들에 대한 단열계의 특성 및 공간적 밀도 분포가 파악되어야 한다. 이에 본 연구는 낙동강수계 오염총량단위유역말단 지점인 낙본 E와 낙본 F 사이 낙동강 수계의 유동체계에 대한 단열계의 역할을 파악하기 위해 구미-왜관-성주 구간 낙동강 유역의 함양지역과 배출지역에 분포하는 구성암류들에 대한 단열계의 특성(방향성, 출현빈도, 조밀도, 연장성) 및 공간적 밀도 등을 조사하였다.

2. 분석방법

단열계의 배열 방향, 우세 방향성, 공간적 분포 등을 파악하기 위해 노두당 2~7개의 규칙적인 우세한 단열조를 선정하여 총 340개 노두에서 총 1403개 단열면을 정밀하게 측정하였다. 단열계의 출현빈도 및 조밀도는 각 단열조의 주향에 수직인 방향으로 1m 길이 내에 나타나는 단열개수(단열개수/1m)를 측정하여 조사하였으며, 단열계의 연장성은 노두 노출면적에서 각 단열조의 최대 및 최소 연장길이를 측정하여 조사하였다. 이들에 대한 공간적 밀도도는 2km x 2km의 격자면적 4개를 1개의 단위격자으로 취급하여 4개의 격자면적내에서 수집된 모든 단열 자료값을 표준화하여 표준화된 대푯값을 해당 단위격자 면적의 중심 좌표에 두고 작성되었다. 또한, 이들 특성은 전체 단열과 암상층서단위별 단열로 그리고 고각 단열 (경사각 $\geq 45^\circ$)와 저각 단열 (경사각 $< 44^\circ$)로 각각 구분하여 분석하였다.

3. 단열계의 특성

3.1. 방향성 및 출현빈도

고각 단열의 출현빈도는 (동)북동(I: 22.8%), 북서(II: 22.4%), 동서(III: 19.8%), 남북(IV: 18.4%), 북북동(V: 16.6%) 그룹 순으로 나타나며 그룹간의 출현빈도의 차이는 0.4%-2.6%범위로 비교적 고른 분포를 보인다(그림 1). 고각 단열의 우세 방향성은 낙동강 지류 및 주 미약하게 나타난다. 저각 단열의 출현빈도는 북동(I: 30.8%), 북북동(II: 25.1%), 동서(III: 16.8%), 북서(IV: 14.8%), 남북(V: 12.5%) 그룹 순으로 나타난다(그림 1). 저각 단열의 이러한 우세 방향성은 엽리 및 층리의 우세 방향성과 거의 일치하고 저각 단열의 대부분(55.9%)은 I 그룹과 II 그룹의 방향 단열임을 알 수 있다.

그룹별 전체 고각 단열의 출현개수에 대한 공간 밀도도에서 고밀영역의 대상 분포는 북동,

주요어 : 구미-왜관-성주, 낙동강, 단열계, 함양지역

1) 안동대학교 지구환경과학과(*책임저자: jhkang@andong.ac.kr)

2) 부산대학교 지질학과

3) 계명대학교 토목공학과

4) 경동정보대 토목과

5) 국립환경연구원 낙동강물연구소

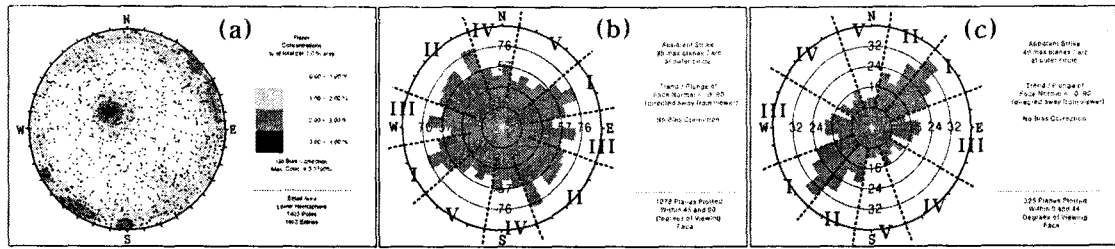


그림 1. 조사지역내에서 측정된 단열의 방향성. (a) 극점 투영 및 밀도도 (등면적 하반기 투영법), (b-c) 주향장미도와 그룹화 [(b) 45° 이상의 고각 단열, (c) 45° 미만의 저각 단열].

