

세계측지계 변환성과를 이용한 지적측량의 오류 유형 분석

Error Type Analysis of Cadastral Surveying Using World Geodetic System Transformation Results

원 영 길* · 홍 성 언**

Won, Young Gil · Hong, Sung Eon

요약

본 연구에서는 세계측지계 변환성과를 이용해 지적측량 현장 적용의 실험 및 분석작업을 통해 지적측량 수행에 따른 여러 오류 유형을 검토하고, 이에 대한 개선방향을 모색해 보고자 하였다. 연구성과는 다음과 같다. 지적측량 수행에 따른 오류 유형을 실증적으로 분석하기 위해 연구지역을 선정하여 실험연구를 진행하였다. 실험연구 결과, 가감성과를 규칙적으로 관리하고 있는 지역에서는 필지의 위치변동이 발생하지 않았다. 가감성과 불규칙 지역은 가감량의 조정에 따라 지역 필지들이 전체적으로 위치변동이 발생하게 되어 인접 필지와 중복이나 공백 등의 지적불부합이 발생하고 있는 것으로 나타났다. 수치 인접 도해지역의 경우, 인접 지역의 필지들에서 지역별로 중복과 공백의 오류가 발생하는 것으로 나타났다. 가감량을 재조정하여도 접합지역마다 3~4cm정도 이격(중복 및 공백)이 발생하는 것으로 나타났다. 세계측지계 변환도면을 지적측량 현장에 적용함에 있어서는 초기부터 오류 발생 상황을 면밀히 모니터링하여 필요한 부분은 재측량 등을 통해 정비를 시행하여야 할 필요가 있는 것으로 나타났다.

주요어 : 세계측지계 변환성과, 지적측량, 오류 유형, 지적불부합

ABSTRACT

In this study, we attempted to review various types of errors in performing cadastral surveys through experiments and analysis of field application of cadastral surveys using the world geodetic system transformation result and seek ways to improve them. The research results are as follows. In order to empirically analyze the types of errors resulting from cadastral survey performance, a study area was selected and an experimental study was conducted. As a result of the experimental study, no changes in the location of parcels occurred in areas where additive and subtractive performance was regularly managed. In addition and irregular areas, it was found that the overall location of local parcels changed due to the adjustment of addition and subtraction, resulting in cadastral non-consistencies such as overlap with adjacent parcels or spaces. In the case of digitally adjacent mapped areas, it was found that errors of duplication and blank space occurred in each area in parcels in adjacent areas. Even when the addition and subtraction amounts were readjusted, a gap of about 3 to

* 주저자, 정회원·LX공사 충북지역본부 옥천보은지사 주임(E-mail: wyg4165@lx.or.kr)

** 교신저자, 정회원·경주대학교 지적학과 교수(E-mail: hongsu2005@cju.ac.kr)

4 cm (overlap and gap) occurred in each adjacent area. When applying the world geodetic system transformation maps to cadastral survey fields, it was found that it was necessary to closely monitor errors from the beginning and carry out maintenance through re-surveying of necessary areas.

Keywords : World Geodetic System Transformation Result, Cadastral Survey, Error Type, Cadastral Non-Consistence

1. 서 론

2009년 지적법, 측량법, 수로업무법이 「측량·수로조사 및 지적에 관한 법률」로 통합(법률 제9774호)되면서 측량의 기준이 되는 위치값을 세계측지계로 표시하는 것으로 규정(법 제6조)하였다. 그리고 이에 따른 경과조치로 부칙 제5조에서는 2020년 12월 31일까지 도해지역에서 지적측량의 경우 지역좌표계를 병행할 수 있도록 규정하였다. 이러한 법률적 근거에 따라 지적분야에서는 지적제조사사업의 일환으로 세계측지계 변환을 추진하였다. 지적제조사사업 따른 세계측지계 변환은 부합지를 대상으로 2013년부터 시작하여 2020년까지 전국 지적도면 약 70만장의 변환작업을 완료하였다. 변환이 완료된 지적도면은 부동산종합공부시스템에 등록된 후 2021년 5월부터 지적측량 현장에 적용하고 있다.

세계측지계는 국제표준의 좌표체계로 유럽, 미국, 호주, 일본 등의 국가에서 사용하고 있는 선진 측지계이다. 이러한 선진 측지계의 도입이라는 의미와 함께 기존 동경측지계 기반에 따른 일제잔재의 청산도 가능하다. 특히, 우리나라의 통일된 측량기준 적용이 가능하기 때문에 측량성과의 균질성 확보는 물론, 지형도·지적도·해도를 통일된 좌

표계로의 표현 또한 가능하다. 이와 같이 세계측지계를 도입함으로써 정확한 측량성과를 기반으로 위치정보의 공유가 가능해지기 때문에 공간정보산업의 활성화를 유도할 수 있고, 4차 산업혁명시대 정보화 사회 구현의 촉진에 기여할 수 있다.

세계측지계 변환성과를 이용한 지적측량의 시행은 아직 시행 초기이다. 따라서 변환에 사용된 기준점(공통점)과 주변 기준점과의 성과부합 여부나 기준점에 의한 지적세부측량을 수행함에 있어 오류 발생현황에 대한 체계적인 점검이 요구된다. 이와 같은 지속적인 점검을 통하여 지적측량 현장에서 정확한 성과결정을 위한 세부적인 지적측량 방식을 제공함으로써 지적측량이 장기적으로 정확하게 수행되기 위한 기반의 마련이 필요하다.

