

# LRB로 내진보강된 교량의 성능검증 실험

## Evaluation Test for the Bridges Retrofitted Seismically with LRB

곽임종<sup>\*</sup>                      조창백<sup>\*\*</sup>                      김영진<sup>\*\*\*</sup>  
Kwahk, Im Jong      Cho, Chang Beck      Kim, Young Jin

---

### ABSTRACT

In this study, an approach that installs seismic isolation bearings was proposed for the seismic retrofit of the existing bridges. The method that replaces all existing bearings with seismic isolators was proposed already. However, in this study, we recommend to utilize the existing bearings for the benefit of safety and cost. According to our proposal, the seismic isolators do not support vertical loads but they just function as the period shifter and the horizontal damper. To verify this approach experimentally, the real scale bearings and isolators for the real highway bridges were designed and fabricated. And the responses of this isolated bridges to the assumed earthquakes were determined by the pseudo dynamic test scheme. The test results were also compared to the responses computed by the well known structural analysis software to check the reliability of the test. From the test results, we found that the retrofitted bridges using the proposed method showed stable performances under earthquakes.

---

### 1. 서론

중약진 지역에 속해 있다고 할 수 있는 우리 나라에서 내진에 대한 설계 기술이 계속 발전하고 있다. 기존의 비내진 교량의 내진성능을 향상시키기 위해 기존 교량의 내진성능 평가결과에 따라 적절한 보강공법을 제시하고, 여러 공법 중 가장 합리적인 공법을 선정하는 것은 매우 중요하다. 본 연구에서는 교량의 내진성능 향상을 위하여 기존 교량에 지진격리장치를 추가하는 새로운 공법을 제안하고 경제적인 비용부분도 고려하고자 하였다. 본 연구에서는 기존 받침을 제거하지 않고, 그대로 활용하여 상부하중을 그대로 지지하도록 하였다. 여기에 지진격리장치를 추가로 장착하여 수평방향의 지진하중에 대처하도록 하는 것이다. 이는 지진격리장치가 상부 수직하중을 분담하지 않고, 수평방향의 지진운동에 대한 감쇠 역할만 담당하게 하는 것이다. 이와 같은 공법의 안전성을 확인하기 위해서는 기존 받침과 같이 설치된 지진격리시스템에 대한 실험적 검증이 필요하며, 이는 지진격리시스템의 가상 지진입력에 대한 응답을 실험을 통해 확인하는 것이다. 따라서 본 실험연구에서는 지진격리받침인 납-적층 고무받침(Lead Rubber Bearing, LRB)가 추가된 지진격리시스템에 대하여 유사동적실험을 실시하고 그 결과를 도출하였다.

---

\* 정회원 · 한국건축원 구조연구부 선임연구원 · 공학박사  
\*\* 정회원 · 한국건설기술연구원 설계기술연구조연구부 연구원 · 공학석사  
\*\*\* 정회원 · 한국건설기술연구원 구조연구부 수석연구원 · 공학박사

## 2. 실험개요

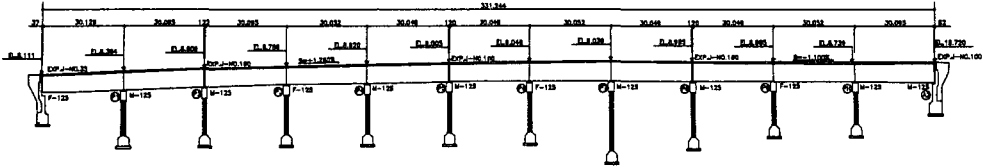


그림 1. 대상 교량 단면도

내진성능 향상을 위하여 지진격리받침이 추가로 적용된 대상 교량은 그림 1과 같으며, 그중 대상 교각은 Pier6으로서 그 이외 부분은 수치적으로 모델링된다. 실험을 위해 Pier6에 설치되는 LRB와 기존 받침은 실제 설계도면과 같은 크기와 용량으로 설계 및 제작하였다. Pier6은 철근콘크리트로 제작하지 않고, 대신 비슷한 값의 강성을 가지는 탄성받침을 제작하여 실험에 사용하였다. 앞서 기술한 바와 같이 기존의 받침을 그대로 활용하는 것이 특징인데 상부 수직하중을 지지할 기존 받침으로 그림 2의 POT받침을 사용하였다. 지진격리를 위해서 고정단은 고정장치를 모두 제거하여 가동단으로 바꾸고, 추가된 지진격리받침인 LRB는 기존 받침과 병렬로 설치된다.

