



무가선 저상트램 시험선의 매립형 철도궤도 시공

A Construction of a Embedded Rail Track System for Wireless Low-Floored Tram Test Track

정영도 Young-Do Jeong (주)포스코건설 기술연구소 과장
 전진택 Jin-Taek Jun (주)포스코건설 기술연구소 차장
 이수형 Su-Hyung Lee 한국철도기술연구원 선임연구원
 강윤석 Yun-Suk Kang 한국철도기술연구원 책임연구원
 정우태 Woo-Tae Jeong 한국철도기술연구원 선임연구원

1. 머리말

무가선 저상트램은 차량에 2차 전지를 탑재함으로써 제동에너지의 100% 재사용이 가능하고, 도로상을 주행하므로 도시의 미관 및 안전에 문제가 되는 고가구조물과 전력공급선인 가선이 필요 없게 되어 친환경적인 교통시스템이다. 그리고 저상차량이므로 지하 또는 고가구조물의 역사를 이용하지 않고 노면에 설치된 정거장 이용을 가능하게 하여 교통 약자 및 이용자에게 접근성과 편의성 향상을 도모한다. 경제적 측면에서는 도로상을 주행하기 때문에 지하철 등 다른 교통시스템에 비해 토목건설비가 1/10 이하로 소요되며, 공사기간도 현저히 낮아지게 되므로 많은 장점을 가지고 있어 최적의 교통시스템으로 각광을 받고 있다. 이러한 무가선 저상트램에 대해 유럽과 일본 등 교통선진국에서는 지난 30여 년간 활발한 트램 운행과 더불어 각국의 도심 운행에 적합한 무가선 저상트램 차량, 무가선 저상트램의 운행이 가능한 매립형 철도궤도, 신호시스템 등에 대한 기술 개발이 함께 이루어져 왔다. 반면 국내에서는 2009년 12월부터 국토해양부 연구개발 사업으로 새로운 친환경 트램 차량과 트램용 매립형 철도궤도 시스템의 개발이 이루어졌고, 개발된 무가선 저상트램의 시험운전을 위한 시험선을 한국철도시설공단 오송 차량기지에 건설되었다. 본 기술기사에서는 매립형 철도궤도 시스템에 대해 소개하고, 국내 최초로 시공된 무가선 저상트램 시험선의 매립형 철도궤도 시스템에 대한 시공사례에 대해 기술한다.

2. 트램용 매립형 철도궤도 시스템

2.1 트램(노면전차) 선로의 분류

트램은 전용선이나 도시 외곽에서는 자갈도상에 묻힌 침목위에 체결된 레일로 구성되는 일반철도에서 운행 될 수도 있으나 도심에서 운영되는 경우는 일반철도의 건널목과 같이 포장 내에 레일이 매립되어 있는 형태로 궤도가 시공되어 도로 교통과 동일한 공간을 공유하게 된다. 이 경우에는 트램의 차륜 플랜지가 도로면에서 충분한 공간을 확보하도록 홈이 있는 레일(grooved rail)을 사용하는 것이 일반적이다. Esveld(2001)는 트램 궤도를 다음의 세 가지 유형으로 분류하였다.

1) 트램 전용 궤도: 다른 도로 교통은 이용할 수 없는 트램만의 독립적인 선로로 일반 자갈도상궤도 및 콘크리트 궤도가 적용될 수 있으며, 도시 구간에서는 미관을 위하여 매립형 궤도도 적용 될 수 있다.

2) 개발 트램 궤도: 이 유형은 포장된 매립형 궤도로 건설되며, 버스(공공 교통), 공공 서비스 및 때때로 택시와 같은 특정한 유형의 도로 교통만이 이 궤도를 사용할 수 있다.

3) 보통 트램 궤도: 트램과 도로 교통이 같은 공간을 사용할 수 있는 형태로 포장된 매립형 궤도가 적용된다. 현재 유럽에서 트램용 궤도는 일반적으로 30년을 수명연한으로 설계되고 있다. 트램용 궤도는 설치되는 도시의 특성 및 환경에 따라 많은 제작업체에서 다양한 형태로 개발되어 왔다. <그림 1>은 설치 위치에 따른 트램용 궤도의 유형을 나타내며, 보행자의 통행이 많은 도심에는 석재 또는 보도블럭을 적용한 궤도가 많이 적용되고 있다. 또한 도로 교통과 병행하는 구간은 아스팔트 및 콘크리트를 적용한 궤도가 많이 적용되고 있으며, 트램 전용궤도나 시 외곽에서는 잔디나 자갈도상 궤도가 많이 적용되고 있다. 국내에서 일반적으로 시공되는 자갈도상 및 콘크리트 궤도는 아무 문제없이 적용이 가능하나 트램의 도시 운영을 위한 매립형 궤도의 경우는 현재 수지고정형 매립형 철도궤도 시스템이 국가 연구 개발 사업으로 개발되었다.

