

신축이음장치의 진동소음 실험 Expansion Joints for Vibration and Noise Test

곽종원* · 김영진** · 이정우*** · 최은석*** · 진원종***

Kwark, Jong Won · Kim, Young Jin · Lee, Jung Woo · Choi, Eun Suk · Chin, Won Jong

Key Words : Expansion Joint, Finger Type, Rail Type

ABSTRACT

Consistency in design, manufacture, installation and performance test of expansion joints is insufficient for guarantee of reliability because they are imported from various foreign countries as America, Japan and Europe. In addition to that, the regulations or codes of expansion joint should be revised and established for levels of vibration and noise generated from riding vehicles especially. Regulation on the noise neighboring traffic roads is established by ministry of environment. Therefore, Field tests on the vibration and the noise at expansion joints, especially rail-type and finger-type joints which are typical ones in bridge with short or middle span, are performed and performance of expansion joints are analyzed. And so, the results of the investigation will be utilized as basic data for the regulation on the vibration and the noise.

1. 서 론

1970년대 이후에 급속히 발달하는 산업경제에 발맞추어 국내에 매우 많은 수의 교량이 건설되어 이제는 건설된 지 30년 이상 된 교량도 상당수에 달한다. 교량의 부속장치 중의 하나인 신축이음장치는 주요구성요소가 아닌 관계로 설계, 시공 그리고 유지관리에 있어서 소홀히 다루어져 왔으나, 교량의 원활한 구조적 거동을 확보하기 위해서는 매우 중요한 부속장치로 점차 인식되고 있을 뿐 아니라 항상 차량의 차륜에 의한 충격을 직접적으로 받음으로 공용 중에 있는 교량의 유지관리에 있어서 관리 대상 중에 하나이다. 신축이음장치는 온도에 의한 교량의 신축량, 콘크리트의 건조수축과 크리프, 그리고 활하중에 의한 교량의 수평이동과 회전을 흡수하면서 노면과 같이 차륜을 지지하여 원활한 차량운행이 가능하도록 한다. 따라서 신축이음장치는 원활한 수평이동이 확보되도록 작동하여야 하며, 수직하중에 내구성

도 충분히 갖추어야 한다.

1990년대 이후에 사용이 크게 증가하고 있는 주요 신축이음장치는 중소지간 교량에서는 핑거타입, 레일타입이 주류를 이루고 있으며 장지간용으로 롤링셔터방식과 같은 특수한 형식이 적용되고 있다. 이러한 신축이음장치는 설계 신축량, 사용 요구조건 등이 선정 시 주요검토 사항이며, 증가하는 교통량과 유지관리의 중요성에 대한 인식의 변화로 유지관리와 교체의 용이성이 주요선정 기준으로 대두되고 있는 추세이다. 교량의 신설 시 신축이음장치의 설계와 시공이 이루어질 뿐 아니라, 국내의 신축이음장치들은 각 관리주체들의 유지관리를 통해서 약 5~10년 사이에 보수 또는 교체가 이루어지고 있다. 따라서 신설과 유지관리 시에 만족할 만한 성능의 신뢰성이 확보된 신축이음장치의 설치가 건전한 교량상태 확보를 위해서는 매우 중요하게 된다.

국내에서는 미국, 일본, 유럽 국가들의 기술을 바탕으로 한 다양한 형식의 신축이음장치가 도입된 관계로 설계, 시공, 성능평가에 일관성이 매우 결여된 상태로 현재에 이르고 있다. 설계에 있어서는 상이한 국가들의 기준에 근거한 관계로 일관성이 결여되고, 국내여건에 적합하지 않은 부분이 많으며, 시공 시에는 형식별 상이점과 시공사의 기술적 특징에 의해서 신뢰성이 확보되지 못하고 있다. 유지관리의 중요성이 증대되는 등 시대의 요구조건의 변화에 따라서, 국내의 여건에 적합하고 신뢰성이 확보될 수 있는 설계와 시공기준의 제시가 국가적인 차원에서 요구된다. 또한, 성능평가는