본 연구의 주제와 관련된 선행연구 성과를 검토해 보면, 세계측지계 변환 시점부터 완료 시점까지인 2013년부터 2020년까지는 주로 세계측지 변환 방법·절차와 이에 대한 정확도 분석에 관한 실험 및 실증연구와 관련된 연구들이 많이 진행되었다. 또한 이 과정에 세계측지계 변환을 위한 전산 시스템의 개발 등에 관한 연구가 진행되었다.¹⁾ 변환을 완료한 2020년 이후부터는 주로 세계측지계 변환성과에 대한 지적측량 적용 및 반영에 관한 실증분석에 관한 연구가 이루어지고 있다.²⁾ 선행

1) 남권모·김진·정완석·박문재·김종고, “경계점좌표등록부 지역 세계측지계변환 연구”, 2013 한국지적학회 춘계학술대회 논문집, 2013, pp.59-66; 박연수, “지역좌표의 세계좌표 변환 성과 검증 및 정확도 향상 방안”, 석사학위논문, 청구대학교 대학원, 2014; 양철수, “지적도면의 세계측지계 좌표변환 프로세스에 대한 연구”, 「한국측량학회지」, 제32권 제4-2호, 2014, pp.401-412; 정하늘, “관측각과 거리를 이용한 세계측지계 변환 성과의 정확도 분석 및 확대적용 방안 연구”, 석사학위논문, 서울시립대학교 대학원, 2016; 권윤영·서준욱·윤희천, “세계측지계 변환에 따른 지적도의 좌표변환 연구”, 「한국지적학회지」, 제33권 1호, 2017, pp.131-141; 남권모, “세계측지계 기반의 지적측량 기준점 검사시스템 개발”, 석사학위논문, 경일대학교 대학원, 2013.

2) 김일, “세계측지계 변환 지적도면의 지적측량 적용 실증 분석”, 「한국지적정보학회지」, 제22권 1호, 2020, pp.3- 17

연구의 경우 주로 세계측지계 변환성과의 검증이나 지적측량 적용의 정확도 분석이 많이 이루어졌으나 실제 변환된 도면을 이용한 현장 측량 적용에서의 오류 유형에 대한 연구는 상대적으로 많이 진행되지 못하였다.

본 연구에서는 세계측지계 변환성과를 이용해 지적측량 현장 적용의 실험 및 분석작업을 통해 지적측량 수행에 따른 여러 오류 유형을 분석하고, 이에 대한 개선점을 모색해보고자 한다.

2. 세계측지계 및 변환 방법

세계에서 공통으로 이용할 수 있는 위치의 기준을 세계측지계 또는 지구중심좌표계라고 한다. 세계측지계에서는 지구를 가장 잘 근사하고 있는 지구타원체(준거 타원체)로 지구상의 위치를 경도·위도 및 평균 해면으로부터의 높이로 나타내거나 지구중심을 원점으로 하는 3차원 직교좌표계를 이용해 나타낼 수도 있다. 지구상에서의 경도, 위도로 나타내기 위한 기준이 되는 좌표계 및 지구의 형상을 나타내는 타원체로서 세계 각국에서 공통으로 이용할 수 있는 것을 목적으로 구축된 것이다. 지구중심좌표계는 개념으로서는 하나의 좌표계지만 나라마다 채택하는 시기나 구축에 해당하는 상세한 수법 및 실험 정밀도가 다르며, 대표적으로 ITRF(International Terrestrial Reference Frame), WGS(World Geodetic System), NAD(North American Datum), PZ(Parametry Zemli) 등이 있다. 우리나라의 경우 ITRF를 채택하고 있으며,³⁾ IERS(International Earth Rotation Ser-

vice)에서 발표한 ITRF2000좌표계와 IUGG(International Union of Geodesy and Geophysics)에서 채택한 GRS80타원체를 기준으로 하고 있다.⁴⁾

세계측지계 변환 방법에는 2차원 변환과 3차원 변환방법이 있다. 지적공부 세계측지계 변환의 경우 2차원 변환 방법 중에서 등각변환인 Helmert 변환을 이용하였다. Helmert 변환은 축척, 회전, 원점이동량(X, Y) 4개의 인자에 의하여 좌표변환이 이루어진다. 2차원 등각변환인 Helmert 변환은 두 개의 서로 다른 평면좌표시스템에서 축척, 회전, 원점 이동량을 결정하고 상호 변환하는 방법이다. 두 좌표 시스템에서 축척은 차원을 동일하게 하고, 회전은 두 축이 평행하도록 기준축을 만들며, 이동량은 두 좌표시스템의 공통원점을 만들게 된다. 좌표변환은 먼저 2개 이상의 지역좌표와 세계좌표를 가지고 있는 공통점에서 4개의 상수인 a, b, c, d를 구한 다음에 이것을 구하고자 하는 지역좌표계에 적용하여 세계측지계 좌표로 변환을 수행하는 것이다. 4개의 상수는 $Scos\theta = a$, $Ssin\theta = b$, $TX = c$, $TY = d$ 로 정의되고, 축척변환과 회전 변환 및 원점이동의 순으로 이루어진다.⁵⁾

3. 실험 및 분석

3.1 실험

3.1.1 연구 대상지역 선정

본 연구에서는 세계측지계 변환성과를 지적측량 현장에 실제 적용해 보고 이에 대한 분석을 통해

; 박효원·홍성언, “세계좌표 변환성과의 지적공부 반영을 위한 실증분석 연구”, 『한국지적학회지』, 제37권 1호, 2021, pp.99-111; 서용수, “세계측지계 변환에 따른 지적도 도곽선 구획에 관한 연구”, 『한국지적정보학회지』, 제23권 3호, 2021, pp.11-23.

3) 박문재, “지적도면의 세계측지계 변환을 위한 효율적인 공통점 선정에 관한 연구”, 석사학위논문, 서울시립대학교 도시과학대학원, 2015, pp.11-12.

4) 국토교통부, 『지적공부의 세계측지계 변환규정(안)』, 2014.

5) 정완석·강상구, “3변수를 이용한 지적공부의 세계측지계 변환 연구”, 학술지 『지적』, 통권 제369호, 2014, pp.143-144.