2.2 수지고정형 매립형 철도궤도 시스템

매립형 철도궤도는 보행자나 도로교통과 병행하는 도심에 주로 설치되기 때문에 보행자 및 다른 교통수단의 안전을 위하여 누설전류(stray current)를 방지하기 위한 절연처리가 필요하며, 건물에 매우 근접하여 설치되기 때문에 소음 및 진동에 대한 대책도 일반철도에 비하여 철저히 강구되어야 한다. <그림 2>는 유럽에 설치되



그림 1. 설치위치에 따른 트램용 궤도의 유형

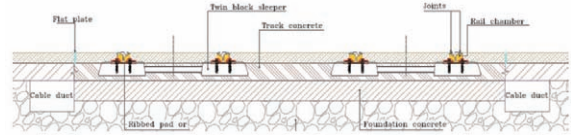


그림 2. 전통적인 트램용 매립형궤도(Systra, 2011)

고 있는 전통적인 매립형 철도궤도이다. 이 형태는 레일이 침목에 체결되는 다점지지 방식의 궤도이다. 이 경우 침목간격은 75 cm에서 150 cm까지 적용되고 있다. 레일 하부는 침목을 고정하는 궤도 콘크리트(track concrete), 노반과 접하는 기초콘크리트(foundation concrete)로 이루어져 있다. 궤도 콘크리트 상부는 목적에 따라 다양한 재료(콘크리트, 아스팔트, 석재, 잔디, 나무 판넬 등)를 이용하여 레일 상부 높이까지 포장된다. 궤도의 높이는 최소 55 cm에서 최대 75 cm로 유럽 전역에서 사용되고 있다. 누설전류에 대한 절연은 레일 매립부를 채우는 재료와 체결장치를 통해 이루어진다.

전통적인 매립형 궤도는 도심지에 설치 시 소음과 일반 차량 통과에 따른 잦은 유지보수 등의 문제를 일으킨다. 따라서 최근에는 레일을 궤도콘크리트에 수지형태의 합성화합물(corklast, masterflow, CDM, polycork 등)을 이용하여 직접 고정하는 방식(그림 3)이 많이 적용되고 있다. 이 방식은 침목을 사용하지 않기 때문에 레일은 궤도콘크리트에 의하여 연속적으로 지지된다.

수지고정형 매립형 궤도는 레일체결을 위한 재료로 인해 시공비용이 상대적으로 높으나 일반적인 다점지지 궤도에 비하여 저소음, 저진동의 성능과 일반차량 운행에 의한 궤도 열화가 적어 유지보수가 거의 필요 없다는 장점을 갖고 있으므로, 특히 도심구간에서 건물이 근접한 경우 교차로에서 궤도 직각방향 도로교통 통행이 빈번한 경우에 많이 적용되고 있다. 국내에서는 한국철도기술연구원 주관으로 (주)ERS와 포스코건설이 현장타설

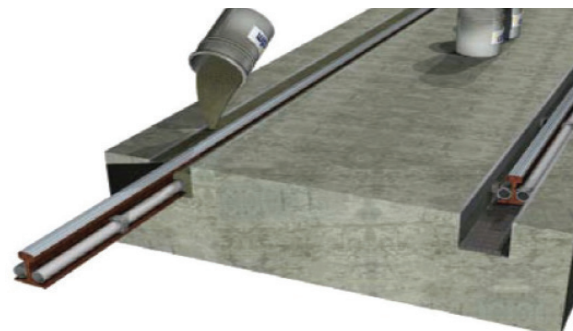


그림 3. 수지고정형 매립형궤도(CDM nv)

방식 콘크리트 슬래브에 국내에서 개발된 Polycork라는 합성수지로 레일을 고정하는 형태의 매립형 철도궤도 시스템을 개발하여 현재 철도시설공단 오송 차량기지 내에 1km의 시험선 건설이 완료된 상태이다.

타내고 있다. 아스팔트 구간, 석재마감 구간 및 잔디식생 구간으로 3가지 타입의 단면으로 트램용 매립형 철도궤도가 구성되어져 있고, <그림 5>는 각 구간의 매립형 철도궤도 단면도를 나타내고 있다.

