

동적 GPS 관측에 의한 도로의 평면선형 분석 A Analysis of Highway's Horizontal Alignment Using Kinematic GPS Surveying

이 종 출*

Lee, Jong Chool

요 旨

장래 도로설계는 첨단정보이용이 편리해야하고, 자동차 항법체계(CNS: Car Navigation System)에 맞추어 차량유도기능을 극대화 할 수 있는 선형설계가 필요하다. 이렇게 되면 기존도로의 개량설계를 위하여 기존 도로의 선형을 정확히 분석할 필요가 있으며, 기존 도로의 설계도와 주요점의 좌표가 필요하게 된다. 기존 도로의 선형을 분석하기 위하여 본 연구에서는 동적(Kinematic) GPS측량으로 도로선형 Data를 짧은 시간에 손쉽게 취득하였고, 이 Data를 이용하여 도로의 평면선형을 분석하였다. 연구결과 관측된 도로선형 Data는 실용적인 오차범위내에 포함되었으며, 선형분석도 실용성이 있음을 알 수 있었다.

ABSTRACT

The design of highway in the future should be convenient using of a high-technology information, and it needs the design of alignment that is able to find the maximum vehicles inducement function fitting into Car Navigation System. Well then, the alignment of the existent highway needs to be analyzed with accuracy for improving design of existent highway, and it needs the design drawing of existent highway, and coordinates of the main point. This study gets data of the alignment of highway economically by Kinematic GPS surveying to analyze the alignment of existent highway, and horizontal alignment of highway is analyzed by this data. The result of study is included within range practical error, and alignment analysis can be known that there is practical.

1. 서 론

도로는 국토의 골격으로써 경제활동으로 인하여 발생하는 통행수요를 담당하면서 국가경제활동과 산업발전의 원동력이 되면서, 동서고금을 막론하고 국방상 필요한 주요시설이기도 하다.

또한 도로는 국토의 균형있는 발전과 국가 경쟁력확보를 위한 선도적 역할을 하기도 하고, 다양하고 여유있는 생활환경을 유도하기도 하며, 공익시설의 수용 및 방재 기능강화등 공간적 기능을 수행하기도 한다.

과학기술의 발전에 따라서 장래 도로설계의 기본 방향도 많이 달라질 것으로 예상되며, 첨단정보이용에 필요한 도로시설물의 위치선정 및 선형설계가 필요하게되며, 자동차 항법체계(CNS: Car Navigation System)에 맞추어 차량유도기능을 극대화 할 수 있는 선형 및 차로설계

가 필요하게 될 전망이다. 이렇게 되면 기존도로의 개량 설계를 위하여 이를 정확히 분석할 필요가 있으며, 따라서 기존도로의 설계도와 주요점의 좌표가 필요하게 된다.

건설교통부에서는 도로의 체계적인 유지관리를 위해 도로관리통합시스템(HMS, Highway Management System)의 개발을 추진하고 있으며, 그 일환으로 이미 작성된 도로대장의 누실 및 준공도면의 합리적 관리를 위해 도로대장관리시스템(NAHMIS, National Highway Management Information System)을 개발 추진하였다.¹⁾

우리나라의 경우에는 그동안 건설위주의 국가정책으로 인하여 시설물관리가 과학적이고 체계적으로 수행되지 못하여 기존도로의 설계도가 없는 경우가 많다.

기존도로의 평면선형을 정확히 분석하기 위해서는 도로중심선의 평면측량이 필요하고, 설계도가 없는 경우에도 설계도를 재현하기 위해서 도로중심선 평면측량이 필요하다. 도로중심선의 평면측량을 위해 기존 방법인 기준점 측량과 평판측량의 조합, 시거측량, T.S(Total

*부경대학교 공과대학 건설공학부 교수

Station) 측량에 의할 수도 있으나, 시통에 제약을 많이 받을 수 있고, 많은 시간과 경비가 소요된다.

