

교통용량 개정에 따른 고속도로 공사구간의 서비스 수준에 대한 연구

A Study on Level-of-Service Changes of Expressway in Accordance with the Revision of Traffic Capacity at Work-Zone

류 성 우 Ryu, SungWoo
박 권 제 Park, Kwon-Jea
한 승 환 Han, SeungHwan
조 윤 호 Cho, Yoon-Ho

한국도로공사 도로교통연구원 도로연구실 박사후연구원 (E-mail: sw.ryu@ex.co.kr)
정회원 · 한국도로공사 교통본부장 · 교신저자 (E-mail: pj@ex.co.kr)
정회원 · 한국도로공사 도로교통연구원 수석연구원 (E-mail: hansu3@ex.co.kr)
정회원 · 중앙대학교 공과대학 사회기반시스템공학부 교수 (E-mail: yhcho@cau.ac.kr)

ABSTRACT

PURPOSES : This study analyzes the available working time at work-zone on the Expressway in accordance to the new capacity manual.

METHODS : Sensitivity analysis on variables were conducted to calculate the adjusted capacity at work-zone based on previous researches.

RESULTS : The main factors which affect available working time at the work-zone were its capacity, number of lanes, terrain and lane width. Other factors have minimal effect on the available working time. Based on the analysis, a calendar of lane closures was suggested.

CONCLUSIONS : A series of studies concluded that the capacity at work-zone in the new capacity manual reduced to 76-82% of the existing manual. As such, the available working time decreased. Furthermore, the factors affecting the available working time needs to be considered when making a plan to rehabilitate the distressed pavement.

Keywords

capacity manual, pavement rehabilitation, sensitive analysis, calendar for lane closure

Corresponding Author : Park, Kwon-Jea
Korea Expressway Corporation, 805, Daewangpangyo-ro,
Sujeong-gu, Seongnam-si, Gyenggi-do, 461-703, Korea
Tel : +82.31.779.4205 Fax : +82.31.371.3478
E-mail : pkj@ex.co.kr

International Journal of Highway Engineering
http://www.ijhe.or.kr/
ISSN 1738-7159 (Print)
ISSN 2287-3678 (Online)

Received Jan. 29, 2014 Revised Feb. 27, 2014 Accepted May. 28, 2014

1. 서론

국가산업의 발달과 경제성장으로 인한 도로의 신설 및 확충에 대한 요구에 따라 최근 20여 년간 약 2배의 도로 연장이 증가하였다. 2013년 기준으로 국내 고속도로는 1,281km의 아스팔트 포장과 2,481km의 콘크리트 포장으로 시공되어 있으며, 계획된 동서 7축 및 남북 9축이 완료되는 2022년에는 4,446km에 달하는 고속도로가 건설될 것으로 예상하고 있다. 도로포장의 양적인

증가와 더불어 노후화된 포장의 연장도 꾸준히 늘어나고 있다. 노후된 포장의 연장은 2002년 기준으로 약 360km 정도에 불과하였으나, 2012년에는 1,150km로 10년 동안 3배 정도 증가하였으며, 2022년에는 고속도로 총 포장연장의 50%를 상회하는 2,700km의 노후구간이 생길 것으로 예측하고 있다(한국도로공사, 2013). 이로 인해 매년 고속도로 포장과 관련되어 접수된 450여건 중 유지관리와 관련된 민원이 약 38%를 차지하고

있으며, 이는 포장 노후화에 따라 지속적으로 증가할 것으로 예상된다(한국도로공사, 2013). 하지만 급격한 노후 포장의 증가에 비해 포장 유지보수 예산은 부족한 실정이다(한국도로공사, 2013). 한국도로공사는 노후포장의 증가와 예산부족 문제를 해결하기 위해 장수명 포장 관리체계를 확립하여 포장 내구수명을 연장한다는 계획을 수립하였다(한국도로공사, 2013). 기존에는 고속도로 포장보수가 필요한 경우, 교통제한을 최소화하기 위해 혼잡시간대를 피해서 일시적 교통제한으로도 보수가 가능한 긴급보수나 단순 덧씌우기 위주의 공사를 수행해왔다. 하지만, 이 같은 보수방법은 내구성이 낮고, 품질관리가 힘들며, 잦은 보수공사와 교통제한으로 인한 고속도로 이용자들의 불만을 야기해왔다. 따라서, 한국도로공사에서는 고속도로 포장보수방법을 기존 일시적 교통제한을 통한 긴급보수방식에서 구간별 일정기간 교통차단 후 고내구성 재료를 적용하여 집중적으로 보수하는 방식으로 보수방법을 전환하겠다는 방침을 마련하였다.

노후 고속도로 포장의 유지보수를 효율적으로 수행하기 위해서는 유지보수로 인해 발생하는 공사구간의 교통용량을 정확하게 산정하는 것이 그 핵심이다. 하지만 2001년에 개정하여 2012년까지 사용한 도로용량편람에서는 고속도로 공사구간에 대한 용량 규정이 없었다. 때문에 이와 관련된 분석, 비용산정, 교통차단정책 등은 공사구간이 아닌 일반구간의 용량과 동일하게 가정하여 수행되었다. 이에 따라 국토해양부는 2013년에 개정한 도로용량편람에서 공사구간의 용량을 별도로 제시하였으며, 서비스수준(LOS : Level of Service)도 기존과 차이가 발생하였다. 본 논문에서는 공사구간의 도로용량 정의에 따른 서비스수준 변화와 영향인자에 대한 분석을 통해, 유지보수 공사의 작업가능 시간과 유지보수 공법 선정에 관하여 연구하였다.

