

위상최적설계를 적용한 철도차량 센터피봇의 구조 및 피로해석을 통한 안전성 연구

A Study of the Safety of Railway Vehicles Center Pivot using a Topology Optimization Design Approach through Structural Proof and Fatigue Analysis

신하건*[†], 박경환*, 김승택*, 이장욱*

Hakun Shin*[†], Kyoung-Huan Park*, Seung-Tech Kim*, Jang-Wook Lee*

초 록 철도차량 센터피봇은 차체와 주행장치를 연결하는 차체지지장치로서 주행장치의 견인력을 차체에 전달하는 중요한 역할을 한다. 따라서 철도안전법에서는 구조체 안전 항목으로 차체지지장치의 설계 및 입증을 위한 조건과 방법을 명시하고 안전성 검증을 요구하고 있다. 최근 세계적인 환경규제 강화로 친환경 철도차량에 대한 수요가 증대되고 있다. 이에 발맞춰 에너지 소비효율 향상을 위해 경량화된 차체 설계에 대한 필요성은 국내외 모든 철도차량 수주 프로젝트에서 요구되어지고 있다. 본 연구에서는 경량화를 통한 에너지 효율 상승을 위해 위상최적설계를 사용하여 철도차량 센터피봇의 최적형상을 도출하였다. 그리고 최적화한 센터피봇의 안전성을 검증하기 위해 철도안전법을 적용하여 구조 및 피로해석을 수행하였다.

주요어 : 철도차량, 구조체 안전, 센터피봇, 위상최적설계, 경량화, 구조해석, 피로해석

1. 서 론

최근 전 세계적으로 환경규제가 강화됨에 따라 철도와 같은 수송시스템의 에너지 소비효율 향상에 대한 요구가 증가하고 있다. 따라서 오늘날의 철도차량은 작은 구동력으로 많은 수송능력을 가질 수 있도록 차량 경량화에 초점을 맞추고 있다. 이 때문에 철도차량 제작사나 관련 연구기관에서 차량 경량화를 위해 최적설계 및 소재개발 연구를 활발히 진행하고 있다. 그러나 차량을 구성하는 주요 장치인 센터피봇의 경량화에 대한 연구는 상대적으로 미미하게 이루어지고 있다.

본 연구에서는 기존 철도차량에 사용되고 있는 센터피봇을 위상최적설계를 통해 경량화하고, 구조 및 피로해석을 통해 경량화한

센터피봇의 구조적 안정성을 검증하였다.

2. 본 론

2.1 위상최적설계 및 상세설계

위상최적설계는 특정한 경계 및 하중 조건이 부여된 설계영역에 대하여 일정한 제한 조건 내에서 설계자가 원하는 목적함수를 충족시키는 최적화된 물질분포를 구하는 설계기법이다^[1]. Fig.1에서 센터피봇 위상최적설계 과정과 상세설계에 대하여 표시하였다. 설계영역(Design Space)으로 센터피봇을 선정하였으며, 센터피봇에 체결되는 부품들은 비설계 영역(Non-design Space)으로 선정하였다. 위상최적설계 시 철도안전법을 준수하여 경계조건 및 전후방향, 좌우방향, 수직방향 하중조건을 부과하였다^[2,3]. 그리고 위상최적설계 결과를 이용해 구조물의 설계요건 및 기능요건을 고려하여 상세설계를 수행하였다.

[†] 교신저자: 현대로템주식회사 차체개발팀
(hakun.shin@hyundai-rottem.co.kr)

