

포항 분지 지역에 발달하는 단열의 프랙탈 분석

신정환*, 장태우

경북대학교 자연과학대학 지질학과

(z991745@rose0.knu.ac.kr) & (twchang@knu.ac.kr)

1. 서론

‘자기상사성’의 기본 개념에서 출발하는 프랙탈 이론은 물질이 공간을 채우려는 경향을 표현하려는 것으로, 일반적으로 비정수 차원 값으로 나타난다. 프랙탈 이론은 1983년 Mandelbrot가 자연계의 기하학적 특징을 기술하기 위해 처음 사용한 용어로서 여러 학문에서 사용되어져 왔다. 특히 자연 현상을 다루는 지질학 분야에서도 활발하게 적용되어 왔다(Giuseppe Cello, 1997; Noelle E. Odling, 1997; Velde et al., 1990; Thierry Merceron & Bruce Velde, 1991; Velde et al., 1991; Koukouvelas et al., 1999; Sherman et al., 1999). 단열망에 대한 프랙탈의 국내 연구로는 선우 춘(1989), 김을영(1995), 최한우(1998) 등이 있다.

본 연구에서는 포항분지에 발달한 단열들의 특성을 조사하고, 야외에서 얻은 16개의 단열도를 이용하여 프랙탈 차원을 결정하여 백악기 기반암과 제 3기 퇴적암지역을 구분하여 단열의 분포 특성과 프랙탈 차원값을 비교 검토 하였다.

2. 지질

본 연구지역은 경상누층군의 퇴적암류와 화산암류를 기반암으로 하여, 제3기의 연일층군이 부정합으로 피복하고 있다(Fig. 1). 백악기의 기반암은 경상누층군의 퇴적암, 학전용결응회암, 칠포 용결응회암 및 유문암으로 이루어져 있으며 제 3기 연일층군은 하부로 부터 주로 역암, 조립질 사암 및 소규모의 이암이 호층을 이루는 천북층, 이암, 이질사암, 사암 등으로 구성된 학전층, 주로 이암으로 구성되고 사암이 협재되는 두호층으로 구성되며 층리의 자세는 지역에 따라서 일부 변화를 보이기는 하나 대체로 NNE-SSW 주향과 SE방향의 경사를 가지고 있다.

3. 단열특성

본 연구지역에 측정된 소단층들을 살펴보면 제3기 퇴적암이 분포하는 지역에서는 N-S 주향과 E-W주향이 우세하게 발달하며 경사는 전반적으로 40° 이상으로 나타나고 있다(Fig. 3(a)). 이들 단층들의 운동감각은 정단층, 역단층 및 주향이동성이 모두 나타나기는 하지만 정단층성의 운동을 보이는 단층들이 상대적으로 많이 관찰된다. 기반암에서 나타나는 단층들은 NNE-SSW 주향이 가장 현저하게 관찰되며 경사는 전반적으로 대략 60°

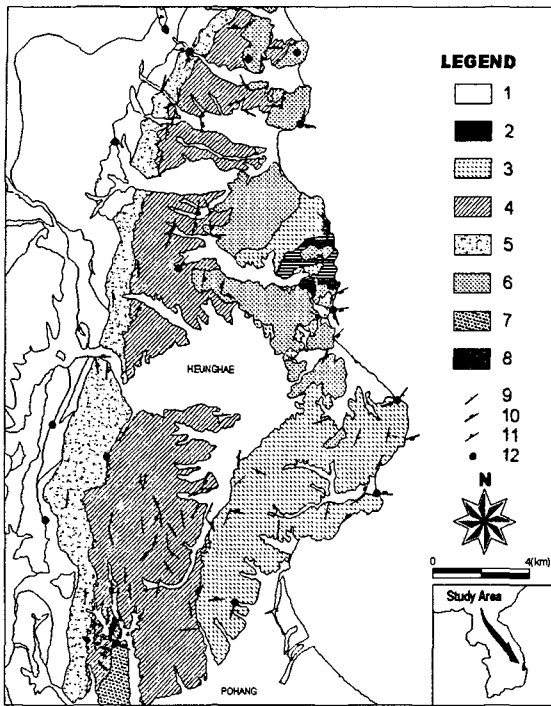


Fig. 1 Geologic map of the study area.

