

## 레일패드 정적 수직강성 시험규격 분석 및 시험방법 제안

### Analysis of Vertical Static Stiffness Test Standard for Rail pads and Proposition of Test Method

배영훈\*<sup>†</sup>, 김만철\*\*

Young-Hoon Bae\*<sup>†</sup>, Man-Cheol Kim\*\*

**Abstract** The vertical static stiffness of rail pads or baseplate pads that are important components in rail fastening systems is a key factor to check at track design and mass production. Typical test standards that are widely used in railway field are EN 13146-9 and KRS TR 0014. Load application and calculation of vertical static stiffness are unclear in test procedures for pads of two standards. The vertical static stiffness of non-elastic pads is also able to be overestimated with application of EN 13146-9 or KRS TR 0014. In this paper, EN, KS and ASTM standard related to test methods of pads were analyzed, and vertical static stiffness tests for rail pads and baseplate pads used in railway field were performed. The new test method for vertical static stiffness of pads was proposed in order to amend it of EN 13146-9 and KRS TR 0014.

**Keywords** : Rail pads, Vertical Static Stiffness, Test method

**초 록** 레일체결장치의 주요 구성품 중 하나인 레일패드 또는 베이스플레이트 패드 정적 수직강성은 궤도 설계 시 및 제품 양산 단계 시 확인해야 할 중요한 인자다. 패드 단품에 대한 정적 수직강성 시험 방법 중 철도분야에 적용되고 있는 대표적인 규격은 EN 13146-9 및 KRS TR 0014다. 그러나 두 규격에 정의된 패드 단품의 정적 수직강성 시험 방법은 하중 제하 및 수직강성 산정 절차가 명확하게 정의되어 있지 않으며, 해당 규정을 비탄성 패드에 적용할 경우 정적 수직강성이 과다하게 산정되는 경향을 보인다. 따라서 본 논문에서는 패드 시험 관련 EN, KS 및 ASTM 규격을 분석하고, EN 규격에 따라 국내외 철도 현장에 적용되고 있는 탄성 및 비탄성 패드에 대한 정적 수직강성 시험을 실시하였으며, 이를 통해 패드 중요 물성인 정적 수직강성 결정을 위한 시험 방법을 제안하였다.

**주요어** : 레일패드, 정적 수직강성, 시험 방법

## 1. 서 론

레일체결장치 조립체 및 패드(레일패드, 베이스플레이트 패드 등) 단품의 수직강성 시험 시 대표적으로 적용되고 있는 규격은 EN 13146-9 및 이를 부합화한 KRS TR 0014다. 이들 규격에서 패드 단품의 정적 수직강성 시험 방법은 **preloading** 절차의 포함 여부가 불명확하여 정적 수직강성이 특정 주기의 강성인지 모든 주기에 대한 평균인지가 모호하며, 하중을  $F_{sp1}$ 까지만 제거하도록 규정하고 있어 패드의 정적 수직강성이 일반적으로 통용되던 값과 차이를 보이고 있

† 교신저자: 한국철도기술연구원 시험인증안전센터(yhbae@krri.re.kr)

\*\* 한국철도기술연구원 고속철도연구본부

는 등의 문제점이 있다. 특히 비탄성 패드는 EN 13146-9 및 KRS TR 0014를 적용할 경우 정적 수직강성이 과다하게 산정되는 경향을 보인다. 따라서 본 연구에서는 패드의 정적 수직강성 시험 관련 규격을 분석하고, EN 13146-9 규격을 적용하여 국내외 철도 현장에 적용되고 있는 패드의 정적 수직강성 시험 실시 및 문제점을 확인한 후, 개선을 위한 정적 수직강성 시험 방법을 제안하고자 한다.

