

KTX 주행시 전차선 압상량 측정 결과

Measured Data of the Contact Wire Uplift Amount at KTX running

권삼영*	조용현**	이기원***	안영훈****
Kwon, Sam-Young	Cho, Yong-Hyun	Lee, Ki-Won	Ahn, Young-Hoon

ABSTRACT

The contact wire uplift amount was measured for the conventional and the high speed catenary during KTX dynamic test period. The contact wire uplift amount is considered as a important parameter in determining and designing of the specific catenary. The measurements were conducted in wayside and onboard of KTX through the high speed camera and the current collection video monitoring system installed in KTX roof. This paper describes the measured results.

1. 서론

KTX 기종선 적합성 시험 및 동적 시운전 기간(2003. 6월 ~ 2004. 1월)에 기종선과 고속선의 전차선로의 전차선 압상량을 측정하였다. 전차선 압상량은 전차선로 시스템을 계획하고 설계하는데 있어서 중요한 변수로 평가된다. 측정은 선로변에서 KTX 열차가 지나갈 때 고속카메라를 이용하여 측정하기로 하고, KTX 차량내에 팬더그래프 비디오 모니터링 장비를 설치하여 연속된 화상으로 녹화한 테이프를 분석하여 획득하기도 하였다. 측정은 기종선과 고속선에 대하여 모두 실시하였으며 그 측정 결과를 본 논문에서 기술한다.

2. 전차선 압상량

전차선 압상량(Contact Wire Uplift Amount)이란 열차가 통과할 때 팬더그래프가 미치는 힘에 의하여 전차선이 수직으로 올라가는 변위의 양, 즉 수직 변위(Vertical Displacement)를 말한다. 주로 곡선당김급구가 있는 지점의 압상량이 관심의 대상이 되며, 경우에 따라서는 경간 중앙에서의 변위량도 관심의 대상이 되기도 한다.

전차선 압상량은 전차선로 설계 변수 중에서도 중요한 요소로 간주된다. 우선, 가동브래킷의 사양을 결정하는데 적용된다. 가동브래킷이 곡선당김급구의 충분한 압상량을 보장하지 못하면 다른 사양으로 바꾸어야 하는 것이다. 다음으로 집전 성능과도 복합적으로 연관 관계를 가지며, 그 외에도 전차선로 시스템 설계 변수 중 가고, 편위를 비롯하여 오버랩 구성에서 인류 높이 및 집전 구간 길이 등, 여러 설계 변수 결정시에도 요소로 포함되어 영향을 미친다.

* 한국철도기술연구원 책임연구원, 정희원

** 한국철도기술연구원 책임연구원, 정희원

*** 한국철도기술연구원 책임연구원, 정희원

**** 철도청 연구본부 사무원, 정희원

3. 측정 방법

전차선 압상량을 측정하는 전통적인 방법은 가동프레킷에 변위계(Potentiometer)를 그림 1과 같이 설치하여 측정하는 방법이다.

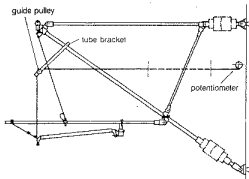


그림 1 전통적인 전차선 압상량 측정 방법

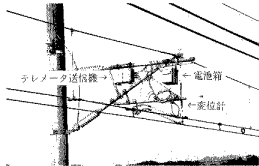


그림 2 압상량 측정을 위한 텔레메트리 Sys.

그러나 이 방법은 가선의 25kV 전압에 적합한 센서 및 텔레메트리(Telemetry) 장비가 필요하다. 시험 당시 이 장비를 확보하지 못하여 다른 방법을 선택할 수밖에 없었다.

선택한 방법은 그림 3과 같이 선로면에 고속 비디오 카메라를 설치해 두고 열차가 통과할 때 거동을 고속으로 촬영하여 열차가 없는 정적 상태와 비교하여 변위를 측정하는 방법이었다. 이 방법에서 카메라를 전차선 높이와 수평으로 설치할 수가 없기 때문에 촬영 화면상에 나타난 압상량은 실제 압상량과 다르다. 이는 촬영 화면상의 변위를 고속비디오카메라에 내장된 Measurement S/W로 분석한 후, 이를 측정각도(아래 그림의 θ)에 따른 피사체 Projection 값의 역수, 즉, $1/\cos\theta$ 를 곱해주어 보정(환산)한다. 그럼에도 불구하고 변위계로 측정하는 것에 비하여 오차가 커지는 단점은 인정하지 않을 수 없다.

