

고속철도의 선로구축물의 소음·진동 저감대책

양 신 추* · 김 태 옥 · 강 윤 석
(한국철도기술연구원)

1. 머리말

현재 철도는 기술의 발전과 함께 초고속 대량수송, 정시성, 안전성, 에너지효율성 및 친환경성 등의 장점을 가지는 새로운 교통수단으로 재조명되고 있다. 국내에서도 고속철도 개통과 G7 고속열차의 개발 등으로 철도기술은 제 2의 도약기에 들어서고 있으며, 특히 도로교통망의 포화로 인해 철도건설수요가 계속적으로 증가할 것으로 기대되는데, 기존 수송량의 흡수 및 장기적인 관점에서 철도교통망의 확장을 도모하기 위해서는 열차의 중량화와 고속화가 제반기술의 발전과 함께 지속적으로 추진될 것으로 판단된다. 그러나 이러한 차량의 중량화와 고속화는 실질적으로 선로 주변에 발생하는 소음 및 진동의 크기를 증가시키게 되는데, 최근 들어 소음 및 진동관련 환경기준의 강화와 민원의 증가 등으로 인해 친환경적인 측면에서 적극적인 소음·진동 저감대책의 수립과 관련 기술의 적용이 요구되고 있는 상황이다.

그러므로 본 고에서는 본격적인 고속철도 시대로의 도입과 더불어 철도 소음 및 진동 저감 대책 및 관련기술의 현황을 종합적으로 살펴보고자 한다.

2. 소음 저감대책 현황

선로주변에 설치되는 소음저감시설은 도유기, 흡음재, 방음벽 등이 있는데 이를 간략히 살펴보면 다음과 같다.

2.1 도유기

본래 도유기는 레일이나 차륜의 마모를 방지하기 위한 시설(장치)이나 선로 곡선부에서의 소음을 저감시키는 방안으로서도 이용되고 있다.

국내의 경우 가압식 지상도유장치와 액체식 차상도유장치가 사용되고 있는데, 현재로서는 구체적인 도유 효과에 대한 정량적 연구가 미진한 실정이나 액체 윤활제를 곡선부에 도포하여 대구지하철공사에서 시험한 결과, 열차내부에서 4.8 dB(A), 열차외부에서 4.0 dB(A)의 효과가 있다고 보고된 바 있다. 국외의 경우 덴마크 국철, 스페인 국철, EUROSTAR, 로스엔젤레스 지하철, 미국 철도차량시험연구소(AAR/TTCI) 등의 자료에 의하면 차륜 플랜지의 도유에 의해 마모가 3~20배까지 저감되었음을 알 수 있으며, 캐나다(밴쿠버 Sky line), WMATA(워싱턴 도시운수청), PATH(뉴욕 PATH 지하철) 등의 자료에 의하면 소음이 5~15 dB(A)까지 줄어들고 진동도 50%까지 줄어든 사례가 보고되고 있다.

* E-mail : scyang@kMRI.re.kr / Tel : (031)461-8531

2.2 흡음재

(1) 벽면 흡음재

터널을 통과하는 열차로부터 방사된 소음이 터널에서 반사되어 차실내부로 들어가는 소음을 줄이는 현실적인 방법으로서 도상이나 벽면 흡음재가 고려될 수 있다. 흡음재는 소음원에 되도록 가까이 부착하여 소음을 흡수하는 것이 유리하나 현재로서는 주로 지하역사를 중심으로 흡음재가 부착되는 경우가 많다고 할 수 있다. 국내의 경우 대구지하철에서 벽면 흡음재를 사용하고 있으며, 서울지하철공사에서는 터널형 방음벽을 시공한 사례가 있다.

반면 국외의 경우 흡음재 부착전과 부착후, 지하역사내에서의 잔향시간은 WMATA 자료에서 볼 수 있듯이 500 Hz에서 각각 7초와 9초에서 1.3초와 1.5초로 줄어들 만큼 현격한 차이를 보인 반면 소음레벨에 대해서는 차량이 64 km/h로 주행시 108 dB(A)에서 87~89 dB(A)로 크게 저감됨을 알 수 있었다. 물론 이 경우는 지하역내의 플랫폼 하부면과 역사내의 천정을 포함하여 넓은 면적에 걸쳐 흡음재를 부착하였기 때문에 상대적으로 큰 저감효과를 가져올 수 있었던 것으로 판단된다.

