김일성종합대학학보 주체109(2020)년
지구환경과학 및 지질학 제66권 제1호

굴곡진 지형에서 관측된 중력탐사자료의 유일수준환산 및 해석연장의 한가지 방법

최 영 남

일반적으로 굴곡진 지형우에서 측정된 포텐샬마당자료는 원천으로부터 측정점들까지의 수직거리가 변하는것으로 하여 외곡되게 된다.

한편 대부분의 해석방법들은 수평면우에서 측정된 관측자료를 요구한다. 그러므로 굴곡진 지형우에서 측정한 포텐샬마당자료를 정확히 해석하기 위해서는 관측자료를 어떤 수평면우의 자료로 환산하여야 한다.

이러한 문제를 해결하기 위하여 지금까지 등가원천을 리용한 여러가지 자료변환방법들이 제기되였다. 이 방법들에서는 일반적으로 련립방정식을 풀어 관측자료로부터 등가원천을 결정하는데 자료수가 증가되면 계산시간이 길어지고 계산효률이 떨어지며 불필요한 변두리효과가 나타나는 부족점이 있다.[1, 2]

론문에서는 등가원천을 리용한 중력탐사자료의 유일수준환산 및 해석연장의 효과적인 한가지 방법을 제기하고 모형계산을 통하여 방법의 믿음성을 검증하였다.

1. 방법의 원리

2차원문제인 경우 굴곡진 지형우의 어떤 점 $P(x)$에서 하나의 수평질선이 만드는 중력마당은 다음과 같이 계산할수 있다.(그림 1)

$$g(x) = M\frac{h + t(x)}{x^2 + [h + t(x)]^2} \tag{1}$$

여기서 $M = 2G\lambda$인데 G는 만유인력상수, λ는 선밀도, t는 지형높이, h는 수평질선의 놓임깊이이다.

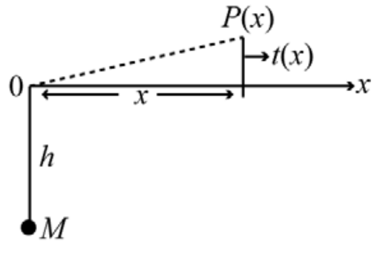

그림 1. 굴곡진 지형에서 중력마당계산원리

이제 굴곡진 지형우에 주어진 관측자료와 일치하는 마당을 만드는 등가선원천들을 결정하자.

이때 등가선원천들이 굴곡진 지형우의 관측점들아래에 놓인다면 관측자료의 수가 많은 경우에 등가원천결정시간이 대단히 길어지고 등가선원천들이 여러개 얻어질수 있다.

또한 결정된 등가선원천들로부터 계산된 마당자료를 볼 때 변두리에서의 오차가 커질수 있다.

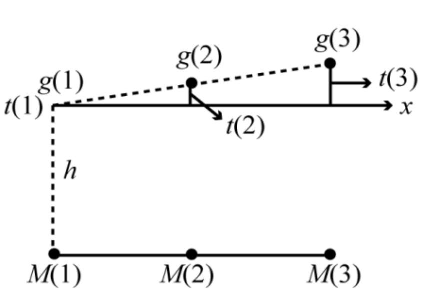

그림 2. 크기가 w인 창문안의 관측점들아래에 놓인 등가원천들

그러나 관측구간안에 크기가 w(w는 홀수)인 어떤 작은 창문을 선택하고 선택된 창문안의 관측점들아래의 h만한 깊이에 놓인 등가선원천들이 창문안의 관측값들과 일치하는 마당을 만든다면 우의 결함을 극복할수 있다.(그림 2)

그 처리과정을 식으로 표현하면 다음과 같다.

$$g(i)=\sum_{p=1}^{w}M(p)\frac{h+t(i)}{(i-p)^2+[h+t(i)]^2} \tag{2}$$

여기서 $i=1,\ 2,\ \cdots,\ w$ 이다.

식 (2)에서 미지수들은 M 뿐이다.

만일 $a=(w-1)/2+1$ 이라면 $g(a)$ 는 창문의 중심에 놓인다.

미지수 M 들은 선형련립방정식 (2)를 풀어 결정할수 있다.

