

철도교량의 소음특성과 예측에 관한연구

A Study on the Characteristics and Prediction of Noise from Railway Bridges

김종락* 신민호** 박종관*** 엄기영****
Kim, Jong-Rak Shin, Min-ho Park, Jong-Koan Eom, Ki-Yeong

ABSTRACT

The objective of this paper is to suggest a characteristics of Noise and the Noise Prediction Model and the appropriate Noise Impact Mitigation Method for a elevated railway bridges construction.

The characteristics on noises are investigated and evaluated according to a type of railway bridges such as steel, concrete and steel/concrete compound bridges, a types of train, a distance and height from railways.

The noise prediction study has been made by the evaluation of differences between model values and in-situ measurement, around the railways. For the noise prediction, the Mithra program and the electronic properties of noises have been adopted.

1. 서론

도시의 팽창으로 철도가 도심에 위치하게 되고 또한 철도선로가 지하 또는 지상으로 입체화 되는 경향을 보이고 있으며 특히 지상(고가철도교)으로 통과하는 철도소음의 저감방안에 대한 체계적인 연구가 필요하다.

본 연구는 소음예측모델링을 이용하여 소음의 특성을 연구하고 향후 고가철도 구조물건설에 따른 소음예측 방안을 제시하여 궁극적으로 철도소음을 저감하는데 목적이 있다.

철도교량의 소음은 교량형식인 강교, 콘크리트교, 강합성교로 분류하고 또한 열차의종류, 철도에서의 거리 및 높이에 따라 소음을 측정하고 그 특성을 비교 분석하였다.

소음예측은 Mithra프로그램을 이용하여 소음의 전파특성을 연구하고 철도주변의 소음측정치와 소음예측모델링에 의한 예측치와의 차이점을 비교 평가하여 좀더 정확한 철도운행소음을 예측하고자 하였다.

* 서울산업대학교 철도전문대학원 재학, 한국철도학회 정회원

E-mail : k1927@chol.com

Tel : (02) 2202-3256 Fax : (02) 479-2456

** 한국철도기술연구원 수석연구원, 한국철도학회 정회원

*** 서울산업대학교 토목공학과 교수, 한국철도학회 정회원

**** 한국철도기술연구원 책임연구원, 한국철도학회 정회원

2. 구조물별 철도소음 측정 및 소음특성 분석

교량형식을 강교량, 콘크리트교량, 강합성교량으로 분류하고 각형식별로 2~4개소씩 소음을 차종별, 거리별, 높이별로 구분하여 측정하고 소음특성을 분석하였다.

2.1 강교량에서의 소음특성

강교량의 경우 차종별 수음점(50m)에서의 소음레벨은 Table 1과 같이 새마을호 87dB(A) < 화물차88dB(A) < 무궁화 88dB(A) < 통일호 89dB(A) 순으로 나타났으나 차종에 따른 소음특성은 비슷한 수준이며,

선로변에서 수음점(50m)까지의 소음감쇠량은 차종에 관계없이 13.5~14 dB(A) 정도 소음저감이 발생했다.

Table 1 열차종별 거리별 소음측정결과(강교량)

| 차 종 | 평균속도 km/h | (강교량) 거리별 측정결과 dB(A) | | | | |
|-----|--------------|----------------------|------|------|------|------|
| | | 2.5m | 25m | 50m | 100m | 150m |
| 새마을 | 96 | 100.5 | 91.1 | 87.1 | 80.4 | 75.8 |
| 무궁화 | 96 | 102.3 | 92.2 | 88.4 | 82.0 | 75.8 |
| 통일호 | 81 | 102.7 | 92.2 | 88.8 | 85.6 | - |
| 화 물 | 57 | 102.4 | 92.3 | 88.9 | 82.9 | 77.6 |

2.2 콘크리트교량에서의 소음특성

콘크리트교량의 경우 차종별 수음점(25m)에서의 소음레벨은 Table 2와 같이 새마을호 63.0dB(A) < 통일호 73.9dB(A) < 무궁화호 74.1dB(A) < 화물차 76.9dB(A) 순으로 나타났으며,

선로변에서 수음점(25m)까지의 소음감쇠량은 10~22dB(A)정도 소음저감이 발생했다.

