

## 철도차량 개발과정에서의 소음관리방안

### Noise Assurance Plan in the Project for Design a New Rolling Stock

정경렬\* · 김경택\* · 이병현\*

Kyung-ryul Chung, Kyung-Teak Kim, Byung-Hyun Lee

**Key Words** : Noise Assurance Plan : NAP (소음관리방안), Noise Control Activity (소음관리업무), Noise specification (소음사양), Noise Prediction(소음예측), Noise Test(소음시험)

#### ABSTRACT

This paper describes an overall Noise Assurance Plan(NAP) in the project for developing a new rolling stock. In this paper, the procedure for implementing noise control activities for each development stage on the basis of the NAP is also described. The NAP was developed by KITECH(Korea Institute of Industrial Technology) and ODS(Ødegaard & Danneskiold-Samsøe in DENMARK).

Generally, the main objective of NAP is that noise assurance plan applies to the establishment of organization and personnel's roles and responsibilities, set-up of overall procedure and internal audit program. Here, a few comments are made to the deviations of the actual procedure(G7 Project) relative to the suggested NAP presented. The major difference between the suggested NAP and the actual procedure was the late involvement of the noise consultant resulting in suggestions for design improvements could not be implemented due to the advanced stage of the design. Similarly, the important task of preparing sub-supplier specifications was performed. The proposed NAP will be an efficient tool for noise management in the R&D project for new rolling stock. Specially, in case that several companies and institutes are involved in the R&D team

#### 1. 서론

철도차량 특히, 고속전철의 경우 승객이 느끼는 안락감 또는 승차감은 차량의 실내소음에 절대적인 영향을 받게 되어 세계 각국에서는 저마다의 소음기준을 규정하여 엄격히 관리하고 있다.

한국에서도 2002년 10월에 연구과제가 종료된 한국형 고속전철기술개발사업(G7 선도기술개발)의 경우에 개발지와 터널내의 주행시를 구분하여 66dB(A)와 73dB(A)로 차내 소음사양을 정의하여 규제하였다(1). 그러나 사업을 추진함에 있어서 개발되는 차량이 규정된 소음사양을 만족시킬 수 있을지에 대한 연구는 국내의 여러 연구기관에서 다양하게 수행되었지만(2,3,4,5) 정의된 소음규정을 만족하기 위하여 실제 차량개발과정에서 부품단위 혹은 차량단위의 소음관리를 어떻게 수행하여야 하는지에 대한 연구는 수행되지 못하였다.

본 연구에서는 향후 신규차량 개발을 대비하고 진행되고 있는 G7 기술개발사업에의 문제점을 보완하기 위해 덴마크의 소음관련 자문기관(Noise Consultant)인 ODS(Ødegaard & Danneskiold-Samsøe)와 함께 수행한 철도차량개발과정에서의 소음관리방안(NAP : Noise Assurance Plan)에 대해 연구를 수행하였다.

#### 2. 소음 관리의 체계

##### 2.1 소음관리 조직의 구성

그림 1에 소음관리를 위한 조직과 체계의 구성안을 보여주고 있으며, 그림에서 알 수 있듯이 시험에 참여하는 연구기관 또는 실무자가 사업의 진행단계에 따라 달라질 수 있기 때문에 시험/인증분야가 별도로 분리되어 있다.

##### 2.2 실무그룹

사업을 추진하는 중에는 주어진 시간내에 NAP의 역할 및 업무를 적극적으로 수행할 조직이 필요하며, NAP가 효과적으로 추진되기 위해서는 소음관리책임자와 소음 관련분야의 지원업무를 수행하는 실무그룹이 필요하다. 실무그룹의 주

\* 한국생산기술연구원 시스템엔지니어링팀  
E-mail : chungkr@kitech.re.kr  
Tel: (041)5898-251, Fax: (041)5898-230

요 업무는 소음과 관련된 현안을 협의할 수 있는 협의회의 개최를 포함하여 다음과 같은 업무를 수행한다.

- 설계검토 및 협의와 평가 수행
- 시험절차의 인증, 시험입회 및 시험결과 인증
- 필요시 설계해법에 대한 제안

이밖에도 실무그룹은 기본적으로 매달 사업책임자에게 NAP의 추진결과와 함께 최근의 시험결과 및 예상현황을 정리한 현황 보고서를 제출한다.

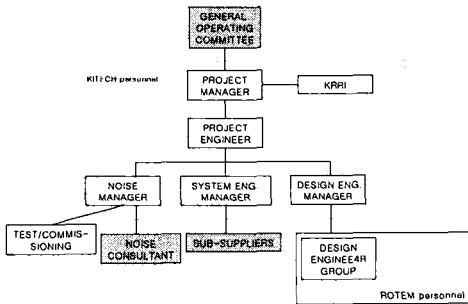


Figure 1. Organization structure for the noise management.

