

대형트럭의 총하중과 축하중이 도로안전에 미치는 영향에 대한 연구

- A Study on the Road Safety under Total Load and ESAL for trucks -

김 한 신 *

Jin Han Xin

이 창 호 *

Lee Chang Ho

Abstract

There are very large differences on the standards of gross weight and single axle weight for commercial motor vehicles between international and Korean standards. Short Wheelbase Truck are produced and run only in Korea. It has very serious effects on the durabilities of bridges and roads and makes logistic competitive power fall back and overconsuming energy.

This paper deals with a comparative study of the international standards with Korean, grasps the drawbacks and makes up the suggestions to strengthen the logistic competitive power of Korea and reduce the maintenance cost for the roads and the consumption of energy.

Keyword : Axle Weight, Gross Weight

1. 서론

1.1 연구배경

본 연구는 대형 상용 화물자동차(Commercial Motor Vehicles)의 총중량 및 축 하중에 있어 국제기준과 우리기준에 상당한 차이가 있어 국제기준으로는 허용되지 않는 대형트럭(Short Wheelbase Truck)이 우리나라에서만 생산 운행 허용되고 있어 교량과 도로의 수명에 중대한 영향을 미치고 있다.

또한 선진국과 다르게 다른 중요 요인의 검토 없이 무조건 총중량 40톤으로 제한함으로써 40톤 이상이면서도 교량과 도로 친화적인(air-suspensive) 대형연결자동차(Longer wheelbase Combination Vehicles, LCVs)의 사용을 못하게 함으로써 국가 물

* 인하대학교 산업공학과

2005년 6월 접수; 2005년 6월 수정본 접수; 2005년 6월 게재 확정

류경쟁력을 후퇴시키고 에너지를 과소비하는 등 비환경적 정책결과를 가져오고 있다.

1.2 연구목적

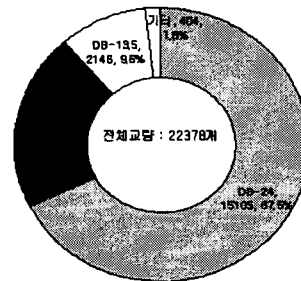
본 연구는 선진국의 제반 규정과 우리 규정을 비교 분석하고 문제점을 파악하며 교량안전을 확보할 수 있는 대책을 수립한다. 또한, 수립된 대책에 의한 국가 물류경쟁력 강화, 도로 유지 보수 관련 국가 예산 절감, 그리고 에너지소비 절약 등 많은 시너지효과들을 얻을 수 있다.

2. 국내 교량 및 도로 유지보수비용 현황

2.1 국내 교량 현황

< 그림 1 >과 같이 우리나라에는 2005년 기준 22,378개의 교량이 있으며 총연장은 1,967km이고 그중에 약 30.7% 약6,869개가 통과하중32톤의 2급 교량이다[7].

구분	교량수(개)	점유율(%)
1등급교	15105	67.5
2등급교	4723	21.1
3등급교	2146	9.6
기타	404	1.8
총계	22378	100.0



총연장	1966.7 km
-----	-----------

< 그림 1 > 교량현황 (2005년도 교량현황 조사자료 기준 - 건교부)

2.2 연간 국가도로유지 보수비용

연간 도로 유지 보수비용이 계속적으로 상승하는 추세이다. 특히 2002년도와 대비하여 2003년도가 31.6%의 큰 폭으로 상승했다[7].

< 표 1 > 연도별 보수현황 (단위: 백만원)

구분	2003	2002	2001	2000	1999	1998	
계	2,241,091	1,702,529	1,632,381	1,760,695	1,434,656	1,309,604	
보수비	소계	1,946,487	1,633,733	1,564,277	1,611,714	1,368,143	1,245,442
	고속국도	131,640	113,369	113,892	126,375	133,313	121,809
	일반국도	995,313	847,207	751,673	627,413	631,284	601,468
	특별·광역시도	183,587	263,897	243,575	368,520	294,023	214,973
	지방도	191,887	95,327	123,103	131,082	115,616	104,965
	시도	169,499	163,434	205,697	128,830	90,393	86,080
	군도	274,561	150,499	126,338	229,494	103,514	116,147
행정지원비	소계	294,604	68,796	68,104	148,981	66,513	64,162
	접도구역 관리비	3,954	640	956	2,345	4,037	402
	수로원(인건비)	290,650	68,156	67,148	146,636	62,476	63,760

