

인천국제공항철도 노선에서 서울도심통과 구간의 노선 선형계획

The railway line planning pass through the center of Seoul in the railway line of Incheon International Airport Railway

신 태 균* 김 인 용** 정 찬 문*** 김 용 만****
Shin, Tae-Gyun Kim, In-Yong Jung, Chan-Mun Kim, Yong-Man

ABSTRACT

We as a civil investment enterprise have been constructing In-cheon International Airport Railway which is a transportation means to approach In-cheon International Airport. In this alignment, a section between the Seoul station and Ka-joa follows the existing Yong-san line at the center of Seoul city and traverses Seoul subway 2,5,6 lines. So we planned that the alignment would have the shallowest depth to lie under Kyung-eui line and above the airport railroad. The alignment is planned to construct an open-box structure only 3.6m apart from the subway line 5 tunnel structure and construct the open-box structure 0.7m apart from the subway line 2 box structure. In the line planning, we investigated both the security of the existing subway structures during and after construction and the stability and workability between newly structured tunnel structures with three dimensions numerical analysis methods. Also we raised the reliability of design verification which was achieved by specialty society's review on the planned construction method.

1. 서론

인천국제공항의 접근교통수단인 인천국제공항철도를 민간투자사업으로 건설하고 있다. 인천국제공항철도 노선은 서울역과 용산역을 시발역으로 하여 기존 용산선 선로지하에 경의선과 병행하고 수색역을 지나게 된다. 그리고 고양시 남단 농경지를 지상으로 통과하여 한강을 교량으로 횡단한 후 마곡지구를 지하로 통과한 다음 김포공항을 거쳐 인천공항고속도로를 따라 인천국제공항에 이른다. 이 노선 중 서울역을 출발하여 공덕역에서 가좌까지는 기존 용산선로 지하를 따라 상부에는 경의선이 하부에 공항철도가 지나도록 노선계획을 하였다. 또한 신설노선은 용산선을 횡단하는 서울지하철노선 근접하여 교차하게 된다. 이와 같은 노선계획은 경의선과 수직적으로 병행하기 때문에 정거장 심도가 깊어져 이용이 불편하며 재난대비 측면에서 불리하다. 따라서 선형계획은 기존 지하철과 교차에 따른 기술검토와 전문학회의 설계검증을 통하여 정거장 심도가 최소가 되도록 하였다. 본고는 이와같이 산학이 협력하여 고난도의 도심통과 구간이 포함된 노선선형 계획을 밝혀 도심 철도노선 선형계획의 시사점이 되었으면 한다.

* (주)정석엔지니어링 전무이사, 공학박사, 정회원

** (주)정석엔지니어링 부사장, 비회원

*** (주)정석엔지니어링 상무이사, 정회원

**** (주)포스코건설, 공학석사, 정회원



그림 1. 인천국제공항철도 노선도

2. 민간투자사업으로 시행

인천국제공항철도 건설사업은 민간이 투자하여 건설하고 30년간 운영한 후 정부에 기부채납하는 BTO(Build-Transfer-Operate) 방식의 국책 SOC사업이다. 1998년6월25일 정부가 고시한 사업기본계획에 따라 2001년3월23일 실시협약이 체결되었고, 2003년12월31일 최종실시계획 승인으로 전체사업이 확정되어 현재 사업이 시행되고 있다.

2.1 사업 개요

본사업은 서울역과 용산역을 시발역으로 하여 서울도심과 김포공항을 거쳐 인천국제공항간 61.7km를 연결하는 노선으로 정거장 10개소와 노선중점에 차량기지 1개소를 설치한다.



그림 2. 정거장 설치도

사업은 인천국제공항~김포공항간(41.0km)을 1단계구간으로 하고, 김포공항~서울역간(20.7km)을 2단계구간으로 하여 단계별로 이루어지도록 시행한다.

1단계 구간을 2001년3월 착공하여 2007년3월에 완공 개방하게 되며, 이어서 2단계 구간은 2004년1월에 착공하여 2009년12월에 개통될 예정으로 이 사업의 총투자비는 4조995억원이며, 이중 민간이 3조110억원을 투자하고 정부가 1조885억원을 보조한다.

