

고속철도가 환경에 미치는 영향

오 현 제

(한국건설기술연구원 환경연구실 선임연구원)

1. 머리말

고속철도는 1964년 일본이 세계에서 최초로 신간선을 개통한 이래 1981년 프랑스 및 1991년 독일에서 최고속도 300 km/hr의 고속철도를 개통하여 철도의 가치가 재평가 되고 세계 각국에서 고속철도 건설이 계획되고 있다. 우리나라에서는 고속도로에 대한 집중투자로 철도 수송량이 점차 감소하고, 이로 인한 철도경영은 악화되어 시설장비의 개선에 대한 투자가 어렵게 되므로써, 경제성장과 비례하는 수송능력은 확충되지 못하고 있는 실정이다. 특히 자동차 문화의 발달과 산업물동량의 증가는 교통체증이라는 사회문제를 야기시키면서 사회·경제적 손실을 가중시키고 있다. 경부축을 중심으로 경제성장을 이룩해 온 현실적 여건에서 경부선의 수송능력은 2000년을 전후로 한계에 도달될 것이라는 예측과 함께 새로운 교통수단의 도입이 절실히 요구된다.

교통체증이라는 현상으로 사회·경제적 손실은 1995년 6조 8천억원에서 2000년에는 32조원으로 2001년까지 총 130조원이라는 막대한 비용이 소모될 것이므로, 국토가 좁고 인구밀도가 높은 우리나라에서 고속철도등 새로운 교통망체계

의 도입은 필연적이라 할 수 있다. 그러나, 산업의 발달이 인류에게 가져다 주는 문명이 주변 환경의 파괴를 초래하는 문제를 발생시키고 궁극적으로 자멸의 길로 들어서게 하는 역할을 할 수 있다. 오늘날 과학기술의 진보와 더불어 받아들여져야 하는 개념은 개발된 기술을 보다 유연하고 세련되게 서로 피해가 없는 범위내에서 조화롭게 만드는 슬기와 함께 종합적인 환경의 보전을 위한 개발과 보전의 조화를 위한 진보적 사고가 필요하다. 이러한 관점에서 고속철도로 인한 자연환경, 생활환경 및 사회·경제, 환경적 측면에서의 환경영향 분석은 기술의 도입과 동시에 이루어져야 할 것이다.

따라서 본 글에서는 고속철도로 인해 야기될 수 있는 환경영향을 환경보전적 측면에서 고찰해 보고자 한다.

2. 환경영향 분석방법

일정규모 이상의 개발사업은 환경정책기본법에 의거 환경영향평가라는 제도를 거쳐야만 사업시행을 할 수 있게 되어있다. 이는 개발과 보전의 조화를 목적으로 이루어지는 것으로서, 이에 따른 방법론이 고속철도의 건설에 적용되어야 할 것이다. 본 절에서는 환경에 미

치는 영향을 분석하고 평가하는 방법을 고속철도사업에 한정하여 중점적으로 검토되어야 할 환경항목은 동·식물상, 수질, 폐기물 및 소음·진동이 있는 바 이중에서 소음·진동에 대하여 중점적으로 서술 하고자 한다.

2.1 동·식물상

(1) 현황조사

(i) 조사항목

육상과 육수 동·식물상으로 구분하여 대상사업이 이루어지는 지역을 중심으로 식물상과 식생의 종류와 분포, 수생식물군집 등 동·식물상과 관련된 항목들에 대하여 조사한다.

(ii) 조사범위

조사범위는 대상사업의 종류, 규모 및 지역적 특성 등을 감안하여 사업의 실시가 동·식물상에 영향을 미친다고 예상되는 지역으로 한다. 육상동·식물상의 경우 사업대상지역의 장축길이 2배면적을 조사한다.

(iii) 조사방법

현지조사, 문헌조사 및 탐문조사를 실시하여 정략적으로 조사하되 현지조사와 기존자료를 기초로 하여 정리하고 반드시 현지조사를 통한 확인 및 보완조사를 실시한다.

(2) 영향분석

동·식물상에 대한 영향은 환경

(기상, 기형·지질)의 변화와 대기, 수질, 소음·진동발생에 따른 결과를 이용하여 동·식물상의 변화정도를 종합적으로 분석한다.

2.2 수 질

(1) 현황조사

(i) 조사항목

수질현황에 대한 조사항목은 표 1과 같은 항목을 기준으로 시행하여야 하며, 지하수와 수문현황, 수자원 이용상황, 수질오염 발생원, 처리시설 현황 및 우수유로 현황등의 조사가 병행되어야 한다.

(ii) 조사범위

고속철도사업이 수질 등에 영향을 미칠 것이라고 예상되는 수역으로 한다.

(iii) 조사방법

반드시 현지 측정조사를 실시하되 하천의 유황상태를 고려하여 오염도변화를 충분히 파악할 수 있는 기간동안 조사하고, 기존자료와 현황 측정결과와의 적합성 여부를 비교 분석한다.

(2) 영향분석

고속철도 사업의 시행으로 인한 대상수역에 미치는 수질오염도 변화, 대상수역의 유황변화, 수역이용상황 변화 및 지하수 환경변화등

에 대하여 예측모델을 이용한 수치 해석, 수리모형실험 및 유사사례에 의한 방법중에서 적절한 방법을 선택하여 영향도를 예측하고 분석한다.

2.3 폐기물

(1) 현황조사

(i) 조사항목

폐기물과 관련된 현황조사항목은 쓰레기 발생 및 처리, 처분상황, 분료발생 및 처리·처분상황, 산업폐기물 발생 및 처리·처분 상황중에서 특성과 규모 등을 고려하여 발생이 예상되는 항목을 조사한다.

(ii) 조사범위

사업대상 구역 및 주변 인접지역으로 한다.

(iii) 조사방법

조사는 공신력 있는 기존자료를 이용하여 기존상황을 정리하고 필요시 현지조사를 통하여 확인 및 보완을 실시한다.

(2) 영향분석

고속철도사업의 시행으로 인해 쓰레기 발생량 및 이의 처리, 처분, 분뇨발생량 및 이의 처리, 처분 및 산업폐기물 발생량 및 이의 처리, 처분 계획을 수립하고, 그에 따른 영향을 분석한다.

2.4 소 음

(1) 현황조사

(i) 조사항목

현황의 조사항목으로는 소음의 상황으로서, 환경소음 및 도로, 철도, 항공기, 공장 등의 특정소음의 소음레벨 상황을 조사하고, 주요 발생원의 상황, 토지 이용의 상황 및 기타 상황으로서, 자동차교통량, 차중구성, 도로구조등의 상황과 소음규제 지역으로의 설정여부 등 관련계획, 법령 등을 조사한다.

(ii) 조사범위

소음이 환경에 영향을 미칠 것으로 예상되는 사업대상지역 및 주변 지역을 조사범위로 한다.

(iii) 조사방법

반드시 현지조사를 실시하며 유사사례로 기존자료를 활용한다.

(2) 영향분석

고속철도사업으로 인한 소음의 영향은 건설중 소음(건설용 자재 운반차량에 의한 소음, 건설장비 운용에 따른 소음)과 주요 발생원에 의한 특정소음으로 나누어 분석하고, 고속철도와 같은 소음환경기준이 설정되어 있지 않은 특정 소음은 외국의 규제기준과 피해대상 주민의 건강상 위해방지를 위한 수준을 기준으로 설정하여 예측항목

표 1 수질현황 조사항목

대 상 지 역	항 목	조 사 항 목
하천 및 호소	생활환경 보전	· pH, BOD, COD, SS, DO, 대장균수, 총질소, 총인, 클로로필a(호소)
	사람의 건강보호	· Cd, As, CN, Hg, 유기인, Pb, Cr ⁺⁶ , PCB, ABS
지 하 수		· 음용수 수질기준 항목조사
공 통	기 타	· 페놀함유량, 동함유량, 납함유량, 용해성 철함유량, 용해성 망간함유량, 불소함유량 · 수온, 투명도, 염분량 또는 염소이온, 탁도, 전도율, 음이온 계면활성제, 플랑크톤
	저 질	· 유화물, 강열감량, COD · Cd, As, CN, Hg, 유기인, Pb, Cr ⁺⁶ , PCB, Cu, Zn, Fe, 기타

에 적합한 소음전파 모델을 선택하여 수치계산을 하거나, 유사사례의 이용 및 해석의 결과를 이용하여 예측하고, 분석한다.

