

전자식 태키미터에 의한 수치지형도의 자동제작에 관한 연구 A Study on Automated Production of Digital Cartographic Map by Electronic Tacheometer

최병길* · 조규전**

Choi, Byoung-Gil · Cho, Kyu-Jon

요 旨

전자기술의 발달은 각과 거리를 자동으로 측정하고 저장하며 기록할 수 있는 전자식 태키미터를 등장시켰다. 전자식 태키미터는 3차원 지형정보의 획득으로부터 데이터베이스의 구축 및 지형도의 제도까지 자동적인 데이터의 흐름을 가능케하는 측량장비라 할 수 있다. 본 연구는 이러한 전자식 태키미터를 이용하여 수치지형도를 자동제작할 수 있는 시스템을 연구하는데 그 목적을 두었다. 본 연구를 위하여 일정한 지역을 선택한 다음 평판 및 전자식 태키미터에 의하여 지형도를 작성하고 이를 비교 분석하였다. 본 연구결과 전자식 태키미터에 의한 지형도의 제작은 매우 정확하고 효율적임을 알 수 있었다.

ABSTRACT

The development of electronic technology brings the advent of electronic tacheometer which measures, stores and records automatically angles and distances. Electronic tacheometer is the surveying equipment that enable the acquisition of the 3-D terrain information, construction of the database and automatic drafting of the cartographic map. This paper aims at studying the system which can produce automatically the digital cartographic map by using the electronic tacheometer. For this study, cartographic maps of a region are produced by a plane table and an electronic tacheometer and these is analysed. The results of this study show that digital cartographic map by electronic tacheometer is much more accurate and efficient than cartographic map by plane table.

1. 서 론

최근 전자 기술 및 컴퓨터의 발달은 측량 분야에 거대한 혁명을 가져왔다. 즉 전자 산업 및 마이크로 프로세서의 발달은 G.P.S(Global Positioning System), 관성측량시스템(ISS; Inertial Surveying System)과 같은 새로운 측량 기술의 등장뿐만 아니라 전통적인 현장 측량 장비에도 커다란 변화를 가져와 전자식 테오도라이트(Electronic Theodolite)나 전자파측거기(EDM; Electronic Distance Meter)와 같은 측량 장비를 개발하여 각 및 거리의 측정을 자동화시켰다. 전자식 태키미터는 이러한 전자식 테오도라이트와 전자파측거기가 일체로 구성된 측량기계에 현장에서 측정된 데이터를

직접 저장(storage)하고 처리(processing) 할 수 있게 구성된 최신의 측량 기계이다.

선진국에서는 이미 전자식 태키미터에 의한 지형도의 자동 제작은 일반화되어졌으며 G.P.S에 의한 지형도 제작까지 그 기술이 발달된 상태이다. 본 연구는 전자식 태키미터를 이용하여 지형의 3차원적 정보를 획득하고 이를 수치지도제작 시스템에 연결하여 지형정보의 수집으로부터 기록, 데이터베이스의 구축, 제도까지 자동적인 데이터의 흐름을 가능케 하는 지형도 자동 제작 시스템을 연구하는데 그 목적이 있다.

우리나라 측량기자재 보급회사들은 매우 영세하며 측량용역회사 역시 매우 영세하다. 따라서 전자식 태키미터와 같은 새로운 장비를 구입하는 것도 어렵지만 설사 구입한다 하더라도 새로운 기술을 다시 익히고 개발한다는 것은 매우 힘든 실정이다. 따라서 이들에 대한

* 인천대학교 토목공학과 부교수

** 경기대학교 토목공학과 교수

기술을 연구하여 측량용역회사나 관련기업등에 보급할 필요가 있다. 본 연구에서 가장 최신의 전자식 태키미터 및 그 밖의 컴퓨터장비를 활용하여 지형도의 자동제작 방법을 연구 보급하고자 한다.

2. 전자식 태키미터에 의한 지형측량

2.1 지형도 자동제작

현재 대부분의 소축척이나 중축척규모의 지형도는 사진측량에 의하여 만들어지고 있으나 전통적으로 소규모 지역에 대한 대축척 지형도의 제작은 거의 평판과 트랜싯등의 결합에 의하여 이루어졌다. 즉 평판에 의하여 측정하고자 하는 점의 방향이, 트랜싯이나 줄자에 의하여 거리가, 트랜싯이나 레벨에 의하여 높이가 측정되어진다. 최근 광파측거기가 발달되고 널리 보급됨에 따라 거리 및 높이의 측정은 대부분 이에 의하여 이루어지고 있으나, 평판은 아직도 널리 이용되어지고 있는 실정이다. 이는 아직 전자식 태키미터가 고가이기 때문에 덜 보급된 원인도 있지만 보급된 기계에 대한 조작이나 관련기술의 미숙에 의하여, 단지 이를 각이나 거리를 편리하게 측정하는 데만 이용하고 그 이상으로 활용하지 못하기 때문이다.

