

개선된 립자무리최량화방법에 의한 복잡한 지질구조형의 자연전위이상해석

박 경 훈

선행연구[1, 2]에서는 한 탐사자름면에 1개의 이상체가 있는 경우에 자연전위이상을 해석하였다.

한 탐사자름면에 2개이상의 이상체들이 존재하는 경우 포텐살마당자료해석은 영상화에 의해서만 하는것으로 알려져있으며 기하학적파라미터추정법을 적용하자면 여러개의 이상들을 개별적으로 분리하여야 한다. 그런데 이상체들을 정확히 분리할수 있는 방법이 없는것으로 하여 해석자의 주관이 매우 심하게 작용한 결과 해석결과의 믿음성을 높일수 없었다.

론문에서는 립자무리최량화방법의 수렴속도와 정확도를 높일수 있는 한가지 방안을 제기하고 그것에 기초하여 한 탐사자름면에 여러개의 이상체들이 있는 복잡한 지질구조가 만드는 자연전위이상을 해석하였다.

1. 개선된 립자무리최량화방법의 원리

1) 표준립자무리최량화방법

탐색공간이 n 차원이고 립자무리수가 M 이며 i 번째 립자의 n 차원공간에서의 위치가 $\mathbf{p}_i = (p_{i1}, p_{i2}, \dots, p_{in})$ 이고 비행속도가 $\mathbf{v}_i = (v_{i1}, v_{i2}, \dots, v_{in})$ 이라고 하자.

매 립자들의 현재 위치 \mathbf{p} 에 기초하여 적응도값 f_i 를 계산한 다음 현재까지 매 립자들이 탐색한 가장 좋은 위치(립자최량위치) \mathbf{P}_{best} 와 전체 무리가 탐색한 가장 좋은 위치(무리최량위치) \mathbf{G}_{best} 를 확정한다.

매 립자들의 다음단계의 비행속도와 위치는 다음식들에 의하여 갱신한다.

$$\mathbf{v}_i^{k+1} = \omega \mathbf{v}_i^k + c_1 r_1 (\mathbf{P}_{\text{best}_i} - \mathbf{p}_i^k) + c_2 r_2 (\mathbf{G}_{\text{best}} - \mathbf{p}_i^k) \quad (1)$$

$$\mathbf{p}_i^{k+1} = \mathbf{p}_i^k + \mathbf{v}_i^{k+1} \quad (2)$$

여기서 \mathbf{v}_i^k 와 \mathbf{p}_i^k 는 각각 i 번째 립자의 k 차반복에서의 비행속도와 위치, r_1 과 r_2 는 각각 0~1사이에서 균등분포하는 우연수, c_1 과 c_2 는 가속도인자, ω 는 속도조절인자로서 0~1사이의 값을 가진다.

식 (1)에서 보는바와 같이 립자의 속도를 갱신하는데 관계되는 인자들은 속도조절인자, 가속도인자이다.

2) 개선된 립자무리최량화방법

립자의 속도는 립자들의 립자최량위치와도 관련된다. 초기단계에 매 립자들의 립자최량위치들은 서로 멀리 떨어져있지만 부단한 반복갱신과정을 거쳐 점차 무리최량위치(물론 무리최량위치도 계속 갱신됨)에로 접근하며 마지막단계에는 모든 립자들의 립자최량위치와 무리최량위치가 같아지게 된다.

만일 매 립자의 립자최량위치 P_{best} 대신에 무리의 평균립자최량위치를 리용한다면 립자들이 가지고있는 정보들이 서로 공유되어 무리의 동적특성이 보다 잘 반영될것이다. 이로부터 식 (1)에서 립자최량위치를 무리의 평균립자최량위치로 바꾸면 매 립자들의 비행속도를 다음의 식으로 결정할수 있다.

$$v_i^{k+1} = \omega v_i^k + c_1 r_1 (A_{best} - p_i^k) + c_2 r_2 (G_{best} - p_i^k) \quad (3)$$

$$A_{best} = \frac{1}{M} \sum_{i=1}^M P_{best,i}$$

이 방법을 개선된 립자무리최량화방법(Average Best-position PSO: ABPSO)이라고 부른다.