2.5 진 동

(1) 현황조사

(i) 조사항목

진동영향을 분석하기 위한 조사항목으로서는 진동의 현황인 환경진동 및 도로, 공장 등 특정진동의 진동레벨의 상황을 조사하고, 토지이용의 상황 및 주요 발생원의 상황을 조사한다.

(ii) 조사범위

고속철도사업의 종류, 규모 등을 고려하여 대상사업의 실시에 의한 진동이 환경에 영향을 미칠 것으로 예상되는 지역으로 한다.

(iii) 조사방법

반드시 현지 측정조사를 실시하며, 기존자료를 수집하여 현황 측정결과와의 적합성 여부를 비교, 분석하고 토지이용의 상황, 주요 발생원 상황에 대하여 기존 자료조사를 실시하고 필요시 현지조사를 한다.

(2) 영향분석

고속철도사업으로 인한 진동의 영향은 유사사례의 참조 또는 경험적 회귀식을 이용하는 방법과 이론계산식을 이용하여 영향을 예측하고, 진동환경기준이 규정될 때까지 외국의 진동환경기준 또는 평가기준을 이용하는 것으로 하여 진동이 생활에 미치는 정도 및 범위를 분석한다.

3. 고속철도가 환경에 미치는 주요 영향

3.1 환경영향요소 추출

고속철도 사업이 환경에 미치는 영향을 분석하기 위해서는 먼저 노선계획, 열차 운행계획, 역세권 개발계획 등의 사업특성과 현지노선

을 통하여 지역개황을 파악한 후 공사시, 운행시 전단계에 걸쳐서 본 사업구간과 주변인접영향권의 자연환경, 생활 환경, 사회·경제 환경에 영향을 미칠 것으로 예상되는 장·단기적인 환경영향요소를 추출하여야 하며, 추출절차는 그림 1과 같다.

(1) 건설단계

고속철도사업의 건설단계에서 예상되는 환경영향을 분석해본 결과를 나타내면, 산림벌채, 하천개수, 변경(교량 공사시), 육상지형의 변형, 호소의 변형 등에 의한 자연형질의 변형과, 골재채취 및 운반, 석재채취 및 운반, 돌기에 필요한 흙의 채취 및 운반, 기자재운송(육상)등과 같은 재질의 채취 및 운반에 의한 영향 및 깎기, 돌기, 공사배수, 삭공·발파(터널공사시), 굴삭, 공사인부의 투입, 사토처리,

콘크리트 공사, 항타, 포장 등과 같은 시설 및 건설공사에 따른 영향을 나타낼 수 있다.

(2) 운행단계

고속철도의 운행단계에 있어서는 철도, 교량, 터널, 건축물 등과 같은 구조물의 존재에 의한 영향과 고속철도 운행, 배수, 폐기물 발생과 같은 운행에 따른 영향을 나타낼 수 있다.

3.2 환경항목의 설정

(1) 환경항목 설정기준

고속철도사업이 영향을 미치는 환경항목의 설정을 위한 설정기준은 표 2와 같다.

(2) 환경항목 설정

고속철도사업에 따른 환경영향 및 영향예측의 환경항목은 본 사업의 특성, 계획노선구간, 주변지역의 상황 등을 고려하여 공사시와

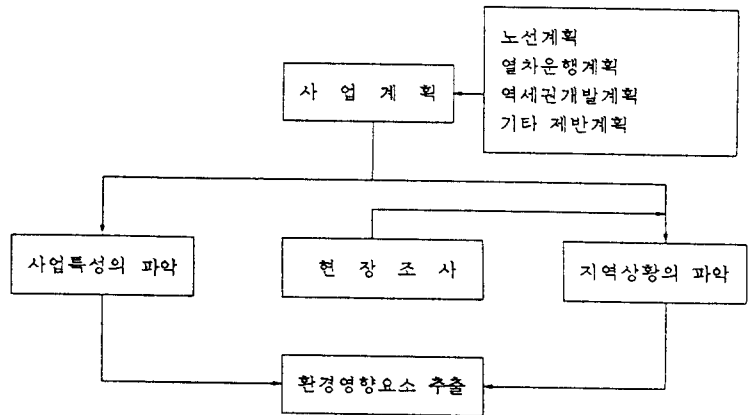


그림 1 환경영향요소 추출 절차

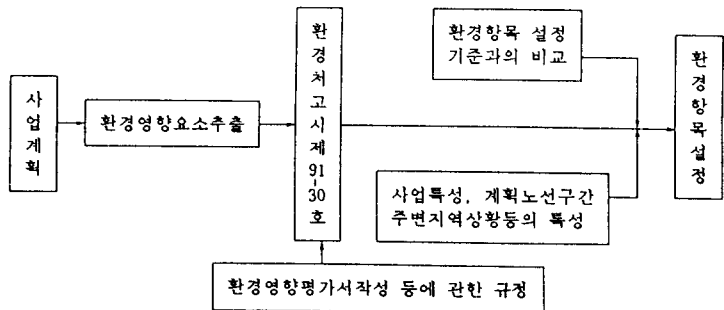


그림 2 환경항목 설정 절차

표 2 환경항목 설정기준

환경항목		설정기준
자연환경	기상	· 대기질, 수질 등 타항목의 기본요소로 작용하는 경우
	지형·지질	· 환경정책기본법, 자연공원법 및 기타 자연환경보전에 관한 법령에 의해 지정된 지역 또는 학술상의 관점에서 중요하다고 인정되는 지역을 통과하는 경우 · 깎기, 돌기, 굴삭 등 자연형질의 변경에 의해 지반변형 비탈면 안정성의 변화 등을 줄 우려가 있는 지역을 통과하는 경우 · 지하구조물의 설치에 의해 지하수위에 영향을 줄 우려가 있는 지역을 통과하는 경우
	동·식물상	· 환경정책기본법, 자연공원법 및 기타 자연환경보전에 관한 법령에 의해 지정된 지역 또는 학술상의 관점에서 중요하다고 인정되는 지역을 통과하는 경우 · 양호한 자연환경을 형성하거나 귀중한 식생 또는 동·식물이 존재하는 지역을 통과하는 경우
생활환경	토지이용	· 정거장에 의해 역세권이 새로이 형성되는 경우 · 계획노선에 따라 기존 토지이용의 변화가 심하게 발생하는 경우
	대기질 소음·진동 전파장해	· 도시계획법에 의해 용도지역으로 지정된 지역(용도지역 이외의 신시가지, 주택단지 등의 개발사업이 예정되어 있는 지역과 기존취락) 및 그 인접지역을 통과하는 경우
	수질	· 정거장의 오수, 또는 공사배수 등을 공공수역 배출하는 경우
	토양	· 농경지 등 토양오염 대책지역으로 지정된 지역(토양오염 대책 지역 이외의 농경지 개발사업이 예정되어 있는 지역과 기존 농경지를 포함) 및 그 인접지역을 통과하는 경우
	폐기물	· 정거장 설치에 따라 폐기물이 발생하는 경우 · 기존 건축물의 철거계획, 토공에 의해 건축폐재, 잔토 등 폐기물이 발생하는 경우
사회·경제환경	인구	· 정거장의 설치로 인구집적현상을 일으킬 우려가 있는 경우
	주거·교통	· 지역조직상 일체성 및 그 지역 주민의 일상적 교통경로를 분단할 우려가 있는 지역을 통과하는 경우
	산업	· 사업시행에 따라 산업구조, 자원의 생산력 등에 변화가 초래될 경우
	문화재	· 문화재보호법 및 기타 문화재 보호에 관한 법령 등에 의해 지정된 문화재 분포지역 또는 매장 문화재 가능지역을 통과하는 경우

운행시에 추출될 환경영향요소를 충분히 검토한 후 환경항목설정기준이 본 사업의 시행과 관련되어져 필요로 하는 평가항목을 설정되어야 하며, 그 절차는 그림 2와 같고 설정된 환경항목은 표 3에 나타내었다.

