

동영상을 이용한 설계속도별 주행속도 산정

The Estimation of Operating Speed Classified by Design Speed Using Moving Image

이종출¹⁾ · 서동주²⁾ · 김진수³⁾ · 김성호⁴⁾

Lee, Jong Chool · Seo, Dong Joo · Kim, Jin Soo · Kim, Sung Ho

¹⁾ 부경대학교 공과대학 건설공학부 교수 · 051-620-1449 (E-mail:jclee@pknu.ac.kr)

²⁾ 부경대학교 대학원 토목공학과 공학박사 · 051-622-1662 (E-mail:dpsdj@mail1.pknu.ac.kr)

³⁾ 부경대학교 대학원 토목공학과 박사수료 · 051-622-1662 (E-mail:pkurveying@mail1.pknu.ac.kr)

⁴⁾ 부경대학교 대학원 토목공학과 석사과정 · 051-622-1662 (E-mail:gjsrs@mail1.pknu.ac.kr)

요 약

본 연구에서는 설계속도별 연속류 흐름을 가진 대상도로를 선택하여, 대상도로의 비침투 시간을 정하여, 동영상에 의한 촬영을 실시하여 구간 주행속도를 추출하는 연구를 수행하였다. 각 대상구간의 거리는 수치지도 및 측량, 주행기록계 등을 이용하여 측정하였고, 영상의 분석을 통하여 차량의 구간통과시간을 산정하여 설계속도별 주행속도를 추출하였다. 그에 대한 검증으로 차량의 DGPS를 장착하여 대상도로를 주행하면서 동영상에 의한 주행속도와 비교·검증을 실시하였다.

1. 서 론

설계속도는 도로 설계요소의 기능이 충분히 발휘될 수 있는 기후가 양호하고 교통밀도가 낮으며 차량의 주행조건이 도로의 구조적인 조건만으로 지배되고 있는 경우에, 평균적인 운전기술을 가진 운전자가 도로의 어느 구간에서도 안전하고 쾌적성을 유지하며 주행할 수 있는 최고속도를 말한다. 반면에 AASHTO에서는 주행속도를 “양호한 기상조건과 구간별 설계속도에 의해 결정되는 안전 한계속도를 넘지 않는 일반 교통조건하에서 운전자가 주행할 수 있는 최고속도”로 정의하였다. 주행속도 개념은 특정 지점의 선형요소 설계값을 산정할 때 적용할 뿐만 아니라 선형요소 간 균형이나 일관성 여부를 점검할 때에도 효과적으로 쓸 수 있다. 평면곡선에서 곡선반경이나 편경사 관계를 규정지을 때에도 실질적인 주행속도를 사용함으로써 곡선부 안전성 문제에 훨씬

더 현실적으로 접근할 수 있다. 특히, 주행속도 개념은 지점보다는 긴 구간을 대상으로 선형으로 인한 속도의 일관성 문제를 점검하는 데에 아주 유용한 개념이며 설계속도가 사실상 곡선 부 특정지점에만 적용할 수 있는 개념인데 비해 주행속도는 그 적용폭 면에서 전체 선형조건을 고려하는 개념이다. 현재 주행속도를 산정하기 위해 여러 가지 방법이 제시되고 있다. 그 중 스피드건을 이용하는 방법, 차량에 직접 탑승하여 산정하는 방법, 재래식 측정 방법을 이용하고 있다. 그러나 이러한 방법들은 지점평균속도는 얻을 수 있으나, 차량의 연속적인 움직임에 대한 주행속도를 추출하기가 어렵다.

본 연구에서는 설계속도가 각각 다른 4개 구간의 대상도로를 선택하여, 디지털 비디오 카메라에 의해 구간 주행속도를 추출할 수 있는 촬영을 실시하여 구간 주행속도를 산정하였다. 각 대상구간의 거리는 사전에

수치지형도 및 Total Station에 의한 측량, 주행기록계(odometer) 등을 이용하여 측정하였고, 영상의 분석을 통하여 차량의 구간 통과시간을 산정하여 설계속도별 주행속도를 추출할 수 있었다. 관측시스템에 대한 검증은 위해 차량에 DGPS를 장착하여 대상도로를 주행하면서 디지털 비디오 카메라에 의한 주행속도와 비교하여 검증을 실시하였다. 따라서 도로에서 주행속도를 설계속도별로 추출할 수 있고, 주행속도와 설계속도에 관한 상관관계를 제시 할 수 있다.

