

고속도로 분류부 끼어들기의 용량 영향 분석

Effect of Interruption on the Capacity of Diverge Area

김영록* · 정준화**

Kim, Young Rok · Jeong, Jun Hwa

1. 서론

최근 국내 고속도로 현황을 보면 수요가 집중되는 구간은 상시적으로 혼잡이 발생하여 도로의 처리용량이 감소하고 있다. 이는 국내 전체 도로연장과 자동차 등록대수 현황을 살펴보면 수요와 공급이 일치하지 않는 것보다 그 궤를 같이한다. 1985년부터 급증하기 시작한 자동차는 2003년 현재 도로 1km당 150대에 육박하고 있는 반면 실제 도로는 1km당 40대 밖에 수용하고 있지 못하는 실정이며, 통행이 적은 지방부 도로를 감안하면 40대를 채 수용하지 못하고 있음을 알 수 있다. 이러한 현상은 도로의 용량저하로 이어져 여객 소통능력을 저하시킴과 동시에 물류비용을 증가시켜 궁극적으로는 국가 경쟁력 약화의 결과로 나타난다(그림 1. 참조).

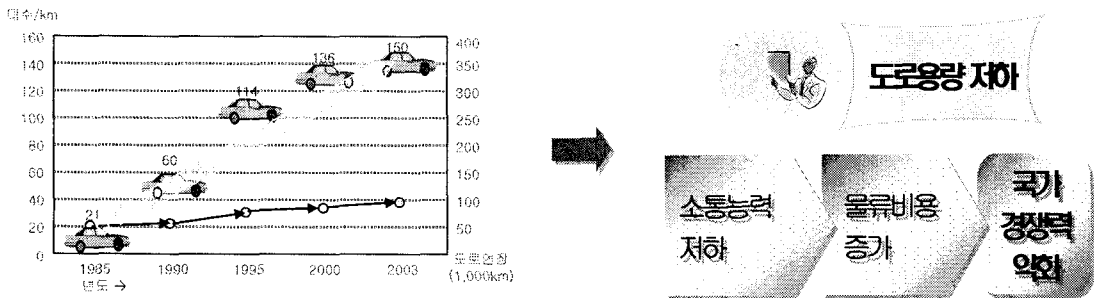


그림 1. 도로연장 1km당 자동차대수 추이에 따른 문제점 개념도

이러한 혼잡의 원인은 근본적으로 기하구조 자체 여건을 포함한 수요와 공급의 불일치에서 발생하고 있는 것으로 볼 수 있으나, 교통수요가 많은 도시부에서는 이러한 요인 외에도 교통사고, 적재화물 낙하, 야생동물 출현, 운전자의 바람직하지 못한 도로이용 등과 같은 예측하지 못한 상황으로 인해 혼잡이 발생하는 경우가 수요가 적은 지방부에 비해 상대적으로 많다. 최근에는 고속도로에서 용량저감이 발생하는 구간을 중심으로 다양한 해결방안을 제시·적용하고는 있으나, 연결로 분류부에 대한 대안이 상대적으로 적고, 대안에 대한 원인분석이 운전자의 행태를 반영하는 경우는 많지 않다.

본 연구에서는 수요가 많은 도시부 고속도로 분류부에서 용량상태 직전의 교통류 상황일 때, 고어부 끼어들기의 영향을 분석하고 이에 대한 대책을 논하였다.

2. 국내외 기술동향 검토

국내에서는 분류부의 용량증대를 위해 분류부에 대기행렬이 발생하는 경우, 고어부 끼어들기 방지를 위해 교통경찰에 의한 단속(예, 내부순환도로 서쪽방면 성산진출램프)과 최근에는 길어깨를 임시로 활용하는 대안

* 정희원 · 한국건설기술연구원 도로연구부 연구원 · 공학석사 · 031-910-0181(E-mail : busbay@kict.re.kr)

** 정희원 · 한국건설기술연구원 도로연구부 수석연구원 · 공학박사 · 교통기술사 · 031-910-0171(E-mail : jhjeong@kict.re.kr)

을 적용하고 있으며, 이러한 상황은 국외에서도 유사하다. 본 연구에서는 단속은 제외하고 길어깨를 임시로 활용하는 방안을 검토하였다.

