

MSM 스페리컬 받침의 지진시 극한거동 해석

Ultimate Strength Analysis of MSM Spherical Bridge Bearing for Lateral Earthquake Loading

조정래*[†], 박성용*, 김성태*, 이강돈**

Jeong-Rae Cho*[†], Sung Yong Park*, Sung Tae Kim*, Kang Don Lee**

Abstract Spherical bridge bearing is a preferable bridge bearing for railway bridge with large vertical load and rotation. Recently, new sliding material called MSM(Maura Sliding Material) were developed, which has a considerably higher life-time, double as high pressure in comparison with PTFE. This new sliding material results in spherical bridge bearing with smaller dimension than the existing one. In this study, the ultimate strength analysis of the spherical bridge bearing with small dimensions by incorporating MSM was performed and its safety was checked using three dimensional finite element

Keywords : Spherical bridge bearing, MSM, Ultimate Strength, Finite Element Analysis

초 록 스페리컬 받침은 연직 반력과 회전량이 큰 철도교에 주로 사용되는 받침 형식이다. 국내에서는 회전 구면에 고력황동을, 유럽에서는 PTFE를 사용하는 방식이 주로 사용되어 왔다. 최근 PTFE에 비해 2배의 강도, 5배의 내구성을 갖는 MSM(Maura Sliding Material)이라는 미끄럼 소재가 개발되어 보다 소형의 고성능 스페리컬 받침의 설계가 가능하게 되었다. 본 연구에서는 MSM을 스페리컬 받침의 회전 구면에 적용하여 소형화된 고성능 MSM 스페리컬 받침을 대상으로 지진시 수평력에 대한 극한거동을 비선형 유한요소 해석을 통해 분석하였다.

주요어 : 스페리컬 받침, MSM, 극한거동, 유한요소

1. 서론

최근 PTFE에 비해 2배의 강도, 5배의 내구성을 갖는 MSM(Maura Sliding Material)이라는 미끄럼 소재가 개발되어 보다 소형의 고성능 스페리컬 받침의 설계가 가능하게 되었다. 소형화된 받침의 경우 지진시 수평력에 저항하는 스토피의 치수 역시 충분한 안전성을 확보하도록 설계되어야 한다. 본 연구에서는 MSM을 미끄럼 소재로 채용하여 소형화된 4500kN 용량의 스페리컬 받침을 대상으로 지진시 수평력에 대한 극한거동을 3차원 유한요소해석을 통해 분석하고 그 안정성을 평가하였다.

† 교신저자: 한국건설기술연구원 인프라구조연구실(chojr@kict.re.kr)

* 한국건설기술연구원 인프라구조연구실

** (주)협성엔지니어링 설계부

2. 극한 거동 해석 및 검토

2.1 해석 개요

해석에 사용된 받침은 수직하중 4500kN 용량의 MSM 스페리컬 받침이고, 지진시 수평력은 1728kN이다(Fig. 1 참조). 해석 모델은 받침 하부 본체만을 대상으로 하였으며, Fig. 1과 같이 수직하중 4500kN이 가력된 상태에서 교축직각방향으로 수평지진력이 가력되는 하중 조건을 가정하였다(Fig. 2 참조). 이 하중조건은 받침 본체의 치수를 결정하는 데, 특히 스토퍼의 치수를 결정하는 데 적용 가능하다. 모델링은 복잡한 형상을 고려하여 4면체 요소(tetrahedron)를 적용하였고, 메쉬 크기는 5mm이다. 경계조건은 받침 저면의 수직자유도를 고정하고, 앵커볼트 위치에서 수평 2방향을 고정하였다. 해석에 적용된 재료모델로는 Table 1과 Fig. 4와 같이 세가지 경우를 가정하여 각각 해석을 수행하였다. M1은 KS 규격[1]에서 정의하는 항복강도를 적용한 완전탄소성 모델을 의미하며, M2는 인장강도를 추가하여 항복 이후 강도 증가를 고려한 모델이다. M3는 재료실험에 구한 항복강도와 인장강도를 도입한 소성모델이다. 해석은 수직하중을 가력한 후 수평하중을 부재 파괴가 발생할 때까지 가력하는 방식을 적용하였다.

