

방진합금을 적용한 철도레일 이음매판의 진동저감 효과에 관한 연구 Application of High Damping Alloys for Vibration Reduction in Rail Joint Bar

백승한* · 김정철** · 한동운** · 백진현** · 김태훈** · 김양수***

S. H. Baik, J. C. Kim, D. W. Han, J. H. Baik, T. H. Kim and Y. S. Kim

Key Words : rail joint(레일 이음매), damping alloy(방진합금), accelerometer(가속도계), vibration(진동), microphone(소음계), vibration reduction(진동저감), specific damping capacity(비감쇠능)

ABSTRACT

Conventional methods for reducing vibration in engineering designs may be undesirable in conditions where size or weight must be minimized, or where complex vibration spectra exist. Some alloys with a combination of high damping capacity and good mechanical properties can provide attractive technical and economical solutions to problems involving seismic, shock and vibration isolation. In this paper, it showed the noise and vibration characteristic was compared conventional rail joint to improved rail joint(damping alloy) for reducing noise and vibration. Its applicability to rail joint is discussed.

1. 서 론

산업이 고도화됨에 따라 인류의 생활은 편의와 풍요를 누리게 되었지만, 그것이 남긴 각종 부산물인 공해는 우리의 자연환경을 위협하고 있다. 이들 공해중 소음과 진동은 원인이 제거되면 바로 문제가 해결되며, 후유증도 남지 않는 특성이 있어 초기단계에서 주도면밀한 계획에 의한 대책을 수립한다면 쉽게 해결할 수 있는 공해라 할 수 있다.

철도는 다른 교통수단과 달리 궤도라는 독특한 시설물을 포함하고 있다. 궤도는 열차를 정해진 길로 유도하는 역할과 열차하중을 완화하여 하부구조물을 보호하는 역할을 수행한다. 그러나 이와 같은 궤도는 필연적으로 소음과 진동을 야기시켜 철도의 경쟁력을 약화시키고 있다. 최근에 다른 교통수단에 비해서 승객과 화물을 많이 수송할 수 있을 뿐만 아니라 안전성, 정시성 및 환경친화성 등의 장점과 더불어 고속철도 개통으로 인해 제2의 도약기를 맞이하고 있으나 향후 발생할 민원의 소지를 해결한다는 차원에서 효과적이고 경제적인 방음, 방진기술의 개발은 국가적으로 시

급한 과제라 할 수 있다. 저진동·저소음 궤도기술은 방진 슬래브 궤도, 방진체결구, 방진 침목, 방진 자갈도상매트 등의 기술이 개발되어 있으며, 이들은 근본적으로 궤도강성을 타구간 보다 유연하게 하am로써 방진·방음 저감효과를 얻을 수 있으나, 방진궤도구간을 통과하는 열차의 주행안전성을 저해할 가능성이 있다. 따라서 많은 연구자들이 궤도강성을 그대로 유지하여 주행안전성을 확보할 수 있는 방안인 레일이음매의 개선에 관심을 가지고 있으며 여기서 발생하는 소음과 진동은 철도소음에 대표적인 것으로 알려져 있다. 기존에 이에 대한 연구는 레일 삭정, 신축이음매 사용, 그리고 레일 용접에 의한 장대화를 시도하고 있으며, 상당한 소음진동 저감효과가 있음을 확인하였다.

위에서 살펴 본 바와 같이 대부분의 저진동 저소음 궤도 기술은 강성이 대폭 보강된 고무 등이 사용된 방진궤도가 대부분으로, 저속구간에서는 주행안정성과 진동 소음 저감 효과가 뛰어나나, 고속구간에서의 복잡한 동특성으로 인하여 궤도부설에 많은 비용을 소모했음에도 불구하고 방진 방음효과가 저하될 수 있으며 또한 안정도도 저해될 수 있다.

따라서 본 연구에서는 방진 방음효과를 얻을 수 있는 소재로써 기계적 강도가 우수하고 동시에 진동을 흡수하는 능력이 매우 우수한 방진합금(Damping Alloy)이 레일이음매로서 소음진동저감효과가 있는지를 확인하기 위하여, 실험실 수준에서 소재평가를 실시한 후, 시험품을 제작하여 대체 실험을 통하여 철도분야에 방진합금의 적용가능성을 검토해 보았다.

