

소규모 지역에서 수치지도의 위치정확도 향상 방안에 관한 연구

이근상* · 장영률**

The Improvement Method of Position Accuracy of Digital-Map in Small Area

Geun-Sang LEE* · Young-Yul JANG**

요 약

NGIS 사업으로 구축된 1/1,000 수치지도의 활용이 급증하면서 이를 활용하기에 앞서 수치지도의 위치정확도 검증이라는 문제가 대두되고 있다. 본 연구에서는 학교 시설물관리시스템 구축에 기반이 되는 소규모 지역에 대한 1/1,000 수치지도의 위치정확도를 평가하고, 위치오차가 발생한 지역에 대한 수치지도 수정/갱신 방안을 제시하였다.

RTK방법으로 교내 주요건물에 대한 위치오차를 평가해 볼 때, 측량관계법령에서 규정하고 있는 0.5mm 보다 크게 나타났다. 이에 대한 위치정확도 확보방안으로 먼저, 교내에 Static 측량을 실시하여 측량기준점을 선정한 후 기준점으로부터 주요건물에 대한 좌표값을 평가하여 RTK 방법으로 측량한 좌표값과 비교하였다. 두 번째로는 RTK로 측량한 주요건물 지점을 기준으로 Affine 변환을 수행하여 기구측된 수치지도를 변환하였으며 그 결과를 RTK 측량성과와 비교하였다. 첫 번째 방법과 두 번째 방법을 검토하여 소규모 지역에 적합한 수치지도 위치정확도 확보방안을 제시하였다.

ABSTRACT : With increasing of utilization of 1/1,000 Digital-Map being constructed with NGIS project, it is entering upon the stage that problem as the inspection of position

* 순천청암대학 지리정보기술연구소 연구원(Researcher, Research Institute Geographic Information Technology, Suncheon Chongam College, Duckwol-Dong, Suncheon, Chonnam, Korea, 540-260)

** 순천청암대학 지형정보시스템과 교수(Professor, Department of Geographic Information System, Suncheon Chongam College, Duckwol-Dong, Suncheon, Chonnam, Korea, 540-260)

accuracy of Digital-Map before its use. This paper evaluated position accuracy of Digital-Map being based on the construction of college facility management system into small area and presented modification/renovation of Digital-Map on area being occurred position error.

With a view to evaluation of position error to building using RTK survey, position error was shown more than 0.5mm that is prescribed in survey-law. In order to acquire good position accuracy, first we carried out Static survey to college and selected control point. And, we evaluated coordinate value to important building from control point and compared these results with RTK survey results. Second, we carried out Affine transform based on the control point of building being surveyed with RTK, transformed pre-constructed Digital-Map and compared these results with RTK Survey results. We analyzed first and second method and presented improvement method of position accuracy of Digital-Map suited on small area.

1. 연구배경 및 목적

오늘날 급속한 정보화 시대의 도래로 인해 편리성을 찾기 위한 각종 서비스에 대한 요구가 점차 늘어나고 있으며, 각종 정보 사용자들은 제품과 서비스의 질적 향상은 물론이고 다양한 매체와 방법을 통해 시간과 장소에 제한 없는 정보제공을 원하게 되었다. 이러한 실정에서 수치지도에 대한 관심은 고품질화는 물론이고 다양하고 방대한 정보의 요구로 나타나고 있다.

현재 우리나라에서 수치지도의 본격적인 공급이 이루어짐에 따라, 다양한 수요자들의 요구에 적절히 부합될 수 있도록 무엇보다도 수치지도의 정확도와 최신성이 확보되어야 할 것이다.

국가기본도 수치지도 제작은 정보화 시대라는 세계적인 추세에 있어서 국가경쟁력을 한단계 더 향상시켰을 뿐만 아니라, 다가오는 정보화 사회에 있어서 국민들의 생활수준을 상승시킬 수 있는 긍정적인

효과를 가져왔다. 또한, 국가기본도의 수치지도정보는 정보화시대의 사회기반정보로서 가장 중요한 사회간접자본 중의 하나이며, 다양하고 창의적인 응용을 통해 정보화사회를 구현하는 필수요소 중의 하나로 간주될 수 있다.

수치지도에 대한 자료 모델이 확립되고 본격적으로 유통됨에 따라 사용자들은 수치지도 자료의 정확도와 최신성에 더욱 많은 관심을 나타내고 있으며, 이를 만족시키기 위해서는 단계적 방안을 마련하여 주기적으로 수정/갱신함에 따라 수치지도의 정확도 및 최신성을 지속적으로 유지할 수 있어야 한다. 또한 기존 수치지도 정확도에서의 문제점을 제시하고 이를 해결하기 위한 단계적 방안을 강구해야 한다.

