

국내 틸팅열차 도입을 위한 신호시스템 운영방안 연구

The signal system operation plan research for a Tilting train introduction

이훈구* 이남형** 이수환† 이영호*** 백중현****
Lee, Hoon-Koo Lee, Nam-Hyeong Lee, Soo-Hwan Lee, Young-Ho Baek, Jong-Hyen

ABSTRACT

Since 2003, the domestic ground signalling system of the Kyeongbu and Honam lines has been steadily improving with the introduction of the ATP system and application of the system to the train is actively being pursued for 2009 target.

Therefore, new ground signalling systems are being installed to the trains and track conditions to control the train speed to a maximum of either 80km/h, 120km/h, 150km/h, or 160km/h.

As well, considering safe breaking distance, block signalling has been installed and also the change over times of the track switching device has been adjusted according to the train speed.

Since the new Tilting trains will be running faster than present trains, at speeds over 180 km/h, we anticipate that there will be problems with present signalling facilities.

Therefore this paper attempts to examine the various problems with the interface between the ATP signalling system and the new Tilting trains and also it will propose the most effective operating plan based upon case studies of successful foreign operations.

1. 서 론

국내 철도분야의 신호시스템은 2003년부터 경부선과 호남선에서 ATP시스템으로 개량하고 있으며, 차량부분은 2009년까지 ATP 차상신호설비를 구축한 것으로 추진하고 있다. 따라서 현재 추가 설치되는 지상신호설비는 선로조건과 차량조건에 따라 최고속도를 160km/h, 150km/h, 120km/h, 80km/h 등 다양한 속도를 고려하여 안전운행을 위한 안전제동거리가 확보된 폐색신호기 설치거리를 확보하고, 열차 운행속도에 따른 선로전환기의 전환소요시간 등을 적용하고 있다. 그러나 기존 선로에서 속도향상을 위하여 운영을 계획하고 있는 틸팅열차는 기존의 최고 속도보다 빠른 180km/h로 계획되고 있으므로 이에 따른 신호설비의 운영상에 문제가 발생할 수 있다. 따라서 본 문에서는 틸팅열차의 운행에 따른 ATP 신호시스템과 발생가능한 문제점을 검토하고 해외의 적용사례를 검토하여 국내에 ATP 신호시스템의 운영 방안을 연구하였다.

2. 본 문

2.1 ATP ERTMS/ETCS ATP장치의 정의

폐색구간 경계지점의 선로 중앙에 지상자(Balise)를 설치한 후, 지상자를 통해 폐색구간의 길이, 선로

† 책임저자 : 정회원, (주)에이알텍, 엔지니어링팀, 이사, 우송철도대학원
E-mail : ksjslh@korea.com

TEL : (031)441-5561 FAX : (031)441-5563

* 정회원, (주)에이알텍, 엔지니어링팀, 부사장, 우송철도대학원

** 정회원, (주)에이알텍, 엔지니어링팀, 상무

*** 비회원, (주)에이알텍, 엔지니어링팀, 대리

**** 정회원, 한국철도기술연구원 선임연구원

구배, 분기기 위치 등의 지역정보(불변 또는 고정정보)와 지상신호기가 현시하는 현시정보(가변정보)로 구성된 지상 정보를 차상으로 전송하면 차상 안테나(차상자)를 통해 수신되는 이들 정보와 각각의 열차에 대해 주어진 차상 정보(차상장치종류, 차량 동력, 열차종별 등)가 결합하여 목표속도와 제동목표를 계산한 후, 최적의 상태로 열차를 운행시키는 열차제어장치라고 정의하고 있다.

그 동안의 연구는 텀팅열차와 일반열차의 차이점을 토대로 진행되어 왔지만, 지상에서 받은 정보를 차상컴퓨터에서 목표속도와 제동목표를 계산한 점을 착안하여 문제점 및 해결방안을 모색해 보았다.

2.2 텀팅열차의 ATP차상신호선비 장착 운영시 기존선에서의 문제점

2.2.1 기존선의 폐색거리에 따른 문제점

폐색거리분할은 선로의 상태(구배 및 곡선반경 등)와 신호현시조건(3현시 또는 5현시)에 따라서 열차의 제동제어거리를 기준으로 산출하게 되며 5현시 여객열차의 조건하에서에서는 아래와 같다.



