철도차량용 스프링의 On-Line 성능 평가 방법 연구
The Performance Evaluation for the Rail Road Train Spring

백 수곤* 박 종범** 김 상봉* 하 승우* 서 승후*
Baek,Soo-Gon Park,Jong-Beom Kim,Sang-Bong Ha,Seung-Woo Seo, Seung-Hoo

ABSTRACT

So many springs in the rail road trains have been degeaded by the long time operation. Specially vibrations makes worse the condition of the springs. The performance evaluation technique for the rail road spring was developed. Using integrated handy tools using hydraulic systems, LVDT, and related software, On-line evaluation is possible to check the system integrity.

1. 서론

철도차량에는 대차의 스프링을 포함하여 수많은 스프링으로 구성되어 있다. 이러한 스프링은 차량에 탑승한 승객의 승차감을 향상시킬 뿐만 아니라 화물의 안전 수송에도 필수적인 것으로 이의 장기 사용에 따른 건전성 평가가 절대적으로 요구되고 있다. 이에 본 논문에서는 철도 차량의 스프링을 현장에 설치된 상태에서 On-Line으로 진단하여 건전성을 평가할 수 있는 연구를 수행하고, 이에 대한 구체적 사용 예를 제시하였다.

2. 본론

가. 스프링의 경년열화

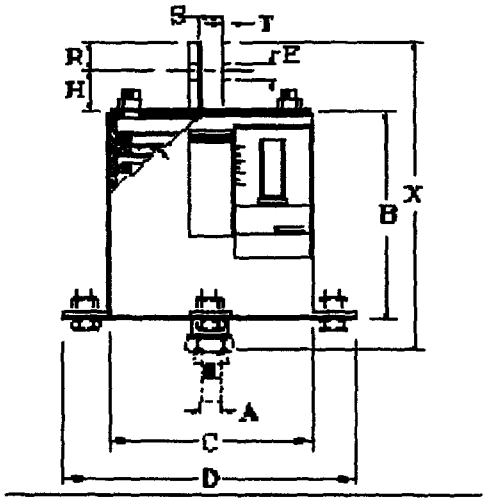
다음은 그림[1]은 국내 화학Plant에서 20년간 사용된 산업용 스프링의 경년열화 정도를 평가하기 위하여 실험한 결과이다.

1). 치수 측정 결과

---

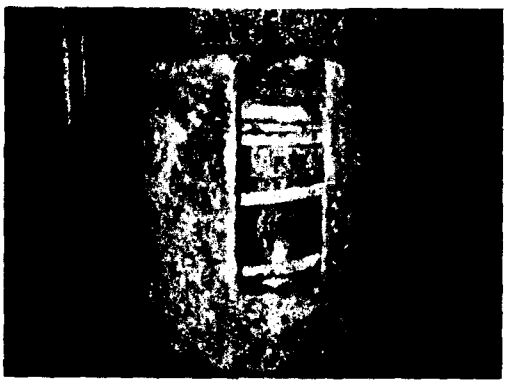
* 주식회사 韓發 부설연구소

** 한국전력공사 전력연구원



위치	치수(mm)	비고
A	11.15	
B	118.8	
C	101.2	

그림 [1]



그림[2] 탄성도 실험에 사용한 행거 상태

그림 [3] 유압을 이용한 탄성도 실험

2). 스프링 탄성 유지도 측정 시험

장기간 사용으로 재질에 열화가 발생하였을 경우 탄성도의 저하가 가장 큰 문제가 된다. Spring의 탄성상태를 측정하기 위하여 다음과 같이 시험(그림 [3] 사진 참조)을 하였다.

