

수치사진측량을 이용한 도로정보체계 개발

Development of Road Information System Using Digital Photogrammetry

서동주*·이종출**

Seo, Dong-Ju · Lee, Jong-Chool

要 旨

최근 수치사진측량은 사진측량의 기본원리를 이용하여, 각종 첨단 산업분야에 그 응용이 증대되고 있으며, 많은 관심과 연구가 진행되고 있는 실정이다. 본 연구에서는 수치사진측량에 의한 도로정보체계 개발을 하고자한다. 수치 사진측량에서 취득된 자료들을 객체 지향적인 언어인 Delphi를 이용하여 도로평면선형정보(BC, EC, R, IP)와 도로종 단선형정보 및 도로시설물정보를 구축하는 프로그램을 개발하였고, 개발된 프로그램은 영상자료를 많이 이용하여 기존보다 시각적인 효과를 극대화 할 수 있었다.

Abstract

Lately, digital photogrammetry based on the principles of photographic survey has been more and more applied to various high-tech industries and becomes one of more interesting focuses of study than ever. Thus, this study aims to develop a roadway information system by means of digital photogrammetry. Data acquired from digital photogrammetry were processed via Delphi, an object-oriented programming language to develop a computer aided program, that allows us to build up the information on road horizontal alignment(BC, EC, R, IP), road vertical alignment and road facilities. And the developed program could maximize the visual effects better than traditional programs, because it used many image data.

1. 서 론

도로는 현대생활에서 필수적인 사회간접시설물이며, 국가 지하시설물의 공간적인 기능과 도시거주환경의 형성 및 방재 공간으로 활용하고 있는 다목적 국가시설물이다(이종출, 2000).

또한 현재는 교통량 증가에 대비하고 도로교통에 대한 안전을 도모하기 위하여, 도로 확·포장 공사가 많이 진행되고 있고, 도로 안전성을 확보하기 위하여 중앙분리대가 없는 도로에 중앙분리대를 설치하고 있는 실정이다. 그리고 도로 주행자의 안전성을 확보하기 위하여 도로시설물 개량 및 신설이 필요하다. 이러한 과정에서 시공된 지 오래된 도로 또는 관리부서로 이관되는 과정에서 중요한 기초 자료들이 훼손되거나 분실되는 경우가 있다.

따라서 도로 기초자료가 없는 도로의 경우 기초자료를 획득하는데 많은 시간과 비용이 소모된다(Gillieron

et al., 2001).

특히 최근 도로교통량 증가로 도로정보를 획득하기 위하여 종래의 측량방법으로는 많은 어려움이 있는 실정이다.

또한 이동차량에 GPS(Global Positioning System)를 부착하여 도로정보를 추출하는 연구들은 많았으나, 이러한 연구들은 도로의 시각적 효과가 없고, 단순히 도로 3차원 위치정보만을 획득하는 정도였다(Domenico et al., 2001), C.M.Ellum et al., 2000, 2001).

그리고 수치사진측량을 이용하여 대상물에 3차원 위치 결정을 할 경우 카메라 촬영점의 위치를 근사값으로 입력한 후 공간 후방교회법 및 공간 전방교회법을 이용하여 계산하는 방법에는 많은 어려움이 수반하였다(Hobib, 2000).

따라서 본 연구에서는 수치사진측량의 촬영점 위치를 DGPS(Differential Global Positioning System) 수신된 다량의 자료를 분석하여 촬영점으로 사용하고자 한다.

* 정희원, 부경대학교 대학원 토목공학과 공학박사 (dpsdj@mail1.pknu.ac.kr)

** 정희원, 부경대학교 대학원 건설공학부 교수 (jcleee@pknu.ac.kr)

또 대상지역 도로에 타킷을 부착하지 않고 자연점을 표정점으로 사용하여 허용정도범위에서 정확도가 확보되는지 평가하고자 한다.

또한 수치사진측량을 이용하여, 설계자료가 없는 도로에서 도로 3차원적인 위치정보를 취득하며, 도로 유지관리차원에서의 도로 시각적 효과를 증대시킬 필요가 있는 경우와 도로 안전성 확보를 위하여 도로시설물 신설 및 개량이 필요한 경우에 경제적이고 효율적인 유지관리를 할 수 있는 도로선형정보와 시설물정보체계를 개발하고자 한다.

도로선형정보는 객체 지향적인 언어인 Delphi를 이용하여 평면선형정보와 종단선형정보를 추출하는 프로그램을 개발하였고, 시설물정보는 도로 안전성을 확보하기 위하여 영상정보와 위치정보를 동시에 파악할 수 있는 sub program을 구축하여, 시설물들의 신설과 개량에 기초자료로 제공하고자 한다.

이와 같은 일련의 과정은 그림 1에 나타내었다.

