

**한국형 고속전철 시제차량(HSR 350X)개발을
위한 국제공동연구
International cooperation for developing
Korean high speed prototype test train(HSR 350X)**

정경렬* 김경택** 이병현***
Chung, Kyung-Ryul Kim, Kyung-Teak Lee, Byung-Hyun

Abstract

The prototype test train(HSR 350X) was developed and is now being tested in R&D project for developing Korean High Speed Rolling Stock. International cooperative works with German, Japanese, Danish English and Swiss company were done for reviewing the results made by domestic companies and enhancing their design capability. The main results of cooperation are shown in this paper. In addition, some problems and comments issued during cooperation are also represented.

1. 서론

완전한 독자 설계능력과 제작·검증체계를 구축하기 위해서는 산·학·연의 유기적인 협력체제 속에서 설계·제작·시험과정에서 독자적인 응용이 가능한 기술이 습득되어야만 가능한 것은 자명한 일이다. 또한 특정국가의 기술력에 의존하게 되는 경우 기술의 종속성을 탈피하기 어렵게 될 뿐만 아니라 이에 따른 부작용도 우려되고 있어 이에 대한 보완적 기술협력이 필요하다.

현재 제작되어 시운전 중인 G7 고속전철 시제차량은 순수 국내기술진에 의해 설계·제작되어 오면서 취약했던 차량시스템 엔지니어링기술과 설계검증을 위한 부족한 경험을 보완하기 위해 해외전문기관과의 협력을 1단계 1차년도부터 추진해왔다. 1차년도에는 동안에는 이미 기술이전을 수행하기로 합의된 프랑스는 물론이고, 영국과 독일의 최근 기술을 활용할 수 있는 가능성을 타진하였고, 차량시스템 개념을 정립하는 등의 성과가 있었다. 2, 3차년도에는 주요 핵심분야별로 보다 세부적인 업무를 체계적으로 조정, 관리할 것을 목적으로 본 과제를 중심으로 하여 차량사 및 유진기공과 공동으로 국제협력을 추진하였다. 2단계에는 시제차량의 제작과정에서의 상세설계 내용검토 및 시스템 최적화와 시험평가 부문에 중점을 두어 추진하였다.

본 보고서에서는 그동안 추진된 해외협력 내용과 성과를 정리하였다.

2. 해외기술협력 개요

독자적인 차량시스템의 설계 및 엔지니어링 기술을 축적하고 세계적인 선진 기술의 동향을 추

* 한국생산기술연구원, 시스템엔지니어링팀 팀장, 정희원
** 한국생산기술연구원, 시스템엔지니어링팀 선임연구원, 정희원
*** 한국생산기술연구원, 시스템엔지니어링팀 연구원, 정희원

적하여 반영할 수 있는 연계점을 유지함과 동시에 국내 기술기반이 취약한 분야를 중심으로 설계 검토, 제작성 점검 및 시험평가기술을 습득하기 위하여 독일, 스위스, 덴마크 및 영국 등 유럽국가와 일본과의 해외기술협력을 추진하였다. 추진체계는 그림 1에서 보여주고 있는 것과 같이 한국생산기술연구원에서 협력업무를 총괄하여 추진하였다.