- 행거를 고정부에 설치

- 행거의 하부 Rod를 유압 실린더에 연결
- 유압 실린더 하부를 외부의 고정단에 연결
- 유압실린더를 가압
- 압력과 행거 스프링의 변위를 측정

구 분	설계값	측정값	비 고
스프링 상수(kg/cm)	20	2.5	
인가 가능한 최대하중(kg)	80(시험하중)	14	
스프링 변형 특성 : 비 선형			

표 [1] Hanger 탄성 실험 결과

장기 사용으로 인한 스프링의 하중 내구력이 당초의 80kg에서 14kg으로 감소되었고, 스프링 상수는 20kg/cm^{2}이던 것이 2.5 kg/cm^{2}가 되어 당초의 설계조건을 유지하지 못하고 있다. 본 스프링의 탄성도 감소량은 부식체를 완전히 제거한 상태에서의 시험이기 때문에 모든 Hanger가 이렇다고 볼 수 없으며, Coil 소자의 직경이 작은 경우는 이와 유사한 경향을 보이겠지만, 직경이 큰 것들은 부식의 정도가 상대적으로 적으므로 탄성도는 이보다 훨씬 크게 유지되고 있다고 볼 수 있다.

3). 스프링의 부식

장기간 사용으로 인한 Casing은 전 표면에 걸쳐 심한 부식으로 요철이 심했으며, 스프링은 부식부를 털어낸 후 전 길이에 걸친 두께가 4.15mm에서 5.65mm로 위치에 따라 심한 부식량의 차이를 나타내고 있다. 이와 같은 스프링 전길이에 따라 발생한 단면적의 차이는 뒷장의 탄성 시험 결과에서 보이는 바와 같이 스프링의 하중-변위 선도가 직선을 이루지 못하고 곡선을 이루고 있어 스프링의 안정성을 심히 저해하는 인자가 된다.

그림 [4] 부식입자를 털어 낸후 Hanger 본체

그림 [5] 스프링의 전길이에 걸친 부식정도

나. 발전용 배관 스프링의 건전성 평가 방법

발전설비등에 설치되어 있는 스프링은 주로 배관의 하중을 지지하고 열팽창을 수용하는 행거의 주요 구성요소이다. 배관에 설치된 행거의 건전성을 평가하고자 할 때는 행거에 가해지는 하중을 측정하고, 행거의 하중-변위 관계가 설계 범위 안에 있는지를 검사하여야 하며 행거의 기능에 문제가 있을 때는 행거를 교체하여야 한다. 그러나, 이러한 일련의 작업들이 이행 될 때 검사중이거나 보수중인 행거를 일시적으로 제거함으로서 당해 행거의 하중이 주변으로 옮겨 가서는 아니된다. 행거의 하중이 변화하지 않는 조건을 유지하면서도 작업 가능한 행거의 하중측정 방법과 행거보수를 위한 전처리 방법, 하중-변위 측정방법에 대하여 연구하였다.

그림 [6]은 Variable Spring Hanger의 배관을 지지하고 있는 것을 측정하는 설비이다. 본 그림은 상부 지지대와 하부의 지지대, 유압실린더, 유압펌프, 체인, LVDT, 신호변환기, 데이터 처리 장치로 구성되는 보조장치를 사용하는 시스템을 나타낸다. 유압실린더에 서서히 압력을 증가시키면 행거로드에 걸려있던 배관의 하중이 서서히 유압실린더로 옮겨지면서 유압실린더가 가압된다. 유압이 가해지는 동안 유압(하중)의 변화를 압력계에 부착된 센서에서 신호변환기로 전달되고, 변위의 변화는 철골과 지지대에 고정된 LVDT에 의하여 신호변환기로 전달된다. 신호변환기로 전달된 데이터(압력, 변위)는 데이터 처리장치를 통해 데이터 처리되어 모니터 상으로 나타난다. 모니터 상에 나타난 그래프의 특성을 주시하면 어느 일정 부위에서 갑자기 증가율을 달리하는 경향이 나타나며 이때 새로운 기울기가 하중(압력)축과 만나는 점이 당초의 하중을 지시한다.