오류 유형을 파악해 보고자 실험을 위한 연구 대상지역을 선정하였다. 연구 대상지역의 선정은 세계측지계 변환성과 적용의 다양한 오류 유형을 도출하기 위해 크게 3가지 고려 요소를 적용해 선정하였다. 첫째는 세계측지계 변환에 따른 도근성과 적용의 가감성과가 규칙적인 지역으로 선정하였다. 둘째는 가감성과가 규칙적인 지역과 비교를 위해 가감성과가 불규칙한 지역을 선정하였다. 끝으로 2022년 수치지역인 경계좌표등록부 시행지역에 대한 세계측지계 변환을 완료하고 2023년까지 부동산종합공부시스템에 등록하여 현장 적용을 계획하고 있다. 따라서 연구에서는 수치지역의 세계측지계 변환 이전 도해 인접지역에서의 오류 유형에 대해 검토하고자 수치지역과 인접해 있는 도해지역을 선정하였다.

연구에서는 이상의 연구 대상지역 선정의 고려요소를 반영해 가감성과가 규칙적인 지역(A)으로 청주시 흥덕구 옥산면 국사리 일원을 선정하였다. 또한 가감성과 불규칙한 지역(B)으로 청주시 흥덕구 강내면 월곡리 일원을 선정하였다. 이 지역은 도근성과 지역과 현형 성과 지역이 인접해 있는 이중성과 지역이다. 끝으로 수치 인접 도해지역(C)으로 청주시 흥덕구 옥산면 가락리 일원을 선정하였다. 이 지역은 도해지역과 인접해 지적확정측량이 이루어진 경계좌표등록부 시행지역이다. 연구수행과 관련한 필요 자료는 한국국토정보공사의 협조를 얻어 진행하였다. [그림 1]은 연구

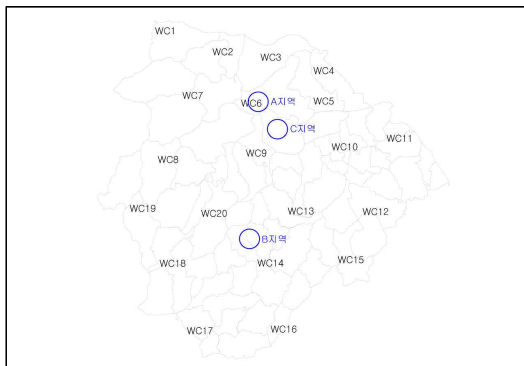
대상지역의 위치를 나타낸 행정구역도를 나타낸 것이다.

3.1.2 변환성과의 지적측량 적용 실험

연구지역 도근점에 대한 세계측지계 관측성과를 취득하고, 이 점들을 이용하여 대상지역 필지들을 대상으로 세부측량을 시행하였다. 일필지 측량을 수행함에 있어 도근점의 가감성과는 실무에서 적용하고 있는 가감량을 기준으로 측량하였다. 대상지역 필지의 선정은 기존 성과와의 차이를 비교분석하기 위해 기존 측량 이력이 있는 필지를 대상으로 하였다.

연구에서는 가감성과 규칙 지역, 가감성과 불규칙 지역, 수치 인접 도해지역에서 각 5필지를 선정하여 경계측량을 시행하였다. 일필지 측량을 시행하고 이 성과에 대해 규칙지역에서는 기존 성과와 부합하는지 여부를 조사하였고, 가감성과 불규칙 지역에서는 실제 결정된 두 성과의 가감량을 각각 부여하여 기존 성과와 비교분석하였다. 또한 가감량을 변경하였을 경우 이중성과 인접지역에서의 오류 유형을 분석하였다. 수치 인접 도해지역 역시 가감성과 불규칙 지역과 동일하게 실험을 진행하여 오류 유형을 분석하였다.

연구 대상지역에서의 측량은 전자평판측량 장비를 이용하여 시행하였고, 측량기간은 2022년 9월 13일에서 9월 30일까지 진행하였다. [그림 2]는 연



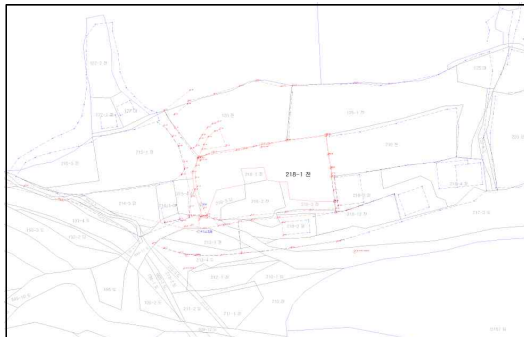
[그림 1] 연구 대상지역의 위치도(행정구역도)



[그림 2] 연구지역 일필지 측량 모습

구대상 지역별 현장 측량 모습을 나타낸 것이다.

가감성과 규칙 지역에서는 과거 측량 이력이 있는 총 5필지에 대한 일필지 측량을 시행하였다. 경계측량을 시행하고 산출된 좌표값을 이용하여 좌표면적 계산법으로 면적까지 함께 계산해 산출하였다. 대상 필지의 번지는 218-1번지, 126번지, 218-3번지, 127-1번지, 215-5번지이다. 먼저 218-1번지 필지는 2021년 11월에 경계복원측량이 이루어진 필지로 이 필지는 지적도근점(W41763, W41764, W41765)을 가감(X:+0.1,Y:+0.1)하여 측량이 이루어진 필지이다. 주변 도근점의 변환성과가 규칙적이기 때문에 이 필지의 경우 기존 가감성과를 적용하여 측량을 시행하였다[그림 3], <표 1>. 126번지 필지는 2015년 7월에 경계복원측량이 측량이 이루어진 필지이다. 이 지역은 세계좌표 변환 전에 지역좌표 도근점인 11324과 11325을 사용하여 측량이 이루어진 지역이다. 지역좌표값을 가진 도근점을 변환 후 현재 이 지역에서 사용되고 있는 가감량을 적용하여 관측해 본 결과 11324 도근점은 X=+0.041, Y=-0.032, 11325 도근점은 X=+0.043, Y=-0.026의 차이를 보여주었고, 이는 기존성과(X:+0.1,Y:+0.1)로 결정하는 것이 타당하다는 의미가 된다. 218-3번지 필지는 2022년 6월에 경계복원측량이 이루어졌다. 이 필지는 세계측지계 변환성과를 기준으로 X:+0.1,Y:+0.1를 가감하여 측량이 이루어져 동일한 가감량을 기준으로 측량을 시행하였다. 가감량이 규칙적인 도근점을 기준으로 과