* 한국건설기술연구원
E-mail : origilon@kict.re.kr
Tel: (031) 9100-575, Fax: (031) 9100-121

** 한국건설기술연구원, 선임연구원

*** 한국건설기술연구원, 연구원

토목교량에 장치로서가 아닌 기계재료인 재료측면에서 기준이 설정되어 있으므로, 장치로서의 성능이 평가될 수 있도록 하는 국내 기준 마련이 시급한 실정이다. 이러한 신뢰성 확보와 더불어 동일한 형식의 신축이음장치에 대한 제품, 시공, 성능평가의 표준화를 통하여 균질한 품질 및 기술수준을 확보할 수 있을 것이다.

2. 신축이음장치 현장실험

2.1 진동소음 현장실험

국내에서 가장 많이 사용되고 있는 신축이음장치의 형식은 레일타입과 핑거타입이다. 대표적인 신축이음장치인 레일형식과 핑거형식에 대한 현장실험을 통해 공용 중에 발생하는 진동/소음에 대한 특징 및 크기를 비교·분석하고자 하며, 향후 신축이음장치의 설계 및 성능 평가를 위한 기초자료를 획득하기 위해 현장실험을 수행하고자 한다.

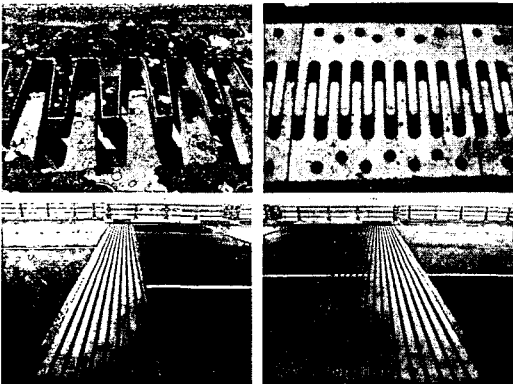


그림 1. 측정대상 신축이음장치

2.2 실험방법

국내에서는 신축이음장치에 대해 공용중에 발생하는 진동 및 소음에 대한 기준을 찾아 볼 수 없으며, 다만 소음 규제에 대해 환경부에서 제정한 도로변 주변 소음에 대한 기준만 제시되어 있을 뿐이다. 따라서 본 연구에서는 중소시간용으로 가장 많이 사용되는 핑거타입과 레일타입에 대해 진동 및 소음에 대한 기준을 마련하기 위하여 현장 실험을 수행하였다. 실험 대상 교량에 설치된 신축이음장치와 실험 측정지점은 그림 1.와 같다. 신축이음장치의 진동측정을 위해 가속도계의 위치는 주행차량의 바퀴가 통과하는 지점 아래에 설치하였고, 소음측정을 위한 마이크론의 위치는 지면 1.5m 지점에 설치하여 측정하였다. 측정조건은 진동 및 소음을 각 1일 3회로 오후시간(14:00~15:00), 퇴근시간(18:00~19:00), 야간(21:00~22:00) 측정하였고, 각 측정시마다 10분간 4회씩 측정하였다.

2.3 진동소음 실험 결과

본 실험에서 실시한 핑거타입과 레일타입의 진동 및 소음 실험 결과는 다음과 같다. 핑거타입의 최대평균가속도는 1.87g이고, 레일타입의 최대평균가속도는 1.35g이다. 최대소음도를 비교하여 보면 레일타입이 핑거타입에 비해 약 2~7dB(A) 정도 크게 발생하고 있다. 신축이음장치인 핑거타입과 레일타입의 대표적인 가속도 시간이력은 그림 2.에 나타났고 형식 별 최대 가속도는 그림 3.에 나타내었다.