2. 연구방법 및 범위

본 연구의 배경 및 목적을 정하고, 연구계획을 수립한다. 그리고 주행속도에 관련된 이론과 설계기준을 검토한 뒤 설계속도에 따른 4개구간의 관측대상지역을 선정한다. 비디오 카메라에 의한 주행속도 관측시스템인 장비에 대한 검증은 다음과 같다. 차량에 DGPS를 탑재하여 대상구간을 30 kph에서 70 kph까지 주행하는 동안 DGPS 데이터를 취득하고, 동시에 촬영을 실시하여 영상에 의한 속도와 비교하여 검증을 실시한다. 그런 다음 대상도로에서 실제 촬영을 실시하고, 구간거리는 수치지형도 및 T/S측량, 주행기록계(odometer)등을 이용하여 측정한다. 또한 획득된 영상을 실내에서의 영상 편집 소프트웨어를 이용하여 각각의 차량 주행속도를 산정한다. 산정된 데이터를 바탕으로 분석을 실시하며 설계속도와 주행속도의 상관관계를 제시할 수 있다.

3. 주행속도 측정시스템

3.1 대상지역 선정 및 관측장비구성

3.1.1 관측대상지역

본 연구의 관측대상지역은 연속류의 흐름을 가지는 부산광역시에 소재한 설계속도가 100 kph, 80 kph, 70 kph, 60 kph인 4개소의 일부구간을 대상구간으로 선정하였다. 그림 1은 설계속도가 100 kph인 구간으로서 남해고속도로 상에 서부산 IC에서 가락

IC 상에 일부구간이다. 조사구간 길이는 1.3532 km이며, 양방향 4차로의 통행량이 비교적 많은 구간이다. 또한 그림 2는 설계속도가 80 kph인 구간으로서 변영로 도시고속도로 상에 일부구간을 선정하였다. 조사구간 길이는 0.8976 km이다. 그림 3은 설계속도가 70 kph인 구간으로서 부산광역시 부산진구에 위치한 수정산 터널과 백양산 터널 사이에 연속류의 흐름을 가지는 대상도로를 선정하였다. 조사구간 길이는 0.9542 km이다. 그림 4는 설계속도가 60 kph인 구간으로서 부산광역시 남구 용당동에 위치한 연속류 도로의 일부구간을 선정하였다. 조사구간의 길이는 0.7624 km이다.



그림 1. 100kph

그림 2. 80kph

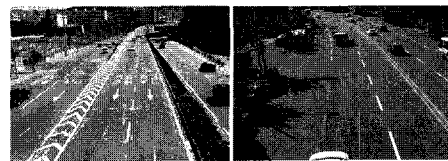


그림 3. 70kph

그림 4. 60kph

3.1.2 관측장비

본 연구에서 대상구간의 주행시간을 추출하기 위하여 사용된 카메라는 Sony사에서 제조한 Digital Video Camera (DCR-TRV60)를 사용하였다. 그리고 디지털 비디오 카메라에 의해 추출된 차량의 주행속도를 GPS로 검증하기 위해 사용한 장비는 다음과 같다. GPS수신기는 JAVAD사의 GPS 수신기를 사용하였으며, 이 수신기는 L1/L2 C/A 코드와 P코드 및 반송파 위상을 수신할 수 있다. 관측대상구간의 주행속도를 산정하기 위한 관측 시스템은 대상도로의 일부구간을 선정하여 도로위에 차량의 시통이 잘 되는 위치에 관측 장비를 설치하여 촬영을 실시하였다. 사전에 관측대상구간 거리를 수치지형도 및 T/S 측량, 주행기록계(odometer)를 이용하여 측정하였고, 1번 카

메라와 2번 카메라의 초점거리를 같게 맞추어 화각을 일정하게 유지하여 촬영을 하였다. 또한 관측 장비인 디지털 비디오 카메라에 삼각다리를 이용해 한 지점에 고정시키고 대상구간 시·종점에 각각 카메라를 설치한 후 도로의 한 방향(편도)을 촬영하였다.



그림 6. 이동국 모습

3.2 DGPS에 의한 검증

본 연구에서는 영상에 의해 추출된 구간 주행속도를 검증하기 위해 차량에 GPS를 탑재하여 대상구간을 주행하면서 얻은 주행속도와 촬영된 영상에 의한 주행속도를 비교하여 검증을 실시하였다. 그림 5는 부경대학교 내에 위치한 기준점에 GPS 기지국을 설치한 모습을 나타내고 있으며, 그림 6은 대상구간의 주행속도를 측정하기 위해 차량에 GPS를 탑재한 이동국의 모습을 나타내고 있다. GPS를 탑재한 차량은 대상구간을 30 kph, 40 kph, 50 kph, 60 kph, 70 kph로 각각 주행하였다. 주행하는 동안 본 연구에서 주행속도를 산정하기 위한 방법인 디지털 비디오 카메라 2대를 구간에 장착하여 GPS를 탑재한 차량의 영상을 획득하였다. 표 1은 주행속도를 추출한 결과로서 영상과 DGPS에 의한 속도를 비교하여 상대오차를 추출하여 정확도를 검증하였다. 그 결과 오차율의 평균이 2.221%로 나타났다.