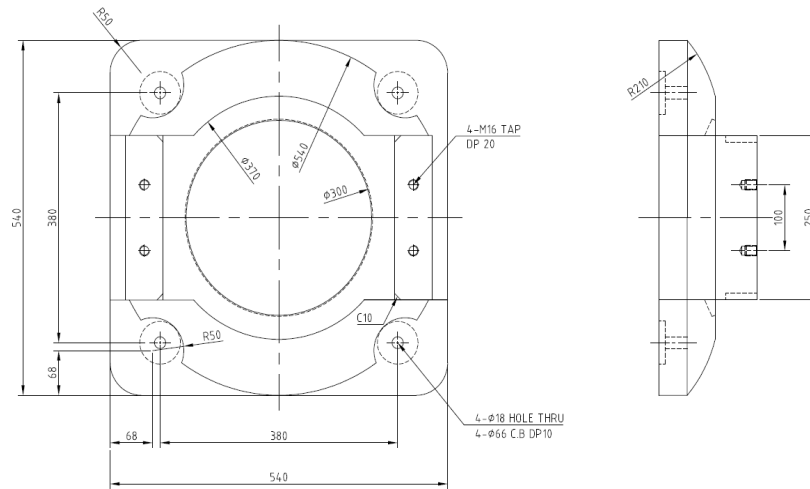


Fig. 1 Dimensions of 4500kN MSM spherical bridge bearing

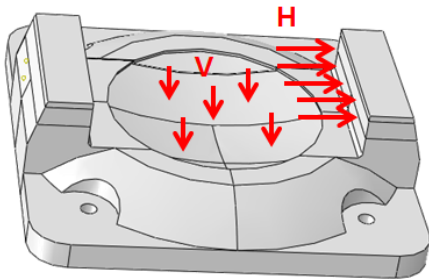


Fig. 2 Loading condition

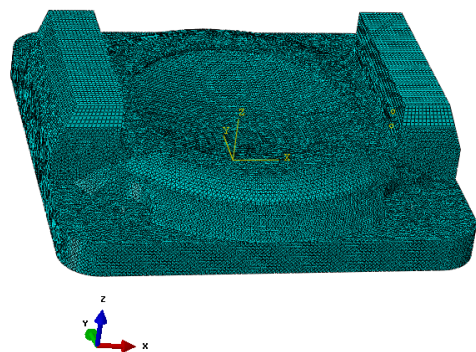


Fig. 3 Finite element model

Table 1 Material models

Case	Yield stress(MPa)	Ultimate strength (MPa)	Ultimate strain(%)
M1	345	345	16
M2	345	590	16
M3	440	667	21

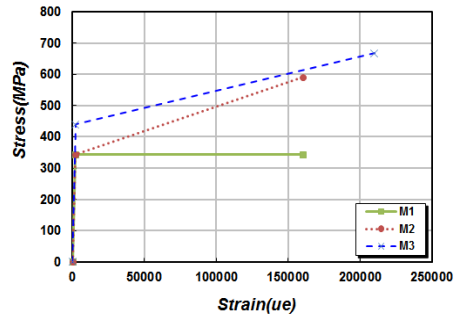


Fig. 4 Material models

2.2 해석 결과 및 분석

해석 결과 설계수평력 1728kN에 도달하기 이전에 급격하게 기하형상이 변경되는 스톱퍼 하단부에 항복이 최초로 발생하였다. 하지만 발생한 소성영역은 스톱퍼 하단부에 국부적으로 발생한 것이다. 수평력과 스톱퍼 상단의 변위를 대상으로 하중-변위 곡선을 나타낸 Figs. 5-7에서 알 수 있듯이 설계수평력에 이르기까지 거의 선형거동을 보임을 알 수 있다. 이후 설계수평력의 196-296% 수준에서 강재가 극한변형률에 도달하여 파괴된다. 적용하는 재료모델에 따른 극한 거동은 Fig. 8에 나타낸 것과 같이 실험결과를 채용한 M3가 가장 큰 극한 강도를 나타내며, M2, M3와 같이 재료 항복 후 경화를 반영한 모델에서 보다 큰 연성거동이 발생함을 알 수 있다. Figs. 9-10은 M1 재료모델을 채용한 경우에 대해 설계수평력이 가력된 경우와 파괴시의 von Mises 응력 분포를 나타낸 것이다. 설계수평력 가력시 우각부 하단에 소성영역이 집중되어 있음을 확인할 수 있다.

본 연구에서 사용된 스페리컬 받침의 설계는 일본설계기준[2]을 적용하여 스톱퍼의 치수가 결정된 것이다. 이 기준에서는 설계수평력에서 우각부의 응력집중에 의한 국부적인 소성변형을 허용하고 있다. 또한 설계수평력의 196% - 296%에 이르는 극한저항력, 설계수평력까지 선형에 가까운 거동 특성, 설계수평력 수준에서 0.37108mm - 0.37500mm의 미소변위 발생 등의 요인을 종합하면 설계된 4500kN 용량 스페리컬 받침은 지진시 수평력에 대해 충분한 구조적 안정성을 확보하고 있다.

