

한국형 고무차륜AGT차량 차체 기본 설계

A Design of the Carbody on the Korean Rubber Tired AGT

한석윤*, 정종덕**, 김연수**, 이호용**, 박성혁**, 최출현***
Han,Seok-Youn, Chung,Jong-Duk, Kim,Yeon-Su, Lee,Ho-Yong, Park,Sung-Hyuk, Choi,Chool-Hoen

ABSTRACT

The carbody of the Korean Rubber Tired AGT is small size and light weight comparing to existing electric railcars. For this reasons, car shape and arrangement of major equipments are limited. AGT is newly adopted mass transportation system in Korea. Therefore, it should be desined to appeal to passengers and create new passenger demand. To achieve this goal, the design concept of carbody is to be new design to coincide with passengers emotions. In this regard, we tried to meet this trends through manufacturing of scaled models and being evaluated by potential opeation organization.

Keyword: AGT(Automated Guideway Transit)

1. 서론

경량전철AGT차량은 중량전철에 비해 차체의 크기가 작고 중량이 가벼움으로 주요기기의 설치를 위해 차체의 설계를 최적화하여야 한다. 또한 경량전철은 기존의 다른 대중교통수단과 같이 단순히 수송수요를 만족하는 디자인 개념에서 탈피하여 수송수요를 창출하는 디자인이 되어야 한다. 특히 차체의 외형은 운행도시의 주변환경과 조화되어 그 도시의 특화된 문화상품의 한 부분으로서의 역할을 하여야 하므로 기존의 차량설계 방식에서 탈피하여 전문디자이너의 개념이 도입되어야 한다. 본 연구에서는 경량전철 차량의 이러한 특성에 맞게 차체를 개념설계하고 이를 이용하여 1/10의 모델로 제작하여 철도관련 운영처의 의견을 수렴하여 형상을 결정하였다. 이러한 형상을 기본으로 하여 차체를 기본설계하고 강도평가를 위해 구조해석을 수행하였다. 특히 고무차륜형식의 경량전철은 국내에 적용한 실적이 없으나 한국철도기술연구원에서 운영처를 대상으로 설문조사한 결과 선호도가 가장 높은 차량시스템으로서, 개발완료시 국내에 활용도가 높은 차량시스템이 될 것으로 판단된다.

2. 차체 개발목표 사양

차체의 개발목표사양은 건설교통부에서 고시한 표준사양(건교부 제 1998-53, '98.2.26)을 기본으로 하고 설계방향을 다음과 같이 설정하였다.

* 한국철도기술연구원, 책임연구원, 경량전철연구팀, 비회원

** 한국철도기술연구원, 경량전철연구팀, 비회원

*** 대불대학교 제품환경디자인학과, 비회원

2.1 차체 개발 방향

- 가) 신교통의 이미지를 담고 주위환경과 조화되며 인간공학이 고려된 차체 형상 설계
- 나) 경량구조의 알루미늄차체
- 다) 제작성 및 유지관리 편의성을 고려한 설계
- 라) 차체 수명은 25년 이상

2.2 주요 사양

구 분		주요 사양
차량최고속도(km/h)		80 km/h
차량편성		2량을 기본으로 하되 승객 수요에 따라 증결편성
차량크기(mm)		연결면간 거리9,640 mm, 차체폭 2,400 mm 차체높이 3,500 mm, 대차축간거리 5,300 mm 객실상면 높이 1,110 mm
승객정원		57 명
중량		공차 12톤, 만차 19톤
대차		1축대차
운행조건	최소곡선반경	본선 40m, 측선 30m
	궤간	1,700 mm

3. 차체 외부형상의 디자인

3.1 차체 단면 형상의 결정

차체 단면의 형상을 결정하기 위해 단면을 1/10 축소 모델로 제작한 결과인 그림1의 (a)와 표준전동차의 단면(b)를 참고하여 (c)와 같이 단면형상을 결정하였다. 경량전철차량은 표준전동차에 비해 차체 폭 및 높이가 작으므로 객실내 공간 활용이 제한적일 수밖에 없으나, 차체 측부를 동일 곡선 반경으로 처리하여 단면 형상의 미려도와 부재의 표준화에 따른 금형비 절감 등을 고려하였다.