따라서 본 연구에서는 GPS측량방법 중, 동적 GPS측량을 이용하여 기존도로의 평면선형을 관측하여 분석하고, 재현하는 방법을 제시하여 도로시설물의 효과적인 유지관리 및 장래 도로개량을 위한 설계기술향상에 기여하고자 한다.

2. 도로 평면선형의 설계요소와 선형분석

2.1 평면선형의 설계요소

도로의 평면선형의 설계요소는 직선, 원곡선, 완화곡선의 3종류가 있으며, 완화곡선에서도 여러 종류가 있으나, 도로설계에서는 자동차의 주행궤적과 형상이 비슷한 Clothoid곡선을 주로 사용하고 있다.

직선은 그 연장이 적당한 길이를 넘지 않는 범위 내에서 적용하며, 평단지 및 산과 산 사이에 존재하는 넓은 골짜기, 시가지 또는 그 근교지대로써 가로망 등이 직선적인 구성을 이루고 있는 지역, 장대교량구간, 터널구간 등에 적용한다. 또한 직선구간의 제한길이의 최대는 설계속도(km/hr)를 약 20배 한길이(m) 정도, 최소길이는 반대방향으로 굴곡하는 곡선사이에 삽입하는 직선은 설계속도(km/hr)의 2배 이상, 같은 방향으로 굴곡하는 곡선사이에 삽입하는 직선으로 설계속도(km/hr)의 6배 이상으로 해야 한다.

원곡선은 도로의 설계속도에 따라서 최소곡선반경을 정하고 있으나, 이보다 더욱 바람직한 최소 원곡선 반경 값을 취할 필요가 있으며, 직선구간과의 조화 및 완화곡선과의 조화가 필요하다.

완화곡선은 이정량(shift)이 20 cm 이상인 경우에 필요하며, 반경이 무한대인 직선과 반경이 유한한 원곡선을 접속하게 되면 곡율이 무한대에서 해당 원곡선의 곡선반경에 따른 유한한 곡율로 돌변하게 되므로, 급격한 원심가속도의 변화 때문에 운전자가 불쾌하게 느낄 뿐 아니라 시각적으로도 선형이 구부러져 보여서 착각을 일으키게 된다.

따라서 곡율이 서서히 변화하고 직선과 원곡선을 매끄럽게 연결할 수 있는 완화곡선이 필요하다.

Clothoid 완화곡선의 Parameter 값 A의 크기는 접속하는 원곡선 반경(R)의 크기와 균형이 필요하므로, $R < 1500$ m인 경우에는 $\frac{R}{2} R \leq A \leq R$ 범위내로 하는 것이 좋

고, $R \geq 1500$ m인 경우에는 $\frac{R}{3} R \leq A \leq R$ 인 범위가 바람직하며, A의 크기의 상한은 실용성을 고려하여 1,000 m이하로 하는 것이 바람직하다.

2.2 선형분석

도로의 평면선형은 도로의 사용성 측면에서 직접적으로 영향을 미치며, 특히 평면선형의 양부는 주행의 안전성과 직접 관련된다. 도로의 선형이 교통사고와 직접적인 관련이 있다는 것이 이에 많은 연구가 수행되어 입증되었다.

곡선반경 1,000 m 이하와 종단구배 3%이상인 지점으로부터 사고율이 급격하게 증가한다는 연구²⁾와 곡선반경이 작을수록 단독사고의 비율이 점차 높아진다는 기존 연구가 있다.³⁾ 그리고 도로선형설계에서 완화곡선의 효율적인 이용모델에 대한 연구도 있다.⁴⁾

도로의 특정구간에서 교통사고 발생율이 평균값이상으로 높으면, 일단도로의 선형에서 불합리한 요소가 있다고 생각할 수 있다.

여기에서 말하는 도로의 선형이란 평면선형 뿐만 아니고, 종단선형도 포함하며, 평면선형과 종단선형의 조합도 사고율에 크게 영향을 미친다.