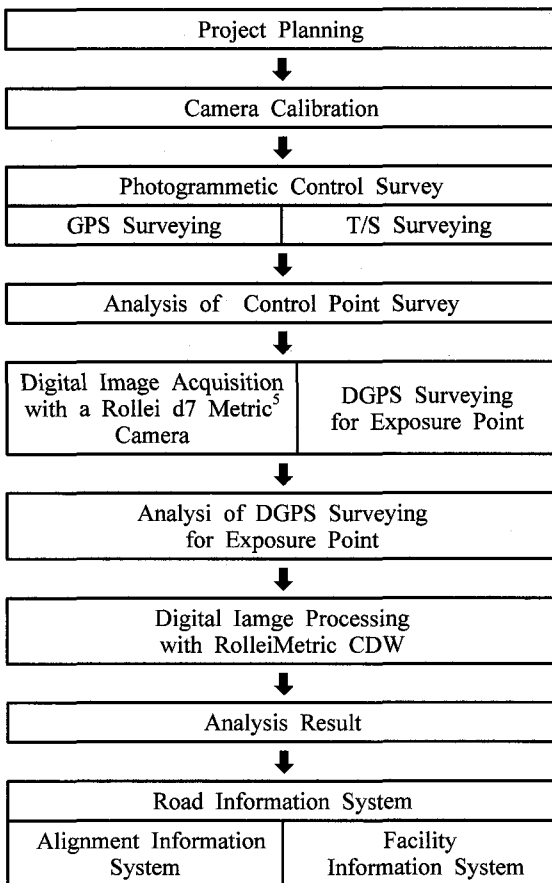


그림 1. 연구 흐름도

이런 구축으로 인해 도로선형정보와 시설물정보를 손쉽게 취득하여 자료화하고, 도로선형 및 도로시설물의 3차원 위치결정을 하여 유지관리와 안전한 운행에 기여하리라 판단된다.

2. 수치사진측량의 다중영상표정 이론

다중영상정합의 표정(orientation)이란 여러 다른 사진들과 대상물에 관련된 각 사진의 카메라 위치(X_c, Y_c, Z_c)와 회전요소(ω, ϕ, κ)에 대한 계산이며, 표정점에 대한 대상물 좌표를 계산하는 것으로서 내부표정과 외부표정으로 구분할 수 있다(Pollefeys et al., 2000).

내부표정은 카메라의 내적인 특성을 나타내는 것으로 주점의 위치(X_0, Y_0)와 주점거리(cK)를 결정하는 것이고, 외부표정은 카메라 시스템과 대상물 공간사이의 관계를 나타내는 것으로 카메라 외부투영 중심으로 절대좌표계 X, Y, Z 에 관계되는 촬영점 좌표 X_c, Y_c, Z_c 에 의해 표현되며, 절대좌표에 관계되는 사진좌표축의 각회전 ω, ϕ, κ 를 알아야 한다. 상-대상물 관계를 정의함에 있어서 기본적으로 외부표정요소는 좌표변환이며, 표정각 ω, ϕ, κ 는 사진좌표계와 절대좌표계 사이에서의 회전변환을 말한다(Schenk, 1996).

다중영상정합에서는 표정을 위해 공간 전방교회법(space intersection)과 공간 후방교회법(space resection)을 동시에 이용하며, 표정점의 사진지표와 스케치에 의해 입력된 대략의 외부표정요소, 자체검정에 의한 카메라의 내부표정요소와 사진의 정확한 외부표정과 표정점의 대상물 좌표를 계산하기 위한 대상물 좌표체계결정을 이용한다(Wolf, 1999).

공간 전방교회법은 광속이 3차원 공간에서 교차하는 것을 기초로 하는 사진측량학적인 계산방법으로 두 장의 사진에 대한 외부표정과 사진좌표로부터 공통된 대상물의 표정점을 계산하고 이와 관련해서 정확한 외부표정을 결정하는 것이며 그림 2에서 나타낸 것과 같다.

공간 후방교회법은 이미 알고 있는 위치와 일치하는 지점에서 적어도 3개의 기지방향으로 교차시킴으로써 공간 위치를 결정하는 것이며, 기지의 대상물 좌표와 적어도 3개의 표정점의 사진 좌표로부터 어떤 사진의 외부표정을 결정하는 방법으로써 이는 그림 3과 같다.

