

TEEE 소재 레일패드의 현장 적용성에 관한 연구

A Study on Field Application of TEEE Material Rail Pad

권성태*
Kwon, Sung-Tae

허현무*
Hur, Hyun-moo

김정남**
Kim, Jung-Nam

ABSTRACT

TEEE(Thermoplastic ether-ester elastomer) is expected to reduce the noise and vibration from railway because its unique properties such as porosity. In this study, after building TEEE rail pad at established rail, we conducted practical test and vibration test to inquire the field application and endurance of TEEE material. The test results showed that TEEE material was lower vibration than EVA material. therefore, TEEE material was effective from a vibration reduction point of view.

1. 서 론

레일 패드는 열차의 되풀이되는 충격 하중에 대하여 경화 또는 과손되지 않고, 수명기간 동안 충분한 기능을 유지해야 하며 질연 성능을 지니고 있어야 한다.¹⁾ 지금까지 국내에 사용되고 있는 레일 패드는 기존의 철도에서는 EVA와 TPU 소재가 주로 사용되고 있으며, 고속철도의 경우에는 RUBBER 소재가 사용되고 있다.

외국에서 일부 적용되고 있는 TEEE(열가소성 폴리에스터 탄성체) 소재는 기존의 e-크립용 레일채결 장치에 적용하기 위하여 국산화 개발된 패드로, 성능의 향상을 위하여 압출시 패드의 전면면에 발포 공정으로 제조하였으며, 발포 공정의 특성인 다기공성에 의하여 소음, 진동 및 충격의 흡수가 용이할 것으로 예상되는 패드로 실내에서의 내구성 및 물리적 성질에 대한 시험을 실시한 결과, 노화 및 내구성, 내구성 등에서 기존에 사용되는 소재에 비해 우수한 결과를 나타내었다.

본 연구에서는 발포된 TEEE 소재의 패드에 대하여 현장 적용시의 효과를 확인하기 위하여 이륜 현장에 부설한 후 사용 시험 및 진동 시험을 실시하여 패드의 내구성 및 적용성에 대한 평가를 실시하고자 하였으며 사용된 패드의 경우에는 TEEE 소재를 사용하여 기존의 e-크립용으로 적합하게 5mm로 제작되었으며, 제작된 패드는 발포하여 고속철도에서 사용되는 Rubber에서와 유사한 탄성계수를 가지도록 제작하여 EVA 패드와 인접 지점에 부설하였다. 부설지점은 레일 곡선부에서 곡선 중심을 기준 인접 지점으로 주기적으로 철거하여 패드의 경도 및 지수, 형태의 변화유무 등에 대하여 측정하고 진동 시험은 부설구간에서 열차 종류별로 레일과 침목의 상하, 좌우 진동을 측정하여 사용상 내구성 및 현장 적용성을 위한 평가를 수행하였다.

* 한국철도기술연구원 선임연구원, 정회원

** 한국철도기술연구원 위촉연구원, 비회원

2. 사용시험

2-1. 개요

TEEE 패드의 현장 적용성을 판단하기 위한 사용시험의 부설구간은 Fig. 1에서와 같이 곡선부를 종철로 기존에 주로 사용하고 있는 EVA 패드와 병행하여 부설하였으며, 부설구간은 곡선부틀 기준으로 일 지점에서 주기적으로 철거하여 각각의 패드에 대한 경도 및 치수, 형태의 변화유무 등에 대하여 측정하였으며 선로에 대한 전반적인 보수유지 측면에서도 점검하였다.

가. 시험부설위치

- TEEE패드 : 경부선 소정리~전외(하) 114km 445 ~ 114km 645 (l=200m)
- EVA패드 : 경부선 소정리~전외(하) 114km 645 ~ 114km 745 (l=100m)

나. 부설 수량

- TEEE패드 : 680개(200m×1.7정/m×2(좌,우))
- EVA패드 : 340개(200m×1.7정/m×2(좌,우))

다. 시험기간 : 2003.02.05.~2003.11.05.

