

레일용접에 의한 철도소음저감 효과

Examples of Noise Reduction by Rail Welding

이덕희* 조준호** 정우성*** 민경주****

Lee, Duck-Hee Cho, Jun-Ho Jung, Woo-Sung Min, Goung-Ju

ABSTRACT

There are three examples of noise reduction test by rail welding. One of them is tested at electric car running area and another is tested at expansion joint and long welded rail and the third is tested at open deck bridge. We can know from the result that the noise reduction effect of rail welding is very different to the type of track and the car. The condition of the test has some differences, but it may be useful reference of noise reduction.

1. 서 론

철도소음은 기관소음, 전동소음, 공력소음, 집전소음 등의 다양한 발생원을 가지고 있는데 가장 문제가 되는 것 중의 하나가 레일이음매에서의 충격소음이다. 반복적인 덜컹거림이 철도소음의 전형으로 대표되게 만들었던 이음매 충격소음은 그림1의 예에서 보이듯이 약 10dB 내외의 돌출음으로 알려져 왔다. 그리고 이 문제를 해결하기 위해 레일용접을 통해 이음매를 없애는 작업이 오랫동안 추진되어 왔는데 과연 얼마만큼의 효과가 있었는지는 충분히 알려지지 않았다. 본 연구에서는 열차종류와 통과구조에 따라 진행된 몇가지 시험을 통해 레일 용접에 의한 소음저감 효과를 알아보도록 하겠다.

2. 본 문

2.1 전철구간의 레일용접 효과

레일 장대화가 예정되었던 전철 운행구간에서 장대화 작업 전후로 전동차 통과소음을 측정 비교 하였다. 소음측정 구간은 마이크로폰 위치를 기준으로 좌우 60m 거리에 전동차의 선두부가 진

* 한국철도기술연구원 주임연구원
** 한국철도기술연구원 선임연구원
*** 한국철도기술연구원 책임연구원
**** 한국철도기술연구원 수석연구원

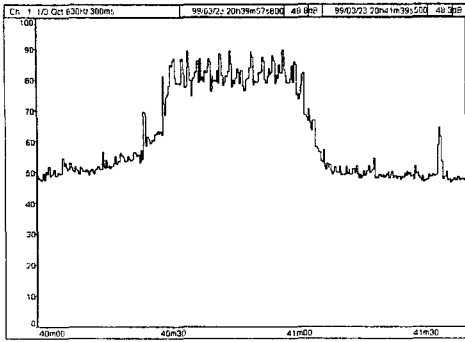


그림 1. 대표적 이음매 충격소음 형상

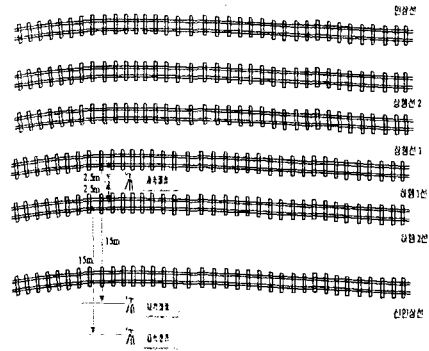


그림 2. 전철 운행구간의 측정위치

입할 때부터 후미가 빠져나갈 때까지로 하였다. 소음계 동특성은 Fast로 하였고, 열차의 속도는 열량수와 통과시간으로부터 계산하였다. 정척레일 측정시 암소음은 평균 57.7dBA이었고 장대화후 측정시의 암소음은 평균 58.9 dBA로 비슷한 조건에서 시행되었다. 측정위치의 평면도를 그림2에 나타내었다. 그림에서 보는 바와 같이 당해구간은 복복선 설치구간이었는데 새로 부설된 하행2선과 상행2선은 이미 장대화 되어 있었던 반면 하행1선과 상행1선은 장대화가 예정되어 있었던 정척구간 이었다.