공선조건에 만족하기 위하여 대상물 좌표체계 결정에 이용된 표정점은 표정 순서에서 최소 3장의 사진에 나타나야 하며, 맨 처음 두 장의 사진은 공간 전방교회법으로 모델 좌표를 계산하게 된다. 두 장의 사진방향은 3차원 공간에서 60~90°의 각도가 이루어지도록 하고 대상물 전역에 골고루 분포되어 있는 최소 7개의 표정점을 갖고

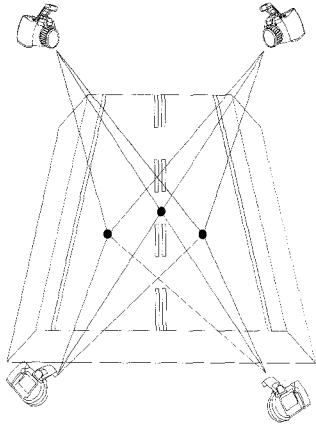


그림 2. 공간전방교회법

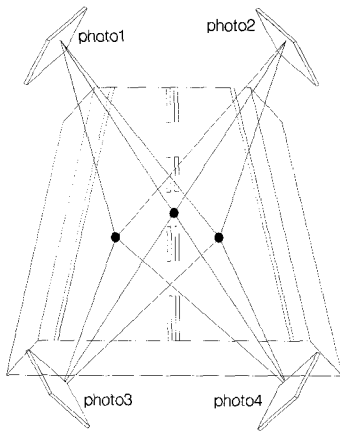


그림 3. 공간후방교회법



그림 4. 삼각점의 모습

있어야 하며, 공간 후방교회법의 계산을 위하여 각 표정 순서에서 이미 알고 있는 3개의 표정점이 적어도 3장의 사진에 나타나야 한다. 그리고 결과값에 대한 정확도를 미리 고려하여 사진의 표정 순서를 결정하여 그에 대한 영향을 최소화해야 한다.

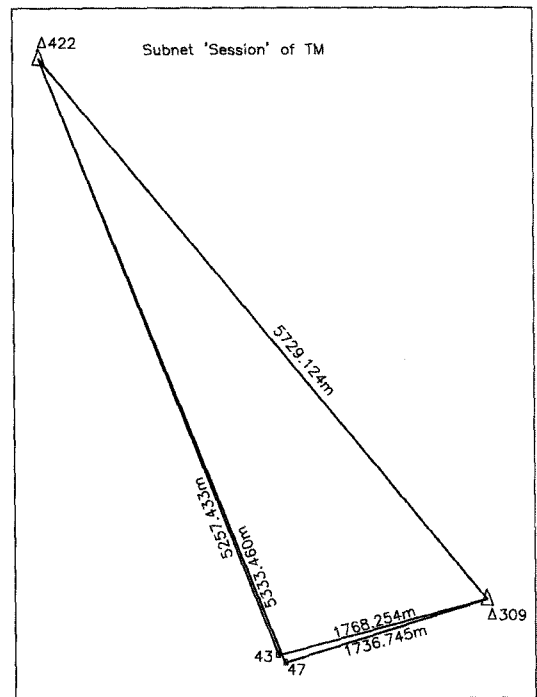


그림 5. 삼각망도

3. 수치사진측량기법을 이용한 도로중심선 측량

3.1 지상기준점 측량 결과 및 분석

본 연구에서는 대상지역 지상기준점의 정밀한 측량을 위하여 근교에 있는 두 개의 삼각점 $\Delta 309$ 와 $\Delta 422$ 를 이용하여 GPS 정적측위방법으로 10초씩 1시간 관측을 실시하였으며, 두 삼각점에 설치된 GPS의 모습은 그림 4와 같다. 기준점 관측과 사진 촬영점의 위치를 관측하기 위한 수신기는 JAVAD사의 GPS 수신기를 사용하였으

표 1. GPS수신기 제원

Receiver Type	Legacy-H	
Channel	20 Channel	GPS L1, GPS L1/L2
Signal	GPS L1/L2 (L1-C/A와 L1/L2-Full Cycle Carrier Phase, P1/P2)	
Accuracy	Vertical	3mm + 1ppm
	Horizontal	5mm + 1ppm

표 2. 기준점측량의 결과값(Grid, Zone Korea)

Point Name	Coordinates (m)			Sigmas (m)		
	Northing	East	Orto H	s(X)	s(Y)	s(Z)
B43	179364.4965	209349.7402	69.9206	0.0201	0.0161	0.0428
B47	179302.7072	209400.5448	70.9263	0.0246	0.0190	0.0505
△422	184236.8118	207407.7793	427.6300	0.0	0.0	0.0
△309	179821.0928	211051.9423	224.6000	0.0	0.0	0.0

며, 이 수신기는 L1/L2 C/A 코드와 P코드 및 반송파 위상을 수신할 수 있는 장비이며, 그리고 제원은 표 1과 같으며 그림 5는 삼각망도의 모습이다.

두 개 삼각점을 고정점으로 하여 대상지역에 2점(B43, B47)의 관측시 위성수는 평균 5개 이상이 관측되었고, PDOP는 2~4값이 나와 안정된 관측을 하였다. 그리고 B43의 기준점인 경우 $\sigma_x=20.1\text{mm}$, $\sigma_y=16.1\text{mm}$, $\sigma_z=42.8\text{mm}$ 의 관측의 오차가 나왔고, B47의 기준점인 경우 $\sigma_x=24.6\text{mm}$, $\sigma_y=19.0\text{mm}$, $\sigma_z=50.5\text{mm}$ 의 관측의 오차가 나왔다. 이를 대한민국 직각좌표계로 나타낸 것은 표 2와 같다.

