

Geoid 기준설정이 타원체간 좌표변환에 미치는 영향 The effects of the geoidal height determination in geodetic origin on coordinates transformation between ellipsoids

강준묵* · 박운용** · 이용창***

Kang, Joon-Mook · Park, Woon-Yong · Lee, Yong-Chang

要 旨

본 연구는 측지원점의 지오이드 기준설정에 따른 WGS84 타원체와 Bessel 타원체 간의 좌표변환 특성을 파악하기 위해, 충남·북 지역내 11개 기준점의 GPS 관측자료를 토대로 원점의 Bessel 타원체면에 기준한 지오이드 고를 다양하게 가정하여 각 경우별로 타원체 간의 평균지심편차량을 도출, 지역내 Bessel 지오이드를 모델링하고 이에 연계한 좌표변환을 수행함으로써 Bessel 지오이드 고의 변동에 따른 좌표변환정확도를 고찰한 것이다.

ABSTRACT

In this paper, the characteristics of coordinate transformation between the WGS84 and the Bessel ellipsoids according to the assumed values of the geoidal height on Bessel ellipsoid at the geodetic datum origin of Korea were investigated. For this, based on GPS data of 11 control points in Chungnam and Chungbuk province, the mean shift values between ellipsoids were calculated in each case. The geoidal heights on the Bessel ellipsoid were modelled in the area and the coordinate transformation coefficients were derived, and then the accuracy of the transformed coordinates according to fluctuations in geoidal heights were studied.

1. 서 론

GPS는 측지, 지적분야의 정밀 기준망의 구축은 물론, 각종 항법(Navigation), 지구물리분야, 군사적 응용 등 다방면에서 종래의 관측방식에 비해 그 효용성이 입증되고 있다.¹⁾ 그러나 GPS로부터 획득되는 지형정보는 세계측지기준계(WGS84 Datum)에 기초한 3차원 위치정보이므로 국내에서 이를 효율적으로 실용화하기 위해서는 우리가 적용하고 있는 Bessel 기준계 상의 좌표로 변환하여야 한다. 특히, 정확한 3차원 변환을 위해서는 변환지역에 적합한 지오이드 기복모형의 개발이 선행되어야 하며 이와 연계한 측지계간의 좌표변환체계를 신중히 정립하여야 한다.²⁾

본 연구는 GPS로 측지학적 정밀 3차원 좌표를 결정하기 위해서 국내 측지원점 혹은 가상 측지원점의

Bessel 타원체 면으로부터 지오이드 면까지의 높이(N_{BO})를 여러 경우로 가정하고 각 경우별로 다음과 같이 연구를 진행하였다.

위도 $36^\circ \sim 37^\circ$, 경도 $126^\circ \sim 128^\circ$ 지역을 대상으로 지역망을 구성, N_{BO} 값에 따른 각 경우별 평균 지심편차량($\Delta X_M, \Delta Y_M, \Delta Z_M$)를 도출하여 Molodensky 변환식으로부터 Bessel과 WGS84 타원체 간의 이격량(ΔH)를 산정하고 GPS/Leveling에 의한 WGS84 타원체 면으로부터 지오이드 면까지의 높이(N_{BO})를 감하므로써 각 측정점의 Bessel 타원체에 기초한 지오이드 고(N_B)를 결정한다.^{2,3)} 또한 지역망의 N_B 분포를 회귀 다항식으로 모델링하고 도출된 계수의 최귀성 검정을 귀무가설에 입각한 F 검정과 상관관계수 및 적합도(Goodness of fit) 등으로 검토하여 모형화하고자 한다. 특히, 각 경우별로 산정된 N_B 값을 실용성과의 표고값에 도입, Bessel 타원체 상의 높이로 변환하여 타원체 간의 좌표변환을 위한 3- 및 7- 매 개변환요소를 도출하고 각각의 변환정확도를 검토,

