

신축이음장치의 소음특성 고찰 및 환경소음영향평가

Investigation of the acoustical characteristics of the expansion joint

박진규*, 김관주**, 김상현***, 곽종원****

Jinkyu Park, Kwanju Kim, Sanghun Kim, Jongwon Kwark

Key Words : expansion joint(신축이음장치), Environment noise(환경소음), Road traffic noise(도로 소음)

ABSTRACT

The expansion joints are installed for connecting the bridge segments. The ambient noise expansion joints are required in domestic market because of regulation on the noise neighboring traffic roads established by ministry of environment. Therefore, field tests for measuring environment noise depending on the types of the expansion joints are carried out in order to examine the effect of expansion joints into the environments. Related geometrical analysis has been performed.

1. 서론

교량 상판이 온도변화에 따라 늘어나거나 수축하게 되면, 교량의 상판의 끝단부에 설치된 신축이음쇠도 교량 상판을 따라서 동일하게 신축하게 된다. 즉 신축이음쇠 간의 간격을 둠으로 온도변화에 따른 상판의 변화량에 대응한다. 신축이음장치의 역할은 주위 환경의 온도 변화에 의한 교량의 신축량뿐 아니라, 콘크리트의 건조수축과 크리프, 활하중에 의한 교량의 수평이동과 회전을 흡수하면서 원활한 차량 운전이 가능하도록 해준다. [1] 만약 상판의 신축에 의한 교량의 상판사이에 불규칙하고 큰 틈새가 생기게 되면 주행하는 차량의 속도에 따라 차량과 상판에 커다란 충격이 발생하여, 교량의 구조안전에 심각한 영향을 발생하며, 주행 중인 차량의 파손과 탑승객의 불쾌감은 물론 교통 소통에도 지장을 초래하게 된다.

이러한 신축이음장치는 종류에 따라서 다양한 형태로 충격 소음을 발생시킨다. 본 연구에서는 신축이음장치의 종류에 따라서 발생하는 소음도와 그 영향을 측정 및 평가하고 이로 인해 외부에 발생하는 환경소음을 기하음

향기법을 사용하여 분석하여 신축이음장치로 인한 소음도가 주변에 미치는 소음 영향도를 살펴보고자 한다.

2. 신축이음장치 및 음향 측정 실험 개요

현재 국내의 교량에 많이 사용되고 있는 신축이음장치의 형식은 레일타입, 핑거타입 등이다. 이러한 대표적인 신축이음장치에서 발생하는 소음의 차이와 이에 따른 환경소음의 영향을 살펴보기 위하여 차량이 교량 위를 통과할 때 신축이음장치에 의해 발생하는 소음을 측정하여 그 특성을 분석하며, 이를 바탕으로 외부 환경에 끼치는 음장을 해석 방법으로 예측하였다.

2.1 신축이음장치의 구성 소개

신축이음장치는 다양한 역할을 하지만 그중에서 3가지의 중요한 역할을 한다. 즉 신축량의 수용, 하중지지, 주행안정성 및 승차감 확보이다.

신축량의 수용이란 온도변화에 의한 교량 상판의 신축에 의한 변형량 수용, 콘크리트 재력에 따른 건조 수축의 수용, Creep 및 Shrinkage에 의한 신축변위 수용, 가설공법 및 기타 요인에 의한 변위 흡수를 한다. 하중지지에서는 차량 통행시 발생하는 하중을 지지, 활하중에 의한 보의 처짐 변형률 수용, 지진, 충격 및 외력에 의한 진동의 수용을 한다. 주행안정성 및 승차감 확보에서는

* 홍익대학교 기계공학과 대학원

** 홍익대학교 기계·시스템 디자인공학부 교수
E-mail : kwanju@hongik.ac.kr
Tel : (02)336-1495, Fax : (02)320-1113

*** 산업기술시험원

**** 한국건설기술연구원

차량 통행의 안정성 및 주행성 확보, 진동 흡수를 통한 승차감 확보, 상판 사이에서 빗물의 유입을 차단할 통한 교각의 부식 방지를 해준다. 고려한 신축이음장치는 1차적으로 레일타입(Rail Type), 핑거타입(Finger Type)이며, 2차 측정 대상으로는 불규칙 형상의 핑거 타입(Irregular Finger Type), NB Joint, 레일타입 등을 선택하였다. 측정 시 차량의 속도를 임의로 결정하기 어려운 관계로, 실지 통행하는 차량에 대해서 음향실험을 수행하였다.