3. 결론

내구성과 강도가 뛰어난 MSM을 미끄럼 재료로 채용할 경우 소형의 고성능 스페리컬 받침의 설계가 가능하다. 본 연구에서는 MSM 스페리컬 받침을 대상으로 설계를 지배하는 조건인 지진시 하중조건에 대해 3차원 유한요소해석을 수행하고 구조적 안전성을 평가하였다.

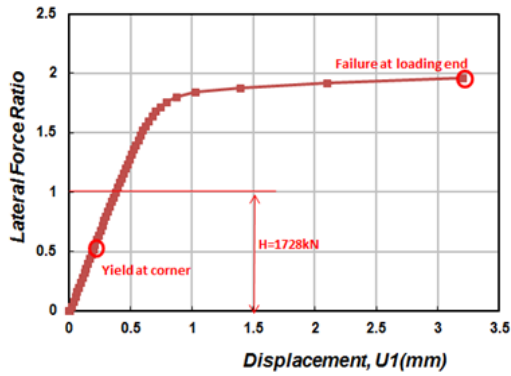


Fig. 5 Load-displacement curve of M1

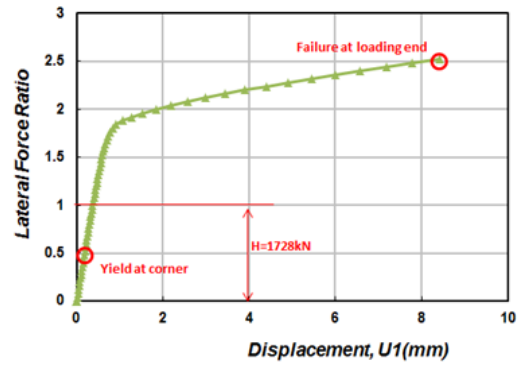


Fig. 6 Load-displacement curve of M2

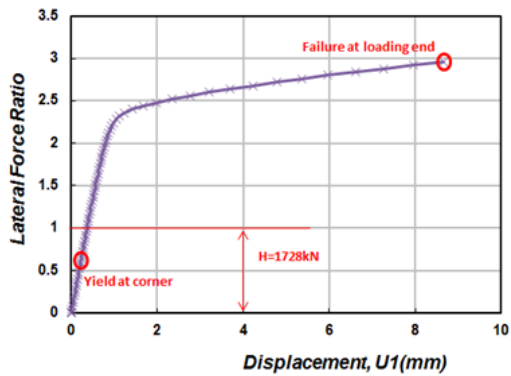


Fig. 7 Load-displacement curve of M3

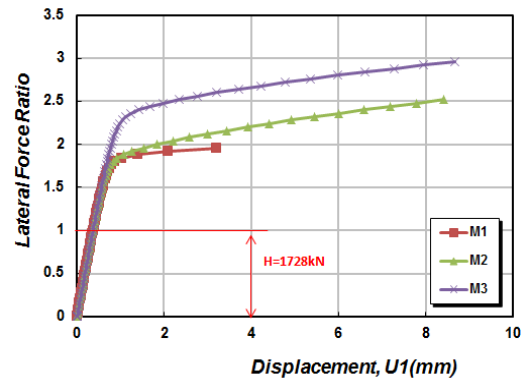


Fig. 8 Comparison of load-displacement curves

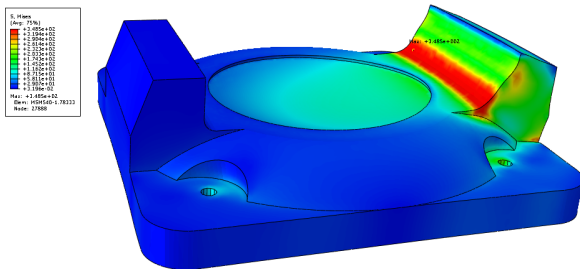


Fig. 9 von Mises stress at H=1728kN

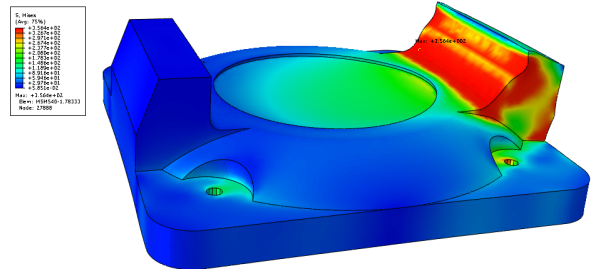


Fig. 10 von Mises stress at failure

후 기

본 연구는 “MSM 스페리컬 받침 개발 연구”의 연구비 지원에 의해 수행되었습니다.

참고문헌

- [1] Korean Agency for Technology and Standards (1995), *KS D 4102 High tensile strength carbon steel castings and low alloy steel castings for structural purposes* (in Korean).
- [2] Japan Load Association (2006), *Design Manual for Bridge Bearing* (in Japanese)..