김일성종합대학학보 주체107(2018)년
지구환경과학 및 지질학 제64권 제3호

루적곡선에 의한 매장량계산지수들의 평균값결정방법

김광혁, 황광철

위대한 령도자 **김정일**동지께서는 다음과 같이 교시하시였다.

《땅속에 묻혀있는 자원을 똑똑히 알아야 탄광, 광산들에서 헛굴진과 반복시공을 없애고 생산을 정상화할수 있으며 확보매장량을 늘이고 유망한 새 개발후보지를 찾아내여 새로운 탄광, 광산을 전망성있게 개발할수 있으며 채취공업을 계획적으로 발전시켜나갈수 있습니다.》(《**김정일**선집》 증보판 제14권 500페지)

땅속에 묻혀있는 지하자원에 대한 평가를 정확히 하는데서 중요한것은 광상의 지질학적특성에 맞게 합리적인 매장량계산방법을 선택하고 매장량계산지수들의 평균값을 실제값에 보다 접근시키는것이다. 그것은 매장량계산지수들을 어떻게 결정하는가 하는데 따라 매장량계산의 정확도가 크게 달라지기때문이다.

지금까지 매장량계산지수들의 평균값을 결정할 때 많은 경우 산수평균법과 무게평균법을 리용하였다. 무게평균법에서는 영향길이, 영향면적 등을 무게로 하여 평균값을 계산한다. 그러나 어떤 방법에 의하여 계산된 평균값이 더 정확한가 하는것은 여러 방법들을 대비하여 연구하여야 한다. 많은 연구자들은 매장량계산지수들의 변화특성을 고려하여 평균값을 계산하는것이 보다 정확한 방법이라고 보고있다.[1, 2] 론문에서는 루적곡선을 리용한 매장량계산지수들의 평균값결정방법을 제기하고 그 효과성을 검증하였다.

1. 방법의 리론적기초

한 탐사선에서 그림 1과 같은 자름면을 가진 광체를 n개의 추공으로 착맥하였을 때 매 추공에서의 두께를 $m_i(i=\overline{1,\ n})$라고 하자.

추공의 수가 많아지면 산수평균값이 실제값에 가깝다는것은 실천적으로 이미 증명되였다.

추공의 수가 많아진다는것 즉 추공의 수 n이 ∞로 갈 때 추공두께들의 합은 광체의 자름면적으로 다가간다. 다시말하여 X축에 따르는 추공의 두께함수를 $f(x)$라고 하면 광체의 자름면적 S는 다음과 같이 표시된다.

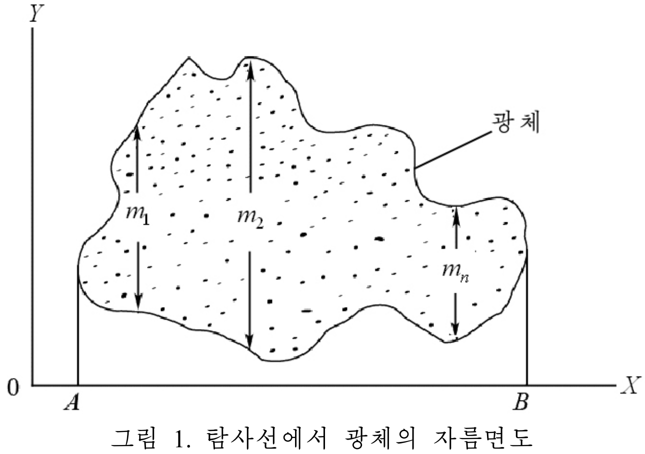

그림 1. 탐사선에서 광체의 자름면도

$$S=\int_{X_A}^{X_B} f(x)dx \tag{1}$$

여기서 X_A, X_B는 광체자름면 왼쪽과 오른쪽 끝점의 X자리표이다.

또한 추공의 수 n이 ∞로 갈 때 X축에 투영한 점들의 모임은 선분 AB와 같다.

따라서 추공의 수 n이 ∞로 갈 때 평균두께는 다음과 같이 표시된다.

$$\overline{m}=\frac{\sum_{i=1}^{n} m_i}{n}=\frac{S}{X_B-X_A}=\frac{\int_{X_A}^{X_B} f(x)dx}{X_B-X_A} \tag{2}$$

식 (2)에 의하여 계산되는 평균두께는 실제값으로 다가간다.