표 3 환경항목의 설정

구분	환경항목
자연환경	기상, 지형·지질, 동·식물상
생활환경	토지이용, 대기질, 수질, 토양, 폐기물, 소음·진동, 전파장해, 일조장해, 위락·경관(위생 및 공중보건)
사회·경제환경	인구 및 주거, 산업, 교통, 문화재, 공공시설, 교육

3.3 환경영향요소에 의한 주요 평가항목

본 사업시행에 따라 예상되는 환경영향요소와 평가항목설정기준을 감안하여 환경현황조사 및 예측평가항목으로 선정된 환경항목의 상호관계를 종합적으로 파악하기 위하여 환경현황요소 및 평가항목간 행렬식 대조표를 작성하여 분석해 본 결과, 동·식물상, 수질과 폐기물 및 소음·진동에 의해 환경에 악영향을 미칠 수 있는 것으로 나타났다.

3.4 환경에 미치는 주요영향

환경영향요소와 환경항목의 관계를 토대로 고속철도 사업의 시행으로 인해 야기될 수 있는 주요영향을 앞질의 분석방법을 이용하여 분석해본 결과를 요약하면 다음과 같다.

(1) 자연환경

(i) 지형·지질

지형·지질에 미치는 영향으로는 산악지역의 깎기구간과, 터널구간의 출입구 부분, 저지대의 돌기, 교량건설 등 공사의 시행으로 전 구간에서 선형적인 변화에 의한 영향과 토공작업실시로 비탈면의 발생, 강우시 비탈면 토사의 유실 및 붕괴, 깎기지역에서는 수침에 의한 산사태와 돌기지역에서는 암밀침하 및 터널공사시 지하수유출, 지반침하 등의 발생이 예상된다.

(ii) 동·식물상

동·식물상에 미치는 영향으로는 고속철도 건설공사시 깎기, 돌기에 따른 식생의 제거, 녹지의 감소에 따른 현존량 및 순생산량 감소와 공사시 야생동물의 서식지 차단, 소음·진동의 영향으로 인한 서식지 이동, 작업인부들에 의한 야생동물의 남획 및 운행시 열차와 야생동물의 충돌등에 따른 영향이 있을 것으로 예상된다.

(2) 생활환경

(i) 토지이용

토지이용에 있어서의 영향은 깎기, 돌기구간에서 주민이동로의 단절, 농로의 차단, 지역간 단절 등이 발생할 것이며, 역사 건설로 각종 편의 시설이 들어섬으로써 역사권이 형성되어 계획적인 토지이용과 고용증대 등으로 긍정적 효과도 예상된다. 그러나 역사 건설시 주변교통혼잡의 발생도 예상된다.

(ii) 대기질

대기질에 대한 영향은 공사시 장비의 운행과 토사의 이동에 따라 대기오염물질의 배출에 따른 영향과 운행시 역사의 시설난방에 의한 영향도 예상된다.

(iii) 수질

수질에 미치는 영향은 깎기, 돌기 공사시 강우에 의한 토사유출과 교량공사시 교각기초공사로 인하여 고형물질이 하천으로 유입하여 수계에 미치는 영향, 터널 공사시 지하수 발생으로 인한 영향 및 운행시 역사 이용인구에 의한 오수발생에 의한 영향이 예상된다.

(iv) 폐기물

폐기물에 의한 영향은 공사시 수거되는 건축물, 공사용 재료 등 폐건축자재가 발생되며 각종 장비 및 인부들에 의한 폐유와 뇨수 등의 발생이 예상되고, 운행시 정거장에서 역무원에 의한 일반폐기물 발생량 및 이용객에 의한 발생이 예상된다.

(v) 소음·진동

소음과 진동에 의한 영향은 공사시 건설장비에 의하여 발생하는 소음으로 정지공 95.6dB(A), 토공 92.2dB(A), 굴착공 88.1 dB(A), 포장공 84.7 dB(A)로 산정되어 280m까지 영향이 있는 것으로 예상되며, 차량운행시 소음의 영향은 지역적 특성에 따른 영향권을 나타낼 수 있는 것으로 예상되며, 진동

의 영향은 일본의 진동규제치인 70 dB(V)이하일 것으로 예상된다.

(3) 사회·경제환경

사업시행으로 철도의 여객 수송 부담율이 높아지고 전국을 반일생 활권화 함으로써 고속도로 체중을 해소하고 기술발전 등 사회·경제 환경상의 긍정적인 영향이 예상되고, 계획노선 편입지역 발생 및 생활환경악화로 주민이주가 불가피한 상황 및 사업시행에 따른 산업의 변화가 크지는 않으나 농지의 감소와 더불어 2.3차 산업으로의 전환 인구 증가등에 따른 농업인구 감소가 예상된다.

4. 소음에 의한 영향

4.1 공사시

(1) 건설장비 소음에 의한 영향

공사시 발생하는 주소음원은 건설장비의 엔진소음, 건설장비와 공사용 재료의 마찰 및 충격음, 각종 타격 및 파괴음, 굴착음 등으로 각 공사종류에 따른 투입장비의 종류, 대수 및 가동조건 등에 따라 소음도가 달라진다.

건설장비로 인하여 발생하는 소음은 사용장비의 종류 및 수량 등의 조건들이 정확히 파악되어야 하나 정확한 자료를 구하기는 어려우므로 유사사례를 참조하여 공종별 투입장비의 종류 및 대수를 가정하여 합성소음도를 산출(소음도 합성식 적용)한 후 점음원 거리감쇠공식을 적용하여 이격거리별 소음도를 분석할 수 있다. 그 적용식은 다음과 같다.

· 적용식

$$SPL_o = 10 \log \left(\sum_{i=1}^n 10^{\frac{L_i}{10}} \right) : \text{소음도 합성식}$$

$$SPL = SPL_o - 20 \log \frac{r}{r_o} : \text{점음원 거리감쇠공식}$$

표 4 공종별, 이격거리별 예측소음도

공종	장 비 명	규 격	대 수	측 정 소음도	합 성 소음도	이격거리 (m)					
						50	100	150	200	250	300
정지공	불 도 자	13 ton	1	85	95.6	85.1	79.1	75.6	73.1	71.2	69.6
	불 도 자	10 ton	1	84							
	페 이 로 더	1.34m ³	1	77							
	백 호 우	0.7m ³	2	85							
	덤 프 트럭	15ton	3	89							
토공	크 레 인	50 ton	1	78	92.2	81.7	75.7	72.2	69.7	67.8	66.2
	덤 프 트럭	15 ton	2	89							
굴착공	천 공 기	16 ton	1	84	88.1	77.6	71.6	68.1	65.6	63.7	62.1
	컴 프 레 셔	5.0m ³ /min	1	85							
	컴 프 레 셔	3.5m ³ /min	1	79							
포장공	매카덤로올러	10 ton	1	80	84.8	74.3	68.3	64.8	62.3	60.4	58.8
	텐담로올러	10 ton	1	80							
	타이어로올러	10 ton	1	80							

주) 1. 측정 소음도 : 각 장비로부터 15 m 떨어진 지점에서의 측정소음도
 2. 공사장 생활소음 규제기준(주간) : 70dB(A)이하

SPL : 이격거리별 예측소음도 (dB(A))

SPL_o : 각 공종별 합성소음도 (dB(A))

L_i : 각 장비별 소음도 (dB(A))

r : 음원에서 예측지점까지의 거리 (m)

r_o : 음원에서 기본지점까지의 거리 (15m)

음원과 수음점의 위치가 고저차 없이 평지로 이루어져 있는 경우에, 공종별 합성소음도 및 이격거리별 예측소음도는 표 4에 제시된 바와 같이 합성소음도는 정지공, 토공, 굴착공, 포장공일 때 각각 95.6dB(A), 92.2dB(A), 88.1 dB(A), 84.8dB(A)로 산출되었으며, 이격거리별 소음도는 최대소음을 나타낸 정지공일 때 100 m 이격지점에서 79.1dB(A), 250 m 이격지점에서 71.2dB(A)로 예측되었다.