전자식 태키미터는 전자적 방법으로 거리뿐만 아니라 수평 및 연직각을 측정할 수 있는 측량기계로 측정된 데이터가 자동적으로 반도체에 저장되며 현장 데이터의 수집으로부터 지도의 작성까지 자동적인 데이터의 흐름을 가능케 한 최초의 지상측량기계이다. Total Station은 각 및 거리를 동시에 측정할 수 있는 측량기계라는 의미에서 전자식 태키미터와 같은 의미로 쓰이기도 하지만 각측정이 전자식이 아닌 경우에도 적용되는 용어이다.

전자식 태키미터에 의한 지형측량의 흐름은 다음과 같다.

전자식 태키미터는 모든 측정이 수치적으로 이루어지며 기록장치를 가지고 있기 때문에 지형정보의 획득으로부터 기록, 데이터베이스의 구축, 제도까지 자동적인 데이터의 흐름을 가능케 할 수 있는 가장 효과적인 지상측량기구이다.

전자식 태키미터에 의한 지형측량의 경우 현장 측량작업이 사전에 적절히 계획된다면 트래버스는 지형의 세부측량과 함께 측정되어 질 수 있으며 측정지역에 장애물만 없다면 EDM의 측정거리가 크기 때문에 트

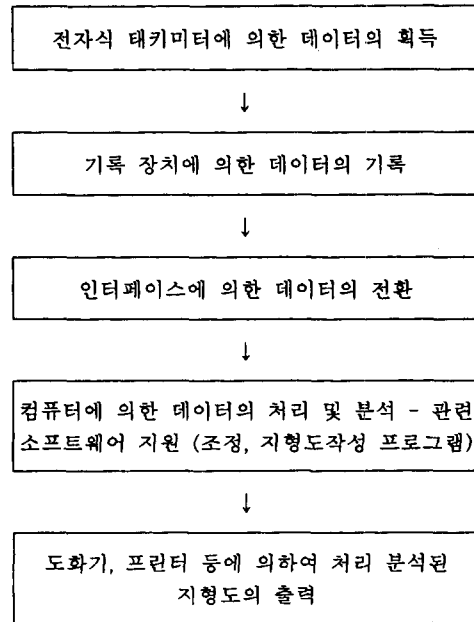


그림 1. 전자식 태키미터에 의한 지형측량 흐름도

래버스망의 간격을 넓게 하여도 지형측량이 가능하다. 특별히 분류된 측정번호체계를 세울 경우 측정점들의 중요성을 달리 할 수 있다.

현장에서의 측량작업은 3D 업종의 하나라고 할 정도로 매우 힘들기 때문에 많은 사람들이 회피하고 있어 인력난이 심각한 상태라 할 수 있다. 선진국에서는 이미 어느정도 보편화되어지고 있는 전자식 태키미터에 의한 지형도의 자동 제작은 현장에서의 측량작업시간을 줄이고 자동화에 의하여 측정이 이루어지기 때문에 인력을 줄일 수 있으며 정확도를 높일 수 있다. 또한 측정된 데이터의 활용도를 높일 수 있어 여러 응용분야에 유용하게 사용될 수 있다.

전자식 태키미터의 현장 기록 장치를 통하여 자동으로 기록되는 수치 데이터는 지리정보 시스템(GIS; Geographical Information System) 또는 토지정보시스템(LIS; Land Information System)의 중요한 입력원이 되며 이들 저장된 좌표값은 현장측설작업을 더 유연하게 수행할 수 있게 한다.

2.2 전자식 태키미터의 형

전자식 태키미터의 형은 일체형과 분리형으로 크게 나눌 수 있다.

2.2.1 일체형 (integrated design)

전자식 데오돌라이트와 EDM이 통합된 하나의 장치로 만들어진 형으로 하나의 장비만을 이동시키면 되며 각각의 장치를 연결시키는 복잡한 케이블이 불필요하다. 또한 망원경과 EDM신호의 전송을 위한 광축이 동일하기 때문에 시준선과 EDM 신호의 불일치문제를 거의 걱정할 필요가 없다.

