2026.10.28.

출장 결과 보고

「인천1호선 무인운행시스템 도입 타당성조사 연구용역」

국외 조사 보고

인천연구원
THE INCHEON INSTITUTE

「인천1호선 무인운행시스템 도입 타당성조사 연구용역」
국외 조사 보고

Ⅰ 출장개요

1 출장 목적

○ 파리 메트로 1·4호선의 기존선 무인운행(UTO) 전환 및 운영사례를 조사하고, 인천1호선 적용을 위한 시사점 도출

○ RATP 업무협의를 통해 차량·신호·관제·PSD 개량, 단계별 전환, 운영인력 및 유지관리체계 등 무인화 추진과정 조사

○ 주요 환승·혼잡역 현장조사를 통해 운행간격, 정차시간, 승강장 혼잡도 및 수송처리 특성을 파악하고, 8·6·4량 편성·배차간격 및 적정 운행계획 검토

○ 이를 바탕으로 편성량수 조정, 운영비·인건비·유지관리비 변화 및 경제성을 종합적으로 고려한 인천1호선 단계별 무인운행 전환방안 마련 목적

2 출장 개요

○ 출장 기간: 2026.10.20.(화)~2026.10.24.(토) 〔3박 5일〕

○ 출장 국가 및 도시: 프랑스 파리

○ 출장자: 박민호 연구위원, 김지규 전임연구원

○ 담당업무

출장자	직급	부서	업무 내용
박민호	연구위원	교통물류연구부	UTO 전환에 따른 경제성 분석 관련 자료 조사
김지규	전임연구원	교통물류연구부	차량 편성축소·증편 등 수송능력 및 서비스 수준 검토

3 주요 수행일정

날 짜	지 역	시 간	주 요 일 정
제1일 (10/20,화)	인천→파리	11:20~18:35	◦인천국제공항 출발 ◦프랑스 파리 도착 및 숙소 이동
제2일 (10/21,수)	파리	09:00~18:00	◦RATP 방문 - 기존선 UTO 전환과정 조사 및 인터뷰 - 노선 수요·혼잡도 관리기준 및 대응방안 조사 - 종합관제센터(OCC) 현장 확인(비공개)
제3일 (10/22,목)	파리	09:00~12:00	◦ RATP 무인운행 관련 시설 현장견학(비공개)
		14:00~18:00	◦파리 메트로 1호선 현장조사 - 시간대별 열차·승강장 혼잡 및 승객 승하차 특성 조사 - PSD, 승객동선, 안내·안전시설 및 현장인력 운영현황 확인
제4일 (10/23,금)	파리	09:00~11:00	◦파리 메트로 4호선 현장조사
	파리 → 인천	13:00~18:00	◦파리(샤를 드 골)공항 출발
제5일 (10/24,토)	인천	09:00~14:10	◦인천국제공항 도착

Ⅱ 출장 결과

1 인터뷰

■ 관계자 면담 및 관제 운영사례 조사

○ 일시 및 장소: 2026.10.21.(수) 09:00~11:00, RATP 방문시설

○ 참석: 인천연구원·TES·뉴트로 조사단, RATP 국제협력 및 메트로 1호선 운영 관계자

○ 주요 내용: 기존 영업노선의 무인운행 전환, 관제·장애대응, 운영인력 및 차량기지 운영체계

◆ 1. 파리 메트로 1호선 개요

○ 가. 노선 운영현황 및 무인화 추진배경

- 파리 메트로 1호선은 라데팡스(La Défense)와 샤토 드 뱅센(Château de Vincennes)을 연결하는 연장 16.6km, 25개 역의 도시철도 노선임. 루브르박물관 등 도심 주요 거점을 경유하며, 200명 이상의 직원이 노선 운영에 참여하고 첨두시간대에 약 85초 간격으로 열차를 운행하는 것으로 제시됨.
- RER E선과 메트로 14호선 등 다른 철도노선의 개통 이후에도 1호선의 이용수요가 지속되어 혼잡에 대응한 수송능력 확보가 주요 과제로 제시됨. 기존 혼잡수준이 수송능력 대비 최대 135%에 이르렀으며, 이러한 혼잡을 해소하기 위해 노선 자동화를 추진한 것으로 설명함.

※ 혼잡수준 135%는 분모와 산정방식이 구체적으로 제시되지 않아 국내 도시철도의 혼잡률과 직접 비교하기 위한 추가 확인이 필요함.

- 무인화 과정에서는 기존 시설 여건을 고려하여 유지하면서 승강장 개량·보강, 승강장 안전문 설치, 신호 및 선로전환 설비 교체 등을 함께 시행함. 특히 첨두시간대의 높은 이용수요를 처리하면서 승객 안전을 확보하기 위해 열차운행과 승강장 시설을 연계하여 개량하였음.
- 1호선은 대규모 영업운행 중단을 최소화하면서 단계적으로 개량을 추진하였으며, 2012년 완전 무인운행으로 전환함. 기존 시설여건과 이용수요에 대응하면서 동시에, 영업 운행을 유지한 상태에서 차량·신호·관제·승강장 안전시설을 함께 전환한 사례임.

○ 나. 배차간격 단축 및 수요에 따른 운행 조정

- 시설 개량과 새로운 운행시스템 도입을 통해 열차 배차간격을 기존 105초에서 85초로 단축한 것으로 소개됨. 배차간격 단축은 동일 시간대에 공급할 수 있는 열차운행 횟수를 늘려 높은 이용수요에 대응하기 위한 조치임.
- 배차간격만을 기준으로 단순 환산하면 편도기준 시간당 운행횟수는 약 34.3회에서 약 42.4회로 증가하는 수준임. 동일한 편성당 수송정원을 가정할 경우 시간당 공급 가능한 수송능력이 약 23.5%

증가하는 산술적 효과가 있으나, 실제 수송실적은 정차시간과 운행조건 등을 함께 반영하여 판단할 사항임.

