

# WIM 자료의 품질 관리에 관한 연구

TDQC(Traffic Data Quality Control) of Weigh In Motion system

백남철

(한국건설기술연구원, 선임연구원)

최대순

(한국건설기술연구원, 수석연구원)

강원의

(한국건설기술연구원, 수석연구원)

Key Words : WIM, 품질관리

## 목 차

- |                          |                 |
|--------------------------|-----------------|
| I. 서론                    | 1. 차종별 차량제원 특성  |
| II. 이론 및 사례              | 2. 지역별 차종 특성    |
| 1. 교통자료의 품질 관리           | 3. 차종별·축별 중량 특성 |
| 2. LTPP의 자료 체크 방법        | 4. 대표 차종 선정     |
| III. 교통 자료의 품질 관리 기준의 설정 | IV. 결론 및 향후과제   |

## I. 서론

최근, 지능형 교통체계의 구축이 진행되면서 원시자료의 불량 여부를 검사하는 방법이 요구되고 있다. 이를 위한 대표적인 샘플링검사는 기준이 되는 차량을 찾고 그 차량에 대해서만 집중적으로 검사하도록 하는 방법이다. 이는 장비 운영 중에 자동으로 자료 불량여부를 확인하고 수정하는 자동 정산(Automatic Calibration)에도 이용될 뿐만 아니라 장비의 성능을 사전, 사후에 평가하는 방법으로도 사용될 수 있다.

이러한 대표 차량은 TDQC(Traffic Data Quality Control)를 위한 default value라고 할 수 있으며, 이 차량은 지역 특성, 차로 특성에 따라 달라지므로 현장 검증을 통해 일정 기간의 조사 분석이 필요한 분야이다.

이러한 경우에 수집되는 교통자료의 불량 여부를 검사하기 위한 품질 관리 기준(data quality control)이 필요하다. 품질이란 용어는 측정될 수 있고 명시될 수 있으며, 관리될 수 있는 그 무엇을 말한다. 제조과정 중의 품질관리는 입하되는 원료의 검사 및 관리, 제품 검사 및 공정 관리, 제품 성능의 검사 및 시험 등을 말한다. 도로 교통 검지기에서 산출되는 자료는 하나의 제품으로 볼 수 있다.

이에 본 연구에서는 루프 피에조 센서(loop-piezo sensor) 형태로 운영되고 있는 교통 정보 수집 시스템(Automatic Traffic Monitoring System)을 대상으로 하여 원시 자료인 차종, 중량을 검증하기 위한 품질 관리 기준값을 제시하는 데 그 목적이 있다. 이를 위하여, 1999년 현재 운행중인 국내 차량 제원과 과적 검문소의 중량 수집 자료를 조사 분석하였다.

## II. 이론 및 사례

### 1. 교통자료의 품질 관리

대량 생산되는 제품의 경우 전통적인 품질 관리 방법은 크게 2가지로 나누어 질 수 있다. 첫째, 관리상한과 관리하한을 두고 원시 자료의 불량 여부를 검사하는 방법과 둘째, 원시자료의 집계 후에 나오는 분포 등을 검사하는 총괄적인 quality control check 방법이 있을 수 있다. 교통자료의 품질 관리도와 유사한 면이 있다.

Mark Flinner에 의하면, 크게 3가지 방법이 있을 수 있다. 첫째, 특정 상수값(Constants)을 기준값으로 하여 교통자료의 불량 여부를 검사하는 방법이 있으며, (example: Average Axle 2-3 Spacing on 3S2s between 4.2 and 4.4 feet)

둘째, 그 지점의 과거 자료 기준(Historic base)으로 하여 방향별로 차로별로 차종, 속도, 중량 분포 등의 참값으로 검사하는 방법이 있으며,

셋째, 요일별(Day of week), 계절별(Seasonal)변동에 관해 연구한다.

### 2. LTPP의 자료 체크 방법

Traffic Data Screening Tools로는 LTPP(Federal 수준), ATR Expert System(State 단위) 등이 있다.