그림 1. 5현시 자동폐색신호 구간의 속도 Pattern

도표 1. 제동소요거리 산출근거

여객열차	산출식	$\left(\frac{V^2}{20} + \frac{2V}{3.6}\right) + \frac{5V}{3.6} + \frac{V}{3.6}$
	산 식	$\left(\frac{150^2}{20} + \frac{2 \times 150}{3.6}\right) + \frac{5 \times 150}{3.6} + \frac{150}{3.6} = 1,458$
여객열차 열차제동제어거리는 : 1,458[m] x 1.2(제동여유거리) = 1,750[m]		

제동소요거리는 1,750m이고 3구간의 폐색이므로 1폐색은 약 600m이고 열차의 안전운행을 위하여 아래와 같이 폐색구간 길이를 산출한다.

도표 2. 제동소요거리 산출근거

G : 150km/h →	$S = \frac{V_1^2 - V_2^2}{7.2\beta} = \frac{150^2 - 105^2}{7.2 \times (1.8 \sim 2)} \approx 885 \sim 800[m] - 840[m]$
YG : 105km/h	

현재 기존선은 위와 같은 근거로 폐색길이는 최소 600m, 평균 850m를 기준으로 하고 있다. 하지만, 텀팅열차의 경우 열차의 최고속도가 일반 여객열차보다 더 빠르기 때문에 아래와 같이 폐색구간의 길이가 변경되어야 할 것이다.

도표 3. 제동소요거리 산출근거

텀팅열차	산출식	$\left(\frac{V^2}{20} + \frac{2V}{3.6}\right) + \frac{5V}{3.6} + \frac{V}{3.6}$
	산 식	$\left(\frac{180^2}{20} + \frac{2 \times 180}{3.6}\right) + \frac{5 \times 180}{3.6} + \frac{180}{3.6} = 2,020$
여객열차 열차제동제어거리는 : 2,020[m] x 1.2(제동여유거리) = 2,424[m]		

제동소요거리는 2,424m이고 3구간의 폐색이므로 1폐색은 약 800m이고 열차의 안전운행을 위하여 아래와 같이 폐색구간 길이를 산출한다.

도표 4. 제동소요거리 산출근거

G : 150km/h → YG : 105km/h	$S = \frac{V_1^2 - V_2^2}{7.2\beta} = \frac{180^2 - 105^2}{7.2 \times (1.8 \sim 2)} \approx 1484 \sim 1650[m] = 1560[m]$
-------------------------------	--

위와 같은 산출근거에 의하면 틸팅열차의 안전운행을 위해서 폐색구간의 길이는 최소 800m, 평균 1500m이어야 한다. 틸팅열차의 제동특성상 180km/h에서 1400m의 제동거리를 가지고 있지만, 이 역시 최소 제동확보거리는 기존선로의 한 구간 최소 폐색길이 600m보다 길어 폐색의 위치 조정이 필요할 것으로 검토되었다.

2.2.2 전기선로전환기 동작에 따른 열차속도의 문제점

한국철도시설공단 편람(신호편)에 의하면 역구내의 장내신호기는 첫 번째 전기선로전환기로부터 대향일 경우 100m, 배향일 경우 60m로 규정하고 있다. 또한, 전기선로전환기의 종류 및 정격전류에서의 동작시간은 아래와 같다.

도표 5. 전기선로전환기 종류 및 정격전류에서의 동작시간

구 분	NS형	NS-일체형	NS-AM형	침목형	MJ81형	S 700K형
동작시간	6초 이하	4~4.5초	7초 이하	3~5초	4.2초	3.5초~7초

기존선로의 전기선로전환기는 주로 NS형과 NS-AM형을 사용하고 있으며, 고속철도 1단계사업에서는 MJ81를 사용하고 있다. 또한, 고속철도 2단계사업에서는 S700K형을 사용하여 건설중에 있다. ATP를 장착한 틸팅열차가 장내신호기를 통과하여 역구내로 진입시 일반열차보다 빠르게 진입할 것으로 예상되며 기존선로에 장착되어 있는 NS형 또는 NS-AM형은 동작이 완료되기 전에 열차가 통과할 수 있을 것으로 예상되어 진다. 그러므로 틸팅열차가 기존선에서 원활한 운영을 위해서는 기존선로의 전기선로전환기를 고속선로에 사용중인 MJ81형이나 S700K형으로 대체할 필요가 있다고 검토되었다.