(그림 3) 가감성과 규칙 지역의 일필지 측량(218-1번지) 사례

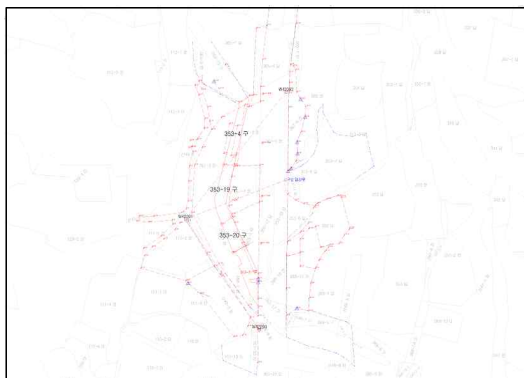
거 측량 이력이 있는 필지를 대상으로 측량을 시행하였다. 연구에서는 인접지역의 영향을 분석해보기 위해 주변 127-1번지, 215-5번지 필지에 대해서도 일필지 측량을 시행하였다.

<표 1> 일필지 측량 성과(218-1번지) (단위 : m)

지번	번호	X좌표	Y좌표	면적(m ²)
218-1	1	454123.739	232935.278	2778.518
	2	454119.915	232916.359	
	3	454101.702	232909.572	
	4	454102.242	232906.821	
	5	454120.081	232901.351	
	6	454127.612	232900.612	
	7	454131.941	232900.187	
	8	454142.079	232904.509	
	9	454145.221	232913.974	
	10	454150.827	232951.104	
	11	454153.331	232963.542	
	12	454156.933	232989.770	
	13	454143.877	232991.450	
	14	454134.869	232993.154	
	15	454129.011	232993.342	
	16	454112.318	232995.627	
	17	454112.309	232983.781	
	18	454113.761	232965.461	
	19	454125.441	232963.807	
	20	454125.517	232958.567	
	21	454125.531	232957.646	
	22	454126.753	232950.187	
	23	454135.182	232948.123	
	24	454134.372	232932.700	
	25	454124.821	232935.215	

가감성과 불규칙 지역인 이중성과 지역을 대상으로 과거 측량 이력이 있는 총 5필지에 대한 일필지 측량을 시행하였다. 대상 필지의 번지는 353-4번지, 334-6번지, 331-11번지, 334-2, 364-1번지이다. 353-4번지 필지는 2020년 11월에 지역좌표를 사용하여 분할측량이 된 필지이다. 이 해

당지 주변은 세계측지계 변환 전 지역좌표로 산출한 지적도근점을 사용하여 지적기준점 성과로 결정된 지역이다. 대상 지역의 경우 과거 측량 이력이 많이 존재하는 지역이고, 기존 도근점과의 거리 제약의 문제로 인하여 주변에 추가로 2020년 4만번대 지적도근점을 신설하여 이용하고 있는 지역이다. 이로 인하여 기존 사용 도근점과 신설 도근점간의 X좌표는 약 8~13cm, Y좌표는 약 17~20cm의 편차가 발생하게 된 지역이다[그림 4] <표 2>. 334-6번지의 필지는 2022년 8월에 경계복원측량이 이루어진 필지이다. 이 필지는 353-4번지 필지와 인근에 있어 353-4번지 필지와 동일한 가감량인 X: +0.1m, Y: -0.2m를 적용하여야 하지만 해당 필지에 맞는 성과를 결정함에 있어 X좌표는 기존과 동일하게 +0.1m을 가감하였고, Y좌표는 0.1m을 더 가감한 0.3m로 성과결정을 한 지역이다. 이 필지를 측량함에 있어 연구에서는 우선적으로 가장 최근에 적용했던 가감량을 이용하였다. 연구에서는 인접지역의 영향을 분석해 보기 위해 주변 이중성과가 접하는 지역의 필지를 대상(331-11번지, 334-2번지, 364-1번지)으로 일필지 측량을 시행하였다. 이 측량성과는 분석부분에서 인접 부분의 필지 오류 유형을 분석하기 위해 필요하다.



(그림 4) 가감성과 불규칙 지역의 일필지 측량(353-4번지) 사례

<표 2> 가감성과 불규칙 지역의 일필지 측량 성과 (353-4번지) 사례 (단위 : m)

지번	번호	X좌표	Y좌표	면적(m ²)
353-4	1	446780.106	232515.413	320.247
	2	446780.503	232518.079	
	3	446767.184	232524.711	
	4	446764.555	232535.326	
	5	446750.904	232535.140	
	6	446749.522	232534.737	
	7	446748.369	232531.311	
	8	446760.530	232517.929	
	9	446764.063	232515.284	

수치 인접 도해지역 역시 과거 측량 이력이 있는 총 5필지에 대한 일필지 측량을 시행하였다. 대상 필지의 번지는 498-2번지, 395-1번지, 441-1번지, 443번지, 473번지이다. 먼저 498-2번지 필지는 2022년 4월에 경계복원측량이 이루어진 필지이다. 과거 지역측지계 사용당시 해당지를 가감(X: +1.0, Y: -1.5)하여 성과결정한 지역이다. 당시 사용했던 지적도근점을 세계측지계 변환에 따라 변환하여 비교한 결과 3cm 정도의 차이를 보여 성과는 양호하였다. 따라서 연구에서는 이 성과를 기준으로 일필지 측량을 시행하였다. 395-1번지 필지는 2022년 1월에 경계복원측량이 이루어진 필지이다. 과거 지역측지계 사용 당시 해당지를 가감(X: 0.0, Y: -1.5)하여 성과결정한 지역이다. 당시 사용했던 지적도근점을 세계측지계 변환에 따라 변환하여 비교한 결과 3cm 이내로 나타나 연구에서도 이 가감량을 적용하여 일필지 측량을 시행하였다. 도해지역을 세계측지계로 변환함에 있어 이중성과 지역과 동일하게 도해지역과 수치지역이 인접되어 있는 지역에서는 변환에 따른 필지의 오류발생 확률이 높은 지역이다. 따라서 연구에서는 도해지역과 수치지역이 인접 지역에서 변환 오류를 검토하기 위해 추가적으로 도해와 수치가 인접해 있는 지역의 필지들을 중심으로 일필지 측량을 시행하였다. 대상필지는 총 3필지로 441-1번지, 443번지,

473번지이다<표 3>.