(2) 발파소음에 의한 영향
 발파로 인하여 발생하는 소음도는 사용폭약의 종류, 장약량, 발파

방법 등에 따라 상당한 차이가 있으나 순간적으로 높은 소음도를 나타내어 인근 주거지역에 영향을 미친다.

발파에 사용되는 폭약 종류별, 이격거리별 실측소음도는 표 5와 같이 75g의 폭약 사용시 40 m 이격된 지점에서 75~96 dB(A), 100 m 이격된 지점에서 67~88 dB(A)로 측정되어 2호 다이나마이트의 소음도가 가장 큰 것으로 조사되었다.

2호 다이나마이트 150g을 사용하여 1회 폭파할 때 차음물이 없는 경우 주거지역과 터널입구와의 이격거리가 100 m일때는 96 dB(A), 500 m일때는 82 dB(A)로 나타났으

나 이러한 결과는 일반적인 발파작업시 사용되는 폭약의 소음도로서, 본 사업의 시행에 있어서는 함수폭약, 정밀폭약, CCR 등으로 대체하여 사용할 경우 정량적으로 나타내기는 어려우나 일반폭약에 의한 발생소음도에 비해 상당히 낮은 소음도를 나타낼 것으로 사료된다.

또한 터널발파공사의 대부분이 산지에서 실시되어 지형 및 수림에 의해 자연감쇠가 되므로 다소 낮은 소음도를 나타낼 것으로 판단된다.

4.2 운행시

고속철도의 운행으로 인하여 발생하는 소음에 의한 영향은 국내에는 충분한 자료가 없으므로 현재

표 5 폭약 종류별, 이격거리별 측정소음도 (단위 : dB(A))

폭약종류	이격거리	40 m		100 m		500 m		1000 m	
		폭약 사용량	75 g	150 g	75 g	150 g	75 g	150 g	75 g
2 호 다 이 나 마 이 트		96	104	88	96	74	82	68	76
L D P 폭 약		88	101	80	93	66	79	60	73
흑 색 광 산 폭 약		75	101	67	93	53	79	47	73

운행중인 TGV(프랑스), ICE(독일), 신간선(일본) 중 비교적 자료 수집이 용이한 신간선의 기존자료를 분석하여 제시한다.

(1) 고속철도 운행시 소음관련 자료 고찰

(i) 소음원

고속철도 운행시 발생하는 주 소음원은 그림 3에 제시된 바와 같이 Rail과 차량의 접촉음(전동음), 펜타그래프(penta graph : 전철이 전력을 공급받기 위해 전철 외부 상단에 설치한 장치)와 가선의 탁동음과 스파크(spark)음, 교량 등 구조물의 진동에 기인한 2차 소음 등으로 열차속도, 열차장, 열차의 종류 등에 따라 소음도가 달라진다.

(ii) 열차속도와 소음과의 관계

철도소음의 피크치는 열차속도가 100 km/hr 이상에서 속도의 제곱에 비례하고 100 km/hr 이하에서는 속도의 세제곱에 비례한다. 이러한 결과에서 관계를 정리하여 그림 4에 철도소음레벨 피크치와 거리, 속도의 관계를 나타내었다.

(iii) 신간선 소음레벨 측정치

현재 선진외국에서 운행중인 고속철도는 독일 ICE, 프랑스

표 6 신간선의 소음레벨 측정치

구 분		동해도 신간선	산양 신간선
		소음레벨 (dB(A))	소음레벨 (dB(A))
교 량	방음벽유	82(76~89)	70~85(77.5)
	방음벽무	86(76~93)	82~93(87.5)
돌 기	방음벽유	—	79~80(79.5)
	방음벽무	67~99(83.0)	67~94(80.5)
값 기		72(72)	72(72)

주) 160km/hr 이상의 속도로 통과한 열차의 소음을 상·하선 중심으로부터 25m, 지상으로부터 1.3m 지점에서의 소음레벨 측정치임.

표 7 외국의 고속철도소음 환경기준

일 본 신간선 (Lmax)	지 역 구 분	기준치 (dB(A))				비 고
	주거지역, 관광휴양지	70dB(A)이하				
	상업지역, 준공업지역	75dB(A)이하				
유럽의 철도 소음 규제치 (Leq)	국 가	네덜란드	독 일	프 랑 스	스 위 스	
	기 본 법	법 률	법 률	제 안	법 률	
	대 상 선	신 선	신 선	TGV-A	신 선	
	기 준 치	60(07~19시) 55(19~23시) 50(23~07시)	67(06~22시) 57(22~06시) -	65~70(08~20시) 70(TGV외) -	60(06~22시) 50(22~06시) -	
	도시와의 차이	+5	+5	+5	+5	

TGV, 일본 신간선이 있으며, 그 중 신간선에 대한 소음실측 자료를 표 6에 나타내었다.

표 6에 제시한 바와 같이 교량의 경우, 방음벽 미설치시 76~93 dB(A)(동해도), 82~93dB(A)(산양), 돌기구간의 경우 방음벽 미설치시 67~99dB(A)(동해도), 67~94dB(A)(산양), 각기구간의 경우 모든 72dB(A)로 나타냈다.

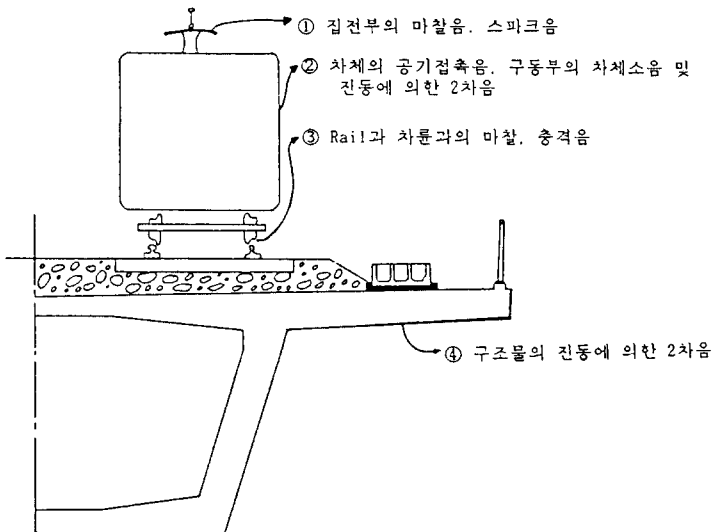


그림 3 고속철도 소음 발생원 분포도

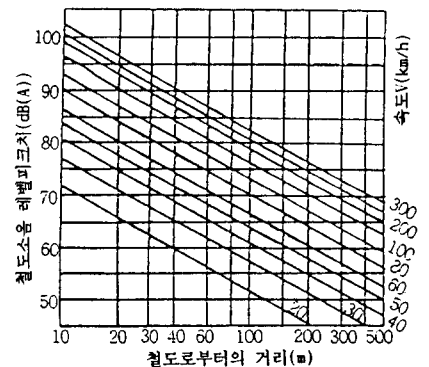


그림 4 차량속도에 따른 철도소음

이 소음치를 모두 평균하면 방음벽 미설치시 교량 86dB(A), 돌기 81.8dB(A), 각기 72dB(A)로 교량, 돌기, 각기구간순으로 소음영향이 큰 것으로 나타났다.