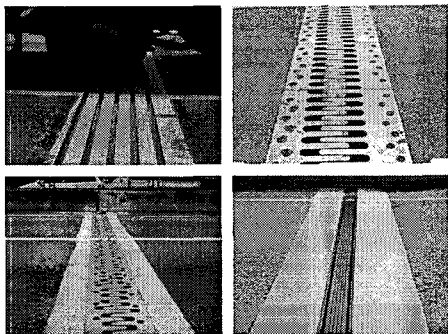


Fig. 1 Rail type, finger type, irregular shape, and NB joint expansion joints

2.2 음향 실험 환경

레일타입과 핑거타입이 설치된 교량은 80km/hr로 제한된 교량이며, 차량의 소통이 가장 많은 시간대인 퇴근 시간과 낮 시간대를 기준으로 차량이 정상 소통된 상태에서 측정하여 비교하였다. 또한 측정 시간 동안에 노출되는 소음도를 비교하였다. 측정 시에 교량 상판과 신축이음장치 하단부에서 발생하는 소음도를 동시에 측정하였다. 신축이음장치 앞 10m, 25m 도로 지점에 마이크로폰을 추가적으로 설치하여 신축이음장치에서 발생하는 소음의 배경 소음을 추정하였다

2.3 신축이음장치의 통과시의 일반적인 소음도 특성 설명

교량과 신축이음장치간의 단차에 의해 발생하는 소음을 배제하기 위하여 단차가 없는 평편한 면의 신축이음장치를 대상으로 측정을 하였다. 승합차가 모노셀 타입의 신축이음장치를 차량이 통과 시에 소음도 특성을 그림 2에 나타내었다. 이 그림에서 1과 2로 표시한 부분은 승합차의 앞바퀴와 뒷바퀴가 신축이음장치를 통과 시에 나타나는 충격소음이며, 충격소음이 발생하지 않는 점선은 10m 전방에서 신축이음장치에 통과하기 이전의 도로 주행 소음 측정 결과이다. 신축이음장치는 종류에 따라 차이는 발생하지만 순간적으로 1dB ~ 10dB이상의 도로 소음과 신축이음장치 통과 충격소음을 나타낸다.

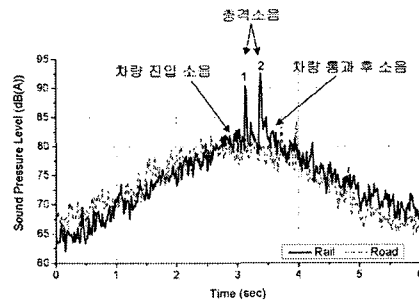


Fig. 2 Typical example of noise graph when traffic is passing the expansion joint.

3. 레일타입과 핑거타입의 소음도 측정

일반 교량에 설치된 레일타입과 핑거타입에서 차량이 통과시의 소음도를 측정하였다. 레일타입의 경우 미들레일이 4개와 8개인 신축이음장치와 핑거타입은 핑거의 끝단 형상이 라운드형태, 삼각형 형태의 신축이음장치를 대상으로 소음도 측정을 실시하였다. 각각의 측정은 1시간 이상 측정하였고, 실험분석 항목은 차량별 순간적으로 발생하는 소음의 크기와 측정 시간대에 노출되는 소음도를 측정하고, 그 특성을 분석하였다.