실무그룹은 정기적인 설계검토 회의에 참여하여야 하며, 이 회의는 내부 및 외부회의로 대별하여 추진한다.

- 내부 설계검토 회의 : 시스템 엔지니어링 책임자, 설계 실무자 및 실무그룹이 참여하는 회의로서 한달 또는 두달 간격의 정기적인 협의체로 필요시에는 부품제작사 또는 설계실무그룹이 참여한다.
- 외부 설계검토 회의 : 실무그룹과 운영위원이 참여하며, 통상 일년에 1회정도 개최한다.

설계검토 회의에서 참여기관별로 설계보완방안이 상이하여 논쟁이 발생하면, 문제는 사업책임자에게 넘겨져 사업책임자가 타당한 설계보완방안을 결정하게 되며, 이때 실무그룹에서 관련 자료 및 정보를 제공하게 된다.

### 2.3 시험 및 인증 조직의 구성

단품 및 조립품시험에서 시험의 인증권한은 실무그룹에 있으며, 예를들어 G7 고속전철기술개발사업에서는 한국생산기술연구원(생기원)이 그 업무와 권한을 갖는다.

공장내시험과 관련하여서는 G7 고속전철기술개발사업의 경우, 단차상태의 공장내시험에 대해서 생기원은 시험의 인증권한을 갖는 실무그룹이며, 한국철도기술연구원(철도연)은 편성단위의 시험에 대한 인증권한을 갖는 실무그룹이 된다.

인증시험에 대해서는 본선시운전시험에 대한 인증의 권한을 갖는 시험인증위원회가 조직되어야 한다.

### 2.4 협의 체계의 구성

그림 2에 소음관리 체계를 포함한 협의체계의 구성에 대한

제안을 보여주고 있다. 그림에서 알수 있듯이 소음관리책임자의 동의하에 소음관련 자문기관은 부품제작사 및 시험책임자와 직접적인 협이가 가능하다.

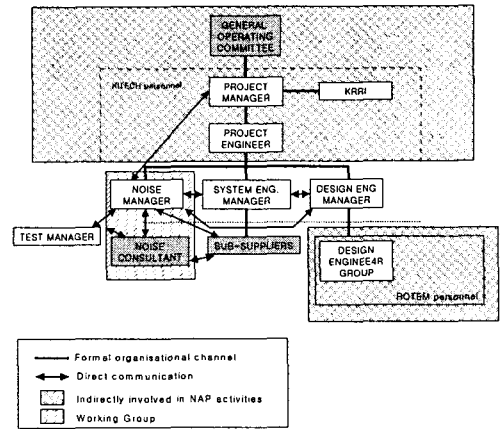


Figure 2. Communication channels in relation to the NAP.

### 2.5 소음관련 자문기관의 역할

소음관련 자문기관의 업무와 역할은 제안된 소음사양을 만족하기 위한 기술적 측면에서의 소음관리와 관련된 내용에 대한 지원 및 자료의 제공이다.

소음관련 분야의 지원 내용과 관련하여 다음에 각 단계별 및 항목별로 지원내용을 기술하였다(그림4 참조).

개념설계 단계인 1단계에서는 차량시스템의 개념설계와 더불어 사업의 계획과 수행을 위한 준비를 하여야 하고, NAP 측면에서는 부품단위의 사양에 주의를 기울여야 하며, 소음 측면에서 개념적인 예측이 되어있어야 한다. 주요 업무를 요약하면 아래와 같다.

- 설계검토 협의회에 참여하여 소음원 및 소음경로 등의 규명 지원
- 설계 개선안에 대하여 설계실무자와의 협의
- 설계 개선안에 대한 소음측면에서의 영향 분석
- 부품단위의 소음사양 초안 작성
- 소음과 관련된 모든 소음원의 소음강도 예측
- 차체 측면에서의 소음감소방안 평가
- 차량 내외부의 개념적 소음레벨 예측 및 보완
- 소음예측 방안 제시
- 취약부에 대한 개선방안의 검토 및 평가

1단계에서 공식적으로 수행되어야 하는 업무와 작성되어야 하는 자료는 부품단위의 사양초안, 개념설계 보고서 및 개념설계의 수정·보완 보고서이다.

2단계인 상세설계 단계에서는 차량시스템에 대한 상세설계가 이루어지며, NAP측면에서는 소음예측의 중간평가와 부품단위의 관리 및 차체 구성품의 시험이 이루어진다. 주요 업무를 요약하면 아래와 같다.

