

지역 및 노선특성을 고려한 철도 직선화 선형 연구

A Study on the Railway Design of Rectification to linear Alignment Based on Regional and Lines Characteristics

이희철¹⁾, 김달선²⁾

Lee, Hee-Chul Kim, Dal-Sun

Abstract

Without any doubts, the characteristics of regional, lines and lines section have dominating effects on the railway design of rectification to linear alignment. There are basically many types of characteristics: a) geological condition b) operation plan of lines and lines section c) condition of lines facilities level. The conventional design method were exclusively used to railway design and construction. However, for the optimum design, the more detail study are required.

1. 서론

현재 우리나라 철도는 대 변혁의 시대를 걷고 있다. 꿈의 철도라 불리는 고속철도의 개통을 눈앞에 두고 있으며 본격적인 남북교류의 시대를 맞아 남북철도의 복원 작업들이 착착 진행되고 있어 철도의 신 르네상스를 맞았다고 하겠다. 경부고속철도의 건설과 때를 같이하여 기존철도의 고속화와 선로의 용량증대를 위한 사업들이 추진되고 있다. 여기에는 기존선을 이용한 KTX의 운영을 위한 개량과 기존 선로의 용량이 절대적으로 부족하여 단선을 복선으로 혹은 복복선으로 전철화 하는 사업들이 포함된다. 이러한 일련의 상황은 고속열차 운행에 따른 운행시간의 단축과 효율성의 극대화 그리고 타 교통시스템과의 경쟁력을 고취함은 물론, 쾌적한 환경을 창출하고자하는 강한 사회적인 욕구에 부응할 수 있는 새로운 움직임이라고 할 수 있다.

일반적으로 선로의 용량 증대 방안 중 중요한 하나가 운행 열차의 속도 증가(Speed up)이다. 이것은 전반적인 철도 시설수준 향상을 토대로 현실화 될 수 있다. 이 가운데 선형은 선로의 등급을 결정하는 가장 중요한 요소로서 철도 시설수준을 가늠하는 대표적인 척도가 된다. 따라서 대부분 철도 시설수준의 향상을 위한 선로를 개량함에 있어 선형 개량을 우선적으로 고려하게 된다. 저급 선형을 고급선형으로 개선함에 있어서는 지형조건, 사회여건, 경제성 및 기술적인 부분 등을 종합적으로 고려하여 최중 선형을 결정하게 되는데 특히, 지역여건 뿐만 아니라 개량의 대상이 되는

1) 정회원, 현대건설주식회사 선임엔지니어

2) 정회원, 현대건설주식회사 수석엔지니어

노선의 특성 그리고 특정 선구의 특성 등을 충분히 반영하여야 한다.

본 연구에서는 선형이 선로 용량에 미치는 영향을 알아보고 현재 추진중인 중앙선 복선화 개량 공사에 있어 노선의 특성과 선구의 특성 그리고 지역 여건 등을 고려한 개량 선형 결정 방법에 대하여 논하고자 한다.

2. 일반적인 선로 용량증대 방법(Speed up의 관점에서)

알려진 바와 같이 철도가 국가 기간 교통 시설로서 타 교통 수단과의 경쟁력을 강화하기 위해서는 기존 철도시설의 안정성과 속도 향상을 꾀하여 선로 용량 증대를 위한 방안수립이 무엇보다 중요하다.

기존 철도 시설의 개선을 통한 선로용량 증대방안 가운데 가장 중요한 요소가 운행 열차의 속도 향상 즉 현재보다 빠른 고속화이다. 또한 운행 열차의 최고 속도가 갖는 의미는 타 교통수단과의 근본적인 비교 기준이 된다는 점에 시사하는 바가 크다. 따라서 기존 철도의 열차 속도 향상을 위한 효율적 개선 방안 검토가 절대적으로 필요하다. 물론, 수송력 향상 측면에서 용량을 늘이는 근본적인 해결책은 단선을 복선으로 혹은 복복선 등으로 양을 늘리는 방안이 절대적인 대안이 될 수 있다.