## 2. 정적 수직강성 시험 규격 분석 및 시험

### 2.1 정적 수직강성 시험 규격 분석

#### 2.1.1 EN 13146-9 및 KRS TR 0014

EN 13146-9 및 KRS TR 0014 규격은 레일패드 및 베이스플레이트 패드 단품에 대한 정적 수직강성 시험 절차를 Fig. 1과 같이 규정하고 있다. 조립상태에서 초기 체결력을 모사하기 위해 각 주기별 최소 하중( $F_{sp1}$ )을 정의하고 있는 점이 특징이며, 두 번째 주기까지가 preloading 인지 여부가 불분명하며 이는 정적 수직강성이  $K_{s,3rd}$  또는  $K_{s,average}(K_{s,1st} \sim K_{s,3rd})$ 로 해석될 수 있다. 또한 최대 하중 및 최소 하중 재하 시 유지 시간은 기술되어 있지 않다.

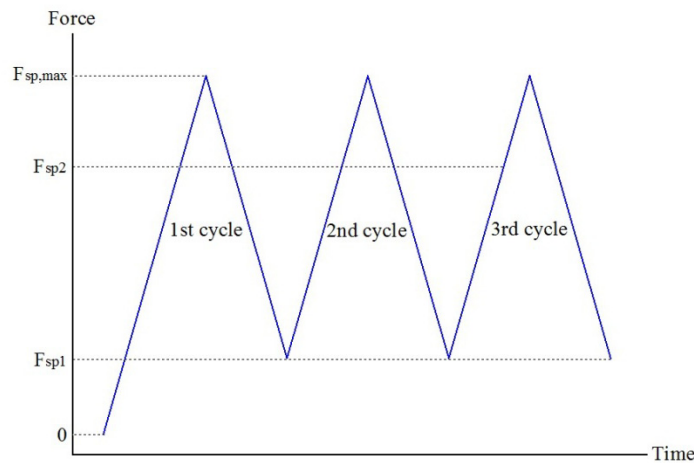


Fig. 1 Vertical static test procedure of pads in EN 13146-9 and KRS TR 0014

#### 2.1.2 KS M 6604(방진 고무 시험방법)

KS M 6604규격의 침목 패드 단품에 대한 정적 수직강성 시험 절차는 Fig. 2와 같다. EN 13146-9 및 KRS TR 0014와는 달리 preloading 주기를 명확하게 기술하고 있으며, 최대 및 최소 하중 재하 시 유지 시간은 30초이다. 또한 하중 제거 시 초기 체결력이 아닌 0kN까지 하중을 제거하도록 규정하고 있다.

#### 2.1.3 ASTM D575-91(Standard Test Methods for Rubber Properties in Compression)

ASTM D595-91 규격의 고무 제품에 대한 정적 수직강성 시험 절차는 Fig. 3과 같다. 이 규격 또한 preloading 주기를 분명하게 기술하고 있으며, 최대 하중 및 최소 하중 도달 시 유지 시간

을 두지 않도록 규정하고 있다. 그리고 제어 방법은 변위 제어를 적용하고 있으며, 하중 제거 시 변위가 최초 위치까지 도달하도록 기술하고 있다.