3. 매립형 철도궤도 시험선

3.2 매립형 철도궤도 시험선 시공

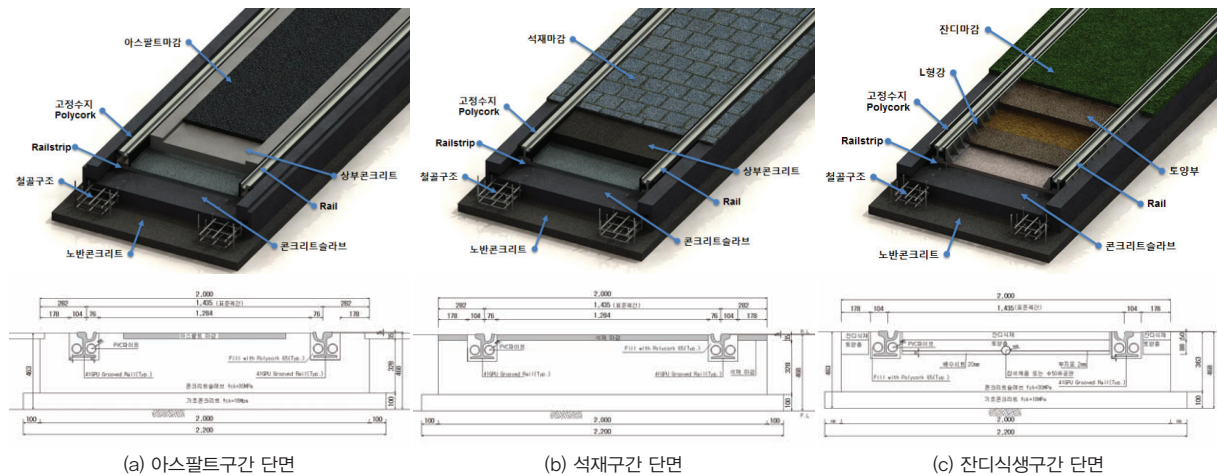
3.1 매립형 철도궤도 시험선 개요

무가선 저상트램 시험선의 매립형 철도궤도의 시공 과정은 <그림 6>과 같다. Slip Form Paver 몰드를 단면 형상에 맞게 따로 제작하여 인력 타설이 아닌 장비를 이용한 콘크리트 타설을 실시함으로써 궤도 지지슬래브의 시공성 및 품질을 크게 향상시켰고, 인력 타설에 의한 방식에 비해 공기를 크게 단축시킬 수 있었다.

국내에서 개발된 무가선 저상트램의 성능평가와 트램용 매립형 철도궤도 시스템의 성능을 확인하기 위한 목적으로 철도시설공단 오송 차량기지 내에 1km의 시험선로가 구축되었다. <그림 4>는 시험선의 구성을 나



그림 4. 무가선 저상트램 시험선 구성



(a) 아스팔트구간 단면

(b) 석재구간 단면

(c) 잔디식생구간 단면

그림 5. 무가선 저상트램 시험선 매립형 철도궤도 단면도

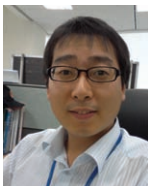


그림 6. 무가선 저상트램 시험선 매립형 철도궤도 시공

4. 맺음말

트램은 교통약자를 배려할 수 있는 저공해 친환경 교통수단으로 노면에 건설되므로 건설비가 저렴하여 도시 특성에 따른 경전철의 대안이 될 수 있는 시스템이다. 국내에서도 수원, 창원을 비롯한 10개 이상의 지자체에서 트램의 도입을 검토 중에 있다. 트램의 도심지 운행을 위한 고성능 매립형 철도궤도 시스템이 개발됨으로써 향후 국내에서는 활발한 트램의 적용이 기대된다. 현재 충북 오송에 1km의 무가선 저상트램이 매립형 철도궤도 시스템으로 시공되어 개발 차량과 궤도시스템의 성능 및 신뢰성 검증이 이루어지고 있다. 이러한 시험선 성능평가로 향후 개발된 매립형 철도궤도 시스템이 국내뿐만 아니라 해외에서도 우수한 궤도 시스템으로 자리매김 할 수 있을 것으로 기대한다. □

담당 편집위원 : 김진국(포항산업과학연구원 강구조연구소)
jkkim@rist.re.kr



정영도 과장은 인하대학교 토목공학에서 PSC 교량 개발에 관한 연구로 박사학위를 취득하였고, 현재 (주)포스코건설 기술연구소에서 교량 및 철도분야 연구개발을 수행하고 있다.
jyd@poscoenc.com



전진택 차장은 연세대학교 토목공학과에서 학사학위를, 펜실베이니아 주립대학교에서 석사학위를 취득한 후 미국 교량설계업체를 거쳐 현재 (주)포스코건설 기술연구소에서 교량 및 철도분야 연구개발을 수행하고 있다.
jijun@poscoenc.com



이수형 선임연구원은 서울대학교에서 말뚝으로 지지된 전면기초 관련 연구로 박사학위를 취득하였고, 대우건설을 거쳐 현재 한국철도기술연구원에서 철도노반 및 트램 인프라 관련 연구를 수행하고 있다.
geonlee@krri.re.kr



강윤석 박사는 고려대학교 토목환경공학과에서 레일절손부의 차량-궤도 동적해석에 대한 연구로 박사학위를 취득하였고, 한국철도기술연구원에서 고속선 선로구축물의 HEMU 430-X 차량의 속도증속시 동적거동연구, 매립형 궤도, 슬래브 궤도 개발 등 궤도구조분야의 연구를 수행하고 있다.
yskang@krri.re.kr



정우태 연구원은 연세대학교 기계공학과에서 석사학위를 취득한 후 미국 퍼듀대학에서 박사학위를 취득하였으며, 현재 한국철도기술연구원에서 매립형 철도궤도시스템 개발 등의 연구개발을 수행하고 있다.
wjeong@krri.re.kr