

# 소구경 시추공에서의 밀도검층

황세호<sup>1)</sup> · 박 찬<sup>2)</sup> · 이상규<sup>3)</sup> · 신희순<sup>4)</sup>

## 1. 서 론:

감마-감마(밀도)검층(이하 밀도검층으로 함)은 암상의 구분, 파쇄대 탐지와 더불어 원위치에서 밀도를 연속적으로 측정할 수 있는 장점을 갖는다. 밀도검층은 석유탐사분야에서는 주로 공극검층으로 이용되지만 현재 국내에서는 토목설계에 필요한 지반의 밀도 측정 목적으로 많이 이용되고 있다. 본 연구는 석유탐사분야와는 달리 slim-hole 이라 불리는 소구경 시추공(주로 NX 시추공)에서의 밀도검층에 대한 것이다.

## 2. 본 론:

본 연구에서 이용한 밀도검층장비는 영국 Robertson Geologging(이하 RG라 함)사의 Sidewall Density Gamma Sonde로서 측정범위는 1~3g/cc이며, 감마선원은 100mCi <sup>137</sup>Cs이고 공경변화를 보정하기 위한 공경(caliper)검층, 자연감마선검층이 동시에 수행된다. 밀도검층기의 교정은 3단계로 구분되며 1단계와 2단계는 제조회사에서 3단계는 사용자가 주로 실시한다(이상규 외(1998)의 제4장 4절 참조). 밀도검층에서 측정하는 것은 전자밀도(Electron density,  $\rho_e$ )로 체적밀도(bulk density;  $\rho_b$ )와의 관계는 많은 문헌에서 쉽게 찾아볼 수 있다. 그림 1은 전자밀도변화에 따른 전자밀도와 체적밀도와의 차이를 나타낸 것으로 전자밀도와 체적밀도와의 차이는 밀도가 증가할 할수록 작아지며 그림1의 관계에서 체적밀도는 간단한 보정을 통하여 구할 수 있다. 밀도검층은 이수나 공경의 영향을 보정하기 위하여 감마선원에서 근거리와 원거리 센서에서 감마선을 측정한다. 석유탐사에서 이용하는 밀도검층에서는 필수 사항이지만 소구경 시추공에 대한 검층장비를 제작하는 RG사의 경우, 원거리 센서에서만 밀도를 측정한다. 따라서, 근거리 센서와 원거리 센서를 이용하여 밀도검층자료를 후처리하는 과정을 수행 할 수 없는 단점이 있다. 그림 2는 밀도검층시 자연감마선의 영향을 확인하기 위하여 OO지역 시추공에 대하여 감마선원이 있는 경우와 없는 경우, 밀도측정 센서인 원거리 센서에서의 감마선 측정치 比를 나타낸 것이다. 통상적으로 인공적인 소스(여기서는 감마선원)가 있는 경우, 자연감마선의 영향이 작을 것으로 생각할 수 있지만 김영화와 김기주(1999)의 경우와 같이 자연감마선의 영향이 있는 경우도 있다. 그림 2에서 감마선원이 없는 경우와 있는 경우, 밀도측정 센서는 자연감마선의 크기와 관계없이 자연감마선의 영향이 거의 없는 것을 알 수 있다. 김영화와 김기주(1999)의 경우, 밀도검층을 감마선원이 있는 경우와 없는 경우에 실시하여 자연감마선의 영향을 보정하여 밀도를 산출하였다. 표 1은 한국자원연구소 내에 위치한 시추공에서의 밀도검층 결과와 시추코아를 이용한 실내시험에 의한 밀도 값을 정리한 것이다. 두 방법에 의한 밀도 측정이 잘 일치하는 것을 알 수 있으며

주요어: 원위치 밀도 측정, 실내물성시험

- 1) 한국자원연구소 자원연구부 E-mail : hwangse@kigam.re.kr
- 2) 한국자원연구소 자원연구부 E-mail : chan@kigam.re.kr
- 3) 한국자원연구소 자원연구부 E-mail : lesak@kigam.re.kr
- 4) 한국자원연구소 자원연구부 E-mail : shinhs@kigam.re.kr

밀도검층을 이용하여 시추공 전구간에 대한 밀도를 산출하는 것은 내진설계에 필요한 동탄성 상수나 현지지반의 수직응력 산출 등 지반조사 결과의 정밀성과 신뢰성을 높일 수 있다는 것을 의미한다(황세호와 이상규, 1999a, 1999b).

### 3. 결론:

파쇄대를 포함하는 시추공 전구간과 보다 큰 체적에 대한 밀도를 원위치에서 측정하는 밀도검층은 주로 지반조사 분야에서 활용되고 있으며 수요도 지속적으로 증가하고 있다. 앞으로도 정확한 밀도를 지속적으로 측정하기 위해서는 최소한 2단계의 밀도교정장치를 국내에 설치해야 할 필요가 있다. 그리고 방사선 선원의 이용 시, 안전에 대한 대책을 반드시 고려해야 함을 물론이다.

사사 : 본 연구는 산업자원부에서 지원하는 '지반물리탐사 연구'와 기관고유사업인 '절리암반의 열환경 거동 특성 연구'의 일부이며 방사선 선원의 이용과 관리에 대하여 많은 조언을 해주신 한국자원연구소 방사선안전관리책임자인 우형주 박사님께 감사드립니다.

