

철도 궤도의 소음과 진동 해석 기술



김정훈

고려대학교
건축·사회환경공학부
미래철도구조시스템
연구실
박사후과정

1. 철도소음진동 기술의 중요성

오늘날 환경오염은 생활의 편의를 위한 문명의 부산물로 지구촌 곳곳에서 인간의 삶의 질을 저해하는 요인으로 등장하여 심각한 사회문제를 야기시키고 있다. 그 중에서 소음진동 공해는 일상생활 중에서 가장 빈번히 접하는 환경오염(그림 1 참조)으로 인간의 심리적, 정신적, 신체적 피로와 스트레스 뿐 아니라 궁극적으로 구조물의 안전성 및 사용성의 저하를 가중시키고 있다.

따라서, 소음 및 진동의 저감을 통한 정온한 생활환경 유지는 급속히 고밀도화되고 있는 도시에서 시급히 해결해야 할 과제로 대두되고 있다. 이 중 교통수단에 의한 소음진동의 저감은 이용하는 승객이나 주변 주민에게 미치는 피해 뿐 아니라 안정적인 도시기능의 유지 및 소모적인 민원 방지를 위하여 필수적인 요소이다.

선진국에서는 이미 오래전부터 소음진동에 대한 법적 요건 뿐 아니라 소음진동의 효과적인 저감을 위한 연구가 수행되어 왔으며, 관련 해석 및 평가 기법이 지속적으로 개발되고 있다. 우리나라에서도 늦게나마 1993년 소음진동 규제법이 제정되어 종래의 규제 대상에서 제외되었던 철도주변 소음과 항공기 소음, 건설현장의 소음을 규제하기 시작하였으며 2010년부터는 규제 기준이 더욱 강화되

어 소음진동저감 대책이 시급한 상황이다. 특히, 도시 등 인구밀집 지역에 부설되는 철도의 경우 소득증가와 생활수준 향상으로 도시민의 소음진동에 대한 불만 및 요구수준이 날로 높아지는 사회적 환경(그림 2 참조)을 감안할 때 소음진동에 대한 특성 분석, 해석 및 성능평가 기술 개발이 시급한 실정이다. 일례로, 현재 궤도 설계 시 철도설계기준에 의해 궤도의 안전성 및 사용성에 대한 설계를 수행하고 있으나 궤도의 소음진동에 관련된 환경성에 대한 검토는 미비한 실정이며, 궤도의 소음진동에 대한 가이드라인의 부족과 해석의 어려움으로 측정에만 의존하고 있다. 따라서 설계 단계에서 궤도의 안전성 및 사용성과 더불어 소음진동의 해석과 예측이 가능하다면 더욱 효율적이며 합리적인 설계가 가능할 것으로 판단되며, 해석을 통해 미리 평가한 후에 실측이 병행된다면 보다 많은 비용과 시

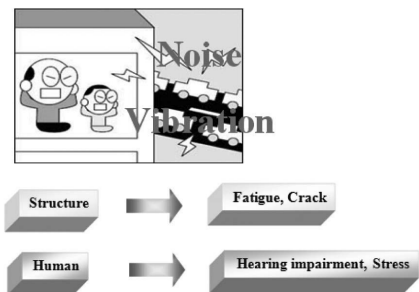
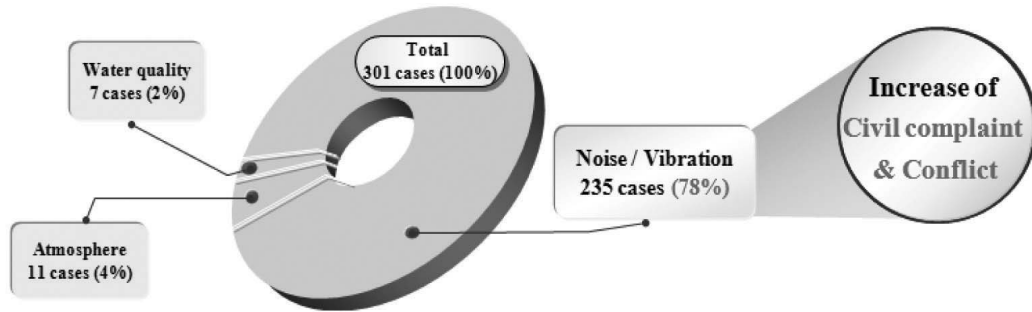