- 설계검토 협의회 참여
- 부품단위의 소음관리를 위한 소음책임자 지원
- 최종 개념설계 예측안을 기초로 한 부품단위의 소음사양 확정
- 최종 설계안을 바탕으로 소음측면에서의 중간예측보고서 작성 및 수정·보완
- 소음사양의 만족을 위한 설계 개선안 제시
- 취약부에 대한 개선방안의 검토 및 평가

2단계에서 공식적으로 수행되어야 하는 업무와 작성되어야 하는 자료는 부품단위의 사양 확정, 중간단계의 소음관련 예측보고서의 작성과 수정·보완이다.

3단계는 최종설계 단계로서 차체 구성품 및 장치 등을 고려하여 최종설계가 확정되고 NAP측면에서는 차체 구성품의 소음원에 대한 측정과 중간 소음예측보고서의 수정·보완이 이루어지며, 주요 업무를 요약하면 아래와 같다.

- 설계검토 협의회 참여
- 부품의 소음사양에 대한 문제점 재검토 및 평가
- 부품단위의 소음관리를 위한 소음관리책임자 지원
- 부품단위의 시험방안 평가 및 소음시험의 입회를 통한 소음관리책임자 지원
- 부품단위 시험결과 평가를 통한 소음관리책임자 지원
- 시험결과 및 소음레벨 등 최종자료를 기초로 한 2차 중간 소음예측 보고서 작성 및 수정·보완
- 취약부에 대한 개선안 검토 및 평가

3단계에서 공식적으로 수행되어야 하는 업무는 2차 중간 소음예측 보고서의 작성과 수정·보완이다.

4단계에서는 시험평가로서 제작된 차량시스템에 대하여 공장내시험 및 본선 시험이 수행되어지며, NAP 측면에서는 조립품 및 차량에 대한 주행시험과 관련하여, 최종 소음예측 보고서가 작성된다. 주요 업무를 요약하면 다음과 같다.

- 부품단위의 소음관리를 위한 소음관리책임자 지원
- 조립품의 성능평가 입회를 통한 소음관리책임자 지원
- 차량의 주행성능평가 입회를 통한 소음관리책임자 지원
- 시험결과를 기초로한 최종 소음예측 보고서의 작성
- 취약부에 대한 개선안 검토 및 평가

4단계에서 공식적으로 수행되어야 하는 업무와 작성되는 자료는 조립품 및 주행시험결과 보고서, 최종 소음예측 보고서 등이다.

인증시험단계인 5단계에서는 운영위원회에서 인증한 요구 사양에 대한 인증시험이 수행되며, NAP측면에서도 차량의 소음과 관련된 인증시험이 수행되며, 주요 업무를 요약하면 아래와 같다.

- 단차 및 편성차량에 대한 인증시험 수행
  - 설계 개선측면에서의 시제차량 평가에 대한 기술적 지원
- 5단계에서 공식적으로 작성되어야 하는 자료는 인증시험관련 보고서의 작성이다.

### 3. 소음 관리의 절차

본 절에서는 신규 차량시스템(본고에서는 필코시 G7 고속 전철기술개발사업 적용)의 개발과정에서 NAP이 어떻게 적용되는지와 설계 및 제작과정에서 어떻게 적용되는지에 대하여 기술한다. 또한 NAP업무수행을 통한 보완작정이 어떻게 진행되는지에 대하여 기술하였다.

#### 3.1 일반적인 보완절차

소음관리절차를 수행하는 동안 점검, 입증 및 지속적인 보완이 이루어지는데 이러한 일련의 과정을 그림 3에 나타내었다. 예를 들어 서브시스템 단위의 부품 소음시험에 적용하면 실무그룹에 의하여 시험결과와 검토와 인량이 이루어진다. 반면에 시제열차에 대한 인증시험인 경우에는 철도연이 본선 시운전시험 등을 수행하지만 시험에 대한 인증권한은 별도로 구성되는 시험인증위원회에 있다.

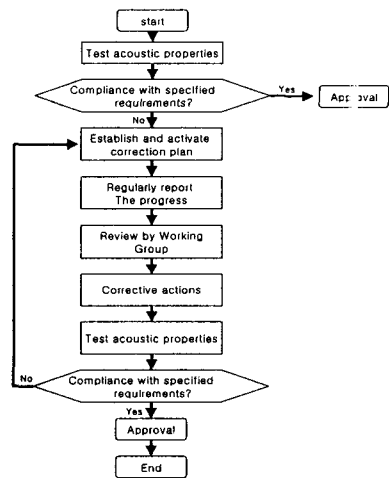


Figure 3. Generalized corrective procedure for NAP.