3.1 레일타입의 소음도 측정 결과

신축이음장치 통과시의 소음 발생 원인은 차량의 속도, 엔진 발생 소음, 타이어의 패턴, 신축이음장치 단면 형상을 들 수 있다. 실지 위에서 지적인 항목 하나하나가 해석하기에 쉽지 않은 항목들이다. 본 논문에서는 발생원인에 대한 메카니즘 분석 전에 각각의 신축이음장치의 종류별에 따른 발생소음 결과를 비교하였다. 레일타입 신축이음장치의 소음은 그림 3과 같은 특성을 갖는다. 차량들이 레일타입의 신축이음장치를 통과시 발생하는 소음을 약 15초간 측정하였다. 이 경우 승용차→대형트럭→승용차→승용차→대형트럭→대형트럭→대형트럭이 지날 때이고, 신축이음장치의 상단부와 하단부의 측정결과를 함께 나타내고 있다. 측정된 소음도는 대형차량의 경우에는 90dB(A) ~ 97dB(A)의 크기를, 승용차의 경우는 90dB(A) ~ 93dB(A)의 크기를 나타낸다. 대형트럭이 지날 때의 소음도가 승용차가 통과시의 소음도보다 약 2~3dB(A)의 높은 소음도를 나타내고 있다.

3.2 핑거타입의 소음도 측정 결과

핑거타입의 신축이음장치를 통과시의 소음도는 그림 4와 같은 소음도 특성을 갖는다.

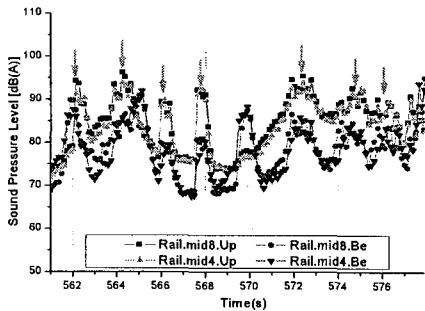


Fig. 3 SPL graph of the rail type expansion joint

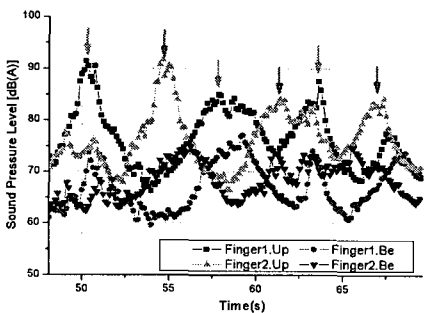


Fig. 4 SPL graph of the finger type expansion joint

그림 4의 측정 결과 예는 약 20초간 대형차량 3대가 통과시의 소음도 측정 예를 보여주고 있다. 소음도는 85dB(A) ~ 90dB(A)의 소음도를 나타내었다. 또한 발생 소음도에 시간 차이를 보이는 것은 신축이음장치의 설치 간격 80m이기 때문에 순차적으로 소음이 발생하는 것을 보여준다.

3.3 레일타입과 핑거타입의 소음도 비교

차량이 정상적으로 발생하는 경우에 대하여 승용차, 승합차, 대형 트럭 등으로 구별하여 레일타입과 핑거타입에 발생하는 소음도를 분석해 보았다. 레일타입에서 발생하는 순간적인 충격소음도를 살펴보면 승용차의 경우에는 83dB(A) ~ 88dB(A), 승합차는 84dB(A) ~ 93dB(A), 대형트럭은 90dB(A) ~ 100dB(A)의 소음도를 나타낸다. 핑거타입을 통과시의 발생하는 순간적인 충격소음도를 살펴보면 승용차의 경우에는 78dB(A) ~ 84dB(A), 승합차는 80dB(A) ~ 87dB(A), 대형트럭은 85dB(A) ~ 93dB(A)의 소음도를 나타낸다. 결론적으로 핑거타입의 신축이음장치에서는 레일타입의 신축이음장치보다 5 ~ 10dB(A)가 작은 소음도를 나타내었다.

