

BWIM시스템을 이용한 중차량의 통행특성 분석

Analysis of Truck Traffic Characteristics using BWIM System

황 의 승¹⁾ · 배 두 병²⁾ · 정 경 섭³⁾ · 조 재 병⁴⁾

Hwang, Eui Seung Bae, Doobyong Jung, Kyoung Sup Jo, Jae Byung

요 약 : 도로상의 교량이나 기타구조물의 설계 및 유지관리를 위해서 도로상을 주행하는 중차량의 통행자료가 필요하다. 현재 국내에서 주로 이용되는 정적인 측정은 많은 시간과 인원이 필요하고 차종분포나 차간거리등은 수집할 수 없다. 특히 위치가 노출되어 신뢰성있는 자료를 얻지 못하는 단점이 있다. BWIM시스템은 교량을 이용하여 차량을 정지시키지않고 중량을 측정하는 시스템으로 정확하고 광범위한 자료를 얻을 수 있는 장치이다. 본 연구에서는 국내에서는 처음으로 BWIM시스템을 교량에 설치하여 그 적용성을 검증하고 시스템으로부터 얻어지는 여러 가지 자료를 분석하였다. 또한 과적검문소자료, Toll Gate자료 등 다른 방법에 의한 수집자료와 비교분석하여 일일교통량, 중량분포, 대표차량, 과적차량현황 등 여러가지 중차량의 통행특성들을 구하였다.

ABSTRACT : For the design and maintenance of highways and road structures, the statistical data are needed for the vehicle, especially heavy truck crossing. So far, static weighing has been used but it needs fixed station, crews, and it takes a lot of time. Also truck mix and headway distances cannot be obtained. Bridge Weigh-In-Motion system uses the bridge as a weighing scale and collects the axle weights, axle distances, vehicle types and etc. without stopping or slowing down the vehicle. In this study, for the first time in the country, BWIM system is applied on steel I-girder bridge and its applicability is examined. Also data collected in this system is analyzed to get truck traffic characteristics including average daily truck traffic, weight distribution, typical truck configuration and overweight truck status. The results are compared with other data from weighing station and highway toll gates.

핵심용어 : 주행중계측시스템, 중차량통행, 중량분포, 대표차량, 과적차량

KEYWORD : Bridge Weigh-In-Motion System, Truck Traffic, Weight Distribution, Typical Truck Configuration, Overweight Truck

1) 정회원, 경희대학교 토목공학과 교수, 공학박사
2) 정회원, 국민대학교 토목공학과 교수, 공학박사
3) 정회원, 충북대학교 구조시스템공학과 교수, 공학박사
4) 정회원, 경기대학교 토목공학과 교수, 공학박사

본 논문에 대한 토의를 1999년 10월 31일까지 학회로 보내주시면 토의회답을 게재하겠습니다.

1. 서 론

국내에서 건설된 많은 교량들은 여러 가지 경제적, 사회적, 기술적 요인으로 인하여 손상 및 열화가 심화되고 있는데, 특히 차량하중의 크기 및 빈도의 증가가 그 주요원인이 되고있다. 따라서 일반도로상을 통행하는 트럭의 통행량, 형상 및 중량특성은 도로교의 수명 및 안전에 중요한 변수가 된다. 또한 설계기준에 제시되어 있는 표준트럭하중이 실제로 도로교를 통과하는 차량의 특성을 제대로 반영하지 못한다면 교량의 손상을 야기하거나 또는 경제적으로 과다한 투자를 하는 결과를 낳게 된다.

최근까지 국내에서는 중차량의 통행특성 자료를 얻기 위하여, 또 과적차량의 단속을 위하여 정적인 측정, 즉 차량을 일정한 장소에까지 유도하고 정지시킨 후 각 축중을 측정하는 방법을 사용하여 왔다. 이러한 측정은 매우 정밀한 측정이 가능하고 운전자와의 대화가 가능하다는 장점이 있는 반면 다수의 측정인원, 측정장소가 필요하고 많은 시간이 소요되며 운전자에게 위치가 노출되어 단속을 피할 수 있게 한다. 또한 중요한 통행특성인 중차량 혼입률, 차간거리 등은 수집되지 않는다. 이러한 관점에서 이 방법은 비효율적이며 신뢰성있는 자료를 얻을 수 없는 단점이 있다.

Weigh-In-Motion(WIM)시스템은 이러한 단점을 극복하기 위하여 정상적인 주행을 하는 차량의 흐름을 방해하지 않고 축중을 비롯한 속도, 축간거리, 총중량, 차량종류 등의 여러 자료를 얻을 수 있는 장치로 도로구조물상에 시스템을 설치하여 결과를 지속적으로 측정, 저장하게 된다.

