

고속철도 도중 건널선의 합리적인 설치간격에 관한 연구 Study on the reasonable spacing during high-speed railroad line crossing

안용익*†, 오석문*, 이경철*, 김경민*, 장운호**

Yong-Ik Ahn*†, Suk-Mun Oh*, Kyung-Chul Lee*, Kyung-Min Kim*, Yoon-Ho Jang**

Abstract This paper examines the proper spacing can be applied line crossing during high-speed railroad. Proper spacing of the line crossing presented in this paper is configurations to compare that the cost of installation a line crossing and the benefit of using a line crossing by high-speed rail vehicles and maintenance vehicles. Cost of installation a line crossing was referenced Honam high-speed railway. Benefits were estimated to reduce fuel costs and labor costs of maintenance vehicle and passenger's destination arrival time between high-speed train and car. Compare to costs and benefits, than examined a minimum spacing to installation line crossing that is more than B/C 1.0.

Keywords : Railroad line crossing, High-speed rail, Reasonable spacing

초 록 이 논문은 현재 국내에 명확하게 제시되어 있지 않은 고속철도 도중 건널선의 적정 설치간격을 검토한다. 이 논문에서 제시하는 도중 건널선의 적정 설치간격은 설치에 따른 비용 및 유지보수비와 이를 이용하는 고속열차 및 유지보수차량의 편익을 비교하는 방법으로 구성된다. 도중 건널선의 설치비용은 호남고속철도 도중 건널선 설치비용을 참고로 하였다. 도중 건널선을 설치함으로써 발생할 수 있는 편익으로는 유지보수차량의 연료비 및 인건비 절감편익과 고속열차 차량의 추가 운영을 통한 승객 수송인원을 자동차를 이용하였을 경우와 비교하여 산정하였다. 마지막으로 도중 건널선 설치에 따른 공사비 및 유지보수비와 편익을 비교하여 B/C 1.0 이상이 되는 최소 설치간격을 검토하였다.

주요어 : 고속철도, 도중 건널선, 설치간격

1. 서 론

도중 건널선이란 이례상황 발생시 반대 선로를 이용하여 운행할 수 있도록 해주는 선로전환 시설을 말한다. 이러한 도중 건널선은 정거장 진출입부에 위치한 선로전환기와는 다른 것으로, 역과 역 사이에 설치한다. 고속철도의 경우 다른 철도에 비해 역간거리가 상대적으로 길어, 열차 또는 선로고장 등으로 단선운행하게 될 경우 지연시간을 줄이고, 열차운영 효율을 증대시키기 위하여 도중 건널선을 설치 및 운영하고 있다. 그러나 이러한 도중 건널선의 설치간격에 대한 연구는 이루어지고 있지 않아 본 논문에서는 합리적인 설치간격을 검토하였다. 본 논문은 한국철도시설공단의 “합리적인 선로 배선계획 수립방안 연구” 용역의 최종보고서 내용을 기반으로 한다.

† 교신저자: 한국철도기술연구원 녹색교통시스템물류공학연구소(appear83@krrri.re.kr)

* 한국철도기술연구원 녹색교통시스템물류공학연구소, ** 한국철도시설공단 KR연구원 기술연구처

2. 본 론

2.1 국내외 도중 건널선 설치간격 현황

국내 고속철도는 경부고속철도와 호남고속철도로 구성되어 있다. 경부고속철도의 경우 서울~부산 간 423.8km 구간에 9km~40km 간격으로 총 8개소(32틀)의 도중 건널선이 설치 및 운영되고 있고, 2015년 4월에 개통한 호남고속철도의 경우 21km~27km의 간격으로 3개소의 도중 건널선이 설치 및 운영되고 있다. 이러한 도중 건널선은 돌발상황 등으로 인하여 2011년~2012년 2년간 KTX의 경우 도중 건널선을 52회 사용되었고, 유지보수차량의 경우 동기간 약 7,300회 가량을 사용한 것으로 나타났다(한국철도공사 내부자료).