*충남대 공대 토목과 교수
**동아대 공대 토목과 교수
***시립인천전문대 토목과 전임강사

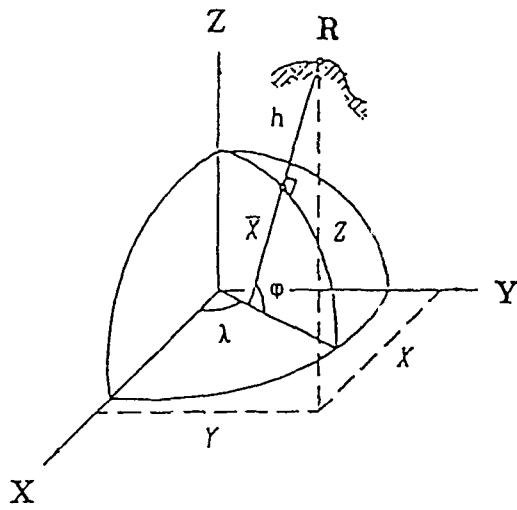


그림 1. 지심좌표 X, Y, Z와 측지좌표 ϕ , λ , h

변환지역내 측지원점의 준거타원체면에 기준한 지오이드 기준설정에 따른 타원체 간의 변환특성을 도출하므로써 GPS에 의한 국내의 지형정보 구축에 기여하고자 한다.

2. 해석이론

2.1 평균 지심편차량(Mean shift value)

상이한 두 타원체 간의 측지계 변환은 두 타원체 상 제점들의 측지좌표를 지심좌표로 변환하여, 지심 성분 편차량의 기하학적 특성을 사전 규명하여야 된다.

그림 1에서와 같이 지심계에서 벡터 \bar{X} 를 타원체 좌표 ϕ , λ , h와 직교좌표 X, Y, Z로 나타낼 수 있으며 두 좌표계의 상호 변환관계는 다음과 같다.^{1,4)}

$$X = (N+h) \cos \phi \cos \lambda \quad (1)$$

$$Y = (N+h) \cos \phi \sin \lambda$$

$$Z = \left[\frac{b^2}{a^2} (N+h) \right] \sin \phi$$

$$N = \frac{a^2}{\sqrt{a^2 \cos^2 \phi + b^2 \sin^2 \phi}}$$

여기서, ϕ , λ , h : 임의 측점의 타원체 상의 좌표

X, Y, Z : 임의 측점의 직교좌표

N : 묘유선의 곡률반경

a, b : 타원체의 장반경 및 단반경

WGS84는 지심좌표체제로 세계 측지기준계(Geodetic Reference System 1980; GRS80)가 채택하고 있는 매개변수와 일치되게 정의된 지구중심 등 포텐셜 타원체로서 우리나라가 채택하고 있는 Bessel 타원체와의 평균지심편차 성분은 다음 식으로 산출된다.

$$\Delta X_M = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (X_{iB} - X_{iW}) \quad (2)$$

$$\Delta Y_M = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (Y_{iB} - Y_{iW})$$

$$\Delta Z_M = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (Z_{iB} - Z_{iW})$$

여기서, X_{iB} , Y_{iB} , Z_{iB} : Bessel 지심좌표

X_{iW} , Y_{iW} , Z_{iW} : WGS84 지심좌표

n : 측정 수

2.2 지오이드 고 산정 및 좌표변환

WGS84와 Bessel 타원체 간의 정밀 3차원 좌표변환을 위해서는 평균해수면을 기초로 한 정표고를 Bessel 타원체를 기준으로 한 높이로 변환해야 하므로 N_B 의 분포를 알아야 한다. 본 연구에서는 국내 측지원점의 N_{B0} 값 가정에 따른 타원체간의 평균 지심편차량 X_M , ΔY_M , ΔZ_M 를 도출하고 장반경의 차, Δa 및 편평률의 차, Δf 를 표준 Molodensky 식에 적용하여 타원체간 이격량(ΔH)를 산정하고 표고성과가 불변이라는 가정하에서 GPS/Leveling 기법으로 산출된 N_{B4} 를 감하여 N_B 를 결정하였다.^{2,5-8)}

