



중력 보정과 중력 이상에 대한 이해

박영수^{1*} · 임무택¹ · 임형래¹

¹한국지질자원연구원 지질기반정보연구부

Comments on Gravity Reduction and Gravity Anomaly

Yeong-Sue Park^{1*}, Mu-Taek Lim¹ and Hyoung-Rae Rim¹

¹Geology and Geoinformation Division, Korea Institute of Geoscience and Mineral Resources

요약: 중력 보정은 관측 중력을 어떤 기준면에서의 값으로 환산해 주는 것이며, 부계 이상은 기준면에 위치한다고 많은 문헌에 소개되어 있다. 물리탐사에서 부계 이상은 측정에서의 측정 중력과 측정에서의 표준 중력의 차이로 정의되며, 중력 보정은 타원체상에서 정의된 표준 중력을 측정에서의 표준 중력으로 바꾸는 일련의 과정이다. 따라서 보정을 거친 부계 이상은 기준면에 위치하는 것이 아니고 여전히 측점에 위치한다. 일반적으로 쓰이고 있는 중력 보정식들은 과거 계산의 간편함을 위한 근사식들인데, 이들의 완전한 식을 소개하여 보다 정밀한 보정을 위하여 완전한 식을 사용하는 것이 바람직할 것이다. 또한, 중력 보정의 원래의 의미대로 지오이드가 아닌 지구 타원체를 기준면으로 할 것을 제안하며, 이들이 표준 중력 보정 과정으로 확립되기를 기대한다.

주요어: 중력 이상, 중력 보정, 기준면, 지오이드, 지구 타원체, 표준 중력

Abstract: Gravity reduction and Bouguer anomaly are frequently misunderstood by many geoscientists as follows; the observed gravity is reduced to a common datum plane, so that gravity effects by all materials above the datum is removed, therefore, Bouguer anomaly is located on the datum plane. In reality, Bouguer anomaly does not lie on a common datum plane, but is difference between observed gravity and reference gravity at the actual point of measurement. Commonly used gravity reduction formulas are approximate formulas. Here, we introduce complete formulas, and suggest to use them for more accurate results. We also suggest to use not the geoid but the reference ellipsoid as the vertical datum.

Keywords: gravity anomaly, gravity reduction, datum, geoid, reference ellipsoid, gravity reference field

서론

중력 보정과 보정의 결과인 중력 이상의 진정한 의미가 종종 잘못 이해되고 있다. 물리탐사 종사자 중 많은 사람들이 “프리에어 보정은 측정점에서의 중력값을 기준면(datum)에서의 값으로 환산하는(reduce) 것이며, 기준면 위의 물질에 의한 효과는 제거된다. 따라서 중력 이상은 기준면에 위치한다.”라고 잘못 이해하고 있으며, 그렇게 쓰여 있는 문헌도 많다. 일찍이 Ervin (1977)이 “부계 이상은 기준면이 아니라 측정점에 위치한다.”고 지적하였으나, Lafehr (1991a)와 Chapin (1996)에 이르러서도 여전히 많은 문헌에서 부적절하게 기술됨으로써 부계 이상이 잘못 이해되고 있음을 지적하고 있다. 저자들

이 확인한 바로는 물리탐사 교과서로 널리 쓰이는 ‘Introduction to Geophysical Prospecting (Dobrin, 1976)’과 ‘Applied Geophysics (Telford *et al.*, 1976)’에도 부적절하게 기술되어 있었다. 전자는 1988년의 4판, 후자는 1990년의 2판에 이르러서야 비로소 바로잡아 졌지만, 아직도 많은 물리탐사 종사자들이 중력 보정과 부계 이상의 의미를 잘못 이해하고 있다.

물리탐사에서 이용하는 보정식들은 1930년대부터 쓰여 오던 것들로서 계산의 간편함을 위한 근사식들인데, μGal 정밀도의 중력계가 일반화되고, mm 단위의 측량이 가능하며, 계산 시간이 무의미해진 오늘날에도 여전히 이러한 근사식들을 쓰고 있다. 또한, 중력 탐사의 중요한 역할인 측지와 광역 지질 구조 및 조구조 분야의 연구를 위해서는 국가 또는 대륙 단위의 중력 데이터베이스가 마련되어야 하는데, 자료의 균질성이 유지되려면 중력 보정의 표준화가 필수적이다. 실제로 최근에 이르러 미국, 캐나다 및 멕시코를 모두 포함하는 북아메리카 중력 데이터베이스를 새롭게 구축하였는데, ITRF 좌표계와 GRS 80 타원체를 기준으로 하는 표준 중력 보정 과정에 의거

2005년 12월 27일 접수; 2006년 5월 15일 채택

*Corresponding author

E-mail: yspark@kigam.re.kr

Address: Geology and Geoinformation Division,
Korea Institute of Geoscience and Mineral Resources,
30 Gajeong-dong, Yuseong-gu, Daejeon, 305-350 Korea

하여 재처리되었다(Hinze *et al.*, 2005).