#### 1) AASHTO Guidelines

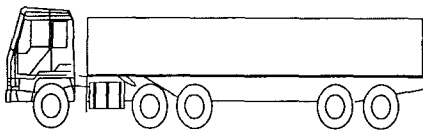
LTPP(Long-term Pavement Performane) 이전에 먼저 교통자료를 수집하고 검사하는 등의 지침서를 AASHTO에서는 제시하고 있다. AASHTO Guidelines for Traffic Data Programs에 따르면, 먼저 원시 자료인 차량의 제원을 검사하고, 다음으로 가공된 자료의 차종별 비율의 합계에 대하여 기존의 참값 분포의 범위에 들어오는지를 검사한다.

## 2) 기준 차량

따라서, 원시자료의 이상여부는 차량의 제원을 기준으로 한다. 차량의 특성 참값은 오직 그 차량의 제원만이 정확한 값이 되기 때문이다. 즉, 수집된 원시 자료는 차량의 제원을 검사하는 방법으로 축수, 전장, 폭원, 중량, 등을 검사하기 위하여 기준 차량을 정하고 있다.

먼저, 자료 값을 내부와 외부의 기준값(default value)을 체크하고 있다. 즉, FHWA의 13개의 차종 분류에 따라, 축간거리와 중량을 최대값과 최소값을 비교하고 있다. 또한, 축중량이 0이면, missing으로 설정하고 자료에서 이 기록을 삭제하며, 최대값을 경계값으로 대체하면 현실적인 축 중량 자료에 근접하고 있다고 하고 있다.

미국 <그림 1 참조>에서는 총 중량이 60,000pounds(약 27.2톤) 이상인 것을 특정 차량으로 분류하고 있으며, 60Kpounds 이상의 무게를 가지는 대형 차량으로는 T3R2가 있다. 이 경우, 앞 차축의 무게는 10.6Kpounds(약 4.8톤)이고, 총 무게는 84Kpounds(약 38.1톤)가 된다. 프랑스에서는 특정 차량의 총 중량을 30톤 이상으로 정의하고 있다. 프랑스에서 특정 차종은 30톤 이상의 대형 차량으로, 차종 T2R3와 T2R2가 있다. 이러한 차종의 경우, 첫번째 축의 무게는 약 6톤이고, 총 중량은 38톤으로 이런 값은 일반적인 것으로 각 지점(Station)에 적용된다.



<그림 1> 미국의 대표차량 예

## III. 교통 자료의 품질 관리 기준의 설정

### 1. 차종별 차량제원 특성

각 항목별(전장, 총축거, 총중량) 점검 기준 설정 방법 ①, ②, ③에 의한 MIN·MAX값을 비교해 보면 다음과 같다.

<표 1>과 같이 설정한 각각의 전장 MIN·MAX 값으로 WIM 개별차량자료 점검 프로그램을 실행한 결과는 다음과 같다.

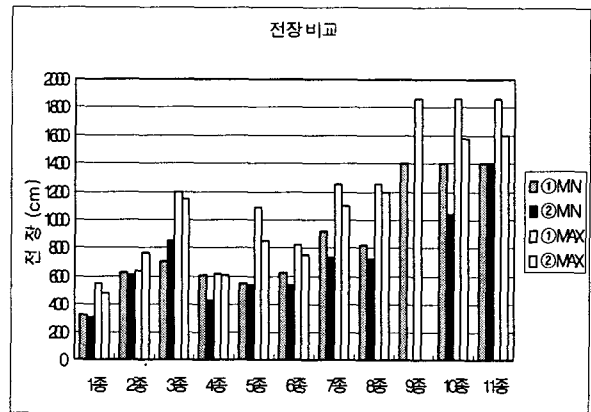
대체적으로 지점별 차로별로 편차가 심한 편이고, MIN값과 MAX값 모두 실제 자료(설정 방법 ②)가 차량 제원(설정 방법 ①)보다는 낮게 측정됨을 알 수 있는데, 이는 전장의 경우 장비의 LOOP에 의해 측정되므로 LOOP의 감도에 의해 크게 좌우된다고 할 수 있다. 따라서, 프로그램 실행 결과도 MIN 오차 비율이 상대적으로 크고, MAX 오차 비율은 낮게 나타났다.

