

부산도시철도 4호선 운영현황 및 특성



박상현
부산교통공사 기술연구원장
maeju365@humetro.busan.kr

1. 서론

부산 도시철도 4호선(釜山 都市鐵道 四號線)은 대한민국 부산광역시 동래구 온천동에 있는 미남역에서 부산광역시 기장군 철마면 안평리에 있는 안평역을 잇는 부산교통공사의 도시 철도 노선이다.

대한민국 최초로 유료 영업 운행을 시작한 일반 대중교통용 경전철이자, (민자가 아닌) 공공사업으로 진행된 경전철이다.

원래 미남역에서 분기하는 3호선의 일부로 계획되었으나 경전철로 계획이 변경된 이후에는 시스템이 달라 분리되었다. 노선 안내 색상은 밝은 파랑이다.

1.1 일반개요

부산광역시 최초 구상은 대저-미남-반송 구간이 본선, 미남-수영 구간이 지선이였다. 당시 건설교통부(현 국토교통부)의 허가를 받을 당시에는 미남-반송 구간이 지선, 미남-수영 구간이 본선으로 바뀌었고, 서울도시철도 5호선이 강동역에서 본선과 지선을 분기하여 운행하는 것처럼 열차를 운행할 예정이였다. 그러나 IMF 사태 등 예산상 어려움 등으로 3호선의 반송지선은 경전철로 건설하기로 변경되었고, 결국 운행 방식 등이 1단계 구간과 달라져 완공 후 다른 노선으로 구분되었다.

2009년 5월 부산교통공사는 기존의 3호선과 별개의 시스템이 적용되었음에 따라 반송선의 노선 명칭을 변경하기 위해 관련 행정 절차를 진행하였고 그 해 11월이 되어서 부산 도시철도 4호선으로 개칭되었다.

1.2 차량개요

부산도시철도 4호선은 경량전철 차량으로 국토해양부 도시철도차량 표준사양에 의해 세계 4번째로 개발에 성공한 경량전철 차량이다. 이 차량은 완전무인자동운전 방식으로 운영되므로 운영 및 유지관리비가 절감되며, 정시성, 신속성이 우수하다. 또한 고무차륜방식을 적용하여 등판 능력, 곡선주행능력, 환경친화성, 유지보수성 등이 우수하다. 승객의 안전을 위해서는 차량의 주요시스템은 2중계 구조로 설계되었으며, 화재감지기, 비상인터폰, CCTV를 설치하여 완전무인운전 상태에서도 안전한 시스템으로 고려되었다. 또한 승객 편의 시설로 의자커버는 난연성이 우수한 모켓트를 적용하여 착석감을 향상시켰으며, 각 출입구에 LCD 모니터와 차량 중앙에 LED 표시기를 설치하여 승객 안내 정보를 쉽게 제공토록 하였다. 경량전철 차량의 차체는 알루미늄 재질을 사용하여 차량의 경량화를 하였으며, 이로 인한 에너지 효율의 향상과 전체 공사비용의 절감을 도모하였다.

2. 본문

2.1 현황

2.1.1 개통

- 1995년 : 최초 3호선 기본 계획 수립
- 2003년 12월 3일 : 2단계(당시 부산도시철도 3호선 지선(반송선)) 미남 - 안평 구간 착공

- 2009년 11월 11일 : 부산 도시철도 3호선 지선 (반송선)에서 부산 도시철도 4호선으로 분리
- 2011년 3월 30일 : 1단계 미남 - 안평 구간 개통

2.1.2 차량도입

- 조달청 공고 : 2005. 9. 13
- 계약 체결 : 2005. 10. 14
 - 구입수량 : 102량 (6량×17개 편성)
- 초도편성 제작 : 2008. 1. 1~5. 22
- 초도편성 안평차량기지 반입 : 2009. 3월

2.1.3 노선

평소 정체를 겪고 있는 동래구, 해운대구 반송동 구간의 교통난 해소를 목적으로 하였으며 개통 후 도시 철도가 없는 기장군 지역 중 철마면 일대가 철도의 혜택을 받을 수 있게 되었다. 또한 동래역과 미남역에서 환승이 가능하여 북구, 사상구 지역에서 동래구, 금정구 지역으로의 이동이 수월해지게 되었다.

2011년 3월 30일 전 구간이 개통되었다.

