

WIM(Weigh-In-Motion) 장비 보정을 위한 대표차종 선정에 관한 연구

A Study of Representative Vehicle for Calibration of WIM(Weigh-In-Motion)

김범진* 임종길** · 손영태***

Kim. Bum Jin·Im, Jong Gil·Son, Young Tae

1. 서 론

우리나라의 도로교통 사정은 사회경제의 변화와 더불어 급속하게 변화하고 있다. 특히 유통사업 확대와 함께 자동차 운송은 다양화, 원거리화, 대형화로 한계에 이르고, 도로 손상 등을 포함한 도로 관리상의 문제도 매년 증가하고 있다. 한편 도로의 이용 상황 및 위반 차량의 실태를 주행 중에 차량 중량, 축중, 교통량 등의 각 항목별로 상세히 파악하여 도로, 교각 등의 안전 및 설계, 교통 감시 등에 폭넓게 이용할 시스템 개발에 대한 필요성이 매우 높아지고 있다. 다시 말해 자동 계중시스템 WIM (Weigh-In-Motion)의 수요가 점차 증가하고 있는 가운데, 국내 ITS 추진 기관을 중심으로 고속용 시스템 도입이 적극적으로 검토되고 있는 추세이다.

WIM(Weigh-In-Motion) 장비를 이용한 중량값 측정은 차량의 동적 하중을 이용하여 정적하중을 추정하는 방식으로, 추정된 정적하중은 실제 차량의 정적하중값과 차이를 보일 수 있다. 이와 같은 추정된 정적하중과 실제하중의 차이를 최소화하는 과정을 WIM 장비 보정이라 하며, WIM 장비 보정에는 장비 설치시 실험차량을 선정하여 설치된 WIM 장비 위를 주행함으로써 추정된 정적하중과 실험차량을 정지시킨 상태에서 측정된 하중을 비교하여 그 오차를 보정하는 WIM 장비 센서 보정과 장비운영이후 일정기간동안의 자료수집을 통하여 특정차종에 대한 차량중량분포를 검토함으로써 비논리적인 분포에 대해 검토하고 보정하는 데이터 분석을 통한 보정이 있다. WIM 장비 센서 보정을 위해서는 적절한 실험차량의 종류를 선택하여야 하며, 데이터 분석을 통한 보정을 위해서는 중량분포를 검토해야 할 차종이 필요하다.

WIM 장비 센서 보정을 위한 실험차량은 차종의 중량특성 및 제원 특성이 차종 내에서 큰 범위를 가지지 않고 일정범위 내에서 수렴되어야 하는 것이 바람직하며, 데이터 분석을 통한 보정에 이용되는 차종은 되도록 대부분의 WIM 설치 지점에서 일정한 패턴의 중량분포를 나타내어야 한다. 본 연구에서는 차종별로 중량 및 제원 특성과 중량 분포를 검토하여 WIM 장비의 데이터 분석을 통한 보정을 위한 차종을 선정할 것이다.

그에 대한 연구 방법으로는 다음과 같다.

- WIM 개별 차량 자료에 대한 접근
- 11개의 차종에 대하여 WIM 장비에서 수집된 개별 차량의 중량 자료(총하중, 축하중)를 Plotting 하여 빈도에 따른 하중의 분포를 작성한다.
- 작성된 각 차종의 분포도를 비교하여 위에서 언급한 조건에 가장 부합되는 차종을 실험차량(차종)으로 선정한다.

* 명지대학교 교통공학과 석사과정 · 016-271-5574(E-mail:ydknykim@hanmail.net)

** 명지대학교 교통공학과 석사과정 · 010-2534-4849(E-mail:yunwolmoon@hotmail.com)

*** 정회원 · 명지대학교 교통공학과 부교수 · 공학박사 · 011-778-7612(E-mail:son@mju.ac.kr)



2. 이론적 고찰

2.1 보정(Calibration)

WIM 장비는 도로 면에 설치되어 주행중인 차량의 동적 하중을 측정하여 이에 상응하는 정적 중량을 추정하게 된다. 이와 같은 정적 하중은 차량의 속도나 차종별 동역학의 차이에 따라 동일한 중량을 가진 차량에 대해서도 상이한 값을 보일 수 있으며, 또한 WIM 장비가 설치된 지점의 포장상태 및 기하구조 등 여러 조건에 따라 영향을 받게 되어 WIM 장비로 추정된 정적하중에 대한 오차 발생의 원인이 된다.

