

평면형 차륜 형상을 가진 탈선계수 측정용 윤축의 하중시험
Load test of wheel-set for derailment coefficient
measurement that have plane style wheel plate

함영삼* 홍재성**
Ham, Young-Sam Hong, Jae-Sung

ABSTRACT

A derailment coefficient of railway vehicle is as one of important element that estimate running safety. Derailment coefficient is ratio of lateral load/vertical load happens in contact point between wheel and rail. Lateral load increases, dangerous of derailment can rise. There are ground and vehicle to measurement method of these derailment coefficient. Method of ground is simple, but when vehicles passes data of a point, there is shortcoming that acquire locally. Curved surface style wheel shape that use so far among vehicle method in this research wishes to be not but describe about static load test of wheel-set for derailment coefficient measurement that have plane plate shape that manufacture separate way and correction result etc. to test.

1. 서론

철도차량의 주행안전성을 평가하는 중요한 요소 중의 하나로서 탈선계수를 가장 먼저 거론하게 된다. 탈선계수란 차륜과 레일의 접촉점에서 발생하는 수직하중과 수평하중의 비율을 의미하는 것으로서 수평하중이 증가할수록 탈선의 위험성이 높아진다고 할 수 있는 것이다. 이러한 탈선계수의 측정방법에는 지상식으로서 레일에 작용하는 하중을 측정하는 방법과, 차상식으로서 차륜의 하중을 측정하는 방법이 있는데 지상식은 측정이 간편한 만큼 한 지점의 데이터를 차량이 통과할 때만 국부적으로 취득한다는 단점이 있다. 본 연구에서는 차상식 방법 중에서 지금까지 사용한 곡면형 차륜형상이 아니라 시험용으로 별도 제작한 평면 플레이트 형상을 가진 탈선계수 측정용 윤축의 정하중시험과 교정결과 등에 대하여 기술하고자 한다.

2. 시험용 윤축 제작

*한국철도기술연구원 차량기계연구본부 책임연구원, 정회원
**한국철도기술연구원 차량기계연구본부 신입연구원, 정회원

2.1 개요

탈선계수 측정용 윤축을 제작하는 작업공정은 Fig. 1과 같은 단계로 진행되는데 이때 5~10번 공정은 정확도와 정밀도를 높이기 위하여 반복적인 작업이 이루어진다.

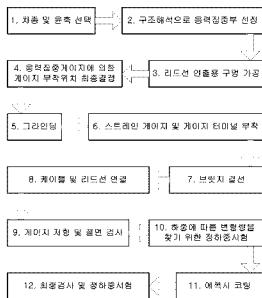


Fig. 1 측정용 윤축의 제작공정 흐름도

2.2 윤축의 가공

측정용 윤축은 차량의 최전부에 조립되어, 주행시 윤중과 횡압을 동시에 측정하기 위한 시험용 윤축으로서 측정용 윤축의 제작은 주행안전성 측정시스템 구축의 첫 번째이자 가장 중요한 단계라 할 수 있다. 횡압은 차륜면에서 바로 측정이 가능하지만, 윤중은 차륜의 절단면에서 측정하는 것이 더 정확하다. 따라서 차륜면에 구멍을 가공하여 그 단면에서 윤중을 측정하는 것이 일반적 으로 널리 사용되고 있는 측정방법이다. 윤중의 측정위치는 횡압의 간섭이 최소이면서 수직압이 크게 발생하여야 하므로 가공되는 구멍의 위치가 이 위치를 포함하도록 하여야 한다. 이를 위해 윤축의 유한요소해석을 실시하여 그 위치를 결정하였다. 본 논문에서는 유한요소해석 결과는 생략 하였다. 이번 실험은 차륜의 플레이트가 곡면인 기존 윤축을 변경하여 직선형 플레이트를 가진 윤축을 별도로 제작하여 측정용 윤축으로 사용하였다.

구조해석의 결과를 바탕으로 윤중을 측정하기 위한 구멍의 적절한 위치를 결정하였다. 지름이 60mm인 구멍을 차륜중심으로부터 281mm 떨어진 위치에 45° 간격으로 8개씩 차륜 양쪽이 좌우 대칭이 되도록 가공하고, 아울러 리드선 인출을 위한 구멍을 차륜의 보스에서부터 차축 중심을 거쳐 차축 끝단까지 $\phi 20$ mm로 가공하였다. 이때 60° 각도로 시행하는 $\phi 20$ 드릴작업은 $\phi 60$ 홀과 홀의 중간지점에 좌우 차륜 대칭이 되도록 가공하였다. 조립된 윤축의 형상을 Fig. 2에 나타내었다.