* (주)우진
E-mail : shbaik@woojininc.com
Tel : (031) 379-3421, Fax : (031) 379-3134

** (주)우진

*** 한국철도대학 철도차량전기과

2. 실험방법

2.1 시험품 제작

기존에 사용되는 레일이음매중 60kg 레일용 이음매와 동일한 모양(그림1)으로 제작하기 위하여 150 X 150 X 1000(mm)각재를 주조한 후 단조와 가공을 실시하여 시험품을 제작하였다. 표 1은 이음매판에 대한 철도청 규격(철도 2250-1016타)에 정의된 이음매판의 기계적 성질이며, 표 2는 시험품으로 제작된 Fe-17%Mn방진합금의 기계적 성질을 나타내었다.

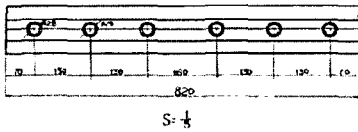
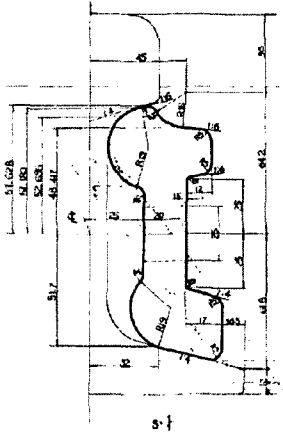


그림 1. 레일 이음매(60kg 레일용) 도면

표 1. 기존 이음매판 재료의 기계적 성질

인장강도(kg/mm ²)	신율(%)	굴곡시험(90°)
70 이상	12 이상	이상 없을 것

표 2. Fe-17%Mn방진합금의 기계적 성질

인장강도(kg/mm ²)	항복강도(kg/mm ²)	신율(%)	굴곡시험(90°)
75	37	35	이상 없음

2.2 진동감쇠능 측정

Fe-17%Mn방진합금(Damping Alloy)이 레일이음매로서 소음·진동저감효과가 있는지를 확인하기 위하여, 실험실 수준에서 소재평가를 실시하기 위하여 시험편 형태로 진동을 흡수하는 능력인 비감쇠능(SDC)을 측정하였다. 비감쇠능 측정은 Fe-17%Mn 방진합금과 기존 이음매판 소재

(SM50C)를 봉상시험편으로 제작하였고, 본 연구실에서 자체 제작한 Fipple-pertz형 비틀림진자 시험장치로 비감쇠능을 측정하였다. 이 시험장치의 원리는 시험편을 자유진동시켰을 때 시간의 경과에 따라 진동의 진폭이 점차 감소해 가는 것을 potentiometer로 감지하여, 증폭기를 거쳐 A/D converter를 통해 입력된 신호인 시간 대 진폭 변화 곡선으로부터 strain에 따른 비감쇠능을 측정하였다. 그림 2에 진동측정시스템의 개략도와 봉상시험편을 나타내었다.

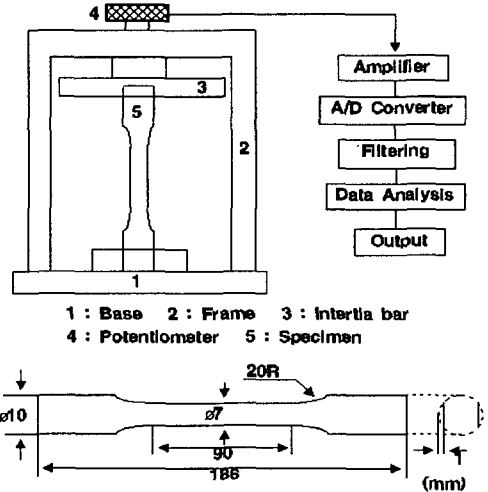


그림 2. 진동측정시스템의 개략도와 시험편

2.3 현장 대체시험

제작된 레일이음매 시험품의 현장 대체시험을 하고자, 의왕(철도대학)역 인근의 경부선 하행1선에 새마을호 통과시 소음과 진동을 측정하였다. 그림 3은 레일이음매에 가속도센서를 부착한 사진이며 콘크리트 침묵이 매우 심하게 파손되어 있음을 알 수 있다. 그림 4는 그림 3의 A부분 확대사진으로 레일 이음매 부근의 콘크리트 침묵이 가장 많은 충격을 받아 손상되어 있음을 확인할 수 있었다.