해외에서는 도중 건널선의 설치간격 등에 대한 지침을 따로 마련하지 않고 있는 것으로 나타났다. 프랑스와 독일에서는 최소 운전시각에 알맞게 설치거리를 조정(프랑스 20~25km, 독일 7~40km)하여 도중 건널선을 설치하고 있다. 반면 일본 및 중국 등에서는 기본적으로 양방향 운행을 시행하지 않아 도중 건널선을 설치하지 않고, 필요시 정거장 내외방 선로 전환용 분기기를 활용하고 있다.

2.2 호남고속철도 도중 건널선 설치 경위

호남고속철도 건설시 철도건설자문위원회와 국토교통부에서는 한국철도공사와 한국철도시설공단의 상반된 의견 및 관련자료를 종합적으로 검토하여 최종적으로 도중 건널선을 설치하는 것으로 결정하였다. 다만, 익산~정읍 구간의 경우 설치 필요성이 낮으므로 사업비 절감 차원에서 폐지를 결정하였다. 도중 건널선의 설치여부에는 다음과 같은 판단이 작용하였다. 첫째, 도중 건널선은 문제상황 발생시 원활한 처리를 도모하기 위한 안전시설이므로 설치여부에 대한 종합적 판단이 필요하다. 둘째, 도중 건널선을 폐지할 경우 사고발생시 열차처리 용량 감소로 열차운용 효율이 저하될 수 있다. 셋째, 장래 여건 변동으로 도중 건널선이 필요한 경우, 콘크리트도상 구조인 호남고속철도는 설치가 어려울 수 있다. 넷째, 도중 건널선을 경부선에 설치하고, 호남선에는 설치하지 않을 경우 불필요한 갈등이 발생할 수 있다.

위와 같은 사례에서처럼 도중 건널선의 설치에 대한 의견이 분분하고, 적절한 설계지침이 마련되지 않아 비효율적인 업무진행이 이루어질 수 있어 개선안의 마련이 필요한 실정이다.

2.3 고속철도 도중 건널선 설치기준 제시

2.3.1 제시방향

국내에는 도중 건널선과 관련된 명확한 설치기준을 제시하는 관계규정이 없다. 도중 건널선은 비상시 열차운영 효율 향상에 기여하지만 지나치면 공사비 증가 및 통과속도 제한 등의 단점이 발생할 수 있다. 따라서 본 연구에서는 고속철도 도중 건널선의 설치시 이용편익과 도중 건널선 설치 및 유지보수비용을 비교하여 적절한 설치간격을 검토하였다.

2.3.2 도중 건널선 설치 및 유지보수비용

도중 건널선의 공사비용은 2015년 4월 개통한 호남고속철도의 도중 건널선 설치비용 자료를 활용하였다. 콘크리트도상인 호남고속철도의 도중 건널선 설치비용은 노무비와 자재비, 선로 전환기 비용 등으로 약 207,511만원이 소요된 것으로 나타났다. 도중 건널선의 연간 유지보수 비용을 총 공사비의 약 1%라고 가정하였을 경우 40년간 도중 건널선을 설치 및 운영하는데 소요되는 총 비용은 약 290,515만원 가량이 될 것으로 판단된다.

Table 1 Cost of installation line crossing (Honam high-speed railroad. 40years)

Division	Costs (10,000won)	Total cost(A)	Maintenance costs(B)	(A)+(B)
Construction costs	3,512.5	207,511.0	83,044.4	290,515.4
Material costs	87,143.0			
Line switcher	13,100.0			

2.3.3 도중 건널선 이용시 유지보수차량의 편익

유지보수차량의 도중 건널선 이용편익 산정을 위해 A정거장과 B정거장 간의 거리가 50km이고, 사고 등의 이례상황이 20km 지점에서 발생하였으며, 유지보수장비는 환경적인 이유로 정거장 인근 내외방 선로 전환용 분기기를 사용하지 못하는 상황의 시나리오를 설정하였다. 유지보수차량의 운행비는 “합리적인 선로 배선계획 수립방안 연구(한국철도시설공단)” 과제에서 제시한 평균 연료소비량 1.69 l/km, 연료단가 1,450원/l, 이동속도 80km/h를 적용하였다.

