

# 고무의 겹침제작 여부에 따른 탄성받침의 전단피로특성 연구

## A Study on the Shear Fatigue Performance of Elastomeric Bearings of a Doublefold Elastomeric Layer

윤 혜 진\*      곽 임 중\*\*      김 영 진\*\*\*

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

---

### ABSTRACT

Bridge bearings are devices absorbing the displacements of the superstructure. Elastomeric bearings used generally as bridge bearings absorb the displacements of the superstructure using their rubber characteristics. Elastomeric bearings should make sure their shear fatigue performance not to impede the durability of bridge system. In this paper shear fatigue tests were performed and stiffness were measured through the shear fatigue tests. Tests results show the measured stiffness of elastomeric bearings have no specific tendency. This paper found that elastomeric bearings show bad shear performance or fail early if elastomeric bearings are manufactured with a doublefold elastomeric layer.

### 요 약

교량받침은 상부구조물의 변위를 흡수하는 역할을 수행한다. 교량 받침으로 일반적인 탄성받침은 고무 자체의 전단변형 특성으로 상부구조물의 변위를 흡수한다. 공용 수명동안 받침 자체의 파괴 또는 받침의 기능 저하로 인하여 교량의 내구성을 저해하지 않기 위해서는 탄성받침의 피로내구성이 확보되어야 한다. 이에 이 논문에서는 온도변화에 의해 발생하는 상부구조물의 변위를 수용하는 탄성받침의 전단성능 내구성을 확인하기 위하여 전단피로실험을 실시하였다. 또한 탄성받침을 구성하는 한 층의 내부 고무층을 여러 겹의 고무로 겹쳐서 제작하는 제작 관행이 탄성받침의 전단성능에 어떠한 영향을 미치는지 조사하였다. 전단피로실험 결과 전단피로반복 회수에 따라 강성변화에 대한 특정한 경향을 찾아보기 어려웠다. 하지만 두꺼운 내부 고무층을 갖는 받침을 제작하는 경우 일부 업체에서는 관행적으로 여러 층의 고무를 겹쳐서 한 층의 내부고무층이 되도록 제작하는데 이 경우에는 받침의 전단성능이 현저하게 저하되거나 받침이 조기에 파괴되는 결과를 가져왔다.

---

\* 정회원, 한국건설기술연구원, 연구원

\*\* 정회원, 한국건설기술연구원, 선임연구원

\*\*\* 정회원, 한국건설기술연구원, 책임연구원

## 1. 서 론

교량받침은 상부구조물의 변위를 흡수하는 역할을 수행한다. 교량 받침으로 일반적인 탄성받침은 고무 자체의 전단변형 특성으로 상부구조물의 변위를 흡수하는데 공용 수명동안 받침 자체의 파괴 또는 받침의 기능 저하로 인하여 교량의 내구성을 저해하지 않기 위해서는 탄성받침의 피로내구성이 확보되어야 한다. 이에 이 논문에서는 온도변화에 의해 발생하는 상부구조물의 변위를 수용하는 탄성받침의 전단성능 내구성을 확인하기 위하여 전단피로실험을 실시하였다. 또한 탄성받침을 구성하는 한 층의 내부 고무층을 여러 겹의 고무로 겹쳐서 제작하는 제작 관행이 탄성받침의 전단성능에 어떠한 영향을 미치는지 조사하였다.

## 2. 탄성받침 전단피로실험

### 2.1 실험체 제작

전단피로실험을 위한 실험체는 KS F 4420의 B형 탄성받침으로 받침 단면은 150mm x 200mm이다. 탄성받침이 전단에 대하여 일체형으로 거동하도록 하기 위하여 고무패드와 외부강관은 가황으로 일체화하였으며, 내부 고무층의 두께에 따라 받침을 S5, S7, S10으로 구분하였다. 제작된 탄성받침의 형상 및 치수는 그림 1, 표 1과 같다.

