

민자 고속도로 무정차 통행료 시스템 설치시 기존 영업소 철거 방법론 연구

Study on Destruction of Existing Toll Facilities for
Installation of Free-flow Toll System



진정한



고민기



백현수



유주성

서론

2016년 9월 기준, 한국도로공사는 고속도로 지선을 포함하여 28개 노선, 총 연장 3,862.6km의 고속도로(민자 고속도로 위탁 노선 포함)를 운영·관리하고 있다. 이 중 9개 노선 387.5km는 민자 고속도로로 운영중이며, 재정 고속도로와 민자 고속도로가 직접 연결되는 구간의 이용요금 정산을 위해 본선 내 경유지영업소 7개소를 운영하고 있다. 따라서 이 구간을 통과하는 고속도로 이용자는 요금 정산을 위해 중간영업소를 통과해야 하며, 영업소 통과시 감속 또는 정차로 인해 통행시간이 증가하였다.

이용자 측면에서 요금소 통과시 감속, 정차 및 차로폭 축소 등으로 인한 불편을 제거하여 이용자

의 안전과 편의를 증진하며, 광장부 차로 합분류에 따른 교통류 저해요소를 개선하고자, 한국도로공사는 재정 고속도로와 민자 고속도로 연계지점의 영업소를 무정차 통행료 시스템으로 구축하는 사업을 진행하고 있다.

국토교통부는 2010년 7월 민자 고속도로 통합 운영방안을 수립하였으며, 이에 따라 국토교통부, 한국도로공사, 민자 고속도로 운영사는 민자 고속도로 무정차 통행료 시스템 구축을 위한 MOU를 체결하였다. 현재 운영중인 재정 고속도로에 연결되는 7개 영업소에 대한 실시설계를 완료하였으며, 2016년 11월 11일 서비스를 개시하였다.

민자 고속도로 무정차 통행료 징수를 위한 갠트리리는 기존 영업소 주변 여건을 고려하여 본선 영업소 전방 또는 후방에 설치한다. 따라서 무정차 통행료 시스템 구축 공사에 교통류의 원활한 흐름 확

진정한 : 한국도로공사 스마트톨링추진단 차장, jinjh@ex.co.kr, Phone: 054-811-4173, Fax: 054-811-4108
 고민기 : 한국도로공사 스마트톨링추진단 대리, komingida@ex.co.kr, Phone: 054-811-4174, Fax: 054-811-4108
 백현수 : (주)한국해외기술공사 교통부 부장, spade5@kcieng.com, Phone: 031-8086-5853, Fax: 031-8086-5727
 유주성 : (주)한국해외기술공사 교통부 과장, yjsroad@kcieng.com, Phone: 031-8086-5857, Fax: 031-8086-5727

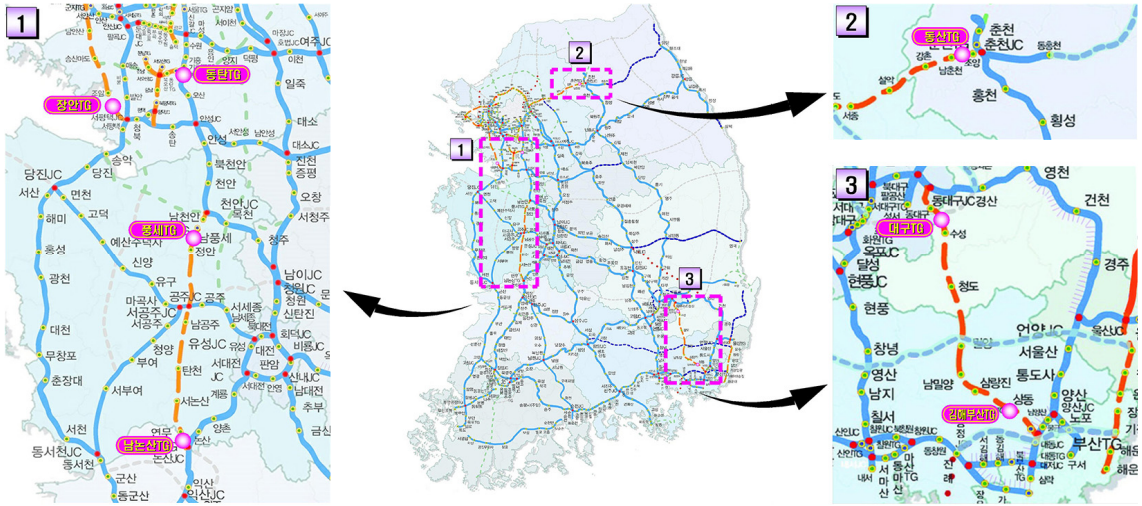


그림 1. 민자노선 무정차 통행료 시스템 설치 대상 영업소

보 및 요금징수 업무를 고려한 공사중 교통처리방안을 검토하여야 한다. 또한 기존 시설은 요금 정산의 공백이 없고, 기존 영업소의 일부 폐쇄에 따른 교통정체를 유발하지 않도록 계획후 철거해야 한다.

