

# 건설도면 자료의 수치지도 갱신을 위한 좌표체계 부여에 관한 연구

## The Study on Coordinate Transformation for Updating of Digital Map from Construction Drawing Data

박승용<sup>1)</sup> · 이재빈<sup>2)</sup> · 박우진<sup>3)</sup> · 유기윤<sup>4)</sup>

park, seungyong · Lee, jaebin · park, woojin · yu, kiyun

### Abstract

In the paper, we try to develop the methodology for updating road networks of large-scale digital maps by using construction drawing data. For the purpose, it is pre-requite step to merge road networks detached in CAD drawing data. As such, tie points are identified in neighboring drawings and used for solving the parameters of 2D conformal transformation between drawings. Then, the merged road network in CAD data is transformed to the coordinate system of digital maps. In the process, IPs in the drawings are considered as control information and 2D affine transformation is selected for coordinate transformation. Through the experiments with real dataset, we can identify that the developed method is valid and generally applicable.

Keywords : Construction drawing data, object extraction, coordinate transform, affine transform,

### 초 록

수치지도를 최신의 데이터로 갱신하기 위한 방법론 중 건설도면을 이용하는 경우 CAD 데이터에서 필요한 객체를 추출하는 과정이 필요하다. 하지만 건설도면에 존재하는 가상좌표로 이루어진 연속객체를 활용하기 위해서는 선결조건으로 각 도면마다 분리되어진 객체를 접합하고 좌표를 부여하는 과정이 필요하다. 이를 위해서는 합리적으로 도면의 신축보정 및 축척 간 접합 등을 처리할 수 있는 기법의 개발과 CAD 좌표에서 실좌표로 변환하기 위한 방법론의 개발이 무엇보다 중요한 과정이라 할 수 있다. 본 연구는 SOC 건설도면 중 준공도면으로 이루어진 도면 특히, 가상좌표계로 구성되어진 도로의 중평면도에 존재하는 객체들의 변환 및 활용을 위한 도면 간 접합을 2차원 등각사상변환방법과 부등각사상변환방법을 도입하여 수행하였다. 이를 위해, 도면간 이음선과 좌표경계선의 교차점을 접합점으로 하여 2차원 변환계수를 추출하고 이를 접합한 후 도면에 명시된 기준점을 이용 CAD좌표계에서 실좌표계로의 좌표변환방법을 시도하였다. 그 결과 도면접합에는 2차원 등각사상변환방법이 좋은 결과를 나타내었으며 실좌표계로의 변환은 2차원 부등각사상변환이 좋은 결과를 보여주었고, 변환 후 위치오차는 수치지도 작성내규를 만족하였다. 따라서 본 연구를 통하여 개발된 방법론은 추후 건설도면을 이용한 수치지도 갱신에 있어 활용가능성이 높을 것으로 기대된다.

핵심어 : 건설도면, 객체추출, 도면접합, 좌표변환, 2차원 등각사상변환

## 1. 서 론

공간적인 문제해결을 지원하기 위한 방법으로 맵

(Map)에 대한 요구가 지속적으로 증가하고 있으며 지형 정보를 나타내기 위한 컴퓨터 과학의 급격한 진화는 GIS(Geographic Information System) 사용자들의 과학적인

1) 정회원 · 서울대학교 지구환경시스템공학부 박사과정(E-mail:slpak1@snu.ac.kr)  
2) 정회원 · 서울대학교 지구환경시스템공학부 박사후 과정(E-mail:dama77@snu.ac.kr)  
3) 정회원 · 서울대학교 공학연구소 연구원(E-mail:woojin1@snu.ac.kr)  
4) 교신저자 · 정회원 · 서울대학교 지구환경시스템공학부 부교수(E-mail:kiyun@snu.ac.kr)

시각화, 공간적인 의사결정 지원 시스템, 가상현실환경 구현을 위한 시스템 내에서의 맵의 활용가능성을 증대시키고 있다(Artimo, 1994). 또한 어플리케이션에 따라 가공되어 사용되어지지만 맵의 기본은 국내의 경우 대부분 수치지도를 활용하고 있는 실정이다. 하지만 수치지도는 국가의 기본도로서 범용적으로 사용되어질 수 있는 반면 낮은 갱신주기로 인해 최신성의 확보가 어려워 응용단계에서 직접측량이나 항공사진을 이용하여 가공되어 사용되어지고 있다(국립지리원, 1998; 김원대, 2000; 신동빈, 2008).