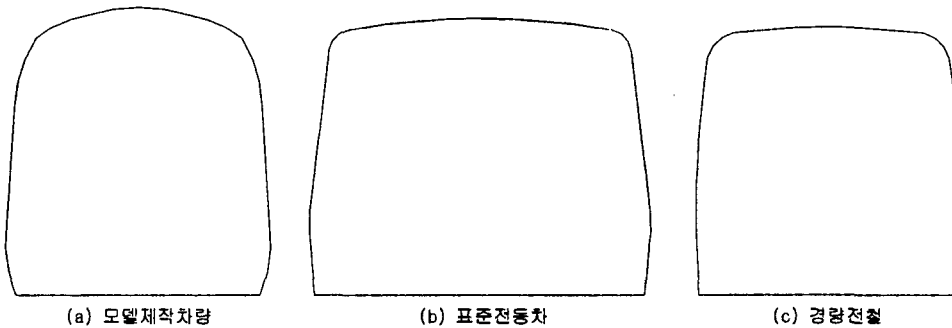
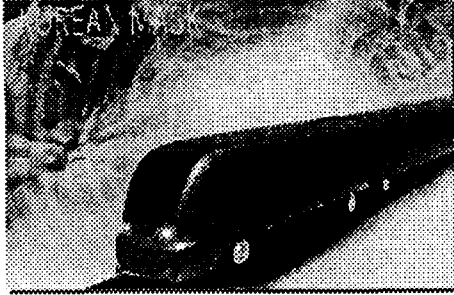


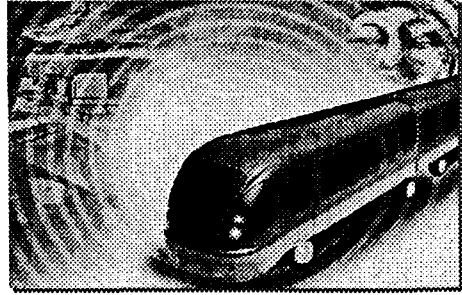
그림1.차체 단면 개략도

3.2 차체전두부 형상디자인

경량전철 차체의 형상은 차량을 이용하는 승객이 차량에 대해 갖는 첫 번째 느낌이 되는 주요한 인자로서 차량의 외부 형상은 그 자체의 미려함과 더불어 인간공학적인 내부 공간의 확보, 차량제작성 측면 등의 엔지니어링적인 요소를 심도있게 고려해야 한다. 본 연구에서는 차체 단면을 결정한 후 그림2의 (a), (b), (c)와 같이 3종의 1/10 축소모델을 제작전시하여 철도관련 운영처의 의견을 설문조사한후 전두부의 형상을 그림2의 (d)와 같이 차체의외형을 결정하였다.



(a) '한국의 탈'의 형상을 이미지화



(b) 신라의 '일상문와당'의 미소를 이미지화



(c) '한국의 선'을 형상화



(d) 그림(c)를 신속한 신교통으로 이미지화

그림2 차체전두부 형상

3.3 차체 측부의 설계

승객의 시야를 확보하여 여행 중에 파노라마적인 외부 풍경을 즐길 수 있도록 창문의 크기를 최대한 크게 하고 국민체위기준을 참고하여 쾌적한 객실내부가 되는 공간이 확보되도록 하였다. 이 기준에 따라 그림 3과같이 25세의 성인남자승객이 앉은 자세에서 팔 높이를 기준으로 차체의 최대 폭이 되도록 하고 앉은 자세와 선 자세에서 눈 높이를 고려하여 창문의 주요치수를 선정하였다

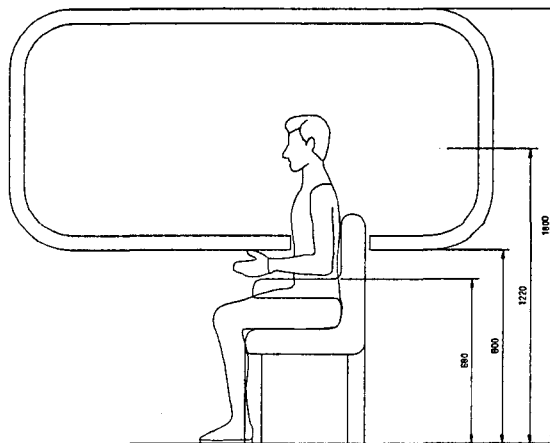


그림 3. 앉은 자세에서의 주요치수 결정을 위한 개략도

3.4 차량편성도

그림 4는 고무차륜AGT편성차량의 개략도이다. 출입문은 차체의 전후부에 위치하여 승객의 승·하차가 용이하도록 하였고 플랫폼슬라이딩도어의 설치를 고려하여 등간격으로 배치하였다.

