

전동차용 복합소재와 용접 대차프레임의 고유진동특성 평가 Natural Frequency Evaluation of a Composite Bogie Frame and a Steel Bogie Frame

*김정석¹, 김일겸², 이우근², 권현민², 서승일²

*K. J. Kim(jskim@krii.re.kr)¹, I. K Kim¹, W. K. Lee², H. M. Kwon¹, S. I. Seo¹

¹한국철도기술연구원, ²과학기술연합대학원대학교

Key words : Modal Test, Composite, Natural Frequency, Bogie frame

1. 서론

최근 철도차량은 최고속도 300km/h 이상의 고속화 및 대용량화를 지향하는 추세이다. 이와 같은 철도차량의 고속화 및 대용량화를 실현하기 위해서 차량 경량화는 필수적인 요구조건이다. 차량 경량화는 에너지 비용절감 및 궤도 부담력 감소를 통한 레일 마모량을 감소시켜 유지보수 비용 절감에 기여한다. 대차프레임의 경량화는 경량화시 효과가 크고, 대차 프레임의 중량 감소는 선로 부담력에 직접적인 영향을 미치므로 대차프레임 경량화는 에너지 비용 및 선로유지보수비용 절감에 기여하는 기술(Rail-friendly technology)이다(1-2).

본 연구에서 개발 중인 전동차용 초경량 복합소재 대차프레임은 차체지지 및 제동력 전달등의 역할과 더불어 현가장치의 역할을 수행하도록 설계되었다. 특히, 대차프레임의 사이드 빔 부분이 일종의 판스프링 역할을 수행하게 된다. 따라서, 이러한 복합소재 대차프레임을 철도차량에 적용하기 위해서는 강도적인 부분에 대한 검증과 더불어 대차프레임 자체의 진동특성분석이 필수적이다. 따라서, 본 연구에서는 기존 금속재 대차프레임과 복합소재 대차프레임에 대한 고유진동특성을 평가하고 특성을 비교하였다.

2. 고유치 측정시험

기존 전동차용 금속재 대차프레임은 일반적으로 SM490A소재로 내부가 빈 박스형태의 용접구조로 제작되며 H형상을 갖는다. 복합소재 대차프레임의 경우에도 기존 금속재와 유사한 형상을 갖는다. 그러나, 금속재와 달리 구조강성을 확보하기 위한 리

브(rib)구조가 내부를 채우고 있고 이를 스킨(skin)부가 감싸고 있는 구조이다. 스킨부와 리브부는 직조된 유리섬유/에폭시 복합재 (GEP224, SK Chem.)로 제작된다

2.1 모달 시험

기존 전동차용 대차프레임의 경우 Fig.1(a)와 같이 완전히 조립된 대차를 이용하여 시험을 수행하였다. 시험을 위해서 대차는 시험실 바닥에 놓인 상태로 시험을 수행하였다. 복합소재 대차프레임의 경우에는 Fig. 1(b)와 같이 대차프레임의 휠세트 설치위치에 힌지를 설치하여 지면에서 띄워 지지대에 장착하였다. 따라서, 대차프레임의 지지점에서는 차축방향의 회전 자유도와 길이방향 변위가 허용된다.

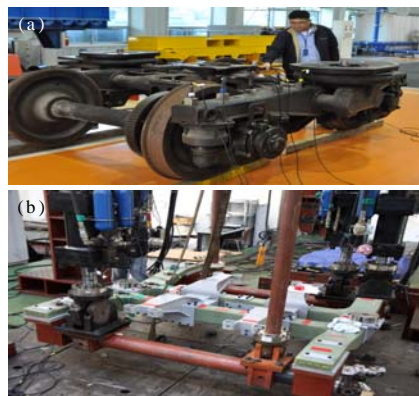


Fig. 1 Test setup ; (a) traditional steel bogie frame, (b) composite bogie frame.