3. 우리나라 교량 및 도로설계 기준과 국제기준의 비교

3.1 우리나라 교량 및 도로설계 기준

3.1.1 일급 교량설계하중 DB24

교량설계하중에는 DB하중(표준트럭하중)과 DL하중(차로하중)이 있는데 교량을 설계할 때는 보다 불리한 하중을 선택하여 설계하도록 되어있으며 우리나라 교량의 85%이상이 DB하중으로 설계되어 있다며 DB하중은 한 개의 교량에 종방향으로 차로당 한대를 원칙으로 하고 횡방향에는 재하 가능한 대수를 재하시켜 설계부재에 최대응력이 생기도록 재하한다[2][6][8].

AASHTO규정에 의하여 DB하중(표준트럭하중)설계에 있어 기준으로 삼는 표준트럭의 제원은 도로교설계기준에 < 표 2 >와 같이 규정하고 있다[2]. 우리나라 교량설계 기준은 국제기준과 일치한다.

< 표 2 > 표준트럭 제원

총하중	43.2톤	최원축거	9M
축의 수	5	평균축중	8.6톤
2축(Group) 축중 합	19.2톤		

3.1.2 도로포장 설계하중

우리나라의 도로 포장 설계하중의 기초 개념인 등가단축하중(等價短軸荷重)은 8.2톤으로 설계시공하도록 되어있으며 이것은 미국 AASHTO의 도로 포장 설계하중 기준 ESAL (Equivalent Single AxleLoad) 18,000 lb이다. 따라서 도로포장 설계하중은 미국 등 국제기준과 동일하다[1][4][8].

3.2 선진국의 교량 및 도로 관련 세부규정 개념

교량설계하중 기준은 거의 모든 나라가 다소간에 차이는 있으나 대동소이하하며 우리나라 DB하중도 선진 각국 기준을 그대로 적용하고 있다.

선진 세계 각국에는 위와 같은 설계하중(표준트럭 제원 및 도로포장)이 어떠한 경우라도 초과되어서는 안 되기때문에 차량의 대형화 추세에 따라 설계하중(표준트럭 제원 및 도로 포장)을 초과하여 운행하지 못하도록 하고 있다.

3.2.1 국제기준인 Bridge Formula의 개념

교량공식은 최대한 惡條件 하에서 교량이 지탱 할 수 있는 차량 하중 기준을 제시하는 공식으로써 축의 수나 축간의 거리에 따라 집중 하중과 총 하중을 차별하도록 되어 있다[4][5][6][8].

① 미국 축하중 Bridge Formula

$$W(\text{축중}) = 500 [LN/(N - 1) + 12N + 36], \text{ spreads of 8 to 12 feet [공식 1]}$$

(W: lbs, N: 축의 수, L: 축 group내 최원 축거)

② 미국 총중량 New Bridge Formula

$$W(\text{총중량})=1,000 (1.64L + 30) \quad L \leq 50 \text{ feet}$$

$$W(\text{총중량})=1,000 (0.80L + 72) \quad L > 50 \text{ feet [공식 2]}$$

(L: 최원 축거)

3.2.2 도로친화적 완충장치 우대정책

선진각국들은 도로친화장치의 보급확대하기 위하여 도로친화적 완충장치를 장착한 경우 축 하중을 상향하고 있다. < 표 4 >와 같이 유럽연합에서 도로친화적 완충장치를 장착한 경우에서 단축은 최대 13톤까지 허용한다[5].

< 표 3 > 도로친화적 완충장치 우대정책

구 분	유럽 연합		호 주	
	Non-Road Friendly Suspension	Road Friendly Suspension	Non-Road Friendly Suspension	Road Friendly Suspension
1축 (단축)	10	11.5 / 13	9	10
2축 Group	18	19	16.5	17
3축 Group	22.5	24	20	22.5

※ Non-Road Friendly Suspension : Mechanical Suspension
 ※ Road Friendly Suspension : Air Suspension

3.3 국제기준과 우리기준의 비교

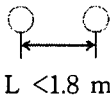
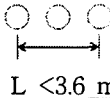
3.3.1 국제기준인 Bridge Formula와 우리기준과의 비교

(1) Bridge Formula[공식 1]에 의거 인접축간거리에 따라 다소 차이가 있으나 최대 1축은 10톤, 2축 Group은 18톤, 3축 Group은 24톤으로 하향(Lower Axle Weight)하여 허용하고 있다. 그러나 한국은 동일한 경우 11/22/33톤 미만으로 허용함으로써 도로를 파손하고 있다. 따라서 표 3과 같이 2축인 경우 한국은 국제기준보다 3.8t, 즉 21%정도 과부하이고, 3축인 경우 국제기준보다 6.2t 더 많은, 즉 26%정도 과부하이다.