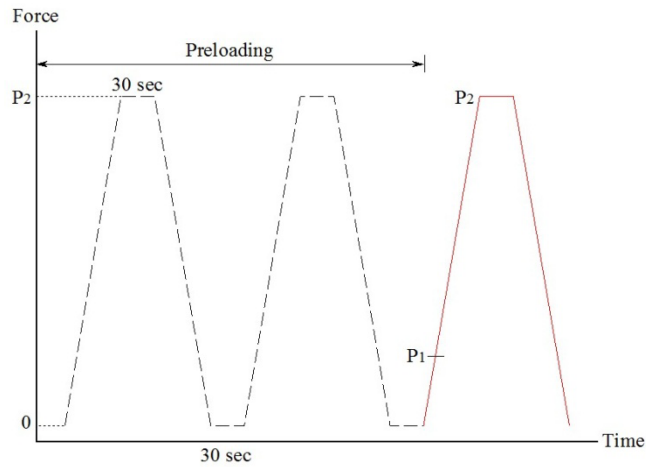


Fig. 2 Vertical static test procedure of pads in KS M 6604

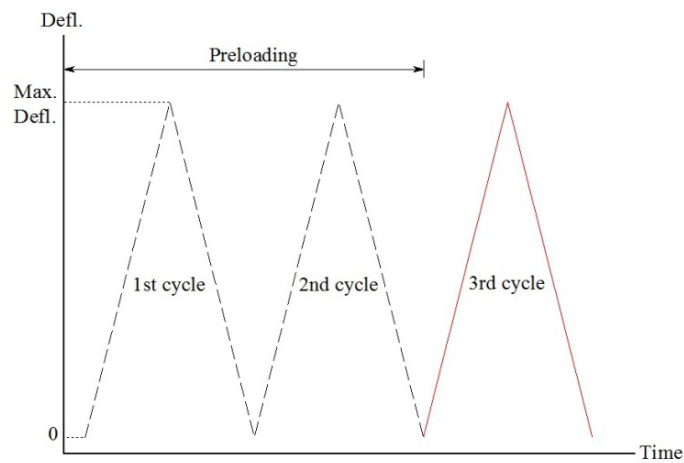


Fig. 3 Vertical static test procedure of pads in ASTM D575-91

## 2.2 패드 종류별 정적 수직강성 시험

EN 13146-6 또는 KRS TR 0014에 정의된 시험 방법(Fig. 1)을 적용하여 국내외 철도 현장에 적용되고 있는 레일 패드 및 베이스플레이트 패드의 정적 수직강성을 산정하였다. 시험용 패드로는 자갈궤도에 사용되고 있는 레일 패드 2종(고속 및 일반궤도용)과 콘크리트 궤도에 사용되고 있는 베이스플레이트 패드 1종(제작사 2개사)을 선정하였다. 결과 비교를 위해 한국철도시설공단 레일체결장치 성능시방서에 따른 패드 정적 수직강성 시험도 수행하였다.

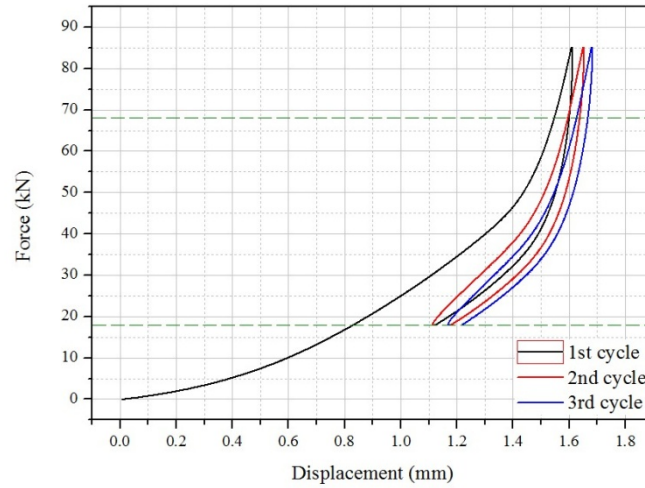
시험 결과는 Table 1 및 Fig. 4 ~ Fig. 6과 같으며, 하중 재하가 반복됨에 따라 각 주기별 정적 수직강성의 차이가 발생함을 알 수 있다. 특히 고무재질 및 TPU 재질 패드의 경우, 첫 주기 대비 셋째 주기 수직강성이 약 1.5배 차이를 보인다. 또한 한국철도시설공단 레일체결장치 성

능시방서 방법을 적용한 수직강성 보다 큰 값을 나타내고 있다. 베이스플레이트 패드는 재질의 특성상 정적 수직강성 증가가 10% 미만이다. 따라서 패드의 히스테리시스 특성을 고려한다면 초기 체결력 까지만 하중을 제거하는 것은 패드의 정적 수직강성을 왜곡할 가능성이 있다.

