

2층 열차의 해외운용 사례 분석

Analysis of Overseas Double Deck Train Operations

김형진*
Kim, Hyeong Jin

ABSTRACT

Recently, a double deck train is considered as the one of solutions for efficient and comfortable railroad transportation systems on busy lines without any big investment on existing railroad infra-structures in many countries. However, prior to the operations of double deck trains on existing lines, careful investigations should be performed since the double deck trains have big cross sections, high mass centers and no enough spaces for mounting electric equipments. In this paper, several operational cases of double deck trains in other countries have been reviewed for preparing double deck train operations in Korea.

1. 서론

철도는 대량의 화물과 여객을 신속하고 정시에 수송할 수 있는 장점이 있어 우리나라의 경제발전에 크게 기여하여 왔으며 최근의 고속전철 개통 및 경량전철, 틸팅열차 개발 등으로 철도에 대한 관심이 그 어느 때보다도 커지고 있다. 그러나 인구 및 교통수요의 국부적 집중 현상으로 일부 지역을 중심으로 도로교통 체증현상이 점차 심화되고 있고 철도 이용객 증가에 따라 역내 및 차내 혼잡이 가속화되고 있는 실정이라서 쾌적하고 원활한 대중교통 수송수요 처리방안 모색의 필요성이 점차 대두되고 있다.

승객 수송량 향상을 위해 열차 시격 단축이나 편성 차량 수 증가 등의 방법도 고려해 볼 수 있지만 열차 시격 단축은 복잡한 신호시스템 개발 및 제동거리 단축이 필요하고 시격 단축 자체도 한계가 있으며 편성 차량 수의 증가는 역사 증축 등 부가적인 시설비의 투자가 요구되므로 일본, 프랑스 등 많은 나라에서 선로 사용률이 높은 구간에서 여객 수송효율의 극대화를 위해 2층 열차(double deck train)를 활용하고 있는 추세이다. 따라서, 국내에서도 효과적인 교통수단으로서 철도의 장점을 최대한 살리고 철도를 더욱 탄력적으로 운용하기 위한 대안의 하나로 2층 열차의 운영을 적극적으로 검토해볼 필요가 있으며 이를 위해 본 논문에서는 해외의 2층 열차 운행사례 및 기술개발 동향을 분석하고 이를 통하여 2층 열차의 국내 도입 시 예상되는 문제점 및 기술개발 방향을 검토하였다.

2. 해외의 2층열차 운용 사례

2층열차는 미국, 유럽, 일본 등 해외의 많은 나라에서 운용되고 있지만 본 논문에서는 철도기술의 선진국이면서 기존선 및 고속선에서 2층열차를 운행하고 있고 기존선에서의 운행패턴이 비교되는 일본 및 프랑스의 사례를 위주로 검토하였다.

* 한국철도기술연구원 철도시스템연구본부 책임연구원, 정회원
E-mail : hikim@krti.re.kr
TEL : (031)460-5241 FAX : (031)460-5279

일본의 2층 열차는 중·장거리 도시 간(intercity)이나 대도시권의 교외지역(광역철도망) 출퇴근자를 위해 신간선 및 교외선에서 운행되고 있는데 신간선에서 운행되는 2층 열차는 고속열차로 차고가 4.49m에 달해 기존열차에 비해 상당히 큰 차종이며 동경근교의 교외선에서 운행되는 2층 열차는 협소한 터널의 통과도 가능하도록 하기 위해 차고를 기존차량의 높이와 큰 차이가 나지 않는 수준(4.07m)으로 설계하였으며 특실과 일반실로 구분하여 운용하고 있다.

최고속도가 260km/h인 동일본철도의 2층 열차 E1(Max)은 신간선에서 운용되며 출퇴근 시간에는 Tokyo-Takasaki(101.4km), Tokyo-Nasu-Shiobara(154km)구간을, 그 외 시간에는 Tokyo-Morioka(496.5km)와 Tokyo-Nigata(300.8km) 구간을 운행, 탄력적인 운행시스템을 갖추고 있다. 특실은 2×2, 일반실은 2×3의 좌석구조로 승객 수송량을 최대화 하였고 차량 폭 및 높이는 신간선에서 운용되는 차량이므로 각각 3383.2mm, 4485mm로 하여 여유 있는 실내공간을 확보하였으며 1, 2층의 객실내부 높이는 각각 1970mm, 1955mm이다. 동일본철도는 또한 1992년부터 쾌적한 원거리 통근 및 수송력 증강시책으로써 대폭적으로 좌석정원을 늘린 215계 근교형 2층 열차(양쪽 선두 차량을 제외한 전 차량이 2층 구조 임)의 영업운전을 시작하였다.