3.4 측정 시간동안의 노출 소음도 비교

측정 시간동안의 레일타입과 핑거타입에서 발생하는 소음도를 교량 상판과 하판을 구분하여 측정하였다. 그 결

과는 그림 5, 그림 6과 같다.

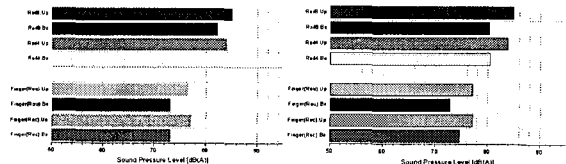


Fig5. Leq magnitude measured at daytime

Fig5. Leq magnitude measured at evening time

그림 5와 그림 6에서 낮 시간대와 퇴근시간대의 소음도를 비교해보면 레일타입과 핑거타입의 경우에는 약 0.5dB ~ 2dB의 소음도 차이로 퇴근시간대의 소음도가 더 크게 나타났다. 이것은 퇴근시간의 통행 차량이 더 많아서 발생하는 현상으로 판단된다. 레일타입과 핑거타입간의 소음도 차이는 약 6dB의 소음도 차이를 나타내며 핑거타입의 신축이음장치에 발생하는 소음도가 작게 나타난다. 신축이음장치 하단부의 소음도는 레일타입과 핑거타입의 소음도 차이는 약 3dB정도 차이가 나타난다.

4. 고속도로 설치 신축이음장치의 소음도 측정

4.1 측정 대상 신축이음장치 및 조건

고속도로에 설치된 신축이음장치에서 발생하는 소음도를 측정하였다. 측정 대상인 신축이음장치의 종류는 NB Joint, TransFlex Joint, Monocell Joint, Rail Joint(미들레일이 없는 것부터 14개까지), Finger Joint(라운드형태, 삼각형 형태, 사각형 형태), 불규칙 형상 핑거 조인트를 대상으로 측정하였다. 이 중에서 측정 결과의 비교는 NB Joint, 미들레일이 4개인 레일타입, 불규칙 형상의 핑거타입에 대해서 분석하였다. 고속도로에 설치된 신축이음장치이므로 제한속도는 100km/hr로 주행하는 것을 대상으로 하였으며, 순간적으로 발생하는 소음도를 주행하는 차량별로 분석하였다.

4.2 측정결과

신축이음장치에 대한 측정 예로 그림 7, 그림 8에서는 레일타입과 불규칙 형상 핑거타입의 신축이음장치를 통과시의 소음도 특성 예를 보여주고 있다.

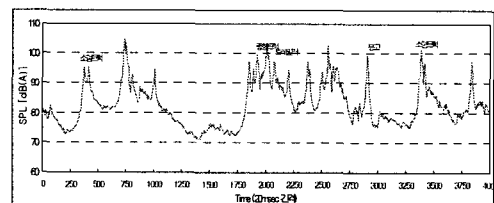


Fig. 7 SPL curve of the rail type joint in highway

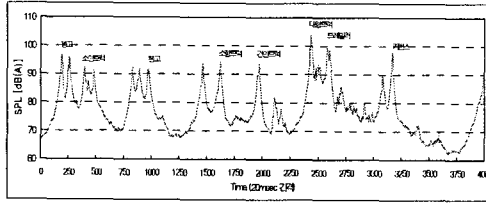


Fig. 8 SPL curve of the Irregular finger type joint located in highway

신축이음장치를 통과시의 정확한 속도를 측정하지 않았으므로 정확한 소음도 비교가 용이하지 않지만 측정 결과 표 1과 같은 소음 분포도를 갖는다.

Table 1 SPL characteristics of expansion joint noise in highway
Unit : dB(A)

items	Truck	minibus	passenger vehicle
NB Joint	93 ~ 102	94 ~ 99	92 ~ 95
Monocel Type	95 ~ 103	94 ~ 100	94 ~ 100
Rail Type (4 Middle Rail)	98 ~ 105	96 ~ 101	96 ~ 101
Irregular finger type	93 ~ 103	93 ~ 96	90 ~ 95

5. 신축이음장치에 의한 소음도 분포 예측

교량이나 고가도로 등이 설치된 곳에 신축이음장치가 설치되어 있는 상태에서 주변의 소음도를 해석하였다.

