

탄성받침의 극한전단성능

A Ultimate Shear Performance of Elastomeric Bearings

윤 혜 진* 곽 임 중** 김 영 진***

Yoon, Hye Jin Kwahk, Im Jong Kim, Young Jin

ABSTRACT

The bridge bearings are devices absorbing the displacements of the superstructure. KS F 4420 relative to the design of elastomeric bearings in Korea allows shear deformation up to 70% of total rubber height. For the elastomeric bearings to fulfill their shear function required in the design, the stability of allowable shear strain of elastomeric bearings relative to the shear failure should be guaranteed. Moreover considering the possibility that elastomeric bearings are applied to the seismic design together with isolation devices, elastomeric bearings is supposed to display higher shear performance. In this paper ultimate shear performance tests were performed. The measured ultimate shear strains were over 200%. Therefore an allowable shear strain provision becomes safe. But elastomeric bearings expected to show their performance in one united body reveled the separation of components near 200% shear strain. These separation in elastomeric bearing can cause unexpected impact or concentrated stress to bridge system considering to application of seismic design. Therefore provision relevant to separation problem is necessary.

요 약

교량받침은 활하중, 크리프, 온도변화, 건조수축 등에 의한 상부구조의 변위를 흡수하는 역할을 수행한다. 국내 탄성받침 설계기준인 KS F 4420은 전단변형을 탄성받침 총 고무 높이의 70% 이내로 제한하고 있는데, KS F 4420에 의해 설계된 탄성받침이 요구되는 전단성능을 발휘하기 위해서는 허용전단변형률이 전단파괴에 대하여 충분한 안전성을 보유해야 한다. 더욱이 탄성받침이 지진격리장치와 함께 내진설계에 사용될 수 있는 상황을 고려할 경우, 탄성받침은 KS F 4420의 허용전단변형률보다 높은 수준의 전단성능을 확보해야 한다. 이 논문에서는 국내 탄성받침의 전단성능을 확인하기 위하여 극한전단실험을 실시하였다. 실험 결과 탄성받침은 200% 이상의 전단변형률에서 파괴가 발생하여 KS F 4420의 허용전단변형률 규정이 안전 측이라는 사실을 알 수 있었다. 하지만 일체화된 거동을 할 것이라 기대 되었던 탄성받침이 200% 전단변형률 내외에서 받침 분리현상을 보였다. 관측된 받침분리 현상은 탄성받침의 내진설계 적용성을 고려할 경우 교량 시스템에 예기치 못한 충격 또는 집중 응력을 발생 시킬 수 있기 때문에 이러한 현상이 방지될 수 있도록 관련 규정이 필요하다고 판단된다.

* 정회원, 한국건설기술연구원, 연구원

** 정회원, 한국건설기술연구원, 선임연구원

*** 정회원, 한국건설기술연구원, 책임연구원

1. 서 론

교량받침은 활하중, 크리프, 온도변화, 건조수축 등에 의한 상부구조의 변위를 흡수하는 역할을 수행한다. 고무와 보강관의 적층구조로 이루어진 탄성받침은 다른 장치 없이 고무 자체의 전단변형 특성을 이용하여 상부구조의 변위를 흡수한다. 국내 탄성받침 설계기준인 KS F 4420은 탄성받침이 수용할 수 있는 전단변형이 받침 총 고무 높이의 70% 이내가 되도록 규정하고 있는데, KS F 4420에 의해 설계된 탄성받침이 설계에서 요구되는 전단성능을 발휘하기 위해서는 허용전단변형률이 전단파괴에 대하여 충분한 안전성을 보유해야 한다. 더욱이 최근에는 KS F 4420에 따라 제작된 탄성받침이 일반 탄성받침으로 지진격리받침은 아니지만 지진을 고려하여 좀 더 높은 수준의 전단변형을 수용할 수 있는 것이 바람직하며 이를 위해서는 KS F 4420의 허용전단변형률 규정인 70%보다 더 높은 수준의 전단변형을 탄성받침이 안정적으로 수용할 수 있어야 한다. 이에 이 논문에서는 탄성받침의 극한전단실험을 실시하여 국내 탄성받침의 전단변형 성능을 확인하였다.