<표 3> 수치 인접 도해지역의 일필지 측량 성과 (441-1, 443, 473번지) (단위 : m)

지번	번호	X좌표	Y좌표	면적(m ²)
441-1	1	452724.166	234312.607	744.857
	2	452725.845	234308.696	
	3	452730.731	234305.647	
	4	452738.209	234301.356	
	5	452743.547	234302.006	
	6	452742.746	234296.403	
	7	452755.077	234297.836	
	8	452771.143	234297.954	
	9	452771.365	234297.956	
	10	452770.289	234301.970	
	11	452758.409	234311.265	
	12	452729.909	234327.235	
	13	452727.315	234323.152	
	14	452723.796	234320.849	
443	1	452702.716	234295.025	1132.341
	2	452695.967	234299.380	
	3	452692.610	234303.922	
	4	452688.437	234299.082	
	5	452682.021	234294.367	
	6	452668.590	234281.929	
	7	452667.725	234276.604	
	8	452669.266	234273.016	
	9	452671.205	234269.848	
	10	452684.830	234267.209	
	11	452699.483	234269.351	
	12	452714.243	234266.791	
	13	452716.580	234275.781	
	14	452710.730	234285.883	
473	1	452567.350	234126.283	469.195
	2	452573.667	234138.285	
	3	452566.709	234141.788	
	4	452560.577	234142.756	
	5	452549.433	234142.867	
	6	452540.873	234142.026	
	7	452537.963	234129.147	
	8	452545.106	234128.987	
	9	452552.759	234127.065	
	10	452561.092	234126.253	

3.2 오류 유형 분석

연구에서는 지적도근점의 가감성과 조정에 따른 필지의 위치 변동과 이에 따른 오류 유형을 분석해 보았다. 지적도근점의 성과가 불량한 점들을 정비를 통해 가감성과를 규칙적으로 관리하고 있는 지역에서는 필지의 위치변동이 발생하지 않았다. 따라서 연구에서는 가감성과가 불규칙한 이중 성과 지역과 수치 인접 도해지역을 중심으로 오류 유형을 분석하고자 한다.

먼저 가감성과가 불규칙한 이중 성과지역의 경우는 두 가지로 구분하여 검토가 필요하다. 첫째는 연구에서 실제 측량한 필지를 중심으로 대상 필지와 인근 필지의 오류 유형 검토가 필요하다. 둘째는 대상 필지의 위치 변동에 따른 성과분리 지역(서로 다른 가감량이 인접하는 지역)에서 오류 유형의 조사가 필요하다.

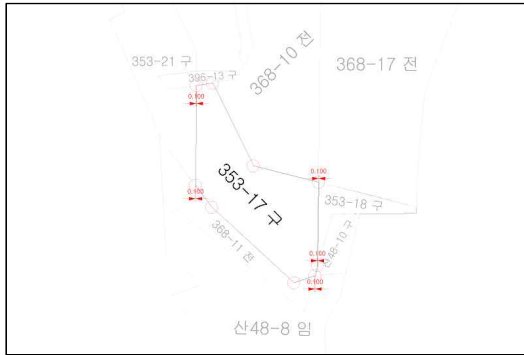
연구에서 일필지 측량을 한 필지를 중심으로 유형을 분석해 보면 다음과 같다. 분석은 가감량을 가감1(X: +0.1, Y: -0.2)과 가감2(X: +0.1, Y: -0.3)로 조정하였을 때를 기준으로 분석하였다. 먼저 353-17번지 필지의 경우, 가감량을 서로 다르게 주었을 때 기존성과와 가감성과의 차이량으로 인해 실제 도로로 쓰이고 있는 353-17번지의 위치가 변경된다. 위치는 대략 10cm 정도의 편위가 발생하는 것으로 나타났다. [그림 5]에서 필지의 우측은 중복, 좌측은 공백을 가져와 과거 계획된 도로



(그림 5) 가감량 조정에 따른 불부합 발생 사례 (353-17번지)

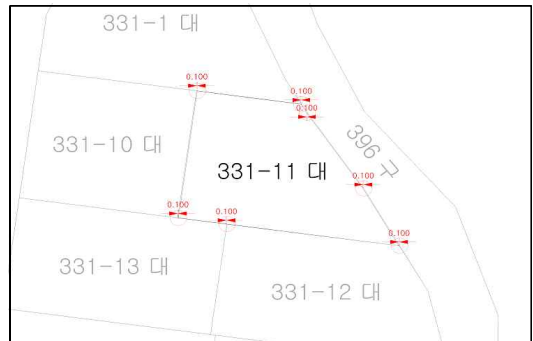
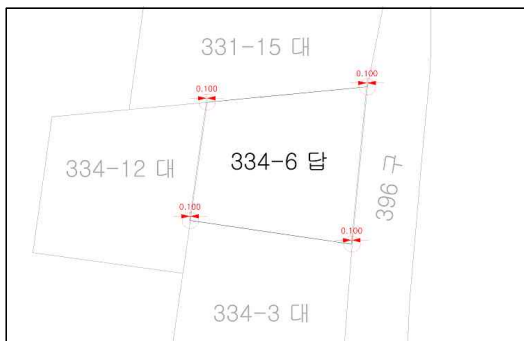
선형이 맞지 않게 됨을 알 수 있다. 10cm의 차이 더라도 현장에서 표시하게 될 경우 도로에 맞춰 공사된 경계석과 맞지 않게 됨을 확인할 수 있다.

[그림 6]은 353-17번지 필지의 경계점을 중심으로 인접해 있는 인근 필지와 위치 편차량을 나타낸 것이다.