열차의 속도 향상은 운행시간의 단축으로 경쟁력이 향상되어 결과적으로 철도의 수입증대를 가져온다. 그러나 최고 속도 향상 보다 더 중요한 것이 구간거리를 소요시간으로 나눈 표정속도로서 이용자의 주요 선택기준이 된다. 그런데 이 표정속도 향상은 열차의 개량만으로 해결되는 것이 아니고 전반적인 철도 시설개선이 뒤따라야 실현된다. <표1.>에서 보듯이 성능이 향상된 차량, 궤도

표1.선로용량에 미치는 영향요소

시설요인	차량요인
최급구배	기관차성능
최소곡선반경	열차속도종별
구내통과속도	건인정수 혹은 환산량수
곡선제한속도	최고속도
구배제한속도	운영요인
역간거리 및 구내배선 선로 및 배차선 시설 보수시간 역통과속도	속도별기관차 성능별
	열차횡수 비율
	여객열차 및 화물열차
	횡수비율
신호방식	열차의증별순서 및 배열
신호현시 방식가 폐색방식	열차의 운전취급 순서
	열차의 유효시간대 열차운정의 여유시간

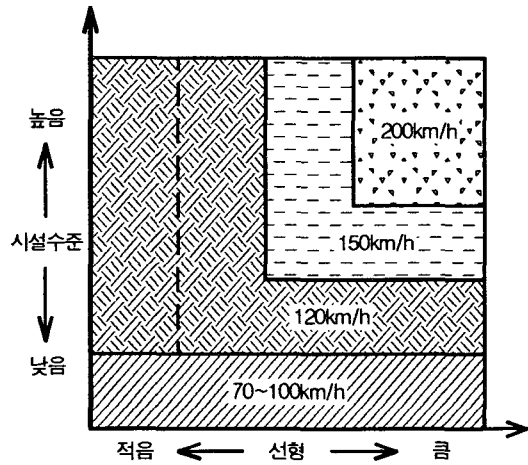


그림1. 열차속도에 영향을 주는 선형 및 시설기준 관계도

나 전기, 신호설비 뿐만 아니라 이를 운영하는 관리 시스템에 이르기 까지 선로 용량에 미치는 영향요소는 다각적인 것임을 알 수 있다. 물론 이 가운데 한 요소에 대해 완벽성을 채택해도 부분적인 효과는 있지만 실질적인 해택(용량의 절대적인 증가)은 적다. 따라서 열차 속도 향상을 통한 용량 증대를 위해서는 이에 따른 운영계획을 수립해야 하며 그렇지 않은 경우, 운영의 비효율을 초래하여 오히려 용량의 감소도 발생할 수 있다.(예, 저속과 고속열차가 혼재하여 운영될 경우) <그림 1>에서 열차 속도에 영향을 주는 중요한 요인이 선형과 선로의 시설수준임을 알 수 있다.

그런데 크게 보면 선형도 시설 수준의 한 부분으로 선형만 개량 되었다고 하여 선로용량의 증대를 꾀할 수 없으며 선형과 시설 수준이 일정한 상관관계 속에서 개선될때 만이 절대적인 선로의 용량증대를 실현할 수 있다.

3. 노선 및 선구의 특성을 고려한 선로 개선 방안

철도시설 개선의 목적은 안전 확보와 속도향상을 통한 용량증가이다. 그런데 철도시설을 효율적으로 개선하기 위해서는 대상이 되는 기존 철도의 시설 수준에 따라 개선 방안이 달라져야함에 이론의 여지가 없다. 다시 말해 개선의 대상이 되는 각 노선이나 각 선구에 대해서 선로의 역할, 여객과 화물의 운송 특성, 노선이 처해있는 주변 지형조건, 운행을 위해 투입된 차량의 종류, 설치되어 있는 설비의 성능 및 보수 수준 등 기존 철도의 시설수준을 파악하여 시설개량 목표치와 개선 방안의 기준을 제시해야 한다. 현재 선로의 개량시 개량 목표를 열차의 속도, 곡선 및 기울기 등에 따라 구분되는 선로의 등급을 기준으로 정하고 있다. 가령 개량 수준을 2급선 혹은 3급선으로 개량 한다는 등의 방법이다. 그러나 기존 선로 개량시 요구되는 개량등급의 목표가 같아도 기존 철도가 각 선로별로 혹은 선구별로 다양한 특성을 지니고 있어 개량 정도의 차이가 발생할 수밖에 없다. 여기서 노선 및 선구의 특성을 나타내는 많은 요소 가운데 각 노선들이 얼마나 빠른 수송력을 발휘하느냐는 점과 수송 내용적으로 어떤 특성을 갖고 있는지를 알아보고 또한 각 선로의 특성에 맞는 개량 방안의 차이점에 대하여 생각해 보고자 한다.