이 논문은 중력 보정과 부계 이상의 의미를 확실하게 이해할 수 있도록 설명하는 데 그 목적이 있다. 또한, 현재 널리 쓰이고 있는 중력 보정 근사식들의 문제점들을 지적하고, 최근의 중력탐사 정밀도에 부합하는 중력 보정식들을 소개하며, 이들을 우리나라 중력 자료 데이터베이스를 위한 표준 중력 보정 과정으로 사용할 것을 제안한다.

중력 이상

부계 이상에 대하여 잘못 이해되는 이유 중 하나는 중력 이상이나 중력 보정의 개념은 측지학에서부터 도입된 것인데, 물리탐사에서 용어들을 혼동하여 사용하기 때문이다. 측지학에서는 중력 이상(gravity anomaly)과 중력 교란(gravity disturbance)이라는 개념을 구별하여 사용한다. 중력 이상은 “지오이드에서의 중력과 지구 타원체(reference ellipsoid)에서의 표준 중력(normal gravity)의 차이”로 정의되며,

$$\Delta g = g - \gamma \tag{1}$$

중력 교란은 “측점 P에서의 중력과 측점에서의 표준 중력의 차이”로 정의된다(Fig. 1).

$$\delta g_p = g_p - \gamma_p \tag{2}$$

식 (1)의 지오이드에서의 중력값 g 는 측정 중력값 g_p 를 연속함(continue)으로써 구하며, 식 (2)의 측점에서의 표준 중력

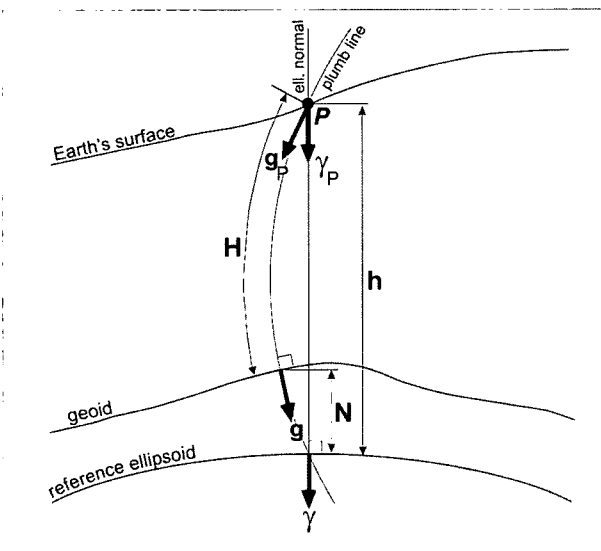


Fig. 1. Gravity anomaly and gravity disturbance. g is the gravity at the geoid, γ is the normal gravity at the surface of the ellipsoid. g_p is gravity and γ_p is the normal gravity both at point P (in this case, Earth's topographic surface). H is orthometric height along the curved plumbline, h is ellipsoidal height along the ellipsoidal surface normal and N is geoid-ellipsoid separation (after Hackney and Featherstone, 2003).

γ_p 는 타원체면의 표준 중력 γ 로부터 타원체 높이 h 만큼의 수직 변화를 빼 줌으로써 즉, 프리에어 보정을 통하여 구한다. 다시 말해서, 프리에어 보정은 “측정값을 기준면으로 환산”하는 것이 아니고 “표준 중력을 측정의 값으로 환산”해 주는 것이다. 즉, 측지학의 개념으로는 중력 교란을 구하는 것이다.