2. 문헌 고찰

2.1. 공사구간의 용량

2000년도 Highway Capacity Manual(HCM)에 따르면 “도로의 용량은 주어진 도로, 도로의 기하구조, 신호, 교통 및 환경조건 하에서 특정기간동안 도로의 한 지점이나 일정구간에서 지속적으로 보낼 수 있는 최대의 차량이나 사람들로 정의하며, 일반적으로 시간당 차량수, 시간당 승용차수, 시간당 사람수로 표현한다.” 라고 정의하고 있다(TRB, 2000). Table 1에서 알 수 있듯이, 그 구간의 기본용량은 서비스수준 E에 해당하는

교통량을 말한다. 정량적으로는 기본용량을 기준으로 실제 해당 도로를 통행하는 교통량과의 비를 계산하여 산정한다(국토해양부, 2013). 여기서, 서비스수준이란 실제 운전자들이 느끼는 상태를 표시하기 위해 통행속도, 통행시간, 통행자유도, 안락감 및 교통안전 등, 도로의 질적 운영상태를 설명하는 기준으로 A에서부터 F까지 총 6등급으로 구분한다. 서비스수준 A는 원칙적으로 완전한 자유통행 상태를 나타내며, 서비스수준 F는 교통수요가 교통용량을 넘어서서 통행이 와해된 상태를 말한다.

하지만, 도로용량은 공사구간의 유무에 따라 영향을 받는다. 공사구간의 용량은 일반구간보다 감소하며, 공사구간의 형태(교통특성, 교통차단 차로수, 공사구간의 형태 및 길이), 도로 상태(경사, 포장상태 및 차로조건), 작업내용(장비 및 인원수, 시간, 공사내용 및 기간), 기상조건(강우, 강설 등), 우회로(우회로 여부 및 진·출입구 존재) 등과 같은 인자들에 영향을 받는다(Jalil et al., 2010). 따라서, 이를 정량화하기 위한 많은 연구들이 진행되었다.

Table 1. Ratio of Traffic over Capacity Depending on Speed and LOS (Ministry of Land, Transport and Maritime Affairs, 2013)

LOS	Speed		
	120kph	100kph	80kph
A	≤0.3	≤0.27	≤0.25
B	≤0.5	≤0.45	≤0.40
C	≤0.65	≤0.61	≤0.58
D	≤0.83	≤0.8	≤0.75
E	≤1.00	≤1.00	≤1.00
F	-	-	-

Sarasua et al.은 South Carolina 고속도로의 단기 공사구간들에 대한 기본도로용량을 결정하기 위한 연구에서 공사구간의 기본도로용량은 1,460pcphpl로 그 당시 South Carolina에서 사용하던 1,230pcphpl보다 더 높은 것을 확인하였다(Dudek et al., 1981). Al-Kaisy와 Hall은 캐나다의 Ontario에서 6곳의 고속도로 장기공사구간들에 대한 도로용량 연구를 통해 용량이 HCM에서 제시한 값보다 더 적은 것으로 보고하였다(Abrams et al., 1981). Dixon et al.은 접근도로가 없는 지방부와 도심부 고속도로의 공사구간 용량에 대한 연구를 통해 2차로 도로에서 1차로 공사 시 공사작업의 강도가 큰 경우, 지방부 고속도로는 약 1,200 pcphpl이었으며, 도심부는 1,500pcphpl의 용량이었다

(Dixon et al., 1996). Kim, Lovell, 그리고 Paracha는 차로개방 및 차단 횟수, 교통차단한 차선의 위치, 중차량 비율, 진입 램프구간의 크기, 개방된 차로의 폭, 및 공사구간의 길이와 경사 등과 같은 영향인자들에 대한 평가에 근거하여 새로운 도로용량을 평가할 수 있는 방법을 개발하였다(Dixon et al., 1996). Maze가 수행한 연구에서 지방부 2차로 고속도로에서 1차로를 교통차단하고 공사를 진행할 경우, 공사구간의 용량은 약 1,374~1,630pcphpl 정도로 평가하였다(Maze et al., 1999). Dixon과 Hummer는 North Carolina의 공사구간들에 대한 연구를 통해 1994 HCM이 텍사스뿐만 아니라 다른 주에서도 적용가능한 것으로 판단하였으며, North Carolina의 공사구간 도로용량이 HCM에서 제시한 것보다 약 10% 정도 더 높은 것으로 나타났다고 보고하였다(Kim et al., 2001). 2000년도 HCM은 교통흐름의 제약없이 공사구간에 대해 시간당, 차로당 1,600대의 차량을 기본용량으로 하였고, 여기에 차로폭, 중차량의 비율, 공사의 강도, 램프의 인접성 등을 고려한 보정계수를 곱하여 수정용량을 산출할 수 있도록 하였다(TRB, 2000). Maryland State Highway Administration(Maryland SHA)에서는 공사구간의 용량을 기존 차로수 대비 교통개방한 차로수에 따라 다른 값으로 제시하고 있다(Maryland SHA, 2006).