그림 1. Max 좌석배치(특실)



그림 2. Max 좌석배치(일반실)



그림 3. 215계 좌석

215계 2층 열차는 “쇼난 liner”[동경-오다와라(83.9km), 총운행 소요시간: 75분, 표정속도: 약 67km/h, 1992년 개통] 및 “쇼난신주쿠 liner”[신주쿠-오다와라(87.7km, 총운행 소요시간: 89분, 표정속도: 59.1km/h, 2001년 개통]에서 통근형 급행열차로 운용되고 있다. 최고 120km/h로 운용되는 215계의 편성은 $M_c-M'-T-T'-T'-T_s-T_s'-T-M'-M_c$ (10량 편성, 4M6T)의 형태로 되어있으며 총 좌석 수는 1010석이다. 편성의 양쪽 끝에 위치한 M_c 차량은 일반적인 형태인 평평한 언더프레임 구조로 되어 있으며 2층에만 객실이 있고 1층 가운데 부분에 공기통 등이 설치되며 1층 측면 공간 부분의 기기실에는 ATS-P 제어장치, 제동 제어장치 등이 설치되고 차량하부에는 주 회로기기 및 보조전원장치가 탑재되는 공간으로 사용된다. 동력차(M')는 부수차량(T)과 마찬가지로 1, 2층 모두를 객실로 활용하는 형태(120석)로 되어 있다. 편성의 중간에 위치한 부수차량 6량 중 2량은 특실(T_s , Green Car)로 운용되고 있고 출입문 폭은 0.9m에 불과한데 이는 입석승객이 없는 좌석정원 개념으로 운용되어 폭이 넓은 출입문이 필요치 않기 때문이다. M_c 차를 제외한 나머지 차량들은 측 출입구 주변의 양 끝단(차체와 대차와 연결부위)에 대차가 위치하고 있는 관계로 단일 층으로 구성되어 있고 대차사이의 가운데 부분만 2층으로 되어있다. 주행 시, 차량의 동적 안전성을 유지하기 위해 차체와 차체, 대차와 차체를 연결하는 댐퍼(Anti-Rolling Bar)가 차량마다 설치되어 있으며 가선에서 공급받는 전력은 DC 1500V이다. 전동기 용량은 대당 120kW에 불과한데 이는 차량의 가속도가 2.3km/h/s로 낮기 때문이다. 냉방장치 용량은 20,000kcal/h로 차량 1량 당 2개가 차량 전후부 지붕위에 탑재되며 차량내부가 2개 층으로 분리되어 있기 때문에 덕트를 통해 각 객실로 분배되는 구조로 되어있고 환기장치도 겸하고 있다.

1995년부터 운행되고 있는 217계는 구리하마에서 동경을 경유하여 나리타공항까지 총 149km(구리하마~동경: 70km, 15역, 동경-나리타 공항: 79km, 17역) 거리를 운행하며 차량편성(총 11량 편성)에 2층 차량 2량(4, 5호차)을 혼합 편성하여 특실로 사용하고 있다. 2층 열차 내부는 좌석 식으로 구성되며 1층 차량은 기존 전동차와 유사한 구조로 되어 있고 2층 열차(특실, 215계의 T카와 유사) 탑승자는 거리별로 차등 부과되는 별도 특실요금을 지불하여야 한다.

이상에서 살펴본 바와 같이 일본 동경의 교외선에서 운행되는 2층 열차는 승하차 시 소요되는 시간이 길어 도심 내에서 기존 전동차와 혼용 운행하는 것이 불가능하기 때문에 도심 내 혼용운행 대신 좌석수를 기존차량보다 대폭 늘려 좌석편의성을 개선하고 좌석의 안락감을 향상시키기 위한 분리형 좌석 타임을 채택하는 등 고급화하여 좌석정원 개념의 인터시티 차량으로 운행하고 있다. 215계 2층 열차는 기존 차량보다 구입가격은 상대적으로 비싸지만 유지보수비용은 가격에 비례하여 증가하지는 않는데 이는 2층 열차라고 해서 기존 차량보다 훨씬 많은 전장품이 사용되는 것은 아니기 때문이다.