2. 탄성받침 실험체 제작

극한전단실험을 위한 실험체는 150mm x 200mm의 단면을 갖는 KS F 4420의 B형 탄성받침으로 고무패드와 외부강관을 가황으로 일체화 시킨 받침이다. 고무는 전단탄성계수 0.9 MPa를 갖는 합성고무(NR)를 사용하였으며, 내부 고무층 두께를 4mm, 8mm로 변화시켰다. 제작된 탄성받침의 형상 및 치수는 그림 1, 표 1과 같다.

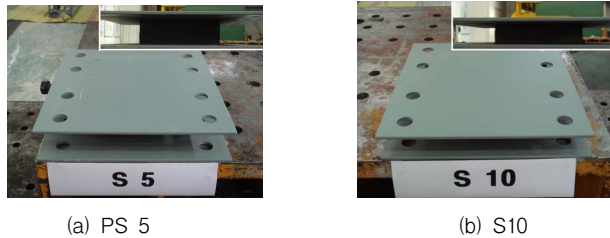


그림 1. PS 5 및 S5 시험체

표 1. 탄성받침 실험체 치수

명칭	받침		보강관				내부 고무층두께 t_r (mm)	고무층 높이 T_r (mm)	전단계수 G(MPa)	형상계수 S
	폭 a(mm)	길이 b(mm)	폭 a'(mm)	길이 b'(mm)	두께 t_s (mm)	층				
S5	150	200	142	192	3	5	8	37	0.9	5.10
S10	150	200	142	192	3	5	4	21	0.9	10.20

3. 극한전단실험

국내에서 제작된 탄성받침의 전단성능을 조사하여 KS F 4420의 허용전단변형률 규정의 안정성을 확인하기 위하여 이 논문에서는 S5, S10 받침을 대상으로 극한전단실험을 실시하였다. 극한전단

실험은 일정한 크기의 압축응력을 유지한 상태에서 전단변형을 받침의 파괴 시까지 증가시키는 실험이다. 이 때 압축응력은 탄성받침이 수직응력의 크기가 작을수록 전단에 취약하므로 KS F 4420에서 규정하는 최소 압축응력인 3MPa를 적용하였으며, 전단변형 가력속도는 0.2mm/sec로 설정하였다. 극한전단실험에서는 수직하중과 수평하중을 동시에 재하 할 수 있도록 제작된 장비를 이용하였다(그림 2). 이 실험에서는 받침의 전단성능 확인만을 목표로 하였기 때문에 받침의 수평하중, 수평변위를 측정하였으며, 외관조사를 함께 실시하여 전단변형률의 증가에 따른 받침의 이상 유무를 확인하였다.



그림 2. 받침시험기(한국건설기술연구원)

표 2. 극한전단실험 개요

명칭	형상계수	압축응력	전단변형
S5	5.10	3 MPa	파괴시까지
S10	10.20	3 MPa	파괴시까지

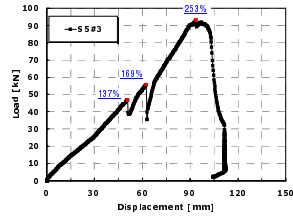
4. 극한전단실험 결과

극한전단실험 결과 탄성받침은 받침 고무가 찢어지면서 파괴가 발생하였다. 아래의 그림 3, 그림 4는 S5, S10 받침의 전단하중에 의한 파괴 형상 및 하중-변위 곡선을 나타낸 것이다. 이 때 S5 받침은 총 고무 높이의 253%, S10 받침은 493%에 해당하는 전단변형에서 파괴가 발생하였다. 실험체에 따라 전단성능 편차가 상당히 크긴 하지만 극한전단변형률을 고려할 경우 KS F 4420의 허용전단변형률은 안전 측에 있다고 판단된다.