<표 1> 전장의 MIN, MAX 값

(단위 : cm)

차 종	①의 MIN	②의 MIN	①의 MAX	②의 MAX
1 종	323	305	547	476
2 종	626	611	635	770
3 종	708	855	1,200	1,144
4 종	606	433	618	607
5 종	553	538	1,093	855
6 종	624	536	826	757
7 종	923	731	1,252	1,101
8 종	822	723	1,255	1,194
9 종	1,398	-	1,866	-
10 종	1,398	1,040	1,866	1,582
11 종	1,398	1,403	1,866	1,603

\* ③의 MIN, MAX값의 경우, ②의 MIN, MAX 값과 같다.



<그림 2> 전장의 MIN, MAX 값 비교

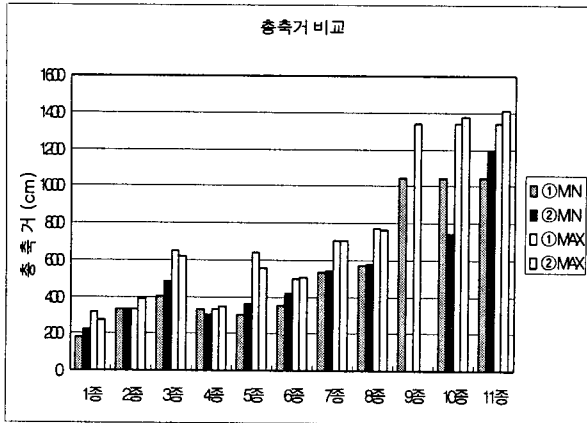
<표 2>와 같이 설정한 각각의 총축거 MIN·MAX 값으로 WIM 개별차량자료 점검 프로그램을 실행한 결과는 다음과 같다.

<표 2> 총축거의 MIN, MAX값 비교

(단위 : cm)

차 종	①의 MIN	②의 MIN	①의 MAX	②의 MAX
1 종	181	222	320	275
2 종	329	335	335	388
3 종	400	480	650	621
4 종	329	299	335	346
5 종	306	358	640	558
6 종	354	421	495	505
7 종	535	537	705	705
8 종	571	574	770	765
9 종	1,047	-	1,344	-
10 종	1,047	742	1,344	1,377
11 종	1,047	1,192	1,344	1,414

\* ③의 MIN, MAX 값은 ②의 MIN, MAX 값과 같다.



<그림 3> 총축거의 MIN, MAX 값 비교

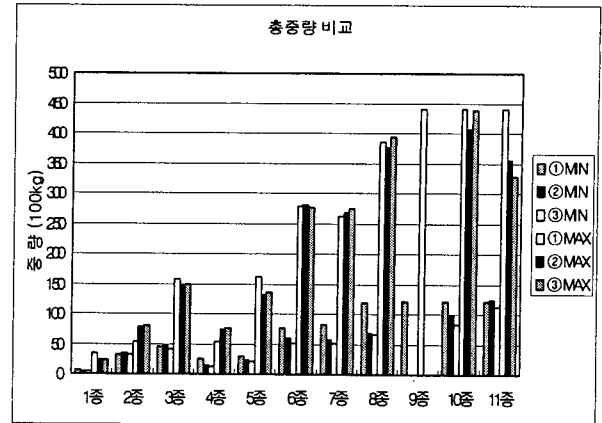
총축거의 경우, 장비의 PIEZO에 차량의 축이 통과하는 결과에 따라 측정되므로 편차가 그다지 심하지 않은 편이다. 또한, 대체적으로 MIN 값의 경우 실제 자료(설정 방법 ②)가 차량 제원(설정 방법 ①)보다 높게, MAX값의 경우 실제 자료가 차량 제원보다 낮게 측정되므로 MIN·MAX 오차 비율이 상대적으로 낮게 나타났다.

<표 3>과 같이 설정한 각각의 총중량 MIN·MAX 값으로 WIM 개별차량자료 점검 프로그램을 실행한 결과는 다음과 같다. 대체적으로 MIN 값의 경우 실제 자료(설정 방법 ②, ③)가 차량 제원(설정 방법 ①)보다는 낮게, MAX 값의 경우는 실제 자료가 차량 제원과 거의 비슷하거나 조금 낮게 또는 조금 높게 등 다양하게 측정됨을 알 수 있었다.

