

# 철도교량의 탄성받침 적용방안

## Application of Elastomeric Bearing for Railway Bridge

강태우†  
T.W. Kang

어성욱\*  
S.W. Oa

김동식\*\*  
D.S. Kim

강영식\*\*\*  
Y.S. Kang

### ABSTRACT

It has been recognized for decades that the spherical bearing which is sliding on curved surface in the intrinsic behavior is optimized for the railway bridge requiring a large slope deflection. However, the spherical bearing is easily corroded at the PSC girder bridge which is exposed to the outside so the normal function of bridge bearing is not fulfilled fully. It is common that the corrosion is happened at the operating plate of steel bridge bearing and generally it is necessary to replace the bridge bearing after 20~25 years. Accordingly, It costs multi billion dollars for maintenance each year and the necessity of improvement become a issue.

Korea Rail Network Authority(KR) suggested to apply the Elastomeric bearing instead of Spherical bearing through the task of construction site of 2006. But the normal Elastomeric bearing is optimized for the Highway bridge so it needs the special consideration to satisfy each design condition required by railway bridge. As the result of examination of Elastomeric bearing at the railway bridge construction site, the stress is decreased by effective dispersion of earthquakes and the maintenance fee is also decreased.

### 1. 서론

큰 회전각이 필요한 철도교량에는 구면거동하는 스페리컬받침이 최적화된 교량받침으로 수 십 년간 인식되어 왔다. 그러나 주강재로 제작되는 스페리컬받침은 그 재료적 특성상 충격하중에 매우 취약하고 외기에 노출되는 프리스트레스트 거더교에서는 부식 등으로 인해 내구수명이 단축되는 문제가 제기되어 왔다. 이러한 문제는 가동면이 강재로 된 교량받침에서 전형적으로 발생하는 경우로, 통상적으로 설치 후 15~20년이 경과된 교량에서는 교체가 필수적이다. 이에 따른 유지보수를 위해, 매년 개별 노선 당 수십 억 원의 비용이 발생하고 있으며 이를 합리적인 방법으로 개선해야 할 필요성이 대두되었다.

대부분 스페리컬받침의 재료는 주강재로, 일본 고베지진시 교량받침 손상의 83%를 차지하였다. 이러한 근거로 일본에서는 교량받침으로 주강재의 사용을 제한하였다. 우리나라 철도교량에 설치된 대부분의 스페리컬받침이 주강재로 제작되는 것을 감안할 때, 지진시 철도교량은 위험한 것으로 판단할 수 있다. 이 때문에 내진보강을 하고 있는 대부분의 철도교량은 스페리컬받침을 대체하여 탄성받침이나 특수면진받침을 적용하고 있다. 이러한 받침들은 기존의 스페리컬받침보다 내구수명이 우수하고 지진력 감쇄효과가 뛰어나 현 철도교량의 내진보강 방안은 합리적이라 할 수 있다.

† 정회원, (주)에스코알티에스, 기술연구소, 책임연구원  
E-mail : savegod@enrtech.co.kr  
TEL : (02)2008-0508 FAX : (02)2008-0515

\* 정회원, 우송대학교, 철도건설환경공학과, 정교수

\*\* 비회원, GS건설, 태백선 제천~쌍용 제1공구 복선전철건설공사, 부장

\*\*\* 비회원, 신성엔지니어링, 구조부, 상무

그러나 현행의 탄성받침은 도로교량에 최적화된 것으로 철도교량에 적용하기 위해서는 몇 가지 보완이 필요한 것으로 검토되었다. 탄성받침을 철도교량에 적용하기 위해서는 시.제동하중시 변위제어방식의 개선, 고정책기의 단면력 증대, 부반력 저항장치의 추가가 필요하며 본 연구에서는 그 합리적인 방안을 제안한다.

또한, 본 연구에서는 신설되는 철도교량에서 스페리컬받침을 적용한 경우와 탄성받침을 적용한 경우에 대해 경제성 및 설계지진력, 내구성 등을 비교 검토하여 탄성받침 적용의 타당성을 제시한다. 이를 위해서 현 시공 중인 철도노선에 대한 면밀한 검토를 실시하였으며, 이는 향후 철도교량의 교량받침 선정에 있어서 새로운 제안이 될 것으로 기대한다.

