

산본 전철 역사의 소음·진동 전파 특성에 관한 기초연구

° 김준호*, 김석홍*, 김두훈*

(A Study on the Characteristics of Noise & Vibration Propagation in Sanbon Electric Railway Station)

(Joon-Ho Kim, Seok-Hong Kim, Doo-Hoon Kim)

1. 서론

전철의 궤도 방진에 의한 소음·진동 저감 효과를 실제 측정에 의해 확인하기 위해서는 궤도 방진 전과 후의 소음·진동 측정 데이터가 필요하다. 그러나 방진 궤도 구조로 설계된 신축 역사는 전철이 운행되지 않으므로 궤도 방진 전의 전철 운행시 발생하는 소음·진동을 측정할 수 없으며 공사완료 후 전철이 운행된다고 하여도 궤도 방진이 되지 않은 상태에서의 소음·진동 측정은 불가능하다. 따라서 본 연구에서는 현재 전철이 운행되고 있고 궤도 방진이 되어 있지 않은 유사한 구조의 산본 전철 역사를 선택하여 소음·진동을 측정, 분석하고 이 데이터를 방진 궤도 구조로 설계된 유사한 구조 신축 역사의 소음·진동을 예측하는데 기초 입력 데이터로 제시하고자 한다.

2. 측정 개요

2.1 소음 측정 개요

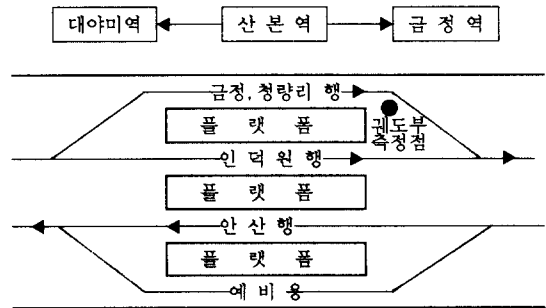
그림 1.의 평면도와 같이 산본역은 인덕원행 전철의 시발역이 되어 4개의 궤도가 설치되어 있다. 따라서 전철의 통과 궤도에 따라 소음원과 측정점까지의 거리가 달라지고 기타 전철의 속도 등에 의해 측정 소음 레벨이 영향을 받으므로 실제 측정은 한 점에서 여러번 반복 측정 하였다.

측정점은 그림 1.과 같이 3층 통로와 대표실, 2층 통로 및 궤도부 위치로 총 4곳을 선정하였으며 청감보정회로는 A특성을 사용하였다. 그림 2.는 개략적인 소음 측정 분석시스템을 나타낸 것으로 본 측정에서는 순간적으로 지나가는 전철 소음의 최대치 주파수 분석을 위하여 신호 분석기의 Peak Averaging 기능을 이용하였다.

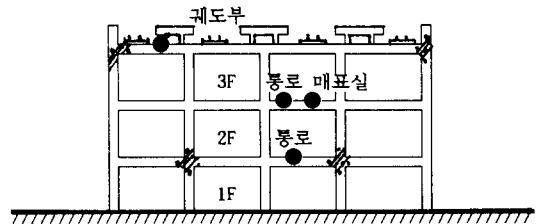
2.2 진동 측정 개요

산본역 전철 진동 측정은 전술한 소음 측정 위치와 동일장소에서 슬라브 단부와 중앙 2 곳에서 실시하였으며 진동 측정 분석 시스템은 그림 3.에 나타나 있다.

진동 측정은 소음 측정과 마찬가지로 한 장소에서 여러대의 전철에 대해 반복 실시하였으며 전철 통과시의 최대 진동을 측정하기 위하여 신호 분석기의 Peak Averaging 기능을 이용하였다.



