

전동음의 저감에 관한 고찰

| 서 사 범 |
삼표이앤씨(주)
기술연구소장



I. 머리말

철도가 연선에 미치는 환경부하에는 소음, 진동, 터널 미기압파, 열차통과 시의 압력변동, 차량의 주행에 따른 윤활유나 중금속의 비산 등이 열거된다. 이 중에서 소음을 저감시키기 위해서는 소음이 어디에서 발생하고 측정 점에서는 어떤 음이 어떻게 기여하고 있는가를 아는 것이 중요하며, 기여도가 높은 음원부터 저감을 도모하여야 할 필요가 있다. 고속선로에서는 집전계통 공력 음, 차량상부 공력 음, 차량하부 음(공력 음, 전동음)의 저감이 과제이다. 고속선로에 비하여 속도가 낮은 전차 운행의 일반선로인 경우에는 차량기기 소음의 저감 및 전동음과 구조물 소음의 저감이 과제이다.

전동음을 저감시키기 위해서는 소음에 대한 레일과 차륜의 기여, 차륜형상과 레일형상의 영향을 명확하게 할 필요가 있으며, 현물차량 시험에서 대차부의 음원분리에 관한 측정이 필요하다. 또한, 차륜의 진동과 음장에 관한 수치 시뮬레이션과 가진(加振)시험 및 차륜형상의 영향에 관한 조사가 필요하며, 레일의 요철과 전동음의 관계에 대한 연구도 필요하다. 본고에서는 전동음의 저감을 모색하기 위하여 먼저 전동음의 음원에 관하여 논의하고, 차륜과 전동음의 관계, 그리고 레일요철과 전동음의 관계에 관하여 논의한다.

II. 전동음 음원의 탐사

1. 전동음에 착안하는 이유

열차가 주행하면, 연선에서는 여러 부위에서 발생하는 음이 들린다. 발생부위별로 보면, 고속선로의 연선소음은 차량하부 음, 차량상부 공력 음, 집전계통 음 및 구조물 음으로 분류된다(그림 1). 전동음은 차량하부 음의 일부이다. 전동음(轉動音)이란 차륜이 레일 위를 굴러감에 따라 발생하는 음을 말한다. 고속선로 차량의 경우는 차량상부 공력 음과 집전계통 음의 대책으로 이들의 소음이 감소되면 결과로서 연선소음 전체에 대하여는 차량하부 음의 비율이 커지게 된다. 한편, 일반선로 전차의 연선소음은 주로 주전동기 팬 음과 구조물 음으로 분류된다. 일반선로 전차의 주(主)전동기에 대한 소음대책의 진전에 따라 일반선로 전차의 연선소음 전체에 미치는 주전동기 팬 음의 비율이 작아지게 되면, 이에 따라 상대적으로 전동음의 비율이 커지게 된다.

이와 같이 고속선로 전차에서 차량상부 공력 음과 집전계통 음, 일반선로 전차에서 주전동기 팬 음의 저감이 이루어지면, 고속선로 전차에서는 차량하부 음, 일반선로 전차에서는 전동음이 소음대책의 목표로 된다. 고속선로 전차의 차량하부 음은 전동음, 공력 음 및 기여 음이라고 하는 구성요소로 이루어져 있지만, 그 중에서도 연선소음에 대한 영향이 큰 전동음이 중요시되고 있다. 이 전동음의 발생원이 레일인가, 차륜인가를 확인하는 것이 중요하다.

