

차량검지기 자료를 이용한 고속도로 설계시간 계수 산정 연구

Design Hourly Factor Estimation Using With Vehicle Detection System

김범진

(한국도로공사 도로교통기술원,
연구원)

백승걸

(한국도로공사 도로교통기술원,
책임연구원)

이정희

(한국도로공사 교통정보센터,
대리)

Key Words : VDS, DHV, K-factor

목 차

- I. 서론
 - 1. 연구배경 및 목적
 - 2. 연구의 수행과정
- II. 이론 및 기존 연구 고찰
 - 1. 이론고찰
 - 2. 기존 연구 고찰
- III. 자료 분석 및 해석
 - 1. 자료정리
 - 2. 자료분석 및 해석
- IV. 결론 및 향후 연구방향
- V. 참고문헌

I. 서론

1. 연구배경 및 목적

도로 설계시 적절한 차로수를 결정하는 것은 막대한 공사비의 소요에 따른 경제적 측면 및 국가 간선도로망의 효율적인 운영을 위해 중요하다. 도로의 효율적인 운영을 하기 위해서는 장래의 목표연도에 부합하는 적정 규모의 도로를 제공하여야 하며, 이를 위해서는 적절한 설계시간계수의 산정이 필요하다.

우리나라 KHCM에서는 설계시간계수 K값을 도시지역은 0.09, 지방지역은 0.15로 사용하고 있다. 이렇게 일률적인 K값을 적용하여 도로시설을 과대설계 할 경우 도로시설물의 일부분이 비효율적으로 사용되거나, 예상되는 교통수요에 못 미치게 도로시설을 과소설계 할 경우 목표 연도 이전에 교통수요를 초과하여 수요자의 시간손실이나 도로의 추가 확장공사로 인해 국가 경제에 막대한 손실을 발생시킬 수 있다. 따라서 적절한 K값을 산정하여 적절한 도로시설을 설계하는 것이 중요하다.

고속도로의 경우 대규모의 차량검지기 자료가 있음에도 불구하고 자료 수집 및 저장관리의 한계, 자료의 결손 오류 문제 등으로 인해 1시간대 교통량 자료에 대한 분석이 이루어지지 않고 있으며, 기존연구는 전체 고속도로 자료를 사용하지 않고 일부만 사용하여 한계를 가지고 있다.

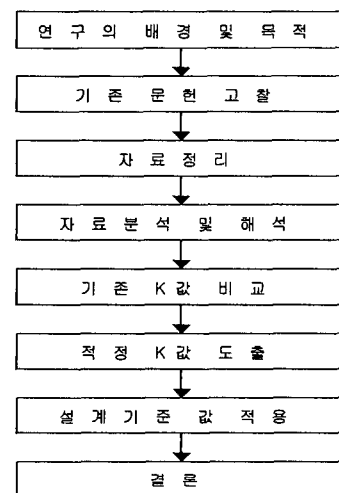
본 연구에서는 고속도로 전역에 설치되어 있는 차량검지기(VDS) 약 3,100개소(4,100개소 중 오류 및 결손 자료 제외)의 자료를 정리하고 분석하였다. 이를 통해 현재 일률적으로 사용 중인 값인 K30의 고속도로에서의 빈도수를 알아보고, 일부 기존 연구에서 제시하고 있는 K100값과 K150값을 비교분석 하

여, 고속도로 차로수 설계 시 유용하게 사용 될 수 있는 K값을 도출하는 것을 연구의 목표로 설정하였다.

2. 연구의 수행과정

2005년 1월 1일 ~2005년 12월 31일 365일중 (검지기 자료 4일치 고장) 361일치 VDS 원시자료를 이용하여 K값을 구하여 보았다. 자료의 양이 방대하기 때문에 자료를 정리 할 때 프로그래밍을 이용하여 정리를 하였고, 정리된 자료로 검지기 위치의 K값을 구하였다.