(A) 평면도



(B) 단면도

그림 1. 측정 위치

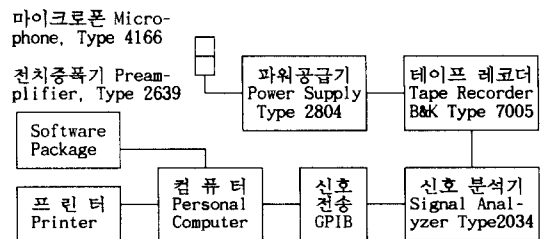


그림 2. 소음 측정 분석 시스템 구성도

* 유니슨산업(주) 유니슨기술연구소, 정희원

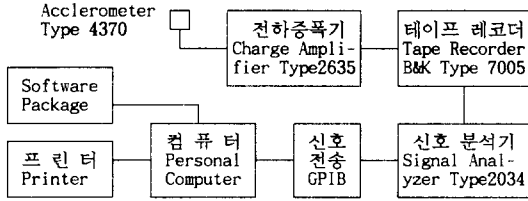


그림 3. 진동 측정 분석 시스템 구성도

3. 소음 측정 분석 결과

3.1 소음의 시간 변동 특성 및 전철별 크기 변화

전철 소음은 차량의 속도, 하중, 레일의 요철뿐만 아니라 차량의 플랫폼 진입과 출발에 따라서도 그 크기 및 시간 변동 특성이 달라지게 된다. 그림 4.는 전철 소음 시간 변동 특성을 나타낸 것으로 개략적으로 볼 때 진입시에는 진입 초기에, 출발시에는 출발 후반부에서 높은 소음 레벨을 보이는 것으로 나타났다.

그림 5.는 각 측정 위치에서 전체(O.A: Overall) 소음 레벨 및 암소음 레벨(Back Ground Noise)을 비교하여 나타낸 것으로 그림 4.와 같은 시간 변동 특성을 갖는 전철 통과시의 최대 소음 레벨을 나타낸 것이다. 동일 측정 위치에서도 전철의 행선지, 탑승자 수, 차량 형식이나 도착, 출발 등에 따라 1-5dB(A) 정도의 차이를 보이고 있으며 개략적으로 볼 때 2층 통로(2 Floor)에서는 82dB(A), 매표실(TICKET OFFICE)에서는 80dB(A), 3층(표파는 층) 통로 (TICKET FLOOR)에서는 90dB(A), 플랫폼(PLATFORM)에서는 94dB(A) 정도의 소음 레벨을 보이고 있다. 암소음 레벨은 각 위치에서 측정 소음과 최소 10dB(A) 이상의 차이를 보여 전철 소음 측정시 암소음의 영향은 거의 없는 것으로 판단된다. 궤도부로부터 2개층 하부에 위치한 벽이 없는 2층 통로의 경우에는 주변의 차량소음에도 불구하고 전철 통과시 11 dB(A) 정도의 소음 레벨 상승을 보여 전철 통과시의 소음 영향이 매우 큰 것으로 생각된다.

3.2 전철 소음 주파수 분석 결과

궤도 방진에 의한 소음 진동 저감 효과는 주파수 대역별로 다르게 나타나므로 측정음의 주파수 분석이 필요하다.

그림 6. - 그림 9.는 각 측정 위치의 전철 소음의 1/3 옥타브 대역 주파수 분석 결과를 나타낸 것으로 그림 6.의 2층 통로에서는 400Hz 이하의 낮은 주파수에서, 그림 7. - 그림 9.의 3층 매표실, 통로 및 플랫폼에서는 125 - 800Hz의 중간 주파수 대역에서 상대적으로 높은 소음 레벨을 보이고 있다.

4. 진동 측정 분석 결과

4.1 진동의 시간 변동 특성 및 전철별 크기 변화

그림 10.은 3층 통로에서 측정된 인덕션형 전철 진입, 출발시 진동의 시간적 변화 특성을 나타낸 것으로 소음에 비하여 레일 이음 부분의 전철 통과시의 특성이 뚜렷하게 나타나고

있다. 또한 같은 방향의 전철이라 해도 진입, 출발 및 속도 등에 따라 시간적 변동 특성과 진동 크기가 상당한 차이를 보이고 있다.

그림 11. - 그림 13.은 각각 3층 통로 슬라브 중앙과 단부, 2층 통로 슬라브 중앙과 단부, 궤도부 침목 상부와 인접 자갈 도상 설치 콘크리트에서의 진동을 전체(O.A: Overall) 값으로 나타낸 것이다. 같은 장소에서 반복 측정된 진동은 측정 횟수별로 그 크기가 크게 다르게 나타나고 있다. 각 측정 위치에서의 최대치를 살펴보면 3층 통로 슬라브 중앙에서는 48gal 단부에서는 95gal, 2층 통로 슬라브 중앙에서는 72gal 단부에서는 174gal, 궤도부 침목 상부에서는 1240gal 인접 콘크리트 바닥에서는 170gal 정도의 값을 보이고 있다. 궤도부 하부층의 진동은 슬라브 중앙보다 기둥영역의 슬라브 단부에서 더 크게 나타나고 있는데 이는 진동 전달 경로가 레일 - 침목 - 자갈 도상 - 도상 콘크리트 - 기둥 - 슬라브 가 되기 때문인 것으로 생각된다.