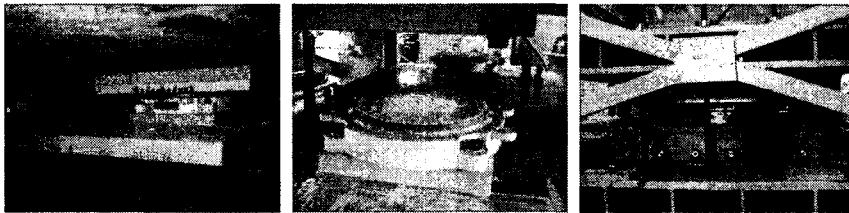


그림 2. 기존 받침(POT) 시험체 설치 모습

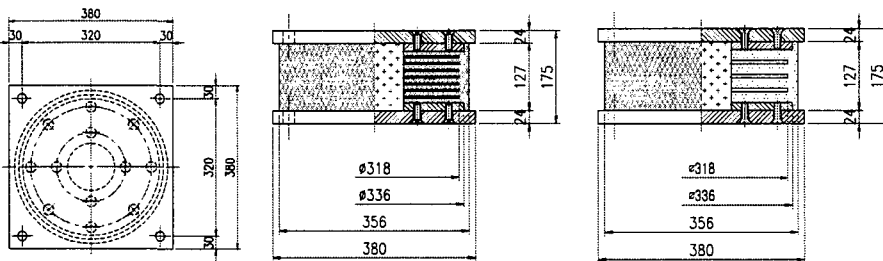


그림 3. LRB 시험체 (강판 두께 3mm, 7mm)

유사동적실험에 사용될 LRB는 수직하중을 받지 않아 수직 압축용력 제한이 적다. 따라서 강판과 고무층의 두께를 일반적인 경우보다 두껍게 할 수 있을 것으로 판단되며, 이에 따른 LRB의 제작단가 인하가 기대된다. 본 실험에서는 일반적으로 설계된 강판 두께 3mm 규격의 LRB와 7mm규격의 LRB를 각각 제작하여 실험 후 그 결과를 비교하였다.

## 3. 유사동적실험

추가된 지진격리받침의 성능실험을 위하여 그림 4와 같이 교각을 대신한 탄성받침, 기존 받침 그

리고 LRB를 각각 설치하였다. 대상교량의 RC교각에 대해 fiber요소를 이용하여 정밀 비선형 해석을 실시한 결과는 그림 5와 같다. 현행 도로교설계기준에 따라 그림 6과 같이 형성된 4개의 입력지진시간이력을 사용하여 실험을 실시하였다.

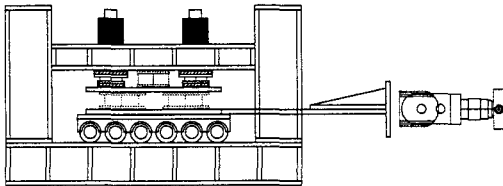


그림 4. 실험개요도

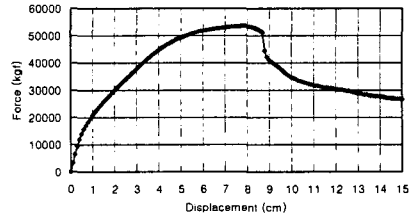


그림 5. 기존교각 비탄성해석

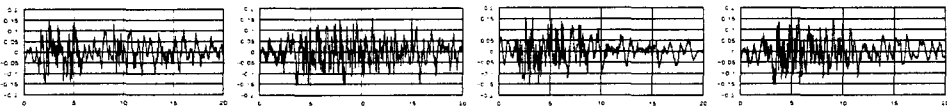


그림 6. 인공지진 시간이력

#### 4. 실험결과

기존 받침으로 POT받침이 설치되어 있다고 가정하여 본 공법을 적용한 경우에 대해 유사동적실험으로 지진시 상부구조의 변위응답을 구하였다. 4개의 인공지진입력에 대해 내부 강판 두께가 3mm, 7mm인 LRB시험체 각각의 응답을 비교하여 그림 7과 8에 나타내었다. 두께가 다르더라도 4개의 지진에 대한 응답 서로 거의 일치함을 볼 수 있었다.

