

토탈스테이션과 시스템2000을 이용한 수치지형도 제작

TotalStation and System2000 Implementation for Digital Cartographic Map

양옥진*
Yang, Ok Jin

정영동**
Jung, Young Dong

강상구***
Kang, Sang Gu

要 旨

전자기술의 비약적인 발전은 측량분야에 있어 GPS나 TotalStation과 같은 첨단장비의 발전을 가져왔다. GPS에 의한 측량은 수신장비의 고가로 인해 아직까지는 실무전반에 걸쳐 활용되지는 못하고 있다. 따라서 본 연구에서는 실무분야에서 일반적으로 가장 많이 이용되고 있는 토탈스테이션과 팜탑방식의 System 2000을 결합하여 지형측량을 수행하고, 팜탑에서 기본적으로 제공하는 소프트웨어와 AutoCad상에서 수치지도를 직접제작 하고 정확도 분석을 통해 토탈스테이션과 System 2000을 이용한 수치지도 제작의 타당성 및 제작된 수치지도의 활용가능성 제시를 목적으로 연구를 수행하였다.

ABSTRACT

The development of electronic technology brings the advent of GPS and electronic total station which measures, stores and records automatically angles, distances and 3d coordinates Electronic totalstation is the surveying equipment and system2000 is the supporting program that enables totals tation to get 3d terrain information, construction of the database and automatic drafting of the cartographic map. In this study, we aims at studying the system which can produce automatically the digital cartographic map by using total station and system2000. For this study, cartographic maps of a region are produced by total station and system2000, and then builded digital cartographic map on the autocad2000 environment and also we analysed two digital cartographic maps. As a results of this study, it is found that digital cartographic map by total station and system2000 are much more accurate and efficient than cartographic map by electronic plan table surveying

1. 서 론

최근 정보화 사회의 도래로 인간 활동에 미치는 모든 영역에서 정확하고 체계적인 각종 정보의 활용은 삶의 질을 결정하는 중요한 척도가 되고 있다. 국가지리정보체계(NGIS)구축사업은 이와 같은 국가적 정보화의 기반을 조성하기 위해 추진하고 있는 중요

사업의 일환으로 국가기본도의 수치도화 사업, 지하매설물 종합도 구축사업, 공통주제도 구축사업 등 지형데이터베이스 구축 사업을 중심으로 이를 활용하고 표준화하기 위한 관련 분야의 개발사업으로 구성되어 있다. 특히, NGIS구축사업을 위해 국립지리원 및 국토개발연구원에서는 국가지리정보체계(NGIS)구축 기본계획을 수립하고 1/1,000, 1/5,000 및 1/25,000축척의

* 조선이공대학교 토목과 교수

** 조선대학교 토목공학과교수

*** 조선대학교 토목공학과 박사 수료 · 062-230-7848(E-mail : K690520@kebi.com)

지형도를 수치화하고 있다.³⁾ 현재 1/5,000 수치지도는 산악지와 해변가를 제외한 전 국토가 제작 완료되었고, 1/1,000 수치지도는 도심지를 중심으로 대부분 제작이 완료되었고, 1/25,000 수치지도는 산악지를 중심으로 제작이 완료되었다. 이러한 수치지도는 지형공간 정보시스템에 있어서 가장 기본이 되며, 기존의 종이 지도와는 달리 사용목적에 맞는 필요한 정보만을 추출할 수 있어야 하며, 경우에 따라서는 대축척 수치지도를 이용한 소축척 수치지도를 제작하여 동일 지역에 대축척 수치지도의 활용을 증대할 수 있어야 한다. 그러나 지금까지의 수치지도제작은 필요에 따라 각각의 주제와 축척별로 따로 작업을 수행함으로써 막대한 시간적·경제적 손실을 초래하였을 뿐만 아니라 정확도 유지 및 자료의 일관성이 결여된 구축으로 서로 다른 환경 데이터 호환에 상당한 애로사항을 내포하고 있는 실정이다.²⁾