- 자동열차운행시스템인 SAET는 승객수에 따라 운행 열차수와 역별 정차시간을 조정하는 기능을 수행함. 예상하지 못한 혼잡이 발생하는 경우에도 수송공급을 조정할 수 있도록 열차운영의 유연성을 확보한 것으로 설명됨.
- 운행효율 측면에서는 열차의 가속과 제동을 완만하게 조정하는 절약운전 방식을 소개함. 운행빈도를 유지하면서 에너지 사용량을 15~20% 절감하는 운행방식을 적용하고 있다고 설명함.

○ 다. 관제와 승객 안내를 연계한 안전관리

- 중앙관제센터는 노선 전체의 열차운행과 설비 상태를 파악하고, 운행 조정과 전력 관리 및 장애 대응을 수행함. 중앙관제센터에서는 설비를 24시간 감시·점검하며, 영상과 쌍방향 음성설비를 통해 문제 발생 위치를 확인하고 승객과 직접 소통하는 것으로 설명함.
- 역관제소(PCS, Station Command Post)는 승객에게 운행상황과 필요한 정보를 제공하여 혼란을 줄이고, 장애 발생 시 후속 사고를 예방하는 역할을 수행함. 무인운행의 안전관리는 열차 제어와 함께 승객 안내 및 현장 조치를 연계하는 방식으로 구성됨.
- 역 직원은 승객 안내, 승차권 관련 업무, 역사 내 안전 및 청결 관리 등을 담당하며, 승강장 문제나 긴급 대피가 필요한 상황에서는 현장에 개입하여 조치함. 열차 무인운행 이후에도 역사와 승강장의 승객 대응기능을 유지하는 운영방식임.

○ 라. 기존 기관사의 직무전환 및 운영역량 활용

- 무인화 추진과 함께 기존 운전인력의 경험을 활용할 수 있는 관리직무를 신설하고, 기관사의 직무전환을 추진한 것으로 소개됨. 1호선에 새롭게 임명된 관리자의 90%가 전직 기관사 출신인 것으로 설명함.
- 기존 기관사의 운전 및 노선 운영경험을 무인운행 이후의 현장관리와 장애대응에 활용하는 방식임. 무인화에 따른 인력운영 변화는 기술설비 도입과 함께 추진된 주요 과제로 제시됨.

◆ 2. RATP 관계자 면담 주요 내용 요약

구분	주요 답변 요지
승객수 및 차량운용	1호선은 일일 약 75만 명을 수송하며, 보유 차량 56편성 중 본선에 최대 50편성을 투입하는 것으로 설명함.
실제 배차간격	첨두시간대 약 85초 간격으로 운행함. 기술적으로 약 80초 운행이 가능하더라도 주요 환승역의 승하차시간이 실제 배차간격의 제약으로 작용함.
신호 개량과 무인화의 효과	짧은 배차간격은 CBTC의 제어성능과 관련되며, 무인운행은 돌발적인 수요 변화에 맞춰 열차를 추가 투입하는 운영 유연성 측면에서 장점이 있다고 설명함.
혼잡관리	배차간격 단축과 운행 조정을 통해 혼잡에 대응하되, 최소 배차간격과 차량 내 수용능력에 도달하면 추가 수송에 제약이 발생한다고 설명함.

승강장 안전	승강장 안전문, CCTV, 승객 호출 및 쌍방향 통신설비를 연계하여 운영하며, 곡선 승강장에는 이상 감지 시 열차 출발을 제한하는 별도 장치를 적용한다고 설명함.
장애 및 비상대응	현장 대응인력이 승객 안내·대피와 장애열차 이동을 지원하며, 야간 작업열차 및 장애 시 운전을 위해 기존 신호설비를 유지하고 있음.
인력 및 관제 운영	기존 기관사의 직무전환과 재교육을 추진하고, 관제의 운행 조정·승객 안내·역 관리 기능을 현장 대응인력과 연계하여 운영함.
기존선 전환 및 시스템 통합	주간 영업을 유지하면서 야간 공사·교육·시험을 시행하고, 기존 유인열차와 신규 무인열차의 혼합운행을 거쳐 전환함. 운영기관이 설비와 운전취급 절차의 통합을 주도함.
차량기지 운영	기존선 차량기지에서는 별도 자격을 갖춘 정비인력이 열차를 수동으로 이동시키며, 본선 무인운행 구역과 기지 내 취급구역의 업무 및 책임을 구분함.

◆ 3. RATP 관계자 면담 세부 내용

❍ 가. 높은 이용수요에 대응한 차량운용 및 수송공급

- RATP 관계자는 메트로 1호선이 일일 약 75만 명을 수송하는 노선이며, 높은 이용수요에 대응하기 위해 첨두시간대에 짧은 배차간격으로 열차를 운행하고 있다고 설명함. 무인화 추진의 주요 배경으로 혼잡노선의 수송능력 확보와 안전성 향상, 운행서비스 개선을 제시함.
- 면담에서 제시된 1호선의 보유 차량은 56편성이며, 본선에는 최대 50편성을 투입하는 것으로 설명됨. 이용수요가 집중되는 시간대에는 다수의 열차를 본선에 투입하여 약 85초 간격의 운행을 유지하고 있음.
- RATP는 이용수요가 많은 1·4호선에 완전 무인운행을 적용하였으며, 신규 무인운행 노선인 14호선과 함께 높은 수요를 처리하고 있다고 설명함. 무인화의 목적을 판단할 때에는 기관사(운전인력) 운영방식 뿐 아니라 해당 노선에서 요구되는 수송능력과 서비스 수준을 함께 고려하고 있음.