N_B 모델식은 준거타원체의 경·위도 중앙값과 측척을 고려하여 직교좌표(U, V)로 환산하고 3차원 경향해석을 통하여 다음과 같은 회귀 다항식으로 모델화하였다.⁹⁾

$$N_B = C_0 + C_1 U + C_2 V + C_3 U^2 + C_4 UV + \dots + C_{99} U^9 V^9 \quad (3)$$

$$U = K(\phi - 35)$$

$$V = K(\lambda - 135)$$

$$K = 0.15707963$$

여기서, N_B : Bessel Geoid Undulation

U : 측정점의 측지학적 위도 성분

V : 측정점의 측지학적 경도 성분

K : 측척계수, ϕ : 측지 위도,

λ : 측지 경도

35, 135 : Bessel Datum 지역의 위도,
경도 중앙값

윗식을 최소제곱법으로 반복조정하여 회귀계수를 결정하고 가설검정에 입각한 분산분석(ANOVA : ANalysis Of VAriance)으로 F값, 적합도(Goodness of fit) 및 상관도를 산정하여 모델링하였다. 여기서, F test는 다음의 귀무가설에 기초한다.

귀무가설(H_0)은 “부분 회귀계수는 0이다. 즉, 회귀성이 없다.”로서 만일 F값이 한계값(F_c)보다 크면 가설은 기각되고 대립가설 H_1 이 채택되게 된다.

$$H_0 : C_1 = C_2 = C_3 = \dots = C_m = 0 \quad (4)$$

$$H_1 : C_1, C_2, C_3, \dots, C_m \neq 0$$

우리나라 측지계(X_{KD})와 WGS84 기준계(X_{84})간의 변환방정식은 식 (5)와 같이 Helmert 변환식으로 구성할 수 있다.^{4,10,11)}

$$X_{KD} = S [R] X_{84} + \delta X \quad (5)$$

여기서, $X_{KD} = [X_{KD} \ Y_{KD} \ Z_{KD}]^T$, $X_{84} = [X_{84} \ Y_{84} \ Z_{84}]^T$, δX 는 두 타원체 간의 원점편차량에 의한 직교좌표성분으로 $[\Delta X \ \Delta Y \ \Delta Z]^T$ 와 같고, $[R] = f(\kappa, \phi, \lambda)$ 은 두 측지계 간의 회전행렬이다. 여기서, κ , ϕ , ω 는 각각 z, y, x 축에서의 회전각을 의미한다. 7-매개변환요소 기법은 최소제곱법으로부터 산정된 7개의 변환계수를, 3-매개변환요소기법은 지심편차성분에 따른 변환계수를 적용하여 상이한 두 직교좌표간의 변환을 수행한다.

3. 관 측

위도 $36^\circ \sim 37^\circ$, 경도 $126^\circ \sim 128^\circ$ 구역의 충남·북 지역내 1, 2등 기준점들 중에서 고른 배치밀도로 삼각점 11개 측점을 선점하여 GPS 관측망을 구성하고 Trimble 4000SST 수신기 3 Set을 이용, DAEN[®]를 고정측점으로 삼각점에 대해 3시간씩 1일 2 session으로 차감(differential) GPS 관측계획을 수립하여 위성관측을 수행하였다. 수신된 자료의 처리는 Trimble사의 Trimvec plus 및 Trimnet plus을 활용하여 장기선에 따른 전리층의 영향과 대류층의 영향을 MBP-single 삼중차 L1/L2 방식과 수정 Hopfield 모형을 적용하여 소거 및 보정하고 측점간의 기선거리와 고도 및 방위각을 결정하였다.¹²⁾

최소구속조건에 근거한 3차원 측지망조정에서 과대오차를 검출하기 위해 χ^2 검정과 Pope의 τ 검정을 수행하였다. 표 1은 이로부터 산출된 WGS 84 좌표계상의 3차원 조정좌표성분을 나타낸 것이며 표 2는 삼각점의 고시성과이다.

