

오르막차로 일시 폐쇄를 위한 교통운영기준 수립

Traffic Operational Guidance for Temporarily Closure of Climbing Lane

최윤혁* · 이승준**

Choi, YoonHyuk · Lee, SeungJun

1. 서론

1.1 연구의 배경 및 목적

오르막차로는 오르막 구간에서 속도 감소가 큰 대형차의 혼입률이 커 교통용량의 감소가 크게 예상되는 경우나, 대형 자동차가 허용된 최저속도 이상으로 주행할 수 있도록 하기 위하여 도로의 노선 선정 및 구조적 형상면에서 경제성이 없거나 불합리한 경우, 고속 교통류에서 저속 교통류를 분리하기 위해서 설치된다.

그러나, 오르막차로와 관련된 기존의 연구는 오르막차로의 설치구간 설정, 오르막차로의 시종점 위치, 오르막차로 설치방법 등 설치 및 설계와 관련된 기준에 집중되어 왔다. 교통운영측면에서 오르막차로는 교통량과 고속 자동차와 저속 자동차의 구성비(즉, 화물자동차의 비율)에 의해 혼잡이 발생하는 주요 지점이 되고 있으나 오르막차로 일시폐쇄 등 교통운영기준에 대한 연구가 부족한 실정이다. 따라서 본 연구에서는 교통운영측면에서 교통량 및 화물차 구성비에 따라 오르막차로 일시폐쇄가 지정체 개선에 어떠한 영향을 미치는지 사례분석을 실시하고, 교통운영기준을 수립하고자 한다.

1.2 연구의 내용 및 방법

본 연구에서는 분석 대상구간으로 낙동분기점 마산방향의 오르막구간을 선정하였으며, 미시적 교통시물래이션인 VISSIM 분석을 수행하였다. 오르막차로 교통운영기준 수립을 위한 제어변수로는 교통량(v/c), 종단경사, 화물차 비율 등을 선정하였다.

2. 기존 문헌 고찰

2.1 도로 구조 및 설치기준 수립에 관한 연구

오르막차로란 오르막 구간에서 저속 자동차를 다른 자동차와 분리하여 통행시키기 위하여 설치하는 차로를 말한다. 오르막 구간에서 속도감소가 큰 대형차의 혼입률이 커 교통용량의 감소가 크게 예상되는 경우나, 대형 자동차가 허용된 최저 속도 이상으로 주행할 수 있도록 하기 위해서는 도로의 노선 선정 및 구조적 형상면에서 경제성이 없거나 불합리한 경우, 또는 고속 자동차의 안전하고 원활한 주행을 확보시켜 주어야만 도로의 성격상 합리적인 경우에는 부가차로로 오르막 차로의 설치를 검토하여 필요시 주행차로에 붙여 설치하여야 한다. 오르막차로 설치시 검토할 유의사항은 다음과 같다.

- ① 교통용량 - 교통용량과 교통량의 관계
 - 고속 자동차와 저속 자동차의 구성비
- ② 경제성 - 오르막 경사의 낮춤과 오르막차로 설치의 경제성
 - 고속주행에 따른 편익 및 폐작성 향상과 사업비 절감에 따른 경제성
- ③ 교통안전 - 오르막차로 설치에 따른 교통사고 예방효과

* 한국도로공사 도로교통연구원 교통정책팀 선임연구원(E-mail : yhchoi76@ex.co.kr) - 발표자

** 정회원 · 한국도로공사 도로교통연구원 교통정책팀 책임연구원 · 공학박사

2.2 주행속도를 이용한 적정 오르막차로 길이 산정에 관한 연구

장후복(2008)은 고속도로에 설치된 101개소 오르막차로의 교통특성을 분석, 종단구배별 4개지점(3%, 4%, 5%, 6%)을 선정하여 주행속도를 측정함으로써 교통사고와 주행속도와의 상관관계를 분석하였다. 실제 주행속도 측정을 통해 도출된 회귀모형식을 이용하여, 오르막차로 진입부의 화물차 진입속도를 회복하는 구간까지 오르막차로 길이로 산정하는 주행속도 기준방법과 승용차와 화물차의 주행속도 차이가 일정해지는 구간까지 오르막차로 길이로 산정하는 기준방법을 제안하였다. 각 방법을 통해 산출된 오르막차로 길이를 한계범위로 설정하여 한계범위 내에서 기하구조 및 경제성을 감안하여 적정 오르막차로 길이를 적용하는 방법을 권장하였다.