<표 3> 총중량의 MIN, MAX값 비교 (단위 : 100kg)

차종	①의 MIN	①의 MAX
1종	6	35
2종	32	53
3종	45	158
4종	25	54
5종	29	162
6종	76	278
7종	83	261
8종	120	385
9종	121	440
10종	121	440
11종	121	440

모든 지점에서 공통적으로 2종, 9종, 11종의 경우 차종 비율이 낮기 때문에 표본 수가 부족하여 점검 대상 자료로서는 한계가 있다. 따라서, 항목별 점검 기준은 다음과 같이 설정한다.



<그림 4> 총중량의 MIN, MAX 값 비교

1) 전장  
설정 방법 ②인 실제 자료에서의 95% 신뢰 구간값을 MIN·MAX값으로 이용한다. 따라서, 지점별로 오차 비율이 다양하게 나타날 수 있다.

2) 총축거  
설정 방법 ①인 차량 제원에서 MIN·MAX 값을 이용하되, 문제시 되는 2종과 4종의 경우 설정 방법 ②인 실제 자료에서의 MIN·MAX 값으로 이용한다.

3) 총중량  
설정 방법 ①인 차량 제원에서 MIN·MAX 값을 이용한다. 2종과 4종의 경우, 설정 방법 ②인 실제 자료에서의 MIN·MAX 값으로 이용한다. 단, 5종 이상의 MAX 값 경우, 1~4종 차량과는 달리 차량의 과적 행위를 감안하여 과적 검문소에서의 과적 차량 중량값을 조사하여 MAX값으로 사용한다. 5종 이상 차량의 과적 행위를 감안한 총중량의 MAX 값 설정을 위해 5개 과적검문소에서 과적 차량으로 적발된 차량(개별 축중량이 10톤을 초과하거나, 총중량이 40톤을 초과하는 차량)의 총중량을 조사하였다. <표 4>는 5개의 과적 검문소별로 과적 차량중 총중량이 가장 큰 수치를 정리한 것이다.

<표 4> 지점별 총중량 최대값 (단위: 100kg)

지점	차종				
	2축 차량	3축 차량	4축 차량	5축 차량	6축 차량
1	170	341	418	472	406
2	183	313	431	450	536
3	221	326	435	465	480
4	160	297	406	500	402
5	153	290	404	511	-
평균	221	341	435	511	536

\* 2축 차량 중 1~4종은 제외.

세 가지 경우로 알아본 차로별 차종별 전장, 총축거, 총중량의 MIN·MAX 값을 종합하여 <표 5>와 같이 점검 기준을 설정하였다.

<표 5> 차종별 전장, 총축거, 총중량의 점검 기준

구분	전장(cm)		총축거(cm)		총중량	
	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX
1종	305	476	181	320	6	35
2종	611	770	335	388	32	81
3종	855	1,144	400	650	45	158
4종	433	607	299	346	25	78
5종	538	755	306	640	29	221
6종	536	757	354	495	76	341
7종	731	1,101	535	705	83	341
8종	723	1,194	571	770	120	435
9종	1,040	1,582	1,047	1344	121	435
10종	1,040	1,582	1,047	1344	121	511
11종	1,040	1,582	1,047	1344	121	536

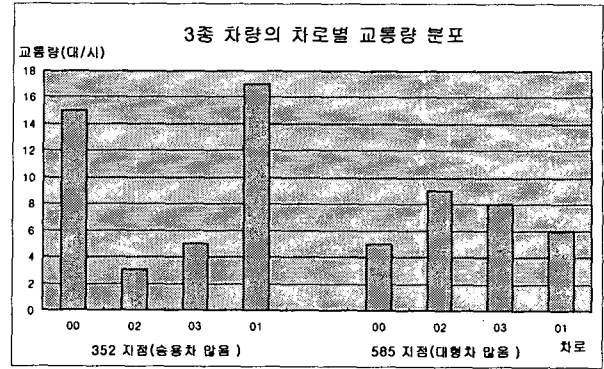
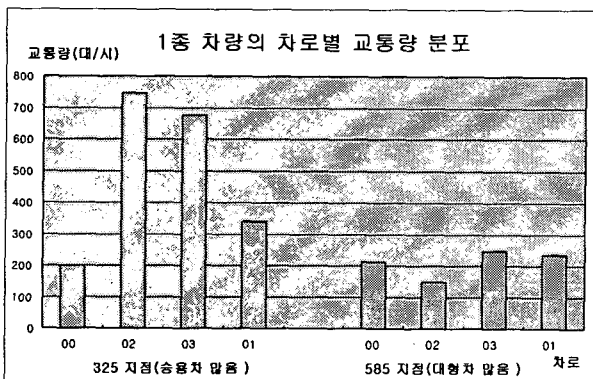
## 2. 지역별 차종 특성

지점별 교통량 특성을 살펴보면 325지점이 1종 교통량이 가장 많고, 705 지점이 중차량 교통량이 비교적 높게 나왔다. 또한, 2종, 9종, 11종의 경우에는 연평균일교통량(AADT)이 상당히 적으므로 대표차량 선정 시 고려해야 한다.