표 2. 주요 노선의 새마을호 표정속도 및 연간 수송실적(2001철도통계연보)

	운행거리	표정속도(최고치)	년간여객수송(인키로)	년간화물수송(톤키로)
경부선	444.3 Km	107 Km/h	13,277,501,338.0	1,167,680,338.6
호남선	252.6 Km	92 Km/h	1,869,600,107.4	31,978,761.0
전라선	199.3 Km	82 Km/h	555,133,564.3	103,381,413.2
장항선	143.1 Km	77 Km/h	435,545,152.6	131,908,309.2
중앙선	387.2 Km	65 Km/h	1,205,410,246.5	1,967,845,389.3
태백선	106.5 Km	59 Km/h	194,732,517.5	1,577,214,401.3

<표 2>는 단순하지만 노선별 운송체계의 현저한 차이점을 명확히 보여주는 좋은 예이다. 경부선은 전구간에서 여객을 우선 처리하는 정책으로 새마을호의 표정속도가 100km/h 정도에 이르지

만 나머지 노선은 이에 절대적으로 미치지 못하며 특히 청량리-강릉간은 60km/h의 낮은 운행 속도를 보이고 있다. 반면, 중앙선과 태백선의 화물 수송 비율은 타 노선에 비해 상대적으로 높다. 이런 큰 차이점 때문에 경부선과 중앙선의 선로를 개량할 경우, 노선이 지닌 특성에 맞는 개량 방법을 택하지 않을 수 없다. 경부선은 여객 수송 위주의 노선이므로 여객의 대부분이 고속의 교통수단을 선호하는 특성상 차량의 성능이 허용하는 한 일정 속도의 고속화 운행이 요구된다. 이것에 대한 별도의 대안으로 경부 고속철도의 건설 방안이 진행된 것도 이와 무관하지 않다. 반면 중앙선은 개량 선로의 등급 기준을 만족하는 설계 조건은 채택하겠지만 다양한 급곡선 특히 79%에 이르는 R=600m 이하의 곡선이나 R=400m 이하의 곡선에 대한 개선이 우선적으로 선행되어야 하며 아울러 연계된 선로의 개량과 운영방안이 동시에 검토되어야 한다.

4. 중앙선 제천-도담간 복선전철화 사업에 있어서

중앙선 제천~도담 구간의 복선전철개량공사에 대한 터키입찰 기본설계에서 지역과 선로의 특성을 고려한 선형결정 사항을 살펴보고 계획선형 선택시 고려해야 할 내용들에 대해 정리해 보았다. 중앙선은 충북선, 경북선, 대구선 등을 통해 경부선과 연계하여 국내 철도 화물수송의 근간을

표3. 중앙선 제천~도담간 선로현황표

곡선현황	기존선		
	개소	연장(km)	비율(%)
400	10	3.779	21.7
500	7	2.702	15.5
600~800	5	2.272	13.0
1000~5000	1	0.559	3.2
직선	24	8.126	46.6
계		17.438	100

구배현황	기존선		
	개소	연장(km)	비율(%)
L	4	3.418	19.6
0.1%~0.3%	6	3.196	18.3
0.4%~1%	6	3.735	21.4
1.1%~1.25%	11	7.089	40.7
계	27	17.438	100