(2) 도상 흡음재

일본에서 개발된 슬래브 도상용 흡음재를 살펴보면 일본 동북 신간선 총합시험선로에서 궤도 슬래브 상면에 요철을 두어 잡석을 산포한 결과, 레일 부근에서는 약 5 dB(A), 레일에서 25 m 정도 떨어진 지점에서는 2~3 dB(A)의 저감효과를 가져올 수 있음이 확인된 바 있다. 또한 독일의 경우에는 도상용 흡음재를 블록형태

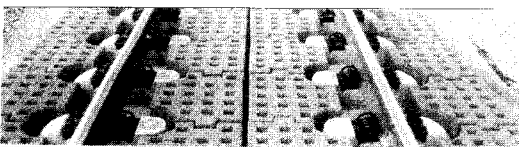


그림 1 도상용 흡음블록의 상세 사진

로 개발하여 운행선상에 시공한 바 있는데 상세도는 그림 1과 같다.

2.3 방음벽

(1) 흡음형 방음벽

방음벽의 재질은 크게 흡음형과 반사형 방음벽에 따라서 나뉘어 질 수 있다. 흡음형 방음벽은 금속판의 내부에 흡음재를 충전한 방식, 자기질판을 사용한 방식, 발포 콘크리트판 및 목재판을 사용하는 방식 등으로 대별될 수 있는데 각각의 장/단점은 다음 표 1과 같다.

(2) 반사형 방음벽

반사형 방음벽의 재질은 콘크리트판, 석면 시멘트판, 석재판, 금속판, 유리판, 수지판 및 목재판 등으로 대별될 수 있는데 각각의 장/단점은 다음 표 2와 같다.

(3) 기타 특수 방음벽 및 방음장치

· 간섭형

일본 신간선에 많이 설치되어 있는 간섭형 방음장치는 열차속도 80 km/h에 대해서 평지에서는 2~3 dB(A), 고가구간에서는 2~4 dB(A)의 감음효과를 가져오는 것으로 판명되었다. 특히 주파수별로 볼 때 철도소음의 주된 주파수 범위인 500~2000 Hz에서 2~4 dB 정도의 감음효과를 보여주고 있다.

· 공명형

기존의 흡음형 및 반사형 방음벽보다 설치높이는 낮추는 동시에 동일한 효과를 기대할 수 있는 방음벽으로 공명에 의해 능동적으로 작용하는 공명형 방음벽이 있다. 공명형 방음벽에 의한 소음저감 원리는 간섭효과에 의한 소음저감과 공명에 의한 에너지변환으로 요약되며 특히 저·중음역의 주파수 성분에 대해 유효한 특성을 나타낸다.

· 투명형

빛 투과율이 유리나 같은 고강도 아크릴 소재로 탁트인 시야를 확보함은 물론 대기 오염

등 온도변화에 대한 내후성과 불연성 및 뒤틀림을 방지하며 경량화로 시공 및 유지관리가 간편한 특징을 가지고 있다.(그림 2)