(iv) 고속철도 소음환경기준

현재 국내의 경우, 고속철도 소음에 관한 기준이 설정되어 있지 않으므로 외국의 고속철도 운행시 철도소음 환경기준에 대하여 조사하였다. 외국의 철도소음 기준치는 표 7에 제시한 바와 같이 일본 신간선의 경우 70~75dB(A)이며, 유럽의 경우 50~70db(A)로 나라마다 다르고 시간에 따라 구분하여 규제하고 있다.

(v) 신간선의 발생소음도 고찰
넓은 지역에 걸쳐 영향을 미치는

표 8 방음벽 유무에 따른 이격거리별 소음도 (단위 : dB(A))

구 분	이 격 거 리 (m)						비 고
	6	9	12	25	50	100	
방음벽 없음 106dB(A)at 2m	102	99	96	93	90	84	$r < \frac{\ell}{\pi}$: 선음원
방음벽 있음 106dB(A)at 2m	84	85	85	82	79	78	$r > \frac{\ell}{\pi}$: 점음원
감쇠량	18	14	11	11	11	6	r : 이격거리 ℓ : 열차의 길이

철도소음을 기술하는 요소는 속도, 거리감쇠 특성, 시간 등이 있으며, 평가척도로는 아직 확정된 것이 없다.

(가) 음의 분석

대표적 구조물에서 측정된 결과를 방음벽의 유무로 구분하여 그림

5, 그림 6에 각각 제시하였다. 그림 5와 6에서 알 수 있듯이 구조물 직하에서는 노반의 차음 및 반사효과에 의해서 구조물에서 다소 이격된 지점에서의 소음도보다 5~6 dB(A)정도 낮게 나타났다. 방음벽 유무에 따른 개략적인 소음감쇠 효과는 표 8과 같다.

표 8의 측정치중 이격거리 12m까지는 실측치를 근거로 한 것이나, 25m 지점이 후의 data는 각종 자료를 인용하고 소음이론을 적용시킨 것이다. 노선중심에서 25m 정도 이격거리에서는 대략 93 dB(A) 정도의 소음도를 갖는 것으로 사료된다. 이는 신간선의 열차장이 230m(12량)정도로서 이격거리 75m까지는 선음원 감쇠방식을 적용하고 그 이외의 지점에는 점음원 감쇠방식을 적용한 결과이다.

또한 신간선 이외에 프랑스 SNCF의 TGV와 독일 DB의 ICE의 소음현황자료를 검토해 보면 TGV의 경우 주행속도 300KPH, 이격거리 25m에서 93dB(A)의 소음도를 나타내는 것으로 조사되어 신간선의 소음도와 유사한 값을 가지나 TGV의 경우 신간선 주행속도 보다 30~50KPH 정도 빠른 상태의 측정치이므로 동시비교는 불합리하리라 사료된다. ICE 또한 동일한 이격거리에서 300KPH로 주행속도가 TGV와 동일할 때 89 dB(A)의 소음도를 나타내는 것을

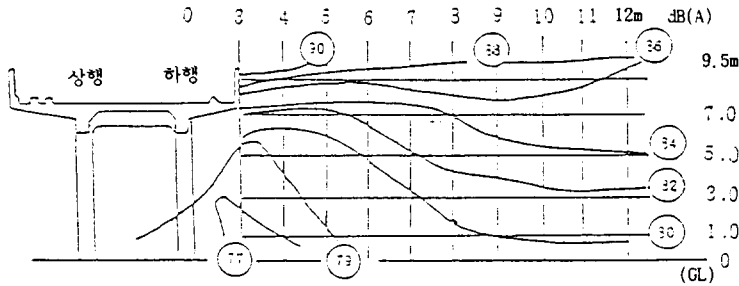


그림 5 소음의 분포상황(방음벽 있음)

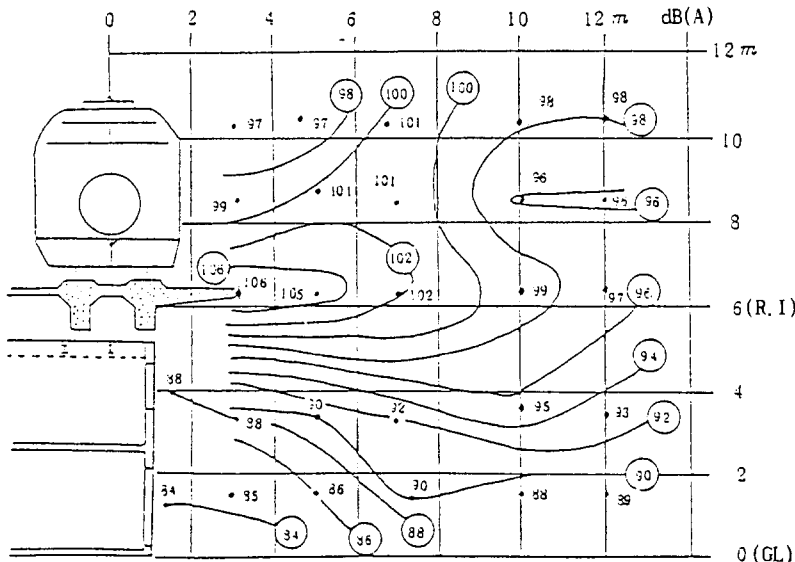


그림 6 소음의 분포상황(방음벽 없음)

파악되었다.

이와 같이 유사한 조건일때의 소음도는 주행속도 300KPH, 이격거리 25 m 지점에서 방음시설없이 89~93dB(A)의 소음도 분포를 갖는 것으로 조사되었다.

(나) 거리감쇠

노선에서 직각방향으로 떨어진 거리감쇠의 상황을 그림 7에 나타내었다. 거리감쇠의 정도는 지형이나 건물의 존재상황, 소음부분의 종류 등에 따라서 상당한 편차를 나타내고 있다. 일반적인 지역에서 보면, 이격 100m까지 약 4dB(A)차, 200~400 m에서 5dB(A)차로 되며, 400 m이상에서 약 6dB(A)의 차가 나서 점음원의 경우에 가깝게 되는 것을 알 수 있다.

실제의 지표면에서의 거리감쇠는 그림 7이나 그림 8과 같이 지형, 기타 여러가지 요인에 의해서 이루어지나, 교량의 경우 노선에 가까운 곳은 작고 25 m지점 부근에서 최고로 크게 되는 경우가 많다. 이때문에 소음측정의 대표치로서는 노선 중심에서 25 m 떨어진 지상 1.2 m 높이에서의 측정치를 취하고 있다.

(다) 음의 크기

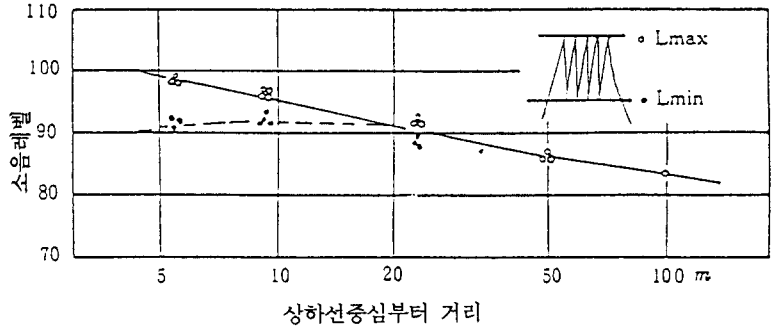
음의 크기는 노선 구조물의 종류, 대책의 有·無 등에 따라 다르다. 일부의 측정치를 나타내면 표 9와 같이 된다.

