

고속철도에서의 진동 및 그 대책

신종서* · 이희현** · 양신추***

(한국고속철도건설공단 본부장* · 팀장** · 과장***)

1. 머리말

고속철도 시스템은 고속화를 목표로 최적설계 개념에 의해 설계되므로 일반 철도에 비해 차량 및 하부구조물에 큰 진동이 발생하기 쉽다. 이때 발생하는 진동은 궤도로부터 선로구조물 및 지반을 통해 인접구조물로 전파된다. 열차의 속도가 그다지 높지 않은 최근까지 철도차량 운행시 발생하는 진동으로 인해 철도구조물이 파손되거나, 큰 진동이 인접구조물로 전파되어 구조물의 흔들림, 균열, 수면방해, 소음 등으로 인한 사회적 문제를 일으킨 사례는 거의 없었지만, 열차가 고속(200 km/h 이상)으로 될 때 진동의 영향은 심각해지므로 이에 대한 엄밀한 대책을 강구해야 된다는 것은 선진외국의 사례를 통해 경험한 바 있다.

그러나 철도에서 발생하는 진동 및 전파되는 진동의 크기는 열차의 특성, 속도, 선로 및 지반상태, 전파경로 등 여러가지 요인의 영향을 받으며 이러한 요인들의 상호 불확실성으로 인하여 진동의 크기를 예측하는 기술은 아직 개발단계에 있다. 따라서 진동에 의해 문제가 생기는 지역에 대해서는 상황에 따라 필요한 현장계측을 실시하여 적절한 방진대책을 강구하고 있는 실정

으로 진동은 철도고속화의 큰 장애요인의 하나로 지목되어 왔다.

본 고에서는 고속철도가 운행되고 있는 선진국의 사례조사를 통해 건설기술자의 입장에서, 고속철도 주변에서 발생하는 진동의 크기 및 그 전파특성에 대해 언급하고, 진동현상을 규명하기 위한 해석방법, 선진국에서 채택하고 있는 진동기준 및 방진대책에 대해 소개한다. 아울러 진동문제를 해결하기 위해 현재 한국고속철도건설공단(이하 간단히 '공단'이라고 한다)에서 수행하고 있는 연구과제에 대해서도 간단히 언급한다.

2. 진동발생원인 및 특성

2.1 진동발생원인

철도에 의해 지반에 전달되는 열차진동의 진동원을 원인별로 구분하면 다음 3가지를 들 수 있다⁽¹⁾. 첫째는 규칙적인 축배치에 의한 하중의 작용이라 부르는 것으로, 이는 열차의 차륜이 지상의 특정점을 통과할 때 주기적인 재하현상에 의해 생기는 것으로, 열차의 속도 및 차축간격과 밀접한 관계가 있다. 둘째는 정상적인 경우에 비해 다소 큰 진동이 생기는 현상으로, 이는 차륜의 tire flat, 레일의 틀림, 이음부, 마모, 용접부의 재질변화 등에 의한 국부적 원인과, 성토와 고

가교의 접합부분, 구조물의 연결부, 또는 열차의 각 차량별 중량차이 등으로 인해 발생한다. 세째는 앞의 두 원인에 의해 발생한 진동이 지반속을 전파하면서 생기는 진동이다.

이러한 진동의 크기는 차량, 궤도, 선로구조물, 지반 및 인접건물의 특성에 따라 다르다.

2.2 진동특성

(1) 진동특성

열차통과시 선로변에서 발생하는 진동파형의 대표적인 형상은 그림 1과 같다. 진동지속시간은 열차통과시간과 거의 일치하는데, 속도 200 km/h의 경우 약 7초, 300 km/h의 경우 약 5초 내외이다. 그림에 나타난 미소 피크파는 레일의 표면요철, 또는 레일 틀림 등 국부손상에 의해 생기는 성분이다⁽¹⁾.

그림 1과 같은 측정파를 정리하여 열차속도와 진동레벨의 관계 및



그림 1 고속철도 선로변에서 측정된 대표적인 진동이력곡선

선로로부터의 거리와 지반진동가속도의 관계를 조사한 결과 열차속도가 150 km/h까지는 속도에 따라 진동레벨도 증가하나 150 km/h 이상에서는 거의 일정치에 가깝고, 선로로부터 30 m 이상 떨어진 곳에서는 진동의 거리감쇠로 인해 큰 진동이 발생하지 않음을 알 수 있었다.

(2) 탁월진동수

표 1은 고속철도에서 진동을 일으키는 각 요인들의 개략적인 진동수 특성과 최대진동 가속도를 정리한 것이다. 표 1로부터 차량에서 지반까지의 진동전파 경로를 살펴보면 진동가속도는 진동원으로부터 멀어질수록 감소하고, 탁월진동수(predominant frequency)도 서서히 감소함을 알 수 있다.

100 Hz 보다 높은 고주파진동은 소음분야에서는 무시할 수 없는 성분이 될 수 있지만, 진동측면에서는 사람이 거의 감지하지 못할 뿐만 아니라 지반으로 전파되면서 빨리 소멸되므로 진동에 의해 문제가 되는 진동수 영역은 통상 100 Hz 이하이다⁽¹⁾.