여기서 중요한것은 자름면적을 얼마나 정확하게 계산하는가 하는것이다. 이것은 매장량계산지수값들의 루적곡선을 보간하는 방법으로 해결할수 있다.

루적곡선에 의한 면적계산은 광체의 실제형태(그림 2의 ㄱ))를 직접 리용하여 계산하는것이 아니라 변환하여 루적곡선(그림 2의 ㄴ))을 얻은 다음 그것을 적분하는 방법으로 진행한다. 이때 루적곡선의 적분값은 정확하게 광체의 자름면적을 반영한다.

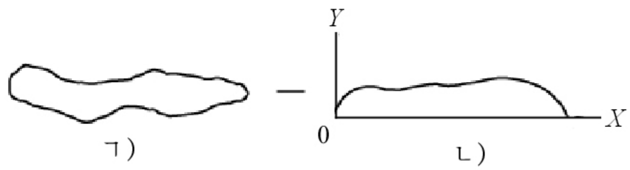

그림 2. 광체형태의 기하학적변형과정
ㄱ) 광체의 실제형태, ㄴ) 루적곡선

추공사이의 간격을 h라고 할 때 평행선방안법에 의한 면적계산에서는 추공선에 의하여 나누어진 부분구역을 제형으로 보고 매 제형의 면적을 합하여 광체의 자름면적을 계산한다.

평행선방안법은 루적곡선을 직선으로 보간한 특수한 경우라고 볼수 있다.

실천에서 광체의 형태는 일반적으로 직선이 아니라 곡선에 가까우며 따라서 루적곡선을 곡선함수로 보간하면 보다 정확한 광체의 면적을 계산할수 있다.

2. 루적곡선에 의한 매장량계산지수들의 평균값결정방법

탐사선에서 루적곡선에 의한 평균두께는 다음과 같은 방법으로 계산한다.

① 한 자름면상에서 X축에 따르는 루적두께곡선을 그린다.

곡선을 어떤 함수를 리용하여 보간하겠는가 하는것은 자료의 분포특성을 보고 선택하여야 한다.

② 루적곡선의 보간함수 $f(x)$를 구간 $[x_1, x_n]$에서 적분하여 광체의 자름면적 S를 계산한다.

$$S=\int_{x_1}^{x_n} f(x)dx \tag{3}$$

여기서 x_1은 탐사선에서 왼쪽 끝추공의 X자리표, x_n은 오른쪽 끝추공의 X자리표이다.

③ 탐사선에서 광체의 자름면적 S를 오른쪽 끝추공과 왼쪽 끝추공사이의 거리로 나누어 평균두께를 계산한다.

$$\overline{m}=\frac{S}{x_n-x_1} \tag{4}$$

여기서 $\overline{m}$는 탐사선에서 광체의 평균두께이다. 품위와 밀도인 경우에도 우와 같은 방법으로 루적곡선을 리용하여 정확한 평균값을 결정할수 있다.

3. 모형실험을 통한 적용효과

방법의 효과성을 검증하기 위하여 탐사선에서 광체의 자름면이 반경이 5m인 원형태로 얻어졌다고 가정하고 추공 11개를 비등간격으로 배치하였다.

추공두께자료의 통계적특성량은 표 1과 같다.

표 1. 추공두께자료의 통계적특성량

추공수/개	최소값/m	최대값/m	평균값/m	표준편차	변화결수/%	비대칭결수	뾰족결수
11	0	9.902	6.516	3.817	58.579	－0.969	－0.583

표 1에서 비대칭결수와 뾰족결수를 보면 추공두께자료는 정규분포에 따른다는것을 알수 있다. 루적곡선을 각이한 방법으로 보간하여 계산한 평균두께와 실제평균두께의 상대오차를 비교하였다.(표 2)

표 2. 각이한 방법으로 보간하여 계산한 평균두께와 실제평균두께의 상대오차

보간방법	면적/m^2	실제평균두께/m	평균두께/m	두께차/m	상대오차/%
산수평균	－	7.85	6.516	1.334	16.994
선형보간	76.41	7.85	7.641	0.209	2.662
3차스플라인보간	78.8	7.85	7.88	0.03	0.382
라그랑쥬보간	78.47	7.85	7.847	0.003	0.038

표 2에서 보는바와 같이 변화정도가 작고 정규분포에 따를 때에는 3차스플라인보간이나 라그랑쥬보간에 의한 평균값이 실제평균두께에 매우 가깝다는것을 알수 있다. 특히 라그랑쥬보간에 의한 방법이 매우 정확하다. 그것은 3차스플라인보간방법은 부분구간을 보간하는 방법이지만 라그랑쥬보간방법은 전구간을 련속적으로 보간하는 방법이므로 전구간에서 련속성을 나타내는 정규분포의 특성을 잘 반영하기때문이다.