따라서 이에 대한 해결방안으로 건설도면을 이용한 수치지도의 갱신에 관련된 연구가 진행되었으나 건설도면이 가지고 있는 제도적 측면에서의 갱신방법론에 대한 방안 및 비교 연구가 대부분을 이루고 있었다(김원대, 2000; 건설교통부, 2003; 양인태, 2000; 신동빈, 2008). 또한 건설도면은 등록방법 및 축척에 따라 일정한 규격의 각각의 도면으로 구성되어 있을 뿐만 아니라 수치지도 갱신에 필요한 준공도면의 좌표계 역시 사업부서별로 상이하게 작성되어 이용되고 있으며 다음과 같은 문제점이 지적되어져 왔다(신동빈, 2008).

첫째 준공도면 납품 시 연결도면(연결종합계획중단면도)과 단면도(종평면도)를 제공하고 있는데 준공도면에 따라 좌표계가 포함된 것이 있고, 포함되지 않은 것이 존재하여 실좌표를 필요로 하는 수치지도 갱신 시에 어려움이 따른다.

둘째, 갱신 객체의 따라서 연속객체를 추출해야 하는 경우에는 연속된 여러 도면이 필요하고 이 과정에서 정합과 실좌표 부여를 해야 하는데 이럴 경우 각각 도면에 대해 이중 작업을 하여야 한다. 따라서 이러한 문제를 해결하고 수치지도의 갱신에 있어 좌표계의 일관성, 일치성 등을 확보하기 위해서는 절차에 따른 기준을 정립하는 것이 우선적으로 필요하다(김원대, 2000).

이에 본 연구는 SOC(Social Overhead Capital) 건설도면 중 갱신대상에 있어 가장 큰 비중을 차지하고 있는 도로에 대해 객체의 정합 및 실좌표 부여방법으로 좌표변환방법을 도입하고 두 가지 좌표변환방법으로 실험을 실시 정확도를 비교/분석함으로써 정합 및 실좌표 부여에 정확도가 높고 객체의 변형이 적은 방법론의 제시를 목적으로 한다.

## 2. 건설도면의 객체정합 및 실좌표 부여

일반적인 건설도면 즉 준공도면의 경우 그 종류에 따라 서로 상이한 절대좌표계를 가진 기준점을 가지고 있으며, CAD(Computer Aided Design)작업 시에는 가상좌표계를 사용하고 있다. 특히 도로 데이터의 경우 준공도면에서 연결평면도, 종평면도 등을 이용하여 필요한 객체를 추출하게 된다. 하지만 실제 현장에서는 가상좌표계를 이용하여 작업하는 경우가 많아서 이를 그대로 실좌표계로 변환하는데 이용하기에 어려움이 있으며 연속객체 추출 시에 각 평면도 상의 접합부위가 상이하여 그림 1과 같은 과정으로 객체를 정합하고 좌표계를 부여하고자 한다.