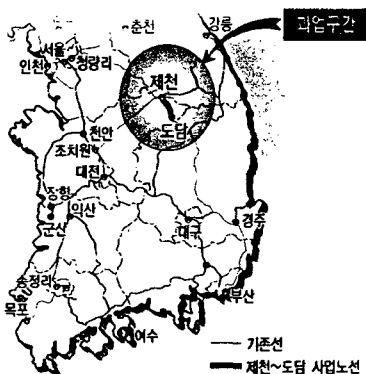


그림2. 중앙선 제천~도담간 사업 노선도

형성하고 있다. 중앙선의 개량 사업은 2009년 이전에 청량리~원주, 제천~도담 구간을 2019년 이전에 전 구간 복선전철화사업을 추진키로 계획되어 있다. 중앙선 복선화가 완료되면 운행속도가 90km/hr에서 150km/hr로 향상되어 청량리~경주간 387.2km의 운행시간이 현재 6시간40분에서 4시간대 수준(무궁화 기준)으로 약 2시간 이상 절약되어 지역개발 활성화에 기여할 것으로 기대된다. 이 가운데 청량리~원주 구간은 수도권 광역화를 감안하여 여객수송에 초점을 두고 추진되는 반면, 제천~도담간 약 17.4km 구간은 주변지역의 양회 수송등 화물수송력 강화에 초점을 두고 중앙선 여타 구간에 앞서 복선 전철화가 이루어지도록 계획하고 있다.

제천~도담 구간은 국유철도 건설규칙상의 4급 단선으로 R=400개소의 경우 열차운전 시행절차의 규정에 따라 최고속도는 80km/hr 이하로 제한 운행중이다. <표 3>에서 보듯이 53%이상이 곡선구간이며 그중 반이상이 R=500이하의 급곡선으로 이루어져 있는데 2급선을 목표로 개량이 완료되면 대부분 R=1,000이상의 구간으로 바뀌게 된다. 이구간 복선전철화 되면 선로용량이 41회/일에서 120회/일로 증가된다. 구간내에는 제천역을 시작으로 고명, 삼곡, 도담에 이르는데 고명역은 화물전용역으로 여객취급은 없다. 특히 삼곡역과 도담역은 대형 시멘트공장이 인접하여 공장내 인입선과 연결되어 있다.

본 과업 구간중 평면선형 결정 과정에서 가장 큰 논란이 있었던 곳이 고명역과 삼곡역 사이의 평면선형인데 기본안은 지역여건에 순응하는 조건으로 기존선에 연하여 계획된 설계기준을 만족하는

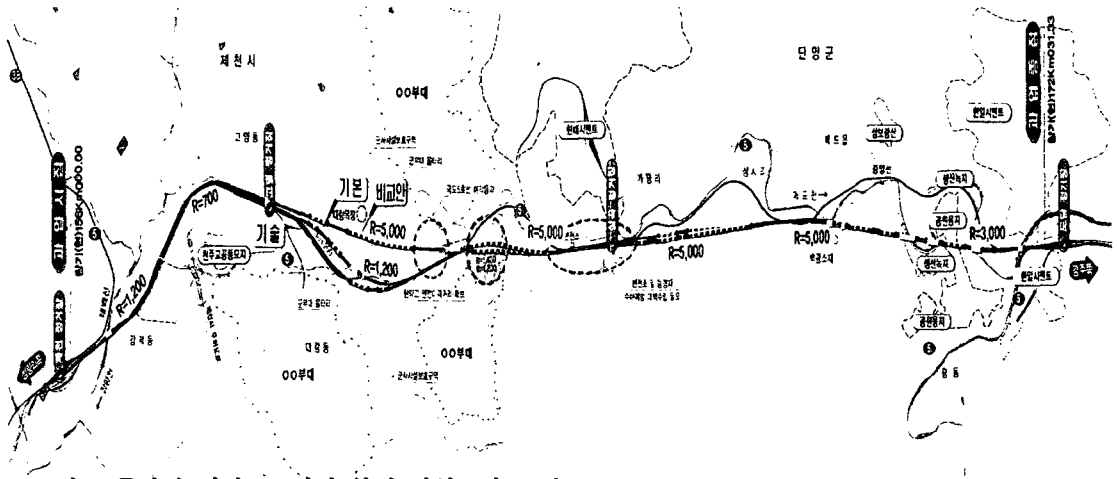


그림 3 중앙선 제천~도담간 복선 전철공사 노선도

R=1,200의 곡선선형이고 비교안은 두 역간을 거의 직선적으로 연결하는 것으로 계획된 R=5,000 곡선선형이다. 일반적으로 비교가 된 두 안 가운데 직선화 선형의 장점을 생각하면 곡선반경 R=5,000의 선형을 쉽게 선택할 수 있다.