프랑스 파리의 RER 라인A는 1969년부터 운용되어 왔으나 1980년대 이후 유동 승객이 엄청나게 늘어나 RATP(파리권 대중교통 공사) 및 SNCF에서는 기존 철도시설물에 대한 큰 투자 없이 수송량을 늘리기 위해 Z2N, MI2N 등 2층 열차의 투입을 결정하게 되었다. RER 라인A는 동경 도심을 관통하지 않고 근교의 도시와 동경을 연계하는 일본의 교외선 2층 열차 운용패턴과는 달리 파리 도심부를 X자 형태로 관통하여 파리 외곽부에서 외곽부로 연결하는 라인으로 파리 도심 내 주요 거점역에서 지하철인 METRO와 연계되어 파리 외곽에 거주하는 승객을 파리로 도심으로 연계 수송하는 철도 인프라 역할을 하고 있으며 2층 열차의 도입으로 파리 외곽도시에서 파리로 출퇴근 시 좌석확보율을 높여 승객 서비스를 크게 개선하였다. MI2N은 동일노선에서 차량 당 1.3m의 측 출입문 4개를 갖추고 있는 단층열차인 MI84와 혼용 운용되고 있는데 이러한 운행이 가능한 것은 MI2N 차량의 측면에 2m의 광폭 측 출입문 3개를 설치하여 승하차 시간의 최소화를 꾀하였을 뿐만 아니라 MI84에 비해 열차 총 정원에서 좌석이 차지하는 비율이 높은 좌석 편의성 개선 차량이기 때문이다.

SNCF에서 운용하고 있는 Z2N 2층 열차의 최대속도는 140km/h로 높이가 4.32m 이고 차량 폭은 2.82 m, 동력차의 길이는 25.1m, 부수 차량의 길이는 26.4m이며 동력차에는 집전장치가 설치되어 있고 차량의 양 끝단에 MI2N 차량과 같이 전장품 등 장비가 설치되는 공간이 있다. 출입문은 차량의 양쪽에 2개씩 설치되어 있으나 동력차(2등실)는 탑승 승객수가 적으므로 문의 폭을 1.3m로 하였고 나머지 차량은 승하차를 용이하게 하기 위하여 1.8m로 하였으며 4~5량을 한 편성으로 하여 운용되고 있다. Z2N 차량은 4량 편성과 5량 편성의 경우, 편성의 길이는 각각 103m, 129.4m이고 좌석 수는 각각 600, 804석이다.

RATP는 1996년 MI2N 차량을 처음 도입하여 운용 중에 있는데 차량편성의 길이는 112m, 하중은 360톤이다. MI2N의 최대 설계속도는 140km/h이나 일반적으로 운행되는 MI2N의 최대운행속도는 120km/h이고 5량 편성으로 운용되고 있는데 SNCF 차량편성은 T_c(2등실)+M(2등실)+T(2등실)+M(1,2등실)+T_c(2등실)이고 RATP 차량편성은 T_c(2등실)+M(2등실)+M(1,2등실)+M(2등실)+T_c(2등실)로 구성되어 있으므로 전체 차량 편성에서 동력화(motorization) 비율은 40%에서 60%까지 이다. 좌석 승객 수는 550명, 입석 승객 수(4명/m²)는 732명으로 총 승객 수는 1,282명이며 총 정원에서 차지하는 좌석 수의 비율은 약 43%이다. 이는 동일 노선에서 운용되는 기존의 EMU MI84 1편성(4량)의 총 수송량 880명(좌석 216, 입석 664)과 총 정원에서 차지하는 좌석수 비율 24.5%와 비교할 때, 량 당 총 수송량은 16%정도 증가하는데 그치나 량 당 평균 좌석 수는 2배정도 증가하는 것으로 승객 좌석편의성 측면에서 크게 개선된 것으로 나타났다. 차량 각 측면에는 2m의 광폭 출입문 3개를 설치하여 승하차 시간을 크게 감소시켰으나 이로 인해 차량 가운데 부분의 일부 사공간화(死空間化)가 발생하는 단점도 있다. 차량의 양 끝단은 주요 전장품을 설치하기 위한 기계실로 활용하고 있으며 히팅과 벤틸레이션은 기본으로 하고 에어컨디션은 옵션으로 하여 차량의 지붕 끝단에 설치하도록 하였으며 계단 및 접이식 의자 뒤쪽 등 공간이 생기는 부분에 일부 전장품을 배치하여 공간을 활용하였다. Intercity용 등 장거리 열차와 달리 광역교통망에서 운행되는 2층열차는 대부분의 승객이 1시간 내외의 거리를 출퇴근하는 사람들이어서 많은 짐을 가지고 다니지 않기 때문에 1, 2층 모두 짐을 실을 수 있는 선반을 배치하지는 않고 있다.

