

철길로선계획설계단계에서 GIS기술을 리용한 로선평면도 및 세로자름면도작성과 흙공사량계산

윤순철, 강호일

철길로선설계기준에 부합되면서 전체 로선의 길이, 다리와 차굴과 같은 구조물의 개수, 흙공사량을 최대한 줄일수 있는 합리적인 철길로선을 선정하는것은 건설속도를 높이고 로반의 질을 담보하며 건설원가를 절약하는데서 중요한 문제로 제기된다.[1]

철도의 안전성과 원활성을 보장할수 있는 합리적이고 최량화된 철길로선을 확정하자면 설계단계에서 철길로선에 대한 평면설계와 세로자름면설계, 흙공사량계산을 정확히 하여야 한다.

론문에서는 GIS기술을 리용하여 철길로선계획설계단계에서 로선평면도와 세로자름면도를 작성하고 흙공사량계산을 진행함으로써 합리적인 철길로선설계를 진행할수 있는 방법에 대하여 서술하였다.

1. GIS기술을 리용한 로선평면도작성

GIS기술을 리용하면 연구지역의 지형, 지질, 주민지, 수문요소 등에 대한 중첩분석을 진행하여 합리적인 로선을 선정하는데서 매우 효과적이다.[3]

론문에서는 로선선정을 위한 기초자료로서 직각자리표계(WGS 84 UTM 52N)로 된 1:25 000수치지형도와 고분해능위성화상, 10m분해능의 DEM, 수자화된 기초지리자료들을 리용하였다.

지형도와 고분해능위성화상에 기초하여 특수구역을 피하고 역사유적을 보존하며 주민지, 농경지 등 주요대상들에 피해가 없도록 하고 습지, 강하천, 도로 등을 고려하여 로선을 선정하였다.

철길의 평면은 로선의 수평투영으로서 그것은 직선과 곡선의 배합으로 이루어져있다. 철길의 평면은 운영측면에서 볼 때 직선으로 되는것이 좋다. 그러나 철길을 건설할 때에는 이러저러한 조건때문에 곡선구간이 생기게 된다. 평면에서 직선과 직선사이에는 원곡선으로 연결하며 직선과 원곡선은 완화곡선으로 연결한다.[2] 원곡선은 ArcGIS에서 Drawing 도구의 Circle도구를 리용하여 해당한 반경을 주고 입력하였으며 이것을 Convert Graphics To Features지령으로 shp화일로 전환하였다. 두 직선사이의 사립각, 방위각 등을 COGO도구의 COGO Report기능을 리용하여 얻었다.

한편 철길로선설계에서는 지배물매를 고려하는것이 매우 중요하다.

자유행로의 로선선정에서 기본은 로선의 길이를 최소로 하면서 공사량을 줄이는것이다. 긴장행로의 로선선정에서 기본은 지배물매를 고려하면서 로선의 길이도 최소로 되게 하고 작업량도 줄이며 운영조건도 좋게 하는것이다.[2]

론문에서는 등고선간격, 거리에 따르는 물매를 계산하면서 로선점들을 선정하였다.

그림 1에서는 평면로선선정과정과 Global Mapper프로그램을 리용한 3차원현시결과를 보여주었다.