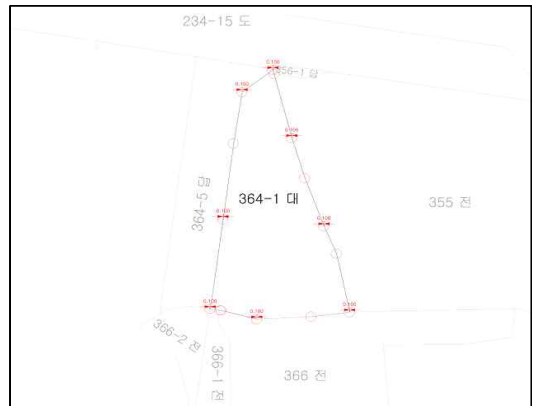
(그림 6) 가감량 조정에 따른 필지의 위치변동량 (353-17번지)

[그림 7]은 334-6번지와 331-11번지를 대상으로 조사한 것으로 이 두 필지는 동일한 가감량으로 성과결정이 이루어지고 있는 필지이고, 과거 경계 복원측량이 이루어진 필지이다. 그림과 같이 기존 성과와 가감성과의 차이량을 보여주고 있으며 성과차이에 따라 면적에는 변화가 없지만 필지의 위치가 좌측으로 10cm 이동되어 표시되는 것을 볼 수 있다. Y좌표의 가감량만 10cm 변화하였지만 필지의 형태에 따라 접합되어있는 부분이 그림에서 보듯이 좌우뿐만 아니라 위아래에도 영향을 끼



(그림 7) 가감량 조정에 따른 불부합 발생 사례 (334-6, 331-11번지)

치는 것을 볼 수 있고, 필지의 좌측 부분은 중복, 우측 부분은 공백이 발생함을 알 수 있다. 필지 경계점의 이격량은 두 필지 모두 동일한 가감량이 부여되어 동일하게 필지의 위치 변동이 이루어지기 때문에 동일하다.



(그림 8) 가감량 조정에 따른 불부합 발생 사례 (364-1번지)

[그림 8]은 364-1번지 필지로 이 필지 역시 과거 경계복원 측량이 이루어졌던 필지이다. 334-6, 331-11번지 필지와 유사하게 기존성과와 가감성과의 차이로 인하여 면적으로는 변화가 없지만 필지의 위치가 우측으로 10cm 이동되어 표시되는 것을 볼 수 있다. 필지를 기준으로 좌측은 도로로 경계석이 있으므로 경계가 명확한 상황이고, 우측 또한 과거 측량을 통해 표시된 경계점 항목대로 보강토가 쌓여있는 상태이다. 이 필지 역시 10cm의 가감량 차이로 인해 현장에서는 충분히 문제가 될 만한 요소이다.

이상과 같이 실험 측량된 필지는 가감량의 조정 에 따라 지역 필지들이 전체적으로 위치 변동이 발생하게 되어 인접 필지와와의 중복이나 공백 등의 불부합이 발생하고 있는 것으로 나타났다. 연구에서는 두 가지의 가감성과 조정량을 이용해 실험을 해 보았으나 실제 실무에서는 작업자가 현장 여건을 고려하여 X, Y좌표 방향으로 10cm에서 30cm 범위 내에서 가감량을 부여하여 측량 및 성과결정을 하고 있다. 이러한 상황을 고려한다면 가감량을 규칙적으로 설정하지 못하면 작업자 별로 서로 다른 성과를 제시할 가능성이 크다. 특히 불부합 지역이나 이중성과 지역, 수치 인접 도해지역의 경우에는 이러한 문제의 발생 가능성이 더욱 크다고 판단된다.

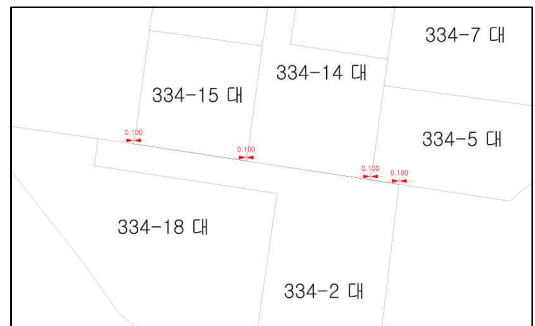
연구에서는 가감성과가 불규칙한 이중성과 지역의 측량 필지를 중심으로 오류 유형을 분석해 보았다. 이러한 지역에서 특정 필지들이 위치 변동을 가져오게 되면 성과가 분리되는 지역의 필지들도 영향을 받게 된다. 이 지역 필지들의 영향을 파악해 보면 다음과 같다.

[그림 9]는 성과의 분리가 이루어지는 인접지역으로 과거 334-2번지, 334-18번지, 334-19번지가 모두 하나의 필지였지만, 총 세 필지로 분할되었으며 필지 전체 경계측량도 했던 이력이 있다. 가감량을 연구에서와 같이 조정하였을 경우, 인접 지점에서 공백이 발생하는 문제가 발생한다. 만약 이 필지에 대해 재측량이 들어오게 된다면 공백의

문제로 과거의 성과에 맞춰줄 경우 위쪽 필지들(334-5번지, 334-14번지, 334-15번지)과 접하는 부분에 중복이 생겨 지적불부합의 초래가 예상된다. 결국 성과가 분리되는 지역의 경우, 가감량을 어떻게 조정하느냐에 따라 인접지역에서 공백이나 중복의 문제가 발생할 수 있다.