2.2.3 건널목 지장물 검지시 열차속도에 따른 제동거리의 문제점

현재 기존선의 건널목 지장물 검지장치에 대한 지상자의 설치는 열차의 제동거리에 의해서 설치되어 있고 건널목의 지장물 검지 장치 동작 여부를 SRS 2.2.2 Packet65 임시 속도 제한 코드를 전송함으로써 동작하게 되어있다. 현재 국내에서 운영중인 열차최고속도 및 최고속도에서의 제동거리, 기존선로의 건널목 현황은 아래와 같다.

도표 6. 열차종별 최고속도 및 최고속도에서의 제동거리

열차종별	고속열차	디젤기관차		화물열차			틸팅열차
		새마을호	무궁화호	고속	컨테이너	일반	
최고속도 (km/h)	160	150	120	120	100	80	180
비상제동거리 (m)	686	824	586	891	735	571	1400
제동곡선 3초에 기초한 시작거리 (m)	133	117	100	100	83	67	-
제동거리(m)	819	941	686	991	819	638	-

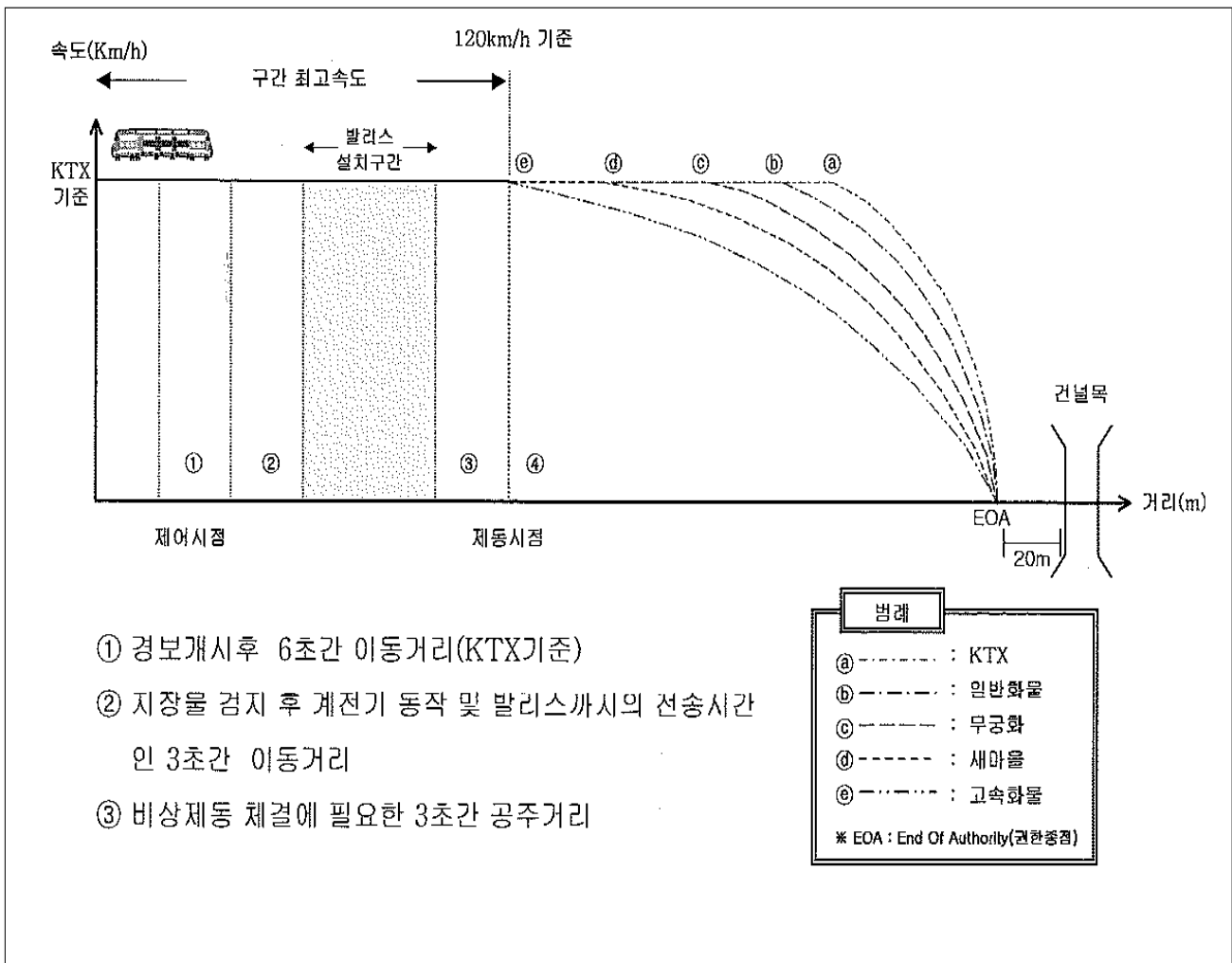


그림2. 제동체결에 필요한 시간 및 열차종별간 제동커브

도표 7. 선별 건설목 보안장치의 현황

선별	1종	2종	3종	계	선별	1종	2종	3종	계
경부선	72	-	-	72	경북선	98	-	-	98
중앙선	145	-	1	145	경인선	-	-	-	-
호남선	70	-	-	70	경원선	77	1	-	78
전라선	79	-	-	79	과천선	-	-	-	-
장항선	120	1	-	121	분당선	-	-	-	-
충북선	58	-	-	58	일산선	-	-	-	-
경전선	229	-	1	230	안산선	-	-	-	-
동해선	105	-	-	105	경의선	47	1	-	48
영동선	67	1	-	68	대구선	43	-	-	43
태백선	28	-	-	28	기타선	352	27	97	476
					계	1,590	30	99	1,719

위에서 나와 있는 현황처럼 틸팅열차의 최고속도시 비상제동거리는 일반열차(고속열차 포함)보다 약 600m-700m 더 길 것으로 예상되어 진다. 현재 기존선로의 건설목 지장물 검지용 발리스 장치는 건설목 전방 900m-1000m이내에 설치되어 있을 것이며, 틸팅열차의 최고속도시 제동거리를 감안하여 발리스의 위치를 조정해야 할 것으로 검토하였다. 