본 연구에서 대상지역 지상기준점의 정밀한 측량을 위하여 삼각측량을 GPS로 한후 조정된 두 개의 기준점 B43, B47를 이용하여 대상지역도로주변에 조표를 설치하였고, 최근 검증된 Total Station 장비를 이용하여 그 점들을 측량하였다. 그리고 대상도로 중심선에 5m간격으로 기준점을 사용할 점들을 Total Station 장비를 이용하여 78개의 점들을 측량하였고, 다중영상표정을 하기 위하여 첫 번째 중복된 사진에 최소7개의 표정이 필요하므로 Total Station으로 3차원위치결정을 하였다.

3.2 수치영상 취득 결과 및 분석

수치영상을 이용한 도로평면선형추출을 위하여 실험 대상지역은 부산광역시 남구 용당동 인근에 도로를 선정하였다. 비교적 교통량이 많은 지역을 택하였으며, 선형 정보의 원활함을 위하여 원곡선과 직선이 분포되어 있는 곳을 정하였다. 그 실험대상지역은 모습은 그림 6에서 보는 것과 같다.

본 연구에서 대상지역의 3차원 영상을 획득한 장비로는 표 3에서 보는 바와 같이 도로의 노면을 촬영하기 위하여 3m까지 높이 세울 수 있는 삼각대를 사용하였고, 카메라를 3m지점에서 촬영하기 때문에 카메라셔터를 대신할 수 있는 릴리즈를 첨가하여 사용하였다. 그리고 도로 중심선을 따라 촬영을 해야 하므로 이동이 간편하게 하기 위하여 자체 제작한 이동용 차대를 사용하였다. 이러한 관측장비를 조합한 모습은 그림 7과 같다.

표 3. Rollei d7 metric⁵ 카메라 제원

Classification	Rollei d7 metric ⁵
Recording mode	CCD recode
Shutter	1/8,000 sec
Focal Length	7mm
Dimensions	151×102×106 mm
Weight	650g (without batteries)
Pixel in X	2,552
Pixel in Y	1,920

