

레일패드 내 압전소자의 적층형태에 따른 전력 생산평가

Evaluation of Electric Power Circuitry of different Architecture Design of PZT Sensors inserted in Rail Pad

조호진**, 이종관*, 임상진**†, 임유진**

Hohin Cho**, Jongkwan Lee*, Sangjin Lim**†, Yujin Lim**

Abstract Railway track generates severe levels of vibrations. In order to reduce vibrations of railway track and to provide structural stability, various rail pads and mats etc are used for vibration protection purpose. In this study, a specially designed rail pad is developed to reduce vibration and to generate electric power simultaneously that is using generated vibrations due to running railway cars on the track. The newly design and developed rail pads are tested to evaluate characteristics of electric power by investigating generated voltage and current levels and patterns.

Keywords : Piezoelectric element, Rail pad, Electric power, Vibration, Bond

초 록 철도궤도는 고속 주행하는 중량의 차량을 안전하게 안내하고 지지하는 구조물로서 상당한 크기의 진동을 유발한다. 진동의 저감과 궤도 안정성 확보를 목적으로 레일패드, 방진패드 및 방진슬래브, 매트 등의 자재와 공법을 이용하는 기술이 적용되고 있다. 본 연구는 진동저감 및 압전소자 활용 자가발전장치 발전기술을 개발하기 위하여 기존 일반 철도 및 고속철도 궤도 내에 열차 이동하중에 의한 압력 및 충격 에너지를 수확하고자 압전소자 패드를 개발하였다. 이러한 압전패드 내의 압전소자의 적층구조 및 접착재 차이에 따른 전력 생산의 차이효과를 비교분석 하였다.

주요어 : 압전소자, 레일패드, 전력, 진동, 접착재

1. 서 론

철도궤도는 고속 주행하는 차량을 안전하게 안내하고 지지하는 구조물로서 속도가 빠른 고속철도 상에서는 상당한 크기의 진동 및 소음을 유발한다. 일반적으로 진동의 저감과 궤도의 구조적 안정성을 확보하기 위해 레일패드를 사용한다. 본 연구에서는 열차주행중 발생하는 진동에너지 즉, 이동하중에 따른 압력과 충격하중을 이용하여 레일패드 내에 삽입된 압전소자에 의해 전기를 생산, 발전하는 시스템을 개발하고자 하였다. 이와 같은 발전기술을 개발하기 위하여 레일패드 내에 압전소자의 적층구조와 접착재를 달리하면서 각 적층구조에 따른 전력 생산 수준이 어떠한 차이를 보이는지 비교 분석하였다.

† 교신저자: 배재대학교 공과대학 건설환경철도공학과(qseszs@naver.com)

* (주)대한폴리텍

** 배재대학교 공과대학 건설환경철도공학과

2. 레일패드 내 압전소자 적층형태에 따른 시험

2.1 레일패드

2.1.1 KRSA-1001-R0

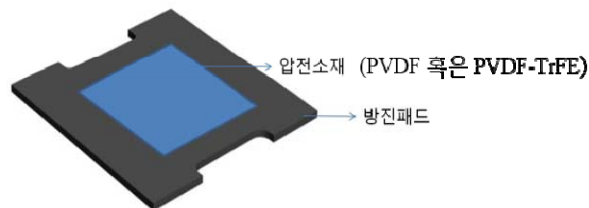
철도 공단 표준규격서인 KRSA-1001-R0에 따라 e-클립형 레일체결장치 규격에 맞게 레일패드를 제작하였다.

2.1.2 철도궤도용 방진·압전 복합 패드 개발

철도궤도용 고내구성의 방진·압전 목적의 복합패드를 개발 하기 위하여 먼저 적층 또는 삽입구조 형태의 압전소재로 구성된 패드를 제작하였다. 패드는 구성상 압전층의 구조 및 배치에 따라 방진 및 압전 성능이 달라질 수 있다. 이러한 목적의 패드를 제작하기 위하여 기존 e-클립형 패드의 형태와 크기로 재질이 다른 폴리우레탄 계열의 복합재로 성형하였으며 Micro cellular elastomer 기술을 활용한 탄성패드를 개발하였다. Fig.1과 같은 형태의 압전소재가 삽입된 패드를 고안하였으며 방진패드의 기계적, 역학적 최종 성능 목표는 Table 1과 같다.

