Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society
Vol. 14, No. 2 pp. 905-910, 2013

http://dx.doi.org/10.5762/KAIS.2013.14.2.905

DGPS 카메라를 활용한 도로시설물 DB 개선

이제중[1], 이종신[1*], 김민규[1]
[1]충남대학교 토목공학과

Road Facility DB Improvement Using DGPS Camera

Je-Jung Lee[1], Jong-Sin Lee[1*] and Min-Gyu Kim[1]
[1]Dept. of Civil Engineering, Chungnam National University

요 약 도로시설물은 지속적인 차량의 통행, 과적차량, 교통사고 등으로 인해 훼손 및 파손의 가능성이 높으며, 도로에 설치한 우수맨홀, 하수맨홀 등은 주기적인 도로 포장 시 기능 저하를 초래할 수 있다. 따라서 도로시설물 DB 구축을 통한 관리 및 효율적인 갱신 방안이 필요하다. 이에 본 연구에서는 효율적인 도로시설물 DB 구축 및 개선을 위해 DGPS 카메라를 활용하였다. 기존 도로시설물 DB 구축 결과와 비교·분석을 수행하여 도로시설물 DB 구축에 요구되는 허용정확도를 만족시킴으로써 DGPS 카메라의 적용성을 제시할 수 있었으며, 공정분석을 통해 기존의 토털스테이션에 의한 DB 구축 공정을 개선할 수 있었다. 또한 수치지형도 상에 도로시설물의 영상을 추가할 수 있는 모듈과 구글어스 영상 기반의 KML Builder를 개발함으로써 주변 지형과 도로시설물에 대한 현황파악이 가능하도록 기존의 도로시설물 DB를 개선하였다. 향후, 지자체의 공간자료와 DGPS 카메라 영상을 활용한 연구가 이루어진다면 다양한 정보를 제공하는 도로시설물 서비스가 가능할 것이다.

Abstract Road facility has the high possibility of being damaged or destroyed due to continuous pass of the vehicles, overloaded vehicles, traffic accidents and so on and stormwater manhole, sewerage manhole that are installed on the road may cause the functional degradation in case of periodic pavement of the road. So management through establishing DB of road facility and efficient updating plan are required. Thus, this study used DGPS camera for efficient establishment and improvement of road facility DB. Applicability of DGPS camera could be suggested by satisfying the allowable accuracy required for establishing DB of road facility through the comparative analysis with the result of establishment of existing road facility DB and the process of DB establishment by existing total solution could be improved through process analysis. And the existing DB of road facility was improved so that the present conditions of surrounding topography and road facility can be grasped by developing the module that can add the images of road facility to digital map and Google Earth-based KML Builder. It is expected that road facility service that provides various information can be available if the spatial data of each local self-governing body and study of automation that utilizes DGPS camera images are accomplished hereafter.

Key Words : Road Facility, DB Construction, DGPS, Process Improvement

1. 서론

도로시설물이란 도로 구조의 보전과 안전하고 원활한 도로교통의 확보, 그 밖에 도로의 관리에 필요한 시설 또는 공작물로서 도로표지, 가로등, 이정표 등 도로와 관련된 시설물들을 포함한다. 도로시설물은 주기적인 점검을 통해 사전에 유해 원인을 파악하여 제거하거나 손상된 기능을 복구함으로써 도로의 효율적인 이용과 안전을 도모해야 한다.

최근에는 효율적인 업무수행과 복잡한 도로시설물의

*Corresponding Author : Jong-Sin Lee (Chungnam National University)
Tel: +82-42-821-7747 email: merrysc@lycos.co.kr
Received October 22, 2012 Revised November 14, 2012 Accepted February 6, 2013

효과적인 관리를 위하여 데이터베이스를 구축하고, 이를 이용한 도로시설물관리시스템, 지하시설물관리시스템 등의 응용시스템을 개발 및 활용하는 연구들이 진행되고 있다.