그림 2는 차량으로부터 레일에 전달되는 윤중변동의 진동수 특성

의 일례를 보여준다⁽¹⁾. 이 그림으로부터 윤중변동의 진동수 특성으로서 스프링 아래 질량과 레일지지 스프링에 의해 결정되는 50 Hz 부근에서 피크치를 갖는다는 것을 알 수 있다. 차체의 진동에 의한 1 Hz 부근의 진동은 궤도부에 큰 영향을 주지 않는 승차감에 관련된 성분이

다. 궤도로부터 구조물에 전달되는

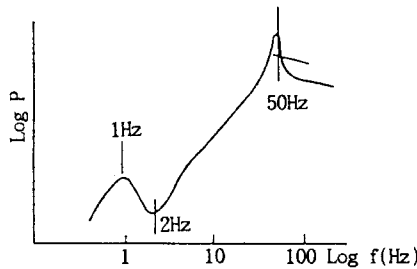


그림 2 차량 윤중변동의 진동수 특성

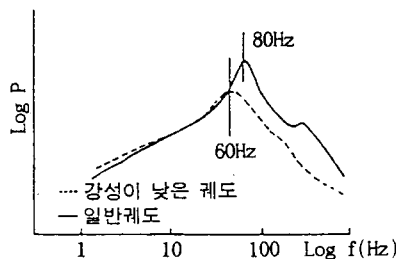
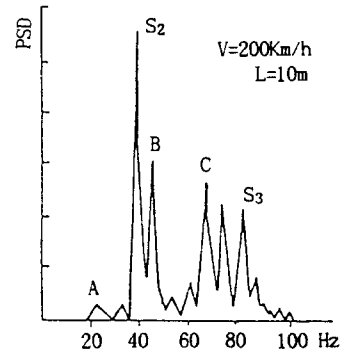


그림 3 궤도로부터 구조물에 전달되는 힘의 진동수 특성

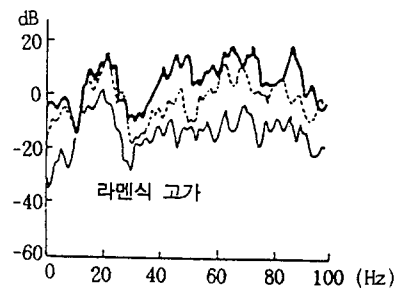
힘의 진동수 특성을 보여주는 그림 3을 살펴보면 구조물에 작용하는 힘의 탁월진동수는 궤도의 강성에 따라 60 Hz 또는 80 Hz 정도이고 강성이 낮은 궤도의 경우 진동면에서 유리함을 알 수 있다. 그림 4는 고속열차 주행시 구조물에 발생하



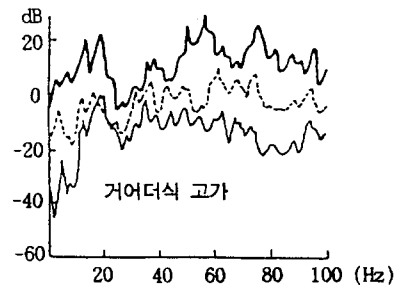
S₂, S₃: 구조물의 2, 3차 고유진동수

A, B, C: 축간격과 주행속도로부터 결정되는 진동수

그림 4 구조물의 진동수 특성



교량중앙부 기둥하부 지하 18.7m } 상하진동



교량중앙부 교각하부 지하 20m } 상하진동

그림 5 교량으로부터 지반까지 진동스펙트럼의 변화

표 1 진동성분의 개략치

구 성 요 소		진동수 (Hz)	가속도 (g)
차 량*	차 체	1	0.1~0.2
	대 차	10~20 (30~60)	1~3 (2~5)
	차 축	40~60	2~15
궤 도*	레 일	30~60	2~15
	침 목		
노 반	흙	미정	미정
	고 가	30~70	0.2~1
지 반	선로바로아래	미정	미정
	10 m	15~20	0.03~0.05
	20 m	15~25	0.02~0.03

(*그외 200~700 Hz의 고주파 성분도 발생한다.)

는 진동의 진동수 특성을 보여준다. 이 그림은 앞의 두 경우와 달리, 열차속도, 축간격, 구조물의 고유진동수, 레일체결간격 등의 영향으로 여러 진동수에서 피크치가 발생함을 알 수 있다.

한편 그림 5는 라멘교와 거더교에서, 가속도의 파워스펙트럼 밀도가 구조물로부터 지반까지 전달되는 과정에서 어떻게 변하는가를 보여준다. 이 그림으로부터 궤도체결간격, 구조물의 고유진동 등에 따라 구조물 및 지반은 넓은 진동수 범위에서 진동함을 알 수 있다 (20 Hz 부근, 30~90 Hz). 그리고 그림 6은 그림 5의 몇가지 탁월 진동수 성분의 거리 감쇠 효과를 보여준다. 이 그림들로부터 높은 진동수 성분은 낮은 진동수 성분에 비해 거리에 따라 빨리 감소함을 알 수 있다.

(3) 진동의 전파

열차에 의해 궤도에서 발생하는 진동은 압축파(P파 또는 종파), 전단파(S파 또는 횡파), 표면파(R파 또는 Rayleigh파)의 형태로 전파하여 인근 구조물에 영향을 준다. 진동은 진동원으로부터 멀어질수록 감소하고, 진동수가 클수록 재빨리 감소한다. 감소의 원인으로 주로 진동파가 지반속을 전파할 때 반사, 굴절되어 진동에너지가 거리에 따라 감소함으로 인한 기하감쇠와 흙의 내부마찰 등에 의한 내부감쇠로 나누어지는데 진동감쇠의 주원인은 기하감쇠이다.

P파, S파, R파의 속도관계는 프와송비 ν 에 따라 다른데, 일반적인 경우 $0.1 < \nu < 0.4$ 의 범위에서 $V_p/V_s = 1.5 \sim 2.5$ 이고, $V_R/V_s = 0.9 \sim 0.95$ 정도이다.