2.2 선로설계기준 설정

공항집근 교통수단으로서 신속성과 편의성, 쾌적성 도모를 위하여 지상 구간은 국유철도건설규칙의 2급선 기준, 지하구간은 3급선 기준을 설계기준으로 설정하였다.

설계속도는 지상구간 150km/h, 지하구간은 120km/h으로 하고, 최소곡선반경은 지상 600m이상, 지하 400m이상으로 하였다. 최급기울기는 25/1,000이하이며 부득이한 경우 35/1,000이라도 가능하도록 하였다.

2.3 열차 운전운영 계획

인천국제공항철도는 신속성, 정확성, 쾌적성 및 안전하게 승객을 수송하는 것을 기본적인 사명으로 하고있다. 철도노선이 도심을 통과하고 있기 때문에 광역교통기능과 도시교통기능도 수행할 수 있도록 하기 위하여 김포공항역만 정차하는 직통운행열차와 여타다 정차하는 일반운행열차로 운전계획을 수립하였다. 이러한 운전절차시스템에 의해 운행할 때 직통열차는 표정속도 86km/h로 서울역에서 신공항역까지 39.8분이 소요된다. 서울지하철의 표정속도가 34km/h 내외임을 고려할 때, 인천국제공항 접근 교통수단으로서 수요자의 욕구를 충족시킬 수 있을 것이다.

3. 도심 통과구간의 선형계획

시발역인 서울역과 수색역 사이의 가좌구간은 서울도심을 통과하는 구간으로서 기존 지하철 노선과 교차하거나 타노선과 병행하게 된다. 따라서 설계단계에서 관계기관 협의와 주민의견 등을 수립하고 기술적인 검토와 검증은 거쳐 실현가능한 노선을 계획하였다. 주요구간별 선형계획은 다음과 같다.

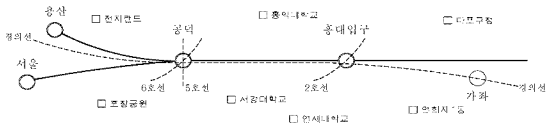


그림 3. 도심통과구간 노선도

3.1 서울역-용산역에 시발역 설치

공항철도 시발역은 경부, 호남등 고속철도와 연결하여 전국적인 철도망을 구축하는 것이 필요하다. 철도계획측면에서 서울역에 시발역 설치를 우선으로 검토하였으나, 서울시는 도시개발 측면에서 용산역에 시발역 설치요구 등 여러 가지 방안이 제시되어 별도의 적정성 검토연구용역을 수행하였다. 고속철도와 연계 철도망 완결측면을 고려하여 공덕역에서 Y분기로 서울역과 용산역을 시발역으로 계획하였다. 서울역은 중앙역으로서의 상징성과 환승동선의 최소화 및 이용편의를 고려하여 철도정 서울지역사무소측 민자역사 지하에 정거장을 설치하였다. 그리고 도심공항터미널이 설치됨에 따라 직통열차와 일반열차의 승강장이 분리되도록 정거장 배선을 하였다. 한편, 민자역사 건물 기초파일 하부에 정거장 터널이 구축됨에 따라 정거장 심도가 50m정도로 깊어졌다. 따라서 이용자의 편의를 위해 에스컬레이터, 엘리베이터를 설치하고 비상시 승강장에서 곧바로 외부로 대피할 수 있는 비상계단을 설치하였다. 용산역은 정거장 앞 선로에 선상역으로 설치되도록 계획하고 용산역 선로정비가 완료되는 시점에 역 설치 및 운영이 되도록 하였다.

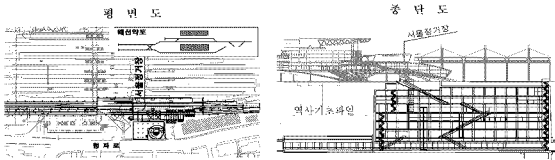


그림 4. 서울역 설치도

3.2 인천국제공항철도와 경의선의 수직적 병행

기본계획 노선은 서울역에서 출발하여 용산구청 앞을 지나 기존 용산선으로 진입하여 경의선 용산~문산간 복선전철과 용산선 선로부지를 따라 가파까지 병행 건설을 구상하였다.