4. 비교 분석

4.1 평균 지심좌표 편차량 해석

측지원점의 Bessel 지오이드 고 기준값은 표 3과 같이 6가지 경우로 가정하였다. 경우 I은 한 국가의 측지원점에서는 준거타원체와 지오이드가 일치한다는 가정하에서 0.000으로 설정한 것이고 III의 경우는 1991년 국제 공동관측의 일환으로 DAEN 측점과 국

표 1. WGS84 조정 좌표성분

색인	측점명	위도(° ' ")	경도(° ' ")	타원체고(m)
3	청주 11	36 34 57.79506	127 25 09.52233	317.285
11	아산 26	36 46 50.65811	126 55 35.44926	208.080
14	한산 11	36 11 42.24195	126 52 53.79927	239.080
31	금산 24	36 07 28.52529	127 19 13.67971	904.322
32	조치원 23	36 36 51.20180	127 18 38.33953	83.978
33	공주 22	36 29 06.86753	127 07 05.61520	217.777
34	대전 12	36 22 57.86143	127 27 09.74042	424.758
35	논산 21	36 13 17.26269	127 03 09.41034	72.468
36	이원 24	36 06 11.69278	127 33 36.37928	309.341
37	속리 11	36 32 35.50212	127 52 14.93362	1084.900
18	서산 27	36 45 25.92730	126 29 52.21828	132.010

표 2. 삼각점 고시성과

색인	측점명	위도(° ' ")	경도(° ' ")	해면고(m)
3	청주 11	36 34 47.30000	127 25 17.19300	291.30
11	아산 26	36 46 40.25300	126 55 42.94700	184.20
14	한산 11	36 11 31.59400	126 53 1.29100	214.71
31	금산 24	36 07 17.84302	127 19 21.30943	878.93
32	조치원 23	36 36 40.71824	127 18 45.97137	58.48
33	공주 22	36 28 56.33286	127 07 13.18328	192.75
34	대전 12	36 22 47.28345	127 27 17.41707	399.47
35	논산 21	36 13 06.62194	127 03 16.95666	47.87
36	이원 24	36 06 01.01000	127 33 44.08500	283.95
37	속리 11	36 32 25.03140	127 52 22.74870	1058.44
18	서산 27	36 45 15.49600	126 29 59.59300	109.43

표 3. 경우별 국내 측지원점의 N_{BO} 가정값
(B_E ; 벡셀타원체, G_S ; Geoid, DTR; DMA TR.8350 2-B)

경우	가정값(m)	N_{BO} 값의 설정 배경
I	0.000	원점에서는 B_E 와 G_S 가 일치함
II	-29.065	DTR 식에 근거하여 산출한 값
III	-36.000	원점과 下里(日)간 천문수준지오이드
IV	-57.000	DTR에 근거한 충남·북 지역 중앙값
V	-63.000	DTR에 근거한 원점부근의 중앙값
VI	-70.000	DTR에 근거하여 임의로 선정된 값

가정값이 -인 것은 G_S 면이 B_E 면 아래로 지난다는 의미

립지리원 및 일본 下里의 SLR 관측소($N_B=0$ 으로 가정)¹³⁾ 간의 수행된 GPS 관측자료를 토대로 국내 측지원점의 상대 천문수준 지오이드를 구한 값을 기준으로 한 것이다. 또한 II, IV, V 및 VI의 경우는 미국 DMA 보고서에 근거하여 설정된 값이다.⁵⁾

표 3에서 가정된 6가지의 경우별 ΔX_M , ΔY_M , ΔZ_M 를 산정한 결과는 표 4와 같으며 N_{BO} 값의 변동에

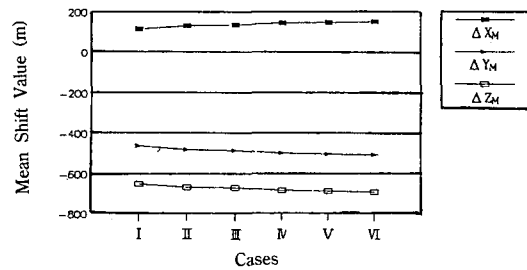


그림 2. 평균 지심편차량의 경향

따른 평균 지심좌표 편차량을 도시하면, 그림 2와 같다.

측지원점의 N_B 기준값을 경우 I에서 VI로 Bessel 타원체를 지오이드의 상방향으로 점차 확대함에 따라서 두 타원체의 평균 지심좌표 편차량은 X 방향에서는 + 증가인 반면, Y와 Z 방향에서는 -로 증가하는 경향을 나타내었다. 또한, 중심간 편심거리가 800 m~880 m로 증가되므로 N_{BO} 값의 설정에 따라서 평균 지심좌표편차량은 현격히 변화됨을 알 수 있었다.