라. 점검항목

- 구성재료의 상호 조합성 및 보수의 용이성
- 마모, 열화, 균열, 찢김, 밀림, 이완, 탈락여부
- 장대레일 재설정(레일가열법)에 의한 재료의 훼손여부

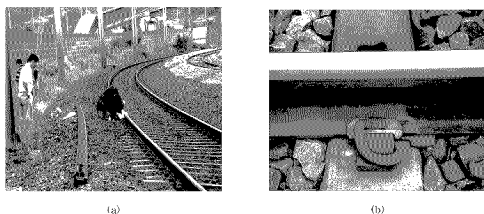


Fig.1 시험용 부설 현장: (a) 부설구간, (b) 시험용 부설구간의 자설정 후

2-2. 사용시험 결과

Table 1은 사용 기간에 따른 패드의 두께 및 경도를 측정된 결과로 EVA보다 TEEE 패드는 발포로 인하여 침몰 접촉부에서 부분적으로 일부분 뭉치고 두께도 부분적으로 감소하는 것으로 나타났다.

Table 1 사용시험 후 시험용의 변화율

구분		경도변화(HSA)		부끼변화(mm)		이상유무		비 고
		TEEE	EVA	TEEE	EVA	TEEE	EVA	
2.5개월후	1	74	90	5.12	4.78	이상없음	이상없음	
	2	75	90	5.12	4.58	이상없음	찢어짐	
5.0개월후	1	74	91	5.10	4.66	이상없음	이상없음	
	2	75	90	4.84	4.57	이상없음	찢어짐	
10.5개월후	1	75	91	4.71	4.55	이상없음	이상없음	내측
	2	76	91	4.56	4.57	이상없음	이상없음	외측

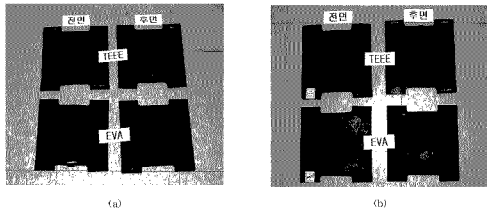


Fig. 2 사용시험 후 검거허 시험중 형상: (a) 10.5개월 사용 후, (b) 2.5개월 사용 후

Fig. 2는 주기적으로 찢어진 패드 형상을 나타낸 것으로 특이사항으로는 시험 부설 구간이 원곡선부로 횡압을 받는 지점이므로 EVA 패드에서는 횡압의 만림에 의하여 초기부터 손터부분에서 파손 현상이 발생하였고, TEEE 패드의 경우에는 형상은 유지되었으나 부분적으로 동치는 현상이 나타났다. 이는 TEEE 패드의 경우 초기에는 표면층이 발포에 의한 기공이 형성되었으나 침목 및 레일의 거친 면과의 접촉에 의해 패이면서 발포된 기공이 파괴되어 나타나는 현상으로, 이 구간에서 실시한 레일 재설정시에도 외관상으로 화염에 의한 변형은 없는 것으로 나타났으나, 레일 부분에 접촉되어 패드가 일부 이동하는 것으로 나타났다. 반면, 기존의 EVA 패드는 상대적으로 딱딱하고 비크림이 많이 발생하여 재설정 등에서는 레일 이동시 다소 효과적으로 나타났다.

따라서, 사용시험 결과를 종합하여 보면 재설정 등에서는 TEEE 패드가 일부 밀리는 현상이 EVA 패드보다는 많이 발생하나, 파손 등을 고려해볼 때 형상을 유지하는 성질이 양호한 것으로 나타나, 패드에 대한 전반적인 내구성 측면에서는 동등한 것으로 판단된다.

또한, 시험종인 TEEE 패드는 표면 발포의 특성상 침목의 접촉부와 같은 거칠기에 따라 표면의 발포층이 파손되는 현상이 발생하므로 제작시 이를 반영(예를 들어 패드 전체를 원소재로 하거나 표면 또는 침목 접촉부는 발포를 하지 않음)할 경우 내구성 및 사용 측면에서 그 성능이 크게 향상될 것으로 판단된다.

3.진동시험

3-1. 시험개요

시험품에 대한 탄성 효과 및 성능 향상 여부 등을 판단하기 위하여 TEEE 패드와 EVA 패드를 적용한 침목 및 레일에 대한 상하 및 좌우 진동을 측정하였다.