그러나 기본안의 경우, 기존선에 연하여 계획되어 도시기본계획과 부합되고 환경훼손이 적으며 결과적으로 민원을 최소화 할 수 있는 안으로 검토된 반면, 비교안은 기존 마을과 목장을 관통하고 석회암 공동 다발지역에서의 과도한 구조물 설치로 고가의 공사비는 물론, 새로운 민원의 유발과 환경훼손이 우려되는 것으로 검토되었다. 이와같은 검토결과를 토대로 기본안을 설계안으로 설정하였다.

한편 기본안에 비해 비교안이 약 170m의 운행거리 단축 효과가 있다. 그러나 단축된 거리가 실

질적인 운행시간 단축으로 나타나지 않는다. 복선화후 본 구간에서 실시한 T.P.S 시험결과로 예상되는 제천~도담간 운행시간은 기본안이 12분 42초이며 비교안이 12분 36초로서 직선화 선형이 6초 빠른 것으로 나타났다. 이 시간차는 중앙선 전구간에서 예상되는 소요시간(약 4시간 20분)과 비교하면 큰 의미가 없다. 또한 본 과업구간인 제천~도담간의 철도 운송 특성은 시멘트 화물 대량 수송이라는 지역적 특성을 감안할 때 단순한 직선화 선형계획은 그것이 갖는 장점을 극대화하기가 쉽지 않을 것으로 판단된다.

따라서 일정 선구에 대한 직선화 선형의 결정시 지역의 특성은 물론 대상 노선의 특성을 충분히 판단하여 전체 노선의 특성에 맞는 방향으로 고려하여야 하며 선형뿐만 아니라 차량, 신호, 궤도 등의 시설수준과 효율적인 운영 관리시스템등의 적용을 통해서 만이 철도 선형개량 효과를 최대화 할 수 있을 것으로 사료된다.

5. 결론

- 1) 직선화 선형설계시 지역 및 노선 그리고 선구의 특성을 충분히 고려해야한다.
- 2) 선형도 시설 수준의 일부분 이므로 주요 시설수준에 부합하는 선형 결정이 필요하다.
- 3) 전국적으로 시행되고 있는 기존철도 개량시 경부, 호남, 중앙선등 각 노선마다의 특성과 장래 운영계획 등을 고려하여 개량 방향을 정해야 한다.
- 4) 각 노선이나 선구의 특성에는 여객과 화물의 운송비율, 지형 및 지반조건, 장래 운영계획, 지역특성, 간선과 보조노선, 지선등의 연계 계획등을 모두 포함된다.
- 5) 선로별 철도 시설 기준 적용시 획일적인 등급 결정보다 세분화된 철도시설 기준이 요구된다.

참고문헌

1. 철도공학, 이종득 저, 노해출판사, 2001
2. 철도공학의 이해, 서사범 저, 열과알, 2002
3. 최신 철도선로, 서사범 저, 열과알, 2002
4. 국유철도건설규칙, 철도청, 2000.8
5. 기존 철도 시설의 효율적 개선방안 연구, 서광석, 교통개발연구원, 정책연구 1999-16
6. 철도운영체계 개선을 통한 수송능력 증대방안, 교통개발연구원, 연구총서 1997-10
7. 21세기 국가 철도망 계획, 교통개발연구원,
8. 중앙선 제천~도담간 복선전철 기술조사 보고서, 철도청, 2001.5
9. 중앙선 제천~도담간 복선전철공사 기본설계보고서, 현대건설, 2001
10. 중앙선 제천~도담간 복선전철공사 기본설계 도면, 현대건설, 2001
11. 카르스트 지형에서 수행한 지반조사와 터널설계, 김달선, 주광수, 이희철, 서영호, 한국암반공학회 2003춘계학술발표회