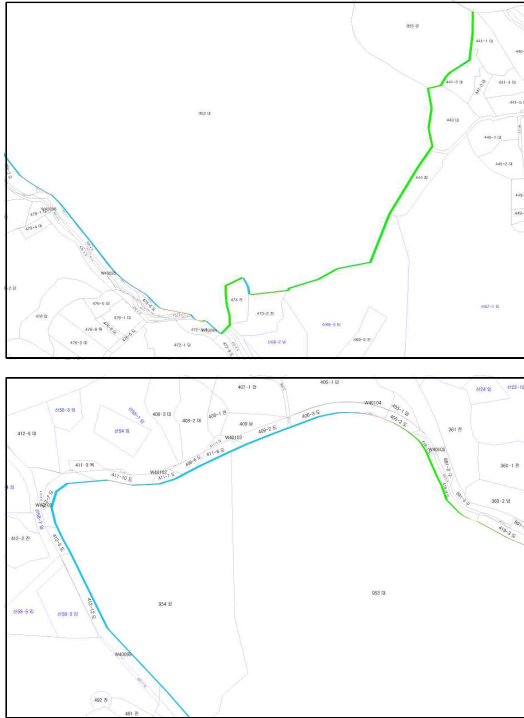
[그림 9] 성과분리 지역에서의 불부합 발생 사례



[그림 10] 성과분리 지역에서의 필지 위치변동량

가감성과 불규칙 지역의 오류 유형 분석과 함께 수치 인접 도해지역의 필지들에 대해 오류 유형을 분석해 보았다. 이 지역은 가감성과를 규칙적으로 사용하고 있으나 세계측지계 변환에 따른 오차가 포함되어 있어 수치와 인접된 필지들이 기존 성과와의 차이 발생이 예상되어 분석을 시행하였다. 분석된 결과를 보면, 먼저 [그림 11]의 도면 좌측 상단과 우측하단은 지적확정측량을 통해 세계좌표로 결정된 수치지역이고, 나머지 필지들은 세계측지계로 변환된 도해지역이다. 접합되는 필지를 중심으로 진한색 실선으로 표시가 되어있는데 이는

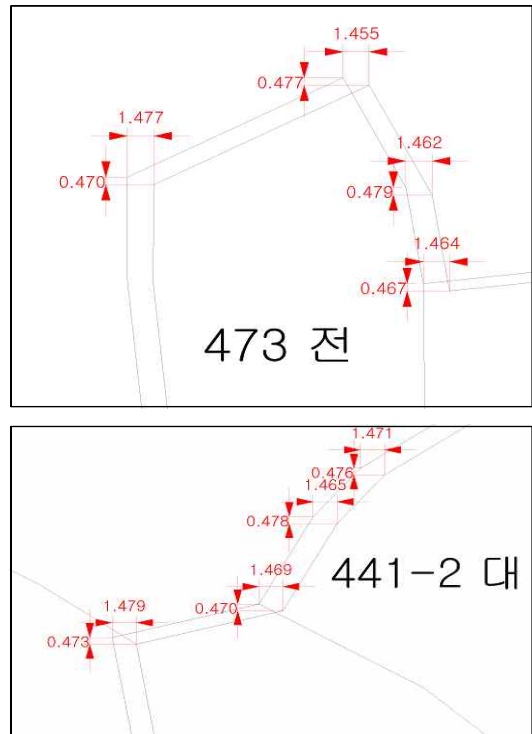
필지 간 이격(중복 및 공백)이 발생하는 지역이다. 이 도해지역은 가감성과를 규칙적으로 조정한다고 해도 수치 인접 지역에서는 중복 또는 공백의 불부합이 발생한다.



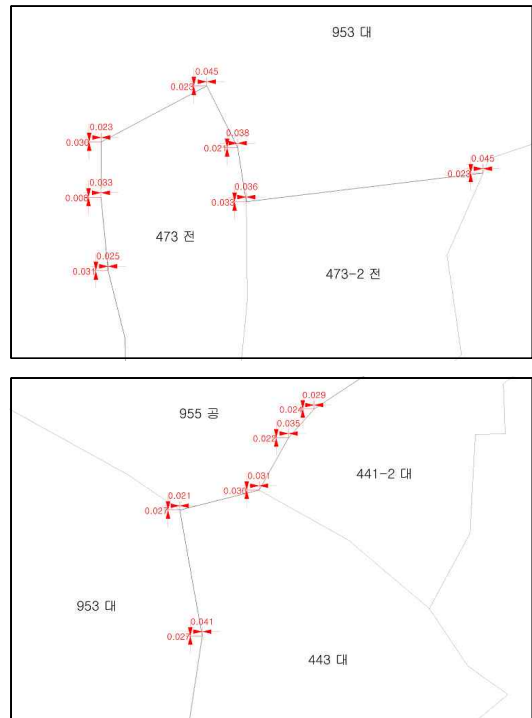
[그림 11] 수치 인접 도해지역 필지들의 불부합 발생 사례

대상지역 필지를 대상으로 이격 정도를 검토해 보면, 473번지 기준으로 좌측과 좌측 상단은 중복, 우측 상단부분은 공백이 발생하고, 441-2번지 기준으로는 우측상단에서 좌측하단으로 중복의 형태이다. 이를 위치변동량으로 분석해 보면, X좌표는 약 0.5m, Y좌표는 약 1.5m 정도를 보이는 것으로 나타났다.

연구에서는 인접 필지들의 위치변동량을 고려하여 다시 위치변동량 만큼 가감량을 조정해 재분석을 시행하였다. [그림 13]은 가감량을 조정하였을 때의 필지 위치변동 모습을 나타낸 것이다.



(그림 12) 수치 인접 도해지역 필지들의 위치변동량



(그림 13) 수치 인접 도해지역의 가감량 조정 사례

필지의 위치변동량을 고려하여 가감량을 재조정할 경우도 접합지역마다 3~4cm정도 이격(중복 및 공백)이 발생하게 된다. 또한 가감량이 10cm 단위로 조정되기 때문에 가감전후로 중복이었던 지역은 공백, 공백이었던 지역은 중복으로 변경이 이루어지는 경우가 발생하는 것으로 나타났다. 특히 수치 인접 도해지역의 경우 수치지역은 소수 둘째자리의 좌표값으로 등록되지만, 도해지역은 소수 셋째자리의 좌표값으로 등록되기에 접합하는 과정에서 추가적인 문제가 발생될 수 있다.