본 연구에 사용된 정합방법은 2D(Dimension) 등각사상변환(Conformal Transform: C/T), 2D 부등각사상변환(Affine Transform: A/T)을 이용하였으며 그림 2와 같은

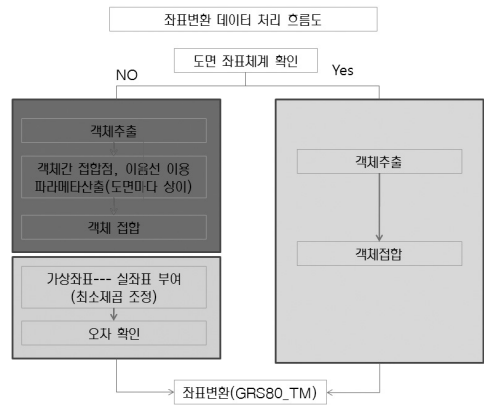


그림 1. 데이터 처리 흐름도

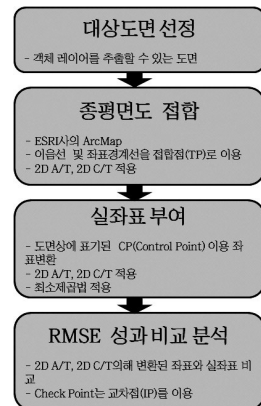


그림 2. 좌표변환 처리 과정

처리과정을 수행하였고 조건방정식을 이용한 토털최소 제공법을 사용하여 변환방정식의 계수를 결정하였다(박영무, 2004).

### 2.1 좌표변환식

좌표변환은 다른 좌표계상의 점이나 선, 면인 객체를 축척, 회전, 이동을 지리적인 속성의 변동 없이 하나의 좌표계 또는 필요로 하는 좌표계로 변환시키는 방법이다(Goodchild and Kemp, 1990; von Seggem, 1990). 일반적으로 2차원 좌표 변환시에 가장 널리 사용하는 방법으로는 2D 부등각사상변환과 2D 등각사상변환이 있다(Cromley, 1992).

#### 2.1.1 2D 등각사상변환

2D 등각사상변환은 변환 전후의 모양이 변하지 않는 변환의 하나이다. 변환식은 식 (1)과 같다.

$$\begin{aligned} x &= SX\cos\theta + SY\sin\theta + Tx \\ y &= -SX\sin\theta + SY\cos\theta + Ty \end{aligned} \quad (1)$$

여기서, S= 축척변환(Scaling)

$\theta$ = 회전변환(Rotation),

Tx, Ty =이동변환(Translation)

위식을 간단히 표현하면 식 (2)와 같다.

$$\begin{aligned} X &= Ax + By + C \\ Y &= Ay - Bx + D \end{aligned} \quad (2)$$

최소제곱법에서 2D 등각사상변환은 4개의 미지수(축척, 회전각, x축 이동량, y축 이동량)로 표현된다.

#### 2.1.2 2D 부등각 사상변환

2D 부등각사상변환은 등각사상변환의 축척인자에서 x, y 방향에 대해 각각의 축척인자가 다르다고 가정된 변환으로서 변환전후의 형태는 변하지만 변환 전 평행선은 변환 후에도 평행을 유지한다고 가정하며 이 변환식에서는 좌표계의 비직교성에 의한 각 a가 생긴다고 가정한다. 변환식은 식 (3)과 같다.

$$\begin{aligned} X &= A x + By + C \\ Y &= Dx + Ey + F \end{aligned} \quad (3)$$

여기서, x, y : 변환전 좌표,

X, Y : 변환후 좌표

$$A = SxTx\cos\theta + SyTy\sin(\theta + \alpha),$$

$$B = SxTx\cos\theta, C = SyTy\sin(\theta + \alpha)$$

$$D = SyTy\cos(\theta + \alpha) - SxTx\sin\theta,$$

$$E = -SxTx\sin\theta, F = SyTy\cos(\theta + \alpha)$$

### 2.2 건설도면의 객체접합

건설도면의 객체접합을 위해서 고속국도 장성-담양 구간(1-3공구)과 김천-영동 구간(1-6공구)의 준공도면 중 종평면도를 이용하였으며 좌표가 부여되었거나 종평면도가 누락된 구간은 제외하고 수행하였다.