그런데, 물리탐사에서는 탐사 목적에 더 유용한 중력 교란의 개념을 도입하였지만 익숙하지 않은 중력 교란이라는 용어 대신 중력 이상이라고 부름으로써 개념의 혼동이 일어났고, 따라서 중력 보정은 측정값을 기준면의 값으로 환산하는 것이고, 따라서 부계 이상은 기준면에 위치하는 것으로 잘못 이해되고 있는 것이다. 더욱이, Chapin (1996)의 지적대로 reduction이라는 단어 자체도 중력의 위치가 움직이거나 환원되었다는 오해를 일으킬 수 있어 혼동을 더욱 가중시켰다. 다시 바르게 말하면, 중력값은 측정점에서 절대로 움직이지 않는다. Hinze (2005)의 지적대로 “correction이라고 하여 자료에 오차가 있다는 것을 암시하는 것이 아니고, reduction이라는 말이 자료를 수직 기준면으로 환산한다는 의미가 아니다.”

중력 보정

측정된 중력값에 포함되어 있는 지질 외적인 원인에 의한 영향을 최소화하여 부계 이상에는 오로지 지질적 영향만 남아 있도록 하는 일련의 과정을 중력 보정(reduction 혹은 correction)이라 하고, 보정된 중력값을 부계 이상이라고 한다. 중력 보정과 부계 이상의 의미를 오해 없이 정확하게 표현하기 위해서 아래와 같이 정의한다(Chapman, 1996).

$$\text{부계 이상} = \text{관측 중력} - \text{지구 모델}$$

여기서, 지구 모델은 행성과 지형 효과를 감안한 측점에서의 표준 중력값이며, 관측 중력은 측정 중력을 중력 기준점을 이용하여 절대 중력으로 환산한 값이다.

표준 중력

표준 중력(gravity reference field)은 지구 중력의 수학적 모델이다. 표준 중력은 이론 중력(theoretical gravity) 혹은 정규 중력(normal gravity)이라고 불리는 식으로 표현되는데, 회전하는 등퍼텐셜 타원체에 의한 중력 효과이다. 타원체 상의 임의의 점에서의 이론 중력값은 아래의 Somigliana의 식으로 구할 수 있다.

$$\gamma = \gamma_e \frac{1 + k \sin^2 \phi}{\sqrt{1 - e^2 \sin^2 \phi}} \tag{3}$$

여기서, $k = \frac{b \gamma_{pl}}{a \gamma_{eq}} - 1$; $e = \sqrt{\frac{a^2 - b^2}{a^2}}$ 이며, a , b 는 타원체의 장축과 단축, γ_{eq} 와 γ_{pl} 은 적도와 극에서의 이론 중력, ϕ 는 측정

의 위도이다.

지구 타원체는 normal Earth라고도 불리는데, Airy 1830, Helmert 1906, International 1924, Geodetic Reference system 1967 (GRS 67), Geodetic Reference system 1980 (GRS 80), World Geodetic System 1984 (WGS 84) 등을 들 수 있다. GRS 80 타원체는 매우 정확하게 지구 타원체를 묘사하고 있어 GRS 80에 의한 이론 중력은 그 후에 개발된 타원체들에 의한 이론 중력과의 차이는 무시할 만하므로, 현재 가장 보편적으로 이용되고 있다. Table 1은 GRS 80 타원체 상수들이다.

물리탐사에서는 Somigliana의 식의 8차 Chebyshev 근사식(식 (4)) 혹은 2차 Chebyshev 근사식(식 (5))을 흔히 이용해 왔는데, 2차 Chebyshev 근사식을 International Gravity Formula (IGF)라고도 한다.

$$\gamma = \gamma_e (1 + \alpha \sin^2 \phi + \alpha_1 \sin^4 \phi + \alpha_2 \sin^6 \phi + \alpha_3 \sin^8 \phi) \quad (4)$$

$$\gamma = \gamma_e (\beta \sin^2 \phi + \beta_1 \sin^2 2\phi) \quad (5)$$

GRS 67과 GRS 80의 Chebyshev 근사식 계수들은 Table 2와 Table 3과 같으며, 그 정확도가 8차 근사식은 0.1 μGal , 2차 근사식은 0.1 μGal 정도이다(Featherstone and Dentith, 1997).