(2) Bridge Formula[공식 2]에 의거 최원 축간거리에 따라 총중량을 일체식트럭(Short Wheelbase Truck)인 경우 최대32톤이고, 대형연결자동차인 경우 최대 60톤으로 차등하여 교량의 설계하중을 초과시키지 않으면서 물류경쟁력을 높이고 있다. 그러나 우리나라는 차량의 종류를 따지지 않고, 최대 44톤 미만까지 허용 결과적으로 그림 2와 같이

① 선진국에서는 없는 4축 Short Wheelbase 대형 덤프트럭과 5축 대형카고트럭(Straight Truck)을 탄생시키고

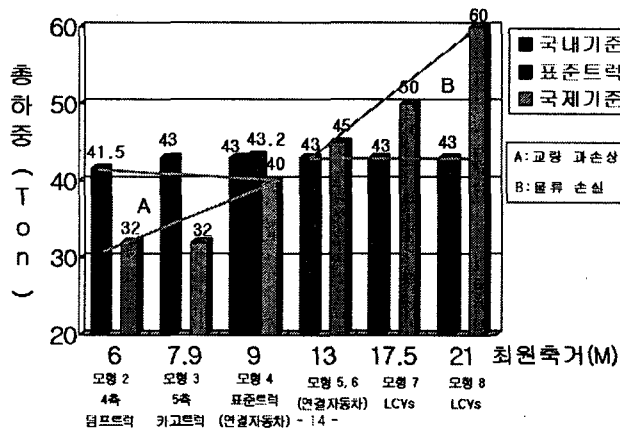
< 표 4 > Bridge Formula[공식 1]집중하중 공식과 우리기준의 비교

순번	Type of Axle Group	국제기준 (Bridge Formula)	우리나라(법률기준)		과부하 비교
			형식승인	실제운영	
1	Tandem Axle(2축)  L < 1.8 m	18 t	19.8 t	21.8 t	3.8 t 21% 과부하
2	Tri - Axle (3축)  L < 3.6 m	24 t	27.5 t	30.2 t	6.2 t 26% 과부하

② 도로 친화적이며 물류경쟁력이 있어 선진국에서 활용되고 있는 대형연결자동차의 탄생을 오히려 가로막고 있다.

3.3.2 차량 평균축하중과 등가단축하중(ESAL)

국제기준에는 어떠한 차량이라도 차량 전체의 평균축하중이 도로포장설계 기준인 등가단축하중 8.2톤을 넘지 않거나 근접하도록 하는 개념이 여러 규정을 통하여 반영한다. 단, 축의 기능이나 구조 또는 도로 친화적 완충장치(Road Friendly Suspension)에 따라 부분적으로 다소의 편차(6톤~13톤)는 인정한다[4][5][8]. 우리나라의 경우도 국제표준단축하중으로 8.2 톤 단축하중을 사용하고 있다



< 그림 2 > Bridge Formula[공식 1]집중하중 공식과 우리기준의 비교

4. 선진국의 물류경쟁력 강화정책 사례

4.1 6축 연결자동차의 총하중 증가

대부분의 국가들은 화물의 대형화에 대처하고 물류 비용절감 차원에서 아래의 전제 조건을 충족하는 6축 연결자동차의 경우에 있어서 총하중 45 ton을 허용한다[4].

전제조건: ① 최원축거 12.7m 이상

② 축Group 하중 2축 : 17.5 ton, 3축 : 21.5 ton

③ 축의 수가 6축 일 때

4.2 LCVs의 총하중 증가

LCVs란, 2단 굴절 연결 자동차로써 차량길이 19m이상이며 최원축거가 최소 17.5m 이상이고 2단 굴절되며 축의수가 7~9개 되는 차량을 말하며, 국제적으로 교량과 도로설계 하중을 초과하지 않고 2단 굴절됨으로써 회전반경이 커지지 않아 특정한 노선에 한하여 국가 물류비 절감과 에너지소비절약을 위하여 총하중 50/60톤으로 운행하고 있다[4][5].