2. 모형계산실험

1) 믿음성검증

제기한 방법의 믿음성을 검증하기 위하여 주향연장이 무한한 두꺼운 맥상형자연분극체가 만드는 자연전위이상을 표준립자무리최량화방법(PSO)과 새로 제기한 방법(ABPSO)으로 해석하고 그 결과를 비교하였다.(그림 1) 이때 자료점수 51개, 자료점사이간격 1m, 머리부중심의 수평위치는 25m, 수직위치 5m, 경사각 60° , 심부연장길이 20m, 두께 2m, 분극세기 100mV, 립자무리수 60개, 최대반복수 5 000회, 가속도인자 $c_1 = c_2 = 2$, 속도조절인자의 변화한계를 [0.3, 0.9]로 설정하였다.

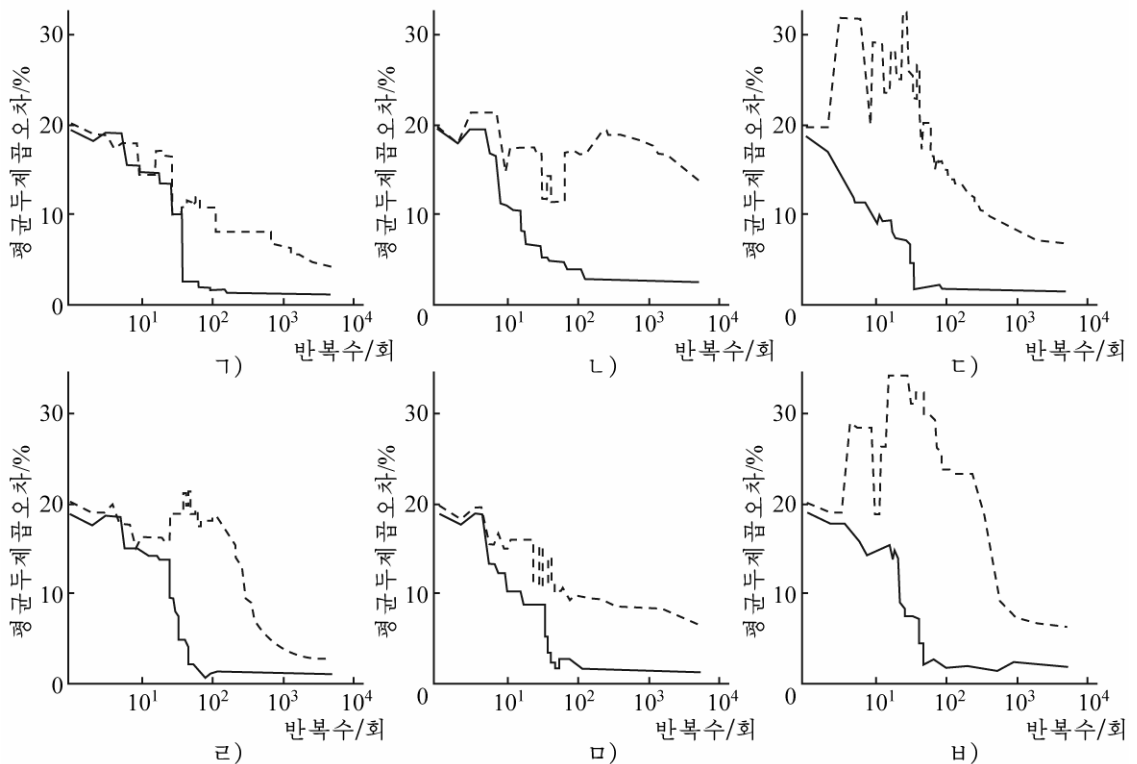


그림 1. 각이한 조건에서 SPSO법(점선)과 ABPSO법(실선)의 역문제풀이결과

가) 선형, 나) 쌍곡선 2형, 다) 우연수형, 라) 카오스형,
마) 쌍곡선 1형, 바) CR형

그림 1에서 보는바와 같이 ABPSO법은 SPSO법에 비하여 안정하면서도 빠른 수렴특성을 가지며 대역최량풀이탐색정확도가 높다.

