

기존선 속도향상을 위한 UIC CODE 속도 규정의 기술적 검토

Technical Overview of UIC CODE on Speed for Speed Improvement of Conventional Korean Lines

김정국*, 정종덕*, 김진환*, 홍용기**, 김원경***, 편장식****

Kim, Jeongguk, Chung, Jong-Duk, Kim, Jin-Hwan, Hong, Yong-Ki, Kim, Weon-Kyung,
and Pyun, Jang-Sik

ABSTRACT

In order to improve the speed of conventional Korean lines, the amendment of speed related regulations is required as the introduction of Korean tilting train. Therefore, an extensive review of UIC leaflets on speed was performed in the areas of tilting train, rolling stocks, operation, civil infrastructures, etc. The review was mainly achieved through the overview of parameters directly related with speed of railway. Moreover, a summary of UIC leaflets on speed and tilting train was provided for a better understanding of speed related UIC CODE. Through the technical overview of UIC CODE, necessary information on the amendment of current Korean speed regulations could be provided.

1. 서론 및 주요목표

최근 상업적 운행이 개시된 300 km/h급 고속열차의 개통과 더불어 우리는 철도기술에 있어 새로운 전기를 마련하게 되었다. 그러나, 고속철도는 현재 최고속도가 150 km/h에 불과한 기존선의 속도차이가 너무 커 철도교통의 전반적인 효율성을 동시에 높이는데 한계가 있다. 따라서, 철도전반의 효율성 향상을 위해 기존선 철도차량의 고속화 개발이 요구되어 한국철도기술연구원을 중심으로 “기존선 속도향상 실용기술 개발사업”이 추진되고 있는 상황이며, 현재 기존선 고속화 차량 즉, 180 km/h 급 틸팅전기동차의 차량시스템의 설계개념 및 기술사양이 제시된바 있고, 차량의 장치별 기본 설계, 상세설계 및 시제차량의 개발을 추진하고 있다. 고속철도의 개통과 함께 지역간의 균형발전과 고속철도와 기존선간의 연계망 확충 및 철도전반의 수송 능력향상을 위함인 기존선 속도향상에 관한 연구의 핵심이다 [1,2].

그러나, 기존선 철도의 열차운영환경을 규정하고 있는 열차운전시행절차, 철도설계기준, 선로정비규칙, 철도전기시설관리규정, 속도정수 사정기준규정 등 각종세칙, 규칙, 절차 등은 최고속도

* 한국철도기술연구원, 선임연구원, 정회원

** 한국철도기술연구원, 수석연구원, 정회원

*** 한국철도기술연구원, 책임연구원, 정회원

**** 한국철도기술연구원, 연구원

150 km/h를 기준으로 설정되어 있어서 틸팅 전기동차의 개발에 따른 철도차량의 고속화 및 현대화 추세 등 시대적 변화에 부응할 수 있도록 전면적인 개정이 시급하면서도 중요한 과제로 부각되고 있다. 따라서, 기존선 속도향상을 위한 제반규정의 개정이 요구되며, 이에 대해 규정의 선행 검토가 이루어져야 한다.

이러한 관점에서 철도의 설계속도와 관련된 규정의 개정연구가 요구되며, 이를 위해서는 철도에 있어서 속도를 제한하는 제반 규정의 조사 및 검토가 이루어져야 한다. 기존선 철도의 설계속도를 150 km/h에서 180 km/h로 향상시켜 기존선을 운행할 경우 속도를 제한하는 요소인 운전분야(열차번호, 건널목경보기, 하구배제한속도), 차량분야(제동거리, 승차감), 시설분야(궤도구조, 곡선 및 분기기), 전기분야(신호설비) 등 각 분야와 관련된 철도 규정 등의 개정연구가 필요하다.

이와 더불어, 현재 틸팅차량을 운영하고 있는 해외 관련기관의 기존선 속도향상 분야에 대한 검토와 국내 규정에 이를 적용하기 위한 방안의 수립 또한 요구된다. 즉, 틸팅열차를 포함해서 유럽 각국의 차량, 운영, 시설, 전기 등의 분야의 중요한 지침이 되는 UIC CODE의 분석이 요구되어 본 연구를 행하게 되었다. UIC CODE 속도관련 규격집에서 담고 있는 속도와 관련된 사항의 검토를 통해 우리의 현재 규정에 연관시켜, 속도의 개정에 관련된 중요한 기술적인 정보를 제공하고자 한다. UIC CODE의 관련규정의 검토 분석을 통해 틸팅차량의 도입에 따른 기존선의 속도향상관련 규정의 개선시, 고려되어야 할 인자에 대해 알아보하고자하며, 이러한 세밀한 분석을 통해 실제 국내 규정 개정시 도움이 될 수 있는 기술적 자료를 제공함이 본 논문의 주요 목표가 된다.