2.2.2 분리형(modular design)

분리형은 전자식 데오돌라이트 및 EDM장치가 각각 독립적으로 운영될 수 있도록 분리되어 있는 형으로 다른 정확도를 가진 데오돌라이트와 EDM을 여러가지 형식으로 다양하게 조합시킬 수 있기 때문에 일체형보다 유연성이 뛰어나다. 분리형은 개개장치의 새로운 제품이 개발되었을 때 이들 제품으로 대체시킬 수 있기 때문에 비용면에서 효율적이다.

현재 전자식 태키미터의 형은 일체형이 주를 이루고 있으며 본 연구에서도 일체형에 의한 지형도의 자동 제작 방법이 연구될 것이다.

2.3 전자식 태키미터의 기록장치

전통적으로 측정된 데이터의 기록은 야장에 의존하여 왔다. 최근 수치지도 또는 수치지형모델의 발달은 야장에 기록된 데이터를 다시 컴퓨터에 입력시키는 작업이 필요한 데 이는 시간소비적일 뿐만 아니라 많은 오차는 불러일으킨다. 따라서 현장에서 측정된 데이터를 전자적으로 저장하는 장치가 필요하게 되었는데 이를 데이터 레코더라고 한다. 데이터 레코더와 데이터 전송을 위한 주변장치는 현장에서 측정된 데이터와 최종적인 목적물사이를 이어주는 중요한 연결고리이다. 데이터 레코더의 종류를 살펴보면 다음과 같다.

2.3.1 전용 데이터 레코더(dedicated surveying data recorder)

측량데이터를 기록하고 처리하는데 완전히 기증된 레코더로 최근 solid-state 전자식 데이터 레코더가 생산되고 있다. 일반적으로 제작회사에 종속적으로 호환성이 떨어지고 레코더내의 소프트웨어를 바꾸기 힘들거나 같은 회사의 기계내에서는 편리하다.

2.3.2 범용 휴대용 컴퓨터 (general purpose hand-held computer)

전용 데이터 레코더보다 유연성이 크고 옥외에서 쓸 수 있는 것과 없는 것으로 구별되며 특별한 측량작업이

나 다른 형식의 측량장비를 위한 데이터 엔트리의 형식을 재프로그램할 수 있다는 장점이 있다. 또한 현장에서 데이터 처리하기 위한 특별프로그램을 새로 만들 수 있는 유연성이 뛰어나며 전통적인 측량계산이나 워드프로세싱과 같은 실내작업을 할 수 있다.

3. 실험 및 분석

3.1 실험

전자식 태키미터에 의한 지형도 자동제작의 효율성 및 정확도를 비교 분석하기 위하여 우선 평판에 의하여 지형도를 작성하였다. 그런 다음 똑같은 지역에 대하여 똑같은 기준점(트래버어스점)을 사용하여 전자식 태키미터에 의하여 지형도를 제작하였다.

본 연구에 사용된 전자식 태키미터는 라이카사의 TC2002로 다음과 같은 성능을 가지고 있다.

- 각측정정밀도 : ± 0.5
- 거리측정정밀도 : $\pm 1 \text{ mm} \pm 1 \text{ ppm}$
- 최소각눈금표시단위 : 0.1
- 최소거리눈금표시단위 : 0.1 mm

TC2002는 가장 정밀한 전자식 태키미터중 하나로 측정된 데이터를 자동으로 현장에서 기록할 수 있는 장치가 부착되어 있다. 또한 전자식 태키미터의 기록장치에서 기록된 데이터는 인터페이스를 통하여 PC에 직접 입력할 수 있도록 되어 있다.

본 연구의 대상지역으로는 비교적 지형이 단순하고 평탄한 지역을 선택하였다(인천전문대학교 인문사회관). 이는 본 연구의 목적이 전자식 태키미터에 의한 지형도의 자동제작방법 및 제작된 지형도의 정확도에 있기 때문에 정확도의 분석을 되도록 쉽게 하기 위함이다.

전자식 태키미터에 의하여 측정된 3차원 지형정보는 라이카사에서 개발한 LISCAD에 의하여 그 지형도가 작성되었다.

두 측량방법에 의한 지형도의 정확도를 비교 분석하기 위하여 측정지역내에 몇 개의 검사선을 정하여 놓고 이들 선들에 대한 거리를 쇄줄자에 의하여 측정하였다. 즉 쇄줄자에 의하여 측정된 거리를 정확한 값이라고 가정하고 전자식 태키미터와 평판측량에 의하여 계산된 거리의 표준편차를 구하여 정확도를 분석하였다.