❍ 나. 주요 환승역의 승하차시간을 고려한 배차간격 설정

- 1호선은 출근 첨두시간대인 약 9시 30분까지 열차를 약 85초 간격으로 운행하는 것으로 설명됨. 관계자는 기술적으로 약 80초 간격의 운행이 가능하더라도 실제 승객을 수송하는 조건에서는 약 85초가 최소 운행간격에 해당한다고 설명함.
- 주요 환승역에서는 많은 승객이 동시에 승하차하고 여행용 가방 등 휴대품을 동반하는 경우도 있어 승하차에 시간이 소요됨. 이에 따라 신호시스템이 허용하는 최소 간격과 실제 영업운행에서 유지할 수 있는 간격 사이에 차이가 발생함.
- 이러한 설명은 배차간격을 신호시스템의 성능만으로 결정하기 어렵다는 점을 보여줌. 실제 운행계획에서는 주요 역의 승하차량과 정차시간이 연속적인 열차 진입에 미치는 영향을 함께 고려하고 있음.
- RATP는 짧고 규칙적인 배차간격이 승강장 내 승객 행동과도 관련된다고 설명함. 다음 열차가 곧 도착한다는 예측이 가능하면 승객이 무리하게 뛰거나 밀면서 승차하려는 행동을 줄이는 데 도움이 된다는 취지임.

○ 다. 신호시스템 개량과 무인운행의 기능 구분

- RATP 관계자는 약 85초의 짧은 배차간격이 기관사의 유무만으로 결정되는 것은 아니라고 설명함. 유인운전 노선에서도 통신기반 열차제어시스템인 CBTC를 적용하여 짧은 간격의 운행이 가능하며, 배차간격 단축은 열차의 위치와 운행을 제어하는 신호시스템의 성능과 밀접하게 관련됨.
- 무인운행의 주요 장점으로는 수요 변화에 맞춰 수송공급을 신속하게 조정할 수 있는 점을 제시함. 다른 노선의 장애나 행사 등으로 예상하지 못한 수요가 발생한 경우 관제 조작을 통해 열차를 추가 투입하는 방식으로 대응할 수 있다고 설명함.
- 따라서 신호 개량을 통한 열차 간격 제어와 무인운행을 통한 수송공급 조정은 구분하여 이해할 필요가 있음. RATP는 짧은 배차간격의 확보와 함께 실제 수요에 대응하는 열차 투입의 유연성을 무인운행의 주요 운영상 이점으로 설명함.

○ 라. 혼잡 완화와 추가 수송능력 확보의 제약

- RATP는 혼잡 완화를 위해 배차간격을 단축하고 열차운행을 조정하고 있으나, 최소 배차간격과 차량 내 수용능력에 도달하면 추가적인 수송공급에 한계가 발생한다고 설명함.
- 면담에서는 열차가 최소 간격으로 운행되고 차량 내부의 승객 밀도가 1㎡당 6~8명에 이르는 상황을 예로 들어 수송능력의 제약을 설명함. 해당 수치는 수송한계에 관한 면담 설명값이며, 노선의 공식적인 허용 혼잡기준이나 관리목표로 활용하기 위해서는 적용 범위에 대한 추가 확인이 필요함.
- 승하차시간이 긴 역에서는 정차 중인 선행열차와 후속열차의 접근을 세밀하게 제어하는 것이 중요하다고 설명함. 유인운전 노선인 5호선의 CBTC 도입사례를 통해서도 주요 역의 긴 승하차시간과 후속열차 운행을 함께 고려하고 있음을 설명함.
- 혼잡관리는 열차 내부의 승객 밀도뿐 아니라 승강장 대기, 승하차 소요시간 및 후속열차 운행을 함께 다루는 과제임. 면담에서는 열차운행 빈도와 정시성을 높이는 조치가 승강장 내 승객의 안전한 이동과도 연계되는 것으로 설명됨.

○ 마. 승강장 안전문과 영상·통신설비를 연계한 안전관리

- RATP 관계자는 조사 대상인 기존선 무인운행 노선의 모든 역에 승강장 안전문이 설치되어 있으며, 안전문 상태와 승강장 상황을 확인하기 위한 영상설비를 함께 운영하고 있다고 설명함.
- 승강장 안전문에 문제가 발생하면 해당 위치의 영상을 확인하고, 이전 영상을 재생하여 발생 경위를 파악할 수 있음. 안전문과 영상설비를 연계하여 장애 위치와 현장상황을 확인하는 방식임.
- 승객이 열차 내 도움 요청 버튼을 누르면 해당 지점의 영상을 확대하여 확인하고 승객과 직접 대화할 수 있는 쌍방향 시청각 설비를 운영한다고 설명함. 관제에서는 승객의 요청 내용과 현장 영상을 함께 확인하여 대응할 수 있음.
- 곡선 승강장에는 이상상태가 감지될 경우 열차가 출발하지 못하도록 하는 별도 장치를 적용하고 있다고 설명함. 승강장 형태에 따른 위험요인을 고려하여 안전문과 감시설비 및 열차 출발 제어를 함께 구성한 사례임.
- RATP는 무인운행 노선에서 중대사고를 예방하는 것을 최우선 과제로 제시함. 개별 안전설비의

설치와 함께 이상상태 확인, 운행 제한 및 현장 조치로 이어지는 운영절차를 중요하게 다루고 있음.