수치지도 제작방법으로는 사진측량과 원격탐사, 항공사진, 측지 및 측량기술(Coordinate Geometry), 범지구적 위치 결정체계, GPS측량 등이 있다. 수치지도는 기존의 종이지도에 비해 복잡한 전산자료 형태를 갖게 된다. 따라서 수치 지도로부터 위치정보를 추출하거나 다른 종류의 수치정보 등과 결합시켜 활용하기 위해서는 수치지도의 사용자가 신뢰할 수 있는 신뢰성 있는 수치지도가 제작되어야 한다.¹⁾

본 연구에서는 실무분야에서 일반적으로 가장 많이 사용되고 있는 측량 장비인 토탈스테이션과 토탈스테이션의 보조기구인 system 2000을 이용하여 연구대상지에 대한 세부지형측량을 통해 지모와 지물에 관한 정보를 취득하고 이를 PC상에서 처리할 수 있는 수치지도제작 시스템에 연결하여 수집된 지형자료로부터 필요한 사항만 선별하여 파일변환을 시키고 현장에서 관측된 표고 값을 이용하여 AutoCad 2000상에서 등고선 레이어를 생성하여 최종적으로 수치지도를 시범적으로 제작하였고 이를 통해 각종 공사에 필요한 대축척 수치지도를 직접측량에 의한 방법으로 제작하는데 있어 그 효용성과 문제점을 제시하고, 제작된 수치지형도상의 기준점 간의 거리와 면적을 실측값과 비교하여 정확도 분석을 수행하였다.

2. 연구방법

본 연구의 진행방법은 다음과 같다. 먼저 T.S(Total Station)과 System 2000의 팜탑을 연결하고 C.P(지상 기준점)에 기계점을 잡고 기계점 좌표와 후시점 좌표를 입력하였다. 이때 좌표는 등고선을 그리기 위하여 X, Y, Z 3차원 좌표 입력방식을 이용하였다. 연구대상지가 비교적 넓기 때문에 기계점은 계속 지상 기준점에 옮겨다니며 지형지물의 경계점 좌표와 3차원 좌표를 취득하였다. 지물의 형태는 현장에서 경계선 좌표를 얻어 지형측량 현황을 그래픽으로 확인하며 측량하고 결선작업과 코드기입을 병행하여 현장에서 곧바로 현황도를 제작하며 측량을 수행하였다.

현장에서 system 2000을 사용해 만들어진 현황도는 PC와 연결하여 AutoCad상에서 편집할 수 있도록 DXF포맷으로 저장하고 현황도 편집은 AutoCad상에서 도곽을 400×500m단위로 구성하여 지모·지물 추가, 등고선 생성 등의 작업을 거쳐 최종 수치지형도를 작성하였다. 현장에서 제작된 수치지도의 정확도 검증을 위해 기계점 각각에 대해 고유의 코드번호를 부여하여 거리를 관측한 기계점과 후시점의 고유번호는 AutoCad상에 코드번호로 나타나도록 하였다. 지물은 비교적 직선인 구조물의 폭이나 가로 길이를 관측하여 수치지도 편집시 AutoCad상에서 실측된 각각의 거리와 면적을 도면상의 값과 비교하여 정확도를 검증하였다.

3. 관측 및 자료처리

3.1 연구대상지 및 기준점측량

본 연구에서는 수치지도 제작에 목적을 두고 있기 때문에 무엇보다도 도근점의 분포나 정확도가 수치지도 제작의 정확도에 큰 영향을 미친다. 도근점 전개를 위해 전남 영광군 영광읍 단주리 일대의 비교적 평탄한 지역에 분포되어 있는 지적 경계점을 이용하여 삼각망을 구성하였다. 정확한

지형도를 제작하기 위해서는 국가 기준점인 삼각점을 이용하여야 하나 본 연구의 목적이 토탈스테이션에 의한 수치지도 자동제작과 제작된 지형도의 정확도 검증에 있기 때문에 국가 기준점인 삼각점을 이용해 삼각망을 전개할 경우 삼각점이 연구대상지로부터 너무 멀리 떨어져 있어 지형 및 시간적인 제약을 받는다는 문제가 있어 비교적 지형이 단순하고 평탄한 지역에 위치한 지적경계점을 원점 좌표로 하여 연구 대상지역에 고루 CP점을 전개하고 그 성과를 이용 수치지도 제작의 도근점으로 활용하였다.