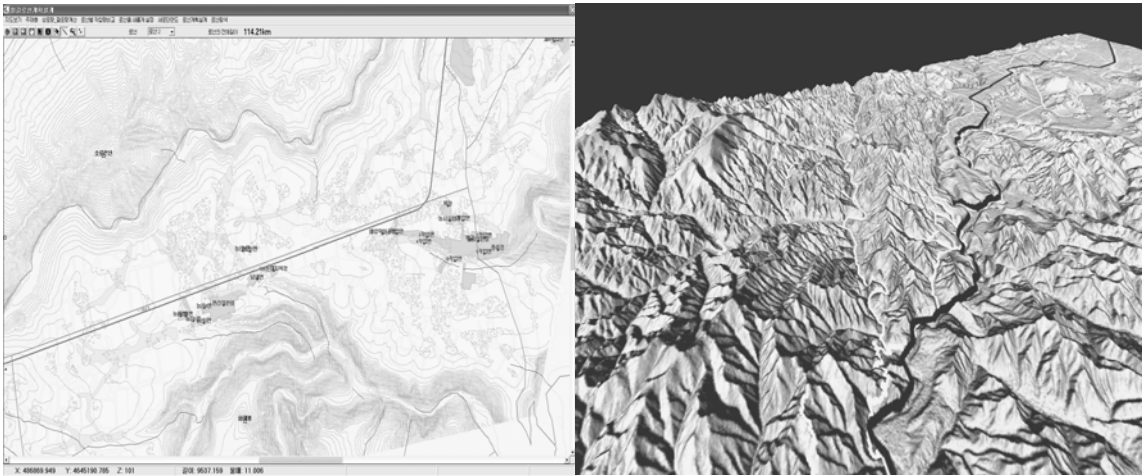


그림 1. 평면로선선정과정과 Global Mapper프로그램을 리용한 3차원현시결과

로선을 선정한 다음 현지답사를 통하여 실시 로선상태 특히 긴장행로구간에 대한 물매를 확인하였으며 전체 로선에서의 측량기구설치위치(IP)를 확정하였다.

2. 로선의 세로자름면도작성과 계획로선의 높이값조절, 평면도자료에로의 전환

평면로선을 설정한 다음 세로자름면도를 작성하고 지형높이와 계획로선높이와의 높이차를 계산하였으며 다리와 차굴 등 구조물들을 설정하고 그것에 대한 평가를 진행하였다.

철길의 세로자름면도는 AutoCAD, LandCAD, Civil 3D, Global Mapper, ArcGIS 등 여러가지 프로그램들을 리용하여 작성할수 있다. 그러나 이러한 응용프로그램들은 평면도에서 계획로선을 수정하는 경우 그에 해당하는 세로자름면도를 동시에 수정하지 못하는 부족점이 있다.

실례로 AutoCAD나 LandCAD에서는 세로자름면도와 계획로선을 입력할수 있지만 이 자료는 순수 리정에 따르는 자료로서 공간위치관계를 명백히 보여주지 못한다. 한편 ArcGIS에는 3D Analyst에 Profile Graph도구가 있고 Global Mapper에는 Path Profile도구가 있지만 여기서는 설정한 로선의 매듭점들의 높이값들을 그래프로 현시할뿐 물매를 현시하지 못하고 계획로선도 그을수 없다.

이로부터 논문에서는 GIS의 2차개발도구인 MapObjects를 리용하여 개발한 철길로선 계획설계프로그램으로 세로자름면도를 작성하고 계획로선을 설정하였으며 그에 따라 공사량을 계산하였다.

1) 세로자름면도작성과 계획로선의 높이값조절

세로자름면도작성을 위해 우선 XY평면의 로선shp자료를 높이값에 따라 XZ평면의 세로자름면자료로 넘기기 위한 자리표전환을 진행하였다. 이때 로선점들을 수평거리 20m 간격으로 분할하였다.

로선선자료의 Z값을 세로자름면도 Y값으로 전환하고 분석과 계획로선작성에 편리하도록 Zfactor값을 10으로 주었다. 그리고 세로자름면자리표축들을 설정하고 세로자름면높이선들을 추가하였다.(그림 2)