5. 우리나라 도로 및 교량 사후관리 규정과 문제점

5.1 우리나라의 규정과 국제기준의 비교

교량과 도로의 사후 관리 및 국가물류비용에 절대적이고 중대한 영향을 미치는 상용자동차의 총하중 및 축하중 규정이 국제기준과 다르게, [도로법 시행령 28조 3]과 [자동차관리법 안전기준 6조]에 의거하여 오직 단순하게 총중량 40톤 이하, 축중 10톤 이하 및 상기기준 10%미만 초과 허용의 세계에서 유일한 단순 규정이다.

국제기준과 비교할 때 단순한 점이 아래와 같다.

- (1) 총 하중 적용에 차종 구별이 없음
- (2) 축간거리와 축의 수에 따른 차등 없음
- (3) 축 Group에 발생하는 집중하중 규제 없음
- (4) 축의 기능이나 구조에 따른 세부 규정 없음
- (5) 40톤 이상인 어떠한 경우도 허용하지 않음

5.2 우리나라규정의 문제점

도로를 주행하는 세계 공통의 대표적인 상용자동차 8개 차종이 있는데 표 5와 같이 ① 총하중, ② 길이당 하중, ③ 평균 축하중 등 기준에 대하여 분석하고 국제기준과 비교하였다[3][4][7][8].

< 표 5 >에서 보는 바와 같이 국제기준의 Bridge Formula 공식에 의하면 운행될 수 없는

① 대형 4축 덤프트럭

(Bridge Formula 적용시→32톤, 국내운행허용→41.5톤 : 국제기준 9.5톤 초과)과

② 대형 5축 카고 트럭

(Bridge Formula 적용시→32톤, 국내운행허용→43톤 : 국제기준 11톤 초과)이

< 표 5 > ① 총하중 ② 길이당 하중 ③ 평균축하중에 대한 Bridge Formula와의 비교표

구분	순번	최원축거 (m)	차량의 종류	축의 수	교량설계하중		국내 실제 운행 허용				Bridge Formula (국제기준)		
					총하중 (ton)	길이당 하중 (ton/m)	총하중		길이당 하중 [실제운행 하중기준] (ton/m)	평균 축중 (ton)	총하중 (ton)	길이당 하중 (ton/m)	평균 축중 (ton)
							형식승인 하중 (ton)	실제운행 하중 (ton)					
Short Wheel base/ Straight Trucks	1	4.8	트럭	3			26		5.4	8.6	26	5.4	8.6
	2	6	덤프트럭	4			37.8	41.5	6.9	10.4	32	5.3	8
	3	7.9	대형 카고 트럭	5			39	43	5.4	8.6	32	4.0	6.4
표준트럭 [교량설계 기준트럭]	4	9	연결 자동차	5	43.2	4.8	40	43	4.8	8.6	40	4.4	8.0
Long Wheel Base/ Combination Vehicles (LCVs)	5	14	연결 자동차	5			40	43	3.0	8.6	42	3.0	8.4
	6	14	연결 자동차	6			40	43	3.0	7.2	45	3.2	7.5
	7	17.5	2단 굴절 연결자동차 (LCVs)	7			제작하지 않음.				50	2.8	7.1
	8	21	2단 굴절 연결자동차 (LCVs)	9			제작하지 않음.				60	2.8	6.7

* 도로포장 설계하중(등가단축하중 ESAL 8.2 ton) : Equivalent single axle load.

* Mechanical suspension과 Air suspension에 따라 다소 차이가 있음.

세계 유일하게 우리나라에서만 생산 운행되고 있다.

이것은 차종이나 길이에 따른 차등없이 총하중 40톤을 허용, 9m의 표준트럭을 기준으로 하여 6~8m의 짧은 트럭이나 12~14m 이상인 긴 연결자동차나 똑같이 상업적 최대하중인 40톤으로 운행되고 있어 교량공학적 측면의 m당 하중을 비교 할 때 짧은 트럭은 5.4 (ton/m), 긴 연결자동차는 3.0 (ton/m)으로 약 1.5배~2배 교량에 상대적으로 상당한 피로를 가중시키고 있다.

이런 규정으로 세계에서 유일하게 우리나라에서만 짧은 트럭을 중심으로 한 잘못된 화물운송체계를 가져오게 되었고 결과적으로 교량과 도로를 보호하려는 정책의지와 상반된 결과, 그리고 다음과 같은 문제점들을 초래한다.