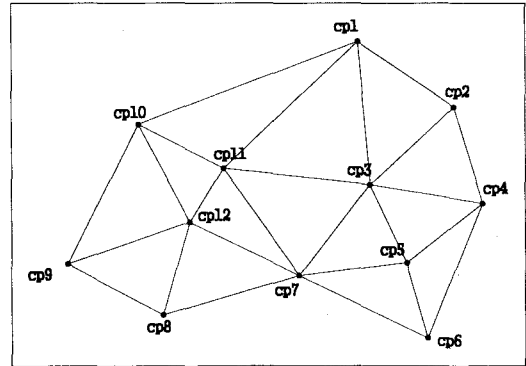


그림 3. 삼각망 구성도



그림 1. 연구대상지역

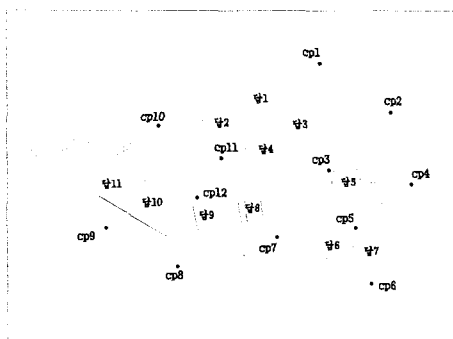


그림 2. 기준점(CP) 분포도

현재 대부분의 소축척이나 중축척 규모의 지형도는 사진측량에 의하여 만들어지고 있으나 전통적으로 소규모 지역에 대한 대축척 지형도의 제작은 거의 평판과 트랜싯등의 결합에 의하여 이루어졌다.

평판에 의하여 측정하고자 하는 점의 방향이 결정되면 트랜싯에 의한 시거측량이나 줄자에 의하여 거리가 측정되었고, 높이는 트랜싯에 의한 간접고저측량이나 직접 레벨에 의하여 측정되었다. 최근 광파측거기가 발달되고 널리 보급됨에 따라 거리 및 높이의 측정은 대부분 이에 의하여 이루어지고 있으나, 평판은 아직도 널리 이용되고 있는 실정이고, 특히 평판은 지적분야에서 많이 이용되고 있고 토목공사를 위한 지형측량에도 이용되고 있다. 지금까지 토탈스테이션에 의해 세부 지형측량이 이루어지지 못하는 가장 큰 원인은 지물의 형태를 평판측량과 같이 직접 확인하며 그려나가는 방법이 아니라 지물의 형태가 변하는 지점의 좌표를 전자야장에 입력하고 실제 지물의 표현은 후처리를 하는 과정에서 이루어지기 때문에 측정(좌표) 형태의 데이터만 가지고는 실제 지형의 형상을 파악할 수 없기 때문에 지물의 형태를 묘사해 낼 수 없다는 단점 때문이다. 물론 이러한 단점을 극복한 장비인 전자식 태키아미터(Electronic Tacheometer)를 이용한 다면 현장에서 직접 지형도 제작이 가능하겠지만 장비가 고가이고 널리 보급된 측량장비가 아니고 또한 일반 현장에서 그 활용 가치가 토탈스테이션에 비해 떨어진다는 단점이 있다. 반면에 보급이 일반화되어 있는 토탈스테이션과 지형도제작을 위한 팜탑 형식의 System 2000을 링크해 이용한

다면 빠른 시간 내에 정확한 수치형태의 지형도를 완성해 낼 수 있다. System 2000은 토탈스테이션(이하 T.S)의 보조 기구로서 측량 작업시 T.S와 연결해 측량데이터의 수집, 관리를 도와주는 프로그램이다. System 2000은 현장에서 현황을 그래픽으로 확인하며 측량하고 결선작업과 코드기입을 병행하여 현장에서 곧바로 지형도면을 만들며 측량할 수 있다. 기존의 평판측량 작업시 도곽의 크기 및 엘리테이드의 스케일범위가 한정됨으로 인하여 필요이상의 많은 도근점을 사용하여야 했다. 그러나, T.S와 System 2000에 의하여 세부지형측량을 실시할 경우 시통이 가능한 범위 안에서는 T.S의 거리측정능력 한계까지 한곳의 기계점에서 모든 측량이 가능하다.