입자운동은 P파는 파의 전파방향, S파는 이것과 수직한 방향이고, R파는 타원운동을 하면서 전파된다. 거리감쇠는 P파와 S파의

경우 지반내에서는 거리의 1승에 역비례하고, 표면에서는 거리의 평반근에 역비례하여 작아지는 반면에 R파는 깊이에 따라 급속히 감소하나 표면에서는 거리의 평반근에 역비례하여 감소하므로 표면에서는 R파 만이 약해지지 않고 전달된다.

3개파의 에너지비는 R파가 전체의 2/3를 갖고, S파가 그 나머지의 4/5 정도, P파가 가장 작다. 따라서 문제가 되는 진동공해의 경우 R파가 가장 중요한 의미를 갖는 경우가 많다⁽⁷⁾.

한편 그림 7과 8은 철도진동의 전파상황을 보여준다. 그림 7로부터 개방된 구간에서의 진동은 주로 R파로 전파되며, 터널구간에서는

그림 8과 같이 30~150 Hz의 진동수 범위에서 압축파와 전단파의 형태로 전파된다⁽¹¹⁾.

특히 50 Hz의 부근에서 최대에너지를 갖는 진동은, 5~25 Hz 범위에서 진동하는 벽과 천장으로부터 재방사되어 털커딩 거리는 소음으로 사람에게 불편함을 준다.

통상 철도주변에서 건물은, 압축파와 전단파에 의한 진동은 소멸되고 단지 표면파만의 영향을 받는 거리에 위치한다.

그림 9는 선로 주변에서 측정된 진동레벨의 contour를 보여주는 일례이다. 좌·우측의 진동레벨 범위가 다른 것은 지반특성의 차이로 인한 것으로 판단되며, 연약지반에서는 진동의 전파가 용이하다고 알

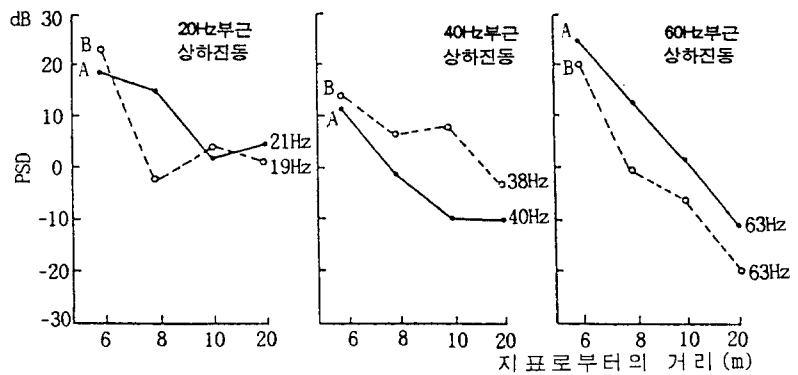


그림 6 진동성분별 거리 감쇠

Vibrations due to trains on tracks in the open. Annoying vibrations mainly at frequencies less than 10 Hz.

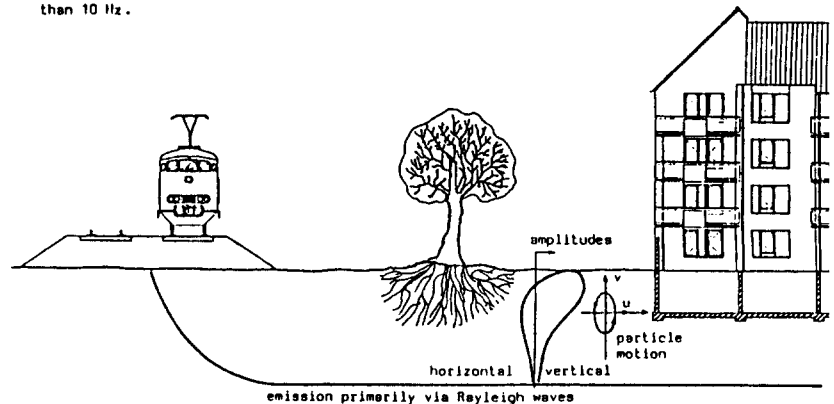


그림 7 개방된 구간에서 진동의 전파

Vibrations due to trains in tunnels.
Annoyance mainly due to radiated noise at frequencies above 30 Hz.