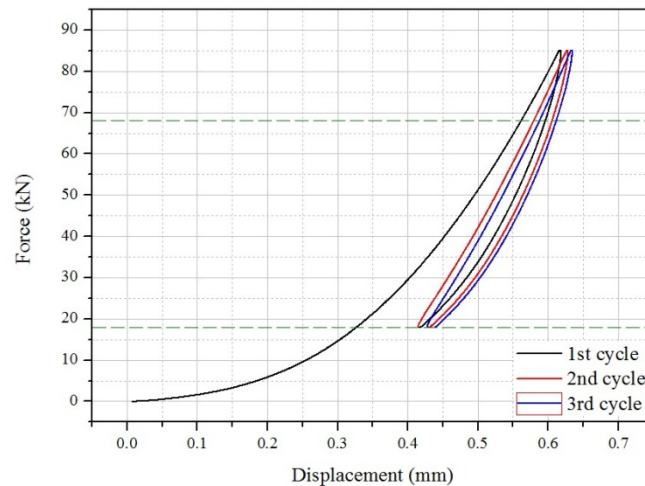
**Table 1** Vertical static stiffness test results of rail pads and baseplate pads

Test specimen		Vertical static stiffness, kN/mm			
		EN 13146-9 or KRS TR 0014			KR Specification <sup>†</sup> (Rail fastening sys.)
		1 <sup>st</sup> cycle	2 <sup>nd</sup> cycle	3 <sup>rd</sup> cycle	
A company Rail pad	Rubber, 10T	69.89	104.43	110.71	93.21
	TPU, 5T	213.13	303.70	313.74	242.88
B company, Baseplate pad		22.72	24.01	24.09	27.32
C company, Baseplate pad		21.31	22.10	22.18	26.02

<sup>†</sup> Calculation tool in KR specification for rail fastening system:  $F_1 = 20 \text{ kN}$ ,  $F_2 = 95 \text{ kN}$ ,  $K_s = (K_{s,2rd} + K_{s,3rd} + K_{s,4th}) / 3$



**Fig. 4** Force-displacement relationship of rubber pad in vertical static stiffness



**Fig. 5** Force-displacement relationship of TPU pad in vertical static stiffness

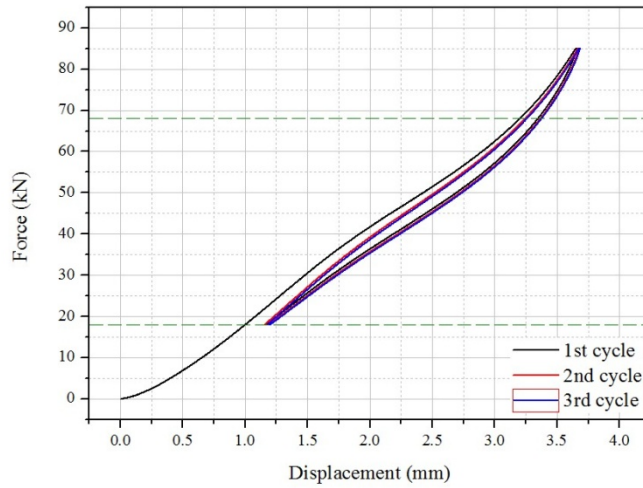


Fig. 6 Force-displacement relationship of baseplate pad (elastic pad) in vertical static stiffness

### 2.3 정적 수직강성 시험방법 제안 및 시험

패드의 정적 수직강성 시험 시 **preloading** 주기를 명확히 정의하고 히스테리시스 특성을 최소화 하여 합리적으로 패드의 물성을 평가하기 위해 Fig. 7과 같이 정적 수직강성 시험 절차를 제안하였다. 특히 패드의 히스테리시스 특성이 정적 수직강성을 왜곡시키지 않도록 최대 하중에서의 유지 시간을 두지 않도록 하였으며, 하중 제거 시 최초 위치까지 근접하여 변위가 회복될 수 있도록 3분 이내의 회복시간을 설정하였다.

그리고 제안된 방법을 적용하여 국내외 부설된 레일패드 3종과 베이스플레이트 2종에 대해 정적 수직강성 시험을 실시하였으며 그 결과는 Table 2와 같다. 시험 결과에서 알 수 있듯이, 정적 수직강성은 **preloading** 단계와 강성 측정 단계 사이에 차이가 거의 없으며, 일반적으로 통용되고 있는 패드 정적 수직강성과도 거의 일치하고 있음을 확인할 수 있다.

