

수치지역과 구소삼각지역의 세계측지계 좌표변환에 관한 연구

Coordinate transformation of cadastral map according to world
geodetic system transformation

권윤영* · 임재형** · 윤희천***

Kwon, Yoon Young · Lim, Jae Hyoung · Yun, Hee Cheon

요약

최근 지적측량 결과에 불신함에 급격하게 증가하고 있는 민원발생 빈도를 고려할 때 세계측지계 도입은 현행 지적제도를 기준으로 재산권을 행사해온 국민의 불신을 가중시키는 결과를 유발할 수 있기 때문에 새로운 측지계 도입은 신중한 검토와 철저한 준비를 통하여 기술적 측면뿐만 아니라 법·제도 정비와 병행해 추진되어야 한다. 본 연구는 세계측지계 좌표변환을 하기 위해 경기도 안성시 마둔지구, 일죽지구를 대상지로 선정하여 지적삼각보조점 7점의 공통점을 활용하여 기존수치지역과 구소삼각지역에 대하여 세계측지계 변환을 위한 2차원 부등각 변환 계수의 의한 변환 값의 차를 구하였고 각각의 변환의 축척변환계수, 회전량, 이동량 계수와 표준편차를 산출하였다. 연구 결과 면적의 증감은 다소 있으나 지적측량의 정확도 기준을 만족함은 물론 현실적인 필지단위의 측량에서는 표현이 불가능한 미량인 것으로 나타났다. 향후 지적측량의 고도화 또는 국가단위의 지적사업에 정확도 판단기준의 논리적 근거를 제시할 수 있는 것으로 나타났다.

주요어 : 세계측지계, 지적도, 좌표변화, 공간정보시스템, 지적 불부합

ABSTRACT

Considering the frequency of civil petitions that are growing rapidly due to the disbelief in the results of cadastral surveying, introduction of the world geodetic system may result in increasing distrust of the people who have exercised property rights based on the current cadastral system. And thorough preparation should be pursued in parallel with technological aspects as well as legal and institutional improvements. The purpose of this study is to make the coordinate transformation of the global geodetic coordinate system by using the common points of seven points of intellectual triangular auxiliary points by selecting the Madun and Iljuk districts in Anseong, The difference of the conversion values by each conversion coefficient was obtained, and the scale conversion factor, the rotation amount, the movement amount coefficient and the standard deviation of each conversion were calculated. The results of this study show that although the increase and decrease of the area is

* 충남대학교 대학원 토목공학과 박사과정(E-mail: yykwon@lx.or.kr)

** 대전과학기술대학교 도시건설과 강사, 공학박사(E-mail: set4rise@naver.com)

*** 교신저자·충남대학교 공과대학 토목공학과 교수, 공학박사(E-mail: hcyoon@cnu.ac.kr)

somewhat small, it can not be expressed in the realistic parcel unit surveying as well as the accuracy standard of the cadastral surveying.

Keywords : World Geodetic Reference System, Cadastral Map, Spatial Information System, Cadastral discordance

1. 서 론

1.1 연구의 배경 및 목적

최근 지적측량 결과에 대한 불신함에 급격하게 증가하고 있다. 현재 민원발생의 빈도를 고려할 때 세계측지계 도입은 현행 지적제도를 기준으로 재산권을 행사해온 국민의 불신을 가중시키는 결과를 유발할 수 있다. 따라서 때문에 새로운 측지계 도입은 신중한 검토와 철저한 준비를 통하여 기술적 측면뿐만 아니라 법·제도 정비와 병행해 추진되어야 한다. 국토해양부에서는 세계측지계 기준의 지적재조사를 무리 없이 추진하기 위해 기술적인 측면과 법·제도 분야의 준비를 위한 ‘Digital 지적제도 구현을 위한 세계측지계 전환 계획’을 2007년에 수립하고 전국 17개 불부합지 지구를 대상으로 2008년부터 2009년까지 단계적으로 디지털 지적구축 시범사업을 추진하였으며 그 결과를 토대로 2010년 지적재조사를 위한 예비타당성 분석과 함께 지적재조사 특별법 제정을 추진하였다.¹⁾²⁾

2011년 9월 16일 지적재조사 특별법이 국회에

서 통과됨에 따라 2012년부터 지적재조사 추진을 위한 법률적 근거를 마련하게 되었다. 국토해양부에서는 지적재조사사업을 지적선진화라는 명칭으로 기본적인 추진계획을 수립하였는데, 그 주된 내용은 확정측량 13%, 불부합지정리 15%, 좌표변환 72%를 통해 전국적인 지적재조사를 추진할 계획을 하였다.³⁾⁴⁾

지적정보의 세계측지계 전환 관련 연구는 2007년부터 지적연구원에서 활발하게 진행되었다. 주목할 만한 사항은 GNSS성과를 지역좌표계로 변환하기 위해 삼변망조정 프로그램을 개발하여 지적기준점을 정비하거나 일선 현장에서 기준점 성과를 산출하는데 주로 활용되고 있다. 그러나 국가차원의 지적성과 좌표변환에 대한 연구인 ‘국가 GIS와 연계를 위한 지적좌표계의 세계좌표변환’에서는 지적도면의 좌표변환을 위해서는 먼저 다양한 지적기준점을 전국적으로 통일하는 과정이 선행되어야 함을 제시하였다.⁵⁾⁶⁾ 좌표변환에 대한 목표 정확도 결정과 함께 지적도면의 좌표변환 결과는 지적공부로서의 역할이 아닌 국가공간정보와 연계·활용하는 측면에서 접근해야 한다고 제시된 바가 있다.⁷⁾⁸⁾

1) 광재하 외, “선형 및 비선형 좌표변환의 정확도 비교 연구”, 『한국지적학회지』, 제15권 2호, 1999, pp.103-111.

2) Rapp, R. H, *Geometric Geodesy(USA : The Ohio State University 1991)*, p.8.

3) 경기도, 『지적공부 세계측지계 변환백서』, 2010. p.62.

4) Lishten, S. M., and Bonder, J. S. “Strategies for High Precision GPS Orbit Determination”, [Journal of Geophysical Research], Vol. 92, No. B12. 1987. p.54.

5) 국립지리원, 『무결점 수치지도 제작 연구』, 2000. p.75.

6) 국립지리원, 『수치지도 좌표계전환 연구(I)』, 2001. p.45.

7) 김감래 외, “GIS 성과를 매개로 한 구조삼각과 일반원점성과의 계통적 변환”, 『한국측량학회 2003년도 추계학술 발표회 논문집』, 2003, pp.21-26.

8) 행정자치부, 『Digital 지적제도 구현을 위한 세계측지계 전환계획』, 2006. p.7.

본 연구에서는 세계측지계 좌표변환을 위해 경기도 안성시 마둔지구와 일죽지구를 대상지로 선정하여 지적삼각보조점 7점의 공통점을 활용하여 기존 수치지역과 구소삼각지역에 대하여 세계측지계 변환을 위한 Landy1와 LX-Trans 프로그램에 의한 변환값의 차를 구하였고 각각의 변환의 축척 변환계수, 회전량, 이동량 계수와 표준편차를 산출하였다.

비교 분석은 기존 수치지역의 지구계점 좌표와 세계측지계 지구계점 좌표를 비교 분석을 하였다. 본 연구는 연구 결과에 따라, 우리나라 지적의 특성을 바탕으로 현재 적용하고 있는 지구계 좌표변환으로 파생되는 제반적인 문제점에 대하여 해소 방안을 제시하는데 목적이 있다.