수치지도 수정/갱신에는 다양한 방법들이 적용될 수 있으며, 일반적으로 널리 사용되는 방법으로는 직접측량에 의한 방법, 준공도면의 활용방법, 기존의 항공사진측량 방법, 수치사진측량에 의한 방법,

위성영상에 의한 방법 등이 제시되고 있다.

본 연구는 순천청암대학 시설물관리시스템구축에 활용할 기구축된 1/1,000 수치지형도의 위치정확도를 검토하고 위치오차가 존재하는 부분에 대한 효과적인 위치정확도 확보 및 수정갱신방안을 제시하고자 하였다. 위치정확도 평가를 위해 GPS(Global Positioning System)를 활용하여 순천시 인근 삼각점을 기준국(Base)으로 하여 교내 주요 건물에 대한 RTK(Real-Time Kinematic)측량을 실시하여 위치오차를 우선적으로 평가하였다. 또한 위치정확도 확보를 위해, 첫째로 교내에 GPS 기준점을 선정하여 정밀 Static 측량을 실시하여 기준점의 위치를 결정한 후 기준점으로부터 토탈스테이션을 활용하여 새로운 좌표값을 얻는 방법과 둘째로 주요건물에 대한 RTK 측량성과를 활용하여 그 성과값을 기준으로 기구축된 도면에 대해 Affine 변환을 실시하여 도면을 변환한 후 위치정확도를 평가함으로써 효과적인 도면 제작방법을 모색코자 하였다.

2. 수치지도의 수정/갱신

수치지도 수정/갱신 방법은 직접측량에 의한 방법과 항공사진 및 위성영상 자료를 이용하는 방법으로 구분할 수 있다. 직접측량방법으로는 GPS 측량, 토탈스테이션 측량, 평판측량 등이 있으며, 항공사진 및 위성영상 이용방법으로는 항공사진에 의한 정사사진방법과 위성영상 이용방법, 항공삼각측량점 이용 수정과 지도좌

표점 이용 수정등으로 분류할 수 있다.

2.1 직접측량에 의한 방법

직접측량에 의한 수치지도 수정/갱신 방법은 GPS, 토탈스테이션, 평판측량 등을 이용하여 기설치된 기지점을 시작으로 직접측량에 의한 거리와 각을 관측하여 지도에 필요한 각종 위치자료를 획득하는 방법이다.

직접측량은 기존의 지상기준점을 이용하는 방법으로, 실제현장에서 관측을 실시함으로써 획득되는 자료의 정확도에 대한 신뢰성이 매우 높으며, 측량방법은 수정대상 지역에 대하여 위치좌표(X, Y)를 측량하는 방법과 높이(H)를 측량하는 방법이 있다. 일반적으로 수정 대상지역에 대한 평면과 높이 자료를 획득하기 위해서는, 광파기를 이용하여 평면위치 좌표를 구할 수 있고 표고정보는 직접수준측량을 통해서 획득할 수 있다. 따라서, 한 지역의 평면과 높이정보를 획득하기 위해서는 두 번 측량을 실시하여야 하므로 작업시간과 경비가 많이 소요되는 단점이 있으나 토탈스테이션을 사용하면 평면과 표고를 동시에 측정할 수 있게 된다.

또한 GPS를 이용할 경우에도 평면위치 좌표와 표고정보를 동시에 측정할 수 있으므로 소요경비를 절감할 수 있고, 측정자료의 정확도도 신뢰할 수 있기 때문에 최근에는 GPS를 이용한 측량 방법이 각광을 받고 있으나 도심지와 산악지 등 수신장애에 의한 작업이 불가능한 지역이 많다는 단점이 있다.

수정요소의 위치측량과 위치현황 파악

은 종전에는 대부분 평판측량을 이용하는 현황측량에 의해서 이루어지는데, 이 방법은 수정요소의 위치정확성보다 현황과악에 중점을 두고 있다. 그러나 지도를 갱신할 때에는 수정요소에 대한 정확한 위치정보가 요구되므로 이를 위해서는 좌표측량과 현황측량을 동시에 수행해야 한다. 그러므로 작업 대상의 면적과 수정요소가 많아질수록 절대적으로 소요되는 작업기간과 경비는 증가할 수 밖에 없다. 따라서 직접측량에 의한 방법은 정확도가 높은 지도를 제작하거나 소규모 지역 또는 갱신대상이 소량일 경우에 효과적인 방법이다.

2.2 항공사진을 이용한 해석도화방법

해석식 도화기에 의한 방법은 도화기를 통해 변화된 지역에 대하여 수정도화를 실시하여 변화된 내용을 수치화하는 방법으로 기존 수치지도와의 연계성이 용이하고, 기준점 측량을 통한 항공삼각측량을 실시하므로 정확도 측면에서는 가장 뛰어난 방법이라 할 수 있다.