2.3 구간교통 특성을 반영한 오르막차로 개선 연구

오홍운 등(2007)은 현재 오르막차로 설치기준의 문제점 분석, 차량의 속도 및 안전을 고려한 오르막차로 설치기준 검토, 오르막경사가 용량에 미치는 영향 사례분석 등을 수행하였다. 연구결과로, 구간 특성을 반영한 표준트럭으로 180, 220lb/hp를 추가 제시하였으며, 보간법을 이용하여 화물차 성능곡선을 제안하였으며, 실제 주행특성을 이용한 오르막차로 시점·종점 길이를 보정하였다. 또한, 표준트럭의 허용최저속도를 상향 조정하여, 120km/h 오르막차로 설계를 위한 허용최저속도는 시점에서 65km/h, 종점에서 75km/h로 제안하였다. 또한 다양한 도로 기하구조상에서의 오르막차로 설치방법을 제안하였는데, 터널 및 전·후 구간에서의 오르막차로 설치 방법, 짧은 허용최저속도 이하구간의 오르막차로 설치 방법, 속도차 감소를 위한 오르막차로 설치방법 등을 제안하였다.

2.4 시사점

기존의 연구는 오르막차로의 길이, 시점 및 종점 길이 등 오르막차로 설치기준에 집중되었고, 실제 오르막차로의 교통운영과 관련된 연구는 부족한 실정이다. 도로의 구조·시설 기준에 관한 규칙에서는 오르막차로 설치시 교통용량과 교통량과의 관계, 고속 자동차와 저속 자동차의 구성비가 교통용량측면의 주요한 검토 기준으로 제시한 바 있어, 교통운영측면에서 이러한 기준 제시가 시급한 실정이다.

3. 분석 대상구간 선정

분석대상구간은 중부내륙선 낙동분기점의 오르막차로 구간으로, 당진-상주선 청원~상주 구간의 개통영향(2007년 11월 28일)으로 낙동분기점→김천분기점 구간의 교통량이 꾸준히 증가하고 있으며, 특히 화물차량의 증가가 두드러진다(2008년 화물교통량 비율 : 64.9%). 이는 당진-상주선의 화물교통량에 의한 것으로 보이며, 실제 청원~낙동구간의 교통량중 화물교통량의 비율이 50%이다.

오르막차로는 낙동분기점의 당진-상주선 합류램프 끝지점(137.75k)에서 400m 지점인 136.9k부터 3.6km동안 종단경사 3.7%의 오르막차로가 있다. 오르막차로 구간은 평일 및 주말에는 혼잡이 발생하지 않으나, 2008년 추석 및 2009년 설 등 특송기간동안 지정체가 발생하였으며, 이는 최대 26시간동안 지속되었다.

지정체 현황도

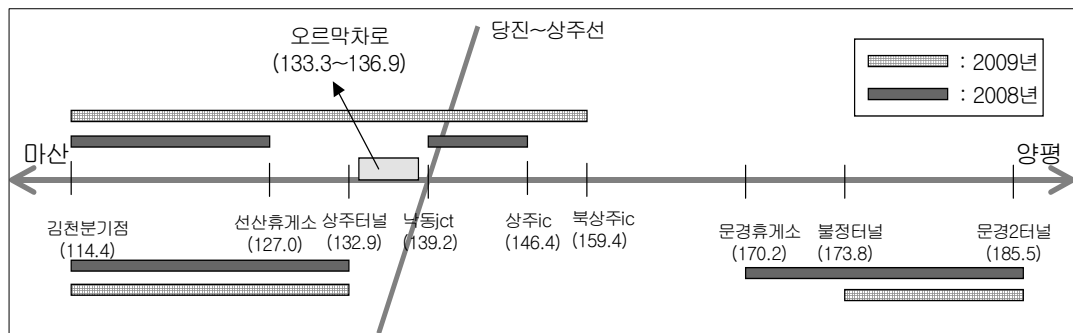


그림 1. 낙동분기점 지정체 현황도(특별수송기간)

표 1. 낙동분기점 오르막 구간 지체현황(특별수송기간)