그림 1. 소음진동의 환경적 영향



자료: 환경 분쟁 신청사건 처리 현황(중앙환경분쟁조정위원회)

그림 2. 환경분쟁신청사건(피해원인별) 처리현황 (2008년)

간을 줄일 수 있을 것으로 판단된다. 그러므로 친환경적이며 효율적인 도심구간 철도건설을 위한 철도 궤도의 신뢰성 및 타당성을 확보하기 위해서는 소음진동의 해석 및 저감 기법 연구가 반드시 이루어져야 할 것으로 판단된다.

이 원고에서는 최근 개발된 궤도에 대한 소음진동예측 모델과 이를 바탕으로 한 프로그램 및 활용방안에 대하여 간략히 소개하였다.

2. 철도 궤도 소음진동 예측 모델

궤도의 소음진동은 진동수 영역 방법(주파수 해석)을 통해 예측 및 특성을 분석할 수 있다. 그리고 지금까지의 선행 연구 결과들을 살펴보면, 열차의 이동하중은 저주파 진

동(20~80Hz)을 유발시키며 레일의 조도성분(roughness)하중은 고주파 진동(100~1000Hz)을 유발시키는 것으로 나타났다. 이 중 궤도시스템에서의 소음은 주로 고주파 진동에 의한 영향으로 발생하며, 이는 마찬가지로 레일 표면의 조도성분에 의해 유발된다.

궤도에서 발생한 고주파 소음진동을 예측하기 위한 수학적 해석모델(그림 3 참조)에서 궤도 모형은 연속지침 모델로 종방향 궤도조건이 모두 동일한 것으로 가정하였다. 레일과 침목은 질량과 강성을 가진 보 요소로, 차륜은 1중 및 2중 질량체로 모형화하였다. 그리고 감쇠의 경우, 구조(이력)감쇠(Hysteretic damping)뿐만 아니라 점성감쇠(Viscous damping)의 영향 또한 고려할 수 있도록 모형화하였다. 이러한 차륜-궤도의 수학적 해석 모델은 자갈도상 궤도 및 콘크리트도상 궤도에 대해 모두 적용 가능하다. 이

