

# 지반물질에 대한 물리검층과 밀도값과의 상관성 분석

조진문\*<sup>1)</sup>, 송무영<sup>1)</sup>, 임국묵<sup>1)</sup>, 유영철<sup>2)</sup>, 김명식<sup>2)</sup>

(starwars22@naver.com)

<sup>1)</sup>충남대학교 지질환경과학과, <sup>2)</sup>(주) 동아 컨설턴트

## 서 언

암반 내에서 불연속면은 작게는 벽개에서 편리, 절리, 그리고 크게는 단층파쇄대와 같은 대규모적인 지질구조를 포함하고 있다. 일반적으로 불연속면은 물리검층에서 저밀도와 저비저항으로 대표되는 현저한 물성특성을 보인다. 그러나 저밀도 저비저항이 불연속면 또는 파쇄대의 직접적인 증거가 되지 못하는 경우도 있으며 이것이 불연속면 탐지에서 일반적인 물리검층방법이 가지는 한계라고 할 수 있다 (김영화 외;1998). 불연속면의 탐지에 있어서는 시추공 텔레뷰어 검층이 가장 효과적인 방법으로 알려져 있다(김중열, Schepers, 1995 ; 하희상 외, 1996 ; Schepers, 1996 ; 김중열, 1998a).

본 연구는 시추공 텔레뷰어를 이용하여 불연속면의 조사를 수행하였고 밀도검층, 전기검층, 공경검층을 실시하여 지반의 밀도값 및 전기적인 특성, 공경크기 등을 측정하여 시추자료의 RQD 값과 비교하여 보았으며 각각 물성치와 밀도값과의 상관성을 분석하여 밀도값에 영향을 미치는 물성치를 파악하는 것이 목적이다.

## 연구방법

연구지역은 강원도 삼척일대의 지반조사를 위한 4개의 시험 시추공 (BH-1, BH-2, BH-3, BH-4)에서 물리탐사를 수행하였으며 각각의 시추공 심도는 290m, 185m, 137m, 190m 이며 이 지역의 암상은 화강편마암으로 이루어졌다. 사용된 검층자료는 현재 보유하고 있는 밀도검층기의 최대 측정 심도가 136m 이므로 4공 모두 10m의 케이싱 구간을 제외한 10m~136m 의 구간의 자료를 이용하였다. 각 공마다 수행한 검층기의 측정 간격이 다르기 때문에 심도의 구간을 1m로 나누어서 그 범위 안에 있는 물성치를 평균을 내어서 상관관계를 분석하였다.

## 본 론

### 1) 시추공 텔레뷰어 검층

시추공 텔레뷰어 검층은 시추공벽의 직접 관찰 기법으로서 시추공 벽면에서 반사되는 반사파의 진폭 및 주시를 측정하고 분석하여 지반 내에 발달한 단층 및 절리의 크기, 경사각 및 경사방향을 알아내는 초음파 탐사기법이다. 텔레뷰어 검층의 결과로 파쇄가 심한 부분은 BH-1(50~70m), BH-2(30~55m), BH-4(80~110m)의 구간이었고, BH-3에서는 대체적으로 공상태가 양호하였고 45~75m에서 부분적으로 절리가 나타나고 있다.