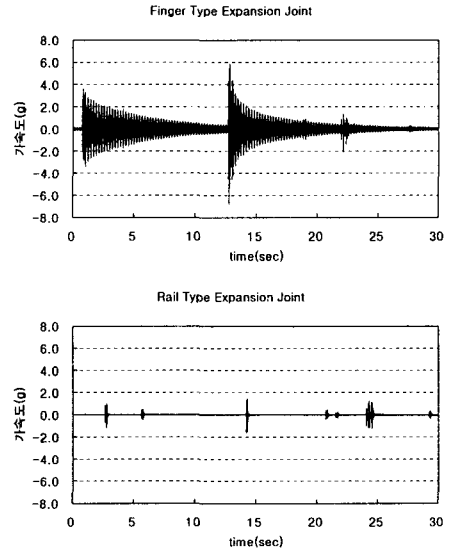


그림 2. 신축이음장치 형식 별 가속도 시간이력의 대표양상

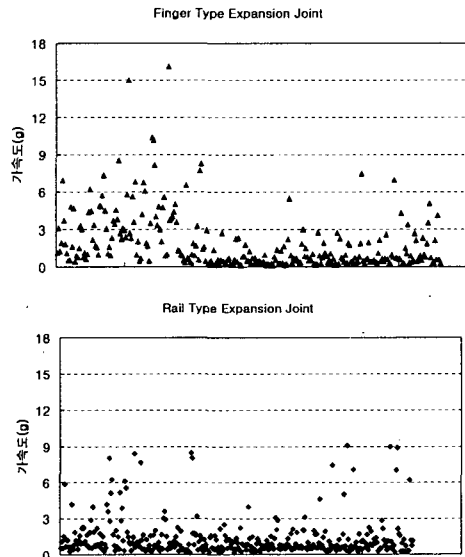


그림 3. 신축이음장치 형식 별 최대가속도 분포

그림 2.에서 보는 바와 같이 차륜하중에 의해 신축이음장치에 발생하는 진동이 핑거타입과 레일타입이 매우 상이함을 알 수 있다. 핑거타입은 캔틸레버 구조형식으로 인해 차륜하중에 충격을 받은 후 자유진동 구간이 발생하지만, 레일타입의 경우는 레일을 지지하는 support에 의해 충격에 의한 진동 후 바로 감쇠효과가 나타나고 있음을 알 수 있다.

그림 3.에 나타난 구조형식 별 최대가속도는 핑거타입이 약 16g이고, 레일타입이 약 9g이다. 중차량 통과 시 최대가속도는 약 2배의 차이가 발생하지만 최대가속도 분포를 살펴보면 대부분 3g 미만의 가속도에 분포하고 있음을 알 수 있다. 이는 서로 상이한 구조를 갖는 핑거타입과 레일타입이 경차량 통과 시 비슷한 거동을 보이지만 중차량 통과 시에 가속도의 차이가 많이 발생함을 알 수 있다.

신축이음장치의 내구성 기준을 마련하기 위해 rain flow 기법을 사용하여 신축이음장치에 발생하는 누적진동회수를 분석하였다. 그림 4.는 rain flow 기법을 이용하여 분석한 가속도에 따른 누적진동수를 나타낸 것이다.

그림 4.에 나타난 바와 같이 핑거타입과 레일타입의 경우 주로 발생하는 가속도의 범위는 약 0.13g~1.0g 사이에 발생하고 있음을 알 수 있다. 그림 2.에 나타난 바와 같이 핑거타입의 자유진동 구간으로 인해 실제 발생하는 반복회수가 레일타입에 비해 약 1.5배 발생하고 있음을 알 수 있다.