(라) 음의 지속시간

신간선 열차의 통과시의 소음 레벨 변화를 그림 9에 제시하였다. 열차 통과중에 최고치가 약 7초간 계속되고, 전체의 영향시간도 10초 정도로 짧다.

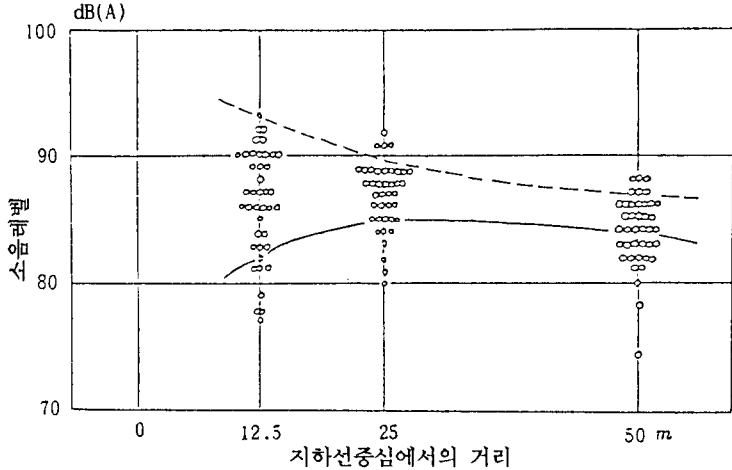
(마) 음의 주파수 범위

신간선의 대표적 노선구조로서 일반 교량과 돌기구간에 대한 주파수 스펙트럼의 예를 그림 10에 제시하였다. 일반적으로 250Hz에서 4,000Hz부근까지 대략 같은 레벨

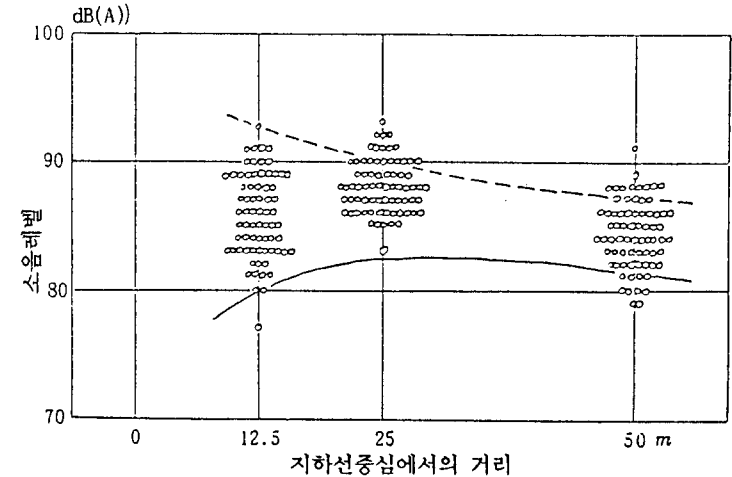


○ 실측 계산 12m(300m)
 · 이중음원모델, y=25m 90dB(A)에 일치
 그림 7 교량 소음의 거리감쇠 경향

(1) 돌기



(2) 교량



범	○ 실측치
례	----- 구조물의 차폐를 고려하지 않은 경우의 계산치
	———— 구조물의 차폐를 고려한 경우의 계산치

그림 8 소음의 거리감쇠

표 9 신간선 소음의 크기를 나타낸 예 (25m이격, 지상 1.3m 높이)

종	별	소 음 레 벨				비 고
		70	80	90	100 dB(A)	
교 량 돌 기	방음벽설치		□			
	방음벽무		□	□		
	방음벽설치		□			
	방음벽무	□	□	□	□	

에 포함되어 있고 8,000Hz부터 감소되는 경향이 있다. 이것은 신간선 주행음의 음원이 대단히 많은

부분으로 이루어진 것 때문이라고 판단된다.

5. 진동에 의한 영향

5.1 공사시

(1) 건설장비 진동에 의한 영향
발생원의 장소가 이동한다는 점과 비교적 단기간에 진동이 완료된다는 특징을 가지고 있는 건설진동은 주로 말뚝이나 sheet pile의 타입등의 타격작업 및 인발에 있어서의 연속진동과 같은 토목공사와 파괴작업이나, 도로의 파쇄작업 등에

서 발생한다.

건설장비에 의하여 발생하는 진동의 영향은 투입되는 장비중 주진동 발생원인 햄머 및 파쇄기에 대하여 장비로부터 20m 떨어진 지점에서 측정된 실측자료를 기준진동치로 설정한 후 아래의 이격거리에 따른 진동레벨 감쇠공식을 적용하여 이격거리별 진동도를 예측할 수 있다. 그 결과 표 10에 제시한 바와 같이 100m 이내 지역에서 디젤파일햄머 42.9~84.9dB(V), 진동파일햄머 36.9~78.9dB(V), 드롭햄머 37.9~79.9dB(V)로 예측되어 디젤파일햄머의 진동도가 가장 높은 것으로 나타났다.

· 적용식 : 진동레벨 감쇠공식

$$V_L = V_0 - 5.0 \log D - 0.32D$$

V_L : 예측지점에서의 진동레벨 (dB(V))

V_0 : 각 장비의 진동레벨 실측치 (dB(V))

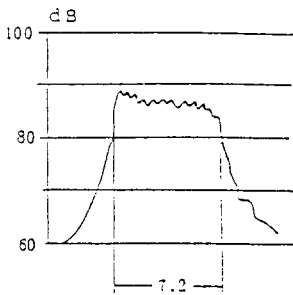
D : 진동원에서 예측지점까지의 거리(m)

국내에는 건설작업시 적용되는 진동규제기준이 설정되어 있지 않으므로 표 11에 제시된 일본의 건설작업시 적용되는 진동규제 기준치인 75dB(V)를 평가기준으로 영향권을 분석할 수 있다.

(2) 발파진동에 의한 영향

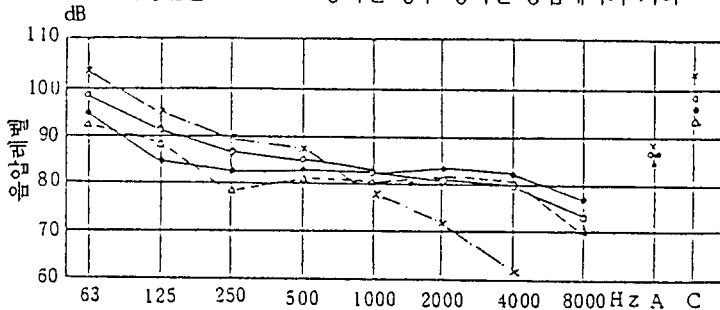
발파공사에 따른 일반적인 영향은 폭음 및 폭풍, 지반진동, 비석 등으로 구분되며, 건설에 따른 주 영향은 폭음 및 지반진동으로 대별된다.

비교적 고주파이며 폭원으로부터 거리가 증가함에 따라 진동도가 급격히 감소하는 특징을 갖는 발파진동은 발파조건과 지반조건에 따라 변하기 때문에 이러한 인자를 모두 고려하여 예측하기는 어려우므로 발파진동의 영향은 가장 중요한 인자인 발파 진동원으로부터의 이격

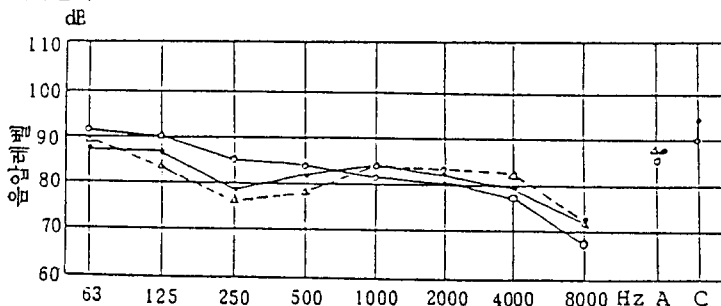


(돌기구간 : 25m 이격, 200km/hr, 16량 편성)
그림 9 음의 지속시간

(1)교량 측정점을 200km/h로 통과한 경우 상하선 중심에서의 거리



(2)돌기



(X : 0m, O : 12.5m, · : 25m, △ : 50m, 표고 : 13m)

그림 10 신간선 소음의 주파수 스펙트럼 예

거리, 정약량을 기본으로 한 추정식을 이용하여 영향권을 분석해 볼 수 있다. 그림 11에는 발파진동 크기에 영향을 주는 인자에 대하여 제시하였다.