기존도로의 선형을 분석하기 위해서는 기존도로의 중심선 계획 좌표값이 필요하며, 중심선계획의 3차원 좌표값(X, Y, Z)을 취득하면 평면선형과 종단선형을 분석할 수 있고, 횡단노면 3차원 좌표값을 취득하면 도로의 편경사(Superelevation)를 분석할 수 있다.

도로의 선형분석은 도식화하면 수계산으로도 가능하나, 선형분석 Program을 이용하면 시간을 단축할 수 있고, 정확도를 향상시킬 수 있다.

3. 도로선형 Data 취득

도로의 선형을 분석 또는 재현하기 위한 Data취득방법은 기준점 측량과 평판측량의 조합, Stadia측량, T.S측량, GPS측량 등 어느 방법이든 일정한 축척의 선형도(線形圖) 또는 중심선계획의 좌표값이 필요하다. 선형도를 취득한 경우에도 중심선에 대하여 일정한 간격으로 측정점의 3차원 좌표값이 필요하므로, T.S측량이나 GPS측량 방법이 유리하며, 특히 동적 GPS측량은 짧은 시간에 연속적으로 많은 Data취득이 가능하므로 가장 좋은 방법이라 할 수 있다.

동적 GPS관측을 응용한 연구는, 1994년과 1995년에
 덤의 변형측량에 적용하여 ±5 mm 정확도로 모니터링하
 므로써 GPS기법이 종래의 광학적 기법들에 대한 효과적
 인 대안이 될 수 있음을 제시한 바 있다.^{5),6)}

1995년에는 Calgary 타워의 풍속에 따른 변형을 연구
 한 바 있으며,⁷⁾ 1998년에는 국내외에서 동적 GPS관측을
 항공삼각측량에 이용한 연구가 있었다.^{8),9)}

동적 GPS측량에서 얻어진 3차원 Data는 지심타원체인
 WGS84 타원체상에서의 좌표값이며, 현재 우리나라의 기
 준타원체인 Bessel타원체 좌표로 변환되어야만 기존설계
 도와 비교 검증할 수 있다.

일반적으로 3차원 좌표변환방법은 2개의 서로 다른 기
 준좌표계에 의한 각 측정의 3차원 성과로부터 2개의 기
 준좌표계간의 이동, 회전, 축척요소를 구하고 이를 다른
 점에 적용시키는 것으로 사용환경에 따라 Bursa-Wolf식
 과 Molodensky-Badekas식이 사용된다.

Bursa-Wolf의 변환모델은,

$$\begin{bmatrix} X_w \\ Y_w \\ Z_w \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \Delta X \\ \Delta Y \\ \Delta Z \end{bmatrix} + (1 + \Delta) \begin{bmatrix} 1 & \kappa & \phi \\ \kappa & 1 & -\omega \\ -\phi & \omega & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X_k \\ Y_k \\ Z_k \end{bmatrix} \quad (1)$$

여기서, X_w, Y_w, Z_w : 위성 좌표계상의 좌표(WGS84)

X_k, Y_k, Z_k : 국지 좌표계상의 좌표(삼각점 실용
 성과)

$\Delta X, \Delta Y, \Delta Z$: 두 좌표계 중심간의 이동거리

ω, ϕ, κ : 좌표계 축들간의 회전량

$1 + \Delta$: 축척치

Bursa-Wolf의 변환모델은 지구전체로 볼 때 극히 부분
 적인 지역에만 국한되므로 변환요소간의 상관계수가 커
 지게 된다. 이러한 문제점을 개선하여 측정점들의 무게 중
 심 또는 측지원점에서 회전토록하는 Molodensky-
 Badekas 모델이 고안되었다.

