

EP 마찰소재를 사용하는 철도교량 스페리컬 받침의 마찰거동

Friction Behavior of Spherical Bearings using EP Friction Materials for Railway Bridges

최은수*, 이종일*[†], 이상진*[†], 이연성**

Eunsoo Choi*, Jongil Lee*[†], Sangjin Lee*[†], Yeonseong Lee**

초 록 Engineering plastic(EP)의 역학적 특성이 개선됨에 따라, 다양한 분야에 적용하고 있다. 최근 철도분야에서 스페리컬 받침의 마찰소재 및 베어링 소재로 EP를 활용하는 기술이 적용되고 있다. 그러나 EP소재의 마찰특성과 설계기준이 미비한 상태에서 사용되고 있기에, 본 연구를 통하여 설계 시 마찰계수를 제공하고, 구매 시 사용가능한 기준을 규명하고자 한다. EP소재의 마찰거동을 파악하기 위하여 EN-1337-2 실험 규정에 따라 실시하였다. 그 결과, 초기 마찰계수는 0.025-0.047에서 시작하고 10,242m 이동 후 마찰계수는 0.048-0.067에 도달하였다.

주요어 : 스페리컬 받침, EP 마찰재, 마찰계수, 이동거리

1. 서 론

철도교에서 교량받침은 교량의 수직하중을 하부로 전달하는 역할과 더불어 온도팽창 및 차량의 주행에 따른 수평이동을 수용해야 하고, 교량 거더의 처짐에 의해서 발생하는 회전을 또한 흡수할 수 있어야 한다. 이러한 수평 및 회전 거동에서 활동하는 소재 간에 마찰을 최소화하는 것은 마찰로 인한 수평력을 교량의 하부구조에 최소한으로 전달하기 때문에 활동부재에서 마찰계수는 상당히 중요하다.

이 연구에서는 국내에서 스페리컬 받침에 사용되는 EP 마찰재 5개를 선정하여 EN 1337-2 규정에 따른 마찰시험을 수행하여 누적이동거리에 따른 마찰계수를 분석하고 철도교용 스페리컬 받침에 적용할 수 있는 설계마찰계수를 제안하는 것을 목표로 한다.

* 교신저자: 홍익대학교 공과대학 토목공학과,
(eunsoochoi@hongik.ac.kr)

*[†] 한국철도시설공단, 기술연구처,
(cjkim@hk.ac.kr/lsj1106@kr.or.kr)

** 홍익대학교 공과대학 토목공학과,
(9606e4@naver.com)

2. 실험 및 시편

2.1 실험기법

마찰실험은 EN 1337-2의 규정에 따라 실험을 진행하였으며, EN 1337-2에서는 온도하중에 의한 거동인 Type A 및 활하중에 의한 이동인 경우 Type B를 규정하고 있다 (EN 1337-2, 2004). Fig 1에서 보듯이 Type A는 온도 변화를 주면서 이동속도 0.2 mm/sec 로 이동거리 22m 를 이동한 후 마치게 된다. 이 후 연속으로 Type B를 수행하며 상온에서 이동속도 2.0 mm/sec로 1000m를 이동한 후 마치게 된다 (Fig 1 참조). 실험은 Type A 11번, Type B 10번 수행하여 총 이동거리는 10242m가 된다. 실험을 연속적으로 수행하는 약 70일이 소요되는 장시간의 실험이다. 마찰실험을 수행할 때 작용하는 수직응력은 모든 시편에 동일하게 60 MPa를 적용하였다. 이 연구에서 사용한 실험장비는 특별하게 제작된 장비를 사용하였으며, 온도방을 설치하여 온도조절을 수행하였고, 수직압력을 일정하게 유지한 상태에서 수평이동이 가능하게 제작되었다.

2.2 시 편

마찰실험 시편은 지름 75mm 두께 5mm의 원형판 형태이며 윤활제를 도포하기 위해서 지름 8mm의 딥플 19개를 마찰면에 새겨

제작하였다.

이 연구에서 사용한 시편은 fig2에 나타나 있으며, 시편 3의 경우에는 윤활제를 도포하지 않기 때문에 표면에 뒨플이 없다. 나머지 시편의 경우에는 윤활제 도포를 위해서 뒨플이 제작되어 있다.