CAD 도면의 분석결과 변환방정식의 산정을 위한 접합선을 추출하기 위해서 본 연구에서는 각 도면의 이음선과 좌표경계선을 이용하여 접합과정을 수행하고자 하였으나 도면 이음선의 경우 직선화가 되어있지 않은 경우가 발생하여 접합선의 추출을 통한 라인대라인 매칭 대신 도면의 이음선과 좌표경계선의 교차점을 접합점(Tie Point: TP)으로 이용한 도면접합을 수행하였다. 접합 방법은 2D 등각변환, 2D 부등각변환으로 나누어 진행하였다. 하지만 2D 부등각변환의 경우 그림 4의 사각형 부분에서와 같이 접합결과에서 형상의 왜곡이 심하게 발생하였으며 그림 4의 사각형 부분을 확대한 그림 5를 보면 형상 왜곡부분을 확연히 구별할 수 있다. 이는 접합점이 가지는 특성 즉 변환을 위한 접합점 수와 분포의 특성 및 부등각사상변환의 특성이 반영된 결과이다(곽성남, 2005; Maling, 1989). 그림 6과 같이 2D 등각변환을 이용한 결과에서는 등각변환의 특성상 접합의 결과 및 형상의 왜곡이 발생하지 않았다.

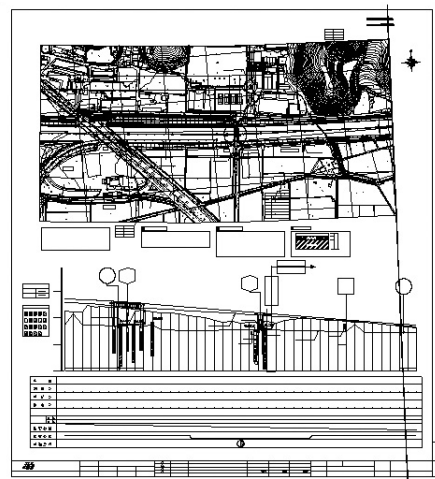


그림 3. 2D 부등각 변환 접합결과

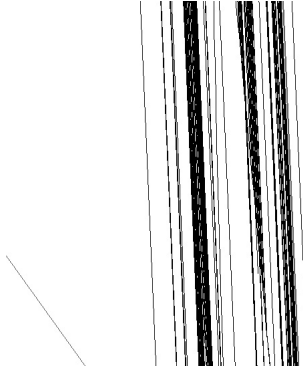


그림 4. 2D 부등각 변환 접합결과(그림 4의 사각형 확대모습)

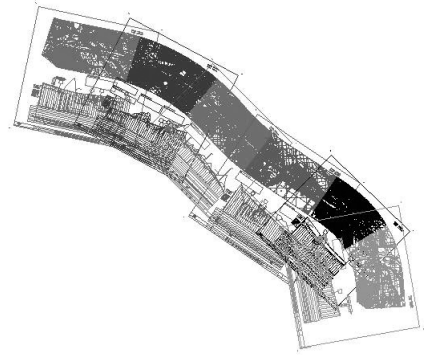


그림 7. 실좌표 변환 결과(2D 등각변환)

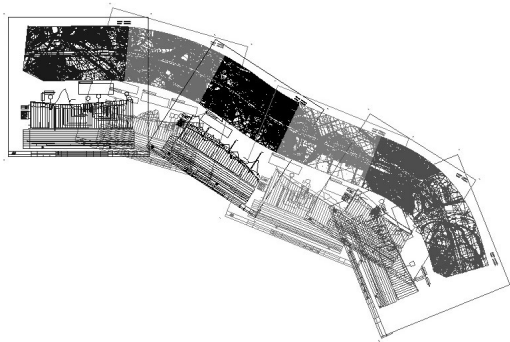


그림 5. 2D 등각변환 접합결과

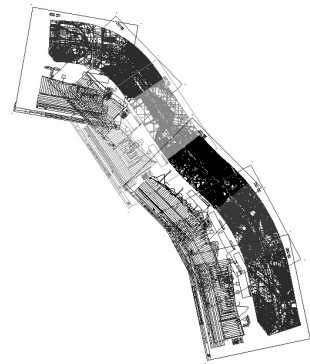


그림 8. 실좌표 변환 결과(2D 부등각변환)

