

경의선 북한구간 소요전력 예측

A Prediction of the Electric Power in North Section of Kyongui-Line

유 원희*, 구 동희*, 서 정원*
You, Won-Hee* Koo, Dong-Hoi** Seo, Jeong-Won***

ABSTRACT

In relation to the connection of South-North railway(Kyongui-Line), the operating speed of the train in Kyongui-Line was reviewed. Due to the insufficient maintenance to support on the track of north section of Kyongui-Line, it is very old. The plan that the train run in the north section faster than present time was studied. Finally, the electric power required in the north section was predicted.

1. 서론

북한의 철도 노선중 남북한간 가장 먼저 운행이 가능한 노선으로 경의선이 유력시되고 있다. 경의선 남측에서는 어느 정도의 공사가 이루어져 있으며, 이를 통하여 중국, 러시아 등과의 화물 교역이 가능한 노선으로 검토되고 있다.

경의선은 남측구간의 서울-문산을 거쳐, 북측의 개성 및 평양을 통해 중국으로 향하는 노선으로서, 청진-두만강을 거쳐 러시아로 향하는 경원선과 연계될 수 있음으로 인하여 남북한 연계수송에서 중요한 노선으로 인식되고 있다. 특히 개성-평양간은 남북한의 교역은 물론 중국 및 러시아와의 교역에서 중요한 노선으로 인식되고 있다.

본 연구에서는 북한 경의선 구간인 개성-신의주 구간에 대하여 일제시대 건설된 도면에 기초하여 노선자료를 구축하였다. 정보에 의하면 북한 경의선은 개량에 의해 일제시대에 비해 13km정도 짧아진 것으로 알려져 있다. 그러나 북한의 경제사정을 고려하면 노선은 일제시대에 비해 크게 개선된 것이 없는 것으로 추정되므로 현재의 노선실태와 일치하지는 않지만 전력소모량이나 전체적인 열차주행시분 예측에는 큰 무리가 없을 것으로 보인다.

2. 대상노선 수송현황

선로의 능력이란 어느 노선이 하루동안 운전할 수 있는 최대열차회수로 철도용어로는 선로용량이라 부르며, 일반적으로 역간별로 계산하여 전 구간중 가장 작은 구간을 노선의 용량으로 정한다. 따라서 선로용량이 많아야 수송량이 증가하지만 실질적인 수송량은 1열차당 견인하는 량이 많고 적음에 따라 다를 수 있다. 경원선의 경우 1943년 19~25회 정도의 선로용량이었는데, 남한의

* 한국철도기술연구원

청량리-성북간 선로용량인 231회를 고려하면 상당히 미미한 편이며, 전철화 이후에는 23~30회 정도가 되는 것으로 보고 있다. 표 1에 경의선 북측 구간에 대한 노선현황이 보여지고 있다.

표 1 북한 경의선 관련 노선 현황

항 목	노선 현황
역간 거리	개 성 - 평 산 52.00km
	평 산 - 사리원 74.73km
	사리원 - 평 양 60.48km
	평 양 - 신안주 72.07km
	신안주 - 경 주 51.40km
	경 주 - 선 천 33.40km
	선 천 - 염 주 34.37km
	염 주 - 신의주 44.75km
	423.2 km
경유노선	경의선(개성-평양-신의주)
경유 중요역	개성-평산-사리원-평양-신안주-경주-선천-염주-신의주
공급전원	DC 3000V
기관차	붉은기 4000/5000/6000

※ 1950년대 경의선 부설 도면에 근거한 자료임

3. 경의선 운행 및 전력 소요 예측

3.1 해석관련 운행 및 차량 현황

북한의 해석관련 노선은 중국과 연결되는 경의선 북한구간을 고려하였으며, 북한의 차량제원과 운행규정에 따라 운행을 고려하고, 남북한을 연계수송하기 위해 국내에서 고려되는 컨테이너 차량을 편성하여 해석을 하였으며, 운행시분, 전력소모량 등을 예측하였다.

해석에 고려되는 운행노선에 대해서는, 중간역과 운행거리는 현재 정확한 데이터가 없으므로 구체적인 구배, 곡선, 운행 패턴에 대한 정보를 일제시대 건설된 도면에 근거하여 작성한 후, 운행결과를 도출하였다.