MI2N 차량의 공차 시 차량중량은 68.5톤(축중 17.1톤)이며 최대 축중은 22.5톤(차량중량 90톤)으로 되어 있어 축중 16톤(차량중량 64톤) 이하로 제한되어 있는 우리 실정의 전동차와 비교하면 상당히 크고 무거운 차량이다. 1층 객실의 천정은 2층 객실의 바닥이므로 평평한 구조로 되어 있으며 2층 차량의 천정은 차량한계 및 롤링모션 등을 고려해 둥글게 라운드 되어있다. 출입문 부위의 손잡이는 출퇴근 시 차내가 혼잡하므로 많은 승객들이 신속한 하차를 위해 출입문 부위에 집중되는 현상을 감안, 가운데 부분을 2중으로 하여 승객들이 잡기 편하도록 하였다. 추진장치는 Traction-braking system with chopper/current inverter 방식을 사용하며, 급전장치는 1500 V_{dc}/ 25kV 50Hz이고 열차의 가감속 성능은 가속도인 경우 0.9 m/s²이고, 감속도는 1.1 m/s² 이다



그림 4. MI2N 내부

표 1. MI2N 운행실태

MI2N 제원	최대속도	120 km/h
	설계최대속도	140 km/h
	출입문 폭	2 m × 3
최소 운전시각		2분
예상 최대 혼잡율		150%
승하차시간		30~40 초
표정속도		약 50 km/h
운행형태	파리시내	Metro와 연계
	파리교외	skip-stop

TGV의 파리-리용 구간은 1981년 운용개시 이래 철도수요가 급속히 팽창하여 승객 수송율을 높이기 위한 대안으로 2층 고속전철인 TGV Duplex를 투입하게 되었다. TGV Duplex는 기존 TGV에 비해 약 45% 좌석용량이 증가되었으며 설계 최대속도 320 km/h, 영업 최고속도 300 km/h로 1996년부터 운용되고 있다. TGV Duplex는 기존 TGV에 비해 무게 중심이 높으므로 고 무게중심 차량에 대한 동특성을 면밀히 검토하고 17톤의 축중 제한을 만족시키기 위하여 알루미늄 압출재를 사용하여 차량 구조물의 무게를 20%정도 줄였다. 또한 주행저항을 감소시키기 위하여 동력차 전두 부 및 차량 간의 간격을 개선하였다.

이상에서 살펴본 바와 같이 일본, 유럽 등 많은 나라에서 운영조건이나 사용목적에 따라 다양한 종류의 2층 열차를 개발하여 활발히 운행하고 있으며 실제로 교통수요가 많은 구간에서 수송량 향상에 큰 효과를 보고 있다.

3. 2층열차 도입 시 문제점 및 기술개발 방향

2층 열차는 기존 철도 시설물에 대한 큰 투자 없이 승객수송량을 향상시킬 수 있기 때문에 미국, 일본, 유럽 등 많은 국가에서 운용되고 있으며 차종도 부수객차, EMU(Electric Multiple Unit) 등 다양하다. 이들 나라에서 2층 열차 투입으로 좌석편의성을 개선하면서도 승객 수송량을 늘릴 수 있었던 이유는 이들 차량이 총 정원 대비 좌석비율이 높은 차량으로 차내 정원(차내 혼잡율 100%)을 크게 초과하지 않는 범위에서 운용되도록 노선계획과 운용시스템을 마련하여 운행하고 있기 때문이다.