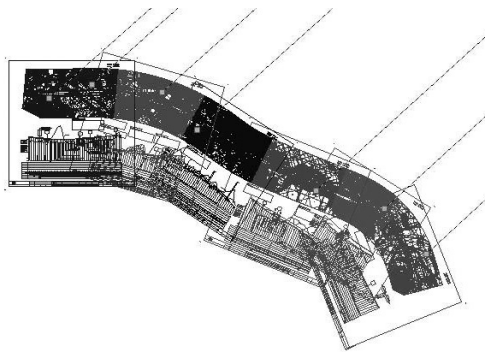


그림 6. 도상기준점의 위치

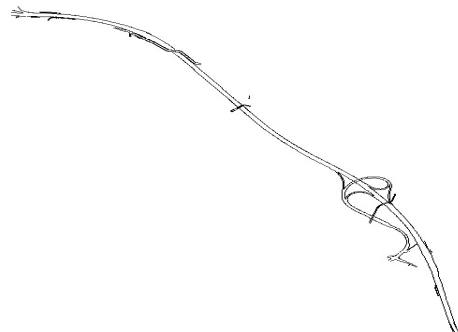


그림 9. 실좌표 변환후 개체

### 2.3 실좌표 부여

실좌표를 부여하기 위해 그림 7과 같이 도면상의 도상 기준점을 이용하여 변환식을 적용하고 최소제곱조정을 통해 변환계수를 산출하여 변환하였다.

그림 7과 같이 도상기준점을 선택하고 각각의 변환식

을 적용시키면 그림 8, 그림 9와 같은 결과를 얻을 수 있으며 그림 9는 실좌표 변환 후의 연속객체에 대한 추출 과정을 나타내고 있다.

### 3. 실험 결과 분석

실험 대상 지역은 고속국도로 이루어진 장성-담양구간과 김천-영동 구간으로 정하여 건설도면의 객체접합과 실좌표 부여를 수행하였으며 고속국도 장성-담양구간(1-3공구)과 김천-영동 구간(1-6공구)의 준공도면 중에서 종평면도를 대상으로 하여 좌표가 부여되었거나 종평면도가 누락된 구간은 제외하고 총 7개의 구간에 대하여 실험을 수행하였다. 총 7개의 구간에 대한 각 구간의 도면 사용수는 작게는 도면 6개에서 많은 곳은 12개까지 존재하고 있었다.

실험 결과 분석은 1개 공구에 대해 도면접합에 대한 결과 분석과 실좌표 부여에 대한 결과 분석을 하고 대상 전체에 대한 종평면도 실좌표 부여에 대한 실험결과 분석을 수행하였다.

#### 3.1 도면접합에 결과 분석

1개 공구(김천-영동 구간 1공구)에 대하여 6개의 도면접합을 2D 등각사상 변환식을 이용하여 접합한 결과 표 1과 같은 결과를 얻을 수 있었다. 표1에서 도면No는 도면번호를 의미하고 44번 도면부터 차례대로 49번 도면까지 접합하였으며 R\_X, R\_Y는 도면상의 오른쪽 접합점을 표현하고 TL\_X, TL\_Y는 접합을 위해 변환된 도면의 왼쪽 접합점을 의미하고 있으며 RMSE 항목에서 보여 지듯이 접합의 결과는 좋은 지표를 나타내었다.