5.2 운행시

고속철도의 운행으로 인하여 발생하는 진동에 의한 영향은 국내에 확정된 고속철도 유형이 없으므로 현재 운행중인 TGV(프랑스), ICE(독일), 신간선(일본) 중 비교

적 자료수집이 용이한 신간선의 기존자료를 근거로 진동파의 거리감쇠식을 이용하여 구조물별, 거리별 지반의 형태에 따라 고속철도 소음의 영향을 분석해 볼 수 있다.

(1) 진동원 및 특성

고속철도 운행시 차륜이 레일(Rile)위를 지나갈 때 양자의 접촉작용에 따른 충격으로 인하여 궤도에 발생하는 진동은 주로 30~60 Hz의 저주파와 200~700Hz의 고주파 성분을 포함하며 노선구조물(돌기, 깎기, 교량, 터널 등) 지반을 통하여 건물에 전파되어가나 전파과정에 있어서 각 구성요소(차량, 궤도, 구조물, 기초, 지반, 건물)가 가진 진동특성의 영향을 받아 감쇠 혹은 증폭되어 노선대 주변마을에 영향을 미친다. 이들을 세분화하여 나타내면 표 12와 같다.

표 12에 보인 철도진동에 관한 요소의 각부에서 측정되는 진동의 개략치를 주파수와 가속도로 나타낸 것이 표 13이다. 궤도로부터 지반에 전파하여가는 과정에서 진동 가속도는 1/100정도로 감쇠하여 탁월한 주파수로 전파되면서 낮은 주파수 성분으로 나타나는 것을 알

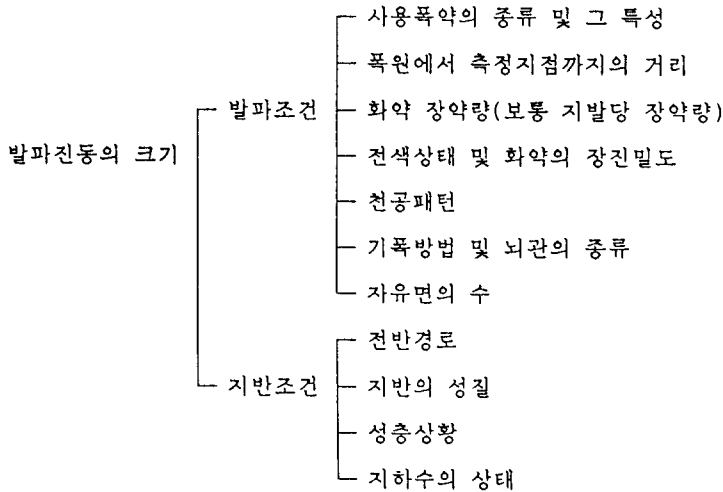


그림 11 발파진동 크기의 영향인자

표 10 건설장비 진동측정치 및 이격거리별 예측진동도 (단위 : dB(V))

장 비 명	진동측정치	이 격 거 리 (m)					
		10	20	30	40	50	100
디젤파일햄머	84.9	76.7	72.0	67.9	64.1	60.4	42.9
진동파일햄머	78.9	70.7	66.0	61.9	58.1	54.4	36.9
드 럽 햄 머	79.9	71.7	67.0	62.9	59.1	55.4	37.9

표 11 특정건설작업시 진동규제기준(일본)

공 종	진동의 크기	작업을 해서는 안됨		하루에 작업시간		동일장소에서 작업시간		일요일, 공휴일의 작업
		제 1호 구역	제 2호 구역	제 1호 구역	제 2호 구역	제 1호 구역	제 2호 구역	
말뚝박기 기계, 강구추를 사용하는 작업	75dB를 넘지 않을것	19시 ~ 익일 7시	22시 ~ 익일 6시	10시간	14시간	연 속	6일	금지

주) (1) 제 1호 구역

- 좋은 주거환경을 유지하기 위해 신경을 쓰는 구역
- 주거용으로 제공하기 위해 조용하게 해야 할 필요가 있는 지역
- 주거용, 상업, 공업 등에 제공하려는 구역으로서 상당수의 주거가 집합해 있어 진동발생을 방지할 필요가 있는 지역
- 병원, 학교 등의 부지

(2) 제 2호 구역

- 주민의 생활환경을 보호할 필요가 있는 지역중 1에 해당되는 이외의 구역

표 12 철도진동 요소

요 소	세 목
차 량	차 체 대 차 운 측
궤 도	레 일 체 결장 치 침 목 도 상 캐 도 스라브 밸 러스 트 매트 스라브 매트
구 조 물	돋 기, 깎 기 교 량(라 멘·향) 교 량(콘 크리트·철·합 성) 터 널
기 초	직 접기 초 향 기 초(기 제 향·제 자 리 정 설 향) 케 이 슨
지 반	지 질 조 건 흙 의 특 성 국 소 구 조
진 물	구 조 종 별(목 조·CB·RC·S) 층 수 규 모 기 초 구 조

표 13 각 요소에 발생하는 진동의 개략치

구 성 요 소	진 동 수	가 속 도
차 량*	1Hz 10~20(30~60) 40~60	1~0.2g 1~3, 2~5 2~15
궤 도*	30~60	2~15
노 반	- 30~70	- 0.2~1
지 반	- 15~20 15~25	- 0.03~0.05 0.02~0.03

* 그 외에 200~700Hz의 고주파진동이 발생한다.

수 있다.

(2) 신간선 발생진동도 특성

(i) 열차속도 및 지속시간

열차가 통과함으로 인하여 발생하는 진동은 그림 12에서 도시한

바와 같이 열차속도 200 km/h인 경우에는 최고치가 약 7초간 계속되며, 300 km/h인 경우에는 5초정도 지속되며, 그림 12에 나타난 미소 peak파는 열차의 대차, 차륜의

tyre flat 및 레일의 마모등 국부조건에 의해 생기는 성분으로 이와 같은 진동은 열차 통과시마다 반복하여 발생한다.

열차속도와 진동레벨과의 관계를 살펴보면 그림 13에 나타난 바와 같이 150 km/h 전후에서는 열차속도가 증가함에 따라 진동레벨이 증가하지만 200 km/h 이상의 고속에서는 일정치에 접근하는 것을 알 수 있다.

또한 그림 14에 나타난 바와 같이 진동은 열차속도에 따라 변화하지만 노선으로부터 30 m 떨어진 곳에서는 진동의 거리감쇠로 인해 큰 진동을 발생하지 않고, 열차속도에 의한 영향이 적음을 알 수 있다.

(ii) 거리에 의한 감쇠

진동에너지가 공간중에서 작아지는 기하감쇠나 토지의 내부마찰 등에 의해 열에너지로 변화하는 매질 내부감쇠에 의해 노선의 주변지반의 진동속도는 그림 15와 같이 거리가 멀어짐에 따라 감쇠하는데 일반적으로 기하감쇠의 경우에는 실제하는 거리의 2승에, 표면파는 거리의 1/2승에 반비례하며, 매질내부감쇠에서는 진동수가 높을수록 감쇠도 빠르다. 따라서 선로부에서 약 30 m 까지는 교량 등의 고진동수 성분은 급속도로 감쇠하여 그 이상이 되면 근사적으로 거리에 반비례한다.

