

■ 論 文 ■

합류특성
 合流特性에 의한 오르막차로
 設計速度基準 研究
 설계속도 기준 연구

Design Speed Guideline of Climbing Lane Based on Merging Characteristics

김종표
 (국토개발연구원 연구원)

장명순
 (한양대학교 교통공학과 교수)

目 次

- I. 서론
 - II. 관련문헌검토
 - 1. 오르막차로 설계 및 운영방식
 - 2. 각국의 오르막차로 설계기준
 - III. 자료수집 및 정리
 - 1. 조사지점 선정 및 현장조사
 - 2. 자료정리
 - IV. 오르막차로 및 본선 교통류 분석
 - 1. 오르막차로 합류지점별 합류분포
 - 2. 속도특성
 - V. 오르막차로 설계속도기준 분석
 - 1. 오르막차로 설계속도기준 제안
 - 2. 오르막차로 설계속도기준 검증
 - VI. 결론 및 건의
 - 1. 결론
 - 2. 건의
- 참고문헌

요 약

본 연구는 현행 오르막차로 설계기준이 적정함을 검증하고 오르막차로 설계기준 제시에 목적을 두고 있다. 오르막차로와 본선에 대한 현장의 속도분포와 화물차량의 합류형태를 바탕으로 오르막차로 설계기준을 검증하고 개발하였으며, 주요 연구결과를 요약하면 다음과 같다.

첫째, 설계속도 120km/h에서 화물차의 50백분위비율과 85백분위비율은 각각 66km/h와 76km/h로 나타났기 때문에 현행 설계속도 80km/h 이상의 구간에서 화물차의 허용최저속도를 60km/h로 규정하고 있는 것을 설계속도 기준을 세분화하여 설계속도가 100km/h 이상인 구간에서는 화물차의 허용최저 속도를 70km/h로 함이 타당한 것으로 도출되었다.

둘째, 설계속도 80km/h인 구간에서의 화물차 허용최저속도는 60km/h로 규정한 것이 적정하다고 확인되었다.

셋째, 설계속도 80km/h 미만의 구간에서 화물차의 허용최저속도는 설계속도에서 20km/h를 감한값을 사용하는데, 이 때 20km/h 감속을 한계속도 기준으로 사용하는 것이 적정하다고 확인되었다.

I. 서론

우리나라의 교통류에는 화물차가 상당히 많은 부분을 차지하고 있으며 평지부에서 화물차의 평균주행 속도는 승용차와 거의 동일하나 구배구간에서 단위중량당 마력이 적으므로 구배의 영향을 받아 속도가 저하된다.

구배구간의 속도저하는 다른 고속차량의 주행을 방해하며 교통용량을 감소시키는 요인이 된다. 2차로 도로의 경우에는 추월등의 행동이 늘어나 사고가능성을 증가시켜 교통안전에 위해하다. 이러한 문제점을 극복하기 위하여 오르막차로를 설치 운영하고 있다.

오르막차로의 설계기준은 도로의 구조·시설규정에 관한 해설 및 지침¹⁾에 잘 나타나 있다. 종단구배에 따른 속도의 변화를 나타내는 속도-구배도를 이용하여 주어진 특정의 구배구간에서 화물차의 속도가 허용최저속도보다 낮게되는 구간에 오르막차로를 설치토록 하고 있다.

국내화물차량의 성능개선에 따른 교통특성의 변화로 인하여 기존의 오르막차로 설계기준이 현실에 잘 부합되는지 의문이 제기되고 있다. 또한 저속차량의 주행과 합류에 의해 발생하는 지체와 사고가능성을 감소시키기 위하여 현행 오르막차로 설계기준의 적정성 여부에 대하여 현장자료를 바탕으로 분석이 요구된다.

오르막차로의 합류부 종점에서부터 상류부 200m 지점까지의 교통특성을 파악하고 오르막차로를 주행하는 화물차의 합류지점분포 및 속도분포, 본선의 승용차 속도분포를 규명하여 현행 오르막차로 설계기준이 현장의 교통류 특성에 적합한지를 검증하고 오르

막차로의 안전성과 소통능력을 제고하는 설계기준을 제시하는데 본 연구의 목적이 있다.

본 연구는 오르막차로 합류특성에 의한 설계속도 기준에 관한 연구로서 중부고속도로 오르막차로를 대상으로 하였다. 오르막차로의 평면선형이 비교적 양호하며 오르막차로로 중차량이 많이 운행하는 다섯지점을 선정하였다.

또한 오르막차로의 합류부의 특성을 파악하기 위해서 오르막차로 합류부종점을 기준으로 상류부 200m 지점까지를 중심으로 분석하기로 한다.

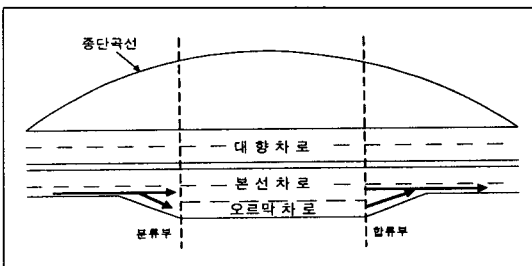
본 연구를 수행하기 위한 연구절차는 다음과 같다.