1, Alluvium; 2, Basalt; 3, Duho formation; 4, Hakjon formation; 5, Chunbuk formation; 6, Chilpo welded tuff and rhyolite; 7, Hakjon welded tuff; 8, Kyungsang sedimentary rocks; 9, Bedding plane; 10, Joint plane; 11, Small fault plane; 12, Collection site of fracture map

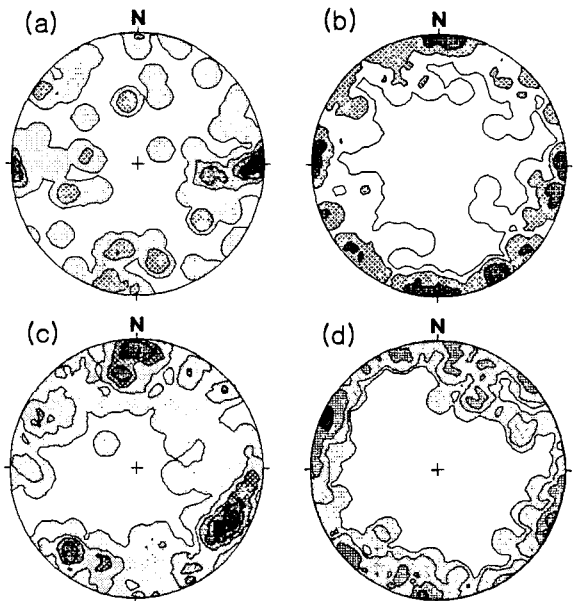


Fig. 2 Contour diagrams of the poles of small faults and joints in Tertiary basin(a, small faults; b, joints) and in basement(c, small faults; d, joints).

이상의 고각을 이루고 있다(Fig. 3(c)). 이들 단층들은 제3기 퇴적암에서와는 달리 모든 운동감각이 고르게 잘 관찰된다.

각 노두에서 우세하게 발달하는 절리(인장)들을 종합하여 살펴보면, 주향분포는 앞서 언급한 소단층에서와 거의 동일하게 나타나며 경사는 대략 70° 이상의 고각들이 우세하게 나타나고 있다(Fig. 2(b),(d)). 이와 같이 단열 배향 분포의 차이외에, 야외 관찰시 소단층 및 절리 발달 정도도 기반암에 비해서 제3기 퇴적암 지역에서 매우 약하게 나타나고 있는데 이는 야외에서 작성한 단열도를 이용한 단열 밀도값으로도 확인할 수 있다(Fig. 3). 기반암(h-p)에서는 평균 0.051(1/m)로 나타나고 있으며 이에 비해 3기 퇴적암(a~g)에서는 평균 0.040(1/m)로 나타난다.

4. 프랙탈

4-1. 분석방법

일반적으로 직선, 즉 1차원인 선분은 길이가 원래 선분의 $1/r$ 인 r 개의 짧은 선분으로 나누어지고, 2차원인 정사각형은 한 변의 길이가 원래 정사각형의 $1/r$ 인 r^2 개의 작은 정사각형으로 나누어진다. 따라서 도형의 차원, 축소의 비율, 결과적으로 생기는 조각의 수를 각각 D , $S(S=1/r)$, N 이라 할 때 $N = S^D (D = \log N / \log S)$ 의 관계식이 성립된다. 여기서 D 를 프랙탈 차원이라 한다. 즉 $\log N = D \log S$ 로 결국 D 는 양대수 방안지에서 축소율에 대한 조각의 수의 기울기 값으로 나타나게 된다.

N , 즉 축소율 r 에 따라 단열을 포함하는 사각요소의 합계를 내는 작업은 ARC/INFO의 GRID TOOL을 이용하였으며 이때 r 값은 $1/2, 1/4, 1/8, 1/16, 1/32, 1/64, 1/128$ 까지 주어 셀의 누적 개수를 구하였다.

4-2. 결과

야외에서 작성 16개 지점에 대한 단열도를 분석하여 프랙탈 차원값을 구해본 결과, 1.116 ~ 1.443 범위의 값으로 나타났으며 평균 1.287의 차원값을 보인다. 이때, 결정 계수(R^2)의 값은 모두 0.99로 높은 신뢰도를 보이고 있다. 기반암과 3기 퇴적암류에 대한 차원값을 비교해 보면, 3기 퇴적암류(a~g)에서는 1.11 ~ 1.28로 평균 1.12의 차원값을 보이고 있으며 기반암(h~p)에 대한 차원값은 1.31 ~ 1.44의 범위를 보이며 평균 1.35의 차원값을 나타내고 있다. 특히 기반암중에서도 양산단층대 가까이에 얻은 자료(h~k) 뚜렷하지는 않지만 다른 3기 분지내에 분포하는 기반암에서보다 높게 나타남을 볼 수 있다 (Fig. 3).