국내의 경우, 모바일매핑시스템을 개발하고 도로시설물 관리를 위한 전체적인 데이터 처리절차를 설명하고, 취득된 데이터의 정확도 분석을 위해 교통주제도 Level 1과의 중첩으로 위치 정확도를 비교분석하는 연구가 수행되었다[1]. 차량에 GPS/INS, 디지털카메라, 레이저스캐너의 센서들을 통합제어하고 동기화하는 장비를 탑재한 멀티센서시스템을 구축하고 획득된 데이터를 기존의 UIS 자료와 비교 평가함으로써 도로시설물에 대한 효율적인 데이터베이스 구축 방법을 제시하는 연구가 수행되었다[2]. 국외의 경우, 모바일맵핑기술을 이용하여 도로시설물의 조사하고 기본 도면의 수정 및 가시화된 3차원 도로 구축을 통한 도로시설물의 관리공정 및 관리시스템을 제시하였으며, 도로시설물 갱신을 위한 시스템의 효율성을 분석하는 연구가 수행되었다[3]. 모바일 리더기를 통하여 RFID가 부착된 도로시설물 정보를 획득하여 GIS 서버를 통해 데이터베이스를 구축하고 이와 함께 현재 상태 및 사진 등의 정보를 구축할 수 있는 도로시설물 관리 시스템을 제시하고 그 효율성을 평가하는 연구가 수행되었다[4]. 그러나 대부분의 연구들은 시스템 구축 후 현장 측량을 통한 갱신 시 측량과 DB 입력을 별도로 수행하거나 활용성 면에서 경쟁력이 부족하였다.

이에 본 연구에서는 효율적인 도로시설물 DB 구축 및 개선을 위해 DGPS 카메라를 활용하였다. 기존의 방법을 통한 도로시설물 DB 구축 결과와 비교·분석을 수행하여 DGPS 카메라의 적용성을 평가하고, 공정분석을 통해 기존의 DB 구축 공정을 개선하고자 한다. 또한 수치지형도 상에 도로시설물의 영상을 추가할 수 있는 모듈과 구글어스 기반의 KML Builder를 개발함으로써 기존의 도로시설물 DB를 개선하고자 한다.

2. DGPS 카메라의 적용성 평가

2.1 DGPS 카메라에 의한 DB 구축

DGPS 카메라는 크게 3차원 위치결정을 위한 DGPS 부분과 사진 상에 좌표를 표시해주는 디지털카메라 부분으로 구성된다.

본 연구에서는 도로시설물의 위치 결정을 위해 DGPS 카메라를 이용하였다. 카메라 및 DGPS를 블루투스로 연계하여 시설물의 좌표를 영상에 표시해 줌으로써 좌표기반 영상을 취득하였다. DGPS 카메라를 이용하여 연구대상지의 도로에 설치된 하수맨홀, 가로수, 방범등, 표지판 등 20개의 시설물들을 측량하였다. Fig. 1은 DB 구축 대상지역을 나타낸다.

[Fig. 1] Area of DB Construction

획득한 영상의 우측 하단에 DGPS 수신기의 위치가 기록되어 있다. 영상에 나타나는 기본 정보로는 촬영 일시, 위도 및 경도가 표시되며, 생성된 JPG 파일 내부에 촬영당시 GPS와 관련된 정보를 비롯하여 디지털카메라에 대한 정보가 EXIF 파일형식으로 저장된다.

2.2 토털스테이션에 의한 DB 구축

DGPS 카메라를 활용한 도로시설물 DB 구축의 적용성을 평가하기 위해 DGPS 카메라에 의한 DB 구축 시 설치한 20개의 도로시설물들을 대상으로 토털스테이션에 의한 DB를 구축하였다.

2.3 적용성 평가

DGPS 카메라에 의한 DB 구축의 적용성 평가를 위해 토털스테이션을 활용한 방법과 비교하였다. 표 1과 같이 DGPS 카메라의 DB 구축 결과와 토털스테이션에 의한 20개의 검사점을 비교한 결과, X 방향으로 최대 0.296m, Y 방향으로 최대 0.252m 편차가 발생하였으며, 평균 0.175m, 0.140m를 나타냈다. 이로 인한 RMSE는 각각 ±0.189m, ±0.157m를 나타냈다. 또한 평면오차는 20개의 시설물 중 1개를 제외한 19개가 30cm 이내로 나타났다. 이 결과는 공공측량성과심사규정의 도로시설물 측량 시 조사측량 허용오차인 30cm에 만족하는 수치이며, 이러한 결과는 DGPS 카메라 영상을 도로시설물 측량에 적용이 가능함을 제시하는 것이다.