· 터널형
터널형 방음벽은 방음효과를 얻기 위해 철도 등의 측면과 상면을 터널 형태로 막아 소음의

표 1 흡음형 방음벽 및 반사형 방음벽의 재질별 장단점

흡음형 방음벽	장점	단점
흡음재 충전 금속판	내부에 충전한 암면이나 유리면등에 의한 흡음력을 가지고 있다. 현재까지 가장 많이 쓰이고 있다.	금속재 처리로 미관상 좋지 못하며 변색될 우려가 있다. 흡음재에 따라 발암성이 있다. 빛의 반사에 의한 눈부심이 있다.
자기판 (Ceramic)	내열성, 내식성 및 흡음성이 우수하고 발암성이 없다. 풍압 및 기타 외압등에 강하므로 표면 보호층을 설치할 필요가 없다. 유지관리가 쉽다.	재질의 중량(20~30 kg/m ²)이 크고 가격이 비싸다.
발포 콘크리트	요철형 홈을 이용하여 음의 흡음성이 높다. 콘크리트로 구성된 배면은 조각, 채색 또는 철망이나 넝쿨 식물을 심어 시각적 불만을 해소할 수 있다. 유지관리가 용이하고 가격면에서 유리하다.	표면강도가 약해서 방호처리가 필요하고 흡음성능이 다른 것에 비해 그다지 높지 않다.
중공블럭	헬름홀츠공명기의 원리를 이용하여 높은 흡음성능을 갖는다. 블록에 색소를 가미하여 컬러 블록을 만들어 경관에 대한 대책 수립이 가능하다.	가격이 비싸다.

표 2 반사형 방음벽 및 반사형 방음벽의 재질별 장단점

반사형 방음벽	장점	단점
콘크리트판	시공이 용이하고 시공단가가 저렴하다.	단위 중량이 크고 미관상 불리하다.
석면 시멘트판	콘크리트판에 비해 중량이 작다.	미관상 불리하다.
석재판	외관이 미려하고 장중한 느낌을 준다.	중량이 크고 시공단가가 높다.
금속판	금속의 성질을 이용해 여러 가지 형태로 제작이 가능하다. 도장성이 양호하여 제품에 채색등이 가능하다.	부식에 약하다
수지판	투명 또는 반투명 유리의 취성을 보완하였다. 햇빛에 의해 탈색되지 않는다.	유지관리를 잘 해야한다.
목재판	주변경관과 조화를 이루도록 여러 가지 모양으로 조립이 가능하다.	부식에 약하다.

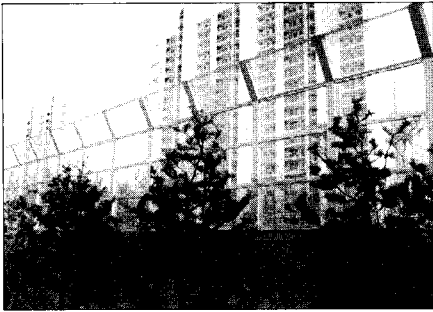


그림 2 투명형 방음벽의 설치사례



그림 3 터널형 방음벽의 설치사례

전파를 최대한 억제한 구조이다. 이러한 터널형 방음벽은 도심지 구간에서 신설철도 등과 같이 좌우 양방향에서 정숙한 환경이 요구되는 지형이나 여러 가지 다른 소음저감 대책이 효과를 거두지 못한 곳에 특히 적합하다. 외국의 경우 Shelter 구조라 부르며 전체를 둘러싼 경우와 천정에 구멍이 있는 유형이 있다. 전자의 경우 투과되는 음만 있게 되어 60~80% 정도 감음되며 후자의 경우 상부 천정을 통한 음의 회절등으로 인하여 50~60% 정도 감음된다고 알려져 있다.(그림 3)

3. 진동 저감대책 현황

철도의 진동 저감대책은 지반, 구조물, 궤도를 기준으로 각각 구분할 수 있는데 이를 간략히 살펴보면 다음과 같다.

3.1 지반에서의 진동저감대책

지반진동의 방진대책은 그림 4에 잘 나타나는 바와 같이 진동원, 지중 전파경로, 수신구조물에 대하여 여러 가지 방법이 있다.

여기서 진동원 대책은 본질적으로 진동을 일으키는 기진체 자체의 기계적 특성을 개선하거나, 기진체 자체 또는 접지 구조체와 지반의 동적 상호작용 특성(dynamic impedance characteristic)을 개선하여 지반으로 전달되는 동적 하중의 강도를 낮추고 주파수 특성을 개선하는 것이다. 반면, 지중 전파경로 대책은 진동원과 수신 구조물 사이에 방진구, 방진벽, 방진 슬래브 등과 같이 지반진동의 전파 자체를 억제 또는 차단하는 각종 지중 방진 구조물을 설치하여 수신 구조물로 전달되는 지반진동의 강도를 저감시키는 방법으로서 능동방진(active isolation)과 수동방진(passive isolation)으로 크게 구분되며, 능동방진은 지반진동 특성이 진동원의 가진특성에 의해 크게 영향을 받는 근접지반(near-field) 영역에서의 지중 방진대책을, 수동방진은 가진원의 특성에 영향을 받지 않는 원격지반(far-field)영역에서의 지중 방진대책을 의미한다. 본 고에서는 특히 방진구(open trench)와 방진벽(solid wall)을 중심으로 살펴보았다