4.2 전철 진동 주파수 분석 결과

역사 궤도부 방진 대책은 진동 저감 효과만이 아니라 진동 저감에 따른 하부층의 고체 전달음 저감 효과를 목표로 하고 있다. 이러한 진동 저감 대책의 효과는 각 주파수 대역별로 다르므로 궤도부 방진 대책 후의 소음, 진동을 예측하기 위해서는 주파수 분석을 실시해야 한다.

그림 14., 그림 15.는 각각 3층 통로 슬라브 중앙과 기둥 옆 단부에서 측정된 주파수 분석 결과로 슬라브 중앙에서는 10대의 전철에 대해서, 단부에서는 9대의 전철에 대해서 주파수 분석을 실시하였다. 그림 14.의 슬라브 중앙에서는 전체 진동치가 전철의 운행 궤도와 속도, 진입 및 출발 등에 따라 최소 18gal에서 최대 48gal의 상당히 큰 차이를 보이고 있다. 주파수 특성을 살펴보면 대부분 80Hz와 25Hz에서 피크값을 보이고 있다. 가장 큰 피크치를 보이는 80Hz는 차량 바퀴와 레일 이음새의 충격에 의한 가진주파수로 판단되며 25Hz는 슬라브 자체의 고유 진동수로 판단된다. 그림 15.의 기둥 옆 슬라브 단부에서는 전체 진동치가 측정 대상 전철에 따라 최소 18gal에서 최대 95gal의 큰 차이를 보이고 있으며 전체적으로 슬라브 중앙보다 더 큰 진동치를 보이고 있다. 주파수 특성은 80, 160, 315Hz에서 피크값을 보이고 있으며 슬라브 중앙에서 나타난 25Hz의 피크값은 보이지 않고 있다.

그림 16., 그림 17.은 각각 2층 통로의 슬라브 중앙과 기둥 옆 슬라브 단부의 진동 주파수 분석 결과를 나타낸 것으로 슬라브 중앙에서는 25, 63Hz에서 슬라브 단부에서는 63, 125Hz에서 피크값을 보이고 있다.

전체 진동치는 슬라브 중앙에서 최소 29gal, 최대 73gal의 값을 보이고 있으며 슬라브 단부에서 최소 48gal, 최대 175gal 정도의 값을 보이고 있어 3층 통로의 진동치보다 더 크게 나타나고 있다. 이는 3층 통로 슬라브가 2층 슬라브보다 구조적으로 강하고 표면에 테라조 마감되어 있는 것 등의 영향으로 판단된다.

그림 18., 그림 19.는 각각 콘크리트 침목 중앙과 궤도설치 콘크리트 바닥 진동의 주파수 분석 결과를 나타낸 것으로 궤도설치 바닥의 63Hz 피크값은 전철 운행시의 가진 주파수로 판단된다.

5. 결론

이상과 같이 방진 궤도 구조 신축 역사의 소음·진동 예측 시 기초 입력 데이터로 이용하기 위하여 산본 역사의 전철 소음·진동을 측정 분석한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

- (1) 전철 소음·진동은 열차 진입시에는 진입 초기에, 열차출발시에는 출발 후반부에 피크치가 나타나고 있으며 이는 열차의 속도가 소음·진동 크기와 밀접한 관계를 갖기 때문인 것으로 판단된다.
- (2) 소음 측정 분석 결과 플랫폼에서는 94dB(A), 플랫폼 1개층 하부 3층 통로에서는 90dB(A), 플랫폼 2개층 하부 2층 통로에서는 82dB(A) 정도의 소음 레벨을 보이고 있는 것으로 나타났다.
- (3) 전철 소음 주파수 분석 결과 뚜렷한 주파수 특성은 보이지 않고 있으며 저주파수에서 2000Hz 정도의 넓은 주파수 대역에 음에너지가 분포하고 있는 것으로 나타났다.
- (4) 궤도부 하부층에서의 진동 측정 결과 슬라브 중앙부보다 단부에서 더 큰 진동크기를 갖는 것으로 나타났다.
- (5) 진동 주파수 분석 결과 25Hz, 63-80Hz에서 피크값을 보이고 있으며 25Hz 진동은 전철 역사 구조물의 진동 특성에 의한 것으로 생각되고 63-80Hz는 전철의 가진력 특성에 의한 것으로 판단된다.
- (6) 본 측정 데이터로 부터 유사 역사에 대한 궤도 방진 후 전철 운행에 따른 역사내의 소음·진동 레벨을 예측할 수 있을 것으로 사료된다.