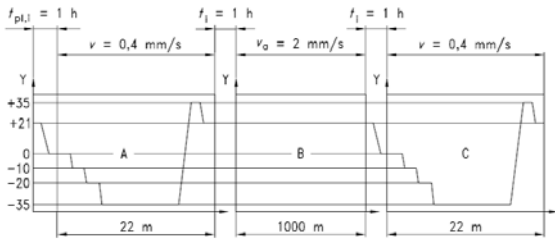


Fig. 1 test method EN 1337-2

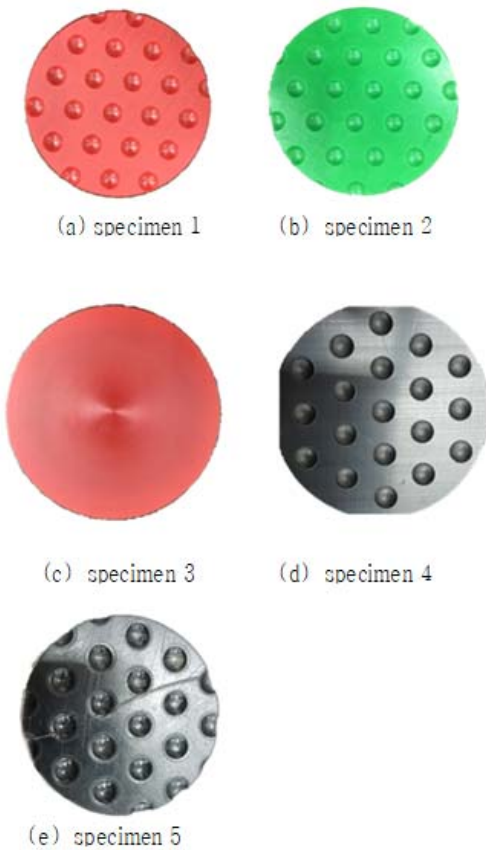


Fig. 2 Shape of Specimen

3. 실험 결과 및 분석

이동거리에 따른 마찰계수의 변화를 분석하기 위해서 Type A & B 실험에 대한 마찰계수 변화를 고찰하고, 이를 통합하여 이동거리에 따른 마찰계수의 변화를 분석하였다. 이에 5개 시편에 대해서 Type A & B의 마찰계수 변화 및 전체 이동거리에 대한 마찰계수 변화를 fig3에 나타내었다. 또한, 초기 및 최종 마찰계수와 최대

마찰계수를 Table 1에 나타내었다. 주의할 점은 시편 4의 경우, 실험 도중 시편의 과도한 변형으로 인해 실험을 도중에 중단하고 다시 수행하는 과정에서 Type A & B 실험의 횟수가 누락된 것이다.

5개의 시편 중, 시편 1과 2는 비교적 경도가 높은 것으로 윤활제를 도포한 것이고, 시편 3은 경도가 상대적으로 높으며 윤활제를 사용하지 않은 것이다. 시편 4와 5는 비교적 경도 낮으며 윤활제를 사용한 것이다. 시편 1과 2의 경향은 Type A와 B 실험 모두에서 이동거리가 증가함에 따라 마찰계수가 증가하는 것이다. 특히 이동거리가 약 7000m에 달했을 때 마찰계수가 급격히 증가하는 현상을 보이고 있다. 이는 도포한 윤활제의 소진, 마찰면의 마모에 의한 조도의 변화 및 마모에 의한 부스러기의 영향 등에 의해서 발생한다고 판단된다. 시편 1과 2가 상대적으로 경도가 큰 것을 고려하면 마찰면의 영향 보다는 윤활제의 소진이 큰 영향을 미치는 것으로 판단된다. 시편 3은 윤활제를 사용하지 않기 때문에 시편 1 및 2보다 초기마찰계수가 상당히 크다. 시편 1 및 2의 초기 마찰계수가 0.025 및 0.020인 것에 비해 시편 3은 0.049로 거의 두 배가 크다.

따라서 윤활제의 역할이 초기 마찰계수에 미치는 영향이 매우 큰 것을 알 수 있다. 시편 3도 이동거리에 따라 마찰계수가 증가하고 있으나, 그 기울기가 시편 1 및 2보다 완만하며, 이는 윤활제의 영향은 없고 마찰면의 변화, 즉 마모 및 부스러기의 영향만에 의해서 마찰계수가 증가하기 때문인 것으로 판단된다. 이동거리가 약 6000m에 달했을 때 마찰계수가 증가율이 증가하고 있으며, 이동거리 8000m 이후에 마찰계수에 큰 변화 없는 것으로 나타나 마찰면의 상태가 더 이상 마찰계수에 영향을 주고 있지 않다는 것을 파악할 수 있다. 시편 3의 최종 마찰계수는 0.067로 시편 1의 최종 마찰계수 0.062와 유사하다. 혐의 마찰계수를 제외하면 이동거리 증가에 따라 마찰계수의 변화가 시편 1, 2 및 3에 비해 작으며, 또한 약 5000m 이동거리에서 최대 마찰계수가 발생하고 이후 이동거리 증가에도 마찰계수가 감소하는 현상을 보이고 있다.

