

# 북한 철도노선계획을 위한 설계측량 접근방법

| 문 정 균 |  
(주)한국철도기술공사



| 기 인 도 |  
한국철도시설공단  
남북철도팀장



## 1. 서론

북한지역의 철도계획 및 설계는 이질적인 정치체제와 함께 상이한 남북한의 좌표체계 그리고 기술적용 제한에 의해 사업수행에 있어 많은 어려움이 존재한다.

얼마전 남·북한은 남·북한 여객 및 화물열차 운행을 위한 전면 개·보수방안 수립방안과 08'01.29~08.01.30 개성) 과 제 1차 남북철도협력분과 위원회 개최 결과에 따른 후속조치로 개성~신의주(L=411.5km) 간 철도 개·보수 사업을 위한 북한철도 현지조사를 시행 하였다.( '07.12.12 ~ '07.12.18) 조사 후 설계과업 시행을 검토한 결과 철도 선형을 결정하는데 있어서 제한된 정보접근성으로 설계의 필수요소인 북한의 지형공간정보취득에 많은 어려움이 존재하였다. 그로인해 기존의 지형도면(1997, 현대지도)을 기초로 노선을 예측하고 그림 1-1 같이 측량 노선구간을 가정해 보았다. 측량노선 총 연장은 약 511km로 구간구분은 표 1-1 과 같다.

이러한 검토 기초자료를 바탕으로 실제 설계측량 적용

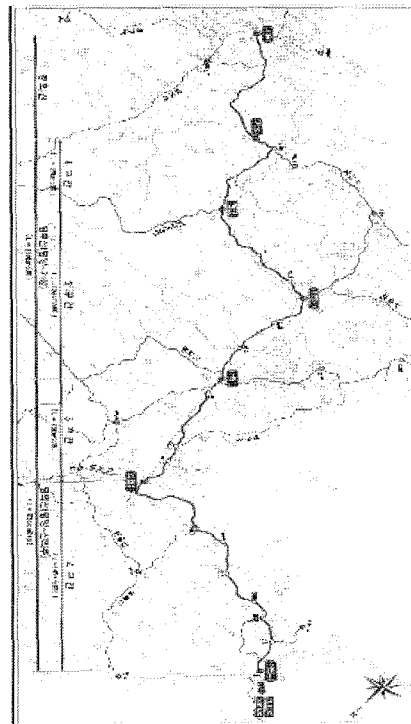


그림. 1. 경의선 개성-신의주간 철도측량 노선

표 1. 노선구간 및 거리

Section	Length (km)	Urban detourway length(km)
Gaeseong~Munmuri	96km350	20km000
Munmuri~Pyeongyang	90km150	25km000
Pyeongyang~Goeup	111km210	40km000
Goeup~Sineuiju	113km860	15km000
Total	411km570	100km000

에 있어 시간과 공간의 제약이 있는 북한지역 내에서의 철도설계측량 방법을 알아보고자한다.

## 2. 본론

경의선(개성~신의주) 철도 의 효율적인 활용을 위해선 준공이후의 유지관리의 지속성 및 정형화된 기준체계의 확립이 중요하다. 그러나 이질화된 기술체계와 국방분야의 보안문제로 인해 측량 및 지형공간분야의 정보를 상호 교류하고 협력하기에는 많은 어려움이 있다. 세부적으로는 경의선 사업을 추진하는데 있어서 시간적, 공간적 제약이 따른다. 이는 노선계획 및 철도측량설계에 있어 민감한 문제가 아닐 수 없다. 따라서 과업수행이 현실화 되었을 때 북한지역내에서의 측량 시간의 최소화와 인력투입의 최소화는 남·북 철도계획 및 설계의 성공여부를 가름하는 중요한 요인이라고 할 수 있다. 이와 같은 맥락에서 가장 초

기단계에 진행되는 철도설계측량의 중요성은 강조해도 지나침이 없다. 아래 표1-2는 북한철도 및 노선측량에 적용되는 일반적 순서이다.

북한의 경우 측량원점은 평양천문대 도플러관측점 및 국가측지 도플러 관측원점이며 좌표계는 UTM 좌표계를 사용하고 있다. UTM 좌표계란 UTM 투영법에 의하여 표현되는 좌표계로서 적도를 횡축, 자오선을 종축으로 한다. 이 방법은 지구를 회전타원체로 보고 지구전체를 경도 6°씩 60개 구역(종대, column)으로 나누고 그 각 종대의 중앙 자오선과 적도의 교점을 원점으로 하여 여원통도법인 횡 Mercator(TM) 투영법으로 등각 투영한다. 각 종대는 180°W 자오선에서 동쪽으로 6° 간격으로 1부터 60까지 번호를 붙인다. 종대에서 위도는 남, 북에 80까지만 포함시키며 8° 간격으로 20구역(row)으로 나누어 C(80°S ~ 72°S)에서 X(72°N ~ 80°N)까지(단, I와 O는 제외) 알파벳 문자로 표시한다.

