

도시철도차량의 치수최적설계 및 구조체 형태에 따른 경량화 연구

A Study on Size Optimization and Structural Types to Reduce the Weight of the Urban Transit

조정길*, 김준우*, 구정서*[†], 정현승**

Jeonggil Cho*, Junwoo Kim*, Jeongseo Koo*[†], Hyunseung Jung**

Abstract In this paper, we discussed the weight reduction rate of the urban transit according to the size optimization and various structural shapes, in particular, for the Korean EMU car body made by aluminum extrusion profiles. First, the thicknesses of the carbody were optimized by a size optimization process and the weight of the Korean EMU carbody was reduced to about 18%. Second, the under-frame was substituted with the frame type structure or the composite sandwich structure. The weight of the Korean EMU car body was reduced to about 11.0 % or 28.7% for each case. The FE simulation results of two models met the Performance Test Standard for Electrical Multiple Unit, stipulated by Ministry of Construction & Transportation.

Keywords : Urban transit, Weight reduction, Size optimization, Frame-type structure, Composite-type structure

초 록 도시철도차량 구조체의 경량화를 위해 알루미늄 압출재를 사용하는 한국형 표준전동차 차체를 대상으로 치수최적설계 및 구조체 형태변경에 따른 경량화 연구를 수행하였다. 표준전동차 차체의 압출재 부재별 치수최적설계를 통해 기존모델대비 약 18%정도 중량을 줄일 수 있었으며, 하부구조를 프레임타입 및 복합재타입의 차체로 구성하여 각각 약 11.0%, 28.7%의 경량화가 가능하였다. 압출재 차체, 프레임타입 차체, 그리고 복합재 타입 차체 모두 도시철도 구조체 하중시험 방법에 의한 유한요소해석결과 최대등가응력과 최대변형량이 판정기준을 모두 만족하였다.

주요어 : 도시철도차량, 경량화, 치수최적설계, 프레임타입, 복합재타입

1. 서 론

도시철도차량의 경량화를 위해 알루미늄 압출재로 구성된 한국형 표준전동차모델(K-EMU)[1]의 차체를 대상으로 압출재 부재별 치수최적설계[2]를 수행하여 과도하게 설계된 부재의 두께를 줄이고 프레임타입 및 복합재타입의 차체를 구성하여 초경량 하이브리드 차체를 구성하였다.

† 교신저자: 서울과학기술대학교 철도차량시스템공학과(koojs@seoultech.ac.kr)

* 서울과학기술대학교 철도차량시스템공학과

** 한국철도기술연구원 신교통연구본부

2. K-EMU차체의 치수최적설계

Fig. 1은 표준전동차 차체의 유한요소모델과 설계변수이다. 재질은 Table 1의 Al6005A를 적용하였으며 Altair사의 Hyperworks를 이용하여 구조체 하중시험조건[3]에 의한 유한요소해석을 수행하였다.

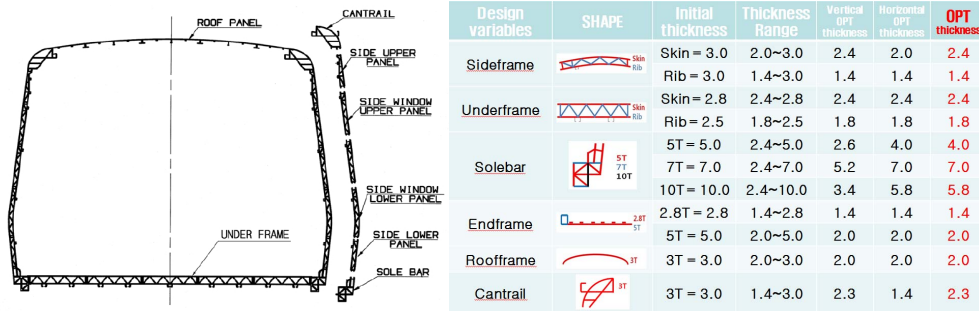


Fig. 1 Design variables of the K-EMU

Table 1 Property of the materials

	Young's modulus (kgf/mm ²)	Density (kg/mm ³)	Allowable stress (kgf/mm ²)
Al6005A	7000	2.7e ⁻⁰	21.94

초기모델 해석결과 및 치수최적설계 된 모델 모두 기준치를 만족하였으며 약 18%의 무게를 줄일 수 있었다.