이들 근사식들은 물리탐사 초기, 계산 장치가 부족할 때 손쉽게 계산하기 위한 수단이었었는데, 아직도 많은 물리탐사 교과

Table 1. GRS 80 parameters.

parameter	Definition	GRS 80 value
a	ellipsoid semi-major axis	6,378,137 m
b	ellipsoid semi-minor axis	6,356,752.3141 m
γ_e	equatorial normal gravity	978032.67715 mGal
γ_p	polar normal gravity	983218.63685 mGal
k	$(b\gamma_p/a\gamma_e)-1$	0.001931851353
e^2	$(a^2-b^2)/a^2$	0.00669438002290
f	flattening, $(a-b)/a$	0.00335281068118
m	$(\omega^2 a^2 b)/GM$	0.00344978600308
ω	angular velocity	$7,292,115 \times 10^{-11}$ rad/sec
GM	geocentric gravitational constant	$3,986,005 \times 10^8$ m ³ /sec ²

Table 2. Constants for eighth-order Chebyshev approximate formula.

	GRS 67	GRS 80
γ_a (m Gal)	9780318.456	9780326.772
α	0.0052789660	0.0052790414
α_1	0.0000232725	0.0000232718
α_2	0.0000001262	0.0000001262
α_3	0.0000000007	0.0000000007

Table 3. Constants for second-order Chebyshev approximate formula.

	GRS 67	GRS 80
γ_a (m Gal)	9780318	9780327
β	0.0053024	0.00523024
β_1	-0.0000059	-0.0000058

서에는 이들 2차, 8차 혹은 4차 근사식이 소개되어 있다. 중력 자료의 정확성뿐만 아니라 데이터베이스의 신뢰성과 균질성을 유지하기 위해서는 GRS 80 상수를 이용하여 완전한 표준 중력식인 Somigliana의 식으로 계산하여야 할 것이다.

한편, 표준 중력이 위도에 관한 함수로 표현되므로 위도 보정이라고 불리기도 했는데, 이러한 표현은 중력 보정은 어떠한 수평, 수직 기준면의 값으로 환산하는 것이라는 오해를 불러온다는 점에서 적절하지 않다. 중력 보정은 관측 중력에서 지구 모델을 빼는 것이라는 것이 정확한 표현이므로 위도 보정이라는 용어는 사용하지 않는 것이 좋다.

대기 효과

표준 중력을 결정할 때 지구의 질량에는 대기의 질량도 포함되어 있으므로 이에 대한 보정이 필요하다. IUGG의 공식 GRS 80 상수에는 대기 효과가 0.5 km 단위로 발표되었는데, 편의를 위하여 이에 부합하는 간단한 보정식이 몇 가지 제시되어 있다. 저자들이 계산해 본 바로는 고도 2000 m까지의 낮은 높이에서는 식 (6)이 가장 잘 맞아 한국의 경우에는 가장 적합하지만, 앞으로 국제적으로 보편적인 표준 데이터베이스를 위해서는 고도 10 km 까지 무난하게 잘 맞는 식 (7)이 추천된다.

$$\Delta g_{atm} = 0.87 - 0.0000965h \text{ mGal} \quad (6)$$

$$\Delta g_{atm} = 0.874 - 9.9 \times 10^{-5}h + 3.56 \times 10^{-9}h^2 \text{ mGal} \quad (7)$$

프리에어 보정

프리에어 보정은 표준 중력과 관측 중력의 높이 차이에 대한 보정이다. 물리탐사에서는 표준 중력은 지오이드 상에 있다고 가정하기 때문에 측정의 표고만큼의 중력 효과를 더해주거나 빼준다.

지구를 타원이 아니라 구라고 가정하면, 높이 차이 h 에 의한 중력차 Δg_h 는

$$\Delta g_h = \frac{2g_0 h}{R} - \frac{3g_0 h^2}{R^2} + \dots \quad (8)$$

가 된다. 이 식에서 2차 이상의 항은 무시하고 1924년 타원체 상수와 IGF를 이용하여 위도 45°의 경우를 계산하면 유명한 프리에어 계수 0.3086 mGal/m가 된다. 즉, 0.3086은 지구를 구라고 가정하였고, 부정확한 지구 반경과 표준 중력식을 이용하였으며 위도 45°를 지구의 평균으로 간주하여 계산한 값이다.