진동 측정은 시험 부설구간이 원곡선의 중앙부를 기준으로 EVA 패드와 TEEE 패드를 부설하였으므로 중앙부의 15m 이등한 거리에서 부설 후 약 5개월이 경과한 시점에 다음과 같이 측정하였다.

가. 시험일시 및 장소 : 2003.07.03.~07.05. 경부선 진이역(하선)

나. 측정장 : 기존폭, 시험품 레일패드 부설위치의 침목, 레일부 좌우 및 상하진동

다. 시험데이터 분석방법 :

-차량통과시 진동가속도센서 취부위치에서의 좌우, 상하방향 진동가속도 신호 취득

-분석구간 : 무궁화열차 3회, 새마을열차 3회, 화차 1회 통과시의 진동 데이터

-Sampling Rate : 1,000Hz

-Filter : 100Hz Low-pass Filtering

-분석량 : 전진폭 최대값(pc나-pe나 max, g), RMS(root mean square, g)

3-2 측정결과

부실 지점에서 무공화효, 세미효호 및 화차 통과시 측정된 진동 파형은 Fig 3 ~ 5와 같으며, 각 차종별 3회 통과시 기존의 EVA 패드와 TEEE 패드를 적용한 각 부위에서 진동을 측정하여 분석한 결과를 종합하면 Table 2, Fig 6 ~ 8 와 같다.

시험구간에서 측정된 진동 결과를 종합하면 TEEE 패드를 적용한 경우 레일에서는 상하방향으로 진동 최대치가 크게 감소하였으며, 좌우 방향으로도 진동 최대치가 감소하는 경향을 나타냈다. 따라서, TEEE 패드에서는 측정 구간이 곡선 구간임을 감안하면 진동에 따른 감쇄 효과가 있는 것으로 나타났다. 이는 기존의 EVA 패드는 스프링경수가 상대적으로 매우 높은 수치로 탄성체로서의 역할이 미미하나, TEEE 패드의 경우 초기보다는 기공의 압착 등으로 일부 저하된 것으로 예상되나 탄성체로서의 성능은 일부 있는 것으로 예상되고 있다.

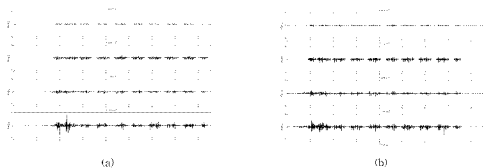


Fig. 3 무공화효와 통과시 진동측정결과 (검목 상하/좌우, 레일 상하/좌우): (a) EVA, (b) TEEE

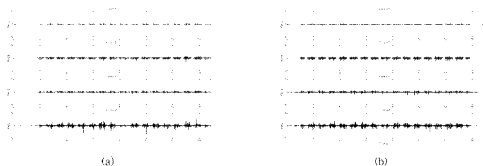


Fig. 4 세미효율과 통과시 진동측정결과 (검목 상하/좌우, 레일 상하/좌우): (a) EVA, (b) TEEE

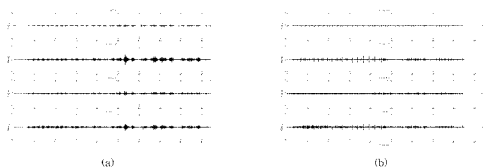


Fig. 5 화차 통과시 진동측정결과 (검목 상하/좌우, 레일 상하/좌우): (a) EVA, (b) TEEE

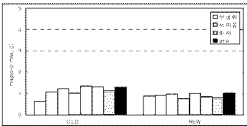
Table 2 데이터 평균치 비교; (a) p-p max, g, (b) RMS, g

(a)

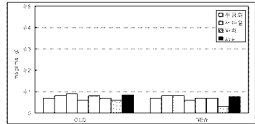
구분 \ 측정위치	침묵		레일	
	좌우	상하	좌우	상하
EVA(old)	1.29	4.42	2.89	7.78
TEEE(new)	1.03	3.83	2.99	5.84

(b)

구분 \ 측정위치	침묵		레일	
	좌우	상하	좌우	상하
EVA(old)	0.09	0.27	0.18	0.46
TEEE(new)	0.08	0.29	0.34	0.45