즉, 한곳의 기계점에서 무한대까지 시통이 가능하다는 조건하에서 T.S의 거리 측정한계가 2.5km까지 가능하다면 하나의 기계점과 하나의 후시점만 있다면 $\pi \times 2.5^2 = 20\text{km}^2$ 의 범위가 한곳의 기계점만으로 측량이 가능하다.

현장에서 System 2000을 사용해 만들어진 초기도면은 PC와 연결하여 AutoCad상에서 지반, 지목 추가, 등고선 생성 등의 작업을 거쳐 최종 지형도를 작성한다. System 2000과 같이 사용할 수 있는 System 2000PC는 PC상에서 운영되며 System 2000과의 데이터 교환, 열람, 출력을 전담하는 프로그램이다. System 2000에서 만들어진 현황도와 관측 데이터를 System 2000PC를 사용해 일반 PC로 옮긴 후 관측데이터와 현황도를 출력할 수 있다. System 2000PC는 수집된 데이터를 DXF포맷으로 저장할 수 있어 현황도 편집은 AutoCad기반에서 다양하게 가공할 수 있다.

3.2 세부지형측량 및 측량성과 편집

3.2.1 데이터 전송 및 데이터 편집

System 2000PC는 팜탑의 작업 데이터를 PC로 옮기고 편집하거나 AutoCad 파일(DXF)로 변환하는 등 System 2000의 데이터를 PC상에서

관리하는 프로그램이다. System 2000PC는 크게 측량데이터 편집 부분과 DXF 변환부, TSK 병합 기능, 인쇄의 4부분으로 구성되어 있다. 그림 4는 System 2000의 현장 데이터 링크를 사용해 PC로 옮긴 후 불러들였을 때의 화면이다.

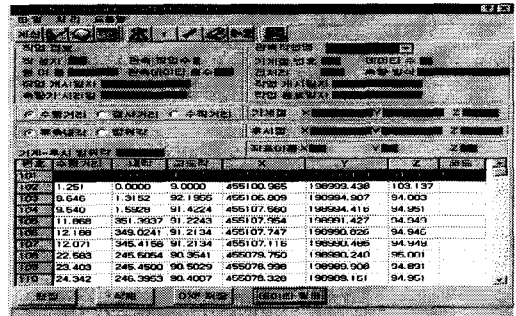


그림 4. System 2000PC의 메인 화면

3.2.2 TSK 병합 및 DXF포맷 변환

본 연구에서 실험지역으로 선택된 대상지는 비교적 광범위하기 때문에 지형측량을 수행함에 있어 가장 중요한 요소인 지상 기준점을 실험지역에 고루게 분포시켜 지형측량의 정밀도를 높일 수 있도록 하였으며 도근점 전개는 지물의 형태를 잘 파악할 수 있는 곳에서 기계점의 위치를 옮기면서 측량을 수행하였다. System 2000은 한 개의 프로젝트에서 최대 9개까지의 서브 작업을 만들 수 없기 때문에 방사 측량방법으로 지형측량을 수행하는 경우 측량데이터 총수에 관계없이 기계점을 9번 이상 옮겨 측량하지 못하기 때문에 넓은 지역을 측량할 경우 9곳 이상의 기계점이 필요하다면 프로젝트를 나누어야 한다. 본 연구 대상지에서 만들어진 기계점은 총 15곳으로서 9개의 서브작업을 갖는 프로젝트와 8개의 서브작업을 갖는 프로젝트로 구분 총 2개의 프로젝트를 만들어 측량을 수행하였다. System 2000의 작업은 TSK라는 확장명을 갖게 되는데 프로젝트가 분리되면 도면 또한 분리되므로 이 경우 System 2000PC의 TSK 병합 기능을 사용해 각각의 프로젝트를 병합할 수 있다. 그림5는 TSK 서브작업

을 병합하고 DXF포맷으로 저장시키는 화면이다.