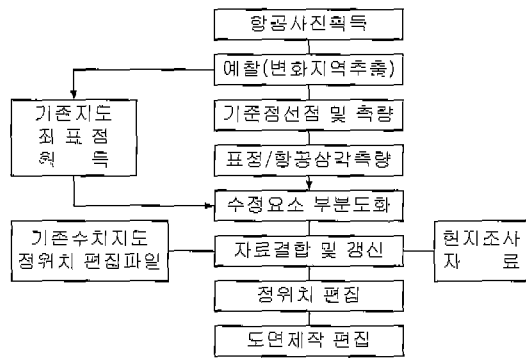
해석도화기를 이용한 수치지도 수정/갱신은 정위치 자료내의 지형지물등을 이용하거나 항공삼각점을 이용하여 작업하므로 비교적 높은 정확도를 유지하면서 작업할 수 있다는 장점이 있다. 일반적으로 항공사진측량에 의한 방법은 수정 범위가 넓고 수정량이 많은 경우에 효과가 있는 방법으로 수정/갱신 방법은 종이도면을 이용하거나 정위치 수치파일을 이용하는 방법이 있다. 도면을 이용하여 작업하면 도면의 신축과 맞춤 등에 의한 오차가 생

기기 때문에 정위치 자료의 좌표점을 이용하던지 항공삼각측량점을 이용하는 것이 정확도를 확보할 수 있다.

해석도화에 의한 수치지도 수정/갱신작업 흐름은 [그림-1]과 같으며, 이 방법에서 기준점 측량을 통한 항공삼각측량을 요구하는 방법이 있는데, 항공삼각측량은 해석도화의 가장 중요한 요소가 되고 있으며, 항공삼각측량의 성과는 최종 결과물의 정확도에 직결된다. 항공삼각측량은 입체도화기 및 정밀 좌표관측기로 사진상에서 무수한 점들의 좌표를 관측한 다음, 소수의 기준점 성과를 이용하여 관측된 무수한 점들의 좌표를 전자계산기를 통해 절대 혹은 측지좌표로 환산해내는 경제적 기법이다. 입체사진측량에서 한 개의 독립모형의 절대표정을 위해서는 최소한 3점의 지상기준점, 즉 표정점의 좌표를 알아야 하며 소요되는 점수는 입체모형수에 비례하여 증가한다. 그러나, 항공삼각측량은 기준점 선점 및 측량과정에 소요되는 시간과 경비를 대폭 절감시켜 높은 정확도와 경제성을 도모할 수 있는 방법이다.

해석도화 방법은 도화기와 연결된 전산기에 기존 수치지도를 직접 화면상에서 확인하며 작업할 수 있으므로 항공사진과의 비교를 통한 수정요소의 확인이 용이하고, 갱신내용에 대한 수정도화 파일을 직접 제작하기 때문에 수정도화 방법과 같이 수정도화 원도의 수치화 과정을 필요로 하지 않는다. 해석사진측량에 의해 수치지도를 수정/갱신할 경우 다수의 항공사진을 동시에 지상좌표로 변환할 수 있으므로 대규모 지역에 대한 갱신이 용이하다. 또한 기존 수치지도를 바로 연계

하여 작업할 수 있으므로 인접도면과의 연결성이 우수하며, 기준점 측량을 통한 정확한 고도정보를 획득할 수 있기 때문에 성과에 대한 정확성과 신뢰성을 확보할 수 있다.



[그림 1] 해석도화에 의한 수치지도 수정/갱신 흐름도

3. 연구의 적용

3.1 연구대상지역

학교시설물관리시스템 구축에 사용되는 수치지도의 위치정확도를 평가하고자 전남 순천시 덕월동에 위치하고 있는 순천정암대학을 연구대상지로 선정하였다.

3.2 GPS를 이용한 위치정확도 평가

1) GPS 측량장비 내역 및 정확도

본 연구에서 사용한 GPS 장비 내역 및 정확도는 각각 <표 1>, <표 2>와 같다.

<표 1> GPS 측량장비 내역

구분		GPS 장비
제품명	Trimble 4700	
장비 용도	Static Survey Real Time Kinematic Survey	
구성 요소	Base	4700 Receiver 10m Antenna Cable III Measuring Rod Micro-centered Antenna 6 Ah Battery Geodetic Ground Plane Trim Talk
	Rover	4700 Receiver Rover Radion Antenna Micro centered Antenna Rover Radio Antenna

<표 2> 장비의 정확도

Static Survey Performance Accuracy	
Horizontal	5mm + 1 ppm × 기선
Vertical	10mm + 1 ppm × 기선
RTK Survey Performance Accuracy	
Horizontal	2cm + 2 ppm × 기선
Vertical	5cm + 2 ppm × 기선

2) GPS를 이용한 위치정확도 평가

순천정암대학이 위치하고 있는 1/1,000 수치지도에 대한 위치정확도를 평가하기에 앞서, 시청 지리정보계의 협조를 얻어 수치지도를 작성하는데 사용된 항공사진('96)을 입수하였다. 그러나, 수치지도 작성시 활용된 항공사진측량기준점 성과표는 지리정보계가 신설되면서 업무이관에 따른 자료이동 과정에서 분실되어 입수하

지 못하여 수치지도 작성에 활용된 순천시 주변의 삼각점을 파악할 수 없었다. 따라서, 본 연구에서는 부득이하게 시청 지적계에서 보관하고 있는 여러 삼각점 중 시청에서 주로 이용하고 있는 봉화산 정상 3등 삼각점 성과를 활용하였다.