참 고 문 헌

- (1) 김석홍, 이성춘, 김준호, 경부선 철도 소음·진동의 전파 특성에 관한 기초 연구, 한국소음진동학회지, 제3권, 제1호, pp.47-55, 1993.
- (2) 김석홍, 이성춘, 김준호, 서울 지하철 역사 주변의 진동 전파 특성에 관한 연구, 한국소음진동공학회 '93 추계 학술대회 논문집, pp.185-190, 1993.

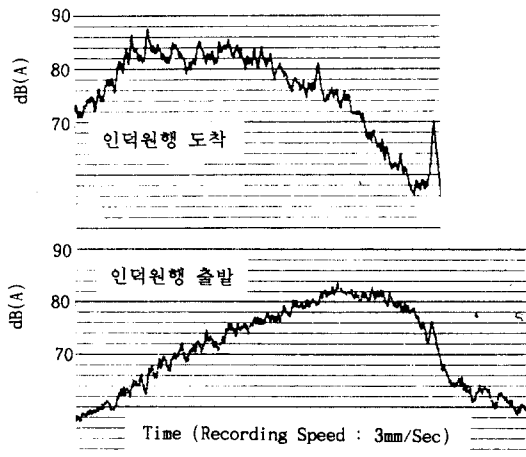


그림 4. 전철 소음의 시간적 변동 특성

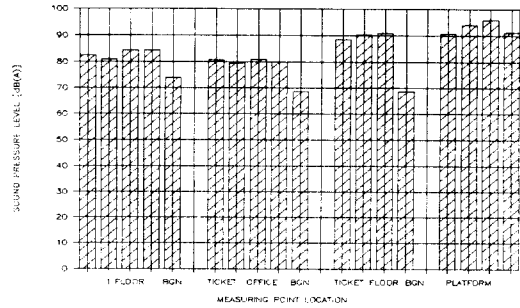


그림 5. 측정 위치별 소음 레벨 (O.A.)