타원체 높이 h 에서의 완전한(closed-form) 이론 중력식을 유도할 수 있다(Li and Götze, 2001). 기준 타원체의 장축과 단축을 a, b 라 하고 높이 h 를 지나는 타원의 장축과 단축을 a', b' 변환 위도를 β, β' 라고 하면 적절한 기하학적 계산으로 다음과 같은 식을 얻는다(Fig. 2).

$$\gamma_h = \frac{1}{W} \left\{ \frac{GM}{b'^2 + E^2} + \frac{\omega^2 a^2 E q'}{(b'^2 + E^2) q_0} \left(\frac{1}{2} \sin^2 \beta' - \frac{1}{6} \right) - \omega^2 b' \cos^2 \beta' \right\} \quad (9)$$

여기서, $W = \sqrt{\frac{b'^2 + E^2 \sin^2 \beta'}{b'^2 + E^2}}$

$$E = \sqrt{a^2 - b^2}$$

$$q' = 3 \left(1 + \frac{b'^2}{E^2} \right) \left(1 - \frac{b'}{E} \tan^{-1} \frac{E}{b'} \right) - 1$$

$$q_0 = \frac{1}{2} \left\{ \left(1 + \frac{3b^2}{E^2} \right) \tan^{-1} \frac{E}{b} - \frac{3b}{E} \right\}$$

$$b' = \sqrt{r'^2 - E^2 \cos^2 \beta'}$$

$$\cos \beta' = \sqrt{\frac{1}{2} + \frac{R}{2} - \sqrt{\frac{1}{4} + \frac{R^2}{4} - \frac{D}{2}}}$$

$$R = r'^2/E^2, D = d'^2/E^2, r'^2 = r'^2 + z'^2, d'^2 = r'^2 - d'^2$$

$$r' = a \cos \beta + h \cos \phi, z' = b \sin \beta + h \sin \phi$$

식 (9)의 2차 항까지 급수 전개한 근사식은 아래와 같이 되고,

$$\Delta g_h = \frac{2\Delta g_h}{a} \left[1 + f + m + \left(\frac{5}{2}m - 3f \right) \sin^2 \phi \right] h - \frac{3g_h}{a^2} h^2 \quad (10)$$

여기에 GRS 80 타원체 상수를 넣으면

$$\Delta g_h = (0.3087691 - 0.0004398 \sin^2 \phi) h - 7.2125 \times 10^{-8} h^2 \quad (11)$$

이 된다. 남한에서 가장 높은 한라산의 경우, 식 (11)에 의한 프리에어 보정과 0.3086h에 의한 보정의 차이는 -0.2 mGal 정도가 된다.

프리에어 보정 계수 0.3086은 소규모 탐사와 같이 높이나 위도 차이가 적거나 수십 년 전의 계산 능력이 미흡하고 고도의 정밀도가 필요하지 않았을 때는 괜찮았지만, 현재와 같이 μGal 단위의 탐사 정밀도가 요구되고, 조구조 규모의 광역 중력과 국제 표준에 부합하는 중력 데이터베이스를 위해서는 식

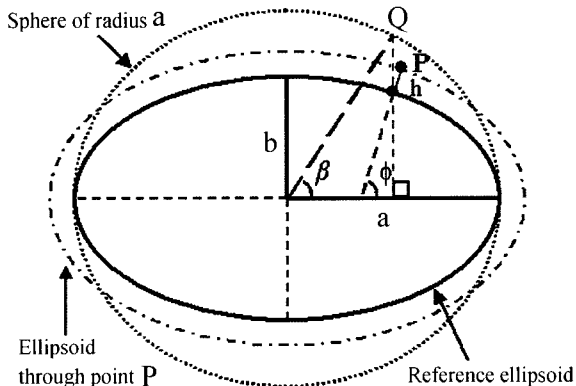


Fig. 2. Geometry for calculating gravity above and below the surface of the ellipsoid (after Li and Götze, 2001).

(11)을 이용해야 할 것이다.

부계 보정-곡률 보정

부계 보정은 측점과 타원체 사이의 매질에 의한 중력 효과를 보정해 주는 것으로서 측점의 표고를 두께로 하는 수평 무한 슬래브(부계 판)로 가정하여 계산한다. 그러나 지구는 타원체이므로 수평판이 아닌 곡률을 가진 슬래브(spherical cap)로 계산하여야 정확하다. 이 두 가지 슬래브에 의한 중력 효과의 차이에 대하여 보정하는 것을 곡률 보정, spherical cap 보정 또는 Bullard B 보정이라고 한다.

Spherical cap에 의한 중력 효과는 고도 4,150 m까지는 무한 슬래브에 의한 중력 효과보다 크다. 고도 1,000 m에서는 1.1 mGal 크고, 2,100 m에서 가장 커서 1.5 mGal 정도에 이른다. 2,100 m 이후로는 그 차이가 점점 작아져서 고도 4,150 m에서는 두 경우의 중력 효과가 같아지고, 고도가 더 높아지면 더 작아져서 고도 5,000 m에서는 -1.5 mGal, 6,000 m에서는 -3.9 mGal 정도가 된다.