5.1 소음원의 모델링

해석을 위한 음원으로는 도로주행에 대한 음원과 신축이음장치를 통과시의 음원 두 종류를 적용하였으며, 교량의 신축이음장치에서 발생하는 소음원은 교량의 상단부와 하단부에 음원이 위치하는 것을 가정하였다. 정확한 해석을 위하여 측정 결과와의 비교 검증을 실시한 후, 외부의 환경 소음을 기하음향기법으로 예측하였다.

5.2 해석 환경 및 조건

해석 모델은 도로로부터 직각으로 10m ~ 50m 지점 사이에 노출되는 소음도를 분석하였다. 해석 대상의 분류는 도로소음만 있는 경우와 신축이음장치가 설치된 경우 순간 발생 소음도, 신축이음장치가 설치된 경우의 노출 소음도 등이다.

5.3 해석 결과

신축이음장치에서 발생하는 순간 소음도와 도로소음에 대한 영향 예측 결과는 그림 9와 같이 예측하였다. 레일타입이 설치된 단면에서 10m지점에서는 88.6dB(A), 30m

지점은 82.9dB(A), 50m지점은 80dB(A)의 소음도가 예측되었다. 핑거타입이 설치된 단면에서는 10m지점에서는 85.5dB(A), 30m지점은 81.2dB(A), 50m지점은 78.6dB(A)의 소음도가 예측되었다.

또한 1시간 동안에 도로소음과 신축이음장치에 의해서 발생하는 소음 노출값을 살펴보면 레일타입은 10m지점에서는 75.2dB(A), 30m지점은 69.2dB(A), 50m지점은 66.9dB(A)의 소음도가 예측되었다. 핑거타입은 10m지점에서는 69.0dB(A), 30m지점은 64.5dB(A), 50m지점은 62.5dB(A)의 소음도가 예측되었다.

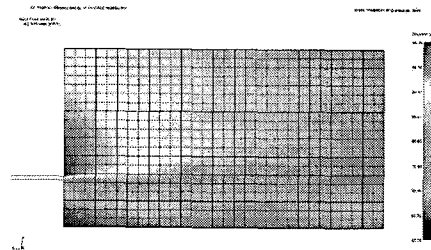


Fig. 9 Environment noise prediction by the rail type expansion joint

6. 결론

본 연구에서는 신축이음장치 종류에 따라서 발생하는 소음의 특성과 크기를 측정, 분석, 비교하였다. 레일타입의 신축이음장치는 미들레일의 수량에 따라서 발생하는 소음도의 크기는 다소 차이가 나타나지만, 핑거타입에 비해서 약 5dB 이상의 소음이 발생하였다. 또한 도로소음에 비해서 순간적으로 발생하는 소음도는 최대 15dB 이상의 차이도 나타내었다.

고속도로에 설치된 다양한 신축이음장치에서 발생하는 소음도를 차량의 주행 속도가 정확하지 않는 상태에서 측정하여 상대적으로 비교하기 쉽지 않았다. 신축이음장치 돌기간의 간격이 넓은 신축이음장치의 경우 더 큰 순간 소음을 발생하였다.

주변 환경 소음도 영향 분석에서는 하나의 교량에 레일타입과 핑거타입의 신축이음장치가 설치된 상태에서 순간적으로 전파되는 소음도와 노출되는 소음도를 예측하여 평가하였다.

참고 문헌

- (1) AASHTO, 1994, AASHTO LRFD Bridge Design Specifications.
- (2) 한국소음진동공학회, 2004, "신축이음장치의 진동소음 실험", 추계학술대회논문집, pp.513-516
- (3) 도로연구소, 1992, "교좌장치에 관한 연구(I) & 신축이음장치에 관한 연구(I)", 한국도로공사 도로연구소