Table 2 열차종별 거리별 소음측정결과(콘크리트교량)

| 차 종 | 평균속도 km/h | (콘크리트교) 거리별 측정결과 dB(A) | | | |
|-----|--------------|------------------------|------|--------|------|
| | | 선로변 | 고가밑 | 25m | 50m |
| 새마을 | 101.1 | 93.2 | 86.6 | (63.0) | - |
| 무궁화 | 96.6 | 93.5 | 87.5 | 74.1 | 75.8 |
| 통일호 | 87.0 | 94.2 | 90.0 | 76.9 | - |
| 화 물 | 87.0 | 92.2 | 88.8 | 73.9 | - |

2.3 강합성교량에서의 소음특성

강합성교에서 차종별 수음점(42m)에서의 소음레벨은 Table 3과 같이 새마을호 78dB(A) < 화물열차 79dB(A) < 무궁화호 80dB(A) 순으로 나타났으며,

선로변에서 수음점(42m)까지의 소음감쇠량은 차종에 관계없이 15~16dB(A)정도 소음저감이 발생했다.

Table 3 열차종별 거리별 소음측정결과(강합성교량)

| 차 종 | 평균속도 km/h | (강합성교) 거리별 측정결과 dB(A) | | |
|-----|--------------|-----------------------|------|------|
| | | 2m | 42m | 감소치 |
| 새마을 | 76 | 93.7 | 77.4 | 16.3 |
| 무궁화 | 82 | 95.2 | 80.1 | 15.1 |
| 화 물 | 44 | 93.9 | 78.6 | 15.3 |

2.4 교량종류별 소음특성

교량종류별 소음레벨은 Table 4와 같이 선로변에서 강교 102dB(A) > 강합성교 94dB(A) > 콘크리트교 93.3dB(A) 순으로 나타났으며,

콘크리트교와 강합성교의 소음특성은 비슷하나 강교의 경우는 약8dB(A)정도 높게 나타났으며 구조적인 전달소음이 큰 것으로 나타났다. 따라서 교량설계시 주변소음의 측면에서는 콘크리트교나 강합성교가 효과적임을 알 수 있다.

Table 4 교량종류별 이격거리별 소음측정결과

| 구 분 \ 거 리 | 2m | 25m | 42m | 50m | 100m |
|-----------|------|------|-----|-----|------|
| 강교량 | 102 | 92 | - | 88 | 83 |
| 콘크리트교량 | 93.3 | 75.0 | - | - | - |
| 강합성교량 | 94 | - | 79 | - | - |

2.5 열차속도별 소음특성

열차속도별 소음측정결과 Table 5와 같이 속도가 두배됨에 따라 소음도는 약5dB(A) 정도 증가하는 것으로 나타났다.

Table 5 측정위치에 따른 상·하행선의 소음측정결과

| 방향 | No | 통과속도 [km/h] | 측정위치에 따른 소음도[dB(A)] | | | |
|-----|----|----------------|---------------------|-------|------|------|
| | | | 선로변 | 방음벽상단 | 7층 | 11층 |
| 상행선 | 1 | 30 | 85.3 | 85.7 | 68.5 | 67.4 |
| | 2 | 46 | 90.3 | 90.1 | 70.9 | 70.9 |
| | 3 | 60 | 90.5 | 90.4 | 71.8 | 72.3 |
| | 4 | 72 | - | - | 75.6 | 76.4 |
| 하행선 | 5 | 36 | 91.8 | 86.6 | 67.1 | 67.1 |
| | 6 | 72 | - | - | 73.7 | 73.8 |

3 소음예측 모델링에 의한 소음예측

3.1 콘크리트교량에서의 소음예측

열차의종별, 통과속도별 측정소음도와 지형데이터를 이용하여 콘크리트교량의 철도 소음 해석을 위한 Mithra 프로그램을 이용하여 Fig 1과 같이 소음예측모델을 구성하고, 또한 모델링을 통한 열차통과시의 예측소음도를 Table 6에 나타내었다.