용산선 선로는 서울지하철 2·5·6호선과 효장동, 공덕동, 신수동, 서교동 등 4개소에서 교차하며, 하수도 등 지하매설물들이 많은 도심지를 통과하고 있다.

이러한 지역현황을 고려하여 공항철도는 용산선 선로지하에 터널로, 용산선과 경의선 3선은 지상에 기존 노공노반을 제거하고 고가교량으로 건설하도록 계획하였다. 그러나 고가교량에 대한 지역주민들의 민원과 미관 지해 등의 이유로 반대가 컸으며, 고가노선과 지하노선간의 환승불편 등 이용의 편의성 측면에서도 불리한 점이 나타났다.

이러한 문제점에 대한 보완방안으로서 용산선 지하에 저심도로 공항철도와 경의선 4선을 건설하도록 계획하고 용산선은 단선고가교량으로 복구하도록 계획하여 관계기관과 협의하고 주민설명회를 개최하였다. 의견수렴 결과 용산선 고가교량에 대한 반대가 많았고, 경기장구간에는 사유권 축물 등 지적이 과다하였다.

따라서 개선방안으로 경의선은 기존 지하철 구조물위 저심도 개화BOX로, 지하철 구조물 하부에 공항철도를 터널로 지나도록 하며 용산선은 폐선하고, 이레사태시나 고속철도 저랑 회송 등은 신설 경의선 선로를 이용하도록 계획하였다.

이용의 편의성 측면에서 수직동선을 최대한 줄이기 위하여 기존 지하철구조물과 이격은 최소화하였고, 구조물 상호간 영향에 대한 안정성 해석과 검증은 통하여 구조계획을 검토하였다. 이러한 검토결과에 의해 경의선 개화BOX와 공항철도 NATM터널 상호간에 경암층에서 1.0D, 연암 및 풍화암층에서는 1.5D정도 이격도록 하여 고심도 터널이 발생되지 않도록 하였다.

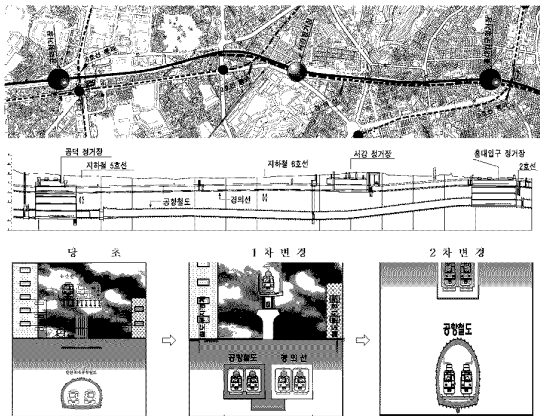


그림 5. 경의선 병행구간 구조물계획

3.3 서울지하철 5호선 터널 상하부 근접통과

경의선 병행 건설구간 중 공덕정거장 종점부 분선이 서울지하철 5호선 단선병렬터널 상부에서 3.6m 이격하여 경의선 복선BOX와 부분선 단선BOX 2선이 통과하며, 터널하부에 공행철도 터널 2선이 6.6m 이격하여 통과하도록 선형을 계획하였다.

이러한 선형계획이 실현 가능케 하려면 운행중인 5호선 터널 Crown 상하부에 신설터널을 시공하게 되므로 공사중 및 운영중 터널 상호간 안전성 확보가 전제되어야 한다. 상부 경의선은 개략 BOX공법을, 하부 공행철도는 NATM터널공법으로 계획하여 수차례적 방법에 의해 기존 터널의 안정성, 공행철도 터널의 시공성 및 안정성 확보가 되도록 건설공법을 제시하였다. 또한 설계에서 제시된 공법에 대하여 한국터널공학회에 의뢰하여 안정성 검토 및 설계검증을 하였다.

3차원 수치해석에 의해 공행철도와 경의선 시공으로 인한 기존 지하철 터널의 내공면위 및 지보개 응력 검토와 시공중 공행터널 내공면위 및 지보개 응력을 검토하는 방법으로 안정성을 검토하였다. 검토결과, 경의선 개략터널 시공시 굴착 바닥면을 강관단단 그라우팅, 개략 일부구간을 지반보강 그라우팅으로 보강하여 과다 개략으로 인한 지반응력의 방지 및 기존 터널의 안정성을 확보케 하고, 공행철도 NATM터널에는 강관단단 그라우팅을 실시하도록 보강방안이 제시되어 이를 반영한 건설공법을 설계하였다.

