

KTX 열차 운전 모드에 따른 정차소음 특성

Characteristics of Braking Noise in accordance with Operating Mode of KTX High Speed Vehicle

이찬우* 김재철** 조준호**
Lee Chan-Woo Kim Jae-Chul Cho Jun-Ho

ABSTRACT

High-speed trains with maximum speed of 300km/h, named KTX, have started revenue services since April 2004. Is becoming big problem where currently the KTX train because excessive braking noise at a station platform. The KTX braking noise follows in operating mode of KTX train and important railroad station where the quality appears different, the quality against hereupon from the commerce vehicle from the research which it sees it executes and comparison to analyze.

1. 서론

본 연구에서는 2004년 4월 1일 상업 운행에 들어간 KTX 고속차량의 주요 역사별 정차소음 현황 분석을 실시한 것이다. KTX(Korea Train eXpress) 차량의 상업 운행은 국내 1일 생활권을 만나질 생활권으로 바꾼 교통혁명이라 할 수 있다. 그러나 KTX 고속차량이 상업운행을 하면서 터널 통과 시 차내 소음문제와 더불어 정차 시 제동소음 과다로 인한 역사 근무자 및 KTX 고속차량 이용객에 대한 서비스 문제가 다시금 문제가 되고 있다. 사실 고속차량의 차내 소음이나 역사 정차소음은 고속차량 운영기관이 여객 서비스 차원에서 관리하고 있는 분야로 어떤 법적 기준이나 근거에 의해서 관리되는 항목은 아니다. 본 연구에서는 KTX 고속차량 주요 정차역사인 광명역, 대전역 및 동대구 역사에서의 정차 시 제동 소음 측정 시험을 상업 운행 차량을 대상으로 역사 플랫폼 홈에서 실시하여 이에 대한 특성을 비교 분석하였다. 연구에서는 KTX 고속차량 주요 정차역사인 광명역, 대전역 및 동대구 역사에서의 정차 시 제동 소음 측정 시험을 상업 운행 차량을 대상으로 역사 플랫폼 홈에서 현장 적용 시험 기준으로 비교 분석하였다.

2. KTX 차량 정차역 제동소음 특성시험 및 분석

2.1 측정 대상 차량 및 방법

KTX 차량 정차역 제동소음 측정 대상 차량은 한국철도공사에서 사전에 지정한 측정 대상 역사별 지정열차에 대하여 역사별 운전 모드(mode)를 가지고 상업운행하는 차량에 대하여 실시하였다. KTX 고속차량 정차역 제동 소음 측정 기준은 계약문서 KTX 소음관련 기준인 KHRC-94-01-FP」

* 한국철도기술연구원 차량기계연구본부 책임연구원, 정희원

** 한국철도기술연구원 차량기계연구본부 선임연구원, 정희원

가운데 현장 적용 시험 기준인 SAT(Site Acceptance Test) 기준을 가지고 실시하였다. 측정 장비는 IEC 651에서 제시하고 있는 기준을 만족하고 있는 장비를 활용하여 측정하였다. 측정 방법은 KTX 정차 역사 플랫폼 홈 안전선 선상에서 마이크로폰으로 측정하였다. 역사 플랫폼 홈 선상 측정개소는 열차 진행방향 기준 끝 단부 객차 및 중간 지점 2개소(중앙 9호차, 후부 18호차 또는 1호차) 출입문 부근에서 시행하였다. 정차 소음 측정시간은 플랫폼 홈에 시험 대상 열차가 진입하는 시간부터 정차하는 시간으로 하여 KTX 차량 정차 소음에 의한 전체 노출시간으로 하였다. 또한 KTX 열차 정차역사별 운전 모드는 약간씩 다른데, 이는 운행선로 조건을 고려하여 정차 역사 별 2개의 운전 모드를 가지고 정차 제동 소음시험을 실시하였다. 정차 역사별 운전 모드에 대한 것이 Fig.1 ~ Fig.3에서 보여주고 있다. 역사별 정차제동 소음 시험 대상 차량은 Table 1에서 보는바와 같이 대전역 13편성, 광명역 12편성 그리고 동대구역 11편성 총 36편성 열차에 대하여 시험을 실시하였다. 본 시험에 있어서 소음 측정 기준은 정차 시 플랫폼 홈에서의 제동 소음 노출시간에 대한 등가소음 L_{eq} 와 소음 노출시간 최대 피크치인 L_{max} 를 동시에 측정하였다.