국내에서는 2013년도까지 일반구간과 공사구간의 용량을 동일한 것으로 간주해왔으나, 2013년 도로용량편람에서는 도로 상에서 공사장 발생여부에 따라 기본용량이 변화하는 것을 고려하여 이를 개정하였다(국토해양부, 2013). 이 편람에서는 고속도로 공사구간의 기본용량을 설계속도에 따라 Table 2와 같이 제시하였다. 제시된 공사구간의 기본용량은 모든 차로감소유형(차로 차단방식)에 대해 동일하게 적용되는 값이며, 설계속도가 증가함에 따라 약간 증가한다.

Table 2. Basic Capacity at Work-Zone Depending on Design Speed (Ministry of Land, Transport and Maritime Affairs, 2013)

		Design speed		
		120kph	100kph	80kph
Capacity (pcphpl)	Existing	2,300	2,200	2,000
	New	1,750	1,700	1,650
Remark (new/existing)		76.1%	77.3%	82.5%

도로용량편람 개정에 따라 한국도로공사에서는 2013년 3월에 교통제한 기준을 다음과 같은 내용으로 개정하였다(한국도로공사, 2013).

- 1) 본선통행제한 시 축소된 차로수를 기준으로 통행제한시간 동안의 침두시 공사구간의 서비스수준을 당초 “D~F”인 경우에서 서비스수준 “E” 초과인 경우로 변경하였다.
- 2) 서비스수준 “A~E”에 해당하는 시간대가 통행제한 필요시간보다 적은 경우에는 서비스수준 저하가 최소화되는 시간대를 선정하여 통행제한을 시행하도록 하였다.
- 3) 통행제한구간의 침두시간 서비스수준 “E” 초과 구간에서 24시간 이상 주야간 계속해서 통행을 제한할 경우, 교통영향 검토 후 시행하도록 하였다.

2.2. 새로운 도로용량편람(2013)에서의 공사구간 용량보정 방법

앞서 살펴본 바와 같이 공사구간의 용량은 도로의 기하조건, 교통특성, 환경조건 및 주행속도에 따라 변화한다. 도로의 기하조건으로는 지형, 차로폭 및 측방여유폭이 있으며, 교통특성으로는 차량의 구성비에 따른 영향이 있다. 환경인자로는 주야간 조건, 강우 및 강설 등이 교통흐름에 영향을 미친다. 도로용량편람에서는 이와 같은 요소들을 고려하여 공사구간의 용량을 고속도로 기본구간과 마찬가지로 방법을 통해 보정할 것을 제안하고 있다. 하지만, 본 논문에서는 영향인자들 중에서 기상상태는 고려하지 않았다. 일반적으로 고속도로 유지보수공사는 날씨가 좋을 때 진행되기 때문이다. 이 외에도 공사유형 및 강도, 공사구간 주변 연결로의 존재유무 등에 영향을 받지만, 자료의 불확실성으로 인해 이들은 추가로 고려하지 않는다. Eq. (1)은 도로의 용량을 앞서 설명한 조건에 따라 보정하는 수식을 나타낸 것이다(국토해양부, 2013).

$$C_{WZ} = C_{jW} \times N \times f_W \times f_{HV} \times f_{DK} \quad (1)$$

여기서, C_{WZ} : 공사구간의 용량(vph)

C_{jW} : j 설계속도의 공사구간 기본용량 (pcphpl)

N : 공사 시 편도 차로 수

f_{HV} : 중차량 보정계수

f_W : 차로폭 및 측방여유폭 보정계수

f_{DK} : 주야간 보정계수

첫 번째로, 차로폭 및 측방여유폭에 대한 보정계수는 차로폭과 측방여유폭이 교통류에 미치는 영향을 반영하는 보정계수이다(국토해양부, 2013). 측방여유폭은 길 어깨 차로 및 중앙분리대 차로의 포장단에서부터 운전자에게 인식되는 장애물까지의 거리를 말한다. 설치된 장애물의 성격에 따라 그 여유폭이 교통류에 미치는 영향이 달라지지만, 용량산정 절차에서는 장애물의 특성에 따른 세밀한 분석은 수행하지 않았다. 또, 운전자의 통행에 별다른 영향을 미치지 않는 방호울타리나 중앙분리대 등은 장애물로 간주하지 않는 것이 보통이다. 차로폭 및 측방여유폭에 대한 보정계수는 기본조건인 차로폭 3.5m 이상과 측방여유폭 1.5m 이상을 기준으로 하여 산출한다. Table 3은 고속도로 차로폭 및 측방여유폭에 대한 보정계수이다.