WIM 장비의 보정은 WIM 장비를 통해 추정된 차량의 정적하중과 실제 하중과의 오차를 최소화하기 위한 과정으로 WIM 장비 설치 후 자료수집 실시 이전에 반드시 수행하여야 한다. WIM 장비의 보정은 현장에 설치된 WIM 장비 센서에 대한 현장 실험을 통한 보정과 WIM 시스템을 통해 산출된 데이터 분석을 통한 보정으로 구분된다.

2.2 차종 구분

차종은 축수, 축거, 오버행(차량 전방 끝으로부터 첫 번째 축간의 거리), 차량 길이를 이용하여 구분한다. 우리나라의 경우 차종 구분은 일반 국도의 경우 11종, 고속국도 및 지방도의 경우 8종을 구분한다.

표1. 우리나라 일반국도의 차종구분(11종)

차 종		차량 형태			차 종 정 의
		축수 (축)	바퀴수 (륜)	단위 (개)	
1종	승용차 소형 버스	2	4	1	여객 수송용 세단 및 왜건 형식의 2축 4륜을 기본으로 하며 소형 화물 운송 차량인 미니 트럭 포함
2종	중형 버스	2	4/6	1	여객 수송용 벤 또는 버스 형식으로 2축 4륜 및 6륜 구조의 1단위 차량으로 25인승 이하의 차량
3종	대형 버스	2	6	1	여객 수송용 중형 버스로 2축 6륜 구조의 1단위 차량으로 25인승 이상의 버스
4종	소형 트럭 A	2	4/6	1	화물 수송용 트럭 형식으로 2축 4륜 및 6륜 구조의 1단위 차량으로, 적재 중량 2.5톤 이하의 차량
5종	소형 트럭 B	2	6	1	화물 수송용 2축 6륜의 1단위 차량으로 적재 중량이 3.5~8.5톤 사이의 차량
6종	중형 트럭 C	3	10	1	화물 수송용 3축 10륜의 1단위 차량으로 적재 중량이 10.5~15톤까지의 믹서 및 덤프 트럭
7종	중형 트럭 D	3	10	1	화물 수송용 3축 10륜의 1단위 차량으로 적재 중량이 9.5~12톤의 적재함을 가진 차량
8종	중형 트럭 E	4	12	1	화물 수송용 트럭 형식으로 4축 12륜의 1단위 차량
9종	대형 트럭 F	4	14	2	화물 수송용 트레일러 형식으로 4축 14륜의 2단위 차량이며, 차체가 견인차와 피견인차로 구성
10종	대형 트럭 G	5	18	2	화물 수송용 트레일러 형식으로 5축 18륜의 2단위 차량
11종	대형트럭 H	6	22	2	화물 수송용 트레일러 형식으로 6축 22륜의 2단위 차량



2.3 데이터 분석을 통한 보정

데이터 분석을 통한 보정이란 보정을 통해 WIM 장비 센서에 대한 보정을 수행한 후 일정기간동안의 자료 수집을 통하여 특정 차종에 대한 차량 중량 분포를 검토함으로써 비논리적인 분포발생시 WIM 장비를 통해 수집된 자료에 문제가 있음을 의심하여 이를 검토하고 보정하는 것을 말한다.

만약, 1종 차량을 대표 차종으로 선정했을 때의 데이터 분석을 통한 보정의 예는 다음과 같다.