2. 기존선 속도향상

2.1 기존선 속도향상관련 규정의 국내현황

기존선 고속화 차량 즉, 180km/h 급 틸팅 전기동차의 차량시스템에 대한 요소기술의 확보와 설계기술의 개발에 대한 연구는 계속되어 왔으나 기존선 고속화에 따른 운영환경의 검토나 규정의 개정과 관련해서는 2001년 8월 철도청에서 선로의 설계속도를 기존의 최고 150 km/h를 200 km/h로 개정한 국유철도건설규칙을 발행한 바 있으며 이를 제외한 기타의 운영과 관련한 제반 규정개정연구는 전무한 실정이다.

국유철도 건설규칙은 77년 2월 15일 공포된 후 89년 1월 30일 일부 개정하여 준용되어 왔으나 기존선 열차속도 향상 등에 따른 열차의 고속화, 철도차량 및 전기시설의 현대화 추세 등 시대적 변화에 부응하기 위하여 2000년 8월 전면적으로 개정된 바 있으며 개정된 국유철도건설규칙은 선로의 설계속도를 최고 150 km/h에서 200 km/h로 향상하면서 연관된 항목 및 기타 사항을 전반적으로 개선하였다.

2.2 국외의 기존선 고속화 현황 [1,2]

스페인 1983년에 운행거리가 338 km 이고 소요시간이 3시간 38분인 기존노선인 Madrid-Zaragoza에 틸팅차량을 투입하여 허용횡가속도를 1.2 m/sec^2 이하로 제한하고 최대속도를 일반차량과 동일하게 140 km/h로 하여 약 7%의 시간단축 효과를 얻었다.

이탈리아는 1987년부터 1992년까지 15편성의 ETR 450차량이 영업운전에 투입되었으며, 최대속도 250 km/h인 강제 틸팅차량의 영업을 개시한 바 있다.

알프스노선은 프랑스-스위스-이탈리아로 연결되는 다국적 노선에 알루미늄을 구체 재질로 채택한 틸팅차량이 투입되었으며, 속도는 120 km/h 정도이다. 이탈리아-스위스 노선에서의 ETR 470 틸팅차량의 시간단축효과는 최대 50%로서 상당한 시간단축효과를 얻고 있다.

스웨덴은 기존선 고속화 추진시 궤도에 큰 투자를 하지 않고 운행시간을 단축하는 방법으로서

차체 경사기구와 조향성능이 우수한 대차를 갖춘 X2000 차량을 ABB에 의해서 개발하였다. 4년 동안 300개의 건널목을 제거하였고, 200 km/h 주행을 위한 가선을 정비하였으며, 1990년 Stockholm-Gothenburg 노선에 X2000 틸팅차량 영업운행을 시작하였다.

영국은 철도차량의 운행 시초국가일 뿐만 아니라 틸팅차량을 처음 개발하여 운행한 선구자였으나, 80년대 중반 APT 틸팅차량의 실패와 철도 민영화로 인하여 틸팅기술이 사장되어 버렸다. 1992년에서 1997년에 걸쳐 민영화 사업의 완료후 영국의 철도 운영자들은 수익의 극대화를 위해 속도향상에 주력하였고, West Coast Main Line (WCML)은 영국에서 교통수익이 가장 높은 노선으로 Virgin 레일사는 틸팅차량을 여기에 도입하기로하였다. 1999년 Virgin 레일사가 총 53편성의 최고속도 225 km/h급의 틸팅차량의 영업운행을 개시하였으며 2005년에는 런던-글라스고 구간에서 현재보다 약 1시간 정도의 여행시간 단축이 가능할 것으로 예측된다.

위와 같이 기존선을 고속화하여 상업운행에 성공한 국가에서는 각종 열차의 제 규정은 시속 200 km이상으로 설정되어 있으나 관련 규정이나 이에 대한 선행 연구는 없다.