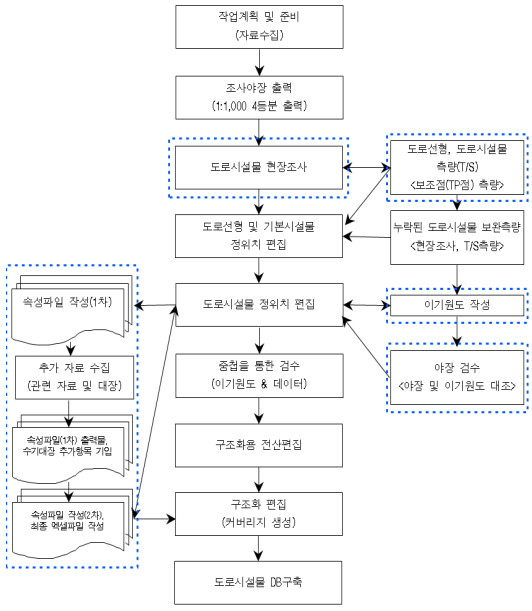
[Table 1] Deviation of DGPS Camera and Total-Station

No.	시설물	편차		평면 오차
		△X(m)	△Y(m)	
1	하수맨홀	-0.203	-0.161	0.259
2	가로등	-0.097	-0.018	0.098
3	가로수	-0.097	0.040	0.105
4	가로수	0.108	-0.075	0.132
5	가로수	0.193	-0.133	0.234
6	가로등	0.220	-0.108	0.246
7	가로수	-0.219	0.186	0.286
8	하수맨홀	0.214	0.131	0.250
9	버스정류장	-0.075	0.230	0.242
10	가로수	-0.184	0.221	0.287
11	가로수	-0.190	-0.163	0.250
12	사설안내표지	0.244	0.093	0.261
13	가로수	0.174	0.171	0.244
14	가로등	0.205	-0.159	0.259
15	가로수	0.163	-0.213	0.267
16	도로표지판	0.081	-0.251	0.265
17	하수맨홀	-0.231	-0.135	0.268
18	사설안내표지	-0.296	0.123	0.320
19	가로수	-0.139	-0.175	0.224
20	가로등	-0.175	-0.008	0.175
평균		0.175	0.140	0.233
RMSE		±0.189	±0.157	-

3. 도로시설물 DB 구축 공정분석

DGPS 카메라 영상에 의한 DB 구축은 토털스테이션을 이용한 방법에 비해 기준점측량이 불필요하고 현장조사 속성항목의 일부를 사진으로 대체할 수 있으므로 작업공정의 단순화가 가능하다. Fig. 2는 DGPS 카메라 영상에 의한 DB 구축 공정을 나타낸다.

점선으로 표시한 부분은 DGPS 카메라 영상 활용 시 불필요하거나 작업량이 감소되는 공정을 나타낸다. DGPS 카메라는 GPS 측위기법을 기반으로 하고 있어 보조점(TP점)측량, 이기원도 작성의 공정이 불필요하며 도로시설물의 좌표와 동시에 영상도 획득이 가능하므로 주요 관리 대상물들을 대상으로 추가로 수행해야 하는 사진촬영을 동시에 수행할 수 있다. 또한 야장에 작성해야 하는 종류 및 재질 등의 항목 설명도 영상을 통해 해결할 수 있다.



[Fig. 2] DB Construction Process by DGPS Camera Image

현장조사를 할 때 기존의 방법으로는 138개의 전체 항목을 조사해야 하지만 DGPS 카메라를 이용하면 시설물 측량 시 95개 항목을 획득 가능하므로 43개 항목만을 조사하면 된다. 또한 GPS 기준점측량, 보조점측량 및 이기원도 작성은 하지 않아도 된다. 속성파일 작성 할 때도 도면에 기입한 현장조사 결과의 전체 항목들을 작성해야 하던 기존방법과는 달리 누락 및 오기입의 가능성이 높은 도면 기입하는 현장조사 항목을 43개로 최소화함으로써 DB 구축의 정확도 향상 및 효율성을 높일 수 있다.