남북, 동서 방향의 순으로 우세하게 나타난다. 이들 방향성은 조사지역내의 주요 단층의 방향과 유사하고, 북동 방향의 고 빈도대는 조사지역 영남육괴와 경상분지의 경계부와 일치한다.

3.2. 조밀도

고각 단열의 경우, 전체의 평균 단열개수/1m는 4.37개로서 평균 22.9cm 간격 이상으로 발달한다. 주요 단층 및 낙동강 지류의 방향과 일치하는 동북동, (서)북서, (북)북동 등의 그룹별 평균 단열개수/1m(4.45개)는 평균보다 조밀하게 나타나는 반면에 낙동강 본류의 방향과 일치하는 남북 방향 단열(4.13개)은 평균보다 간격이 넓게 나타난다. 저각 단열의 경우, 평균 단열개수/1m는 4.49개(평균 22.3cm 간격 이상)로서 고각 단열보다 조밀하게 나타난다. 그룹별 평균 단열개수/1m는 북동 방향 단열(4.91개)이 평균 이상으로 매우 조밀하게 발달하는 반면에 남북 방향 단열(4.11개)은 평균 이하로 매우 넓은 간격으로 발달한다.

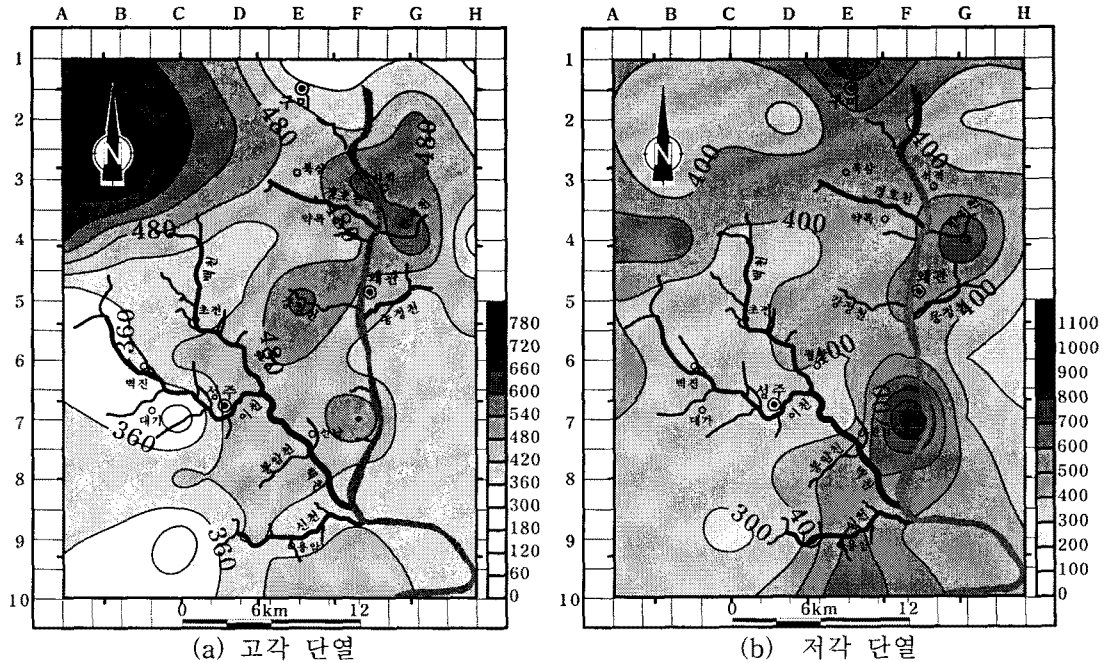


그림 2. 4km x 4km 단위격자 면적내에 출현하는 전체 단열의 조밀도.

조사지역에 분포하는 선캠브리아기 소백산 편마암복합체(SBGG), 시대미상 화강암(UA), 트라이아스기 반상화강암(TRI), 쥐라기 대보관입암류(DBI), 백악기 경상누층군(GSSG), 백악기 불국사관입암류(BGSI) 등에 대한 암상층서단위별 평균 단열개수/1m는 고각 단열의 경우 UA(4.58개)와 DBI(3.83개) 그리고 저각 단열의 경우 GSSG(5.07개)와 DBI(3.20개)가 각각 가장 높고 낮게 난다. 또한, 고각 및 저각에서 SBGG는 다른 암상층서단위에 비해 보다 조밀하게 나타나는 반면에 DBI는 상대적으로 보다 넓은 간격으로 발달한다.