4. 결 론

본 연구에서는 세계측지계 변환성과를 이용해 지적측량 현장 적용의 실험 및 분석작업을 통해 지적측량 수행에 따른 여러 오류 유형을 검토하고, 이에 대한 개선방향을 제시해 보고자 하였다. 연구성과는 다음과 같다.

지적측량 수행에 따른 오류 유형을 실증적으로 분석하기 위해 연구지역을 선정하여 실험연구를 진행하였다. 연구지역은 가감성과 규칙지역, 가감성과가 불규칙한 이중성 지역, 그리고 수치 인접 도해지역을 선정하였다. 연구지역에 대해 실험측량 및 분석을 진행한 결과, 지적도근점의 성과가 불량한 점들을 정비를 통해 가감성과를 규칙적으로 관리하고 있는 지역에서는 필지의 위치변동이 발생하지 않았다. 연구에서는 가감성과가 불규칙한 이중성과 지역과 수치 인접 도해지역을 중심으로 오류 유형을 분석해 보았다. 먼저 가감성과 불규칙 지역의 경우, 일필지 측량을 한 필지를 중심으로 유형을 분석한 결과, 가감량의 조정에 따라 지역 필지들이 전체적으로 위치 변동이 발생하게 되어 인접 필지와 중복이나 공백 등의 불부합이 발생하고 있는 것으로 나타났다. 연구에서는 두 가지의 가감성과 조정량을 이용해 실험을 해 보았으나 실제 실무에서는 작업자가 현장 여건을 고려하여 X, Y좌표 방향으로 10cm에서 30cm 범위 내

에서 가감량을 부여하여 측량 및 성과결정이 하고 있다. 이러한 상황을 고려한다면 가감량을 규칙적으로 설정하지 못하면 작업자 별로 서로 다른 성과를 제시할 가능성이 크다. 특히 불부합지역이나 이중성과 지역, 수치 인접 도해지역의 경우에는 이러한 문제의 발생 가능성이 더욱 크다고 판단된다. 또한 성과의 분리가 이루어지는 인접지역에서는 서로 다른 가감량을 적용하였을 경우 인접 지점에서 공백이 발생하는 문제가 발생하였다. 성과가 분리되는 지역의 경우, 가감량을 어떻게 조정하느냐에 따라 인접지역에서 공백이나 중복의 문제가 발생할 수 있는 것으로 나타났다.

수치 인접 도해지역의 분석결과, 인접 지역의 필지들에서 지역별로 중복과 공백의 오류가 발생하는 것으로 나타났다. 위치변동량은 X좌표는 약 0.5m, Y좌표는 약 1.5m 정도를 보이는 것으로 나타났다. 이를 고려하여 가감량을 재조정하여도 접합지역마다 3~4cm정도 이격(중복 및 공백)이 발생하는 것으로 나타났다. 특히 수치 인접 도해지역의 경우 수치지역은 소수 둘째자리의 좌표값으로 등록되지만, 도해지역은 소수 셋째자리의 좌표값으로 등록되기에 접합하는 과정에서 추가적인 문제가 발생될 수 있다고 판단된다.

분석 내용을 종합적으로 검토한다면, 지역측지계와 세계측지계의 변환이 오차 없이 완벽하게 변환이 이루어지지 못하기 때문에 도면이나 현장에서는 크고 작은 위치의 변동이 있을 수밖에 없다. 이러한 위치의 변동은 자연스럽게 불부합을 발생시키는 요인이 된다. 따라서 세계측지계 변환도면을 지적측량 현장에 적용함에 있어서는 초기부터 오류 발생 상황을 면밀히 모니터링하여 필요한 부분은 재측량(기준점의 세계좌표 취득 포함) 등을 통해 정비를 시행하여야 한다. 만약, 재측량으로 정비가 어렵다면 지적재조사사업과 연계하여 정비를 시행하여야 할 것으로 판단된다.

끝으로 본연구의 성과가 좀 더 타당성을 얻기 위해서는 광범위한 지역을 대상으로 다양한 사례에 대한 추가 연구가 필요할 것으로 사료된다.

〈참고문헌〉

1. 국토교통부, 「지적공부의 세계측지계 변환규정 (안)」, 2014.
2. 권윤영·서춘욱·윤희천, “세계측지계 변환에 따른 지적도의 좌표변환 연구”, 『한국지적학회지』, 제33권 1호, 2017.
3. 김일, “세계측지계 변환 지적도면의 지적측량 적용 실증 분석”, 『한국지적정보학회지』, 제22권 1호, 2020.
4. 남권모, “세계측지계 기반의 지적측량기준점 검사시스템 개발”, 석사학위논문, 경일대학교 대학원, 2013.
5. 남권모·김진·정완석·박문재·김종고, “경계점좌표등록부 지역 세계측지계변환 연구”, 2013 한국지적학회 춘계학술대회 논문집, 2013.
6. 박문재, “지적도면의 세계측지계 변환을 위한 효율적인 공통점 선정에 관한 연구”, 석사학위논문, 서울시립대학교 도시과학대학원, 2015.
7. 박연수, “지역좌표의 세계좌표 변환 성과 검증 및 정확도 향상 방안”, 석사학위논문, 청주대학교 대학원, 2014.
8. 박효원·홍성언, “세계좌표 변환성과의 지적공부 반영을 위한 실증분석 연구”, 『한국지적학회지』, 제37권 1호, 2021.
9. 서용수, “세계측지계 변환에 따른 지적도 도곽선 구획에 관한 연구”, 『한국지적정보학회지』, 제23권 3호, 2021.
10. 양철수, “지적도면의 세계측지계 좌표변환 프로세스에 대한 연구”, 『한국측량학회지』, 제32권 제4-2호, 2014.
11. 정완석·강상구, “3변수를 이용한 지적공부의 세계측지계 변환 연구”, 학술지 『지적』, 통권 제369호, 2014.
12. 정하늘, “관측각과 거리를 이용한 세계측지계 변환 성과의 정확도 분석 및 확대적용 방안 연구”, 석사학위논문, 서울시립대학교 대학원, 2016.

(접수일 2023.11.10., 심사일 2023.11.14., 심사완료일 2023.11.24.)