Table 3. Lane Width and Lateral Clearance Adjustment Factor on Highway (Ministry of Land, Transport and Maritime Affairs, 2013)

The distance to the obstacle when obstacle is at only one side(m)	Lane width(m)			
	over 3.5	3.25	3.00	2.75
	4 lanes highway in both directions			
Over 1.5	1.00	0.96	0.90	0.80
1.0	0.98	0.95	0.89	0.79
0.5	0.97	0.94	0.88	0.79
0.0	0.90	0.87	0.82	0.73
	6 lanes highway in both directions			
Over 1.5	1.00	0.95	0.88	0.77
1.0	0.98	0.94	0.87	0.76
0.5	0.97	0.93	0.87	0.76
0.0	0.94	0.91	0.85	0.74

두 번째로, 중차량 보정계수는 중차량이 교통류에 미치는 영향을 나타내기 위한 보정계수이며, 이를 산출하기 위해서는 다음 Eq. (2)를 이용한다(국토해양부, 2013).

$$f_{HV} = \frac{1}{1 + P_{T_0}(E_{T_0}-1) + P_{T_1}(E_{T_1}-1) + P_{T_2}(E_{T_2}-1)} \quad (2)$$

여기서, f_{HV} : 중차량 보정계수

$E_{T_0}, E_{T_1}, E_{T_2}$: 소형, 중형, 대형 중차량의 승용차 환산계수

$P_{T_0}, P_{T_1}, P_{T_2}$: 소형, 중형, 대형 중차량의 구성비

승용차 환산계수는 교통구성뿐만 아니라 종단경사에도 큰 영향을 받는다. 도로용량편람에서는 지형을 크게 일반지형과 특정경사구간(구간 종단경사 3% 이상, 경사 길이 500m 이상)으로 구분하였다. 하지만 본 연구에서는 교통량을 IC 와 IC 사이에서의 결과를 검토하기 때문에 지형조건을 일반지형만으로 가정하여 Table 4 및 Table 5에서와 같이 승용차 환산계수 값을 선정한다.

Table 4. Truck Adjustment Factor at General Section on Highway (Ministry of Land, Transport and Maritime Affairs, 2013)

Vehicle classification	Terrain		
	Flat land	Hill area	Mountain area
Small vehicle(E_{T_0}) (Truck less than 2.5t, van less than 16-passenger)	1.0	1.2	1.5
Median vehicle(E_{T_1}) (Truck more than 2.5t, van more than 16-passenger)	1.5	3.0	5.0
Large vehicle(E_{T_2}) (Semi-trailer or full trailer)	2.0		

Table 5. Terrain Division (Ministry of Land, Transport and Maritime Affairs, 2013)

	Flatland	Hill area	Mountain area
Grade	Less than 2%	2%~5%	More than 5%

도로용량편람에서는 주간과 야간의 구분은 한국천문연구원에서 제시하고 있는 시민박명시각(인공조명이 없이 인간이 활동을 할 수 없는 시간)을 기준으로 하여 주간과 야간을 구분한다(국토해양부, 2013). 주간상황 대비 야간상황의 임계교통량의 변화량을 살펴본 결과, 임계교통량의 감소율 및 야간보정계수(f_{DK})는 Table 6과 같다. 하지만, 고속도로가 설치된 지역에 따라 달라질 수 있기 때문에 본 연구에서는 주간을 오전 7시부터 오후 7시까지로, 그 이외의 시간을 야간으로 일괄 구분하였다.

Table 6. Day and Night Adjustment Factor (Ministry of Land, Transport and Maritime Affairs, 2013)

	Design speed		
	120kph	100kph	80kph
Day	1.00	1.00	1.00
Night	0.91	0.93	0.97

3. 공사구간의 도로용량 규정에 따른 서비스 수준 변화

교통제한에 따른 서비스수준의 변화를 검토하기 위해서 한국도로공사에서 발간한 “2012 고속도로교통량”의

Table 7. Selected Sections and Traffic Information for Analysis of Lane Closure

No.	No. of lane (both directions)	AADT	Classification
1	8	185,792	8-H (lanes-traffic)
2		169,760	
3		163,716	
4		153,613	
5		149,558	
6		115,061	8-M
7		114,535	
8		114,137	
9		113,214	
10		108,395	
11		46,385	8-L
12		45,849	
13		63,759	
14		53,836	
15		25,729	
16	6	176,167	6-H
17		150,193	
18		143,413	
19		140,789	
20		138,759	
21		62,164	6-M
22		61,130	
23		61,087	
24		59,360	
25		58,522	
26		15,291	6-L
27		14,838	
28		11,859	
29		11,689	
30		7,049	
31	4	92,772	4-H
32		91,300	
33		78,135	
34		75,009	
35		71,846	
36		27,004	4-M
37		26,922	
38		26,757	
39		26,660	
40		26,545	
41		9,201	4-L
42		8,821	
43		8,756	
44		7,796	
45		4,872	

데이터를 활용하여 478개의 IC와 IC 구간의 교통량을 검토하였다(한국도로공사, 2013). 478개 구간에서 양방향 8, 6, 4차로에 따라 AADT의 순위를 나열하여 AADT를 대, 중, 소로 구분하였고, 각 해당 카테고리마다 5개의 구간을 선정하였다. Table 7은 선정된 45개 구간을 나타낸 표이다. 실제 분석은 동일구간이라도 상하행의 시간대별 교통량이 다르기 때문에 각 방향별로 검토하였다. 앞서 살펴본 교통차단에 따른 서비스수준 “E” 이상의 작업가능한 시간을 분석하였다. 본 연구에는 다양한 변수들 중 기본용량, 차로수 및 교통제한차로수, 교통량, 측방여유폭, 차로폭, 지형, 설계속도의 영향을 살펴보았다. 각 변수별로 분석에 적용한 값은 Table 8과 같다.