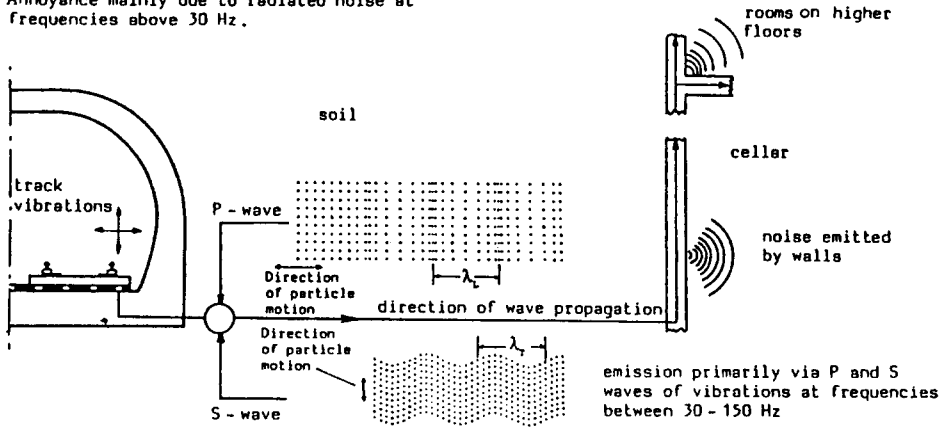


그림 8 터널구간에서의 진동의 전파

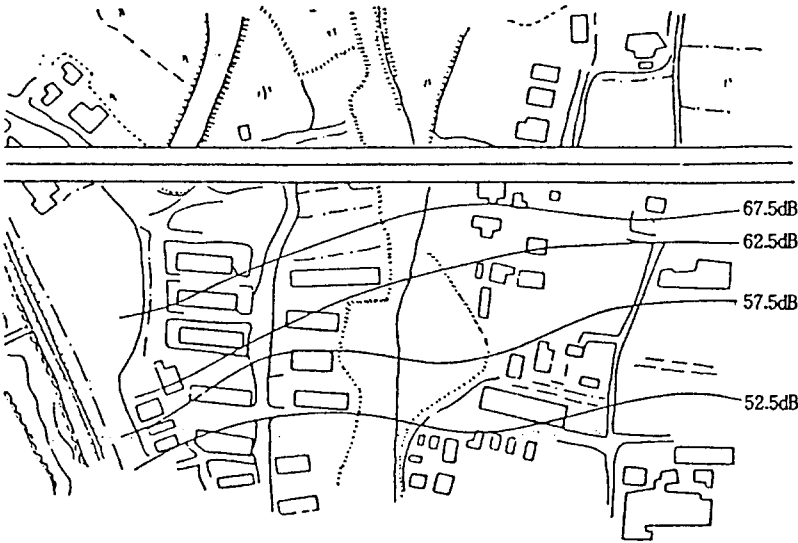


그림 9 선로주변에서의 진동레벨 contour의 일례

려져 있다. 장차 경부 고속철도의 경우에 대해서도 진동에 의해 문제가 되는 지역에 대해서는 그림 9와 같은 진동레벨 contour를 작성하여 방진대책을 세워야 하는 지역의 범위를 파악해 둘 예정이다.

되었다^(12,13).

그러나 소음과 같은 고주파진동 영역까지 진동현상을 규명할 필요가 있는 경우에는 그림 11과 같이 차륜-레일 사이의 미소 요철을 가진 원으로 한 변위 가진 모델을 이

용하고 있다.

한편 그림 10과 11에 사용되는 궤도의 동특성을 구하기 위해서는 일정한 중량을 궤도에 충격시키는 운중낙하시험이 실시되고 있다⁽¹⁶⁾.

3.2 교량의 진동 해석

고속철도 주행시 교량에 발생하는 진동의 원인은 크게 다음 두가지로 나누어 생각할 수 있다^(9,10).

- (1) 차량의 진입에 의해 교량이 갑자기 처지는 효과
- (2) 궤도 또는 차륜표면의 결함에 의한 효과

그러나 실제 교량설계시 진동의 영향은 충격계수 [최대동적응답/(최대정적응답-1)]로 표시하는데, 충격계수는 차량의 속도, 종류, 교량 형식, 궤도 구조 및 궤도와 차량의 정비상태등 여러가지 요인의 영향을 받는 것으로 알려져 있다. 그림 12는 교량진동을 해석하기 위한 해석모형을 보여준다.

3. 진동해석

3.1 궤도 및 노반의 진동해석

열차주행시 궤도에 생기는 저주파 진동현상을 규명하기 위해 종래 그림 10과 같은 모델에 주로 사용

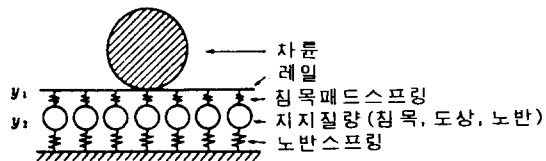


그림 10 궤도의 저주파진동해석 모형

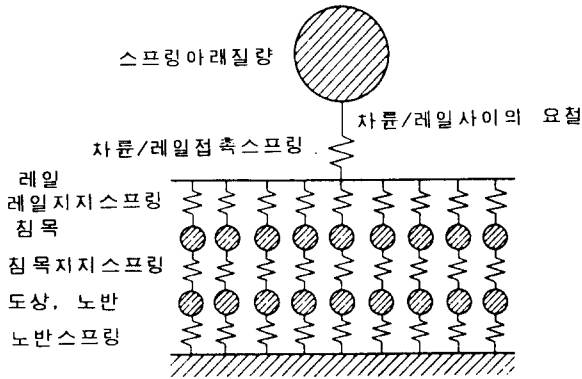


그림 11 궤도의 고주파진동해석 모형

이때 교량은 보로서 모델링 되고, 차량, 교량 진동계의 연성운동 방정식을 유도하여 동적응답은 수치적으로 구해진다.

한편 앞에서 언급한 (1)의 진동 원인은 그림 12의 모델에서 궤도틀림의 영향을 무시하여 파악될 수 있으며, (2)의 진동원인은 그림 13과 같은 궤도틀림의 파워스펙트럼으로부터 궤도틀림을 시뮬레이션하여 이를 고려하므로써 파악될 수 있다. 그림 13은 그림 11의 궤도해

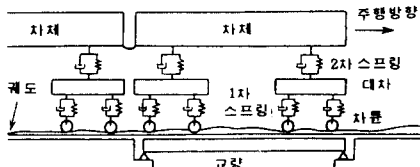


그림 12 교량 진동 해석 모형

석에도 이용된다.

그림 14는 궤도틀림에 의한 선두 차량의 운중변동율, 차체진동가속도 및 교량중앙점처짐을 시뮬레이션한 일례를 보여준다.