표 2 해석에 필요한 운행조건

항목	세부사항	고려사항
노선	곡선통과속도	북한의 운행조건 적용
	구배 및 곡선	경의선 도면 이용 (1950년대)
	선로 최고속도	80km/h 및 90km/h
차량	기관차	북한 기관차 견인방식 : 붉은기 5000 남한기관차 견인방식 : 전기기관차 8000대
	화차	대륙연계용 컨테이너 채워

해석하고자 하는 노선에서 컨테이너 화차를 수송하기 위해서는 기본적으로 해석을 위한 차량편성(안)을 구성해야 한다. 이를 위해서 다음과 같은 운행조건으로 편성을 고려하였다.

표 3 해석을 위한 차량 편성 조건

항 목	국내 기관차 견인방식	북한 기관차 견인방식
편성형태	1M+25F	
기관차 형식	전기기관차 : 8100대	전기기관차 : 붉은기5000
전기방식	AC25kV	DC 3000
견인마력	5300HP	3180KW
기관차 중량	132톤	120톤
화차중량	1325톤(만차), 550톤(공차)	1325톤(만차), 550톤(공차)
최고속도(기관차)	150km/h	120km/h
관성계수	기관차 : 약 12% , 화차 : 6% 적용	
주행저항	국내 철도청 주행저항식 적용	
열차길이	397.98m (기관차 20.73m, 화차 15.09m)	396.1m (기관차 18.846m, 화차 15.09m)
최고운행속도	최고 운행속도 : 80km/h 및 90km/h	
정차방법	- 중요역 정차 방법(2분정차)	- 모든역 정차 방법(1분정차)
곡선 통과속도	$V = 4.33 \times \sqrt{R}$	
주행저항	- 기관차 : $R = 1.9 + 0.01 \cdot V + 0.0003 \cdot V^2$ - 화차 : $R = (29 + V) / (q + 0.5q)$ (V:km/h, q:화차 총중량, R : 기관차 kN당 기본저항(N/kN))	
열차 운행 조건	- 만차 기준하에서 해석	
비 고	-기관차는 국내기관차 견인시와 북한 기관차 견인으로 구분하여 향후 국내 기관차의 북한내 통과시를 고려하여 해석함.	

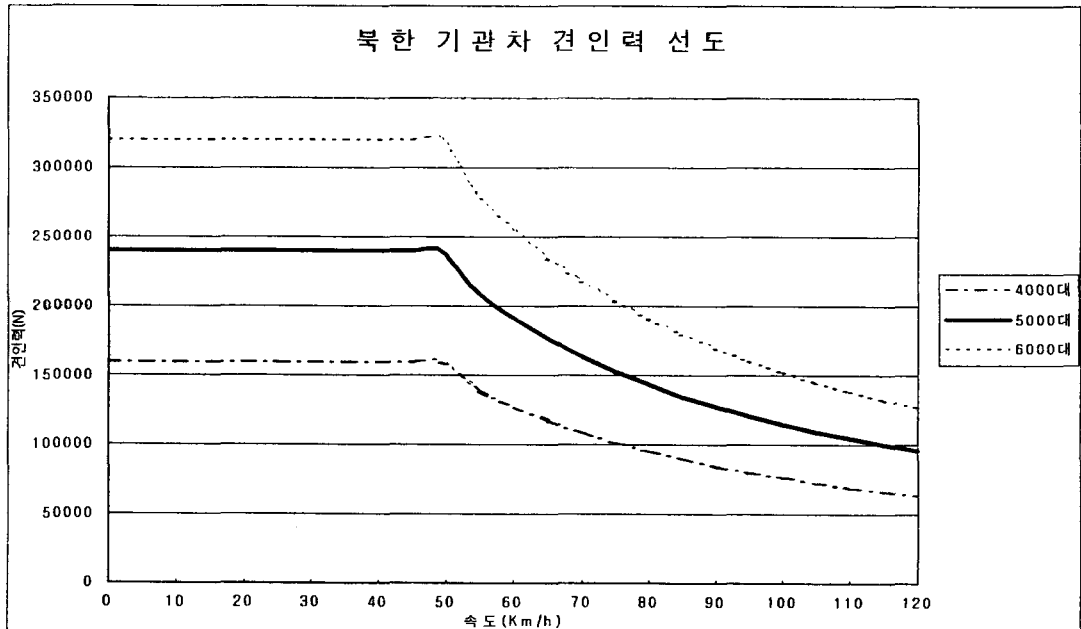


그림 1 북한 전기기관차 견인력 선도 예측 곡선

개성-신의주간 경의선의 총 연장은 423.2km로서 곡선반경은 직선이 73%, 600m 이하가 18%를 차지하며, 구배는 10% 이하로 이루어져 있다.