따라서 종대 및 횡대는 결국경도 6° X 8°의 직각형 구역으로 구분된다. UTM좌표에서 거리좌표는 m 단위로 표시하며 종좌표에서는 N을, 횡좌표에서는 E를 붙인다. 각 종대마다 좌표원점의 값을 북반구에서 횡좌표 500,000mE, 종좌표 0mN(남반구에서는 10,000,000N)으로 주면 북반구에서 종좌표는 적도에서 0mN, 80°N에서 10,000,000mN이고 남반구에서는 80°S에서 적도까지의 거리 10,000,000m로 나타난다. 80°N과 80°S간 전 지역의 지도는 UTM 좌표로 표시하며 80°N이북과 80°S이남의 양극 지역의 전 지역의 지도는 국제극심입체좌표(UPS)로 표시함으로써 전 세계를 일관된 좌표계로 나타낼 수 있다. 지도 1장의 도곽을 구성하는 경위선을 서로 직교하는 곡선으로 나타나며 1/50,000 이상에서는 실용상 직선으로 보아도 무방하다. Gauss-Kruger 투영에서는 중앙경선의 길이가 지구상과 같지만(선확대율  $K_0 = 1$ ) UTM투영에서는  $K_0 = 0.9996$ 으로 축소한 지역의 오차는 4/10,000~6/10,000 정도이다.(개성공단 지적확정측량보고서, 2004, 지적공사) 아래 표 1-3은 북한의 타원체 와 남한의 타원체에 대한 비교이다. 또한 통신 및 관측장비와 관련하여 GPS 경우 폭이 좁고 길이가 긴 철도노선의 특성상 과업의 신속성과 기일단축이 요구되므로 무엇보다 현대측량에서 일반화 된

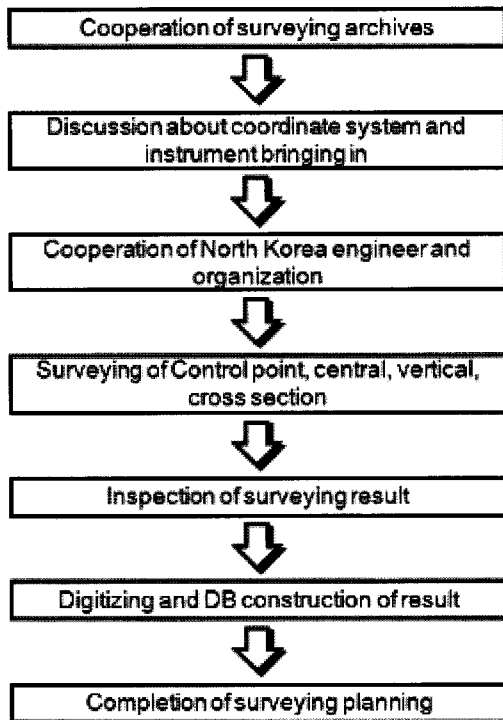


그림 2. 북한철도설계측량 적용순서

표 2. 남·북한의 측지좌표체계비교

구분	북한	남한
Local coordinate system	Exploration Location table system in 1984	ITRF
Ellipsoid	Krassovsky(1944)	GRS80
Semi-major axis(a)	6378245.0m	6378137m
Flattening(f)	1/298.3000032	1/298.2522356

GPS 측량이 요구된다. 따라서 북한내 GPS장비반입에 관한 국가전략물자위원회의 협조와 규제완화가 선행되어야 할 것이다.

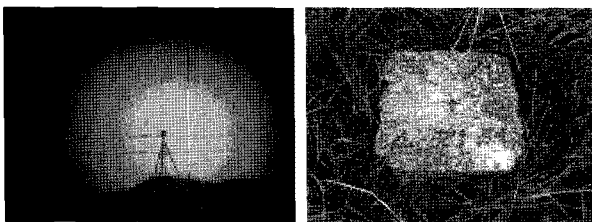
### 2.1. 북한측량 기준점

북한삼각점  $\Delta 953$ 북한삼각점표식  $\Delta 953$ Fig. 1-2 북한의 삼각점

설계측량을 위해선 과업시작이 될 수 있는 기준이 필요하다. 따라서 연계성과 통일성을 고려해 현재 사용하고 있는 북한 지역내 기준점 확인을 통해 현재성과의 정확도와 정밀도를 확인할 수 있을 것이다. 그러한 사례를 들고자 개성공단 사업간 북측에 위치한 홍문산의 북측 삼각점( $\Delta 953$  $\Delta 952$ )을 성과를 획득하여 상호 확인하였으나 거리(Distance)가 약 39cm의 차이를 발생함을 알 수 있었다. 이러한 성과는 허용오차 범위 밖으로 노선측량 및 지적경계측량에도 사용할 수 없다. 물론 확인요구점이 절대적으로 부족한 이유도 있겠지만 북한 삼각점의 측량성과의 성과에 대한 유지관리의 미흡함을 짐작할 수 있을 것이다.