<표 3> 봉화산 3등 삼각점 좌표

E	N
246168.73	163767.19

순천청암대학내의 1/1,000 수치지도 위치정확도를 평가하기 위해 교내에 위치하고 있는 주요 건물에 대해 GPS 측량을 실시하였다. GPS 측량은 주위에 건물 등의 장애물이 있을 경우 위성으로부터의 전파수신 방해로 인한 측량의 어려움이 내재되어 있으므로 건물옥상에 올라가서 수치지도에서 위치확인이 용이한 주요 건물 모서리 부분을 DGPS RTK 방법으로 측량하였다. <표 4>는 주요 건물 모서리 부분에 대한 1/1,000 수치지도와 GPS 측량 성과에 대한 위치정확도를 비교 분석한 결과이다.

현재 우리나라의 수치지도에 대한 평면 위치도상오차 기준은 0.5mm로 규정(측량관계법령집 ‘공공측량 작업규정 기준에 관한 규칙’ 제8장 제3절)되어 있어 현행 법규의 위치정확도 기준이 수치지도에 관련한 사항들을 현실적으로 반영하지 못하고 있다. 이러한 문제점을 해결하기 위해 국립지리원에서는 『수치지도 정확도 제고를 위한 수정/갱신 방안에 관한 연구』 보고서를 1999년 11월에 수행하여 발표하

였다. 보고서에서는 우리나라의 많은 수치지도를 샘플링하여 직접측량 및 사진측량 그리고 GPS 측량들을 통해 우리나라 현실에 맞는 수치지도 허용오차 기준을 도상오차 0.33mm로 정하고 있으며, 이것은 측량관계법령집 규정인 0.5mm보다 강화된 것으로 해석되어진다.

<표 4>의 교내 수치지도 위치정확도 분석결과를 보면, 평균지상오차는 1.395m이고 표준편차는 $\pm 0.254m$ 로 나타났으며 이는 측량관계법령집에서 규정하고 있는 수치지도 허용지상오차 기준인 0.5m보다 매우 큰 값으로 이러한 위치정확도가 결여된 수치지도를 학교시설물관리시스템의 기초자료로 활용하는데에는 문제점이 있다는 결론을 얻었다.

3.3 수치지도 위치정확도 확보방안

1) 토달스테이션 측량 방법

학교시설물관리시스템의 기반이 되는 수치지도의 중요성을 고려해 볼 때, 현재의 수치지도로는 효율적인 시스템 관리가 어렵다고 판단된다. 따라서, 정확하고 신뢰성 있는 수치지도의 수정/갱신을 위해서는 교내에 측량기준점을 선정하고 이러한 기준점을 이용하여 토달스테이션으로 주요건물들을 정밀 측량하는 것이 바람직하다. 다음 <표 5>와 [그림 2]는 각각 봉화산 3등 삼각점을 기준국으로 하여 교내에 선정한 11개 기준점에 대해 Static방법으로 측량하여 얻은 결과와 기준점 배치도를 보여준다.

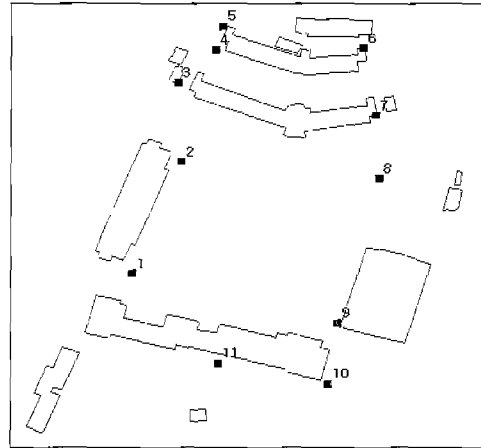
또한, RTK로 관측한 주요건물에 대한 탈스테이션의 정밀도를 고려해 볼 때 평균 좌표값과 11개의 측량기준점으로부터 토 탈스테이션으로 관측한 좌표값과의 위치 정확도 분석결과는 <표 6>과 같으며, 평균 지상오차는 0.008m 그리고 표준편차는 ± 0.003m로 나타났다. 측량에 사용된 토