3.3 터널의 진동해석

열차 주행시 발생하는 터널 진동

문제를 유한요소법으로 해석할 경우 진동의 영향영역이 무한대인 관계로 모형화에 따른 많은 자유도를 필요로하며, 해석영역으로부터 일정거리에서 단순 절단된 경계로 처리할 경우 경계면으로부터 반사되는 반사파들의 영향으로 인하여 실제와는 다른 해석결과를 얻게 된다⁽¹⁵⁾. 따라서 터널모델링시 레일과 인접한 지반은 유한요소로 모형화 하고 그 외부영역은 무한영역으로 전파하는 탄성파들을 효과적으로 나타낼 수 있는 경계요소 (boundary element)로 모형화 하는 병합방법이 최근 주로 사용된다. 이 방법을 이용하면 지반과 구조물의 복잡한 기하학적 형상 및 위치에 따른 지반의 특성 등은 유한요소를 사용하여 고려할 수 있으며, 지반과 같은 무한 또는 반무한체의 동적거동은 파의 전파특성,

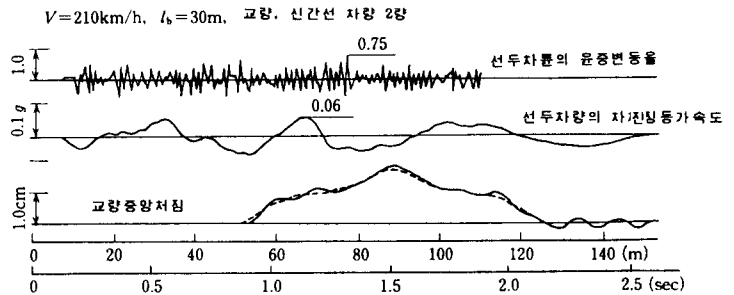


그림 14 궤도틀림을 고려한 진동파의 일례

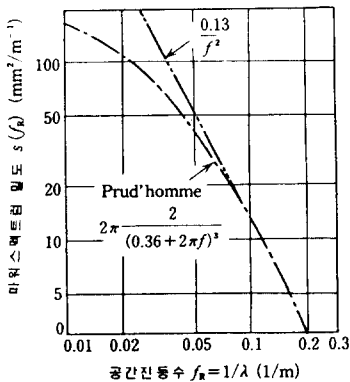


그림 13 궤도의 고저조도 파워스펙트럼

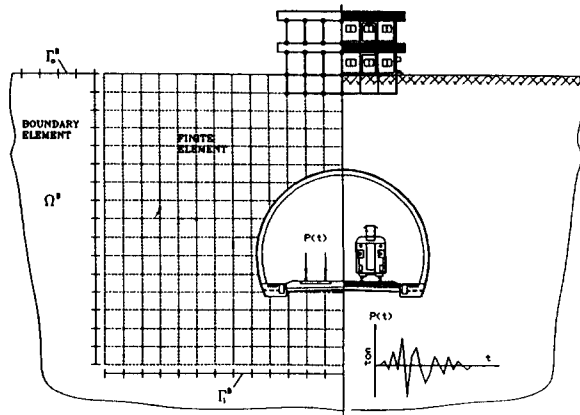


그림 15 열차주행에 따른 터널진동 해석 모형

지반 구조물 경계부위 및 자유표면의 영향등을 합리적으로 고려할 수 있는 경계 요소를 사용하여 효과적으로 나타낼 수 있으므로 실제와 가까운 해석 결과를 얻을 수 있다.

그림 15는 현재 공단에서 터널진동해석을 수행하기 위한 구조해석 모형의 일례를 보여준다. 이러한 모형을 사용하여 터널 깊이별, 지반특성별 진동의 전파특성 및 인접 구조물에 미치는 영향을 파악하며, 적절한 방진 대책을 강구하기 위한 프로그램을 개발 중에 있다.

4. 고속철도의 진동기준

4.1 TGV의 진동기준

프랑스에서는 고속철도 주변건물에 대한 진동기준을 표 2와 같이 건물의 용도에 따라 규정하고 있다⁽⁴⁾.

4.2 ICE의 진동기준

독일의 경우 KB 값으로 표시한 환경진동기준은 주간이 0.3, 야간이 0.2이다⁽³⁾. KB와 진동속도의 관계는 그림 16과 같다.

4.3 신간선의 진동 기준

신간선의 경우, 공장진동의 기준치, 도로교통진동의 한계치, 주민 반응등을 고려하여 70dB이하로 하도록 규정되어 있다. 그러나 병원, 학교등 정숙을 유지해야 할 필요가 있는 지역에 대해서는 보다 양호한 생활환경을 보전하는 관점에서 70

dB이하의 경우에 대해서도 대책을 강구하도록 하고 있다.

표 3은 신간선에서 채택하고 있는 진동기준이다.