1.2 연구동향

지적정보의 세계측지계 전환 관련 연구를 살펴보면 조재관 등(2008)은 세계측지계 기준에 따라 지리정보를 효율적이고 정확하게 좌표변환하기 위한 방안을 도출하기 위하여 기존 축척 1:1,000 수치지형도와 GIS 응용시스템 DB의 구축 현황 및 문제점을 파악하고, 좌표변환 파라미터 산출과 변환성과의 정확도평가 등을 수행하여 실용적인 좌표변환 방안을 제시하였으며,⁹⁾ 양철수와 양근우(2012)는 세계측지계 전환에 따른 지적측량의 거리 및 면적 변화를 연구하였다. 연구 결과 공부상 면적이 극히 미세하지만 감소하게 된다는 과학적 논거는 지적재조사사업의 수행으로 발생할 것으로 예상되는 사소한 크기의 면적 증감에 대한 분쟁

발생 시 대국민 이해 및 설득에 유리하게 활용할 수 있을 것이라고 제시하였다.¹⁰⁾ 조만승 등(2013)은 지적재조사사업을 효율적으로 추진하기 위해 전국적으로 통일된 기준점망을 구축하는 방안을 제시하였으며,¹¹⁾ 권윤영 등(2017)은 세계측지계 변환에 따른 지적도의 좌표변환 연구에서 기존 수치지역을 세계측지계로 변환하여 성과를 도출하였다.¹²⁾ 그리고 배태석 등(2012)은 세계측지계 전환에 따른 우리나라 행정구역도상 면적 변화 연구에서 세계측지계 변환 후 모든 행정경계가 북서방향으로 이동함으로써 결과적으로 우리나라 전체 면적이 투영평면 기준으로 감소하는 것으로 나타났다고 하였다.¹³⁾

홍창기 등(2009)은 세계측지계 전환 활성화를 위한 변환방법 연구에서 세계측지계로의 전환에 필요한 요소 중 좌표변환방법 및 절차에 대한 분석을 통해 보다 유연성 있는 변환방법을 제시하였으며 기존의 변환방법보다 효율적인 Affine 변환의 유용성 여부를 분석하고, 기준점의 허용오차 분석을 통해 공통점에 존재하는 비상사점의 판별 기준을 제시하였다.¹⁴⁾ 그리고 이석배와 김기원(2012)은 세계측지계 좌표기준으로 평가한 지역측지계 지적기준점의 정확도 분석에서 세계측지계 시대를 대비하기 위하여 우리나라 지적기준점들이 우리나라 GPS 상시관측소와 일관된 기준점체계로 정립되어야 한다고 제시하였으며,¹⁵⁾ 전영길과 조지현(2013)은 세계측지계 좌표변환계수를 이용한 지적불합지 추정에 관한 연구에서 구좌표계의 기준점 중 하나인 지적도근점과 세계측지계좌표계를 비교 분석한 결과 지적불합점이 대량 존재하는 것

9) 조재관 외, "GIS 기본도 및 DB의 세계측지계 좌표변환 정확도 분석에 관한 연구", 「한국지형공간정보학회지」, 제16권 3호, 2008, p.80.

10) 양철수·양근우, "세계지적계 전환에 따른 지적측량의 거리 및 면적 변화 연구", 「한국지적학회지」, 제28권 2호, 2012, p.89.

11) 조만승 외, "세계측지계 기반 지적기준점망 구축방안 연구", 「한국지적학회지」, 제29권 2호, 2013, p.114.

12) 권윤영 외, "세계측지계 변환에 따른 지적도의 좌표변환 연구", 「한국지적학회지」, 제33권 1호, 2017, p.132.

13) 배태석 외, "세계측지계 전환에 따른 우리나라 행정구역도상 면적 변화", 「한국측량학회지」, 제30권 3호, 2012, p.241.

14) 홍창기 외, "세계측지계 전환활성화를 위한 변환방법 연구", 「한국측량학회지」, 제27권 1호, 2009, p.33.

15) 이석기, 김기원, "세계측지계 좌표기준으로 평가한 지역측지계 지적기준점의 정확도 분석", 「한국지적정보학회지」, 제14권 1호, 2012, p.3.

으로 나타났다고 하였다.¹⁶⁾ 신동빈(2008)은 세계 측지계의 체계적 적용방안에 관한 연구에서 세계 측지계를 체계적으로 적용하기 위한 변환 대상, 주체, 방법 등을 정립하고 이에 대한 정책적 실행 방안을 수립해야 한다고 제시하였다.¹⁷⁾

이처럼 현재까지 선행연구 사례를 검토한 결과, 주로 통일원점지역의 좌표로 등록된 지역의 필지를 대상으로 연구가 진행하였는데, 본 연구에서는 기존 수치지역 중부(베셀) 좌표계와 구소삼각원점을 세계측지계로 변환을 하여 지구계좌표 해소방안을 제시하고자 한다.

2. 세계측지계 좌표변환

2.1 연구대상지역 선정

본 연구에서는 기존수치지역과 구소삼각지역의 세계측지계 좌표변환에 따른 변환계수를 산정하는 방향을 제시하고 세계측지계에 의해 확정측량한 지구계를 검토함으로써 2020년 12월 31일부터 지적 분야에서 적용하는 세계측지계 좌표변환에 대하여 실험연구를 수행하였다.

좌표변환의 실험연구를 위하여 기존수치지역(베셀)과 구소삼각지역 및 세계측지계에 의하여 확정측량 된 지역을 선정할 대상지역은 경기도 안성시 마둔지구와 일죽지구로 구분한 지구에 대하여 지적삼각보조점 및 도근점을 이용한 Landy1와 LX-Trans 프로그램에 의한 정확도를 분석하였다.

2.2 지구별 변환계수 산출

연구 대상지역의 좌표변환은 현재 국토교통부와 한국국토정보공사에서 이용하고 있는 세계좌표 변환 프로그램(Landy-1)을 이용하였다. 좌표변환

의 개략적인 과정은 먼저 프로그램 상에서 대상지에 대한 새 프로젝트를 만들고, 변형방법을 선택(2차원 부등각 변환)한 후 주변 GNSS 기준점의 세계좌표 변환에 따른 정확도를 검증하여 보고자 공통점을 지정하고 선택한다. 그리고 기준점에 의한 변환계수를 계산한다. 이후 기준점에 포함된 우연오차(random error)와 좌표변환에 포함된 수학적 한계에 의하여 발생하는 오차 등을 수행하기 위해서는 왜곡량의 보정을 위한 모델링을 수행하였다. 이러한 과정을 거쳐 최종적으로 기준점과 일필지의 세계좌표변환 성과를 취득하게 된다.

본 연구에서는 Landy1와 LX-Trans프로그램을 이용하여 수치지역과 구소삼각지역으로 구분하여 정변환(Bessel \Rightarrow GRS80)방법에 의한 2차원 부등각 방법으로 GNSS기준점을 이용하여 기존수치지역의 세계좌표변환 계수를 산출하였다.

2.2.1 마둔지구

실험대상 지역인 [그림 1]의 경기도 안성시 금광면 마둔지구는 2014년 9월 11일 베셀에 의한 경계점 등록부에 의한 경지정리가 완료되었고, 2015년 9월 15일 세계측지계에 의한 경계점 등록부에 의한 경지정리가 완료되었다. 그리고 마둔지구는 매우 정밀한 기준점 측량성고가 요구되는 지역으로 높은 정확도의 세계측지계 좌표변환을 필요로 한다. 세계측지계 좌표변환에 있어 마둔지구를 포함하고 있는 기적기준점이 고초원점, 베셀 좌표 및 세계측지계좌표를 모두 포함하고 있어 좌표변환계수에 대하여 일정한 모든 좌표를 가지고서 변환을 실시하였다.

2.2.1.1 수치지역

마둔지구의 수치지역을 세계측지계 좌표변환은 성과가 양호한 지적기준점 25점을 사용하였다. 분

16) 전영길, 조지현, “세계측지계 좌표변환계수를 이용한 지적불부합 추정에 관한 연구”, 『한국지적정보학회지』, 제15권 2호, 2013, p.261.

17) 신동빈, “세계측지계의 체계적 적용방안에 관한 연구”, 『한국측량학회지』, 제26권 2호, 2008, p.181.