2층 열차는 차량내부에 계단이 설치되는 등, 차량 내부구조가 복잡하고 출입문을 낼 수 있는 공간도 제한되어 차내가 혼잡할 경우는 차량 내부 구조가 단순하고 출입문도 많은 기존 전동차와 비교할 때 승하차 시간이 길게 되는 단점도 내포하고 있으므로 현재 우리나라 수도권 전동차의 출퇴근 시 차내 혼잡율을 감안하면, 전동차와 유사한 패턴으로 동일구간에서 운행할 경우는 승객수송량 향상효과가 없을 뿐만 아니라 오히려 차내 혼잡 및 승하차 시간지연을 초래해 해당노선에서 전체적인 차량운영에 지장을 초래할 가능성이 많다. 따라서 국내에서 EMU형식의 2층 열차를 기존 전동차와 동일한 패턴으로 운용하는 것은 무리가 따르며 비효율적인 운용이 될 것으로 예측된다. 일본, 프랑스 등 외국의 사례에 비춰볼 때, 국내에서의 2층 열차 운행은 대피선이 설치되지 않았을 뿐만 아니라 시설물과의 접촉이 우려될 수도 있는 도심내부(지하철)에서 입석위주의 차량으로 운행되기보다는 기존 전동차와의 차별화 및 고급화를 꾀하여 좌석용량 및 쾌적성을 대폭 향상시키고 도시와 도시를 연계하는 중·장거리 inter-city용으로 투입되는 것이 바람직할 것으로 판단된다.

차량구조 설계 측면에서 볼 때, 2층 열차는 기존 차량보다 차량 높이가 높아 무게중심이 높아질 가능성이 많은데 이는 터널 등 주변 시설물과의 간섭문제나 주행안전성에 있어 불리한 조건으로 작용하므로 2층 열차를 기존 노선에 투입하기 위해서는 차량외형을 차량 한계 내에 들도록 설계해야 함은 물론이고 곡선구간에서도 안정적 주행을 할 수 있도록 대차현가장치나 댐퍼 류 특성 등에 대한 세심한 검토가 요구된다. 해외 2층 열차 사례를 보면, 차량의 단면 프로파일은 차량내부 공간을 충분히 확보하기 위하여 차량한계(vehicle gauge)를 최대한 활용하고 있으며 차종에 따라 다소 차이는 있지만 대체로 대차사이에 위치하는 차량 1층 바닥부는 기존차량보다 낮추어 레일상면과 근접하며 2층 바닥은 차량의 중간높이에 위치하도록 하여 상층이나 하층의 천장높이는 비슷하고 창문 크기와 배치도 상하부가 거의 동일하게 하

는 추세이다. 다만, 차량의 롤링모션(rolling motion)과 차량한계(vehicle gauge)를 감안하여 2층 상부에서 지붕까지 등글게 라운딩 처리를 하는 경우가 많은데 이 경우 2층 상부의 단면은 1층에 비해 다소 좁게 되는 편이다. 또한, 차량의 롤링모션 시 간섭이 일어나지 않도록 하기 위해 2층 열차 대차의 현가장치는 롤 강성을 강화하고 안티 롤 댐퍼(anti-roll damper)를 대차에 장착하여 롤링모션을 억제하는 방식으로 되어있다.