경의선의 노선은 구배조건이 양호하고, 곡선상태도 다른 노선에 비해 양호하며, 노반보수가 되면 고속화가 충분히 가능할 것으로 예상된다. 표 5와 표 6은 경의선의 곡선현황과 구배현황을 보여주고 있다.

표 4 경의선 곡선현황

곡선반경(m)	거리(km)	비율(%)
0	307.254	72.6
400	7.989	1.9
500	19.996	4.7
600	47.638	11.3
700	5.567	1.3
800	14.145	3.3
900	0.805	0.2
1000	6.796	1.6
1200	2.28	0.5
1400	5.591	1.3
1600	1.075	0.3
2000이상	4.103	1.0

표 5 경의선 구배현황

구배(%)	거리(km)	비율(%)
0	85.6	20
$0 < G \leq 3$	114.9	27
$3 < G \leq 6$	54.1	13
$6 < G \leq 9$	69.4	16
$9 < G \leq 10$	99.3	23

개성-신의주간 역수는 57개로 되어있는데, 평양-신의주간은 30개 역이 존재하고 연장은 236km이며, 개성-평양간은 24개역이 존재하고 연장은 187.2km이다.

3.2 운영관련 해석

개성-신의주 구간에 대하여 차량 2종류(북한기관차, 남한기관차), 최고속도 80km/h(1단계) 및 90km/h(2단계)를 기준으로 운행하는 것으로 전제하였을 때, 남북한 연결 컨테이너 화차 수송에 대해서 표 7과 같은 결론을 얻을 수 있었다. 이를 상세히 살펴보면 기관차 1대가 25량의 화차를

견인(1P+25T)하여 직통(중요역 정차) 운행한 화물열차의 경우, 개성-신의주간을 6시간 내에 운행 가능하고, 속도향상시 30분 정도의 단축효과가 있으며, 평균속도도 약간 증가한다. 시간당 에너지 소모는 15KWh/km 정도로 효율이 높은 편이다.

모든 역 정차의 경우 개성-신의주간 8시간 이상이 소요되고, 평균속도는 50km/h정도, 에너지소모는 25~28KWh/km로 산출되어 여건이 좋지 않다. 이 경우는 속도향상 효과도 15분 정도의 단축효과밖에 없다.

남측의 전기기관차 견인의 경우 북한 기관차에 비해 힘이 좋아 시간단축효과는 좋으나, 에너지소모가 증가되는 경향이 있다.

그러므로 북한 기관차 운행을 고려하면, 남한 기관차에 비해 운행속도는 떨어지지만 에너지 소모는 적은 편이다. 여기에서 남한 기관차 운행은 직통운행과 공동운영의 가능성을 두고 검토된 것이다.

초기에는 1P+25T의 운행을 고려하면 별 무리가 없으리라 예상되지만, 추후 수송수요 증가시 해당 화물수송량을 증대시키기 위해 기관차 2대가 50량을 견인(2P+50T)하는 방안도 가능할 수 있겠으나, 대피선의 연장을 충분히 고려하여 방안을 결정하여야 할 것이다.

표 6 50TEU 수송을 위한 차량 편성

내 용	단계	중요역 정차		모든역 정차	
		북한차량	남한차량	북한차량	남한차량
노선 내용	개성-신의주 (423.2km)				
주행시간(분)	1단계	6시간	5시간51분	8시간33분~ 8시간45분	7시간57분~ 8시간3분
	2단계	5시간30분	5시간19분	8시간18분~8시 간31분	7시간37분~ 7시간43분
평균 주행속도 (km/h)	1단계	70	72	48~50	53
	2단계	77	80	50~51	55~56
에너지 소모 (Kwh)	1단계	6,300~6,600	6,728~6,988	10,757~110,44	11,580~11,873
	2단계	6,440~6,690	7,108~7,362	11,688~11,848	12,900~13,200
km당 에너지소모 (Kwh/km)	1단계	15.0~15.6	15.9~16.5	25.4~26.1	27.4~28.1
	2단계	15.2~15.8	16.8~17.4	27.6~28.0	30.5~31.2
적재 중량(TEU)	50 TEU				
차량 편성	1P + 25T				

3.3 남북 철도 연계 운행에 따른 추가 전력량 예측

남북한 철도 연계 수송이 이루어질 경우 이에 따른 물동량의 변화와 추가 전력 수요가 예상된다. 여기에서는 경의선과 연계되는 대안 노선을 검토하여 중국으로 통하는 물동량에 대한 추가 전력을 계산하였다.