Fig. 3의 A로 표시된 spherical cap에 의한 중력 효과의 완전한 식은 Lafehr (1991b)가 유도하였다.

$$\Delta g_{sc} = 2\pi G \sigma \{ (1 + \mu)h - \lambda R \} \quad (12)$$

여기서, $\mu = (1/3 \eta^2 - \eta)$

$$\lambda = \frac{1}{3} \left[(d + f\delta + \delta)^2 \{ (f - \delta)^2 + k \}^{1/2} + p + m \log_e \frac{n}{f - \delta + \{ (f - \delta)^2 + k \}^{1/2}} \right]$$

이며, $d = 3 \cos^2 \alpha - 2$, $f = \cos \alpha$, $k = \sin^2 \alpha$, $p = -6 \cos^2 \alpha \sin(\alpha/2) + 4 \sin^3(\alpha/2)$, $m = -3 \sin^2 \alpha \cos \alpha$, $n = 2 \{ \sin(\alpha/2) - \sin^2(\alpha/2) \}$, $R = R_0 + h$, $\alpha = S/R_0$ 이다. R_0 는 지구 평균 반지름으로서 GRS 80 타원체의 경우 6,371,008.7714 m이며, S 는 Bullard B 반지름으로서 166.7 km이다.

수직 기준면과 간접 효과

중력 이상은 관측 중력에서 지구 모델, 즉 표준 중력을 빼 줌으로써 구한다. 그런데 표준 중력은 지오이드가 아닌 지구

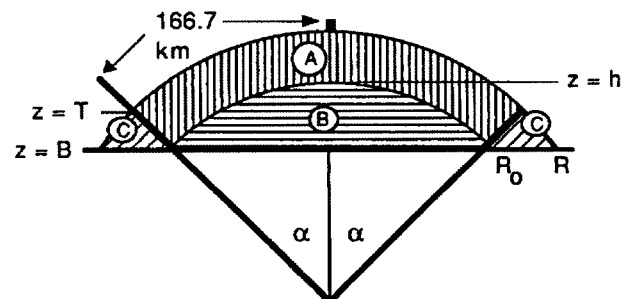


Fig. 3. Cross-section of spherical cap (after LaFehr, 1991b).

타원체 상의 이론 중력값이지만 국지적인 물리탐사에서는 지오이드 상의 값이라고 가정하여 프리에어 보정이나 부계 보정에서 표고를 보정 높이로 사용해 왔다. 이러한 두 가지 높이의 차이에 의한 중력 효과를 간접 효과라고 한다.

지오이드 높이와 타원체 높이의 차이는 지구 전체적으로는 최대 100 m에 이르고 한국의 경우 15 m ~ 33 m 정도이며, 평균 25 m 정도인 것으로 알려져 있다. 간접 효과는 높이 차이에 의한 중력효과와 두 높이 사이의 매질에 의한 효과를 함께 보정한다.

$$\Delta g_{IE} = (0.3086 - 2\pi G\sigma)N \cong 0.1976N \quad (13)$$

여기서 N 은 지오이드 높이에서 타원체 높이를 뺀 것이다(Fig. 1 참조).

간접 효과는 지오이드의 수평 변화가 매우 완만하기 때문에 국부적으로는 큰 요인이 되지는 못하지만 장주기 이상에는 영향을 미치기 때문에 광역 mapping과 표준 데이터베이스를 위해서는 간접 효과도 보정 과정에 포함해 주어야 한다.

이것은 예전의 재래 측량으로는 해발 고도밖에 알 수 없으므로 부득이 해발 고도를 타원체 고도로 가정할 수밖에 없었기 때문이기도 하다. 그러나 현재는 중력탐사에서 GPS가 일반화되어 타원체로부터의 높이를 측량하지만 타원체 고도를 해발 고도로 바꾸어 보정하고, 간접 효과를 추가적으로 보정해주는 모순이 있다.