기존의 측량방법 및 측량장비를 이용한 도로시설물 DB 구축에 비해 DGPS 카메라 이용 시 개선 사항을 도출하기 위하여 “2012 건설공사 표준품셈” 22-24 수치지도 작성의 “7. 지하시설물도 작성” 품셈을 근거로 기존 방법과 DGPS 카메라를 이용한 방법과의 비교 및 분석을 수행하였다. 도로시설물도 작성과 관련된 표준품셈은 현재 별도로 마련되지 않은 상황이며, 지하시설물도 작성의 기준에 따라 산출하고 있다.

기존 방법에 의한 DB 구축 공정과 DGPS 카메라에 의한 공정 간에는 공통조건과 구분조건이 존재한다. 따라서 공통조건과 구분조건을 분류하고 그에 해당하는 값을 입력하여 DB 구축 비용을 산출하였다. 구축비용의 대상지는 충남대학교 교내 도로를 선정하였다. 표 2는 현재 사용되는 지하시설물 작성의 품셈을 나타낸다.

[Table 2] Quantity Per Unit for Design of Underground Facility

(단위: 인, m)

구분		중급기술자	초급기술자	중급기능사 (측량)	초급기능사 (측량)	계	1일 작업량
작업계획		고급기술자로서 총투입인원의 1/10					
자료수집 및 작업준비		1	1			2	1,000
지하시설물 조사편집		1	2	1		4	511
			1	1			
			1	0			
지하시설물 위치 측량	매설시설물	-	-	-	-	-	-
	노출시설물	-	-	-	-	-	-
지하시설물 원도작성			2	2		4	1,044
대장조서 및 속성DB작성		1	2	1		4	600

① 공통조건
- 면적 : 0.35 km^2
- 도로의 길이 : 0.81 km
- 지형구분 : 시가지 60%, 평지 40%
- 시설물 조사/탐사 및 DB 구축 종수 : 1 종

② 구분조건
- 4급 기준점측량 : 2 점
  (GPS 기준점측량 불필요)
- 지하시설물조사편집 인원수 :
  초급기술자 1명, 중급기능사 1명
  (도로시설물 현장조사 시 조사항목의 절감으로 초급기술자 및 중급기능사 소요 인원 감소)

표 2에서 지하시설물 위치측량에 대한 품셈은 정해져 있으나 도로시설물의 경우 지하매설물에 해당되지 않으므로 항목에서 제외하였다.

DGPS 카메라에 의한 품셈에서는 도로시설물 현장조사 시 촬영영상을 통해 획득 가능한 조사항목들을 감소시킬 수 있으므로 초급기술자 및 중급기능사 소요 인원을 줄일 수 있다. 그러나 소요 인원의 감소 조건에서 DGPS 카메라를 통해 어느 기술자(초급기술자, 중급기능사)가 몇 명 정도 줄일 수 있는 지에 대한 근거를 기존의 품셈을 통해서는 명확하게 제시하기 어려움으로 본 연구에서는 인원 감소 조건에 따라 각각의 구축비용을 산출한다.

연구대상지에 대한 면적, 도로의 길이, 지형구분 등의 공통조건과 기준점측량, 지하시설물조사편집 인원수의 구분조건을 DB 구축비용 품셈에 적용한 결과 비용을 산출할 수 있다. DGPS 카메라를 이용함으로써 현장조사 항목을 68.8% 감소시킬 수 있으나 이로 인한 기술자의 구체적인 인원 감소를 기존의 품셈을 통해 제시하는 데는 어려움이 따른다. 따라서 DGPS 카메라에 의한 DB 구축비용은 3가지 조건(중급기능사 1명 감소, 초급기술자 1명 감소, 중급기능사 1명 및 초급기술자 1명 감소)을 모두 고려하여 산출하였다. 표 3은 DB 구축비용을 비교한 것이다.

[Table 3] Comparison of Cost for DB Construction

DB 구축 비용	기존 방법	DGPS 카메라		
		중급기능사 1 감소	초급기술자 1 감소	초급기술자1 중급기능사1 감소
총 계	7,153,000	5,975,000	5,991,000	5,554,000
기존방법과의 차액		1,178,000	1,162,000	1,599,000

표 3에서 보는 바와 같이 기존의 방법을 이용하는 경우 7,153,000원, DGPS 카메라를 이용할 경우 5,975,000원(중급기능사 1명), 5,991,000(초급기술자 1명), 5,554,000원(중급기능사 1명, 초급기술자 1명)이 소요된다. 따라서 DGPS 카메라를 이용한 DB 구축 시 기준점측량과 시설물조사의 공정에서 경제성을 향상시킬 수 있다.

