Korean Society of Surveying, Geodesy, Photogrammetry, and Cartography 2004 / Daejeon / Korea

DGPS 기법을 이용한 노면 평탄성 산정
Estimation of Road Pavement Roughness using DGPS

이종출[1] · 하대환[2] · 서정훈[3] · 박규열[4]
Lee, Jong Chool · Ha, Dae Hwan · Seo, Jeong Hoon · Park, Kyu Yeol

[1] 부경대학교 공과대학 건설공학부 교수(E-mail:jclee@pknu.ac.kr)
[2] 창원전문대 토목환경과 교수(E-mail:dhdw@changwon-c.ac.kr)
[3] 부경대학교 대학원 토목공학과 박사수료(E-mail:jhseo@mail1.pknu.ac.kr)
[4] 부경대학교 공과대학 토목공학과 석사과정(E-mail:cromel@mail1.pknu.ac.kr)

Abstract

Development of industry is increased Traffic Volume and have brought increase of road. As a result, Maintenance-management expense of the whole road is rapidly increase. Operation of PMS (Pavement Management System) need that it is efficiently for maintenance-management the whole road network Into budget limited. PMS is effective management through Investigation of roughness, crack, plastic deformation, etc of road. Advanced nation recognizes necessity of maintenance-management of road, progress to investigation and research. Our country is lacking that systematic pms's application and research. Therefore, this research estimated using of surveying method of DGPS that roughness of road for investigation-step of PMS. At the future, this paper may contribute in research of automatic surveying system for road surface.

1. 서 론

산업의 발달로 인한 자동차보유대수의 증가와 이에 따른 교통량의 증가는 도로 연장의 증가를 가져왔다. 도로 연장이 증가함에 따라 전체 도로 유지보수 비용은 급격히 증가하는 추세에 있으며 제한된 유지보수 예산으로 전체 도로망을 효율적이고, 과학적으로 유지관리하기 위해 포장유지관리 시스템(Pavement Management System)의 운영은 필수적이다. 이러한 PMS의 효과적인 관리를 위해 도로의 평탄성, 균열, 소성변형 등의 조사는 필요하다. 현재 선진국에선 도로의 유지관리의 필요성을 인식하여 그에 따른 조사와 연구가 활발한 실정이나, 우리나라는 체계적인 포장유지관리시스템의 활용과 연구가 부족한 실정이다.

따라서, 본 연구에서는 포장유지관리시스템의 조사단계인 도로의 종단평탄성을 DGPS라는 정밀 측량기법을 활용하여 산정 함으로써, 향후 포장도로 노면에 대한 자동 측정시스템에 대한 연구에 기여하고자 한다.

2. 도로포장 유지관리 시스템 및 DGPS 이론

2.1 도로포장 유지관리 시스템(Pavement Management System)

2.1.1 포장관리시스템의 개념

포장관리시스템이란 도로 포장의 관리에 관계되는 일련의 모든 행위를 통합하여 체계적으로 관리하고자 하는 것이다. 도로 연장이 적고 이용자도 한정되어 있던 과거에는 유지 · 보수에 큰 문제가 없었으나,

오늘날과 같이 도로가 사회 경제적으로 영향이 큰 경우에는 종전의 주관적 판단에 따라 유지보수를 결정하던 관리흐름에서 벗어나 객관적이고 합리적이며 체계적인 관리가 이루어져야 한다.

따라서 포장에 관련되는 계획, 설계, 건설, 유지관리, 평가, 연구 등 다양하고 복잡한 행위를 종합적이고 체계적으로 관리하고자 하는 것이 포장관리시스템의 기본개념이다.

2.1.2 포장관리시스템의 평가 요소

도로의 운영에 있어서 포장상태를 평가하기 위한 조사항목으로는 종단평탄성(IRI), 균열(Crack), 소성변형(Rut Depth) 등이 있다. 표 1은 이러한 도로 노면 상태를 조사하는 항목을 나타내었다.

여기서, 도로 포장의 평탄성은 자동차 주행시의 승차감, 안전성 및 포장 파손의 직접적인 영향을 미치는 요소로서, 주행자가 도로상태를 평가하는 가장 중요한 사항이다.

