

단층 및 지표물리탐사 결과를 반영한 불균질성 단열망 모델링 구축 방법

정재열*, 정해룡, 박주완

한국원자력환경공단, 대전광역시 유성구 가정로 168

*jjy@korad.or.kr

1. 서론

2015년부터 경주 방폐장은 지하 -130m 깊이에 위치한 1단계 동굴처분시설에서 중·저준위방사성폐기물의 처분을 시작하였고, 현재 2단계 표층처분시설 건설을 위한 인허가를 준비 중에 있다. 경주 방폐장은 공학적방벽을 이용하여 방사성폐기물을 1차적으로 격납하고, 자연방벽을 이용하여 2차적으로 인간생활권으로부터 격리하는 다중방벽시스템을 적용하였다. 자연방벽은 공학적방벽 기능 상실시 발생할 수 있는 핵종의 이동을 지연 및 흡착함으로써 핵종의 위해성을 낮추는 역할을 하는데, 핵종의 이동은 대부분 지하수의 유동 경로를 따라 이루어진다. 경주 방폐장은 화강암류와 퇴적암으로 구성된 지역으로 지하수 유동은 주로 암석의 단열을 통하여 이동하게 되므로, 핵종 이동 경로를 파악하기 위해서는 단열의 방향성 및 밀도, 크기 등 분포특성을 파악한 후 단열망 모델링을 통하여 단열망을 구축하는 것이 필요하다.

본 연구에서는 불균질성 단열망 모델링을 구축 방법으로 단열의 밀도 분포특성을 파악하기 위해 결정론적으로 위치한 단층-단열 및 전기탐사-단열의 다중 상관성 분석을 기반으로 잠재능 지도(Potential map)를 작성하고 단열망을 구축하는 방법에 대하여 논의하고자 한다.

2. 연구방법

2.1 단층 분포

연구지역에 위치하는 단층은 총 13개로써, 최소 0.17 km에서 최대 1.4 km의 연장성을 가지며, 단층의 폭이 0.2 m에서 7 m에 이르는 다양한 크기의 소규모 단층이 존재한다.

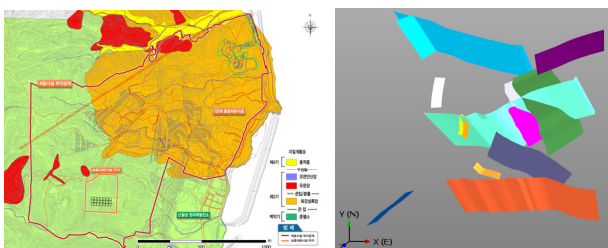


Fig. 1. Study area and fault locations in the LILW disposal site.

2.2 지표물리탐사

단열과의 상관성을 파악하기 위해 본 연구에서는 조사된 지표물리탐사기법 중 전기비저항탐사결과를 이용하였다. 총 49개의 측선 조사자료를 이용하였으며, 전기비저항값은 1~10,000 Ωm의 범위를 가진다.

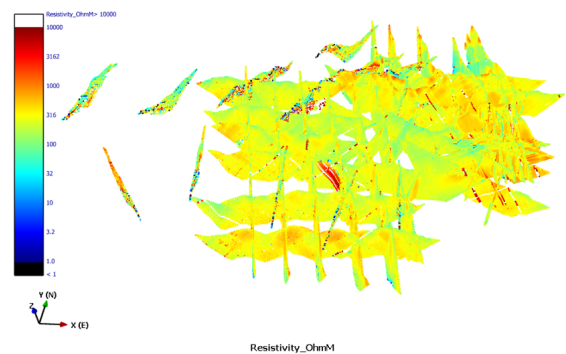


Fig. 2. Result of electrical resistivity Survey in the study area.

2.3 시추공 탐사

총 62개의 시추공에서 수행된 공내검층 자료를 기반으로 단열의 방향성 및 밀도를 산정하였다. 시추공의 깊이는 위치에 따라 54 m에서 302.4 m로 다양하게 분포하며, 대부분 60°이상의 고각의 단열이 존재한다. 단열밀도(P10)는 심도에 따른 누적 단열수를 도시하여 기울기가 같은 영역을 하나의 구간으로 산정하여 단열밀도에 대한 수직구간을 분류하였다.

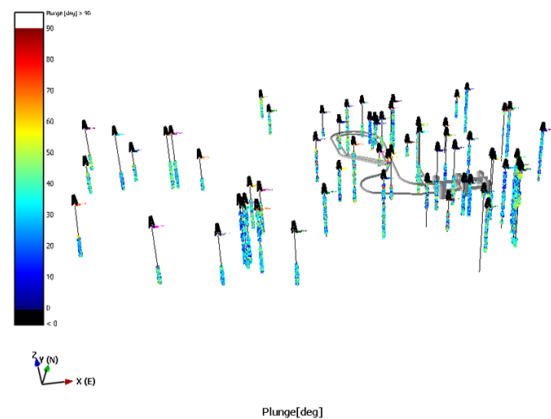


Fig. 3. Result of BHTV Survey in the Boreholes.