○ 바. 관제와 현장 대응인력을 연계한 장애 및 비상대응

- 무인운행 노선에서는 열차에 기관사가 상시 탑승하지 않으므로, 장애 발생 시 열차를 이동시키고 승객을 안전한 장소로 안내하는 방법을 사전에 마련해야 한다고 설명함. RATP는 고장 가능성과 복구방법, 승객 대피절차를 함께 검토하는 것이 운영기관의 핵심 역할이라고 강조함.
- 현장 직원은 승강장 문제에 개입하고, 열차가 승강장에 일부만 진입한 상태에서 대피가 필요한 경우 방송과 현장 안내를 통해 승객의 하차를 지원함. 운전능력을 갖춘 대응인력은 시스템 장애 시 열차를 이동시켜 본선 운행을 회복하는 역할도 수행함.
- 면담에서는 1호선의 25개 역으로 구성된 노선 전반에 항상 7명의 현장 관리인력을 배치하고 있다고 설명함. 이는 역사별 상주인력과 동일한 개념으로 제시된 수치가 아니므로, 현장 관리인력의 담당구역과 근무체계는 구분하여 파악할 필요가 있음.
- 중앙관제실의 업무는 운행 조정, 승객정보 제공, 역 관리 및 전력 관리 등으로 구성됨. 관계자는 운행 조정 담당 3명, 승객안내 담당 1명과 역 관리 담당 2개 근무석을 설명하였으며, 승객안내 담당자는 정상운행 안내와 장애 발생 시 열차 내 방송을 수행한다고 설명함.
- 정상 영업운행에 CBTC를 적용한 이후에도 야간 작업열차와 장애 시 운전을 지원하기 위해 기존 신호설비를 유지하고 있음. 자동화되지 않은 작업열차의 운행과 장애 시 열차 위치·분기기 상태 확인 등을 지원하기 위한 운영상의 선택으로 설명됨.

○ 사. 기존 기관사의 직무전환과 노사협의

- RATP는 무인화 이후에도 기관사의 운전경험과 현장 대응능력이 필요하다고 설명함. 기존 기관사를 현장관리와 장애대응 등의 직무로 전환하여 열차 이동, 승객 대응 및 운행 회복에 필요한 역량을 유지하고 있음.
- 직무전환은 기존 인력에게 새로운 업무를 부여하는 것과 함께 해당 업무에 필요한 역량을 확보하는 과정으로 설명됨. 승차권 판매 등 일반 역무업무와 장애열차 운전업무는 필요한 전문성이 다르므로, 직무별 교육과 자격 및 업무범위를 구분하고 있음.
- 무인화 추진과정에서는 직원과 노동조합의 참여 및 협의를 중요하게 다루었으며, 관계자는 노조와의 협력 없이는 사업 추진이 어려웠을 것이라고 설명함. 기술 전환과 인력운영 변화를 함께 추진한 사례임.

○ 아. 영업운행을 유지한 단계적 전환과 혼합운행

- 파리의 기존 영업노선은 높은 이용수요로 인해 장기간 폐쇄하기 어려웠으므로, 주간 영업을 유지하면서 야간에 공사·교육·시험을 수행하는 방식으로 무인화를 추진함. 기존 시스템을 중지하고 신규 시스템을 가동하여 시험하는 과정을 반복하였다고 설명함.
- 신규 무인열차를 순차적으로 도입하고 기존 유인열차를 철수시키는 동안 두 종류의 열차가 같은 노선에서 운행하는 혼합운행 기간을 운영함. 면담에서는 해당 기간을 약 18개월로 설명함.

- 혼합운행 기간에는 기존 유인열차와 신규 무인열차가 모두 기존 시스템의 운행조건을 고려해야 하므로, 신규 CBTC에서도 기존 시스템의 정보를 반영하도록 통합함. 서로 다른 차량과 신호체계를 안전하게 함께 운행하는 것이 전환과정의 주요 기술적 과제로 제시됨.
- 전환기간의 혼합운행과 전환 완료 후 기존 신호설비를 장애 대응용으로 유지하는 운영방식은 구분됨. 전환 완료 후에는 CBTC가 정상 영업운행을 담당하며, 기존 신호는 작업열차 및 장애 시 운전을 지원하는 기능으로 활용한다고 설명함.

○ 자. 운영기관 주도의 시스템 통합과 차량기지 운영

- RATP는 차량·신호·승강장 안전문·통신설비 등 개별 제품의 안전성과 이를 결합한 실제 운영의 안전성을 함께 확보해야 한다고 설명함. 운영기관이 노선의 시설조건과 운행특성을 바탕으로 각 설비의 연계방식과 운전취급 절차를 정의하고, 공급사의 설비를 통합하는 역할을 수행함.
- 기존선인 1·4호선의 차량기지는 본선과 동일한 수준으로 전면 자동화하지 않고 기존 시설을 활용하고 있음. 무인열차가 지정된 인계지점에 도착하면 별도 자격을 갖춘 정비인력이 열차를 수동으로 이동시키는 방식으로 설명됨.
- 기지 내 열차 이동을 담당하는 인력은 기지 구내에서 운전할 수 있는 별도 자격을 보유하며, 본선 운전과 업무범위를 구분하고 있음. 운영부문과 정비부문이 열차 인계절차 및 책임범위를 정하여 철도안전을 관리하는 방식임.
- 반면 신규 무인운행 노선인 14호선은 자동 입·출고를 고려하여 차량기지를 구축한 것으로 설명됨. 기존선의 무인화 전환과 신규 노선 건설은 시설조건과 투자 필요성이 다르므로 차량기지 자동화 범위도 다르게 설정한 사례임.

○ 차. 노선별 여건을 고려한 자동화 수준 및 요구기능 설정

- RATP는 자동화 수준을 결정할 때 노선별 이용수요와 시설조건, 관련 법규 및 운영체계 등을 함께 고려해야 한다고 설명함. 기관사가 탑승하는 자동운전인 GoA2와 기관사가 없는 완전 무인운전인 GoA4 중 어떤 방식을 적용할지는 각 노선의 여건과 교통당국의 정책적 판단에 따라 결정되는 사항임.
- 기존선인 1·4호선과 신규 무인운행 노선인 14호선은 역간거리와 터널 구조 및 대피여건 등이 달라 사고 발생 시 운영절차에도 차이가 있다고 설명함. 따라서 동일한 자동운전시스템을 도입하더라도 각 노선의 시설조건을 반영한 장애·대피 절차를 마련해야 함.
- 차량방식, 분기구간 유무, 전력공급 방식 및 목표 배차간격 등 필요한 기능을 사업 초기에 구체화하는 것이 중요하다고 설명함. 시스템 도입 이후 추가 기능을 반영하는 데에는 기술적 제약과 비용이 발생하므로, 정상운행과 장애대응에 필요한 요구사항을 사전에 정하는 접근을 강조함.