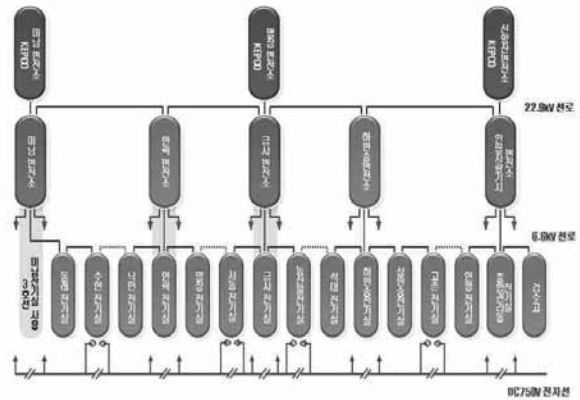
기장군은 특히 이 노선을 일광역 인근까지 연장하기 위해 큰 노력을 하고 있다. 사업비의 20%를 기장군 자체에서 부담하겠다는 의사를 표시하였고, 특히 고리원 자력발전소 사고시 가장 확실한 대피수단이라는 전략적인 목적도 있어서 기장군은 노선 연장에 큰 의욕을 보이고 있다.

- 구 간 : 미남~안평 12.7km (지하 : 6.9km, 지상 : 5.8km)
- 역 사 : 14개소(지하 : 8개소, 지상 : 6개소), 환승역 2개소(미남, 동래)



- 기 지 : 차량기지 1개소

- 변전소 : 5개소(수전 3개소, 연락 2개소)



- 승강기 : E/S 127대, E/L 49개

2.1.4 차량기지



- 대지위치 : 기장군 철마면 안평리 14번지
- 대지면적 : 98,784㎡(29,882평)
- 건축면적 : 10,496.48㎡(3,175평)
- 연 면 적 : 17,395.64㎡
- 주차대수 : 100대
- 대지면적 : 7,6247㎡(2,306평)
- 종합관리동/변전소 : 6,598㎡/1,047㎡
- 검수/정비고 : 7,895㎡
- 자재창고/모타카창고 : 738.4㎡/585.5㎡
- 기 취 고 : 236.6㎡
- 입출고점검선/정비선 : 3선/1선
- 기취선/시운전선/검수선 : 1선/1선/4선

2.2 차량시스템

부산도시철도 4호선 경량전철 차량형식은 국토해양부 도시철도차량 표준사양(고시 제 2005-220호, 고무차륜 AGT 경량전철)으로 고무 차륜을 사용하며, 중전철이나

철제차륜 경전철과는 달리 콘크리트 도상에서 움직인다. 철제 차륜에 비해 가감속이 유리하고 소음, 진동이 적어 상대적으로 짧은 역간 간격이나 대도시의 도심에서 운행되기에 유리하다.

K-AGT 설계는 1999년부터 시작되었고, 7년 만에 개발이 완료되어 경부선 경산시 인근에 있는 시험선에서 운행 시험을 마쳤다.

기존 부산 도시철도 전동차의 중량은 20~25톤/량, 최고속력은 80km/h인 데 반해 경전철은 중량이 12톤/량이고 최고속력은 70km/h 정도이다. 빠른 가감속으로 시격을 낮출 수 있어 러시아워(RH)때는 90초에 한 번을 운행할 수 있다.

부산도시철도 4호선 전동차는 대한민국 최초의 제 3궤조 방식 전동차이다. 따라서 상단부에는 팬터그래프가 없으며, 차체 역시 전체적으로 둥근 모양이다. 기관사 없이 무인 운전으로 운행되며, 폐쇄된 운전실 없이 차량 앞뒤가 열려 있어서 근처 경치를 자유롭게 볼 수 있다.

- 편성 : 6량 1편성 (17편성, 102량)
- 크기 : 차체길이 9,140mm / 차체폭 2,400mm
- 조성 : 6M(전량 동력차로 구성)
- MC-M-M-M-M-MC
- MC-운전실이 있는 동력차 / M-동력차 / 제 3궤조 방식
- 분기 : 수평 가동안내판방식

2.2.1 차량외형

6량 고정편성의 경량전철 차량으로 차체는 알루미늄 재질을 사용하였으며, 차량을 떠받치는 언더프레임을 악조건 수직, 수평 하중에도 견딜 수 있으며, 대차를 통해 전달되는 각종 진동이나 흔들림에도 충분히 견딜 수 있는 구조로 제작되었으며, 구체의 측골조, 지붕 골조 및 단부 골조와 각각의 외판 역시 알루미늄 재질로 제작되었다.