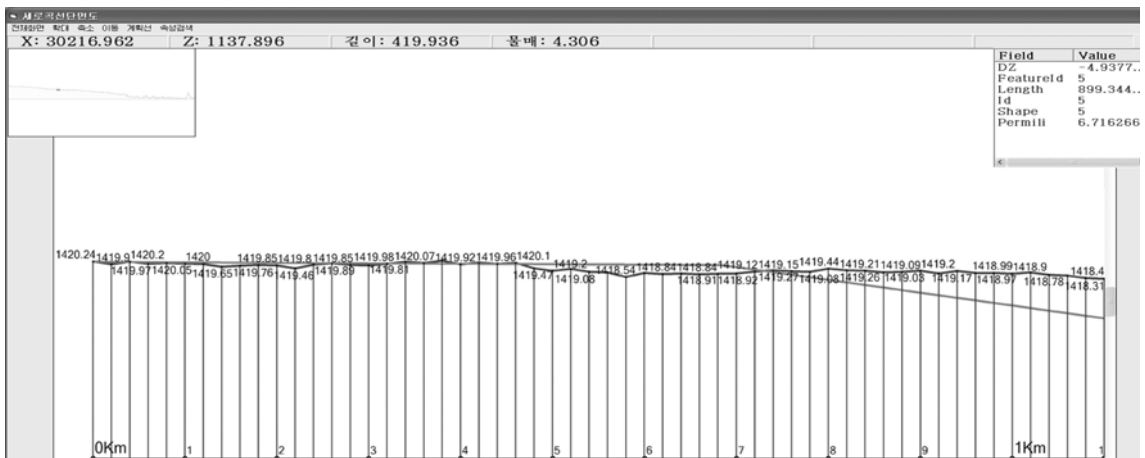


그림 2. GIS에 의한 세로자름면도작성

세로자름면도의 속성창에서는 지점들사이의 거리, 물매, 높이차를 분석할수 있다. 세로자름면도에서 설정한 계획로선과 지형의 높낮이정도를 분석한데 기초하여 실지 로선의 지배물매를 고려한 계획로선을 설정하였다. 세로자름면도를 평면도와 함께 대조하면서 절토량과 성토량을 줄이는 방향에서 평면로선을 변경시켰다.

2) 평면로선자료로 전환

세로자름면도에서 합리적인 로선을 선정한 다음 그에 해당하는 평면도상에서의 로선을 얻어내었다. 로선의 세로자름면에서 로선의 지형변곡점들은 평면로선을 20m 간격으로 분할한 점들로부터 얻어내었다. 따라서 계획로선의 평면위치점은 세로자름면변곡점과 계획선의 Z축방향에서의 사립점으로 된다.

평면자료로 전환하기 위해 Intersect조작을 진행하였다. 결과자료는 Multipoint형식이므로 이것을 다시 일반shp자료로 전환하였다. 세로자름면도에서 새로 얻어진 계획로선의 20m 간격의 매 점들의 번호는 평면로선점의 구간점번호와 일치한다. 이로부터 XZ평면자리표를 다시 XY평면자리표로 전환할수 있다.

전환된 로선선자료의 매점점들은 20m 간격으로 되어있으므로 로선설계에서 구간별 분석, 리정에 따르는 분석을 진행할수 있다.

3. 구간별공사량타산을 위한 흙공사량계산

로반건설에서 건설속도를 높이자면 철길세로자름면도와 가로자름면도에 의한 정확한 흙공사량을 계산하여 성토량과 절토량의 균형을 보장하면서 정확히 분배시켜 운반거리를 최대한 줄여야 한다.[2] 철길의 기술설계기준에는 철길의 세로자름면도와 가로자름면도에서 시공기준면의 너비, 로반의 경사도, 지반의 경사, 로선중심에서 성토 및 절토의 높이가 주어져있다. 이 값들에 의하여 로반건설에서 처리하여야 할 흙공사량을 계산하였다.

먼저 20m 간격의 매점점을 가진 로선의 세로방향에서 매점점사이를 1m 간격으로 재분할하고 X, Y, Z값을 가진 공간자료를 창조하였다.

다음 1m 간격의 로선매점점자료를 중심으로 로선가로방향에서 가로폭이 각각 10m인 공간자료를 창조하였다. 또한 DEM자료를 리용하여 지형의 자연가로물매를 계산하였다.

철길로반의 가로자름면은 그림 3과 같다.

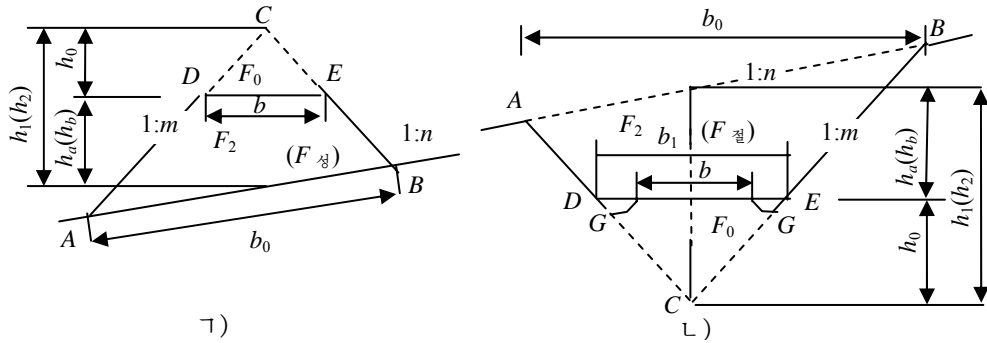


그림 3. 철길로반의 가로자름면

ㄱ) 성토, ㄴ) 절토

본문에서는 흙공사량계산에서 평균자름면면적에 의한 계산방법을 리용하였다.

$$V = \frac{F_a + F_b}{2} \cdot l$$

여기서 V 는 흙공사량, F_a 는 한쪽 자름면의 면적, F_b 는 다른쪽 자름면의 면적, l 은 흙공사량계산에서 설정한 로반의 구간길이(20m)이다.