#### 3.2 실좌표 부여 결과 분석

실좌표 부여의 과정에서는 4.1의 도면접합에 사용된 도면과 그 결과 및 실좌표를 가지고 있는 도상 기준점(Control Point: CP)을 이용하여 2D 등각사상과 2D 부등각사상변환의 파라미터를 산출하였다. 표 2는 각각의 파라미터로 변환되어진 변환자료와 도상 기준점의 실제좌

표 1. 접합에 대한 결과

도면 No	R_X	R_Y	TL_X	TL_Y	dx	dy	RMSE
044-045	1101.1922	1160.8748	1101.192225	1160.874709	-0.000025	0.00009	
044-045	1098.1234	1127.9764	1098.123362	1127.976484	0.000038	-0.00008	
044-045	1068.9346	815.07	1068.934637	815.0700474	-0.000037	-0.00005	
044-045	1056.61	682.9493	1056.609976	682.94926	0.000024	0.00004	0.000076
045-046	1953.295477	903.7973946	1953.295504	903.797383	-0.000026	0.00001	
045-046	1889.477128	785.0136449	1889.477067	785.0136735	0.000061	-0.00003	
045-046	1827.468955	669.5993704	1827.468994	669.5993504	-0.000039	0.00002	
045-046	1726.119598	480.9599856	1726.119593	480.9599886	0.000004	0.00000	0.000043
046-047	2619.241808	483.0307913	2619.242139	483.0314657	-0.000331	-0.00067	
046-047	2590.410752	422.8313638	2590.410608	422.831081	0.000144	0.00028	
046-047	2426.875249	81.36866267	2426.872384	81.36269056	0.002864	0.00597	
046-047	2411.90855	50.11818578	2411.911228	50.12376627	-0.002678	-0.00558	0.004551
047-048	3345.349923	187.7531522	3345.347705	187.7476148	0.002217	0.00554	
047-048	3294.932682	61.4031001	3294.935098	61.40911702	-0.002416	-0.00602	
047-048	3205.781299	-162.018067	3205.783555	-162.0123795	-0.002256	-0.00569	
047-048	3167.452963	-258.0722308	3167.450508	-258.0783978	0.002454	0.00617	0.006307
048-049	3937.998512	-187.998278	3937.991817	-188.0043584	0.006694	0.00608	
048-049	3758.155478	-351.3098232	3758.169031	-351.2975139	-0.013553	-0.01231	
048-049	3582.640797	-510.6909597	3582.633939	-510.6971886	0.006858	0.00623	0.012946

표 2. 실좌표 부여 결과 분석 (2D 등각 사상변환)

	x	y	TR_x	TR_y	R_X	R_Y	dx	dy	RMSE
CP1	427.0336	881.6437	273502.57	308398.6	273502.6	308398.6	-0.00491	-0.00398	
CP	3850.1496	1014.45	273944.06	308440.5	273944.1	308440.5	-0.0042	-0.00315	
IP2	1540.908	938.9604	274604.02	308223.1	274604	308223.1	0.002225	0.00133	
CP6	1880.573	563.1618	274858.12	307784.8	274858.1	307784.9	0.008449	0.003205	
CP8	3048.58	-27.754	275877.73	306964	275877.7	306964	0.006606	0.001398	
CP9	3722.507	-208.948	276499.26	306646.6	276499.3	306646.7	0.006079	0.016026	
CP10	4137.434	-649.538	276813.5	306129.4	276813.5	306129.4	-0.0143	-0.01488	0.011473

Check Point

IP3	2391.832	309.7507	275305.52	307430.7	275305.5	307430.7	0.013067	0.00187	
EP	4033.375	-920.307	276655.41	305886.2	276655.4	305886.2	0.027185	0.006161	
IP2_BC	867.6996	930.396	273943.74	308354.6	273943.7	308354.6	-0.00332	-0.00403	
IP2_EC	2082.254	538.6814	275050.31	307719	275050.3	307719	0.001393	-0.00858	