#### 3.2 NAP의 업무 개요

일반적으로 저소음 설계에 대한 고려는 NAF의 가장 중요한 업무중의 하나로서 신규차량의 설계를 위한 첫 스케치에서부터 저소음을 위한 고려가 반드시 이루어져야 하며, 부품단위의 사양정의 또한 매우 중요한 업무중의 하나로서 부품사양의 정의가 적시에 정확하게 명시된다면 설계측면에서는 매우 순조롭게 업무를 수행할 수 있다.

그리고 부품단위의 사양을 정의할 때 설계내용에 대한 검토 또한 매우 중요한 업무중의 하나로서 설계검토를 수행하는 동안 중요한 상세설계에 대한 내용들이 설계실무자와 소음관리자 및 소음관련 지원기관간에 협력이 이루어진다. 이때 발생하는 문제점에 대해서는 가능한한 현장에서 해결방안

이 제시되어야 하며, 복잡한 계산이나 컴퓨터 모델링이 필요한 경우라 할지라도 빠른 시간내에 해결방안이 제시되어야 한다.

소음예측에 대한 업무는 차량개발의 초기단계인 개념설계 단계에서부터 최종단계인 인증시험단계까지 중요한 항목으로 분류되어 있으며, 지속적인 소음예측은 현재의 설계가 소음 사양에 적합한 지에 대한 평가가 가능하고, 소음원 및 전파 경로의 규명과 적합한 개선방안의 제시 및 설계검토중에서의 설계보완에 대한 반영결과의 효과에 대한 평가와 제시된 사양의 준수를 위해 소음측면에서 추가적으로 보완이 필요한 부분을 확인하고, 차량의 소음사양을 준수하기 위한 각 단계별 소음예측에 따른 설계변경의 수행내역 및 관련 자료의 수행내역에 따라 최종설계에 반영된 내역 등을 정리한다.

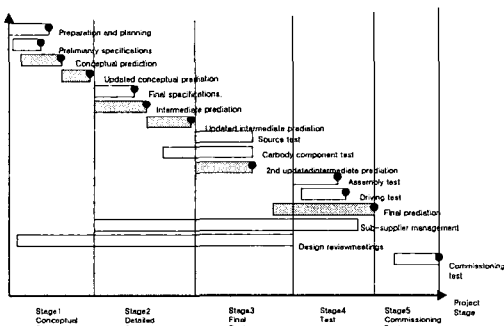


Figure 4. Overall procedure of noise assurance plan. Black dots represent formal deliverables.

그림 4에 각 단계별 NAP의 업무와 동시에 공식적인 업무와 작성자료의 내용을 보여주고 있다.

### 3.2.1 계획과 준비

첫 번째 업무인 계획과 준비는 명백한 문제점에 대한 협의를 수행하는 것으로서 1단계 초기에 수행되어야 하며, 우선 소음관리 책임자의 선임과 함께 다음의 항목에 대한 계획이 수립되어야 한다.

- 전체 사업의 일정계획 수립이며, 여기에는 개발과제의 일정을 포함한 주요기관 별 일정계획이 수립되어야 한다.
- 실무그룹의 업무수행을 위한 각종 자료의 정리 및 보완
- 부품제작사간의 협조체계구축

### 3.2.2 설계 검토

설계검토의 목적은 G7 고속전철기술개발사업을 예로 들면, 생기원과 로템의 설계실무자간에 현재 설계의 문제점 등을 실무그룹차원에서 협의하는 것으로서 과제가 수행되는 동안 계속적으로 수행되어야 하며, 설계검토 과정중에 생기원과 로템의 설계인력간의 중요한 협의회가 개최된다. 이때 설계

도면 및 관련자료들은 협의회 개최 이전에 제공되어야 한다.

설계검점은 요구된 소음사양을 준수하기 위한 일반적인 장치의 배치 및 원리의 검토에 대한 점검과 기계부품들에 대한 점검이 포함되며, 가능한 한 소음관련 자문기관에서는 경험에 의한 저소음/저진동부품의 선정을 위한 기술적 지원이 이루어진다.

또한 설계점검에는 소음측면에서의 차음, 방사음, 구조적 흡수손실 등 관련 변수에 대한 해석 및 계산이 제안된 설계안에 따라 수행된다.

취약부의 상세평가는 다음의 예시에서와 같이 작은 수정·보완에 의해 소음측면에서 그 결과에 매우 중요한 영향을 미치는 항목이다.