경의선 개통에 따른 2005년도 및 2010년도를 기준으로 경의선의 전력수요 및 운행회수를 알아 보면 다음과 같다.

표 7 철도 예상 전력 소요량 및 운행횟수

내 용				북 한	
				2005년	2010년
예상 철도전력 소요량(Kwh)				973,838,250Kwh ~ 1,045,168,740Kwh (약 5.0%)	
경의선 연계시 예상 전력 소요량 (Kwh)	북한기관차 견인시	조건 미개선시	중요역정차	47,158,000~47,924,500	73094900~74282975
			각역정차	79,570,000~85,906,400	123,333,500~133,154,920
		조건 개선시	중요역정차	54,231,700~55,113,175	101,389,700~103,037,675
			각역정차	91,505,500~98,792,360	171,075,500~184,698,760
	남한기관차 견인시	조건 미개선시	중요역정차	50,063,400~52,815,500	77,598,270~81,864,025
			각역정차	85,607,100~95,265,000	132,691,005~147,660,750
		조건 개선시	중요역정차	57,572,910~60,737,825	107,636,310~113,553,325
			각역정차	98,448,165~109,554,750	184,055,265~204,819,750
경의선 연계시 예상 운행 횟수/일	조건 미개선시		20회	31회	
	조건 개선시		23회	43회	

4. 결론

북한의 경의선(개성-신의주)을 통해 남북한간 철도화물 수송이 이루어질 경우, 현재까지 고려 가능한 차량 형태는 북한 기관차 견인에 2P+25T의 편성을 가지고 최고속도 80km/h, 90km/h로의 운행 형태이다.

북한 경의선의 선로구축물의 상태는 구배나 곡선이 다른 노선에 비해 양호하므로 90km/h 정도의 속도에는 큰 무리가 없을 것으로 판단되나, 안전성 측면에서 궤도 보강 또는 안전설비가 보강되어야 할 것으로 사료된다. 차량의 경우 이를 수송하기 위한 남북한 공용 컨테이너 차량이 고려되어야 할 것이다. 이러한 편성으로 운행을 할 경우 가장 문제가 되는 역구내의 플랫폼 길이나 대피선은 최소 450m 이상을 유지하여야 할 것으로 판단된다. 대피선은 남북한 공히 수송효율 측면에서 심각히 고려되어야 하는 부분이다.

남북한의 철도관련 전력수요를 보면 남한은 총전력의 0.4%(1,060,820,000Kwh)이고, 북한의 경우 철도의 원활한 수송을 위해서는 총전력의 5.0~5.4% (973,838,000 ~1,045,168,000Kwh) 정도로 예측된다.

모든 역 정차의 경우 개성-신의주간 소요시간은 8시간 30분 정도로 예상되며, 표정속도 50km/h, 에너지 소모는 25~28Kwh/km로 국내의 21Kwh/km에 비해 좋지않다. 이 경우 속도향상(최고속도10km/h 상승)도 15분 정도의 단축효과 및 표정속도 증가효과도 3~5km/h정도밖에 되지 않는다.

중요 역 정차의 경우 개성-신의주간 소요시간은 6시간 정도로 예상되며, 표정속도 70km/h정도, 에너지 소모는 15Kwh/km로 국내의 평균 21Kwh/km에 비해 좋은 편이다. 이 경우 속도향상(최고속도10km/h 상승)도 30분 정도의 단축효과가 있고, 표정속도는 약 80km/h 정도 가능하다.

남측의 전기기관차의 경우 힘이 좋아 시간단축효과는 좋으나 에너지 소모가 증가되는 경향을 보인다.

년도별 수송량을 보면 조건 미개선시 2005년 20회/일, 2010년 31회가 예상되며, 조건 개선시 2005년 23회/일, 2010년 43회/일 정도의 추가 운행이 예상되며 이에 따른 추가 전력이 필요하다.