- (1) 국내·외의 오르막차로 설계기준의 이론적 배경과 관련문헌을 고찰하여 연구수행 방법을 도출한다.
- (2) 조사지점을 선정하기 위해서 현장답사를 한 후 최적의 지점을 선정하여 현장조사를 실시한다.
- (3) 현장조사에서 수집된 자료를 가지고 오르막차로 교통류 특성을 분석한다.
- (4) 오르막차로 및 본선의 속도분포를 분석하며, 오르막차로 이용차량의 본선 합류특성을 분석한다.
- (5) 속도분포와 합류특성을 이용하여 기존의 오르막차로 설계속도 기준을 검증하고 안전성과 소통능력을 제고하는 설계속도 기준을 제시한다.

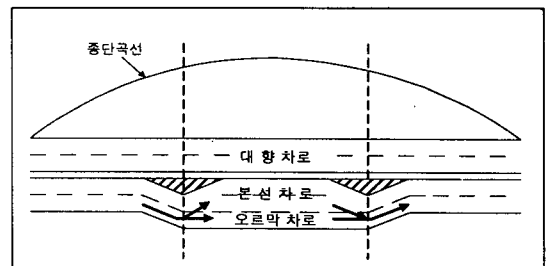
II. 관련문헌검토

1. 오르막차로 설계 및 운영방식

오르막차로의 설계 및 운영방식은 2가지 형태가 있다. <그림 1(a)>에 제시한 바와 같이 저속차량 합류형



(a) 저속차량 합류 형식



(b) 고속차량 합류 형식

<그림 1> 오르막차로 형식

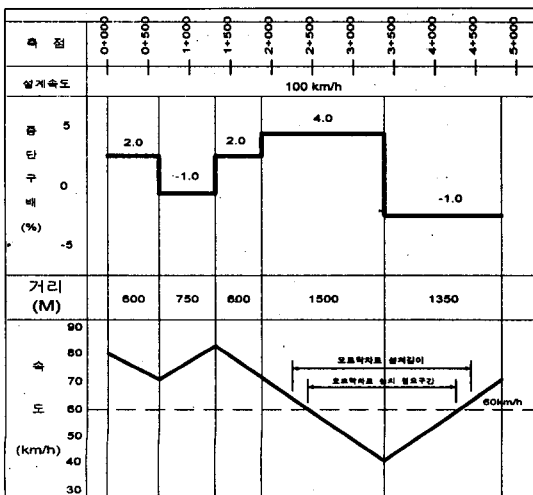
식은 저속차량이 오른쪽으로 이동하여 오르막차로를 이용함으로써 본선의 교통이 본선 차로를 그대로 주행하여 저속차량을 추월할 수 있는 기회를 제공하는 형식이다.

〈그림 1(a)〉의 장점으로서는 저속차량이 오르막차로를 이용함으로써 본선의 소통이 원활하고 단점으로는 저속차량이 오르막차로를 이용하지 않을 경우에는 본선의 지체를 초래한다.

〈그림 1(b)〉의 고속차량 합류형식²⁾은 모든 차량이 우측으로 일단 이동한 후, 보다 속도가 빠른 차량이 오르막차로를 주행하는 저속 차량을 추월하기 위하여 본선 차로를 이용 할 수 있도록 하는 형식이다.

장점으로는 모든 차량이 우측으로 이동하기 때문에 본선차로를 이용하는 차량들은 지체없이 원활한 소통을 할 수 있으며 단점으로는 본선의 용량이 줄어들며 합류시 많은 상충이 발생한다. 따라서 우리나라의 경우에는 〈그림 1(a)〉의 형식으로 오르막차로를 설계하고 있다.

오르막차로 설치구간을 결정하기 위해서는 속도-구배도의 작성이 필요하다: 구배구간에서 구배길이에 대한 화물자동차의 속도변화를 이용하여³⁾ 속도-구배도를 작성하여 허용 최저속도(예를 들어, 60Km/h)보다 낮은 속도로 주행되는 구간을 오르막차로의 설치구간으로 정한다. 〈그림 2〉는 오르막차로 설계를 위한 속도-구배도 예이다.



〈그림 2〉 오르막차로 설계를 위한 속도-구배도 예

2. 각국의 오르막차로 설계기준

1) 한국

우리나라의 오르막차로 설계기준은 도로의 구조 시설 기준에 관한 규정⁴⁾ 제21조에 다음과 같이 규정되어 있다.

“중단구배가 5%(고속도로의 경우에는 3%)를 초과하는 차도의 구간에는 필요하다고 인정하는 경우에는 오르막차로를 설치하여야 한다. 다만 설계속도가 매시 40km/h 이하인 경우에는 오르막차로를 설치하지 아니 할 수 있으며 오르막차로의 폭은 3m로 하고, 본선 차도에 붙여서 설치하여야 한다.”

오르막차로 설치구간 산정의 전체 조건은 도로의 구조 시설 기준에 관한 규정 해설 및 지침에 의거 다음과 같다.

- 오르막구간에서 화물자동차의 오르막 능력은 중량/마력의 비 300lbs/Hp를 표준으로 한다.
- 화물자동차의 허용최저속도는 설계속도 80km/h 이상인 경우는 60km/h, 설계속도 80km/h 미만인 경우는 설계속도에서 20km/h를 감한 값으로 한다.
- 화물자동차의 최고 속도는 설계속도 80km/h 이상인 경우는 80km/h, 설계속도 80km/h 미만인 경우는 설계속도와 같은 속도로 한다.