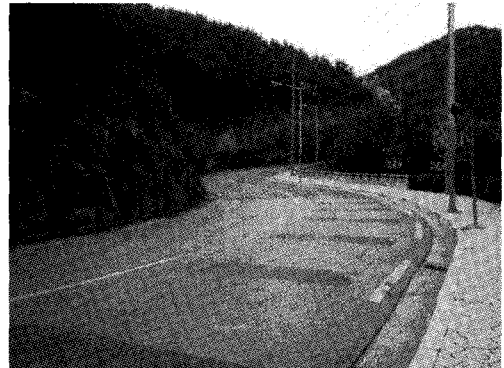


그림 6. 실험 대상지역

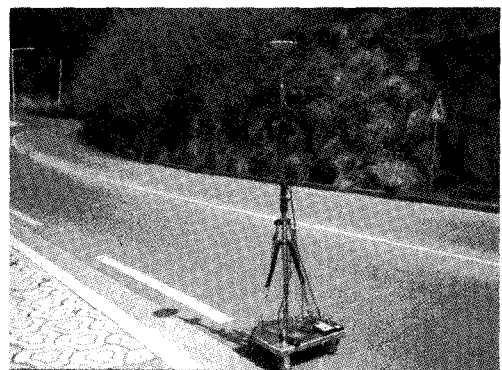


그림 7. 관측장비

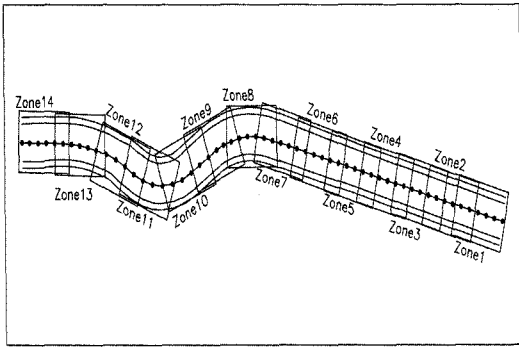


그림 8. 대상지역의 Zone 모습

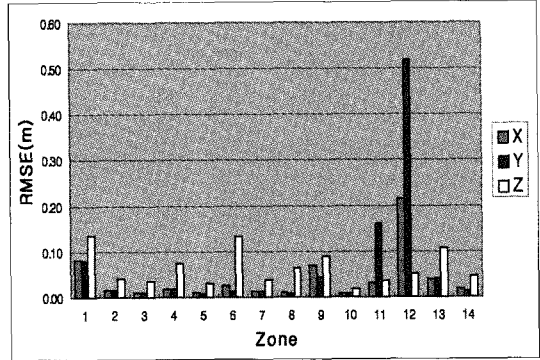


그림 10. 번들조정후 Zone별 RMSE

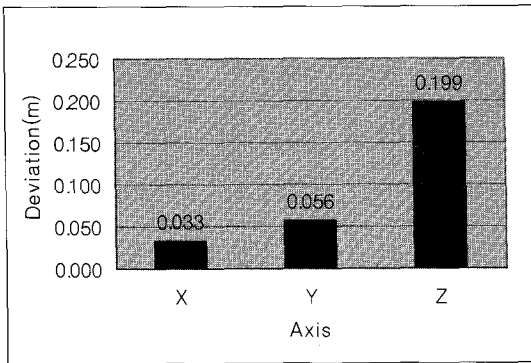


그림 9. DGPS에 의한 카메라노출점 편차의 평균

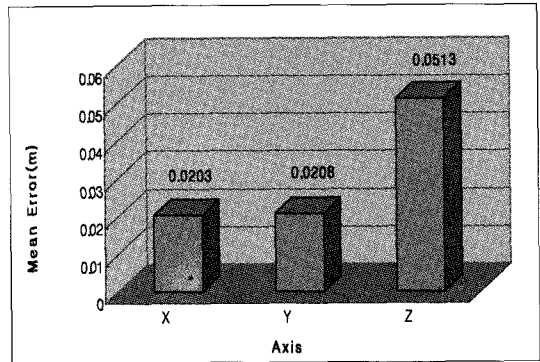


그림 11. 검사점들의 평균오차

수치영상을 이용하여 도로의 평면정보를 획득하기 위하여 촬영을 하였다. 일반적인 도로는 종방향으로 긴 형태이므로, 본 연구에서는 그림 8과 같이 15m의 간격으로 14개의 Zone을 나누어 네 모퉁이에서 촬영하는 방법을 채택하여 실시하였으며, 도로의 연속성을 유지하기 위하여 각각의 Zone을 약간 중복하여 촬영하였다. 그리고 도로에서 타켓을 부착하지 않고 139개의 자연점을 표정점으로 사용하였다. 카메라 보정에 의해 결정된 내부표정요소와 DGPS 기법에 의해 결정된 촬영 당시의 카메라 노출위치를 입력하고 획득된 56장의 영상에 있어서 표정점 139개의 상좌표를 측정하였다.

촬영점 위치결정을 위한 DGPS관측 자료는 총5233개 이었고, 이런 자료를 각각의 촬영점별로 자료를 정리하여 53개의 촬영점의 위치를 분석할 수 있었다.

한 촬영점이 자료수는 약 98개 정도이며, 촬영점의 X, Y, Z에 대하여 최확치를 계산하였다. 그리고 각 촬영점에서 30개 이상의 자료를 취득하였으므로 정규분포의 분산값을 편차로 나타내었다. 이런 53개의 촬영점의 편차 평균값은 X방향은 0.022m, Y방향은 0.019m, Z방향

표 4. 번들조정후 RMS (unit : m)

Zone	RMSE		
	X	Y	Z
1	0.0815	0.0790	0.1348
2	0.0162	0.0165	0.0408
3	0.0104	0.0092	0.0355
4	0.0183	0.0191	0.0738
5	0.0105	0.0067	0.0305
6	0.0244	0.0133	0.1324
7	0.0132	0.0134	0.0377
8	0.0091	0.0083	0.0629
9	0.0685	0.0440	0.0888
10	0.0072	0.0065	0.0172
11	0.0304	0.1613	0.0357
12	0.2141	0.5190	0.0507
13	0.0388	0.0421	0.1084
14	0.0177	0.0136	0.0449
Average	0.0400	0.0680	0.0639

표 5. 검사점의 잔차

(unit : m)