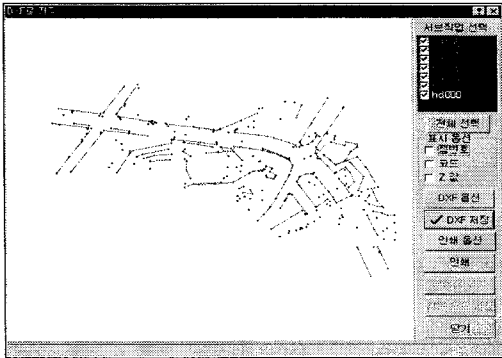


그림 5. TSK 병합 및 DXF저장

4. 수치지도제작 및 정확도 검증

4.1 수치지형도 제작

본 연구에 사용된 T.S은 각의 정밀도 $\pm 0.5''$, 거리의 측정 정밀도 $\pm(2+2\text{ppm} \times D)\text{mm}$ 의 정도를 갖는 Sokkia PowerSet 2000(Electronic Total Station)도탈스테이션과 꺾탐형식의 System 2000을 사용하여 수치지형도 자동제작의 가능성과 효율성 및 정확도를 비교 분석하기 위하여 전남 영광군 영광읍 단주리 일대의 비교적 평탄한 지역에 지적 경계점을 원점으로 하여 삼각망을 구성하여 지형도 제작의 도근점을 전개하였으며 각 도근점에서 도탈스테이션과 시스템2000을 이용하여 현황도를 작성하였다. 또한 수치지형도의 정확도를 비교 분석하기 위하여 측량지역 내에 12개의 기준점을 선정하고 거리를 측정하였고, 지형지물의 정확도는 기준점 사이의 거리의 정확도에 영향을 받기 때문에 별도의 정확도 검증은 수행하지 않았다.

본 연구에서는 높이에 대한 정확도는 비교 분석하지 않았고 실험대상지역의 지형을 파악하기 위하여 3차원 좌표를 취득하여 등고선을 생성하였다. System 2000PC상에서 DXF포맷으로 저장

된 도면은 AutoCad2000 환경에서 전체 도곽을 8개로 하고 한 개 도곽의 크기를 400×500 으로 구성하였고 최종적인 수치지형도를 제작하기 위하여 각각의 지물은 종류별로 Layer를 구성하여 표현하였고 구성된 Layer는 지리원 속성 분류표와는 상관없이 작성하였다. 이는 본 논문의 연구목적이 도탈스테이션과 System 2000을 이용한 수치지형도 제작방법의 타당성 및 제작된 지형도의 정확도 검증에 있기 때문이다.