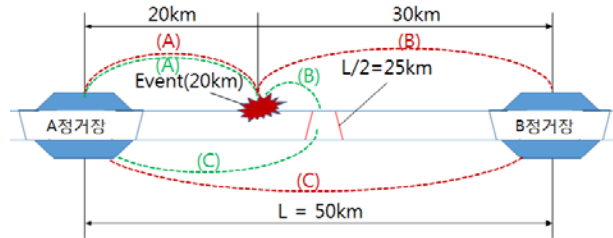


Fig. 1 Senario(50km between A to B station and occurrence an event

시나리오의 가정을 현실적으로 판단하기 위해 국토교통부 등의 도중 건널선 관련 내부분석 자료를 추가적으로 검토하였으며, 이와 같은 자료를 토대로 유지보수차량의 이동시간 절감편익을 산정한 결과, 도중 건널선을 설치하였을 경우 정거장 간 거리가 50km인 경우 연간 약 7,829만원의 편익이 발생하는 것으로 분석되었다.

Table 2 Maintenance vehicle's benefit (Compare to installation/Uninstalled line crossing)

Division	Fuel efficiency (1)	Fuel costs (2)	Distance (A)	Distance (B)	Distance (C)	Total Distance (3)
Not used line crossing	1.69 l/km	1,450 won/l	20 km	30 km	50 km	100 km
Used line crossing				5 km	25 km	50 km
Division	(1)*(2)*(3)		Leveraging performance	Total maintenance costs		The cost difference
Not used line crossing	24.5		639	15,658.7		7,829.3
Used line crossing	12.3			7,829.4		

유지보수차량을 운영하는 인건비의 편익은 1종 작업에 필요한 인원을 6인으로 설정하여 산정하였다. 도중 건널선의 활용실적은 한국철도공사에서 제시한 유지보수차량의 도중 건널선 활용실적을 토대로 연간 639회/개소로 설정하였다. 분석 결과 도중 건널선을 이용하였을 경우 연간 약 8,139만원의 편익이 발생하는 것으로 나타났다.

Table 3 Labor charge benefit (Compare to installation/Uninstalled line crossing)

Division	Labor charge (1)	Reduction charge (2)	{(1)-(2)} *6person	Number of Using line crossing	Total labor charge	(A)-(B) (10,000won)
Not used line crossing	33,966 won/h	-	203,793	639	130,223,727 (A)	8,138.9
Used line crossing		12,737 won	76,422		48,833,898 (B)	

2.3.4 도중 건널선 이용시 고속철도 차량의 편익

사고차량 발생시 도중 건널선의 이용편익은 고속철도 열차와 승용차의 주요 목적지별 통행 시간 차이를 비교한 후 업무시간가치(20,718원/시간)을 이용하여 분석하였다.

2013년 KTX 평균 열차 운행횟수 141회를 기준으로 사고 등의 이례상황 발생시 도중 건널선을 설치하였을 경우 70회(50%), 설치하지 않았을 경우 47회(33%)가 운행 가능한 것으로 가정(국토부 설명자료)하고, KTX의 회당 수송인원을 935명으로 계산하면 도중 건널선의 설치로 약 21,505명의 인원이 추가적으로 KTX를 이용할 수 있을 것으로 예상된다. KTX를 이용하는 승객의 목적지는 철도통계연보의 KTX 거리별 이용실적 자료를 활용하여 분배하고, 연간 열차사고 발생확률은 한국철도공사의 내부자료를 분석하여 0.15%를 적용하였다. 그 결과, 사고차량 발생시 도중 건널선을 이용한 편익은 40년 간 약 4,240만원 가량 발생할 것으로 예상된다.

Table 4 Operating efficiency benefits of high-speed trains (using line crossing)

Division	25km	65km	90km	150km	250km	350km	430km	Total	Total (Application of probability accidents)
Time difference of arrival	3min	4min	37min	57min	84min	129min	157min	-	-
Utilization rates (%)	0.89	4.19	4.42	23.55	25.51	21.44	20.00	100%	-
Benefit (10,000won)	18.7	103.5	1,199.9	9,825.5	15,888.3	20,449.6	23,187.6	70,673.0	4,240.38 (40 years)

2.3.5 도중 건널선 이용편익 종합

도중 건널선을 이용함으로써 발생할 수 있는 유지보수차량의 이동시간 및 인건비 절감편익과 KTX 운행편익을 합산하면 40년 동안 약 642,974만원이 될 것으로 예상된다. 도중 건널선의 될 것으로 예상된다. 도중 건널선의 설치 및 유지보수비용과 비교하였을 때 B/C는 2.21로 산출되어 경제성이 있는 것으로 판단된다.