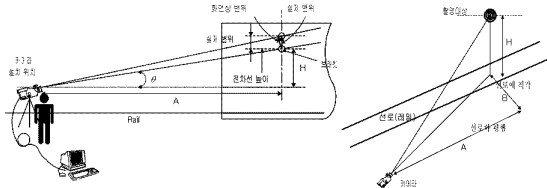


그림 3 고속카메라를 이용한 측정 - 카메라 각도(θ) 및 Projected 변위와 실제 변위 환산 관계

또 다른 방법으로 KTX 차량에 설치한 접선장치 화상감시 시스템을 활용하였다. 이 장비는 실제 운행되는 KTX 열차를 임시로 시험차(KTX 32호)로 지정하고, 기관실 지붕에 아래 그림 4와 같이 비디오카메라를 팬더그래프와 전차선을 바라보도록 장착하여 선내에서 팬더그래프와 전차선의 거동을 관찰할 수 있도록 한 시스템이다. 이 시스템에는 변위 측정 프로그램, 즉, 화상 신호로부터 변위를 추적, 알 수 있는 Video Tracking 기능이 포함되어 있어 이를 이용한 것이다.

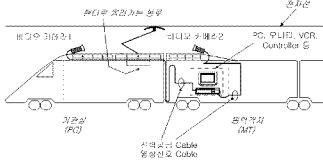


그림 4 집전 화상감시 Sys.의 설치 구성도

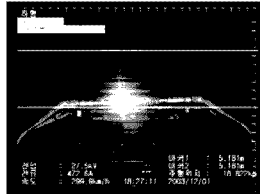


그림5 집전화상Sys의 차내 모니터링 화면

4. 측정 결과

4.1 서울-구로간 전차선로(개량선)

표 1 서울-구로간 전차선로(개량선) 사양

항목	세항목	규격	비고
선종	전차선	Cu 110mm ²	Pre-sag 없음
	조가선	CdCu 70mm ²	사고 960mm
장력	전차선	948kgf	
	조가선	948kgf	

표 2 압상량 측정 결과(측정 방법 : 고속카메라 이용)

측정 개소	특징 또는 설명	열차 속도/ 측정 조건/ 기타	압상량
R400 개소, 지지점(곡선당감금구)	노량진역 인근 4-4호주(단독주), 일반 경간, 가동브래킷	80km/h, 하선	14mm
"	"	85km/h, 하선	17mm
"	"	85km/h, 상선	16mm
R600 개소, 지지점(곡선당감금구)	대방(단독주), 일반 경간, 가동브래킷	90km/h, 하선	22mm
"	"	90km/h, 상선	20mm

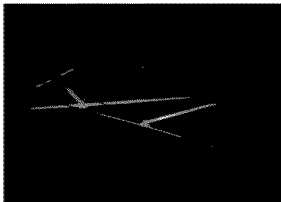


그림 6 촬영 사진 예 1

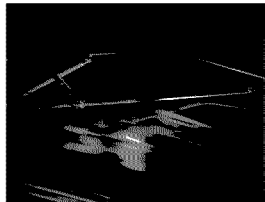


그림 7 그림 7 촬영 사진 예 2

4.2 구로-시흥간 전차선로(개량전)

표 3 구로-시흥간 전차선로(개량전) 사양

항목	세항목	규격	비고
선종	전차선	Cu 170mm ²	Pre-sag 없음
	조가선	CdCu 80mm ²	가코 960mm
장력	전차선	1,300kgf	
	조가선	1,300kgf	

표 4 압상량 측정 결과(측정 방법 : 고속 카메라 이용)

측정 개소	특징 또는 설명	열차 속도/ 측정 조건/ 기타	압상량		
			중앙 지점 +10m	중앙 지점	중앙 지점 -10m
가리봉역 구내, 경간 중앙	직선 개소, 경간 50m, 일반 경간	120km/h, 하선	45mm	45mm	41mm

4.3 고속선 전차선로

표 5 전차선로 사양

항목	세항목	규격	비고
선종	전차선	Cu 150mm ²	Pre-sag : 1/2000
	조가선	Bz 65mm ²	가코 1,400mm
장력	전차선	2,000kgf	
	조가선	2,000kgf	

측정은 고속 카메라를 이용하여 오송-신단진 사이(신정주 변전소 인근) 63m 및 58.5m 경간에서 3회에 걸쳐 실시하였다.