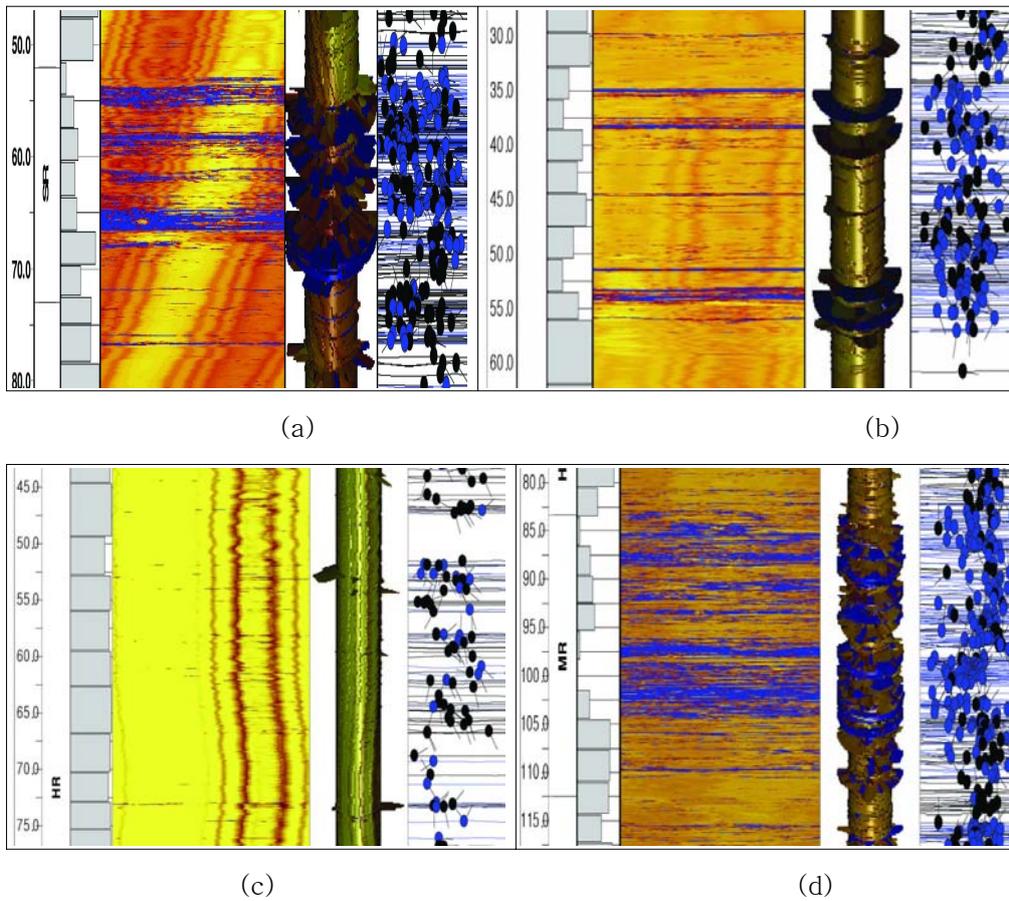


Fig. 1. 텔레뷰어 영상 (a) BH-1 (b) BH-2 (c) BH-3 (d) BH-4

텔레뷰어 영상은 각 초음파빔에 대한 반사파의 진폭치를 나타내는 진폭이미지와 반

사파의 주시치를 보여주는 주시 이미지로 나타낼 수 있는데, 위의 Fig.1에 나타나는 이미지는 진폭이미지이다. 절리, 단층 및 암층경계면에 대한 판단은 주로 진폭이미지에서 이루어지며 이에 부응하여 주시이미지는 대체로 절리의 열린 상태나 단층 충전물에 대한 정보를 제시한다. 텔레뷰어 주시치는 시추공 단면 중심에서 공벽에 이르는 거리를 구할 수 있는 기본 자료가 되기 때문에 이에 대한 도면화는 고분해능 공경검층을 대변하는 것이 된다(김중렬, 1995).

좌측 부분의 회색 히스토그램은 RQD값을 나타내고 있으며 우측 부분에 보여지는 소위 arrow plot은 진폭 이미지에서 관찰된 각 절리의 경사방향(화살대) 및 경사각을 화살모양으로 나타내고 있다. 화살 머리의 위치는 경사각을 표현하고 있으며 화살머리 모양에 따라 구분 표시되어 있다. 즉 검게 칠해진 부분은 Closed Crack, 파란색으로 칠해진 부분은 Open Crack이다(김영화 외, 1998).

텔레뷰어 영상에서 보이 파쇄대가 심한 부분은 RQD와 좋은 상관관계를 보이고 있으며 BH-3에서는 대체적으로 파쇄가 심한 부분은 나타나지 않고 있다. 이는 절리의 빈도가 상대적으로 적게 분포하며 나타난 절리의 상태가 대부분 Closed임에 기인하는 것으로 사료된다. Fig.2는 시추공마다 절리의 틈과 밀도와의 상관관계를 분석해 보았는데 BH-1에서 나타나는 약간의 상관성을 제외 하곤 다른 공에서는 상관관계가 보이지 않는다.