그림 3. 가속도계 설치



그림 4. 콘크리트 침목 손상부

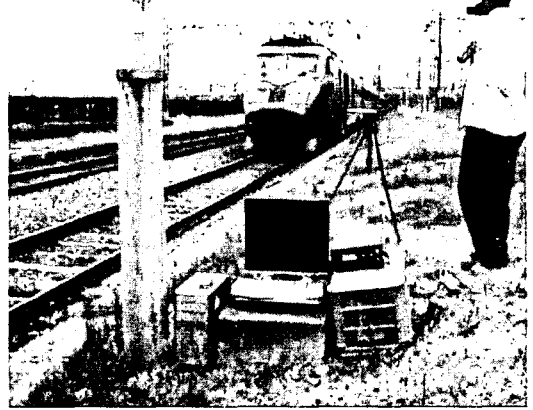


그림 6. 현장 측정 장면

2.4 측정시스템 구성

(1) 진동측정

차륜이 레일이음매에 접촉할 때 발생하는 진동을 직접 측정해 보고자 레일이음매의 측면에 10,000Hz까지 측정이 가능한 압전식 센서(PU-616B)를 설치하였으며, 데이터 계측 및 저장에 사용된 프로그램은 HP사의 HP Vee를 기반으로 자체 개발하여 사용하였다(그림 5). 이때 샘플링 주파수는 10kHz로서 한 번의 데이터는 0.5초 단위로 끊어 파일로 저장한 후 신호를 처리하였다.

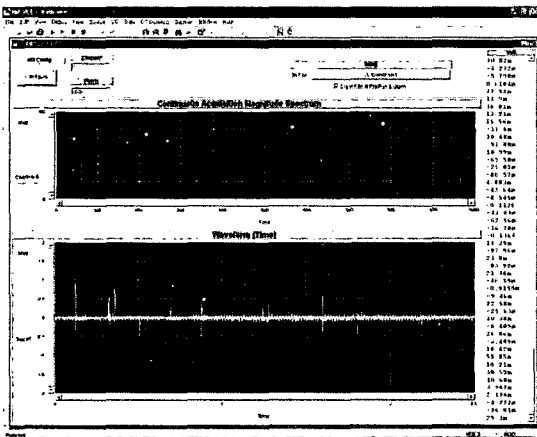


그림 5. 진동측정 프로그램

(2) 소음측정

소음측정은 마이크로폰 위치를 기준으로 전방50m 거리에 열차의 선두부가 진입할 때부터 후미부가 마이크로폰 앞을 빠져 나갔을 때까지로 하였으며, 측정위치는 선로중심에서 3m 떨어진 곳에서 평균소음과 최고소음을 측정하였다. 그림 6은 소음 진동을 측정 장면을 나타내었다.

3. 실험결과

3.1 진동감쇠능 측정

자체 제작한 Fapple-pertz형 비틀림진자 시험장치로 방진합금과 기존 이음매판 재료(SM50C)의 진동감쇠능을 측정한 결과를 그림 7에 나타내었다.

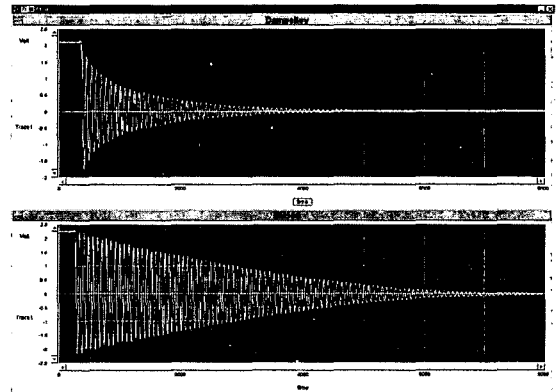


그림 7. 진동감쇠능 측정 화면

방진합금의 경우, 초기부터 급격하게 진동감쇠가 일어나 약 5초 이후에는 거의 진동이 소멸되었으나 기존 이음매판의 경우 측정완료 시점인 8초까지도 진동이 잔존하였으며, 또한 원신호를 가지고 진동감쇠능을 나타내는 척도중의 하나인 비감쇠능을 측정된 결과, 방진합금의 경우 24%(SDC, %), 기존 이음매판은 3.8%(SDC, %)의 진동감쇠를 보였다.