구분	일자	지체시간	지체현황(마산방향)	지체원인	비고
2008년 추석연휴	9. 12(금) [D-2]	15:45-익일03:20 (23시간35분)	114.4km ~ 127km[13km 지·정체 반복] 133km ~ 146km[13km 지·정체 반복]	차량증가	
	9. 14(일) [D]	11:50-18:50 (7시간)	114.4km ~ 139km[25km 지·정체 반복]	차량증가	
2009년 설연휴	1. 23(금) [D-3]	16:50~익일04:00 (11시간10분)	114.4km ~ 144.0km[30km지·정체반복]	차량증가	

4. 오르막차로 교통운영기준 수립을 위한 시뮬레이션 분석

4.1 시뮬레이션 입력사항

본 연구에서는 오르막차로 교통운영기준 수립을 위해 미시적 교통시뮬레이션인 VISSIM을 선정하였다. VISSIM은 중단경사 등의 도로 기하구조와 차종별 교통량, 통행속도 등 다양한 교통류의 특성을 반영할 수 있는 장점이 있다. 시뮬레이션을 위해서 대상구간의 도로 기하구조를 입력하였으며, 교통운영기준 수립을 위해 제어변수를 선정하였다.

□ 도로 기하구조 현황

- 차로변화 : 2차로 → 3차로 → 2차로
- 2차로(3km) + 변이구간(400m) + 3차로(오르막차로 3.6km) + 변이구간(500m) + 2차로(7km)

오르막차로 교통운영기준 수립을 위한 시뮬레이션 제어변수로는 교통량(v/c), 중단경사, 화물차 비율 등을 선정하였고, 기타 다른 변수들은 시뮬레이션의 일반적인 값을 그대로 준용하였다. 차종은 승용차와 화물차로 구분하였고, 각 차종별 주행속도는 승용차 100km/h, 화물차 60km/h로 가정하였다.

□ 시뮬레이션 제어변수

- 교통량 : v/c 0.8, v/c 1.0
- 화물차구성비 : 30%, 50%
- 중단경사(구배) : 3%, 5%

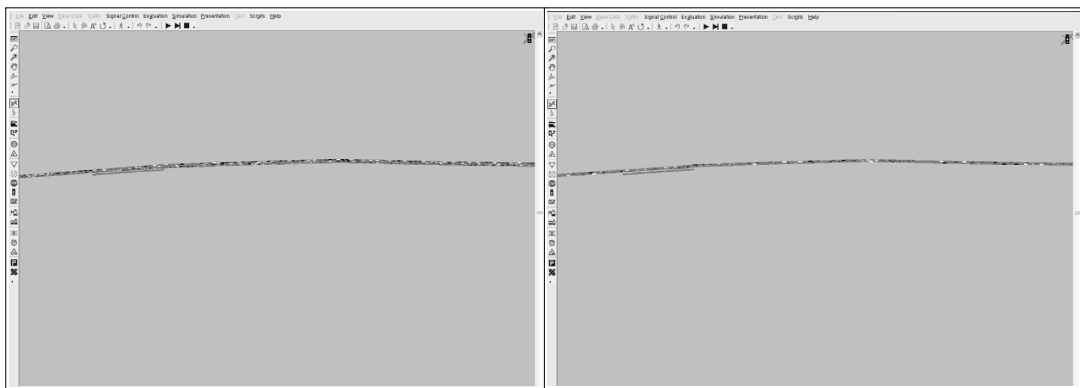


그림 2. 오르막차로 일시폐쇄에 따른 시뮬레이션 결과비교

(v/c 1.0, 오르막차로 3%, 화물차 비율 30%)



4.2 분석결과

v/c 0.8, 종단경사 3%, 화물차 비율 30%을 기본으로 하여, v/c, 종단경사, 화물차 비율을 증가시켜 각 대안 별 시뮬레이션을 수행한 결과, 교통량과 화물차 비율이 오르막차로의 교통운영기준의 주요 변수가 되는 것으로 나타났다.