Table 1 Performance requirement of vibration proof pad

Test item	Unit	Spec
Density	Kg/m ³	400 over
Tensile strength	MPa	5 over
Stretch rate	%	200 over
Longitude	(Shore A)	70~75
Static modulus of elasticity	N/mm ³	0.010~0.015
Permanent deformation ratio	%	20
Piezo-elastic modulus	pC/N	18
Energy conversion efficiency	k	0.56 (38%)



*PVDF : Poly(vinylidene fluoride)

*PVDF-TrFE : Poly(vinylidene fluoride-co-trifluoroethylene)

Fig. 1 Vibration-piezoelectric pad

2.2 압전소자 및 접착제

2.2.1 압전소자

압전소자를 이용한 자가 발전시스템은 압전소자의 고유 특성과 압전소자가 장착되는 환경에 의해 동작특성이 정해지므로 효율적인 자가발전을 위해서 압전소자 이용 자가발전 동작모델 및 전기회로를 구성하고, 이를 토대로 자가발전시스템을 제작한다. 본 연구에서는 여러 가지 압전소자 중 하나인 PVDF 필름을 사용하였으며 이를 기반으로 최적화된 발전용 전기회로를 구성하였다.

2.2.2 접착제

방진패드와 압전소자인 PVDF 필름을 부착하고 내구성을 확보하기 위하여 개발된 특수 접착제를 사용하였다. 시험에 사용된 접착제는 폴리우레탄계열 2종, 폴리머계열 1종으로 총 3가지 종류이다.

2.3 적층형태 및 시험방법

Lee[1]는 방진패드와 압전소자의 적층형태에 따라서 압전효율의 차이가 있다는 것을 재하시험을 통하여 밝힌 바 있다. 본 연구에서는 PVDF 필름을 방진패드의 재하층위별로 중간층, 하면층, 상면층에 접착제 종류를 달리하면서 부착하고 500kg부터 10,000kg까지 단계별로 하중을 증가시키며 재하시험을 실시하였다. 재하 하중 크기 변화에 따른 전력 발생 크기, 패턴 및 전력생산에 미치는 접착효능을 비교분석 하였다.

제작된 패드에 액추에이터를 사용하여 반복하중을 가하였다. 하중단계는 Table 2와 같으며, 시험은 Fig. 2와 같이 H형강을 받침대로 하여 침목과 e-클립형 체결장치, 레일패드, 레일 순으로 설치하여 시험을 진행하였다. 압전소자 삽입형 패드가 받는 하중에 따른 전압의 크기를 오실로스코프로 측정하였다.

Table 2 Load level of Actuator

<i>Load(kg)</i>	The number of repetition
500	5000
1000	5000
2000	5000
4000	5000
6000	5000
8000	5000
10000	5000

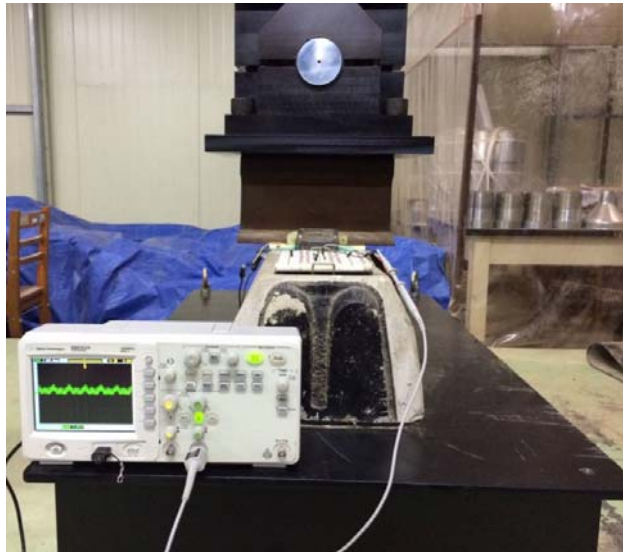


Fig. 2 Test view of rail pad with piezoelectric sensors

3. 결 론

본 연구에서는 폴리우레탄 계열의 방진용 레일패드를 새롭게 개발하고 이 패드 내에 pvdF 압전소자를 적층형태로 구성하고 이를 부착하기 위한 특수 접착제 종류를 달리하면서 압전효율을 평가하고자 하였다. 압전효율의 특성을 분석하기 위하여 반복액츄에이터를 이용한 하중크기별 반복재하시험을 실시하였다. 반복재하하중은 500kg부터 10,000kg까지 단계별로 증가시키며 시험을 실시하였다. 시험결과 접착제의 종류에 따른 압전효율 차이보다 적층형태의 구성 차이에 따른 압전효율의 차이가 더 크다는 것을 알 수 있었다.

후 기

본 연구는 국토교통부 국토교통기술촉진연구사업의 연구비 지원(15CTAP-CO98410-01)에 의해 수행되었습니다.

참고문헌

- [1] Lee Jea-Jun (2011) A Fundamental Study for Design of Electric Energy Harvesting Device using PZT on the Road, *Korean Society of Road Engineerings*, 13(4), pp. 159-166.

(한국철도학회 정기학술대회 Full Paper -Template 작성일: 2015.02.17)