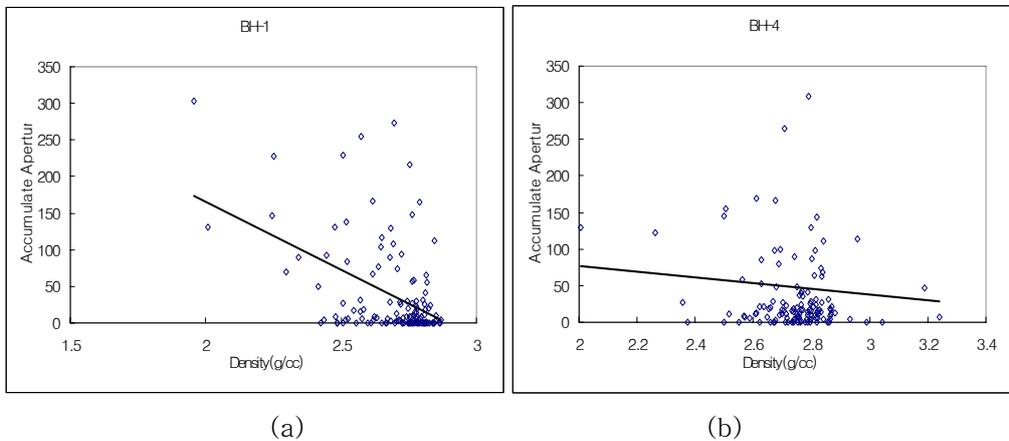


Fig. 2. 밀도와 절리틈 상관관계  
(a) BH-1 (b) BH-4

## 2) 밀도검층

밀도 값은 토목 지질 분야에서 사용 빈도가 높은 암석의 기본 물성 값 중에 하나로써 지반조사에서도 많이 이용되고 있다. 밀도 검층은 감마선의 콤프턴 산란효과를 이용하여 이루

어지기 때문에 매질에 따른 검출기의 반응 특성을 비롯하여 시추공경 및 시추공 속의 유체의 영향, 자연감마의 영향 등 여러 요소의 영향으로 얻어진 밀도 값에 오차가 많이 포함될 가능성이 크다는 문제점을 가지고 있다. 밀도검층 기기는 보통  $Co^{60}$  또는  $Cs^{137}$ 를 사용하는 감마선원과 한 개 또는 두 개의 검출기로 구성되어 있다. 본 연구에서는  $Co^{60}$ 을 사용하였다.

Fig.3은 각 시추공들의 밀도검층 결과를 나타낸 것이다. 밀도검층과 텔레뷰어 결과를 비교하여 볼 때 불연속면 구간에서 전반적으로 잘 일치되고 있으나 심도에 따른 상관정도가 약간 떨어지는 편이다(김영화 외, 2001). BH-2에서 일부 밀도데이터가 없는 부분은 시험을 할 당시 시추공벽에 밀도 Probe가 시험을 할 때 마다 걸려서 일부 구간을 피하고 측정했기 때문이다. 이 지역 시험결과 밀도값은 NGAM의 영향을 다소 받은 것으로 나타났다.

