

U-중차량 무인과적 단속시스템 구현을 위한 WIM Sensor 선정에 관한 연구

A Study on Determination of WIM Sensor for Implementation of U-Overloaded Vehicle Regulation System

최해윤* · 장경희** · 조병완*** · 윤석민**** · 오영국***** · 이규완*****

Choi, Hae-Yun · Chang, Jeong-Hee · Jo, Byung-Wan · Yun, Suck-Min · Oh, Yoong-Kok · Lee, Kyu-Wan

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. Weigh-In-Motion system uses the sensor as a weighing scale and collects the axle weights, axle distances, vehicle types and etc. without stopping or slowing down the vehicle. Objectives of the study is make a determination of WIM Sensor for Implementation of U-Overloaded Vehicle Regulation System.

Keywords: *Weigh-In-Motion(WIM), Overload, Sensor, Vehicle regulation,*

1. 서론

최근 정보통신의 눈부신 발달로 우리의 삶이 크게 변화하고 있다. 또한 도로교통체계에 대한 인식과 발달도 그중 하나이다. 도로의 경우 과거에는 차량이 달릴 수 있는 단순한 공간 정도로 인식하였으나 이제는 도로와 차량 그리고 운전자가 삼위일체가 되어 상호정보를 교환하면서 이용하는 것이 도로 공간이며 교통 정보뿐만 아니라 생활에 필요한 각종 정보를 접하고 이를 활용할 수 있는 생활의 공간으로 인식하게 된 것이다. 이러한 인식의 변화에 따른 산물이 지능형 교통체계 ITS(Intelligent Transport Systems)이다. ITS는 정보통신과 제어기술 등 첨단기술을 응용한 교통정보 감지기술과 실시간 정보의 송·수신기술, 시스템 통합과 제어기술 그리고 운영기술을 기존의 도로교통체계에 접목하여 새로운 개념의 도로교통체제를 만들어낸 것이다.

* 정희원 · (주)동일기술공사 부설기술연구소 선임연구원 Email: haeyun@empal.com

** (주)동일기술공사 부설기술연구소 연구원 Email: jeonghee01@empal.com

*** 정희원 · 한양대학교 토목공학과 교수 Email: joycon@hanmail.net

**** 한양대학교 토목공학과 석사과정 Email: cloudis@nate.com

***** 한국도로전산(주) 부사장 Email: ohyk5856@hanafos.com

***** 한국유지관리(주) 부장 Email: kwlee@kmcotech.co.kr

이에 본 연구에서는 ITS기반 기술을 바탕으로 하여, 중차량 무인파적 단속시스템의 개발을 위한 WIM(Weigh-In-Motion System) Sensor 선정을 위하여, 실내 실험을 통해 Micro-bending Fiber Optic, Bending Plate Sensor의 WIM 센서로서 신뢰성을 검증하였다.

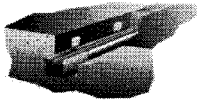

2. 실험 장치

본 연구에서는 최적의 WIM Sensor 선정을 위하여 우선 성능, 가격, 신호도 등을 비교하여, 현재 국내외에 개발되어 있는 센서 중 2가지를 선정 한 후, 이 2가지 센서에 대한 실내실험을 통하여, 신뢰도를 비교 분석 하였다.

2.1 센서의 종류

본 연구에서 사용된 센서로는 광섬유의 Microbending을 이용한 Micro-bending Fiber Optic 센서와 스트레인 게이지 센서방식을 이용한 Bending Plate 센서이며, 각 센서의 특성은 표1에서 보는바와 같다.

표 1 센서의 특성

종 류	특 성	형태
Micro-bending Fiber Optic	<ul style="list-style-type: none"> · 광섬유의 Microbending을 이용 · 전기적 독립성, 저손실 변환가능 · 저중량, 이동성 용이, 장기간 사용 가능 	
Bending Plate	<ul style="list-style-type: none"> · 스트레인 게이지 센서 방식 · Bending Plate를 사용하여 미세 변형 측정 	

2.2 센서의 사용 원리

2.1.1 Micro-bending Fiber Optic Sensor

Micro-bending Fiber Optic 센서는 microbending에 의한 손실에 의해 힘등을 측정할 수 있는 센서이다. microbend센서는 광섬유에 주기적인 bending을 만들어준 구조를 갖는다. 외부 환경의 변화에 따라 코어 모드의 빛이 클래딩 모드로 변환되며 이 변환되는 양을 측정함으로써 물리적인 변화를 감지 할 수 있다. microbend 센서의 신호처리는 단순히 수신한 광 신호를 광 다이오드를 통해 전류로 변환한 후 이를 증폭함으로써 가능하며 별도의 장치를 필요로 하지 않는다.