3.2 소음측정

표 3은 방진합금 이음매판으로 교체 전후에 소음을 측정한 결과이다. 교체전후에 평균소음도는 큰 차이가 없었으며 최소소음도는 약 1dB정도 감소함이 관찰되었다.

표 3. 이음매판 교체전후의 소음도 비교(unit : dBA)

구분 No.	교체전		교체후	
	평균소음도	최고소음도	평균소음도	최고소음도
1	85.2	102.3	85.0	101.5
2	86.3	105.1	86.6	103.5

3.3 진동측정

그림 8은 교체전후에 진동측정을 행한 결과이다. 그림에서 보듯이 열차 차륜이 이음매 부분을 통과시 큰 충격신호가 주기적으로 관찰됨을 알 수 있으며, 기존 이음매판을 방진합금으로 교체후에 전체적인 충격레벨이 감소함을 알 수 있었다.

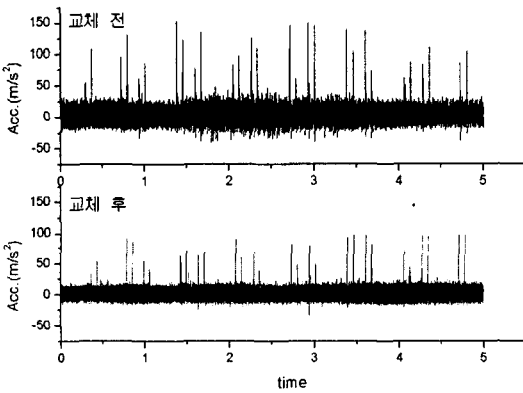


그림 8. 이음매판 교체전후의 진동레벨

4. 결론

방진 방음효과를 얻을 수 있는 소재로써 기계적 강도가 우수하고 동시에 진동을 흡수하는 능력이 매우 우수한 방진합금(Damping Alloy)이 레일이음매로서 소음진동저감효과가 있는지를 확인하기 위하여, 실험실 수준에서 소재평가를 실시한 후, 이음매판을 방진합금으로 교체하여 소음과 진동을 측정된 결과 다음과 같은 결과를 얻었다.

- 실험실 수준의 소재평가에서는 기존 소재(SM50C)보다 방진합금이 진동을 흡수하는 척도인 비감쇠능이 6배 이상 우수하였다.

- 이음매판을 방진합금으로 대체후 소음을 측정된 결과, 평균소음은 큰 차이가 없었으나, 최고 소음도는 약1dB정도 감소하였다.

- 이음매판을 방진합금으로 대체후 진동을 측정된 결과, 차륜이 이음매판을 통과시 큰 주기적인 충격신호가 관찰되었으며, 방진합금 대체후 전체적인 진동레벨이 감소하였으나, 보다 더 정확한 현장대체평가를 위해서는 많은 시험 데이터를 확보해야 할 것으로 사료된다.

후 기

본 연구는 과학기술부의 국가지정연구실사업(NRL)으로 지원된 “제진금속의 소음진동 제어기술 개발”과제의 연구결과 일부이며, 지원에 감사드립니다.

참 고 문 헌

- (1) 황선근 등, 2000, “레도지지구조물의 진동특성과 예측” 한국철도학회논문집, 제3권, 2호, pp.51~61
- (2) 양신추 등, 2003, “방진레도가 부설된 역사의 진동해석 기법” 춘계학술대회논문집, 한국소음진동공학회, pp.561~566
- (3) 함영삼 등, 2004, “태백선을 주행하는 화차 엔드빔의 진동특성에 관한 연구” 춘계학술대회논문집, 한국소음진동공학회, pp.378~383
- (4) 조준호 등, 2001, “레일 이음매 개선에 따른 철도 연변소음 저감 연구” 한국철도학회논문집, 제4권, 1호, pp.31~37
- (5) 박찬경 등, 2004, “한국형 고속전철의 기존선 주행 진동가속도 특성 분석 -곡선 통과속도 중심으로” 춘계학술대회 논문집, 한국소음진동공학회, pp.222~227