2) 미국

미국에서는 다차로상에 오르막차로를 설치하고자 할 때는 다음과 같은 기준을 만족시켜야 한다⁵⁾.

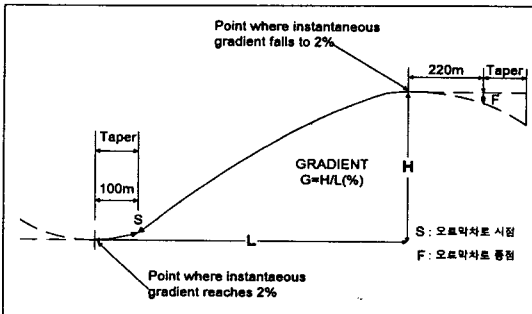
- 표준트럭의 속도가 다른 차량에 비해 15km/h 이상 저하되는 오르막구간
- 오르막구배에서 서비스수준이 D, E, F인 경우

다만 4차로도로에서는 트럭의 비율에 무관하게 교통량이 차선당 1,000대(vphpl)미만이면 오르막차로를 설치하지 않는다.

오르막차로 폭은 본선폭과 동일하여야 하며 오르막차로 시점부 테이퍼는 오르막차로 폭의 25배 또는 45m 이상이어야 한다. 종점부 테이퍼는 오르막차로 폭의 50배 또는 60m 이상이어야 한다.

3) 영국

영국기준은^{6,7)} <그림 3>에서 보는 바와 같이 오르막 구간의 연장이 500m 이상이고 구배가 2%이상일 경우 경제성 및 환경적 조건을 만족할 경우 오르막차로를 설치할 수 있다.

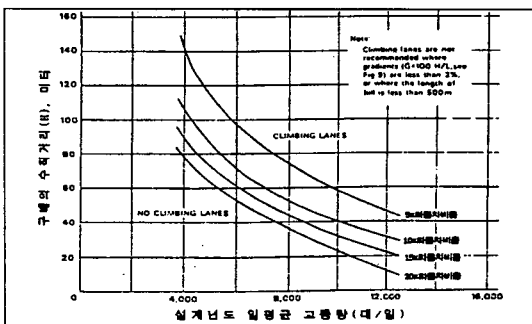


<그림 3> 영국의 오르막차로 설치형식

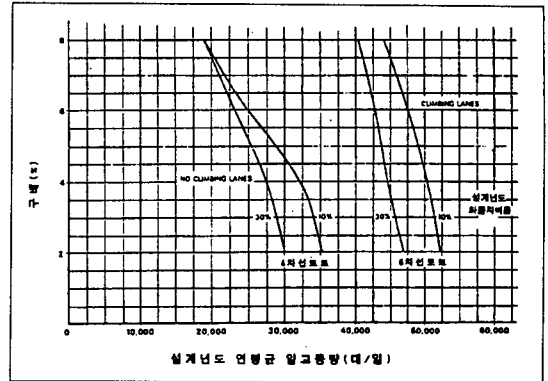
오르막차로 전체길이는 <그림 3>에서 보는 바와 같이 2%구배지점에서 220m인 F점까지 오르막차로를 설치하여야 하고 오르막차로 끝지점은 운전자가 본선에 다시 합류 할 수 있도록 taper는 완만한 변이구간을 제공하고 오르막차로 시작부도 같은 방식으로 설치한다.

<그림 4>는 영국의 2차로도로에서 구배의 수직거리 (<그림 4>의 H), 연평균일교통량, 화물차의 비율을 기준하여 오르막차로의 타당성을 결정하는 방법이다. 또한 <그림 5>는 영국에서 다차로도로에 오르막차로 설치 타당성을 판단하는 방법으로 구배, 설계년도의 예상 교통량 및 화물차 비율을 고려하여 작성된 것이다.

오르막차로 폭은 3.2m로 하여야 하며 오르막차로 시·종점부 테이퍼는 오르막차로 폭의 30~40배로 한다.



<그림 4> 영국의 2차로도로 오르막차로 설치기준



<그림 5> 영국 다차로도로의 오르막차로 설치기준

4) 독일

독일의 오르막차로 설계 기준은 다음과 같다⁸⁾.

- 오르막차로의 시점은 설계속도가 100km/h 이상인 구간에서는 트럭의 주행속도가 70km/h, 설계속도가 80km/h 이상인 구간에서는 트럭의 주행속도가 60km/h가 되는 지점부터로 한다.
- 오르막차로의 종점은 트럭의 주행속도가 60km/h에 다시 이르는 지점으로 한다.
- 오르막차로의 설치간격이 2500m이하의 경우에는 연결시킨다.
- 오르막차로 설치의 최소연장은 1500m로 하며, 1500m보다 짧을 경우에는 시점, 종점의 양측으로 연장하여 1500m로 한다.
- 테이퍼의 길이는 시점에서 80m, 종점에서 250m로 한다.
- 오르막차로의 폭은 본선 차로폭과 동일하다.

5) 일본

일본의 오르막차로 설치기준은 다음과 같다⁹⁾.