<표 6> 지점별 교통량 특성 분석(1999년 통계연보)

차종	지점별	352 지점 교통량	585 지점 교통량
1종		32,065	14,443
2종		7	21
3종		1,224	688
4종		8,116	2,579
5종		1,579	930
6종		299	173
7종		561	371
8종		400	998
9종		0	3
10종		162	954
11종		8	39
AADT		44,425	21,024

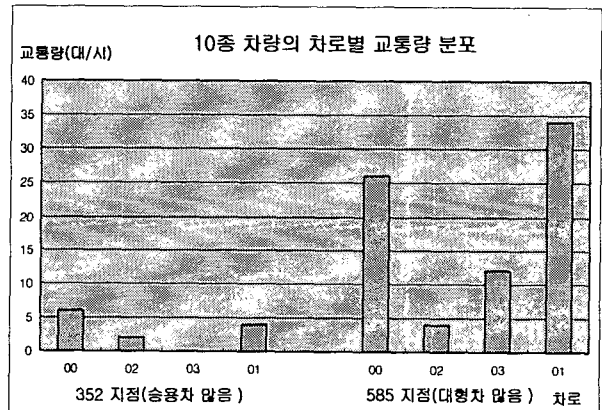
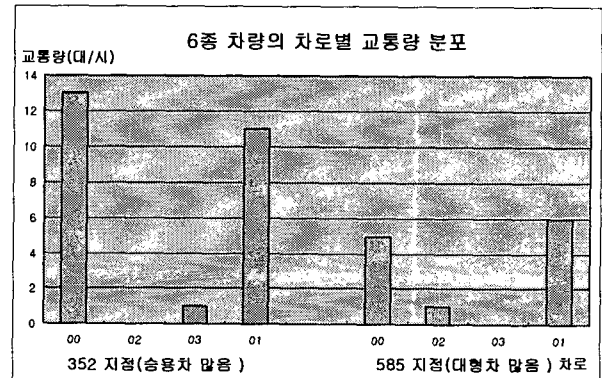
지역에 따라 교통량의 특성은 다양하며, 차종별 분포 또한 차로별로 다르게 나타나고 있다.



<그림 5> 1. 3종의 차로별 교통량 분포

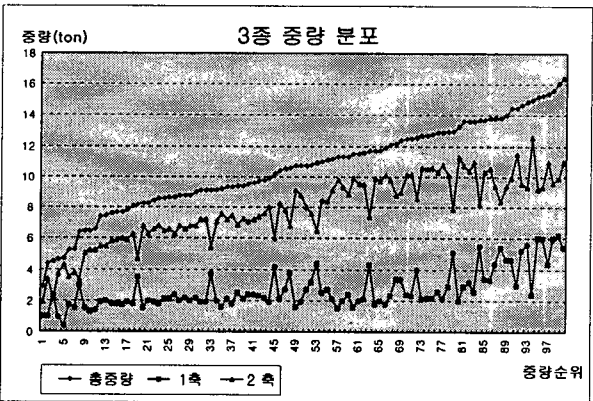
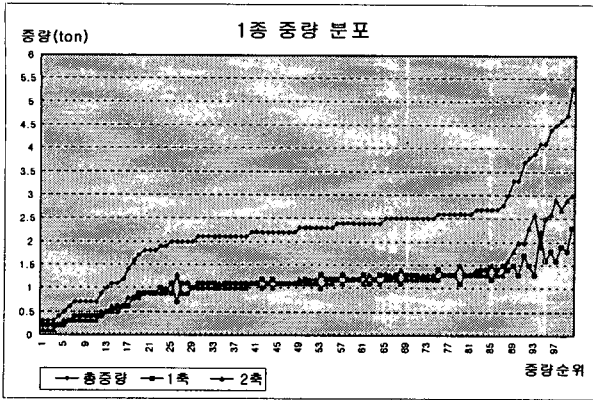
<그림 5>는 소형차 통행량이 많은 325지점과 대형차 통행량이 많은 585지점을 차로별로 분석해 놓은 것이다.