(그림 1) 마둔지구 구소삼각지역 세계측지계로 변환 기준점 벡터 분석

석 결과 평균($X=0.0037m$, $Y=0.0036m$)이며, 표준편차($X=0.0046m$, $Y=0.0043m$)이며, 최대오차($X=0.0104m$, $Y=0.0056m$), 최소오차($X=-0.0078m$, $Y=-0.0101m$)로 기준점간 상호 부합 상태가 양호한 것으로 나타났다. 또한 평균편차조정을 위해 사용한 공통점 편차량을 비교해 보면 미세한 차이는 발생하지만 거의 일치하는 것으로 확인할 수 있었다.

LX-Trans를 이용하여 산정된 변환계수는 축척계수(S_{xy})는 0.9999943, 회전량(R_{xy})은 -0.0000116 , X원점이동량(T_x)은 100305.8858462m, Y원점이동량(T_y)은 76.6949775m로 분석되었으며, Landy1을

이용하여 산정된 변환계수는 축척계수(S_{xy})는 0.9999943, 회전량(R_{xy})은 -0.0000116 , X원점이동량(T_x)은 100305.8858340m, Y원점이동량(T_y)은 76.6949697m로 분석되었다.

두 프로그램의 통하여 산출된 변환계수 정밀도는 축척계수와 회전량은 동일한 결과 값이 산출되었고, X, Y축의 원점 이동량은 약간의 차이가 발생하였다. <표 1>은 LX-Trans와 Landy1에 의한 좌표변환 계수를 나타낸 것이다. LX-Trans에서의 N방향 RMSE는 0.001m, E방향 RMSE는 0.0009m로 나타났다.

<표 1> 마둔지구 LX-Trans와 Landy1 수치지역의 고초지역으로 변환계수

(단위 : m)

구 분	LX-Trans		Landy1	
	변 환 계 수	표준편차	변 환 계 수	변환계수 정밀도 (계수별 RMSE)
축척계수(S_{xy})	0.9999943	0.00001633	0.9999943	0.0000000
회전량(R_{xy})	-0.0000116	0.00001633	-0.0000116	0.0000000
X원점이동량(T_x)	100305.8858462	7.30925271	100305.8858340	-0.0000845
Y원점이동량(T_y)	76.6949775	7.30925271	76.6949697	0.0001150

<표 2> 마둔지구 LX-Trans와 Landy1 구조삼각지역 세계측지계으로 변환계수 (단위 : m)

구 분	LX-Trans		Landy1	
	변 환 계 수	표준편차	변 환 계 수	변환계수 정밀도 (계수별 RMSE)
축척계수(Sxy)	1.0000389	0.00001633	1.0000389	0.0000000
회전량(Rxy)	-0.0033088	0.00001633	-0.0033088	0.0000000
X원점이동량(Tx)	506114.3235612	0.31770331	506114.3235612	-0.0000003
Y원점이동량(Ty)	221829.7667838	0.31770331	221829.7667839	0.0000001

2.2.1.2 구조삼각지역

Landy1와 LX-Trans 프로그램을 이용하여 경기도 안성시 금광면 마둔지구의 구조삼각지역의 변환계수를 정변환(Bessel ⇒ GRS80)방법에 의한 2차원 부등각 방법으로 지적기준점을 이용하여 구조삼각원점지역의 세계좌표변환 계수를 산정하였다.

마둔지구의 구조삼각지역은 성과가 양호한 지점

삼각보조점 4점과 도근점20점을 사용하였다. 분석 결과 평균(X=0.0043m, Y=0.0055m)이며, 표준편차(X=0.0055m, Y=0.0066m)이며, 최대오차(X=0.0097m, Y=0.010m), 최소오차(X=-0.0115m, Y=-0.0105m)로 지적기준점간 상호 부합 상태가 양호한 것으로 나타났다. 또한 평균편차조정을 위해 사용한 공통점 편차량을 비교해 보면 미세한 차이는 발생하지만 거의 일치하는 것으로 나타났다.

<표 3> 마둔지구 구조삼각지역 세계측지계로 변환 성과표 (단위 : m)

순번	기준점명	구조삼각 지역X	구조삼각 지역Y	세계측지계 X	세계측지계 Y	세계측지계 변환X	세계측지계 변환Y	X 오차	Y 오차
1	보261	-18823.01	5180.19	487307.71	227072.45	487307.7215	227072.4390	-0.0115	0.0110
2	보262	-18410.42	4840.90	487719.20	226731.77	487719.2050	226731.7707	-0.0050	-0.0007
3	보350	-19092.22	3871.84	487033.69	225764.92	487033.6920	225764.9305	-0.0020	-0.0105
4	보351	-18539.52	3644.09	487586.14	225535.34	487586.1400	225535.3413	0.0000	-0.0013
5	보365	-18491.83	3059.40	487631.90	224950.47	487631.8972	224950.4708	0.0028	-0.0008
6	보366	-19066.20	3239.36	487058.10	225132.33	487058.1003	225132.3382	-0.0003	-0.0082
7	보367	-19681.59	3376.60	486443.14	225271.62	486443.1405	225271.6197	-0.0005	0.0003
8	보368	-19759.98	3927.80	486366.57	225823.11	486366.5712	225823.1005	-0.0012	0.0095
9	3464	-18508.39	3282.95	487616.07	225174.08	487616.0763	225174.0843	-0.0063	-0.0043
10	3465	-18654.34	3514.29	487470.89	225405.91	487470.8860	225405.9162	0.0040	-0.0062
11	3466	-18783.09	3714.01	487342.80	225606.06	487342.7919	225606.0699	0.0081	-0.0099
12	3467	-18967.03	3782.20	487159.06	225674.88	487159.0703	225674.8712	-0.0103	0.0088
13	3468	-18805.61	3378.70	487319.16	225270.82	487319.1615	225270.8214	-0.0015	-0.0014
14	3469	-18921.80	3320.57	487202.77	225213.08	487202.7747	225213.0736	-0.0047	0.0064
15	3470	-19043.51	3357.27	487081.18	225250.18	487081.1814	225250.1777	-0.0014	0.0023
16	3471	-18998.78	3576.41	487126.64	225469.17	487126.6382	225469.1783	0.0018	-0.0082
17	3472	-19154.19	3713.46	486971.68	225606.74	486971.6756	225606.7478	0.0044	-0.0078
18	3473	-19353.73	3740.92	486772.22	225634.86	486772.2187	225634.8691	0.0013	-0.0091
19	3474	-19523.06	3707.81	486602.78	225602.32	486602.7726	225602.3181	0.0074	0.0019
20	3475	-19231.36	3513.62	486893.85	225407.16	486893.8414	225407.1554	0.0086	0.0046
21	3476	-19432.46	3557.96	486692.89	225452.17	486692.8803	225452.1625	0.0097	0.0075
22	3477	-19267.30	3358.14	486857.38	225251.79	486857.3855	225251.7882	-0.0055	0.0018
23	3478	-19473.73	3371.84	486650.99	225266.18	486650.9928	225266.1718	-0.0028	0.0082
24	3479	-19824.94	3621.14	486300.60	225516.65	486300.5941	225516.6436	0.0059	0.0064
25	3480	-19701.89	3721.49	486423.98	225616.59	486423.9809	225616.5903	-0.0009	-0.0003
개수	25								
평균								0.0043	0.0055
표준편차								0.0055	0.0066
최대								0.0097	0.0110
최소								-0.0115	-0.0105

LX-Trans을 이용하여 산정된 변환계수는 축척계수(Sxy)는 1.0000389, 회전량(Rxy)은 -0.0033088, X원점이동량(Tx)은 506114.3235612m, Y원점이동량(Ty)은 221829.7667838m로 분석되었으며, Landy1을 이용하여 산정된 변환계수는 축척계수(Sxy)는 1.0000389, 회전량(Rxy)은 -0.0033088, X원점이동량(Tx)은 506114.3235612m, Y원점이동량(Ty)은 221829.7667839m로 분석되었다. 두 프로그램의 통하여 산출된 변환계수 정밀도는 축척계수와 회전량은 동일한 결과 값이 산출되었고, X, Y축의 원점 이동량은 약간의 차이가 발생하였다. <표 2>는 LX-Trans와 Landy1에 의한 좌표변환 계수를 나타낸 것이다.