중단구배 5%(고속도로 또는 설계속도 100km/h 이상인 경우는 3%이상)인 도로에 필요한 경우, 오르막차로를 두도록 한다. 오르막차로의 폭은 3m로 한다. 오르막차로 설치여부결정은 속도-구배도를 이용하여, 서비스수준, 계획교통량, 교통용량, 대형차 혼입율등을 고려하여 결정하도록 하고 있다.

<표 1>은 각국의 오르막차로 설계기준을 비교한 것이다.

〈표 1〉 각국의 오르막차로 설계기준

구분	종단구배(%)	오르막차로폭(m)	최소연장(m)	Taper 길이(m)	
				시점부	종점부
한국	5이상(고속도로3)	3	200이상	45	60
미국	-	본선폭과 동일	-	차로폭의 25배 최소 45m	차로폭의 50배 최소 60m
영국	2	32	500이상	차로폭의 30~40배	차로폭의 30~40배
독일	-	본선폭과 동일	1,500이상	80	250
일본	5이상(고속도로3)	3	-	-	-

III. 자료수집 및 정리

1. 조사지점 선정 및 현장조사

본 연구의 목적은 오르막차로를 이용하는 차량들의 합류부 종점에서부터 상류부 200m 지점까지의 합류특성 및 속도 분포를 파악하여 오르막차로의 설계 기준을 마련하는 것이다. 200m구간을 선정한 이유는 〈표 2〉에서 내리막부의 최소길이가 200m이고 또한 비디오 카메라의 가시거리가 약 100m로써 2대의 카메라로 촬영할 수 있는 거리로 설정하였다. 합류부의 특성을 조사하기 위해서 다음과 같은 조건을 만족시

키는 오르막차로를 선정하였으며 비디오 카메라로 촬영하여 분석하였다.

- 오르막차로 평면선형은 직선이어야 한다.
- 합류부 지점이 오르막차로 정점을 지나서 이루어져야 한다.
- 비디오 카메라 설치 위치는 Traffic corn을 화면상에서 식별하기 양호한 곳이어야 한다.

4차로 중부고속도로의 오르막차로 중에서 위와 같은 조건을 만족시키는 〈표 2〉와 같은 5개 지점이 선정되었다.

〈표 2〉 조사대상 오르막차로

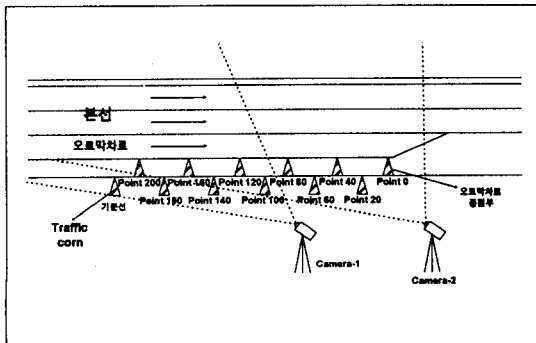
조사지점	위 치(Station)	종단구배 (%)	오르막차로 연장 (m)			시점부Taper 길이(m)	종점부Taper 길이(m)	방향	평면선형
			오르막부	내리막부	계				
1	50+200-51+800	4.3	1,150	450	1,600	45	61	하행	직선부
2	53+700-54+900	4.5	900	300	1,200	44	59	상행	
3	7+660-8+530	3.5	510	360	870	45	60	상행	
4	5+740-8+260	3.6	2,280	240	2,520	46	62	하행	
5	61+620-62+860	3.7	1,040	200	1,240	46	60	하행	

오르막차로 합류부 종점을 기준으로 상류부 200m 지점까지 비디오 카메라 2대를 설치하여 오르막차로를 이용하는 차량들의 합류형태를 조사하였다.

차량들의 합류지점을 알기 위하여 20m 간격으로 Traffic corn을 설치하여 VTR화면 재생시 차량의 합류지점을 파악할 수 있도록 하였다.

카메라 1의 촬영 범위는 200m~100m이고 카메라 2의 촬영 범위는 0~100m 지점까지이며 조사시간은 2시간을 촬영하였다.

각 조사지점별로 기하구조를 조사하였는데 조사항목은 차로폭, 오르막차로 시·종점 Taper길이, 구배, 정점에서 합류부까지의 거리등을 조사하였다.



〈그림 6〉 조사방법 현장도

2. 자료정리

자료분석을 용이하게 수행하기 위하여 수집된 모든 자료를 전산처리과정으로 운행시간, 교통량, 합류

거리등을 포함한 자료로 정리하였다.

이 작업은 현장 교통류를 촬영한 비디오 테이프로부터 자료 추출과 자료를 화면에 재생하는 과정, 화면에서 기준선을 설치하는 과정, 비디오 화면상에서 각 차종별로 기준선을 통과하는 시간을 입력시키는 과정, 입력된 자료를 분석하여 속도등의 자료를 추출하는 과정을 포함한다.