또한 기기 탑재나 좌석배치의 효율성을 감안한 공간 배치 및 설계 기술, 차량 경량화를 위한 경량 재질 채택 및 최적설계 기술, 주요 기기들의 소형화/경량화 기술이 필요한데 최근의 철도차량 경량화 추세에 따라 국내 전동차의 경우, 구체의 중량은 초기의 Mild Steel 차량(수도권 1호선)의 11.2톤에서 STS 차량(8.9~ 9.8톤) 그리고 알루미늄 차량(표준전동차 : 6.7톤) 등으로 점차 경량화 되고 있어 구체의 경량화 기술은 상당 수준 확보되어 있다. 그러나 이러한 경량화 노력은 주로 경량재질을 채택한 구체 경량화에 치우쳐 있고 주요 전장품의 경량화/소형화를 위한 연구는 아직 미흡한 실정이다. 우리나라 도시철도의 경우, 전기설비 상당수가 자연냉각 방식으로 되어 있어 공간이 많이 필요하고, 중량 또한 무거운 차량설계에 나쁜 영향을 주고 있으며 이는 2층 열차에 더욱 크게 작용하여 열차 편성 구성 및 차량 시스템 설계를 어렵게 하고 있다. 실제로 구체중량이 전체 차량 중량에서 차지하는 비중은 그리 크지 않고 주요 기기들의 중량 및 크기, 설치위치도 차량설계에 영향을 미치므로 2층 열차 설계 시, 구체의 경량화와 더불어 증가되는 차량 치수(dimension) 및 내장재, 좌석 및 승객 수, 에어컨 등의 중량 등을 충분히 감안하여야 하고 배치공간을 효율적으로 활용하기 위하여 기기의 소형화도 병행하여 이루어져야 한다.

차량시스템 설계 측면에서 볼 때, 축중(axle load)의 한계를 16톤으로 제한하여 우리나라의 전동차 전용구간(EL-18구간)에서 운용할 경우, 2층 열차 차량편성 중 중량이 무거운 동력차가 문제가 될 수 있으므로 열차편성 및 하중을 효율적으로 분배할 수 있도록 차량시스템을 설계하여야 한다. 2층 열차에서 공간배치의 효율성이 중요한 이유는 첫째, 2층 열차라는 특수한 구조를 지니는 차량에서 전장품을 취부할 수 있는 공간이 지극히 제한되어 있고 둘째, 차량단면적이 커서 공차하중 자체가 큰 2층 열차의 구조적 특성 상, 동력차 차량의 중량이 너무 크게 되면 탑승 승객수를 제한 할 필요가 있게 되기 때문이다. 외국 사례를 보면 기존열차와의 상이한 설계로 인해 고심한 부분 중 하나도 바로 주요장치들의 재배치로 이는 기존차량의 경우, 차량하부에 설치 될 수 있었던 전기장치, 공압 관련 기기들이 소형화/경량화 되어 다른 공간으로 옮겨질 수밖에 없었기 때문이다. 특히 계단 밑의 공간이나 차량의 앞뒤 끝단 벽 등의 공간을 이용, 일부 장치들이 설치되기도 하고 출입구에는 차량의 출입문 개폐에 따라 펼쳐지고 접히는 발판이 설치되어 플랫폼과의 높이 차이에 따른 승하차의 어려움을 해결하는 방법을 채택한 사례도 있었다. 참고로, 최대 축중이 22.5톤인 프랑스의 MI2N(5량 1편성 시 편성길이: 112m) 차량은 22.5톤급을 수용할 수 있는 선로에서 운용되며 우리나라의 전동차보다 상대적으로 길어서 동력차의 경우 1, 2층 모두 객실로 사용하면서 차량 양쪽 끝단 공간 등을 장비탑재에 활용하고 있으나 차량의 크기가 작은 일본의 215계 2층 열차는 편성의 양 끝단에 배치되는 동력차의 객실바닥과 언더프레임 사이의 공간, 언더프레임 하부공간을 기계실로 활용하여 주요 기기들을 집중 배치하는 형식을 취하고 있다.

직.교류 겸용 추진시스템은 교류나 직류전용 시스템에 비해 전장품이 차지하는 공간이 커서 주전력변환장치 및 SIV의 크기를 축소시키기 위하여 냉각방식을 강제냉각방식으로 하는 등 크기를 대폭 축소할 필요가 있으며 프랑스 CORADIA Duplex에 설치된 인버터는 냉각파이프를 적용한 강제냉각방식이 사용되어 운전실 지붕에 설치된 사례가 있다. 2층 열차의 운용노선 계획 상, 교류전용 선로에서만 운행한다면, 교류전용차량이 2층 열차의 실내 및 기기배치에 있어서 실내 공간 및 차량 중량 등 경제적 측면과 시스템 설계 효율화 측면에서 유리하다. 일본의 사례를 보면, 215계 2층 열차는 1개의 제어장치로 8개의 견인전동기를 제어하는 1C8M 제어방식으로 되어있고, 전원공급도 DC 1500V를 사용함에 따라 전후부 구동차 Mc 차량에 모든 기기의 설치가 가능하여 열차의 실내공간을 효율적으로 활용할 수 있도록 설계 되었다.