3. 모달시험결과

3.1 금속재 대차 프레임

대차프레임의 자체의 탄성거동을 나타내는 1차와 2차 모드의 고유치와 모드 형상은 Fig. 2와 같다. Fig. 2에서 알 수 있듯이 수직과 횡방향의 경우 주모드가 사이드 빔의 수직 및 횡방향 굽힘모드로 1차 모드의 고유치는 각각 82.3Hz와 106.0Hz였다. 종방향의 경우 크로스 빔의 굽힘모드가 주모드였고 고유치는 79.9Hz였다. 구조적으로 사이드 빔의 경우 대차에 가해지는 차체의 하중을 감당하는 부분으로 사각형 튜브형상에 내부에 보강판이 용접되어 있는 구조로 단순히 원형 파이프 형태로 제작되는 크로스 빔에 비해 강성이 높기 때문에 고유치 역시 높은 값을 보였다. 또한, 사이드 빔의 수직방향보다 횡방향 고유치가 약 28.8% 높아 횡방향 강성이 큰 것으로 확인되었다.

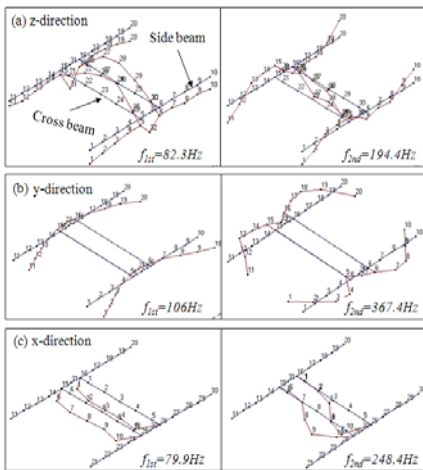


Fig. 2 Measured mode shapes of the steel bogie frame; (a) vertical direction, (b) lateral direction, (c) longitudinal direction.

3.2 복합소재 대차 프레임

Fig. 3에서 알 수 있듯이 수직과 횡방향의 경우 주모드가 사이드 빔의 수직 및 횡방향 굽힘모드로 1차 모드의 고유치는 각각 22.8Hz와 54.6Hz였다. 종방향의 경우 크로스 빔의 굽힘모드가 주모드였고, 고유치는 47.9Hz였다.

복합소재 대차프레임의 경우에도 금속재 프레임과 같이 사이드 빔의 수직방향보다 횡방향 강성이

큰 경향을 보였다. 1차 고유치의 경우 횡방향이 수직 방향에 비해 약 139.5% 높았다. 그리고, 수직방향 1차 고유치는 크로스 빔의 1차 고유치보다 52.4% 낮았다. 이러한 거동은 복합소재 대차프레임의 경우 사이드 빔이 판스프링(leaf spring) 역할을 하도록 설계되었기 때문이다.

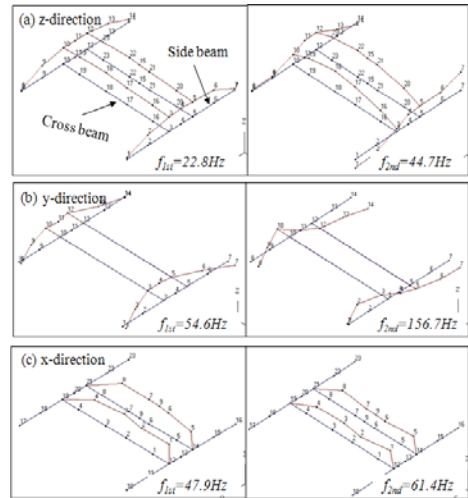


Fig. 3 Measured mode shapes of the composite bogie frame; (a) vertical direction, (b) lateral direction, (c) longitudinal direction.

4. 결론

복합소재 대차프레임의 경우 금속재에 비해 수직방향 굽힘강성이 약 26.8% 수준으로 유연함을 알 수 있었다. 복합소재 대차프레임의 경우 수직방향 1차 고유치는 크로스 빔의 1차 고유치보다 52.4% 낮았다.

참고문헌

1. J. S. Kim and K. J. Yoon, Structural Behaviors of a GFRP Composite Bogie Frame for Urban Subway Trains under Critical Load Conditions, ICM11, June 5-9, (2011).
2. J. S. Kim, K. J. Yoon, S. H. Lee, W. G. Lee, and K. B. Shin, Durability Evaluation of the Composite Bogie Frame under Different Shapes and Loading Conditions, ICCM18, August 22-26, (2011).