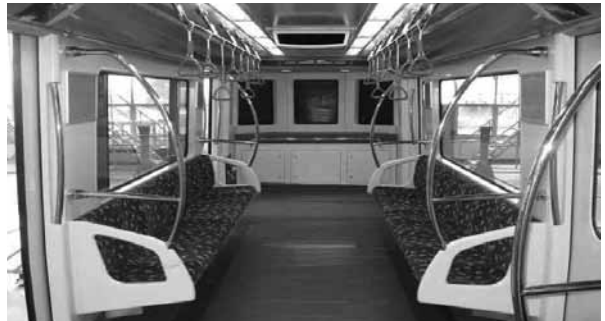
해양도시 부산의 특성을 살리기 위해 “요트”를 이미지화하는 새로운 개념의 곡선형 전두부 형상의 도입과 차체 측면은 2도의 경사 각도를 적용하여 차량 전체에 세련된 곡선형과 아울러 유선형의 아름다움을 더함으로써 외관 미려도를 향상시켰다.

- 차체 : 9,140(L)×2,400(W)×3,500(H)mm
- 연결면간 거리 : 9,640mm(1량 기준)
- 차체길이 : 9,140 mm(1량 기준)



- 차체폭 : 2,400 mm
- 대차중심간 거리 : 5,300 mm
- 지붕높이 : 3,500 mm(주행면 기준)
- 객실 상면 높이 : 1,110 mm(주행면 기준)
- 연결기 높이 : 830±10 mm(주행면 기준)

2.2.2 차량실내



실내 내장재 및 설비품은 국제수준의 화재성능을 만족하는 제품으로 구성되어 한층 안정성을 강화시켰으며, 휠체어 및 유모차 이용승객을 고려한 별도의 승차공간의 확보 및 노약자를 고려하여 낮은 손잡이를 설치하여 이용승객의 편리성을 도모하였다. 승객에게 정차역 정보 및 유용한 정보를 제공하기 위해 실내에 LCD 및 LED표시기를 설치하였고, 하절기에도 쾌적한 실내 환경이 조성될 수 있도록 대용량의 공조장치를 설치하였으며, 경량전철 차량을 이용하는 승객에게 안락한 승차환경을 제공하기 위해 차량실내로 전달되는 소음 및 진동에 대해 중점적으로 개선, 보완하여 설계 및 제작에 반영하였다.

2.2.3 차량제원 및 성능

부산도시철도 4호선 경량전철은 실시간 운행 감시 및

원격제어 시스템을 구축하였고 신호장치, 추진장치 등 주요장치 구성을 이중계로 하였으며, CCTV설치에 의한 실내감시 및 비상인터폰 시스템을 구축함으로써 완전 무인 자동운전 시스템을 구현 하였다.

- 대차 : 고무타이어 1축 Bogie
- 최대등판능력 : 58% [철제차륜 : 35%]
- 최소곡선반경 : 30m [철제차륜 : 120m]
- 급전 : 제3궤조 방식의 급전
(팬터그래프 없이 전동차 하부에서 급전)
- 가속도 : 3.5km/h/s,
- 감속도 : 3.5km/h/s[상용], 4.5km/h/s[비상]
- 차량속도, 운행속도 : 70Km/h, 60Km/h
- 안내방식 : 측방안내(탈선 불가)
- 승차인원 : 52~54명(316명/편성)
- 운전방식 : ATP/ATO 무인자동운전
- 속도제어 : 인버터[VVVF] 가 · 감속 제어
- 소음기준 : 75dB 이하
- 승차감 : 승차감 계수 2.3이하(UIC 규격)

2.2.4 주요기기 사양

(1) 대차

- 대차형식 : 1축 BOGIE 방식
- 궤간 : 1,700 mm
- 차륜경 : 445 mm(공차시)
- 주행륜 : 고무타이어(질소가스 주입)
- 안내륜 : 경질우레탄 솔리드 타이어
- 동력전달방식 : 직각구동방식(차동기어방식)
- 치차비 : 6,833(41:6)
- 차체지지방식 : 공기스프링 방식
- 안내조향방식 : 측방안내방식
- 기초제동방식 : 디스크 방식

(2) 견인전동기

- 형식 : 3상 농형유도전동기
- 극수 : 4극
- 냉각방식 : 자기통풍 냉각방식
- 취부방식 : 차체장가식
- 정격전압 : AC 550V

- 정격출력 : 110KW
- 주파수 : 60Hz
- 절연등급 : 200 Class(C중 절연)

(3) VVVF 인버터

- 정격 입력전압 : DC 750V(DC 500~900V)
- 접속 : 역행, 회생시 1개 영구병렬접속 2군
- 출력 : AC 3상 550V
- 제어방식 : VVVF 인버터에 의한 가 · 감속
- IGBT 소자 : 1,700V, 800A급
- 과부하 내량 : 150% 1분
- 냉각방식 : 강제냉각방식
- 제어전압 : DC 100V(DC 70~110V)