검지기의 K값과 현재 차로수 선정시 사용되고 있는 K값을 비교해 보기 위하여 검지기 K값을 빈도수를 구하여 비교하여 보았다.



<그림 1> 연구수행과정

II. 이론 및 기존 연구 고찰

1. 이론 고찰

1) 설계시간교통량(DHV)

건설교통부(2000)의 “도로의 구조·시설 기준에 관한 규칙 해설 및 지침”에 의하면 설계시간 교통량은 도로구간을 통과 또는 이용할 것으로 예상되는 교통량으로 한 시간당 차량통과 대수를 말한다. 우리나라의 경우 설계시간교통량에 대한 정의는 “도로의 계획목표년도에 그 도로를 통행할 시간당 자동차 대수”라고 표현하고 있으며 미국의 경우 “도로의 설계에 사용되는 장래 시간교통량”이라고 설명하고 있다.

설계시간교통량 산출방법은 다음과 같다.

① 대상도로 구간의 상시 교통량 조사에 나타난 1년 365일(8,760시간)의 매 시간 교통량을 높은 교통량에서부터 시작하여 가장 낮은 교통량을 나타낼 때까지 순서대로 배열한다.

② 각 시간당 교통량을 나타내는 점들을 연결하는 매끄러운 곡선을 그린다.

③ 곡선의 기울기가 완만해지는 구간에서 Y축에 연장선을 그린 후 Y축과 만나는 곳에서 다시 X축으로 평행한 선을 찾는 것이다. 외국의 경우 곡선의 기울기가 급변하는 지점은 교통량을 높은 순서대로 배열했을 때 30번째 시간에서 발생하고 있다. 물론 우리나라에서는 대상도로의 지역적 특성이 없으므로 외국의 경우에서처럼 30번째 시간교통량을 설계시간교통량으로 하되 연중교통량의 변화가 심한 경우 특별히 고려해야 한다.

④ ③의 절차에서 선택한 30번째 시간교통량의 연평균 일교통량에 대한 백분율을 결정한다. 이 백분율을 K_{30} 이라 한다.

미국에서는 통상 10~50번째 사이의 시간교통량을 설계교통량으로 하고 있으며, 이 범위는 곡선의 꺾이는 부분을 포함하게 된다. 우리나라의 도로용량 편람에서는 설계시간계수를 결정하는 시간교통량 순위로서 관광도로의 경우 50~100번째, 지방도로의 경우는 30번째, 도시도로에서는 10~20번째 순위곡선 기울기의 변화지점이 발생한다.

2) 설계시간계수 (K-factor)

설계시간계수 K-factor의 개념은 1일 24시간의 시간 교통량 분포 중 첨두시간대에 발생하는 교통량으로, 이를 도로설계에 적용하기 위해서는 1년 365일간에 걸쳐 크기순서로 배열한 후, 각각의 시간교통량이 연평균 일교통량(AADT)에 대한 백분율로 표현한다.

1년 365일에 1일 24시간을 곱한 값 8,760시간에 대한 크기 순서대로 배열한 후, 이들 교통량을 부드럽게 곡선으로 연결한 뒤 급격히 변화하는 지점의 교통량을 말한다. 즉 설계시간 교통량은 연평균 일교통량(AADT)에 대하여 차지하는 비율을 말한다.

설계시간계수(K-factor)의 일반적인 특성은 다음과 같다.

① 연평균 일교통량의 증가와 함께 그 대상도로 구간의 K_{30} 은 일반적으로 감소한다.

② K_{30} 이 높을수록 교통량의 변화가 심하다.

③ 대상도로 구간 인접지역의 개발이 많이 이루어질수록 K_{30} 은 감소한다.

④ K_{30} 은 일반적으로 관광도로에서 가장 높은 값을 나타내며 지방지역도로, 도시외곽도로, 도시내 도로 순으로 낮은 값을 갖는다.

⑤ 인구밀도가 낮은 지방부의 도로 및 교통량의 계절적 변동이 큰 노선 등에서는 K값이 매우 커진다. 한편, 도시부 도로나 간선도로의 성격이 강한 노선 일수록 K값은 작아진다.