세부적으로 봤을 때, 오르막차로의 폐쇄는 교통량(v/c)에 큰 영향을 받았다. v/c 0.8과 v/c 1.0을 비교할 경우 종단경사, 화물차 비율과 상관없이 모든 대안에서 오르막차로 폐쇄가 통행속도가 증가하는 것으로 나타났다.

v/c 0.8, 화물차 비율 30%에서 종단경사에 따른 오르막차로 효과를 비교한 결과(대안 1과 대안 3), 오르막차로 폐쇄보다는 오르막차로 운영시의 통행속도가 더 높았다. 그러나, 동일한 조건에서 화물차 비율이 50%로 증가했을 경우는 오르막차로의 폐쇄가 더 효과가 있었다.

v/c 0.8, 종단경사 3%에서 화물차 비율에 따른 오르막차로 효과를 비교한 결과(대안 1과 대안 2), 화물차 비율이 30%에서 50%로 증가함에 따라 통행속도가 증가하는 것으로 나타났다. 이는 v/c 0.8, 종단경사 5%에서 비교한 결과(대안 3과 4) 역시 동일하여 화물차 비율이 증가함에 따라 오르막차로 폐쇄의 효과가 나타났다. 다만 종단경사가 3%일 때에는 오르막차로 폐쇄에 의한 통행속도차이가 미비하였지만 5%일 때는 증가하는 것으로 나타나, 종단경사에도 일부 상관관계가 있음을 알 수 있다.

따라서, 오르막차로를 통해 지정체를 해소하기 위해서는 v/c가 1.0이었을 경우 종단경사와 화물차 비율과 상관없이 오르막차로를 폐쇄해야하며, v/c 0.8에서는 화물차 비율이 50% 일 경우에만 오르막차로를 폐쇄해야 한다.

표 2. VISSIM에 의한 오르막차로 일시폐쇄 효과분석 결과

교통량 (v/c)	종단경사 (구배)	화물차 비율	구 분		오르막차로 운영	오르막차로 폐쇄	비교 분석	
							평균차	비율
0.8	3%	30%	(1)	통행속도	85.182	80.395	-4.787	-5.6
				총통행시간	536.847	569.099	32.252	6.0
		50%	(2)	통행속도	74.692	75.435	0.743	1.0
				총통행시간	612.515	606.956	-5.558	-0.9
	5%	30%	(3)	통행속도	80.130	71.828	-8.302	-10.4
				총통행시간	571.046	636.890	65.844	11.5
		50%	(4)	통행속도	67.665	70.699	3.034	4.6
				총통행시간	676.788	638.419	-38.369	-6.0
1.0	3%	30%	(5)	통행속도	57.488	67.370	9.882	17.2
				총통행시간	976.988	840.367	-136.622	-14.0
		50%	(6)	통행속도	42.271	65.688	23.417	55.4
				총통행시간	1172.054	800.699	-371.356	-31.7
	5%	30%	(7)	통행속도	54.290	61.835	7.545	13.9
				총통행시간	1031.956	849.051	-182.905	-17.7
		50%	(8)	통행속도	40.598	52.469	11.872	29.2
				총통행시간	1216.535	942.825	-273.710	-22.5

5. 결론 및 향후 연구과제

5.1 결론

교통혼잡으로 인한 지정체 현상은 지속적인 고속도로 건설에도 불구하고 반복적으로 발생하고 있다. 지정체를 해소하기 위해서 차로 확장, 신규 노선 건설 등의 용량증대 방안이 주로 사용되었으나, 용량 확대에는 계획, 설계, 시공, 등 장기간이 소요되어 혼잡 발생 시 상당기간 동안 혼잡상황의 지속이 불가피해지므로, 혼잡완화를 위한 교통운영관리가 중요한 정책적 목표로 설정되고 있다. 특히 램프미터링, 갓길차로제(LCS : Lane Control System) 등 교통특성에 맞는 시공간 맞춤형 교통운영관리기법이 지정체 해결의 새로운 대안으로 이슈화되고 있다. 오르막차로 역시 교통량이 증가할 경우 주요 혼잡지점으로 알려져 왔으나, 교통운영측면에서 이를 효과적으로 적용할 운영기준은 제시된 바 없다. 기존의 연구는 오르막차로의 설치구간 설정, 오르막차로의 시종점 위치, 오르막차로 설치방법 등 설치기준에 치우친 바, 본 연구에서는 교통운영측면에서 교통량 및 화물차 구성비에 따라 오르막차로 일시폐쇄가 지정체 개선에 어떠한 영향을 미치는지 교통운영기준을 수립하고자 하였다. 낙동분기점 마산방향의 오르막구간을 선정하여 교통량(v/c), 종단경사, 화물차 비율 등을 제어변수로 미시적 교통시뮬레이션인 VISSIM 분석을 수행하였다. 분석결과 교통량(v/c)과 화물차 비율이 오르막차로의 교통운영기준의 주요 변수가 되는 것으로 나타났다. 따라서, 오르막차로를 통해 지정체를 해소하기 위해서는 v/c가 1.0이었을 경우 종단경사와 화물차 비율과 상관없이 오르막차로를 폐쇄해야하며, v/c 0.8에서는 화물차 비율이 50% 일 경우에만 오르막차로를 폐쇄해야하는 것으로 나타났다. 주5일근무제 시행으로 인한 여가통행의 증가, 평일 고속도로의 첨두시간 지속화 등 고속도로의 혼잡이 증가하고, 그 패턴이 다양화되는 시점에서 본 연구를 시발점으로 도로시설의 탄력적 운영기준에 대한 연구가 활성화될 수 있을 것으로 기대된다.