- 차체와 대차프레임간의 연결부를 고려한 대차개념 평가
- 계동시스템 관련 평가(소음관련 자문기관의 경험 및 각 부품제작사의 정보 활용)
- 바닥재의 최대높이를 가정한 최적 바닥설계 평가

설계과정에서는 최종 설계목표를 준수하기 위하여 수차례의 시뮬레이션이 수행되며, 유용한 계산 또는 해석을 위하여 실험적인 계측이 이루어지고 설계검토시에 설계변경에 대한 결정이 자주 이루어진다. 이러한 측면에서 소음원에 대한 반복적인 시뮬레이션은 설계과정에서 발생하는 소음측면에서의 문제점에 대한 검토과정의 일환으로 수행한다.

협의회와 관련하여 앞절에서 내부협회의와 외부협의를 제안하였다.

내부협의회는 설계검토과정중에 가장 중요한 협의회로서 정기적으로 개최되어야 하며, 참석범위는 실무그룹, 시스템 엔지니어링책임자, 설계책임자 등을 원칙으로 하고 필요시 관련된 부품제작사 및 설계그룹이 참여할 수 있다.

외부협의회는 차량시스템의 소음특성에 대한 최신자료의 정비와 설계순위 등을 정하는 것을 목적으로 하여 연 1회정도 개최하는 것이 바람직하고 참석범위는 실무그룹과 운영위원회 책임자 또는 실무책임자 등이다.

### 3.2.3 부품단위 사양의 작성

부품단위의 사양은 개념설계 단계인 1단계 초기에 작성되어야 하며, 소음관련 자문기관에서 보유하고 있는 소음관련 경험과 소음측면에서 종종 문제시되는 장비 또는 부품 등을 고려하여 소음사양의 초안을 작성한다. 이때 소음사양에는 차량시스템에 사용될 부품 또는 서비스시스템에 허용되는 공기기인 소음 및 구조기인 소음에 대한 허용치가 포함되어야 한다.

소음원에 대한 사양의 정의는 차음재 추가 등에 의한 소음 수준의 감소 및 타 소음원과의 소음기여도에 차이에 따른 소음 기여도를 조정하기 위하여 작성된다. 차량에 있어서 가장 중요한 소음원으로는 견인전동기, 대차, 판토품, 기어박스(모터기어 및 축기어), 주변방기, HVAC 및 여압장치, 저항제동장치, 공압관련 장치 및 추진인버터 등이다.

차체구성품에 대한 사양의 정의 목적은 소음사양을 만족하기 위한 차체의 차음특성을 정의하는 것이며, 또한 중량 및 공간에 대한 요구사양의 만족과 동시에 제작비의 최소화를 목적으로 한다. 차체 구성품에 있어서 소음측면에서 중요하게 취급되는 부품은 플로어, 좌석뒤쪽의 하단 측벽, 좌석이 없는 영역의 하단 측벽, 출입문 보강재의 하단 측벽, 운전실 측벽, 창문, 창문사이의 측벽, 창문위쪽의 측벽, 갭웨이 부분, 천장, 출입문 등이다.

### 3.2.4 개념적 소음예측

본 업무의 주 목적은 가능한 한 빨리 차량시스템의 소음레벨을 평가하는데 있다. 이 자료는 부품단위의 사양을 확정하는 가장 중요한 기초자료가 된다.

개념적 소음예측의 목적을 요약하면 다음과 같다.

- 차량시스템의 소음특성 평가
- 소음진동 발생에 따른 모든 소음원과 소음경로의 파악 및 중요도 규명
- 소음감소 측면에서의 차체 구성품(플로어, 측벽, 천정 등) 요소해석
- 부품단위의 소음사양 정의를 위한 사전 자료 작성

개념적 소음예측은 사업의 가장 초기단계에 이루어지기 때문에 간략하고 부분적으로는 해석과 계산의 결과가 있지만 부분적으로는 소음관련 지원기관의 경험과 부품제작사의 자료에 의존한다. 부품단위의 요구사항 정리 자료에는 다음의 내용을 포함한다.

- 차량에 필요한 모든 종류의 소음원과 차체구성품에 대한 소음관련 자료의 정리가 필요하며, 이는 소음관련 모델에 기초가 된다. 소음관련 자문기관에서는 이에 대한 요구사항을 준비하고 완성된 요구사항은 실무그룹을 통하여 부품제작사로 통보한다.
- 실무그룹(소음관리책임자 또는 소음관련 자문기관)에서는 앞절의 절차에 따라 계속적인 관리를 수행한다.

일반적으로 부품제작사의 업무지연 등에 의해 전과정의 지연이 발생하는데 이러한 지연을 방지하기 위하여 2차로 나누어 업무를 진행한다. 1차에서는 소음관련 자문기관의 자료를 이용하여 예측모델을 세우고 2차에서 실제 부품제작사의 정보 또는 측정값의 결과로 입력값을 대체하는 방안이다.