표 3. 실좌표 부여 결과 분석 (2D 부등각 사상변환)

	x	y	TR_x	TR_y	R_X	R_Y	dx	dy	RMSE
CP1	427.0336	881.6437	273502.57	308398.6	273502.6	308398.6	0.00169	0.004483	
CP3	850.1496	1014.45	273944.06	308440.5	273944.1	308440.5	-0.00576	-0.00383	
IP2	1540.908	938.9604	274604.02	308223.1	274604	308223.1	-0.00509	-0.00608	
CP6	1880.573	563.1618	274858.12	307784.8	274858.1	307784.9	0.00706	0.001959	
CP8	3048.58	-27.754	275877.73	306964	275877.7	306964	0.007464	0.001725	
CP9	3722.507	-208.948	276499.26	306646.6	276499.3	306646.7	0.004102	0.012791	
CP10	4137.434	-649.538	276813.5	306129.4	276813.5	306129.4	-0.00951	-0.0111	0.009555

Check Point

IP3	2391.832	309.7507	275305.52	307430.7	275305.5	307430.7	0.012526	0.001166	
EP	4033.375	-920.307	276655.41	305886.2	276655.4	305886.2	0.040138	0.018847	
IP2_BC	867.69969	30.396	273943.74	308354.6	273943.7	308354.6	-0.00291	-0.00258	
IP2_EC	2082.254	538.6814	275050.31	307719	275050.3	307719	-0.00161	-0.01172	

표의 차를 나타낸 것으로 도상의 교점(Intersection Point: IP)을 검증점(Check Point)으로 사용하여 검증을 수행하였다. 다만 도상기준점의 균등한 분포를 고려하여 각 도면에 기준점이 없는 경우는 도상의 교점을 도상기준점으로 사용하였다. 표 2에서 x, y는 기준점의 도상좌표를 나타내고, TR\_x, TR\_y는 2D 등각사상변환 후의 변환

된 좌표를 나타내고 있으며 R\_X, R\_Y 도상기준점에 내재되어 있는 실제의 좌표를 나타내고 있다. 표 2의 실좌표 부여 결과는 그림 8과 같다.

표 3에서의 TR\_x, TR\_y는 2D 부등각사상변환 후의 변환된 좌표를 나타내고 있다. 표 3의 실좌표 부여 결과는 그림 9와 같다.



실좌표 부여 과정에서 2D 등각사상변환, 2D 부등각사상변환 모두 변환식으로 사용하기에 적합한 결과를 보여주었으며 2D 부등각사상변환의 경우 2D 등각사상변환보다 조금 더 나은 결과를 보여주었다.

### 4.3. 대상 전체에 대한 종평면도 실좌표 부여 실험결과 분석

대상지역 전체에 대해 종평면도에 대한 좌표부여를 실시한 결과 표 4와 같은 RMSE 값을 얻을 수 있었고 각 공구별로 차이가 존재하지만 실좌표 부여의 경우 2D 등각사상변환을 이용하는 방법보다 2D 부등각사상변환을 이용하는 것이 더 좋은 결과를 얻을 수 있는 것으로 나타났다. 이는 수치지도 작성의 내규를 만족하는 수준으로서 연속된 객체의 실좌표 부여 시에 사용가능한 방법으로 판단되었다.

표 4. 종평면도 실좌표 부여 RMSE 비교

접합 구분	2D 부등각변환	2D 등각변환
김천-영동1	0.0095	0.011
김천-영동3	0.0029	0.244
김천-영동4	0.31	0.72
김천-영동5	0.34	0.61
김천-영동6	0.23	0.32
장성-담양2	0.27	0.326
장성-담양3	0.19	0.312
평 균	0.1932	0.363286

## 5. 결 론

본 연구는 건설도면 자료를 활용한 수치지도 갱신을 위해 건설도면 상에 존재하는 연속된 객체들의 접합을 수행하고 건설도면 간의 접합과 실좌표 부여를 위한 기법에 관한 연구를 수행하였다. 다음은 본 연구를 통하여 도출된 결론을 보여준다.

첫째, 김천-영동 구간 및 장성~담양 구간의 5개 공구에 대한 실험을 통하여 도면 간의 접합에서는 등각사상변환이 적합함을 확인할 수 있었다.

둘째, 실좌표 부여에 대한 방법에는 2D 등각사상변환 방법도 대체적으로 적용이 가능한 것으로 나타났으나 2D 부등각사상변환의 RMSE가 가장 양호한 것으로 나

타나 실좌표 부여 방법에 있어서는 부등각 사상변환방법을 적용함이 바람직한 것으로 나타났다.