5.2 향후 연구과제

본 연구에서는 분석대상구간을 선정하여 오르막차로 교통운영기준을 수립하였지만, 향후 보다 다양한 지점에서의 적용을 위해 범용적으로 사용가능한 교통운영기준의 수립이 필요하다. 이를 위해서는 현재의 제어변수인 교통량(v/c), 화물차 비율, 종단경사를 보다 세분화할 필요가 있으며, 이는 각각 다음과 같다.

- 교통량(v/c) : 0.3, 0.5, 0.7, 0.8, 0.9, 1.0
- 화물차구성비 : 20%, 30%, 40%, 50%, 60%
- 종단경사(구배) : 2%, 3%, 4%, 5%, 6%

또한 오르막차로의 연장과 차종별 주행속도에 따라서도 교통운영기준은 달라질 수 있으므로, 이에 대한 세부적인 분석이 필요할 것으로 보인다.

- 차종별 주행속도 : 승용차 100~120km/h, 화물차 60~70km/h
- 오르막차로 연장 : 500m, 1km, 2km, 3km, 4km

참고 문헌

1. 노관섭, 최병국, 윤여환, 정준화 “오르막차선 및 양보차선의 설계지침연구”, 한국건설기술연구원, 1991.
2. 유경수, 백승걸, “오르막차선설치기준 및 운영방안 연구”, 한국도로공사 도로연구소, 1992.
3. 한국건설기술연구원, 교통개발연구원, “도로용량관련연구조사”, 1992.
4. 최제성, ‘지방부도로의 양보차선 설계기준 정립을 위한 이론적 연구’, 대한교통학회지 제 11권 제3호, 1993.
5. 유경수, 장명순, 박재범, 서영관 외, “화물차 성능 조사 분석 연구”, 한국도로공사, 1996.
6. 장현봉, 장덕형, “터널부 교통류 특성 및 용량산정에 관한 연구”, 대한교통학회지 제16권 제3호, 1998.
7. 조현우, 장명순, “연속되는 터널의 도로교통용량 감소특성에 의한 터널보정계수 산정에 관한 연구”, 대한교통학회지 제 16권 제3호, 1998.

8. 전영수, 장재남, 장명순, “터널과 인터체인지 이격거리 설계기준에 관한 연구”, 대한교통학회지 제 17권 제 1호, 1999.
9. 권오철, 원제무, 김상구, “오르막차로 종점부 설계기준에 관한 연구”, 대한교통학회지 제 17권 제1호, 1999.
10. 최계성, 김영록, “우리나라 일반국도의 화물차 성능 곡선 산출식 정립”, 대한교통학회지 제 19권 제6호, 2001.
11. 교통개발연구원, 한국건설기술연구원, 대한교통학회, “도로용량편람 개선 연구”, 건설교통부, 1999~2001.
12. 건설교통부, “도로의 구조·시설 기준에 관한 규칙 해설 및 지침”, 2000.
13. 김동석, “오르막차로의 새로운 설치기준에 관한 연구”, 서울시립대학교 석사논문, 2003.
14. 도로교통안전관리공단, “교통안전시설실무편람”, 경찰청, 2000.
15. 건설교통부, “도로용량편람”, 2004.
16. 장후복, 주행속도를 이용한 적정 오르막차로 길이 산정에 관한 연구, 한양대학교 석사학위논문, 2008
17. 오홍운, 김상윤, 구간교통 특성을 반영한 오르막차로 개선 연구, 한국도로공사 도로교통연구원, 2007