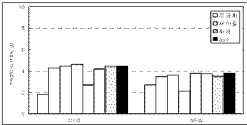


(a)

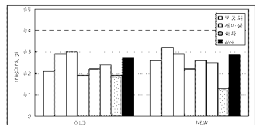


(b)

Fig. 6 침묵에서의 좌우방향 진동 분석결과 비교; (a) p-p max, g, (b) RMS, g

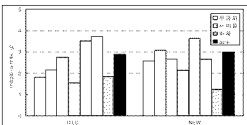


(a)

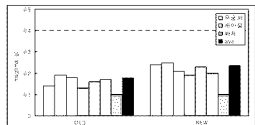


(b)

Fig. 7 침묵에서의 상하방향 진동 분석결과 비교; (a) p-p max, g, (b) RMS, g

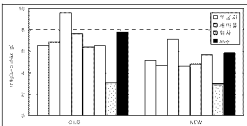


(a)

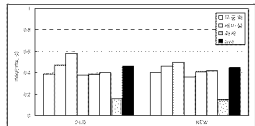


(b)

Fig. 8 레일에서의 좌우방향 진동 분석결과 비교; (a) p-p max, g, (b) RMS, g



(a)



(b)

Fig. 9 레일에서의 상하방향 진동 분석결과 비교; (a) p-p max, g, (b) RMS, g

4.결론

본 연구는 발포된 TEEE 소재의 현장 적용성 및 내구성 평가를 위하여 EVA와 TEEE 패드를 부설하고 사용시험 및 진동시험을 수행한 결과 다음과 같은 몇 가지 결론을 얻을 수 있었다.

- 1) 해당 시험품(TEEE 패드)에 대한 물성은 기존의 EVA 및 TPU 레일패드에 비하여 온도변화 및 내구성 등에서 물성의 변화가 적게 나타나 기존의 패드보다 매우 양호한 것으로 판단되었으나, 사용시험에서는 형상유지 측면에서는 매우 양호하나, 표면의 기공이 압착되고 파괴되는 현상이 부분적으로 발생하여 이를 고려한 내구성 측면에서는 전반적으로 동등한 것으로 판단된다.
- 2) TEEE 패드에 대한 부설 사용시험 결과, 표면 발포의 특성상 침목, 레일 접촉부의 거칠기 조건에 따라 내구성이 저하하는 것으로 나타나 향후 이를 개선하기 위하여는 물성이 우수한 원소재로 하거나 표면 또는 침목 접촉부는 가능한한 발포를 하지 않도록 개선하는 경우 내구성 측면에서도 우수한 것으로 판단된다.
- 3) TEEE 패드를 적용한 구간에서 실시한 레일 재설정시에도 외관상 화염에 의한 변형은 없는 것으로 나타났으나 레일 이동과 동시에 패드도 일부 이동하는 현상이 EVA 패드보다 많이 나타났다. EVA 패드는 상대적으로 높은 경도로 인한 미끄럼이 많이 발생하여 재설정 등에서는 다소 효과적인 것으로 나타났다.
- 4) TEEE 패드는 기존의 EVA 패드를 사용한 경우보다 상하방향으로의 진동 최대치가 전반적으로 감소하여 측정구간이 원곡선부로 운행되는 열차가 저속인 점을 감안하면 진동의 저감 측면에서는 효과가 있을 것으로 판단된다.

이상에서와 같이 시험결과를 종합하면 조건이 양호한 실내의 시험에서는 TEEE패드가 양호한 것으로 나타났으나, 비교적 조건이 열악한 조건에서 사용 시험한 결과, 패드의 형상 유지력, 파손 성능 향상 등에서는 기존의 패드보다 우수하나, 표면의 발포로 인한 침목 접촉면의 기공 파괴 현상이 발생하여 전반적인 내구성 측면을 고려하면 기존의 패드보다는 동등한 것으로 판단된다.

참 고 문 헌

1. 양진우, 노현진, 강유석, 이종득 (2000), “고속열도 방진침목 개발”, 한국열도학회 2000년도 추계학술대회 논문집, pp.312.