Molodensky-Badekas 변환모델은 다음과 같다.

$$\begin{bmatrix} X_w \\ Y_w \\ Z_w \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \Delta X \\ \Delta Y \\ \Delta Z \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} X_m \\ Y_m \\ Z_m \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} (1 + \Delta) & \kappa & \phi \\ \kappa & (1 + \Delta) & \omega \\ \phi & \omega & (1 + \Delta) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X_k - X_m \\ Y_k - Y_m \\ Z_k - Z_m \end{bmatrix} \quad (2)$$

식 (2)에서 X_m, Y_m, Z_m 은 변환하고자 하는 두 좌표계
 에 공통적으로 존재하는 지점들의 좌표에 대한 평균값이
 다. 식 (2)는 식 (3)으로도 표현된다.

$$\begin{bmatrix} X_w \\ Y_w \\ Z_w \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \Delta X \\ \Delta Y \\ \Delta Z \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} X_k \\ Y_k \\ Z_k \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \Delta & -\kappa & \phi \\ \kappa & \Delta & -\omega \\ -\phi & \omega & \Delta \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X_k - X_m \\ Y_k - Y_m \\ Z_k - Z_m \end{bmatrix} \quad (3)$$

이 변환 모델은 이동량 매개변수를 기준원점에 대해
 적용하므로써 매개 변수들간에 높은 상관관계를 가지는
 Bursa-Wolf 방법의 문제를 해결할 수 있다.¹⁰⁾

본 연구에서는 측지원점에서 회전토록 하는 Molodensky-
 Badekas방법으로 좌표변환하였다.

4. 현장관측

4.1 관측방법

본 연구에서는 GPS측량방법 중 동적 GPS측량방법으
 로 신속하고 정확하게 도로의 평면선형을 관측하고, 관
 측된 Data로부터 선형의 양부를 실시간(Real Time)으로
 분석하는 것이 목적이므로 다음과 같이 관측하였다.

4.1.1 관측대상지역 및 관측장비

본 연구를 위한 현장관측은 2001. 2. 24~2001. 2.
 27 사이에 관측하였으며, 관측대상지역은 부산근교의 도
 로 중, 설계도가 입수되어 있고, 선형이 비교적 좋은 경
 남 진해시 웅촌리 국도2호선 약 2 km구간을 선정하여
 관측하였다. 관측장비는 Trimble사에서 제작된 장비를
 사용하였으며, 모델명은 4600LS이고, 관측장비제원은 표
 1과 같다.

표 1. 관측장비 제원

제품명	Trimble
모델명	4600LS
정확도	Static 수평 : ±5 mm + 1 ppm (≤ 10 km)
	Survey 수직 : ±10 mm + 2 ppm (≤ 10 km)
	Kinematic 수평 : ±1 cm + 1 ppm
	Survey 수직 : ±2 cm + 1 ppm
	RTK 수평 : ±1 cm + 1 ppm
	Survey 수직 : ±2 cm + 1 ppm

4.1.2 관측시스템 구성

관측시스템은 그림 1과 같이 현장에 기지국을 설치하

고, 이동국은 도로의 중앙선을 따라 이동하면서 기존도로 중심선 선형의 각 측정에서의 3차원 좌표를 취득하였다. 도로의 중심선 선형을 GPS로 관측하는 방법에는, 차량에 GPS수신기를 탑재하여 관측하는 방법이 효과적이거나, 도로건설 후 공용중인 도로의 중심선을 따라서 GPS 탑재차량을 운행하는 것은 위험하고, 운전기능에 따라서는 관측값이 크게 달라질 수도 있다.

따라서 본 연구에서는 그림 2와 같이 대차에 GPS수신기를 고정시키고, 이 대차 측면을 도로중심선의 Lane Marking에 접하도록 하면서 대차를 인력으로 끌면서 측량하였다.

