

새로운 무선계측시스템을 활용한 틸팅차량 윤축의 정하중시험 Static Load Test of Tilting Vehicle Wheel-set by New Telemetry System

*#함영삼¹, 이동형¹, 서정원¹, 권석진¹, 김재철¹, 이찬우¹

¹Y. S. Ham(ysham@krii.re.kr), D. H. Lee¹, J. W. Seo¹, S. J. Kwon¹, J. C. Kim¹, C. W. Lee¹

¹한국철도기술연구원 철도시스템연구본부

Key words : Telemetry, Static Load Test

1. 서론

틸팅차량은 곡선 선로에서 열차의 제한속도를 향상시켜도 승객이 느끼는 승차감은 저하되지 않도록 차체를 내측으로 기울여 원심력 성분인 횡방향 가속도를 감소시킨 철도차량이다. 이렇게 곡선부 승차감과 열차의 주행속도 두 가지를 만족시키면 횡압은 증가할 수밖에 없다.

철도차량의 주행안전성을 확보하기 위하여 이론해석과 더불어 시험을 통한 주행안전성 평가는 필수적인 과정이라 할 수 있다. 세계 각국들이 모두 실차주행시험으로 탈선계수를 만들어 평가하고 있으며, 국내에서 가장 보편적으로 사용하고 있는 방법은 탈선계수 측정용 윤축을 만들어 실차주행시험으로 평가하는 방법이다. 탈선계수를 북미에서는 L/V, 유럽에서는 Y/Q, 일본에서는 Q/P 라고 나타내고 있지만 모두가 똑같이 수평방향하중/수직방향하중의 비율을 의미하고 있다⁽¹⁾. 본 논문에서는 틸팅차량의 주행안전성을 측정하기 위한 측정용 윤축의 교정에 새로운 무선계측시스템을 도입하여 실시한 정하중 시험의 과정과 결과에 대하여 기술하고자 한다.

2. 측정용 윤축 제작

측정용 윤축은 차량의 최전부 견인축으로 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 일반적으로 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⁽²⁾. 측정위치가 결정됨에 따라 Fig. 1과 같이 지름이 60mm인 구멍을 차륜중심으로부터 253mm 떨어진 위치에 180° 간격으로 2개씩 차륜 양쪽이 좌우대칭이 되도록 가공하고, 이때 디스크시트 체결용 볼트 사이에 좌우 차륜이 대칭이 되도록 가공하였다. 예전에 리드선 인출용 홀은 신호전송 수단이 무선으로 바뀌면서 생략되었다.

3. 탈선계수 측정시스템

3.1 측정원리

레일 위를 주행하는 차륜에 작용하는 분력을 측정하기 위해 차륜에 스트레인 게이지를 부착하고, 차륜 상의 직교하는 위치에 대응한 두개의 브리지 출력에 각각 하중 작용 위치에 대응한 하중을 가산하여 양자의 조합에 따라 연속된 출력을 얻을 수 있도록 한 것이 연속 측정법이다. 연속법의 브리지 결선은 간헐식 결선을 기초로 하고 있다. 종래의 연속식은 브리지를 결선할 때 한쪽 차륜의 윤중 또는 횡압의 모든 게이지를 연결함으로써 연속출력을 얻어왔지만, 최근의 연속법은 브리지 출력을 디지털 처리함으로써 연속 출력을 얻고 있다⁽³⁾. 본 틸팅차량에서는 차륜 디스크를 설치하기 위하여 차륜에 홀이 존재하기 때문에 간헐식으로 측정할 수밖에 없는 실정이다⁽⁴⁾.

3.2 계측시스템 구성

편성열차의 최전부차량에서 전부대차의 1위축에 측정용 윤축

을 조립하여 차륜의 안쪽에 신호 발신기가 내장된 Telemeter를 설치하고, 차체에 신호 수신기를 Fig. 2와 같이 설치하였다. 스트레인 게이지는 차륜에 부착하여 무선으로 신호를 전송하도록 측정시스템을 구성하였다. Transmitter에는 배터리를 내장시켜 별도의 전원공급 없이 신호를 전송하도록 하고, 차축의 회전과 충격에 견딜 수 있도록 지그를 견고하게 제작하여 설치하도록 하였다. Transmitter에서 발생된 신호는 안테나를 통해 Receiver로 전달되어 Data Recorder에 저장되도록 구성하였다.

