

## 프랙탈 차원을 이용한 암괴 규모에 대한 예비연구

박경우, 김경수, 김천수  
한국원자력연구소  
woosbest@kaeri.re.kr

### ABSTRACT

Through the regional lineament analysis in Korea peninsula, the statistical distribution of regional lineament is investigated. We also analyze the lineaments pattern using the fractal dimension. These results are the preliminary study for a understanding of the deep ground geological structure in Korea. For the investigations of the average block scale, we use the Dershowitz and Herda(1992)'s method. At result, the average spacing between the regional lineaments is about 10km.

**Key words : regional lineament analysis, fractal dimension, block scale**

### 1. 서 론

고준위방사성폐기물 처분장의 후보 부지를 결정하는데 있어, 안전성 평가(Safety assessment)를 위한 전제 조건으로 지질의 구조적 안정성이 주요 필수 조건이 된다. 일반적으로 광역 규모의 지질구조를 파악하기 위해서는 우선 지질도에 기재된 단층 및 전산 음영기복도를 종합하여 선구조를 분석하며, 분석결과를 바탕으로 현장조사를 실시하여 지질구조에 대한 정보를 획득하게 된다. 고준위 방사성폐기물이 처분될 영역은 심부 지하 영역에 초점이 맞춰지는데, 심부 지질의 구조는 선구조 및 지표지질 분석결과 파악된 지표 지질구조와의 상관성에 대한 논의가 필수적이다. 이는 시추공 또는 지하 터널에서 나타나는 심부영역의 지질구조를 파악이 필수적이다. 본 연구에서는 기존 지질도에 기재된 단층, 전산 음영기복도에서 분석된 한반도의 선구조 분석결과를 바탕으로 프랙탈 차원 분석을 실시하였으며, 한반도의 선구조 통계분석 결과 한반도의 평균적인 암괴규모를 추정하여 보았다.

### 2. 본 론

#### 가. 선구조 통계

본 연구에서 사용한 선구조는 단층 혹은 단층대로 확인된 지질구조와 직접적 조사가 이루어 지지는 않았으나 지형적 특성으로 볼 때 잠재적인 지질구조로 사료되는 선형 구조를 통칭한다. 이들 선구조를 길이에 따라 40 km 이상은 F<sub>1</sub>, 20~40 km는 F<sub>2</sub>, 1~20 km는 F<sub>3</sub>, 1 km 이하는 F<sub>4</sub>로 분류하였다.

상기 자료에서 도출된 선구조는 1:50,000 수치지도를 이용한 음영기복도 상에서 명확하게 보여지는 선구조만을 추출한 것이 대부분을 이룬다. 실제 준광역 내지 부지규모의 선구조 분석에서는 1:25,000 혹은 1:5,000 수치지도를 이용하기 때문에 이보다 훨씬 세밀한 분석이 가능해지고 결과적으로 더 많은 수의 선구조를 추출할 수 있게 된다. 따라서, 광역 선구조 분석에서 추출되지 않은 선구조들 외에도 실제 국지 영역에서는 지질구조의 가능성이 있는 선구조가 다수 인지될 수 있다.

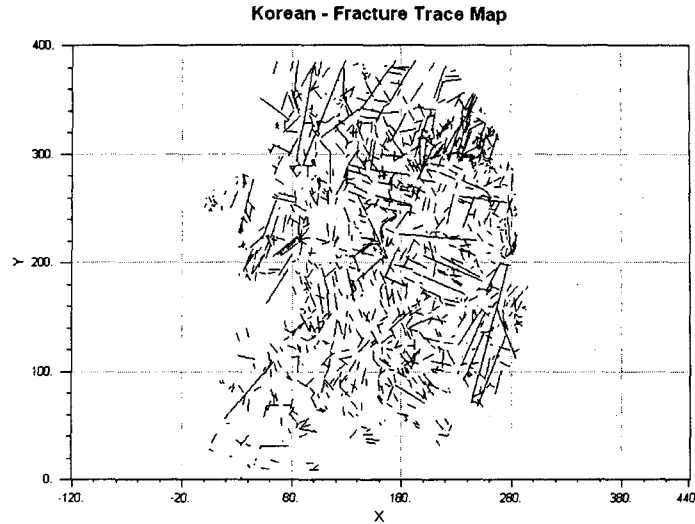


Fig. 2-1. Lineament traces identified from geologic map and shaded relief map (KAERI/TR-1523/00).