(1) 방진구 (Open-Trench)

개방형 방진구는 가장 대표적인 지반진동 방

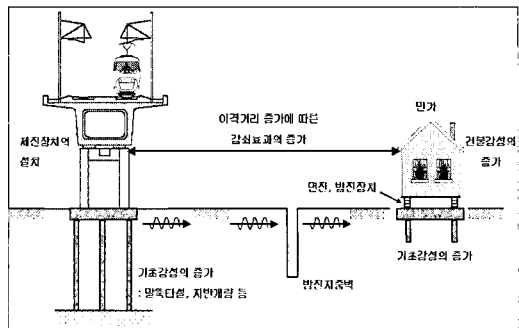


그림 4 지반진동의 방진대책

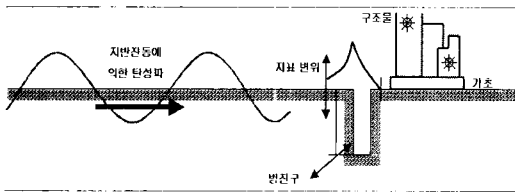


그림 5 방진구의 적용 개념도

진구조물로서, 공기라는 이질매질층을 지반내에 수직으로 설치하여 지반진동파의 수평적 전달을 차단하는 구조물이다.

그림 5는 개방형 방진구의 적용 개념도를 나타내고 있다.

(2) 유사 방진구 공법

개방식 방진구는 다른 어느 지중 방진벽 시스템보다 방진효율성이 높으나 현실적으로 굴착벽의 함몰 문제로 시공가능 깊이가 제한되는 치명적인 제약이 있다. 따라서, 이러한 개방식 방진구의 문제점을 해결하고자 설계 및 시공적 측면에서 개방식 방진구 공법의 방진 원리를 준용한 여러 가지 유사 방진구 공법이 등장하게 되었는데, 대표적인 예로서는 슬러리액 충전방진구, 연성·경량재 충전방진구, 주열식 방진공, 공기튜브 매트 방진구 등이 있으며 각각의 특징은 다음 표와 같다.

(3) 고체 방진벽

(Solid Vibration Screen Wall)

고체 방진벽 공법은 일반적으로 트렌치내에 굴착한 후 빈배합 콘크리트를 충전·양생시켜 지중에 강성이 큰 고체질의 벽체(stiff-solid-wall)를 조성하는 공법을 말한다. 그러나 앞에서 이미 고찰한 슬러리 고결 방진구, 초경량 콘크리트 및 EPS 충전 방진구 등의 연성·경량재 충전 방진구 공법들도 고체 방진벽 공법의 하나로 분류할 수 있다. 다만 이러한 종류의 방진벽은 연성의 고체질 벽체(soft-solid-wall)가 되는 것이 강성 방진벽과 다른 점이며, 기성말뚝 또는 심층혼합식 지반개량 말뚝을 주열식으로 상호 중첩하여 연속적으로 시공함으로써 형성되는 방진벽도 이에 포함된다.

3.2 구조물에서의 진동저감대책

고속전철교량과 일반철도교량에 적용되는 동하중의 근본적인 차이점은 차량의 속도라고 할 수 있는데 고속전철의 경우, 고속운행에 따른 과다진동 및 과다수직변위가 발생하게 되며 이는 고속철도교량의 설계시 강성을 증가시키는 요인으로 작용하게 된다. 그러나 교량 강성의 증가는 동적인 불안정성을 더하게 되므로