2) 한 탐사자름면에 단층이 있거나 여러개의 이상체가 있는 경우

한 탐사자름면에 단층이 있거나 여러개의 이상체들이 있는 경우 이상체들사이의 거리가 가까울수록 호상간섭이 심하게 나타난다. 그러므로 이상체들사이의 호상간섭을 최대한 줄일수 있도록 측정자료함수를 설정하는것이 좋다.

선형속도조절방식의 경우 각이한 측정자료함수형에 따르는 역문제풀이평균상대오차는 그림 2와 같다.

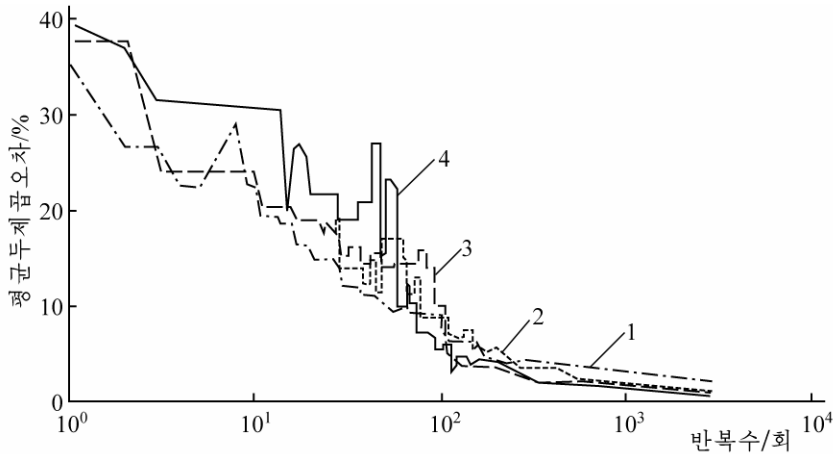


그림 2. 각이한 측정자료함수형에 따르는 역문제풀이평균상대오차
1-4는 측정자료함수가 각각 U , U_z , U_x , U_{xx} 인 경우

그림 2에서 보는바와 같이 평균상대오차가 제일 작은 함수는 수평2계도함수이다. 이로부터 한 탐사자름면에 단층이 있거나 여러개의 이상체가 있을 때 측정자료함수로 수평2계도함수를 리용하면 이상체들사이의 호상간섭에 의한 영향을 줄일수 있다는것을 알수 있다.

탐사자름면에 정단층과 역단층이 있는 경우 ABPSO법에 의한 역문제풀이결과는 그림 3과 같다.