여러 가지 WIM시스템 중 현재 국내에서 주로 사용되고 있는 고정식 WIM시스템은 측정장소를 확보해야하고(고속도로 Toll Gate 등), 단속위치의 노출이라는 문제점을 가지고있다. 이러한 문제점을 해결하기 위해 제안된 Bridge Weigh-In-Motion(BWIM) 시스템^(1,2,3)은 교량을 일종의 중량저울로 이용하는 장치로 교통방해가 거의 없으며, 교량의 거동파악이 가능하고, 빠르고 간편

하게 설치할 수 있고, 정확도가 높으며 이동식으로 사용할 수 있다는 장점이 있다. 반면에 측정을 위한 적절한 교량을 확보해야 하며, 초기투자 비용이 높다는 단점을 가지고 있다.

본 연구에서는 국내에서는 처음으로 BWIM시스템을 교량에 설치하여 그 적용성을 검증하고 시스템으로부터 얻어지는 자료를 분석하고자한다. 또한 다른 방법에 의한 측정결과와 비교·분석하고 일일교통량, 차종분포, 중량분포, 과적상태 등 여러가지 중차량의 통행특성들을 구하고자 한다.

2. BWIM System

2.1 이론적 배경

이 시스템에서는 차량의 중량을 계산하기 위하여, 먼저 구조물의 주형별 변형도가 측정되어지고 이 변형도에 의해 중량이 역으로 계산되어진다. 이러한 과정을 식으로 나타내면 다음과 같다.

$$\begin{aligned} M &= \sum_i^G M_i = \sum_i^G S_i \times \sigma_i \\ &= E \times \sum_i^G S_i \times \epsilon_i = E \times S \times \sum_i^G \epsilon_i \end{aligned} \quad (1)$$

여기서,

M_i = i 번째 거더의 휨모멘트,

E = 탄성계수,

S_i = i 번째 거더의 단면계수,

ϵ_i = i 번째 거더에서 측정된 변형도이다.

위의 식으로 차량이 교량을 통과할 때에 각 거더의 중앙부에 설치된 변형계에 의해 측정된 변형도로부터 휨모멘트가 계산됨을 알 수 있다. 각 차량의 미지수는 각 축하중이며 그 개수는 축의 수 N 과 같은데 이 미지수들을 구하기 위해서는 교량상의 N 개의 각기 다른 위치에서의 휨모멘트가 필요하며 이때 영향선 $I(x)$ 가 필요하다. 즉, 휨모멘트는 첫 번째 축의 위치(x)에 의하여 다음 식으로부터 결정된다.

$$\begin{aligned}
 M(x) &= A_1 I(x) + A_2 I(x - L_1) + \dots \\
 &+ A_N I(x - (L_1 + L_2 + \dots + L_{N-1})) \quad (2) \\
 &= \sum_{i=1}^N A_i I(x - \sum_{j=1}^{i-1} L_j)
 \end{aligned}$$

여기서, $A_i = i$ 번째 축의 중량이다.

식(1)과 (2)에서 측정된 변형도 ϵ_1 로부터 축중 A_i 를 구할 수 있다.

2.2 BWIM 시스템의 장비 및 구성^(4,5)

BWIM시스템은 크게 하드웨어 및 소프트웨어로 구성되어 있다. BWIM시스템의 하드웨어는 계측센서, 자료처리기 및 입출력장치로 구성되어 있다. 계측센서는 교량의 변형도를 측정하는 변형계(strain transducer)와 노면에 설치되어 차량의 속도 및 축간거리를 측정하는 축감지기(axle sensor)로 구성되어 있다. 자료처리기는 3개의 기판으로 구성되어 있는데, 축감지기와 변형계에서 오는 모든 자료를 모으고, 처리하고, 저장한다. 입출력장치는 Personal Computer로 자료처리기에서 전송받은 자료를 저장할 뿐만 아니라 상호 교환하는데 쓰인다.

BWIM시스템에서 사용하고 있는 소프트웨어는 PC와의 연결을 위한 통신프로그램, 중량계산에 이용되는 WIM소프트웨어, 교량평가시 사용되는 Bridge Evaluation 소프트웨어 등이 있다. 또한 영향선을 구하기 위한 프로그램인 Biline이 있다.

2.3 BWIM 시스템의 설치

BWIM시스템의 설치에 교량진입부 직전에 축감지기와 교량하부에 변형계를 설치하고 이들을 자료처리기에 연결함으로써 완료된다.