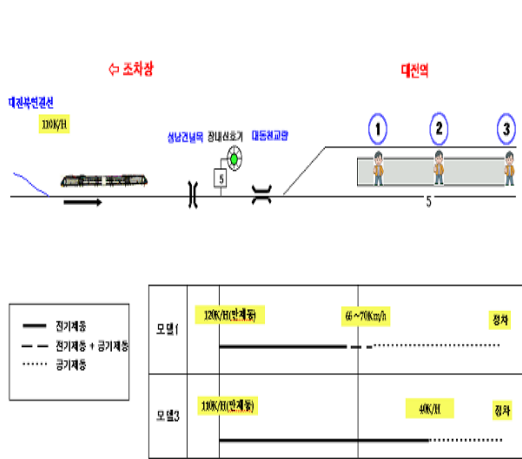


Fig.1 Stop braking operation mode of KTX train at Daejeon station

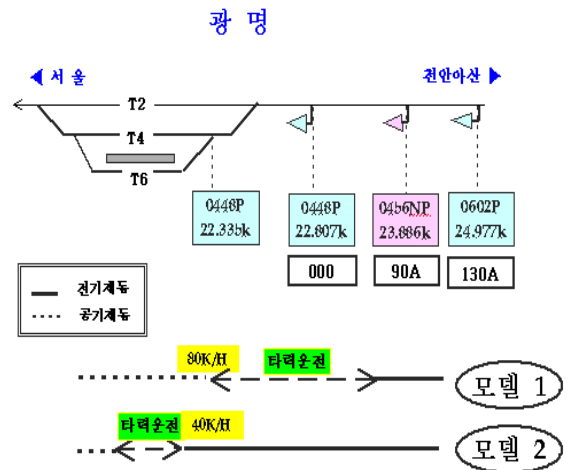


Fig.2 Stop braking operation mode of KTX train at Gwangmyeong station

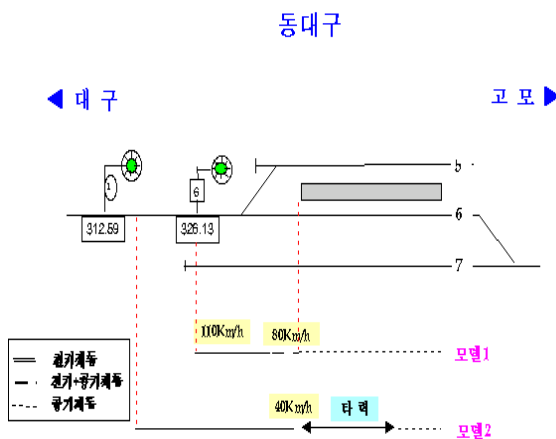


Fig.3 Stop braking operation mode of KTX train at Dongdaegu station

Table 1 Test trains from KTX train main railroad station

정차역사	운전 모드	시험열차	비고
대전	1	8편성	역사별 운전모드 1 및 운전모드 2는 Fig.1 ~ Fjg.3 참조
	2	5편성	
광명	1	8편성	
	2	4편성	
동대구	1	5편성	
	2	6편성	