분류부 용량 증대를 위해서 국내외에서는 길어깨를 임시로 활용하는 방안을 적용하는 추세에 있다. 물론 국내에서는 이미 수도권 주요 분류부에서 많이 적용하고 있는데, 분류부에 대기행렬이 발생했을 경우, 끼어들기를 방지하기 위해 단속을 실시하고 있지만 근본적인 해결책은 되지 못하고 있으며, 문제가 많은 구간에 대해서만 선별적으로 단속이 이루어지고 있다. 국외에서도 대표적으로 독일, 네덜란드, 영국 등이 이러한 대안을 활용하고 있다. 그러나 국내와 국외의 다른 점은 국외에서는 일시적으로만 길어깨를 활용하고 있는 것에 비해, 국내에서는 수요가 집중되는 시간에 한해 길어깨를 임시로 활용하다가 일정기간(운전자에게 익숙해지면)이 지나면 통행시간을 해제하여 일상적인 차로로 활용하고 있다는 점이다.

국내에서는 길어깨를 임시로 활용하는 경우, 그림 2와 같은 입식 문자 표지판을 이용하지만, 국외에서는 길어깨 임시 활용 안내정보를 그래픽 형태의 표지판을 사용한다.

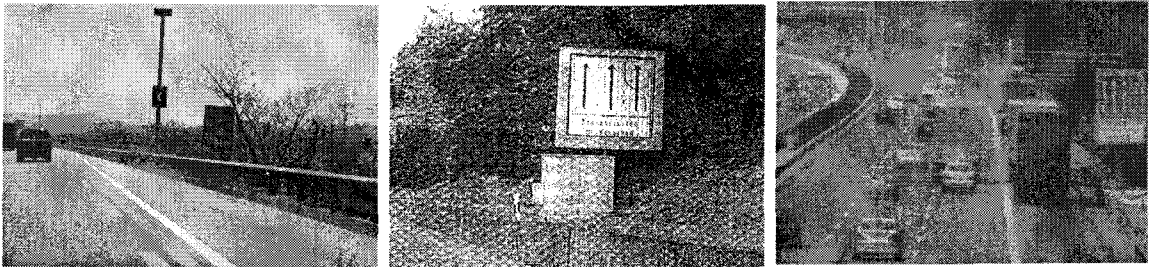


그림 2. 길어깨 임시 활용 안내 표지판(좌:국내, 중:네덜란드)과 실제 활용 예(우:독일)

독일(Jürg M. Sparmann, 2006)의 사례를 살펴보면, 혼잡의 원인으로는 수요증가 57%, 교통사고 25%, 도로 공사 15%로, 급증하는 수요에 의한 혼잡이 지배적인 것으로 분석되어 이의 해결을 위해 임시로 길어깨를 활용하고 있다. 길어깨를 임시로 활용하는 방법을 운영한 후, 대형 교통사고는 30%감소, 통행시간은 약 20% 감소하였고, 일시적으로 한 차로의 용량을 25%까지 증대시켰으며, 길어깨 구간의 제한속도를 안내했을 때 이를 받아들이는 운전자가 대부분이었다는 단기 효과분석 결과를 제시하였다. 물론 국내에서도 이와 유사한 효과 분석을 실시하여 길어깨 임시 활용의 효용성을 일부 입증하기는 하였으나, 현재까지는 공식적으로 발표되지는 못하고 있다. 검토결과, 국내 및 국외의 분류부 용량증대를 위한 기술은 주로 길어깨를 임시로 활용하는 것임을 알 수 있다.

3. 현장조사 및 자료분석

3.1 현장조사

본 연구에서 대상지로 선정된 곳은 서울외곽순환고속도로 판교 방면에서 서해안 고속도로 서산 방면으로 진출하는 조남분기점이다. 이 지점은 서울외곽순환고속도로 진출부에서 서해안 고속도로 상의 불계이트까지의 거리가 어느 정도 확보되어 있고, 수요가 꾸준히 있으며, 서울외곽순환고속도로에서 서해안고속도로로 분류한 후 다시 서울방면과 서산방면으로 분류되는 구간으로 끼어들기에 의한 영향조사가 가능하기 때문에 조사구간으로 설정하였다. 본 구간은 노면 표시상 법적으로 끼어들기가 허용되는 구간이다.