각 거더에 설치되는 변형계는 지간의 시점으로부터 같은 위치에 설치되어야 한다. 단지간(지간 15m이하) 교량에서는 변형계를 가능한 한 지간 중앙부에 설치하며 최적합한 위치는 지간의 중앙점과 1/3점 사이이다. 일반적인 강재주형 교량에

서는 변형계를 하부 플랜지의 상부에 설치한다. 변형계의 설치시 비교적 깨끗하고 쉽게 녹슬지 않는 곳에 설치하고 주형의 단면이 변하는 곳에는 설치를 피하여야 한다.

축감지기는 축간격과 차량의 속도를 결정하기 위하여 교량진입부전의 각 차선에 설치된다. 축감지기에는 여러 가지 종류가 있는데 본 연구에서는 Tapeswitch를 사용하였다. 각 차선마다 2개의 Tapeswitch가 설치되는데 Tapeswitch의 위치는 차량의 진행방향과 직각으로 설치되어 있어야 한다. 첫 번째 Tapeswitch의 위치는 교량의 시점에서 6~12m 전에 설치되는 것이 바람직하다. Tapeswitch의 간격은 중요한 것이 아니지만 2~7m가 적당하다. 추천되는 간격은 3~5m이다. 변형계와 축감지기의 설치 및 전체적인 시스템의 설치개요는 그림 1과 같다.

2.4 BWIM 시스템의 운용

현장에 시스템이 설치완료되면 축감지기에 신호가 감지되면서 자료수집이 시작된다. 차량이 축감지기를 통과하면 우선 시스템에 내장된 차중분류기준에 따라 차중이 결정된다.

BWIM시스템에는 미국 FHWA(Federal Highway Administration)의 기준에 의한 축수와 축간거리에 따른 차중분류기준이 내장되어 있으며 사용자가 임의로 새로운 기준을 작성하여 입력할 수 있다. 국내에서는 차량을 축수에 의해서만 분류하도록 되어있으므로 본 연구에서는 우선 FHWA의 기준에 의해 자료를 저장하고 후에 이를 축수에 의한 기준으로 변환하였다. 중차량에 대한 FHWA의 기준 및 축수에 따른 기준은 표 1에 정리되어있다.

BWIM시스템은 운영방법에 따라 중량자료, 변형도자료, Rainflow자료 등을 얻을 수 있다. 중량자료에는 개별차량자료, 일일통행량자료, 평균중량표와 시간별 총차량수를 기록하는 Card 3형식과 차선당 차중별 차량수인 Card 4형식, 측정된 모든 개개의 중량자료인 Card 7형식의 자료

가 있다. 또한 필요한 경우 측정된 변형도이력을 그대로 저장할 수 있다. Rainflow자료는 한 차량통과시 측정된 최대변형도의 누적회수를 나타내는 자료로 후에 피로해석에 사용되는 자료이다.

3. 대상교량의 선정 및 실험

3.1 대상교량의 선정

BWIM시스템은 이론적으로 모든 교량에 적용될 수 있으나 현실상 또 측정된 자료의 신뢰성면에서 최적의 교량을 선택하는 것이 중요하다. BWIM시스템에서 추천하는 최적의 교량조건은 다음과 같다.

- 지간 : 9 ~ 18m (7.5~30m 까지 가능)
- 사각 : 0 ~ 10° (10°~25° 까지 가능)
- 상부구조형식 : 강재 I형 거더교, PSC거더교 (상자형교, 슬래브교도 가능)
- 진입로 : 가능한 평탄한 교량
- 접근성 : 주형에 변형계 부착 가능
- 교통량 : 차선당 일일 7,000대 이하
- 교량진동 : 과도한 진동이 없는 교량

BWIM시스템은 교량상에 두 대이상의 중차량이 있을 경우 중량계산을 하지 않도록 되어있으므로 이러한 경우를 최소화하기 위해서는 교통량이 증가할수록 지간이 짧은 것이 바람직하다.

표 1. 축수에 따른 기준과 FHWA기준의 비교

축수	FHWA기준		
	차종	Class	총길이(m)
2축	Bus	40	12.0
	2-axle /6-tire	50	6.0
3축	Car with 1-axle trailer	21	8.0
	Pick-up/Van with 1-axle trailer	31	12.0
	Bus	41	14.0
	3-axle Single unit	60	8.0
	2S1	80	16.0
4축	4-axle Single unit	70	10.3
	3S1	81	20.0
	2S2	82	20.0
5축	3S2	90	20.0
	3-axle with trailer	91	20.0
	5-axle with trailer	110	20.0
6축	6-axle Single unit	100	24.0
	6-axle multi-trailer	120	24.0
7축	7-axle Single trailer	101	24.0
	7-axle	130	24.0
그 외에 이 기준에 들지 않는 차량			140