## 2. 본론

### 2.1 교량받침 형식변경에 의한 유지보수 향상

#### 2.1.1 스페리컬받침과 탄성받침의 거동 특징

스페리컬받침은 황동재질의 구면에 고체윤활재를 삽입하여 원활한 회전변형을 수용하도록 하고 있다. 이는 핀이나 롤러보다 진화된 형태이나 먼지 등 이물질 침투에 의한 부식에 의해 설치 후 수 년이 경과한 경우, 받침의 정상적인 기능을 수행하지 못하는 경우가 많다. 이에 비해 탄성받침의 경우는 적층고무판의 전단변형에 의해 회전과 변위를 수용하도록 하고 구성되어 있어 별도의 윤활장치나 부식우려가 없다.

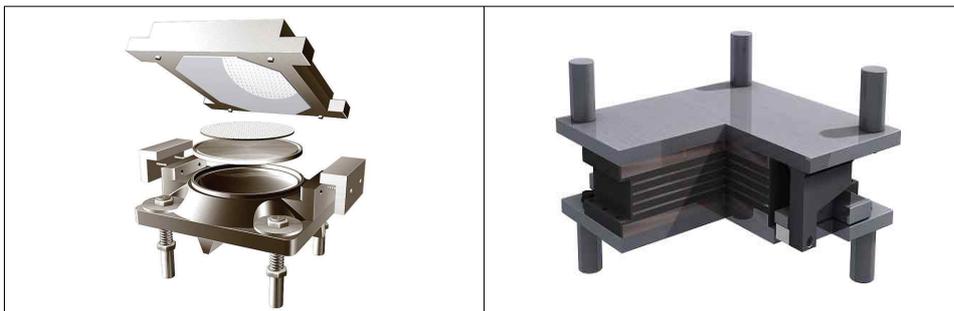


그림1. 스페리컬받침(좌)와 철도교용 탄성받침(우)

통상적으로 교량받침은 변위 및 회전수용방식에 따라 가동마찰면 방식과 전단변형방식으로 구분되며, 특히 스페리컬받침과 같이 가동마찰면이 강재로 된 교량받침에서는 부식에 의한 손상으로 내구수명이 단축되는 단점이 있다. [그림2]는 실제 철도교량에 설치된 스페리컬받침의 손상사례를 조사한 것으로 설치 후 10년이 경과한 경우에 대한 것이다.



그림2. 스페리컬받침의 손상(부식손상 : 좌, 먼지막이손상 : 우)

#### 2.1.2 스페리컬받침의 손상 원인

가동면이 강재로 구성된 스페리컬받침은 그 특성상 외기에 노출되는 경우, 부식이 급속하게 진행된다. 따라서 PSC 빔교의 경우 받침이 외기에 직접 노출되므로 스페리컬받침이 설치된 경우에 그 손상이 심각하다. 철도시설공단의 현장즉시실천과제 내용에 따르면, PC빔 교량의 스페리컬받침의 하자보수가 빈번하게 발생하는 이유로, 외부환경에 쉽게 부식하여 받침 기능이 저하되는 것을 가장 우선으로 하고 있다. 이 외에도 준공 후 유지보수 측면의 인식부족, 구조물 생애주기 평가기준 미정립, 하자발생 정보의 부재 등을 원인으로 지적하였다.

### 2.1.3 교량받침의 내구성과 유지보수비용 분석

스페리컬받침으로 설치된 교량의 경우와 탄성받침으로 설치된 교량의 경우에 대해 교량공용기간(100년) 동안 유지보수비용을 비교 분석하였다. 검토대상 노선인 청량리~덕소간 복선전철에 적용된 PC빔 교량의 강재받침 1,284EA를 기준으로, 강재받침의 내구수명을 15년, 탄성받침의 내구수명을 25년으로 가정하였다. 내구수명의 근거는 실제로 교량받침의 교체실적을 근거로 한 것이다. 강재받침은 유지보수시 받침 전체를 교체해야 하기 때문에 보수비용이 비교적 크며, 이에 비해 탄성받침은 적층고무판만을 교체하므로 시공이 간단하다. 이를 근거로 하여 전문적인 받침 교체 시공사 및 받침 제작사에 의뢰하여 비용을 산출하였다.