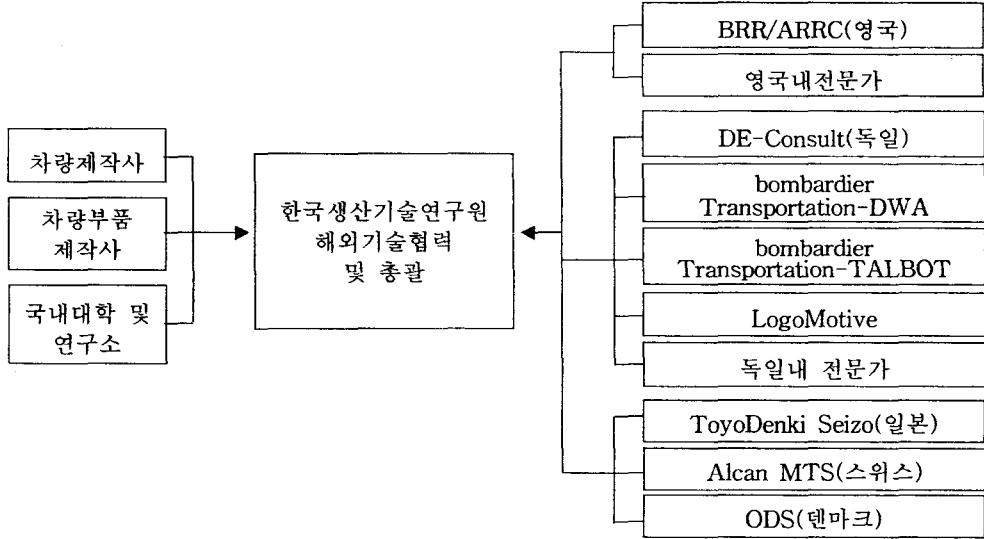


그림 1. 해외기술협력 추진체계

표 1. 기관별 해외협력 기술내용

구분	협력기관	협력분야
1차 년도	DE-Consult(독일)	-차량 편성안 도출 및 성능 비교/검토
	Krauss Maffei(독일)	-공력관련 기술자문
	DB AG(독일)	-제동 및 대차분야/공력 관련 자문
	Siemens(독일)	-TCN 관련 기술자문
	DLR(독일)	-차량 동역학 관련 기술자문
	Knorr Bremse(독일)	-고속전철용 제동시스템 기술 자문
	DWA-IfS(독일)	-차세대 차량시스템 feasibility study
	BRR(영국)	-차량 편성방식에 따른 기술 비교/분석
	ARRC(영국)	-동역학 및 열차제어 관련 기술 자문
	ADTRANZ(독일)	-판토히크 가선 접촉력 예측
2차 년도	DE-Consult(독일)	-독일 고속철도 case study/ 시제차량 국내설계안 검토
	DWA-IfS(독일)	-객차용 차체 기본설계 및 구조해석/대차 feasibility study
	Bombardier-Talbot(독일)	-HSR21 차량시스템 대차 feasibility study

구분	협력기관	협력분야
3차 년도	DE-Consult(독일) Bombardier-DWA(독일) Bombardier-Talbot(독일) ToyoDenki Seizo(일본)	-협력기관 outsourcing 및 연계 -집중식 시제차량 설계검토 및 지원 -분산형 대차 및 차세대 대차 설계안 지원 -와전류 제동장치 설계 및 개발지원
4차 년도	DE-Consult(독일) Bombardier T.-Talbot(독일) Alcan MTS(스위스)	-부품 outsourcing 및 생산지원, 시험분야 협력 -상세설계 검토 및 개선안 제시(대차분야) -상세설계 검토 및 개선안 제시(차체분야)
5차 년도	DE-Consult(독일) LogoMotive(독일) Alcan MTS(스위스) ODS(덴마크) ToyoDenki Seizo(일본)	-부품 개발시험 및 차량시험 결과 검증 및 지원 -와전류 제동장치 설계 검토 시제차량제작 -기술지원/설계해석 검증 및 개선안 자문 -차량 실내외 소음평가 -판토그래프 설계 검토 및 시험인증 방안 자문
6차 년도	DE-Consult(독일) LogoMotive(독일) Alcan MTS(스위스) ODS(덴마크) ToyoDenki Seizo(일본)	-시험평가 추진체계 및 상세 계획 검토DE-Consult(독) -와전류 제동장치 시험평가 검증 및 지원 -차체 제작성 확보를 위한 생산공정 검토 및 개선안 자문 -차량 실내외 소음평가 검증 및 개선 대책 수립지원 -판토그래프 시험평가(공장내 시험) 관련 기술자문

3. 해외협력 세부 내역

3.1 DE-Consult : 독일

독일의 DE-Consult와는 부품단위 및 차량단위의 시험평가기획에 대한 체계의 점검과 기계분야에 대한 기술자문이 수행되었으며, 주요 연구내용은 다음과 같다.