한편 열차에 의해 발생하는 진동은 열차통과시에만 발생하는 현상

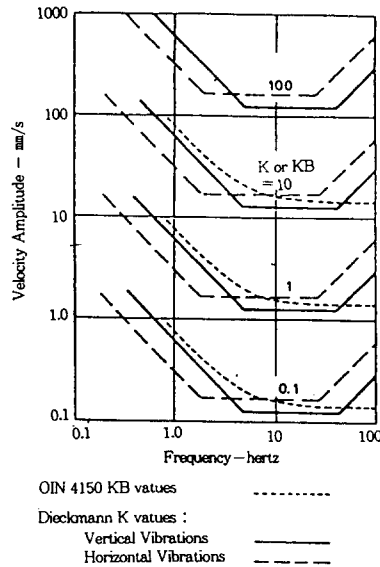


그림 16 KB와 진동속도의 관계

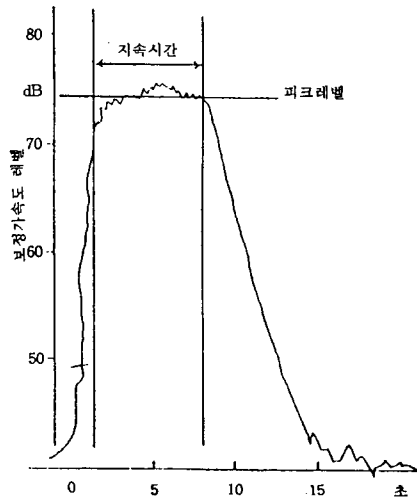


그림 17 진동의 피크레벨

이므로 신간선에서는 진동레벨을 다음과 같이 측정하도록 규정하고 있다. 즉 그림 17과 같이 1열차 통과에 의한 진동레벨을 측정할 경우, 먼저 지속시간에 따른 평균치로부터 피크레벨을 취한다. 그러나 진동레벨은 열차의 속도와 같은 운행상태에 따라 다소 차이가 있으므로 20회 열차에 대한 측정치중 상위 반수(10회)에 대한 산술평균치를 사용한다. 단 4시간 측정하여도 통과열차가 20회가 되지 않는 경우 4시간 동안 측정된 측정치중 상위 변수에 대한 산술평균치를 사용한다.

5. 방진대책

현장 측정 및 해석을 통해 획득한 진동레벨이 앞에서 언급한 기준을 초과하는 경우 적절한 방진대책을 강구하여 구조물의 사용성 및 안전성을 확보해야 한다.

고속철도에서 발생하는 진동을 허용치 이하로 억제하기 위한 방진대책이 효과적이기 위해서는 진동의 원인이 되는 차량, 궤도 및 선로 구조물을 저진동구조로 하고, 진동의 전파경로가 되는 지반에 대해서는 적절한 흡진재 또는 방진재를 설치하며, 진동의 영향을 받는 구조물에 대해서는 진동격리 또는 진동차단 대책등을 강구해야 한다. 즉 진동이 차량으로부터 인접구조물까지 전달되는 각 단계에서 적절한 방진대책을 강구하여 진동레벨을 단계적으로 감소시키는 것이 좋다. 이 장에서는 고속철도 가설시 채택되고 있는 방진대책과 방진사

표 2 TGV의 진동기준

장 소	가 속 도
병 원	0.5 mg
주 택	주간 : 1.0~2.0 mg 야간 : 0.7 mg
사 무 실	2.0 mg
공 장	4.0 mg

표 3 신간선의 진동기준

구 분	진동레벨	비 고
1종 구역	65dB	병원, 거주지역, 기타 정숙을 요하는 지역
2종 구역	70dB	상업, 공업지역

례에 대해 언급한다.

5.1 진동원 대책

방진대책이 효과적이기 위해서는 진동원인에 대한 대책이 가장 중요하다. 차량, 궤도 및 선로 구조물에 대한 방진대책에는 표 4와 같은 것이 있다.

TGV의 경우 방진대책을 위해, 60 kg/m급 중량 레일과 중량 콘크리트 침목을 사용하고, 도상두께를 30 cm로 하였으며 9 mm 고무 패드를 레일과 침목사이 설치하였다(재래선의 경우 25 cm과 도상두께, 4.5 mm의 고무패드를 사용하였다). 그리고 터널의 경우 터널단면의 중량을 증가시켜 진동레벨을 5~18 dB 감소시켰다⁽⁴⁾.

신간선의 경우는 진동이 큰 위치에서 그림 18과 같이 PC침목 밑에 우레탄 고무패드를 사용하여 진동레벨을 허용치 이하로 감소시켰다⁽⁵⁾.

한편 그림 18에 제시된 방진궤도는 20 Hz 정도의 저주파 진동에 대해서는 그다지 효과가 없다고 알려져 최근 저주파 진동에 대해서도

유효한 방진대책으로 그림 19와 같은 floating slab 궤도를 사용하고 있다.

이 궤도는 지지탄성을 유연화 시킨외에 궤도의 질량도 상당히 크게 한 것으로 터널내에서 진동저감을 위해 채택된 사례가 있다⁽¹⁴⁾.

우리나라의 경우는 지하철 1호선

에서 남대문과 동대문의 문화재를 보호하기 위해 그림 20과 같은 방진대책을 실시하였다. 문화재에 대한 열차 진동의 영향을 감소시키기 위해 장대레일을 사용하고, 레일의 타이플레이트와 침목사이 6 mm 고무패드를 설치하고 floating slab를 타설하여 자갈도상과 목침목을 부설하였다. 구조체의 외부 벽체에도 역시 50 mm의 가압 콜크판을 부착하고 아스팔트 슈트 처리하였다⁽⁶⁾.

5.2 전파 경로 대책

고속철도에 의해 발생하는 진동은 기하감쇠로 인해 전파거리가 증대됨에 따라 감소하고, 전파매체내의 구조에 따라 반사, 굴절, 간섭 작용 등을 일으켜 진동의 크기가 변하게 된다. 이러한 점을 이용하여 전파 경로상에 방진구, 방진벽 등을 설치하여 진동을 차단한다. 이러한 전파 경로상 대책을 분류하면 다음과 같다.