◆ 4. 인천적용 시사점

○ 인천1호선의 8·6·4량 편성대안별 배차간격과 주요 역의 승하차시간·혼잡도를 함께 검토하여 적정 수송능력을 확보할 필요가 있음.

○ 기존 시설을 활용한 단계적 무인운행 전환을 검토하고, 승강장 감시와 장애 대응 및 승객 대피체계를 함께 마련해야 함.

○ 기존 기관사의 직무전환과 관제·현장 대응인력 운영을 고려하여 인력운영계획을 수립하고, 관련 비용을 경제성 분석에 반영할 필요가 있음.



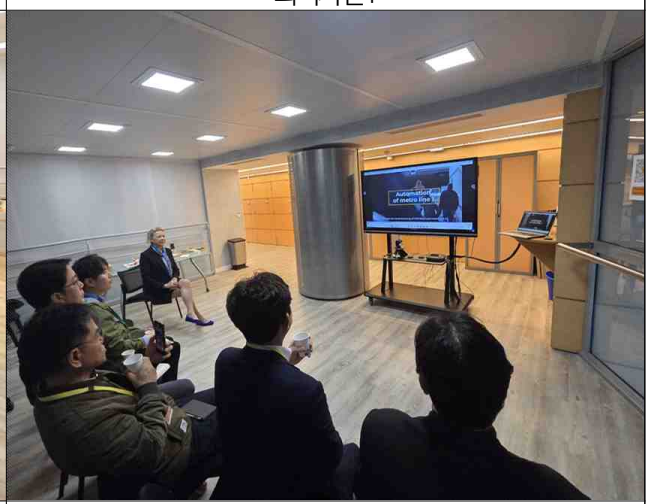
소개영상



회의사진1



회의사진2



회의사진3

RATP 관계자 인터뷰 및 회의사진

2 현장조사

◆ 파리 도시철도 현장조사

○ 가. 조사 개요

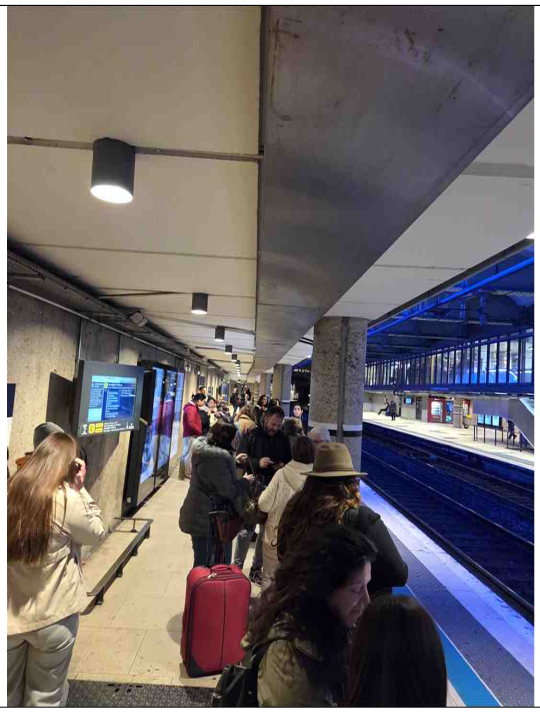
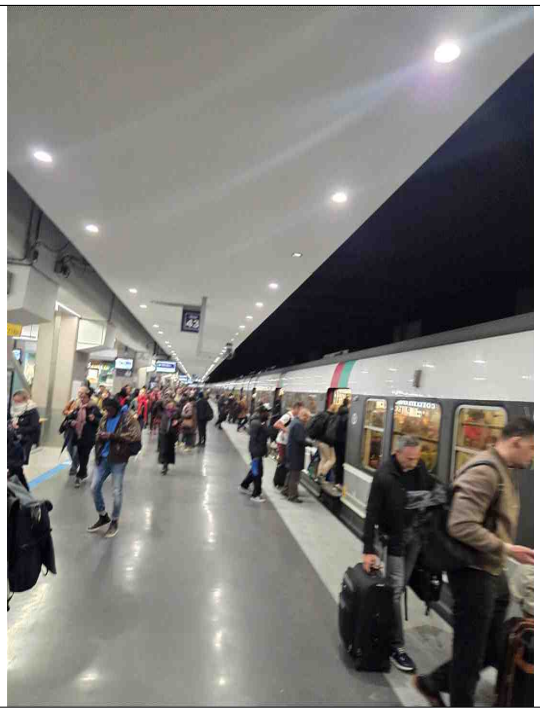
- 파리 메트로 1·4호선의 무인운행 차량과 승강장을 대상으로 차량 내부 이용상태, 승강장 안전문 설치형태, CCTV 및 안내시설 등을 조사함. 열차 탑승과 승강장 이동 과정에서 승객의 대기·승하차·이동공간이 어떻게 구성되어 있는지 중점적으로 살펴봄.
- 14호선과 RER 등 다른 도시철도 이용과정에서 촬영한 사진을 함께 검토하여 승객이 밀집한 승강장과 객실의 이용상태를 보완적으로 정리함. 특히 출입문 주변의 승객 분포와 여행용 가방 등 휴대품을 동반한 이용자의 이동여건을 살펴봄.