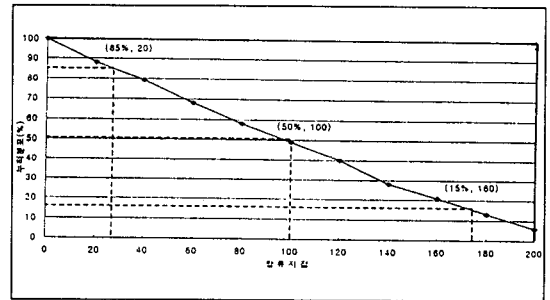
IV. 오르막차로 및 본선 교통류 분석

1. 오르막차로 합류지점별 합류분포

합류부 종점을 기준으로 상류부 200m지점까지 20m단위로 차량들의 합류지점을 구분하여 합류하는 차량대수 현황을 <표 3>과 같이 정리하였다. 각 조사지점별로 오르막차로를 이용하는 차량들의 합류 형태를 살펴보면 각각의 합류지점에서 합류대수가 10%미만인 지점은 200m, 180m, 160m, 140m, 80m, 20m지점이고 10%이상인 지점은 0m, 40m, 60m, 100m, 120m 지점이다. 이것은 0m~120m지점에서 다른 지점보다 차량이 많이 합류하는 것을 알 수 있다. 10%이상인

지점에서의 합류차량대수 비율은 큰 차이를 보이지 않고 비슷한 비율을 나타낸다.

<표 3>의 1~5 조사지점까지의 자료를 통합하여 각각의 합류지점에서 합류대수를 누적분포로 나타내면 <그림 7>과 같다. <그림 7>을 살펴보면 누적분포에서 15백분위비율은 합류종점으로부터 160m지점, 50백분위비율은 100m지점, 85백분위비율은 20m지점으로 나타났다. 각 조사지점별로 합류중간지점인 100m지점에서의 차량의 백분위비율은 1지점에서 5지점까지 차례로 49, 51, 45, 51, 49백분위비율을 나타내기 때문에 각 조사지점별로 합류형태가 유사하다는 것을 알 수 있다.



<그림 7> 오르막차로 합류지점별 누적합류분포

<표 3> 조사지점별 합류분포

합류지점	1지점		2지점		3지점		4지점		5지점		종합지점	
	합류대수 (%)	누적분포 (%)	합류대수 (%)	누적분포 (%)	합류대수 (%)	누적분포 (%)	합류대수 (%)	누적분포 (%)	합류대수 (%)	누적분포 (%)	합류대수 (%)	누적분포 (%)
0	50 (12)	100	42 (10)	100	66 (15)	100	55 (10)	100	62 (14)	100	275 (12)	100
20	43 (10)	88	32 (8)	90	40 (9)	85	55 (10)	90	34 (7)	86	204 (9)	88
40	41 (10)	78	54 (13)	82	59 (14)	76	47 (9)	80	53 (12)	79	254 (11)	79
60	40 (10)	68	43 (10)	69	45 (10)	62	64 (11)	71	43 (9)	67	235 (10)	68
80	36 (9)	58	35 (8)	59	28 (6)	52	50 (9)	60	41 (9)	58	190 (8)	58
100	57 (14)	49	35 (8)	51	30 (7)	46	57 (10)	51	38 (8)	49	217 (10)	50
120	50 (12)	35	44 (10)	43	44 (10)	39	59 (11)	41	62 (14)	41	259 (11)	40
140	25 (6)	23	37 (9)	33	30 (7)	29	30 (5)	30	34 (7)	27	156 (7)	29
160	24 (6)	17	40 (10)	24	39 (9)	22	59 (11)	25	33 (7)	20	195 (9)	22
180	27 (6)	11	27 (6)	14	24 (6)	13	51 (9)	14	26 (6)	13	155 (7)	13
200	20 (5)	5	32 (8)	8	29 (7)	7	25 (5)	5	32 (7)	7	138 (6)	6

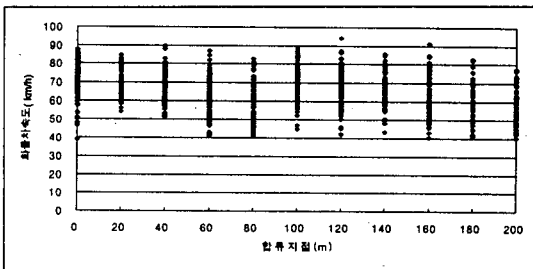
2. 속도특성

누적 속도분포 곡선을 통해서 평균속도(중앙값)와 교통공학에서 흔히 사용하는 85백분위비율 속도를 파악 할 수 있다. 85백분위비율 속도는 그 교통류내에서 합리적인 속도의 최대값을 나타내며 15백분위비율 속도는 합리적인 속도의 최저값을 나타내는 경우로, 일반적으로 85백분위비율 속도를 실제 현장의 도로조건에 적합한 교통운영계획, 예를 들어 제한속도를 정하는데 기준 속도로 삼는다¹⁰⁾.

1) 오르막차로 속도분포

교통량이 많고, 저속의 화물차들이 오르막차로를 이용하지 않고 본선을 주행하는 경우에는 소수의 승용차들이 앞지르기를 하기 위하여 오르막차로를 이용하는 경우가 발생하기도 하는데 승용차가 오르막차로를 주행하는 경우는 분석에서 제외시켰다.

〈그림 8〉은 조사지점을 통합한 자료에 대하여 오르막차로를 이용하여 합류하는 화물차의 합류지점별 속도분포를 나타낸 것이다. 차량들의 속도는 합류지점 200m지점에서 합류부 종점으로 갈수록 내리막 구배로 인하여 속도가 점점 증가하는 것을 알 수 있다.