이 경우 측정위치는 도로중심선에서 580 mm Offset되

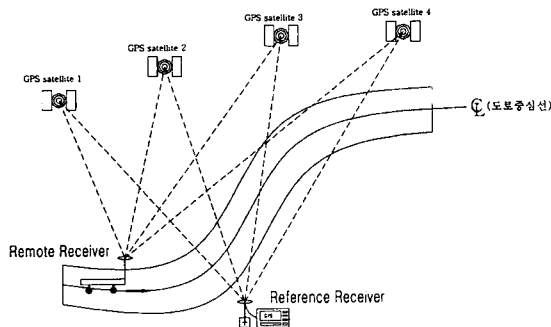


그림 1. 도로 중심선 관측시스템 구성

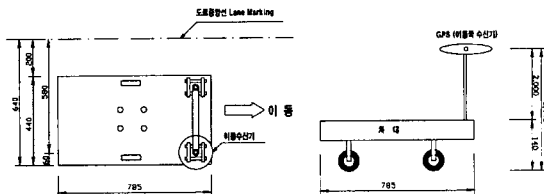


그림 2. 관측시스템중 대차의 모습

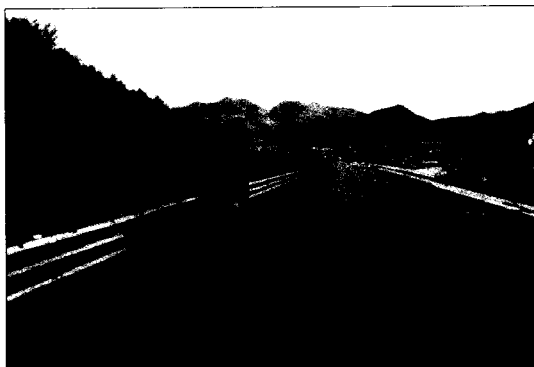


사진 1. Kinematic GPS에 의한 도로선형관측모습

어 측정되어지나, 좌표계산시 X, Y방향으로 Offset량을 감하여 산출하였다. 이동속도는 1 km당 약 1시간이 소요되었으며, 2 km를 관측하는데 2시간이 소요되었고, 관측

표 2. 관측결과 좌표값

	X	Y
1+700	178781.8035	176501.9221
1+800	178761.2545	176599.7881
1+900	178741.3335	176697.7851
2+000	178724.9378	176796.4232
2+100	178717.2036	176896.0821
2+200	178720.3830	176995.9755
2+300	178734.4436	177094.9288
2+400	178759.7185	177191.6218
2+500	178795.3565	177284.9795
2+600	178841.0526	177373.8519
2+700	178896.3882	177457.0697
2+800	178960.7019	177533.5526
2+900	179031.4451	177604.1726
3+000	179104.7922	177672.1339
3+100	179178.5090	177739.7049
3+200	179251.7434	177807.8002
3+300	179319.3626	177881.3990
3+400	179376.7750	177963.1749
3+500	179422.7512	178051.8788
3+600	179456.7067	178145.8294
3+700	179481.0297	178242.8027

표 3. 설계도에 의한 좌표값

	X	Y
1+700	178781.9008	176501.9424
1+800	178761.4977	176599.8388
1+900	178741.4421	176697.8062
2+000	178725.0681	176796.4401
2+100	178717.1912	176896.0818
2+200	178720.3118	176995.9817
2+300	178734.4903	177094.9195
2+400	178759.5519	177191.6750
2+500	178795.1874	177285.0550
2+600	178840.9574	177373.9078
2+700	178896.2974	177457.1377
2+800	178960.4726	177533.7657
2+900	179031.1476	177604.4872
3+000	179104.6058	177672.3375
3+100	179178.3595	177739.8682
3+200	179251.6369	177807.9100
3+300	179319.3456	177881.4128
3+400	179376.8411	177963.1407
3+500	179422.9616	178051.7866
3+600	179456.9013	178145.7731
3+700	179481.1031	178242.7858

모습을 사진으로 나타내면 사진 1과 같다.