본 연구에서는 상기 자료를 근거로 공간적 분포특성을 도출하였다. 통계적 분석에는 Fracman의 geofractal module을 이용하였다. 남한 지역 중 제주도과 일부 소규모 도서를 제외한 도면 (296 km×387 km) 상에서 도출된 선구조의 개수는 총 1,247개이고, 총 누적길이는 10,976.5 km이다. 선구조의 평균 길이는 8.802 km이며, 표준편차는 8.910 km로 다소 크게 나타났다. 선구조 밀도(intensity)는  $P_{20}$ 값이 0.0109 개/ $\text{km}^2$ 이고,  $P_{21}$ 값은 0.0963  $\text{km}/\text{km}^2$ 로 나타났다 (표 1).

표 1. Statistics of regional lineaments.

Parameter	Statistics
Traceplane region	296 km x 387 km
Number of traces	1,247
Total length of traces	10,976.4 km
Mean trace length	8.802 km
Trace length standard deviation	8.910 km
Lineament intensity ( $P_{20}$ )	0.0109 개/ $\text{km}^2$
Lineament intensity ( $P_{21}$ )	0.0963 $\text{km}/\text{km}^2$

#### 나. 공간적 분포특성

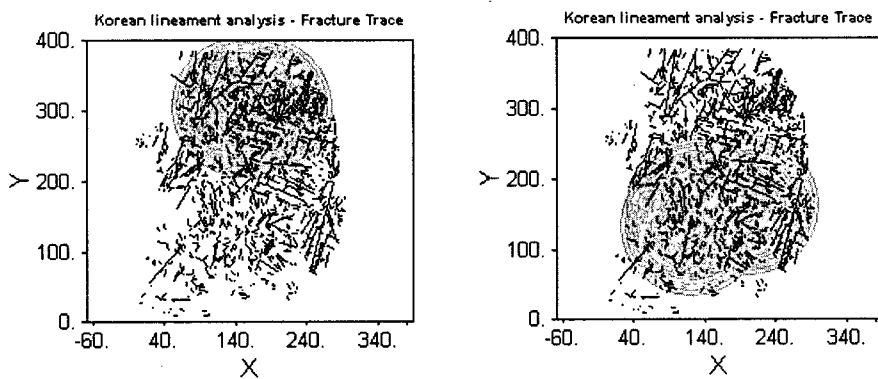
##### 1) Box 프랙탈 차원

남한 영역에 분포하는 선구조의 box 프랙탈 차원을 분석해 본 결과, box size에 따라 1.59~1.63의 값을 보인다. 기본적으로 box 프랙탈 차원 값은 1에서 2의 값을 보이는데, 1에 근접한 값을 나타내는 것은 선구조가 일정 영역에 집중되어 분포하고 있음을 의미하고, 2에 가까운 값을 보이면 전체 영역에 고루 분포함을 의미하여 선구조의 선형성을 지시하게 된다. Box 프랙탈 차원 값(1.59~1.63)의 한반도의 선구조 패턴이 비교적 전체적으로 고루 분포함을 의미한다.

## 2) 질량 프랙탈 타원

질량 프랙탈 타원을 분석해 본 결과, 계산방법(선형중심, 선형 자취, 선형 교차)에 따라 프랙탈 차원의 값이 다양해진다. 질량 프랙탈 타원 값은 또한 프랙탈 차원을 결정하기 위한 원의 중심 위치에 따라 달라지는데, 남부 지역과 북부 지역에 각각 중심 위치를 두고, 질량 프랙탈 타원 값을 분석해 보았다. 분석에 사용된 원은 내원의 반경이 5 km, 외원의 반경이 100 km이며, 그 내부에 20개의 원이 존재하는 모형을 사용하였으며, 전체 영역을 포함하기 위해 다중중심 방법을 사용하였다(그림 1).

남쪽과 북쪽 지역의 질량 프랙탈 타원은 선구조 중심과 연장길이를 이용하여 계수할 때 1.988~1.996 (선형 중심), 1.821~1.868 (선형 자취)로 남쪽 지역에서 약간 높게 나왔다 (표 2). 그러나, 선구조 교차점을 이용하여 계산한 결과, 남쪽 지역에서는 2.012, 북쪽 지역에서는 1.824의 값을 보여 차이를 보였다. 이는 남쪽에 분포하고 있는 선구조의 밀도가 북쪽에 비해 더 크며, 선구조의 연결성도 더 양호한 결과이다.



(a) Circle center in northern area (b) Circle center in southern area

그림 1. Areas for mass fractal dimension of lineament traces.

표 2. Mass fractal dimensions according to the counting method.