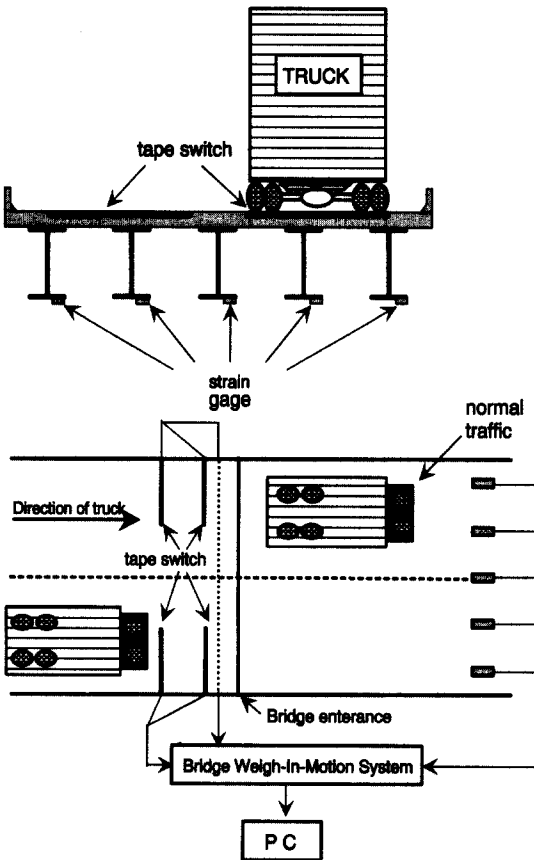


그림 1. 시스템 설치 개요도

본 연구에서는 BWIM시스템이 2차선교량에 적용가능하므로 고속도로상의 2차선 강판형교를 조사하여 현장답사를 실시하였으며 위의 조건에 가장 적합한 S교량을 선정하였다. 이 교량은 5개의 I형거더를 갖는 지간 15m의 3경간 단순교이며 사각은 0°이다. 교량진입부는 비교적 평탄하였으며 첫 번째 경간의 거더밀공간이 낮고 도로이므로 거더에 변형계의 부착이 매우 용이하였다.

3.2 계측 및 자료수집

선정된 S교량에 대하여 1997년 7월부터 9월 사이에 3차에 걸쳐 총 22일간 측정을 실시하였다. 또한 BWIM시스템에서 얻은 자료와 기타자료와의 비교·분석을 위하여 고속도로 Toll Gate, 일반국도상의 고정식 및 이동식 과적검문소, 지방도의 매설형 WIM시스템 등으로부터의 자료로 수집하였다. 수집된 자료들은 표 2에 정리되어있다.

BWIM시스템은 측정을 시작하기 전에 현장보정을 통하여 시스템내의 보정계수들을 정하여야 한다. 현장보정은 측중을 알고 있는 시험차량을 통과시켜 실시하는데 본 연구에서는 매회 각 차선당 8회 이상 측정을 실시하여 보정계수를 정하였다. 자세한 현장보정의 과정은 문헌⁽⁶⁾을 참고바란다.

표 2. 수집된 차량자료

	고속국도	일반국도	지방도
고정식 시스템	· Toll Gate(K지역) 1997년7월, 14,435대 · Toll Gate(P지역) 1997년7월, 8,689대	· 과적검문소(K지역) 1997년8월 3,345대	· WIM시스템(K지역) 1997년 4월 5,937대
이동식 시스템	BWIM시스템(S교량) · 1차 : 1997년 7월, 상행, 18,267대 · 2차 : 1997년 8월, 상행, 41,992대 · 3차 : 1997년 9월, 하행, 34,150대	· 과적검문소(K지역) 1997년8월 1,711대	

4. 중차량의 특성 분석

중차량의 중량특성 및 통행특성을 구하기 위하여 표 2에 정리된 것과 같이 BWIM시스템, Toll Gate의 고정식 중량측정장치, 일반국도상의 고정식과 이동식 과적검문소, 지방도의 고정식 WIM시스템에 의한 자료 등 여러 가지 자료를 비교·분석하였다.

4.1 차종분류

BWIM시스템에 의한 자료를 FHWA의 차종분류기준으로 분류하면 표 3과 같다. 또한 본 연구에서 수집한 기타 다른 장치에 의한 차량자료를 측수에 따라 분류하면 표 4와 같다. 표 4에서는 표 3의 BWIM시스템 자료를 측수에 따른 자료로 변환한 자료도 포함하고 있다.