2.2 정차 역사별 제동 소음 측정 결과

2.2.1 대전 역사

대전 역사에서는 정차 소음 측정을 하선에서 실시하였다. 이는 상선의 경우에는 대전 역사 진입 부 선로가 곡선 부위가 많아 진입속도가 상대적으로 낮은 것으로 나타나 하선에서 시험을 실시하였다. 시험 대상 열차는 정차 역 진입 시 운전 모드에 따라 총 13개 열차를 시험하였다. 운전 모드 1인 경우에는 정차 역 약 2km 전방에서 전기제동으로 70 km/h 까지 속도를 낮춘 후 홈 직전에서 공기제동을 체결한 직후 전기 제동을 해방한 후 정차하는 것이다. 운전 모드 2인 경우에는 정차 역 전방 약 2km 전방에서 전기제동으로 40km/h까지 감속시킨 후 전기제동 해방 후 플랫폼 홈 100 m 전방에서 공기 제동만으로 정차하는 것이다. 대전 역사에서의 정차 제동 소음은 table 2에서 보여 주는 바와 같이 운전 모드 2보다 운전 모드 1인 경우가 평균 소음 값으로 대표되는 Leq에서는 크게 나타났다. 또한 일시적으로 소음이 크게 노출되어 불쾌감이나 청력 장애를 줄 수 있는 Lmax에서는 소음 노출 시간이 45sec 이하에서는 운전 모드 1이 큰 값으로 나타났고 50sec 이상에서는 거의 유사함을 알 수 있었다.

2.2.2 광명 역사

광명 역사에서는 정차 소음 측정을 상선에서 실시하였다. 이는 하선의 경우에는 광명 역사 진입 부 선로가 기존선 연결선으로 정차역사 진입 시 곡선 부위가 많아 진입속도가 상대적으로 낮은 것으로 나타나 고속선으로 연결되어 있는 상선에서 시험을 실시하였다. 시험 대상 열차는 정차 역 진입 시 운전 모드에 따라 총 12개 열차를 시험하였다. 운전 모드 1인 경우에는 정차 역 약 1.5km 전방에서 전기제동으로 속도를 낮추어 타력 운전으로 진행하다가 정차 역 분기기 지점에서 80km/h 까지 속도를 낮춘 후 홈 직전에서 공기제동을 체결한 직후 전기 제동을 해방한 후 정차하는 것이다. 운전 모드 2인 경우에는 정차 역 전방 약 1.5km 전방에서 전기제동으로 속도를 충분히 낮춘 후 정차 역 플랫폼 홈 진입 시 40km/h까지 감속시킨 후 공기제동으로 정차하는 것이다. 광명 역사에서의 정차 제동 소음은 table 3에서 보여 주는 바와 같이 운전 모드 2보다 운전 모드 1인 경우가 평균 소음 값으로 대표되는 Leq에서는 정차 소음노출시간이 50sec미만에서는 크게 나타났으나 50sec 이상에서는 별 차이가 없음을 알 수 있다.

2.2.3 동대구 역사

동대구 역사에서는 정차 소음 측정을 하선에서 실시하였다. 이는 상선의 경우에는 동대구 역사 진입 부 선로가 기존선 연결선으로 정차역사 진입 시 곡선 부위가 많아 진입속도가 상대적으로 낮은 것으로 나타났고, 상대적으로 하선의 경우에는 직선으로 연결되어 있는 하선에서 시험을 실시하였다. 시험 대상 열차는 정차 역 진입 시 운전 모드에 따라 총 11개 열차를 시험하였다.

운전 모드 1인 경우에는 정차 역 약 1km 전방에 있는 장내 신호기 지점에서 전기제동으로 속도를 낮추어 타력 운전으로 진행하다가 정차 역 분기기 지점에서 70km/h 까지 속도를 낮춘 후 홈 직전에서 공기제동을 체결한 직후 전기 제동을 해방한 후 정차하는 것이다. 운전 모드 2인 경우에는 정차 역 전방 약 1km 전방에서 전기제동으로 속도를 충분히 낮춘 후 정차 역 플랫폼 진입 시 40km/h까지 감속시킨 후 공기제동으로 정차하는 것이다. 동대구 역사에서의 정차 제동 소음은 table 4에서 보여 주는 바와 같다. 운전 모드 1과 운전 모드 2 모두 평균 소음 값으로 대표되는 Leq에서는 소음 노출 시간이 짧아지면 음압레벨이 올라가지만 50sec 이상에서는 별 차이가 없음을 알 수 있다. 또한 Lmax에서는 차량편성별 차이가 있겠지만 대부분의 차량이 90dBA를 초과하고 있어서 역사 정차 소음에 의한 KTX 이용 승객이나 역사 근무자에게 불쾌감이 높을 것으로 나타났다.