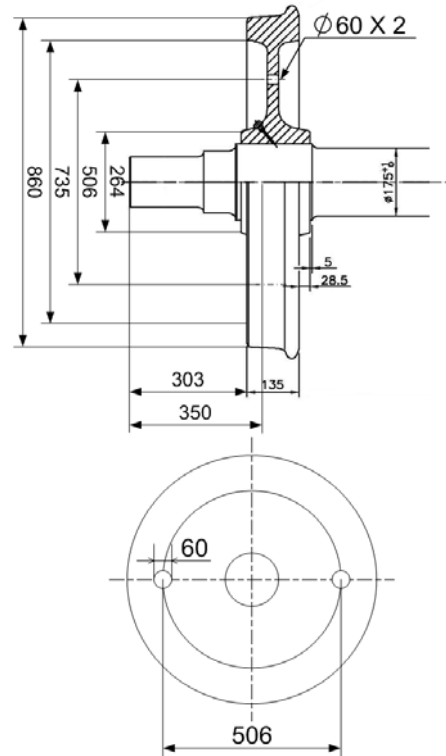


Fig. 1 Drawing of measuring wheel-set



Fig. 2 Transmitter and receiver of telemetry system

4. 정하중 시험

4.1 게이지 부착위치 선정을 위한 정하중 시험

윤축의 구조해석을 통해 선정된 위치 부근에 응력집중 측정용 게이지를 부착하고 정하중 시험을 실시하여 간섭이 최소인 지점을 최종적으로 선정하였다. 윤중 및 횡압 측정용 게이지의 부착위치를 선정하기 위해 응력집중 측정용 게이지를 부착하고 수직하중 20톤과 수평하중 5톤을 가하여 상호간섭을 측정하였다.

윤중과 횡압 측정을 위한 응력집중게이지의 하중에 따른 변형률의 변화로써 하중이 증가함에 따라 선형적으로 증가하는 것을 볼 수 있으며 재료가 탄성범위내에서 거동하고 있음을 알 수 있었다. 윤중 측정용 게이지에 대한 수직, 수평하중의 영향을 살펴보면 수직하중 작용시에 P1 게이지 위치에서부터 변형률이 증가하여 P5 게이지에서 최대값을 나타내고 있다. 수평하중 작용시에는 게이지 위치에 따라서 압축변형률에서 인장변형률로 변화하고 있으며 P2와 P3번 게이지 사이에서 스트레인이 0인 지점이 나타났다. 이 결과로부터 간섭량이 최소인 위치를 찾아보면 구멍내부의 차륜내측 끝단으로부터 14.88 mm 떨어진 지점을 윤중 측정용 게이지 부착위치로 선정하였다(Fig. 3). 횡압 측정용 게이지는 홀에서 멀어질수록 수직하중에 의한 간섭량은 줄어들지만, 횡압감도 역시 감소하는 것으로 나타났다. 따라서 간섭이 작으면서도 적절한 감도를 가지는 위치로서 외측은 홀에서 66 mm 떨어진 지점을 선택하였으며, 같은 관점에서 내측은 홀에서 67 mm 떨어진 지점을 선택하였다(Fig. 4).