본 연구에서는 높이에 대한 정확도의 비교 분석이 이루어지지 않았다. 전자식 태키미터에 의하여 높이를 측정

지형도의 등고선을 작성한 경우 그 효율성은 당연히 좋아질 것이다. 그러나 높이 정확도의 경우 평판측량과 병행하여 사용하던 스타디아측량이, 현재 대부분 전자파측거기에 의하여 대체되어지고 있는 실정이기 때문에 이는 전자파측거기의 성능 문제이지 시스템자체의 문제는 아니기 때문에 본 연구에서는 분석이 이루어지지 않았다.

3.2 분석 및 고찰

그림 2는 평판에 의하여 작성된 지형도를, 그림 3은 전자식 태키미터에 의하여 측정, LISCAD에 의하여 자동제작된 지형도를 나타낸다. 평판에 의하여 지형도를 작성하는 경우 평면좌표와 표고가 각각 별개로 측정되어야하나 전자식 태키미터의 경우 지형의 3차원좌표가 동시에 측정되어지기 때문에 매우 편리하고 지형정보의 획득시간을 줄일 수 있었다.

또한 전자식 태키미터의 경우 지형 지물이 정밀한 플

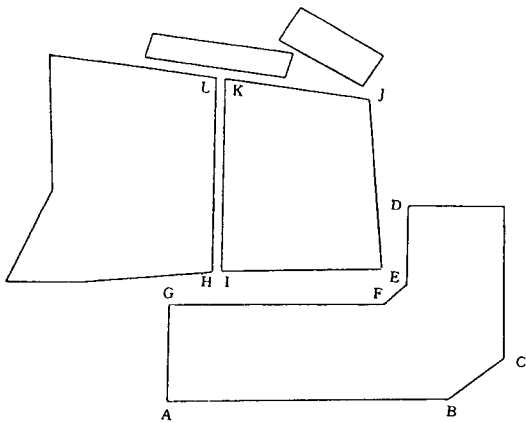


그림 2. 평판에 의하여 제작된 지형도(축척 : 1/800)

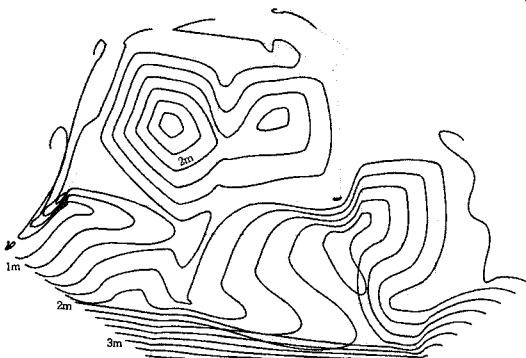


그림 3. 전자식 태키미터에 의하여 제작된 지형도 (축척 : 1/800)

로터에 의하여 자동제도되어지기 때문에 제도오차가 작으며 설사 제도오차가 크게 발생한다 하여도 모든 점의 위치가 수치적으로 기록되기 때문에 문제가 되지 않는다. 즉 평판에 의하여 작성된 지형도의 경우 도면이 모든 공간좌표의 기준이 되었던 것과는 달리 전자식 태키미터에 의하여 작성된 지형도면은 단지 시각적인 편리함만을 제공하는 역할을 한다.

표 1은 각각 줄자, 평판, 전자식 태키미터에 의하여 측정된 검사선의 거리를 나타낸다. 검사선으로는 두점 사이의 거리를 줄자에 의하여 측정하기 쉬운 비교적 평탄한 측선을 선택하였다.

전자식 태키미터에 의한 거리는 두점의 좌표로부터 피타고라스의 정리에 의하여 구한 값이며 평판에 의한 거리는 도면으로부터 측척자를 사용하여 측정 한 값이다.

표 2는 줄자에 의하여 측정된 거리를 정확한 값으로 보고 전자식 태키미터에 의하여 측정된 거리와 줄자에 의하여 측정된 거리의 차 및 평판에 의하여 측정된 거리와 줄자에 의하여 측정된 거리의 차를 구한 값이다.