2.1.2 Bending Plate Sensor

Bending Plate 센서는 전기저항의 원리를 이용한 센서 중 특히, 휨특성을 이용한 축하중 검출기로서 휘스톤 브릿지의 원리를 이용하여 플레이트에 인가된 하중의 총량을 측정하는 센서이다. 이 센서는 여러 개의 저항이 그룹 형태로 1개의 저항군을 형성하여 4개의 저항군으로 브릿지를 이루고 있다. 저항값의 변화를 검출하여 수 mV의 신호로 출력하고 이 신호를 증폭하여 측정된 값을 나타낸다.

3. 실험

3.1 Micro-bending Fiber Optic Sensor 실험

Micro-bending Fiber Optic Sensor는 광섬유센서로써 WIM 센서화 시키기 위하여 미세한 변위제어가 가능한 device를 제작 한 후 그림1과 같은 x축 인장 테스트기를 이용하여 센서에 압력을 가하는 위치와 접지 폭(2.5cm와 10cm)을 변수로 하여 변위-응답에 대한 실험을 하였다. 실험은 그림 2와 같이 테스트기에 광섬유 센서를 끼워 넣은 후 x축 방향으로 압력을 가하였으며, 또한, 그림 3과 같이 압력을 가하는 위치를 다르게 하여 실험 하였다.

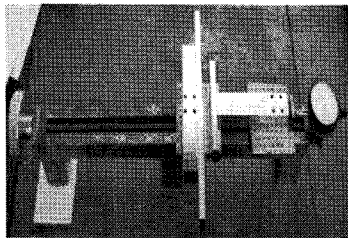


그림 1 x축 인장 테스트기

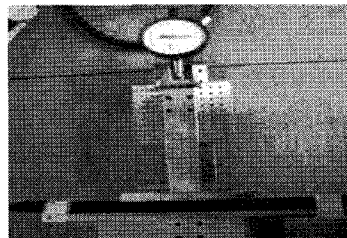


그림 2 광섬유센서의 x축인장 테스트

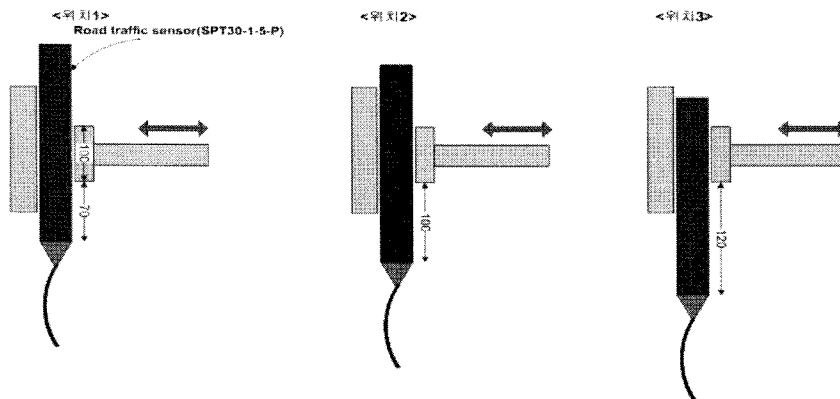


그림 3 센서에 압력을 가하는 위치 변경(동일한 센서에 압력을 가하는 위치만 변경하여 테스트)

3.2 Bending Plate Sensor 실험

Bending Plate는 센서를 설치 한 후 y축 방향으로 하중재하를 하여 실험하였으며, 중량을 점점 증가시키면서 5단계로 나누어 단계별로 3회씩 실험을 하여, 평균값과 오차를 계산하였다. 실험장비는 그림 4과 같이 UTM 강도 측정기를 사용하였으며, 센서의 데이터 값은 그림 5과 같이 kg 또는 ton 단위로 확인 할 수 있었다.

