

## 무가선 저상 트램의 주요 사양에 관한 검토

### Review on Main Specifications of Wireless Low-floor Tram

남성원\*<sup>†</sup>, 오용국\*, 박성원\*, 황현철\*, 이수형\*, 김형진\*, 곽재호\*

S.W.Nam\*<sup>†</sup>, Y.G.Oh\*, S.W.Park\*, H.C.Hwang\*, S.H.Lee\*, H.J.Kim\*, J.H.Kwak\*

**초 록** 무가선 트램은 기존의 철도 차량과는 다른 차량 특성이 있다. 주요 특징으로는, 전차선이나 엔진으로부터 동력을 받는 것이 아니라 차량 탑재 배터리가 주동력원이며, 신호장치는 도로교통의 신호와 인터페이스가 되어야 한다. 현가장치는 상면을 저상화시키기 위하여 축을 제외한 독립차륜방식을 채택하고, 차간 연결부는 회전 반경을 작게 하고, 실내 공간활용 증대를 위하여 Articulation방식을 사용한다. 도로교통 차량 수준의 비상 감속도를 유지하기 위하여 트랙 제동장치를 사용하며, 도로면과의 단차를 없애기 위하여 매립형 궤도를 사용하여야 하는 특징이 있다.

**주요어** : 무가선 트램, 배터리, 독립차륜방식, Articulation, 트랙 제동장치, 매립형 궤도

#### 1. 서 론

중량 전철 위주로 철도 서비스를 제공해 온 우리나라의 운영처 및 지자체에서 경량전철 및 모노레일이 운행되기 시작하였고, 노면전차도 1968년 사라진 이후 50년 만에 다시 부활하려는 움직임이 있다.

노면전차에서 발전한 LRT(Light Rail Transit)는 1978년 캐나다의 에드먼턴에서 도입된 이후, 세계 100개 이상의 도시에서 새로이 도입되었다. LRT는 차량성능이 우수해진 노면전차를 지칭하는 것이 아니라, 자동차 및 보행자와 공존하도록 설계된 교통시스템이라고 할 수 있다. 즉, Barrier free, Park and ride, 타 교통 수단과의 환승이 정비된 교통 수단이어야 하며, 신호 제어와 자동차 교통과의 인터페이스가 해결될 필요가 있다. LRT가 다시 주목받는 이유는 대량 수송, 접근성, 운행 빈도, 노선 유연성, 저렴한 건설비 및 친환경성 측면에서 경쟁력이 있기 때문이다.

본 연구에서는, 이러한 장점을 배경으로 가까운 장래에 우리나라에 도입될 예정인 무가선 저상 트램 차량의 주요 사양에 대하여 검토하였다.

#### 2. 무가선 저상 트램의 차량 특징

현재 도입을 검토중인 트램 차량의 주요 특징은 無架線이라는 점이 기존의 트램 차량과는 전혀 다르다. 무가선이므로 수전에 필요한 판토품이 없으며, 그 대신 추진에 필요한 전원은 차량에 탑재한 배터리로부터 받는다. 低床 차량을 구현하기 위하여 차축을 없애고 독립차륜 방식을 채택하여야 하며, 작은 회전 반경에 대응하기 위하여 차량간 연결장치는 Articulation 장치를 사용한다. 도로교통 차량과의 혼재시, 큰 비상 감속도를 내기 위하여 트랙 제동장치를 사용하고, 궤도는 매립형 궤도를 사용한다. 그 외에도 신호장치는 도로 교통 신호와 인터페이스가 원활하게 이루어져야 하는 특징이 있다.

#### 3. 사양 결정의 검토 사항

차량 전원 공급에 배터리를 사용하므로 가선이 필요하지 않기 때문에 도심지에서는

† 교신저자: 한국철도기술연구원  
(swnam@krrri.re.kr)