표 2에서 전자식 태키미터의 경우 최대 0.108 m, 최소 0.001 m의 거리차가 나타남을 알 수 있으며 평판의 경우 최대0.640 m, 최소0.010 m의 거리차가 발생함을 알 수 있다. 또한 각각의 거리차의 RMS(Root Mean Square)를 구한 결과

$$\text{RMS (TC2002)} = \sqrt{\frac{[vv]}{n-1}} = 0.044 \text{ m}$$

$$\text{RMS (평판)} = \sqrt{\frac{[vv]}{n-1}} = 0.280 \text{ m}$$

표 1. 검사선의 거리 (단위 : m)

측선	거리		
	줄자	TC2002	평판
AB	55.760	55.774	55.400
BC	13.390	13.374	13.400
DE	15.660	15.631	15.700
EF	6.100	6.208	5.800
FG	42.440	42.453	42.500
HI	1.720	1.719	1.700
JK	29.340	29.346	28.700
KL	1.520	1.491	1.700
LH	38.200	38.229	38.400
KI	37.990	37.940	38.000

표 2. 검사선의 거리차 (단위 : m)

측선	거리차		비 고
	(TC2002-출차)	(평판-출차)	
AB	0.014	-0.360	TC2002
BC	-0.015	0.010	Max : EF측선
DE	-0.029	0.040	Min : HI측선
EF	0.108	-0.300	
FG	0.013	0.060	
HI	-0.001	-0.020	
JK	0.006	-0.640	평판
KL	-0.029	0.180	Max : FG측선
LH	0.028	0.200	Min : KI측선
KI	-0.050	0.010	

임을 알 수 있었다.

우리나라 공공측량작업규정에 의하면 평면도의 위치 오차는 도상 0.5 mm를 초과하여서는 아니된다고 되어 있는데 이는 축척 1/400인 경우 지상의 좌표로 환산하면 0.2 m에 해당되는 값이다. 영국 Ordnance Survey의 경우 축척 1/1250인 도시지역의 경우 과거 30년간의 통계결과 평면상의 위치에 대한 상대적인 표준편차가 0.42 m인 것으로 측정되었다.

본 연구에서 계산된 표준편차는 상대적인 정밀도로 우리나라 작업규정과 직접적인 비교를 할 수는 없으나 영국 Ordnance Survey에서 측정한 표준오차와는 비록 축척은 다르나 직접적인 비교를 할 수 있을 것이다.

각국의 작업규정과 비교하여 볼 때 본 연구의 실험에서 평판의 경우 그다지 정밀하게 측정되지 못한 면이 있으며 전자식 태키미터의 경우도 본 연구에서 사용한 장비의 성능에 비하여 볼 때 아주 정밀하게 측정되어 졌다고 단정할 수는 없을 것 같다. 이는 본 연구에서 측량을 실시한 학생들의 비숙련성의 결과로 보여진다. 그러나 전자식 태키미터에 의한 경우 작업규정에 비하여 매우 정밀하게 측정되어 졌다고 볼 수 있는데 이는 측정의 정확도가 높을 뿐 아니라 편집오차 및 제도오차를 고려할 필요가 없는데 따른 결과로 생각된다. 즉 전자식 태키미터는 지형정보를 매우 빠르고 편리하게 획득 저장하면서도 매우 정확하게 지형도를 자동제작할 수

있음을 보여준다.

4. 결 론

본 연구는 전자식 태키미터에 의한 지형도자동제작 방법 및 이의 효율성을 분석한 것으로 연구결과 다음과 같은 사실을 알 수 있었다.

전자식 태키미터는 지형의 3차원좌표를 동시에 수치적으로 측정할 수 있게 함으로써 지형정보의 획득시간을 줄일 수 있었다. 본 연구에서 전자식 태키미터에 의한 지형도의 상대정확도는 $\pm 0.044m$ 으로 측정되었는데 이는 매우정확한 값이다. 이는 측량의 정확성뿐만 아니라 측정된 데이터를 야장에 기록하지 않고 이를 곧바로 컴퓨터에 연결하여 지형도를 작성하고 수치적으로 저장함으로써 기록오차 및 제도오차가 소거되었기 때문으로 생각된다.

따라서 전자식 태키미터에 의한 지형도의 자동제작은 매우 편리하고 빠르게 지형정보를 획득하면서도 정확도가 높은, 매우 효율적인 지형측량방법임을 알 수 있었다. 또한 데이터가 수치적 방법에 의하여 저장됨으로써 가공이 편리하고 분석이 용이하여 응용성이 크며 GIS 나 LIS 와 같은 정보시스템에 바로 연결되어 사용될 수 있을 것이다.

감사의 글

본 연구는 중소기업청의 지원에 의하여 수행된 것으로 이에 감사드리는 바입니다.

참고문헌

1. 건설부, "공공측량작업규정", 1991.
2. Kahmen, H. & Faig, W., "Surveying", Walter de Gruyter, 1988.
3. Kennie, T.J.M. & Petrie, G., "Engineering Surveying Technology", John Wiley & Sons Inc., 1990.
4. Leica, "TC2002 manual", 1993.
5. Ordnance Survey, "Quality System Specification", Crown, 1995.