2.2.2 일죽지구

경기도 안성시 일죽면 일죽지구는 대부분의 필지가 논과 밭으로 구성되어 있다. 보373, 보374, 보375를 기준으로 좌표변환 계수를 산출하고자 하였다. 일죽지구에 대해서는 구소삼각, 베셀 좌표만을 산출하고 세계측지계의 도근계산부가 존재하지 아니하여 경위도에 의한 세계측지계 좌표를 산출하여 복합망에 의한 도근계산을 실시하여 세계측지계 좌표를 <표 3>과 같이 산출하였으며, 일죽1-2

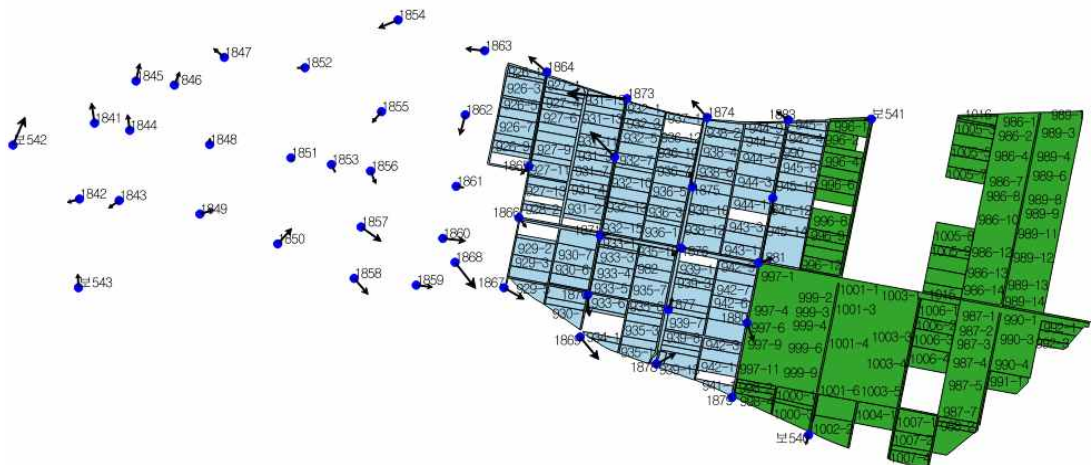
지구에 대해서는 구소삼각, 베셀 좌표, 세계측지계 좌표가 산출되어 있어 그대로 사용하였다. 일죽지구는 2013년 5월 1일 베셀(중부)원점에 의하여 경지정리 완료시행이 되었다.

2.2.2.1 수치지역

[그림 2]의 일죽지구에 대하여 GNSS를 이용하여 지적삼각보조점을 설치하고, 다각망 도선법에 의하여 지적도근점을 설치하여 지적삼각보조점의 경위도 좌표를 이용하여 세계측지계를 산출하였다. 일죽지구에 대하여 GNSS측량에 의한 세계측지계의 경위도를 이용하여 LX-Trans프로그램에 의하여 세계측지계 좌표를 산출하였고, 베셀 좌표에 의한 지적확정측량을 시행하여 세계측지계변환을 실행하였다.

Landy1와 LX-Trans 프로그램을 이용하여 경기도 안성시 일죽면 일죽지구의 수치지역의 변환계수를 정변환(Bessel⇒GRS80)방법에 의한 2차원 부등각 방법으로 GNSS기준점을 이용하여 기준수치지역의 세계좌표변환 계수를 <표 4>와 같이 산정하였다.

공통점들을 선정하기 전에 분포 위치를 분석하여 편중되는 정도를 파악한 후 공통점들의 세계측지계와 변환된 좌표값의 차이를 나타내는 편차분



(그림 2) 일죽지구 베셀(중부)수치지역 세계측지계로 변환 기준점 벡터 분석

〈표 4〉 일죽지구 LX-Trans와 Landy1 베셀(중부)수치 세계측지계로 변환계수

(단위 : m)

구 분	LX-Trans		Landy1	
	변 환 계 수	표준편차	변 환 계 수	변환계수 정밀도 (계수별 RMSE)
축척계수(Sxy)	0.9999912	0.00001134	0.9999912	0.0000000
회전량(Rxy)	-0.0000199	0.00001134	-0.0000199	0.0000000
X원점이동량(Tx)	100305.0847470	5.30015288	100305.0847388	0.0000831
Y원점이동량(Ty)	80.7020708	5.30015288	80.7020929	-0.0001166

포를 벡터화하여 분석할 필요가 있다. 이유는 편차 적용 시 지적도면이 편차만큼 이동되므로 서로 다른 편차 적용 시 지구계 설정을 해야 한다. 공통점 벡터를 분석함으로써 얻는 이점은 공통점 선정 시 원하는 균질성의 규모를 파악할 수 있고, 지구계선을 어떻게 구획하여야 할지 파악이 가능하게 된다. 여기서 공통점 벡터는 세계측지계로 직접 측정된 좌표와 변환하여 도출한 좌표 값의 차이를 방향, 거리 등으로 환산하여 표현할 수 있다. 좌표 값 간의 미세한 차이를 방위각, 거리로 계산하고 이를 QGIS에서 Vector field renderer 툴을 이용하면 시각적으로 벡터표현이 가능하다.

일죽지구의 수치지역은 성과가 양호한 지적기준점 47점을 사용하여 산정하였다. 분석 결과 평균(X=0.0052m, Y=0.0052m)이며, 표준편차(X=0.0062m, Y=0.0069m)이며, 최대오차(X=0.0131m, Y=0.0106m), 최소오차(X=-0.0123m, Y=-0.0280m)로 기준점간 상호 부합 상태가 양호한 것으로 나타났다.

LX-Trans 프로그램을 이용하여 산정된 변환계수는 축척계수(Sxy)는 0.9999912, 회전량(Rxy)은 -0.0000199, X원점이동량(Tx)은 100305.0847470m, Y원점이동량(Ty)은 80.7020708m로 분석되었으며, Landy1 프로그램을 이용하여 산정된 변환계수는 축척계수(Sxy)는 0.9999912, 회전량(Rxy)은 -0.0000199, X원점이동량(Tx)은 100305.0847388m, Y원점이동량(Ty)은 80.7020929m로 분석되었다. 두 프로그램의 통하여 산출된 변환계수 정밀도는 축척계수와 회전량은 동일한 결과 값이 산출되었

고, X, Y축의 원점 이동량은 약간의 차이가 발생하였다. <표 4>는 LX-Trans와 Landy1에 의한 좌표변환 계수를 나타낸 것이다.

2.2.2.2 구소삼각지역

Landy1와 LX-Trans 프로그램을 이용하여 경기도 안성시 일죽면 일죽지구의 구소삼각지역의 변환계수를 정변환(Bessl ⇒ GRS80)방법에 의한 2차원 부등각 방법으로 GNSS기준점을 이용하여 기준수치지역의 세계좌표변환 계수를 산정하였다.

일죽지구의 구소삼각지역은 <표 5>와 같이 성과가 양호한 지적기준점 59점을 사용하여 산정하였다. 분석 결과 평균(X=0.0111m, Y=0.0141m)이며, 표준편차(X=0.0142m, Y=0.0167m)이며, 최대오차(X=0.0383m, Y=0.0357m), 최소오차(X=-0.0264m, Y=-0.0321m)로 기준점간 상호 부합 상태가 양호하다. 또한 평균편차조정을 위해 사용한 공통점 편차량을 비교해 보면 미세한 차이는 발생하지만 거의 일치하는 것으로 분석되었다.