<표 4> GPS 측량좌표와 수치지도 좌표와의 비교

측점	GPS 측량좌표		수치지도 좌표		오차		편차 $\sqrt{(\Delta E)^2 + (\Delta N)^2}$	평균 오차	표준 편차	
	E	N	E	N	\Delta E	\Delta N				
A	1	244680.429	158734.368	244681.190	158735.220	0.761	0.852	1.142	1.395	0.254
	2	244678.735	158709.958	244679.590	158710.990	0.855	1.032	1.340		
	3	244551.409	158739.433	244551.750	158740.560	0.341	1.127	1.177		
	4	244557.443	158762.112	244557.830	158763.690	0.387	1.578	1.625		
B	1	244703.493	158791.509	244704.440	158792.950	0.947	1.441	1.724		
	2	244738.945	158781.805	244739.380	158782.940	0.435	1.135	1.216		
	3	244725.136	158733.061	244725.580	158734.100	0.444	1.039	1.130		
	4	244689.923	158742.758	244690.360	158743.850	0.437	1.092	1.176		
C	1	244556.448	158790.101	244557.160	158791.330	0.712	1.229	1.420		
	2	244571.560	158784.095	244572.140	158785.380	0.580	1.285	1.410		
	3	244597.670	158851.413	244598.510	158852.790	0.840	1.377	1.613		
	4	244581.595	158857.008	244582.680	158858.820	1.085	1.812	2.112		
D	1	244538.714	158729.885	244539.410	158731.560	0.696	1.675	1.814		
	2	244547.586	158726.479	244548.600	158727.920	1.014	1.441	1.762		
	3	244528.148	158677.361	244529.020	158678.170	0.872	0.809	1.189		
	4	244519.315	158680.899	244519.790	158682.070	0.475	1.171	1.264		
E	1	244607.635	158890.567	244608.270	158891.740	0.635	1.173	1.334		
	2	244609.817	158886.169	244610.730	158887.240	0.913	1.071	1.407		
	3	244705.936	158870.299	244706.450	158871.480	0.514	1.181	1.288		
	4	244709.511	158874.980	244710.050	158876.010	0.539	1.030	1.163		
F	1	244628.425	158929.993	244628.940	158931.200	0.515	1.207	1.312		
	2	244627.508	158915.098	244627.560	158916.390	0.052	1.292	1.293		
	3	244699.798	158902.052	244700.400	158903.300	0.602	1.248	1.386		
	4	244702.996	158916.687	244703.530	158917.750	0.534	1.063	1.190		

<표 5> 측량기준점 좌표값

측점	E	N
1	244577.272	158777.174
2	244603.709	158846.939
3	244602.030	158896.221
4	244622.350	158916.529
5	244626.547	158931.354
6	244702.863	158917.488
7	244709.474	158875.682
8	244711.577	158836.471
9	244688.807	158746.421
10	244683.874	158708.599
11	244624.027	158721.560



[그림 2] 측량기준점 배치도

<표 6> GPS 측량좌표와 토탈스테이션 측량좌표와의 비교

측점		GPS 측량좌표		토탈스테이션 측량좌표		오차		편차 $\sqrt{(\Delta E)^2 + (\Delta N)^2}$	평균 오차	표준 편차
		E	N	E	N	\Delta E	\Delta N			
A	1	244680.429	158734.368	244680.421	158734.361	0.008	0.007	0.011	0.008	0.003
	2	244678.735	158709.958	244678.731	158709.952	0.004	0.006	0.007		
	3	244551.409	158739.433	244551.411	158739.425	0.002	0.008	0.008		
	4	244557.443	158762.112	244557.441	158762.119	0.002	0.007	0.007		
B	1	244703.493	158791.509	244703.488	158791.519	0.005	0.010	0.011		
	2	244738.945	158781.805	244738.932	158781.805	0.013	0.000	0.013		
	3	244725.136	158733.061	244725.130	158733.057	0.006	0.004	0.007		
	4	244689.923	158742.758	244689.921	158742.743	0.002	0.015	0.015		
C	1	244556.448	158790.101	244556.441	158790.110	0.007	0.009	0.011		
	2	244571.560	158784.095	244571.562	158784.092	0.002	0.003	0.004		
	3	244597.670	158851.413	244597.667	158851.419	0.003	0.006	0.007		
	4	244581.595	158857.008	244581.590	158857.001	0.005	0.007	0.009		
D	1	244538.714	158729.885	244538.719	158729.881	0.005	0.004	0.006		
	2	244547.586	158726.479	244547.581	158726.474	0.005	0.005	0.007		
	3	244528.148	158677.361	244528.141	158677.368	0.007	0.007	0.010		
	4	244519.315	158680.899	244519.313	158680.892	0.002	0.007	0.007		
E	1	244607.635	158890.567	244607.630	158890.569	0.005	0.002	0.005		
	2	244609.817	158886.169	244609.813	158886.161	0.004	0.008	0.009		
	3	244705.936	158870.299	244705.939	158870.292	0.003	0.007	0.008		
	4	244709.511	158874.980	244709.509	158874.982	0.002	0.002	0.003		
F	1	244628.425	158929.993	244628.424	158929.999	0.001	0.006	0.006		
	2	244627.508	158915.098	244627.501	158915.098	0.007	0.000	0.007		
	3	244699.798	158902.052	244699.792	158902.053	0.006	0.001	0.006		
	4	244702.996	158916.687	244702.993	158916.681	0.003	0.006	0.007		