Table 2 Sound level of stop braking operation mode at Daejeon station

대전							
				Leq		Lmax	
열차편성	열차번호	Mode	Time(s)	Mode1_중앙부	Mode1_후부	Mode1_중앙부	Mode1_후부
33	49	1	52.5	82.6	83.8	92.1	97
23	83	1	57.5	87.2	84.1	93	93.5
3	51	1	43.5	85	86.6	95.2	99.6
32	11	1	47.5	83.9	85.4	92.4	94.7
46	109	1	55.5	80.5	81.8	92.7	93.9
10	15	1	38	92.5	91.7	107.1	106
1	57	1	46	84.6	84.5	97.8	93.3
6	113	1	52	84.4	86.5	95.9	95.9
				Leq		Lmax	
열차편성	열차번호	Mode	Time(s)	Mode2_중앙부	Mode2_후부	Mode2_중앙부	Mode2_후부
12	17	2	54.5	83.9	79.9	94.3	88.7
22	21	2	52.5	82.4	82	94.8	91.9
4	19	2	51.5	85.7	82.2	95.8	92.2
27	117	2	46	85.1	83.5	98.7	91.9
34	61	2	43	82.7	81.8	89.6	93.8
20	93	2	46.5	87.2	84.7	98.5	97.3

Table 3 Sound level of stop braking operation mode at Gwangmyeong station

광명							
				Leq		Lmax	
열차편성	열차번호	Mode	Time(s)	Mode1_중앙부	Mode1_후부	Mode1_중앙부	Mode1_후부
1	48	1	51	84.5	87.7	92.2	97
36	106	1	52	80.2	80.8	91.5	91.3
41	206	1	65	79.4	81.9	87.2	93
38	50	1	73	79.8	82.4	89.9	94.5
21	240	1	46	88.9	87.7	96.9	96.5
8	84	1	51	84.4	85.8	92.4	93.1
24	110	1	43	84.2	86.9	93.7	96.7
9	244	1	39	90	95.3	99.1	110.2
				Leq		Lmax	
열차편성	열차번호	Mode	Time(s)	Mode2_중앙부	Mode2_후부	Mode2_중앙부	Mode2_후부
13	16	2	52	82.8	83.8	90.9	93.8
10	18	2	56	85.4	84	96.3	89.7
46	116	2	52	84.6	81.7	93.3	91
25	214	2	49	87.3	84.5	96.8	91.7

Table 4 Sound level of stop braking operation mode at Dongdaegu station

동대구							
				Leq		Lmax	
열차편성	열차번호	Mode	Time(s)	Mode1_중앙부	Mode1_후부	Mode1_중앙부	Mode1_후부
42	49	1	35	85.5	86.7	93.7	100.2
31	9	1	41.5	82.4	83.7	91.6	91.8
39	83	1	62	79.8	83	92.3	92.9
30	51	1	57.5	79.1	84	91	100.1
24	11	1	69.5	81.2	76.9	97.3	83.4
28	109	1	55	81.1	78.6	88.6	86.8
				Leq		Lmax	
열차편성	열차번호	Mode	Time(s)	Mode2_중앙부	Mode2_후부	Mode2_중앙부	Mode2_후부
26	15	2	53.5	81.2	82.3	91.4	98.7
6	57	2	51.5	84.3	82.9	98.6	92.6
3	143	2	34.5	87.2	90.7	97	107.1
10	113	2	50.5	82.6	82.1	92.1	90.6
16	17	2	45	87.4	83.2	96.8	94.2
15	59	2	47.5	83.7	80.8	95.7	92