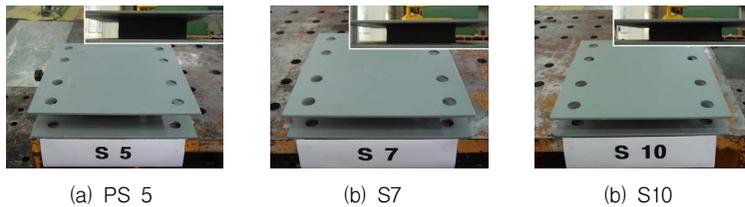


그림 1. PS 5 및 S5 시험체

표 1. 탄성받침 실험체 치수

명칭	받침		보강관				내부고무층 두께 $t_r$ (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
S7	150	200	142	192	3	5	6	29	0.9	6.80
S10	150	200	142	192	3	5	4	21	0.9	10.20

### 2.2 전단피로실험

이 논문에서는 교량의 공용수명동안 온도변화에 의해 발생하는 상부구조 변위에 대한 탄성받침의 피로내구성을 확인하기 위하여 7개의 받침을 대상으로 전단피로실험을 실시하였다. 전단피로실험은 받침의 수직응력을 일정하게 유지시킨 상태에서 일정한 크기의 전단변형을 반복적으로 가하여 받침의 손상여부를 조사하는 실험이다. 전단피로실험을 위한 반복횟수는 교량의 공용수명을 50년으로 가정하였을 때 온도변화에 의해 교량받침에 발생할 수 있는 설계변위 왕복 18,250회 보다 큰

20,000회로 설정하였으며, 전단변형 재하속도는 다른 연구자의 예를 참고하여 0.2Hz로 결정하였다 (Yura 등, 2001, Muscarella 등, 1995).

탄성받침에 발생하는 전단변형은 상부구조의 수평이동에 의한 순수 전단변형 뿐 아니라 상부구조에 의한 압축 및 회전에 의해서도 발생할 수 있다. 이 논문에서는 표 2와 같이 탄성받침에 발생하는 총전단변형률을 변화시키면서 전단피로실험을 실시하였는데, 이 때 회전에 의해 발생하는 전단변형률은 고려하지 않았다. 전단피로실험에 따른 받침의 성능저하여부 조사를 위하여 실험 전·후와 실험 중간에 수직강성과 전단강성 측정을 통한 강성 변화여부와 함께 외관조사를 실시하였다.

표 2. 전단피로실험계획

명칭	형상 계수	압축 응력	$\gamma_c$	$\gamma_s$	$\gamma_a$	$\gamma_t$	가력	
							수직하중	수평변위
S5 #1	5.10	12 MPa	3.92	0.9	0	4.82	270 kN	33.3 mm
S5 #4	5.10	12 MPa	3.92	0.9	0	4.82	270 kN	33.3 mm
S5 #5	5.10	12 MPa	3.92	0.7	0	4.62	283 kN	25.9 mm
S7 #1	6.80	15 MPa	3.68	0.7	0	4.38	366 kN	20.3 mm
S7 #2	6.80	20 MPa	4.91	0.7	0	5.61	488 kN	20.3 mm
S7 #3	6.80	21 MPa	5.15	0.9	0	6.05	495 kN	26.1 mm
S10 #1	10.20	40 MPa	6.53	0.9	0	7.41	983 kN	18.9 mm