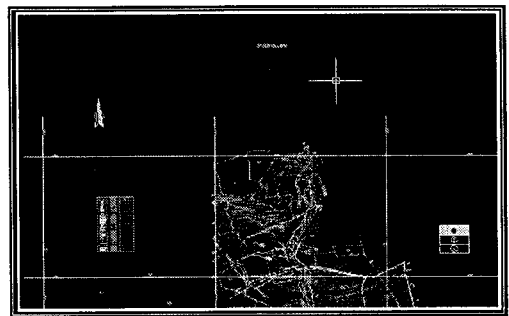


그림 6. 전체수치지도의 1번 도곽

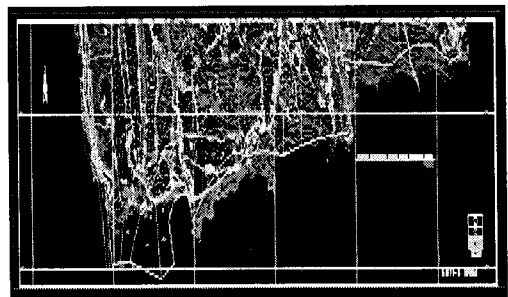


그림 7. 전체수치지도의 2번 도곽

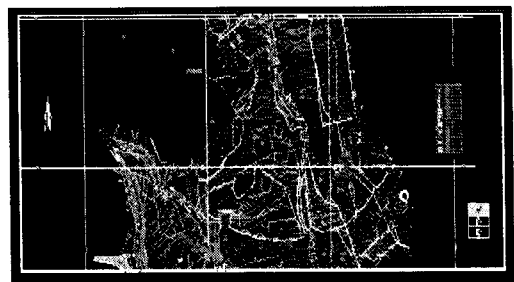


그림 8. 전체수치지도의 3번 도곽

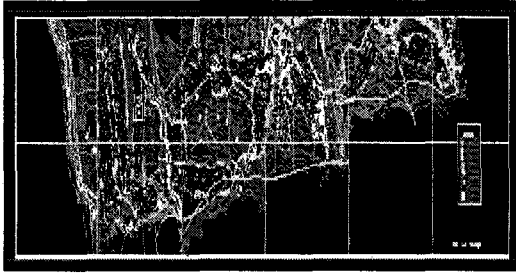


그림 9. 전체수치지도의 4번 도곽

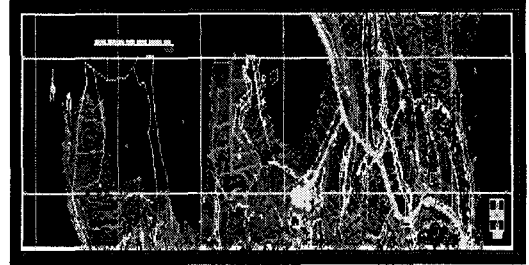


그림 13. 전체수치지도의 8번 도곽

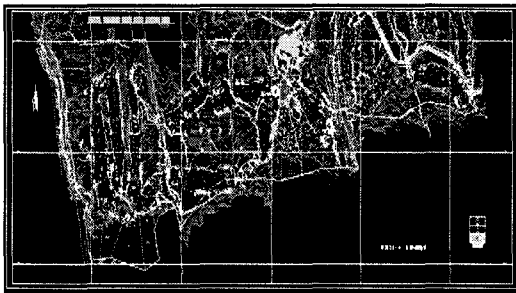


그림 10. 전체수치지도의 5번 도곽

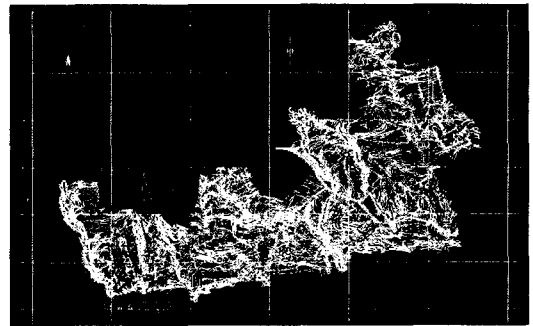


그림 14. 완성된 수치지도

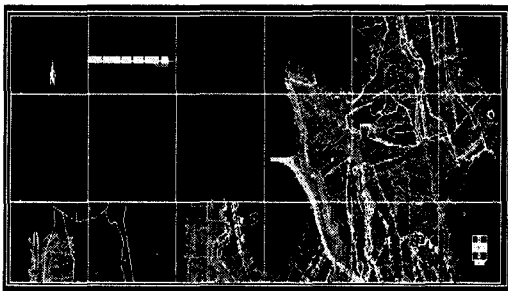


그림 11. 전체수치지도의 6번 도곽



그림 15. 정확도분석을 위한 레이어

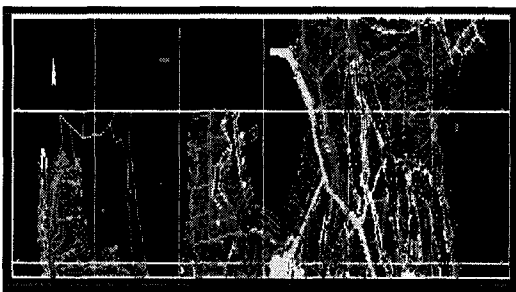


그림 12. 전체수치지도의 7번 도곽

4.2. 수치지형도 정확도 검증

그림 15는 토탈스테이션과 System 2000으로 연구대상지역의 논을 현지 측량하여 정확도 검증을 하기 위한 도면을 AutoCad 2000에서 지물 layer의 일부만을 표현한 수치지도이다. 도면에 표시되어 있는 CP점은 수치지도의 정확도를 분

석하기 위하여 현장에서 고유코드를 갖고 있는 점으로 각 CP점간의 거리는 현장에서 T.S로 직접 관측하였고, 도면상에 표시되어 있는 논문 지형도상의 면적과 비교하기 위하여 면적을 현장에서 실측하였다. 