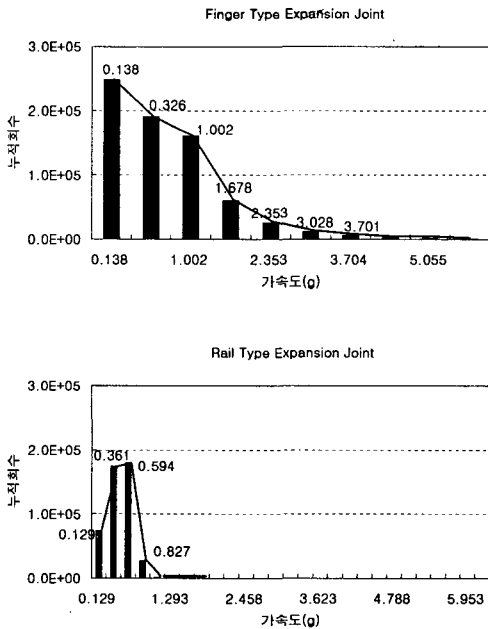
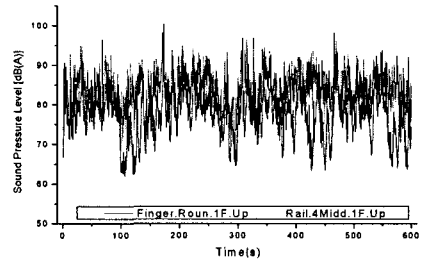


그림 4. Rain flow Cycle Count를 이용한 가속도별 누적빈도수

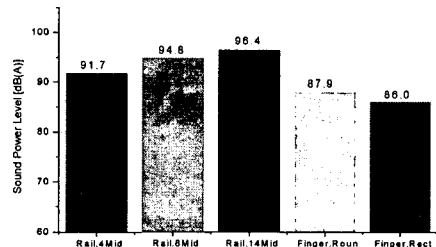
신축이음장치의 진동실험한 결과를 정리하면 다음과 같은 결론을 얻을 수 있다. 핑거타입의 경우 레일타입에 비해 최

대가속도 및 평균가속도가 크게 발생하지만, 중차량 통과시에 발생하는 가속도를 제거하고, 주요 차륜하중인 경차량에 의한 가속도만 비교하면 더 작은 가속도가 발생한다. 이는 레일타입에 비해 일반적으로 진동이 많이 발생하는 단점을 가진 핑거타입의 특성에 반하는 결과라 판단된다. 다만, 현장실험을 수행한 회수가 적어 모든 경우의 교량에 대해 분석결과를 적용하기는 어려운 것으로 판단된다. 추후 더 많은 교량 형식에 대해 실험을 수행하여 데이터 분석을 해야 할 것으로 판단된다.

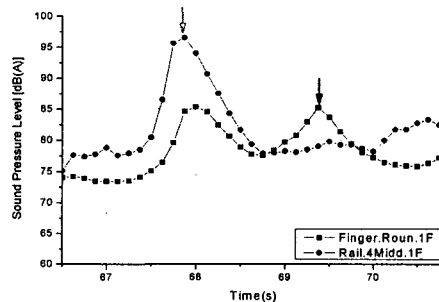
소음도 측정 결과는 그림 5.에 나타내었다. (a)는 핑거타입과 레일타입의 일반적인 소음도를 비교한 것이고, (b)는 핑거타입과 레일타입의 1분간 소음도 중에서 최대소음도를 나타낸 것이다. (c)와 (d)는 주행차량이 핑거타입을 지난 후에 레일타입을 지날 때의 소음도를 나타낸 것이다.



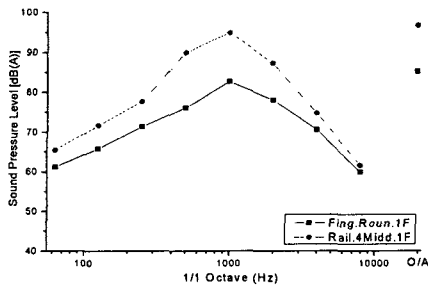
(a) Finger & Rail Type 소음도 비교



(b) Finger & Rail type 최대소음도 비교



(c) 차량통과 시 소음도 비교



(d) 1/1 옥타브 소음도
그림 5. 신축이음장치 형식 별 소음도 비교

소음도 측정은 신축이음장치를 통과시의 소음도를 분석하였다. 본 실험에서는 차량의 주행속도를 측정하지 않아서 차량의 속도별 데이터는 나타내지 못하였지만, 통행 제한 속도인 80km/hr로 통행한다는 가정 하에 분석을 실시하였다. 그림 6에 나타난 바와 같이 핑거타입과 레일타입의 소음도 측정결과 레일타입이 핑거타입에 비해 2~7dB(A) 크게 나타난다. 1/1 옥타브 해석결과는 레일타입이 500Hz 이하의 저주파수에서 핑거타입이 크게 나타났다.

