



의 'European Specification'과 2004년에 ICLM에 승인된 OIML(Organization Internationale de Metrologie Legale)등이 있다. 또한 국내에서는 한국건설기술연구원이 지난 2001년에 'WIM장비 설치 및 관리요령'을 제시한 바 있다.

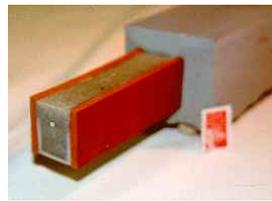
축하중 측정방식은 설치 구조물에 따른 구분, 속도에 따른 구분, 고속축중계의 구분으로 나눌 수 있으며, 설치 구조물에 따른 구분은 도로에 주행하는 차량에 대해 정차 없이 축하중을 산정하는 방법으로 크게 도로의 포장체에 축하중감지 센서를 설치하여 감지하는 방식과, 교량의 하부 보강제에 스트레인 게이지를 설치하여 감지하는 방식이 있다. 속도에 따른 구분은 압전형 축하중 감지센서의 5Km/h 이상 속도에 적용되는 고속축중계(HS-WIM), 밴딩 플레이트형 감지센서를 사용하는 속도 40Km/h 미만의 저속축중계(LS-WIM)로 나눌 수 있다. 고속축중계의 구분은 일반적으로 차선별 2개조의 축중센서와 Loop 센서로 구성되는 일반적인 WIM과 4개조 이상의 저가형 축하중센서와 Loop 센서로 구성되는 MS-WIM(Multi Sensor WIM)등이 있다.

축하중 감지 센서는 대표적으로 압전효과를 일으키는 센서소재를 사용하며, <그림 1>과 같이 Lineas Piezo Quartz형과 Ceramic Piezo Electric형, Piezo Electric형이 있다. Lineas Piezo Quartz형의 경우 온도 및 충격계수에 대해 매우 안정적이나 가격이 비싸다. Ceramic Piezo Electric형 및 Piezo Electric형의 경우 온도 및 충격계수에 대한 영향이 크나, 가격이 저렴하다.

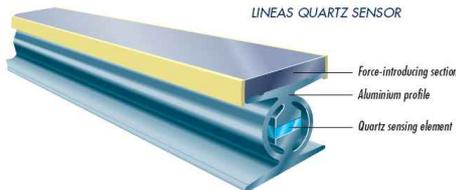
저속 축하중센서의 대표적인 센서형태는 Bending Plate 형으로 Plate 하부에 Strain gauge를 다수 부착하는 방식과 로드셀(하중계)를 다수 설치하는 방식이 있으며, 주로 정적축하중 측정 및 저속으로 주행하는 차량의 축하중을 측정하는 목적으로 사용된다.



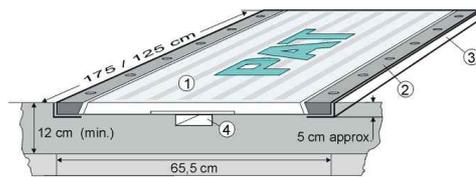
Piezo Electric Type



Piezo Ceramic Type



Piezo Quartz Type



Bending Plate Type

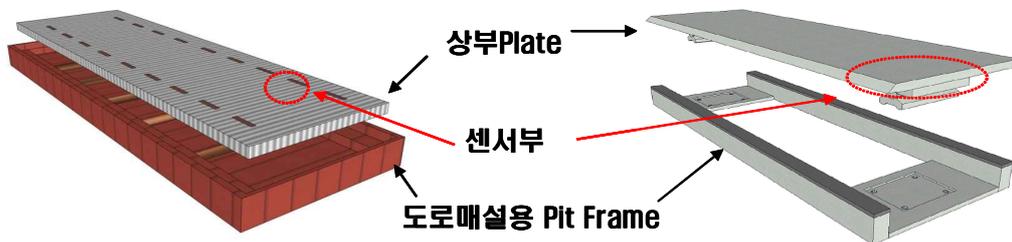
<그림 1> 축하중 감지의 센서 종류

슈퍼빔 로드셀센서의 비교사양은 <표 1>과 같으며, 기존 센서와는 달리 온도보정모듈이 내장되어 있다. 축하중 감지센서를 설치한 계중장치는 <그림 2>의 같이 기존 계중장치를 유지보수가 쉽고 하중계산구조가 간단한 시스템을 적용하고자 한다.