2) 기존 수치지도를 이용한 Affine 변환기법

가. Affine 변환

토탈스테이션을 활용한 정밀측량기법은 정밀도면을 작성할 수 있다는 장점은 있으나 시간과 경비가 많이 소요된다는 단점이 있다. 따라서 본 연구에서는 기구측된 수치지도를 그대로 활용하면서 위치정확도를 향상시킬 수 있는 방안의 하나로 Affine 변환기법을 제시하고자 한다.

Affine 정합함수,

$$\begin{aligned} x &= a_{11}u + a_{21}v + a_{31} \\ y &= a_{12}u + a_{22}v + a_{32} \end{aligned}$$

이 함수를 행렬로 표현하면 다음과 같다.

$$\begin{bmatrix} x_0 & y_0 & 1 \\ x_1 & y_1 & 1 \\ x_2 & y_2 & 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & 0 \\ a_{21} & a_{22} & 0 \\ a_{31} & a_{32} & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} u_0 & v_0 & 1 \\ u_1 & v_1 & 1 \\ u_2 & v_2 & 1 \end{bmatrix}$$

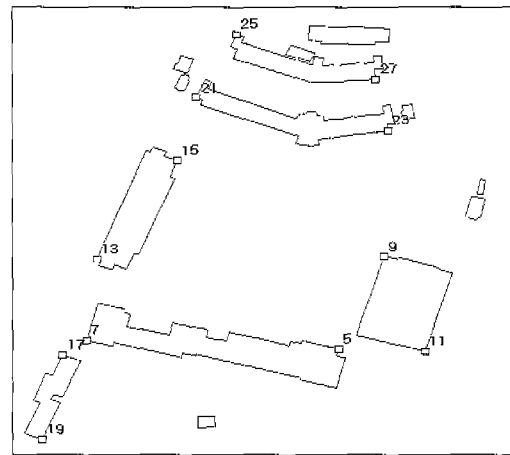
$x_0, y_0, x_1, y_1, x_2, y_2$ 는 출력 좌표이고 $u_0, v_0, u_1, v_1, u_2, v_2$ 는 입력 좌표이다.

나. 적용

기존 수치지도의 위치정확도 향상을 위해 본 연구에서는 Arc/Info 7.1.2 프로그램을 활용하여 RTK 방법으로 측량한 주요 건물에 대한 좌표값을 이용하여 Affine 변환을 수행하였다. 1단계로, Arc/Info의 Generate 명령어를 이용하여 점형태의 TIC을 선정하였으며 이때 TIC의 고유번호는 수치지도의 TIC 고유번호와 반드시 일치하도록 한 후 각각의 TIC에 RTK방법으로

측량한 좌표값을 부여하였다. 2단계로 dxf 포맷의 기존 수치지도에 대해 dxfacr 명령어를 이용하여, 위치확인을 위해 필요한 건물레이어("AAA008")를 선택하여 커버리지로 변환하였다. 변환된 건물 커버리지의 TIC은 임시적으로 생성된 것이므로 모두 삭제하였으며 1단계의 TIC이 위치한 곳을 찾아 5~28까지 총 24개의 새로운 TIC을 생성하였으며 이때 TIC의 고유번호는 1단계의 고유번호와 동일하게 부여하였다.

[그림 3]은 총 24개의 TIC 중 변환을 위해 선정한 12개의 TIC을 나타내고 있다.



[그림 3] 변환을 위해 선정한 12개 점

1단계와 2단계에서 생성된 커버리지에 대해 위상관계를 부여하였으며 TM좌표체계를 정의해 주었다. 1단계에서 구축한 TIC 좌표를 이용하여 2단계에서 구축한 건물 커버리지에 대해 Affine 변환을 실시하여 변환된 도면을 생성하였다.

<표 7>은 Affine 변환을 실시한 결과를 보여주고 있으며 Affine 변환기법을 활용하여 변환된 주요건물에 대한 커버리지의 좌표값과 GPS 측량좌표와의 비교 결과는 <표 8>과 같다.

GPS 측량좌표와 Affine 변환된 좌표와의 비교 검토 결과, 평균지상오차는 0.277m로 나타났으며 표준편차는 ±0.169m로 나타났다. 따라서 최대지상오차는 0.446m (0.277m+0.169m)가 되며 이것은 측량관계 법령집 ‘공공측량 작업규정 기준에 관한 규칙’ 제 8 장 제 3절에 제시되어 있는

1/1,000 수치지도에 대한 평면위치지상오차 기준인 0.5m보다 작은 값으로 짧은시간과 적은비용으로 수치지도 평면위치오차 정확도 범위내에서 수치지도를 작성하는 좋은 기법중 하나라고 사료된다.