Table 6 모델링을 통한 열차 통과시 Mithra 예측값

| 구 분 | 무궁화 상행 83km/h(dBA) | 새마을 하행 106km/h(dBA) |
|--------|--------------------|---------------------|
| 교가상부 | 91.4 | 95.1 |
| 25m 위치 | 72.4 | 74.5 |
| 건물 옥상 | 72.9 | 76.8 |

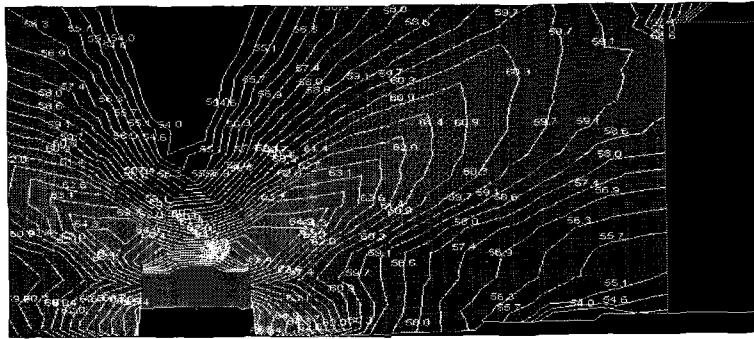


Fig 1 소음예측 모델

3.2 방음벽 및 소음감소기 부착에 따른 소음예측

콘크리트교에서의 예상소음도를 방음벽, 방음벽+소음감소기를 부착하여 방음벽높이에 따라 예측조사 한 값을 Table 7에 나타내었으며 소음감소기 부착이 방음벽높이를 0.5m.정도 낮게 할수 있는 것으로 예측되었다.

Table 7 주야간 열차통과 대수별, 방음벽별 대상소음도

| 열차대수 | 주야 | 일반방음벽 | | 일반방음벽+소음감소기 | |
|------|----|-----------|-------------|-------------|-------------|
| | | 방음벽높이 (m) | 최대소음도 (dBA) | 방음벽높이 (m) | 최대소음도 (dBA) |
| 8대 | 주간 | 4.5 | 65.2 | 4.0m | 65.2 추정 |
| 9대 | 주간 | 4.5 | 65.7 | 4.0m | 65.7 추정 |
| 7대 | 야간 | 9.5 | 59.5 | 9.0m | 59.5 추정 |
| 8대 | 야간 | 9.5 | 60.0 | 9.0m | 60.0 추정 |

3.3 방음벽과 소음감소기 적용후의 소음도 분석

콘크리트교량에서 흡음형 방음벽과 방음벽 상단의 소음감소기의 성능을 열차통과시 측정 한 결과를 Table 8에 나타내었으며 25m거리에서 방음벽 높이 1m에 2dB(A) 및 소음감소기 적용에 따라 약 2dB(A)의 소음감소를 나타내고 있다.

Table 8 무궁화열차 통과시 위치별 평균소음도와 삽입손실(단위:dBA)

| 방음벽 종류 | 수음점 위치 (하행선으로부터 거리) | | | | 삽입손실(I) -25m위치 | 삽입손실(II) -50m위치 |
|--------------------|------------------------|------|------|------|-------------------|--------------------|
| | 4m | 17m | 25m | 50m | | |
| 흡음형 3m | 99.7 | 88.0 | 72.5 | 71.8 | 9.3 | 3.7 |
| 흡음형 4m | 99.7 | 88.9 | 70.2 | 71.5 | 11.6 | 4.0 |
| 흡음형 3.5m +소음감소기 | 100.4 | 89.0 | 69.1 | 69.6 | 13.4 | 6.6 |

4. 콘크리트교량에서 소음예측값과 측정값의 비교분석

모델링을 통한 무궁화 열차와 새마을 열차 통과시의 Mithra프로그램에 의한 소음예측값과 소음실측값의 비교를 Table 8에 나타내었으며 예측값과 실측값의 차이는 0.2~1dB(A)정도로 미소한 차이를 보이고 있다.