이를 토대로 수집되는 자료의 일반국도와 고속도로, 지방도의 주된 차종을 살펴보면 일반적으로 BWIM시스템은 운전자가 인지하지 못하므로 시스템이나 측감지기가 정상인 동안에는 실제통행하는 모든 차량이 기록된다. 따라서 대상의 폭이 넓고 현재 고속도로상을 주행하는 차종이 면밀히 조사된다. 이중 주된 차종은 FHWA 기준으로 Class 40, 50, 60, 82, 90, 91, 100, 140으로 구분된다. 이중에서 Class 50 (2축 트럭)의 차량수가 40%를 차지하여 2축 트럭이 고속도로상의 주된 차량임을 알 수 있다. 일반국도의 자료를 보면 3축트럭이 주요차종으로 조사되었으나 이는 과적검문소의 자료이므로 실제 통행하는 차종의 분포와는 다른 것으로 판단된다.

현재 국내에는 차량분류기준이 기관별로 상이하고 측간거리 등에 의한 기준이 명확히 정립되지 않고 있다. 그러므로 BWIM시스템을 이용하여 폭넓고, 신뢰성있는 자료를 통하여 새로운 차량모형을 설정하여 국내 실정에 맞는 차량기준의 정립이 필요한 것으로 판단된다.

4.2 일일교통량

BWIM시스템에서 수집된 자료를 상행선주말, 상행선평일, 하행선주말, 하행선평일로 나누어 하루동안에 이상없이 계속 측정된 날을 선택하여 일일교통량 및 차종별, 시간별 통행량을 분석하였다. 일반적으로 하행이나 상행의 교통량은 같은 조건(주말, 평일)이면 비슷한 통행량을 보이지만 보통 주말은 상행선이 평일은 하행선이 전체적인 교통량이 약10%정도 더많은 추세를 보인다. 그러므로 상행, 하행으로 구분하지않고 평일과 주말로 나누어 특성을 분석하면 평일 일일교통량은 21,000~24,000대이고 이중 자가용이 13,000~15,000대로 60~65%정도를 차지하며 트럭은 7,000~8,000대로 35%정도를 차지한다. 주말에는 일일교통량은 25,000~29,000대이고 이중 자가용이 22,000~25,000대로 85~90%를 차지하며 중차량은 3,000~4,000대로 10~15%를 차지한다. 특히 중차량에서도 버스가 25%를 차지한다. 이것으로 볼 때 평일보다는 주말에 자가용이 약30~40%정도 증가함을 알 수 있다. 도로교통량통계연보⁽⁷⁾에 의하면 대상교량 지역의 2차선 24시간 교통량은 약 26,000대정도로 본 시스템의 결과와 매우 유사한 결과를 보이고 있다. 그림 2와 3은 상행선의 평일과 주말의 일일교통량 및 차종별 시간당 통행량을 나타낸 그림이다.

표 3. FHWA차종분류에 따른 BWIM시스템 자료의 차종분류

차종	40	41	50	60	70	80	81
차량수 (대)	6,484	123	38,543	17,026	7	85	114
비율 (%)	6.9	0.1	40.0	18.0	-	0.1	0.1
차종	82	90	91	100	101	140	
차량수 (대)	1,253	15,766	1,420	1,413	9	12,166	
비율 (%)	1.3	17.0	1.5	1.5	-	13.0	

표 4. 축수에 따른 계속차량수

(단위: 대)

형식 축수	고속국도	일반국도	일반국도	지방도	BWIM
	고정식	고정식	이동식	고정식	
2축	9,170 40%	469 14%	128 7%	50 1%	45,150 48%
3축	4,028 17%	1,503 45%	898 52%	318 5%	17,026 18%
4축	3,634 16%	1,121 34%	663 39%	5,514 93%	13,625 14%
5축	5,911 26%	241 7%	22 2%	54 1%	17,186 18%
6축	381 1%	11 -	0 -	1 -	1,422 2%
총수	23,124	3,345	1,711	5,937	94,409

4.3 트럭의 중량분포

일반도로상을 통행하는 트럭의 중량특성은 도로교의 지간상에서 발생하는 활하중효과에 큰 영향을 미치기 때문에 도로교의 안전평가시에는 이들 중량특성이 정확히 반영되어야 한다. 또한 시방서에 포함되어있는 설계차량 결정시에도 국내 도로상을 통행하는 트럭의 중량특성 및 트럭통행량을 정확하게 평가하여 이를 반영하여야 한다 (8,9)

4.1절에서 분류한 자료들을 이용하여 먼저 총중량히스토그램을 그림 4에 나타내었다. 그림에서 일반국도와 지방도의 자료가 BWIM시스템과 Toll Gate자료보다 평균이 높다. 이는 일반국도는 짐이 실린 차량만을 중점적으로 파격검문하며 지방도는 WIM계측의 하한값이 높기 때문인 것으로 판단된다. 총중량 히스토그램을 살펴보면 빈차량집단과 짐이 실린 차량군, 경량의 트럭과 중량의 트럭을 나타내는 2차, 3차모드 형태가 나타난다.