결정된 M 들을 리용하여 창문의 중심에서 유일수준에로 환산된 마당값과 해석연장된 마당값들을 각각 다음과 같이 얻을수 있다.

$$g(a)=\sum_{p=1}^{w}M(p)\frac{h}{(a-p)^2+h^2} \tag{3}$$

$$g(a)=\sum_{p=1}^{w}M(p)\frac{h+AC}{(a-p)^2+(h+AC)^2} \tag{4}$$

여기서 AC 는 해석연장높이이다.

전체 마당의 유일수준환산 및 해석연장값들은 전체 관측점들우에서 창문을 이동시키면서 구할수 있다.

이 방법에서는 유일수준면을 미리 선택하여야 한다. 이를 위하여 우리는 첫번째 관측점의 지형높이를 령(유일수준)으로 취하고 이것을 기준으로 하여 다른 관측점들의 높이를 정하였다.

2. 방법의 적용에서 나서는 문제

이 방법을 적용하는데서 등가원천의 깊이와 창문크기를 적당히 선택하는것이 중요하다.

만일 등가원천의 깊이를 매장된 이상체보다 더 깊이 선택하고 해석연장을 진행한다면 해석연장된 관측이상의 진폭은 리론적으로 계산된것보다 훨씬 더 작아질수 있다.

마당자료와 비교하기 위한 리론적인 이상이 없기때문에 등가원천의 깊이 h 는 우선 보다 큰 값을 취하고 해석연장된 마당에서 최대진폭값을 찾는다. 다음 h 를 처음보다 조금 작게 택하고 해석연장하여 새로운 최대진폭값을 찾는다. 이러한 과정을 반복하면 최대진폭값의 변화량은 점차 작아지게 되는데 이것은 등가원천의 놓임깊이가 실제원천의 놓임깊이에 점점 다가간다는것을 말해준다. 이렇게 최대진폭값의 변화량이 대단히 작아질 때까지 우의 과정을 반복하면 적합한 h 값을 얻을수 있다.

창문크기(w)의 선택은 등가원천의 깊이(h)와 해석연장높이(AC)에 관계된다. 많은 실험결과들에 의하면 해석연장높이가 $h/3$ 일 때 창문의 크기는 최소 h 로 선택되여야 한다. 만일 해석연장을 $h/3$ 보다 작은 높이로 진행한다면 창문크기를 더 작게 선택할수 있을것이며 해석연장을 $h/3$ 보다 큰 높이로 진행한다면 창문크기를 증가시켜야 할것이다.

창문크기를 너무 작게 선택하면 변두리효과가 나타날수 있으며 반면에 창문크기를 필요이상으로 크게 선택하면 계산과정에 마당자료의 변두리에서 자료손실량($(w-1)/2$)이 더 많아지게 된다.

지형이 굴곡진 경우에는 지형이 수평인 경우에 비하여 창문크기가 약간 커야 한다.

3. 모형계산실험

우리는 방법의 믿음성을 검증하기 위하여 굴곡진 지형모형을 설정하고 이때 얻어지는 중력이상마당을 고찰하면서 계산실험을 진행하였다.(그림 3)

관측자료로는 관측구간의 중심선상에서 첫 관측점의 수준으로부터 50m의 깊이에 놓인 반경이 15m이고 유효밀도가 10^3kg/m^3인 수평원기둥체의 중력마당을 리용하였다. 이때 관측점사이의 거리는 10m이며 관측자료의 수는 20개이다.

그림 3의 ㄱ)에서 보는바와 같이 관측된 중력이상마당은 지형의 굴곡으로 인하여 수평면에서 리론적으로 계산된 중력이상마당에 비하여 외곡된다. $h=60$m 의 등가원천깊이와 $w=7$의 창문크기를 리용하여 유일수준으로 환산한 중력이상마당 및 10m 아래로 해석연장한 중력이상마당을 수평면에서 리론적으로 계산된 중력이상마당과 비교하였다.(그림 4)