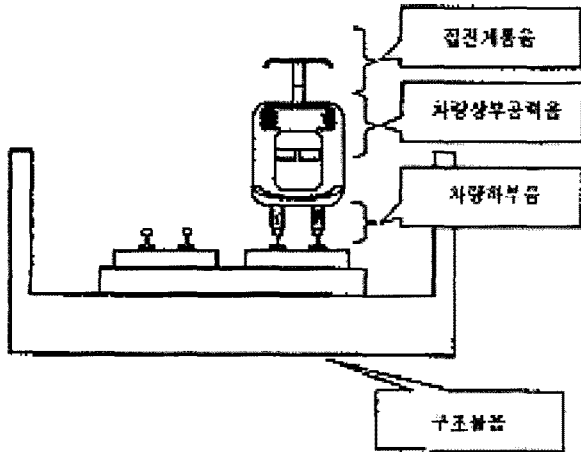


그림 1. 고속선로 연선소음의 구성

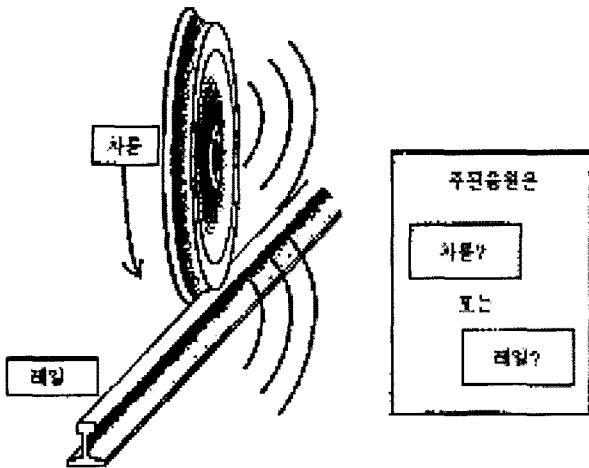


그림 2. 전동음의 발생

2. 차륜·레일간의소음

차륜과 레일에서 발생하는음을 차륜·레일간의 소음이라고 부른다. 차륜·레일간의 소음 크기는 차륜과 레일이 접하는 부분의 요철에 따라 변화하기 때문에 철도차량이 긴 레일 위를 주행하는 동안에는 그 차륜·레일간의 소음 크기도 여러 가지로 변화한다. 또한, 차륜·레일간의 소음은 그 발생원인의 차이에서 전동음, 삐걱거림음 및 충격음 등으로 분류된다. 이 중에서 삐걱거림음은 급곡선부 등과 같은 특수한 장소에서 발생하는 일이 많다. 충격음은 차륜이나 레일에 큰 단차나 흠 등이 있으면 발생된다. 차륜이나 레일에 생기는 파상마모도 충격적인 음이라고 말하기 어

려울지도 모르지만 큰 음의 원인으로 된다. 그러나 근년의 철도차량, 특히 고속선로 차량의 차륜은 잘 관리되고 있기 때문에 충격음이 관측되는 일은 거의 없다고 한다. 또한, 레일도 삭정하는 등, 고도로 관리되고 있기 때문에 레일두부 상면의 흠이 원인으로 되어 큰 음이 발생하는 빈도는 적어지고 있다고 한다. 그 때문에 궤도가 직선이고 게다가 레일이나 차륜에 눈에 띄는 흠이 없다면, 연선에서 관측되는 차륜·레일간의 소음은 전동음으로 한정할 수 있다고 한다.

3. 음의가시화

음은 본래 들리는 것이며 보이는 것은 아니다. 그러나 대차부에서 발생하는음을 가시화함으로써 주요한 음원의 장소를 특정할 수 있다. 음원분포를 가시화하는 방법은 여러 가지가 있지만, 본고에서는 2차원의 지향성을 가진 마이크로폰 배열형 타원체 수음장치를 이용하는 방법에 대하여 소개한다.

이 장치의 이점은 측정이 비교적 간단하고 음원분포의 가시화도 퍼스컴으로 간편하게 할 수 있는 점이다. 음원분포를 파악하는 다른 방법으로서 음원의 진동을 상세하게 측정하여 그 결과에서 방사되는음을 산출하는 것이다. 그러나 많은 부위에서 진동을 측정할 필요가 있는 점 등, 진동측정의 결과에서 음원분포를 파악하는 것은 용이하지 않다. 마이크로폰 배열형 타원체 수음장치의 측정결과는 특히 고주파수 대역에서 높은 분해능을 가지며, 보다 상세하게 음원분리를 할 수 있다. 그러나 이 장치의 결점은 주파수에 따라서 지향특성과 증폭률이 다른 점이다. 이것은 측정결과를 주파수 분석하여 얻어진 음의 대소를 다른 주파수 밴드로 직접 비교할 수 없는 것을 의미한다. 따라서 장점을 살리고 단점을 커버하기 위하여 보다 상세한 음원분리를 할 때에는 마이크로폰 배열형 타원체 수음장치의 측정결과를 사용하고, 주파수에 따른 차이나 전체적인 음의 대소를 확인하기 위해서는 그 외의 방법으로 소음 측정결과를 사용한다. 예로서는 어레이 장치를 이용하는 방법이 있다. 어레이 장치는 1차원의 예민한 지향성을 가진 장치로 보통 마이크로폰보다 상세하게 음원분포를 파악할 수가 있다.

이하에서는 레일 근방에서 마이크론 배열형 타원체 수음장치로 소음을 측정된 외국의 사례에서 차륜형상에 따른 전동음 크기의 비교와 전동음의 주(主)음원의 위치를 탐사한 예를 소개한다.

4. 일반선로 전차의 전동음

여기서는 외국의 예로서 판 차륜인 일반 차륜과 특수 차륜을 비교한 사례를 소개한다.