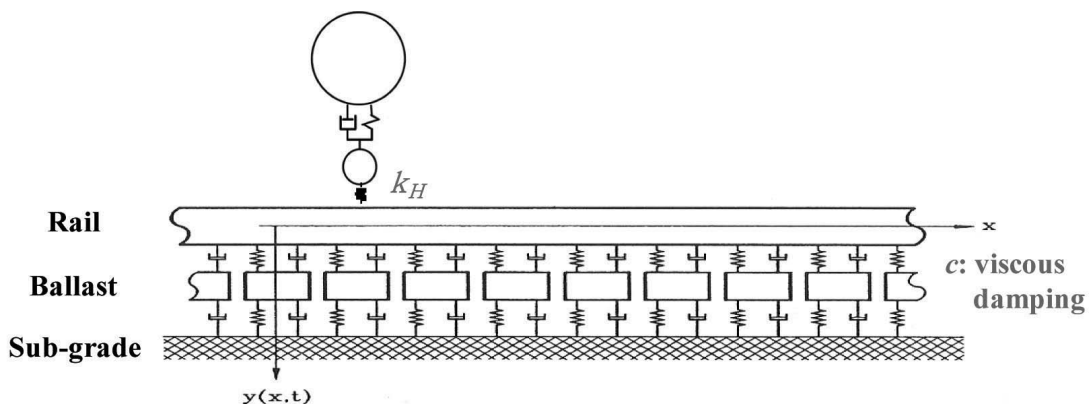


그림 3. 차륜-궤도의 수학적 해석모델

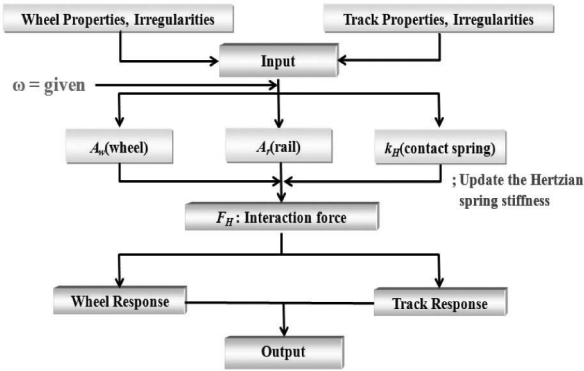


그림 4. KU-NVAP 순서도

를 바탕으로 차륜과 궤도에 대한 모형을 최적화하여 사용성이 우수한 소음진동 해석 프로그램 (KU-NVAP; Korea University Noise and Vibration Analysis Program)을 개발 (그림 4 참조) 하였으며, 실측데이터와의 비교를 통해 신뢰성을 더욱 확보하였다.

3. 철도 궤도 소음진동 예측 및 프로그램의 활용

현재 철도 궤도에 대한 소음진동 해석은 범용 해석 프로그램을 통해서서는 불가능하므로, 개발된 전용 해석 프로그램을 활용한다면 보다 안전하고 친환경적인 철도사업의 획기적인 전환점을 갖는 동시에 경제적인 철도 건설이 가능할 것이다. 또한, 앞으로 지속적인 철도 인프라 소음진동 연구를 통해 설계 단계에서 소음진동의 해석과 예측을 수행하여 더욱 효율적이며 합리적인 설계가 가능하도록 유도해야 할 것이다. 더불어 본고의 연구결과들은 철도 궤도 설계 시 소음진동에 대한 가이드라인을 구축하는데 있어서 해석적인 방법 및 자료를 제공하기 위한 중요한 근거자료가 될 수 있을 뿐만 아니라 철도 인프라와 관련된 기술의 향상에 크게 기여하는 것이며 궁극적으로는 한국정부의

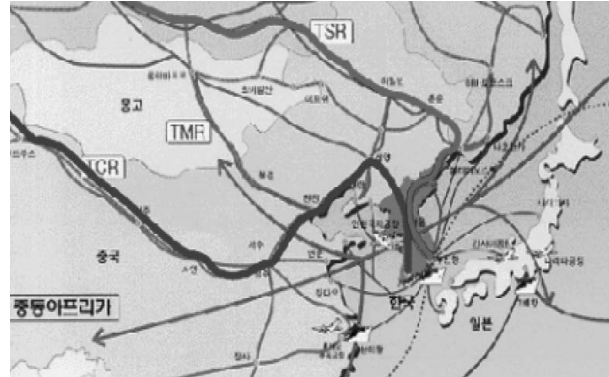


그림 5. 한국 철도의 미래

녹색성장정책에 가장 부합되는 미래지향적인 교통수단인 철도산업의 발전, 선진화 그리고 세계화를 유도하기 위한 원천기술이 될 것으로 사료된다.

4. 최종 목표 및 맺음말

도로에 비하여 매우 열악한 발전을 해온 철도는 고속철도가 국토의 반나절 생활권을 이루고, 복잡한 도심교통의 대체수단으로 경전철과 모노레일사업의 추진 등 미래를 대표하는 교통수단으로 추진되며, 남북철도, 시베리아철도 등으로 세계로 진출하기 위한 물류운송수단으로 계획되면서 미래의 핵심교통수단(그림 5 참조)으로 주목받고 있다. 이러한 미래 철도 산업이 효율적으로 발전하는데 필수적인 요소는 철도 구조 및 궤도 시스템의 선진화된 기술을 구축하는데 있다.

이러한 차원에서 소음진동 해석기술은 선진 철도기술 중 핵심이라 할 것이며, 본고에서 소개된 기술을 비롯하여 국내 관련 기술이 더욱 선진기술에 접근하기 위해서는 향후 보다 많은 관심과 노력이 필요할 것으로 사료된다. ☺