4.2 관측결과

관측대상지역인 경상남도 진해시 웅촌리 국도2호선 약 2km구간에 대하여 측정간격을 100m로 하여 좌표값을 산출한 결과는 표 2와 같다. 그리고, 관측된 동일 측점에 대하여 설계도에 나타난 좌표값은 표 3과 같다. 관측에서 얻어진 Data로써 측정간격을 20m로 하여 좌표값을 계산할 수 있으나, 2km 정도의 구간에 대해서는 선형을 추출할 목적으로 측정간격을 100m하였다

5. 결과 분석

5.1 정확도 분석

기존 도로의 선형추출을 하기위하여 동적 GPS측량방법으로 관측한 결과가 어느 정도의 오차를 가지고 있는지 분석해보았다. 분석방법은 설계도에 의한 측정좌표를 참값으로 보고, 동적 GPS측량방법으로 취득한 측정좌표를 관측값으로하여 X방향오차 및 Y방향오차를 계산하였

표 4. X방향 오차

구간	관측값	설계도값	오차
1+700	178781.8035	178781.9008	-0.0973
1+800	178761.2545	178761.4977	-0.2432
1+900	178741.3335	178741.4421	-0.1086
2+000	178724.9378	178725.0681	-0.1303
2+100	178717.2036	178717.1912	+0.0124
2+200	178720.3830	178720.3118	+0.0712
2+300	178734.4436	178734.4903	-0.0467
2+400	178759.7185	178759.5519	+0.1666
2+500	178795.3565	178795.1874	+0.1691
2+600	178841.0526	178840.9574	+0.0952
2+700	178896.3882	178896.2974	+0.0908
2+800	178960.7019	178960.4726	+0.2293
2+900	179031.4451	179031.1476	+0.2975
3+000	179104.7922	179104.6058	+0.1864
3+100	179178.5090	179178.3595	+0.1495
3+200	179251.7434	179251.6369	+0.1065
3+300	179319.3626	179319.3456	+0.0170
3+400	179376.7750	179376.8411	-0.0661
3+500	179422.7512	179422.9616	-0.2104
3+600	179456.7067	179456.9013	-0.1946
3+700	179481.0297	179481.1031	-0.0734
평균 오차	$t = \frac{[X]}{n} = \frac{2.7623}{21} = 0.1315$		

으며 21개 측점에 대하여 분석한 결과는 표 4 및 표 5와 같다.

표 4에서 21개 측점에 대한 X방향의 평균오차(Average error)는 13.2cm로 나타났으며, 표 5에서 21개 측점에 대한 Y방향오차의 평균오차(Average error)는 7.6cm로 나타났다.

이 오차의 크기는 TS관측에서 규정하고 있는 노선 좌표차 편차 30cm이내¹¹⁾로써 충분히 실용성이 있다고 판단된다. 그리고, 이 노선의 일부곡선구간을 관측된 좌표와 설계도 좌표를 중첩(Over Lap)하여 나타낸 선형도는

표 5. Y방향 오차

1+700	176501.9221	176501.9424	-0.0203
1+800	176599.7881	176599.8388	-0.0507
1+900	176697.7851	176697.8062	-0.0210
2+000	176796.4232	176796.4401	-0.0169
2+100	176896.0821	176896.0818	+0.0003
2+200	176995.9755	176995.9817	-0.0062
2+300	177094.9288	177094.9195	+0.0093
2+400	177191.6218	177191.6750	-0.0532
2+500	177284.9795	177285.0550	-0.0755
2+600	177373.8519	177373.9078	-0.0559
2+700	177457.0697	177457.1377	-0.0679
2+800	177533.5526	177533.7657	-0.2131
2+900	177604.1726	177604.4872	-0.3146
3+000	177672.1339	177672.3375	-0.2036
3+100	177739.7049	177739.8682	-0.1633
3+200	177807.8002	177807.9100	-0.1098
3+300	177881.3990	177881.4128	-0.0138
3+400	177963.1749	177963.1407	+0.0342
3+500	178051.8788	178051.7866	+0.0922
3+600	178145.8294	178145.7731	+0.0563
3+700	178242.8027	178242.7858	+0.0169
평균 오차	$t = \frac{[Y]}{n} = \frac{1.5950}{21} = 0.0759$		