실의소음의 예측에는 감가속중, 정차중 또는 주차중의 선로변 소음레벨에 대한 예측이며, 여기에는 서브시스템의 소음기여도 및 예측결과와 사양과의 비교·검토가 포함된다.

차량내에서 소음관련 취약부로 예상되는 부분에 대한 소음레벨이 예측되어야 하며, 난류경계층(Turbulent Boundary Layer)에 의해 야기되는 소음의 증가에 대해서도 고려가 되어야 한다.

### 3.2.5 개념적 예측의 보완

2단계 초기에는 기 수행된 개념적 예측에 대한 보완이 이

루어지며, 모델의 입력자료는 최근의 설계정보를 반영하여야 하며, 실무그룹으로 제공되어야 한다.

개념적 예측에 대한 보완의 목적은 차량시스템에 대한 소음레벨의 평가와 요구사항과의 비교 검토를 하기 위한 자료의 준비에 있다.

### 3.2.6 부품단위의 최종 사양 정의

부품단위의 최종사양은 보완된 개념적 예측결과를 기초로 정의되어진다. 가장 최근의 소음특성이 반영된 부품과 소음원의 자료가 기초가 되어 개념적 예측결과에 보완이 완료되는 시점에서 초안과 동일한 항목으로 정의되어야 한다.

### 3.2.7 중간 단계의 소음예측

개념적 소음예측 이후 2번째의 소음예측은 초기 설계검토 동안에 설계변경된 결과의 정리자료로서 개념적 예측에서의 취약부에 대한 해석과 단차상태의 소음과 관련된 예상치를 보여준다.

또한 중간 단계의 소음예측에서는 소음 요구사항을 만족하기 위해 차량의 어느 부분에 대한 소음특성의 향상이 필요한지를 보여주고 실무그룹에서 계산 또는 해석함에 검토된 개선안이 포함되어 있어야 한다. 이러한 결과에 기초하여 차량시스템에 대한 소음측면에서의 설계보완이 결정되어지며, 이러한 과정은 가능한 한 짧은 기간내에 이루어져야 한다.

실의소음의 예측에는 감가속중, 정차중 또는 주차중의 선로변 소음레벨이 포함되며, 여기에는 각 서브시스템의 소음기여도가 각각 명시되어야 한다.

실내소음의 예측에는 각 소음원의 기여도와 차체 구성품의 방사소음관련 자료가 포함되며, 난류경계층에 의해 야기되는 소음의 증가에 대해서도 평가되어야 한다.

예측의 결과는 모든 부분에 걸쳐 검토되어야 하며, 통상 최대 소음레벨은 개활지와 터널내에서 운전실, 대차 부분, 갭웨이 부분 등에서 나타난다.

### 3.2.8 중간 예측 결과의 보완

상세설계 단계인 2단계 후반기에 수행되며, 이전단계에서 수행된 중간 단계의 소음예측결과에 대한 보완이 이루어지고 모델의 입력자료는 최근의 설계정보를 반영하여야 하며, 실무그룹으로 제공되어야 한다.

### 3.2.9 부품단위의 제작기관 관리

부품이 제작되는 과정에서는 소음원이 되는 부품에 대하여 소음특성면에서 점검과 감도가 필요하다. 이러한 점검은 부품제작사의 자체시험이나 단품시험 등의 시험과 조립품에 대한 시험 등을 통하여 수행된다.

부품제작사의 설계제한 검토에는 부품제작사에서 제작되는 부품에 대하여 소음측면에서의 성능과 소음감소 성능 등에 대한 검토가 포함된다. 부품제작사의 소음저감 설계방안은

실무그룹의 승인이 필요하다.

실무그룹에서는 부품제작사의 시험규격을 검증하여야 한다.

시험이 진행되는 동안 실무그룹은 부품제작사와 긴밀한 협조체제가 이루어져야하며, 이때 앞절에서 제안된 절차에 의해 여러경우의 인증이 수행된다. 그러나 이미 타 절차를 통하여 입증된 부품에 대해서는 시험과 수정·보완이 필요없는 전형적인 경우로서 이러한 경우 조기에 확인되어야 한다.

부품제작사와의 협의는 시험을 수행하는 현장에서 시제품에 대한 평가와 향후 시험방안의 협의를 위하여 필요하다. 시험중에 복잡한 기술적인 문제가 있는 경우나 부품제작사에서 현장에서 발생한 기술적인 문제를 명확히 하기를 요청한 경우에 대해서는 실무그룹에서 별도로 검사한다.

### 3.2.10 소음원의 시험

소음원의 시험은 소음원이 되는 부품에 대한 소음발생 정도를 측정하는 것으로서 부품제작사나 여타 기관에서 시험능력의 부족, 물리적 조건의 불만족 또는 측정장비가 없는 경우에는 소음관련 자문기관에서 실무그룹을 대신하여 시험관련 절차를 수행한다.