열차편성 측면에서 볼 때, EMU 2층 열차는 차량하부에 기기배치가 불가능하므로 열차 편성단위로 기기배치를 고려하여야 하는데 이는 열차편성 형태(2층 차량 조성 비)나 차량구조에 따라 기기배치가 달라질 수 있기 때문이다. 일반적인 형태의 2층 열차 기기배치는 일본의 215계(편성의 양 끝단 선두부 차량에 집중배치), 217계(2층 차량 부분편성), 프랑스의 MI2N(차량 단부 및 지붕에 배치) 등이 좋은 사례인데 첫째, 선두부 차량이나 동력차에 기기를 집중 배치하는 방식은 편성에 속한 다른 차량의 공간

활용이 용이한 반면 해당차량의 중량증가 및 객실 공간 축소로 인해 2층 차량으로의 활용이 어려우며 둘째, 2층 열차 부분편성의 경우, 동력차 등은 기존차량을 활용하고 부수차량 일부를 2층 차량으로 활용하는 방식으로 기기배치 문제에서 다소 자유로우나 편성기준 수송량 증강효과는 미흡하다. 셋째, 차량단부의 기기실 활용 방식은 편성의 모든 차량을 2층 차량으로 배치할 수 있는 장점을 지나 승차 공간 축소 및 승객이동의 불편과 차량중량 증대를 야기할 수 있다.

결론적으로, 2층 열차는 해당차종을 운용하는 국가의 철도 기반시설, 운용노선 및 운용시스템 등 운용조건이나 사용목적에 따라 최적화 설계되어야 하며 EMU 형식의 2층 열차 도입 시, 우선적으로 검토되어야 할 사항은 주요기기 간 원활한 인터페이스, 수송효율 극대화를 위한 차량구조 설계, 운영시스템, 안정적 주행동특성을 위한 대차 및 부속기기 설계기술, 쾌적한 실내 환경 조성을 위한 냉난방 기술 및 실내소음 저감 기술, 추진시스템, 차량편성 및 효율적 기기배치 방안, 주요기기의 소형/경량화 기술 등이 다.

4. 결론

2층 열차는 터널 등 주변 시설물과의 간섭문제나 주행안전성에 있어 기존차량보다 불리하므로 2층 열차를 기존 노선에 투입하기 위해서는 안정적 주행을 할 수 있도록 대차현가장치나 댐퍼 류 특성 등에 대한 세심한 검토가 요구되며 차내가 혼잡할 경우는 기존 차량보다 승하차 시간이 길게 되므로 국내에서 EMU형 2층 열차는 기존전동차와 차별화하여 좌석 편의성을 대폭 향상시키고 고급화하여 도시와 도시를 연계하는 중.장거리 inter-city용으로 투입되는 것이 바람직할 것으로 판단된다.

2층 열차 설계에 있어서, 주요기기들의 중량 및 크기, 설치위치도 설계에 영향을 미치므로 구체적인 경량화와 더불어 배치공간의 효율적 활용을 위해 주요 기기의 소형화가 병행하여 이루어져야 하며 기기배치는 열차편성 형태(2층 차량 조성 비)나 차량구조에 따라 달라질 수 있다. 2층 열차의 특성은 운용조건 및 운용노선이나 철도 인프라 시설 등에 의해 지배적인 영향을 받으며 주요기기 간 원활한 인터페이스 및 기기배치의 효율성, 주요 기기의 경량화/소형화, 수송효율 극대화를 위한 차량구조 설계, 안정적 주행동특성을 위한 대차 및 부속기기 설계 기술, 쾌적한 실내 환경 조성을 위한 냉난방 기술 및 실내 소음 저감 기술 등의 개발이 필요하다.

참고문헌

1. 한국철도기술연구원(2004), “2층.급행열차 운영을 위한 기술개발 및 설계기준에 관한 연구” 보고서
2. 김형진, 황원주, 허현무, 박광복(2003), “EMU type 2층열차 차량시스템에 관한 연구”, 2003 추계철도학회