본 고에서는 기존 영업소 철거에 대한 방법론을 공사중 영업소 용량 분석 및 VISSIM 시뮬레이션 을 통해 검토하고자 한다.

기존 영업소 철거 시나리오

총 9개 영업소를 대상으로 무정차 통행료 시스템 설치를 위한 실시설계를 하였으며, 이 중 2개 영업소는 공사중인 민자 고속도로 구간으로 기존 영업소의 철거가 필요하지 않다. 기존 영업소 철거는 현재 운영중인 7개 영업소를 대상으로 하며, 세부 위치는 그림 1과 같다.

무정차 통행료 시스템에서 차량과 정보를 주고 받는 통신장비는 갠트리에 설치하며, 갠트리는 기존 영업소 인근에 설치한다.

무정차 통행료 시스템 설치시 기존 영업소 철거 방법은 1)시스템 운영전 기존 영업소를 철거하는 방법과 2)시스템 운영후 기존 영업소를 철거하는 방법으로 총 2개 시나리오로 구분하였다.

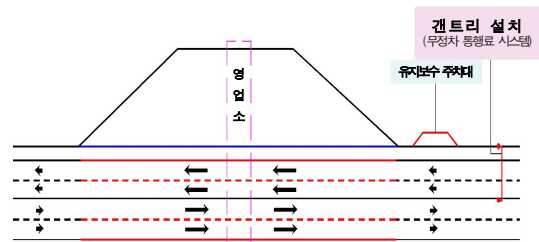


그림 2. 갠트리 설치 위치

영업소 캐노피 및 VMS 등의 구조물은 하중이 커서 기존 영업소의 모든 시설물을 동시에 철거하는 것은 많은 어려움이 예상된다. 이러한 어려움을 고려하여, 영업소 시설물을 단계적으로 철거하는 방안으로 계획하였다.

1. 시스템 운영전 기존 영업소 철거

시스템 운영과 동시에 고객들이 빠르고 편하게 통과할 수 있도록 사전 우회도로를 만드는 방안이다(그림 3). 무정차 통행료 시스템을 운영하기 전 기존 영업소내 일부 아일랜드를 사전에 철거하여, 시스템 운영과 동시에 통과차량이 우회도로를 이용할 수 있도록 한다. 공사 기간중에 무정차 통행료 시스템이 운영되지 않으므로 통과차량은 Hi-pass 차로를 이용하거나, 공사중인 영업소 차로를

제외한 잔여 영업소 차로에서 요금을 정산하기 위해 정차해야 한다.

장안영업소를 예시로 시스템 운영전 철거방법을 단계별로 살펴보면, 1단계는 교통우회구간 시설물을 철거하는 단계로, Hi-pass차로와 캐노피 기둥을 피해 영업소 4-5차로를 통제하여 우선적으로 시설물을 철거한다. 그 동안 1-2차로는 Hi-pass차로로, 3차로 및 6-8차로를 TCS차로로 운영하여 요금을 정산한다.

2단계는 무정차 통행료 시스템 운영이후 우회구간 교통전환 및 본선구간 시설물을 철거하는 단계이다. 1단계에서 철거를 완료한 4-5차로를 무정차로 통과하여 본선 교통류를 처리하며, 1-3차로, 6-8차로를 폐쇄하여 1-3차로(본선구간) 시설물을 철거한다.

3단계는 본선차로를 시공하는 단계로, 2단계에서 시설물 철거를 완료한 1-3차로에 포장 및 차로도색 등을 실시하여 본선차로로 시공한다.