이와같이 설계와 검증은 통하여 기존지하철의 안정성을 확보하면서 근접통과하도록 함에 따라 공덕정거장의 수직동선을 최대한 만족할 수 있는 선형계획이 가능하였다.

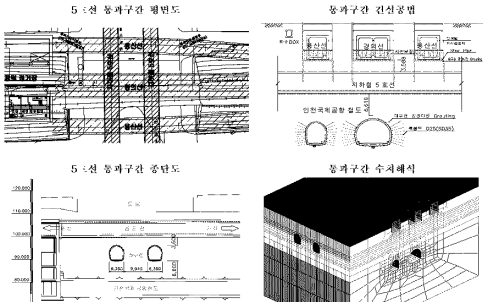


그림 6. 지하철 5호선 교차구간 구조물계획

3.4 서울지하철 2호선 개략BOX 상하부 근접통과

마포구 동교동 3거리에 위치한 용대입구 정거장 종점부 구간에서 기존 지하철 2호선 개략BOX 상부에서 0.8m 떨어지지 경의선이 통과 되도록 하고, 공행철도: 2호선 하부에서 1.8m 이격하여 통과하도록 선형계획을 하였다. 이러한 선형계획에 의해 신설2호선의 건설공법은 경의선은 개략 BOX로 하고, 하부의 공행철도는 비개략공법인 대구경 Pipe Roof공법("TRC"공법으로 칭하고 있음)으로 하였다.

선형계획단계에서 구상한 건설공법에 대하여 지하자도 전기 및 퇴매우기, 용대입구 정거장 굴착

가시선공, 공항철도 Pipe Roof굴파, 경의선 시공 등 시공단계별로 종합적인 3차원 지반안전성을 검토하여 안정성을 확인하였다. 그리고 동적해석에 의해 공사 후 일차운행시 2호선 구조를 안정성까지 검토하여 기존 구조물의 안정성이 확보됨을 입증하였다. 또한 안정성 검토에 대하여 대한토목학회에 의해, 감증을 받았다. 이러한 검토과정을 거쳐 시행계획을 확정, 총대입구 정거장의 수직동선이 최대한 단축될 수 있게 하였다.



그림 7. 지하철 2호선 통과구간 평면도



그림 8. 지하철 2호선 통과구간 종단면도 및 수직해석

4. 결론

서울역과 용산역을 시발역으로 하여 도심지를 통과하는 인천국제공항철도의 합리적인 선형계획에 따른 효과를 제시하면 다음과 같다.

- 첫째, 서울 도심지 통과구간에서 기존 선로부지를 활용하여 기존 지하철 노선과 상하부도 2개 노선이 근접해서 병행하도록 선형계획을 하여 정거장 수직동선을 최소화 하였다.
- 둘째, 지상 기존선로를 지하 신설 경의선에 연결 겸용토목 선형을 계획하여 도심지 특형태의 기존선로 노반을 제거정비하게 되었으며, 그결과 도심지역 개발효과 뿐만 아니라 지역주민들의 정서에 맞는 철도로 탈바꿈하는 계기가 되었다.
- 셋째, 선형계획의 실현가능성을 판단하기 위하여 계획단계에서 기존 지하철과 병행 교차하는 신설 철도의 건설공법과 기존 지하철구조물 상호간 안정성 검토를 실시하고 전문학회에서 검증함으로써 계획의 신뢰도를 높였다.

참 고 문 헌

1. 인천국제공항철도 주식회사(1999), "인천국제공항철도 민간투자사업 기본계획 종합보고서"
2. 서울대학교연구소(2002), "교통신선 변화등에 대응한 인천국제공항철도 일부노선 (공덕~서울)의 적정성 검토"
3. 한국터널공학회(2004), "경의선 및 인천국제공항철도, 도시철도 56호선 상하부 통과구간 안정성 검토보고서"
4. 대한토목학회(2004), "경의선 공덕~철산간 구조물 통과구간 안정성 검토보고서"
5. 김 경 월 (2001), "도시철도론"