

알루미늄 압출재 철도차량 차체 구조물의 자동화 구조 설계 및 해석 지원 프로그램 개발

Development of Automated Structural Design and Analysis Aided-Program of Aluminum Extrusion Carbody Structures for Railway Vehicle

김준환* 신광복† 강승구* 이용주**
Jun-Hwan Kim Kwang-Bok Shin Seung-Gu Kang Young-Ju Lee

ABSTRACT

The purpose of this study is to develop automated structural design and analysis aided-program of aluminum extrusion carbody structures for railway vehicle. This developed program is possible to perform simultaneously structural design and design verification of aluminum extrusion profiles independent of expertise and experience of design engineers. Design engineers was able to design it using database of existing aluminum extrusion profiles or user-defined function. The design verification was programmed to evaluate its structural integrity according to Korean Railway Safety Law or Urban Transit Safety Law. Also, this program could automatically generate an executable file of various commercial finite element program and CAD files such as stp and iges by GUI environment applications using MFC(Microsoft Foundation Classes). In conclusion, it is expected to contribute to reduce product development time and improve product quality of aluminum extrusion profile and structures in railway industry.

1. 서론

환경 친화적 운송수단 발달이 요구됨에 따라 철도산업 시장의 확대 및 기술적 발달이 요구되고 있는 실정이다. 이에, 현재 운용중인 철도차량에 대한 보완 및 개선된 차량에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다. 과거 철도차량 차체 구조물에는 강재나 스테인레스강이 주로 사용되었으나, 알루미늄에 비해 경량화 측면에서 불리한 단점을 지니고 있다[1,2].

알루미늄을 이용한 차체는 초기 기본 차체 구조를 그대로 유지하고 재질만 알루미늄 계열로 하였으나 최근 알루미늄 압출기술의 발달로 인해 차량 제작 공법의 단순화 및 경량화를 실현한 중공 압출재 알루미늄을 차체 전장에 걸쳐 적용하고 있다. 이러한 알루미늄 철도차량의 경우 기존 금속재 철도차량에 비해 약 20%의 경량화 효과를 누리고 있으며, 강도 측면에서도 우수한 효과를 나타내고 있다. 이러한 알루미늄 철도차량을 개발하기 위해서는 많은 시간과 비용이 소요되며, 이를 절감하기 위한 설계기법 연구 필요성이 대두되고 있다. 철도차량 차체 개발은 먼저 설계요구조건에 따라 개념설계를 수행하게 되며, 이후 철도안전법 및 도시철도안전법에 의거하여 차체 구조물의 구조해석이 이루어진다. 또한, 구조해석 결과를 반영하여 차체 형상을 다시 변경하는 과정을 반복하여 철도차량 차체 개발이 이루어진다. 이에, 개념설계와 구조해석을 수행하고 그 결과를 바탕으로 철도차량 차체 설계의 경향을 빠르게 나타내는 프로그램 개발이 필수적이다[3]. 이러한 프로그램은 타분야에 많이 개발되어 사용되고 있는 실정이다. 김상국[4] 등은 복합재 압력용기 최적설계 프로그램을 개발하였으며, 김태현[5] 등은 배관 구조해석을 위한 프로그램을 개발하였다.

† 교신저자, 국립한밭대학교, 기계설계공학과

E-mail : shin955@hanbat.ac.kr

* 국립한밭대학교, 기계설계공학과, 경량구조 및 CAE 실험실

** (주) 동양강철, 기술연구소

따라서, 본 논문에서는 철도차량 차체 설계 및 구조해석 수행 시 모든 프로세스를 상용 유한요소해석 프로그램 언어를 통해 자동화 하였으며, MFC(Microsoft Foundation Classes)와 연동을 통한 GUI(Graphical User Interface)환경의 알루미늄 압출재 철도차량 설계 및 해석 지원 프로그램을 개발하였다. 본 프로그램을 통하여 철도차량 구조물과 알루미늄 압출재의 개발기간 단축 및 품질향상에 기여할 것으로 판단된다.