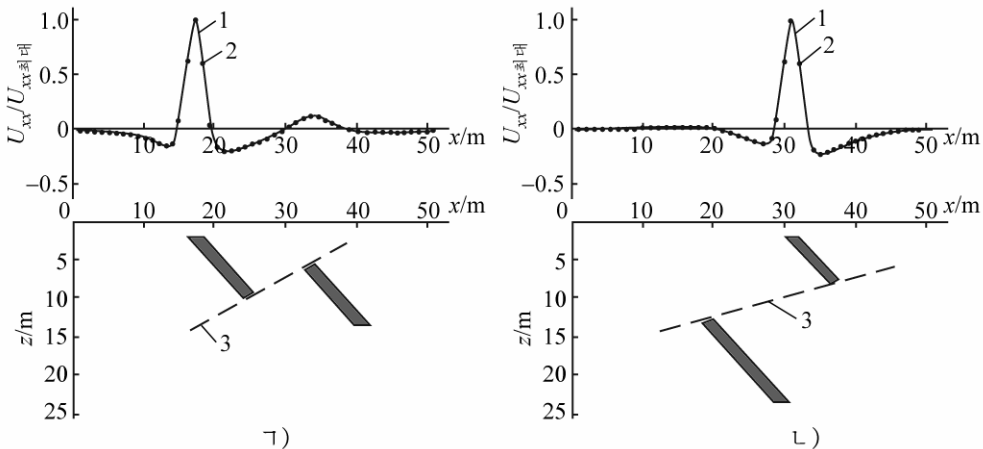


그림 3. 단층자름면에서 ABPSO법에 의한 역문제풀이결과
ㄱ) 정단층, ㄴ) 역단층; 1-리론곡선, 2-해석곡선, 3-단층선

그림 3에서 보는바와 같이 탐사자름면에 단층이 있는 경우 해석곡선과 이론곡선은 비교적 잘 일치한다. 그런데 역단층이 탐사자름면에 있는 경우 해석곡선에서 하반에 의한 이상이 잘 나타나지 않았다. 이로부터 야외조사자료를 해석할 때 연구지역의 지질을 고려하여 해석을 진행하여야 한다.

한 탐사자름면에 3개의 이상체가 있는 경우 SPSO법과 ABPSO법에 의한 역문제풀이결과는 그림 4와 같다. 이때 속도조절인자는 선형방식으로 감소시키고 매 파라미터들의 변화범위는 진값의 $\pm 80\%$ 로, 최대반복수는 5 000회, 립자수는 30개, $c_1 = c_2 = 2$ 로 설정하였다.

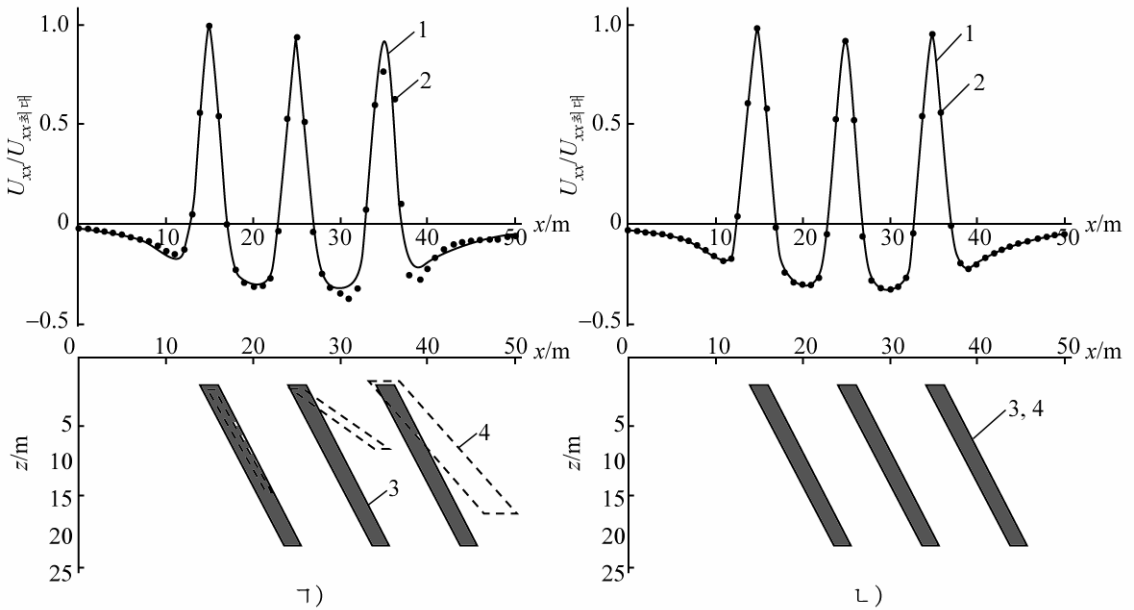


그림 4. 3개의 경사맥상체의 경우 해석결과
 ㄱ) SPSO법, ㄴ) ABPSO법; 1-리론곡선,
 2-해석곡선, 3-실체모형, 4-해석모형

그림 4에서 보는바와 같이 SPSO법에 비하여 ABPSO법에 의하여 얻은 해석모형은 실제모형과 완전히 일치하며 추정파라미터의 평균상대오차값은 0.003 55이다. 이로부터 이상체의 수가 많을수록 ABPSO법의 대역탐색능력이 SPSO법에 비하여 훨씬 좋다는것을 알 수 있다.

3. 야외조사자료해석

탐사구역에는 중원생대 직현군층의 오봉주층과 제4기층이 분포되어있는데 탐사대상인 저열탄층은 오봉주층 상부층의 맨 밑에 놓여있다.