승하차 시 혼잡한 승강장

○ 나. 승강장 내 승객 밀집과 승하차 동선

- 승객이 많은 승강장에서는 열차 출입문 주변에 다수의 승객이 모여 있고, 승강장 안쪽 통로에도 이동 중인 승객이 분포하는 모습을 확인함. 열차를 이용하는 승객과 승강장을 따라 이동하는 승객이 같은 공간을 사용하고 있어, 출입문 주변의 대기공간과 보행공간을 함께 살펴볼 필요가 있음.
- RER 승강장 사진에서는 열차가 정차한 상태에서 출입문 주변에 승객이 밀집하고, 기둥과 안내시설 사이로 승객이 이동하는 모습을 확인함. 승강장 전체 폭뿐 아니라 기둥·시설물과 열차 사이에 실제로 확보되는 이동공간이 중요한 검토요소임.
- 일부 승강장에서는 여행용 가방을 동반한 승객이 대기하거나 이동하는 모습을 확인함. 부피가 큰 휴대품은 승객과 함께 통행공간을 사용하므로, 승객수와 더불어 휴대품 동반 여부를 고려하여 대기·승하차 여건을 검토할 필요가 있음.
- 사진별로 승객의 밀집 정도와 통행공간의 여유에 차이가 나타남. 혼잡한 지점에서는 출입문 앞 대기, 승하차 및 승강장 내 이동이 서로 영향을 줄 수 있으므로, 역 전체의 평균적인 이용상태와 함께 출입문·계단·기둥 주변의 국지적인 밀집을 파악할 필요가 있음.

공항과 연결된 환승역 – 여행객과 캐리어로 인한 면적 점유 및 승하차시간 증가

❍ 다. 차량 내부의 승객 분포와 이동공간

- 메트로 4호선 차량에서는 좌석 이용과 함께 객실 통로 및 출입문 주변에 입석 승객이 분포하는 모습을 확인함. 좌석 사이 통로와 차량 연결부까지 승객이 이용하고 있어, 차량 내부의 수용공간은 좌석수뿐 아니라 입석공간과 이동통로의 배치를 함께 고려하여 파악할 필요가 있음.
- 차량 내부에는 기둥과 상부 손잡이가 설치되어 있으며, 승객이 이를 잡거나 주변에 서 있는 모습을 확인함. 입석 승객이 많은 상황에서는 손잡이 배치와 출입문까지의 이동경로가 객실 이용여건을 구성하는 요소임.
- 객실이 연속적으로 연결된 구조와 연결부 주변의 승객 이용을 확인함. 차량 간 이동이 가능한 구조이더라도 통로에 입석 승객이 분포하므로, 편성 전체의 수송정원과 함께 출입문 주변 및 연결통로의 공간 이용상태를 고려할 필요가 있음.
- RER 차량 사진에서도 객실 통로와 출입문 부근에 다수의 입석 승객이 분포하는 모습을 확인함. 이는 편성량수와 운행횟수를 검토할 때 차량 전체의 평균 혼잡도뿐 아니라 승객이 실제로 머무르거나 이동하는 공간을 함께 살펴볼 필요가 있음을 보여줌.



메트로 4호선 객실 내 입석·통로 이용

❍ 라. 무인운행 차량 전두부의 공간 이용

- 메트로 1·4호선의 조사 차량에서는 전두부에 별도로 구획된 운전실이 없고, 전면창 주변을 승객이 이용하는 모습을 확인함. 전두부까지 승객공간으로 활용되는 차량 구조를 관찰하였으며, 차량 외부에서도 전면창을 통해 객실 내 승객을 확인할 수 있음.
- 차량 전면창 하부에는 조작반 형태를 인쇄한 패널이 부착되어 있으며, 전면창 주변에 좌석 또는 승객이 머무를 수 있는 공간이 배치되어 있음. 무인운행 차량의 공간 이용을 검토할 때에는 전두부의 활용과 함께 객실 내 이동, 출입문 접근 및 안내시설 배치를 살펴볼 필요가 있음.



무인운행 차량 전두부/후두부

○ 마. 스크린도어 설치형태와 승하차 안전

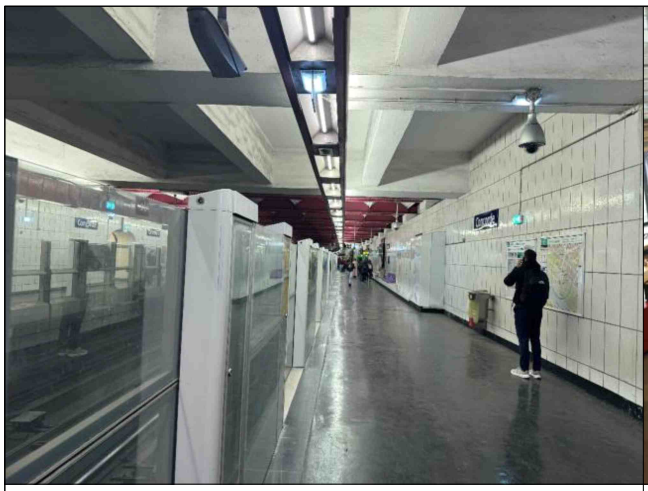
- 메트로 1·4호선의 조사 승강장에서는 선로와 승객 대기공간을 구분하는 스크린도어를 확인함. 관찰한 시설은 상부가 개방된 구조이며, 투명한 패널을 통해 승강장과 정차한 차량 내부를 볼 수 있도록 구성되어 있음.
- 차량 출입문 위치에 맞춰 스크린도어가 배치되어 승객의 승하차 지점을 구분하고 있음. 출입문 주변에 승객이 집중되는 상황에서는 스크린도어 앞의 대기공간과 승하차 통로를 함께 관리할 필요가 있음.
- 1호선 스크린도어에는 출입문 이용 시 주의사항을 전달하는 황색 표지가 부착되어 있음. 4호선에서는 스크린도어 상부에 노선번호와 운행방향을 표시하여 승객이 탑승방향을 확인할 수 있도록 안내하고 있음.
- 14호선은 스크린도어 닫힘을 알릴 때 주변에 적색 조명을 점등하여 승객의 주의를 유도하고 진입금지를 안내하며, 평상시에는 밝은 백색 조명을 제공함. 조명 색상의 변화를 활용하여 출입문 닫힘 상황을 시각적으로 전달하는 방식임.
- 시테(Cité)역 등에서는 기존 승강장 구조에 스크린도어를 설치한 모습을 확인함. 기존 역사에 안전시설을 추가하는 경우 승강장 폭과 계단 연결부, 기둥 등 주변 시설의 배치를 고려하여 승하차 및 이동공간을 확보하고, 주의표지와 조명 안내를 함께 고려할 필요가 있음.
- 인천1호선의 편성량수 축소 시 승객이 이용하는 승강장 구간과 출입문 수가 달라지므로, 정차위치와 스크린도어 개폐범위 및 승객 대기위치 안내를 함께 고려할 필요가 있음. 승차구간 축소에 따른 출입문 주변의 승객 밀집과 승하차시간 변화도 함께 고려해야 함.