LX-Trans 프로그램을 이용하여 산정된 변환계수는 축척계수(Sxy)는 1.0000663, 회전량(Rxy)은 -0.0033254, X원점이동량(Tx)은 506114.4942004m, Y원점이동량(Ty)은 221829.1402930m로 분석되었으며, Landy1 프로그램을 이용하여 산정된 변환계수는 축척계수(Sxy)는 1.0000663, 회전량(Rxy)은 -0.0033254, X원점이동량(Tx)은 506114.4942004m, Y원점이동량(Ty)은 221829.1402930m로 분석되었다. 두 프로그램의 통하여 산출된 변환계수 정밀도는 축척계수와 회전량, Y축의 원점 이동량은 동

〈표 5〉 일죽지구 구소삼각원점 세계측지계로 변환 성과표

(단위 : m)

순번	기준점명	구소삼각원점 X	구소삼각원점 Y	세계측지계 X	세계측지계 Y	변환 세계측지계 X	변환 세계측지계 Y	X 변환오차	Y 변환오차
1	보540	-6262.08	20221.94	499919.25	242073.23	499919.2444	242073.2440	0.0056	-0.0140
2	보541	-5438.85	20386.87	500743.08	242235.43	500743.0774	242235.4473	0.0026	-0.0173
3	보542	-5499.24	18166.17	500675.30	240014.82	500675.2988	240014.8010	0.0012	0.0190
4	보543	-5871.55	500303.53	240184.16	500303.5231	240184.1602	500303.5231	0.0069	0.0198
5	보373	-5437.29	20388.16	500744.63	242236.75	500744.6418	242236.7322	-0.0118	0.0178
6	보374	-5411.33	21046.79	500772.78	242895.34	500772.7937	242895.3196	-0.0137	0.0204
7	보375	-6196.76	20774.60	499986.40	242625.74	499986.4065	242625.7234	-0.0065	0.0166
8	1841	-5442.86	18377.33	500732.38	240225.80	500732.3847	240225.7875	-0.0047	0.0125
9	1842	-5640.52	18337.62	500534.58	240186.74	500534.5796	240186.7322	0.0004	0.0078
10	1843	-5644.68	18440.40	500530.76	240289.54	500530.7611	240289.5328	-0.0011	0.0072
11	1844	-5461.88	18468.38	500713.66	240316.92	500713.6662	240316.9068	-0.0062	0.0132
12	1845	-5333.49	18485.07	500842.11	240333.18	500842.1202	240333.1710	-0.0102	0.0090
13	1846	-5344.38	18384.31	500831.55	240432.46	500831.5565	240432.4538	-0.0095	0.0062
14	1847	-5272.62	18713.54	500903.73	240561.44	500903.7540	240561.4537	-0.0240	-0.0137
15	1848	-5499.67	18675.01	500676.56	240523.68	500676.5608	240523.6762	-0.0008	0.0038
16	1849	-5680.62	18649.22	500495.52	240498.50	500495.5131	240498.4862	0.0069	0.0138
17	1850	-5759.21	18850.11	500417.61	240699.66	500417.5859	240699.6508	0.0241	0.0092
18	1851	-5335.12	18885.06	500641.81	240733.85	500641.8070	240733.8580	0.0030	-0.0080
19	1852	-5300.28	18922.01	500876.77	240770.02	500876.7854	240770.0295	-0.0154	-0.0095
20	1853	-5552.88	18989.91	500624.39	240838.77	500624.3945	240838.7740	-0.0045	-0.0040
21	1854	-5176.47	19163.42	501001.38	241011.02	501001.4064	241011.0438	-0.0264	-0.0238
22	1855	-5415.33	19119.83	500762.37	240968.23	500762.3856	240968.2452	-0.0156	-0.0132
23	1856	-5570.13	19091.06	500607.48	240939.98	500607.4797	240939.9880	0.0003	-0.0080
24	1857	-5715.67	19066.09	500461.86	240915.50	500461.8470	240915.5004	0.0130	-0.0003
25	1858	-5849.74	19047.55	500327.73	240897.41	500327.7035	240897.4050	0.0235	0.0050
26	1859	-5867.92	19208.30	500310.09	241058.23	500310.0508	241058.2261	0.0302	0.0039
27	1860	-5746.31	19277.38	500431.92	241126.90	500431.9076	241126.9062	0.0124	-0.0062
28	1861	-5610.71	19312.42	500567.64	241161.49	500567.6331	241161.4976	0.0069	-0.0076
29	1862	-5424.39	19336.53	500754.03	241184.97	500754.0456	241184.9897	-0.0156	-0.0197
30	1863	-5257.53	19387.12	500921.06	241235.00	500921.0849	241235.0281	-0.0249	-0.0281
31	1864	-5313.49	19547.96	500865.64	241396.04	500865.6560	241396.0649	-0.0160	-0.0249
32	1865	-5559.46	19500.55	500619.51	241349.46	500619.5121	241349.4697	-0.0021	-0.0097
33	1866	-5692.86	19474.31	500486.02	241323.66	500486.0160	241323.6715	0.0040	-0.0115
34	1867	-5875.44	19435.21	500303.31	241285.17	500303.2939	241285.1761	0.0161	-0.0061
35	1868	-5808.63	19308.72	500369.70	241158.45	500369.6877	241158.4556	0.0123	-0.0056
36	1869	-6004.44	19631.83	500174.97	241482.24	500174.9391	241482.2381	0.0309	0.0019
37	1870	-5895.74	19651.19	500283.73	241501.23	500283.7107	241501.2379	0.0193	-0.0079
38	1871	-5740.32	19685.15	500439.27	241534.67	500439.2540	241534.6833	0.0160	-0.0133
39	1872	-5535.82	19722.41	500643.90	241571.24	500643.8914	241571.2658	0.0086	-0.0258
40	1873	-5383.70	19754.97	500796.12	241603.29	500796.1298	241603.3221	-0.0098	-0.0321
41	1874	-5433.30	19962.41	500747.21	241810.92	500747.2163	241810.9408	-0.0063	-0.0208
42	1875	-5614.15	19923.64	500566.23	241772.76	500566.2254	241772.7696	0.0046	-0.0096
43	1876	-5773.36	19893.70	500406.91	241743.35	500406.9053	241743.3570	0.0047	-0.0070
44	1877	-5933.60	19859.92	500246.57	241710.10	500246.5423	241710.1076	0.0277	-0.0076
45	1878	-6075.52	19829.48	500104.55	241680.13	500104.5117	241680.1376	0.0383	-0.0076
46	1879	-6162.95	20024.49	500017.73	241875.45	500017.7244	241875.4512	0.0056	-0.0012
47	1880	-5969.42	20063.69	500211.40	241914.00	500211.3976	241914.0103	0.0024	-0.0103
48	1881	-5812.30	20094.57	500368.63	241944.36	500368.6307	241944.3698	-0.0007	-0.0098
49	1882	-5643.95	20131.43	500537.11	241980.66	500537.1144	241980.6725	-0.0044	-0.0125
50	1883	-5439.98	20172.13	500741.23	242020.68	500741.2332	242020.6969	-0.0032	-0.0169
51	3591	-5650.53	20346.25	500531.23	242195.55	500531.2483	242195.5286	-0.0183	0.0214
52	3592	-5854.63	20301.32	500326.97	242151.31	500326.9854	242151.2743	-0.0154	0.0357
53	3593	-5894.03	20511.96	500288.27	242362.09	500288.2832	242362.0593	-0.0132	0.0307
54	3594	-6102.61	20255.60	500078.82	242106.40	500078.8369	242106.3759	-0.0169	0.0241
55	3595	-6137.75	20462.76	500044.38	242313.70	500044.3835	242313.6665	-0.0035	0.0335
56	3596	-5947.13	20827.17	500236.22	242677.47	500236.2279	242677.4667	-0.0079	0.0033
57	3597	-5413.22	20826.47	500770.16	242675.01	500770.1709	242674.9912	-0.0109	0.0188
58	3598	-5630.33	20783.83	500552.90	242633.10	500552.9047	242633.0704	-0.0047	0.0296
59	3599	-5588.93	20575.23	500593.61	242424.35	500593.6138	242424.3189	-0.0038	0.0311
평균								0.0111	0.0141
표준편차								0.0142	0.0167
최대								0.0383	0.0357
최소								-0.0264	-0.0321

〈표 6〉 일측지구 LX-Trans와 Landy1 구소삼각지역 변환계수

(단위 : m)

구 분	LX-Trans		Landy1	
	변 환 계 수	표준편차	변 환 계 수	변환계수 정밀도 (계수별 RMSE)
측척계수(Sxy)	1.0000663	0.00000820	0.0000663	0.0000000
회전량(Rxy)	-0.0033254	0.00000820	-0.0033254	0.0000000
X원점이동량(Tx)	506114.4942004	0.16721209	506114.4942004	0.0000002
Y원점이동량(Ty)	221829.1402930	0.16721209	221829.1402930	0.0000000

일한 결과 값이 산출되었고, X축의 원점 이동량은 약간의 차이가 발생하였다. <표 6>은 LX-Trans와 Landy1에 의한 좌표변환 계수를 나타낸 것이다.