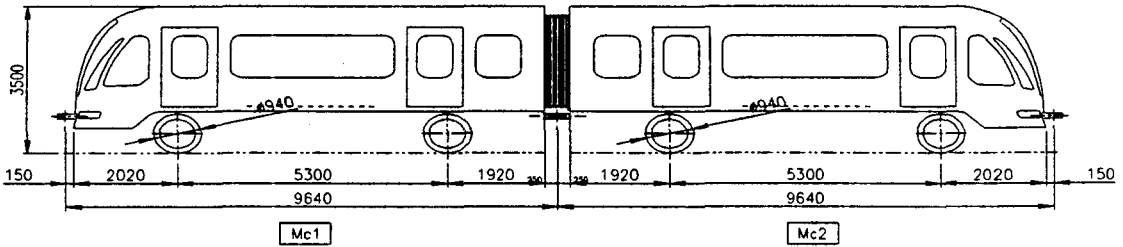


그림 4 고무차륜AGT 편성차량의 개략도

3.5 편성차량의 곡선추종성

경량전철 차량은 기존의 중량 지하철과 버스의 중간규모의 수송능력을 갖는 도시철도로서 주로 단거리 노선인면서 수송수요가 집중되어 있는 도심지에 고가궤도 형태로 건설되므로 최소곡선반경이 작고 급구배가 많은 노선특성을 갖는다. 따라서 차량이 곡선 통과시 건축한계 내에서 원활하게 통과할 수 있어야 한다. 차량 조향방식을 보기방식(bogie type)으로 적용하고 운행조건은 2.2절에서와 같은 조건을 적용한후 편성차량이 곡선 선로상을 주행할 때의 차체단부편기량, 차체단부간의 이격거리, 연결기의 수진각도를 검토하였다.

검토결과 편성차량은 최소곡선반경 30 m에서도 건축한계와 간섭없이 주행이 가능하였다.

4. 차체재질 및 단면 구조

4.1 차체 재질

6000계열의 알루미늄 합금강 A6005A의 재질을 압출하여 사용하였으며 재질의 기계적 성질은 다음 표와 같다.

Material	Tensile strength (kgf/mm ²)	Yield strength (kgf/mm ²)	Elastic modulus (kgf/mm ²)	Poisson's ratio	Density (kgf · s ² /mm ⁴)
A6005A	26.5	21.9	7.3 × 10 ³	0.33	2.857 × 10 ⁻¹⁰

4.2 차체 구조

차체의 구조는 알루미늄의 압출기술을 이용한 All Extrusion Design으로 골조와 외판이 함께 하중을 부담하는 구조이다.

4.2.1 언더프레임

언더프레임을 구성하는 압출재는 국내에서 생산가능한 압출재(폭 600mm x 깊이 85mm의 면적 기준)의 범위내에서 설계하였다. 이 구조는 수직하중, 연결기를 통해 전달되는 압축하중 및 대차를 통해 전달되는 하중에 대해서 강도적으로 충분히 견딜 수 있도록 설계되어진 구조이며 각종 전장품과 배관·배선은 압출재 하부에 있는 T-Slot을 통해 장착하게 된다. 압출재는 조립시 공차관리를 위하여 슬립조인트(서로 끼우는 타입)로 설계하였고, 코너부 양쪽 솔바(sole bar)와 압출재 사이는 강도상 중요한 부위로서 용접변형으로 인한 열영향을 최소화하도록 압출재 윗면과 아랫면을 지그재그로 연결되도록 설계하였다.

4.2.2 측면 구조물

측면구조물도 외판의 용접변형 및 좌굴(buckling) 현상이 일어나지 않도록 중공 대형 압출 형재(large hollow extrusion)를 사용하는 구조이다. 특히 이 구조는 이중벽 구조가 되므로 외부로부터 전달되는 소음을 효과적으로 차단할 수 있는 구조가 된다. 측면구조물은 표준전동차와 동일한 단면폭 40mm의 중공 압출재를 기본으로 하였으며 압출 금형을 표준화시켜 동일 압출재를 적용함으로써 차량조립이 용이하도록 하여 제작원가를 낮출 수 있게 하였다. 또한 기존의 측골조는 직선 또는 곡선이라 할 지라도 압출재는 직선으로 제작되었으나 본 경량전철에 적용되는 측부의 골조는 일정한 곡면(R=10,000 mm)을 갖는 형상으로 미려도 측면을 고려하여 설계하였다. 또한 출입문을 취부하기 위해 고무차륜AGT는 폭 1,100 mm, 높이 1,900 mm 크기의 개구부를 4,820 mm의 간격으로 설치하였다.