스크린도어 및 방향 안내

○ 바. CCTV를 활용한 승강장 및 스크린도어 주변 감시

- 조사 승강장에서는 통로 측 천장에 설치된 CCTV를 확인함. 첨부 현장조사 기록에서도 승강장 길이 방향으로 CCTV를 배치하여 스크린도어와 승강장 주변을 감시하는 시설구성을 제시하고 있음.
- CCTV는 출입문 주변의 승객 이용상태와 스크린도어 문제 발생 위치를 확인하는 수단으로 활용됨. RATP 관계자는 스크린도어에 문제가 발생하면 해당 위치의 영상을 확인하고 이전 영상을 재생하여 발생 경위를 파악할 수 있다고 설명함.
- 승객이 많은 공간에서는 기둥과 시설물의 배치, 승객의 밀집에 따른 시야 가림 등을 고려하여 영상 확인범위를 검토할 필요가 있음. 특히 출입문 주변과 계단 연결부 등 승객이 집중되는 지점을 관제에서 확인하고 필요한 현장 조치로 연결할 수 있는 운영체계가 중요함.



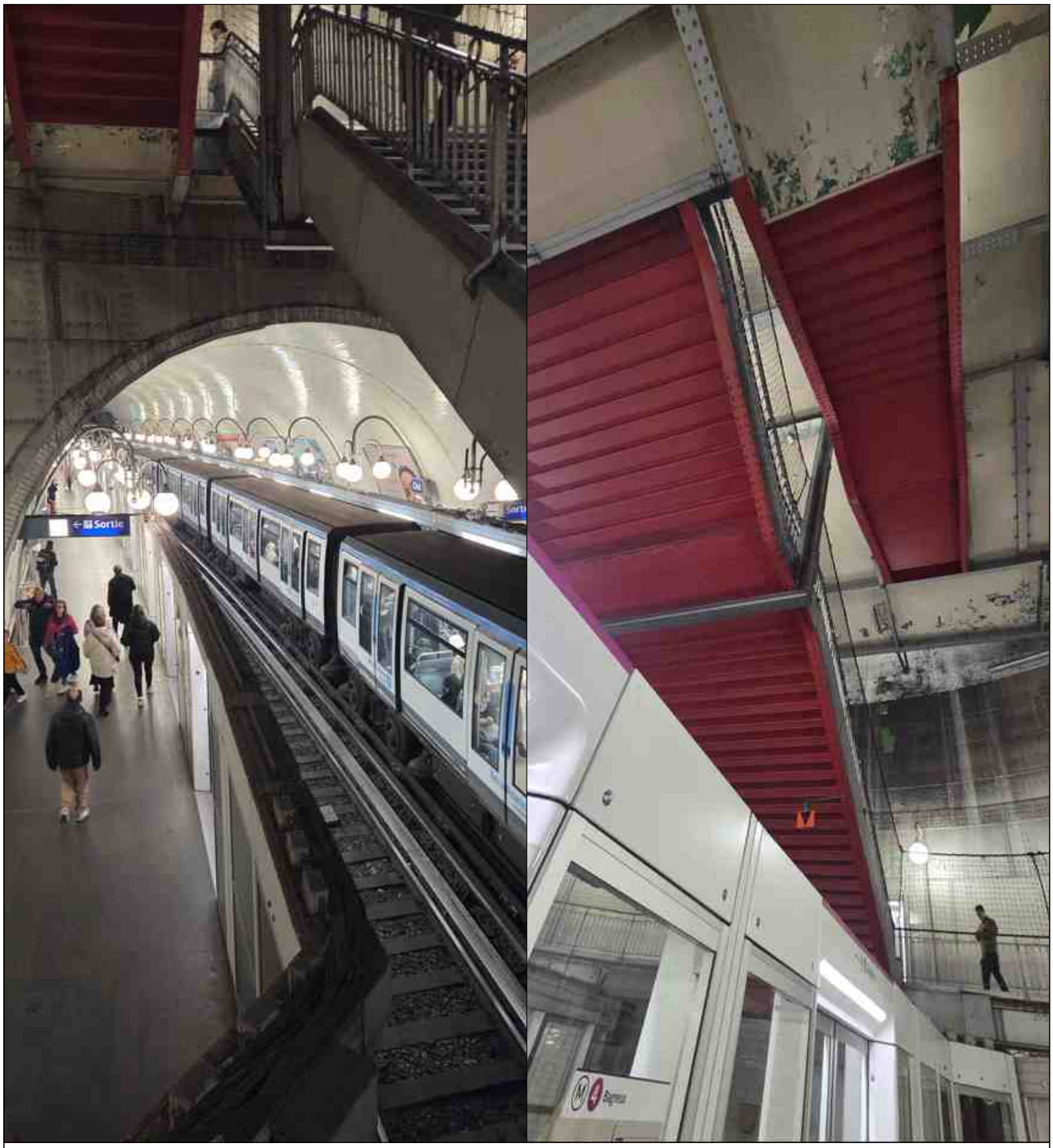
스크린도어와 승강장 내 CCTV



관제센터(비공개) – 비상상황 발생 시 zoom in & rewind 가능

○ 사. 계단 연결부와 승객 안내시설

- 메트로 4호선 시테(cite)역에서는 계단이 승강장으로 연결되는 구조와 승강장 내 출구 방향표지를 확인함. 계단 이용객이 승강장으로 진입하는 지점에서는 열차 대기 및 승하차 동선과의 관계를 함께 파악할 필요가 있음.
- 차량 내부에는 노선도와 종점 방향이 표시되어 있으며, 승강장과 연결통로에는 출구 및 환승방향 안내가 제공되고 있음. 승객이 많은 상황에서도 현재 위치와 이동방향을 판단할 수 있도록 차량·승강장·연결통로의 안내정보를 일관되게 제공하는 것이 필요함.
- 여행용 가방을 동반한 승객이 이동하는 구간에서는 안내정보를 확인하기 위해 멈추는 공간과 계속 이동하는 통로를 함께 고려할 필요가 있음. 안내시설의 설치 여부와 더불어 실제 보행공간에서의 위치와 시인성을 살펴볼 사항임.



시테(cite)역 계단 연결부와 승강장 이동공간

◆ 인천1호선 적용 시사점

○ 인천1호선의 편성량수와 배차간격 대안은 객실 내 수송정원뿐 아니라 출입문 주변의 승객 분포, 차량 내 이동공간 및 주요 역의 승하차 여건을 함께 고려하여 검토할 필요가 있음.

○ 기존 스크린도어와 CCTV의 활용 가능성을 검토하고, 계단 연결부와 출입문 주변 등 승객이 집중되는 지점을 중심으로 감시·안내 및 현장 대응체계를 마련할 필요가 있음.

○ 승객 밀집과 휴대품 동반에 따른 공간 이용특성을 반영하여 승강장·객실의 혼잡관리 방안을 검토하고, 이에 필요한 안내·안전관리 업무를 인력운영계획에 반영할 필요가 있음.

○ 아. 노선별 편성량수와 수송능력 확보방식