이러한 모순은 일반적으로 사용하는 지리 좌표계에 맞추기 위함이기도 하고 지형 보정을 위한 수치 지형이 해발 고도로 되어 있기 때문이다. 앞으로 새로 정립될 GPS에 기반을 둔 지리좌표계에서도 수직 좌표는 사람들에게 익숙한 해발 고도를 고수할 것으로 보인다. 따라서 간접 효과의 모순을 해소하기 위해서는 프리에어 보정과 부계 보정에서는 수직 기준면을 타원체로 하여 보정하고, 지형 보정은 수치 지형과 동일한 고도로 변환하여 처리하는 것이 가장 합리적일 것이다. 중력 데이터베이스에서는 현재와 같이 지리좌표계와 지오이드 모델이 완전히 정립되지 않은 상황에서는 타원체 높이와 지오이드 높이를 모두 포함하는 것이 미래를 위해서 좋을 것이며, 국제적인 표준을 위해서도 바람직할 것이다.

결 론

중력 보정은 관측 중력을 기준면의 값으로 환산하여 부계 이상은 기준면에 위치한다고 잘못 이해하고 있는 사람들이 많으며, 많은 문헌에서도 그렇게 표현되어 있다. 그러나 중력 보정은 중력값의 위치를 변환하지 않는다. 즉, 부계 중력의 위치는 관측 중력의 위치와 같다. 이러한 오해의 소지를 없애기 위

해서 “중력 보정은 관측 중력으로부터 지구 모델에 의한 효과를 빼는 것이다.”라고 정의한다.

현재 일반적으로 널리 쓰이고, 물리탐사 교과서에서도 소개되어 있는 중력 보정식들은 대부분 계산의 간편함을 위한 근사식들이다. 그러나 현재는 중력탐사 기기와 측량기술의 발전으로 μGal 정밀도의 탐사가 가능해졌으므로 중력 보정식들도 근사식이 아닌 원래 보정식을 이용하도록 권장한다. 또한, 중력 보정의 수직 기준면을 지오이드가 아니라 표준 중력이 위치하는 지구 타원체로 할 것을 제안한다. 이러한 제안들이 중력 데이터베이스 자료의 균질성을 위한 중력 보정의 표준 과정으로서 확립되기를 기대한다.

참고문헌

- Chapin, D. A., 1996, The theory of the Bouguer gravity anomaly: A tutorial, *The Leading Edge*, **15**, 361-363.
- Dobrin, M. B., 1976, *Introduction to geophysical prospecting*, 3rd Ed., McGraw-Hill Book Company, 630 p.
- Dobrin, M. B., and Savit, C. H., 1988, *Introduction to geophysical prospecting*, 4th Ed., McGraw-Hill Book Company, 867 p.
- Ervin, C. P., 1977, Short note - Theory of the Bouguer anomaly, *Geophysics*, **42**, 1468.
- Featherstone, W. E., and Dentith, M. C., 1997, A geodetic approach to gravity data reduction for geophysics, *Computers and Geosciences*, **23**, 1063-1070.
- Hackney, R. I., and Featherstone, W. E., 2003, Geodetic versus geophysical perspectives of the ‘gravity anomaly’, *Geophysical Journal International*, **154**, 35-43.
- Hinze, W. J., Aiken, C., Brozena, J., Coakley, B., Dater, D., Flanagan, G., Forsberg, R., Hildenbrand, T., Keller, G. R., Kellog, J., Kucks, R., Li, X., Mainville, A., Morin, R., Pilkington, M., Plouff, D., Ravat, D., Roman, D., Urrutia-Fucugauchi, J., Véronneau, M., Webring, M., and Winester, D., 2005, New standards for reducing gravity data: The North American gravity database, *Geophysics*, **70**, J25-J32.
- LaFehr, T. R., 1991a, Standardization in gravity reduction, *Geophysics*, **56**, 1170-1178.
- LaFehr, T. R., 1991b, An exact solution for the gravity curvature (Bullard B) correction, *Geophysics*, **56**, 1179-1184.
- Li, X., and Götze, H.-J., 2001, Tutorial - Ellipsoid, geoid, gravity, geodesy, and geophysics, *Geophysics*, **66**, 1660-1668.
- Moritz, H., 1980, Geodetic Reference System 1980, *Journal of Geodesy*, **54**, 395-405.
- Telford, W. M., Geldart, L. P., Sheriff, R. E., and Keys, D. A., 1976, *Applied Geophysics*, Cambridge Univ. Press, 860 p.
- Telford, W. M., Geldart, L. P., and Sheriff, R. E., 1976, *Applied Geophysics*, 2nd Ed., Cambridge Univ. Press, 770 p.