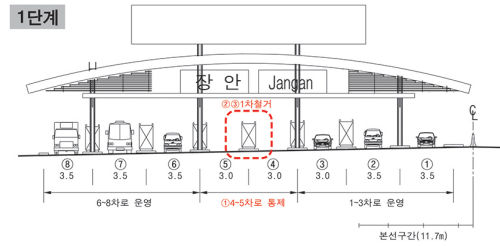
4단계는 본선 교통전환 및 잔여구간 시설물을 철거하는 단계로, 본선차로를 개방하여 교통류를 처리한다. 4-8차로 구간에 설치되어 있는 시설물을 단계별로 철거하여 공사를 완료한다.

무정차 통행료 시스템을 운영하기 전에 일부 차로를 차단해야하므로, 본선 교통류에 대한 영향이 크지 않도록 영업소내 잔여 차로를 이용할 경우의 교통 용량 초과여부를 검토하여야 한다.

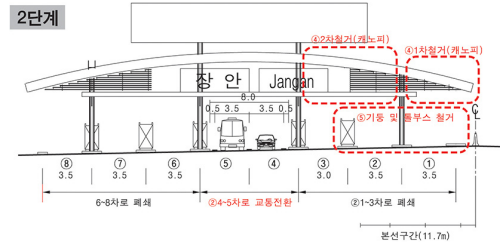
2. 시스템 운영후 기존 영업소 철거

무정차 통행료 시스템을 운영한 후 영업소를 철거하는 방법으로, 공사전에 무정차 통행료 시스템이 운영되므로 통과차량은 기존 영업소에서 정지하지 않고 아일랜드 사이를 저속으로 통과한다(그림 4).

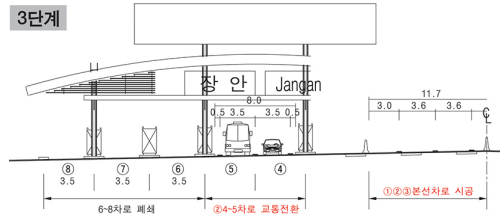
장안영업소의 시스템 운영후 철거방법을 단계별로 살펴보면, 1단계는 영업소 1-3차로를 통제하여 우선적으로 본선구간 시설물을 철거한다. 그 동안 4-8차로에서 차량을 통과시킨다.



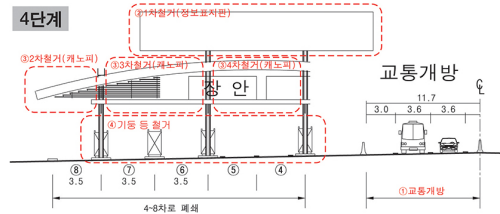
- 1단계**
- ①영업소 4, 5차로 교통통제
 - ②통로박스 출입구 폐쇄
 - ③톨부스, 아일랜드 및 기타 시설물 철거
 - ④아일랜드 철거부 콘크리트 포장
 - ⑤라인마킹 및 교통안전시설 설치



- 2단계**
- ①무정차 통행료 징수 시스템 운영
 - ②4, 5차로(우회구간) 교통 전환
 - ③통로박스 출입구 폐쇄
 - ④1-3차로 캐노피 절단 및 철거
 - ⑤기둥 및 톨부스 철거
 - ⑥1-3차로 아일랜드 및 기타 시설물 철거



- 3단계**
- ①아일랜드 철거부 콘크리트 포장
 - ②라인마킹 설치
 - ③가드레일 등 설치

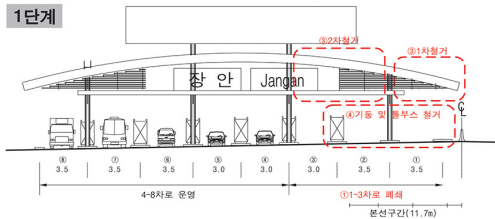


- 4단계**
- ①본선차로 교통개방
 - ②도로정보표지판 철거
 - ③4-8차로 캐노피 절단 및 철거
 - ④기둥 등 철거

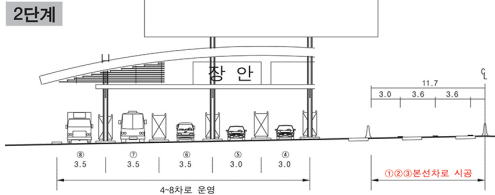
그림 3. 시스템 운영전 철거시 영업소 운영방안 (장안영업소의 예)

2단계는 1단계에서 시설물 철거를 완료한 1-3차로에 포장 및 차로 도색 등을 실시하여 본선차로로 시공한다.