2. 설계 및 해석 지원 프로그램 개요

본 연구에서 개발한 프로그램은 알루미늄 압출재 철도차량 차체 구조물의 설계 및 구조해석을 상용 해석프로그램을 사용하여 쉽게 활용할 수 있도록 지원해주는 프로그램이다. 알루미늄 압출재는 단순한 리브 형상을 지니고 있어 상용 유한요소 해석프로그램 언어를 통해 유한요소모델링을 쉽게 할 수 있는 장점을 가지고 있어 본 연구의 개발 프로그램에 적합하다고 평가된다. 이에, 알루미늄 압출재 철도차량 단면 분석을 통하여 설계변수를 선정하여, 파라메트릭 설계(parametric design)를 수행하였다. 그림 1은 알루미늄 압출재 철도차량 차체구조물의 단면 구조 및 설계변수를 나타낸다. 모든 프레임의 형상 설계 변수는 리브와 리브가 만나는 교차점 거리로 선정하였으며, 사이드와 루프 패널의 경우 경사진 각도와 굽힘 반경을 추가하였다. 또한, 알루미늄 압출재 스킨과 리브에 두께 변수도 추가하였다.

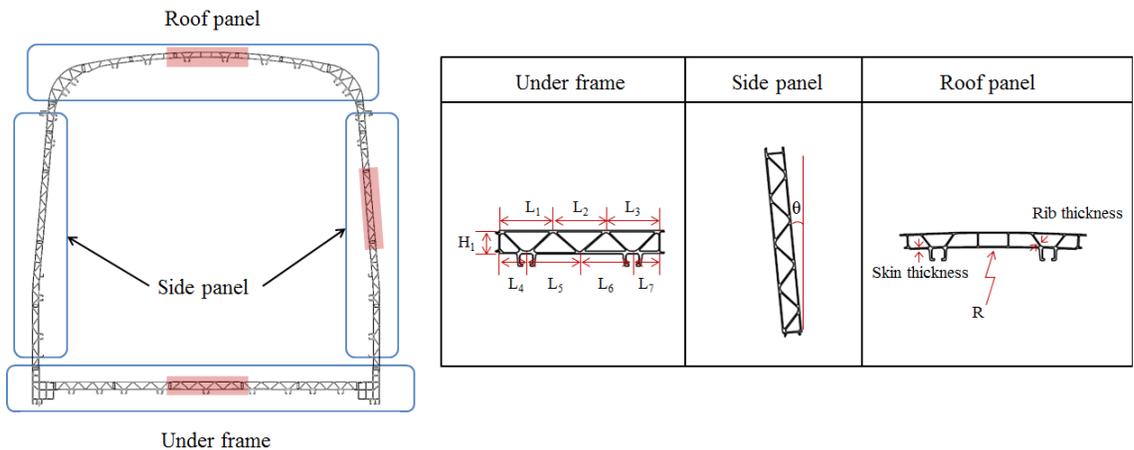


그림 1 알루미늄 압출재 철도차량 차체 구조물의 단면 구조 및 설계변수

파라메트릭 설계를 통하여 사용자가 설계변수 변경만으로 모델이 자동적으로 변경되도록 자동화 시스템을 구축했으며, 사용자 편의를 향상시키기 위해서 GUI환경을 사용하여 모든 데이터를 입력하도록 하였다. 또한, 철도안전법 및 도시철도안전법에 명시된 구조안전성 평가를 제공하여 안전기준에 만족여부를 설계자가 확인할 수 있도록 했으며, iges 및 stp 파일 제공을 통해 설계모델에 대한 정보를 확인할 수 있도록 구성하였다.

3. 설계 및 해석 지원 프로그램 개발

3.1 프로그램 개발 내용

기존 알루미늄 압출재 철도차량 차체 설계는 그림 2와 같이 요구조건과 시장분석 등을 반영하여 개념 설계를 수행하게 되고, 차량 차체의 외형에 대한 형상설계가 이루어진다. 이후, CAE(Computer Aided Engineering) 해석이 이루어지고 이러한 해석결과를 반영하여 형상이 다시 변경되는 과정이 반복하게 된다. 이때, 알루미늄 압출재 철도차량 차체 구조물의 설계 및 해석 지원 프로그램을 개발함으로써 철도차량 설계프로세스를 간략화 할 수 있는 장점이 있어 프로그램을 개발하였다.