- 독일 ICE의 시험과정으로부터 상대적 평가를 위한 비교 데이터 제공
- 차량 부품 요소들에 대한 시험기술/시험과정의 지원
- 독일의 DB 시험센터 및 유럽의 시험기관과 협력 지원
- 개발시험관련 시험항목 및 기준 검토

3.2 DWA-IFS : 독일

DWA-IFS는 독일의 철도차량, 특히 구체의 설계경험이 많은 연구소로 1999년에 Bombardier Transportation 그룹으로 흡수·합병되었다. 본 과제에서는 차체설계 검토분야에 대한 중점적인 검토를 위하여 1차년도부터 공동연구를 수행하였으며, 주요 공동연구내용은 다음과 같다.

- 독일의 차세대 기술을 반영한 차세대 차량시스템 편성안 모델 제시 및 검토
- 관절형 연결방식 차량의 새로운 연결장치 개념설계
- 차세대 차량시스템 feasibility study
- 객차용 차체 기본설계 및 구조해석/대차 feasibility study

3.3 Bombardier Transportation-Talbot : 독일

Bombardier Transportation-Talbot은 캐나다의 다국적 기업인 Bombardier Group의 철도차량분야의 독일회사로 철도차량 (대차)분야의 설계 전문기관이다. 본 과제와는 2, 3차년도에 차세대 대차

설계 및 차량 동역학 해석과 관련하여 공동연구를 수행하였으며, 5차년도부터는 본격적으로 시작 되는 시제차 제작과 관련하여 차량제작을 위한 차체 상세설계 내용 검토 및 시스템 최적화에 주안점을 두어 협력하였다.

Bombardier Transportation-Talbot과의 주요 공동연구내용은 다음과 같다.

- 관절형 분산식 차세대 고속대차(In-board 형식)의 기본설계
- G7 고속전철용 대차 성능해석 및 최적화 수행
- 대차 Type Test 절차에 대한 지원
- 차량 동역학 해석
- 동역학 해석결과를 통해 주어진 요구사항에 대한 대차의 설계
- 대차의 설계과정에서 차체구조와의 통합성 검토
- 차량의 주행거동에 대한 승차감 및 안정성 검토
- 합리적인 대차 시험방법 등의 제시

3.4 Alcan MTS(Alusuisse Road & Rail) : 스위스

Alusuisse R&R은 최근 캐나다에 본사를 둔 ALCAN 그룹에 합병되었으며, 미국의 Alcoa, 독일의 VAW, 프랑스의 Pechiney, 일본의 스미토모 경금속과 더불어 세계 알루미늄업계를 대표하는 스위스의 알루미늄 생산업체로서 자동차 및 철도차량, 항공기등의 수송기기에 사용되는 알루미늄 구조물의 설계 및 시험평가와 관련하여 많은 경험과 기술을 축적하고 있다. AI차체 관련 사항은 Alcan MTS와의 기술협력을 통하여 문제점을 해결하기 위해 노력을 하였으며, 연구내용은 다음과 같다.

- 차체설계 및 구조해석결과 검토
- 동력객차와 객차의 AI 최종 차체설계 검토(AI 압출재의 실제 생산 가능성 및 조립성 검토)
- 차체 구조해석결과 검토
- 차체제작 및 시험평가 지원

3.5 LogoMotive : 독일

LogoMotive는 독일의 Adtrantz 그룹이 캐나다의 Bombardier Transportation 그룹에 합병될 당시 Adtrantz 소속의 설계/해석 전문 엔지니어들이 독립하여 설립한 전문 자문기관으로, 주요 업무분야는 통합시스템의 해석 평가이며 크게 구조역학, 동력학, 음향학, 시험지원 관련분야로 업무구분이 되어있다. 특히 고속전철용 와전류 제동장치 (Eddy-Current Brake ; 이하 ECB)와 관련된 주요 실적은 ICE3에 사용된 ECB의 기본개념 설계에 참여한 경험이 있다.