소음원에 대한 시험은 통상 시험품의 취부와 하중부가가 가능한 설비를 갖춘 부품제작사에서 수행하지만, 공기기인소음과 구조기인소음 시험을 위해서는 별도의 설비를 갖추어야 한다.

### 3.2.11 차체구성품의 시험

차체구성품의 시험은 부품제작사에서 공급한 부품 또는 차량제작사에서 제작된 차체구성품의 차음성능을 평가하는 것으로서 여타 기관에서 수용능력의 부족, 물리적 조건의 불만족 또는 측정장비가 없는 경우에는 소음관련 자문기관에서 실무그룹을 대신하여 시험을 수행한다.

천정부의 흡음성능의 측정하는 시험으로서 흡음계수  $\alpha$  또는 단위면적당 흡음성능으로 표시된다.

출입문, 창문, 패널 등의 부분에서는 공기기인 및 구조기인 소음의 차단특성을 평가하며, 갱웨이와 소음원 근방에서는 공기기인 소음의 차단특성만을 평가하게 된다.

플로어의 소음관련 특성은 소음저감 설계에서 가장 중요한 부분으로서 공기기인 및 구조기인 소음특성에 대한 시험을 수행하며, 차음특성 및 방사율 등을 시험한다.

### 3.2.12 2차 중간 예측의 보완

차량에 대한 소음특성을 평가할 수 있는 기초자료로 활용하기 위하여 중간예측의 결과를 최근의 시험결과 등을 기초로 하여 수정·보완한다.

### 3.2.13 조립품 시험

최종설계 결과의 소음특성을 평가하기 위한 가장 좋은 방

법은 조립이 완료된 차체를 시험하는 것이다. 조립품의 시험은 내장재의 취부가 완료된 완성차에 대하여 차량제작사에서 수행하는 것을 전제로 한다.

시험의 결과는 소음특성에 대한 명확한 결과가 되며, 시험결과를 기초로 하여 추가적인 소음감소를 위해 약간의 보완이 가능하며, 아래에 시험항목들을 수행하여야 한다.

- 정적소음시험(공기조화시스템과 보조 기계류의 소음 측정 시험)
- 공기기인 소음시험(공기기인 소음의 차단 성능 조사)
- 구조기인 소음시험(차량외부 및 내부패널의 소음차단 효율 및 실내로의 소음방사 시험)
- 구조기인 소음시험(대차로부터 차체로의 구조기인소음 전파 시험)
- 진동시험(차체 및 대차프레임간의 모우드 해석)

### 3.2.14 주행시험 중 소음시험

주행시험에서는 소음 요구사항과 관련하여 표준 궤도에 의한 소음감소율 측정이 포함되며, 인증시험중에 다시한번 시험하여야 한다. 주행시험에는 다음의 항목이 포함되어야 한다.

- 차외 소음레벨 측정(정지상태, 출입문 닫은 상태, 플랫폼에서의 출발시, 최대속도 주행시)
- 차량내부 및 하부에서의 소음레벨 측정(개활지와 터널내에서 정지상태, 출입문 닫은 상태, 플랫폼에서의 출발시, 최대속도 주행시)
- 차량내에서의 잔향시간 측정
- 대차의 공기기인 및 구조기인 소음강도 측정
- 가청 순음의 발생 가능성에 대한 시험
- 대차 및 차체 각 부위에서의 구조기인 소음레벨 측정
- 플로어, 내측벽 및 창문 등과 차체구성품의 구조기인 소음 방사 레벨 측정

### 3.2.15 최종 소음 예측

최종소음 예측은 측정된 소음원의 결과에 기초하여야 하며, 최종단계에서의 계산 및 해석은 조립품의 시험과 주행시험 등 모든 자료와 정보를 활용할 수 있을 때 수행되어야 한다.

시제열차로부터 취합된 실질적인 경험과 주행시험 및 소음 예측 자료는 향후 차량시스템의 개발에 매우 유용하게 활용된다.

최종 소음 예측보고서에는 이전의 주행시험 및 소음예측으로부터 얻어진 음향학적 결과를 향후 양산차량에 어떻게 적용할지에 대한 제안이 포함되어 있어야 한다.

### 3.2.16 시제열차에 대한 인증시험

인증시험의 목적은 사용자에게 제작된 차량시스템이 소음 사양을 만족한다는 것을 입증하는 시험으로서 시험을 위한

프로그램 및 각종 위원회와의 협약서류에 의한 시험항목 등을 준비하여야 한다. 또한 공식적인 인증시험결과보고서의 작성이 필요하며, 인증절차는 운영위원회와의 협약에 따라 수행된다.