- 승용차 통행이 많은 지역은 중앙차로(02, 03차로) 쪽으로 승용차 통행이 많고, 바깥차로(00, 1차로) 쪽으로는 중 차량의 통행이 대부분을 차지하고 있다.
- 반면, 중 차량의 통행이 많은 지역은 승용차의 분포는 차로별로 골고루 분포하고 있으며, 중 차량의 통행은 바깥차로에 다소 많이 분포되어 있음을 알 수 있다.
- 따라서, 차로별로 차량 통행특성이 다르므로, 대표차량 선정할 때 차로별로 조건맞는 차종을 선정해야 한다.



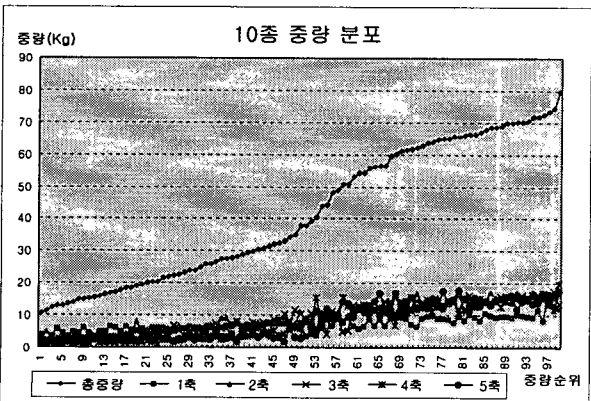
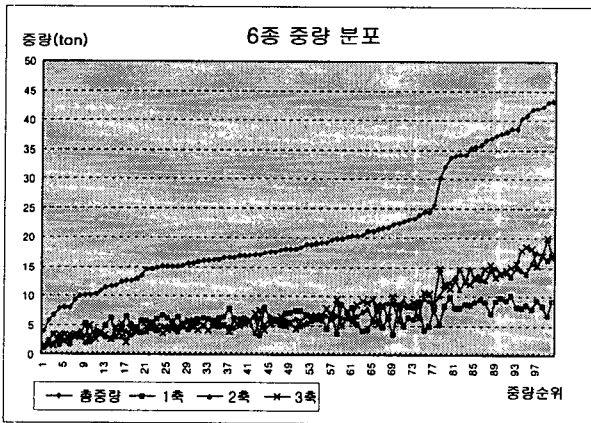
<그림 6> 6. 10종의 차로별 교통량 분포

## 3. 차종별 · 축별 중량 특성



<그림 7> 1, 3종 축별 중량 분포

• 3종의 경우, 지속적으로 총 중량이 늘어남에 따라 1축 중량은 편차가 약 12.4 정도의 변동을 갖고 변화하고 있다.



<그림 8> 6, 10종 축별 중량 분포

• 6종, 10종의 경우, 차량의 총 중량이 변화함에 따라 1축의 표준편차는 20.3, 25.1로 소형차량에 비해 영향을 조금 받고 있지만, 총 중량을 감안해 볼 때 거의 영향을 받지 않는다고 볼 수 있다.

#### 4. 대표 차종 선정

각각의 차종 중에서 총 중량과 1축과의 관계를 파악하기 위해서  $x^2$  값을 이용하여 분석하였다. 즉, 총 중량과 1축 중량과의 회귀분석을 통해  $x^2$  값을 구한다. 만약,  $x^2$  값이 작으면 총 중량과 1축간의 영향이 작으므로 대표차종으로 선택하는데 있어서 적절하며,  $x^2$  값이 커질수록 총 중량이 1축 중량에 영향을 많이 끼치므로 대표차량으로 선정하는데 있어서 부적합하다.

##### 1) 1종(2축)

$x^2$ 이 상당히 높게 나왔으나 차량의 1축 중량 편차가 6.4로 다른 차종에 비해 낮다. 그러나, 지역별 교통량 분포를 볼 때 교통량의 대부분을 차지하고 있으므로 대표차량으로 선정하였다.