공동연구의 목적은 국내 기술로 개발되는 ECB의 설계내용 검토 및 해석평가를 통한 안전성 검토 최적화로, 도면 및 해석보고서와 같은 국내 설계자료의 검토를 통한 방법과 LogoMotive 자체적으로 수행하는 실제 ECB 모델의 정해석 및 동특성 해석을 통한 성능평가 및 설계 최적화를 수행하여 ECB 제작을 지원하며, 또한 ECB성능시험의 절차 및 제한요소들에 대한 조언을 통한 시험평가의 지원에 있다. 다음은 공동연구의 주요 내용이다.

- 기술자료 평가를 통한 설계타당성 검증 분야
- 동역학 해석을 위한 ECB 경계조건 평가
- ECB 구조체 강도해석
- ECB 구조물을 포함한 주행 시뮬레이션 (구조 동역학 해석) 및 시험절차와 규정을 위한 자문

3.6 ODS (Odegaard & Danneskiold-Samsøe A/S) : 덴마크

Jone Odegaard와 Ulrik Danneskiold-Samsøe에 의해 1980년에 설립된 덴마크의 자문기관으로 음향학, 소음 및 진동제어에 있어 세계적인 수준의 기술력을 보유하고 있다. 최근에 철도차량 소음 및 진동과 관련된 주요 실적으로는 로템에서 수주한 홍콩선 프로젝트에 시행기관인 홍콩정부를 대신하여 감리기관으로 참여한 경험이 있다.

그러나 철도차량 소음과 관련된 정량적 검토 경험이 취약한 이유로, 본 과제에서는 ODS와의 공동연구를 통하여 차량이 정차중인 경우와 최대속도인 350 km/h로 주행중인 경우의 차량 실내의 소음을 예측하여 현재까지의 차량설계 데이터를 바탕으로 수정이 필요한 부위를 규명하고, 수정을 요하는 부위에 대하여는 차량의 소음 요구량에 부합할 수 있도록 저감방안을 제시하고자 하였다. 주요 연구내용은,

- 개념적인 소음예측
- 주요 전장품 소음도 규제치 및 사양제시

의 두 가지 분야로, 개념적 소음예측은 차량편성 전체에 대하여 수행되며 동력차, 동력객차와 객차의 각 차종별로 객실내 소음도 예측을 수행을 수행하는 것으로, G7고속전철 기본사양에 제시되어 있는 실내소음도 기준을 준수할 수 있는 전장품 소음 규제치 제시를 위한 필요조건을 제공하는데 그 목적이 있다.

3.7 ToyoDenki : 일본

일본의 ToyoDenki Seizo K.K(이하, ToyoDenki)와는 사업의 초기부터 해외기술협력을 수행하고 있는 연구기관으로서, 사업 초기에는 특히, 판토티그래프 과제에서 기본설계에 관한 분야 및 저속풍동시험의 지원에 중점을 두어 추진되어왔다. 또한 2단계에는 차량시스템 엔지니어링 측면에서 주요 부품 및 서브시스템의 상세설계에 대한 검토와 관련부품의 제작 및 시험과 관련한 주요 지원업무 측면에서 설계도면 검토, 시험평가 승인을 위한 시험계획서 및 절차서의 검토 및 시험지원을 수행하였으며, 주요 기술협력 내용은 다음과 같다.