5. 결론 및 토의

포항분지 일원에 나타나는 소단층 분포는 기반암에서는 서쪽에 위치한 양산단층대와 평행한 NNE-SSW 방향이 가장 우세하며 다양한 운동감각을 보이는 단층들이 나타나는 반면, 제3기 퇴적층내에 발달하는 소단층과 절리들은 E-W 와 N-S 방향이 현저하게 나타나며 대부분 정단층성의 운동을 보인다. 또한 우세하게 발달하는 절리들도 소단층 배향 분포에서와 같은 경향의 차이를 보이고 있다.

단열 밀도값과 프랙탈 차원값은 기반암에서 상대적으로 높게 나타나고 있으며 특히 양산단층대와 인접한 지역에서 더욱 높게 나타난다. 또한 이들 두 값은 서로 비례적인 관계

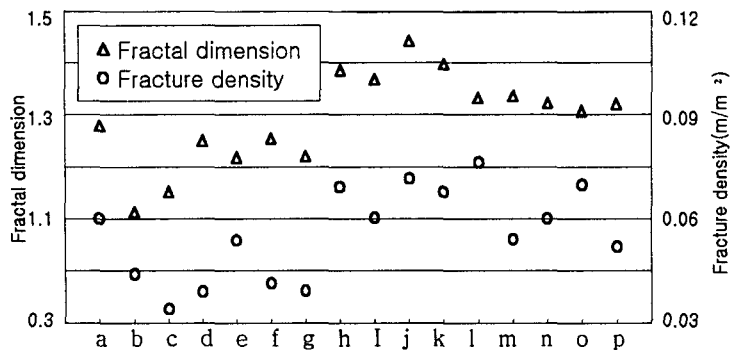


Fig. 3 Values of the fractal dimension and fracture densities of each fracture trace map.

를 보이는데, 이는 인접한 양산단층의 운동시기와 횡수 및 제3기 퇴적암류의 퇴적 시기를 고려해서 생각해 볼 수 있을 것이다. 제3기 퇴적암의 퇴적시기는 대부분 마이오세 중기초 내지 전기최후기로 보고 있으며(Yoon et al., 1991), 이는 양산단층의 제3기초 활발한 활동보다 훨씬 후기에 해당한다. 따라서 이들 제3기 퇴적암들은 양산단층대의 운동시기 동안에 단열화와 단층화 작용을 받은 백악기 암석에 비해 상대적으로 낮은 단열 분포를 보이고 있으며 이는 상대적으로 작게 나타나는 프랙탈 차원값으로서 설명 될 수 있을 것으로 생각된다. 그리고 동일 기반암내에서 보이는 차원값의 차이는 주단층대인 양산단층과의 거리에 따른 결과로 양산단층에서 멀어질수록 작은 값을 나타낸다.

6. 참고문헌

- 김을영, 1995, 팔공산 화강암체내에 발달한 분리면에 대한 분석-프랙탈 차원을 이용, 석사학위논문, 경북대학교
- 선우 춘, 1989, 프랙탈 방법에 의한 fracture network의 분포 해석, Jour. Geol. Soc. Korea. V.25, No.4, pp.48-473
- 윤 선, 장기홍, 유환수, 이영길, 1991, 한반도 남부의 제3기 분지 발달사, 광산지질, V.24 제3호, p.301-308.
- 윤혜수, 김봉균, 1983, 신제3기 포항분지 동부 연변(칠포부근)의 층서, 지질학회지, V. 19 제 4호, p.252-257
- 이병주, 송교영, 1995, 포항분지내 지각변형 해석, Econ. Environ. Geol, Vol. 28, No. 1, p.69-77
- 최한우, 1998, 모량단층 주변에 분포하는 단열의 프랙탈 해석, 석사학위논문, 경북대학교
- Reedman, A.J. and Um, S.H., 1975, Geology of Korea, Geol, Min. Inst. Korea, p.1-139
- Wheeler R.L., Dixon J.M., 1980 Intensity of systematic joint: Method and application, Geology, V.5, pp.230-231
- Yoon, S. and Kim, J.Y., 1990, Tectonic history of the Yangnam Fault, southeastern part of the Korean Peninsula, In Tsuchi, R. (ed), Pacific Beogene, events their timing, nature and interrelationship, Univ, Tokyo Yun, H.S., 1986, Emended stratigraphy of the Miocene formation in the Pohang Basin, Part 1. J. Paleont. Soc. Korea, V.2, p.54-69
- Yun, H.S., Lee, H.K. and Song S.H., 1995, Basic volcanic rocks in the Pohang Basin, and its stratigraphic and petrogenetic implications, J. Paleont. Soc. Korea, V.11, pp.125-145