아울러 소음과 관련된 시험뿐만 아니라 다음의 항목이 측정되어야 한다.

- 궤도 표면의 상태(궤도 표면 조도 등)
- 휠 표면의 상태(휠 표면의 조도 등)

### 3.3 부품제작사와의 협조체제

부품제작사와의 협조체제는 소음 요구사항을 고려한 기능 사양의 만족을 확인하기 위하여 필요하다. 장비 및 부품제작사에 통보되는 서비스시스템의 규정된 소음도는 실무그룹에 의해 배포된 음향강도와 음압사양서에 의해 주어진다.

실무그룹에서는 시험에 적용된 시험절차서 및 시험방법을 인증한다. 초기의 시험은 시제품을 통하여 수행하지만 인증 시험은 실제품에 대하여 시험을 수행하여야 하며, 두 경우 모두 실무그룹에 의해 인증된 시험조건 및 방법으로 수행한다. 부품제작사로부터 사양에 만족하는 것을 입증받고 공급 전에 실무그룹이 입회를 한다.

그림 5에 부품제작사와의 협조체제에 대하여 도식화하였다.

### 3.4 부품제작사와 제작단계에서의 품질관리

모든 부품과 장치들은 차량의 일부분으로서 차량시스템의 최종 품질에 직접적인 영향을 미친다. 소음과 관련된 항목들은 차량시스템의 품질을 결정하는 중요한 요소로서 제작과정중이 실무그룹에 의한 조사 및 시험을 통하여 차량시스템의 품질을 확인하기에는 가장 적절한 기간이다.

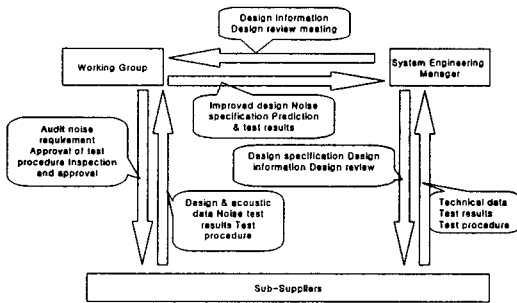


Figure 5. Communication channel and audit for sub-suppliers.

### 3.5 부품제작사의 불합격품에 대한 관리

부품의 설계가 요구사항에 부적합할 경우 부품제작사에서 해당부품에 대한 부적합 원인에 대한 규명파 원인 분석보고서의 작성 의무와 책임을 갖는다.

부적합품에 대한 관리와 보완과정은 앞절의 일반적인 보완 과정을 따르고 있지만 부적합품인 경우에는 실무그룹이 인증의 권한을 갖는다.

## 4. 결 언

본 논문에서는 덴마크의 소음관련 자문기관인 ODS사와 함께 수행한 철도차량 개발과정에서의 소음관리 방안에 대하여 소음관리의 체계 및 절차 등에 대하여 연구하였다.

본 연구를 통하여 제안된 소음관리방안과 실제 G7 고속전철기술개발사업의 추진내역을 비교해 보면 소음측면에서의 관리체계 및 절차의 수립과 부품단위의 사양정의 및 소음원에 대한 시험지연 등으로 인하여 소음측면에서의 설계보완이 매우 어려웠다. 그리고 소음관련 자문기관과의 연계 지연 및 부품제작사와의 협조체제의 미흡으로 인하여 사업 초기에 유용한 소음관련 자문기관의 경험을 충분히 활용하지 못하였다.

본 연구를 통하여 제안된 철도차량의 소음관리방안을 향후 철도차량시스템의 개발과정에 도입하여 철도차량의 소음관련 분야에 대한 체계적인 관리가 이루어지길 기대한다.

## 후 기

본 연구는 G7 고속전철기술개발사업의 “차량시스템엔지니어링기술 개발”과제의 일환으로 수행되었으며, 관계자 여러분의 지원에 감사드립니다.

## 참 고 문 헌

- (1) 한국철도기술연구원, 1998, “고속전철 시스템 기본 사양”, 설계자료
- (2) 송달호 외, 2002, “고속전철 설계기반 기술 개발”, 한국기계연구원
- (3) 송진 외, 2002, “동력차 개발”, 로템(주)
- (4) 송진 외, 2002, “동력객차 개발”, 로템(주)
- (5) 송진 외, 2002, “객차 개발”, 로템(주)
- (6) 정경렬 외, 2002, “차량시스템엔지니어링기술 개발”, 한국생산기술연구원
- (7) ODS, 2002, “Korea High Speed Train Noise Assurance Plan”, Technical Report