2. 기존 연구 고찰

1) 이장희(2000)의 “고속도로설계에 있어 권역별 K값 및 D값의 적용방안” 연구

이장희(2000)의 연구에 의하면 AADT에서 첨두시간교통량이 차지하는 비율인 K값 및 D값은 지방부와 도시부에 따라 차이가 있다고 주장하였다.

본 연구에서는 통계적 방법을 이용하여 권역별로 제시하는 K_{150} 값을 사용하였으며, 기존연구에서 제시한 것과 같이 용량 증가와 도로의 교통 혼잡을 예방하고 또한 경제적 측면을 고려하기 위하여 권역별로 다른 K_{150} 값을 적용해야 한다고 제시하였으며, 권역별로 수집된 자료를 비교하여 다음과 같이 제시하였다.

K_{30} 값은

전라도권역>강원도권역>경상도권역>경기·수도권역

K_{150} 값은

강원도권역>전라도권역>경상도권역>경기·수도권역

따라서 같은 도시부라 하더라도 교통특성에 따라 K값이 상이하므로 해당지역의 교통특성을 고려하여 K값과 그에 해당하는 D값을 적용해야한다고 결론을 내렸다.

2) 윤혁렬(1999) “설계시간 교통량 산정 모형” 연구

윤혁렬(1999)은 공간적으로 건설부에서 조사하고 있는 상시 조사지점 51개중 1990년 건설부에서 발행한 도로교통량 통계 연보에 나와 있는 34개 지점의 조사 자료를 이용하였다.

또한 각 지점의 “K값”에 대해서 알아보고 새로운 설계시간 산정모형을 만들어 그 모형에서 나오는 새로운 계수에 따라 도로를 분류한다고 적고 있으며 설계시간 교통량 추정 모형을 다음과 같이 정립하였다.

$$F = a \cdot N^b$$

여기서 F : Hourly Count/AADT
 a, b : Calibration Values
 N : Rank Number

윤혁렬은 설계시간 교통량을 구할 때 AADT에 K-factor를 곱하여 구하는 방법은 30hv의 "K값"이 우리나라 실정에 맞지 않는 소지가 있으므로 본 논문에서는 교통량 순위와 교통량간의 모형을 제시 하였을 때, 교통량 순위와 교통량 사이의 곡선들은 항상 어떤 점을 지난다는 사실을 규명하였고, 곡선들 사이에서 항상 지나는 점의 교통량은 463번째 교통량으로 AADT의 7% 정도가 됨을 제시하였다.

이 값을 토대로 34개 지점에 대해 모형을 만들어 그 도로의 특성치 β 가 결정되면 어떤 순위의 교통량도 구할 수 있다고 제시 하였다.

이 때 β 는 -0.04 이상 -0.45 이하 사이의 값을 가지며 β 가 작을수록 그 도로에 교통량의 집중이 크다는 것을 규명하였고, 어떤 도로의 설계시간교통량을 구할 때 그와 유사한 도로의 β 값을 이용하여 구할 수가 있다고 제시 하였다.

본 논문에서 추천하는 β 값은 I군 도로의 경우 -0.04~-0.08, II군의 도로는 -0.1~-0.2, III군의 도로는 -0.2~-0.3, 그리고 IV군의 도로는 -0.4 정도라고 제시하였다.

III. 차량검지기(VDS) 현황

1. 고속도로 차량검지기 정의 및 분류

차량검지기란 크게 지점 검지 및 구간 검지체계로 구분되며, 차량의 교통/통행관련(교통류특성 관련) 제반 정보 수집을 위한 검지 장치로서 정보를 수집하여 교통류 Data로 가공하는 H/W 및 S/W를 뜻한다.

1) 지점 검지체계

도로상의 한 지점의 교통류 특성을 검지하는 검지기 로, 설치지점의 지점속도, 교통량, 점유율을 검지하고, 여러 지점의 검지기 자료로 다양한 2차 정보의 추정도 가능하다.