Table 8. Input Variables for Analysis

Variables	Value	Standard
Capacity	Existing/new	New
No. of lane closure	One lane/Two lanes	One lane
Design speed	80/100/120kph	100kph
Lateral clearance	1.5/1.0/0.5/0m	1.5m
Lane width	3.50/3.25/3.00/2.75m	3.50m
Topography	Flatland/ Hill area/Mountain area	Flatland

3.1. 공사구간 용량 개정에 따른 영향

앞서 Table 2에서 살펴본 바와 같이, 새롭게 개정된 공사구간의 용량은 기존대비 약 76%~82% 수준으로 나타났다. 이 기준에 준하여 실제 차량이 주행하는 도로에서의 작업시간을 검토하였으며, Fig. 1은 그 결과를 도시한 것이다. 그림에서 알 수 있듯이, 교통량이 많은 구간에서의 작업시간은 차이가 발생하였으나, 중교통량이나 저교통량 구간에서는 거의 차이가 없었으며, 작업가능시간도 24시간 가능한 것으로 나타났다. 그룹 8-H 도로의 경우는 기존용량의 경우는 22시간의 작업가능시간이 예상되었으나, 새로운 기준을 적용할 경우 8시간이 줄어든 14시간의 작업가능시간이 나타났다. 그룹 6-H와 그룹 4-H의 경우도 기존용량의 경우는 각각 14, 10 시간동안 작업가능한 것으로 판단되었으나, 새로운 기준적용 시 9시간과 8시간으로 감소하였다. 따라서, 그룹 8-H, 6-H 및 4-H는 기존과 같이 야간에 교통제한을 한 후 유지보수를 하고 다음날 새벽에 마무리하는 방식을 적용해야 할 것이다. 하지만 그 외의 도로에서는 기존 유지보수 방법을 벗어나 작업효율, 공사비

절감 및 품질확보를 위해서 장기교통을 제한하여 집중적으로 유지보수하는 방식을 적용할 수 있을 것이다.

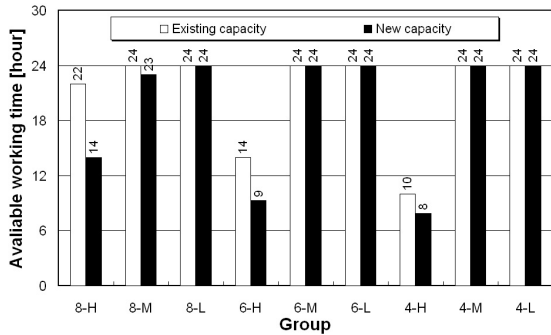


Fig. 1 Available Working Time for Existing and New Capacity

3.2. 차로수에 따른 영향

국내 교통여건 및 도로이용자들의 민원 등으로 인해 실제로 한방향의 차로를 모두 차단하는 경우가 없을 것으로 판단하였다. 이에 따라 편도 4, 3차로 구간의 경우에 대해 한차로 교통제한 시, 두차로 교통제한 시 작업가능시간의 영향을 검토하였다. Fig. 2는 그 결과를 도시한 것이다. 교통량과 작업가능시간을 검토해보면, 한차로보다 두차로 교통제한한 경우의 작업가능시간이 매우 짧은 것으로 나타났다. 한차로 교통제한의 경우는 교통량이 많은 그룹 8-H, 6-H에서 작업시간이 감소하였으나, 그 외에는 거의 24시간 작업이 가능하였다. 하지만 두차로를 교통제한한 경우에는 그룹 8-H, 6-H에서는 작업시간이 한차로 교통통제 대비 각각 6시간과 3시간씩 감소하였다. 뿐만 아니라 그룹 8-M, 6-M에서의 작업시간도 14시간과 13시간만이 가능하였으며, 한차로 교통통제 시의 절반수준에 미치는 것으로 나타났다. 그리고 동일차로수의 고속국도에서 교통량이 많을수록 작업가능시간은 줄어드는 경향이 나타났다. 그만큼 교통량이 많은 구간일수록 교통제한 차로수에 따른 도로

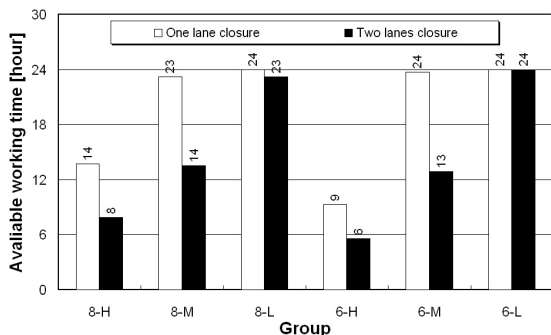


Fig. 2 Available Working Time for No. of Lane Closure

용량 축소로 인해 교통흐름이 영향을 많이 받는다는 것이다. 따라서, 차로수 및 교통량에 따라 작업가능시간 차이가 있기 때문에 이를 고려하여 교통제한 계획을 수립해야 할 것이다.