평균 열차통과속도 63km/h로 하행1선을 통과한 것을 장대화 전후로 비교한 결과 15m지점에서 장대화에 의한 소음저감효과는 7.6dBA로 나타났다. 이때 최고소음도는 10.3dBA의 저감효과가 나타났다.

표 1 하행1선 통과시 소음도 비교(선로중심서 15m, 지상 1.5m 지점)

구분 순번	정척레일 때 통과시			장대화 후 통과시		
	속도(km/h)	평균소음도(dBA)	최고소음도(dBA)	속도(km/h)	평균소음도(dBA)	최고소음도(dBA)
1	64	86.8	95.4	62	77.8	81.2
2	66	83.1	87.5	66	76.3	80.3
3	65	82.4	86.5	60	75.1	79.4
4	50	84.8	94.8	52	73.3	76.5
5	69	84.2	90.5	77	80.8	85.8
평균	62.8	84.26	90.94	63.4	76.66	80.64
소음도 차이	평균소음도	7.6				
	최고소음도	10.3				

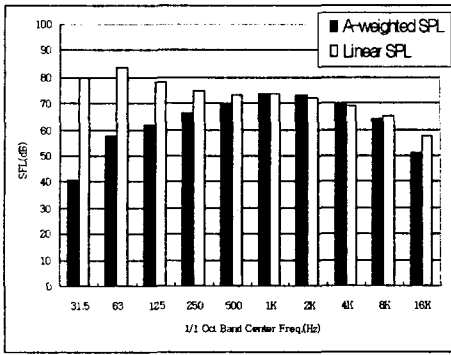


그림 3 정척레일 위를 통과하는 전동차의 전형적인 주파수 스펙트럼

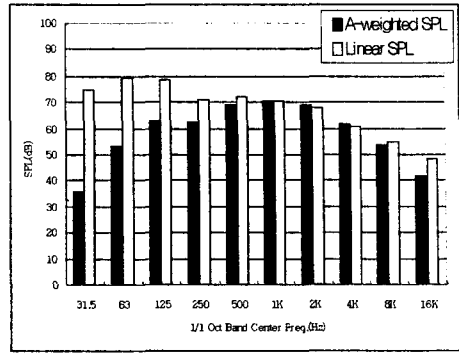


그림 4 장대레일 위를 통과하는 전동차의 전형적인 주파수 스펙트럼

장대화 작업전에 하행1선과 하행2선의 선로간 중심위치에서 열차 통과시 평균소음도를 비교한 결과에 의하면 2.5m 거리에서 정척과 장대레일에 평균 75km/h의 속도로 열차가 통과할 때 평균소음도 차이는 13.6dBA로 나타났다. 그러나 장대화후 평가한 값에 의하면 같은 속도에 대하여 하행2선의 평균소음도는 하행1선 보다 평균적으로 2.9dBA, 최고소음도는 0.5dBA 정도 낮게 나타나 비슷한 조건의 장대라도 선로마다 약간의 소음도 차이를 보여주었다. 그림3과 그림4에 선로중심서 15m 위치에서 측정된 정척레일과 장대레일을 통과하는 전동차의 전형적인 소음 스펙트럼을 나타내었다.

2.2 기존선 구간의 신축이음매 소음도

이 시험은 토공구간을 통과하는 무궁화 열차와 새마을 열차에 대하여 장대레일과 신축이음매 구간의 통과소음도를 비교한 것이다. 소음 측정위치는 먼저 신축이음매 지점에 수직으로 선로중심서 7.5m 레일로부터 1.5m 높이, 선로중심서 15m 레일로부터 1.5m 높이에 마이크로폰을 설치하였고, 이와 100m 가량 떨어진 위치의 장대레일 구간에 역시 선로에 수직인 방향으로 동일한 위치에 마이크로폰을 설치하였다. 소음계 동특성은 Fast로 두었고, 청감보정회로는 A특성으로 하였다. 측정시간은 열차의 선두부가 마이크로폰 앞으로 진입하는 순간부터 후미부가 통과하는 시점까지로 하였다. 압소음은 48 ~ 51dBA 정도로 열차통과소음에 비하여 현저하게 낮으므로 소음도 평가에 영향을 주지 않았다.