Table 8 모델링을 통한 열차 통과시 Mithra 예측값과 실측값 비교

| 구 분 | 무궁화 상행 83km/h(dBA) | | 새마을 하행 106km/h(dBA) | |
|--------|--------------------|------|---------------------|------|
| | 예측값 | 실측값 | 예측값 | 실측값 |
| 고가상부 | 91.4 | 92.8 | 95.1 | 96.0 |
| 25m 위치 | 72.4 | 72.6 | 74.5 | 73.5 |
| 건물 옥상 | 72.9 | 72.3 | 76.8 | 77.4 |

5. 결론..

- 1) 콘크리트교량의 철도소음 해석을 위한 Mithra 프로그램을 이용하여 소음예측모델을 구성하고, 또한 모델링을 통한 소음의 예측을 하였다.
- 2) 예상소음도를 방음벽, 방음벽+소음감소기를 부착하여 방음벽높이에 따라 예측조사 한 결과 소음감소기 부착이 방음벽높이를 0.5m.정도 낮게 할수 있다.
- 3) 방음벽높이 및 소음감소기 적용에 따른 소음측정결과 25m거리에서 방음벽 높이 1m에 2dB(A) 및 소음감소기 적용에 따라 약 2dB(A)의 소음감소를 나타내고 있다.
- 4) 콘크리트교량에서 소음예측 값과 실측값을 비교한 결과 0.2~1dB(A) 정도의 작은 오차 안에서 예측하는 것을 알 수 있다. 이와 같은 철도소음모델을 이용하면 향후 철도교량 설계 시 철도소음을 사전에 예측하여 설계에 적용할 수 있는 근거자료로 활용할 수 있을 것이다.

참 고 문 헌

1. 김석홍 외2인(1993년), “경부선 철도 소음·진동의 전파특성에 관한 기초연구”, 한국소음진동공학회지, 제3권, 제1호, pp47-55.
2. 강대준(1997년), “철도소음과 그영향”, 한국소음진동공학회지, 제7권, 제5호, pp827 -836
3. 주진수, 박병전(1998년), “고가 선로에서 철도소음 전파예측에 관한연구”, 한국소음진동공학회지, 제8권, 제2호, pp289-296.
4. 윤해동 외2인(2002년), “방음벽 설치에 따른 철도소음의 수직음압레벨 분포특성에 관한 연구”, 한국소음진동학회.
5. 윤해동 외3인(2004년), “철도소음의 예측기법에 관한연구”, 한국소음진동공학회.
6. 박병은 외4인(2006년), “철도노선선정에 미치는 소음에 관한연구”, 한국소음진동공학회.
7. 김동기 외2인(2007), “환경친화적 철도건설에 따른 소음·진동의 평가기준”, 한국소음진동공학회.
8. “소음 진동 공정시험방법”(2003), 환경부고시(2003-221).
9. “소음예측기법 및 방음시설 설계기준 연구”(2001), 한국도로공사 도로연구소.
10. 이영준 외(2004), “철도건설사업의 주요환경영향에 관한연구”, 한국환경정책평가연구원
11. 배은혜(2005), “고속철도 소음의 예측과 평가에 관한연구”, 영남대학교 산업대학원(석사)
12. 김향우(2005), “고가선로연변 철도소음·진동 특성에 관한 실험적연구”, 전북대학교 대학원(박사)
13. 이찬우 외(2005), “차량성능향상 핵심기술개발”, 한국철도기술연구원.
14. 권영철(2006), “Filtering System의 소음·진동 저감 효과에 관한 연구”, 서울산업대학교 철도전문대학원(석사).
15. 신만호, 황선근 외, “철도소음·진동의 효율적 저감방안 연구”, 한국철도기술연구원
16. Railway noise propagation(1977), E.J. Rathe, Journal of sound and vibration, Vol.51, pp371-388.
17. Railway noise propagation models(1990), D.Hohenwarter, Journal of sound and vibration, Vol.141(3), pp17-41.
18. Prediction of train noise propagation from a level road(1995), J.S.Joo, Y.Hidaka, H.Yano and H.Tachibana, 한국소음진동공학회 추계학술대회 논문집, pp111 -115.
19. An Investigation of noise from train on bridge(1996), J.G. Walker, N.S.Ferguson and M.G. Smith, Journal of sound and vibration 193, pp307-314.