그림 3과 그림 4에 일반선로에서 측정된 전차(부수차) 대차부의 레일진동과 소음의 주파수 스펙트럼 예를 나타낸다. 그림 3(a)는 레일저부에서 측정된 진동속도레벨, 그림 3(b)는 궤도중심에서 6.25m 떨어진 지점에서 어레이 장치로 측정된 음압레벨이다. 그림 4는 그림 3(b)의 어레이 장치로 측정된 소음을 더욱 상세히 주파수 분석을 한 결과이다. 그림 3(a)에 나타난 레일 진동속도의 결과에서는 일반 차륜과 특수 차륜의 값은 어느 쪽의 주파수 밴드도 거의 동등하다. 그러나 그림 3(b)의 소음측정 결과에서는 1,250 Hz의 밴드부터 2,000 Hz 밴드에서 특수 차륜보다 일반 차륜의 값이 명확하게 작은 것을 알 수 있다. 이것을 더욱 상세하게 그림 4에서 보면 1,400 Hz 부근에서 특수 차륜은 큰 피크를 갖고 있지만, 일반 차륜에서는 큰 피크가 없는 것을 알 수 있다. 이와 같이 차륜의 형상에 따라서 전동음의 크기가 다른 측정결과가 얻어지고 있다.

그림 5에 마이크론 배열형 타원체 수음장치에 의한 일반선로 전차(부수차) 대차부의 소음 분포 일례를 나타낸다. 이 그림은 음의 대소를 색의 농담(濃淡)으로 치환하여 나타내고 있다. 그림 중의 원은 차륜을 나타낸다. 그림 5(a)는 일반 차륜의 대차, 그림 5(b)는 특수 차륜의 대차에 대한 음원분포를 나타낸다. 전절에서도 나타낸 것처럼 그림 5에서 다른 주파수 밴드의 값을 직접 비교할 수는 없다. 그러나 같은 주파수 밴드이라면 방사(放射)음의 대소를 비교할 수 있다. 예를 들어, 1kHz 밴드나 2kHz 밴드에서는 일반 차륜 부분의 색이 연하고, 특수 차륜 부분의 색이 진한 것을 알 수 있다. 이것은 이 주파수 대역에서 일반 차륜에서의 방사음이 특수 차륜에서의 방사음보다 작은 것을 의미한다.

다음으로, 레일부와 차륜부중 어느 쪽의 방사음이 큰가

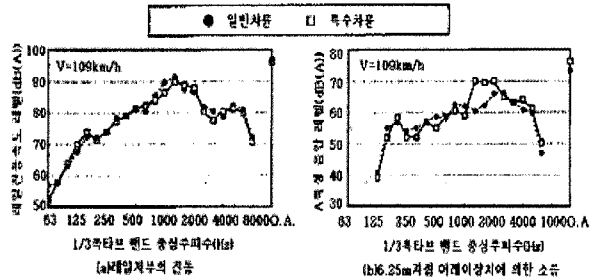


그림 3. 일반선로 전차(부수차) 대차부의 레일진동과 소음의 주파수 스펙트럼 예(1/3 옥타브 분석)

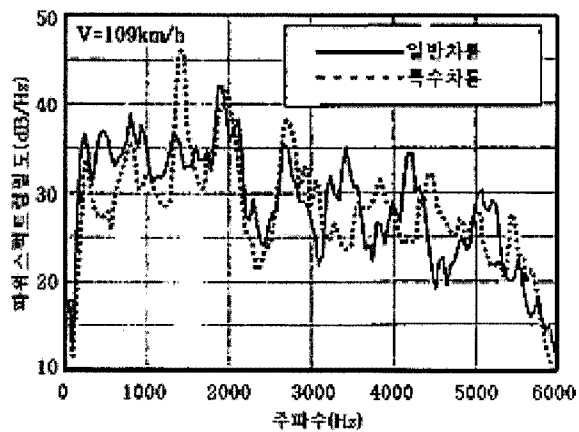


그림 4. 일반선로 전차(부수차) 대차부 소음의 주파수 스펙트럼 예 (좁은 대역 분석, 6.25 m 지점에서 어레이 장치에 의한)

를 착안하여 보자. 레일부에서의 음이 크면, 차륜의 직하를 중심으로 레일부의 색이 진할 것이다. 차륜부에서의 음이 크면, 차륜전체의 색이 짙을 것이다. 그림 5에서는 일반 차륜과 특수 차륜 모두 전체적으로 어느 쪽의 주파수 대역에서도 차륜부가 큰 음원으로 되어 있음을 알 수 있다. 특히, 1 kHz 밴드나 2 kHz 밴드에서는 특수 차륜부의 색이 짙으므로 이 주파수대역에서는 특수 차륜에서 큰 음이 방사되는 것을 알 수 있다. 이와 같이 마이크론 배열형 타원체 수음장치의 결과에서 전동음의 주(主)음원이 차륜에 있는가, 레일에 있는가를 주파수밴드 밴드별로 살필 수가 있다. 그리고 이 일반선로 전차의 예에서는 차륜에서의 방사음이 큰 것이 엿보인다. 일반선로 전차의 전동음에서는 1 kHz 부터 4 kHz 밴드 정도의 주파수대역의 음이 가장 주요한 성분이다. 이 주파수대역에서의 방사음 차이가 특수 차륜보다 일반 차륜의 전동음이 작은 원인으로 되었다고 한다.