2.3 속도관련 UIC CODE 현황

한국형 틸팅열차의 도입과 관련 기존선 속도향상을 위해, 속도규정과 관련된 UIC CODE에 대한 전면적인 검토가 요구된다. 그러므로, 본 연구에서는 UIC Railway의 운영에 대한 UIC CODE 속도관련규정의 검토와 관련해서 틸팅열차, 차량, 전기, 운영 및 시설 등의 다양한 분야별로 나누어 검토가 이루어졌다. 이러한 UIC CODE의 검토 후, 국내 속도관련 규정 및 법규에 대한 비교 연구는 국내의 기존선 속도향상관련 제규정에 대한 참고자료로서의 정보를 제공하기에 매우 유용하다고 사료된다. 이러한 비교 연구를 통해, 기존선 속도향상을 위한 제반 규정의 개정에 필요한 기술적 자료를 제공하고자 한다.

UIC (International Union of Railways)는 1922년에 유럽에서 창설된 철도분야 국제기관으로서 현재 유럽철도의 운행 및 시스템에 관한 정보와 표준화와 관련된 규격 및 제 규정을 발간하는 국제기관이다 [3]. 현재 UIC 규격의 경우, 승객과 화물수송, 화물교통, 통계, 운영, 차량, 환경 등 철도 전 분야에 걸쳐 약 550개의 규격집을 포함하고 있다. 본 연구에서는 이러한 현재의 UIC 규격 중에서 본 연구와 관련된 속도와 관련된 UIC 규격을 정리해 보았다. 속도관련 UIC CODE 현황은 다음의 도표 1에서 요약되어진다. 이러한 속도관련 UIC 규격중에서 주로 틸팅열차와 그의 운행에 연관되는 다음의 UIC CODE를 통해 속도향상을 위한 제안을 하고자 한다.

2.3.1 틸팅열차 관련

- UIC 705 Infrastructure for tilting trains [4]

본 규격에서는 틸팅열차의 전반적인 사항에 대해 언급하고 있다. 특히, 이 규격에서는 기존 철도에 틸팅열차를 운행하는데 있어 선로의 요구조건에 관한 언급이 들어있다. 그러나, 이 규격에서는 틸팅기술의 이용에 관한 사항만 언급하고 있으며, 속도에 있어서의 향상측면의 언급은 없고, 신호체계에 있어서의 틸팅의 영향에 대해서도 언급하지 않고 있다.

전반적으로, 틸팅열차의 운행과 관련된 여러 가지 인자에 대한 설명을 포함하는데, 기본적인 변수인자들로는 최고 및 최저 운행속도, 차축부하, 선로의 구조, 캔트부족량 등에 대한 언급이 있고, 동역학적인 변수, 선로의 구성 및 기하학적 변수, 그리고 선로와 차량간의 인터페이스에 관해서도 설명하고 있다. 상기에 언급된 모든 인자들에 대한 설명이 다음의 도표2에서 요약되어있다.

2.3.2 차량 및 운행 관련

- **UIC 660 Measures to ensure the technical compatibility of high-speed trains [5]**

본 규격에서는 250 km/h 이상의 속도로 운행하는 유럽의 각 국별 고속철도간의 기술적 호환성에 관한 설명을 하고 있으므로, 200 km/h 이하의 속도로 운행하는 틸팅차량의 경우와는 다소 거리가 있어 본 연구에서는 생략하기로 한다.

Table. 1. Summary of UIC CODE on speed and tilting train [3].

UIC No.	Title	Remarks*
401	Information requirements of operating departments concerning the transport process, delays and other disruptions; criteria for assessing operating efficiency and measures for speeding up the operating process	R
410	Composition and calculation of the weight and braking of passenger trains	O
432	Wagons. Running speeds. Technical conditions to be observed	OR
518	Testing and Approval of Railway Vehicles from the point of View of their dynamic behavior safety-Track Fatigue-Ride Quality	OR
660	Measures to ensure the technical compatibility of high-speed trains	OR
705	Infrastructure of Tilting Train	RI
711	Geometry of points and crossings with UIC rails permitting speeds of 100 km/h or more on the diverging track	R
734	Adaptation of safety installations to high-speed requirements	R
762	Safety measures to be taken at level crossings situated on high-speed lines	R
776-2	Bridges for high and very high speeds	R
794	Pantograph-overhead line interaction on the european high-speed network	O
799	Characteristics of a.c. overhead contact systems for high-speed lines worked at speeds of over 200 km/h	OR
799-1	Characteristics of direct-current overhead contact systems for lines worked at speeds of over 160 km/h and up to 250 km/h	OR