3.3. 설계속도에 따른 영향

고속도로의 설계속도에 따라 공사구간의 교통용량을 검토하였다. Table 2에서와 같이 설계속도는 80, 100, 120kph에 따라 교통용량이 각각 1,650, 1,700, 1,750 pcphpl로 변화한다. Fig. 3은 설계속도에 따라 한차선 교통제한 시 작업가능시간을 나타낸 것이다. 그림에서와 같이 설계속도에 따른 작업가능시간의 차이는 미미한 것으로 나타났다. 그 이유는 실제 각 설계속도에 따른 공사구간의 기본용량차이가 50pcphpl씩만 차이 나기 때문에 그 영향이 적었다. 따라서, 국내 고속도로의 설계속도가 100~110kph인 점을 감안한다면 각 고속도로별로 작업가능시간의 차이는 크지 않을 것이다.

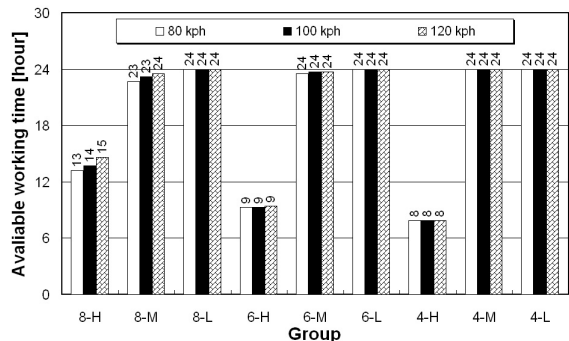


Fig. 3 Available Working Time for Design Speed

3.4. 지형에 따른 영향

지형은 크게 평지, 구릉지, 산지로 구분이 되며, 이에 따라 용량을 보정하게 되어 있다. Fig. 4는 지형에 따라 교통차단 시 작업가능시간을 나타낸 것이다. 각 구간의 차량 구성특성에 영향이 받지만, Fig. 4에서와 같이 전반적으로 지형에 따라 작업가능시간에서 차이가 발생하였다. 평지에서의 작업시간이 가장 길었으며, 산지에서는 상대적으로 더 짧았다. 이와 같이 지형에 따라 차이가 발생하는 이유는 각 차종 구성특성에 따라 다르지만, Table 4에서와 같이 승용차 환산계수가 지형에 따라 큰 차이를 보이고 있기 때문이다. 일예로 대형트럭의 경우, 평지에서는 승용차 환산계수가 “2”이지만, 산지에서는 “5”로 2.5배 크다. 이러한 영향들로 인해 지형별로 교통용량의 변화가 발생하여 작업가능시간에서 차이가 발

생하였다.

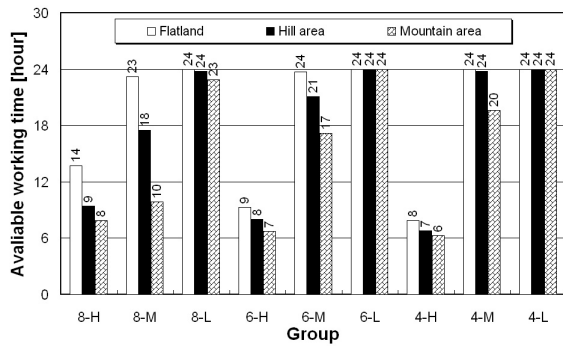


Fig. 4 Available Working Time for Terrain

3.5. 측방여유폭에 따른 영향

Fig. 5는 차로의 측방여유폭을 0.0~1.5m까지 0.5m 단위로 나눠 교통제한 시 작업가능시간을 분석한 결과이다. 측방여유폭이 좁아질수록 작업가능시간은 점점 줄어들었으나, 측방여유폭으로 인한 작업가능시간 차이는 그리 크지 않았다. 그룹 8-H의 경우 측방여유폭이 1.5m인 경우에 비해 0.5m인 경우는 작업가능시간은 2시간 정도 감소하였다. 이와 같은 이유는 동일한 차로폭 및 차선수일 경우에 대해 측방여유폭에 따른 보정계수의 최대 변화가 Table 3에서와 같이 10% 미만의 차이를 나타내기 때문이다.

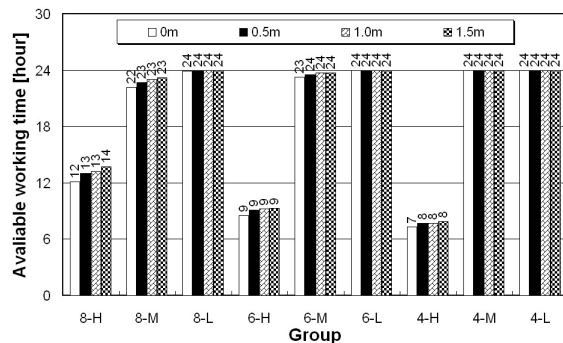


Fig. 5 Available Working Time for Lateral Clearance

3.6. 차로폭에 따른 영향

Fig. 6은 차로폭에 따른 작업가능시간을 2.75m~3.50m까지 0.25m 단위로 분석한 결과를 도시한 것이다. 차로폭이 좁아질수록 작업가능시간은 점점 줄어들었으며, 그 차이는 유효한 것으로 나타났다. 교통량이 많을수록 차로폭에 따른 영향이 더 큰 것으로 나타났으며, 8차로 도로의 경우에 있어 3.50m에 비해 2.75m인 경우의 작업가능시간이 각각 5시간, 3시간, 1시간 차이를 보였다.