No.	Total Station			Rollei d7metric ⁵			V _x (m)	V _y (m)	V _z (m)	
	X(m)	Y(m)	Z(m)	X(m)	Y(m)	Z(m)				
1	178943.403	209463.129	75.366	178943.403	209463.130	75.487	0.000	0.001	0.121	
2	178940.523	209462.546	75.448	178940.548	209462.642	75.556	0.025	0.096	0.108	
3	178937.515	209461.947	75.522	178937.545	209462.014	75.582	0.030	0.067	0.060	
4	178896.318	209454.182	75.604	178896.473	209454.204	75.682	0.155	0.022	0.078	
5	178893.487	209453.612	75.554	178893.641	209453.642	75.693	0.154	0.030	0.139	
6	178881.827	209451.349	75.274	178881.743	209451.333	75.352	-0.084	-0.016	0.078	
7	178822.556	209440.311	72.435	178822.630	209440.267	72.625	0.074	-0.044	0.190	
8	178947.988	209456.084	75.322	178947.8504	209456.1929	75.317	-0.138	0.109	-0.005	
9	178944.815	209455.412	75.416	178944.8207	209455.5418	75.487	0.006	0.130	0.071	
10	178938.915	209454.383	75.563	178938.8207	209454.4087	75.488	-0.094	0.026	-0.075	
11	178930.302	209452.675	75.655	178930.3075	209452.676	75.735	0.005	0.001	0.080	
12	178924.314	209451.578	75.815	178924.3347	209451.561	75.721	0.021	-0.017	-0.094	
13	178912.461	209449.251	75.816	178912.6045	209449.2794	75.824	0.143	0.028	0.008	
14	178897.470	209446.318	75.624	178897.4698	209446.318	75.682	0.000	0.000	0.058	
15	178894.628	209445.757	75.557	178894.7396	209445.6318	75.707	0.112	-0.125	0.150	
16	178782.780	209439.946	70.400	178782.6096	209440.0484	70.551	-0.170	0.102	0.151	
17	178766.098	209448.535	69.726	178766.0932	209448.5366	69.788	-0.005	0.002	0.062	
18	178763.163	209449.223	69.617	178763.1594	209449.2177	69.788	-0.004	-0.005	0.171	
19	178695.049	209431.026	70.831	178695.0859	209431.0279	70.695	0.037	0.002	-0.136	
20	178676.992	209430.263	71.795	178677.1307	209430.2688	71.606	0.139	0.006	-0.189	
Average								0.0203	0.0208	0.0513

은 0.036m으로 분석되었고, 촬영점의 편차의 평균값은 그림 9에 나타내었다.

이러한 방법으로 촬영점의 위치를 산정하였고, 수치영상을 취득된 56개 영상과 139개의 표정점을 이용하여 수치사진측량용 프로그램인 RolleiMetric CDW로 처리하여 광속조정법으로 조정된 결과값을 대상물 3차원 좌표의 RMSE를 Zone별로 구분하여 나타내면 표 4와 같으며, 이를 도식화하면 그림 10에 나타난 것과 같다. 특히 Zone11과 Zone 12의 Y방향의 오차가 많은데 이유는 도로의 곡선부분에서 촬영을 하여 생기는 오차라고 판단된다.

본 연구에서는 다중영상표정과 광속조정법에 의해 결정된 대상물 3차원 좌표의 정확도를 분석하기 위해 20개의 검사점들을 이용하여 비교·분석하였다. 그 결과는 표 5와 같다. 또한, 20개 검사점들의 평균오차는 X방향으로 0.0203m, Y방향으로 0.0208m, Z방향으로 0.0513m로 나타났으며, 이를 도식적으로 나타내면 그림 11과 같다.

4. 도로정보체계 개발

4.1 도로정보 자료 생성

수치사진측량을 이용한 도로정보체계를 개발에서의 앞서 선행되어야 할 부분이 도로정보자료의 생성이다. 먼저 수치사진측량에서 취득된 도로정보자료들을 그림 12에서와 같은 흐름도에 의해서 생성하였다. 흐름도를 살펴보면, 도로정보자료들을 수치파일로 읽고서 변수들을 초기화하는 하는 과정으로 시작한다. 파일내의 처음부터 마지막까지 반복실행을 하였고, 1개의 Record 씩 배열에 저장하고 자리수 만큼 잘라서 변수값으로 또 다시 저장을 한다. 그리고 자동적으로 Record 개수를 파악한 다음 Record 수량만큼 반복실행을 한다. 반복 실행된 값들을 변수에 저장하고 마지막으로 Roadf 테이블에 저장하여 종료한다.