1) 1종 차량의 총중량 분포를 이용한 보정의 예

1종 차량은 일반적인 승용차 형태의 차량들로 구성되어있다. 아래의 1종 차량의 총중량 분포의 예로 1종 차량의 경우 총중량을 200kg 간격으로 도시할 때, 비대칭 정규 분포를 나타낸다. 1종 차량의 평균 총중량은 약 1,350kg이며, 1,200kg ~ 1,400kg의 범위내에서 최빈치를 보인다. 이 최빈치를 기준 최빈치로 하여 보정 여부를 판단할 수 있다.

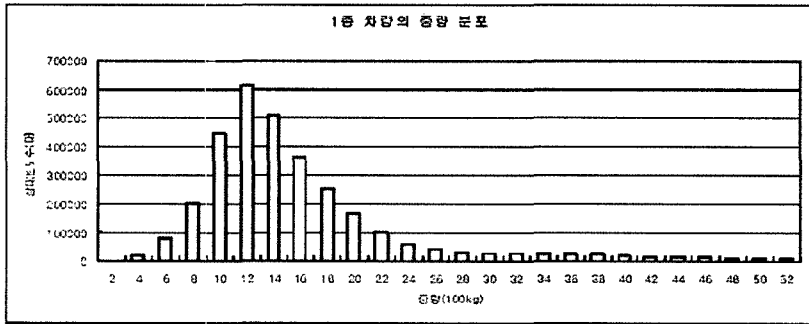


그림 1. 1종 차량의 중량 보정

1종 차량의 총중량 분포를 검토후 최빈치 값이 1200~1400kg의 범위를 벗어난 경우 보정을 실시하며 보정값은 다음과 같이 구한다.*

- ① 최빈치값이 기준 최빈치 값의 범위(1,200kg ~ 1,400kg)인 경우, 보정하지 않는다.(보정 계수 = 1.0)
- ② 최빈치값이 기준 최빈치 범위이외인 경우 최빈치 값이 기준 최빈치의 중앙값에 오도록 조정한다.

$$\text{보정계수} = \frac{1,300 \times (\text{기준 최빈치 범위 중앙값})}{\text{최빈치}}$$

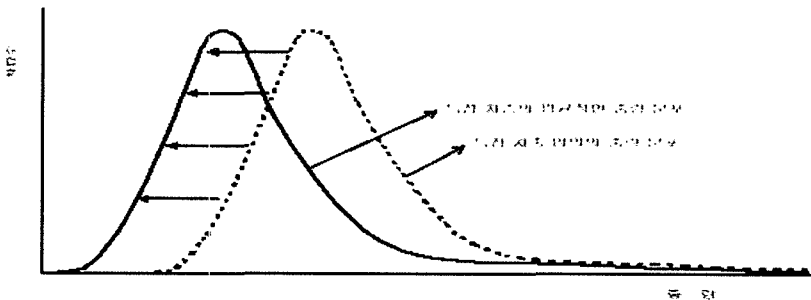


그림2. 보정 계수에 의한 보정의 예



보정 계수를 산출한 결과가 1.0과 비교해서 크게 차이가 있다면 중량에 대한 자료는 신뢰성이 떨어진다고 판단할 수 있다. 산출된 보정 계수를 평균한 결과가 0.7 미만이거나, 1.5를 초과하면 중량 차이가 너무 많이 나는 것으로 간주하여 해당 WIM 장비에 대해 장비의 보정이나 수리를 실시해야 한다.

3. 자료 수집 및 정리

3.1 자료 수집

자료의 수집 : 전국 일반 국도 총 37개 지점의 WIM 장비로부터 하루 5~6시간의 약 20일 동안 전송된 개별 차량 자료

3.2 자료의 정리

수집된 개별 차량 자료를 이용하여 차량의 중량에 따른 빈도에 대해 Plotting을 실시한다.