정규분포하지 않는 경우를 보기로 하자.(그림 3)

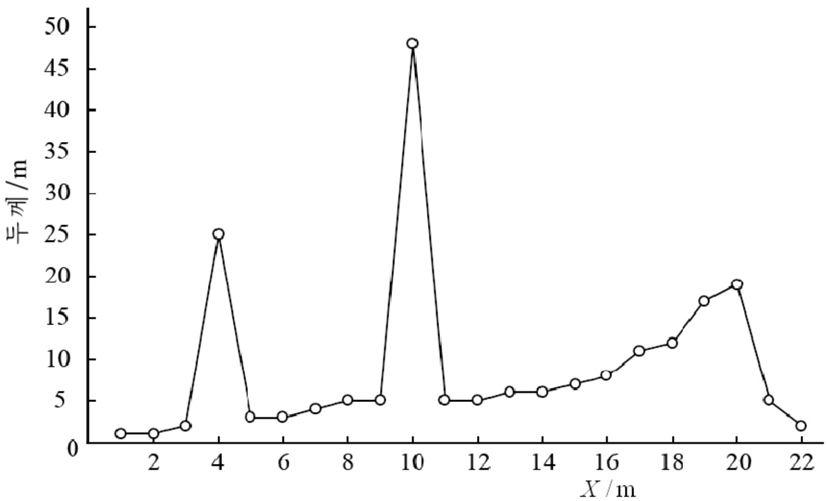

그림 3. 탐사선에서 추공의 두께

추공두께자료의 통계적특성량은 표 3과 같다.

표 3. 추공두께자료의 통계적특성량

추공수/개	최소값/m	최대값/m	평균값/m	표준편차	변화결수/%	비대칭결수	뾰족결수
22	1	48	9.09	10.65	117.11	2.68	8.31

그림 3과 표 3의 비대칭결수와 뾰족결수를 보면 두께자료는 정규분포에 따르지 않는다. 이 경우에 각이한 방법으로 루적곡선을 보간하여 계산한 평균두께는 표 4와 같다.

표 4. 각이한 방법으로 보간하여 계산한 평균두께

보간방법	면적/m^2	평균두께/m
산수평균	—	9.09
선형보간	238.5	11.36
3차스플라인보간	239.21	11.39
라그랑쥬보간	10 568.35	503.26

표 4에서 보는바와 같이 실제평균값은 알수 없지만 라그랑쥬보간에 의한 평균두께가 크게 차이난다는것을 알수 있다. 그것은 라그랑쥬보간방법이 전구간에서 자료의 련속성을 고려하여 보간하는 방법이므로 정규분포하지 않는 경우에는 적합하지 않기때문이다. 따라서 이 경우에는 부분구간에 따르는 보간방법인 3차스플라인보간방법에 의한 평균두께가 보다 정확하다고 볼수 있다.

맺 는 말

계산지수들이 정규분포에 따를 때에는 루적곡선의 보간방법으로서 라그랑쥬보간방법을 적용하는것이 합리적이지만 기타 다른 경우에는 3차스플라인보간방법이 합리적이다.

참 고 문 헌

[1] 송철 등; 지질탐사, 1, 21, 주체106(2017).
[2] 李章林 等; 地球科学—中国地质大学学报, 40, 11, 1796, 2015.

주체107(2018)년 4월 5일 원고접수

Determination Method of Average Values of Indices for Calculating the Reserves by Cumulative Curves

Kim Kwang Hyok, Hwang Kwang Chol

It is reasonable to adapt Lagrange interpolation method as the interpolation method of Cumulative curves if the calculation indices have a normal distribution, but in other cases three-dimensional spline interpolation method is a suitable one.

Key words: cumulative curves, index for calculating the reserves