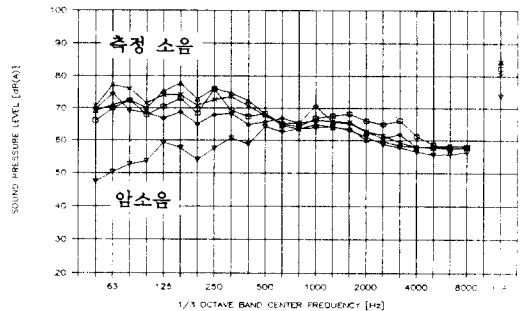


그림 6. 2층 통로 소음 주파수 분석 결과

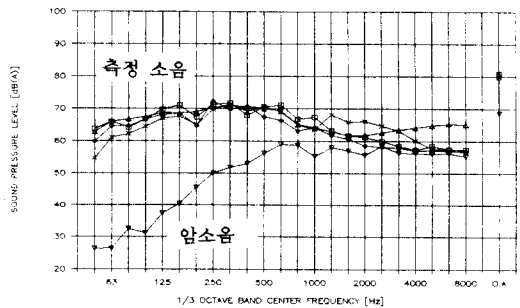


그림 7. 3층 대표실 소음 주파수 분석 결과

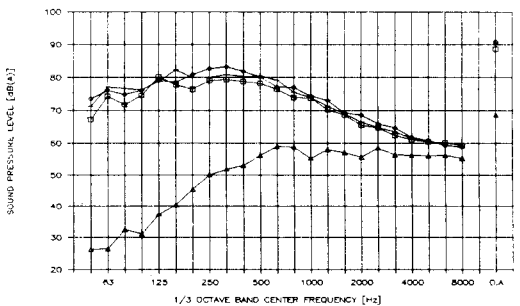


그림 8. 3층 통로 소음 주파수 분석 결과

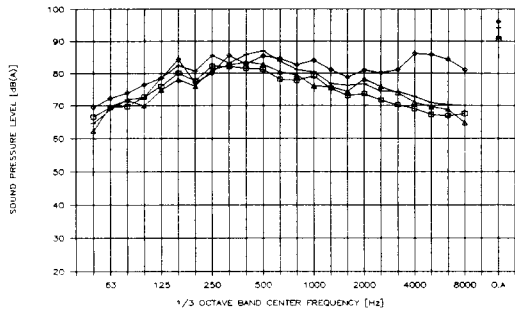


그림 9. 궤도부 주변 소음 주파수 분석 결과

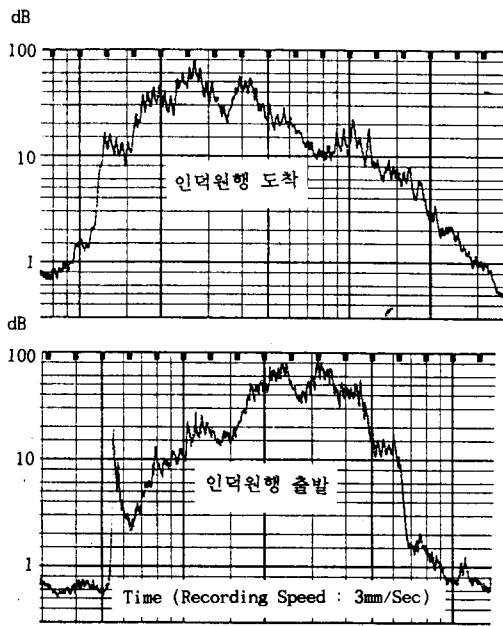


그림 10. 전철 진동의 시간적 변동 특성

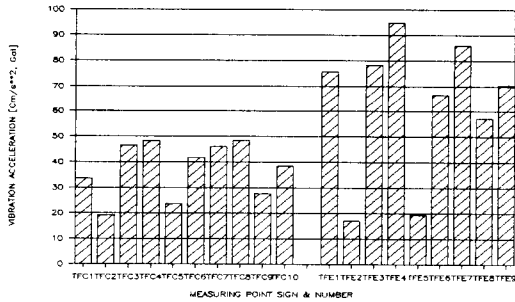


그림 11. 3층 통로 진동가속도 (O.A.)

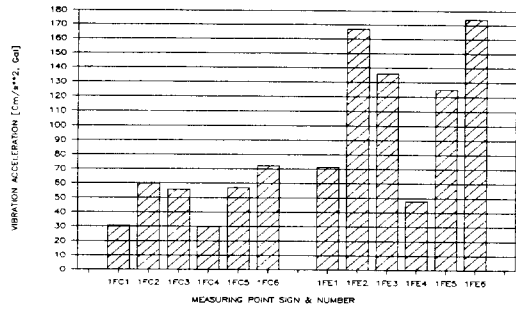


그림 12. 2층 통로 진동가속도 (O.A.)

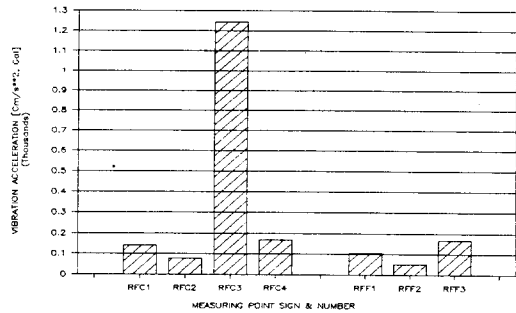


그림 13. 궤도부 침묵, 콘크리트 바닥 진동가속도 (O.A.)

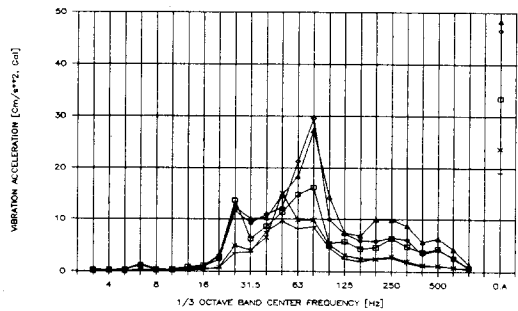


그림 14. 3층 통로 슬라브 중앙 진동 주파수 분석 결과 (A)