(4) 보조전원장치

- 출력전압 : AC 380V, 60Hz, 3상
- 정격용량 : 70KVA(직류출력 10KW 포함)
- 정격전류 : AC 91.2A(직류출력 10KW 포함)
- 과부하 내량 : 150% 1분
- 냉각방식 : 자연냉각방식
- 소음 : 70dB 이하(1m 주위)
- 왜율 : 5% 이하
- DC 출력전압 및 용량 : DC 100V, 10KW

(5) 집전장치

- 집전방식 : 제3궤조 횡방향 집전방식
- 집전 정격전압 : DC 750V
- 집전 정격전류 : 400A~900A
- 조작방식 : 스프링 작용방식
- 압상력(325mmBase로부터) : 6±1kgf
- 동작거리(높이) : 최대 : 24 5~360mm
유효 : 260~345mm

(6) 주공기압축기

- 공기압축기
 - 압축방식 : 오일프리 왕복동식
 - 자유공기 토출량 : 528 l /min ±6%
 - 사출토출 공기압 : 9kgf/cm²
- 전동기

- 출발안전: 정차위치, 출입문상태, 열차신호가 모두 정상 시 출발 가능
- 탈선방지: 열차 양측면 안내레일 설치
- 비상제동: 전방 장애물 인지도 자동 정지
- 전력차단: 출입문 오동작시 전력차단
- 이중장치: 주요장치 이중계 설치
- 스크린도어: 전 역사 설치로 추락사고 방지
- 비상대피로: 유사시 안전 대피를 위한 본선구간 승객 대피로 설치
- 객실안전: 비상통화장치, CCTV, 화재감지기, 열차비상정지장치 등 완비

2.4.4 편의성 확보

부산도시철도 4호선은 이동편의시설로 역당 엘리베이터 3.8대, 에스컬레이터 9.8대가 설치되어 있으며, 일반권 및 우대권 발급, 교통카드 보충기능을 함께 갖춘 자동발매기 설치 등 역무자동기기를 첨단화하였으며, 또한, 역무관 제요원을 배치하여 고객 실시간 응대가 가능토록 하고 각종 역무자동화 설비의 기능상태 감시 및 원격제어를 하고 있으며, 동래역, 농산물 시장역, 안평역 등 3개 관리역에는 역무실을 설치하고 나머지 일반역에는 안내부스를 설치하여 고객과의 접점거리 단축 등 최고의 서비스 제공을 위하여 노력하고 있다.

2.4.5 시민 친화공간 조성

고객과 함께하는 도시철도 운영기관의 고객 친화적 이미지 제고를 위하여 동래읍성 임진왜란 역사관, 경전철홍보관, 휴메트로 테마공원 등 시민 친화공간 조성하였다.

- 동래읍성 임진왜란 역사관
 - 위치: 수안역 대합실(지하 1층)

- 면적: 1,029㎡(311평)
- 시설: 동래읍성 모형, 영상전시실, 동래 부순절도, 해자 등 다수 전시
- 경전철 홍보관
 - 위치: 안평차량기지 종합관리동 1층
 - 면적: 309㎡(94평)
 - 시설: K-AGT 경전철 특징 및 주요부품, 세계의 경전철, 도시철도발달사 등
- 휴메트로 테마공원
 - 위치: 안평차량기지 입구
 - 면적: 7,624㎡(2,310평)
 - 시설: 메타쉐콰이어 등 37종 14,210주 식재 및 놀이 시설 등

3. 맺음말

끝으로 부산교통공사 기술연구원에서는 진동을 활용한 4호선 경량전철 본선 주행로 이상상황 실시간 감시 시스템을 자체 개발, 주행로 운행 환경에 대한 DB축적 및 이상 상황을 관제소로 실시간 위험 예고를 할 수 있도록 구축하여 무인운전 경량전철 주행로 감시 장치의 독자 솔루션을 확보하였으며, 개발된 독자 솔루션을 바탕으로 지속적 연구를 통하여 도시철도 운행과 타 설비분야에도 적용이 가능한 환경모니터링 시스템을 개발을 추진하는 등 도시철도 안전을 위한 사전 예방 점검 시스템 개발에 만전을 기하고 있다.

금번 지면 관계로 소개하지 못한 부산도시철도 4호선 신호, 통신, 궤도시스템 등에 대하여는 추후 기회가 되는 대로 다루고자 한다. ☺