

EP(Engineering Plastic)를 적용한 스페리컬 받침의 개발

EP (Engineering Plastic) applied to the development of spherical bearings

윤한울*†, 지용수*, 이유인*, 임강섭*, 박재일**

Hanul Yun *†, Yongsu Ji*, Youin Lee*, Kangsup Lim*, Jaeil Park **

Abstract Recently, bearings have been applied for the bridge are Rubber Bearing, Pot bearing, Urethane bearing and spherical bearing. Among them, High strength brass Spherical bearing has been predominantly used as a railway bridge bearing. High strength brass Spherical bearing has larger rotational capacity and lower deflection about the vertical load than other bearing's and function to prevent negative reaction force. But High strength brass Spherical bearing developed in Japan in the early 1990s are not almost used in bridge except railway bridge because it has high price and big size comparing with the equivalent performance of others. It always exists dangerous about corrosion. Friction elements of STS plate and High strength brass are all metallic materials as well. Therefore the new spherical bearing was developed to improve its disadvantage with using not High strength brass but EP(Engineering Plastic). We optimized structural composition of the bearing and commercialized Engineering Plastic spherical Bearing(below called ESB).

Keywords : EP(Engineering Plastic), ESB(Engineering plastic Spherical Bearing), Spherical Bearing, railway bridge bearing

초 록 오늘날 교량받침으로 사용하고 있는 제품은 크게 고무받침, 포트받침, 우레탄받침 그리고 스페리컬 받침이다. 이중 철도교량으로 가장 많이 쓰이고 있는 제품으로는 고력황동 스페리컬 받침이 있다. 고력황동 스페리컬 받침은 다른 교량 받침에 비하여 큰 회전수용 능력, 연직 하중에 대한 작은 처짐량 그리고 부반력 기능을 가지고 있다. 하지만 오늘날 사용되고 있는 고력황동 스페리컬 받침은 1990년대 초에 일본에서 개발된 오래된 제품으로 다른 것들의 성능에 비하여 가격이 높고 그 크기가 크기 때문에 철도교량을 제외하고는 거의 사용되지 않고 있다. 또한 미끄럼 요소인 STS 판과 고력황동은 모두 금속계열 재료이기 때문에 부식에 대한 위험성이 존재하고 있다. 따라서 이러한 단점을 보완하기 위하여, 고력황동이 아닌 Engineering Plastic을 사용하여 새로운 스페리컬 받침을 개발하였으며, 그 구조를 최적화 하여 Engineering Plastic Spherical Bearing(이하 ESB)을 실용화 하였다.

주요어 : EP(Engineering Plastic), ESB(유럽형 스페리컬 받침), 스페리컬 받침, 철도교받침

† 교신저자: (주)에스코알티에스 기술연구소(yhu@enrtech.co.kr)

* (주)에스코알티에스 기술연구소

** (주)선진엔지니어링 철도구조부

1. 서론

Engineering Plastic(이하 EP)는 오늘날 급격하게 성장하고 있는 소재 산업의 재료이다. EP는 일반강재와 비교하였을 때 그 강도가 약 1/3정도 되고, 무게는 1/8정도된다. 따라서 무게 및 강도에 민감한 자동차 분야에 널리 적용되고 있으며, 자동차 강국인 독일에서는 전체 자동차 부품 중 23% 이상을 EP로 대체하여 사용하고 있으며, 앞으로 자동차 산업의 사용량이 점차 증가하고 있는 추정되고 있다. 또한 미국의 교량 설계기준인 AASHTO LRFD에서는 가도교의 Bearing으로 Nylon, Acetal, PTFE등 EP에 관한 규정을 제시하고 있으며, 재료 특성에 대한 가이드는 ASTM D5592를 참조할 것을 제시하고 있다.

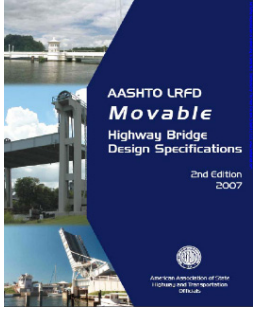
	<p><i>6.7.7.1.4b NonMetallic Bearings</i></p> <p>Plastic bearing materials, such as nylons, acetal resins (Delrin), TFE fluorocarbons (Teflon), PTFE, and fiber reinforced variations of these materials may be used where conditions permit.</p>
	<p><i>C6.7.7.1.4b</i></p> <p>As a general guide to the important properties of “plastic” bearings and other plastic parts, refer to ASTM D 5592 “Standard Guide for Material Properties Needed in Engineering Design Using Plastics.”</p>