<표 7> 차종별 총중량과 1축간 회귀분석결과( $x^2$ 값)

차종	총 중량과 1축과의 $x^2$ 값
1종	0.939
2종	0.894
3종	0.477
4종	0.792
5종	0.521
6종	0.558
7종	0.812
8종	0.908
9종	0.423
10종	0.680
11종	0.563

##### 2) 2종~3종(2축 : 버스류)

2종은 중량 표준편차가 3.6으로 가장 작지만 지점별로 교통량을 살펴 볼 때 많은 교통량이 통행하지 않는다. 반면, 3종의 경우  $x^2$ 값이 4.77로 9종 다음으로 낮으며, 교통량 통행 또한 충분하므로 대표차량으로 선정하였다.

##### 3) 4종~5종(2축 : 소형 트럭)

WIM 장비에서 발생하는 오류의 대부분을 차지한 것이 차종분류 오류이다. 그 이유는 4, 5종의 경우 차량의 재원이 비슷하여 장비에서 차종을 구분할 때 명확하게 구분 짓지 못하는 경우가 발생한다. 비록, 교통량이 많고 중량 편차 및  $x^2$  값이 낮을 지라도 대표차종 선정에는 제외 시켰다.

4) 6종~7종(3축 : 중형 트럭)

6종이 7종에 비해 중량 표준표차,  $x^2$ 값, 교통량 등에서 우월하다. 따라서, 6종을 대표차종으로 선정한다.

5) 8종~11종(4축 이상 : 대형 트럭)

교통량이 적은 9종과 11종은 분석에서 제외하였다. 여기서, 8종과 10종을 비교해 볼 때 10종의 중량 표준표차,  $x^2$ , 교통량 등에서 더 좋은 값을 나타내고 있으므로 10종을 대표차종으로 선정한다.

본 연구의 결과에 의하면 지역별·차로별 교통량의 분포에 따라 10종, 6종, 3종, 1종을 대표차량으로 하여 WIM 장비를 보정하는데 기준으로 삼을 수 있는 것으로 분석되었다.

#### IV. 결론 및 향후과제

최근, 지능형 교통체계의 구축이 진행되면서 원시자료를 가공하여 교통 상황을 추정하거나 예측하는 방법의 개발되고 있다.

그러나 'Garbage in Garbage out'이라는 말처럼 틀린 원시 자료를 아무리 탁월한 방법으로 가공한다 해도 현실을 왜곡시키는 정보를 제공하게 될 것이다. 따라서, 수집되는 교통자료의 불량 여부를 검사하기 위한 품질 관리 기준(data quality control)이 필요하다.

이에 본 연구에서는 루프 피에조 센서(loop-piezo sensor) 형태로 운영되고 있는 교통 정보 수집 시스템(Automatic Traffic Monitoring System)을 대상으로 원시 자료인 차중, 중량을 검증하기 위한 품질 관리 기준값을 제시하였다.

대표 차량을 선정하는데 있어서 대형 차량이 많은 지역을 소형차로 기준으로 하여 보정할 경우 WIM 장비의 민감도가 커져서 대형 차량으로 갈수록 보정에 따르는 값의 변동차이가 커지게 되며, 반대로 승용차 교통량이 많은 지역에 대형차량을 기준으로 보정하면 WIM 장비가 소형차량을 보정할 때에는 값의 변동이 거의 없다.

따라서, 향후 대표차량은 지역별, 노선별로 교통량 특성을 고려하여 선정해야 WIM data를 보다 정확하게 측정할 수 있다.

#### 참고문헌

1. Mark Flinner, TRAFFIC DATA QUALITY (TDQ) Pooled Fund Study, Minnesota DOT, May 12, 1998, mark.flinner@dot.state.mn.us
2. The Pennsylvania Transportation Institute, Truck Weight Data Processing, Storage, and Reporting, 1990.7.
3. The Institute of Electrical Engineers(London, UK), Road Traffic Monitoring and Control, 1994.
4. The Institute of Electrical Engineers(London, UK), Road Traffic Monitoring and Control, 1996.
5. Texas Transportation Institute, Use of Weigh-In-Motion System for Data Collection and Enforcement, 1986. 9.
6. National Academy Press, Innovative Transportation Data Management, Survey methods, and Geographic Information Systems, 1996.