도표 1. 교량받침 유지보수비용 비교(2000kN 기준)

항 목		스페리컬받침	탄성받침
교체방식		전체교체방식	일부교체방식
내구연한		15년	25년
초기 설치 및 자재비		350만원	350만원
교체비	자 재 비	280만원	130만원
	시 공 비	350만원	120만원
	합 계	630만원	250만원
교량생애주기 중 교체회수		$\frac{100 Y_r}{15 Y_r} = 6.7$	$\frac{100 Y_r}{25 Y_r} = 4.0$
교량생애주기 중 총교체비용		$630 * 6.7 = 4,221$ 만원	1,000만원
총비용(초기+유지보수)		$350 + 4,221 = 4,571$ 만원	$350 + 1,000 = 1,350$ 만원

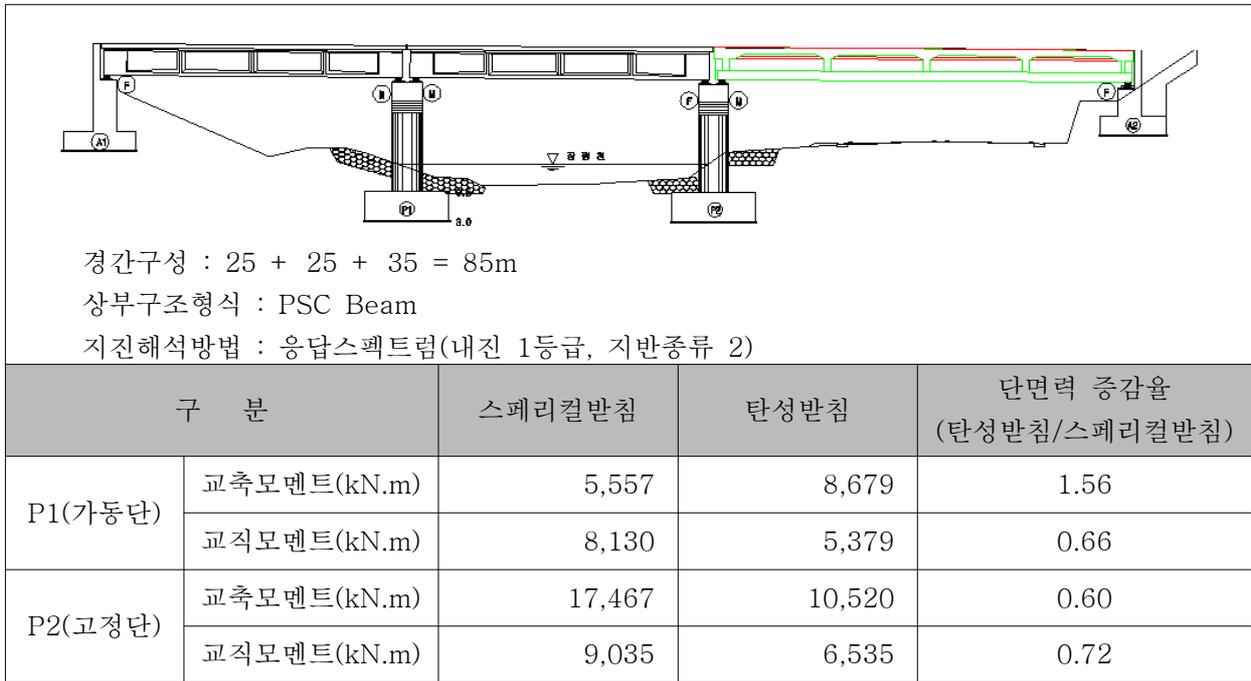
PC빔 교량에 스페리컬받침과 탄성받침을 적용한 경우에 대해 경제성을 분석한 결과, 초기설치비용면에서는 두 받침이 비슷하였으나, 스페리컬받침이 부식 등에 의해 내구연한이 짧고 받침전체를 교체하기 때문에 시공비와 자재비 모두 적층고무판만 교체하는 탄성받침보다 비경제적인 것으로 분석되었다. 전체적으로 교량 공용기간 중 교량받침 유지관리 및 초기설치 비용은 스페리컬받침인 경우 개소당 4,221만원, 탄성받침인 경우 개소당 1,350만원이 소요되는 것으로 검토되어 개소당 3,221만원이 차이가 발생하였다. 이를 전 노선(1,284EA)에 대해 환산할 경우 414억원의 비용 격차가 되며, 이를 연간 비용으로 하면 약 4억원으로 추산할 수 있다. 즉, 스페리컬받침 대신 탄성받침으로 설치하는 경우 개별 노선당 연간 4억원의 유지관리비용을 절감할 수 있다.