지방도, 일반국도나 고속도로 Toll Gate자료 또한 2차, 3차모드 형태로 나타나지만 운전자가 의도적으로 피해갈 수 있기 때문에 자료의 분포 범위가 작다. 그에 비해 BWIM시스템의 자료는 분포범위가 상당히 넓으며 분포가 3차모드 형태

로 나타나는데 이는 차량에 대한 측정범위가 상당히 넓고, 운전자가 인식하지 못하여 모든 통행 차량이 감지된다는 것을 보여준다.

차종별로 중량분포를 비교하기 위하여 축을 기준으로 2축에서 6축으로 나누어 차종별 중량분포를 그림 5~9에 나타내었다. BWIM시스템의 자료중 5t(50kN) 미만인 차량은 BWIM 시스템에서 중량이 계산되는 차량의 최소무게이며 교량의 활하중효과에 전혀 영향이 없는 것으로 판단되어 제외시켰다.

6축차량은 자료가 없어 BWIM자료와 Toll Gate 자료를 비교하였다. 차종별로 BWIM시스템자료의 중량분포를 살펴보면 모든 경우에 2차모드 형태를 보이는데 이는 빈차량과 짐이실린 차량군으로 볼 수 있고, 자료의 범위가 넓은 분포

형태를 보인다. 반면에 다른 자료들의 경우에는 대개 1차모드 형태이며 자료의 범위가 좁은 것을 알 수 있다. 따라서 BWIM시스템으로부터의 자료가 가장 신뢰성 있는 자료를 제공하는 것으로 판단된다.