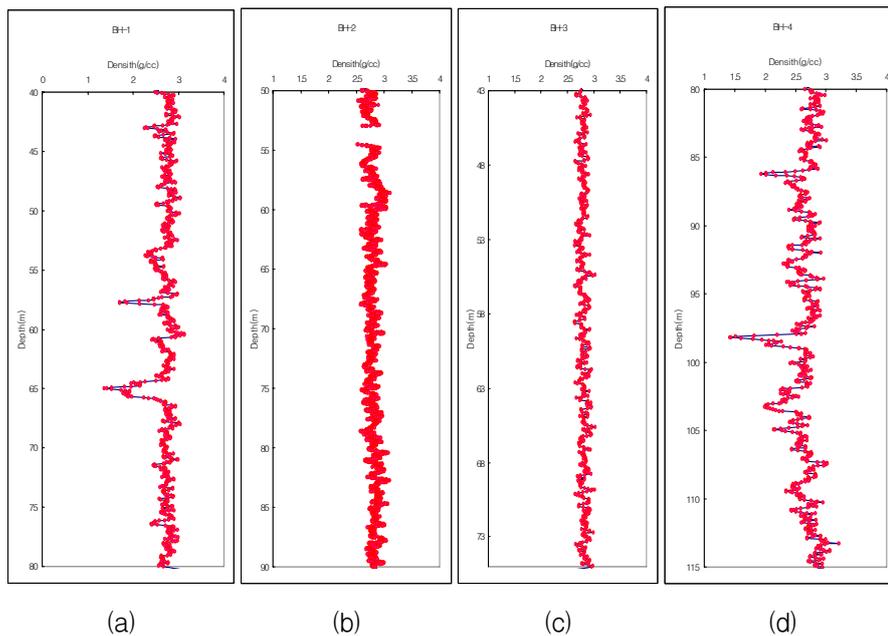


Fig. 3. 밀도검층 (a) BH-1 (b) BH-2 (c) BH-3 (d) BH-4

### 3)전기검층

전기검층은 지층의 겉보기 비저항을 측정하는 것으로 전도성 지층이라면 어떠한 지층에 대해서도 적용 가능하며 지층의 전기 비저항 및 자연전위는 지층수의 전기전도도 특성이나 함수 포화도에 따라 많은 영향을 받으므로 지하수 조사에 적용가능하다(물리탐사 실무 지침, 2003). 전기 검층의 경우 전극간격을 25Cm 50Cm 100Cm 로 하여 측정을 하였다. 전기검층의 경우 역시 다른 검층과 마찬가지로 불연속면에서 저비저항으로 떨어지는 양상을 보이고 있다. 이는 절리나 파쇄대 탐지에 효과적인 수단이 될 수 있음을 시사한다. Fig.4는밀도 값에 미치는 비저항의 영향을 알기 위해 비저항치와 밀도값과의 상관성을 분석한 결과인데 저비저항값과 밀도 값 사이에는 상관관계가 없는 것으로 나타났다.

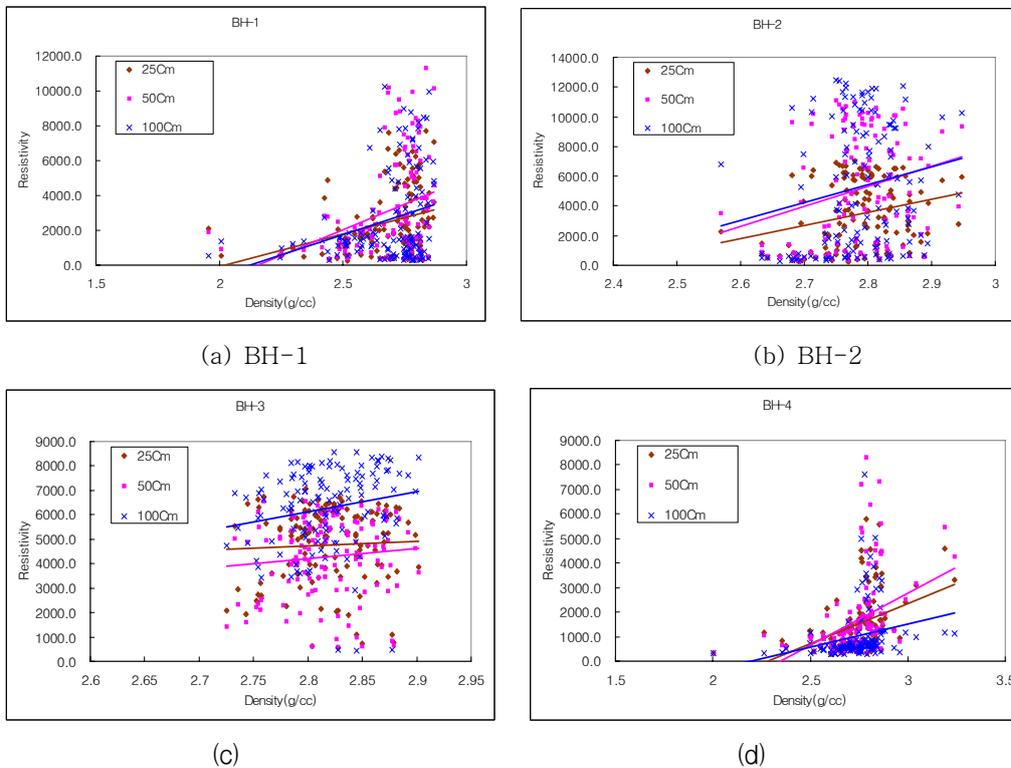


Fig. 4. 밀도값과 비저항의 상관관계.

(a) BH-1 (b) BH-2 (c) BH-3 (d) BH-4

#### 4)공경검층

공경검층은 시추공의 자름의 변화를 측정하여 검층자료해석 시 이에 대한 보정치를 결정하는 데 이용 된다. 검층기기는 보통 3개 또는 4개의 스프링으로 움직이는 암 (arm)으로 구성되어 있으며 시추공 바닥에 닿을때 암이 퍼지게 되는데 이때 시추공경의 변화에 따라 암이 움직일때의 운동은 가감저항기에 전달되어 전기회로에 전기저항이 변하게 된다(민경덕,서정희,권병두, 1986).