4. 주행속도산정결과 및 분석

4.1 주행속도 산정결과

차량의 구간통과시간을 측정하기 위해 촬영된 디지털 비디오 영상은 비선형편집(non-linear editing)이므로 디지털 포맷의 비디오 영상이 Link Interface를 통하여 작업을 수행할 컴퓨터로 바로 전송될 수 있으며, 디지털 비디오 편집 전용 소프트웨어에 로딩(loading)시켜 편집할 수 있다. 이 작업을 화면 캡처(capture)라고 하며, 이 때 필요한 기본 장치가 편집보드(edit board)이다. 이 비디오 영상을 편집하기 위하여 비디오 정보를 디지털로 변환하는 과정에서 상당한 디스크 용량이 요구되는데, 초당 약 3.67 MB를 차지함으로써 10분당 약 3~4 GB 정도의 디스크 용량이 필요하다.

표 1. 영상과 DGPS에 의한 주행속도계산

영상에 의한 구간 시간(hr)	거리(km)	주행속도(kph)	DGPS	오차율 (%)
			속도(kph)	
0.0204	0.5919	29.057	27.977	3.717
0.0150	0.5919	39.509	38.357	2.915
0.0122	0.5919	48.538	47.810	1.501
0.0098	0.5919	60.421	59.733	1.138
0.0084	0.5919	70.801	69.569	1.836

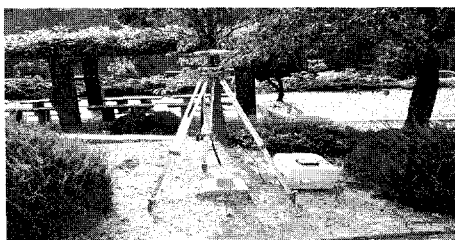


그림 5. 기준국 모습

표 2. 설계속도별 평균주행속도

	차량 대수 (대/hr)	구간 거리 (km)	평균주행 속도 (kph)
설계속도 100kph 구간	882	1.3532	92
설계속도 80kph 구간	672	0.8976	72
설계속도 70kph 구간	440	0.9542	68
설계속도 60kph 구간	335	0.7624	61

본 연구에서는 촬영된 디지털 비디오 동영상을 정지영상으로 캡처하기 위해 비디오 편집 보드로 시스템 안정성과 고화질을 제공하는 Pinnacle System사의 microvideo DV200-Karte를 이용하였으며, 편집 소프트웨어는 Adobe Premiere 6.0에서 720×480 크기의 영상소를 갖는 정지 영상으로 획득

하였다. 그림 7과 그림 8은 편집 소프트웨어를 통해 정지영상을 얻어 차량의 주행시간을 추출하는 모습을 나타내었다. 보다 정확한 자료를 얻기 위해 획득된 영상은 1 sec에 30 Frame의 정지영상으로 획득이 가능하도록 하였으며, 이런 과정을 거쳐 대상 구간의 주행속도를 산정하여 나타낸 결과는 다음과 같다. 표 2는 설계속도가 각각 100 kph, 80 kph, 70 kph, 60 kph인 구간의 한 시간 동안의 평균 주행속도를 나타내었다.

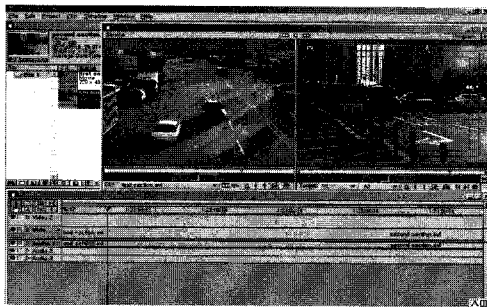


그림 7. S/W를 이용한 정지영상획득 모습



그림 8. S/W를 이용한 차량주행속도 분석모습

4.2 결과분석

표 3. 설계속도별 평균제곱근오차(RMSE)

설계속도 구간	차량 대수 (대)	평균 주행 속도 (kph)	$\sum v^2$	RMSE (kph)
설계속도 100kph구간	882	91.851	74259.890	0.309
설계속도 80kph구간	672	71.591	19218.357	0.206
설계속도 70kph구간	440	68.007	23416.138	0.348
설계속도 60kph구간	335	60.449	11069.475	0.315

본 연구에서는 취득한 자료에 대해서 잔차의 제곱 합이 과대하게 큰 관측치의 과대

오차를 소거하여 분석을 실시하였다. 표 3에서 설계속도 100 kph인 경우 관측 자료의 RMSE는 0.309 kph, 80 kph인 경우에는 0.206 kph, 설계속도 70 kph인 경우 0.348 kph, 마지막으로 60kph인 구간의 관측 자료의 RMSE는 0.315 kph로 나타났다.