개발 프로그램에서 알루미늄 압출재 철도차량 모델링은 상용 유한요소해석 프로그램의 언어를 사용하여 철도차량의 모든 프레임의 형상, 치수, 두께 등을 파라메트릭 설계를 수행하여 연동되는 부품들이 자동적으로 변경되도록 하였다. 이후, 모든 프레임을 어셈블리 하여 유한요소 모델링이 수행된다. 철도차량 구조해석은 철도안전법 및 도시철도안전법에서 제시하는 해석조건을 사용자가 선택하여 수행할 수 있도록 구성했다. 철도차량 구조해석은 상용 유한요소해석 프로그램의 해석 알고리즘을 통해 해석이 진행된다. 이후, 응력, 변위 결과 등의 해석결과를 볼 수 있도록 했다. 이 모든 과정을 사용자의 편의를 위해 GUI환경을 제공한다. 이는 상용 유한요소해석 프로그램 언어와 마이크로소프트 비주얼 C++에 부속되는 클래스 라이브러리인 MFC와 연동하여 GUI기반의 프로그램을 구성하였다.

▪ 기존 철도차량 설계 프로세스



▪ 개발 프로그램을 이용한 철도차량 설계 프로세스

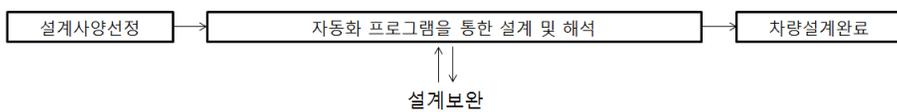


그림 2 기존 설계 프로세스와 개발 프로그램을 이용한 설계프로세스 비교

3.2 프로그램 틀 구성

알루미늄 압출재 철도차량 차체 구조물의 설계 및 해석 지원 프로그램의 모델링은 그림 3에 나타나 있는 모든 프레임 각각의 치수 및 두께를 정의 할 수 있다. 또한, 현재 운용중인 알루미늄 압출재 철도차량 단면 형상을 데이터베이스로 제공하여 다양한 모델생성이 가능하게 하였다. 이때, 철도차량 차체 모델은 쉘(shell)요소로 모델링 된다.

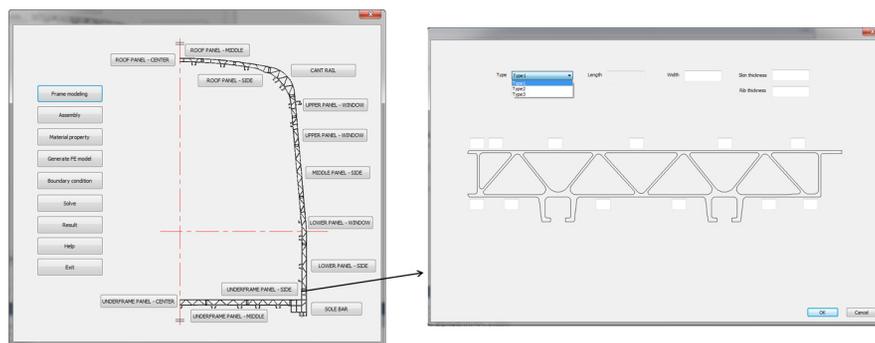


그림 3 알루미늄 압출재 프레임 형상 및 치수 입력창

그림 4는 철도차량 차체에 적용되는 알루미늄 물성 입력창이다. 알루미늄 압출재 철도차량에 주로 사용되는 A6005A의 물성을 기본 값으로 제공하며, 사용자 물성 정의도 가능하도록 하였다. 알루미늄 압출재 철도차량 구조해석은 그림 5와 같이 사용자가 안전법규를 선택하고, 하중조건 및 하중계산식 변수를 입력하면 자동 계산되어 하중이 부여되는 시스템을 갖는다.

그림 6은 알루미늄 압출재 철도차량 구조해석 결과 창을 보여준다. 해석결과는 상용 유한요소해석 프로그램과 연동하여 사용자에게 해석 결과를 확인할 수 있도록 하였다.