그림 3은 대상지 전경(좌)과 관측조사 지점(우)을 나타낸다. 끼어들기에 의한 교통류 영향 조사시 주 효과 척도를 차두간격으로 하였으며, 총 2시간동안 차두간격 측정기를 이용하여 조사하였고, 보충적으로 비디오 촬영을 병행하였다. 차두간격 조사는 고어부(G)와 연결로(R)에서 실시하였고, 고어부와 연결로 사이에서 연결로로 끼어드는 차량은 E 지점에서 끼어들기가 일어난 시간을 측정하였다. 분석의 초점은 연결로 차두간격 분포 대비, 단위 시간당(5분 또는 15분) 끼어드는 차량에 따른 고어부의 차두간격 분포 변화를 분석하는 것이다.

1) 주말 및 명절 등의 연휴에는 영향을 미치는 경우가 많음



그림 3. 대상지 전경(좌) 및 조사지점(우)²⁾

3.2 자료 분석

현장조사는 2006년 5월24일 11시 30분부터 약 30분간, 이튿날 11시 40분부터 1시간 30여분동안 진행하였으며, 조사결과, 서울외곽순환도로 일산방면에서 서해안 고속도로로 유출되는 교통량은 전체적으로 1,104~1,584대/시의 분포로 그 중 약 80%이상이 목포방면으로 진출하는 통행이었다.

조사시간대별 고어부 교통량에 따른 끼어들기 대수는 표 1과 같으며, 그림 4에 도식하였다.

표 1. 현장조사 수집 자료

관측 일자	시간 간격 번호	관측시작		관측종료		연결로 교통량		끼어들기 대수		고어부 교통량	
		시	분	시	분	관측 5분	1시간 환산	관측 5분	1시간 환산	관측 5분	1시간 환산
5월 24일	1	11	32	11	36	137	1644	19	228	122	1,464
	2	11	37	11	41	123	1476	16	192	101	1,212
	3	11	42	11	46	103	1236	19	228	114	1,368
	4	11	47	11	51	139	1668	11	132	121	1,452
	5	11	52	11	56	126	1512	14	168	103	1,236
5월 25일	6	11	39	11	43	136	1632	24	288	110	1,320
	7	11	44	11	48	127	1524	14	168	114	1,368
	8	11	49	11	53	131	1572	12	144	113	1,356
	9	11	54	11	58	130	1560	17	204	109	1,308
	10	11	59	12	3	127	1524	12	144	123	1,476
	11	12	4	12	8	142	1704	10	120	132	1,584
5월 25일	12	12	34	12	38	116	1392	16	192	99	1,188
	13	12	39	12	43	134	1608	13	156	118	1,416
	14	12	44	12	48	81	972	11	132	102	1,224
	15	12	55	12	59	125	1500	14	168	109	1,308
	16	13	0	13	4	89	1068	8	96	92	1,104
	17	13	5	13	9	77	924	7	84	99	1,188

분류부의 끼어들기 영향분석을 위해 고어부에 도달하는 교통량이 유사한 수준인 경우에 대해 끼어들기 대수를 분석하였다. 비교대상은 그림 4에서 6번과 8번이며 각각의 고어부 교통량과 끼어들기 대수는 1시간 환산 교통류율로 각각 6번(1320, 288), 8번(1356, 144)이었다. 분류부 끼어들기에 의한 영향분석은 고어부에 도달하는 교통량이 유사한 시간대에 끼어들기 대수의 많고 적음에 따라 고어부에서 나타나는 차두간격 분포 변화를 추적하였다.