그렇게 하고 나면 프로그램 화면상에처리된 자료들의 개수와 좌표들이 나타나지고 영상자료도 보여지게 하였

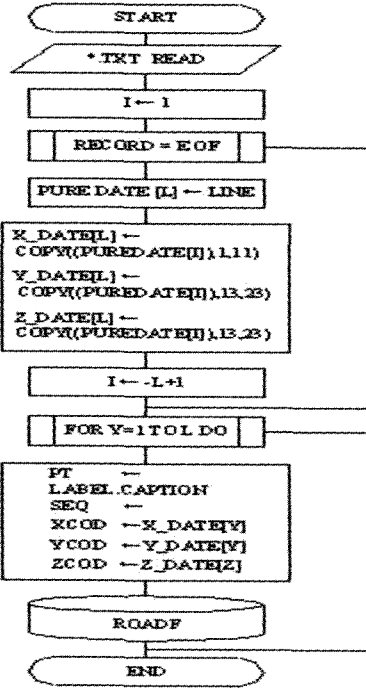


그림 12. 자료생성 흐름도

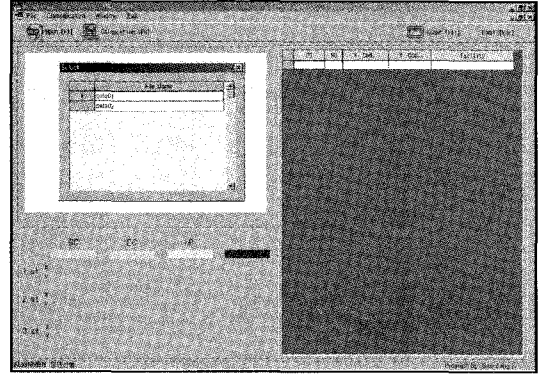


그림 14. 도로평면선형정보 초기화 화면

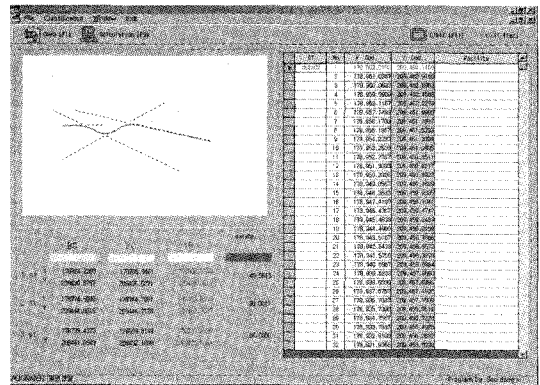


그림 15. 도로평면선형정보체계

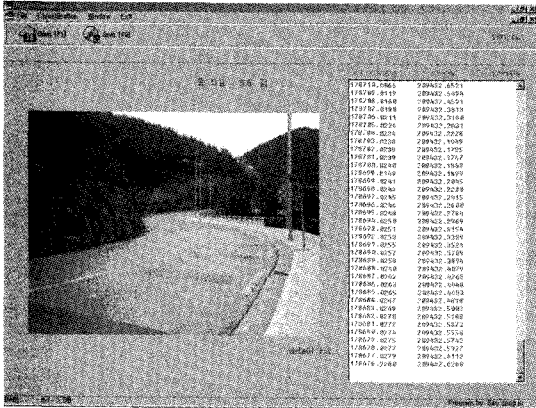


그림 13. 도로자료생성 모습

다. 이와 같은 화면은 그림 13과 같다

4.2 도로선형정보체계 개발

도로선형정보체계는 도로의 평면선형과 종단선형으로 구성되어있으며, 먼저 평면선형정보체계를 추출하였다. 평면선형정보 자료는 수치사진측량에서 나온 수치를 이용하였다. 개발된 평면선형정보체계의 초기화 모습을 보면 그림 14와 같다. 관측된 자료로 계산된 BC, EC, IP,

	BC	EC	IP	data02
1 st	178924.2393	178786.3461	178734.3770	49.9618
2 st	209430.6757	209436.5271	209425.1012	30.0017
3 st	178736.4373	178689.8149	178720.3929	80.0000

그림 16. 도로평면선형 추출된 제원정보

R값들의 결과를 그림 16에 나타내었다. 이러한 프로그램 시행후의 결과는 그림 15와 같으며, 화면에 나타난 바와 같이 좌측 상단의 화면에 찾아낸 IP좌표의 위치를 쉽게 알 수 있게 점등형식으로 표현하였다.

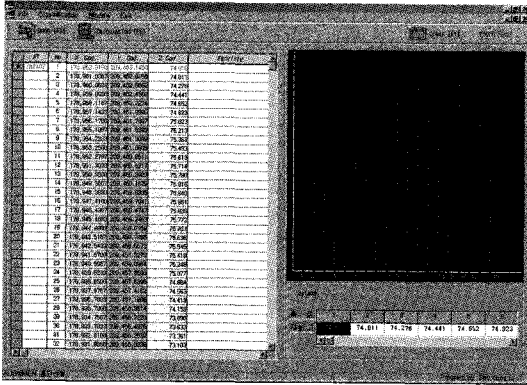


그림 17. 도로중단선형정보체계

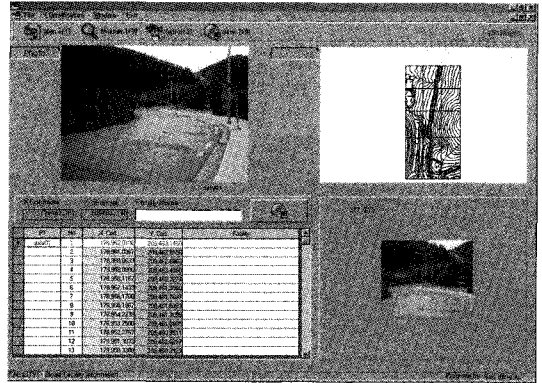


그림 18. 도로시설물정보체계

중단선형정보체계 개발은 수치사진측량에서 나온 3차원인 값들을 이용하였다. 본 연구에서 개발한 도로중단선형정보체계의 모습은 그림 17과 같다.

개발된 프로그램의 화면구성을 보면 좌측에는 선택할 자료를 표현하고 상좌는 선형도를 나타내고 상우는 중단 자료를 나타내었다. 계산 버튼을 누르면 DB화된 좌표로 CANVAS를 이용하여 선형도를 표현하고 Grid의 특정 측정점의 지반고 을 마우스로 선택하면 선택한 측정 이후 18점의 데이터 및 선형을 볼 수 있도록 구성하였다.