표 4. 평균 지심좌표 편차량

경우	N_{BO}	ΔX_M (m)	ΔY_M (m)	ΔZ_M (m)	편심거리
I	0.000 m	116.044	-465.733	-650.878	808.712 m
II	-29.065 m	130.189	-484.353	-668.139	835.438 m
III	-36.000 m	133.564	-488.796	-672.257	841.837 m
IV	-57.000 m	143.784	-502.250	-684.729	861.268 m
V	-63.000 m	146.704	-506.094	-688.292	866.833 m
VI	-70.000 m	150.111	-510.578	-692.449	878.332 m

표 5. 경우별 N_B 의 분포

(단위 : m)

측점	I	II	III	IV	V	VI
3	0.710	-28.354	-35.289	-56.289	-62.288	-69.288
11	-3.811	-32.875	-39.809	-60.809	-66.809	-73.808
14	-0.128	-29.192	-36.126	-57.126	-63.126	-70.125
31	2.463	-26.601	-33.536	-54.536	-60.535	-67.535
32	-0.245	-29.309	-36.243	-57.244	-63.243	-70.243
33	-0.498	-29.562	-36.496	-57.497	-63.496	-70.496
34	1.237	-27.827	-34.762	-55.762	-61.762	-68.761
35	0.400	-28.664	-35.598	-56.598	-62.598	-69.598
36	3.230	-25.834	-32.768	-53.768	-59.767	-66.767
37	2.628	-26.435	-33.370	-54.369	-60.369	-67.368
18	-6.091	-35.153	-42.087	-63.086	-69.086	-76.085

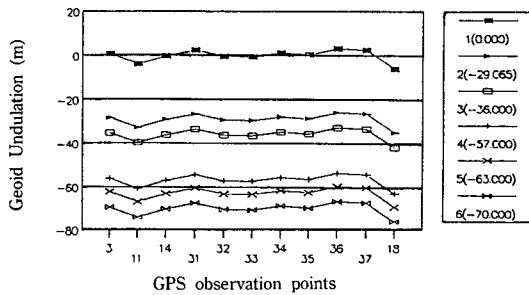


그림 3. Bessel 지오이드 분포도

4.2 지오이드 고 해석

표 4에서 산정된 경우별 평균 지심편차량과 GPS/Leveling 결과를 토대로 각 측정점의 N_B 를 계산한 결과는 표 5와 같으며 그림 3은 이를 도시한 경우별 Bessel 지오이드의 분포도를 나타낸다.

충남·북 지역내 N_B 는 6가지 경우 모두, 가정된 N_{B0} 변동값을 기준으로 $-4\text{m} \sim +4\text{m}$ 의 분포를 보이고 있으며, 특히 측정점 간 상대 지오이드는 동일한 격차를 나타내고 있음을 알 수 있었다.

그림 4와 5는 각각 I 및 V 경우에 대한 충남·북 지역의 상대적인 N_B 분포를 등고선화하여 나타낸 것이다. N_{B0} 값의 변동에 따라 경우별로 측정점의 N_B 값은 상이하지만 동일한 분포경향을 나타내므로 준거타원체와 지오이드의 격차는 N_{B0} 값의 설정에 따라 변동함을 알 수 있었다.