2.4 연구결과

2.4.1 단층과 단열의 상관성 분석

단층 주변에 단열이 발달하는 정도와 단층 연장성이 큰 단층과 단열의 발달 정도를 알아보기 위하여 단층으로부터 최소거리(FDIS)와 수직구간별 단열의 밀도(P10) 및 단층 연장성을 고려한 단층거리 역산값(WF)과 수직구간별 단열의 밀도(P10)와의 상관성을 분석하였다. FDIS와 P10의 피어슨 상관계수는 -0.141으로 음의 관계이며, 유의수준은 0.128이고, WF와 P10의 상관계수는 0.261으로 양의 관계이며, 유의수준 0.00435이다. 따라서, 단층과 단열의 관계는 단층 연장성을 고려한 단층거리 역산값과 수직구간별 단열 밀도를 이용하는 것이 타당하며, 이는 단층의 연장성이 클수록 단열이 발달된다는 것을 지시한다.

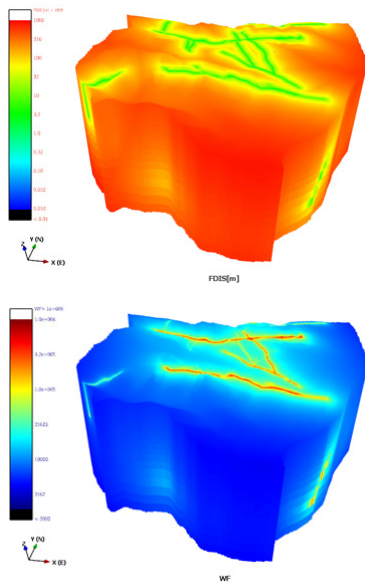


Fig. 4. Minimum distance to fault (FDIS) vs Inverse distance to faults weighted by nearest fault size(WF).

2.4.2 전기비저항탐사결과와 단열의 상관성 분석

전기비저항탐사결과 단면과 해당지점을 지나는 시추공의 구간별 단열밀도 자료와의 상관성을 분석하였다. 탐사단면과 시추공이 만나는 지점의 범위는 평균 축선 간격이 10m인 것을 감안하여 교차지점 10 m내 전기비저항값의 최대, 최소, 평균값을 구하고 P10과의 상관성분석을 수행하였다. P10에 대한 전기비저항값 최대, 최소, 평균의 상관계수는 각각 -0.049, -0.123, -0.056이고 유의수준은 0.596, 0.550, 0.185로 나타나며, 전체적으로 음의 관계를 가진다. P10과 전기비저항값의 최대값, 평균값에 대한 상관계수가 상대적으로 낮게 나타나는 이유는 몇몇 고비저항값에서 나타나는 편중된 측정결과에 기인한 것으로 판단된다. 따라서

본 연구에서는 전기비저항값의 최소값과 P10과의 상관관계를 반영하였다.

Table 1. Result of Pearson's correlation analyses

P10 Correlation to	Pearson	
	Correlation	Sig.
Resistivity min.	-0.123	1.85E-01
Resistivity mean	-0.056	5.50E-01
Resistivity max.	-0.049	5.96E-01
FDIS	-0.141	1.28E-01
WF	0.261	4.35E-03

2.4.3 다중 상관성 분석

연구지역 전체의 불균질성을 고려하기 위해 P10, WF, 최소 전기비저항값에 대한 다중상관성 분석을 실시하여 각 인자에 대한 다중상관계수를 산정하였다.

$$P10 = 2.365 + 3.265 \times 10^{-5} \cdot WF - 2.357 \times 10^{-5} \cdot \text{resistivity Min.}$$

모델의 유의수준은 0.005106이며, 단열에 미치는 영향은 WF가 최소 전기비저항값보다 1.38배 더 크게 나타난다.

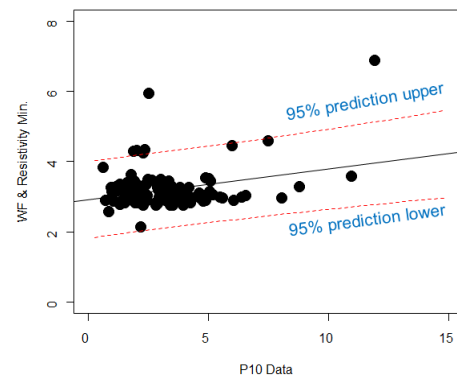


Fig. 5. Estimated P10 by multi regression analysis.

3. 결론

단열암반 내 방사성핵종의 이동경로가 되는 단열을 파악하기 위한 불균질성 단열망 모델링의 일환으로 단층의 연장성을 고려한 단층거리 역산값 및 전기비저항탐사결과와의 다중상관분석한 결과, 단층 연장성을 고려한 단층거리 역산값이 전기비저항탐사결과보다 1.4배 더 영향을 미친다.

4. 감사의 글

본 연구는 2014년도 산업통상자원부의 재원으로 한국에너지기술평가원(KETEP)의 지원을 받아 수행한 연구 과제입니다(No. 20141720100570).