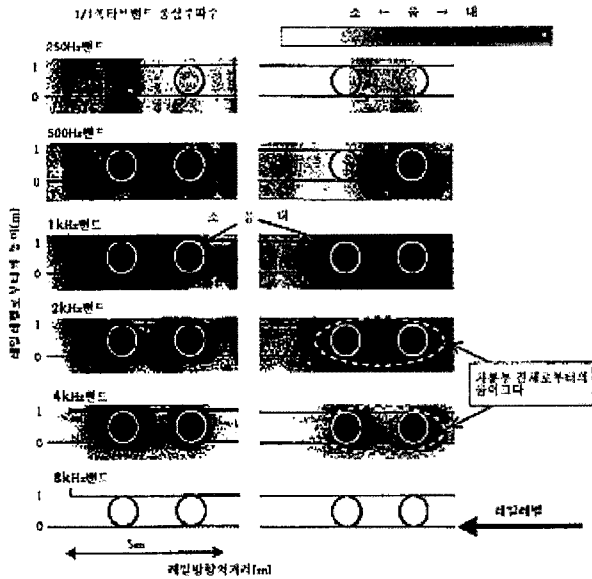


그림 5. 일반선로 전차(부수차) 대차부 음원분포의 예 (열차속도 108 km/h)

그림 3~그림 5에 나타난 것처럼 전동음의 크기는 특수 차륜보다 일반 차륜의 쪽이 작은 결과가 얻어지고 있다. 차륜형상에 따라서 차륜으로부터의 방사음 모양이 다른 이유는 각각의 차륜에 따라서 진동의 특성이 다르기 때문이라고 생각된다. 그림 4에서 1:1의 피크는 차륜의 각 진동모드를 나타내고 있지만 1,400 Hz에서는 특수 차륜은 어떤 모드를 갖고 크게 진동하고 일반 차륜은 그것이 없이 그다지 진동하지 않는 것을 알 수 있다. 지금까지의 측정결과에서 특히 차륜 타이어에의 지름방향 가진에 대한 차륜 웨브의 축 방향 진동특성이 양자에서 크게 다르다고 한다.

5. 고속선로 전차의 전동음

그림 6에는 외국에서 마이크로폰 배열형 타원체 수음장치로 측정한 고속선로 전차(부수차) 대차부의 소음 분포 일례를 나타낸다. 이 그림에 열거한 부위는 부수차의 대차부로서 차륜은 스트레이트 웨브 타입의 판 차륜이다. 편성의 선두가 아니므로 전동음 이외의 음은 거의 관측되어 있지 않다고 생각된다.

그림 6에 열거한 속도($V = 269 \text{ km/h}$)에서 고속선로 전차의 전동음에서는 1 kHz부터 2 kHz 밴드 정도의 주파수대역의 음이 가장 주요한 성분이다. 1 kHz 밴드에서는 레일부에서

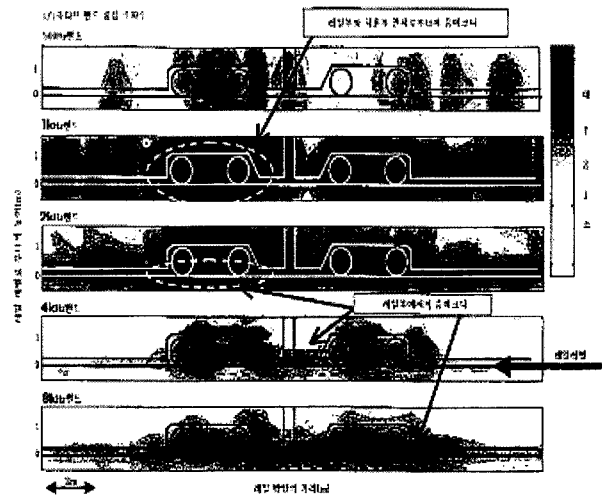


그림 6. 고속선로 전차(부수차) 대차부 음원분포의 예 (열차속도 269 km/h)

더하여 차륜부 전체로부터의 음이 크고, 2 kHz 이상의 주파수대역에서는 레일부에서의 음이 큰 점을 알 수 있다.

6. 전동음 음원의 차이

마이크로폰 배열형 타원체 수음장치의 소음측정으로부터 전동음의 주(主)음원이 레일인가, 차륜인가는 차륜의 종류나 주파수에 따라서 여러 가지인 점을 알았다. 전동음에 관련되는 고속선로와 일반선로의 차이점으로서 차륜형상이 다른 점, 열차속도가 다른 점 등이 열거되지만 전동음의 음원분포가 양자에서 다른 이유는 현재의 경우에 명확하지 않다. 그러나 상기에 기술한 것처럼 어떤 주파수대역에서 특수 차륜보다 일반 차륜으로부터의 차륜 방사음이 작은 점이 측정결과로부터 알려져 있다. 이 점에서 전동음의 음원분포가 고속선로와 일반선로에서 다른 요인의 하나는 차륜형상의 차이에 있다고 생각된다. 스트레이트 웨브 타입의 판 차륜을 가진 고속선로 전차의 경우에는 차륜과 레일의 방사음으로 이루어지는 전동음 중에서 주파수에 따라서는 차륜으로부터의 방사음이 작고, 상대적으로 레일로부터의 방사음의 기여가 크게 된다고 추찰된다. 또 하나의 요인으로서 고속선로 전차의 차륜축 디스크 브레이크의 존재가 열거된다. 이것이 차륜의 제진 또는 방사음 차단 역할을 수행하고 있을 가능성도 있다.