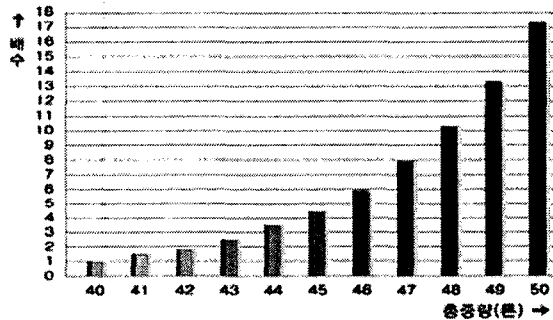
(1) 2급 이하 교량(통과하중 32톤) 6,869개의 안전에 심각한 위협

우리나라에서는 총하중 26톤의 3축 트럭을 제외한 모든 화물자동차가 결과적으로 법적 최대 하중인 40톤으로 운행되고 있는 현실이다. 이에 따라 우리나라에서는 32톤의 2급 교량 통과 가능한 총하중을 가진 차량은 사라지고 있고 이것은 결과적으로 통과하중 32톤의 2급 교량 6,869개의 안전을 극도로 위협하는 결과를 낳고 있다.

(2) 도로유지 보수비용의 증가

(a) 교량설계 총하중 초과와 교량 손상 비용

국토관리청 자료에 의하여 과적차량이 교량을 통과하게 되면 무리한 힘을 받게 되어 교량의 수명이 급격히 단축된다. 따라서 지은지 얼마 되지 않은 교량을 헐고 다시 놓아야 하므로 그만큼 국가예산이 낭비된다. 뿐만 아니라, 성수대교 붕괴와 같은 대형 사고가 발생할 위험이 커지므로 과적운행을 하지 못하도록 중량초과 차량을 단속하게 되는 것이다.

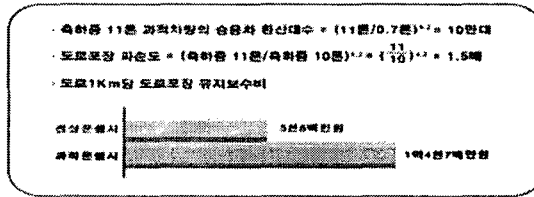


< 그림 3 > 교량 손상도(총중량 40톤을 1로 볼때)

가령, 예를 들면 40톤 화물차가 50톤을 싣고 지나가는 경우 교량수명이 약36개월 정도 단축되고 이를 금액으로 환산하면 전국적으로 약 10조원에 달하는 금액이 된다. 이 돈은 한강다리 약 50여개를 더 놓을 수 있는 막대한 금액으로 결국 우리 국민의 세금 부담이 된다[7].

(b) 도로 포장 등가단축하중 초과와 도로유지 보수비용

차량1대의 축하중이 1톤만 초과하여도 승용차 11만대가 지나갔을 때와 같은 정도로 도로포장을 파손시키게 된다. 따라서 보수에 필요한 비용이 평상시보다 2.5배 더 많아진다. 과적운행을 하면 우리나라 주요도로인 고속도로, 국도, 지방도로의 도로포장유지 보수비가 현재보다 연간 2조7천억원이 증가하여 세금을 낭비하게 된다[7].



< 그림 4 > 도로 파장 증가단축하중 초과와 도로유지 보수비용

(3) 6축 연결자동차 및 LCVs 등 총하중이 45/50/60 톤 차량 활용 장애
 선진국에서는 시간당 또는 운행 거리당 물류비용과 에너지 소비가 절감되고 Bridge Formula 공식에 적용하여도 이상이 없도록 충분히 하중을 분산시킨 45톤의 6축 연결 자동차와 50/60톤의 7~9축 2단 굴절 연결자동차의 제작 및 운영을 허용하고 있다.

그러나 우리나라는 오직 총하중을 40톤으로 제한하여 위와 같이 물류경쟁력이 있는 LCVs의 제작 및 운영을 가로 막고 있어 선진국과 비교 국가 물류경쟁력 측면에서 손실이 크다.

6. 결론

(1) 교량 및 도로 포장 설계하중은 국제기준과 같으나 사후관리 규정이 국제기준과 다르게 단순하여 교량과 도로를 운행하는 차량들이 설계하중을 초과하는 현상이 발생하고 있다. 이것은 시급을 다투어 조치하지 않으면 성수대교 붕괴와 같은 국가재난 발생은 물론이고 수 조원의 엄청난 국가예산을 낭비하게 될 것이다.