* [O] Obligatory

[R] Recommendatory

[I] Informatory

- **UIC 410 Composition and calculation of the weight and braking of passenger trains [6]**

객차운영에 대한 운행조건을 정의하고 있는데 차량구성, 중량계산, 차체 무게에 따른 제동%의 계산 등에 대해 언급을 하고 있는데, 국내 규정과의 비교 연구시 참조가 되어야할 내용을 포함하고 있다. 속도와 관련해서 최소제동%는 (1) 100 km/h 이하, (2) 100 - 120 km/h, (3) 121 - 140 km/h, (4) 140 km/h 이상의 경우에 대해 각각 105%, 110%, 130%, 그리고 150%의 제동%를 지나야함을 명시하고 있다.

2.3.3 차량, 시설 및 운행 관련

- **UIC 518 Testing and Approval of Railway Vehicles from the point of View of their dynamic behavior-safety-Track Fatigue-Ride Quality [7]**

본 규격에서는 동역학적 측면에서의 철도차량의 시험과 승인에 대해 규약하고 있는데, 안전성, 선로 피로조건, 주행특성의 관점에서 선로시험수행조건, 차량의 동력학적 상태와 관련된 측정량,

입수 데이터의 통계적 처리 조건 등에 대한 내용을 기술하고 있다. 이 중에서 속도와 관련해서는 허용가능 캔트부족량을 언급하고 있다.

표 2. 유럽 각 국별 틸팅열차 인프라 [4].

			BV (스웨덴)	FS (이탈리아)	RAIL- TRACK (영국)	RENFE (스페인)	SBB (스위스)	SNCF (프랑스)
매개 변수	속도	최저 속도(km/h)	80	70		70		70
		최고 속도(km/h)	200	200		220	160	220
	차축 부하	(kN)	180					≤ 160kN
Track Alignment	Cant	최소 D(mm)					20	
		최대 D(mm)	150			160		
		인접 커브간 D의 차이						
	커브 반경 변화 커브 (Transition Curve)	최소 R(m)	180			250		
		변화 커브 존재	Yes					
		변화 커브와 Cant변화의 일치	Yes					
	인접 변화커브간 간격(m, V=km/h)	0.25V						
	기타 사항							
	형태	Clothoid			Clothoid			
Kinematics	Cant Deficiency	승인된 최대 I 값(mm)	245	275	265(300)	245/282	275	260
		반경 R의 작용에 대한 I 제한값(mm)	No	No	100(400m)	No	240(350m)	< 400m
		특수 구간에 대한 I 제한값 :						
		자갈없는 브릿지(mm)	No		Yes			Yes
		커브구간의 스위치(mm)	150		Yes	Yes	Yes	
		특수 스위치(mm)		for Diamond crossing with slips Vmax=175km/h	110/150		Yes	
		확장 조인트(mm)			Yes		Yes	
		고정형 교차점(mm)	No		Yes			
	트랙 노반			Yes				
	기타 사항			Yes		Yes	Bridge Fatigue	
		Cant, dD/dt 의 변화율	mm/s	70		75 (95 exc.)	50	
	Cant Deficiency, dI/dt 변화율	mm/s	79		110 (150 exc.)	75		
Track Equipment	Track	레일 형태와 프로파일	BV50/UIC60	Yes		UIC54/60	UIC54/60	Yes
		강철 등급	900A			900A		
		침목 형태	콘크리트	Yes		콘크리트		Yes
		침목 간격	650mm			600mm		Yes
		퀵(Fastening) 장치 형태	Resilient	Yes		Resilient		
		연속적으로 용접된 레일	Yes			Yes		
		자갈 형태와 교차 구간	양철의자갈(MD) (32-64mm)					
	기타 사항	1/30에 레일						
Track Geometry Quality		Yes (KD 등급)		특수한 지점에 강화			Yes	

