

노면전차형식 경량전철 차량 표준규격 연구(기본 구성 및 성능)

Standard Specification Research for Tram Type LRT

*#홍재성¹, 류상환², 이안호³, 성창원⁴, 백영남⁵

*#J.S. Hong¹(jshong@krri.re.kr), S. H. Rhy², A.H. Lee³, C.W. Sung⁴, Y.N. Paik⁵

^{1,2,3} 한국철도기술연구원, ^{4,5} 경희대학교 기계공학과

Key words : Light Rail Vehicle, Tram

1. 서론

최근 도시의 한정된 도로여건으로 인하여 늘어나는 자동차에 속수무책으로 도로교통의 혼잡은 날로 심화되어 오고 있다. 유럽, 미국 등 선진국에는 도시환경기준이 점차 강화되어 도시의 환경을 개선해야 하는 과제를 안고 있다. 또한 각국별로 국민소득이 증대되고, 문화적 수준도 향상되어, 그에 따른 시민의 요구사항도 점차 늘어나고 있다. 이러한 사회적 현상과 요구사항을 개선할 수 있는 방법으로 경전철이 대안으로 되고 있으며, 그중에 신형노면전차는 이들이 요구하는 사항들을 대부분 반영할 수 있어 좋은 대안 교통수단이 되고 있다. 저상노면전차의 추진제어장치, 보조전원장치, 집전장치, 냉난방장치 등은 지붕 위에 설치하고 있으며, 협소한 도시의 주행성능 향상을 위해 최소곡선반경 20~25m에 주행할 수 있도록 차량은 관절방식을 채용하고 있다.

신형노면전차의 가장 큰 장점 중에 하나는 객실의 상면 높이를 레일 상면에서 250~350mm 정도의 저상으로 하는 것이며, 이는 노약자, 휠체어를 탄 장애인, 탑승객이 도로에서 승하차 할 수 있어 편리한 것이다. 저상율은 대략 100%, 70%, 30~50% 정도이며, 반면에 저상율이 높을수록 차량 가격은 고가가 된다.

국내의 경우 전주시, 울산시, 성남시등이 저상 노면전차 도입을 추진하고 있다. 그러나 고무차륜형식 경전철 및 철재차륜형식 경전철 차량과 같이 국가에서는 노면전차 차량에 대한 표준규격을 고시하지 않아 노면전차를 도입하고자 하는 지자체에서는 참고할만한 기술규격서가 아직까지 국내에 없는 실정이다. 한국철도기술연구원에서는 2006년 말부터 국토해양부의 의뢰를 받아 한국의 실정에 맞는 노면전차형식의 표준규격에 대한 연구를 시작하였으며 본 논문에서는 모노레일 차량 표준규격 연구내용 중 차량편성, 축중, 승객정원 등 기본 구성 및 성능에 대한 내용을 다루었다.

2. 차량의 편성

노면전차 형식 경전철 차량 표준규격의 적용범위는 “직류전원을 공급받아 운행하는 표준궤간방식 저상형”으로 정하였다. 노면전차는 일반적으로 도로에 궤도, 정거장, 신호설비 등을 설치하여, 노면으로 운행하고, 전기모터의 추진력으로 차량이 주행하며, 유인운전으로 운행하고 있다. 외국에서 운영 중인 노면전차는 1970년 이후에 기존선을 개량한 노면전차로서 도르트문트, 프랑크푸르트, 토론토, 샌프란시스코, 밀라노, 나폴리 등에서 상업운영하고 있으며, 1978년 이후 신설한 신형노면전차는 에드먼턴, 로스앤젤레스, 포틀랜드, 그레노블, 낭트, 런던, 맨체스터, 제노바 등에서 운영되고 있다.

신형노면전차는 고가, 지하 등 다양한 공간과 전용궤도를 운영함으로써 표정속도를 높였고, 저상형 노면전차를 도입하여 승객이 노면에서 바로 승하차 할 수 있도록 하였으며, 특히 노약자, 휠체어를 탄 장애인 등이 편리하게 이용 하도록 하였다.

우리나라의 도심에서 운영될 노면전차의 편성은 도심의 차량의 특성, 수송수요, 노선조건, 환경조건, 경제성 등을 고려하여 5량 1편성으로 구성한다.

노면전차는 도심의 도로로 운행하여 승객이 노면에서 바로 승하차 할 수 있도록 저상으로 해야 하고, 좁은 도로에서 20~30m의 곡선반경을 통과할 수 있어야 한다.