	Mass fractal dimension	
	Northern area	Southern area
Fracture center	1.988	1.996
Fracture trace	1.821	1.868
Fracture intersection	1.824	2.012

### 다. 광역 선구조를 경계로 하는 암괴 규모

광역 선구조 자료를 대상으로 이들이 경계를 이루는 개략적인 암괴의 규모를 가늠할 수 있다.  $P_{20}$ 은 선구조의 크기 분포에 지배되고, 따라서 선구조의 최대 연장길이보다 작은 규모에서는 규모 종속적이다. 반면에  $P_{21}$ 은 선구조의 크기를 직접적으로 통합하기 때문에 규모에 종속되지 않는 특성을 갖는다. 다만, 양자의 밀도 모두는 선구조의 상대적인 방향성에 대해서는 영향을 받는다.

다음의 관계식(Dershowitz and Herda, 1992)으로부터 선구조 간의 간격( $S_f$ )를 얻을 수 있다. 이때,  $C_{p2}$ 는 방향성에 대한 Fisher 분포함수의 밀집도 매개변수인  $K$ 에 따라 결정되는 상수로서, 선구조의 수선방향과 간격 측정방향이 이루는 사잇각에 따라  $K=5$ 일 때, 1.0부터 3.0까지의 범위를 갖는다.

$$P_{21} = \frac{C_{p2}}{S_f}$$

선구조 수선과 간격 측정방향의 사잇각이 평행하다는 가정에서  $C_{p2}$ 는 1.0 (Dershowitz and Herda, 1992)이므로, 본 분석을 통하여 얻어진  $P_{21}$ 의 값(0.0963)을 대입하여  $S_f$ 는 대략 10km 인 것을 알 수 있다. 즉, 3개 방향군으로 분포하는 광역 선구조들은 상호 간에 확률적으로 최소 약 10km×10km의 암괴를 형성하면서 분포함을 의미한다. 이러한 rock block의 규모 내에는 지역적으로 정밀한 분석을 통하여 적어도  $F_3(1\sim 20\text{ km})$  등급 규모와 동등하거나 그 이하 규모의 선구조가 인지될 가능성은 충분하다.

### 3. 결론

한반도(남한)의 선구조 분석 결과를 기초로 Fracman의 geofractal module을 이용하여 선구조의 통계분석을 실시하였다. 분석에 사용된 선구조 개수는 총 1,247개이고, 총 길이는 10976.5 km이다. 선구조의 평균 길이는 8.80km 이며 선구조 길이의 표준편차는 8.92km로 다소 크게 나타났다. 전체적으로 선구조 길이의 최고치는 2~4km 구간에서 집중적 분포를 보인다. 왜도는 음의 값을 가져, 평균값에 비해 중앙값이 작으며, 대수정규분포를 따른다. 선구조는 1km 인 것에서부터 100km의 까지 다양한 분포를 보이고 있으며, 대략 10km 이하인 것이 전체의 80%를 차지 하고있음을 알 수 있었다.

한반도 선구조의 Box fractal dimension을 분석해 본 결과, trace의 계산하는 방법과 box의 size에 따라 1.59~1.63의 값을 보인다. 이는 한반도(남한)의 서남쪽에 비해 북쪽이나 동쪽 부분에 trace의 분포빈도가 크기 때문에 나타나는결과로 예측된다. 한반도 선구조의 질량 프랙탈 차원을 분석해 본 결과, 남쪽과 북쪽의 질량 프랙탈 차원은 Fracture center와 trace를 이용하여 trace mass를 계산 하는 방법은 1.988~1.996(center), 1.821~1.868(trace)로 남쪽에서 약간 높게 나왔다. 그러나, trace intersection을 이용하여 mass를 계산한 결과 남쪽에서는 2.012가 북쪽에서는 1.824의 값을 보여 차이가 나타난다. 이는 남쪽에 분포하고 있는 선구조의 밀도가 북쪽에 비해 더 크며, trace의 연결성도 더 양호하기 때문이다.

Dershowitz and Herda(1992)가 제안한 관계식을 이용하여 분석된 선구조 간의 간격( $S_f$ )은 대략 10km 인 것을 알 수 있었다. 이는 3개 방향군으로 분포하는 광역 선구조들은 상호 간에 확률적으로 최소 약 10km×10km의 암괴를 형성하면서 분포함을 의미한다. 이러한 암괴 규모 내에는 지역적으로 정밀한 분석을 통하여 적어도  $F_3(1\sim 20\text{ km})$  등급 규모와 동등하거나 그 이하 규모의 선구조가 인지될 가능성은 충분하다.

### 4. 참고문헌

- 1) Dershowitz, W. S. and Herda H. H, 1992, Interpretation of fracture spacing and intensity, Rock Mechanics, pp757-766.
- 2) 배대석, 고용권, 김경수, 김천수, 박병윤, 2000, 고준위방사성폐기물 심부지층처분을 위한 한반도 단열체계 분포특성 예비평가, KAERI-TR 1523-00.