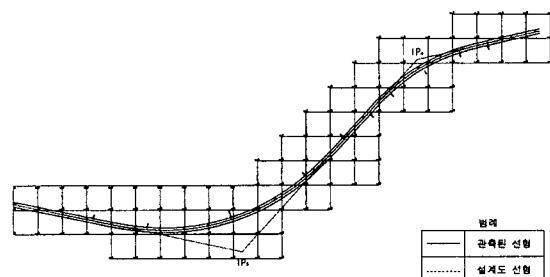


그림 3. 관측된 좌표와 설계도 좌표를 OverLap 선형도

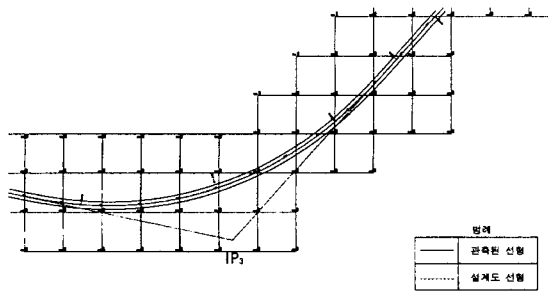


그림 4. 관측된 좌표와 설계도 좌표를 OverLap 선형도 (일부구간확대)

표 6. IP3위치에서 설계도에 의한 선형제원 (단위 : m)

위 치	IP ₃	
R 값	900	
IP점 좌표	X	178628.7757
	Y	177236.6555

표 7. IP3위치에서 분석값에 의한 선형제원(단위 : m)

위 치	IP ₃	
R 값	902.9946	
IP점 좌표	X	178630.6649
	Y	177234.7424

그림 3 및 그림 4와 같다. 그림 3 및 그림 4에서는 거의 오차를 구분할 수 없을 정도이다.

이 오차의 원인은 시공시 도로중심선의 시공오차, Lane Marking에 의한 오차, GPS이동국이 이동할 때 도로중심선과 일치하지 않으므로써 발생하는 오차 등이라고 판단된다.

5.2 도로의 선형분석

도로의 선형분석은 도로가 자동차의 운동역학적 특성에 맞추어 기능을 제대로 하는가에 대한 분석에서 필요하다.

동적 GPS측량방법으로 측정 20m 간격마다 취득된 좌표값을 Data로하여 선형분석 Program인 「부경대학교 측량 및 지형공간정보연구실」에서 FORTRAN으로 개발된 Program을 사용하여 선형분석을 하였다

IP₃위치에서 설계도에 의한 선형제원은 표 6과 같고, 선형분석 Program에서 추출된 선형제원은 표 7과 같다. 또한 IP₄ 위치에서 설계도에 의한 선형제원은 표 8과 같고, 선형분석 Program에서 추출된 선형은 표 9와 같고,

표 8. IP4위치에서 설계도에 의한 선형제원(단위 : m)

위 치	IP ₄	
R 값	750	
IP점 좌표	X	179415.5000
	Y	177957.0000

표 9. IP4위치에서 분석값에 의한 선형제원 (단위 : m)

위 치	IP ₄	
R 값	752.5014	
IP점 좌표	X	179413.3271
	Y	177956.1379

표 10. 설계도와 분석값의 선형제원 비교(단위 : m)

구분	설계도 제원	분석한 제원	비교(m)
R값(m)	900	902.9946	2.9946
IP ₃	X좌표	178628.7757	178630.6649 1.8892
	Y좌표	177236.6555	177234.7424 1.9131
R값(m)	750	752.5014	2.5014
IP ₄	X좌표	179415.5000	179413.3271 2.1729
	Y좌표	177957.0000	177956.1379 0.8621

며, 비교분석한 표는 표 10에 나타내었다.

표 10에서 보면 IP₃에서는 곡선반경 R은 2.9946 m, X좌표는 1.8892 m, Y좌표는 1.9131 m 오차가 있고, IP₄에서는 곡선반경 R은 2.5014 m, X좌표는 2.1729 m, Y좌표는 0.8621 m 오차가 있는 것으로 분석되었다.

즉, 곡선반경값 R의 추출에서는 2.5~3.0 m 정도의 오차가 나타났으며, 이는 도로설계시 곡선반경값을 5~10 m 단위를 취하고 있는 것을 고려하면 충분히 실용성이 있다고 판단된다.