3. 좌표변환 분석 결과

3.1 수치지구계 좌표변환 비교분석

연구대상지역에 대한 좌표 변환을 분석한 결과 <표 7>과 같이 마둔지구는 총 필지 수는 251필지로 변환 전 면적의 합은 603,312.083m²이며, 변환 후 면적은 603,305.106m²로 0.028m²의 면적 차가 발생하였다. 일측지구 수치지역 필지 분석한 결과와 같이 총 필지 수는 193필지로 변환 전 면적의 합은 441,110.074m²이며, 변환 후 면적은 441,102,313 m²로 0.04m²의 면적 차가 발생하였다. 그리고 변환 면적의 차이와 편차 면적 차이는 평균 0.04m²으로 나타났고, 변환 둘레길이 차와 편차 둘레길이 차

는 0.003m로 나타났다. 또한, 세계측지계와 중부의 경계점등록부 지역의 지구계의 차이는 <표 8>과 같이 X축으로 0.000~0.006m, Y축 0.002~0.006m이며 평균 편차는 X축 -0.003m, Y축 0.004m로 오차범위 0.1m 이내이므로 좌표변환이 가능하지만 도면상에서는 지구계좌표를 일치시켜야 한다고 판단된다.

실험대상지구인 안성시 금광면 마둔지구 경계 등록부지역으로서 매우 정밀한 기준점 측량성과가 요구되는 지역으로서 지적공부의 세계측지계변환도 또한 높은 정확도를 필요로 한다. 최근에 경지 정리 구획정리 확정측량을 실시함에 있어서 구소삼각원점, 중부원점 세계측지계에 의하여 지적적삼각보조점 및 지적도근점을 설치하여 확정측량을 실시한 지역으로 수치지구계의 오차량이 최소화된 지역이다. 분석결과 변환 면적의 차이와 편차 면적 차이는 평균 0.028m²으로 나타났고, 변환 둘레길이 차와 편차 둘레길이 차는 0.002m로 나타났다.

좌표변환방법의 검토를 위해 당초 경기도 안성

〈표 7〉 좌표변환 수치지역 필지분석

(단위 : m)

구 분	마둔지구	일측지구
필지 수	251필지	193필지
변환 전 면적	합 : 603,312.083m ²	합 : 441,110.074m ²
기본 변환 면적	합 : 603,305.106m ²	합 : 441,102,313m ²
변환 면적 차이	평균 : 0.028m ²	평균 : 0.04m ²
편차 면적 차이	평균 : 0.028m ²	평균 : 0.04m ²
변환 둘레길이 차	평균 : 0.002m	평균 : 0.003m
편차 둘레길이 차	평균 : 0.002m	평균 : 0.003m

<표 8> 마둔지구 수치지구계 좌표변환 비교

(단위 : m)

번호	세계측지계 수치지표(A)		중부수치 좌표변환좌표(B)		A-B	
	X	Y	X	Y	ΔX	ΔY
1	487564.500	225553.630	487564.500	225553.624	0.000	0.006
2	487560.590	225550.800	487560.590	225550.794	0.000	0.006
3	487539.730	225582.190	487539.730	225582.184	0.000	0.006
4	487532.440	225596.560	487532.440	225596.554	0.000	0.006
5	487526.440	225608.810	487526.440	225608.804	0.000	0.006
6	487521.820	225622.080	487521.821	225622.074	-0.001	0.006
7	487521.510	225633.630	487521.511	225633.624	-0.001	0.006
8	487523.660	225645.890	487523.661	225645.884	-0.001	0.006
9	487521.620	225645.790	487521.621	225645.784	-0.001	0.006
10	487518.140	225648.270	487518.141	225648.264	-0.001	0.006
11	487493.250	225657.840	487493.251	225657.834	-0.001	0.006
12	487479.530	225663.140	487479.531	225663.134	-0.001	0.006
13	487465.900	225668.490	487465.901	225668.484	-0.001	0.006
14	487457.000	225671.940	487457.002	225671.935	-0.002	0.005
15	487437.840	225679.360	487437.842	225679.355	-0.002	0.005
16	487409.800	225690.270	487409.802	225690.265	-0.002	0.005
17	487382.610	225700.790	487382.612	225700.785	-0.002	0.005
18	487351.550	225713.190	487351.553	225713.186	-0.003	0.004
19	487333.930	225719.910	487333.933	225719.906	-0.003	0.004
20	487327.070	225722.540	487327.073	225722.536	-0.003	0.004
21	487299.100	225733.180	487299.103	225733.176	-0.003	0.004
22	487270.470	225744.090	487270.473	225744.086	-0.003	0.004
23	487243.760	225754.750	487243.764	225754.747	-0.004	0.003
24	487236.160	225757.300	487236.164	225757.297	-0.004	0.003
25	487214.910	225765.590	487214.914	225765.587	-0.004	0.003
26	487186.490	225776.820	487186.494	225776.817	-0.004	0.003
27	487158.890	225787.480	487158.895	225787.477	-0.005	0.003
28	487133.800	225797.150	487133.805	225797.148	-0.005	0.002
29	487127.630	225799.370	487127.635	225799.368	-0.005	0.002
30	487104.110	225808.640	487104.115	225808.638	-0.005	0.002
31	487075.580	225819.940	487075.585	225819.938	-0.005	0.002
32	487069.520	225822.340	487069.526	225822.338	-0.006	0.002
33	487065.560	225823.910	487065.566	225823.908	-0.006	0.002
34	487059.750	225826.220	487059.756	225826.218	-0.006	0.002
평균					-0.003	0.004

시 일측면 일측지구를 대상으로 분석하였다. 계산 특성상 조건은 해당 지역이 경계점좌표등록부 시행지역(수치지역)이어야 하고, 등록 당시 사용된 기지점이 현재 존재하고, 공통점으로 활용할 수 있어야 하며, 도근측량계산부와 경계(보조)점 관측 및 좌표계산부, 지번별 면적조서 등이 필요하다. 그러나 이러한 관측부가 누락되거나 기지점이 망실 또는 재설치된 경우 계산 자체가 불가능하게 된다. 대부분의 기지점이 최근의 것은 대체로 존재하는데 4~5년전 이상 오래된 기지점은 망실, 재설치되어 자료누락, 기준점 망실 등으로 좌표계

계산법으로 수행이 불가능한 지역이 대부분으로 파악되었다.