성토인 경우에는 $F_a = kh_1^2 - \frac{b^2}{4m}$, $F_b = kh_2^2 - \frac{b^2}{4m}$ 이다. 여기서 $h_1 = h_a + h_0$, $h_2 = h_b + h_0$,

$h_0 = \frac{b}{2m}$ 이다.

절토인 경우에는 $F_a = kh_1^2 - \frac{(b+3)^2}{4m} + 2G$, $F_b = kh_2^2 - \frac{(b+3)^2}{4m} + 2G$ 이다. 여기서 $h_1 = h_a + h_0$,

$h_2 = h_b + h_0$, $h_0 = \frac{b+3}{2m}$ 이다.

$$k = \frac{m \cdot n^2}{n^2 - m^2}$$

여기서 b 는 시공기준면의 너비, m 은 로반의 물매, n 은 지형의 자연가로물매, G 는 옆도랑의 가로자름면면적이다.

연구지역의 흙공사량계산결과를 표에서 보여주었다.(P , Q 는 각각 로선구간의 시작점과 끝점)

표. 연구지역의 흙공사량계산결과

계산지표	로반구간번호							
	1	2	3	4	5	6	7	8 ...
지형의 자연가로물매	22.272	10.882	10.604	9.451 9	17.988	12.315	10.351	19.343
P 점의 로반높이/m	1 419.8	1 419.8	1 419.8	1 419.8	1 419.8	1 419.8	1 419.8	1 419.7
P 점의 지형높이/m	1 419.9	1 420.1	1 419.8	1 419.9	1 420.0	1 419.9	1 419.6	1 419.6
h_a /m	0.117	0.329	0.047	0.133	0.225	0.177	0.197	0.146
F_a /m ²	3.090 3	5.293	2.667	3.524	4.111	3.783	0.585	0.840
Q 점의 로반높이/m	1 419.8	1 419.8	1 419.8	1 419.8	1 419.8	1 419.8	1 419.7	1 419.7
Q 점의 지형높이/m	1 420.1	1 419.8	1 419.9	1 420.0	1 419.9	1 419.6	1 419.6	1 419.8
h_b /m	0.329 5	0.047	0.133 5	0.225	0.177 5	0.197 9	0.146 3	0.054 1
F_b /m ²	5.066 9	2.653 9	3.450 9	4.381 4	3.671 6	0.517 7	1.011 5	2.547 2
토량처리관계	절토	절토	절토	절토	절토	절토	절토	절토
흙공사량/m ³	81.572	79.478	61.182	79.056	77.831	43.013	15.975	33.878

4. 합리적인 로선선정을 위한 프로그램실행과정

합리적인 로선선정을 위한 프로그램실행과정은 다음과 같다.

- ① 선자료를 세로자름면자료로 넘기기 위한 자리표전환
- ② 세로자름면의 변곡점을 점대상자료로 전환
- ③ X, Z자리표축 Point Shp, Line Shp창조
- ④ 계획로선에서 점들의 물매, 계획로선과 지형높이와의 높이차계산
- ⑤ 로선구간의 흙공사량계산

구간별로 로선을 수정해가면서 가장 합리적인 로선으로 확정될 때까지 위의 과정을 반복한다.

맺 는 말

철길로선계획설계단계에서 GIS기술을 리용하면 철길로선의 길이, 다리와 차굴과 같은 구조물의 수, 로반흙공사량을 결정적으로 줄일수 있는 합리적인 로선을 선정할수 있다. 앞으로 최량탐색알고리즘에 의한 최량화로선의 자동탐색방법에 대한 연구도 심화시켜야 한다.

참 고 문 헌

- [1] 김창섭 등; 건설시공, 고등교육도서출판사, 23~31, 주체105(2016).
- [2] 전도영 등; 운수건설총서(철도건설), 공업출판사, 90~110, 주체94(2005).
- [3] Binghao Chen et al.; IEEE Antennas And Wireless Propagation Letters, 14, 851, 2015.

주체109(2020)년 4월 5일 원고접수

Drawing Plan, Profile of Railway Track and Calculating Volume of Land Filling and Cutting by Using GIS in the Track Planning Design

Yun Sun Chol, Kang Ho Il

We drew the plan, profile of railway track and calculated the volume of land filling and cutting by using GIS in the track planning design. As a result, an optimal railway track was selected.

Keywords: GIS, profile, railway track planning design