Fig. 1 AASHTO LRFD 6.7.7.1.4 Design Criteria

2. 본론

2.1 ESB (Engineering Plastic Spherical Bearing)

2.1.1 ESB의 구성

ESB(Engineering Plastic Spherical Bearing)의 구성은 Fig. 2와 같이 크게 상하판과 구면 베어링, 부반력 방지키 그리고 앵커볼트로 나눌 수 있다. 보통 일반적인 스페리컬 받침은 같은 용량의 다른 받침에 비하여 폭, 길이, 높이 등 모든 면에서 크며, 이로 인한 중량 또한 무거운 편이다. 그 이유는 모든 부분이 최적화 설계가 되어 있지 않고, 기학적인 형상으로 인하여 부득이하게 부피가 커져 있기 때문이다. ESB는 이를 보완하고자 스페리컬 받침의 구면 베어링에 적용했었던 황동을 EP(Engineering Plastic)로 교체하였고, 이로 인하여 기존 스페리컬 받침에 비하여 가로 세로의 크기와 높이가 상당 부분 줄어 들게 되었고, 이에 따른 중량의 감소도 눈에 띄게 나타난다.

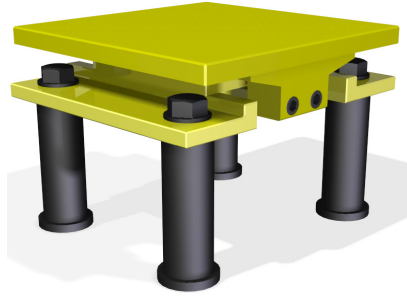


Fig. 2 ESB Based on floating type 2000kN-A

2.1.2 기존 스페리컬 받침과 ESB의 비교

기존 스페리컬 받침에 비해 ESB 받침에서 가장 크게 개선된 부분은 스페리컬 받침의 크기이다. 아래 Fig. 3에서 확인할 수 있듯이 구면 베어링의 최적화로 인해서 장치의 전체적인 크기가 줄어든 것을 확인할 수 있다. 2000 kN 용량의 고정단 제품에 대해 비교했을 때 상판의 크기는 가로 4%증가 세로 14% 증가하였고, 하판은 가로 49% 감소 세로 10%증가하였다. 높이는 50% 감소하였으며, 전체 중량은 70%정도 감소하게 된 것이다. 구면 베어링 이외의 부분이 강재로 구성된다는 것을 감안했을 때 70% 가까운 중량의 감소는 제품의 가격에 있어서도 큰 이득을 얻을 수 있다.

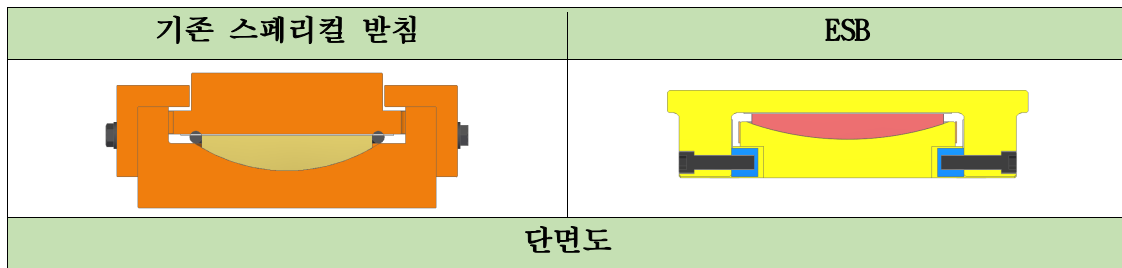


Fig. 3 Comparison between existing Spherical bearing and ESB

2.2 ESB 받침의 성능 검증

2.2.1 FEM 해석을 통한 검증

ESB의 성능 평가를 위하여 Ansys 14를 이용하여 유한요소 해석(Finite Element Analysis)을 수행하였다. 대상 받침은 연직하중 2,000kN으로 설계된 제품을 대상으로 검토하였다. 설계된 제품의 크기는 가로 465mm, 세로 385mm, 높이 122mm로 부반력 160kN에 대해 저항할 수 있는 장치이다.

아래 Fig. 4는 해석에 적용된 스페리컬 받침의 모델링 형상을 나타내고 있다. 모델링 시 50,000개가 넘는 Node와 29,500 가까운 Element로 구성하였다. 해석은 연직 수평 하중 및 부반력에 의해 발생하는 장치의 응력을 검토하였다. 아래 Fig. 5는 해석결과의 일부 형상만 나

타내었고, Table 1에 해석 결과를 자세히 정리하였다. 해석 결과를 통해 받침에 작용하는 하중에 대해 안전율을 가지는 것을 확인할 수 있다. 본 해석은 일정한 응력에 대해 일정 안전율을 가진 설계 장치에 의한 해석 결과이므로 다른 용량의 장치를 해석할 경우에도 유사한 안전율을 가질 것이라 판단된다.