또한 보정가속도 레벨의 경우에는 충격층에서 진동레벨이 큰 경우

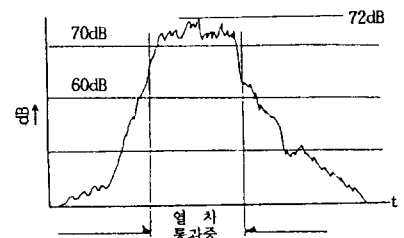
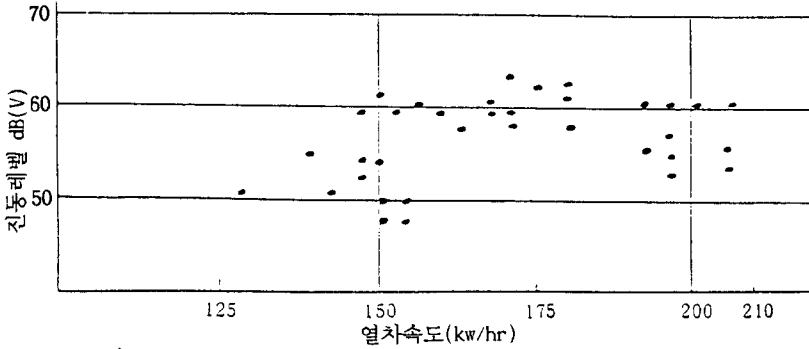


그림 12 신간선의 진동레벨 변화



- 150km/h가 Transient Point
- 진동 Level은 산지구 연식성분 Rahman 교량에서 20m거리에서 측정한 값
- Slab궤도, 홍적층

그림 13 진동레벨과 열차속도와의 관계

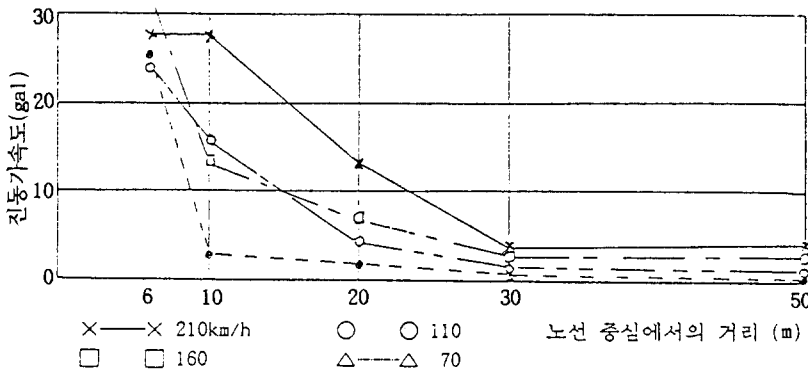


그림 14 열차속도와 지반 진동 가속도

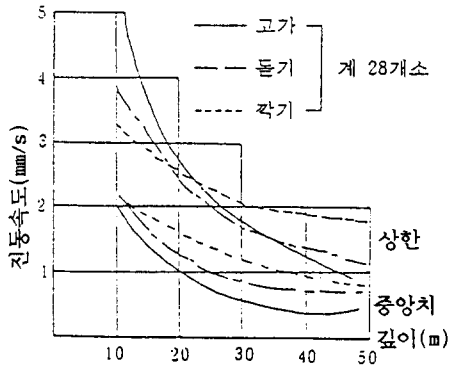


그림 15 지반진동의 거리감쇠(진동속도)

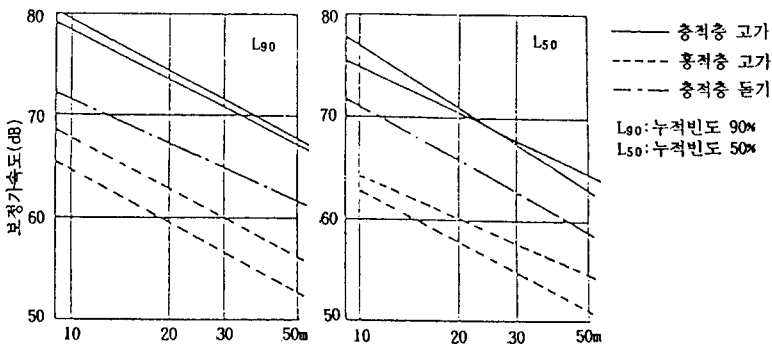


그림 16 지반진동의 거리감쇠(진동레벨)

거리가 두배가 되면, 그림 16과 같이 약 6dB(V) 정도가 감쇠하지만 홍적층에서는 진동레벨이 낮은 경우 감쇠의 비율이 낮다.

6. 결 론

고속철도가 환경에 미치는 영향은 자연환경, 생활환경 및 사회·경제환경을 중심으로 분석해 볼 수 있다. 자연환경중에서는 지형·지질분야에서 각기·돌기에 의한 지형변화, 동·식물상 분야에서 동물류의 이동, 식물 순생산량의 감소 등에 따른 영향이 있을 것으로 사료되며, 생활환경에의 영향은 철도 건설에 따른 경작지 감소, 역세권형성에 따른 토지이용에 변화와 건설공사시 공사차량운행, 건설장비 투입에 의한 대기오염물질 발생에 따른 영향과 교량공사시 하천환경에 영향이 있는 것으로 사료된다. 또한 건설공사시 건설장비에서 발생하는 폐유 등에 의한 토양오염과 공사시 폐건축자재, 운행시 이용객에 의한 쓰레기 발생 등의 문제가 있을 것으로 분석되었으며, 소음·진동 부문에서는 건설공사시 터널 작업을 위한 발파작업과 고속철도 운행시 열차운행으로 인한 소음·진동으로 인간의 쾌적한 생활환경 피해 및 동물상의 변화 등이 있을 것으로 예상되며, 사회·경제환경에의 영향은 역사 입지지역의 인구가 증가할 것이 예상된다.

이와 같이 고속철도 건설사업에 따라 공사시와 운행시 자연환경, 생활환경, 사회·경제환경 등에 미미하나마 영향이 있는 것으로 예측되었으며, 그 중 자연환경의 동·식물상 분야와 생활환경의 소음·진동에 대한 영향이 다른 분야에 비해 좀 더 심할 것으로 사료되었다. 따라서, 고속철도의 도입을 위해서는 고속철도가 교통상황측면이

나 교통체증에 따른 경제적 손실, 건설후 국내에 미칠 정치, 경제 및 사회·문화에 걸친 막대한 운영향과 개발사업에 따른 환경영향을 비교·검토하여 개발과 보전을 조화롭게 만드므로써, 환경보전과 함께 고속철도 건설을 이룰 수 있는 방안이 모색되어져야 할 것으로 사료된다.

참고문헌

- (1) 환경처, 환경영향 평가 작성등에 관한 규정, 1991.
- (2) 환경처, 환경영향평가 작성지침서(철도건설사업편), 1989.
- (3) 교통개발연구원, 경부고속전철 건설의 타당성 및 추진방향, 1991.
- (4) 교통개발연구원, 경부고속전철 교통영향평가, 1992.
- (5) 국립환경연구원, 국내 사용기

기류의 음향 power 및 진동레벨 측정조사연구, 1982.

- (6) 일본기기화협회, 건설공사에 따른 소음·진동대책 Hand Book, 1979.
- (7) 한국고속철도건설공단, 경부고속철도 대전충청권(대전-영동구간)건설사업 환경영향평가서, 1992.
- (8) 白木万博, 소음방지 설계와 시뮬레이션, 1987.
- (9) 일본철도시설협회, 철도소음·진동 대책의 연구, 1977.

Painting is not communicating something you feel.

Is is experiencing something you feel.

- An artist -

Engineering in noise and vibration is
not experiencing something you know.

It is practicing something you know.

- J. Kim, KSNVE -