하지만 6차로 및 4차로의 경우는 8차로에 비해 상대적으로 차로폭의 영향이 크지 않았다. 전반적으로 차로폭이 좁아질수록 작업가능시간이 줄어드는 경향이 측방여유폭보다 큰 이유는 동일한 조건에서 차로폭에 따른 보정계수의 최대 변화가 Table 3에서와 같이 23%까지로, 측방여유폭보다 상대적으로 크기 때문이다.

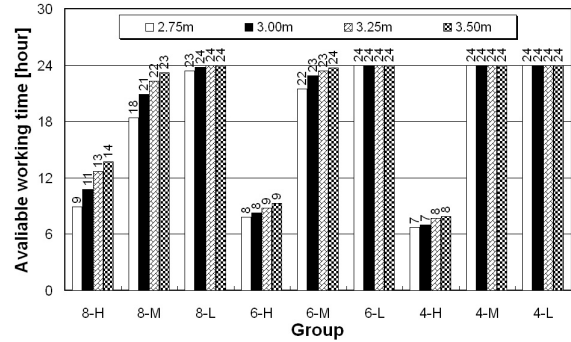


Fig. 6 Available Working Time for Lane Width

4. 교통제한 Calendar 작성

앞서 살펴본 바와 같이 공사구간 발생으로 인한 교통제한 때문에 고속도로의 교통용량 및 서비스수준이 달라지는 것을 알 수 있다. 여기서, 고속도로 공사구간의 용량은 교통제한 차로 및 시기에 따라 달라지게 된다. 실제 운행하는 교통량 데이터를 기반으로 각 시간대별로 교통제한을 몇차로까지 가능한지에 대해 요일별로 하나의 도표로 제시하였다. 이는 시간대별로 몇차로까지 차단할 수 있는지 알 수 있어 보수공법 및 교통차단 방법을 결정하는 자료로 활용할 수 있을 것이다.

교통제한 Calendar는 한국도로공사에서 발간한 “2012 고속도로교통량”의 각 시간대별, 차종별 교통량 데이터를 근거로 다음과 같은 방법으로 작성하였다(한국도로공사, 2013).

- 1) 먼저 공사구간의 각 시간대별로 12차종분류체계의 교통량 정보를 갖고,
- 2) 대상구간의 설계속도를 바탕으로 공사구간의 차로당 용량을 선정한다.
- 3) 중차량 보정계수, 차로폭 및 측방여유폭 보정계수 및 주야간 보정계수를 곱하여 한 차로당 수정된 공사구간의 용량을 산출한다.
- 4) 교통개방한 차로수에 따른 공사구간의 교통용량을 산출한다.
- 5) 각 시간대별로 산출한 교통량을 교통용량으로 나

뉘준다.

- 6) Table 4~6에 나타난 설계속도 및 서비스수준에 대한 교통량 대 용량비(Vp/C)를 기준으로 서비스 수준을 평가한다.
- 7) 서비스수준이 “E” 이상이 되도록 시간대별 허용가능한 교통차단 차로를 조정한다.

Fig. 7은 앞서 제시한 교통제한 Calendar 작성방법에 따라 영동고속도로 양지IC~덕평IC의 교통차단 Calendar를 작성한 예를 나타낸 것이다. 영동고속도로 양지IC~덕평IC의 경우 월요일부터 목요일까지는 1차로 교통제한이 항상 가능하며 2차로를 차단할 경우는 저녁 11시부터 다음날 오후 2시까지 가능한 것으로 나타났다. 3차로를 한번에 차단하는 경우는 저녁 11시부터 다음날 8시까지 가능하였다. 하지만 주말의 경우 교통량이 증가하여 차단이 불가한 서비스수준 “E”미만의 시간대가 오후시간대에 4~5시간정도 발생하였다.

이와 같은 교통차단 Calendar를 작성할 경우, 각 요일별로 교통차단이 가능한 차로수를 알 수 있으며, 이를 통해 교통통제를 어느 시간에 할 수 있는지를 파악할 수 있다. 이는 작업가능시간이 얼마나 되는지를 나타내기 때문에 유지보수공법을 선택할 수 있는 근거가 된다.

S.N.: 05015	Year : 2013	Month : May	Terrain : flatland
Route No.: youngdong	Direction : Kangneung	No. of lane : 4	AADT : 98,395
Section : YangJi-DuckPyung	Mileage : 60.5k ~87.8k	No. of lane closure : 2	Work-zone capacity (oneway) : 2,742



Fig. 7 Lane Closure Calendar of YoungDong Highway (YangJi-DuckPyung IC)

Fig. 8은 도로용량편람의 공사구간 용량을 기준으로 전국 고속도로의 1개차로 차단 시 서비스수준을 나타낸 그림이다. 요일별 및 시간대별로 차이가 있겠지만, 전체적으로 수도권 인근과 광역시 주변의 고속도로에서 서비스수준 “F”인 구간들이 많이 발생하였다. 따라서, 지방부는 연속차단으로 유지보수공법을 시행할 수 있을 것이며, 도심부는 기존의 일일공사 개념의 유지보수방법을 적용해야 할 것이다.