### 2.2. 측량방법

#### 2.2.1. T.S(Total station)를 활용하는 방안



북한삼각점  $\Delta 953$

북한삼각점표식  $\Delta 953$

그림 3. 북한측량 기준점

토탈스테이션(T.S, Total station)은 각과 거리를 이용하는 측량시스템이다. 점(Point), 거리(Distance)를 관측함으로써 개별적 측량방식이라고 할 수 있다. 토탈스테이션은 전자식 테오달라이트의 일종으로서 테오달라이트가 가지고 있는 측각기능과 EDM이 가지고 있는 거리 측정기능을 동시에 가지고 있다. 토탈스테이션은 컴퓨터 시스템과 간단한 소프트웨어가 내장되어 있어 각과 거리가 측정되는 즉시 측점에 대한 좌표계산 등 필요한 사항이 계산되며 또한 입력자료를 포함한 모든 자료가 별도의 저장장치에 보관되어 주 컴퓨터에 의한 추가적인 계산에 활용할 수 있는 특징이 있다. 토탈스테이션은 지형측량과 같이 많은 점들의 평면 및 표고좌표가 필요하거나, 트래버스 측량 또는 노선측량의 중심말뚝 측량에서와 같이 인접한 점들에 대한 좌표가 수시로 필요한 경우 매우 신속하게 효과적으로 작업을 할 수 있다. 따라서, 토탈스테이션에 의한 측량은 정밀도를 필요로 하는 기준점 측량보다는 매우 높은 정밀도를 필요로 하지 않지만 공사측량과 같이 비교적 정밀하고 복잡하며 신속한 측량 등에 많이 활용된다(디지털측량공학, 유복모, 2004).

#### 2.2.2. RTK-GPS 를 활용한 방안

RTK-GPS 측량은 Real time kinematic - GPS측량방식으로 실시간측량 방식을 말한다. 이는 GPS를 이용한 동적측위방식으로 기준국과 이동국을 설치하고 기준국에서 모뎀을 이용하여 오차량을 전송함으로써 이동국의 위치정확도를 높이는 방식이다(노태호등,2002). 기준국은 GPS 신호를 수신하기 위한 안테나와 수신기, 기지좌표와의 차이를 발견하고 그 차이값을 변조하는 변조장치, 이동국으로 전송하는 신호를 증폭시키기 위한 증폭장치로 구성되며 이동국은 GPS 신호를 수신하기 위한 안테나와 수신기 및 기준국에서 송신하는 신호를 수신하기 위한 안테나와 자료계

어기로 구성되어있다. 또 실시간 동적측위 방식은 오차량을 전송하는 신호종류에 따라 코드만을 사용하는 RTCM(Radio Technical commission for Marine-time Service), NMEA(National Marine Electronics Association)와 반송파방식의 CPD(Carrier Phase Differential) 나뉘어진다. 또한 RTK GPS 측량시 적합한 환경설정은 컨트롤러를 이용하게 되는데 측량스타일 설정 및 기준좌표계 선택, 기준국 및 이동국의 제어 등을 컨트롤러를 이용하여 할 수 있으며 정확한 RTK GPS 측량을 위해서는 현장 주변의 네 개 이상의 기지점에 대하여 사이트 캘리브레이션이 필요로 한다(이석배외 2007).

### 2.2.3. 항공 사진 측량 (Digital) 및 LIDAR(Light Detection Radar) 를 활용하는 방안

철도설계를 위한 측량에는 철도기준점을 기준으로 한 지형측량, 중심선측량, 종·횡단측량, 용지경계측량, 토공수량산출 등의 과정이 있다. 그러나 최근 GPS 및 INS 등 항공측량기술의 발달과 함께 다양한 정보를 반영 설계하여야 하는 철도설계의 특성상 항공사진측량에 의해 획득되어지는 정사사진 및 수치지도제작이 보편화 되었다. 이러한 결과로서 나타나는 수치지형도는 다양한 정보를 내포하고 있으며 그 효용성은 철도설계 기초자료로서도 부합되기 때문에 점차 확대 되어가고 있다. 이러한 항공사진측량 주요 확인사항을 살펴보면 다음과 같다.