표 3 유사 방진구 공법의 종류 및 특징

종류	특징
슬러리액 충전방진구	벤토나이트 슬러리 안정액 또는 폴리머 계열의 물질을 이용한 인공 굴착공 안정액을 굴착단계는 물론, 완공 후에도 방진구 내에 지속적으로 충전·유지시키는 공법, 방진구 굴착 시공깊이의 제약을 해소하고 완공후의 방진구 함몰을 방지할 수 있음
연성·경량재 충전방진구	벤토나이트 슬러리 안정액을 충전한 방진구를 나중에 시멘트를 섞어 슬러리를 고결시키거나 특수한 연성 그라우트재로 충전시키는 공법 개방식 방진구에 비해 방진효과가 크게 떨어짐
주열식 방진공	지반 내에 비교적 좁은 간격으로 일련의 시추조사공(압반의 경우) 또는 PVC 및 강관 케이싱공(토사층의 경우)을 소정의 깊이까지 수직으로 뚫고 빈공상태를 유지하여 일종의 불연속 방진구를 형성하는 공법
공기튜브 매트 방진구	공기튜브 매트(ari tube mat)를 이용하여 개방식 방진구의 굴착용 함몰문제를 효과적으로 해소하고 통상적인 개방식 방진구와 유사한 방진효과를 얻을 수 있는 새로운 공법

이러한 제반문제의 해결을 위해서는 감진장치의 사용이 필수적으로 요구된다.

(1) 수동형 감진장치

수동형 감진장치는 댐핑, 강성, 강도를 증가시키기 위한 재료들과 장치들을 모두 포함하는 것으로서 운동에너지의 열에너지로의 변환이나 진동 모드간의 에너지 이동을 통해서 입력 진동을 저감시키는 특징을 가지며 에너지 소산 능력에 따라 구분된다.

· 금속 항복 감쇠기 (Metallic Yield Dampers)

금속의 비탄성 변형을 이용하여 구조물의 진동 에너지를 소산시키는 장치로서 안정적 이력 거동, 낮은 주기의 피로 특성, 긴 기간의 신뢰성, 온도변화에 대한 저항성 등을 장점으로 언급할 수 있다.

· 마찰 감쇠기 (Friction Dampers)

마찰에너지를 이용한 진동소산장치로서 높은 진동수의 진동이 발생하는 것을 피하기 위하여 stick-slip 현상을 최소화하는 것이 중요하다. 에너지 소산성능이 탁월하며 하중크기나 진동수 등에 영향을 받지 않는 장점을 가지고 있다.

· 점탄성 감쇠기 (Viscoelastic Dampers)

금속이나 마찰 감쇠기가 지진하중을 주대상으로 하는 데 반해, 모든 종류의 진동에너지에 적용이 가능하며 점탄성물질의 전단변형에 의해 진동을 감소시키는 특징을 가지고 있다.

· 점성유체 감쇠기 (Viscous Fluid Dampers)

유체의 특성을 이용한 것으로 점탄성 유체 속에 있는 원통형 피스톤을 사용하여 진동을 감쇠시키는 장치로서 온도에 대해 영향을 거의 받지 않는 특징을 가지고 있다.

(2) 반능동형 감진장치

수동형 진동제어장치의 경제성과 능동형 진동제어장치가 가지고 있는 다양한 하중 조건에의 효율성을 가지도록 고안된 것이 바로 반능동 진동제어 시스템이며, 현재까지 제시된 반

능동 제어 시스템은 그 적용 방법 및 특성들에 따라 다음과 같이 분류될 수 있다.

· 가변오리피스 감쇠기

(Variable-Orifice Dampers)

밸브를 통과하는 유체의 흐름에 대한 저항력을 변화시키기 위해 밸브의 면적을 사용하여 원하는 감쇠력을 얻고자 하는 감쇠 장치이다.

· 가변마찰 감쇠기(Variable-Friction Dampers)

구조물에 작용한 진동에너지를 소산시키는 데 있어서 표면운동에 의한 마찰력을 사용하는 감쇠장치이다.

· 제어성 동조액체 감쇠기

(Controllable Tuned Liquid Dampers)

반능동 제어장치의 또 다른 형태로서 슬로싱(sloshing)형태의 유체나 기둥모양의 유체 운동을 이용하여 구조물의 응답을 감소시키고자 하는 장치이다. 수동형 감쇠장치의 일종인 TSD(Tuned Sloshing Dampers)와 TLCD(Tuned Liquid Column Dampers)에 기초한 특징을 가지고 있다.