표 1. 노면 상태 조사 항목

조사 항목	특이사항
균열	이미지 프로세싱 이용, 속성 육안 조사와 중복
바퀴자국패임	레이져 이용, 속성 육안 조사와 중복
종단평탄성	IRI값 산출, 속성 육안 조사에서 얻는 QI와 전환 가능
기하구조	횡, 종단 편구배가 종단 평탄성과 같은 형태로 출력, 속성 육안 조사와 중복

2.1.3 종단평탄성(IRI) 평가 기준

종단평탄성(IRI, International Roughness Index)의 개발배경은 다양한 평탄성 평가기법 및 기준을 구체적으로 표준화하기 위한 시도로서 1982년 세계 여러 나라의 도로관련 기관들의 후원하에 브라질에서 국제도로 평탄성 실험(IRRE, International Road Roughness Experiment)이라는 연구 프로젝트를 수행하였다. 이 연구실험에서 level 측량법을 비롯하여 당시 세계적으로 널리 사용되고 있는 각종 수동식 평탄성 측정기와 APL을 포함한 여러 가지의 자동식 반응형 평탄성 측정기들이 사용되었으며, 시험구간은 평탄성이 양호한 포장 도로에서부터 극히 불량한 비포장도로에 이르기까지 총 49개 구간을 선정하여 동일한 조건에서 각각 측정을 실시하여 결과를 비교 분석하였다. 시험결과 각종 평탄성 지수 중에서 대부분의 측정기로 결과를 도출할 수 있고 자동 측정장비간에 상관관계가 가장 잘 성립되는 표준 평탄성지수로 IRI를 제안하게 되었다.

건설교통부의 보고서에 따르면, 종단평탄성 조사는 운전자와 장비 조작자가 필요하고, 평균 40km/h의 일정한 속도를 유지하면서 50m/500m 단위로 평균 QI(Quatercar Index)값을 출력해내는 APL 장비가 사용된다. 조사 항목으로는 CAPL, QI(종단 평탄성 지수)를 들 수 있고, 500m에 대한 평균 QI값이 조사결과치로 산출된다. 이같은 사항들은 500m 단위로 노선상황표에 표기되는데, 그 외에도 시점·종점, 미끄럼 저항, 포장결함상태등급, 포장종류, 지지력(처짐량), 설계 포장 두께, 교통량 등의 항목이 추가로 포함된다. 현재, 국내의 경우 신설포장에 대해 포장평탄성의 관리기준을 적용하고 있으며, 관리기준값은 7.6m CP장비를 이용한 PrI와 를 사용하고 있는 실정이다. 또한 수동식 장비인 PrI의 문제점을 해결하고자 80km의 속도로 평탄성을 측정할 수 있는 자동식 평탄성 장비인 APL에서 IRI 값을 도입하였다.

또한, 한국도로공사의 고속도로 전문시방서에 따르면 시공당시 고속도로 평탄성 기준을 다음과 같이 제시하고 있다.

(1) 평탄성 측정은 7.6m 프로파일미터를 사용한다.

(2) 요철이 5mm 이상 차이가 나선 안되며, 5mm를 넘는 높은 부위는 승인된 기계로 갈라낸다.

(3) 본선 토공부 및 편도 4차선 이상의 터널은 16cm/km이하여야 하며, 종단구배 5% 이상 및 평면곡선반경 600m/km은 24cm/km이하로 한다.

2.2 DGPS 이론

근접한 두 개의 GPS 수신기가 같은 위성으로부터 신호를 받아 자신의 위치를 계산할 때 각 수신기의 고유오차와 더불어 공통적인 오차가 있는데, 이 중 오차를 제거하여 보다 정확하게 위치측정을 한다는 것이 DGPS의 기본 개념이다. 이 과정을 단계적으로 설명하면 아래와 같다.

(1) 위성의 관측성이 좋은 열린 공간상에 정확하게 측지하여 기준국(reference station) 역할을 할 GPS 수신기를 설치한 후, GPS 위성에서 신호를 받아 수신기로 계산된 위치를 자신의 위치와 비교하여 보정오차(differential correction error)를 계산한다.

(2) 계산된 보정오차를 주변의 사용자 수신기에 일정한 형식에 맞추어 전송한다.

(3) 사용자는 자신의 수신0기에서 계산된 위치값에 수신된 보상오차를 적용하여 두 수신기 간의 공통오차를 제거함으로써, 단독 GPS의 경우보다 정확한 위치를 계산한다.

3. 실험 및 결과분석

3.1 실험대상지역 및 장비제원

본 연구의 실험대상지역은 포장상태가 비교적 양호하며, 속도제한이 있는 비교적 교통류의 영향을 적게 받는 도로의 일부구간을 선택하였다. 관측시스템은 삼각점을 이용하여 GPS 정적 측위방법으로 측량을 실시하여 지상기준점을 선정한 위치에 그림 1과 같이 기지국을 설치하였으며, 그림 2와 같이 이동국은 차량에 일체식으로 탑재하여 대상도로구간을 주행하면서 3차원 자료를 1초 간격으로 취득하였으며, 관측장비의 제원은 표 2와 같다.