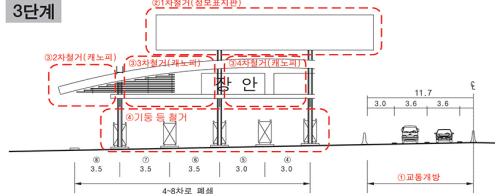
3단계는 본선차로를 개방하여 교통류를 처리한다. 4-8차로 구간에 설치되어 있는 시설물을 단계별로 철거하여 공사를 완료한다.



- 1단계**
- 내용
- ①영업소 1-3차로 교통통제(4-8차로 운영)
 - ②통로박스 출입구 폐쇄
 - ③1-3차로 캐노피 절단 및 철거
 - ④기둥 및 톨부스 철거
 - ⑤1-3차로 아일랜드 및 기타 시설물 철거



- 2단계**
- 내용
- ①아일랜드 철거부 콘크리트 포장
 - ②라인마킹 설치
 - ③가드레일 등 설치



- 3단계**
- 내용
- ①본선차로 교통개방
 - ②도로정보표지판 철거
 - ③4-8차로 캐노피 절단 및 철거
 - ④기둥 등 철거

그림 4. 시스템 운영후 철거시 영업소 운영방안 (장안영업소의 예)

무정차 통행료 시스템을 운영한 이후이므로 기존 영업소를 운영하지는 않지만, 안전상의 이유로 아일랜드구간을 저속으로 통과해야 한다. 또한 공사중 일부 차로를 폐쇄하므로 영업소 잔여 차로를 이용한 경우의 용량초과 여부를 검토하여야 한다.

시나리오별 영업소 용량 검토

1. 용량 검토 기준

시스템 운영전 철거 시나리오에 적용할 TCS 용량은 현재 기준을 준용하였으며, 도로설계요령(한국도로공사, 2009) 기준에 따라 시간당 처리대수는 폐쇄식 출구 기준인 서비스시간 13초, 평균 대기대수는 3대/초를 적용하였다.

표 1. TCS 시간당 처리가능대수(대/시)

서비스시간 평균대기대수 (q/s)	13초			
	1	3	5	
차 로 수	1	140	210	230
2	390	480	510	
3	660	750	780	
4	930	1,030	1,060	
5	1,190	1,300	1,330	
6	1,470	1,580	1,610	
7	1,740	1,860	1,890	
8	2,010	2,140	2,160	
9	2,290	2,410	2,440	
10	2,560	2,690	2,720	

시스템 운영후 철거 시나리오에 적용할 하이패스 차로의 용량은 1,500승용/시/차로를 적용하였다.(이의준, 2014) 하이패스 차로의 아일랜드 구조물 등 용량 저하 요인을 반영하기 위해 차로폭 3.0m일 때의 차로폭 보정계수 0.91을 적용하여 용량을 일괄 보정하였다.(도로교통연구원, 2013)

표 2. 하이패스 차로폭 보정계수

구분	차로폭(m)			
	3.5 이상	3.25	3.0	2.75
하이패스 차로	1.00	0.97	0.91	0.84

영업소별 기 설치된 차로수를 확인하고, 관리기관에 확인하여 실제로 운영하는 최대 차로수를 설정하였다. 각 영업소별 설치차로와 운영차로는 표 3과 같다.

표 3. 영업소 차로수 운영 현황

영업소	설치 차로			운영 차로		
	계	Hi-pass	TCS	계	Hi-pass	TCS
풍세(상)	9	2	7	8	2	6
풍세(하)	9	2	7	8	2	6
남논산(상)	7	2	5	6	2	4
남논산(하)	7	2	5	6	2	4
대구	14	2	12	11	2	9
김해부산	12	2	10	11	2	9
동산	10	2	8	10	2	8
동탄	10	2	8	6	2	4
장안	8	2	6	8	2	6

시나리오별로 공사중 운영하는 영업소 차로수는 설치 차로수를 감안하여 운영계획을 수립하였다.

표 4. 시나리오별 공사중 영업소 차로수 운영 계획

영업소	운영전 철거시			운영후 철거시
	계	Hi-pass	TCS	
풍세(상)	6	2	4	5
풍세(하)	6	2	4	5
남논산(상)	4	2	2	5
남논산(하)	4	2	2	5
대구	11	2	9	10
김해부산	9	2	7	8
동산	8	2	6	6
동탄	6	2	4	7
장안	6	2	4	5

무정차 통행료 시스템을 11월부터 운영할 계획이므로 공사(철거)기간 2개월을 감안하여 분석기준 교통량을 선정하였다. 시스템 운영전 철거의 경우, 2015년 9월과 10월 교통량을 적용하였으며, 시스템 운영후 철거는 2015년 11월과 12월 교통량을 적용하였다.