7. 향후의 과제

전동음의 음원분리에 대하여는 고속선로와 일반선로의 차이도 포함하여 아직 불명한 점이 많이 있다. 현상의 해명에는 음원분포의 가시화를 정밀도가 더욱 좋게 행하는 것도 중요하다. 전동음은 레일과 차륜이 진동하여 발생하는 것이지만 이들을 진동시키는 가진력은 차륜 답면과 레일 두부 상면의 미소한 요철이라고 한다. 그러나 차륜형상과 방사음 크기의 관계는 반드시 명확한 것은 아니다. 전동음을 저감시키는 힌트는 현존하는 차륜 중에서 전동음이 작은 것을 찾아내어 그것이 어째서 저소음인가를 확인하는 것에 있다고 생각된다. 레일이나 차륜으로부터의 방사음의 크기를 결정하는 가능성이 있는 여러 가지 요인에 대하여 이것이 정말로 전동음의 크기를 좌우하는 것인가의 확인과 정량적인 평가가 요구되고 있다.

Ⅲ. 차륜과 전동음

근년에 일반선로에서의 연선소음에 대한 관심이 높아지고 있다. 이 장에서는 열차주행 시의 차륜과 레일 간에 발생하는 이른바 전동음 중에서 차륜에서 발생하는 전동음의 현상해명과 대책에 대한 사례를 소개한다.

1. 차륜에서 발생하는 음

지금까지 문제로 되지 않았던 차륜에서 발생하는 전동음이 어째서 크게 되는가, 그리고 그것은 어떻게 하여 발생하는가를 생각하여 보자.

철도사업자는 연선주민, 이용자에 대한 배려에서 차량소음의 저감대책을 행하여 예를 들어 종래에 주(主)음원이었던 모터 등의 소음이 작게 되어 왔다. 또한, 외국에서 속도향상, 궤도보수나 코스트 등의 면에서도 차량의 경량화가 진행되어 차륜의 경량화도 행하여짐에 따라 전동대차로부터의 소음이 저감되었음에도 불구하고 생각치도 않았던 부수대차의 소음이 크게 된 사례가 있다. 이것은 차륜 판부(웹)의 진동이 방사음으로서 “전동음”으로 되어 부수대차로부터의 소음을 증사시키고 있었기 때문이라고 한다.

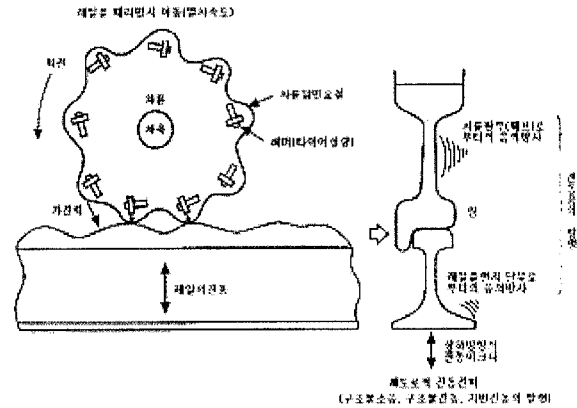


그림 7 전동소음과 진동의 발생 메커니즘 이미지

그림 7에 전동음의 발생 메커니즘을 나타낸다. 레일두부 상면에는 적지 않은 요철이 있어 그 레일 위를 답면에 요철이 있는 차륜이 굴러감에 따라서 차륜과 레일의 관계는 차륜의 타이어에 상당하는 질량을 가진 해머가 연속적으로 레일을 때리면서 이동하고 있다고 생각할 수 있다. 레일을 때리는 힘(충격력, 또는 가진력)은 차륜/레일 간 요철의 크기, 차륜 타이어의 질량이나 속도, 차륜이나 레일을 지지하고 있는 스프링에 상당하는 강도(剛度) 등에 의존하고 있다고 생각된다. 이들의 가진된 레일이나 차륜 판부(웹)에서 발생하는 진동 방사음이 전동음이다.