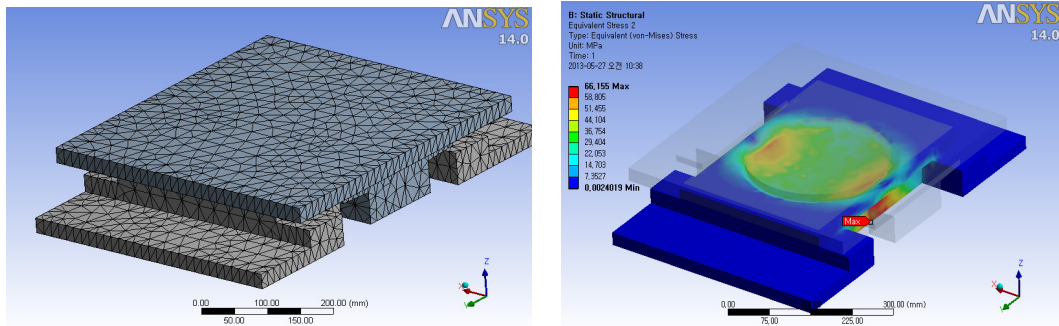


Fig. 5 FEM Model shape and Analysis result

Table 1 Summary of the analysis

구 분 하중/위치	연직하중 베어링	연직하중 하판	연직하중 상판	수평하중 상판(횡)	수평하중 상판(중)	부반력 볼트	부반력 키
최대응력	39MPa	66 MPa	32 MPa	263 MPa	264 MPa	159 MPa	178 MPa
허용응력	45 MPa	285 MPa	285 MPa	285 MPa	285 MPa	405 MPa	285 MPa
비고	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK

2.2.2 ESB 시험을 통한 검증

ESB 장치의 성능을 검증하기 위해 공인시험 기관인 SGS 시험원에서 ESB 장치의 성능 시험을 수행하였다. 그리고 SGS가 소유한 장비의 특성 및 성능이 구현되지 않을 경우 인증자격을 갖춘 공인기관 소속 기술자의 관리 감독 및 지시 하에 타기관 장비를 사용하여 시험을 수행하였다. 시험은 연직 및 수평 재하시험, 회전 수용 시험, 종방향 거동 시험, 연직 피로 시험, 회전 피로 시험 그리고 극한 재하시험으로 6가지 시험을 수행하였다. 본 시험에서 주목할 수 있는 특징으로는 모든 시험에 사용된 구면 베어링은 한 제품을 사용하였다는 것이다.

(1) 연직 및 수평 재하시험

연직하중 재하 상태에서 수평하중 재하 시험을 수행하였다. 시험 방법은 KS F 4424-1966 “교량 지지용 포트 받침”을 참고하여 수행하였다. 시험은 약 50분동안 진행하였으며, 수평 최대하중인 1,248kN에 대한 최대 수평 변위량은 0.49mm가 발생하였다.

(2) 회전수용 시험

회전 수용 시험은 KS F 4424-1966 “교량 지지용 포트 받침”을 참고하여 수행하였고, ESB의 허용회전 각도인 0.03radians의 철판을 교좌장치 상판에 놓고 연직하중 재하 시험을 수행하였다. 회전수용 시험 결과 ESB는 설계 회전각인 0.03radians을 수용할 수 있었고, 시험 시 연직 처짐은 발생하지 않았다.

(3) 종방향 거동시험

일방향 가동단 ESB의 종방향에 대한 거동시험을 수행하였고, 시험방법은 연직용량의 2,000kN을 가압하고 일정한 속도로 종방향 거동시험을 수행하였다. 속도는 1mm/sec와 100mm/sec로 하였고, 변위는 50mm로 하였다. 거동 시험 후 Fig 7의 시험결과에서 확인할 수 있듯이 최대 마찰계수는 0.075를 보였고, 구면 베어링은 시험전과 동일한 형상을 보였다.