· 제어성 유체 감쇠기

(Controllable-Fluid Dampers)

앞의 세가지 감쇠장치는 전기적인 작동에 의해 제어되는 valve나 기계장치를 가지고 있기 때문에 작동의 신뢰성과 보수유지의 측면에서 문제가 발생할 수가 있는 반면 제어성 유체 감쇠기는 전기장이나 자기장에 대하여 특수한 반응을 나타내는 유체를 사용하여 기계장치의 결합이나 파손에 대한 불확실성을 없애므로써 작동의 신뢰성을 확보할 수 있다는 장점을 가지고 있다. 제어성 유체로는 현재 전기장 유체인 ER과 자기장 유체인 MR이 사용되고 있다.

3.3 궤도에서의 진동저감대책

철도 궤도에서의 진동은 주행하는 차량의 차륜과 궤도의 직접접촉에 의한 상호작용으로 발생하게 된다. 따라서 궤도의 경우 방진을 주목

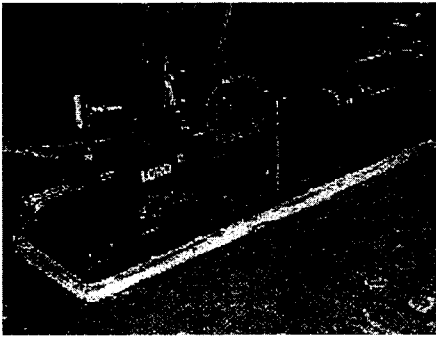
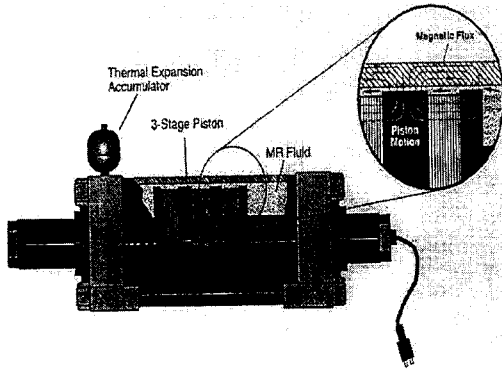


그림 6 MR Fluid Damper

적으로 하는 시스템 및 궤도구성품의 개발 또는 적용이 방진효율성과 경제성 측면에서 유리하다고 할 수 있다. 본 고에서는 이러한 관점 하에 플로팅 궤도구조 시스템과 방진용 궤도구성품에 대해 간략하게 살펴보았다.

(1) 플로팅 슬래브 궤도

(Floating Slab Track)

플로팅 궤도구조시스템은 진동분리(Vibration Isolation)형 궤도로서 열차주행시 차량-궤도 상호작용에서 생기는 진동에너지가 하부로 전달되는 것을 방지하기 위해서 시스템과 궤도구조하부를 진동절연재(isolator)로 분리시키는 궤도구조이다. 감쇠특성을 갖는 질량-스프링 구조로 전체 시스템이 구성되며 주파수 대역에 따라 5~15 dB의 진동저감이 되는 것으로 보고되고 있고 콘크리트 터널바닥, 교량상판, 철도역사 등에 설치가 용이하다.