\* 한국철도기술연구원

미판이 좋다는 장점이 있으나, 배터리 1회 충전으로 트램 차량이 어느 정도 주행이 가능한가가 주목된다. 해외의 트램 운용 사례를 보면, 트램의 특성상, 노선 길이가 40 km를 넘지 않는 곳이 대부분이다. 주행 조건은 직선 평탄선 구간을 가속-정속-감속하는 운전패턴은 정하여져 있으나, 하중조건을 만차 또는 공차로 할 것인지, 보조부하 동작을 최대정격 또는 50%로 할 것인지에 관하여는 더 정밀한 검토가 필요하다. 노선 최대 구배와 관련하여 우리나라의 철도차량 기술기준에는 최대 구배가 다음과 같이 “성능기준 최대하중조건에서 1개 편성이 고장으로 운행이 불가능할 경우 고장편성과 동일한 노면전차(트램) 차량이 본선최대 구배의 경사로에서 구원운전하는 것이 가능하여야 한다”는 3.5.2.3항 1)의 구원운전 조항에도 연관되어 있다. 이 조항은 일반 철도차량 및 고속철도차량의 기준을 그대로 준용한 것으로, 일반 철도나 고속철도의 경우에는 차량고장시, 승객들이 높은 상면과 전용 궤도에 하차하기에는 애로사항이 많으며 안전 문제도 있으나, 도로면과 거의 같은 트램 차량은 이러한 문제점들이 없으므로 굳이 만차 조건으로 구원운전하여야 하는지에 관하여는 기술기준 개정과 관련하여 토론이 필요하다.

비상 감속도는 도로 교통 차량과의 혼재 운전 시 추돌사고 예방을 위하여 어느 수준만큼은 반드시 확보하여야 하는 항목이지만, 철도차량 기술기준의 3.4.4.4항 궤도에 가해지는 하중 2)종방향 하중에서 “노면전차(트램)에 의해 궤도 상에 가해지는 종방향 하중을 제한하기 위해 최대 가속 또는 감속은 3.1 m/s<sup>2</sup> 미만이어야 한다”고 규정하고 있다. 해외 차량들의 사양과 도로 교통과의 혼재 운용시 요구되는 큰 비상감속도를 고려하면 2.8 m/s<sup>2</sup> 정도이지만, 제동마찰재의 마찰계수의 변동폭인 ±15 %로 인한 변동값 0.42 m/s<sup>2</sup>, 노선 최대구배를 대략 5 %로 가정한 변동값 0.5 m/s<sup>2</sup>가 추가 되므로 최악 조건에서는 3.72 m/s<sup>2</sup>가 되므로 종방향 기준을 초과하게 된다. 큰 비상 감속도가 필요하지만, 구배에서의 종방향 하중 조건 때문에 비상 감속도 크기를 줄이는 것은 직선 평탄선로에서는 불리한 면으로 작용할 수 있으므로, 구배에서는 전체 비상 감속도가 3.1 m/s<sup>2</sup>를 초과하지 않도록 차량의 감

속도를 일정부분 줄일 수 있도록 제어 알고리즘을 구성하는 방안도 고려해 볼 수 있다. 예를들면, 평탄선로에서의 비상 감속도는 2.8 m/s<sup>2</sup>로, 구배에서 기준을 초과하지 않는 비상감속도 크기는 다음과 같이 역계산식으로 구하면, 2.28 m/s<sup>2</sup>이다.

$$3.1 = x + x \times 0.15 + 0.48 \dots (1)$$

한편, 배터리 전원을 사용하는 차량 특성상, 일정 거리를 운행하고 나면, 충전할 필요가 있으므로, 충전기구를 차량상부에 탑재할 수 있도록 기기배치 인터페이스가 필요하고, 정거장 또는 기지에서 수전할 수 있도록 하여야 한다. 추진장치 다음으로 많은 전력을 소모하는 HVAC장치의 효율화를 위하여는 HVAC장치 본체 뿐만아니라, 신선 공기 공급량 가변화, 제어 다단화, 차체 단열화, 심지어는 차량 색상도 밝은색 계통으로 하는 등의 검토가 필요하다.

#### 4. 결 론

본 연구에서는 무가선 트램 차량의 주요 사양 결정과 관련하여 검토하여야 할 사항들을 철도차량 기술 기준과 대비하여 검토하였다. 차량의 일부 사양들은 철도차량 기술 기준에 의하여 제한되기도 하므로, 트램 차량의 운용 조건에 맞게 개정을 검토할 필요도 있으며, 향후, 실증 노선과 차량 제작을 고려하여 현실적으로 반영할 필요가 있을 것으로 판단된다.

#### 후 기

본 연구는 무가선 저상 트램 실증노선 구축 (DR18001), 세계 선도형 무인트램 시스템 핵심 기술 기획연구(RP18003F)의 일환으로 수행되었습니다.

#### 참고문헌

- [1] Commercialization of Wireless Low-floor Tram (2017). Land Infrastructure and Transport R&D Report.