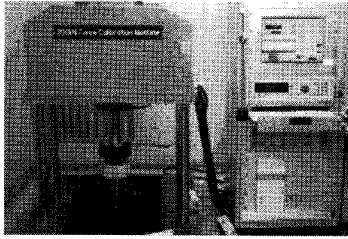


그림 4 UTM 강도 측정기

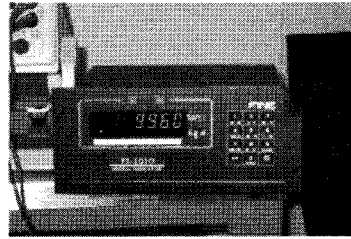


그림 5 센서 데이터 값

4. 결과 및 분석

4.1 Micro-bending Fiber Optic Sensor 실험결과

본 연구에서 한 위치에서 한 센서를 이용해 3회 이상의 실험을 한 결과는 모두 일치 하였다. 또한, 동일 센서의 위치만 변경하여 실험한 결과도 그림 6에서와 같이 접지폭 10cm의 센서에서는 데이터 값이 거의 일치 하였다. 하지만, 접지폭 2.5cm에서는 그림 7에서 보는바와 같이 동일센서의 위치별 응답은 차이가 있었고, 동일 위치에 센서의 종류를 변경하여 실험한 결과는 유사하게 일치했다. 이러한 결과는 Micro-bending Fiber Optic Sensor는 원형재에 광섬유 케이블을 감아서 제작하는 것이기 때문에 센서와 접지되는 부분에 따라서 응답에 약간씩 차이가 발생 되었을 것으로 판단된다. 결과적으로, 접지폭 2.5cm에서 오차가 발생하였지만, 10cm이상의 경우 오차가 거의 없었기 때문에 접지폭이 10cm 이상이 된다면, 오차가 없을 것으로 예상되어진다. 실제적으로도 차량의 타이어부분의 폭이 약 20cm 이상이므로 WIM센서로서는 문제가 없을 것으로 나타난다.

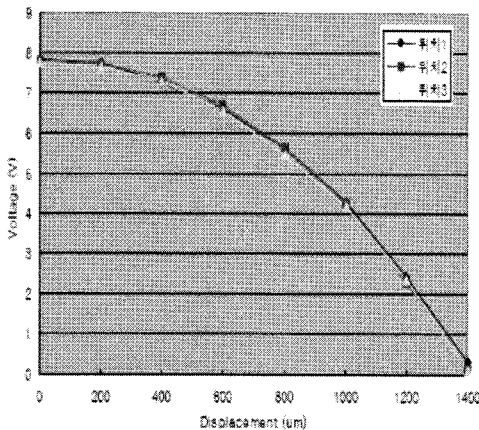


그림 6 위치별 측정값(접지폭 10cm)

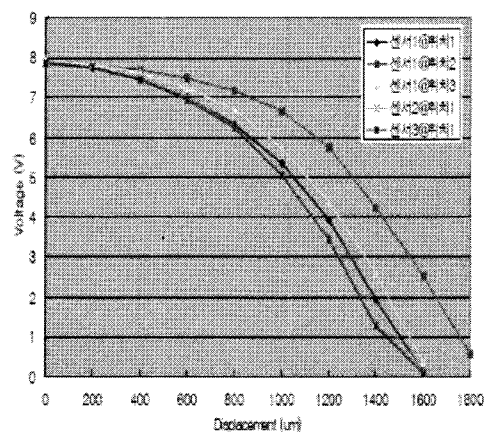


그림 7 센서별, 위치별 측정값(접지폭 2.5cm)

4.2 Bending Plate Sensor 실험결과

본 실험은 실내온도 23℃, 습도 64%의 조건에서 실시하였다. 실험시 전압의 크기는 10V 였고, 실험은 중량의 크기를 2, 4, 6, 8, 10ton으로 다르게 하여 단계별 총 3회씩 하였다. 그 결과 표 2와 같이 2ton의 중량

에서는 평균 1.9867으로 0.67%의 가장 큰 오차를 나타내었고, 4ton 재하시는 평균 3.9867에 오차 0.33%, 중량 6ton 재하시에는 평균 5.9933으로 오차율 0.11%인 가장 작은 오차율을 보였다. 또한, 8ton과 10ton 재하시에도 오차율은 0.17%와 0.33%를 나타냈다. 그림 8에서도 인디케이터의 측정중량이 3회 모두 그래프가 일치하는 것으로 나타났으며, 오차율은 0.11~0.67%로 1% 미만을 나타냈다.