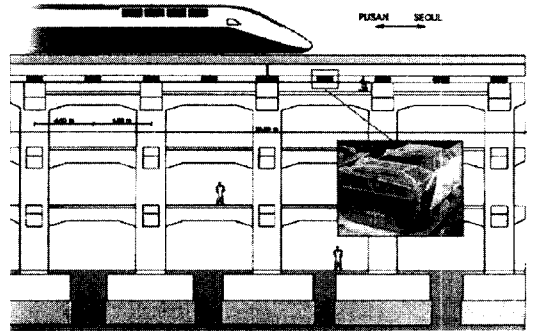


그림 7 천안-아산역의 방진플로팅 슬래브 궤도시스템

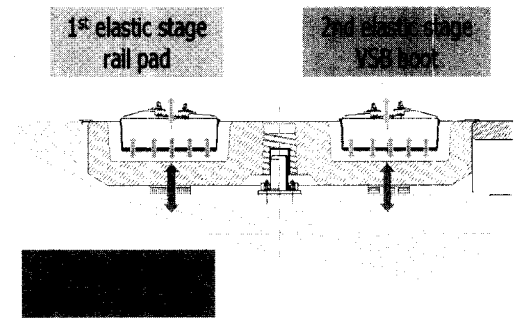


그림 8 프리캐스트형 플로팅 슬래브 궤도시스템

이산지지형(Discrete Support Type) 플로팅 슬래브궤도시스템은 독일 고속철도 Zammer 터널과 일본 신칸센의 역 구내에 설치된 바 있으며 국내에서도 고속철도 천안-아산 역사에서 독일 GERB의 강스프링 UNIT를 설치한 바 있다.(그림 7) 반면, 전면지지형(Full Support Type) 플로팅 슬래브궤도시스템은 방진매트를 트로프궤도 하부에 부착시켰기 때문에 역사와 같이 민감한 건물이 있는 경우에 주로 사용될 수 있다. 스웨덴 및 독일 고속철도에도 적용되었으며 국내에서는 고속철도 광명역사내 레다형 콘크리트 슬래브궤도 하부에 부설된 바 있다.

(2) ERS 사일런트 궤도구조

(ERS Silent Track System)

ERS궤도(그림 9)는 특수 합성 진동소음 방진재를 이용하여 레일의 측면을 연속적으로 지지

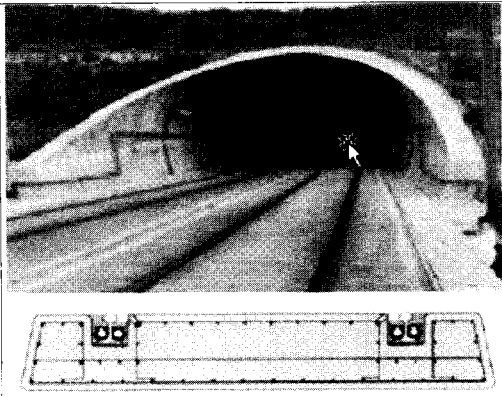


그림 9 터널용 ERS 궤도

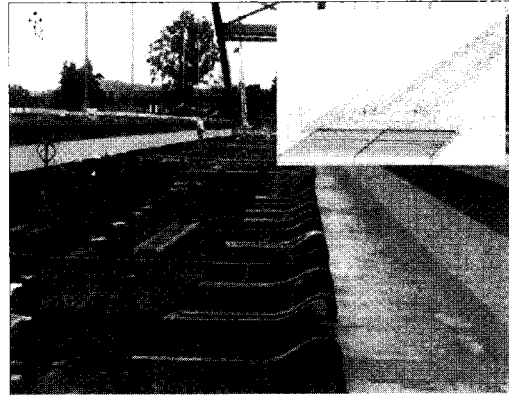


그림 11 교량위에 부설된 방진매트

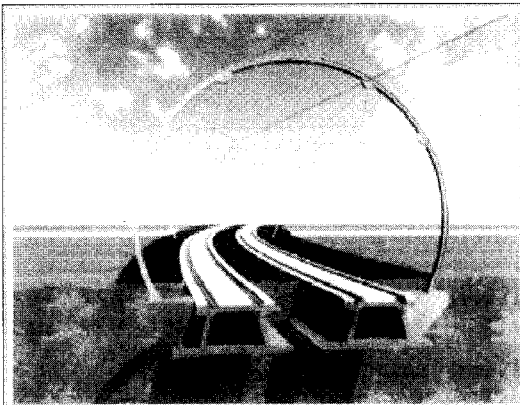


그림 10 DECK형 궤도



그림 12 H형 방진침목

시커줌으로써 진동을 흡수하는 궤도구조이다. 레일두부를 제외한 레일단면 전체를 둘러싸게 되는데 진동에너지의 대부분을 방진재가 흡수할 수 있는 장점이 있으며 하부 궤도 슬래브의 진폭은 크게 감소하는 특징을 가지고 있다. 이러한 구조는 트램, 경전철, 중량철도 등에 이용이 가능하며 일반구간, 건널목, 역사, 차량기지 및 강판형교 철도교량에 적용이 가능하다. 기존의 유도상궤도와 비교했을 때 적어도 5 dB~7 dB 정도의 소음 및 진동 저감이 가능한 것으로 알려져 있다.