분석에 적용한 교통량은 각 영업소의 2015년 해당 월의 첨두일, 첨두시 교통량에 첨두시간계수, 차로폭 및 중차량 보정계수를 적용하였다. 설계서비스수준은 지방지역 고속도로 설계서비스수준인 "C"를 적용하였다(국토교통부, 2013).

2. 시스템 운영전 철거시 영업소 용량 검토

11월 무정차 통행료 시스템 운영전 2달간 철거를 해야 하므로, 9월과 10월에 대하여 용량을 검토하였다.

영업소 용량 검토 결과, 9월에는 남논산(상하행) 영업소와 풍세(하행) 영업소의 교통량이 TCS 용량을 초과하는 것으로 분석되었다. 10월에는 남논산(상하행) 영업소와 장안 영업소의 교통량이 TCS 용량을 초과하는 것으로 분석되었다.

표 5. 운영전 철거시 공사중 영업소 검토

영업소	2015년 9월			
	교통량(대/시)		V/C	
	Hi-pass	TCS	Hi-pass	TCS
풍세(상)	2,274	938	0.76	0.91
풍세(하)	1,934	1,063	0.64	1.03
남논산(상)	2,080	757	0.69	1.58
남논산(하)	2,142	804	0.71	1.68
대구	1,964	1,031	0.65	0.43
김해부산	1,877	1,120	0.63	0.60
동산	1,586	808	0.53	0.51
동탄	1,839	440	0.61	0.43
장안	2,233	895	0.74	0.87

영업소	2015년 10월			
	교통량(대/시)		V/C	
	Hi-pass	TCS	Hi-pass	TCS
풍세(상)	2,237	908	0.75	0.88
풍세(하)	2,178	894	0.73	0.87
남논산(상)	1,921	791	0.64	1.65
남논산(하)	1,985	844	0.66	1.76
대구	1,807	870	0.60	0.36
김해부산	2,125	1,038	0.71	0.56
동산	1,298	1,100	0.43	0.70
동탄	1,806	458	0.60	0.44
장안	1,376	1,252	0.46	1.22

3. 시스템 운영후 철거시 영업소 용량 검토

11월 무정차 통행료 시스템 운영후 2달간 철거

를 해야 하므로, 11월과 12월에 대하여 용량을 검토하였다.

영업소 용량 검토 결과, 모든 영업소의 교통량이 용량을 초과하지 않으며, 서비스수준 “C”를 만족하는 것으로 분석되었다.

표 6. 운영후 철거시 공사중 영업소 용량

영업소	2015년 11월			
	차로수	교통량(대/시)	V/C	LOS
풍세(상)	5	3,110	0.48	C
풍세(하)	5	3,000	0.49	C
남논산(상)	5	2,757	0.42	C
남논산(하)	5	2,531	0.41	C
대구	10	2,722	0.21	A
김해부산	8	3,086	0.31	B
동산	6	2,258	0.29	B
동탄	7	2,234	0.26	B
장안	5	2,617	0.45	C
영업소	2015년 12월			
	차로수	교통량(대/시)	V/C	LOS
풍세(상)	5	3,021	0.51	C
풍세(하)	5	3,076	0.50	C
남논산(상)	5	2,492	0.38	B
남논산(하)	5	2,413	0.39	B
대구	10	2,663	0.20	A
김해부산	8	3,077	0.31	B
동산	6	2,246	0.28	B
동탄	7	1,992	0.23	A
장안	5	2,657	0.42	C

4. 영업소 용량 검토 결과

이용객들의 혼란 최소화 및 처음 시행되는 정책에 따른 홍보를 위해 전 영업소 철거 방안을 동일하게 적용하였다. 무정차 통행료 시스템 운영 전 철거는 일부 영업소에서 교통용량을 초과한 것으로 나타나 정체가 우려되며, 운영후 철거가 교통소통에 더 유리한 것으로 분석되었다. 또한, 운영후 철거는 고속도로 기본구간 설계서비스수준인 “C”를 만족하므로, 영업소의 철거 방법은 시스템 운영

후 철거하는 방법으로 선정하였다.