연구에 사용된 공경검층기는 2개의 암을 갖고 있으며 4~5m/min의 속도로 상향 이동시키면서 측정을 하였다. 공경검층도 역시 불연속면에서 넓은 공경으로 나타나고 있어 다른 검층과 유사한 양상을 띠는 상관성을 가지고 있으며 밀도 값과의 세부적인 상관관계 분석에서 다른 물성치들과 비교하여 좀더 괜찮은 상관관계가 있는 것으로 나타났다(Fig.5).

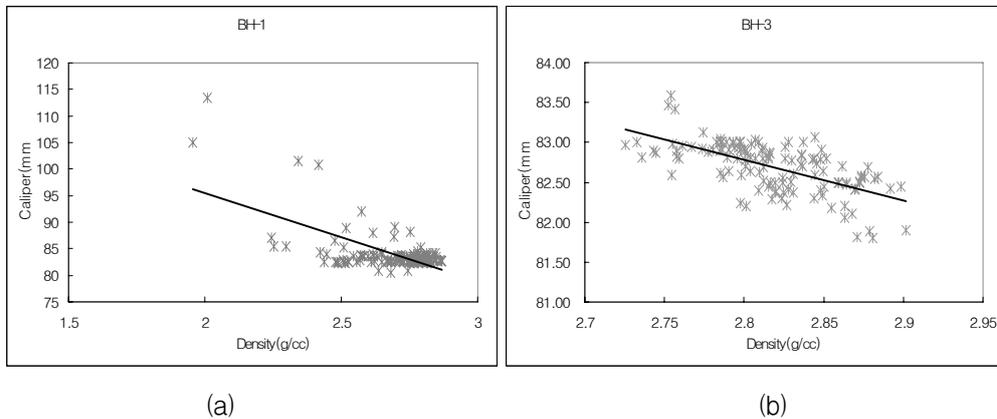


Fig. 5. 공경과 밀도값과의 상관관계

(a) BH-1 (b) BH-3

#### 결론

일반적인 물리검층기법에 의한 불연속면 분석결과가 텔레뷰어 불연속면과 좋은 상관관계를 가지며 이 상관은 물리검층에 의한 분석 결과가 저비저항 저밀도 비이상적 공경변화를 기준으로 이루어졌으며 이는 시추공 텔레뷰어 검층에서도 확인되었음

을 고려할 때 이 지역에서의 이러한 기준이 절리나 파쇄대의 검출에 매우 효과적임을 말해주고 있다

밀도와 비저항이 이차적 풍화특성에 민감하게 반응함을 감안하여 이 세 검층을 중심으로 불연속면의 존재와 특징을 추적하였다. 밀도가 이차적 풍화에 가장 민감한 물성 특성임에 비하여 비저항은 이차적인 풍화현상 외에도 지질적 특성에도 민감한 특성을 가지고 있음을 감안할 때 그 양상만은 비슷하지만 상관관계에 있어서는 많이 저조한 결과를 보였다(김영화 외,2001).

밀도 값과 비저항의 상관관계가 좋을 것으로 예상하고 있었으나 결과적으로 그 상관관계가 많이 떨어지는 것으로 나타났다. 이는 파쇄대나 절리 부분에서 다량의 지하수 유입되어 비저항치가 낮아지기 때문으로 사료된다. 절리 틈과 밀도는 상관성이 없는 것으로 나타나고 있다. 공경과 밀도의 상관관계 분석에서는 다른 물성치들 보다 좋은 상관관계를 갖고 있었다.

## 참고문헌

- 김영화,김기주,임헌태,김지훈,공남영, 2004, 밀도검층 검출기 보정에 관한 기초 연구,지구물리 Vol.7 No.4, p.237-245
- 김영화,양영근,김종열,김유성, 2001, 석회암지역에서 불연속면의 물리검층반응, 지구물리 제4권 제2호, p95-102
- 김영화,장승익,김종열,현혜자, 1998, 풍화퇴적분지 내 시추공 PABH1에서 불연속면에 대한 물리검층방법의 적용.The Journal of Engineering Geology, Vol.8,No.3, p261-273
- 김종열, 1995, 고분해능 텔레뷰어 검층기법의 기능,The Journal of Engineering Geology, Vol.5,No.3
- 박삼규,김희준, 1994, 거제도지역 지질조사에 대한 물리검층의 적용성,Econ. Environ. Geol.,Vol.27, No.3 p.289-294
- 민경덕,서정희,권병두 ,1986, 應用地球物理學 p.721-747
- 이태섭 외, 2002,물리탐사 실무지침, 한국 물리탐사 학회 , p.213-230