국내에는 아직 부설실적이 없지만 네덜란드 듀렌(Deuren)에 부설되어 열차속도 160 km/h

하에서 부설실적이 있는 것으로 보고되었다. 현재도 코르클라스와 같은 특수한 방진재를 삽입시키고 기존의 UIC 54 또는 새로운 형태의 블록레일 SA42를 활용한 ERS등이 델프트공대에서 개발되고 있으며 225 kN의 열차하중 통과시에도 소음진동 저감목표를 달성한 것으로 나타나고 있다. 이외에 DECK Track(그림 10)은 콘크리트 데크 내부의 빈 튜브식으로 제작하여 중량을 감소시킨 궤도구조로서, 특히 취약한 노반지역에 적용이 가능하다.

(3) 궤도구성품

자갈도상 궤도의 경우 도상매트(Ballast Mat), 방진침목(Sleeper Pad)이 방진효과가 우수하며

슬래브 궤도의 경우에는 체결구의 베이스플레이트 패드(Baseplate Pad)를 통해서 진동저감이 가능하다.

도상매트의 경우 설계하중 25 kN, 설계속도 300 km/h를 기준으로 다양한 강성을 가지고 있는 여러 종류의 매트가 존재하며, 바닥에 접촉되는 탄성층과 자갈보호 탄성층은 반복되는 차량충격을 자갈에 분산시키는 동시에 강한 내마모성을 가지며 폴리우레탄 또는 SBR/CR 등의 탄성합성고무로 구성되는 특징을 가지고 있다. 특히 열차하중의 탁월주파수 대역인 30 Hz의 진동저감능력이 우수하면서 시공성이 우수한 장점이 있다. 실제로 경부고속철도의 교량 구간에도 설치되어 진동가속도를 상당한 정도로 저감시킨 바 있다. 반면, 방진침목은 가장 경제적인 진동 및 고체음 저감대책 중의 하나이다.

근래에 일본 및 유럽에서는 독자적으로 설계된 방진침목패드를 개발, 설치 및 운용하고 있는데 침목과 접촉되는 탄성층과 자갈과 접촉되는 보호층으로 전체 구조가 구성되어 있다.

탄성층은 유연한 스프링상수로 인해 동적하중 및 진동을 효과적으로 저감시키며 보호층은 단단하고 내마모성이 우수하기 때문에 동적하중을 자갈에 분산시키고 탄성층을 보호하는 역할을 수행한다. 또한 최근에 오스트리아에서는 H형 타입의 방진침목(그림 12)이 개발된 바 있다.

4. 맺음말

본 고에서는 철도 소음·진동의 효율적인 저감을 위해 현재 적용되고 있는 제반 기술현황에 대해서 살펴보았다. 소음과 관련해서는 도유기, 흡음재, 방음벽을 중심으로 살펴보았으며, 진동과 관련해서는 지반, 구조물, 궤도로 각각 구분하여 지반에 대해서는 방진구를 중심으로, 구조물에 대해서는 수동형 감진장치와 능동형 감진장치를 중심으로 궤도에 대해서는 플로팅 슬래브 궤도, ERS 궤도 등을 중심으로 살펴보았다. 국내의 경우, 도시철도의 확장 및 고속철도의 개통과 더불어 철도교통망은 지속적으로 증가될 것으로 판단되며 이와 더불어 소음 및 진동에 대한 환경기준의 강화와 사회적 관심이 증대되고 있는 바, 본 고에서 기술한 소음·진동 저감기술의 적극적인 습득 및 신속한 국내기술의 개발 및 적용이 절실하게 요구되는 것으로 판단된다. ▣

참고 문헌

- (1) 고속전철 교량기술 개발 연구보고서, 건설교통부, 1998.
- (2) 고속철도 선로구축물 시스템 기술개발 연구보고서, 건설교통부, 2000.
- (3) 도시철도 선로시스템 표준화 연구보고서, 건설교통부, 2002.