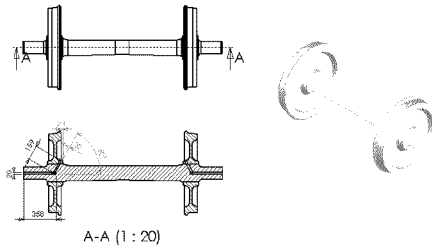


Fig. 2 조립윤속의 형상

3. 정하중시험

3.1 게이지 부착위치 선정을 위한 정하중시험

윤속의 구조해석을 통해 선정된 위치에 응력집중 측정용 게이지를 부착하고 정하중 시험을 실시하여 간섭이 최소인 지점을 최종적으로 선정하였다. 윤속 측정위치를 찾기 위해서 Fig. 3의 (b)와 같은 응력집중 측정용 게이지를 차륜의 구멍 안쪽에 부착하였고, 횡압 측정위치를 찾기 위해서는 Fig. 3의 (a)와 같은 게이지를 차륜면에 부착하였다. 이와 같이 윤속과 횡압 측정위치 검출을 위한 응력집중 측정용 스트레인 게이지를 부착하고 정하중 시험을 실시하여 감도가 크면서도 수직하중과 수평하중간에 상호 간섭이 작은 위치를 결정하였다.

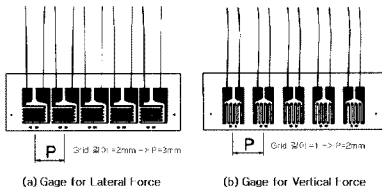


Fig. 3 응력집중 측정용 스트레인 게이지

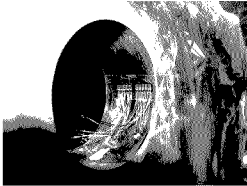


Fig. 4 윤중측정위치 선정용 응력집중게이지

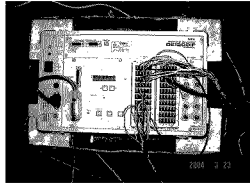


Fig. 5 계측장비(Data Logger)

Fig. 4는 윤중 측정위치 검출용 스트레인 게이지가 부착된 모습을 나타내고 있고, Fig. 5는 계측 장비를 나타내고 있다.

3.2 게이지 부착위치 선정

윤중 및 횡압 측정용 게이지의 부착위치를 선정하기 위해 응력집중 측정용 게이지를 부착하고 수직하중(P) 20ton과 수평하중(Q) 5ton을 가하여 상호간섭을 측정하였다.

윤중 측정용 게이지(P-게이지)에 대한 수직, 수평하중의 영향을 살펴보면 Fig. 6과 같이 수직하중 작용시에는 모든 위치에서 큰 차이가 없었으며, 수평하중 작용시에는 1P5와 1P6번 게이지 사이에서 스트레인이 0(zero)인 지점이 나타났다. 이 결과로부터 간섭량이 최소인 위치를 찾아보면 구멍내부의 차륜외측 끝단으로부터 18.64 mm 떨어진 지점으로서, 이 위치를 윤중 측정용 게이지 부착위치로 선정하였다.

횡압 측정용 게이지(Q-게이지)에 대한 수평, 수직하중에 대한 상호간섭의 영향은 Fig. 7과 같다. 차륜외측 게이지(Qo1~Qo15)의 경우 수직하중 작용시 $-50 \sim -65 \mu\epsilon$, 수평하중 작용시 $-128 \sim -464 \mu\epsilon$ 의 변형이 발생하였다. 따라서 차륜외측의 최적위치는 간섭량 증가에 비해 감도 증가율이 큰, Qo13 게이지 위치(윤중 측정용 구멍하단에서 81mm 떨어진 위치)를 선택하였다.

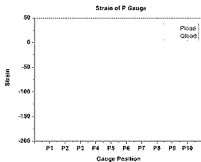


Fig. 6 수직하중용 게이지 부착위치에 따른 변형량과 간섭량

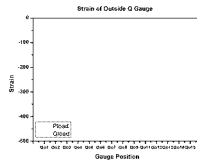


Fig. 7 차륜외측 Q 게이지 부착위치에 따른 변형량과 간섭량

3.3 게이지 결선

윤중과 횡압의 측정방법에는 간헐법과 연속법의 2종류 측정방법이 있다. 간헐법은 차륜 1회전에 1개의 사인파를 얻는 방법이고, 연속법은 간헐법으로 결선한 2개 이상의 체년을 후처리과정에서 합성하여 연속적인 출력을 얻는 방법이다. 본 논문에서는 두 가지 방법을 모두 염두에 두고 브릿지를 결선하였으나 주행안전성 평가에는 간헐법을 이용하였다. Fig. 8은 게이지 부착위치와 브릿지 결선도로서 8개의 구멍을 이용하여 수평, 수직하중을 측정하였다.