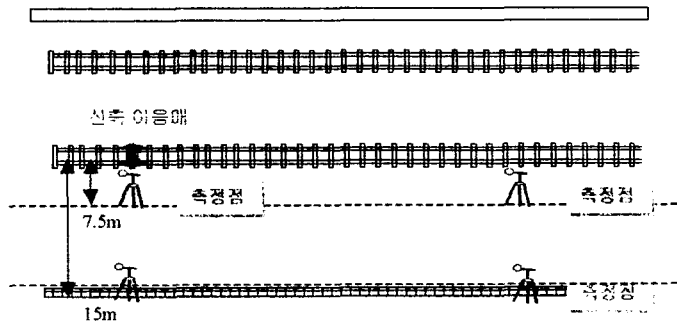


그림 5 신축이음매-장대레일 소음도 측정위치

표 2 무궁화 통과시 소음도 비교(dBA)

구 분	속도 km/h	열량 수	7.5m 지점		15m 지점	
			Leq	Lmax	Leq	Lmax
장대 레일	110	9.3	94.9	101.6	89.9	96.9
신축이 음매	110	9.3	91.3	99.1	86.9	93.7
차 이	-	-	3.6	2.4	3.0	3.3

표 3 새마을 통과시 소음도 비교(dBA)

구 분	속도 km/h	열량 수	7.5m 지점		15m 지점	
			Leq	Lmax	Leq	Lmax
장대 레일	122	8	92.4	97.2	87.8	92.2
신축이 음매	122	10.7	86.8	91.8	83.8	87.1
차 이	-	-	5.6	5.4	4.0	5.1

무궁화 열차와 새마을 열차에 대한 소음도 비교값은 표2, 3에 나타난 바와 같다. 15m 위치에서 장대레일과 신축이음매의 평균통과 소음의 차이는 무궁화의 경우 3dB, 새마을은 4dB로 나타났다. 새마을에 비하여 무궁화 열차가 이음매로 인한 소음값의 차이가 적은 것을 볼 수 있는데, 이는 무궁화가 기관소음이 높은 디젤기관차를 견인차로 사용하기 때문에 궤도나 레일의 개선으로 줄일 수 있는 소음치가 한정되고 있음을 의미한다.

신축이음매의 경우는 두 레일을 대각선으로 뺏대어 이어주는 방식으로 일반적인 정척레일의 이음매보다는 조용한 이음방식이다. 따라서 일반 정척구간의 장대화로 얻을 수 있는 소음저감치는 이 시험에서 얻어진 값들보다는 훨씬 클 것이라 예상된다.

2.3 무도상 교량에서의 용접효과

이 시험의 목적은 무도상교량 구간에서의 레일용접이 가져오는 소음저감 효과를 용접전후로 측정하여 비교하는 것이다. 시험을 위하여 교량길이 40.2m의 무도상교량이 선정되었는데 이 교량에는 중심점을 기준으로 두군데의 대칭적인 이음매가 있었다. 이중 한곳의 이음매를 선택하여 마이크로폰을 그림 6에 나타낸바와 같이 측부, 직하부, 15m 떨어진 위치에 설치하였다. 화물차를 제외한 일반열차운행이 없는 구간이었으므로 용접 전후의 공정한 평가를 위하여 디젤기관차 두량으로 연결된 시험차를 편성하였다. 소음 측정시간은 열차의 선두부가 교량에 진입하는 순간부터 후미부가 반대편으로 교량을 빠져나가는 순간으로 하였다. 속도와 이음매 소음과의 연관성을 평가하기 위하여 속도를 10km/h 단위로 변화시키면서 운행하였다.