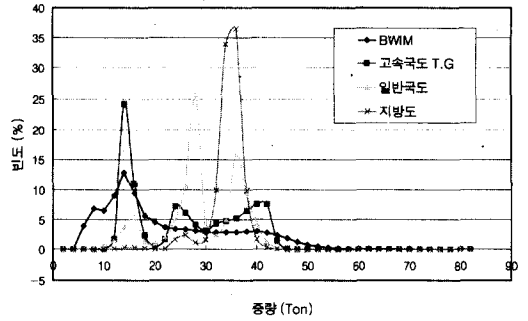


그림 4. 총중량히스토그램

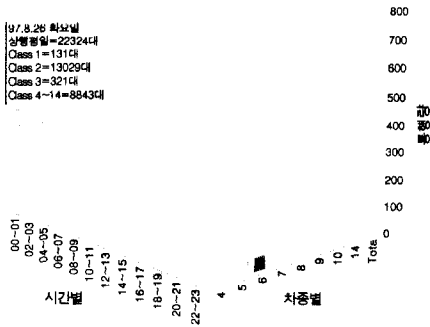


그림 2. 상행선 평일 통행분포

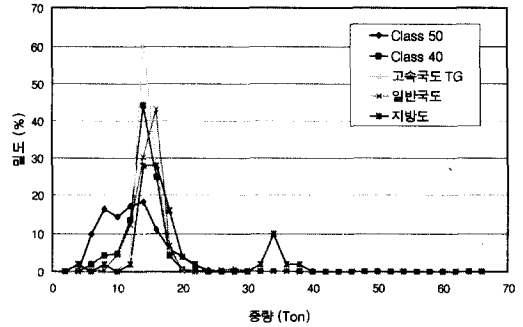


그림 5. 2축차량의 중량분포

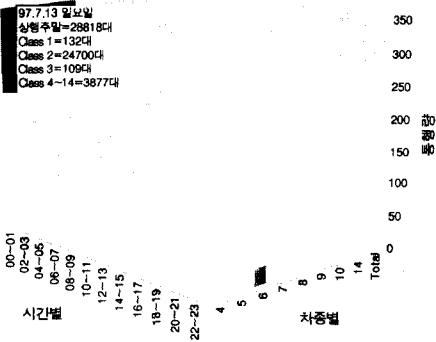


그림 3. 상행선 주말 통행분포

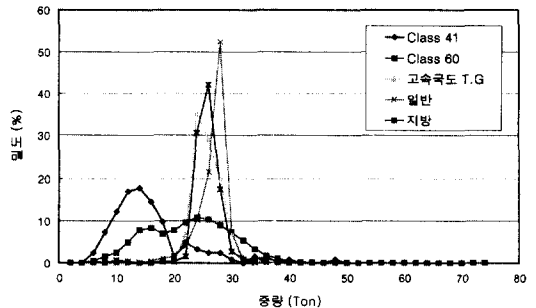


그림 6. 3축차량의 중량분포

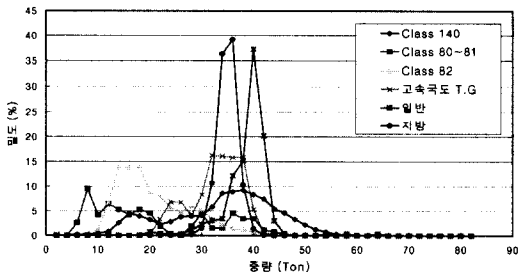


그림 7. 4축차량의 중량분포

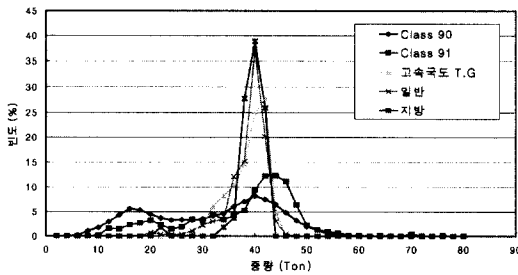


그림 8. 5축차량의 중량분포

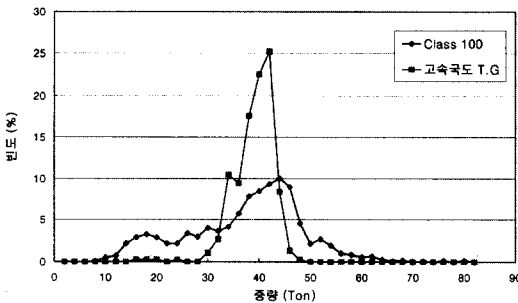
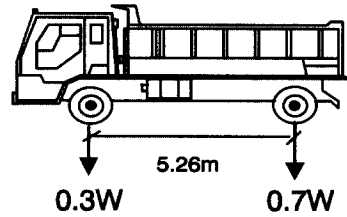


그림 9. 6축차량의 중량분포

4.4 대표트럭의 결정

BWIM시스템의 자료를 분석하여 FHWA기준에 따른 차종별 대표차량을 결정하였다. 중차량을 Single과 Semi-Trailer 형태로 나누면 Single로는 FHWA 기준의 Class 50, 60, 140이 속하며 Semi-Trailer에는 Class 82, 90, 91, 100이 속하게된다. 이를 하나의 Single트럭과

Typical Single Standard Truck



Typical Standard Semi-Trailer

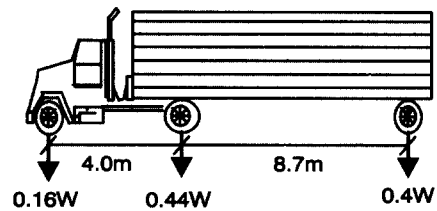


그림 10. Single트럭과 Semi-Trailer의 대표차량

하나의 Semi-Trailer트럭 대표차량모형을 결정하면 그림 10과 같다. 각 Class별 대표차량은 문헌⁽⁶⁾을 참고바란다. 이와 같은 대표차량을 다른 연구에 의한 결과⁽¹⁰⁾와 비교하면 축중분포는 유사하나 축간거리는 더욱 길어져 차량이 점점 거대화되는 것을 알 수 있다.

4.5 과적차량분포

과적차량의 문제는 오래전부터 매우 심각한 상태인 것으로 지적되고 있으나, 아직까지 이의 효과적인 대응책이 수립되지 못하고 있다. 과적의 문제는 자동차산업의 발달에 따른 화물차량의 성능개선과 운송사업체의 합리적인 운영에 따른 적재량증가와 함께 더욱 심각해지고 있다. 또한 경제적인 측면을 포함한 여러 요인에 의해 과적차량 통제와 관련된 법규들도 개정, 완화되고 있는 추세이므로 교량설계자나 유지관리자들은 이에 대응한 합리적인 대책을 세워야 할 것이다.

현재 국내에 적용되는 과적에 대한 축중기준은 10t(98kN)이며 총중량 기준은 40t(392kN)이

표 5. BWIM시스템자료의 과적분포

	계측차량수 (대)	총중량과적 (대.%)	축중과적 (대.%)
1차 실험	18,267	1,389 7.6%	4,031 22%
2차 실험	41,992	5,049 12.02%	12,595 30%
3차 실험	34,150	2,292 6.7%	4,840 14.1%
총 계	94,409	8,730 9.2%	21,466 22.7%

표 6. 차종별 과적차량비율

차종	총차량수(대)	과적차량수(대)	비 율(%)
50	38,543	19	0.05
60	17,026	96	0.56
82	1,253	30	2.39
90	15,766	4,265	27.05
91	1,420	697	49.08
100	1,413	620	43.88
140	12,166	3,002	24.68