초급기술자 1명의 감소로 인한 총액이 중급기능사 1명의 감소로 인한 총액보다 높은 이유는 “측량대가의 기준(국토지리정보원고시 제2009-938호, 2009.12.14.)”에서 측량 중급기능사의 임금이 초급기술자에 비해서 높게 책정되어 있기 때문이다.

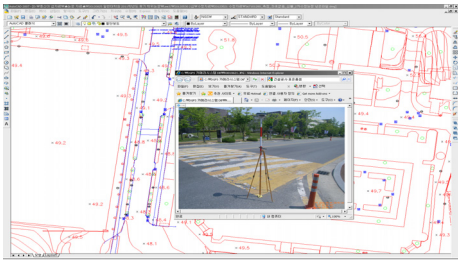
4. 도로시설물 DB 개선

4.1 수치지형도 기반의 도로시설물 DB 개선

도로시설물 DB는 벡터 형태의 축척 1:1,000 수치지형도를 기반으로 구축되고 있다. 벡터데이터는 다양한 속성정보를 통해 지속적인 시설물관리가 가능한 장점이 있으나 설치년도에 따른 노후화 정도, 주변의 지형변화 또는 건물형태의 변화를 반영한 관리에는 한계가 있다.

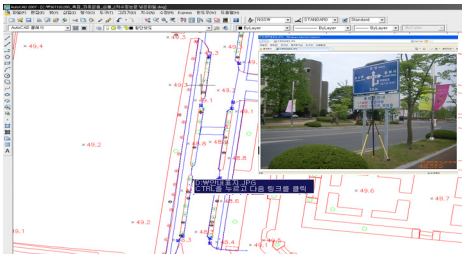
본 연구에서는 기존의 도로시설물도에 DGPS 카메라를 통해 획득한 영상을 활용하여 DB를 개선하였다. 벡터레이어로 구성된 수치지형도에서 도로시설물의 심볼을 선택하고 속성입력의 하이퍼링크 기능을 이용하여 DGPS 카메라로 획득한 DGPS 카메라 영상을 입력하였다. 입력

이 완료되면 심볼 선택 시 링크연결 상태를 표시해줌으로써 탑재 완료 상태를 확인할 수 있으며, Fig. 3과 같이 DGPS 카메라 영상을 수치지형도와 함께 확인할 수 있다.



[Fig. 3] Road Facility Loaded in Digital Topographic Map

수치지형도에서 레이어와 도로시설물 별 속성을 통해 확인이 가능하였던 조사 항목들에 도로시설물 DB를 추가함으로써 도로시설물도의 가시성 및 이해도를 높이고, 주변 시설물들과의 상대적 위치 관계를 확인할 수 있다. 또한 DGPS 카메라 영상을 통해 DB 구축 당시의 도로시설물 상태 및 훼손 여부, 주변 환경 변화로 인한 수정 여부, 주변 장애물에 의한 기능 저하 여부, 시설물에 의한 주변 지형 및 현황 등을 확인할 수 있다. Fig. 4는 도로시설물 중 안내표지판을 나타낸 것으로 영상을 통해 표지판에서 표시하는 상세한 정보를 확인할 수 있으며, 표지판의 재질, 색상, 설치방향 등을 확인할 수 있다.



[Fig. 4] Direction Sign Loaded in Digital Topographic Map

4.2 KML Builder

본 연구에서는 구글어스 기반의 DB 구축을 위해 DGPS 카메라 영상의 좌표정보를 추출하여 KML 파일을 생성하는 프로세스를 설계하고, JAVA 기반으로 모듈을 구현하였다. 획득한 JPG 영상을 구글어스에 표시하기 위해 JPG 영상의 EXIF 정보를 추출하고, 추출한 위치정보를 KML 파일로 저장할 수 있는 KML Builder를 개발하였다. 구축된 모듈은 생성된 KML 파일과 동일한 폴더에 DGPS 카메라 영상이 저장되어 있으면 KML 파일 실행을 통해 구글어스 상에서 도로시설물의 영상과 위치를 확인할 수 있다.