표 2 Bending Plate Sensor 테스트 결과

시 험 기		인디케이터 측정중량 (ton / KN)			오차	
Step	중량(ton/KN)	1차	2차	3차	평균	오차(%)
1	2 (19.613KN)	2.000	1.980	1.980	1.9867	0.67
2	4 (39.227KN)	4.000	3.980	3.980	3.9867	0.33
3	6 (58.840KN)	6.000	5.980	6.000	5.9933	0.11
4	8 (78.453KN)	8.000	7.980	7.980	7.9867	0.17
5	10 (98.067KN)	9.980	9.960	9.960	9.9667	0.33

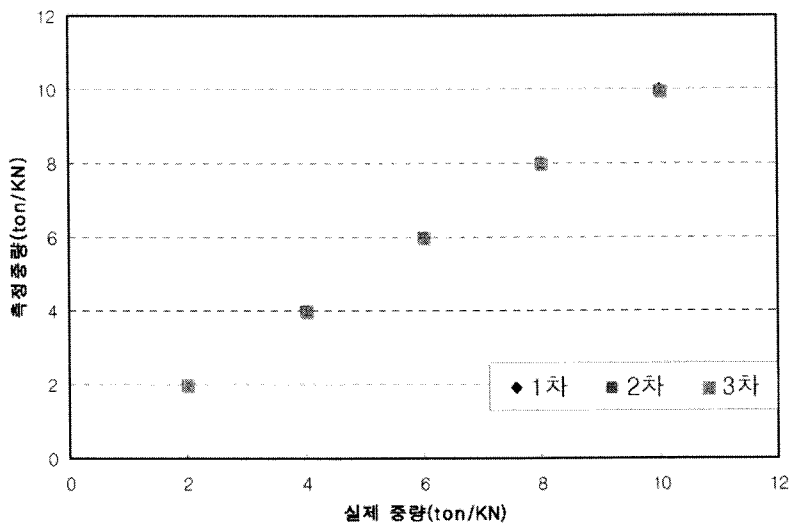


그림 8 Bending Plate Sensor 테스트 결과

5. 결 론

본 연구에서 Micro-bending Fiber Optic Sensor, Bending Plate Sensor의 WIM 센서로서의 실내 실험 결

과 Micro-bending Fiber Optic Sensor의 경우 하중을 받는 접지폭의 크기를 하중을 가하는 폭보다 상대적으로 크게 해주면 WIM으로서 가능하다고 보았다. 또한, Bending Plate Sensor의 경우도 같은 중량을 3회씩 실험한 결과 오차의 폭이 1%미만으로 나타났다. 결과적으로 Micro-bending Fiber Optic Sensor, Bending Plate Sensor 두가지 모두 정적하중에 따른 실내실험 결과로는 WIM 센서로서 적합한 것으로 나타났다. 또한, WIM 센서로서 보다 높은 신뢰성을 얻기 위해서는 두 센서의 온도저항성, 부식저항성 등의 정밀한 실험이 더욱 요구되어지고, 더 나아가 실외에 테스트베드를 구축해 현장 적용실험을 거쳐 현장 적용성도 확인해야 할 것으로 판단된다. 이를 통해 WIM 센서가 개발되어지고, U-중차량 무인과적 단속시스템이 구축되어진다면, ITS개념의 새로운 도로교통체계가 구현될 것으로 사료되어진다.

감사의 글

본 연구는 한국건설교통기술평가원 건설핵심 기술연구개발 사업의 지원으로 이루어진 것으로, 본 연구를 가능케한 한국건설교통기술평가원에 감사드립니다.

참고문헌

- 김은영과 이청원 (2006) 중차량 통행지표 분석 및 과적단속 업무시 활용방안, 서울시연구 논문, 7(1), pp.75~83.
- 박민석 등 (2006) BWIM 시스템을 사용한 사장교의 차량하중 분석, 한국지진공학회 논문집, 10(6), pp.1~8.
- 박민석과 조병완 (2006) 주행중인 차량하중 측정을 위한 BWIM 시스템 개발, 한국구조물진단학회, 10(2), pp.111~120.
- 박정수 (2002) 다중 광섬유 브래그 격자 센서를 적용한 자동 계중 시스템, 석사학위논문, 호서대학교
- 조성규 (2002) 광섬유 센서를 이용한 WIM Mold Package에 관한 연구, 석사학위논문, 호서대학교
- 황의승 등 (1999) BWIM시스템을 이용한 중차량의 통행특성 분석, 한국강구조학회논문집, 11(2), pp.223~232.
- Papagiannakis와 Senn (1995) WIM System Calibration Using A VI-Equipped Vehicles, Institute of Electrical and Electronics Engineers , pp.299~304.