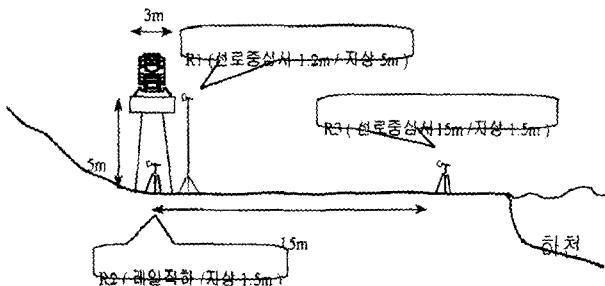


그림 6 무도상교량의 용접효과 측정위치



사진 1 무도상교량 구간 측정장면

열차속도는 기관차의 속도계를 기준으로 하였고 레코딩된 교량통과 시간으로 검증하였다. 시험 장소의 평균 암소음은 시공전후 모두 62 ~ 65dBA로 다소 높은 편이었으나 역시 열차운행시의 소음에 비하여는 큰 차이가 있었으므로 평가에 반영하지 않았다. 시험차의 운행에 대한 평균소음 레벨은 표4와 같다.

표 4 무도상교량에서의 레일용접 전후의 소음측정 결과(dBA)

통과속도 통과횟수		20km/h		30km/h		40km/h		50km/h		60km/h	
		Leq	Lmax	Leq	Lmax	Leq	Lmax	Leq	Lmax	Leq	Lmax
이음매 용접전 소음도	교량측면	93.0	105.5	100.1	110.3	101.3	110.0	105.0	111.4	104.2	109.9
	교량하부	88.4	98.6	94.8	101.0	95.9	100.6	99.5	103.8	101.6	105.6
	15m지점	82.1	88.5	88.7	93.6	88.4	93.0	91.9	96.1	92.7	97.1
이음매 용접후 소음도	교량측면	91.4	98.1	99.4	109.4	100.4	107.4	103.2	109	104	109
	교량하부	88.2	94.1	93.1	98.2	95.5	99.3	98.3	102.3	100.9	104.8
	15m지점	79.9	88.0	86.9	91.7	87.5	92.0	90.1	94.3	91.8	95.7

이음매 용접전후의 측정값에 대한 속도별 소음도값을 그림7, 8에 나타내었다. 레일용접에 의한 소음도 저감효과는 소음원 값에 가까운 레일근접부(교량측부)에서 속도에 따라 최대소음도의 경우 0.8 ~ 7.4 dB, 교량을 통과하는 동안의 평균소음도는 0.2 ~ 2.9 dB 정도로 나타났다. 이 저감효과는 거리에 따라 점차 약화되어 25m 부근에서는 소음원에서의 감쇠효과보다 일반적으로 1~2 dB 약화되는 특성을 보였다.

무도상 교량에서의 레일용접에 의한 소음저감 값의 결과는 기존선의 토공구간이나 전철구간의 저감값에 비하여 미미하게 나타나는데 이는 도상구간의 경우 이음매의 충격소음이 전체소음에서 주요한 상당부분을 차지하는 반면 교량구간의 경우 레일 체결부나, 구조물소음 등이 다양하게 존재하여 이음매 소음이 전체소음에 기여하는 바가 상대적으로 적은 것으로 해석된다. 또한, 토공구간에선 일반적으로 전동음이 속도의 3승에 비례한다고 알려져 있지만 당해 구간의 소음도는 레일 용접 상태와 관계없이 속도에 일차적으로 비례하는 양상을 보였는데 이로부터도 교량구간에서 전동음 이외에도 이와같은 다양한 소음원이 존재하고 있음을 보여주는 것이다.