2.3 KTX 열차 정차 역사 제동 소음 특성 분석

KTX 열차 정차 제동 소음도 시험은 2.1절에서 언급한 바와 같이 정차 역사별 특성이 있어서 약간씩 운전 모드가 다른 면은 있지만 정차 역사의 특징을 고려하여 정차 시 제동 소음 특성을 분석하기에는 적정을 시험을 수행하였다고 판단되어진다. 일반적으로 소음의 강도가 90dBA를 초과하면 연속적이든 단속이건 상관없이 불쾌감을 느끼게 되고, 100dBA를 일시적으로 초과하여도 귀 울림이나 청력 장애를 일으킬 수 있는 수준임을 고려할 때 KTX 열차 정차 제동 소음 레벨은 좀 높은 것으로 나타났다. KTX 열차에 대한 시험대상 열차에 대한 정차역사별 정차 제동 소음크기를 정차소음 전체 노출시간 평균인 Leq 값과 순간 최대 소음치인 $Lmax$ 값에 대한 관계를 정차 역사별 운전 모드에 따라 비교한 것이 Table 5에 나타나 있다.

Table 5 Braking noise level of KTX train important railroad station

정차역	운전모드	정차시간(sec)	Leq (dBA)		Lmax (dBA)		운전모드 특성
			중앙부	후부	중앙부	후부	
대전	1	38 ~ 57.5	80.5 ~ 92.5	81.8 ~ 91.7	92.1 ~ 107.1	93.3 ~ 106	나쁨
	2	43 ~ 54.5	82.4 ~ 87.2	79.9 ~ 84.7	89.6 ~ 98.7	88.7 ~ 97.3	좋음
광명	1	39 ~ 73	79.4 ~ 88.9	80.8 ~ 95.3	87.2 ~ 99.1	91.3 ~ 110.2	나쁨
	2	49 ~ 56	82.8 ~ 87.3	81.7 ~ 84.5	90.9 ~ 96.8	89.7 ~ 93.8	좋음
동대구	1	35 ~ 69.5	79.1 ~ 85.5	76.9 ~ 86.7	88.6 ~ 97.3	86.8 ~ 100.2	좋음
	2	34.5 ~ 53.5	81.2 ~ 87.4	80.8 ~ 90.7	91.4 ~ 98.6	90.6 ~ 107.1	나쁨

3. 결론

본 연구에서는 2004년 4월 1일 상업운행에 들어간 KTX 고속차량의 정차 제동 소음 특성을 대전, 광명 및 동대구 역사 플랫폼 홈에서 상업 운행 차량 38편성 차량에 대하여 실시하였다. 이에 대한 연구 결과를 요약하면 다음과 같다.

첫 째, 정차 시 역사내의 승객이나 근무자가 불쾌감을 크게 느끼기 시작하는 $Lmax$ 에 대해서는 대부분의 열차가 90dBA를 초과하고 일부 차량에서는 100dBA를 초과하고 있어서 이 부분에 대해서는 KTX 차량 정차 시 제동 소음 저감을 위한 노력이 절실함을 알 수 있었다.

둘 째, KTX 열차 플랫폼 홈 진입 시 정차 역 및 운전 모드에 관계없이 정차 시간이 50sec 이상 되는 열차에서는 상대적으로 제동 정차 소음이 낮고, 40sec 이하에서는 평균 소음에서도 일부 차량에서는 정차 소음이 불쾌감을 줄 수 있는 영역인 90dBA 이상이 됨을 알 수 있었다.

셋 째, 정차 역사별 진입 선로에 따른 선형이 다르고 플랫폼 홈 진입 속도가 약간씩 다르지만, 대전 및 광명 역사에서는 운전 모드 2가 운전 모드 1보다는 상대적으로 좋은 것으로 나타났는데 비해

동대구 역사에서는 운전 모드에 따른 정차 소음 결과가 반대로 나왔는데, 이는 다른 정차역과는 달리 동대구역이 종착역으로 정차 시간이 상대적으로 긴 것으로 나타나는 열차가 있는 것으로 파악되어서 이고 전체적으로는 운전 모드 2가 정차 역 제동 소음 이 낮은 것으로 나타났다.

후기

본 연구는 한국철도공사의 협조 하에 이루어 졌음을 알려드립니다.

참고문헌

1. IEC 651 : Noise Measurement Equipment Tolerance.
2. "KTX열차 정차역 운전 Mode에 따른 제동소음도 측정결과 자문보고서," 한국철도기술연구원, 2005. 8.
3. “철도 소음·진동 총람” , 철도청, pp. 21 - 24, 2001.