또한 N_B 분포를 각 경우별로 모델링하기 위해 3차원 경향해석과 2차의 회귀계수에 대한 분산분석을

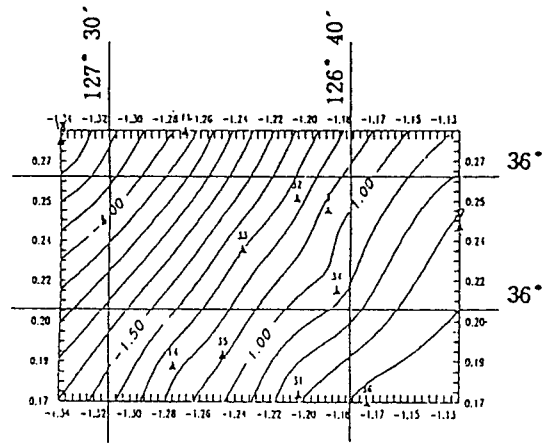


그림 4. 경우 I의 N_B 등고선도

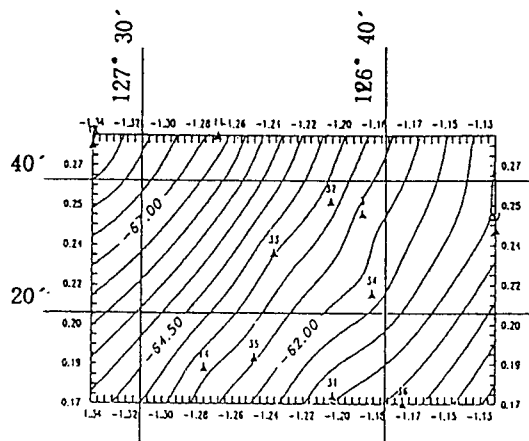


그림 5. 경우 V의 N_B 등고선도

표 6. N_B 의 2차 회귀다항식 모델의 계수

계수	I	II	III	IV	V	VI
C0	-26.2916	-54.0389	-62.2124	-82.0034	-89.1465	-94.2723
C1	101.2610	102.0877	101.3669	101.4789	101.6623	103.7511
C2	-62.6899	-60.3742	-62.5330	-60.5380	-62.3680	-59.0562
C3	-31.3778	-30.8467	-30.7330	-30.7874	-29.5667	-28.9306
C4	99.8216	100.7136	100.1395	100.2379	100.8044	102.7753
C5	-29.3690	-28.3363	-29.2724	-28.4480	-29.1439	-27.5981

표 7. 경우별 N_B -회귀다항식 모델계수의 분산분석
F 검정 기준값 ($v_1=v_2=5$, $\alpha=0.05$, $F_c=5.05$)

성분	I	II	III	IV	V	VI
F 값	202.221	198.975	202.523	201.480	205.708	210.043
적합도	0.995	0.995	0.995	0.995	0.995	0.995
상관성	0.998	0.998	0.998	0.998	0.998	0.998
편차	± 0.185 m	± 0.185 m	± 0.185 m	± 0.185 m	± 0.185 m	± 0.185 m

표 8. 3-매개 변환계수

경우	$\Delta X(m)$	$\Delta Y(m)$	$\Delta Z(m)$	$\sigma(\pm m)$
I	116.037	-465.742	-650.890	0.205
II	130.189	-484.353	-668.139	0.526
III	133.556	-488.804	-672.268	0.204
IV	143.776	-502.258	-684.739	0.208
V	146.695	-506.102	-688.302	0.209
VI	150.111	-510.578	-692.449	0.529

수행한 결과는 각각 표 6, 표 7과 같다. 회귀계수에 대한 분산분석은 제 1 및 제 2의 자유도($v_1=v_2=5$), 유의수준 5%에서 F 검정의 한계값 $F_c=5.05$ 로 선정하고 검정한 결과 6가지 경우 모두 검정값의 평균이 $F=203.492$, 적합도=99.5% 및 0.998의 상관성으로 매우 양호한 회귀성을 나타내고 있음을 확인하였다. 또한 회귀계수를 적용하여 산정한 N_B 와 표 5의 지오이드 값과의 편차는 6가지 경우에서 18.5 cm로 동일한 편차를 나타내므로 충남·북 지역에 대한 N_B 의 분포를 높은 정확도로 모델링할 수 있었다.

4.3 좌표변환 해석

표 8 및 9는 WGS84와 Bessel 타원체 간의 좌표 변환을 위해 실용성과의 평균해면고에 표 5의 N_B 를 적용하고 Bessel 타원체 고로 변환하여 산출한 각

경우별 3-매개변환 및 7-매개변환의 계수와 계수의 표준오차를 나타낸 것이다.