지점관측은 시공도에서의 차량궤적선과 평행선이 교차하는 점으로서 지점은 고정되어 있으나 시간은 변화하는 것을 의미한다.

지점검지기는 루프, 초단파, 레이더, 포토셀, 초음파, WIM, CCTV카메라 등의 검지기가 이 범주에 속하며, 이를 통해 교통량, 교통류를, 차두시간, 속도, 하중 등의 변수가 측정된다. 반면, 밀도는 일정한 구간 내에 존재하는 차량의 대수로 표현되기 때문에 지점검지기에서 측정하는데 한계가 있으며 일반적으로 점유율을 사용하게 된다.

2) 구간 검지체계

구간관측방식은 과거 고정된 두 지점에서 차량번호판조사 등을 통하여 교통량, 구간속도 등을 계산하는 방식으로 시공도에서 두 지점을 시간이 변화하면서 교통량, 속도, 밀도를 산출하게 된다.

도로 구간의 통과시간(통행속도, 혼잡상태)을 수집하고, 차량 위치파악기술과 파악된 위치정보 교환을 위한 통신기술의 통합이 필요하다.

3) 검지기 설치위치 선정기준

- 기본구간, 잇갈림 구간, 연결로 접속구간
 - 교통사고 빈도가 높을 것으로 예상되는 지점에 설치
 - 급커브지점에 설치
 - 차로수가 감소하는 지점에 설치
 - 통과교통량이 많은 구간에 설치
 - 과속 구간에 설치
 - 하향 구배가 심한 구간에 설치

한국도로공사 고속도로의 차량 검지기(VDS) 시설 현황은 다음<표1>과 같다.

<표 1> 한국도로공사 교통관리시스템 차량검지기(VDS) 시설 현황

구분	구축연도	차량검지기 (VDS)	폐쇄회로TV (CCTV)	자동차량인식장치 (AVI)
고속도로	2003	547	148	142
우회국도	2003	79	24	30
소계	-	626	172	172
고속도로	1986~1999	557	186	
	2000	298	48	
	2001	651	159	
	2002	346	100	
	2003	91	28	
소계	-	1948	521	

주: 건설기술연구원 2005. 02 내부자료

2. 차량검지기자료 활용현황 및 문제점

1) 국내 활용현황

국내 ITS 시스템의 이력자료저장은 1차 저장과 2차 저장으로 구분되며, 1차 저장의 이력자료는 구간별 소통정보, 패턴정보, 돌발 상황 감지, 그리고 교통상황 모니터링등과 관련된 자료들을 저장하고 있다.

2차 저장의 이력자료는 자료의 신뢰성 검토 및 missing 구간의 보정자료로 활용되고 있으나 국내 ITS 시스템의 경우 막대한 자금을 투입(2005년 약 1조 1800억원(건교부 자료)하여 방대한 규모의 교통자료를 수집·저장하고 있으나, 이용자의 자료 요구 미활용으로 활용도는 매우 낮은 실정이다.

또한, 이력자료의 저장 및 이용과 관련하여 표준화 및 통합 관리가 미흡하여 자료의 이용이 매우 제한적이며, 화물예에 대한 정보는 거의 다루고 있지 않는 실정이다.

<표 2> 국내 차량검지기 활용현황

구분		한국도로공사FTMS
이력자료 항목		<ul style="list-style-type: none"> • 차로구간 ID/차로별 자료 (통행속도, 교통량, 통행시간, 점유율) • VDS 자료
1차저장	활용현황	<ul style="list-style-type: none"> • 구간내 교통소통 정보 • 차로소통 정보 • 전자지도 표출(구간,지점)
	저장기간	1~6개월
2차저장	활용현황	• 1차 저장과동일
	저장기간	4일(보관 주기)

2) 국외 활용현황

미국의 Washington, Seattle ITS 자료 저장 시스템의 경우는 원시자료를 이용한 기초정보 뿐만 아니라 돌발 상황의 인지 및 구분, 위험물 및 화물관련 정보 그리고 정보의 신뢰성과 관련된 정보들도 저장하고 있다.