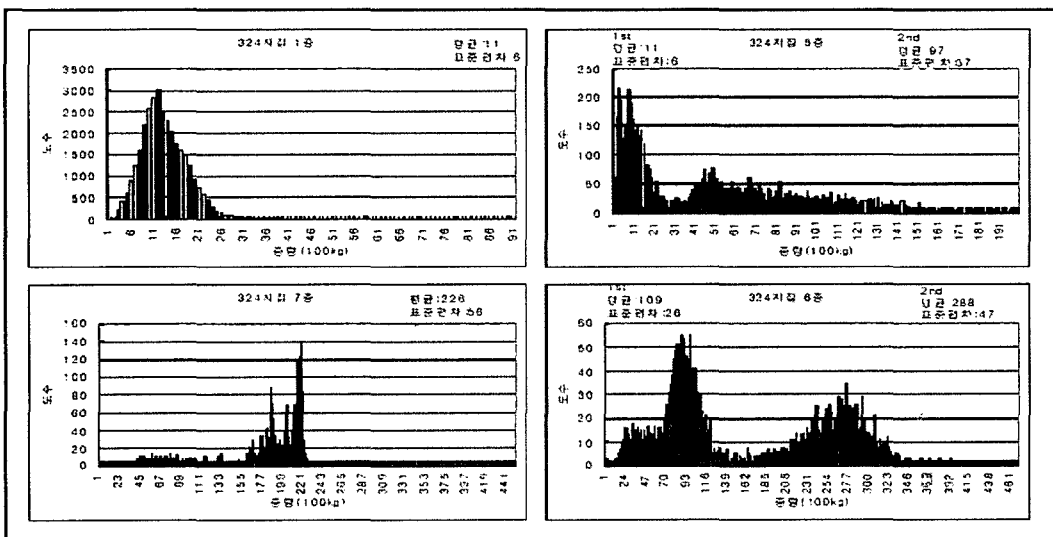
3.3 자료의 분석

3.3.1 대표 차량

WIM 장비의 성능이 변화하였는가를 조사하기 위해서는 차량의 중량 분포를 논리성을 조사하는 차종은 수집된 차종별 중량 분포 중 대부분의 WIM 장비 설치 지점에서 타차종에 비해 일정한 패턴의 중량 분포를 나타내고 많은 표본수를 갖는 차종을 선정해야 한다.

3.3.2 차종별 비교 분석

아래의 그림은 WIM 장비가 설치되어 있는 두 지점의 차종별 중량분포를 나타낸 그림이다. 그림에서 봐도 알 수 있듯이 1종 차량과 6종 차량은 WIM 장비가 설치된 지점에서 고른 분포와 쌍봉분포를 보여 대표차종으로 삼기에 적당하다. 그러나 5종 차량, 7종 차량 및 그 이외의 차량들은 고른 분포를 보이지 않거나 각 차종의 체원에 맞는 분포를 그리지 못한다. 또한 고르지 못한 분포로 중차량의 공차여부를 판단하기 어려워 공사 혹은 적재시의 중량을 파악할 수 없다.



