

복합소재 대차용 축상체결부의 구조안전성 평가 연구 Structural Safety Evaluation of an Axle Box for a Composite Bogie

*김정석¹, 이우근², 권현민¹

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

¹한국철도기술연구원, ²과학기술연합대학원대학교

Key words : Composite, Axle box, Bogie frame, Safety

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 대차프레임에 적용되는 축상체결장치에 대한 구조해석을 수행하였다. 이 부분은 복합소재 프레임과 볼트로 체결되는 구조로 구조안전성 확보가 필수적이다. 본 연구에서는 볼트체결부에 대한 다양한 구속조건에 따른 축상체결장치의 구조강도를 평가하였다.

2. 축상체결장치

본 연구에서 개발 중인 복합소재 대차프레임의 경우에도 기존 금속재와 유사한 형상을 갖는다. 그러나, 금속재와 달리 내부에 다양한 채움 구조물이 포함되어 있다. 또한 유리섬유 복합소재로 제작되는 프레임부는 금속재로 제작되는 다양한 브라켓들과 체결되어야 한다. 이를 위해 본 연구에서는 볼트 체결기법을 적용하였다. 특히, 축상체결부는 차륜/차축이 연결되는 부분으로 고하중을 받게 된다. 본 연구에서 개발된 복합소재 대차의 축상체결장치는 Fig. 1과 같은 내부에 축상 및 베어링을 설치하기 위

한 원형 홈이 존재하는 형상을 갖는다. 그리고 상하부가 분리되는 구조이다.

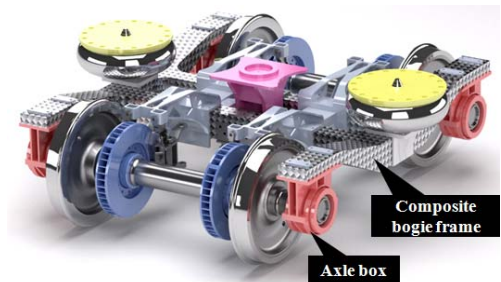
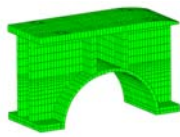
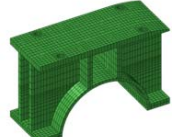


Fig. 1 Composite bogie frame and axle box.

Table 1 FE model and interactions.

Models	Simple model		Detail model	
Modeling				
No. of nodes	5644		23481	
No. of elements	2952		15544	
Interaction (refer to the Fig. 2)	Contact	Tie	Contact	Tie
	③④⑤⑥ ⑦	①②⑧ ⑨	③④⑤ ⑥⑦⑧	①②⑨

2.1 유한요소 모델링

축상부에 대한 구조안전성 평가를 위해 본 연구

에서는 복합소재 대차프레임과 축상체결부를 모두 모델링하였다. 이를 위해 복합소재 대차프레임의 스킨부는 S4R 쉘요소로 모델링하고 내부 채움 부분은 C3D8R 3차원 고체요소를 적용하였다. 또한 축상체결장치는 3D 솔리드 요소로 모델링하고, 대차프레임과 볼트 체결부 역시 실제모델과 동일하게 모델링 하였다. 볼트, 축상체결장치 및 대차프레임간의 모델링은 Table 1과 같이 2가지 조건에 대해 해석을 수행하여 비교하였다.

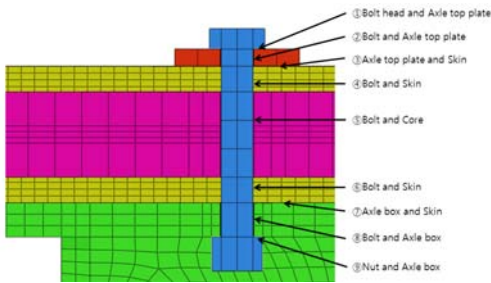


Fig. 2 Interface conditions among the composite frame, bolts and axle box.

3. 해석결과

Fig. 3은 단순모델의 해석결과로 전후하중에서 가장 높은 응력분포를 보였다. 그리고, 응력은 주로 볼트홀 주위에 집중되는 현상을 보였다.

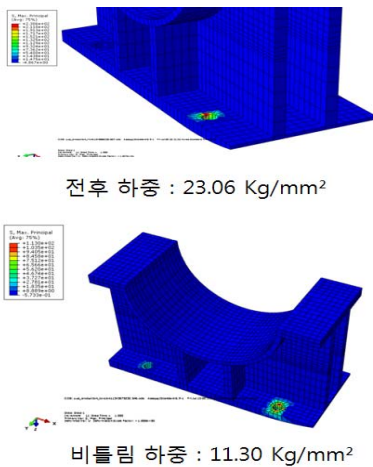


Fig. 3 Stress concentration around holes.

Fig. 4는 단순모델과 상세모델의 Goodman선도를 나타낸 것이다. 단순모델의 경우 응력값이 과대

평가되어 피로내구선도를 만족시키지 못하였다. 그러나, 상세모델의 경우 피로내구조건을 만족하는 결과를 보였다. 특히, 단순모델에서는 볼트와 축상체결장치간에 완전구속조건을 부과한 반면 상세모델에서는 실제와 유사한 접촉조건(contact)부여하였기 때문으로 판단된다.

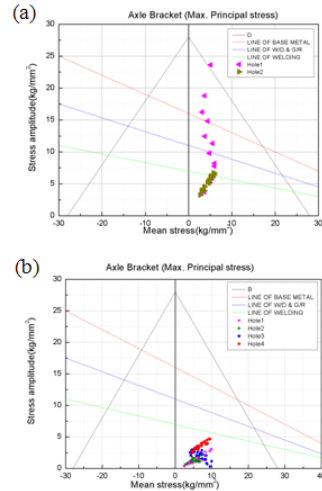


Fig. 4 Goodman diagrams of the two models.

4. 결론

복합소재 대차프레임과 체결되는 금속재 축상체결장치에 대한 구조해석을 통해 볼트와 피체결체간의 인터페이스 조건의 중요성을 확인하였다. 특히, 볼트와 피체결체간에 접촉조건을 부과한 결과가 보다 현실적임을 확인할 수 있었다.

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).