4.2.3 지붕구조물

지붕구조물은 기존 한국형 표준전동차 곡면(R=6,850 mm)을 그대로 유지시켜 외판이 일체형인 개단면 압출형재와 캔트레일(cant rail)를 적용시켜 금형비를 절감하도록 설계하였다. 지붕구조물은 외판과 골조일체형인 지붕판넬과 캔트레일이 용접되어 있는 구조이며 제작시 생기는 변형 및 제작 공차 흡수를 위해 캔트 레일과 지붕 판재가 용접되는 곳에 슬립조인트(slip joint)를 두고 있는 구조이다.

4.2.4 끝칸막이 구조물

끝칸막이 구조물은 외판이 일체형인 개단면 압출형재와 중실 구조의 압출재를 적용하여 설계되었다. 선두차의 전두부를 제외한 끝칸막이에 출입구를 설치하여 이동을 자유롭게 하였다.

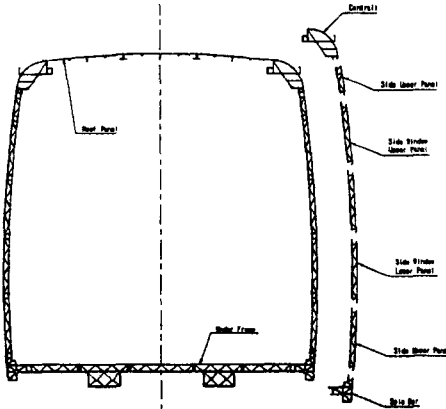


그림 9 고무차륜AGT 차량의 구조체 개략도

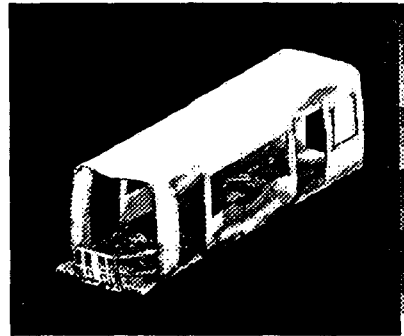


그림 10 수직하중 해석결과

5. 차체 구조 해석

경량전철차체의 구조는 도시철도차량의 성능시험기준, 안전기준을 만족하여야 하므로 설계한 구조체의 강도를 이론적으로 검증하기 위해 강도해석을 수행하였다. 하중조건은 「도시철도차량 구조체 하중시험방법」 및 JIS 7105 「철도차량 구조체의 하중시험방법」에 근거하여 강도를 평가하였다. 모델링 작업은 MSC/PATRAN9.0으로 하고 NASTRAN 69로 해석 하였다. 해석결과 차체는 수직하중, 고유진동수, 비틀림하중, 압축하중에 안전하게 설계되었음을 알 수 있었다. 그림10은 해석결과의 예로서 압축하중에 대하여 나타내었고 기타 사항은 참고문헌 [1] 에 상세하게 기술하였다.

6. 결론 및 앞으로의 방향

고무차륜형식AGT차량은 국내에 운행경험이 전무한 차량시스템으로 기존의 대중교통수단은 차별화된 교통시스템이어야 한다. 즉 승객이 어쩔수 없이 이용하는 교통수단이 아니라 타고싶은 차량이 되어야 하고 운행도시의 특화단 문화 상품으로서의 역할을 하여야 한다. 본 연구에서는 이러한 관점에서 기존의 차량 설계방식과는 달리 도시환경조화적인 차량의 형상을 먼저 디자인하고 이를 축소 모델로 제작한후 경량전철건설을 계획하고 있는 운영처전문가들의 객관적인 평가를 받아 차량의 기본설계를 수행하였다. 차량개발시 이러한 방법론으로의 시도가 한국의 철도차량 분야에 지속적으로 적용되어 이용자 중심의 차량, 한국고유의 형상을 가진 차량으로 되도록 하여야 할 것이다.

향후, 차량의 개발 일정에 맞추어 승객이 이용하는 객실에 대한 실내 공간배치 및 색감에 대해서도 모델을 제작한후 그 결과를 실내설계에 반영하는 방법으로 차량개발을 완성하여 대중교통수단이 신문화를 창출할 수 있는 방향으로 연구를 지속적으로 수행 할 것이다.

7. 참고 문헌

1. 한석윤 외(2000), "경량전철 차체개념설계 및 구조해석" 연구보고서, 한국철도기술연구원
2. 한석윤 외(2000), 한국형고무차륜AGT차량 승객의 안락한 공간 확보를 위한 최적실내 공간 배치에 관한 디자인 연구, 한국철도학회 2000년도 춘계학술대회논문집
3. 한석윤외(2000), 고무차륜 경량전철개발을 위한 구조체의 강도 해석, 한국철도학회 2000년도 춘계학술대회논문집
4. 최출현(2000), 한국형 경량전철 모델(중간 보고서), 대불대학교 디자인 연구소