표 6 고속선 압상량 측정 결과(측정 방법 : 고속 카메라 이용)

측정 회차	특징 또는 설명	열차(KTX) 속도	측정 위치	압상량
첫 번째	직선 개소, 63m 일반 경간	285km/h	4번째 드로퍼	80mm
두 번째	직선 개소, 58.5m 일반 경간	300km/h	78 드로퍼 중간	107mm
세 번째	직선 개소, 63m 일반 경간	295km/h	4번째 드로퍼	97mm

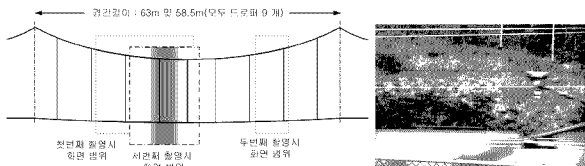


그림 8 각 촬영시 화면 Focussing 범위 및 위치

그림 9 촬영 화면의 한 예

4.4 동대구-부산 전차선로

표 7 전차선로 사양

항목	세항목	규격	비고
선종	전차선	Cu 150mm ²	Pre-sag : 1/2000
	조가선	Bz 65mm ²	가고 960mm
장력	전차선	1,400kgf	
	조가선	1,400kgf	

측정은 고속 카메라를 이용하여 신주막 및 주진 터널 출구쪽에서 듀얼브래킷(일명 옛가고 시스템)이 설치된 위치에서 실시하였다.

표 8 압상량 측정 결과(측정 방법 : 고속 카메라 이용)

측정 개소	특징 또는 설명	첫 번째 촬영		두 번째 촬영	
		열차 속도	압상량	열차 속도	압상량
신주막/주진 터널	옛가고 브래킷, 경간 20m, R1000이상	130km/h	25mm	135km/h	25mm

4.5 집전장치 화상감시 장비로 본 고속선 압상량

KTX 시험차에 장착된 집전장치 화상감시 장비로 수심 회 이상 촬영, 관찰하였다. 고속선은 전차선의 정적 높이가 정확히 5.08m로 시공되어 있으므로 동적 압상량을 확인하기 용이하였다. 경간마다 항상 동일한 압상량을 보이는 것은 아니었으며 각 경간의 가선 조건, 시공 상태에 대한 정확한 정보의 부재 및 선로, 바람의 영향을 받는 경우도 있을 것이므로 일정 오차가 개입될 수 있다고 하더라도, 대체로 다음과 같은 결과를 얻을 수 있었다.

표 9 집전장치 화상감시 장비로 본 고속선 압상량 결과

KTX 속도	압상량	비고
300km/h	<ul style="list-style-type: none"> • 지지점에서 : 9~10cm • 경간내에서는 : 9~11cm 	<ul style="list-style-type: none"> • 관위에 따라 펜더그레프가 좌우로 춤추듯이(대략 23cm까지) 주행한다. • 경간내에서는 대체로 압상량의 차이(펜더그레프의 상하 움직임)가 거의 없다. • Overlap을 만나는 곳에서는 순간적으로 23cm 내려오는 추세를 보인다.

5. 결론

KTX 시운전 기간에 전차선로 압상량을 측정하였다. 고속 카메라로 측정한 결과, 서울-구로간 전차선로(개량전)에서는 R400 개소에서 KTX 속도 80km/h에서 약 14mm, R600 개소에서 90km/h에서 약 20~22mm의 압상량을 보였으며, 구로-시흥간 전차선로(개량전)에서는 가리봉역 직선구간에서 경간 중앙에서 약 45mm의 동적 압상량을 보였다. 고속선에서는 300km/h에서 63mm 경간 중앙 부근에서 100~105mm 정도의 동적 압상량을 보였으며, 동대구-부산 구간 전차선로의 옛가고 시스템 지지점에서는 KTX 130km/h로 통과시 약 25mm 정도가 압상되는 것을 확인하였다. 한편, KTX 시험차에 장착된 집전장치 화상감시 장비로 본 고속선 압상량은 300km/h에서 지지점에서는 9~10cm, 경간 내에서는 9~11cm 정도로 파악되었다.

전차선의 압상량을 측정하는 것은 쉬운 일이 아니다. 특히 실제 운행 선로에서 KTX 영업 운행 조건에서 측정하는 것은 더욱 쉽지 않다. KTX 시운전 기간에 이러한 데이터를 측정할 수 있었던

것은 좋은 기회였다. 따라서 본 데이터가 향후 동역학 시뮬레이션 및 집적성능 시뮬레이션 연구에 유용하게 활용되기를 희망한다.

[참고 문헌]

1. 고속철도 운영을 위한 철도시설경비사업 및 기존선전철화 사업 기술자문(3단계) 보고서, 2004.