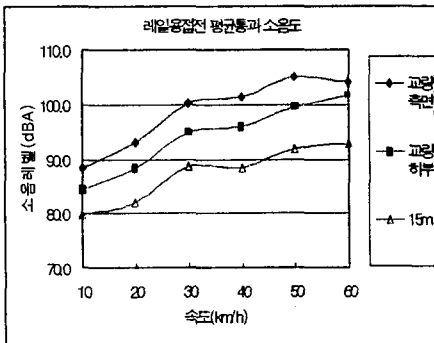


그림 7 레일용접전 평균통과 소음도

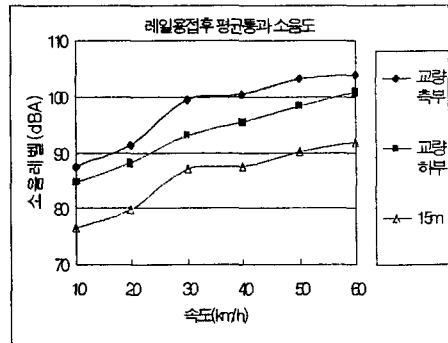


그림 8 레일용접후 평균통과 소음도

표 5 이음매 용접후의 소음저감 효과(dBA)

속도		20km/h	30km/h	40km/h	50km/h	60km/h
최대소음도차	교량측면	7.4	0.9	2.6	2.4	0.9
	교량하부	4.5	2.8	1.3	1.5	0.8
	15m	0.5	1.9	1.0	1.8	1.4
평균소음도차	교량측면	1.6	0.7	0.9	1.8	0.2
	교량하부	0.2	1.7	0.4	1.2	0.7
	15m	2.2	1.8	0.9	1.8	0.9

15m 위치에서의 용접레일에 의한 소음저감치는 0.9 ~ 2.2 dB까지로 나타났다. 그러나 용접성능 시험을 위해 운행된 다궤전기기관차 자체의 기관소음이 매우 높고, 시험구간으로 선정된 교량이 정상운행선로가 아니라서 유지보수 상태가 양호하지 않았던 점등으로 미루어 정상적인 열차운행의 경우는 이번 시험에 나타난 저감값 보다는 효과가 우수할 것으로 판단된다.

3. 결과

본 연구에서는 레일이음매 처리에 따른 세가지 시험을 통하여 철도소음저감 효과를 살펴보았다. 이 세가지 시험이 이음매의 소음저감에 관한 한가지 프로젝트를 위해 일괄적으로 수행된 것이 아니어서 측정방법이나 운행차량 등이 동일하게 유지되지 못한 점은 매우 안타까운 일이다. 따라서 직접적인 측정치의 비교는 어렵겠지만 소음저감 필요개소의 특성에 따라 각각의 시험결과로부터 근사한 유추는 가능할 것이다. 15m 지점에서의 소음저감치를 다시 정리해보면 다음과 같다.

I. 전철구간에서 레일 장대화에 따른 소음저감치

: 평균소음도 7.6, 최대소음도 10.3 dB

II. 일반토공구간에서 장대구간과 신축이음매에서의 소음도 차이

- 새마을 열차 : 평균소음도 4.0dB, 최대소음도 5.1dB

- 무궁화 열차 : 평균소음도 3.0dB, 최대소음도 3.3dB

III. 무도상교량에서 레일용접에 의한 소음도 저감치

: 평균소음도 0.9 ~ 2.2 dB, 최대소음도 0.5 ~ 1.9dB

참고문헌

1. “철도산업환경의 문제점과 대책에 관한 연구”, 한국철도기술연구원(1995)
2. “철도 소음진동의 효율적 저감방안 연구” 한국철도기술연구원(1999) pp33~42
3. Katsutoshi ANDO(1996) “Present Status on Slab Track and Environmental Countermeasure” QR of RTRI, Vol. 37, No. 4, Dec
4. D. J. Thompson. “Wheel-Rail Noise Generation, Part V: Inclusion of Wheel Rotation” Walker(1996)“An investigation of noise from trains on bridge” JSV193(1), 307-314