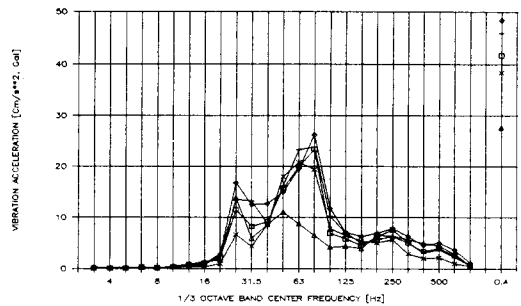


그림 14. 3층 통로 슬라브 중앙 진동 주파수 분석 결과 (B)

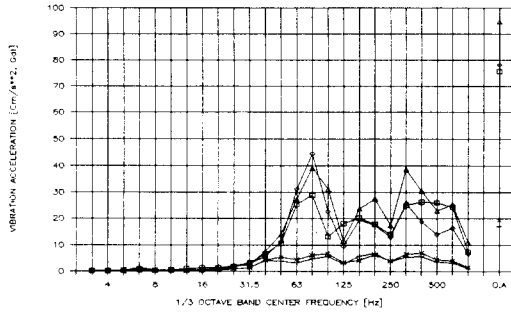


그림 15. 3층 통로 슬라브 단부 진동 주파수 분석 결과 (A).

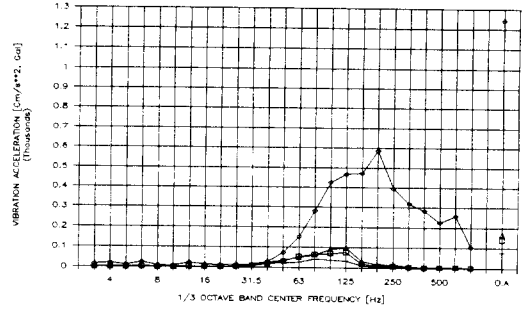


그림 18. 궤도부 침목 상부 진동 주파수 분석 결과

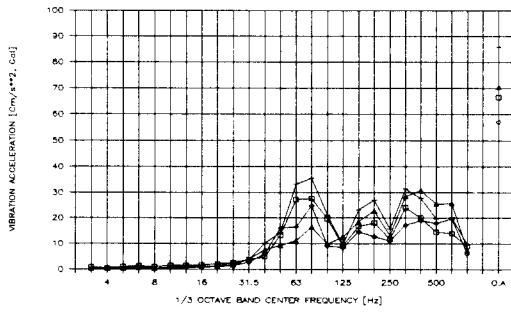


그림 15. 3층 통로 슬라브 단부 진동 주파수 분석 결과 (B)

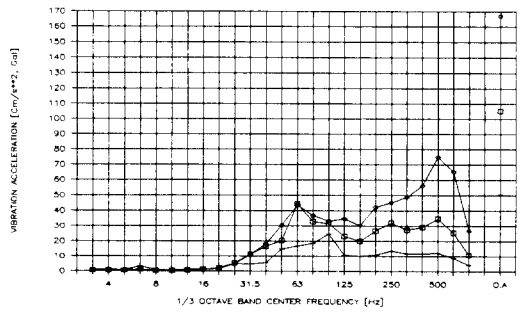


그림 19. 궤도부 콘크리트 바닥 진동 주파수 분석 결과

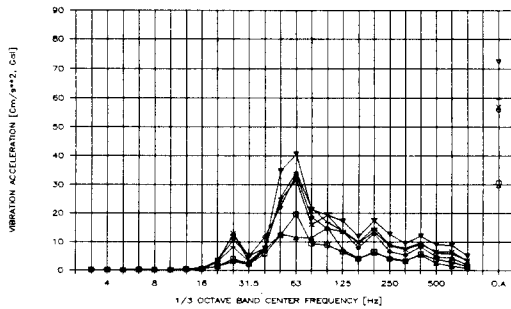


그림 16. 2층 통로 슬라브 중앙 진동 주파수 분석 결과

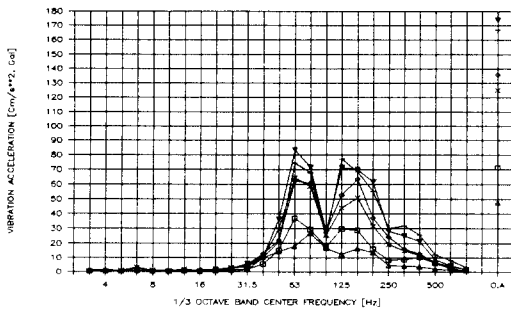


그림 17. 2층 통로 슬라브 단부 진동 주파수 분석 결과