다. 이 기준에 따라 BWIM시스템자료중 과적차량의 비율을 분석하면 표 5와 같다. 표를 살펴보면 1차, 2차, 3차 실험에서는 총과적기준을 초과하는 차량이 7.6%, 12.5%, 6.7%를 차지하며, 축과적기준을 초과하는 차량이 22%, 31.2%, 14.1%를 차지하여 BWIM시스템의 오차를 고려하더라도 상당수 차량이 과적함을 알 수 있다. 이를 다시 차종에 따른 총중량 과적차량을 분석하면 표 6과 같다. 총중량 과적이 가장 많은 차종은 Class 91, 100로 45% 이상을 차지하는데 이와 같은 이유는 짐칸이 개방되어 있어 규정된 짐칸을 가진 Class 90보다 많은 과적을 하는 것으로 판단된다. 그외에도 Class 90, 140이 25~30%가 총중량 과적기준을 넘어 트레일러와 탠덤트럭이 과적의 주요차종으로 판단된다.

5. 결 론

본 연구에서는 국내에서 최초로 BWIM시스템을 교량에 설치하여 그 적용성을 검증하고 시스

템으로부터 수집된 자료를 분석하여 중차량의 통행 및 중량특성분석을 수행하였다. 본 연구를 통해 얻어진 결론은 다음과 같다.

(1) 국내에서 처음으로 수행한 BWIM시스템을 이용한 본 실험은 성공적으로 수행되었으며, 실험을 통해 차량의 흐름을 방해하지 않고 동시에 운전자에게 인지하지 못하도록하여 광범위하고 신뢰성 있는 차량 자료를 수집할 수 있었다. 이 자료로부터 일일교통량, 차종분포, 중량분포 등 신뢰할 수 있는 중차량의 통행 및 중량특성 자료를 제시하였다.

(2) BWIM시스템의 자료를 통해 차종별 대표 차량의 축중분포와 축간거리를 제시하였다. 제시된 차종별 대표차량은 대표적으로 Single, Semi-Trailer로 나누어 모형화한 결과가 다른 연구에 의한 차량과는 축중분포가 유사하나 축간거리는 더욱 길어져 차량이 점점 거대화되는 것을 알 수 있다.

(3) 고속도로상의 과적상태를 분석한 결과 축기준을 넘는 차량이 전체의 22.7%이며, 총중량 기준을 넘는 차량은 전체의 9.2%가 되어 중차량 과적 문제가 심각함을 알 수 있다. 특히 차종별로는 짐칸이 개방되어있는 트레일러 및 탠덤트럭의 과적비율이 상대적으로 높은 것으로 나타났다.

감사의 말

본 연구의 수행중 자료수집에 협조하여 주신 여러 관계자분들께 감사드립니다. 특히 한국도로공사 도로관리사업소 및 도로연구소 직원들에게 심심한 사의를 표합니다.

참 고 문 헌

- (1) R. Snyder, A. Znidaric, F. Moses, J. Znidaric: "Bridge Weigh-In-Motion Testing of Vehicle Gross Weights In Slovenia", Presented at the First European WIM Conference, Zurich, 1995

- (2) R. Snyder, F.Moses: "Application of In-Motion Weighing Using Instrumented Bridges", Transportation Engineering Journal, ASCE, Vol.105, TE3, May 1979
- (3) "Field Trials of Low-Cost Bridge Weigh-In-Motion", FHWA Contract DTFH61-89-C-00048,1991
- (4) R. Snyder: "Operation Manual for the Low-Cost Bridge Weigh-In-Motion System", Publication Bridge Weighing System, Inc., 1995
- (5) R. Snyder: "Operation Manual for the Bridge Evaluation Software", Publication Bridge Weighing Systems, Inc., 1992
- (6) 한국강구조학회, "강형교의 교통량 분석을 통한 설계 피로하중산정과 발생응력의 모형화 연구," 최종보고서, 1997
- (7) "97도로교통량 통계연보," 건설교통부, 1998.
- (8) 김상효, 박홍석, "도로교 차량하중 및 통행특성에 관한 연구", 대한토목학회 논문집, 제12권 제4호, 1992
- (9) 심재수, 황의승, 하준수, "도로교 차량 활하중의 최대단면력 산정에 관한 연구", 대한토목학회 논문집, 제16권 제4호, 1996
- (10) 정철현, "도로상을 통행하는 트럭의 형상 및 중량특성", 대한토목학회 논문집, 제15권 제5호, 1995

(접수일자: 1999년 1월 28일)