첫 째 : 우리나라에서만 짧은 트럭을 중심으로 한 잘못된 화물운송체계를 가져오게 되었고 교량공학적인 측면의 m당 하중을 비교 할 때 짧은 트럭은 5.4 (ton/m), 긴 연결 자동차는 3.0 (ton/m)으로 약 1.5배~2배 교량에 상대적으로 상당한 피로를 가중시키고 있다.

둘 째 : 2급 이하 교량(통과하중 32톤) 6,869개의 안전에 심각한 위협하고 있다.

셋 째 : 도로유지 보수비용 측면에 보면 교량설계 총하중 초과하기 때문에 교량 손상 비용급격으로 증가하다. 또한, 도로 포장 증가단축하중 초과하여 도로유지 보수비용도 많이 낭비하고 있다.

넷 째 : 우리나라는 오직 총하중을 40톤으로 제한하여 선진국에서는 시간당 또는 운행 거리당 물류비용과 에너지 소비가 절감되고 Bridge Formula 공식에 적용하여도 이상이 없도록 충분히 하중을 분산시킨 45톤의 6축 연결 자동차와 50/60톤의 7~9축 2단 굴절 연결자동차의 제작 및 운영을 가로 막고 있어 선진국과 비교 국가 물류경쟁력 측면에서 손실이 크다.

(2) 국제기준의 기초 개념은 "Lower Axle Weight & Higher Gross Weight" 이다. 따라서, 우리나라도 위 개념과 Bridge Formula에 입각하여 아래와 같은 사항에 대한 검토가 요망된다.

첫 째 : 차량의 길이(최원축거)에 따른 총하중 차등

둘 째 : 2급 교량 보호측면에서 차량의 종류에 따른 총하중 차등

- 셋째 : 6축 연결자동차와 2단 굴절 LCVs 한하여 무조건 총하중 40톤 제한을 완화
- 넷째 : 축의 기능과 구조에 따라 축 하중 세분
- 다섯째 : 2축과 3축 Group의 집중하중 하향 규정 제정
- 여섯째 : 도로친화적 완충장치를 한 축의 하중 차별화
- 일곱째 : 2단 굴절 LCVs 한하여 차량 길이 제한 완화
- 여덟째 : 차량의 평균 축하중이 도로포장 등가단축하중(ESAL) 8.2톤을 넘지 않도록 통제하는 개념의 도입

이와 같은 모든 문제들을 좀 더 심층적으로 연구 분석하고 대책을 마련하기 위하여 추진위원회를 건설교통부, 관련 정부부서와 연구소, 학계 그리고 관련단체로 구성하여 신속하고 적절한 조치가 필요할 것으로 사료된다.

7. 참고 문헌

- [1] 권호진, 진명섭, 2001, “최신도로공학”, 기물당
- [2] 조효남, 2003, “교량공학”, 구미서관
- [3] Committee for the Study of the Regulation of Weights, Lengths, and Widths of Commercial Motor Vehicles, 2002, “SPECIAL REPORT 267 - Regulation of Weights, Lengths, and Widths of Commercial Motor Vehicles”, Transportation Research Board Washington, D.C.
- [4] Committee for the Study of Relationships Between Vehicle Configurations and Highway Design, 1990, “SPECIAL REPORT 227 - New Trucks for Greater Productivity and Less Road Wear - An Evaluation of the Turner Proposal”, Transportation Research Board National Research Council Washington, D.C.
- [5] Committee for the Truck Weight Study, 1990, “SPECIAL REPORT 225 - TRUCK WEIGHT LIMITS Issues and Options”, Transportation Research Board National Research Council Washington, D.C.
- [6] <http://www.dot.gov/>, U.S. Department of Transportation homepage
- [7] <http://www.moct.go.kr/> , 건설교통부 홈페이지
- [8] <http://www.transportation.org/aashto/home.nsf/FrontPage> , AASHTO homepage

저 자 소 개

김한신 : 인하대학교 산업공학과 대학원 박사과정이며, 현재 선로용량 시뮬레이션을 위한 파라미터 적합모형개발 연구 중.
관심분야는 CRM, e-learning

이창호 : 현재 인하대학교 산업공학과 교수로 재직중. 인하대학교 산업공학과 졸업 한국과학기술원 산업공학과 석사 한국과학기술원 경영과학과 공학박사 취득
주요 연구관심분야는 인천항의 물류관리, RFID를 활용한 응용시스템, 항공산업관련 스케줄링과 중소기업의 ERP개발 등