2) <http://earth.google.com>

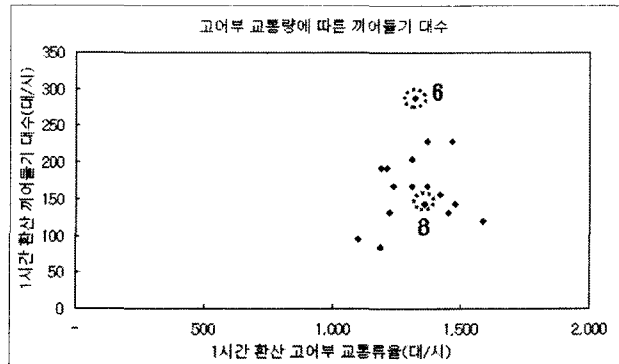


그림 4. 고어부 교통량에 따른 끼어들기 대수

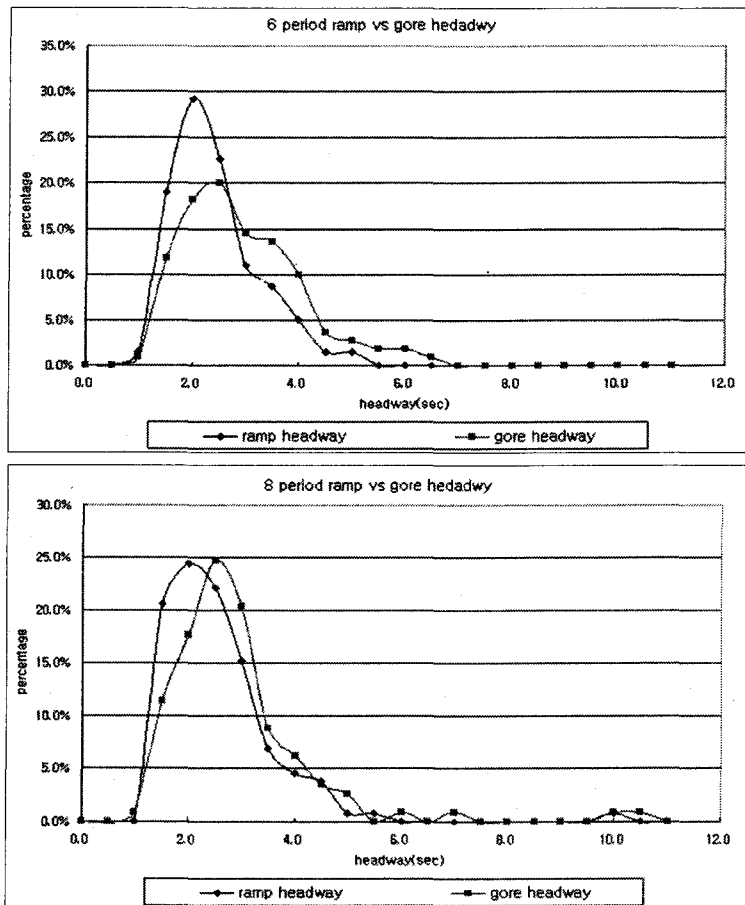


그림 5. 6 period와 8 period에서의 연결로 및 고어부 차두간격 분포 비교

그림 5는 관측 시간 간격 6번과 8번에서 끼어들기 차량 대수에 따라 나타나는 연결로와 고어부의 차두간격 분포 변화이다. 연결로와 고어부의 최빈 차두간격 값을 살펴보면 연결로 2초, 고어부 2.5초로 두 경우 동일하게 나타났으나 분포변화에 있어서 6번과 8번이 차이가 있다. 6번은 8번에 비해 상대적으로 최빈 차두간격 값의 구성비가 감소하여, 4초까지 구성비가 전체적으로 증가되는 양상을 보이고 있다. 이러한 상황은 기



본적으로 고어부를 통과하는 교통류는 분기를 위해 속도를 감소하였다가 연결로에서는 정상적인 교통류를 회복하기 때문에 차두간격 분포의 영향이 나타날 수밖에 없다. 그러나 끼어들기로 인해 고어부에서는 적지 않은 용량감소 영향이 나타나게 된다.