- ① 노선계획에 따라 항공사진촬영을 실시하며 기상상태를 고려 중복촬영 실시한다.
- ② 중복도 이외에 사진의 경사, 편류, 축척, 구름, 유무 등을 검사하고 부적당하면 전부 또는 일부를 재촬영한다.

이와 함께 최근 항공 LIDAR( Light Detection and Ranging) 측량은 항공사진측량을 대체하는 첨단측량 기법으로 항공기에서 강한 레이저 광선을 초고속 회전거울에 반사시켜 수십만 개의 레이저 광선을 지상으로 발사함으로써 이동하는 항공기로 지상의 대상물간 각과 거리를 직접 스캐닝한 뒤, RTK-GPS가 탑재된 항공기의 3차원 좌표를 기준으로 대상물의 3차원 좌표를 취득하는 항공레이저스캐닝 기법이다. 기존의 항공사진측량은 소수의 지상 기준점을 기준으로 무수히 많은 대상물의 3차원좌표를 향

공삼각측량에 의해 계산해 내는 간접측량 방식인데 비해 항공 LIDAR 측량은 대상물의 3차원좌표를 직접 취득할 뿐 아니라 산림지대의 투과율이 높아 지표면의 표고 관측 정확도가 훨씬 높은 측량방식이다. 그러나 이러한 항공사진 촬영 및 라이다측량은 군사·안보적측면에서의 민감성으로 현실적으로 북한지역 내에서 활용한다는 것은 불가능하다.

### 3 결론

최근 남북관계의 평화적 분위기 조성과 북한의 개방정책에 힘입어 남북한 간의 교류와 협력이 어느 때보다 활발히 이루어지고 있다. 특히 남·북한 철도연결 사업은 우리에게 많은 희망과 기대를 갖게 한다. 그러나 남·북이 군사적으로 대치하고 있는 현실 속에서 철도설계에 있어 측량 및 지형공간 분야는 군사적 목적과 특수성으로 인해 철도 계획 및 설계를 실현하는데 많은 제약이 따른다. 남·북한 간의 기준점(삼각점, 수준점)의 위치는 상대국 좌표체계의 이해와 정밀도 향상으로 이어져 군사적으로 활용할 수 있기 때문에 더욱 조심스러운 게 사실이다. 그러나 남·북의 협력이 활발해지고 가교역할을 할 수 있는 철도에 있어서 이러한 문제를 슬기롭게 극복하는 방법을 강구해야 할 것이다. 앞에서 기술한바와 같이 북한철도의 계획 및 설계를 위한 설계측량시 시간과 공간을 해결하고자 북한지역 내에서 적용할 수 있는 측량방안으로는 다음과 같은 방법을 제시하고자 한다.

첫째 GPS 와 같은 최신의 측량시스템과 기존측량방법을 병행하여 활용하는 방안이다. GPS 측량은 시간과 현지에 선형을 재현하는데 탁월한 기술력을 발휘할 수 있으며 시간과 공간의 제약을 받지 않는다. 따라서 이를 기초로 시야가 확보되지 못하는 지역의 경우 토탈스테이션(T.S Total Station)을 보완하여 활용해야 할 것이다. 둘째 남·북한 엔지니어들의 공동참여를 통한 신뢰 확보 및 기술협력이다. 남·북한은 각기 다른 기술체계를 상호 발전시켜왔다. 따라서 엔지니어들의 상호교류와 협력을 통해 이를 극복할 수 있을 것이다. 셋째 전략물자로 분류 되어 있는 일

부측량시스템의 국외로의 반입의 완화 및 제한적 허용이다. 현대의 측량기술은 신속성과 경제성으로 귀결된다. 가장 대표적인 시스템이 GPS측량기술이다. 특히 현대측량의 특성상 다수의 인원과 시간이 소요되는 기술은 점차 배척되고 있으며 이를 지향(指向)하고 있다. 그런데 이러한 GPS측량시스템의 북한지역내로 반입이 불가능하다면 기존 측량방식으로 인해 다수의 인원과 장시간이 소요된다. 그로인한 대민접촉 등에 의한 2차 문제, 그리고 사업수

행의 장기화에 따른 문제점이 발생할 것이다. 따라서 남·북 협력사업의 경우 유연한 전략물자통제 체계가 이루어져야 할 것이다. 넷째 타원체 및 좌표체계 일원화이다. 남·북한은 현재 각기 다른 좌표체계와 타원체를 가지고 있다. 그로인해 남·북한 철도계획 및 설계시 통일된 단일 좌표체계가 아닌 독립좌표체계를 고수한다면 상호 유지관리 및 활용성이 제한된다. 따라서 세계적으로 표준화된 세계측지계에 의한 단일화된 좌표체계의 정립이 요구된다. ㉓