### 참고문헌

1. 이상규, 황세호, 황학수, 박인화, 1998, 지하물성의 정보화를 위한 물리검층 품질관리 연구: 한국자원연구소, KR-98(C)-10.
2. 권광수, 강상수, 류시영, 박찬, 박철환, 박희봉, 선우춘, 성원정, 신중호, 신희순, 이상권, 이종립, 이현주, 정소걸, 최병희, 최성웅, 한공찬, 홍기표, 양영석, 김재동, 김기석, 1997, 지하에너지 저장시설 구축 및 유지기술연구: 한국자원연구소, KR-97(B)-2.
3. 김영화, 김기주, 1999, 갑산층 석화암지역에서의 코아물성과 검층물성의 비교, 지질공학회지, V.9, 253-265
4. 황세호, 이상규, 1999a, "물리검층에 의한 파쇄대 인식과 동적 지반정수의 산출: 건설현장에 필요한 물리탐사 기술 심포지움", 1999년도 제2회 학술발표회, 한국지구물리탐사학회, 156-175.
5. 황세호, 이상규, 1999b, "물리검층에 의한 터널설계변수의 산출" 제73회 한국자원공학회 발표논문집, 한국자원공학회, 41-44.

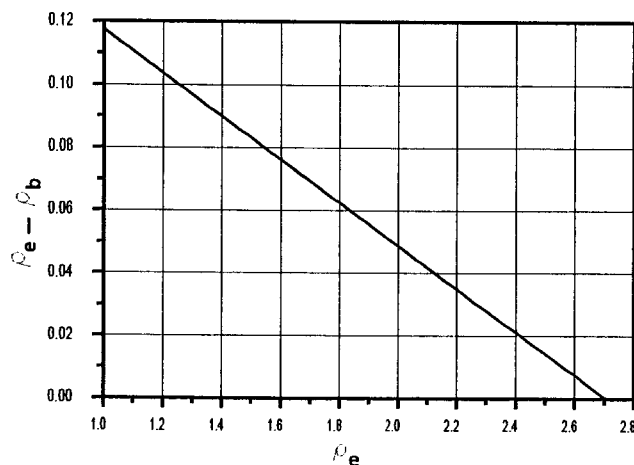


그림 1. 전자밀도 변화에 따른 전자밀도와 체적밀도 차이와의 관계

Cross plot of the ratio of LSD and natural gamma

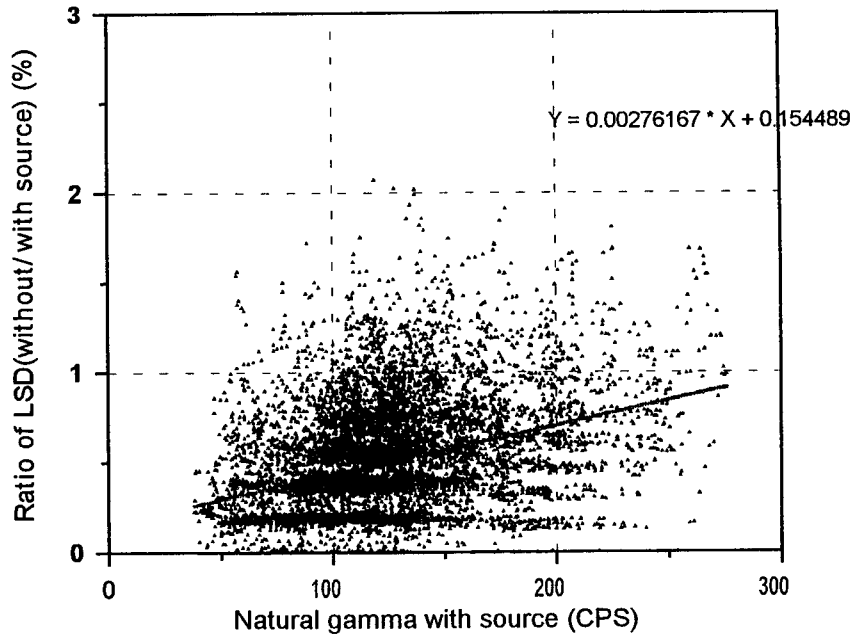


그림 2. 감마선원이 있는 경우와 없는 경우, 원거리 측정센서에서 기록된 감마선의 비와 자연감마선과의 관계(자연감마선 측정센서는 감마선원의 영향을 받지 않는 거리에 위치함).

표 1. 한국자원연구소 내에 위치한 시추공에서 실시한 밀도검층과 실내시험에 의한 밀도측정 값과의 비교.

번호	물리검층 결과					암석물리시험 결과		
	측정심도(m)	최소값 (g/cc)	최대값 (g/cc)	평균값 (g/cc)	측정구간의 두께 (cm)	측정 평균값 (g/cc)	시료 갯수	시료채취구간 (cm)
1	44.0~44.6	2.58	2.66	2.63	60	2.65	5	60
2	64.0~64.7	2.61	2.70	2.65	70	2.65	5	70
3	83.5~84.3	2.59	2.73	2.65	80	2.64	5	80
4	111.6~112.1	2.59	2.68	2.63	50	2.66	5	50
5	139.5~140.0	2.61	2.69	2.65	50	2.65	4	50
6	161.7~162.2	2.6	2.74	2.66	50	2.65	5	50
7	178.2~178.6	2.57	2.73	2.65	40	2.65	3	40
8	223.9~224.6	2.62	2.72	2.67	70	2.66	5	70
9	275.9~276.6	2.62	2.68	2.66	70	2.66	5	70
10	289.6~290.4	2.62	2.67	2.64	80	2.65	3	80