(1) 자연적인 방법

방진대책중 가장 간단하고 효과

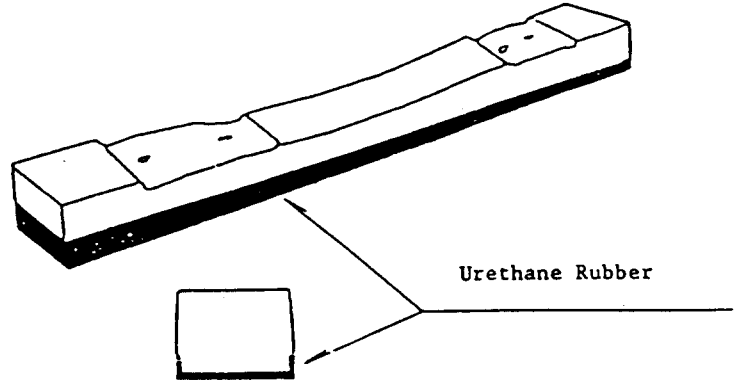


그림 18 신간선에 사용한 탄성침목

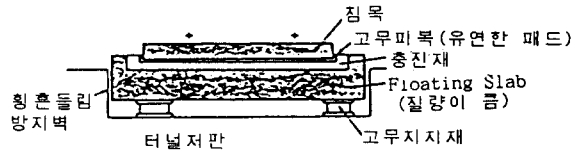


그림 19 Floating slab 궤도

표 4 진동원에 대한 방진대책

진 동 원	방 진 대 책	
차 량	운행방법(속도 저감), 스프링하 질량감소, 탄성차륜 사용 및 대차에서의 진동차단, tire flat 방지 등	
궤 도	레일, 체결장치, 침목, 도상 및 궤도슬래브 각각의 경계 부위에 방진재(고무패드) 삽입, 레일의 장대화, 중량화, 스프링상수가 낮은 궤도사용, 궤도틀림방지, 레일 단차방지 등	
선 로 구조물	터 널	궤도, 노반, 복공사이의 진동절연, 질량증가(두꺼운 복공 및 저판의 중량화 등으로 인한 진동모드 변경), 이중축벽, 터널상부에 진동차단층 설치, 방진벽 설치, 지반강화 등
	교 량	탄성지지교량, 저진동구조물(강성, 질량, 시간길이 등에 따른 진동모드 변경), RC화, 기초공법에 의한 대책(2중말뚝, 지반강화), 구조물내의 진동차단, 흡수 또는 완충기구 설치 등
	성 도, 절 토	약액 주입에 의한 연약지반 개량, 연약지반 치환, 강화 노반, 나무 말뚝에 의한 보강등

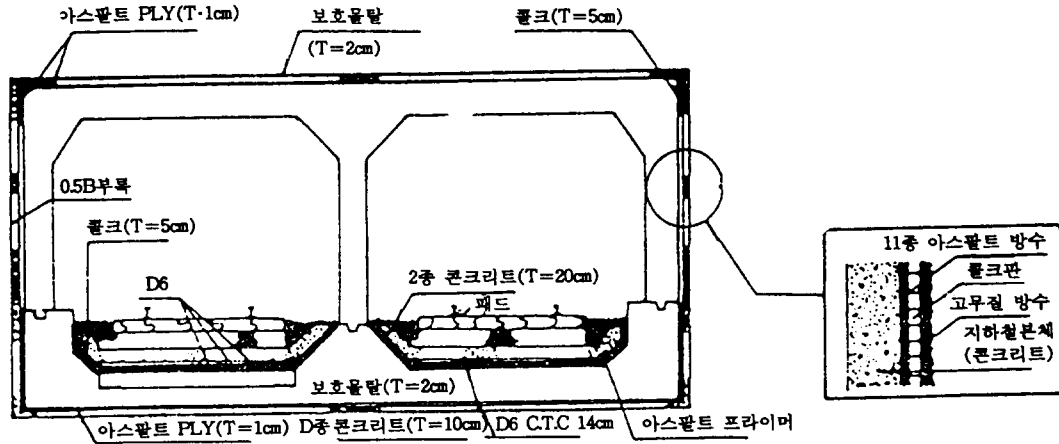


그림 20 지하철 1호선 방진대책

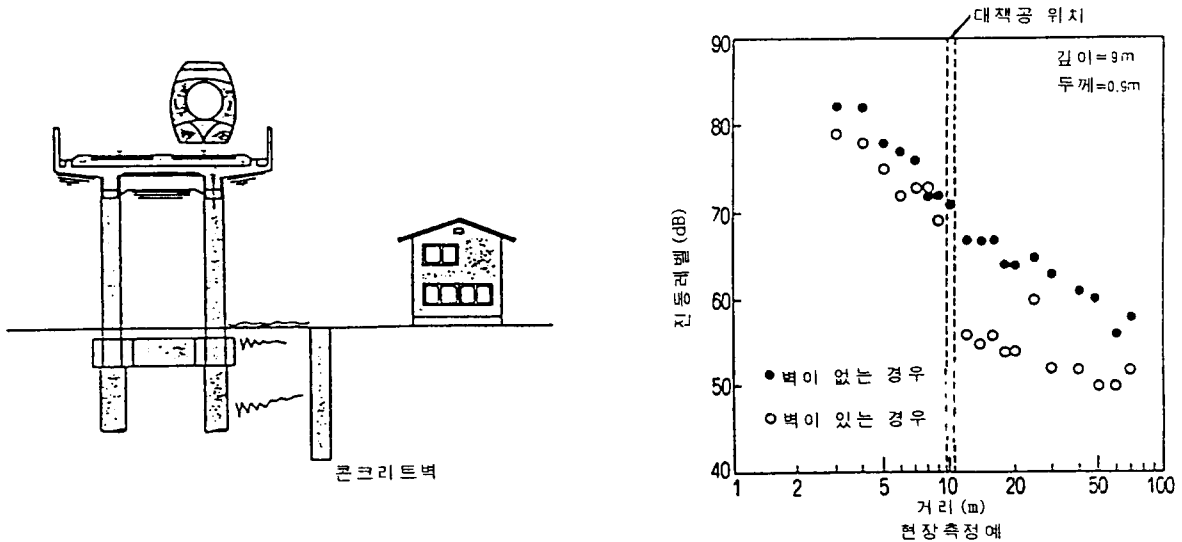


그림 21 콘크리트 방진벽을 사용한 예

적인 방법은 진동원과 구조물의 거리를 크게 하는 것이다. 거리가 커지면 거리 및 지반 감쇠효과에 따라 진동은 줄어들지만, 일단 계획된 건설공사의 위치를 바꾸는 것은 사실상 불가능하므로 적용 가능성은 크지 않다.