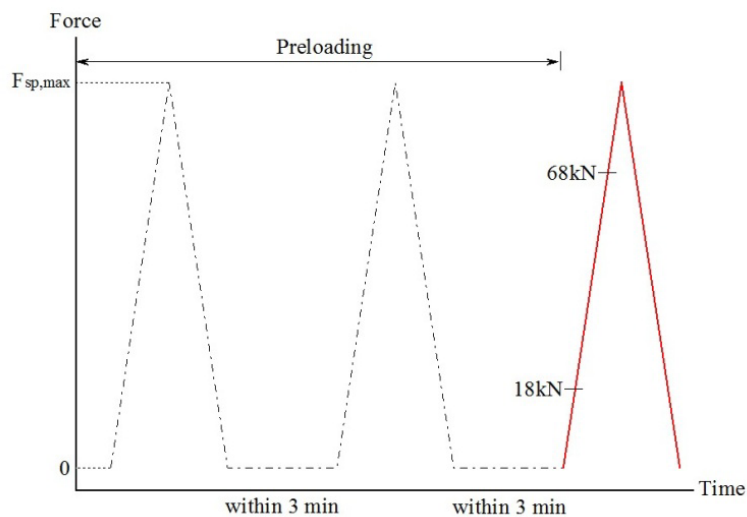


Fig. 7 Proposition of vertical static test procedure for pads (rail pad and baseplate pad)

**Table 2** Vertical static stiffness test results of rail pads and baseplate pads with the proposed test method

Test specimen		Vertical static stiffness, kN/mm			Remark
		Proposed test method			
		Preloading		3 <sup>rd</sup> cycle	
		1 <sup>st</sup> cycle	2 <sup>nd</sup> cycle		
A company Rail pad	Rubber, 10T	64.63	69.80	70.38	High speed line Ballasted track
	TPU, 5T	207.83	212.92	213.57	Conventional line Ballasted track
	Com. Rubber, 13T	27.37	27.62	27.83	High speed line Concrete bed
B company, Baseplate pad	22.64	22.70	22.72		
C company, Baseplate pad	21.14	21.30	21.30		

### 3. 결론

본 논문에서는 패드 단품의 정적 수직강성 시험과 관련한 대표적인 규격인 EN 13146-9 및 KRS TR 0014를 KS M 6604, ASTM D575-91 규격과 비교 분석하고, 철도 현장에 적용되고 있는 레일패드 및 베이스플레이트 패드의 정적 수직강성 시험을 EN 13146-9에 따라 실시하였다. 시험 결과 레일패드의 정적 수직강성이 베이스플레이트 패드에 비해 과도하게 산정되는 경향을 보였다. 이러한 문제점을 개선하기 위해 패드의 정적 수직강성 시험 방법을 제안하였으며, 제안된 방법으로 패드 5종에 대한 정적 수직강성 시험을 실시하였다. 시험 결과 각각의 패드에서 **preloading** 단계와 강성 측정 단계의 정적 수직강성은 차이가 없었다. 또한 철도분야에서 통용되고 있는 패드별 정적 수직강성과도 거의 일치함을 알 수 있다. 따라서 EN 또는 KRS의 해당 규격이 제안된 시험 방법으로 개정되는 것이 합리적이라고 판단된다.

### 후 기

본 연구는 국토교통부 “2013년도 철도표준규격관리 업무위탁” 과제의 연구비 지원으로 수행되었습니다.

### 참고문헌

- [1] CEN (2011) EN 13146-9 *Railway applications-Track-Test methods for fastening system-Part 9: Determination of stiffness*, Brussels, Belgium, 26 pp
- [2] Ministry of Land, Infrastructure and Transport (2013) KRS TR 0014 *Rail fastening system*, Sejong, Korea, 54 pp
- [3] Korean Standards Association (2011) KS M 6604 *Testing method for rubber vibration isolators*, Seoul, Korea, 10 pp
- [4] American Society for Testing and Materials (2012) ASTM D575-91 *Standard Test Methods for Rubber Properties in Compression*, West Conshohocken(PA), United States, 4 pp