탄층의 놓임상태에 기초하여 탐사선방향은 N 10°, 탐사선사이간격은 30~50m, 측정점 사이간격은 5m, 탐사선길이는 250m로 설정하고 자연전위탐사를 진행하였다.

탐사구역에서 얻은 자연전위이상곡선을 5m 우로해석연장하여 표준화하고 ABPSO법으로 해석하였다.(그림 5) 이때 립자수는 30개, 최대반복수는 5 000회, $c_1 = c_2 = 2$, $\omega_{\max} = 0.75$,

$\omega_{\min} = 0.35$ 로 설정하였다.

그림 5에서 보는바와 같이 해석곡선과 측정곡선은 비교적 잘 일치하며 3개의 이상체가 존재한다는것을 알수 있다. 또한 탐사구역에 존재하는 3개의 이상체들가운데서 왼쪽 이상체의 경사방향은 가운데이상체 및 오른쪽 이상체들의 경사방향과 반대이다. 즉 이상체들이 습곡구조의 영향을 받았다는것을 알수 있다. 탐사구역에 분포된 오봉주층이 배사구조를 이루고 있다는것을 고려할 때 해석모형이 탐사구역의 지질구조와 일치한다고 볼수 있다.

결정된 이상체들의 파라미터는 표와 같다.

표. 이상체들의 파라미터

| 이상체 | x_0/m | z_0/m | $\alpha/(^{\circ})$ | l/m | b/m |
|-----|---------|---------|---------------------|-------|-------|
| 왼쪽 | 110.2 | 9.03 | 106.07 | 66.55 | 9.5 |
| 가운데 | 168.5 | 3.53 | 75.44 | 12.12 | 4.04 |
| 오른쪽 | 216.8 | 4.51 | 81.85 | 29.81 | 5.43 |

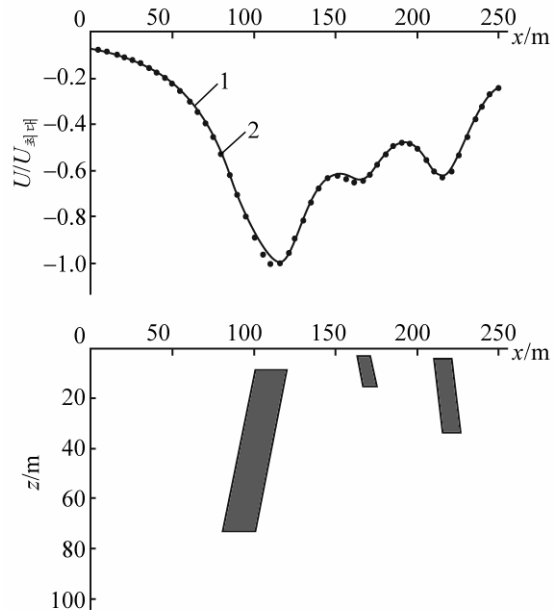


그림 5. ABPSO법에 의하여 얻은 해석자름면
1—측정곡선, 2—해석곡선

맺 는 말

ABPSO법은 수렴속도, 안정성과 정확도측면에서 SPSO법보다 우월하다.

ABPSO법은 한 탐사자름면에 여러개의 이상체가 있거나 지질구조가 복잡한 구역에서 진행한 탐사자료해석에도 적용할수 있는 최량화탐색방법이다.

참 고 문 헌

- [1] Ertan Peksen et al.; Journal of Applied Geophysics, 75, 305, 2011.
- [2] J. L. G. Pallero et al.; Journal of Applied Geophysics, 116, 180, 2016.

주제108(2019)년 7월 5일 원고접수

Interpretation of SP Anomalies with Complex Geological Structure by Improved PSO Method

Pak Kyong Hun

In this paper we newly presented the improved method that could heighten convergence rate of PSO and treated interpretative problems of SP anomalies with complex structure by multiple anomalous bodies in a profile. The reliability of method was verified through simulation and it was applied to SP anomaly measured in a district.

Key words: PSO, SP, average optimal position of particle