본 연구에서는 관측된 차두간격 분포에서 나타나는 고어부 최빈 값이 하류부 연결로 최빈 값까지 회복된다는 전제하에 연결로의 최빈 차두간격 값 및 구성비와 고어부의 최빈 차두간격 및 구성비를 이용하여 개략적인 용량 감소량을 산정해 보았으며 그 결과는 표 2와 같다. 표 2에서 보면 끼어들기량이 288대/시(5분 관측량 24대)인 6분 시간간격에서는 용량 감소량이 238대/시, 연결로 최빈 값 구성비에 따른 교통량 대비 감소비율은 45.2%였으며, 8분 시간간격에서는 144대/시(5분 관측량 12대)로 끼어들기가 있었으며 용량 감소량은 82대/시, 연결로 최빈 값 구성비에 따른 교통량 대비 감소비율은 19.7%로 나타났다.

즉, 다시 정리하면 끼어들기 차량이 본선에서 진출로를 통해 빠져나가는 교통량의 약 20여%(=288/1,320)를 초과하게 되면 용량은 45%정도 감소하는 것으로 간주할 수 있다.

표 2. 끼어들기에 의한 용량감소량 계산 결과

시간간격	항목구분	최빈 차두간격	구성비(%)	용량 (대/시) ^{주1)}	최빈 값 구성비에 따른 교통량(대/시) ^{주2)}	연결로 교통량 대비 고어부	
						감소량	감소비율
6 period	연결로	2.0초	29.2	1,800	526	-	-
	고어부	2.5초	20.0	1,440	288	▽ 238 ^{주3)}	45.2% ^{주4)}
8 period	연결로	2.0초	24.4	1,800	440	-	-
	고어부	2.5초	24.8	1,440	358	▽ 82 ^{주3)}	19.7% ^{주4)}

주1) 용량=3,600초/최빈 차두간격, 주2) 용량×구성비(%), 주3) 526-288, 440-358, 주4) 238/526, 82/440

4. 대안제시 및 결론

4.1 대안제시

4.1.1 끼어들기 금지구간 운영 및 단속

끼어들기로 인해 발생하는 본선 진출로의 용량저하 문제를 해결하기 위해 해당 구간을 그림 6과 같이 끼어들기 금지구간으로 설정하고 운전자의 위반을 단속하는 것이다. 중요한 것은 A구간에서 서울방면과 목포방면으로 미리 교통류가 분류될 수 있도록 노면표시와 안내표지를 정확하게 설치해야 하며, B구간에서는 끼어들기를 금지하고 단속을 실시하는 구간으로 설정하여야 한다. 이 대안은 초행자나 A구간에서 방향전환 기회를 얻지 못한 운전자를 구제할 수 없기 때문에 무리한 끼어들기 보다는 다른 방향으로 나갔다가 돌아오는 방법을 선택하도록 계도해야 한다.

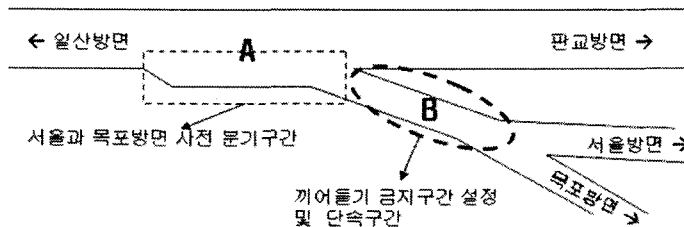


그림 6. 끼어들기 금지구간 및 단속구간 설정 개념도

4.1.2 길어깨를 임시로 활용하는 방법

연결로 진출로에서 용량 감소 문제는 차로 등을 공급하여 통과할 수 있는 교통량을 증대시키는 것으로 임시로 길어깨를 활용하는 방안이 있다. 이 방법은 길어깨를 임시로 활용하기 때문에 도로의 불필요한 확장 등이 필요 없어 예산 측면에서 상당히 유리한 방법이다. 물론 고속도로 이외의 도로나 도시부 고속도로 등은 길어깨 폭이 여유가 없어 해당 구간의 여건에 달라지겠지만, 고속도로에서는 적극적으로 검토할 수 있는 유