형식 승인	UIC 518 문서에 따라 시험	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
그 외 항목	안전기준 (트랙 이동, 진폭, 탈선 등등)	Yes					
	기관실에서 속도 조절			Yes			
	과속 방지	Yes(ATC)		20 mph부터 21%			Yes
	시그널링						Yes
	집전기-가선 상호작용						
	가선 (Overhead Line)						
	동일한 Conicity						
	Gauge	Check					Check
	터널 안/밖에서 압력 충격	Check					
	역 승강장의 승객 보호	역 승강장에 표시					
	전력 공급						
기타						TGV 제동장치	

2.3.4 전기 관련

- UIC 794 Pantograph-overhead line interaction on the European high-speed network [8]

본 규격에서는 고속열차의 운행시 팬토그래프 (집전기)와 가선의 상호작용에 대한 기술을 하고 있다. 다양한 속도대별로 나누어 (100 km/h 이하, 100-200 km/h, 200-230 km/h, 230-300 km/h, 그리고 300km/h 이하의 속도) 팬토그래프와 가선 (Overhead line)의 요구조건 및 권고사항에 대한 설명을 하고 있다.

- UIC 799-1 Characteristics of direct-current overhead contact systems for lines worked at speeds of over 160 km/h and up to 250 km/h [9]

이 규격에서는 160 km/h ~ 250 km/h의 속도에서 작동하는 집전기 (Pantograph)와 1500 V, 3000 V 직류 가선이 원활하게 작동하는데 필요한 요구사항과 참고사항들을 포함하고 있다.

세 가지 속도 범위(160 ≤ V ≤ 200 km/h, 200 ≤ V ≤ 220 km/h, 220 ≤ V ≤ 250 km/h) 에 따라 가선의 기본적인 매개변수(Basic Parameter), 참고사항, 물리적(Physical) 매개변수, 전도체와 관련된 설계 매개변수들이 함께 표시되어 있다. 본 규격에서 언급된 가선에 적용되는 basic parameter 들로는 정적, 동적, 전기적, 기후관련 특성들과 설계 인자, 물리적 인자 등과 같은 다양한 변수들에 대해 속도별로 서술하고 있다.

3. 현행 속도 규정과의 비교분석 및 결론

본 연구에서는 기존선 속도향상과 관련하여 제반 속도규정의 개정연구에 선행하여 UIC CODE 에서 속도와 관련된 규격에 대해 분석이 이루어졌다. 이러한 속도에 영향을 미치는 인자들의 물리적 수치값과 또한, 그의 영향 등을 향후 우리의 규칙 수정에도 반영이 될 수 있어야 할 것이다. 특히, 직접적으로 속도 제한에 영향을 미치는 열차방호, 건널목경보기, 하구배제한속도(운전관련), 제동거리, 승차감 (차량), 궤도구조, 곡선 및 분기기 (시설), 신호설비 등 구체적인 분야에 대한 세밀한 분석도 다음의 연구에서는 포함이 되어야 할 것이다. 필요하다면, 먼저 티핑열차를 도입한 국가들의 속도 관련 규정의 검토를 통해 우리의 기존선 속도향상 규정 개정연구에 보다 현실적인 기술적 정보를 제공할 수 있으리라 본다.

참고문헌

1. 정종덕 (2003), “속도향상을 위한 제반 규정의 개정 연구”, 연구계획서, 한국철도기술연구원.
2. 백남욱, 이상진, 이병송 (2001), “철도의 속도향상”, 골든벨출판사.
3. UIC Homepage: http://www.uic.asso.fr/home/home_en.html
4. UIC 705 Infrastructure for tilting trains, 1st Edition, August 2003.
5. UIC 660 Measures to ensure the technical compatibility of high-speed trains, 2nd Edition, August 2002.
6. UIC 410 Composition and calculation of the weight and braking of passenger trains, 5th Edition, August 2002.
7. UIC 518 Testing and Approval of Railway Vehicles from the point of View of their dynamic behavior-safety-Track Fatigue-Ride Quality, 2nd Edition, April 2003.
8. UIC 794 Pantograph-overhead line interaction on the European high-speed network, 1st Edition, 1.1.96.
9. UIC 799-1 Characteristics of direct-current overhead contact systems for lines worked at speeds of over 160 km/h and up to 250 km/h, 1st Edition, June 2000.