Table 5 Result of comparing the costs and benefits

Installation of line crossing	Benefits of maintenance vehicle	Benefits of KTX benefits	B/C
290,515.4	638,733.2	4,240.4	2.21

3. 결론

철도 신설 이후 도중 건널선을 추가적으로 반영하거나 중간에 폐지할 경우 비용 및 운영 효율성이 떨어질 가능성이 높으므로 혼란을 방지하기 위해 고속철도 도중 건널선의 설치기준을 마련할 필요성이 있다. 또한, 도중 건널선은 선로 유지보수차량도 이용하기 때문에 작업시간 증대를 위해서도 설치하는 것이 좋을 것으로 판단된다.

호남고속철도의 도중 건널선 설치 필요성에 대한 국토교통부의 최종 결정에서도 비용적인 측면뿐만 아니라 고속철도의 중요성과 중장기 국가기반시설의 인프라 확보, 열차운영효율증대, 이례사항 발생시 원활한 열차소통과 안전운행 확보, 효율적인 유지보수업무 수행 등을 감안한 것을 고려하였을 때, 현재 제시되어 있지 않은 도중 건널선의 설치간격의 규정이 필요할 것으로 예상된다.

도중 건널선 설치시 유지보수차량의 이용편익 및 열차사고에 따른 운행 효율성 확보의 편익과 도중 건널선 설치비용을 비교, 검토한 결과, 약 350,000만원 가량의 편익이 발생하는 것으로 나타났다. 비용편익 검토 결과 이는 2.21로 정거장 간 거리가 50km일 경우 도중 건널선을 설치하는 것이 그렇지 않은 것보다 경제적일 것으로 판단된다.

만약 정거장 간 거리가 50km보다 짧을 경우 경제성이 부족할 수 있다. 위에서 제시한 분석 방법으로 정거장 간 거리가 짧을 경우를 분석한 결과, Fig.2와 같이 역간거리가 약 25km 이하인 경우 B/C가 1.0 미만이 되는 것으로 나타났다.

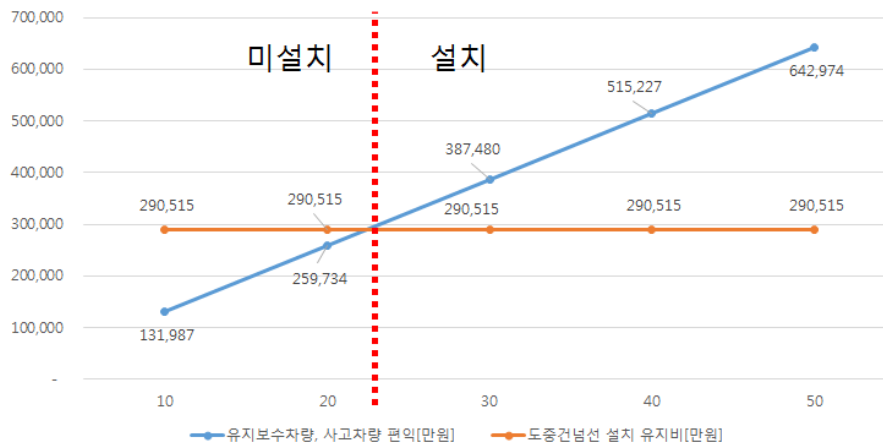


Fig. 2 Change benefit/Costs by station distance

본 연구에서는 도중 건널선의 설치비용과 이용편익을 비교하여 경제적으로 타당성이 있는 역간거리를 검토하였다. 하지만 실제 도중 건널선의 설치시에는 정거장의 위치 및 주변여건 등 현실적인 부분들을 고려하여 종합적인 판단이 필요할 것으로 판단된다.

후 기

이 논문은 철도 배선계획과 관련하여 현재 미흡한 다양한 설계 기준들의 정립을 위해 한국철도시설공단에서 발주한 “합리적인 선로 배선계획 수립방안 연구” 용역의 최종보고서 내용을 기반으로 하였다.