도상 CP점간의 거리는 AutoCad 2000상에서 Distance 명령으로 관측하였으며 두 값에 대한 거리를 비교한 결과 최대 3.5cm에서 최소 1.2cm범위로 나타났고 두 거리간 평균차는 2cm 발생하였고, 면적에 대한 비교에서는 최대 차이가 0.766m², 최소차이가 0.101m²로 나타났으며, 전체에 대한 평균차이는 0.070m², 표준편차는 약 ±0.123m²로 나타났다. 또한 거리값 비교에서 전체적으로 실측값이 적게 나타났는데 이는 실측값에 의한 수치지도 제작과정에서 나타나는 오차로써 AutoCad상에서 기본적으로 제공하는 거리의 최소 단위 값(0.1mm)을 기준으로 도근점을 상대적으로 전개할 때 발생된 오차로 판단되었다.

<표 1> 검사선의 비교(단위 : m)

측 점	T.S	AutoCad	Difference
CP1-CP2	88.405	88.432	-0.027
CP2-CP3	95.623	95.658	-0.035
CP3-CP4	102.458	102.470	-0.012
CP4-CP5	111.256	111.271	-0.015
CP5-CP7	128.745	128.769	-0.024
CP7-CP8	130.624	130.649	-0.025
CP8-CP9	91.235	91.260	-0.025
CP10-CP11	82.147	82.175	-0.028

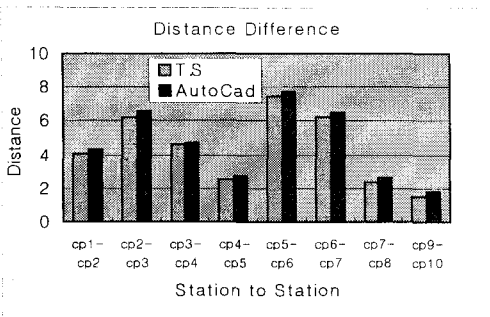


그림 16. 거리 차 비교

<표 2> 답의 면적 비교 (단위 : m²)

구 분	T.S	AutoCad	Difference
답1	321.235	322.001	-0.766
답2	333.560	333.412	+0.148
답3	350.741	349.991	+0.750
답4	352.703	352.602	+0.101
답5	300.159	299.985	+0.174
답6	290.789	291.001	-0.212
답7	285.126	285.251	-0.125
답8	240.790	240.910	-0.120
답9	343.012	343.211	-0.199
답10	373.654	373.756	-0.102
답11	375.364	375.489	-0.125