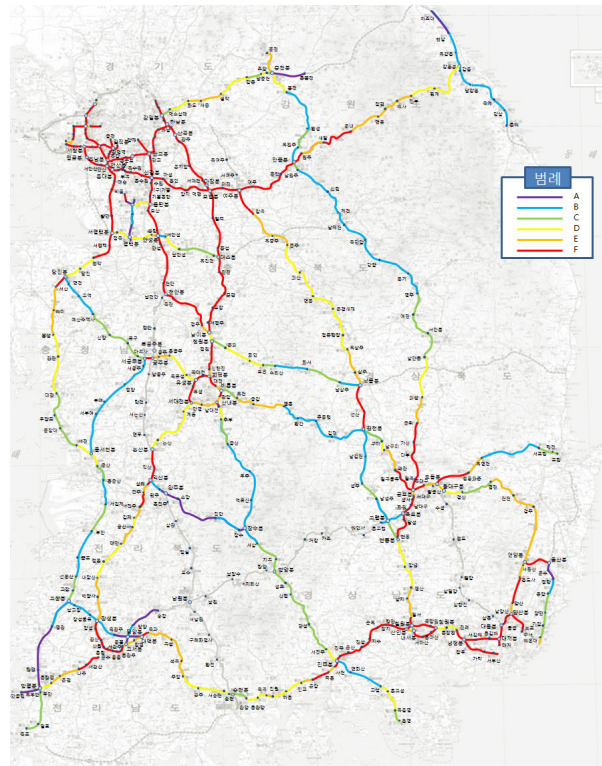


Fig. 8 LOS Map for One Lane Closure in Highway Networks

5. 결론 및 향후 연구방향

5.1. 결론

2013년도에 개정된 도로용량편람의 공사구간 용량 및 국내 고속도로 45개소의 교통량을 근거로 공사구간 발생 시 도로의 용량변화 및 공사 작업가능시간을 검토하였다.

도로용량편람에서 고속도로 용량에 영향을 주는 인자들로는 차로수, 차로폭, 장애물까지 거리, 종단구배, 차종 구성비, 설계속도, 주야간 등이 있다. 이에 대한 분석 결과, 공사구간의 용량, 차로수와 종단구배가 가장 큰 영향을 미쳤으며, 다음으로 차로폭이었으며, 기타 인자들의 영향은 상대적으로 미미하였다. 이는 도로용량편

람에서 제시한 각 항목별 보정계수들이 차이를 나타내기 때문이다. 공사구간의 도로용량에 따른 국내 고속도로에서 작업가능한 차로수와 시간대를 각 요일별로 제시한 교통제한 Calendar를 제시하였다. 이 Calendar를 통해서 공사를 계획하고 진행하는 관계자들이 적절한 보수공법 및 교통처리계획을 수립할 수 있을 것이다. 추가적으로 국내 전국 고속도로 네트워크 상에서 한차로 차단 시 서비스수준 변화를 나타낼 수 있는 도표를 제시하였다.

5.2. 향후 연구방향

향후 연구에서는 고속도로의 포장 유지보수에 직접 관계가 있는 실무자들에게 제공하여 사전에 작업가능 시간에 적합한 공법을 선정하고 교통제한 시 교통처리 방안을 수립할 수 있는 근거를 제시하도록 한다. 또한 실제 고속도로 공사구간에서의 용량분석을 통해 국토해양부에서 제시한 도로용량편람에서 고려하지 못한 영향인자들을 고려하도록 해야 할 것이다.

References

- Abrams, C. M. and J. J. Wang. Planning and Scheduling Work Zone Traffic Control. Report FHWA-IP-81-6, Federal Highway Administration, U.S. Department of Transportation, 1981.
- Dixon, K., and J. Hummer. "Capacity and Delay in Major Freeway Construction Zones", Final Report for Research Project No. 23241-94-8. Center for Transportation Engineering Studies, Department of Civil Engineering, North Carolina State University, Raleigh, March 1996.
- Jalil K., Praveen E., and Carlos S., "Analytical Methods for Deriving Work Zone Capacities from Field Data", American Society of Civil Engineers, 2012.
- Kim, T., D. J. Lovell, and J. Paracha. A New Methodology to Estimate Capacity for Freeway Work Zones. Paper No. 01-0566, submitted to the Transportation Research Board Annual Meeting, 2001.
- Korea Highway Corporation, "Criteria Change of Lane Closure by Modifying Road Capacity Manual (Draft)", internal Document of Traffic Management Division, 2013.
- Korea Highway Corporation, "Development of Roadmap to Improve Pavement Life on Expressway", 2013.
- Maryland State Highway Administration, "Work Zones Lane Closures Analysis Guidelines", 2006.
- Maze, T., and A. Kamyab, "Work Zone Simulation Model", Center for Transportation and Education, Iowa State University, Ames, Iowa, 1999.
- Memmott, and Dudek., "Queue and User Cost Evaluation of Work Zones (QUEWZ) in Transportation Research Record", Journal of the Transportation Research Board, No. 979, TRB, National Research Council, Washington, D.C., 1984. pp. 12-19.
- Ministry of Land, Transport and Maritime Affairs, "Road Capacity Manual", 2013.
- Transportation Research Board, "Highway Capacity Manual", Washington D.C., 2000.