- 한국형 고속전철용 판토티그래프의 승인을 위한 지원
 - 시험과정을 포함한 한국형 고속전철용 판토티그래프의 승인과정 체계구축
 - 설계/제작도면의 검토 및 승인 지원
 - 한국형 고속전철용 판토티그래프의 제작성 검토 및 지원
 - 고속풍동시험 지원
 - 시험평가 승인을 위한 시험계획서 및 절차서의 검토 및 승인 지원

4. 결론 및 제언

본고에서는 지난 6년동안 G7고속전철기술개발사업 중에서 ‘차량시스템 엔지니어링기술개발’과제를 중심으로 수행되어온 해외기술협력내용을 정리하였다. ‘차량전기분야’는 ‘전기시스템 엔지니어링기술개발’과제를 중심으로 추진되어 왔기 때문에 과제의 중복성을 배제하기 위해 주로 기계분야의 핵심 또는 취약기술에 치중하였다. 해외기술협력을 통해 국내에서 초기 경험이 전무했던 고속전철 분야의 차량시스템 개념설계분야부터 시작하여 핵심기술에 대해서 국내기술진에게 자신감을 심어주었다. 또한 국내 연구팀의 부족한 점도 지적되었고 보완되어 왔다. 특히, 복합 시스템을 개발하기 위해 참여하고 있는 각 연구기관별 기술자료 준비능력, 설계과정의 체계성 등이 부족하여 어려움을 겪었고 상당시간을 자료준비에 할애할 수밖에 없었던 경우가 많았다. 앞으로 해외기술협력을 통해 얻은 교훈을 충분히 활용한다면 보다 체계적인 개발이 이루어질 것으로 본다. 부

가적으로 지속적인 협력을 유지해줌으로써 신뢰할 수 있는 해외 네트워크를 구축해 놓았다는 점도 매우 의미 있는 성과로 평가될 수 있으며 향후 상업용 차량 개발에서도 효과적으로 가동될 수 있을 것이다.

후 기

본 연구는 G7 고속전철기술개발사업의 "차량시스템 엔지니어링기술개발" 과제의 일환으로 수행되었으며, 관계자 여러분의 지원에 감사드립니다.

참고문헌

1. 정경렬 외(1997), "차량시스템 개념설계 및 평가기술 개발, 연구보고서", 한국생산기술연구원.
2. 정경렬 외(1998), "차량시스템 개념설계 및 평가기술 개발, 연구보고서", 한국생산기술연구원.
3. 정경렬 외(1999), "차량시스템 엔지니어링 기술개발, 연구보고서", 한국생산기술연구원.
4. 정경렬 외(2000), "차량시스템 엔지니어링 기술개발, 연구보고서", 한국생산기술연구원.
5. 정경렬 외(2000), "한국형 고속전철 차량시스템의 동특성 해석", 한국소음진동공학회 10주년 기념 소음진동학술대회 논문집, pp. 900 - 910.
6. 정경렬 외(2000), "분산식 관절형 차량시스템용 한국형 차세대 대차 기본설계", 대한기계학회 2000년도 동역학 및 제어부문 하계학술대회 논문집, pp. 496 - 502.
7. 정경렬 외(2000), "한국형 고속전철의 실내외 소음설계 검토", 한국소음진동공학회지 10권 제4호, pp 636 - 641.
8. 정경렬 외(2001), "차량시스템 엔지니어링 기술개발, 연구보고서", 한국생산기술연구원.
9. 정경렬 외(2001), "한국형 고속전철 시제차량 설계검증을 위한 동특성 해석", 한국소음진동공학회 춘계학술대회논문집, pp. 1232 - 1240.
10. 정경렬 외(2001), "한국형 고속전철용 판토틀라프의 풍동소음시험", 한국소음진동공학회 추계학술대회논문집, pp. 1215 - 1220.
11. 정경렬 외(2002), "한국형 고속전철 차량소음 예측 및 부품 소음관리방안", 한국소음진동공학회 춘계학술대회논문집, pp. 917 - 923.