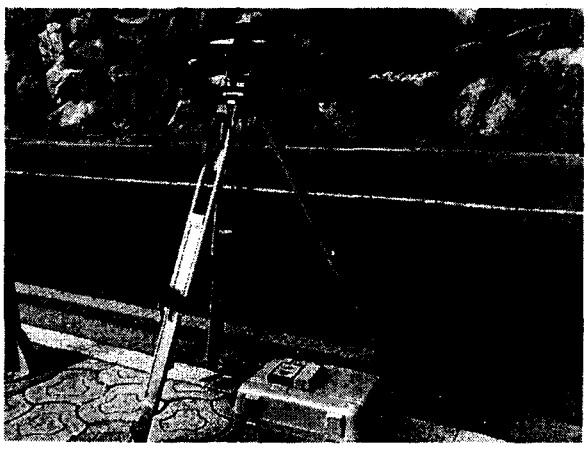

그림 1. 기지국의 모습

그림 2. 이동국의 모습

표 2. GPS장비의 제원

Characteristics	Receiver	Antenna
Type	Legary(JAVAD)	LegAnt
Tracking Channel	40 L1 channels 20 L1/L2 channels GPS/GLONASS	
Signals Tracked	L1/L2 C/A and P-code and Carrier phase	
Accuracy	Horizontal Static 3mm+1ppm (×D) for dual frequency Rapid static 5mm+1ppm (×D) fo Single frequency kinematic 10mm+1.5ppm (×D) for dual frequency RTK (H) 10mm+1.5ppm (×D) for dual frequency (V) 20mm+1.5ppm (×D) for dual frequency	

3.2 결과 및 분석

본 연구에서는 포장도로의 평탄성을 산정하기 위해 DGPS를 차량에 장착하여 대상구간 100m를 주행하는 동안에 Z값을 산출하였다. 또한 이를 검증하기 위해 대상구간 도로의 좌·우 1.5m간격으로 132개의 조사점을 선정하여 삼각수준측량을 통해 절대좌표값을 산출하여 비교 및 검증을 실시하였다.

표 3. 삼각수준측량과 DGPS 관측값의 비교

No	삼각수준측량		DGPS 관측값		편 차	
	좌 Z(m)	우 Z(m)	좌 Z(m)	우 Z(m)	좌 (m)	우 (m)
1	68.9222	68.9475	68.9126	68.9360	0.0096	0.0115
2	68.8864	68.9072	68.8710	68.9180	0.0154	0.0108
3	68.8324	68.8586	68.8050	68.8290	0.0274	0.0296
4	68.7884	68.8021	68.7680	68.7870	0.0204	0.0151
5	68.7081	68.7454	68.7200	68.7580	0.0119	0.0126
6	68.6495	68.6861	68.6740	68.7100	0.0245	0.0239
7	68.6083	68.6331	68.6340	68.6590	0.0257	0.0259
8	68.5883	68.6077	68.6110	68.6350	0.0227	0.0273
9	68.5272	68.5710	68.5480	68.5930	0.0208	0.0220
10	68.5138	68.5478	68.5260	68.5550	0.0122	0.0072
11	68.4439	68.4860	68.4730	68.5070	0.0291	0.0210
12	68.3642	68.3827	68.3750	68.3960	0.0108	0.0133
13	68.2241	68.2498	68.2070	68.2290	0.0171	0.0208
14	68.1541	68.1758	68.1310	68.1520	0.0231	0.0238
15	68.0895	68.1090	68.0642	68.0800	0.0253	0.0290
		⋮		⋮		
52	65.0987	65.2536	65.1130	65.2720	0.0143	0.0184
53	65.0486	65.1797	65.0660	65.2030	0.0174	0.0233
54	64.8946	65.0858	64.9200	65.1070	0.0254	0.0212
55	64.7443	64.9987	64.7580	65.0120	0.0137	0.0133
56	64.4870	64.8558	64.5200	64.8820	0.0330	0.0262
57	64.3204	64.6259	64.3510	64.6480	0.0306	0.0221
58	64.1549	64.4584	64.1370	64.4310	0.0179	0.0274
59	63.8712	64.1715	63.8670	64.1650	0.0042	0.0065
60	63.5336	63.8631	63.5690	63.8860	0.0354	0.0229
61	63.2304	63.5759	63.2450	63.5830	0.0146	0.0071
62	62.8198	63.1997	62.8420	63.2200	0.0222	0.0203
63	62.5831	62.8736	62.6030	62.9030	0.0199	0.0294
64	62.2332	62.5509	62.2550	62.5710	0.0218	0.0201
65	61.9021	62.1785	61.9130	62.1980	0.0109	0.0195
66	61.5787	61.8342	61.5940	61.8520	0.0153	0.0178
평균					**0.0198**	**0.0196**

그림 3에서 PDOP이 1.5~2.5 사이의 값을 가지고, 위성수 또한 7~9개로써 본 연구에서 위성으로부터 취득한 자료는 양호한 상태임을 알 수 있다.