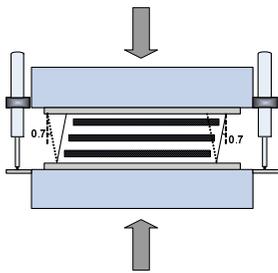


그림 2. 전단피로실험 개념도

### 3. 전단피로실험 결과

전단피로실험에서 실시한 강성측정결과에서 전단반복횟수가 증가함에 따라 강성이 일률적으로 저하되는 현상이 발생하는지 주목하였으나 이러한 현상은 없었으며, 강성 변화와 관련하여 특정한 경향을 찾아보기 어려웠다. 한편 탄성받침의 외관상 변화를 살펴보면, S7, S10 받침을 대상으로 한 실험에서는 총 전단변형률을 4.38~7.41까지 적용하였지만 탄성받침의 성능저하를 일으킬 만한 손상이나 고무의 팽창현상을 발견하지 못하였다. 하지만 S5 받침을 대상으로 한 실험에서는 해당 받침이 모두 외관이 손상되거나 파괴가 발생하였다. S5 #1 실험체는 20,000회 전단반복 후 받침 중간 높이에 장변 방향으로 덮개 고무가 찢어졌으며(그림 3), S5 #4 실험체는 S5 #1 실험체와 동일한 하중조건을 적용하였지만 700회 정도에서 전단피로파괴가 발생하였다(그림 4). S5 #5 실험체는 S5 #1, S5 #4 실험체보다 수평이동에 의한 전단변형률을 작게 적용하였는데, 받침이 파괴되지는 않았지만 심각한 외관 손상을 나타냈다(그림 5).

이 논문에서는 S5 받침에 적용한 총전단변형률이 S7, S10에 적용한 것보다 상대적으로 작았음에도 불구하고 심각한 외관 손상을 보이거나 조기 파괴가 발생할 수도 있다는 점에 대하여 의구심을 가지고 원인을 분석한 결과, 이는 탄성받침을 구성하는 내부 고무층을 단일 고무층이 아닌 여러 겹의 고무를 겹쳐서 제작된 받침을 대상으로 한 전단피로실험의 공통적인 결과라는 사실을 발견하였다. 이 논문에서는 3종류의 탄성받침을 제작하였는데, 이 때 S5 받침은 8mm, S7은 6mm, S10은 4mm의 두께를 갖도록 지정하였다. 하지만 S5 받침은 8mm 두께를 갖는 하나의 고무로 이루어진 것이 아니라 4mm 두께를 갖는 고무를 겹쳐서 가황 제작한 것이다. 이러한 이유로 S5 받침은 다른 받침과는 다른 외관손상 뿐만 아니라 예기치 못한 파괴가 발생하기도 한 것이다. 받침의 파괴시에도 일반적인 파괴 양상을 보이는 것이 아니라 내부 고무층이 특정한 경계면을 따라 갈라지는 결과

를 가져왔다.



그림 3. 20,000회 후 S5 #1



그림 4. 700회 후 S5 #4



(a) 14,000회



(b) 17,000회

그림 5. S5 #5 실험체의 외관조사

#### 4. 결 론

이 논문에서는 교량의 공용 수명동안 상부구조물의 변위 흡수 능력과 관련된 탄성받침의 전단 내구성을 확인하기 위하여 20,000회 전단피로실험을 실시하였다. S7, S10 받침을 대상으로 한 실험에서는 총 전단변형률을 4.38~7.41까지 적용하였지만 탄성받침의 성능저하를 일으킬 만한 손상이나 고무의 팽창현상을 발견하지 못하였다. 하지만 S5 받침을 대상으로 한 실험에서는 실험체 모두 뚜렷한 외관손상이 발생하거나 조기에 받침이 파괴되었다. 이에 대한 원인분석 결과 두꺼운 내부 고무층을 갖는 탄성받침을 제작하는 경우 한 층으로 된 내부 고무를 사용하는 것이 아니라 여러 층의 고무를 겹쳐서 가황·제작하는 일부 업체의 제작 관행 때문인 것으로 추정되었다. 이에 이 논문에서는 고무의 겹침 제작이 탄성받침의 전단성능에 미치는 영향을 구체적으로 조사하기 위하여 이에 대한 추가 실험을 계획하고 있다.

#### 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. Muscarella, J., and Yura, J., “An Experimental Study of Elastomeric Bridge Bearings with Design Recommendations”, 1995
3. Yura, J., Kumar, A., Yakut, A., Topkaya, C., Becker, E. and Collingwood, J., “Elastomeric Bridge Bearings: Recommended Test Methods” National Research Board, NCHRP Report 449, 2001