2. 특수 차륜과 전동음

그림 8은 외국에서 사용하는 부수차의 경량화 차륜인 특수 차륜에 대하여 지상에서 궤도중심부터 6.25 m 떨어진 위치에서 특수한 소음계로 측정된 결과의 사례이다. 이 결과에서도 알 수 있는 것처럼 특수 차륜의 소음을 증가시키는 진동하기 쉬운 주파수대가 1.25 kHz 대를 피크로 1.6 kHz 대, 2 kHz 대에 있는 것이 알려져 있다. 이것은 차륜 판부가 경량화로 더욱 얇게 되어 특정의 주파수에서 진동하기 쉬운 구조로 되어 있기 때문이라고 한다.

3. 차륜 전동음의 방지

외국에서는 지상이나 차상의 현차 시험 외에 FEM 시뮬레이션 해석과 가진 시험 등으로 차륜이 진동하기 쉬운 주파수나 음의 강도를 구해 차륜의 진동특성을 조사하여 소

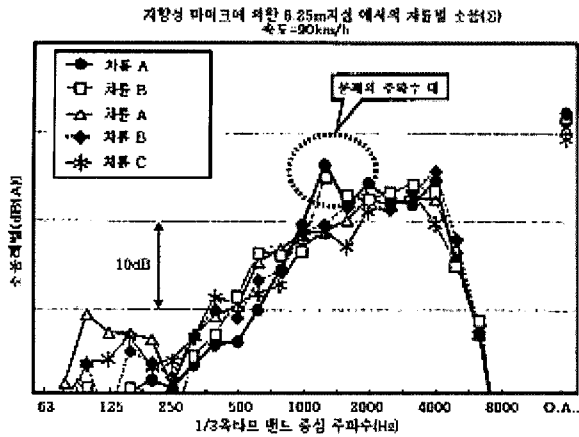


그림 8. 지상의 궤도중심부터 6.25 m 지점의 부수차 차륜별 전동음 측정결과의 사례

음이 작은 차륜을 연구개발하고 있다.

차륜에서 발생하는 전동음을 방지하기 위해서는 특수한 탄성차륜이나 방음차륜, 방진차륜 등이 고려되지만 대단히 고가이다. 그 때문에 종래의 차량에도 사용할 수 있는 저비용의 저소음 차륜을 개발하기 위해 전동음이 발생하기 어려운 차륜 판부 형상의 검토나 제진합금 등에 의한 실용화의 가능성에 대한 연구도 필요하다.

IV. 레일요철과 전동음

철도소음을 저감시키기 위하여 차륜과 레일의 사이에서 나는 소음, 즉 전동음의 대책이 중요한 과제로 되어 있다. 이 장에서는 전동음에 대한 영향이 크다고 생각되는 레일요철에 관하여 그 특징이나 상하(床下)소음 및 축상(軸箱) 가속도를 활용한 효율적인 관리방법, 전동음 저감에 효과적인 레일 삭정방법에 대하여 소개한다.

1. 레일요철과 전동음

전동음은 레일표면에 있는 미소한 요철에 기인하여 발생된다. 그림 9에 나타난 것처럼 전(全)진폭 0.5 mm 정도의 크기인 레일요철이 눈에 띄는 일도 있지만 그와 같은 개소를 삭정하면 거의 매끄러운 요철로 되는 것을 알 수 있다. 최근에는 레일요철을 될 수 있는 한 매끄럽게 하는 것이 전동음의 중요한 저감대책으로 인식되어 레일삭정이 정기적

으로 실시되고 있다.

전동음에 대한 영향이 큰 레일요철의 파장역은 일반적으로 5~10 cm 정도라고 생각되지만 레일요철이 전동음에 어떻게 영향을 미치는가를 정확하게 파악하기 위해서는 레일요철의 특징을 명확하게 할 필요가 있다.

레일요철의 파장이나 진폭의 특징을 파악하기 위해서는 파워 스펙트럼 밀도에 의한 해석이 유효하게 된다. 레일요철은 통상적으로 파장이 짧게 됨에 따라서 요철진폭도 작게 되므로 파워 스펙트럼 밀도는 전반적으로 매끄럽게 오른쪽이 내려가는 경향을 나타낸다. 일례를 그림 10에 나타낸다. 그다지 양호하지 않은 레일요철 상태의 개소에서 레일을 삭정한 경우에는 파워 스펙트럼 밀도가 한결같은 모양으로 저감하고 파장 5~10 cm 정도에서 양자의 차이는 8~10 dB 정도로 뒀을 알 수 있다. 또한, 고속선로와 일반선로를 통한 해석결과를 기초로 레일삭정으로 실현할 수 있는 양호한 레일요철 상태는 그림 10의 굵은 선 정도로 된다고 추정하고 있다. 이때의 요철진폭은 파장 5~10 cm에서 3~4 μ m로 된다. 다만, 레일삭정에 의한 요철의 저감량은 삭정 전의 요철상태에 의존하므로 레일삭정 전이 양호한 상태인 경우에는 저감이 예상되지 않기 때문에 불요한 레일삭정을 하지 않도록 사전의 상태감사가 중요하게 된다. 그래서 레일삭정 후의 공간주파수 0.06 mm⁻¹(파장 약 1.7 cm) 부근에 작은 피크가 보인다. 이것은 레일삭정 시에 생기는 삭정흔적이며 일반적으로는 서서히 제거되어 매끄럽게 되는 것으로 알려져 있다.