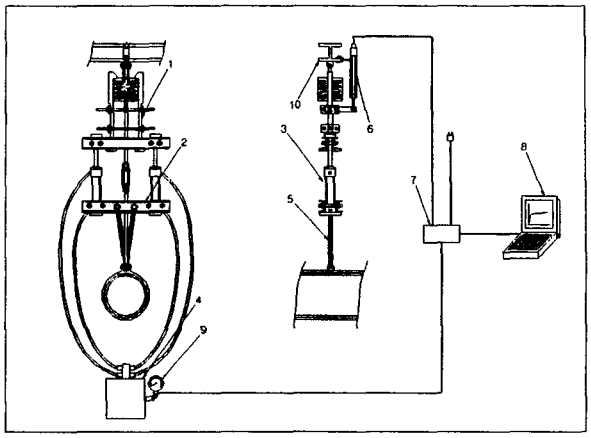


그림 [6]

그림 [7]에서 보는 바와 같이 유압실린더, 유압펌프, 체인블록, 체인, LVDT, 신호변환기, 데이터 처리장치, 와이어로프로 구성되는 보조장치를 나타낸다. 유압실린더의 하부에 서서히 압력을 증가시키면 행거로드에 걸려 있던 배관의 하중이 서서히 주 유압실린더로 옮겨지면서 유압실린더가 가압된다. 유압이 가해지는 동안의 유압(하중)의 변화를 압력계에 부착된 센서에서 신호변환기로 전달되고, 변위의 변화는 철골과 유압실린더에 고정된 LVDT에 의하여 신호변환기로 전달된다. 신호변환기로 전달된 데이터(압력, 변위)는 데이터 처리장치를 통해 데이터 처리되어 모니터 상으로 나타난다. 모니터 상에 나타난 그래프의 특성을 주시하면 어느 일정부위에서 갑자기 증가율을 달리하는 경향이 나타나며 이때 새로운 기울기가 하중(압력)축과 만나는 점이 당초의 하중을 지시한다.

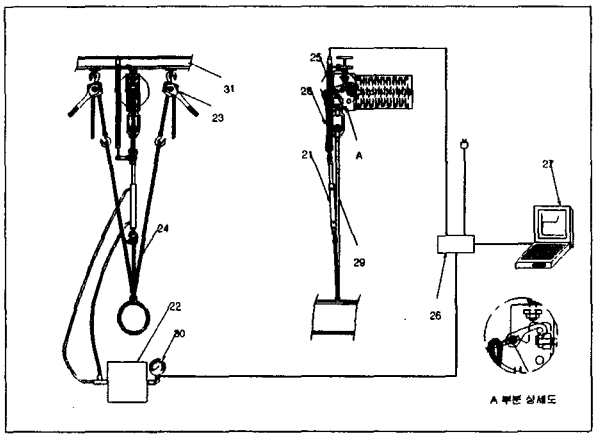


그림 [7]

배관에 설치되어 하중을 받고 있는 상태에서 손상된 행거를 떼어내거나 분해, 조립하고자 할 경우 당해 행거를 배관으로부터 분리시키기 전 행거에 가해지는 하중을 보조 행거 로드로 이동시킨 후 작업을 하여야 한다. 만약 행거에 하중이 작용하고 있는 상태에서 행거의

일부 부품을 분해하려 할 경우에는 작업시 커다란 안전사고를 유발 할 우려가 대단히 크며 보수하려는 행거의 하중이 근처 행거로 이동되어 주변 행거가 일시에 파손되는 경우가 발생할 수도 있다. 그러므로 행거의 보수작업을 하기 전에는 반드시 손상되었거나 보수를 하고자 하는 행거에 가해지고 있는 하중과 동일한 용량의 하중이 보조 행거 로드에 이동되도록 한 후 안전하게 작업하여야 한다.

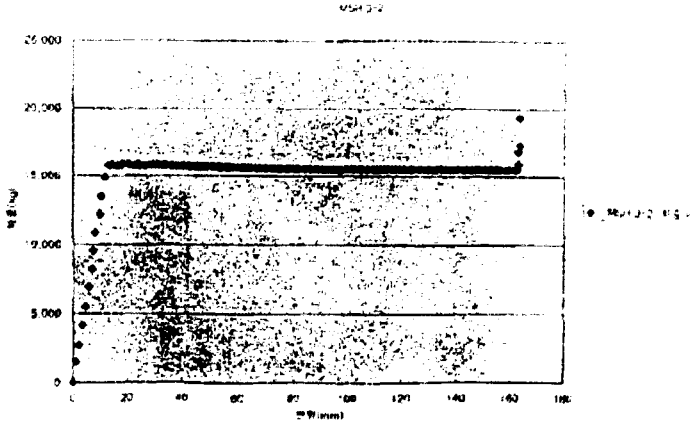


그림 [8]