일측지구 수치지구계 좌표변환을 비교하면 <표 9>와 같이 세계측지계와 중부의 경계점등록부 지역의 지구계의 차는 평균 ΔX는 -0.043m이고 ΔY는 0.106m로서 연결오차가 0.1m 이내 이므로 변환이 가능하였고 지구계의 미미한 오차가 발생함을 알 수 있었다. 이지구의 수치지구계 좌표변환 비교에서 보면 공통점을 선정함에 있어서 GNSS에 의하여 지적삼각보조점과 지적도근점을 각기 다른 시점에 설치함으로써 지구계의 오차가 발생함을

〈표 9〉 일족지구 수치지구계 좌표변환 비교

(단위 : m)

번호	세계측지계 수치지표(A)		중부수치 좌표변환좌표(B)		A-B	
	X	Y	X	Y	ΔX	ΔY
1	500743.010	242129.180	500743.047	242129.073	-0.037	0.107
2	500533.820	242087.910	500533.868	242087.807	-0.048	0.103
3	500352.940	242052.580	500352.979	242052.471	-0.039	0.109
4	500349.040	242051.820	500349.079	242051.711	-0.039	0.109
5	500349.900	242049.140	500349.938	242049.031	-0.038	0.109
6	500368.450	241947.480	500368.496	241947.372	-0.046	0.108
7	500358.240	241945.370	500358.286	241945.262	-0.046	0.108
8	500153.700	241904.730	500153.747	241904.627	-0.047	0.103
9	500020.230	241878.160	500020.278	241878.059	-0.048	0.101
평균					-0.043	0.106

알 수 있었다.

안성시 금광면 마둔지구 구소삼각지역 변환에 필지분석에 있어서는 수치지역에서 제외된 필지를 구거 및 도로선으로 지구계를 분리하여 면적 변환을 지적도면의 세계측지계 좌표변환 후 소관청 단위 일부 지역을 대상으로 면적을 비교하였다. 변환성과가 좋지 않은 지역에서는 면적 차이가 클 수밖에 없지만 대부분 필지수가 많은 점을 감안하면 비교적 양호하게 산출되었으며, 실제 필지별 반올림된 면적의 합산으로 인해 면적의 증감이 많이 발생되었다.

3.2 구소삼각지역 좌표변환 비교 분석

세계측지계와 중부의 경계점등록부 지역의 지구계의 차는 평균 ΔX 는 $-0.003m$ 이고 ΔY 는 $0.004m$ 로서 산출되어 매우 양호한 것으로 나타났다. 그리고 연결오차가 $0.1m$ 이내 이므로 변환이 가능하였고 지구계는 미미한 오차가 발생함을 알 수 있었다. 이러한 결과는 각각의 필지 경계점이 세계좌표로 변환함에 있어 불규칙적으로 변환되는 것이 아니라 일률적으로 양호하게 변환되었다는 것을 의미한다. 마둔지구 수치지구계 좌표변환 비교에서 보면 공통점을 선정함에 있어서 GNSS에

의하여 지적삼각보조점과 지적도근점을 모든 측지계 좌표를 동시에 설치함으로써 지구계의 오차가 발생하지 않는 것을 알 수 있었다.

마둔지구 구소삼각지역 변환에 필지분석에 있어서는 수치지역에서 제외된 필지를 구거 및 도로선으로 지구계를 분리하여 면적 변환을 지적도면의 세계측지계 좌표변환 후 소관청 단위 일부 지역을 대상으로 면적을 비교하였다. 변환성과가 좋지 않은 지역에서는 면적 차이가 클 수밖에 없지만 대부분 필지수가 많은 점을 감안하면 비교적 양호하게 산출되었으며, 실제 필지별 반올림된 면적의 합산으로 인해 면적의 증감이 많이 발생되었다.

연구대상지역인 마둔지구와 일족지구 구소삼각지역을 분석한 결과 <표 10>과 같다. 마둔지구는 총 필지 수는 311필지로 변환 전 면적의 합은 $360,337.433m^2$ 이며, 변환 후 면적은 $360,369.404m^2$ 로 $0.103m^2$ 의 면적 차가 발생하였다. 그리고 변환 면적의 차이와 편차 면적 차이는 평균 $0.103m^2$ 로 나타났고, 변환 둘레길이 차와 편차 둘레길이 차는 $0.008m$ 로 나타났다. 일족지구 구소삼각지역 필지 분석한 결과 총 필지 수는 332필지로 변환 전 면적의 합은 $434,434.380m^2$ 이며, 변환 후 면적은 $434,496.755m^2$ 로 $-0.188m^2$ 의 면적 차가 발생하였다. 그리고 변환 면적의 차이와 편차 면적 차이는 평

〈표 10〉 좌표변환 구소삼각지역 필지분석

구 분	마둔지구	일죽지구
필지 수	311필지	332필지
변환 전 면적	합 : 360,337.433m ²	합 : 434,434.380m ²
기본 변환 면적	합 : 360,369.404m ²	합 : 434,496.755m ²
변환 면적 차이	평균 : 0.103m ²	평균 : -0.188m ²
편차 면적 차이	평균 : 0.103m ²	평균 : -0.188m ²
변환 둘레길이 차	평균 : 0.008m	평균 : -0.014m
편차 둘레길이 차	평균 : 0.008m	평균 : -0.014m

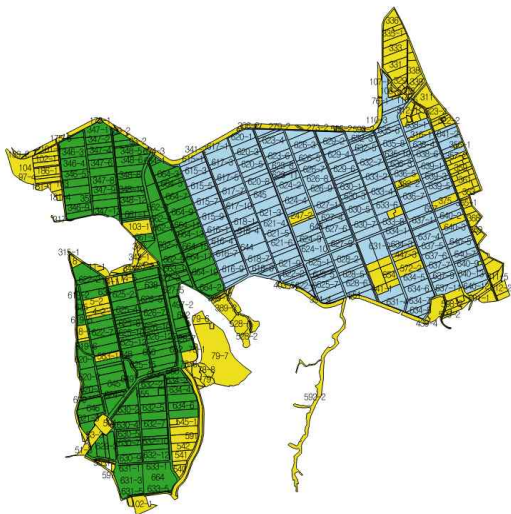
균 -0.188m²으로 나타났고, 변환 둘레길이 차와 편차 둘레길이 차는 -0.014m로 나타났다.

마둔지구에 대한 세계측지계 경계점등록부 지역에 대해서는 좌표변환을 실시하지 않고 지적도면을 그대로 사용을 하였으며, 중부좌표계에 의하여 확정측량이 완료된 지역에 대해서는 지적삼각 보조점 및 지적기준점을 이용한 좌표변환 계수로 좌표변환을 실시하여 지적도면을 만들 수 있었다.

구소삼각원점에 대한 좌표변환은 도해지역으로서 확정측량당시의 기준점을 활용하여 좌표변환을 실시 마둔지구와 일죽지구의 세계측지계 좌표변환 지적도는 [그림 3]과 [그림 4]와 같다.



(그림 4) 일죽지구 세계측지계 좌표변환 지적도



(그림 3) 마둔지구 세계측지계 좌표변환 지적도

3.3 좌표변환 고찰

좌표 재계산방식의 분석 결과 세계측지계로 전환 시 경계복원이라는 물리적 공간상의 위치에는 변동이 없지만, 좌표라고 하는 논리적 공간에는 변동이 불가피할 것으로 보인다. 그러나 기하학적으로 미세한 변경으로 필지면적의 변동이 발생되는데 이는 2013년도 공간정보연구원에서 개발한 미세조정 S/W를 이용하여 어느 정도 극복할 수 있을 것이라 본다. 이 미세조정은 미세한 면적의 차이를 1cm단위로 격자점에 지정된 경로로 이동하여 면적조건에 부합하면 그 위치로 결정하는 방식이다. 그러나 미세조정은 어디까지나 1cm단위에서 조정되는 것이어서 면적조건이 반드시 충족되리라는 보장은 없다. 왜냐하면 필지의 점간거리가 길수록 면적변화량이 커져 결정면적 0.1m²까지

세밀하게 만족될 확률이 떨어지기 때문이다.