### 2.2 탄성받침 적용에 따른 내진성능 향상

탄성받침은 상시에는 스페리컬받침과 동일하게 일단고정-타단가동 형태로 거동하지만, 지진시에는 모든 지점이 전단변형하면서 가동단의 형태가 된다. 이로 인해 지진하중은 전체 교각에 균등하게 분배되며, 또한 적

층고무관의 전단변형에 의해 교각의 교유주기가 길어짐에 따라 전체 지진하중이 감소하게 된다. 이러한 탄성 받침의 지진하중 감소효과는 교각구조물을 보다 경제적인 단면으로 유도할 수 있다. 본 연구에서는 실제적인 검토를 위해, 현 시공 중인 ‘제천~쌍용 제1공구 복선전철건설공사’ 과업 중 PSC 빔 형식의 ‘두학2고가교’ 에 대해 지진단면력을 비교 검토하였다. 그 결과 스페리컬받침을 적용한 경우에는 고정단 교각에 지진력이 집중 되는 반면, 탄성받침을 적용한 경우에는 가동단과 고정단에 하중이 분산되어 설계모멘트가 40% 가량 감소됨 을 확인하였다.

도표 2. 받침교체적용에 따른 설계지진력 비교(두학2고가교)



### 2.3 탄성받침을 철도교량에 적용하기 위한 필수 요건

현재 내진보강 목적으로 철도교량에 적용되는 탄성받침은 도로교량에 최적화된 것으로 철도교량에 적용하기 위해서는 몇 가지 보완이 필수적이다. 이에 본 연구에서는 다음의 세 가지 항목에 대해 검토하였으며, 탄성받침으로 기 설계된 ‘성남~여주 복선전철 건설공사 8공구’ 과업에서 PSC Beam 형식의 교량을 대상으로 하였다.

#### 2.3.1 시.제동 하중 저항을 위한 고정책기의 단면력 검토

탄성받침의 고정책기는 지진시에 파괴되는 것으로, 도로교량에서 일반적으로 발생하는 상시 수평하중에 대해서만 저항하도록 설계되었다. 그러나 철도교량에서는 도로교량과 달리 시.제동하중이 상당히 커서 탄성받침 설계시 지배하중으로 고려된다. 검토대상 과업 중 25m PSC Beam 형식의 교량에서 계산된 시.제동하중은 250kN 이다. 검토대상 교량에 적용된 탄성받침 규격은 2000kN 용량( $G = 1.15MPa$ )의 탄성받침으로, 통상적인 제품인 경우 상시 허용수평력은 150kN이다. 따라서, 검토대상 과업에서는 시.제동하중을 충분히 수용하기 위해 교축방향 고정책기의 상시 허용수평력을 300kN으로 증대시켜 설계에 적용하였다.

#### 2.3.2 시.제동 하중 재하시 고정단 받침의 이동량 검토

이론적으로 고정단 탄성받침은 상시에 전혀 이동하지 않는 것으로 고려되지만, 실제로는 5~10mm 가량 이동한다. 이러한 이유는, 탄성받침이 적층고무관의 전단변형에 의해 회전 및 신축변위를 수용하기 때문에 연직하중 재하시 발생하는 교량상부구조물의 휨변형에 따라 고무관이 수평전단변형을 하는데, 이 때 상하부의 고정책기는 이 수평변형량 보다 많은 이격거리를 확보하기 때문이다. 만약 탄성받침의 고정책기에 이격거리가 충분하지 않다면, 고정하중 및 궤도활하중 재하시 고정책기가 파손될 우려가 크다.

도표 3. 고정단 탄성받침 고정빼기의 이격검토

연직하중에 따른 수평변위	회전변형에 따른 수평변위
5.268mm	0.360mm
고정빼기 이격검토 $5.268mm + 0.360mm = 5.628mm < 10.0mm$ ----- OK	

이러한 이유로 도로교량에 설치되는 통상적인 탄성받침은 고정빼기의 유격을 10mm 가량으로 제작된다. 도로교량의 경우 고정단 받침이 미소하게 이동하더라도 구조적인 문제가 없으나, 철도교량에서는 고정단 받침이 미소한 이동을 하더라도 레일축력이 과대하게 발생한다. 통상적으로 2~4mm 가량의 변위까지는 레일에서 허용될 수 있는 것을 감안할 때, 도로교량에 적용되는 탄성받침은 철도교량에 부적합하다. 그렇기 때문에 검토대상 과업에서는 고정빼기의 이격없이 회전변형을 수용할 수 있도록 빼기의 구조를 [그림 3]과 같이 개선하여 설계에 적용하였다. 대상과업에 적용된 고정 빼기는 곡면 처리되어 1mm 이하의 유격으로도 원활한 회전변형을 수용할 수 있도록 개선되었다.