용한 방안이다. 다만, 길어깨 활용을 검토해야 하는 시점이 명확하지 않아 의사결정에 어려움이 있는데, 본 연구결과, 약 1,320~1,356대/시 교통량 수준에서 끼어들기가 약 20%에 육박하게 되면 끼어들기에 의해 감소되는 용량은 약 45%로 감소하게 된다. 이 교통량 수준은 실제 용량은 아니지만, 연결로의 용량을 1,800승용차/시³⁾로 가정했을 때, 대략 75%정도이다. 여기에 20%교통량이 끼어들게 되면 통과 수효는 용량에는 미치지 않으나 용량저감 현상이 발생하게 된다.

따라서, 고속도로 본선 진출로의 길어깨를 임시로 활용하는 방안을 고려할 시점은 대략, 용량의 75%를 초과하게 되는 경우다. 현재, 조남분기점은 본 연구의 조사 직후, 연결로 구간의 길어깨를 활용하여 2차로로 운영하기 위한 작업이 진행중에 있다. 이는 통행량이 증가하게 되는 경우, 2차로처럼 사용할 수 있도록 운영하는 방법이다.

4.2 결론

본 연구에서는 본선에서 진출하는 고어부 교통량 수준이 유사한 1,320대/시와 1,356대/시일 경우, 끼어들기 대수에 따른 교통류를 분석하였다. 분석결과는 다음과 같다.

- 교통류 분석결과, 끼어들기 차량이 144대/시였던 8분 관측시간대에서는 최빈 차두간격 값이 2.5초로 연결로(2.0초)보다는 길었으나 구성비율은 거의 유사하였다. 반면, 끼어들기 차량대수가 288대/시였던 6분 관측 시간대에서는 최빈 차두간격 값은 8분 관측시간대와 동일하였으나, 그 구성비가 20%대로 낮아졌다. 전반적으로 끼어들기 교통량이 증가할수록 고어부에서의 차두간격은 증가하는 것으로 나타났으나, 차간거리는 감소하는 경향을 나타냈다.
- 고어부 교통량이 1,320대/시, 끼어들기 교통량이 288대/시(5분 관측교통량 24대) 인 경우, 연결로에 비해 용량이 약 45.2% 감소하였으며, 고어부 교통량이 1,356대/시, 끼어들기 교통량이 144대/시(5분 관측교통량 12대)일 때는 연결로에 비해 약 19.7%의 용량이 감소함을 알 수 있었다.

본 연구를 통해 제시된 대안은 감소된 용량을 하류부 연결로 수준으로 회복시킬 수 있는 방법 중, 끼어들기 단속에 의한 방법보다는 길어깨를 임시로 활용하여 교통수요를 처리하는 방법이 바람직할 것으로 보인다. 그러나 길어깨를 임시로 활용한 후에도 끼어들기에 의한 문제가 지속적으로 발생하면 단속하는 방안을 검토해 볼 수 있다.

감사의 글

이 연구는 친환경·지능형 도로설계 기술개발 연구단을 통하여 지원된 건설교통부 건설핵심기술연구사업에 의하여 수행되었습니다. 연구지원에 감사드립니다.

참고문헌

1. 건설교통부, 도로용량편람, 2001.
2. 원제무, 최제성, 개정판 교통공학, 박영사, 2006.
3. Jürg M. Sparmann, Hessisches Landesamt für Straßen-und Verkehrswesen, *Freeway Operation in Germany- Experiences in Hessen*, 1th International Symposium on Freeway and Tollway, Athens, Greece, 2006.
4. Ir J.R.C. de Vries, *New Dutch Motorway Design Guidelines Under Way*, 3rd International Symposium on Highway Geometric Design, 2005.
5. Henri Stembord, Ton van den Brink, Bert Helleman, *Dynamic Cross-Sections - Increased Capacity On Existing Infrastructure*, prepared for TRB Annual Meetings, Washington D.C., 2002.

3) 도로용량편람의 연결로 용량은 차로수 산정에 참고하도록 제시한 것이긴 하지만 연결로 설계속도 60km/h일 때 1,800승용차/시/차로로 제시하고 있음.