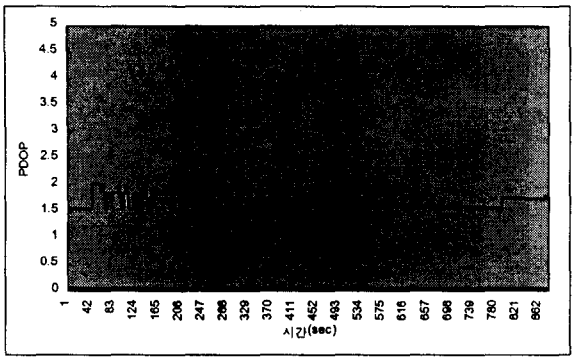

그림 3. 시간대별 PDOP

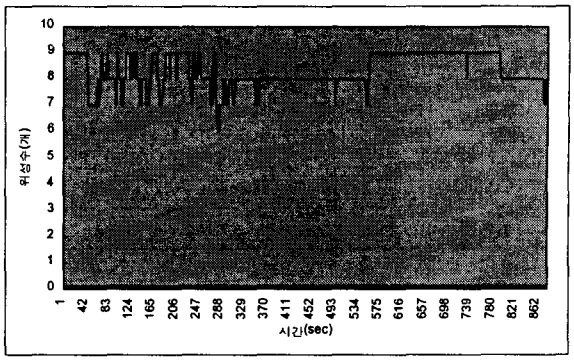

그림 4. 시간대별 위성수

또한, 대상구간에 대한 평탄성을 다음의 그래프와 같이 나타내었다. 분석 결과, 평탄성이 1.5~4 정도로 나타나는 것을 알 수 있었다. 건설교통부의 PSI 범위에 따르면, 이는 대상구간의 포장 평탄성이 양호한 것으로 판단된다.

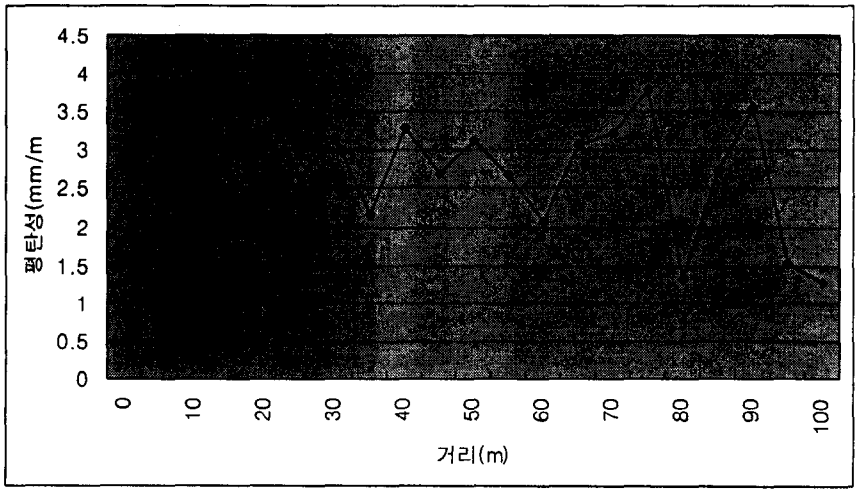

그림 5. 대상구간의 평탄성 분포 그래프

4. 결 론

본 연구에서는 DGPS를 이용하여 도로포장의 평탄성을 산정하여 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

첫째, 정밀수준측량을 하여 취득한 Z좌표와 DGPS를 이용하여 추출한 좌표값의 편차가 평균 0.0198m~0.0196m 나타나는 것을 알 수 있었다.

둘째, 대상도로의 도로포장 평탄성을 산정해 본 결과 1.5~4의 값이 나타나는 것을 보아 양호한 도로인 것을 알 수 있었다.

셋째, 정밀수준측량과 비교해 보았을 때, DGPS를 차량에 탑재하여 3차원 좌표를 취득함은 효율적인 기법인 것으로 판단된다.

참고문헌

건설교통부, "국도포장관리체계(PMS) 개선방안 연구", 보고서, 2002.

이종출, 노태호, "DGPS/DGLONASS 동적측위법을 이용한 HDOP 변화에 따른 수평위치정확도 분석", 측량학회 학술발표논문집, 2002.

박경부, (2001), "고속도로 포장관리시스템 논리개발 연구", 박사학위논문, 한양대학교 대학원, 2001.

송인준, 서영찬 (2001), "국도 포장의 평탄성 예측모델 개발", 대한토목학회지, 제21권, 제 5-D호.

Lu. Sun, "Simulation of pavement roughness and IRI based on power spectral dencity", Mathematics and Computers in Simulation, 61 (2003).