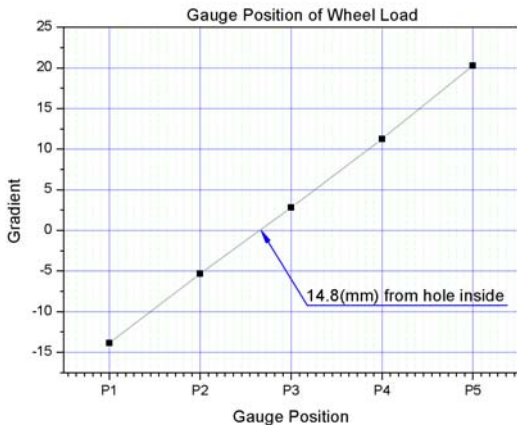


Fig. 3 Gauge position for wheel load

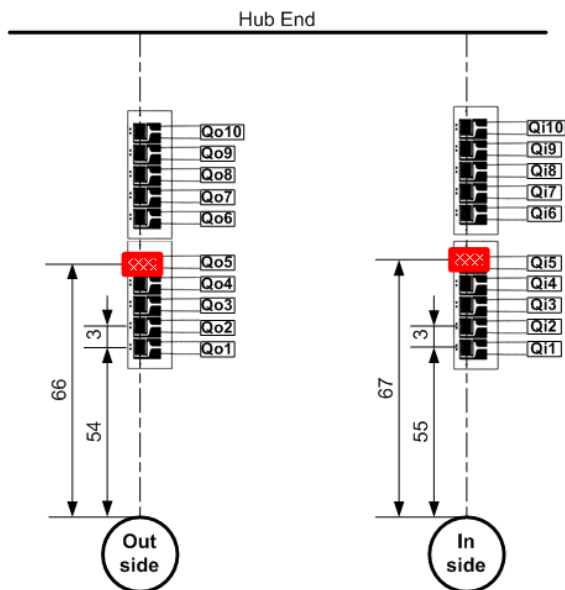


Fig. 4 Gauge position for lateral force

4.2 결선 및 상호간섭 보정

윤중과 횡압의 측정방법에는 간헐법과 연속법의 2종류 측정방법이 있다. 간헐법은 차륜 1회전에 1개의 사인파를 얻는 방법이고, 연속법은 연속적으로 출력이 얻어지는 방법이다. 본 연구에서는 차륜 디스크를 사용하는 윤축이었기에 간헐법을 이용하여 차륜당 윤중과 횡압 각각 1채널씩 총 4채널을 구성하였다.

영업용으로 사용하는 차량의 윤축을 그대로 측정차륜으로 사용할 경우에는 수평하중과 수직하중사이에 상호간섭이 발생하므로 이에 대한 보정이 필요하다. 구하고자 하는 윤중 P와 횡압 Q, 그리고 정하중시험에서 나오는 출력, 주행중 발생하는 출력량 E_q, E_p 사이의 관계식을 보정을 실시하였다. Calibration을 실시한 결과로 얻어진 교정치는 Table 1과 같다.

Table 1 Calibration value of static load test

(V/ton)

하중	수직방향 하중				수평방향 하중			
	PR		PL		QR		QL	
	PR	QR	PL	QL	PR	QR	PL	QL
12	0.18848	-0.02086	0.17096	-0.02256	0.03325	0.4349	-0.03684	0.49794
34	-0.18920	0.01308	-0.17466	0.01946	0.01345	-0.44167	0.01539	-0.51655
P-P	0.37768	0.03394	0.34562	0.04202	0.04670	0.87657	0.05223	1.01449
비교	ϵ_{pp}	ϵ_{qp}	ϵ_{pp}	ϵ_{qp}	ϵ_{pq}	ϵ_{qq}	ϵ_{pq}	ϵ_{qq}

5. 결론 및 향후 연구방향

차륜 디스크를 사용하는 틸팅차량에서 차륜과 레일간에 발생하는 상호 작용력을 측정할 수 있는 무선계측시스템을 구축하였다. 회선체에서 고정체로 신호를 전달하는 수단으로 지금까지 사용하던 slip ring 이나 inductive coil 방식이 아닌 배터리 전원을 사용하는 무선전송방식을 채택하였다. 실차시험에서 예상되는 배터리 수명에 관한 문제는 번거롭더라도 매번 시험 때마다 교환하여야 할 것이며, 사전에 충분히 대비하여야 한다. 향후 실차시험결과를 근거로 측정시스템의 유용성을 기존의 측정시스템과 비교 검증하여야 할 것으로 판단된다.

참고문헌

1. Y. S. Ham, "Analysis of Coupling Term Between Vertical Load and Lateral Load for Install Load Cell to Wheel-set", Korean Society for Precision Engineering, Spring Conference, pp. 31~32, 2006.
2. Y. S. Ham, "Stress Distribution of Tilting Vehicles Wheel-set by Interaction Force Between Wheel and Rail", Korean Society for Precision Engineering, Spring Conference, pp. 351~352, 2006.
3. Y. S. Ham, "Continuous Method of Measuring Forces between Wheel and Rail and Derailment Coefficient", KSME, Proceedings of the KSME 2006 Spring Annual Meeting, pp. 2711~2714, 2006
4. Y. S. Ham, "Tilting Vehicle's Interaction Force Measurement System that Happen Between Wheel and Rail Continuous Method of Measuring Forces between Wheel and Rail and Derailment Coefficient", KSME, Proceedings of the KSME 2006 Fall Annual Meeting, pp. 556~559, 2006.