윤중의 측정은 대각선 4개의 구멍을 이용하여 8개의 게이지로 결선하여 출력을 얻도록 하였으며 P1, P2 2개의 신호가 90°의 위상차를 가지고 발생하도록 하였다.

횡압도 윤중과 마찬가지로 대각 방향에 위치한 게이지 8개를 결선하여 출력이 발생하도록 하여, Q1, Q2 2개의 신호가 90°의 위상차를 가지고 신호가 발생하도록 하였다.

브릿지 결선후의 게이지들은 좌우 차륜이 동일한 색상으로 좌측은 PL1, PL2, QL1, QL2, 우측은 PR1, PR2, QR1, QR2 등으로 구분하여 8채널을 구성하였다.

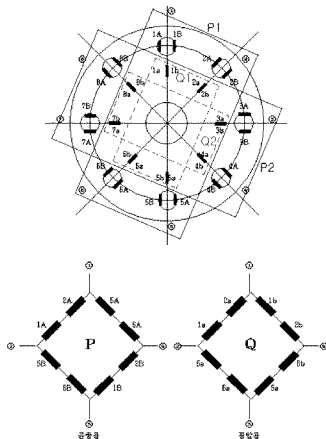


Fig. 8 스트레인 게이지 위치와 브릿지 결선도

3.4 곡면형 차륜 형상과의 간섭률 비교

반복적인 정하중시험을 실시하여 완성된 측정용 윤축은 Fig. 9-10과 같고, 플레이트 형상이 곡면인 광주도시철도 전동차의 주행안전성 평가에 사용하였던 윤축과 교정결과와 비교하면 Table 1과 같다.

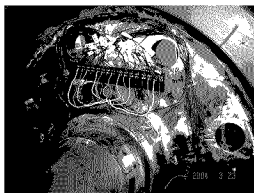


Fig. 9 브릿지 회로 구성

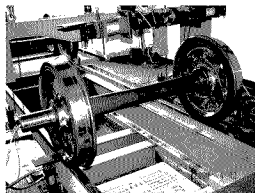


Fig. 10 완성된 측정용 윤축

Table 1 하중시험 교정치(Peak to Peak)

($\mu \varepsilon / \text{ton}$)

차륜형상	하중방향	PL1		PL2		PR1		PR2	
		PL1	QL1	PL2	QL2	PR1	QR1	PR2	QR2
평면	수평	42.639	8.061	43.038	6.724	42.866	8.114	43.069	8.624
	수직	1.636	482.75	1.981	477.23	3.525	479.94	1.537	475.27
곡면	수평	91.01	19.37	87.96	18.2	86.27	16.3	88.42	18.44
	수직	6.22	216.2	2.84	209.63	11.4	194.71	2.95	197.56

4. 결론

철도차량의 윤축은 수직과 수평하중간 간섭이 발생할 수밖에 없는 기하학적 형상을 가지고 있지만 플레이트 형상을 직선으로 측정용 윤축을 별도로 제작하면 상호간섭을 줄일 수 있는 것을 확인하였다. 간섭률을 평균적으로 비교하면 평면인 차륜은 수직하중에서 5.06 %, 수평하중에서 1.65 % 인데 비하여 곡면형 차륜은 수직하중에서 6.62 %, 수평하중에서 8.86 %가 발생하였다.

5. 참고 문헌

- (1) 함영삼 등, 기존화차 성능향상 및 무보수화 방안 연구, 한국철도기술연구원 연구보고서, 2004. 7
- (2) 함영삼 등, 광주전동차 완성대차의 곡선추종성 및 주행안전성 평가에 관한 연구, 한국철도기술연구원 연구보고서, 2003. 12
- (3) 함영삼 등, 고속화차용 용접대차의 구조강도 해석, 한국철도학회 2001년도 춘계학술대회논문집, pp. 217~221, 2001. 5
- (4) 함영삼 등, 고속화차용 용접대차 프레임 개선모델의 강도평가, 한국철도학회 2001년도 추계학술대회논문집, pp. 235~239, 2001. 10