4.3 주행속도와 설계속도의 상관관계

본 연구에서는 관측된 자료를 바탕으로 설계속도가 주행속도에 미치는 영향을 분석하기 위하여 설계속도를 독립변수로 하고 주행속도를 종속변수로 하여 회귀분석을 실시하였다. 그림 9는 설계속도에 따른 주행속도의 상관관계를 회귀분석을 실시한 결과 모형식은 $V_0=43.47236+0.00478 \times V_D^2$ 로 나타났다. 여기서 V_0 는 주행속도이며, V_D 는 설계속도이다. 결정계수(R^2)는 0.98848로 나타났다. 또한, 회귀분석에 대한 결과는 표 4와 같이 나타났다.

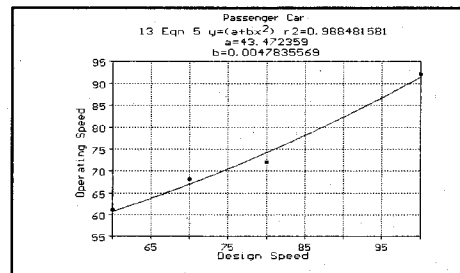


그림 9. 설계속도에 따른 회귀분석

표 4. 회귀분석 모형식

		계수	t값	F값	R^2
소형 자동차	설계속도	43.47236	17.85133	171.635	0.98848
	주행속도	0.00478	13.10095		
	분석모형	$V_0=43.47236+0.00478 \times V_D^2$			

5. 결 론

1. 디지털 비디오 카메라를 이용하여 구간 주행속도를 산정하는 시스템을 제작하여 설계속도가 각각 다른 4개구간의 주행속도를 산정할 수 있었다. 장비에 대한 검증은 DGPS에 의한 속도와 영상에 의한 속도를 비교하여 검증하였다.

2. 통행이 비교적 자유로운 관측대상구간의 비침두시간을 고려하여 구간 주행속도를 관측한 결과 설계속도에 따라 다음과 같은 평균주행속도의 결과를 얻을 수 있었다. 설계속도가 100 kph인 구간에서는 92 kph로 나타났으며, 설계속도가 80 kph인 구간에서는 72 kph로 나타났으며, 설계속도가 70 kph인 구간에서는 68 kph로 나타났으며, 설계속도가 60 kph인 구간에서는 61 kph로 나타났다.
3. 관측 자료에 대한 검증을 실시하여 설계속도별 RMSE를 산출한 결과 다음과 같은 결과를 얻을 수 있었다. 설계속도가 100 kph인 구간에서 0.309 kph로 나타났으며, 설계속도가 80 kph인 구간에서 0.206 kph로 나타났다. 또한, 설계속도가 70 kph인 구간에서 0.348 kph로 나타났으며, 설계속도가 60 kph인 구간에서 0.315 kph로 나타났다.
4. 관측한 결과를 바탕으로 설계속도와 주행속도간의 상관관계를 분석해본 결과 회귀모형식과 결정계수(R^2)는 $V_0=43.47236+0.00478 \times V_D^2$, 0.98848로 나타났다.

참고문헌

1. 강상민 (2004), 도로의 오르막차로 검출 프로그램 개발, 석사학위논문, 부경대학교
2. 박규열 (2005), 연속류 도로에서 정지시거 적용을 위한 주행속도 분석, 석사학위논문, 부경대학교
3. 서정훈 (2004), 디지털 비디오 카메라를 이용한 아스팔트 콘크리트 포장 노면관리 시스템 개발, 박사학위논문, 부경대학교
4. 이종출, 노태호, 허종호, 강상민 (2003), 비디오 카메라를 이용한 차량의 주행속도 산정, 대한토목학회 정기학술대회 논문집, pp4465~4469
5. 이종출, 하대환, 서정훈, 박규열 (2004), DGPS 기법을 이용한 노면 평탄성 산정, 춘계학술발표회 논문집, 한국측량학회, pp. 71~76
6. AASHTO, (2001), A Policy on Geometric Design of Highway and Streets, Washington, D.C.,