셋째, 실좌표 부여 후 변환전의 객체와 변환후의 연속 객체에는 끊김이나 큰 변형은 일어나지 않았으며 수치지도의 작성내규를 만족하는 것으로 나타났다.

넷째, 접합의 기준이 되는 접합점은 도면간 이음선의 직선화가 안되어 있어 최소3점 이상을 사용함으로써 부분왜곡을 제거하여야 할 것으로 나타났으며 실좌표 부여에 사용된 기준점의 경우 전 도면에 분포시키게 함으로써 왜곡을 최소화할 수 있고 과대한 잔차를 나타낸 기준점의 경우 원도면의 실좌표 표기에 오기가 있으므로 재확인하고 수행하여야 좋은 결과를 얻을 수 있는 것으로 판단된다.

## 감사의 글

본 연구는 국토해양부 첨단도시기술개발사업-지능형 국토정보기술혁신사업과제의 연구비지원(07국토정보C04)에 의해 수행되었습니다.

## 참고문헌

강준묵, 조성호, 김성진 (2002), 지적도와 임야도접합을 위한 좌표변환방법 적용에 관한 연구, 한국측량학회지, 한국측량학회, 제 20권, 제 4호, pp. 405-413.

건설교통부 (2003), GIS DB 실시간 갱신방안에 관한 연구, 건설교통부.

건설교통부 (2005), 건설공사의 설계도서 작성기준, 건설교통부.

곽성남 외 (2005), 기준점 수와 분포에 따른 좌표변환 특성 분석, 한국지적정보학회지, 한국지적정보학회, 제 7권, 제 1호, pp. 95-106.

국립지리원 (1998), 사진측량에 의한 수치지도의 수정, 국립지리원.

김원대, 이강원, 박흥기 (2000), 준공측량도면을 이용한 수치지도 수정/갱신, 한국지형공간정보학회논문집, 한국지형공간정보학회, 제 8권, 제 1호, pp. 85-95.

박영무, 김병국 (2004), 좌표변환을 통한 일반최소제곱법과 토탈최소제곱법 비교연구, 추계학술발표회 논문집, 한국측량학회, pp. 9-16.

신동빈, 유선철 (2008), 수치지도갱신을 위한 건설공사 준공도면 활용 문제점에 관한 연구, 한국공간정보시스

- 템학회논문지, 한국공간정보시스템학회, 제 10권, 제 4호, pp. 37-45.
- 양인태, 김동문, 조홍욱, 임현량, 천기선 (2000), 준공도면에 의한 수치지도의 갱신에 관한 연구, 대한토목학회논문집, 대한토목학회, 제 20권, 제 2-D호, pp. 241-247.
- Artimo, k. (1994), The bridge between cartographic and geographic information systems, in *visualization in Modern cartography* by MacEachren, A.M., and Taylor, D. R. R. eds, Oxford: Pergamon Press, pp. 45-61.
- Clarke, K.C. (1999), *Getting Started with Geographic Information Systems*, 2nd Edition, Prentice-Hall, Englewood Cliffs, NJ, p. 338.
- Cromley, R.G. (1992), *Digital Cartography*, Prentice-Hall, Englewood Cliffs, NJ, p. 317.
- Goodchild, M.F., Kemp, K.K. (1990), *Introduction to GIS*. NCGIA Core Curriculum, University of California, Santa Barbara, CA, p. 249.
- Maling, D.H. (1989), *Coordinate Systems and Map Projections*, Pergamon Press, New York, NY, p. 476.
- Von Seggern, D.H. (1990), *CRC Handbook of Mathematical Curves and Surfaces*, CRC Press, Boca Raton, FL, p. 286.
- 
- (접수일 2009. 4. 1, 심사일 2009. 4. 20, 심사완료일 2009. 4. 24)