

# 물리검층의 품질관리

황세호, 이상규, 박인화, 황학수<sup>1)</sup>

## 1. 서론

물리검층은 지하의 각종 물성 정보에 대하여 가장 정확한 in-situ 자료를 제공할 수 있는 유일한 방법으로 토목건설의 지반조사, 지하수 조사, 자원탐사, 지질대비, 환경오염 문제 등에 꾸준히 수요가 증가하고 있으며, 이와 같이 다양한 활용분야에 대한 정량적인 정보를 제공하기 위해서는 물리검층자료에 대한 품질관리가 필요하다. 최종 사용자가 실시할 수 있는 물리검층의 품질관리는 사실상 많은 제한이 있으며 본 연구에서는 장비의 적절한 운용에 필요한 사항과 검출기 교정의 중요성에 대하여 언급하였다.

## 2. 물리검층 자료의 품질관리

### 2.1 검층자료의 반복성과 재현성

반복성(repeatability)은 정밀도의 in-situ 평가로 정의할 수 있다. 즉, 정밀도(precision)란 사격에서 탄착점이 잘 형성된 것에 비유되는 것으로 참값에 관계없이 연속적으로 측정하는 값이 정확하게 결정되는 정도라 할 수 있다. 반복성은 동일한 환경, 동일한 장비, 동일한 장비 운용자에 의해 획득된 측정값의 차이이며 측정치의 불확도(uncertainty)를 추정할 수 있다. 재현성(reproducibility)은 동일한 방법을 이용하지만 다른 장비 또는 다른 운용자에 의한 측정치의 차이를 말한다. 많은 장비운용자가 동일한 장비를 이용하는 경우는 다른 장비 운용자에 의한 차이를 발견할 수 있으며 따라서 좋은 재현성은 중요하다고 할 수 있다. 그리고, 다른 장비를 사용하여 재현성에 대한 시험 결과는 시스템에 내재되어 운용자가 알 수 없는 오차를 찾을 수 있는 방법이 되기도 한다(Theys, 1991).

### 2.2 심도의 결정

물리검층에서 정확한 심도의 결정은 매우 중요하다. 심도결정은 본체에 심도의 입력, 지표에서 심도 기준점 설정, 검출기 내부에서 각종 센서들의 올바른 측정점 설정, 케이블의 안정성, 케이블과 윈치사이에서 심도정보를 전달하는 측정 wheel의 정확도 등, 인위적 또는 기계적인 요인에 영향을 받는다.

### 2.3 검층속도의 영향

적절한 검층속도의 선택은 검층 시간을 줄일 수 있으나 양질의 자료를 얻기 위해서는 검출기의 속도변화에 따른 자료에 대한 분석을 통하여 검층 속도를 결정해야 한다. Table 1은 시추공 K-H(권광수 외, 1997)에서 검층 속도를 3, 5, 7, 9m/min으로 변경하면서 연속적으로 2회 측정된 자연감마선 검층자료의 차이에 대한 평균과 표준편차를 나타낸 것으로 속도가 증가할수록 표준편차가 증가하는 하는 것을 알 수 있다. 따라서, 자연감마선이 작은 지질환경에서는 검층 속도는 작게 하여 측정치의 불확도를 낮추는 것이 필요하다.