좌표 재계산을 위한 과거의 자료가 있더라도 파일 상으로 존재하지 않고 종이로 출력하여 보관되고 있는 경우 일일이 거리와 각을 입력하는 데에 시간이 많이 소모되며, 추가로 분할선이 있을 경우 측량결과도의 자료를 찾아서 포함시켜야 한다. 그리고 측량결과도 상에 각, 거리와 좌표, 면적이 서로 일치하지 않은 경우 세밀한 원인분석이 필요하게 된다. 만약 결과도 상 각, 거리, 면적 등의 오류가 발견되면 그에 따른 정비를 위한 시간, 노력 비용이 많이 들 수밖에 없다. 좌표 재계산방법은 측량 자료, 현장의 기준점 등 필수적이거나, 거리만 변동이 없을 뿐 기준점 좌표 값의 기하학적 변형에 민감하므로 면적증감발생은 불가피할 것이다. 면적증감의 최소화 방안은 경계미세조정 S/W로 어느 정도 해결가능성이 있지만 확률적인 것이며, 지나친 의존은 현실경계와 차이를 발생시킬 수 있다.

따라서 좌표재계산방식의 수행가능 판단은 과거 확정자료와 현장의 기준점 존재, 토지이동정리의 무결성 등의 조건이 따른다. 그리고 면적증감발생은 불가피하므로 미세조정방안을 고려할 수 있지만 경계점의 거리에 따라 조정여부가 달라지므로 한계가 있다. 경계점좌표등록부 시행지역에 좌표 재계산법을 이용한 세계측지계변환은 법률 또는 제도적으로 면적오차가 적절히 허용되도록 개선할 필요가 있다.

4. 결 론

최근 인공위성을 이용한 측량 및 통신기술 발달로 위치측정의 범위가 국지적인 소규모 영역에서 지구 전체를 대상으로 확대되고 있다. 우리나라 지적측량 기본은 일본지형에 적합한 동계측지계로 우리나라 지형에 부적합하며, 세계측지계와 편차를 발생시키는 원인으로 밝혀졌다. 2020년 12월 31일까지 기존의 지적정보에 대해 새로운 측지계인

세계측지계로의 전환이 전면적으로 시행된다. 본 연구는 세계측지계 좌표변환의 효과적이고 일관성 있는 추진을 위해 세계좌표변환으로 파생되는 제반 문제점 중 불부합지 해소방안을 제시하기 위하여 경기도 안성시 일죽면 일죽지구, 금강면 마둔지구를 대상으로 선정하여 연구를 수행하였다. 기존수치지역과 구소삼각지역의 세계측지계 좌표변환을 수행한 결과 다음과 같은 결론을 도출하였다.

첫째, 좌표등록부에서 제외된 필지에 대해서는 좌표변환이 불가능한 것으로 수치지구계와 일치하도록 조정하는 것이 타당하였다.

둘째, 도해지역을 세계측지계 좌표로 변환 할 경우에는 면적오차 허용범위 및 경계점에 대한 연결오차 허용범위가 인정되기 때문에 변환 후의 면적 및 경계점에는 큰 영향을 미치지 않으나, 수치지역에서는 이와 다르게 오차의 허용이 인정되지 않기 때문에 필지의 좌표면적과 대장면적이 불일치하게 되었다.

셋째, 구소삼각원점으로 좌표변환을 실시한 좌표를 이용하여 세계측지계 좌표변환을 실시하였으나 면적 및 둘레길이의 변화량은 극히 미소한 것으로 나타나 공통점에 대한 확보가 정확하게 된다면 경계점 좌표등록부지역에 있어서 2번의 변환을 통해서도 세계측지계로의 좌표변환이 가능하였다.

넷째, 실험 결과를 통한 지적불부합지 해소 방안은 앞으로 세계측지계에 의한 지적확정측량을 실시하는 경우에는 증부에 의한 경계점 좌표등록부지역에 접하여 확정측량을 실시하고, 세계측지계에 의한 좌표변환을 실시하여 지적공부를 등록한 다음에 실시를 하여야 경계점 좌표등록부지역의 이격, 공백, 중복 등의 오류가 발생하지 않도록 하여야 할 것이다.

본 연구 결과는 면적의 증감은 다소 있으나 지적측량의 정확도 기준을 만족함은 물론 현실적인 필지단위의 측량에서는 표현이 불가능한 미량인 것으로 나타났으나, 향후 지적측량의 고도화 또는 국가단위의 지적사업에 정확도 판단기준의 논리적 근거를 제시할 수 있는 것으로 나타났다. 그리고

중부지역좌표계 기반의 기존 수치지역과 구소삼각
원점 기반의 도해지역을 대상으로 2차원부등각변
환 방법으로 지구계에 대한 좌표변환이 가능함을
제시하였다.

〈감사의 글〉

본 연구는 충남대학교 학술연구비 지원으로 수
행되었습니다.

〈참고문헌〉

1. 경기도, 「지적공부 세계측지계 변환백서」, 2010.
2. 광재하, 김광수, 강인준, “선형 및 비선형 좌표
변환의 정확도 비교 연구”, 「한국지적학회지」,
제15권 제2호, 1999.
3. 권윤영, 서춘욱, 윤희천, “세계측지계 변환에 따
른 지적도의 좌표변환 연구”, 「한국지적학회지」,
제33권 제1호, 2017.
4. 국립지리원, 「무결점 수치지도 제작 연구」, 2000.
5. 국립지리원, 「수치지도 좌표계전환 연구(Ⅰ)」,
2001.
6. 김감래, 최원준, 임건혁, “GPS성과를 매개로 한
구소삼각과 일반원점성과의 계통적 변환”, 「한
국측량학회 2003년도 추계학술발표회 논문집」,
2003.
7. 배태석, 김정희, 윤종성, 정재준, “세계측지계
전환에 따른 우리나라 행정구역도상 면적 변
화”, 「한국측량학회지」, 제30권 제3호, 2012.
8. 신동빈, “세계측지계의 체계적 적용방안에 관
한 연구”, 「한국측량학회지」, 제26권 제2호,
2008.
9. 양철수, 양근우, “세계지적계 전환에 따른 지적
측량의 거리 및 면적 변화 연구”, 「한국지적학
회지」, 제28권 제2호, 2012.
10. 이석기, 김기원, “세계측지계 좌표기준으로 평
가한 지역측지계 지적기준점의 정확도 분석”,
「한국지적정보학회지」, 제14권 제1호, 2012.
11. 전영길, 조지현, “세계측지계 좌표변환계수를
이용한 지적불부합지 추정에 관한 연구”, 「한
국지적정보학회지」, 제15권 제2호, 2013.
12. 조만승, 박민호, 최승영, “세계측지계 기반 지적
기준점망 구축방안 연구”, 「한국지적학회지」,
제29권 제2호, 2013.
13. 조재관, 최윤수, 권재현, 이보미, “GIS 기본도
및 DB의 세계측지계 좌표변환 정확도 분석에
관한 연구”, 「한국지형공간정보학회지」, 제16
권 제3호, 2008.
14. 홍창기, 권재현, 이현직, 이원진, “세계측지계
전환활성화를 위한 변환방법 연구”, 「한국측량
학회지」, 제27권 제1호, 2009.
15. 행정자치부, 「Digital 지적제도 구현을 위한 세
계측지계 전환계획」, 2006.
16. Bevin, Tony, *Cadastre 2014 Reforms in New
Zealand*, New Zealand Institute of Surveyors
& FIG Commission VII *Conférence & AGM*.
NEW ZEALAND, 1999.
17. Danial, N. F., *Space Resection with Distance*,
ASSM, ASP, Technical paper. 1983.
18. Lischten, S. M., and Bonder, J. S., “Strategies
for High Precision GPS Orbit Determination”,
Journal of Geophysical Research, Vol. 92, No.
B12, 1987.
19. Rapp, R. H., *Gemetric Geodesy*, The Ohio
State University, Columbus, Ohio. 1991.
20. Wolf, Paul R., Dewitt, Bon A., *Elements of
Photogrammetry with applications in GIS*,
Boston : McGraw Hill, Third edition. 2000.

(접수일 2018.01.08, 심사일 2018.03.10, 심사완료일 2018.03.23.)