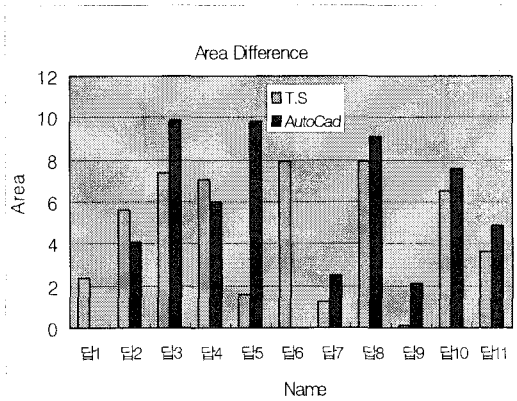


그림 17. 면적 차 비교

5. 결 론

본 연구에서는 실무분야에서 일반적으로 가장 많이 이용되고 있는 토탈스테이션과 팜탐방식의 System 2000을 결합하여 지형 측량을 수행하고, 팜탐에서 기본적으로 제공하는 소프트웨어와 AutoCad상에서 수치지도를 직접제작 하고 정확도 분석을 통해 토탈스테이션과 System 2000을 이용한 수치지도 제작의 타당성 및 제작된 수치지도의 활용가능성 제시를 목적으로 연구를 수행하였으며 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

첫째, 토탈스테이션과 팜탑을 이용하여 지형의 형태를 수치적으로 측량함과 동시에 현지에서 직접 결선 함으로써 측량도중에 발생 할 수 있는 과대오차나 기록오차 없이 수치현황도를 제작할 수 있었다.

둘째, 거리와 면적에 대한 정확도 분석결과 거리에서는 최대 3.5cm~최소 1.2cm범위로 나타났고, 평균차가 2cm 발생하였고, 면적에서는 최대 0.766m²~최소 0.101m², 평균차는 0.070m², 표준편차는 약 ±0.123m²로 나타나 국립지리원의 축척 1/500에서 평면위치오차에 대한 허용한도 값인 ±0.25m 이내로 나타나 직접측량에 의한 대축척 수치지형도 제작방법이 정확도면에서 타당성 있음을 알 수 있었다.

셋째, 직접측량에 의한 수치지형도 제작은 많은 도근점을 필요로 하기 때문에 경제성이 떨어지지만 GPS-RTK방법을 병행한다면 이러한 문제점을 극복할 수 있겠고, AutoCad상에서 제작된 수치지형도는 위상구조를 갖지 못하기 때문에 GIS에 활용을 위해서는 위상구조를 정립 할 수 있는 프로그램을 이용하여야 할 것으로 판단되었다.

감사의 글

본 연구는 2000년도 조선이공대학 학술연구비의 지원을 받아 연구되었으며 이에 감사드립니다.

참고문헌

1. 건설교통부 국립지리원, "수치지도 관리 및 개선을 위한 연구", 1997. 5. pp. 25.
2. 국토개발연구원, "국가 기본도 수치지도화 방안연구", 1996. 5. pp. 56~57.
3. 건설교통부, "국가지리정보체계구축사업 추진 실적 및 계획", 1997. pp. 23~28.

4. 국립지리원, "수치지도 관리시스템 개발을 위한 연구", 1998. pp. 65~68.
5. 조우석, "수치지도 데이터의 논리적 모델에 관한 연구", 한국측지학회지, 제16권, 제1호, 1998. 3. pp.139~147.
6. 최병길, 조규전, "전자식 태키미터에 의한 수치지형도의 자동제작에 관한 연구", 한국측지학회지, 제14권, 제2호, 1996. 12. pp. 249~253.
7. Kennie, T.J.M. & Petrie, G., "Engineering Surveying Technology", Jone Wiley & Sons Inc., 1990. pp. 105~106
8. 한국ATC 협회, "Learning AutoCad 2000", 시스인포
9. 금강측기, "System2000 manual", 2000.
10. Sokkia Korea, "Power Set 2000 manual", 1998.
11. 최석근외 2명, 수치지도 제작, 형설출판사, 1997
12. Aronoff, S., Geographic Information Systems: A Management Perspective, 1991, WDL Publications. pp. 210~220.
13. Clarke, K., Analytical and Computer Cartography, 1990, Prentice Hall. pp.87~90.
14. Larsson, G., Land Registration and Cadastral Systems, 1991, Longman Scientific & Technical
15. Petrie, G., & Kennie, T., Terrain Modelling in Surveying and Civil Engineering, 1990, McGraw-Hill. pp. 150~160.