### 2.4 검층자료의 필터링

검층자료의 필터링은 자료의 통계적인 불안정성의 감소나, 신호에 더해지는 잡음의 제거,

---

주요어 : 물리검층, 품질관리, 필터링, 검출기교정

1) 한국자원연구소

여러 물리검층자료에 대한 공간적인 분해능의 일치(match), 중첩된 신호의 분리 등에 적용된다. 가장 많이 이용하는 것은 이동평균(moving averaging)법이며 적용하기 쉽고 직관적인 장점이 있으나 층후가 얇은 경우는 수직 분해능을 감소하는 단점이 있다. 공간주파수 필터링은 저주파 대역 통과 필터링으로 절단 주파수( $f_c$ )는 검층자료의 파워 스펙트럼 분석을 통하여 결정하며 절단 주파수는 검출기의 최대 분해능과 관련이 있다. Fig. 1은 공간주파수 필터링, Savitzky와 Golay smoothing(David, 1986; Press et al., 1992) 및 이동평균법을 적용한 검층자료에 대한 파워스펙트럼을 나타낸 것이다. Fig. 1에서 (a)는 원시검층자료의 파워스펙트럼이며 (b), (c) 및 (d)는 각각 공간주파수 필터링( $f_c=0.083/cm$ ), Savitzky와 Golay smoothing(윈도우 13)과 이동평균법(윈도우 9)을 적용한 검층자료에 대한 파워스펙트럼이다. Savitzky와 Golay의 smoothing은 적용 윈도우의 폭이 증가해도 smoothing을 적용한 검층자료에 대한 파워 스펙트럼은 이동평균법과는 달리 신호의 성분 대역이라 할 수 있는 저주파 대역에서의 감소가 작다는 장점이 있다.

### 2.5 검출기 시험과 교정

물리검층에서 검출기에 대한 정기적이고 정확한 시험(test) 및 교정(calibration)은 정량적인 검층자료의 획득에 필수적이라 할 수 있다. 따라서, 검출기 교정장치의 세심한 관리, 검출기 교정 상황 및 조건에 대한 세밀한 검토, 검출기 교정 과정에 대한 상세한 기록과 지금까지의 교정결과와 비교하는 것이 중요하다. 비교 결과, 예상과 차이가 있는 경우는 검출기 교정 절차의 실수, 검출기의 고장 등, 검층 시스템 전반에 대한 점검이 필요하다. 그리고, 주변 환경에 영향을 받지 않는 장소의 선택, 충분한 시간, 빈번한 교정보다는 정확한 교정과 새로운 장비는 물론이고 일부를 수리 또는 변경한 후에도 반드시 교정을 실시한다. 검출기 교정에서 선택한 값의 범위가 실제 검층에서 측정되는 값의 범위에 근접해야 한다. 측정값이 검출기 교정에서 선택한 값의 범위를 벗어나면 측정값의 신뢰도에 대한 확신을 할 수가 없게 된다.

Fig. 2는 공경(Caliper) 검출기에 대한 교정기록을 나타낸 것으로 매 교정마다 차이를 보이기 때문에 반드시 매 검층마다 검출기 교정을 실시해야 함을 알 수 있다. 대부분의 검출기 교정장치는 제조회사에서 제공하며 공경검출기, 자연감마선검출기, 전자유도검출기, 전기비저항검출기, 음파검출기 등에 대한 검출기 교정 또는 시험은 현장에서 쉽게 실시할 수 있다. 물리검층 중에서 가장 많은 자료가 획득되는 자연감마선의 경우, 지금까지 검출기 교정이 제대로 실시되지 않아 정량적인 자료로서의 활용이 떨어지고 있는 실정이다. 대부분의 검출기 교정장치가 이동하기 쉬운 반면에 감마-감마(밀도)검출기의 교정장치는 이동이 불가능하며 사용자가 실시하는 교정단계는 주로 3차 교정에 해당된다. 밀도검층의 경우, 방사능 소스는 주로  $^{137}Cs$ 를 이용하며 반감기가 28년이기 때문에 정확한 밀도산출을 위해서는 검출기교정은 반드시 필요하다.

### 3. 결론

정량적인 물리검층자료의 획득을 위한 물리검층의 품질관리는 매우 중요하다. 정확한 심도의 결정은 검층의 반복성과 재현성에 민감한 사항이며 검층의 속도는 검출기의 특성과 검층의 목적에 따라서 선택해야 한다. 수직분해능 향상과 잡음의 제거를 위한 필터링은 이동평균법이나 Savitzky와 Golay의 smoothing보다 저주파통과 필터링이 추천되며 현장에서 이동평균법의 적용은 실시간으로 적용할 수 있는 장점을 가진다. 물리적으로 의미 있는 자료로 환산할 수 있는 검출기 교정과 정확한 검출기 교정은 필연적이라 할 수 있다.