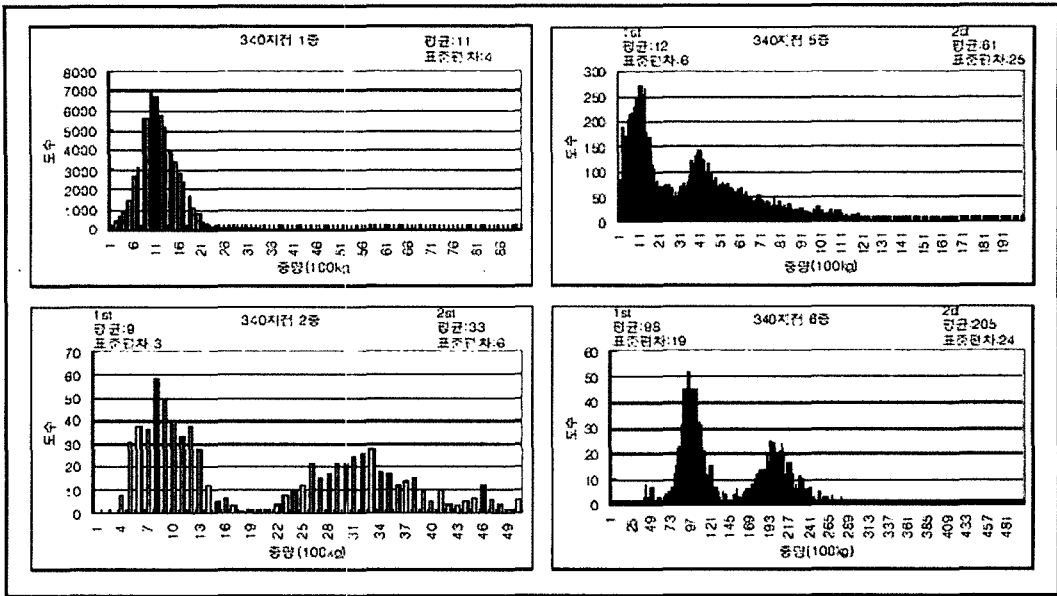


그림 3.1 지점별 차종별 중량분포 현황

표 2. 차종별 비교 분석 결과

차종	내용
1종	차량수가 타 차종에 비해 많이 감지되었으며 가장 normal한 분포를 갖는다. (1,000~1,300kg에서 공차시의 최빈값을 갖는다.)
2종	차량수가 적게 감지됨.
3종	공차와 적재 차량으로 예상되는 쌍봉 분포가 관측되었다.
4종	normal한 분포를 나타내지 않는다.
5종	쌍봉분포를 갖는다.(4,500kg ~ 5,500kg에서 공차시의 최빈값을 보인다.)
6종	쌍봉분포를 갖는다. 모든 지점에서 매우 유사한 중량 분포의 형태를 보인다. (9,000kg ~ 10,000kg에서 공차시의 최빈값을 보인다.)
7종	공차와 적재 차량으로 예상되는 쌍봉 분포가 관측되었다.
8종	8종 공차와 적재 차량으로 예상되는 쌍봉 분포가 관측되었다.
9종	9종 공차와 적재 차량으로 예상되는 쌍봉 분포가 관측되었다. 감지된 차량의 수가 매우 적다.
10종	10종 공차와 적재 차량으로 예상되는 쌍봉 분포가 관측되었다.
11종	11종 공차와 적재 차량으로 예상되는 쌍봉 분포가 관측되었다. 감지된 차량의 수가 매우 적다.

4. 결론

4.1 대표 차종 선정

본 연구에 의한 WIM 장비의 데이터 분석을 통한 대표차종으로는 많은 표본수와 가장 normal한 분포를



보이는 1종 차량과 적재시 중량 분포와 공차시 중량 분포가 확연히 구분되는 쌍봉 분포를 나타내며 공차로 예상되는 분포의 최빈값의 범위가 타 차종에 비해 좁은 범위를 제시하는 6종 차량이다.

4.2 향후 연구 과제

WIM 장비는 고속으로 주행하는 동적중량(Dynamic Weight)을 측정하여 정적중량(Static Weight)으로 변환하여 실제중량을 추정하는 시스템으로서 차량의 속도, Suspension, 포장면과의 마찰력 그리고 포장면의 온도 등 여러 가지 요소에 의해 영향을 받고 있다. 즉, 수집된 자료는 여러 가지 환경적 조건에 의해 실제중량보다 정확도가 다소 떨어진다. 따라서, 이러한 단점을 보완 위해서는 앞서 제시한 여러 가지 환경적 요인에 따르는 WIM 데이터의 오차를 검증하고 정량적으로 표현하는 연구가 수행되어야 할 것이다.

참고 문헌

1. 한국건설기술연구원, 도로교통량 조사체계 및 조사업무의 표준화 방안, 2000. 12
2. 한국건설기술연구원, 도로교통량 조사지침, 2001. 3
3. *Weigh-in-motion of road vehicles*, 1999. May
4. *States' Successful Practice Weigh-in-Motion Handbook*, 1997. Dec
5. 한국건설기술연구원, WIM 조사장비 현황보고, 2000
6. 한국건설기술연구원, WIM 개별차량자료를 통한 축중량 자료 구축방안, 2000. 1