이러한 작은 곡선을 통과하기 위해서는 관절을 많이 설치하는 차체는 구조로 해야 하고, 또한 노면전차의 장점을 잘 살릴 수

있는 저상구조를 위해서는 가급적 주행장치가 영향을 주지 않는 차체구조로 해야 한다. 이와 같은 전체 조건 등을 반영하여 편성구성은 Fig. 1과 같이 5량 편성으로 구성 하였다.

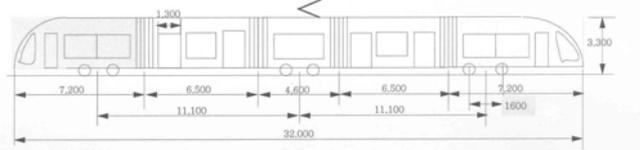


Fig. 1 General Arrangement of Tram(Articated Type)

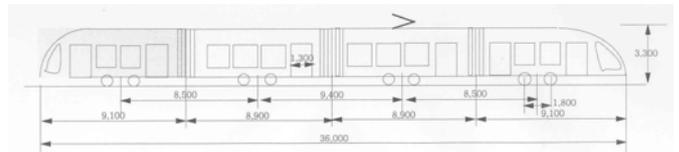


Fig. 2 General Arrangement of Tram(Connected Type)

Fig. 1에 나타난 바와 같이 노면전차의 표준규격 편성 구성은 동력제어차(MC1)+부수차(T1)+연결부수차(CT1)+부수차(T2)+동력제어차(MC2)로 하였다. Fig. 2는 연결형은 나타내었으며 대차 수가 많아 차량 중량 및 제작단가가 올라가는 단점이 있다.

노면전차의 특성은 동력제어차 다음에 차량과 차량 간에 관절장치로 연결된 부수차를 연결하였다. 부수차는 주행장치를 설치하지 않아, 객실 전체를 저상으로 설계할 수 있고, 한 측으로 2개의 폭 1,300mm 측출입문을 설치함으로써 승객이 편리하게 승하차할 수 있는 구조로 하였다. 또한 부수차(T1)와 부수차(T2) 사이에는 연결부수차(CT)를 연결하여 부수차의 중량을 지지하도록 하였다.

- 표준 노면전차에 대한 편성 구성의 특징은 다음과 같다.
- 저상형 노면전차로 하여 승객, 장애인 및 노약자 승하차가 용이
 - 5량 연결로 곡선반경 20m의 운행이 가능하고, 레일 및 차륜마모 저감
 - 부수차와 부수차 사이에 연결부수차를 편성하여 부수차에는 대차를 장착하지 않아 상면을 완전저상으로 하였고, 차량 중량을 감소시켜 경량화 달성
 - 부수차 한측에 2개의 측출입문 폭 1,300mm로 설치하여 승하차가 용이
 - 차량과 차량 사이에는 관절장치 설치하여 작은 곡선통과 성능 향상

Table 1에 노면전차 편성관련 장단점을 비교하였다.

Table 1 Comparison of LRT Connection Type

구분	연접형 편성	연결형 편성	관절대차형 편성
장점	-대차가 없는 연접차체는 100% 저상이 가능하다. -연접차체를 사용함으로써 편성 중량이 경량화 가능하다. -차체길이가 짧아 곡선주행성이 좋다.	-차량 단위로 연결되어 수송 수요에 맞게 연장편성이 용이. -출입문이 많아서 출퇴근시에 승하차 시간이 짧다.	-차체 단부에 대차가 설치되어 있어 차량전체가 100% 저상. -차축수가 적어 편성 중량이 경량화 가능하다.
단점	-전후부 차체 및 연결	-전차량에 대차가	-차체와 차체사

	차체는 50~60% 저상-연장 편성시 연결차체 및 연결차체가 필요하다.	설비되어 있어 편성당 저상율이 낮다. 편성당 중량이 무겁다.	이에 대차가 있어 구조가 복잡하고 유지보수가 어렵다.
운영노선	파리, 보르도, 리옹, 바로셀로나 등	마드리드, 부다페스트	비엔나
의견	저상율이 높고, 곡선 주행성이 좋으며, 중량이 가벼워 우리나라에 적합.	승객이 집중적으로 몰리는 곳에 다소 유리.	곡선이 아주 작은 노선에 유리.

3. 축중

축중은 차량의 총중량과 차량에 설비된 축수로 정해진다. 만일 같은 중량을 가진 열차라도 편성에 설비된 축수에 의해 축중이 다르게 산출된다.