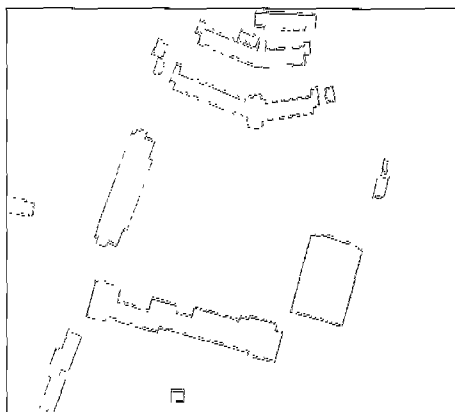
하지만, 국립지리원의 『수치지도 정확도 제고를 위한 수정/갱신 방안에 관한 연구』 보고서에서 제시한 허용지상오차 0.33m를 기준으로 볼 때, 지상오차범위를 0.116m 초과하는 것으로 나타났다.

<표 7> Affine 변환결과

Scale(X,Y) = (1.000, 0.999), Skew(degrees) = (0.065), Rotation (degrees) = (0.042) Translation = (-107.682,-12.163), RMS Error (input,output) = (0.273,0.273) Affine X = Ax + By + C (A = 1.000, B = 0.000, C = -107.682) Y = Dx + Ey + F (D = 0.001, E = 0.999, F = -12.163)				
TIC 번호	입력 x	출력 x	입력 y	출력 y
5	244681.190	244680.422	158735.218	158734.375
7	244551.753	244551.406	158740.561	158739.438
9	244704.439	244703.500	158792.946	158791.516
11	244725.577	244725.141	158734.099	158733.063
13	244557.165	244556.453	158791.328	158790.094
15	244598.513	244597.672	158852.785	158851.406
17	244539.412	244538.719	158731.561	158729.891
19	244529.019	244528.141	158678.169	158677.359
21	244608.266	244607.641	158891.739	158890.563
23	244706.448	244705.938	158871.479	158870.297
25	244628.937	244628.422	158931.200	158930.000
27	244700.399	244699.797	158903.298	158902.047

<표-8> Affine 변환된 좌표와 GPS 측량좌표와의 비교

측점	GPS 측량좌표		Affine 변환된 좌표		오차		편차	평균 오차	표준 편차	
	E	N	E	N	\Delta E	\Delta N	$\sqrt{(\Delta E^2 + \Delta N^2)}$			
A	1	244680.429	158734.368	244680.520	158734.140	0.091	0.228	0.245	0.277	0.169
	2	244678.735	158709.958	244678.910	158709.940	0.175	0.018	0.176		
	3	244551.409	158739.433	244551.060	158739.380	0.349	0.053	0.353		
	4	244557.443	158762.112	244557.140	158762.480	0.303	0.368	0.477		
B	1	244703.493	158791.509	244703.800	158791.830	0.307	0.321	0.444		
	2	244738.945	158781.805	244738.730	158781.860	0.215	0.055	0.222		
	3	244725.136	158733.061	244724.910	158733.050	0.226	0.011	0.226		
	4	244689.923	158742.758	244689.690	158742.770	0.233	0.012	0.233		
C	1	244556.448	158790.101	244556.480	158790.090	0.032	0.011	0.034		
	2	244571.560	158784.095	244571.470	158784.160	0.090	0.065	0.111		
	3	244597.670	158851.413	244597.870	158851.520	0.200	0.107	0.227		
	4	244581.595	158857.008	244582.030	158857.530	0.435	0.522	0.679		
D	1	244538.714	158729.885	244538.720	158730.370	0.006	0.485	0.485		
	2	244547.586	158726.479	244547.890	158726.750	0.304	0.271	0.407		
	3	244528.148	158677.361	244528.300	158677.030	0.152	0.331	0.364		
	4	244519.315	158680.899	244519.060	158680.920	0.255	0.021	0.256		
E	1	244607.635	158890.567	244607.640	158890.440	0.005	0.127	0.127		
	2	244609.817	158886.169	244610.110	158885.940	0.293	0.229	0.372		
	3	244705.936	158870.299	244705.830	158870.270	0.106	0.029	0.110		
	4	244709.511	158874.980	244709.440	158874.800	0.071	0.180	0.193		
F	1	244628.425	158929.993	244628.330	158929.880	0.095	0.113	0.148		
	2	244627.508	158915.098	244626.950	158915.080	0.558	0.018	0.558		
	3	244699.798	158902.052	244699.800	158902.050	0.002	0.002	0.003		
	4	244702.996	158916.687	244702.940	158916.500	0.056	0.187	0.195		



[그림 4] 기존의 건물(파랑색)과 Affine 변환 후의 건물(적색) 커버리지

[그림 4]는 기존의 건물 커버리지를 파랑색으로 표시하였고 Affine 변환을 수행한 건물 커버리지를 적색으로 표시한 그림이다.