〈표 1〉 슈퍼빔 센서의 성능수준 비교사양

평가항목 (주요성능 Spec)	단위	전체 항목에서 차지하는 비중 (%)	세계최고 수준 보유국/보유기업	국내수준	슈퍼빔 센서
			성능수준	성능수준	성능수준
1. 정확도 (Accuracy)	%	30	0~12 (미국/PAT)	±10	±5
2. 최대 측정 하중 (Maximum load)	Tonf /axle	20	20 (미국/PAT)	20	20
3. 신호 반복 재현성 (Repeatability)	%	20	±5 (미국/Kistler)	±10	±5
4. 차량 속도 (Speed Range)	Km/h	20	16~113 (미국/Kistler)	20이하	0~80
5. 측정 분해능 (Resolution)	Kgf	10	50 (미국/Kistler)	-	50이하



〈a〉 기존의 Bending Plate 방식

〈b〉 본 연구의 Load Beam 양단 힌지 고정 방식

〈그림 2〉 계중장치

3. 중저속용 WIM 개발 및 검증계획

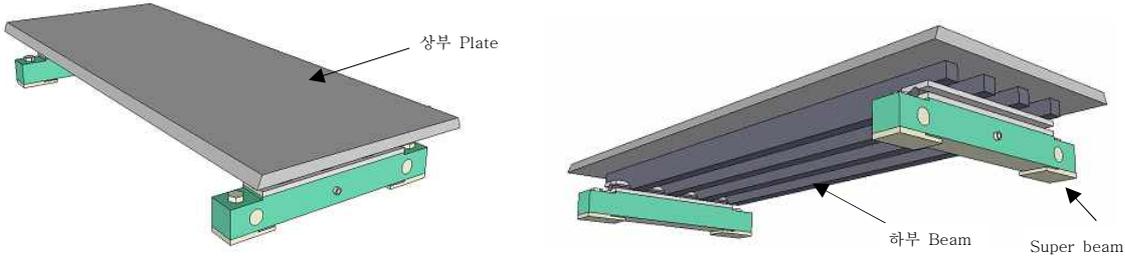
본 연구에서는 중저속용 축하중 측정시스템을 정밀도가 높은 슈퍼빔 로드셀을 이용하여 개발하고, 검증시험을 통해 과적단속 시스템에 적용 가능하도록 개발하고자 하며, 일부 부품을 제외한 제품전체의 국산화가 가능하므로 수입하는 기존제품에 비해 가격경쟁력은 월등하다. 현재 고속도로에 설치된 시스템의 가격으로 비교해 볼 때 수입 제품에 비해 30%이상 저렴하게 공급하는 것이 가능할 것으로 추정되며, 별도의 기술료나 유지관리를 위한 비용을 지출하지 않아도 되므로 유지비용도 절감할 수 있다. 수입제품의 bending plate는 본 연구에서 계획하고 있는 제품과는 기술사상이 달라서 차별화가 가능할 것으로 판단된다.

3.1 중저속용 WIM 개발을 위한 측정 센서 플레이트 구축

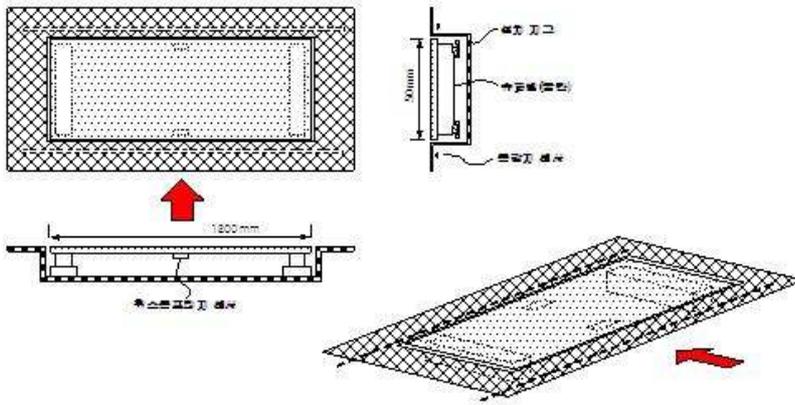
현재 고속도로 톨게이트에 설치중인 수입 제품의 pad를 대용할 중, 저속용 WIM Pad를 개발하는 것이 본 연구의 목적이며, 미국내 자동차 중량계측에 활용되고 있는 슈퍼빔 로드셀을 적용하여 설치, 유지관리가 쉽고 정확도가 향상된



국내고유의 WIM Pad를 제공하게 된다. 즉, 양단 Hinge Mold로 차량하중에 의한 반력이 2개의 받침대에만 발생하여 여기에서의 변형률 합을 무게로 환산하는 기본 개념을 이용하되 상부 Plate를 차량의 평균 접지폭인 25cm이상으로 하여 타이어 접지면에 의한 하중분담을 배제하였고 전체 Mold의 단면2차 모멘트를 줄였지만 탄성받침에 의해 長방향 상, 하부 2.5cm가 하중의 일부를 받도록 하여 과도한 처짐이 발생하지 않도록 하였다. 또한 유지관리측면에서 용이하도록 상부 Plate는 볼트로 고정하여 향후 센서의 교체 등 유지관리 활동 시 쉽게 제거할 수 있고 반복사용 할 수 있도록 하였다. 다음 <그림 3>은 적용될 국산화 개발제품 개요도이며, <그림 4>는 측정 센서 플레이트 개발도이다.