Seattle ITS 시스템의 경우도 시스템 저장 이력자료의 표준화 및 통합적 관리가 미흡하여 이를 개선하기 위한 이력자료의 표준화 및 통합적 저장시스템을 연구 중에 있다.

<표 3> 국외 차량검지기 활용사례

도시	시스템 내용	ITS자료의 활용 방안
Seattle	고속도로 루프데이터를 이용한 archival system 개발	루프 자료를 이용하여 속도와 통행시간의 변화를 포함하는 혼잡패턴에 대한 모니터링 실시
Houston	AVI로부터 수집된 통행시간에 대한 archival system 개발	프로브 차량을 이용하여 HOV차선과 일반 차로를 이용하는 차량의 통행시간 비교
Chicago	고속도로 루프데이터를 이용한 archival system 개발	루프자료를 이용한 통행속도(시간) 및 혼잡수준에 대한 (통계적) 지도 작성
Montgomery County	간선도로의 루프데이터를 이용한 archival system 개발	비연속류의 루프자료를 이용한 통행속도(시간) 및 혼잡수준에 대한 (통계적) 지도 작성
Minneapolis-St. Paul	고속도로 루프데이터를 이용한 archival system 개발	본선 및 램프상의 루프 자료를 이용하여 램프미터링의 주기 평가
San Antonio	고속도로의 루프, AVI로 수집된 자료와 사고 자료에 대한 archival system 개발	단기통행시간예측을 위해 프로브 차량 자료 활용

3) ADUS의 정의

ADUS는 1990년 중반부터 실시간 교통자료를 수집하여 ITS 제어 전략의 구현을 위한 도구로 사용되고 있다.

- 미국의 경우 1999년 9월 ITS National Architecture에 ADUS를 하나의 User Service로 포함하였고, FHWA는 현재 정보의 공유와 이용을 위한 ADUS 표준 및 가이드 라인을 작성하고 있다.
- ADUS의 목적은 ITS를 통해 수집되는 자료를 다양한 목적(교통계획 및 정책, 교통정보제공, 대중교통관리체계, 시뮬레이션, 도로설계, 교통안전, 교통운영 등)에 효율적으로 이용 가능하도록 데이터의 가공처리, 저장, 공급과정을 체계적으로 구성하는 것이다.
- ADUS는 1,2차 데이터 처리과정(자료처리 및 자료검색 기능)과 저장 시스템으로 구성되어 있다.

IV. 고속도로 설계시간계수 산정

1. 자료

2005년도 1년 365일 차량검지기자료의 교통량, 속도, 점유율

자료 중 K값에 영향을 주는 교통량 자료만 이용한다. 자료는 15분 단위로 수집된 약 4100개의 차량검지기 자료이다.

<표 4> 자료의 예

VDS_ID	구분	0분	15분	30분	45분	...	2345분
0010VDE12211	Occ	0	0	0	0	...	0
0010VDE12211	Vol	0	0	0	0	...	0
0010VDE12211	Spd	100	100	100	100	...	100
0010VDE12321	Occ	0	0	0	0	...	0
0010VDE12321	Vol	146	128	129	50	...	116
0010VDE12321	Spd	93	91	91	92	...	93

자료를 분석하기 위하여 우선 원시자료로 구성된 검지기 자료를 프로그래밍을 이용하여 정리하였다. 자료정리는 우선 속도, 교통량, 점유율로 구성된 자료에서 교통량 자료만 추출하고 추출된 15분 교통량 자료를 1시간 교통량 자료로 합치는 작업을 실시하였다.

또한, 검지기 자료 중 결손이나 오류가 발생한 자료와 1년치 자료가 수집되지 않은 자료를 구분하여 본 연구에서 사용될 수 없는 자료를 제거하는 작업을 하였다.