3. Frame type 차체모델

Fig. 2는 프레임타입 차체의 개념과 치수최적설계 된 K-EMU차체모델에 SMA570소재의 프레임타입의 하부구조를 적용한 유한요소모델을 구성하였다.

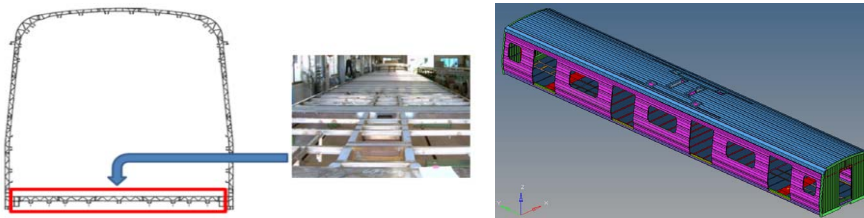


Fig. 2 frame type carbody model

K-EMU 차체와 같이 치수최적설계를 통해 구조체 하중시험조건을 만족하며 약 11%의 무게를 줄일 수 있었다.

4. Composite type 차체모델

Fig. 3는 복합재타입 차체의 개념과 치수최적설계 된 K-EMU차체모델에 CF1263소재와 Al honeycomb으로 구성된 복합재를 지붕 및 하부구조에 적용한 모델의 연결부를 정리하였다.[4]

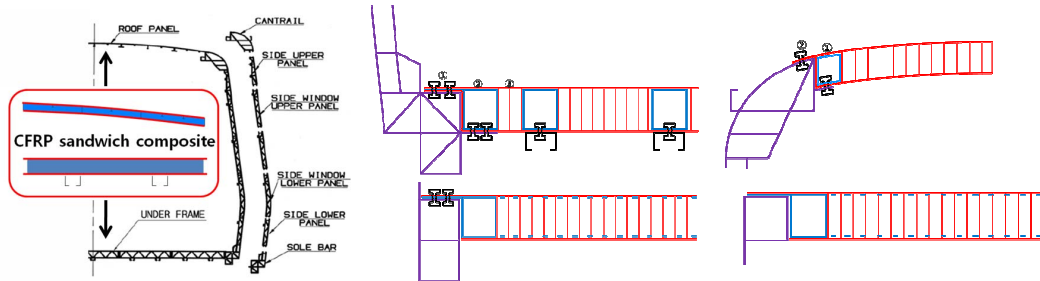


Fig. 3 Composite type carbody model

K-EMU 차체와 같이 치수최적설계를 통해 구조체 하중시험조건을 만족하며 약 28.7%의 무게를 줄일 수 있었다.

5. 결 론

- 1) 본 연구에서 치수최적설계를 통해 표준전동차 차체의 과도하게 설계된 부재별 두께 값을 줄여 약 18% 경량화가 가능하였다.
- 2) 치수최적화 된 K-EMU 차체에 프레임 타입의 하부구조를 적용하여 약 11% 경량화가 가능하였다.
- 3) 치수최적화 된 K-EMU 차체에 복합재 타입의 지붕 및 하부구조를 적용하여 약 28.7% 경량화가 가능하였다.
- 4) 경량 차체를 구성하기 위해 다양한 형태의 차체를 구성하였으며 복합재타입 차체의 경우 알루미늄 압출재와의 연결부에 대한 연구가 추가적인 연구가 필요하다.

5. 결 론

본 연구는 한국철도기술연구원의 녹색열차 구현을 위한 철도차량시스템의 경량화 연구의 지원을 받아 수행된 것입니다.

참고문헌

- [1] T.S. Kwon, H.Y. Lee, K..S. Lee, S.K. Choi (1998), Bodyshell strength analysis for standard EMU, *The Korean Society for Railway*, 9(6), pp. 455-463.
- [2] Optimization (2010), Altair Engineering Inc.
- [3] Performance Test Standard for Electrical Multiple Unit (1998), Ministry of Construction & Transportation
- [4] H.J. Jang, K.B. Shin, S.H. Han (2011), A Study on the Modular Design of Hybrid Lightweight Carbody Structures Made of Sandwich Composites and Aluminum Extrusion, *The Korean Society for Railway fall confrence*.