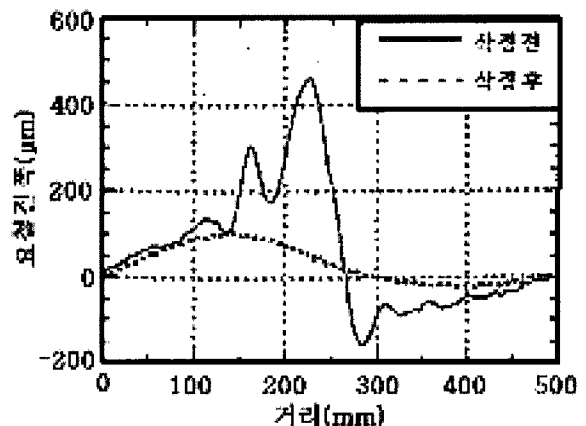


그림 9. 레일요철의 파형 예(레일삭정 전후)

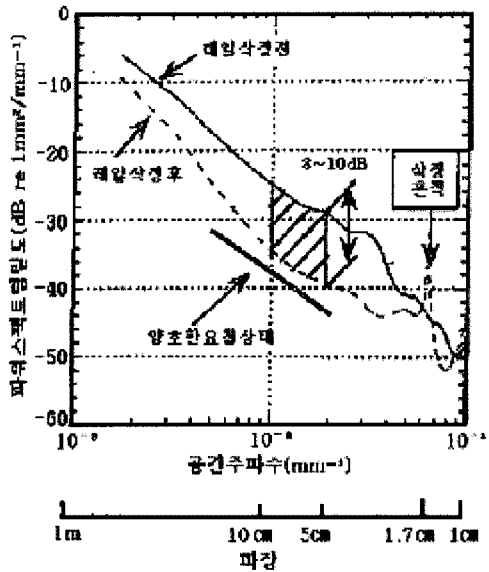


그림 10. 레일요철의 파워 스펙트럼 밀도

다음에 파워 스펙트럼 밀도로 구한 개소에서 레일로부터 2 m 거리의 레일근방 소음을 측정 한 결과(그림 11)에서는 레일삭정 후의 소음레벨이 8~10 dB(A) 정도의 저감으로 되는 것을 알 수 있다. 이 저감량은 레일요철의 차이와 거의 동일하게 되었다. 이와 같이 레일요철이 지배적이라고 생각되는 개소에서는 레일요철의 저감량이 그대로 전동음의 저감량에 대응한다고 생각된다.

다만, 임시로 레일표면이 대단히 매끄럽고 레일요철이 양호한 상태인 때에도 주행하는 차륜으로부터 힘을 받아 레일도 변형하여 음이 발생되는 것은 피할 수 없다. 따라서

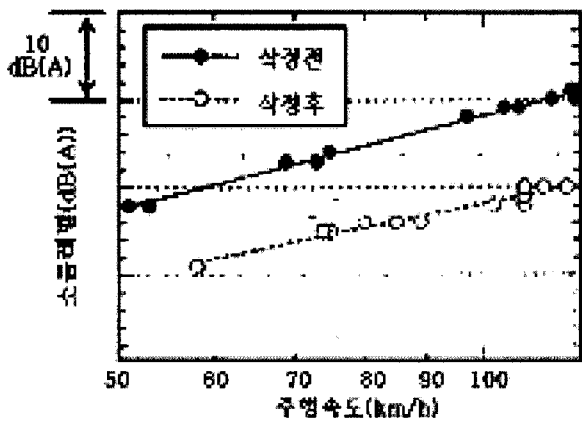


그림 11. 레일근방에서 측정된 소음

레일요철에 일정한 목표를 정하여 관리하는 것이 중요한 대책이다. 또한, 레일을 양호하게 삭정한 경우에는 2년 경과 후에도 기껏해야 2 dB 정도의 증가에 머무르고 레일요철은 대체로 양호한 상태를 유지할 수 있다고 생각된다.