- 파리 메트로 1·4호선은 6량 편성으로 운영하고 있음. 1호선의 열차 길이는 약 90m이며, 공식 계획자료[1]에서는 90~105m의 승강장이 6량 열차를 수용하는 시설조건으로 제시됨. RATP 기록에서도 수송능력 확대를 위한 1호선의 6량 운행과 승강장 연장, 4호선의 승강장 90m 연장 이력이 확인됨. 이를 통해 두 노선의 편성량수는 기존 승강장과 차량규격을 기반으로 형성된 운영조건으로 해석할 수 있음.
- 한편 다른 노선인 14호선[2]은 노선 연장에 따른 수요 증가에 대응하여 기존 6량·약 90m 열차에서 8량·약 120m 열차로 편성규모를 확대함. 도입 당시 공식자료에서는 일일 이용수요가 약 50만 통행에서 약 100만 통행으로 증가할 것으로 예상하여, 더 많은 승객을 수송할 수 있는 차량을 도입한 것으로 설명함.
- 이러한 사례는 편성량수를 승강장 등 기존 시설의 수용조건과 장래 수송수요에 맞춰 검토하고, 편성당 수송능력과 운행빈도를 함께 조정하는 접근이 필요함을 보여줌. 인천1호선 역시 차량 1량당 크기와 정원 차이를 반영하여 8·6·4량 대안별 수송능력을 비교할 필요가 있음.

○ 자. 편성량수 결정을 위한 혼잡도 검토

- 편성량수의 적정성은 일일 총이용객수와 함께 첨두시간대에 승객이 가장 많이 탑승하는 구간의 재차인원을 기준으로 고려할 필요가 있음. 해당 구간의 수요를 편성당 수송정원과 시간당 운행횟수로 산정한 공급능력과 비교하여, 편성량수와 배차간격의 조합을 판단하는 방식임.
- 과거 1호선 동부연장 계획자료에서는 출근 첨두 1시간의 최대 혼잡구간 수요를 약 21,000명, 당시 105초 배차간격의 이론적 공급능력을 24,750명으로 제시함. 수요를 공급능력으로 나눈 수송부하율은 약 85%이며, 해당 자료에서는 이를 추가적인 수송공급 확대를 검토하는 한계수준으로 설명함. 이는 첨두시간대 최대 혼잡구간의 수요와 공급능력을 비교한 사례임.

※ 위의 수송부하율 85%는 과거 계획자료의 공급능력 대비 첨두 1시간 수요의 비율이며, 국내 개별 열차의 정원 대비 혼잡률과는 구분하여 해석할 필요가 있음.

- 현장사진에서는 객실 통로와 출입문 주변에 입석 승객이 분포하고, 승강장에서도 출입문 인접공간에 승객이 모여 있는 모습을 확인함. 이에 따라 편성 전체의 평균 혼잡도와 함께 차량별 승객 쏠림, 출입문 주변 밀집, 승하차시간 및 승강장 잔류승객을 검토할 필요가 있음.
- 인천1호선은 편성량수를 축소할 경우 필요한 증편이 실제로 가능한지와 증편 이후의 혼잡수준을 함께 확인해야 함. 주요 구간의 첨두수요를 처리하면서 객실 내 이동과 승하차에 필요한 여유를 확보할 수 있는 편성·배차 대안을 선정할 필요가 있음.

1) STIF·RATP(2013.12.), 『Prolongement à l'Est de la ligne 1 du métro – DOCP』, pp.15–18.
2) Île-de-France Mobilités(2020.10.12.), 「Des nouveaux trains plus capacitaires pour la ligne 14 du métro」


THE
INCHEON
INSTITUTE