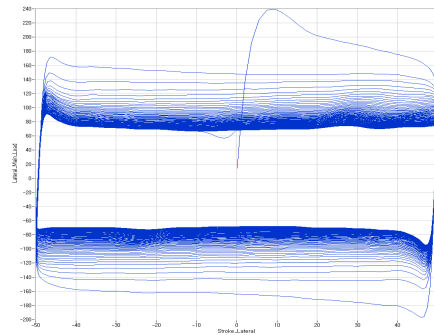
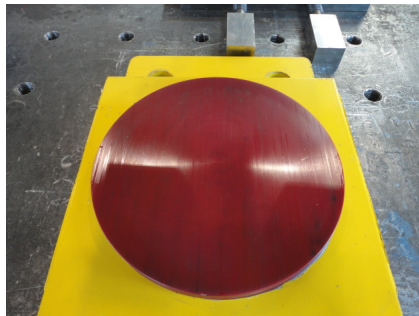


Fig. 7 Longitudinal load test

(4) 연직 피로 시험

ESB의 연직피로 시험을 수행하였다. 연직하중은 2,000kN으로 가압하였고, 진동하중은 300kN을 5Hz로 2백만번 반복하였다. 연직 피로 시험결과 그 형상은 Fig 8과 같으며, 피로 반복 시험 후 발생한 크리프량은 크지 않음을 확인하였다.

(5) 회전 피로 시험

ESB의 회전 피로 시험을 수행하였다. 회전 피로시험은 일반 회전수용 시험과 다르게 교좌장치 두개를 쌓아 올린 뒤 교좌장치 사이에 회전판을 삽입하여 그 회전판을 일정한 각도로 회전시키는 방식을 적용하였다. 시험은 연직하중 2,000kN에 0.03radians의 회전각도로 2,000회 반복시험을 수행하였다. 시험 결과 0.03radians의 회전각도를 충분히 수용하였고, 시험 후 형상은 아래 Fig 8과 같다.

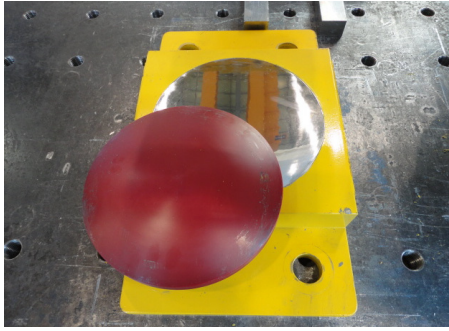


Fig. 8 Vertical Fatigue and shape

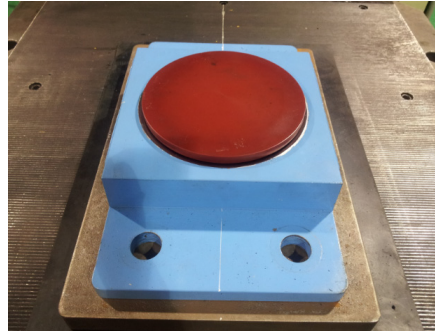


Fig. 9 Rotation Fatigue and shape

(6) 극한 연직 재하 시험

ESB 극한 연직재하 시험을 수행하였다. 시험 방법은 2,000kN까지 한번에 하중을 재하한 후 2분간 하중을 유지하고, 1,000kN씩 추가 재하하고 2분씩 유지하도록 하였다. 7,000kN부터 이후에는 500kN씩 하중을 재하하도록 하였다. 시험 결과 Fig. 10에서 확인할 수 있는 것처럼 시험 전에는 높이가 42.92mm였으며, 시험 후 1.73mm 압축 된 41.19mm를 나타내었다. 구면 베어링은 외관상으로는 어떤 변화도 나타내지 않음을 확인할 수 있다.



Fig. 10 Extreme vertical load test before (left) and after (right) the shape

3. 결론

본 연구를 통하여 기존 스페리컬의 받침을 개선한 ESB 받침을 개발하였으며, FEM 해석 및 다양한 시험을 통하여 제품의 구조적인 측면과, EP 스페리컬 베어링의 성능적인 면을 검토하였다. 그 결과 ESB는 기존 고력황동 스페리컬 받침에 비하여 성능적인 면에서 동등 이상의 성능을 확인하였으며, 크기는 기존 대비 최대 70% 수준으로 최적화 시켰다. 이러한 제품의 크기와 가격의 경제성 측면을 본다면 기존 스페리컬 베어링이 적용된 철도교만이 아닌 도로교에 적용하는 것을 기대할 수 있을 것이라 판단된다.

참고문헌

- [1] KS F 4424-1996 Support base for the POT Bearing, Korean Standards Association
- [2] AASHITO LRFD Movable Highway Bridge Design Specifications 2nd Edition 2007, American Association of State Highway and Transportation Officials

[3] Technology Trends of Engineering Plastic, Ki Tae Choi

[4] ASTM D 5592 “Standard Guide for Material Properties Needed in Engineering Design Using Plastics