**참고문헌**

1. 권광수 외 21인, 1997, 지하에너지 저장시설 구축 및 유지기술연구: 한국자원연구소, KR-97(B)-2, 440pp.
2. David, J.C., 1986, "Statistics and data analysis in geology", John Wiley & Sons.
3. Press, W.H., Teukolsky, S.A., Vetterling, W.T., and Flannery, B.P., 1992, "Numerical recipes in Fortran", Cambridge press.
4. Theys, P.P., 1991, "Log data acquisition and quality control", Editions Technip., 330pp.

**사사**

본 연구는 산업자원부에서 지원하는 '지하물성의 정보화를 위한 물리검층 품질관리 연구' 연구결과의 일부임을 밝힙니다.

Table 1. Mean and standard deviation for the difference of successive log measurements according to the change of logging speed.

	Difference CPS		Gaussian fit		Logging speed
	mean	Standard Deviation	mean	Standard Deviation	
(a)	-1.395	18.019	-1.584	15.855	3m/min
(b)	-0.012	21.743	-0.956	19.225	5m/min
(c)	-0.838	24.436	-0.808	24.015	7m/min
(d)	-1.466	27.729	-1.040	26.372	9m/min

Fig. 2 Drifts of caliper sonde calibration.

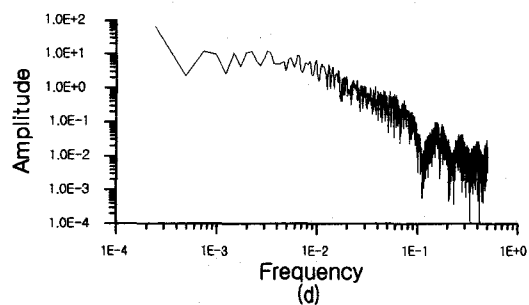
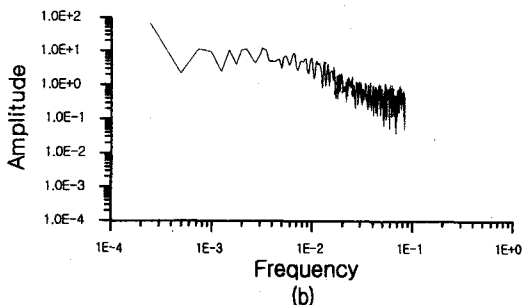
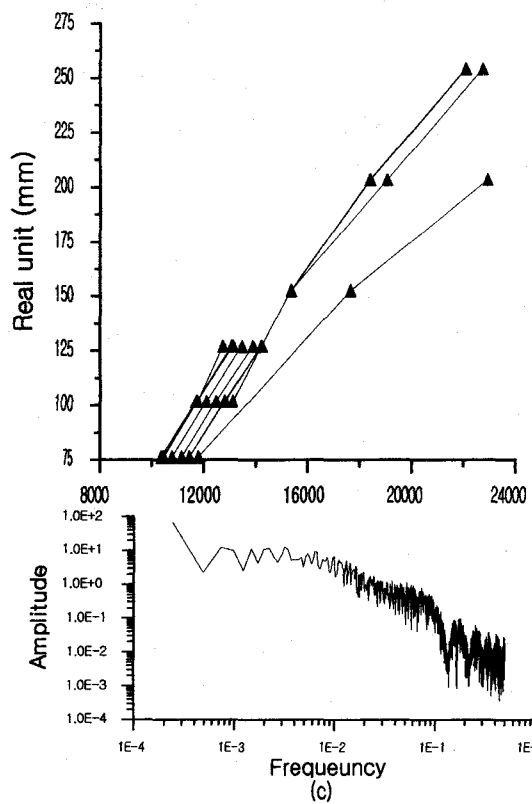
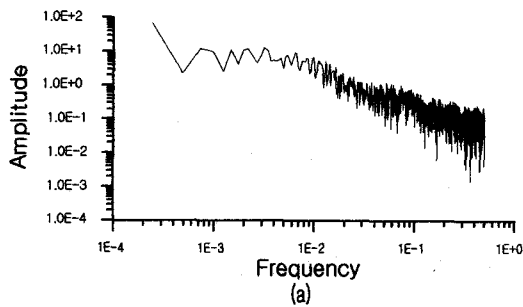


Fig. 1. Power spectrum of log measurements: (a) raw log data, (b) low-pass filtered log data, (c) smoothed log data by Savitzky and Golay method and (d) smoothed log data by box car moving averaging method.