그림 3. 철도교량용 탄성받침의 고정빼기

### 2.3.3 부반력 저항장치

철도교설계기준에 따르면, 모든 교량받침에는 부반력에 대해 저항할 수 있는 장치가 있어야 한다. 이러한 기준에 따라 스페리컬받침에는 부반력 저항장치가 기본적으로 장착되어 있다. 그러나 통상적인 도로교용 탄성받침은 부반력에 대해서 저항할 수 있는 장치가 없다. 최근에 도로교량에 일반적으로 설치되는 일체형 탄성받침의 경우 역시 받침 상하판과 고무판이 일체로 결합되어 있어 마치 부반력에 대해 저항할 수 있을 것으로 예상되지만, 실제로는 탄성받침의 고무판은 부반력에 대해 매우 취약한 구조로 1MPa의 작은 인장응력에도 영구손상이 발생하기 때문에 부반력을 거의 저항할 수 없다. 따라서 탄성받침이 부반력에 대해 저항하기 위해서는 별도의 장치가 필요하다. [그림 3]은 받침 하판에 부반력 저항장치가 부착된 철도교용 탄성받침의 예가 된다.

### 3. 결론

철도교량에는 오랜 기간 동안 대부분 스페리컬받침만 적용하여 왔다. 그 이유는 다른 받침과 달리 스페리컬받침이 큰 회전각을 수용할 수 있는 구면마찰 거동을 하며, 기본적으로 부반력 저항장치를 보유하기 때문이다. 그러나 외기에 쉽게 노출되는 PSC 빔교의 경우에는 받침의 부식이 심각해 내구수명이 단축되는 문제가 빈번하게 발생하고 있다. 이로 인해 매년 막대한 비용을 들여 받침을 교체하고 있으며, 이에 따라 감사원에서는 예산 낭비의 원인으로 지적하고 있다.

이미 2006년도에 철도시설공단 현장즉시실천과제를 통해 탄성받침으로 대체 적용하는 방안이 마련되었으나, 받침 유지보수에 대한 인식부족과 더불어 도로교에 최적화된 탄성받침을 철도교용으로 개선하는 작업이 미비하여 현재까지는 많은 현장에 적용되고 있지 않다.

PSC 빔교에 스페리컬받침 대신해서 탄성받침을 적용하게 되면, 하부구조를 보다 경제적인 단면으로 유도할 수 있을 뿐 만 아니라, 매년 개별 노선당 유지보수 비용으로 4억원 이상을 절감할 있게 된다. 이를 위해서는 탄성받침을 철도교량의 특성을 고려하여 재설계해야 한다. 이 때 검토되어야 할 항목으로는 다음과 같다.

- ① 시.제동하중을 고정 썸에서 충분히 저항할 수 있는가?
- ② 고정하중 및 활하중 재하시 고정썸기가 이동하지 않는 구조인가?
- ③ 별도의 장치에 의해 부반력을 저항할 수 있는가?

상기의 항목에 모두 만족한다면 탄성받침은 철도교량에서 스페리컬받침을 대체하는 매우 효과적이고 경제적인 교량받침이 될 수 있다. 또한 감사원의 지적사항을 근거로 할 때, 받침 변경 대상으로는 현 시공 중이거나 설계완료 혹은 설계 중인 모든 과업으로 할 수 있다. 이러한 이유는 스페리컬받침에서 탄성받침으로 변경하더라도 구조적으로 오히려 안전측의 설계가 되며, 초기 비용의 증대가 없고 유지보수 비용이 절감되기 때문에 큰 노력없이 효과적인 개선을 할 수 있다.

#### 참고문헌

1. 최은수, “판형교에서 개량된 스페리컬받침의 유지보수 및 동적 거동”, 한국철도학회논문집, 11권, 2호, pp.165~175, 2008.
2. 최은수, “New Madrid 지진대의 다경간 PSC 교량의 지진거동”, 한국지진공학회논문집, 10권, 5호, pp.11~23, 2006.
3. 김두기, “교량받침의 유지보수”, 구조물진단학회지, 5권, 4호, pp45~52, 2001.