2. 레일삭정

양호한 레일표면 상태를 유지하기 위하여 정기적으로 레일을 삭정하고 있다. 레일삭정에는 예를 들어 다수의 그라인더를 설치한 레일 삭정차가 활용되고 있다. 또한, 예를 들어 그라인더를 6개 설치한 6두식이라고 호칭되는 레일 삭정차도 이용되고 있다. 어느 쪽의 삭정기구도 레일에 일정한 힘으로 레일에 압부(押付)하여 레일에 평행하게 그라인더를 회전시킴으로서 레일표면을 삭정하는 방식을 채용하고 있다. 따라서 레일을 신속하게 깎는다고 하는 면에서는 효율이 나쁜 방법이라고 한다. 그러나 그 분만큼 확실하게 매끈하게 마무리한다고 하는 우수한 특성을 갖고 있다. 그러나 부주의하게 레일을 삭정하면 그림 10에도 나타난 것처럼 그라인더에 의한 삭정흔적이 남는 일도 있다. 마무리에 충분히 유의하여 레일을 삭정할 필요가 있다. 또한, 일정한 압부 힘으로 삭정하는 레일 삭정차에서는 레일용접부 등에서 생기고 있는 크게 움푹 팬 개소를 그냥 지나쳐버리므로 레일용접부에서는 규모가 작은 6두식 등을 이용하는 스폿(spot)적인 레일삭정이 유효하며 양자의 병용도 권장된다.

3. 레일요철의 관리

전동음을 적정하게 유지하기 위한 레일요철 관리방법으로서 레일요철을 마이크론 오더로 직접 측정하는 것은 현실적이지 않다. 고속선로의 궤도검측차로 예를 들어 축상 가속도나 상하 소음을 측정하여 레일삭정 개소를 선정하는 방법이 있다. 일반선로에서도 궤도검측차의 바닥 아래에 소음계를 설치하거나 축상에 가속도계를 설치하여 레일요철 상태를 감시하는 방법이 검토되고 있다. 그림 10에 나타난 레일삭정 개소에서 상하 소음레벨은 레일삭정 전이 105 dB(A)이었던 것에 비하여 레일삭정 후는 약 95 dB(A)로 되어 10 dB(A) 정도가 저감되고 있다(그림 12). 레일요철의 파워 스펙트럼 밀도, 레일근방의 소음레벨, 차량바닥 아래의

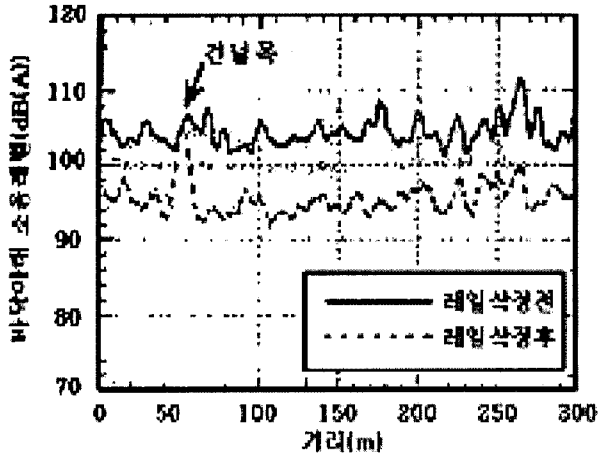


그림 12. 바닥 아래 소음레벨의 파형 예(주행속도 : 110 km/h)

소음레벨도 거의 동일한 저감량을 나타내고 있음이 알려졌다. 레일요철을 관리하기 위하여 상하(床下) 소음레벨에 의한 상태감시는 대단히 유효한 방법이라고 생각된다. 더욱이 그림 12의 레일삭정 전후에서는 거의 같은 레벨을 나타내고 있는 개소는 건널목이다.

상하 소음과 마찬가지로 차량의 축상(軸箱)에 가속도계를 설치하여 레일요철의 영향을 직접 받는 윤축의 변동을 측정하는 방법도 이용된다. 그러나 이 축상 가속도에는 레일요철 뿐만이 아니라 궤도의 변형에 기인하는 여러 가지 성분이 포함되므로 레일요철에 의한 변동성분을 정확하게

검출할 필요가 있다. 최근에 새로운 시간주파수 해석방법으로서 주목을 받고 있는 웨이브렛 해석이라고 하는 해석방법을 적용하여 불량한 레일요철에 기인하는 변동을 거의 정확하게 검출할 수 있는 것이 확인되고 있다. 향후에는 정량적인 해석방법의 확립이 필요하다.

V. 맺음말

환경문제는 21세기의 중요한 과제이다. 철도에서도 연선에 미치는 환경부하를 배려하여 열차속도의 향상, 수송량의 증강에 대하여도 환경에 미치는 부하를 작게 하여 그 완화·저감을 도모하도록 사회로부터 요구되고 있다. 따라서 향후에도 더욱 노력하여 연선환경에 대한 부하가 작은 철도를 목표로 하여야 한다고 생각된다.

근년에 일반선로에서의 연선소음에 대한 관심이 높아지고 있으며, 그 중에서도 전동음이 연선소음에 대한 영향이 크므로 전동음의 대책이 중요한 과제로 되어 있다. 따라서 레일이나 차륜으로부터의 방사음의 여러 가지 요인에 대한 확인과 정량적인 평가가 요구되고 있으며 이에 따라 전동음 저감에 효과적인 방안을 강구하여 대책을 수립할 필요가 있다. ☺