산업설비의 장기 사용으로 행거 및 지지장치 계통에 발생하는 부식 등으로 인한 스프링 및 관련 링크기구의 기능 상실로 인하여 배관에 변형이 발생하거나 예기치 않은 손상이 유발되는 경우가 있을 수 있다. 이를 방지하기 위하여 장기간 운전된 산업설비는 정기적으로 배관 지지장치의 건전성을 평가할 필요가 있다.

콘스턴트 행거를 포함하여 스프링을 부품으로 사용하는 행거의 건전성을 평가할 수 있다. 본 고안은 행거를 현장에서 배관으로부터 분리시킨 후 공장으로 가져가지 않고 행거로드에 연결된 상태에서 직접 행거의 건전성 평가시험을 수행할 수 있도록 하였다.

나. 철도차량용 스프링의 건전성 평가방법

1) 철도차량용 대차[3]

철도차량의 대차는 차체 및 차체가 받는 하중을 지지하여 안전·쾌적하게 레일 위를 주행하게 하고 동력차에서는 차륜답변에서 얻은 동륜주 인장력을 차체와 연결기에 전달한다. 대차에는 주전동기를 장착하고 감속치차 장치를 설치한 동력대차와 동력을 갖고 있지 않은 종대차가 있으며, 일반적으로 대차프레임. 스프링장치, 액슬박스, 액슬박스지지장치 윤축, 스윙볼스타장치, 기초제동장치 등으로 구성되어 있다.

대차프레임은 축스프링 장치와 액슬베어링을 개입시켜 윤축을 설치하고, 한편 스윙볼스타장치와 볼스타 스프링 장치를 개입시켜 차체를 지지한다. 대차에서는 크로스빔 아래에 스윙볼스타가 있고, 스윙볼스타는 상스윙볼스타와 하스윙볼스타로 불려지는 두 개의 빔으로 나누어져 있다. 상스윙볼스타는 그 중앙 상면에 하센터 피봇이 설치되어 있으며 차체측 언더

프레임 볼그타 중앙 하면에 설치되어 있는 상센터 피봇과 결합하여 하중을 부담함과 동시에 회전중심이 되어 전후 방향의 추력을 전달한다. 하스윙 볼스타는 스윙 볼스타 행거로 불려지는 행거 링커에 의해 대차 프레임의 사이드빔과 핀으로 연결되어 있으며 볼스타 스프링장치를 개입시켜 상스윙볼스타와 연결되어 결합하는 구조로 되어 있다.

스윙볼스타 장치는 주행중 차체의 횡운동과 곡선통과시 차체의 변위에 대하여 복원력을 주어 승차가을 좋게 하기 위해서 설치되어 있는 것이므로 통상 양측의 행거링크를 약간 "八"자 형으로 경사시키는 것에 의해 차체중심과 대차중심이 편의되고 중심 이동했을 때에 신속하게 그 위치로 당기는 힘이 작동하도록 하는 구조로 되어 있다. 상스윙볼스타의 사이에 볼스타 스프링 장치가 부착되어 있지만 이것은 뒤에서 언급한 축스프링 장치와 함께 주행중의 진동과 충격을 완화하고 승차감을 좋게 하기 위해서 코일 스프링과 공기 스프링이 사용되고 있다.

2) 철도차량용 스프링의 건전성 평가

철도차량용 스프링의 건전성을 스프링이 차량에 설치되어 있는 상태에서 평가하기 위하여 다음 그림과 같이 유압장치, 길이변환기를 배치하고, 하중에 따른 스프링의 변위를 자동계측할 수 있도록 데이터 전송장치를 갖추었다. 대차 상부에 있는 유압장치에 압력을 인가하면 하부에서 스프링에 하중을 가하게 되어 현재 스프링이 지지하고 있는 하중 및 스프링의 하중-변위를 연속적으로 기록하면서 변화한다.