Table 1 Short / Long term / Maximum friction coefficient

시 편	1	2	3	4	5
초기 마찰계수	0.026	0.020	0.049	0.024	0.023
최종 마찰계수	0.062	0.047	0.067	-	0.023
최대 마찰계수	0.062	0.047	0.067	0.038	0.034

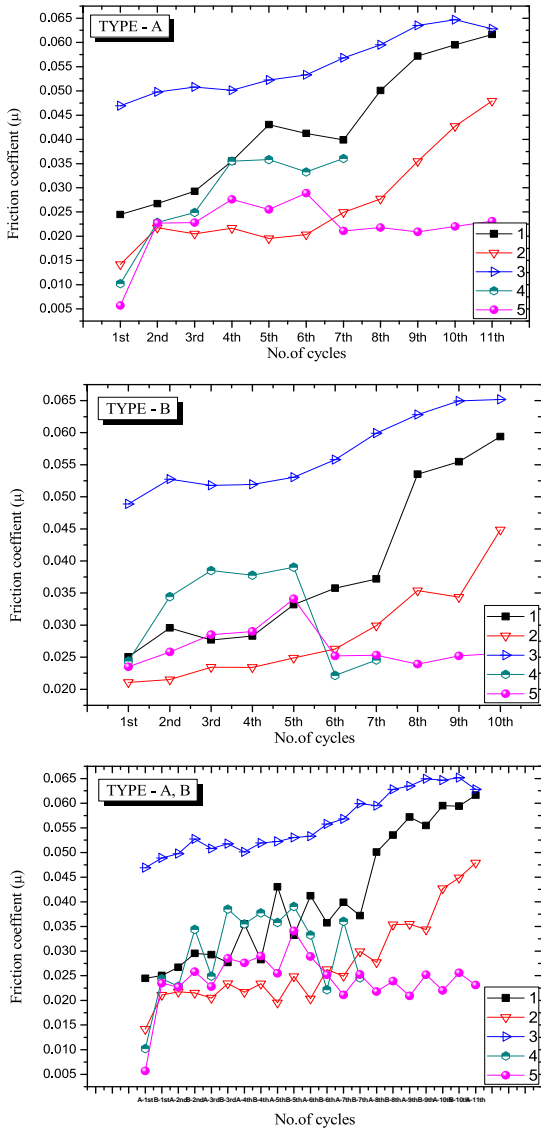


Fig. 3 Variation of Friction factor of specimen

시편 4와 5는 비교적 경도 작은 시편으로 처음 Type A 에서 시편 5의 경우, 초기 마찰계수는 0.023 이며, 최종 마찰계수는 0.023 으로 초기 마찰계수와 동일하며 최대 마찰계수는 0.034로 추정되었다. 이러한 시편은 부드러운 압력에 의한 변형이 크기 때문에 딥플 하부에

있는 윤활제가 사용되는 현상이 발생할 수 있으며, 또한 마찰면이 마모에 의해서 조도가 감소하거나 부스러기가 롤러 역할을 수행하여 마찰작용을 감소시킬 수도 있다고 판단된다. 이 연구에서 수행한 한 개의 시편으로 이러한 모든 영향을 판단할 수 없으며, 추후 연구를 통해서 각 변수의 특징 및 영향을 밝혀 내야할 것이다.

4. 결론 및 제언

시편 1-3은 유사한 마찰거동을 보이는 것으로 판단되지만 윤활제를 사용하는 경우 초기 마찰계수가 매우 작게 나타나고 있는 것을 알 수 있었으며, 이동거리의 증가에 따라 마찰계수가 증가하는 현상이 관찰되었다. 부드러운 마찰재인 시편 4와 5는 마찰계수가 이동거리 증가에 따라 크게 증가하는 현상을 보이지 않았다.

시편 1-3은 실험 후에 원래의 모양을 유지하고 있었으나, 시편 4와 5는 실험 후 영구변형에 의해서 원형의 모양이 크게 변형 된 것을 관찰 할 수 있었다.

EN 1337-2 규정 의해서 EP 마찰재 5 종류를 시험한 결과 최대 발생하는 마찰계수는 0.067 이며, 이는 현재 사용되고 있는 고력황동의 설계마찰계수인 0.15보다 현격히 작은 값이다. 따라서 EP 마찰재의 설계마찰계수는 고력황동의 설계마찰계수 보다 작은 값을 사용하는 것이 합리적이라 판단된다.

참고문헌

- [1] Dong, S., 정구현, 이경식 (2011). 상대재료의 표면거칠기에 따른 PTFE와 UHMWPE의 마찰 및 마멸 특성, Journal of the KSILE, 27(6),293-301.
- [2] 오순택, 이동준, 전성민, 정신호 (2016). 차세대 고속철 주생속도를 대비한 교량받침의 장기마찰 시험법, Journal of the Korea Institute for Structural Maintenance and Inspection, 20(2), 34-39.
- [3] BS EN 1337-2 (2004). Structural bearings- Part 2: Sliding elements, The European Standard.
- [4] Oh, S.T., Lee, D.J., Jeong, S.H. and Jun, S.M. (2016). Experimental Assessments of Friction Plate for KTX Bridge Bearings, IOSR Journal of Engineering, 06(05), 29-33.