각 경우별로 3-매개변환은 상이한 변환계수값으로 산출되나 7-매개변환의 계수는 축척요소를 제외하고는 6가지 모두 유사한 계수값으로 산출되었다. 특히 7-매개변환의 경우 축척계수의 변화는 N_{B0} 값의 변동에 따른 결과로 사료된다.

표 10은 3-매개변환 및 7-매개변환기법으로 도출된 각 경우별 변환계수를 WGS84 좌표에 적용하고 Bessel 타원체 상의 좌표로 변환한 결과를 고시된 실용성과와 N_B 모델값을 기준으로 산정한 변환 표준오차를 나타낸 것으로 이를 도시하면 그림 6과 같다.

두가지 변환기법에서 각 경우별 평균 변환표준오차는 각각

$$\begin{aligned} \Delta \phi &= 0.033'' & \Delta \phi &= 0.010'' \\ \Delta \lambda &= 0.022'' & \text{및} & \Delta \lambda &= 0.006'' \\ \Delta H &= 0.156 \text{ m} & \Delta H &= 0.182 \text{ m} \end{aligned}$$

로서 N_{B0} 값의 변동에 따라서 N_B 모델과 변환계수는 다르지만, 동일한 변환결과로 나타내므로 지오이드 모델과 이에 연계한 좌표변환 계수의 상관성을 알 수 있었다. 특히 변환기법면에서 7-매개변환이 3-매개변환기법에 비해 경·위도에서 3~4배의 향상을 나타낸 것은 기존 연구와 일치한 경향으로 사료된다.

표 9. 경우별 7-매개 변환계수

경우	$\Delta X(m)$	$\Delta Y(m)$	$\Delta Z(m)$	$\Delta \kappa''$	$\Delta \phi''$	$\Delta \omega''$	$\Delta S(ppm)$
I	127.894	-461.636	-682.862	-3.347	-3.574	1.760	3.462
σ	16.661	14.849	21.082	0.458	0.488	0.599	1.825
II	127.763	-461.701	-682.928	-3.343	-3.576	1.763	-1.098
σ	16.661	14.849	21.082	0.458	0.488	0.599	1.825
III	127.767	-461.670	-682.965	-3.344	-3.576	1.762	-2.185
σ	16.661	14.849	21.082	0.458	0.488	0.599	1.825
IV	127.648	-461.717	-683.033	-3.341	-3.579	1.764	-5.480
σ	16.662	14.849	21.082	0.458	0.488	0.599	1.825
V	127.584	-461.738	-683.069	-3.339	-3.580	1.764	-6.421
σ	16.662	14.849	21.082	0.458	0.488	0.599	1.825
VI	127.568	-461.761	-683.065	-3.339	-3.580	1.765	-7.519
σ	16.662	14.850	21.082	0.458	0.488	0.599	1.825

표 10. 좌표변환 표준오차

변환 요소 경우	3-매개변환기법			7-매개변환기법		
	$\Delta \phi''$	$\Delta \lambda''$	$\Delta H(m)$	$\Delta \phi''$	$\Delta \lambda''$	$\Delta H(m)$
I	0.031	0.023	0.154	0.010	0.006	0.185
II	0.032	0.022	0.155	0.010	0.006	0.181
III	0.032	0.021	0.156	0.010	0.006	0.185
IV	0.033	0.021	0.157	0.010	0.006	0.180
V	0.033	0.021	0.157	0.010	0.006	0.182
VI	0.034	0.021	0.157	0.010	0.006	0.181
평균	0.033	0.022	0.156	0.010	0.006	0.182

5. 결 론

변환지역내 측지원점의 준거타원체면으로부터의 지오이드 고를 다양하게 가정하여 지오이드 고의 기준값 설정에 따른 좌표변환계수의 추이와 좌표변환 정확도를 고찰한 결과 다음의 결론을 얻었다.

1. 측지원점의 Bessel 지오이드 값을 경우 I에서 VI로 변동함에 따라 타원체간의 중심간 편심거리가 800 m에서 880 m로 점차 확대하므로 N_{BO} 값의 설정에 따라 평균 지심편차량은 현격히 변화됨을 알 수 있었다.