공사중 교통영향 시뮬레이션 분석

전 장에서 공사중 영업소의 용량을 검토하여 설계서비스수준 “C”를 만족하는 무정차 통행료 시스템 운영후 철거를 철거 방법으로 선정하였다. 선정된 방법에 따라 무정차 통행료 시스템 운영후 철거시 공사중 교통운영방안을 미시적 교통시뮬레이션 프로그램인 VISSIM을 이용하여 분석하였다.

1. 시뮬레이션 설정

영업소의 차로수는 표 6에 제시되어 있는 영업소별 공사중 차로수를 반영하여 구축하였다. 기존 영업소 통과 제한속도는 30km/h이므로, 속도제어를 설치하여 영업소 통과시 30km/h로 주행하도록 구축하였다.

본선의 통행속도는 각 고속도로의 제한속도를 반영하였다. 천안논산 고속도로와 신대구부산 고속도로는 제한속도 110km/h로 운영중이며, 그 외 3개 민자 고속도로는 제한속도 100km/h로 운영중이다.

시뮬레이션을 반복 수행하여 영업소 관측 교통량과 시뮬레이션 교통량의 오차가 가장 적은 Random Seed를 추출하였으며, 관측 교통량과 모형 교통량의 오차율은 ±2% 이내로 보정하였다.

2. 시뮬레이션 분석 결과

영업소별 평균통행속도를 현재와 공사중으로 비교·분석하였다. 현재는 Hi-pass 차량은 무정차 통과하고 TCS 이용차량은 영업소에서 정차한다. 그러나 공사중에는 모든 차량이 영업소에서 정차하지 않고 서행으로 통과하므로 공사중 통행속도가 현재 대비 1.5-37.8km/h 더 높은 것으로 분석되었다.

표 7. 영업소별 평균통행속도 비교

영업소	평균 통행속도(km/h)		
	현재	공사중	증감
풍세(상)	43.4	68.3	▲ 24.9
풍세(하)	46.0	62.2	▲ 16.2
남논산(상)	29.5	70.8	▲ 27.7
남논산(하)	33.9	68.3	▲ 22.4
대구	48.5	59.2	▲ 10.7
김해부산	47.6	69.7	▲ 22.1
동산	58.8	66.3	▲ 7.5
동탄	49.7	51.2	▲ 1.5
장안	23.6	61.4	▲ 37.8

결론

요금의 중간정산을 위해 재정 고속도로와 민자 고속도로의 연계구간에서 통과차량의 정차로 인한 이용자의 불편을 해소하고, 교통소통 능력을 증대시키기 위해 한국도로공사는 민자 고속도로 중간영업소에 무정차 통행료 시스템 설치를 추진 중이다.

기존 요금소 시설 철거가 교통흐름에 미치는 영향을 완화하기 위해 교통용량을 분석하고, 시물레이션 등을 통해 통행속도의 변화를 분석하였다. 무정차 통행료 시스템 운영전 기존 시스템 철거와 무정차 통행료 시스템 운영후 기존 영업소 철거의 두 가지 시나리오에 대하여 검토하였다.

용량분석 결과, 공사중 교통량-용량비(V/C)가 설계서비스 수준 “C”를 만족하는 ‘무정차 통행료 시스템 운영 후 기존 요금소 철거 방안’이 적합한 것으로 분석되었다.

시스템 운영후 철거방안에 대하여 VISSIM 시물레이션 분석한 결과, 공사시 통행속도는 공사전의 평균통행속도보다 1.5-37.8km/h 정도 높게 분석되었으며, 평균통행속도도 동탄영업소를 제외하고 약 60km/h를 넘어 공사중의 교통소통은 양호한 것으로 분석되었다.

참고문헌

- 경찰청 고시 제2010-3호, 최고속도 30km/h인 고속도로 구간 지정 고시.
- 경찰청 고시 제2013-5호, 최고속도 110km/h인 고속도로 지정 고시.
- 국토교통부 (2013), 도로용량편람.
- 국토교통부 (2016), 도로현황조사서.
- 도로교통연구원 (2013), 영업소 차로 설치·운영 개선 검토서.
- 이의준, 김석태, 김춘경, 박지훈, 박관휘 (2014), 차세대 다차로 무정차 요금시스템 스마트 톨링(SMART Tolling), 한국도로학회지, 16(1), 46-50.
- 한국도로공사 (2009), 도로설계요령 3-3편 영업소.