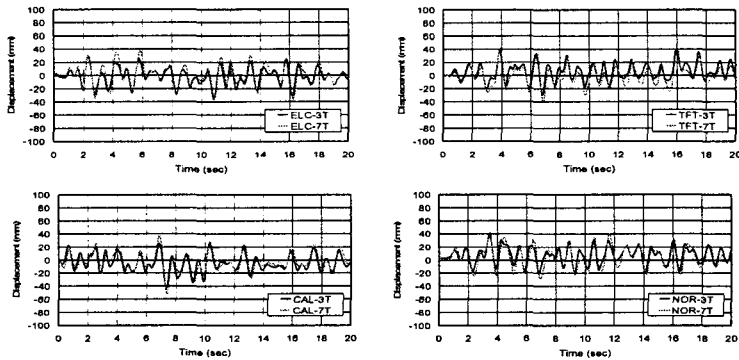


그림 7. 상부구조물 변위-시간이력

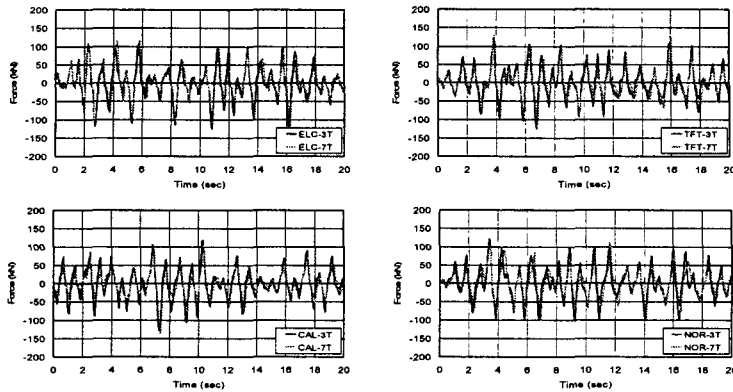


그림 8 교각 밀면 전단력-시간이력

## 5. 결론

교량의 내진성능향상을 위하여 강판 두께가 3mm, 7mm인 LRB가 추가된 지진격리시스템에 대하여 유사동적실험을 실시하였으며, 4개의 인공지진 시간이력에 대한 결과를 비교하였다. 실험결과 각각 강판 두께 3mm와 7mm의 LRB가 추가된 지진격리시스템 모두 안정적인 거동을 보였으며, 하부구조의 바닥 전단력 역시 비내진 상태에서 보다 대폭 감소한 것으로 나타났다. 또한 실험결과를 토대로 추후 LRB 적용시 강판 두께를 두껍게 하여 받침 내부 충수를 줄일 수 있어 LRB의 제작비용을 절감할 수 있을 것으로 판단되었다.

### 감사의 글

이 연구는 교량설계핵심기술연구단과 유니슨(주)의 지원으로 수행되었으며 실험과 시험체 제작에 도움을 주신 관계자 여러분께 감사드립니다.

### 참고문헌

1. 한국건설기술연구원, “교량 지진격리장치의 성능 및 신뢰성 향상 기술개발(3차년도)”, 2006.
2. AASHTO, “Guide Specifications for Seismic Isolation Design”, AASHTO, 1999.
3. Highway Innovative Technology Evaluation Center (HITEC) “Guidelines for the Testing of Seismic Isolation and Energy Dissipating Devices”, HITEC 96-02, 1996.
4. Kelly, J.M. “Dynamic and Failure Characteristics of Bridgestone Isolation Bearings”, Report No. UCB/EERC-91/04, EERC, CA, USA, 1991.