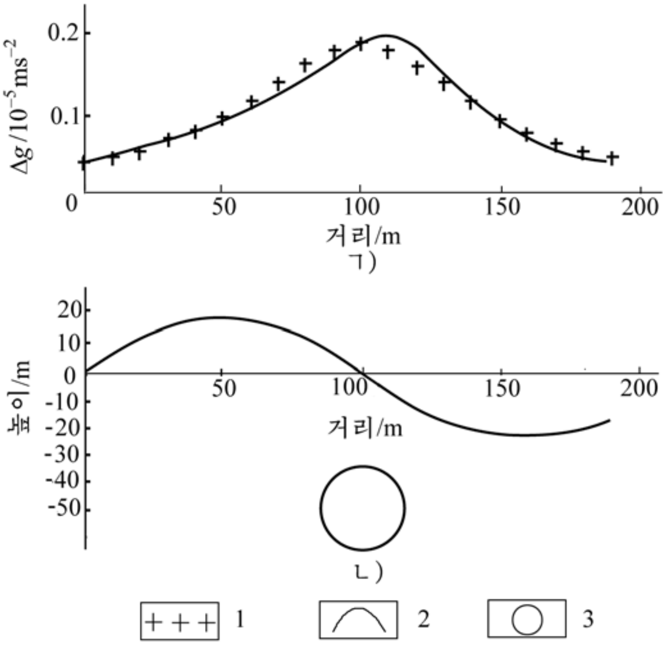

그림 3. 굴곡진 지형모형과 중력이상마당
ㄱ) 중력이상마당, ㄴ) 굴곡진 지형모형
1－수평면에서 리론적으로 계산된 중력이상마당,
2－관측된 중력이상마당, 3－수평원기둥체

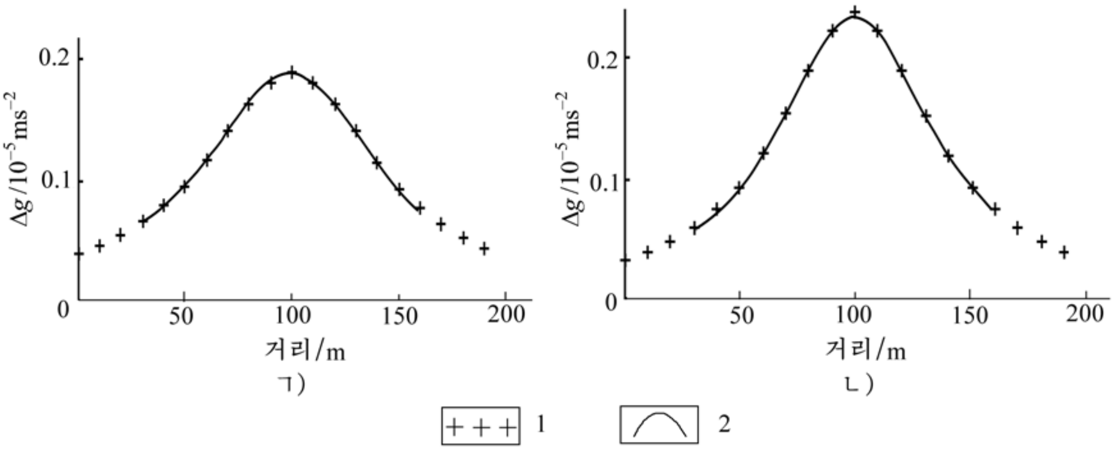

그림 4. 유일수준환산 및 해석연장한 중력이상마당
ㄱ) 유일수준으로 환산한 중력이상마당, ㄴ) 10m 아래로 해석연장한 중력이상마당
1－수평면에서 리론적으로 계산된 중력이상마당, 2－유일수준환산 및 해석연장한 중력이상마당

그림 4에서 보는바와 같이 유일수준으로 환산한 중력이상마당과 해석연장한 중력이상마당은 수평면에서 리론적으로 계산된 중력이상마당과 비교적 잘 일치한다.

모형계산에서는 20개의 관측자료만을 리용하였지만 관측자료의 수가 증가하는 경우에도 계산정확도에는 영향을 주지 않는다.

맺 는 말

론문에서 확립된 방법은 유일수준환산 및 해석연장의 정확도가 비교적 높으며 쉽게 적용할수 있다. 이 방법을 적용하는데서 등가원천의 깊이와 창문크기를 알맞게 선택하는 것이 중요하다.

참 고 문 헌

[1] C. A. Mendonca et al.; Geophysics, 59, 5, 722, 1994.
[2] C. O. Jr. Vanderlei et al.; Geophysics, 78, 1, G1, 2013.

주체108(2019)년 10월 5일 원고접수

A Method for Reduction onto a Level Surface and Analytical Continuation of Gravity Data on Relief Topography

Choe Yong Nam

We suggested an effective method for reduction onto a level surface and continuation of gravity data by using of equivalent sources, and evaluated the accuracy of the method throughout model calculation.

Keywords: gravity data, reduction onto a level, analytical continuation