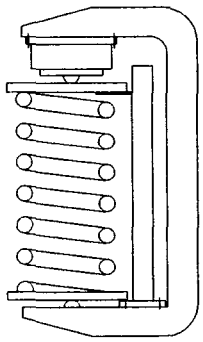
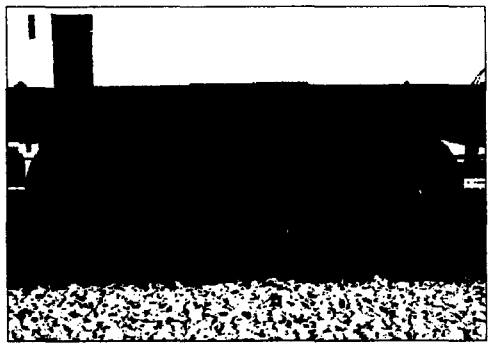


그림 [9] 스프링신뢰성 평가장치



그림[10] 스프링 신뢰성 평가장치 설치예

이때 디지털로 입력된 자료를 평가함으로서 스프링의 균열여부, 현재 가해지고 있는 하중, 스프링 상수, 스프링의 변형특성등을 분석하여 차량 스프링이 차량의 주행 안정성에 미치는 영향을 평가할 수 있다.

다음 그림[11]은 본 시험장비로서 스프링의 상태를 평가한 결과를 나타낸다.

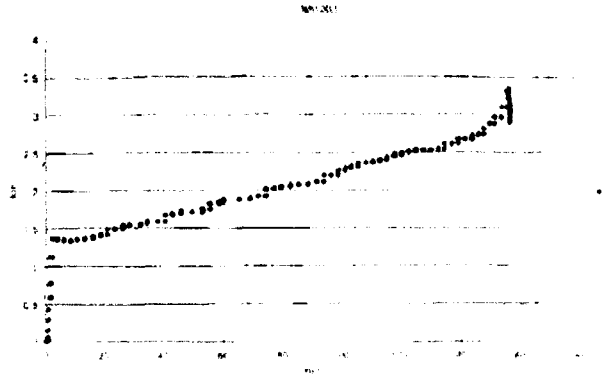


그림 [11]

3. 결론

이상과 같이 장기 사용한 스프링의 탄성이 변화하는 것을 스프링이 현장에 설치된 상태에서 평가하기 위해서는 스프링의 지지부에 측정장치를 고정하고, 활동부에 스프링이 움직일 수 있도록 유압장치등을 이용하여 현재 작용하고 있는 하중보다 큰 하중을 인가하면 스프링의 하중-변위 특성을 평가할 수 있으며, 이로서 스프링에 가해지고 있는 하중과 스프링 상수를 On-line상으로 취득할 수 있고, 스프링의 균열발생이나 재질의 열화도 등을 측정하여 철도차량 스프링의 신뢰성을 제고할 수 있는 장치에 대한 제안과, 이로서 승객의 승차감을 향상시킬 수 있는 평가방법이 될 수 있음이 확인되었다.

참고문헌

1. 김창호, 황요하 "고속전철 차량 시스템의 기계기술 개발/차량의 동력학적 해석 및 현가장치의 설계", 한국과학기술연구원, 1995
2. 김창호, 황요하 "차량의 동력학적 해석 및 현가 장치의 설계", 한국과학기술연구원, 1994
3. 백남욱외, "철도차량총서", 기전연구사, 1997
4. 백남욱외, "철도의 속도향상", 골든벨, 2001
5. 백남욱외, "철도차량 핸드북", 기전연구사, 1999
6. 백수곤,김덕진,장석원,현중섭, "화력발전소 보일러 본체 지지장치 하중측정 및 교정기술 개발", 전력연구원, 1998
7. 백수곤, "발전용 배관 및 Hanger의 관리기술", 기술개발 제44집, 한국전력공사 전력연구원, 2000