* 현대로템주식회사 차체개발팀

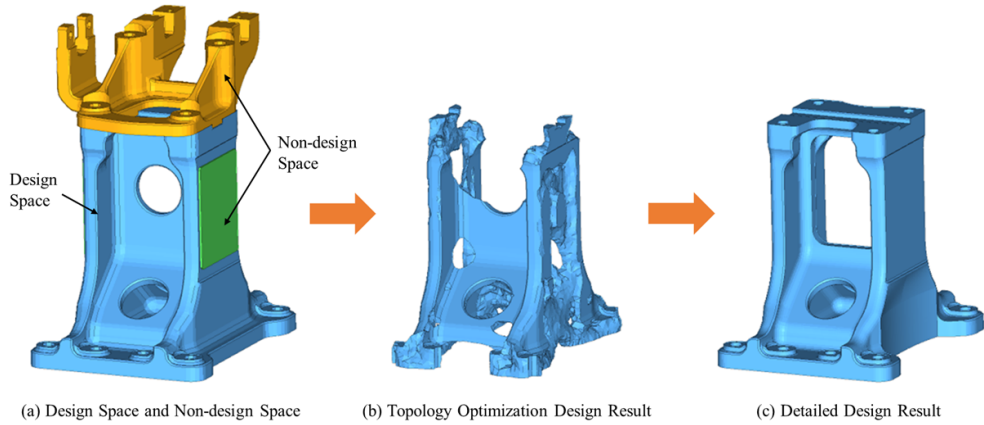


Fig. 1 Topology Optimization Design Process and Detailed Design

2.2 경량화

위상최적설계 및 상세설계를 통한 철도차량 센터피봇의 경량화 효과는 약 12.3% 정도로 나타났다.

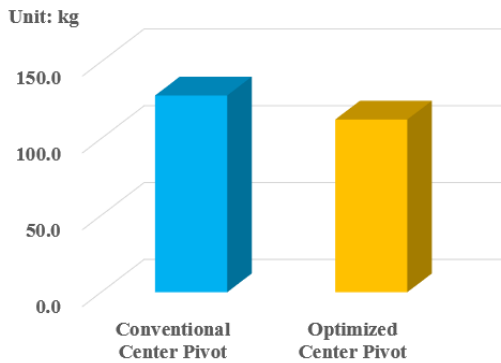


Fig. 2 Center Pivot Weight Reduction Comparison.

2.3 구조 및 피로해석

철도안전법에는 철도차량 차체지지장치의 구조적 안전성을 확보하기 위하여, 구조체 설계 및 입증에 관한 평가항목과 판단기준이 기술되어 있다^[2,3]. 이에 따라 철도차량 주행 시 센터피봇에 가해지는 정하중 및 피로하중을 적용하여 구조 및 피로해석을 수행하였다. Fig.3은 구조해석(정하중) 및 피로해석 결과를 나타낸다. 구조해석 결과, 횡방향 하중 부과 시 최대응력이 발생하였고, 판단기준인 사용재질의 항복강도 이내에 있으므로 안전하다고 판단된다. 피로해석결과, 센터피봇에 발생한 누적손상계수가 판단기준인 1 이내에 있으므로 충분한 피로강도를 갖는 것으로 판단된다^[2,3].

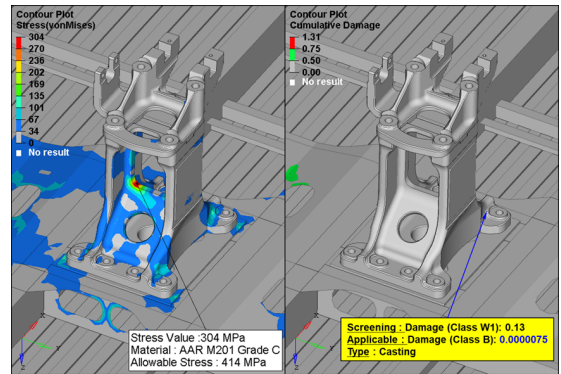


Fig. 3 Structural and Fatigue Analysis Results.

3. 결론

본 연구를 통해 센터피봇 위상최적설계 및 상세설계를 수행하였으며, 최종적으로 12.3% 경량화를 달성하였다. 그리고 구조해석 및 피로해석을 수행하여 경량화한 센터피봇의 구조적 안정성을 검증하였다.

참고문헌

- [1] S.W. Han, H.S. Jung (2011) Weight Reducing of Aluminum Extrusion Profiles of a Railway-Car Body Based on Topology and Size Optimization, *Trans. of the KSME A*, Vol.35, No.2, pp. 213-221.
- [2] Ministry of Land, Infrastructure and Transport (2018), Technical Specification for Urban Railway Vehicles(KRTS-VE-Part51-2018(R1)).
- [3] European Committee for Standardization (2014) BS EN 12663-1: Railway Applications-Structural Requirements of Railway Vehicle Bodies.