<그림 3> 중저속용 WIM 제품의 개요도

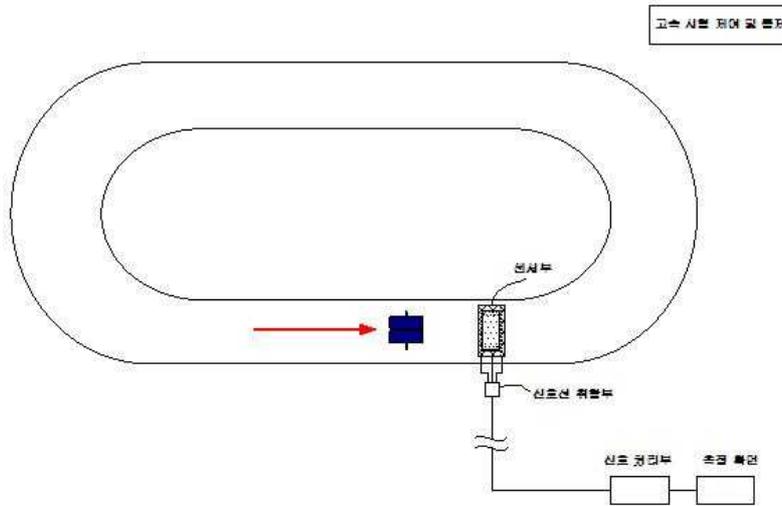


<그림 4> 축하중 측정센서 플레이트 개발도

3.2 개발 WIM 의 검증계획

본 연구에서는 추후 개발될 센서의 검증을 위해 기존 수입제품의 최대변형률 구조해석을 통해 비교분석하였고, 이는 축중의 측정이 어차피 스트레인게이지에서 얻어진 변형률로부터 환산되는 바, 발생한 변형률의 절대크기는 정확도와 연관되기 때문이며, 과도한 변형률 및 처짐은 피로파괴를 야기하므로 적절한 변형률 수준을 파악하는 것은 새로운 Pad를 설계하기에 앞서 반드시 필요하기 때문이다.

분석결과 <그림 5>와 같이 최대 $371\mu\epsilon$ 의 변형률이 발생하고 있음을 알 수 있었고, 약 $1,500\mu\epsilon$ 크기의 변형률범위 내에서 축중의 환산이 이루어지는 것으로 추정된다. 이는 피로파괴를 야기하는 변형률에 현저히 미치지 못하므로 구조적으로 안전하고 축중의 계산에 필요한 최대변형률을 얻기 위해 설계된 것으로 짐작되므로 본 연구의 제품의



〈그림 7〉 한국도로공사 도로교통연구원 포장가속시험동의 개발된 중저속용 WIM 설치계획도

4. 결론 및 추후 연구

동적 축하중 측정시스템인 WIM(Weigh In Motion System)은 이동중인 차량의 차종구분, 속도측정, 하중측정이 가능한 장비로, 측정되는 자료를 활용하여 포장설계 및 유지보수, 교량설계, 교통류 관리, 과적차량단속 및 도로세 부과 등에 적용이 가능하다. 본 연구에서는 설치비용을 줄이고 보수비용과 시간을 절약하며, 측정 주행속도를 40km/h 이상 중저속용 시스템을 개발하여 간편하고 안전하며 빠른 계측이 가능하도록 하는 정확한 계측시스템 개발을 목적으로 한다. 이를 위하여 현재까지의 연구현황 및 추후 연구진행방향을 소개하였다.

본 연구에서 개발하고자 하는 중저속 동적 축하중 측정시스템은 고속용 동적 축하중 측정시스템의 개발 확장과 더불어 기존의 TMS, ITS, PMS, BMS, VMS, AVI 등과 연계를 통해 더욱 발전적으로 활용이 가능할 것이며, 이를 위한 여러 나라의 현황에 대한 벤치마킹과 새롭게 개발되는 기술의 도입등이 이루어져야 할 것이다.

참고문헌

1. ASTM, 2004, Standard Specifications for Highway Weigh - In-Motion System with User Requirements and Test Method, E-1318-02, Volume 04.03
2. 최준성, 김수일, 서주원, “차량주행속도를 고려한 아스팔트 콘크리트 포장구조체의 물성 추정에 관한 연구”, 대한토목학회 학술발표회 논문집, 대한토목학회, pp83, 2001
3. 최준성, 서주원, 서호덕, 김수일, 김형배, “포장 평탄성과 차량 종류에 따른 동적하중 증폭계수 개발”, 한국도로학회 학술대회논문집 p461~468, 2007.10
4. 한국도로공사 도로교통연구원, “포장특성을 고려한 고속 축하중 측정시스템 개발과 설치 및 유지관리 기법 개발”, 2008
5. 한대석, 김성현, 도명식, 황상우, “WIM시스템의 소개와 국내적용 기준의 개선방향”, 대한토목학회 학회지, pp58 - 68, 2008