Table 2. Calculation of Axle Load for Tram

구분	동력제어차	부수차	연결부수차	부수차	동력제어차	계
승객정원	32	41	26	41	32	172
만차하중	3.1	4.6	2.3	4.6	3.1	17.7
공차중량	14.0	7.5	8.8	7.5	14.0	51.8
만차중량	17.1	12.1	11.1	12.1	17.1	69.5
총중량	23.2		23.1		23.2	69.5
최대축중(톤)	11.6		11.55		11.6	

주 : 승객중량 : 63Kg/인, 부수차 : 좌석 8명, 입석 32, 장애인1명

최대축중은 Table 2 노면전차 축중 계산 결과에 나타나 있듯이 최대 11.6톤이나 안전을 고려하여 12톤으로 설정한다. 각국에서 운용 중에 있는 신형노면전차 및 국내 경전철 표준사양의 최대축중은 다음과 같이 조사되었다.

- Translohr : 7.04톤
- 지멘스 : Combino : 10톤 이하
- 봄바르디아 : Flexcity Swift LF : 10.3톤
- 알스톰 : Citadis(몽펠리에) : 11.6톤
- 지멘스 : ULF : 12톤 이하

4. 승객정원

노면전차는 도시 내를 운행하는 연계 신교통수단으로서 도입되고 있으므로 운영노선의 수송수요를 고려해 차량규모를 설정하고, 승객정원을 설정한다.

승객정원기준은 건설교통부에서 고시한 도시철도 경량전철 규정에 따라 량당 좌석수와 입석수(3명/m²)로 하고, 만차 기준은 좌석수와 만차 입석수(6명/m²)로 한다. 열차규모는 첨두시간대에 3~4분 시격으로 4,200~5,600명/방향편성 이상의 수송수요를 처리할 수 있도록 한다.

Fig. 3의 노면전차 실내 배치도를 근거로 하여 위에서 설명한 방식을 이용하여 계산된 승객정원을 Table 3에 나타내었다.

Table 3 Passenger Capacity and Size

구분	동력제어차	부수차	연결부수차	부수차	동력제어차	합계
차량크기(L×W, mm)	7,200×2,400	6,500×2,400	4,600×2,400	6,500×2,400	7,200×2,400	32,000
실내면적(m ²)	10.1	12.1	7.8	12.1	10.1	52.2
입석면적(m ²)	5.33	10.7	3.33	10.7	5.33	35.3
좌석수(석)	16	8+장1	16	8+장1	16	64+장2
정원(3명/m ²)	32	41	26	41	32	172
만차(6명/m ²)	48	73	36	73	48	278

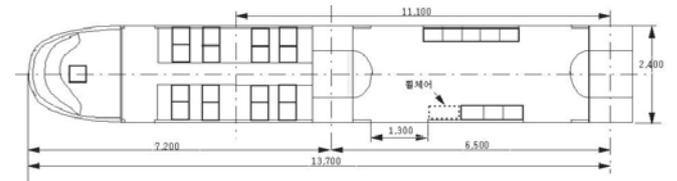


Fig. 3 Interior Arrangement of Tram

5. 결론

유럽에서는 노면전차가 일반화된 대중교통으로 자리잡은지 오래이며 최근에는 저상 노면전차를 적용하여 성능이 우수한 차량이 운행되고 있다. 노면전차는 전용노선을 운행하더라도 사거리에서는 버스 및 승용차등과 교차할 수밖에 없으며 사거리에서 우선신호를 받는다 하더라도 혼잡한 상태에서는 열차 운행이 불가능할 수도 있으므로 대도시의 도심에 설치하는것은 고려의 대상이다. 파리의 최신 노면전차는 파리 도심 외곽을 운행하고, 일본 긴키차량(주)에서 미국에 수출한 노면전차의 경우 도심 외곽에서 도심까지 빠른 속도로 운행하는 형식을 채택하고있며 도심의 노면전차 역에는 큰 환승주차장을 가지고 있는 특징이 있다. 노면전차를 도입하기전에 우선 해외 노면전차 운영사례 등에 대한 정확한 조사가 이루어져야 하며 차량 선정시에는 국가에서 고시한 표준규격을 참고자료로 활용해 해당 도시의 특성을 살린 시스템을 구축하여야 할것이다. 본 논문에서는 노면전차의 기본 편성 및 승객정원 등에 대해서만 다루었으며 차량 성능 및 장치별 특징에 대해서도 추후 다룰 예정이다.

참고문헌

1. 우에다 코조(긴키차량주식회사) “미국 수출 LRV 소개” JREA 2008년 VOL 51
2. “알기쉬운 철도용어 해설집,” 한국철도학회
3. 한국철도기술연구원, (주)유신코퍼레이션 편역 “일본의 신교통 시스템”, 도서출판 골든벨(2007년)
4. “철도관련 큰사전“, 객남육, 이상진 편저, 도서출판 골든벨(2006년)