2. N_{BO} 값이 변동함에 따라 측점의 N_B 값은 각 경우별로 상이하지만 가정값을 기준으로 $-4 m \sim +4$

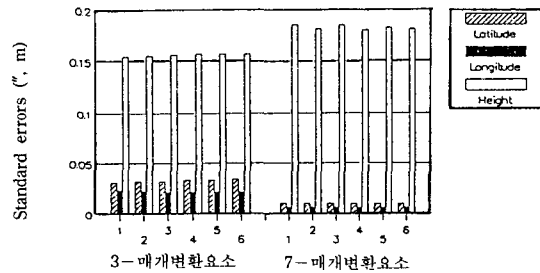


그림 6. 좌표변환 표준오차 비교

m의 동일한 분포를 나타내므로 준거타원체와 지오이드의 격차는 N_{BO} 값의 기준설정에 따라 변동함을 알 수 있었고, 3차원 경향해석을 통하여 충남·북 지역의 N_B 분포를 편차가 ± 18.5 cm인 회귀 다항식으로 모델링할 수 있었다.

3. N_{BO} 값이 변동함에 따라 3-매개변환요소는 각 경우에서 큰 격차의 변환계수로 산출되나 7-매개변환기법은 변동값에 따른 축척계수의 변화를 제외하고는 6가지 모두 유사한 계수값으로 산출되었다.

4. N_{BO} 값의 변동에 따라 N_B 모델과 변환계수는 다르지만, 변환기법별로 동일한 변환결과를 나타내므로 지오이드 모델에 연계한 좌표변환계수의 상관성을 알 수 있었다. 특히, 7-매개변환이 3-매개변환기법에 비해 경·위도에서 3~4배의 향상을 나타낸 것은 기존 연구와 일치한 결과로 확인할 수 있었다.

감사의 글

본 연구는 한국과학재단 특정기초연구(과제번호 : 93-08-00-05) 결과의 일부로서 연구수행에 도움을 주신 한국과학재단에 깊이 감사드립니다.

參考文獻

1. B. Hofmann-Wellenhof, H. Lichtenegger, and J. Collins, "Global Positioning System", Springer-Verlag Wien New York, 1992.
2. 이용창, "GPS에 의한 측지학적 정밀 3차원 좌표결정에 관한 연구", 충남대학교 대학원 박사학위논문, 1994. 2.
3. Muneendra Kumar, "A Practical Method to Compute Geoidal Heights for Local/Regional Datums", Marine Geodesy. Volume 13, pp. 183-187, 1989.
4. Muneendra Kumar, "Use of World Geodetic System 1984 Through Datum Transformations in GPS surveys", 1993. 8. 한미연합사 seminar.
5. DMA TR 8350.2A, 2B, "Department of Defense World Geodetic System 1984-it's Definition and Relationships with Local Geodetic Systems", 1987.
6. 강준묵, 이용창, 박필호, 송승호, "GPS을 이용한 Geoid undulation Model 산정에 관한 연구", 한국 측지학회 연구발표개요집, 1993, pp. 9-17.
7. Hajela, D., "Obtaining centimeter-precision heights by GPS over small areas", GPS World, 1(1), 1990, pp. 55-59.
8. Liddle, D.A., "Orthometric height determination by GPS", Surveying and Mapping, 49(1), 1989, pp. 5-16.
9. John C. Davis, "Statistics and Data Analysis in Geology", John Wiley & Sons, INC., 1973.
10. Teruo KANAZAWA, "Transformation Parameters for WGS84, SLR coordinates and Tokyo Datum", Proceedings of the Japanese Symposium on GPS, 1989, pp. 122-126.
11. Zhu Huatong, "The Analysis of the Transformation Formula in the Geocentric Coordinates Using Seven Parameters, Zheng-zhou Institute of Surveying and Mapping, No. 1-2, 1983.
12. Goad, C.C. and L. Goodman, "A modified Hopfield tropospheric refraction correction model", Presented at the American Geophysical Union Annual Fall Meeting, San Francisco, December, 1974, pp. 12-17.
13. Ganeko, Y., "An Astrogeodetic Geoid of Japan", J. Geophys. Res., Vol. 82, 1977, pp. 2490-2500.