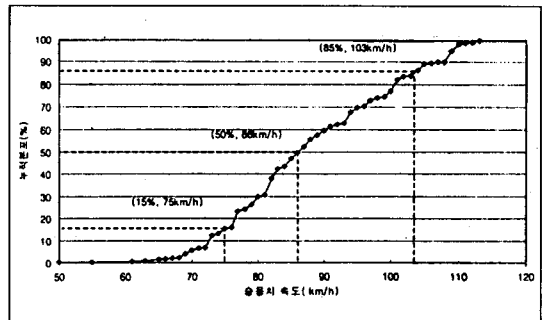


〈그림 8〉 오르막차로 속도분포

2) 본선속도분포

구배 구간에서 승용차의 움직임은 다양하나 대부분의 승용차는 4~5% 구배에서도 평지와 거의 비슷한 속도로 주행할 수 있으며, 3%이하의 구배에서는 거의 영향을 받지 않는다. 그러나 승용차도 오르막 구간에서 구배가 커짐에 따라 속도가 점차 떨어지며, 내리막 구간에서는 평지보다 속도가 증가하게 된다. 본 연구에서는 오르막차로의 속도분포와 비교,

분석하기 위하여 본선의 승용차 속도분포를 구하였다. 〈그림 9〉는 오르막차로 이용차량이 본선에 합류할 때 해당지점을 운행하는 본선의 승용차 누적 속도분포를 나타내었다. 본선의 종합 누적 속도분포를 살펴보면 15백분위비율에서 75km/h, 50백분위비율에서 86km/h, 85백분위비율에서는 103km/h로 나타났다.



〈그림 9〉 본선의 승용차 누적 속도분포

V. 오르막차로 설계속도기준 분석

오르막차로 설계속도기준이 적정한지를 검증하고 새로운 설계속도기준을 제시하기 위하여 오르막차로 합류지점별 누적 속도분포와 본선의 누적 속도분포를 비교하기로 하였다.

최대속도제한은 85백분위비율에 근거를 두고 있으며 교통공학에서 85백분위비율속도란 현재 도로상태에서 85%, 즉 대다수의 차량운전자들이 주행하는 속도를 말하므로 안전주행속도를 결정하는 기초자료가 되기 때문에 기준으로 정하였다. 85백분위비율에 대하여 상대적으로 비교하기 위하여 합리적인 최저속도를 나타내는 대칭값인 15백분위비율과 중앙값인 50백분위비율을 사용하여 각각의 백분위비율조합을 통하여 본선과 오르막차로에 대한 속도특성을 분석하였다.

1. 오르막차로 설계속도기준 제안

오르막차로 합류지점별 누적 속도분포를 이용하여 화물차의 일정한 주행속도에 대하여 합류지점별로 합류분포 비율을 고려하여 합류시 해당 속도에 대한 백분위비율을 〈표 4〉와 같은 방법으로 구하였다.

〈표 4〉 화물차 합류분포에 따른 합류속도 백분위 산정

주행속도 (km/h)	합류지점 (m)	백분위비율 (%)	합류분포비율 (%)	합류속도 백분위비율 (%)
55, 60,	0	주행속도 백분위비율	오르막차로 종합지점 합류분포비율	주행속도 백분위비율 × 합류 분포비율
65, 70,	·			
75, 80, 85	200			

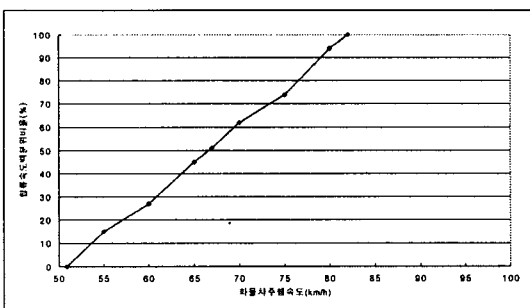
〈표 4〉에서 합류분포 비율은 〈표 3〉 종합지점에 나타난 비율을 사용하였다. 〈표 4〉를 적용하여 주행속도가 60km/h일때를 예로 들면 〈표 5〉와 같다.

합류속도 백분위비율 합계값인 27.2%가 의미하는 바는 화물차가 60km/h 이하로 27%가 주행하고 73%는 60km/h보다 빠른 속도로 주행한다는 의미를 가지고 있다.

〈표 5〉 주행속도 60km/h일 때 합류속도 백분위비율

합류지점	60km/h 백분위비율 (%)	합류분포비율 (%)	합류속도 백분위비율 (%)
0지점	9	0.12	1.08
20지점	8	0.09	0.72
40지점	19	0.11	2.09
60지점	28	0.1	2.8
80지점	23	0.08	1.84
100지점	32	0.1	3.2
120지점	31	0.11	3.41
140지점	24	0.07	1.68
160지점	44	0.09	3.96
180지점	48	0.07	3.36
200지점	51	0.06	3.06
합계	-	1.0	27.2

위와 같은 방법을 사용하여 주행속도가 55, 60, 65, 70, 75, 80km/h 일때를 적용하면 〈그림 10〉과 같다.