(2) 인위적인 방법

인위적인 방법은 진동이 전파될 때 반사, 굴절, 간섭 등에 의해 진폭을 감소시키는 방법으로, 방진구나 방진벽을 설치하고 지반을 개량하는 방법이 있다.

(i) 중공방진구: 속이 빈 방진구로 고속철도와 같이 진동원이 고정

된 경우는 진동원측 방진(active isolation)을 하고, 진동원이 고정되어 있지 않은 경우는 구조물측 방진(passive isolation)를 주로 사용한다.

(ii) 뒷 채움 방진구: 중공방진구는 내부가 비어 있으므로 공벽의 붕괴 등 유지관리가 어렵다. 따라

서 내부를 슬러리 등으로 채운 뒷 채움 방진구도 많이 이용된다.

(iii) 연속 보오링공: 진동원과 구조물 사이에 연속되는 보오링공을 뚫어서 진동의 전파를 방해하는 방법이다.

(iv) 방진벽: 방진벽을 설치하여 전파 경로상 대책을 강구하는 방법

표 5 수신부에서의 방진대책

방진대책	
건물 구조부	중량화(RC화), 강성부여, 탄성지지, 에너지 흡수용 감쇠기, 진동전달차단, 기초개량 등
건물 주변부	진동차단공, 지표면 개량, 지반개량 등

으로 이에는 1층 방진벽, 다층 방진벽, 반사벽 등이 있다.

(v) 지반개량 : 방진을 위해 연약 지반을 개량하거나, 포장을 하는 방법이다.

5.3 수진부에서의 대책

선로 주변 건물에 대한 방진대책으로는 표 5와 같은 방법이 있다.

6. 맺 음 말

본 글에서는 건설기술자의 입장에서, 고속철도에서 발생하는 진동 현상 및 그 대책에 대해 개략적으로 살펴보았다.

불행히도 현재까지 고속철도 진동에 관한 국내 연구는 거의 전무한 실정이어서, 여기서 제시된 대부분의 자료는 현재 고속철도가 운행되고 있는 선진외국에서 수행한 연구결과를 인용한 것이다. 그러나 진동문제는 열차 고속화를 추진함에 있어서 반드시 해결해야 될 주요과제의 한 분야임을 감안하여, 공단에서는 열차가 350 km/h까지 주행시 고속철도에서 발생하는 진동을 예측하고, 이에 대한 대책을 강구하기 위한 연구를 적극적으로 추진하고 있으며, 진동문제외에 소음, 승차감, 탈선계수, 공기동력학 등 고속철도 및 일반철도의 고속화

와 관련된 제반연구를 단계적으로 추진하고 있다.

이러한 기회를 통하여 독자들에게 고속철도에 관한 지대한 관심을 가지고, 다방면에서의 기술협조 및 정보교환을 간곡히 요청하는 바이다.

참고문헌

- (1) 鐵道騒音・振動對策研究會, “鐵道騒音・振動對策の研究”, 日本鐵道施設協會, 1977.
- (2) German Standards Institute, “Protection against Vibration in Building Construction”, DIN 4150, 1975.
- (3) 교통개발연구원, “경부고속전철기술조사 최종보고서 (제2권)”, 철도청, 1991.
- (4) F. Roumequere, “TGV-A: Construction and Maintenance of Fixed Installation, Environmental Problems”, 고속철도 국제심포지움, Vol. 1, 1989.
- (5) K. Shiina, “Track Structure and Maintenance of High Speed Railway”, 고속철도 국제심포지움, Vol. 1, 1989
- (6) 유태성, “우리나라 도시철도 건설과 운영현황”, 대한토목학회지, Vol. 40, No. 4, 1992.

- (7) 日本計量管理協會, “騒音・振動計測技術指導書”, 1978.
- (8) 박연수, 이두영, “건설진동의 영향평가 및 대책”, 대우건설기술, 1989.
- (9) 松浦章夫, “車輛と軌道の相互作用”, 鐵道總研講演會 前刷集, 高速化に向けたキ-テワノロジ-, 平成 3年, 鐵道總研技術研究所
- (10) 鐵道總合技術研究所, “鐵道構造物等設計標準・同 解説, 鋼・合成構造物”, 丸善株式會社, 平成 4年
- (11) C. Esveld, “Modern Railway Track”, NS Permanent Way Department, 1989
- (12) 佐藤吉彦, 梅原利之, “線路工學”, 1987
- (13) 宮本俊光, 渡邊偕年, “線路-軌道の設計・管理”, 山海堂, 1982
- (14) 吉岡 修, “新幹線の沿線振動を考之る”, R & D 스코프 3, 1988
- (15) Estorff, O.V. and Antes, H, “Dynamic Response of Tunnel Structures”, Structural Dynamics, 1990
- (16) 강기동, “고속철도 궤도의 동특성에 관한 연구”, 건국대학교 박사학위 청구논문, 1992.