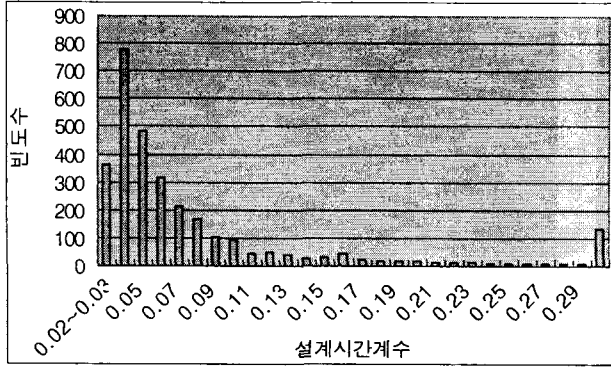
2. 자료 분석 및 해석

1) 설계시간계수 K30번째에 해당하는 검지기 빈도수

자료정리를 통해 구한 약 3,100개의 차량검지기 연평균 일교통량(AADT)을 시간교통량으로 나누어 <표 3>와 같이 설계시간 교통량을 구한 결과, 고속도로의 K30번째 설계시간계수는 0.02~22까지 분포되었다. 0.02~0.29 사이의 설계시간계수가 약 80%를 차지하고 있으며, 0.3~22까지는 검지기당 1~2개 정도 분포하여 극히 적은 도로에서 특별한 시간대에 발생함을 알 수 있다.

<표 5> 차량검지기자료의 K30값 빈도수

K30값 범위	빈도수(개소)	K30값 범위	빈도수(개소)
0.02 ~ 0.03	364	0.17	24
0.04	778	0.18	19
0.05	485	0.19	18
0.06	315	0.2	20
0.07	214	0.21	15
0.08	166	0.22	15
0.09	102	0.23	14
0.1	94	0.24	8
0.11	46	0.25	9
0.12	50	0.26	9
0.13	39	0.27	9
0.14	25	0.28	8
0.15	33	0.29	10
0.16	45	0.3 ~ 22	134



<그림2> K30값에 대한 빈도수

현재 KHCM에 의하면 우리나라 고속도로에서 사용되고 있는 K30번째 설계시간계수는 도시부 0.09 (0.07~0.11), 지방부 0.15(0.12~0.18)이다. 차량검지기 자료를 통해 구한 K30번째 설계시간계수는 0.02 ~ 0.06의 빈도수가 높음을 보이고 있어 현재 사용되고 있는 설계시간계수 값보다 낮음을 알 수 있다.

이는 현재 차로수 산정시 사용되는 설계시간계수 값이 낮은 것은 일 교통량의 변화가 거의 발생하지 않고 1년 365일 비슷한 교통류의 형태를 보이는 것을 의미한다. 이는 차로수 산정시 외국의 실정에 맞는 K값을 사용하는 것이 아니라 우리나라 실정에 맞는 K값을 사용해야 하는데 중요한 의미를 가진다.

2) 설계시간계수 K값 비교

기존 문헌에서 제시하는 K30번째 해당하는 설계시간계수와 기존연구에서 제시하는 K100번째, K150번째를 비교하고, 고속도로 상에 설치된 차량검지기의 설계시간 계수 값이 비교적 적거나와 K10번째와 K20번째의 설계시간 계수 값도 함께 비교해 보겠다.

K10번째와 K20번째의 설계시간계수 값은 “도로 설계시 도로의 군집별 K-factor 산출에 관한 연구”에서 국도의 K값을 K10번째와 K20번째를 사용하도록 권장하였다. 이에 고속도로의 비교 검토시 K10번째와 K20번째도 함께 비교하여 보겠다.