〈그림 10〉 화물차의 합류속도 백분위비율

〈그림 10〉에서 보는 바와 같이 설계속도 120km/h에서 50백분위비율과 85백분위비율을 기준으로 화물

차 주행속도는 각각 66km/h, 76km/h로 나타나고 있다. 화물차의 주행속도 50백분위비율과 85백분위비율인 66km/h와 76km/h를 기준시 현행 80km/h 이상에서 화물차의 허용최저속도를 60km/h로 규정하고 있는 것은 지나치게 저속기준으로 나타나고 있다. 즉 현행 설계속도 80km/h 이상의 경우에 화물차의 허용최저속도인 60km/h 규정은 50백분위비율에도 미치지 못하는 27.2%인 것으로 확인되었다. 따라서 설계속도 기준을 세분화하여 설계속도가 100km/h 이상인 구간에서 화물차의 허용최저 속도는 70km/h로 함이 타당한 것으로 도출되었다.

2. 오르막차로 설계속도기준 검증

도로의 구조 시설기준에 관한 규정 해설 및 지침에 오르막차로 설계기준은 다음과 같다.

- (1) 화물자동차의 허용최저속도는 설계속도 80km/h 이상인 경우는 60km/h로 한다.
- (2) 설계속도 80km/h 미만인 경우는 설계속도에서 20km/h를 감한 값으로 한다.

설계기준을 검증하기에 앞서 본선과 오르막차로에 대한 15, 50, 85백분위비율 속도에 대한 특성을 알아보기 위하여 각 조사지점별로 0, 20, ..., 180, 200m 합류지점에 대하여 다음과 같이 분류하여 본선과 오르막차로 속도차를 구하였다.

- case 1 : 본선 15백분위비율 속도 - 오르막차로 15 백분위비율 속도
- case 2 : 본선 50백분위비율 속도 - 오르막차로 50 백분위비율 속도
- case 3 : 본선 85백분위비율 속도 - 오르막차로 85 백분위비율 속도

15, 50, 85백분위비율에 대한 본선과 오르막차로 속도차를 본선의 속도를 근거로 표현하면 〈표 6〉과 같다.

〈표 6〉 본선과 오르막차로 백분위비율별 속도차

오르막차로 백분위비율	본선 백분위비율	속도차(km/h)
15% (55km/h)	15% (75km/h)	20
50% (66km/h)	50% (86km/h)	20
85% (76km/h)	85% (103km/h)	27

1) 설계속도 80km/h시 화물차의 허용최저속도 60km/h 타당성 검증

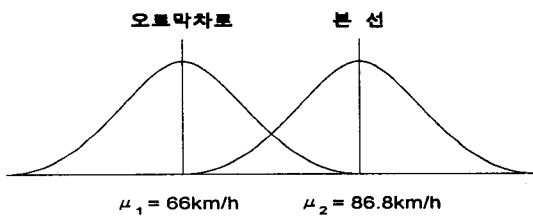
본선의 50백분위비율 평균 주행속도가 86km/h 이므로 설계속도 80km/h인 경우 화물차의 허용최저속도 60km/h에 대한 타당성 검증은 각 조사지점별 50백분위비율을 기준으로 본선과 오르막차로의 평균에 대한 속도차를 다음과 같은 방법으로 검증하였다. 본선과 오르막차로 속도차에 대한 50백분위비율의 Sample을 <표 7>과 같이 정리하였고 Sample수는 55개로 Z-test를 실시하였다.

<표 7> 50백분위에 대한 본선과 오르막차로 속도차

합류지점(m)	1지점	2지점	3지점	4지점	5지점
0	19	14	10	13	13
20	19	14	10	13	13
40	21	16	12	15	15
60	26	21	17	20	20
80	26	21	17	20	20
100	27	22	18	21	21
120	27	22	18	21	21
140	27	22	18	21	21
160	30	25	21	24	24
180	31	26	22	25	25
200	33	28	24	27	27

귀무가설 $H_0 : \mu_2 - \mu_1 = 20$

대립가설 $H_1 : \mu_2 - \mu_1 \neq 20$



$$Z = \frac{\bar{X} - 20}{\frac{\sigma}{\sqrt{N}}}$$

$\bar{X} = 20.8 \quad \sigma = 5.31$

유의수준 95%를 기준으로 Z값이 1.96보다 클 경우에는 귀무가설을 기각할 수 있으나 Z값을 계산한 결과 1.11로서 1.96보다 작기 때문에 귀무가설을 채택할 수 있다. 즉 본선과 오르막차로 속도차는 20km/h라고 할 수 있다.

본선 50백분위비율 평균주행속도가 86km/h이므로 설계속도 80km/h인 경우는 화물차의 허용최저속도를 본선과 오르막차로 평균속도차인 20km/h 감속을 적용한 60km/h가 적정하다고 확인 할 수 있다.