4.3 도로시설물정보 체계 개발

도로정보체계에서 도로상에 설치되어있는 시설물들의 정보에 대하여 시각적인 효과를 극대화 할 수 있는 시설물정보체계를 구축하였다.

개발된 시설물정보체계의 구축을 위한 Data 입력부분은 그림 18에서 보는 바와 같이 OPEN 버튼을 누르면 데이터를 선택할 수 있는 대화상자가 나타나서 DB화 되어있는 데이터를 선택할 수 있도록 하였다. 그리고 화면 구성은 좌상, 좌하, 우상, 우하, 이렇게 4곳으로 표현했다. 좌상은 DB화된 데이터의 실 지역 사진을 볼 수 있는 화면이고, 우상은 대상지역에 수치지형도를 한눈에 볼 수 있는 화면으로 구성되었다. 그리고 좌하는 DB화된 데이터를 Grid에 뿌려서 한눈에 볼 수 있도록 구성하였고, 각각의 지점에 도로시설물들의 속성자료들을 기록·저장할 수 있도록 구성하였다. 우하는 상좌에 나타난 사진을 토대로 어느 특정부분을 마우스 클릭하면 그 특정부분만 확대하여 볼 수 있도록 하였다. 그리고 본 연구에서 첨가한 부분은 도로관리자가 현재의 도로상태를 동영상으로 촬영하여 자료화하여 현시점에서의 도로의 상태를 파악할 수 있게 하였고, 시간의 경과에 따라 촬영하여 동영상자료로도 저장하게 하였다. 그 동영상 모듈은 그



그림 19. 도로상태파악을 위한 동영상

림 19에 나타내었다.

5. 결 론

수치사진측량을 이용하여 좀더 정확하고 경제적으로 도로정보체계를 개발하여, 다음과 같은 결론을 도출할 수 있었다.

1. 수치사진측량으로 도로정보를 획득하기 위하여 도로 연장을 따라 Zone당 네 모서리에서 촬영하여 번들 조정 후의 RMSE는 4~7cm 정도로 나타나서 일반적인 축척(1:1,200)의 제도 허용오차내에 충분히 만족함을 알 수 있었다.
2. 수치사진측량에서 자연점을 이용한 표정으로 도로중심선 및 시설물의 3차원 좌표를 취득할 수 있었으며, 이 때 오차는 2~5cm 정도로 나타나서 실용성이 있었고, 기준점수를 크게 줄일 수 있다고 판단된다.

3. 수치사진측량을 이용하여 취득된 자료들을 객체 지향적인 언어인 Delphi를 이용하여 도로선형정보(IP, BC, EC, R)와 시설물정보를 구축하는 프로그램을 개발하였고, 개발된 프로그램은 영상자료도 이용자에게 제공하므로써 기존의 방법보다 시각적 효과를 나타낼 수 있었다.
4. 향후 도로정보체계구축에서 수치사진측량으로 취득된 수치동영상자료를 GPS 및 IMU등에 의한 자료와 결합시키는 연구가 연계될 경우 MMS(Mobile Mapping System) 분야에서 응용할 수 있을 것으로 판단된다.

참고문헌

1. 이종출, "동적 GPS 관측에 의한 도로의 평면선형 분석", 한국측량학회지, 제19권 제1호, pp. 39-45, 2001.
2. Gillieron, Pierre-Yves, "Development of a Low Cost Mobile Mapping System for road Data base Management", The 3rd international Symposium on Mobile Mapping Technology, session 6, 2001.CD-ROM.
3. Domenico Visintini, "A kalman filter based matching for a MMS image sequence", The 3rd international Symposium on Mobile Mapping Technology, session(2), 2001. CD-ROM.
4. CM. Ellum, N. El-sheimy, "Development of a Backpack Mobile Mapping System", ISPRS International Archives of photogrammetry and Remote sensing, vol. XXXII, part B5. Proceedings of the XIXth ISPRS congress. pp. 184-192, 2000. CD-ROM.
5. Hobib, A. "Matching road edges in stereo-image sequences using data association techniques", photogramm. Eng. Remote sens. ISPRS Journal of photogrammetry and Remote sensing vol. 66(1), pp. 91-98, 2000
6. M. Pollefeys, R. Koch, M.Vergauwen, L. Van Gool, "Automated reconstruction of 3D scenes from sequences of images", ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing, Volume 55, pp. 251-267, 2000.
7. T. Schenk, "Concept in Digital Photogrammetry", 1996.
8. Paul R. Wolf, Bon A. Dewitt, "Elements of Photogrammetry with application in GIS", 3rd edition, 1999.

(접수일 2003. 7. 14, 심사 완료일 2003. 8. 19)