레일타입의 경우에는 미들레일의 수가 증가할수록 약간의 소음도 증가를 보이며, 레일타입이 핑거타입보다 저주파수에서 큰 차이를 나타내고 있다.

4. 결론

본 연구에서는 국내에서 가장 많이 사용되고 있는 핑거타입과 레일타입의 공용중에 발생하는 진동 및 소음에 대한 기준을 제시하기 위해 실험을 수행하였으며, 그 결과를 정리하면 다음과 같다.

최대가속도는 핑거타입이 16g, 레일타입이 9g로 핑거타입이 레일타입에 비해 약 78% 크게 발생하고, 최대평균가속도는 1.87g와 1.3g로 약 39% 크게 발생하며, 최대가속도 분포를 살펴보면 대부분 3g 미만의 가속도에 분포하고 있음을 알 수 있다. 핑거타입과 레일타입은 주요 차륜하중인 경차량 통과시에는 비슷한 경향을 나타내지만, 중차량 통과시 가속도의 차이가 많이 발생하는 것을 알 수 있다. 따라서 신축이음장치의 진동 제어 및 내구성 향상을 위한 방안도 중요하지만, 중차량에 대한 제한조치도 필요할 것으로 판단된다.

Rain flow 기법을 이용한 누적반복회수에 대한 분석에서 나타난 바와 같이 핑거타입과 레일타입의 경우 주로 발생하는 가속도의 범위는 0.13g~1.0g 사이에 발생함을 알 수 있다. 누적반복회수는 핑거타입이 레일타입에 비해 약 1.5배 크게 발생하고 있다. 이는 신축이음장치 구조형식에 따라 발생하는 것으로, 핑거타입의 경우 자유진동구간에 대한 진동 제어에 대해 지속적인 연구가 필요할 것으로 판단된다.

신축이음장치의 최대소음도 분석은 레일타입이 핑거타입

에 비해 약 2dB(A)~7dB(A) 크게 발생한다. 신축이음장치의 최대 소음도는 핑거타입과 레일타입 모두 국내 도로변 소음규제 기준치를 초과하여 발생하고 있지만, 이는 소음 발생원에서 측정된 값이므로, 소음감소효과를 고려하여 분석할 필요가 있다.

진동 및 소음 현장실험을 통해 핑거타입이 레일타입에 비해 진동 및 피로반복회수가 크게 발생하지만, 최대 소음도는 레일타입에 비해 작게 발생하고 있음을 알 수 있다.

향후 교량 신축이음장치의 구조적 성능 개선을 위해서는 신축이음장치 형식에 따른 문제점으로 대두된 자유진동 구간에 대한 진동제어 연구와 소음감소에 대한 연구가 필요한 것으로 판단된다.

참 고 문 헌

- (1) 국립건설연구소, 1982, "교량의 신축이음 및 교좌장치공법". 건설부
- (2) 도로연구소, 1992, "교좌장치에 관한 연구(I) & 신축이음장치에 관한 연구(I)", 한국도로공사 도로연구소
- (3) 도로교설계기준, 2000
- (4) 일본 도로교설계기준, 2002
- (5) 한국도로공사 도로설계요령, 1992
- (6) 한국도로공사 도로설계요령, 2001
- (7) Structural Bearing and Expansion Joints for Bridge, IABSE, 2002
- (8) AASHTO, 1994, AASHTO LRFD Bridge Design Specifications.