2) 설계속도 80km/h미만시 화물차의 한계감속 20km/h 타당성 검증

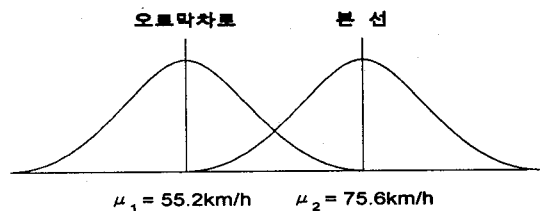
설계속도 80km/h 미만에 대한 화물차의 한계감속 20km/h에 대한 타당성 검증은 본선의 15백분위비율이 75km/h이므로 각 조사지점별 15백분위비율을 기준으로 본선과 오르막차로의 평균에 대한 속도차를 다음과 같은 방법으로 검증하였다. 본선과 오르막차로 속도차에 대한 15백분위비율의 Sample을 <표 8>과 같이 정리하였고 Sample수는 55개로 Z-test를 실시하였다.

<표 8> 15백분위에 대한 본선과 오르막차로 속도차

합류지점(m)	1지점	2지점	3지점	4지점	5지점
0	15	14	12	14	13
20	15	14	12	14	13
40	18	17	15	17	16
60	20	19	17	19	18
80	20	19	17	19	18
100	21	20	18	20	19
120	22	21	19	21	20
140	22	21	19	21	20
160	26	25	23	25	24
180	28	27	25	27	26
200	33	32	30	32	31

귀무가설 $H_0 : \mu_2 - \mu_1 = 20$

대립가설 $H_1 : \mu_2 - \mu_1 \neq 20$



$$Z = \frac{\bar{X} - 20}{\frac{\sigma}{\sqrt{N}}}$$

$\bar{X} = 20.4 \quad \sigma = 5.2835$

유의수준 95%를 기준으로 Z값이 1.96보다 클 경우에는 귀무가설을 기각할 수 있으나 Z값을 계산한 결과 0.575로서 1.96보다 작기 때문에 귀무가설을 채택할 수 있다. 즉 본선과 오르막차로 속도차는 20km/h라고 할 수 있다.

본선 15백분위비를 평균주행속도가 75km/h이므로 오르막차로 설계속도 기준인 80km/h 미만의 구간에서는 본선과 오르막차로 평균속도차인 20km/h 감속을 한계감속 기준으로 하는 것이 적정하다고 확인할 수 있다.

VI. 결론 및 건의

1. 결론

본 연구는 화물차의 합류특성 및 주행속도, 본선의 승용차 속도를 분석하여 오르막차로 설계속도기준이 적정함을 검증하고 오르막차로의 안전성과 소통능력을 제고하는 설계속도기준을 제시하는데 목적을 두고 있다.

4차로 중부고속도로의 5개 지점에서 실시된 현장조사 결과를 근거로 화물차의 합류특성 및 오르막차로 설계속도기준의 검증과 새로운 설계속도기준을 제시하였다. 주요결과를 요약하면 다음과 같다.

첫째, 중부고속도로 설계속도 120km/h에서 화물차의 50백분위비율과 85백분위비율은 각각 66km/h와 76km/h로 나타났기 때문에 현행 설계속도 80km/h 이상의 구간에서 화물차의 허용최저속도를 60km/h로 규정하고 있는 것을 설계속도 기준을 세분화하여 설계속도가 100km/h 이상인 구간에서는 화물차의 허용최저속도를 70km/h로 함이 타당한 것으로 도출되었다.

둘째, 설계속도 80km/h인 구간에서의 화물차 허용최저속도는 60km/h로 규정한 것이 적정하다고 확인되었다.

셋째, 설계속도 80km/h 미만의 구간에서 화물차의 허용최저속도는 설계속도에서 20km/h를 감한값을 사용하는데, 이 때 20km/h 감속을 한계속도 기준으로

사용하는 것이 적정하다고 확인되었다.

2. 건의

첫째, 오르막차로 설계속도 기준은 본 연구에서 제시한대로 설계속도 기준을 설계속도 100km/h 이상과 미만으로 세분화하고 향후 도로의 구조·시설기준에 관한 규정을 개정할 경우에 오르막차로를 위한 화물차의 허용최저속도는 설계속도가 100km/h 이상인 구간에서는 70km/h로 규정할 것을 건의한다.

둘째, 4차로이상의 도로에 대한 오르막차로의 경제적 타당성 여부에 대한 연구가 수행되어야 한다.

참고문헌

1. 도로의 구조·시설에 관한 규정 해설 및 지침, 건설부, 1990.
2. 노관섭, "오르막차선 및 양보차선의 설계지침연구", 연구보고서, 1991. 12.
3. 유경수, 장명순, 서영찬, 박재범, 한국형 화물차 성능곡선 개발 연구, 대한교통학회지 제15권 제4호, pp.21~34, 대한교통학회, 1997. 12.
4. 도로의 구조·시설 기준에 관한 규정, 대통령령 제 13001호.
5. A Policy On Geometric Design of Highways and Streets, AASHTO, U.S.A, 1994.
6. Design Guide for Highway Construction, Department of Transport, England, 1985.
7. 유경수, 장명순, 서영찬, 박재범, 화물차 성능조사 분석연구 II, 한국도로공사/한양대학교 공학기술연구소, 1996. 12.
8. 西獨における最新の道路設計手法(登板部の附加車線設置), 高速道路と自動車, pp. 50-54, 1980.
9. 道路計劃と設計, 交通工學 貿易書-5, 交通工學研究, 技術書院.
10. Pignataro et al., Traffic Engineering Theory and Practice, U.S.A, 1973.