4. 결론

본 연구는 순천청암대학 시설물관리시스템 구축의 기반이 되는 교내 주변의 1/1,000 수치지도 위치정확도를 평가하고 수정/갱신 방안을 제시하기 위한 것으로 GPS 측량, 토달스테이션 측량 그리고

Affine 변환기법을 활용하여 서로간의 위치정확도를 비교평가 제시하였다.

먼저, 기존의 수치지도 위치정확도를 평가하기 위해 수치지도 중 위치확인이 용이한 주요건물 모서리 부분을 선정하여 GPS 측량을 실시해 본 결과, 평균지상오차는 1.395m로 나타났으며 표준편차는 $\pm 0.254m$ 로 나타났다. 이러한 오차는 측량관계법에서 규정하고 있는 수치지도 1/1,000 기준인 0.5m과 비교하여 볼 때, 매우 큰 값으로서 이에 대한 대안으로 본 연구에서는 GPS 기준점을 활용한 토달스테이션 측량방법과 Affine 변환기법을 활용한 기존 수치지도 수정갱신 방법을 이용하였다.

먼저, 교내에 선정한 측량기준점으로부터 토달스테이션을 이용하여 관측한 값과 봉화산 3동 삼각점을 기준국으로 하여 RTK방법으로 측량한 좌표와의 위치오차를 분석해 본 결과, 평균지상오차는 0.008m 그리고 표준편차는 $\pm 0.003m$ 로 매우 좋은 결과를 나타냈다.

두 번째 방법으로는, Affine 변환기법을 활용하여 수정한 좌표값과 RTK방법으로 측량한 좌표와의 위치오차를 분석해 본 결과, 평균지상오차는 0.277m로 나타났으며 표준편차는 $\pm 0.169m$ 로 나타났다. 최대허용 지상오차값인 0.446m는 측량관계법령에서 규정하고 있는 수치지도 1/1,000 기준인 0.5m보다는 작은 값이지만, 국립지리원의 『수치지도 정확도 제고를 위한 수정/갱신 방안에 관한 연구』 보고서에서 제시한 허용지상오차 0.33m보다는 큰 값을 보였다.

학교시설물관리시스템은 학교기관 차원

에서 운영한다는 점과 비용이나 시간측면을 고려할 때, 교내에 선정한 11개의 GPS 측량기준점을 활용하여 토달스테이션으로 측량하는 방법은 그렇게 바람직한 방법은 아니라고 사료된다. 따라서 본 연구를 통해 제시하고자 하는 소규모 지역의 수치지도 위치정확도 확보방안으로는 RTK로 측량한 주요 지점들을 기준으로 기구측된 수치지도를 Affine 변환하여 사용하는 것이 비교적 빠른 시간과 저렴한 비용으로 측량관계법령에서 규정하고 있는 도상오차 0.5mm를 만족하면서 수치지도의 위치정확도를 향상시키는 방안이라고 생각된다.

다만, 본 연구에서 부득이하게 채택한 3동 삼각점에 따른 위치오차가 문제시되는 바, 본 연구결과를 일반화하기 위해서는 향후 전국 각지에서 샘플링한 소규모 지역의 수치지도에 대한 위치오차를 평가하는 것이 필요하다고 생각된다. 본 연구에서는 GPS 측량과 Affine 변환을 활용하여 이러한 일반화에 적용되는 방법론을 제시하는 것으로서, 학교시설물 관리시스템 구축의 기반이 되는 수치지도 위치정확도 평가 및 향상방안 연구를 정리하여 제시하였다.

감사의 글

본 연구는 순천청암대학의 『교내 연구비 지원연구』로 수행되었으며, 이에 감사드립니다.

참 고 문 헌

- 국립지리원, 1999 “수치지도 좌표계 변환에 관한 연구”,
- 국립지리원, 1998 “수치지도 좌표계에 관한 연구”.
- 국립지리원, 1998 “수치지도 작업지침 개선연구”.
- 국립지리원, 1998 “수치지도 위치 정확도에 관한 연구”.
- 국립지리원, 1999 “수치지도 Data Specification 연구(Ⅱ)”.
- 국립지리원, 1998 “수치지도 검수방안에 관한연구”.
 - 국립지리원, 1999 “수치지도 정확도 제고를 위한 수정/갱신 방안 연구”.
 - 국립지리원, 1999 “수치지도 품질관리 연구”.
 - 국립지리원, 1998 “사진측량에 의한 수치지도의 수정”.
 - ESRI, “Arc/Info Command Reference”