Fig. 5는 생성된 KML 파일을 구글어스와 연동한 화면을 나타낸다.

[Fig. 5] Connection with Google Earth

개발된 모듈을 통해 영상기반의 도로시설물 DB를 구축할 수 있었다. 구축된 도로시설물 DB는 영상을 기반으로 하기 때문에 시설물 및 주변 지형에 대한 판독이 용이하고, 시설물의 영상을 함께 확인할 수 있기 때문에 시설물의 위치와 시설물의 상태를 판단할 수 있다.

5. 결론

본 연구에서는 DGPS 카메라를 활용한 도로시설물 DB 개선을 위해 공정 분석과 기존의 토털스테이션을 통한 구축결과와 비교하였다. 연구를 통해 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. DGPS 카메라의 DB 구축 결과와 토털스테이션을 활용한 성과와의 비교 결과 도로시설물 DB 구축에 요구되는 허용정확도를 만족시킬 수 있었으며, 이를 통해 DGPS 카메라 영상의 적용 가능성을 제시하였다.
2. 공정분석을 통해 DGPS 카메라 영상을 활용할 경우, 기존의 토털스테이션에 의한 작업공정에서 현장조사 항목을 감소시킴으로써 효율성과 경제성을 향상시킬 수 있었다.
3. DGPS 카메라 영상을 통해 효과적으로 수치지형도 기반의 도로시설물 DB를 구축할 수 있었으며, 시설물 영상을 함께 표시함으로써 시설물에 대한 현황 파악이 가능하였다.
4. KML Builder를 개발하여 영상 기반의 도로시설물 DB 구축을 수행하였으며, 이를 통해 수치지형도의 가시성 및 판독성을 향상시켰다.

향후, 각 지자체에 구축되어 있는 위성영상, 항공사진 등의 자료를 활용한 DB 구축과 DGPS 카메라 영상을 활

용한 DB 구축 자동화에 대한 연구가 이루어진다면 다양한 정보를 제공하는 도로시설물 서비스가 가능할 것이다.

References

[1] J. A. Kang, S. K. Nam, H. J. Kwon, Y. S. Oh, “A Optimal Method of Sensor Node Deployment for the Urban Ground Facilities Management”, Journal of the Korean Association of Geographic Information Studies, Vol.12, No.4, pp.158-168, 2009.

[2] E. M. Kim, D. Y. Cho, K. S. Chong, S. H. Kim, “Efficient Methods for Road Sign Database Construction”, Journal of The Korean Society for Geo-Spatial Information System, Vol.19, No.3, pp.91-98, 2011.

[3] Q. HU, Z. Chen, S. GUO, “Road Facility Investigation Based on MMT”, 5th International Symposium on Mobile Mapping Technology (MMT'07), Padua, Italy, 28-31 May, 2007.

[4] H. Fukada, N. Maita, A. Abe, “Proposal and Field Experiment of Road Facility Management Support System by RFID and GIS”, Innovations and Advanced Techniques in Systems, Computing Sciences and Software Engineering, pp.207-212, 2008.
DOI: http://dx.doi.org/10.1007/978-1-4020-8735-6_39

이 제 중(Je-Jung Lee) **[정회원]**

- 1991년 2월 : 충남대학교 공과대학 토목공학과 (공학사)
- 2009년 2월 : 충남대학교 대학원 토목공학과 (공학석사)
- 2012년 8월 : 충남대학교 대학원 토목공학과 (공학박사)

<관심분야>
지형공간정보공학

이 종 신(Jong-Sin Lee) **[정회원]**

- 2008년 2월 : 충남대학교 공과대학 토목공학과 (공학사)
- 2010년 2월 : 충남대학교 대학원 토목공학과 (공학석사)
- 2010년 3월 ~ 현재 : 충남대학교 대학원 토목공학과 (박사과정)

<관심분야>
지형공간정보공학

김 민 규(Min-Gyu Kim) **[정회원]**

- 2006년 2월 : 충남대학교 공과대학 토목공학과 (공학사)
- 2008년 2월 : 충남대학교 대학원 토목공학과 (공학석사)
- 2012년 8월 : 충남대학교 대학원 토목공학과 (공학박사)

<관심분야>
지형공간정보공학