또한, 틸팅열차가 주로 운행될 중앙선 및 충북선에는 아직 ATP 지상장치가 설치되어 있지 않고 다른 노선(경전선은 복선전철화 공사 진행으로 제외)보다 건설목 장치가 더욱 많이 있으므로 이구간의 ATP사업시 한국철도공사와의 협의를 통하여 지상자를 설치하여야 한다고 검토하였다.

3. 결 론

국내의 기존철도의 속도향상을 위하여 틸팅열차의 개발이 진행되어 왔으며, 현재까지 성공적인 시운전을 수행하고 있다. 따라서 개발되어진 틸팅열차의 국내 철도에 적용하기 위해서는 틸팅열차의 성능을 최대한 발휘할 수 있도록 철도신호 환경을 개선하여야 할 것이다. 그 중에서도 현재 지상에 설치되는 ATP 신호설비의 성능 개선을 이루어 효율적인 틸팅열차의 운영이 가능하도록 하여야 하며, 열차운전을 안전 확보를 위하여 분기기의 전환 속도가 향상되어지는 고속형 전기선로전환기로 대체함과 동시에 선로를 통행하는 대중의 안전을 확보하기 위하여 건설목 경보 시스템의 경보발보시간 조절 또는 현장의 열차 검지센서의 위치조정이 이루어져야 할 것이다.

감사의 글 : 본 논문은 국토해양부가 출연하고 한국건설교통평가원에서 위탁 시행한 철도기술연구 개발사업의 결과입니다.

참고문헌

1. 한성호, 신승권, 이수길(2009), “기존선 고속화를 위한 고속신호시스템에 관한 연구”, 철도교통포럼.
2. 철도동호회(2006), “영국철도탐방기-3 (버진트레인 vs GNER)”, <http://cafe.daum.net/kicha>.
3. Rod Muttram(2006), “VP Project Management & Operations Improvement”, BOMBARDIER.
4. Dr Guillaume de Tiliere, Dr Staffan Hulten(2003), “A decade of change in the European Rail market ; Influence on Innovation and R&D : Toward a new equilibrium in the railway sector”.
5. 유병관, 양근율(2002), “철도 장기 발전전략에 입각한 ATP(Automatic Train Protection) 도입 방안”, 대한교통학회지.