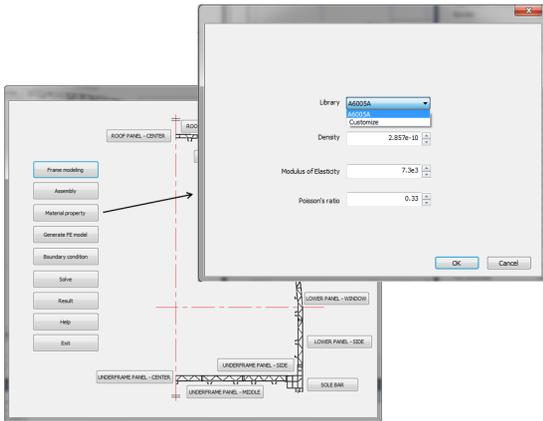


그림 4 알루미늄 압출재 물성 입력창

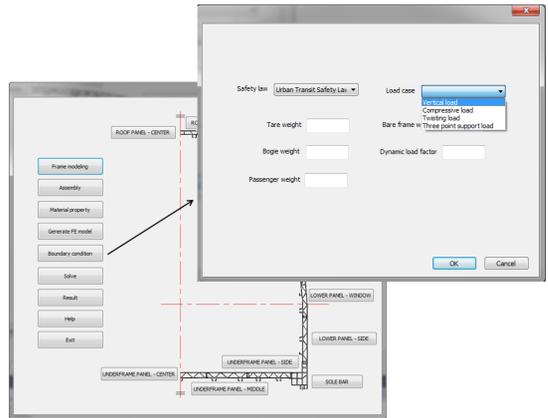


그림 5 알루미늄 압출재 차체구조물의 하중 및 경계 조건 입력창

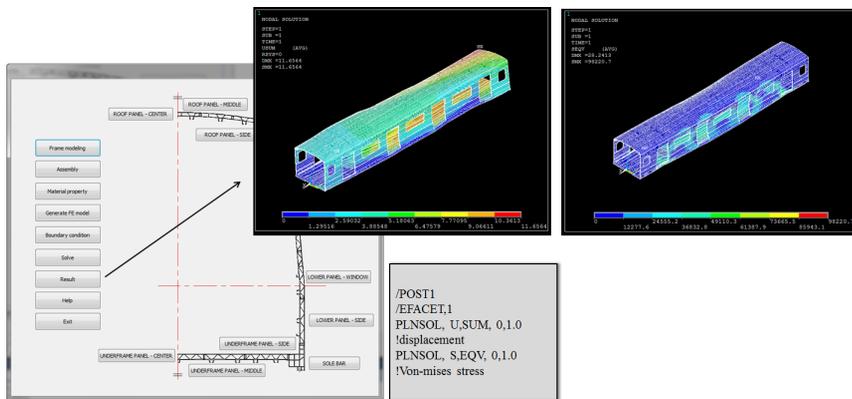


그림 6 철도차량 차체 구조해석 결과창

4. 결론

본 연구를 통해 알루미늄 압출재 철도차량 차체 구조물의 자동화 구조 설계 및 해석 지원 프로그램을 개발을 통하여 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

(1) 상용 유한요소 프로그램 언어를 통해 파라메트릭 설계를 수행하여 알루미늄 압출재 철도차량 차체 모델링, 구조해석, 해석결과 도출의 일련의 과정이 원활히 이루어지도록 자동화하였다. 또한, 상용 유한요소 프로그램 언어와 MFC를 연동하여 GUI환경의 프로그램을 구축하였다.

(2) 본 프로그램 개발을 통해 알루미늄 압출재 철도차량 설계비용 및 개발기간을 절감할 수 있으며, 반복적인 해석을 통하여 제품 품질 향상 및 제품개발 기간단축에 큰 기여를 할 것으로 판단된다.

참고문헌

1. 정수영, 안성진, 김표중, “신교통시스템 도입을 위한 차량시스템에 관한 고찰,” 한국철도학회 춘계학술대회논문집, pp.284-290, 2009.
2. 신광복, 구동희, 한성호, 박기진, “설계요구조건 검증을 통한 한국형 고속 틸팅열차(TTX)의 차체 재료 선정에 관한 연구, 한국철도학회, 제7권, 제2호, pp.113-120, 2004
3. 황호연, 이재영, 양도철, 권태수, “CATIA를 활용한 철도차량 차체 지식기반 형상설계,” 한국철도학회 추계학술대회논문집, pp.70-77, 2005.
4. 강상국, 김명곤, 김철웅, 김천곤, “준촉지계적 알고리즘을 이용한 타입 3 복합재 압력용기의 최적설계 프로그램 개발,” 한국복합재료학회, 제21권, 제1호, pp.1-7, 2008

5. 김태현, 이영신, “배관 구조해석을 위한 ANSYS 입력문 생성 프로그램 개발.” 대한기계학회 춘계학술대회 논문집, pp.220-221, 2010