<표 6> 설계시간계수 값 비교

K값 범위	K10 빈도수	K20 빈도수	K30 빈도수	K100 빈도수	K150 빈도수
0.02~0.03	258	312	364	581	695
0.04	703	788	778	783	771
0.05	436	479	485	442	409
0.06	265	312	315	273	275
0.07	188	218	214	211	196
0.08	151	177	166	130	119
0.09	116	106	102	90	73
0.1	95	94	94	58	62
0.11	76	52	46	50	49
0.12	61	55	50	46	32
0.13	52	37	39	27	32
0.14	37	29	25	40	45
0.15	40	28	33	39	31

0.16	45	43	45	26	23
0.17	45	28	24	19	19
0.18	27	23	19	22	23
0.19	25	18	18	13	14
0.2	26	20	20	17	10
0.21	27	20	15	13	14
0.22	23	13	15	9	15
0.23	19	14	14	15	8
0.24	17	9	8	11	12
0.25	11	12	9	7	13
0.26	10	6	9	13	10
0.27	9	9	9	9	6
0.28	18	12	8	7	5
0.29	14	9	10	7	4
0.3~22	264	134	134	108	101

기존연구에서 제시하는 K30, K100, K150번째와 K10, K20번째 값을 비교 해본 결과 K30, K100, K150번째의 설계시간계수 값은 기존문헌에 제시한 평균값 보다 적게 나왔고, K10번째~K20번째 값의 사이의 설계시간계수 값이 현재 도로 설계시 사용되는 값에 유사하게 분포됨을 알 수 있었다.

이는 현재 사용되어지고 있는 기존 문헌의 평균값을 사용하기 보다는 K값을 좀 더 낮추어 사용하여야 한다.

V. 결 론

기존 연구는 고속도로 자료 중 극히 일부분의 지점자료만 이용해서 결과를 도출한 한계를 가지고 있지만, 본 연구에서는 차량검지기를 이용하여 고속도로 전 구간에 대한 교통량을 대상으로 설계시간계수를 구하였다.

현재 K값을 산정 시 외국의 기준 및 지침에 나와 있는 K30번째 값을 그대로 사용하고 있다.

하지만 본 연구에서는 고속도로 차량검지기 자료를 이용하여 설계시간계수를 구하여 본 결과, 기존에 사용하고 있는 K30번째의 설계시간계수 값이 차지하는 빈도수는 적게 나타났다. 따라서 우리나라 고속도로의 도로 설계 시 K값을 30번째 보다 낮은 순위를 선택하는 것을 적절한 것으로 판단된다.

설계시간 K10, K20, K30, K100, K150번째의 설계시간계수를 비교해 본 결과 설계시간계수는 K10~K20번째의 설계시간계수가 현재 사용 중인 설계시간계수 값에 더 근접함을 보여, K값을 현재 사용하는 것보다 더 낮은 순위를 사용해야 한다.

향후 연구과제로는 먼저, 설계도로가 도로 및 지역특성이 유사한 도로에서 설계시간계수를 사용하고 있는 데 고속도로를 더 세밀히 나누어 고속도로의 사용목적에 맞게 도로를 구분하고, 특성이 동일한 지점을 결정하는 방법에 대한 추가적인 연구가 있어야 하겠다.

또한 KHCM에서는 도로를 도시부와 지방부로 나누어 일정한 K값을 권장하고 있으나, 같은 도시부라도 차이가 발생하므로 좀 더 세밀한 권역을 나누어 설계시간계수를 구하여야 하겠다.

참고문헌

1. 도로의 구조·시설 기준에 관한 규칙(2000), 건설교통부
2. 도로용량편람(2001), 건설교통부
3. 교통공학원론(상) 청문각. 도철웅
4. 도시교통공학론. 꾸벽. 박창수, 권용석
5. 한글 SPSS 12.0에 의한 알기쉬운 다변량분석, 형설. 노형진
6. 설계시간 교통량 산정 모형(1999), 윤혁열
7. 고속도로설계에 있어 권역별 K값 및 D값의 적용방안(2000), 이장희
8. 연평균 일교통량 추정을 위한 보정계수 적용 방안(2004), 임성한, 대한토목학회
9. 연 평균 일교통량 추정 방법론에 관한 연구(2002), 오주삼, 대한토목학회