한편 극한전단실험에서 S5, S10 받침은 KS F 4420의 허용전단변형률보다 큰 전단변형률 범위에 이긴 하지만 극한전단변형률에 도달하기 전에 2번의 걸친 일시적인 하중 저하 현상을 나타냈다. 이는 실험 시 수행한 외관조사 결과 탄성패드와 외부강판의 접촉면이 일시적인 분리현상을 보이기 때문인 것으로 밝혀졌다. 탄성받침이 일체형으로 거동하도록 하기 위하여 제작시 탄성패드와 외부강판의 접촉면에도 가황작업을 거쳤음에도 불구하고 극한전단변형률보다 상당히 낮은 변형률에서 탄성패드와 외부강판의 접촉면이 일시적인 분리현상을 나타낸 것이다. 극한전단실험에서 관측된 받침 분리 현상은 두 실험체 모두 200% 내외의 전단변형률에서 발생하였다. KS F 4420의 허용전단변형률 규정을 고려한다면 이러한 일시적인 분리현상이 70% 전단변형률보다 작은 범위에서 발생하지 않는다면 받침이 사용하중 상태에 놓여있을 때에는 큰 문제가 되지 않을 수도 있다. 하지만 KS F 4420을 따라 제작된 받침은 일반 탄성받침으로 지진격리받침은 아니지만 다른 내진장치와 더불어 내진설계에 사용될 가능성이 있기 때문에 지진격리받침이 아닌 일반 탄성받침이라 하더라도 KS F 4420의 허용전단변형률보다 높은 수준의 전단변형을 수용하는 것이 바람직하다. 더욱이 KS F 4420에는 명시되어 있지 않지만 도로교설계기준에서는 지진시 적층 고무형 지진격리받침의 전단변형률을 200%까지 요구하고, 일본 도로교지승편람에서는 지진시 150%(레벨1), 250%(레벨2)까지 요구하고 있다. 탄성받침이 지진격리장치와 함께 내진설계에 사용될 경우 이러한 받침 분리현상은 교량 시스템에 예기치 못한 충격 또는 집중응력을 야기 시킬 수 있다.



(a) 파괴 모습

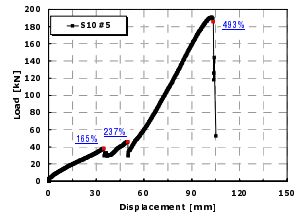


(b) 하중-변위 곡선

그림 3. S5 전단극한실험



(a) 파괴 모습



(b) 하중-변위 곡선

그림 4. S10 전단극한실험

5. 결론

이 논문에서는 교량 상부구조의 변위 수용을 위해 별도의 장치를 필요로 하지 않는 탄성받침과 관련하여 국내 탄성받침의 설계기준인 KS F 4420에서 규정하는 허용전단변형률 70%가 극한전단변형률과 비교하여 어느 정도의 안전율을 가지고 있는지 알아보기 위하여 탄성받침을 제작하고 극한전단실험을 실시하였다. 실험 결과 탄성받침은 253%, 493%의 전단변형률에서 파괴가 발생하여 KS F 4420의 허용전단변형률 규정이 안전 측이라는 사실을 알 수 있었다. 하지만 일체화된 거동을 할 것이라 기대 되었던 탄성받침은 200% 전단변형률 내외에서 받침 분리현상을 보였다. KS F 4420에 의해 설계된 탄성받침이라 하더라도 지진격리장치와 함께 내진설계에 사용된다면 KS F 4420의 허용전단변형률 보다 높은 수준의 전단변형률 수용할 수 있어야 한다. 하지만 지진격리장치와 함께 사용된 탄성받침이 이 실험에서 관측된 것과 같이 받침분리 현상을 나타낸다면 교량 시스템에 예기치 못한 충격 또는 집중 응력을 발생 시킬 수 있기 때문에 이러한 현상이 방지될 수 있도록 관련 규정이 필요하다고 판단된다.

감사의 글

이 논문은 건설교통부 교량설계핵심기술연구단 연구과제 “교량 부속시설의 성능 및 신뢰성 향상 기술개발”(과제번호 : 03산C02-01)의 지원으로 수행되었기에 관계자 여러분께 감사드립니다.

참고문헌

1. 한국산업표준회, “KS F 4420 교량 지지용 탄성받침”, 1998
2. 한국도로교통협회, “도로교설계기준”, 2005
3. 日本道路協會, “道路橋支承便覽”, 2004