조밀도 분석 결과, 전체 고각 단열의 경우 백천 북부에 동서 방향의 최고 조밀 영역과 석적면과 반지천 일대를 중심으로 하는 북서 방향과 북동 방향의 조밀 영역 방향성이 인지되고(그림 2a), 전체 저각 단열의 경우 선남면 동부의 최고 조밀지점 F7을 중심으로 하는 북북동 방향의 조밀 영역 방향성이 인지된다(그림 2b).

3.3. 연장성

그룹별 단열 평균길이(연장성)의 경우, 저각 단열[평균 최대길이: 2.38m-4.13m(평균값: 3.16m), 평균 최소길이: 18.2cm-22.9cm(평균값: 19.7cm)]은 고각 단열[평균 최대길이: 1.81m-1.93m(평균값: 1.88m), 평균 최소길이: 17.1cm-18.5cm(평균값: 17.9cm)]보다 연속성이 우세하게 나타나고, 그룹들 사이의 연장성 차이는 크게 인지되지 않는다. 그러나, 층리 및 엽리의 우세 방향성과 일치하는 N40°-69°E 방향의 저각 단열은 고각 및 저각의 다른 그룹 단열에 비해 그 연장성이 매우 우세하게 나타난다.

암상층서단위별 단열 평균길이에서는, 고각 단열의 경우 SBGG, BGSI는 전체 평균 최대길이 1.88m 보다 연장성이 우세하게 나타나고 저각 단열의 경우 GSSG의 평균 최대길이 5.31m는 전체 평균 최대길이 3.16m보다 훨씬 연장성이 우세하게 나타난다. 특히 연구지역의 동부에 주로 분포하는 GSSG의 평균 최대 및 최소길이는 다른 암상층서단위보다 훨씬 연장성이 우세하게 나타난다.

4. 고찰

(1) 단열의 우세 방향성: 고각 단열[(동)북동, (서)북서, 동서 방향]은 낙동강 지류 및 주요 단층의 방향과 거의 일치하는 반면에 낙동강 본류 방향인 남북 방향으로는 상대적으로 미약하게 나타난다. 저각 단열(북동 방향)은 엽리 및 층리의 우세 방향성과 거의 일치한다. 이는 조사지역의 고각 단열과 낙동강 지류의 생성은 본 역에 발달하는 주요 단층운동과 밀접한 관련이 있고 저각 단열의 대부분은 퇴적암내 층리와 변성암내의 엽리에 해당함을 지시한다.

(2) 암상층서단위별 평균 단열개수/1m: 고각 단열의 경우 UA, SBGG, TRI 그리고 저각 단열의 경우 GSSG, BGSI, SBGG가 전체 평균 단열개수 보다 조밀하게 발달한다. 이는 조사지역의 지하수 함양율이 이들 분포 지역에 높음을 의미한다.

(3) 그룹별 평균 단열개수/1m: 고각 단열의 경우 주요 단층 및 낙동강 지류의 방향과 일치하는 방향 단열이 평균보다 조밀하게 나타난다.

(4) 전체 고각 및 저각 단열의 조밀 영역 대상 분포의 우세 방향성(북북동 내지 북동, 북서, 동서): 단층의 우세 방향성과 일치한다.

(5) 전체 고각 및 저각 단열의 조밀영역: 백천 북부, 석적면, 반지천, 왜관, 선남면 일대를 중심으로 발달한다. 이는 조사지역내 주 함양지역은 이들 지역과 밀접한 관련이 있음을 의미한다.

사 사

이 연구는 국립환경과학원 낙동강물환경연구소에서 주관하는 낙동강수계 관리기금에 의한 2006년도 환경기초조사사업의 일환으로 수행되었다.

참고문헌

- CFCFF(Committee on Fracture Characterization and Fluid Flow), 1996, Rock Fractures and Fluid Flow: Contemporary Understanding and Applications, National Academy Press, Washington D.C.
- Dholakia, S.K., Aydin, A., Pollard, D.D., Zoback, M.D., 1998, Fault-controlled hydrocarbon pathways in the Monterey Formation, California, American Association of Petroleum Geologists Bulletin, 82, 1551-1574.