IP 좌표값 추출에서는 X, Y 방향별로 0.9~2.1 m의 오차가 나타났으나, 평면선형 결정시 1/1,200 도면에 의한 좌표계산시 5 m¹²⁾ 정도의 정확성을 유지하는 것을 고려한다면 선형의 양부를 판단하는 선형분석에서는 실용성이 있다고 판단된다.

6. 결 론

GPS측량방법 중, 동적 GPS측량을 이용하여 기존도로의 평면선형을 분석하고, 재현하는 방법을 제시하여 도로시설물의 효과적인 유지관리 및 도로개량을 위한 설계 기술향상에 기여하기 위하여 동적 GPS측량의 오차, 취

득된 Data에 의한 선형분석을 한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 동적 GPS측량방법으로 도로중심선 선형좌표를 취득한 결과 X방향 및 Y방향에서 7.6~13.2 cm정도의 오차를 나타내었으며, 이는 같은 목적의 TS측량의 오차범위내 해당되어 실용성이 충분하다고 판단된다.
2. 취득된 도로선형좌표를 이용하여 선형분석을 한 결과, 설계도에 나타난 선형제원에 가까운 값을 취득할 수 있었으며, 실용성이 있다고 판단된다.
3. 앞으로 첨단정보이용에 필요한 도로시설물의 위치 선정 및 선형설계가 필요하게 되므로, 동적 GPS관측에 의한 측량결과는 Car Navigation System에 맞추어 차량 유도기능을 극대화할 수 있는 선형설계 및 차로설계시 기본Data제공에 기여할 수 있다.

감사의 글

본 연구는 부경대학교 1997년도 기성회 학술연구비를 지원받아 연구한 것입니다. 학술연구비 지원에 감사드립니다.

참고문헌

1. 임삼성, 노현호, "GPS측량성과를 이용한 NAHMIS도면의 좌표부여", 한국측지학회지, 제17권, 제35호, 1999, pp. 205-211.
2. 김태완, "도로의 기하요소가 교통사고에 미치는 영향" 경부고속도로를 중심으로-, 서울대학교 환경대학원 석사학위논문, 1996. 2.
3. 강정규, "고속도로 기하구조가 교통사고 발생에 미치는 영향연구", 서울대학교 환경대학원 석사학위논문, 1985. 2.
4. 조철호, "도로선형설계에서 완화곡선의 효율적인 이용모델", 대구대학교 대학원 석사학위논문, 1997.
5. P. A. Collier, "Static and Kinematic GPS for Deformation Monitoring", proc. FIG XX Congress Commission V, 1994, pp. 389-401.
6. P. A. Collier, "Deformation Surveys by Kinematic GPS", 3rd Symposium on Surveillance and Monitoring Surveys, 1995, pp. 9-19.
7. M. E. Canon G. Lachapelle, "Kinematic GPS Trends-Equipment Methodologies and Applications", GPS Trends in precise Terrestrial, Airbone, and Spacebone Applications, 115, 1995, pp. 161-169.
8. Hamid Ebadi and Michael A. Chapman, "GPS-Controlled Strip Triangulation Using Geometric Constraints of Man-Made Structures", Photogrammetric Engineering & Remote Sensing, Vol. 64, No. 4, April, 1998, pp. 329-333.
9. 임삼성, 김충평, 노현호, "GPS 항공삼각측량의 정확도 분석", 한국측지학회지, 제16제, 제2호, 1998, pp.195-202.
10. 조규전, 전재홍, 차득기, 어수창, "소지역에서 GPS좌표 변환에 관한 연구", 한국측지학회지, 제15권, 제2호, 1997. 12, pp. 253-261.
11. 社団法人 日本測量協會, 建設省 公共測量作業規程, 社団法人 日本測量協會 1995. 7, pp. 19-20.
12. 강재수, "도로의 계획과 설계", 도서출판, 도우엔지니어즈, 1998. 8, pp. 134-135.