

기술수요조사서 [과제제안]

연구개발 과제명	고속철도차량 차간 연결부 경량화를 위한 저소음 핵심 소재 개발 및 적용기술 연구
-------------	---

제안기관

기관명	현대로템(주)		우선순위	상(●) / 중() / 하()
제안 담당자	부서	딥테크연구팀	직위	책임연구원
	성명	김재환	연락처	휴대폰: 010-6700-0131 e-mail:jhkim131@hyundai-rotem.co.kr
제안 담당자	부서	딥테크연구팀	직위	책임연구원
	성명	김재환	연락처	휴대폰: 010-6700-0131 e-mail:jhkim131@hyundai-rotem.co.kr

제안과제

구분	내용
1. 연구개발 필요성	○ 고속철도차량 차간 연결부의 중량 증가 문제 및 경량화 기술개발 필요성 - 고속철도차량의 차간 연결부(갱웨이)는 차량 간 승객 이동통로를 확보하는 동시에 고속 주행 및 터널 통과 시 발생하는 외부 소음의 실내 유입을 차단하기 위한 주요 구성품으로, 연결막(Bellows), 프레임, 발판, 내장판 및 외부 페어링 등으로 구성됨. - 특히 고속철도차량은 주행 중 발생하는 공력소음 및 차간 연결부의 저주파 소음을 저감하기 위해 차량 연결부 외측을 감싸는 전주면 페어링 구조를 적용하고 있으나, 이로 인해 차간 연결부의 구조가 복잡해지고 전체 중량이 증가하는 한계가 있음. - 현대로템과의 사전 기술검토 자료(2026.08.20.)에 따르면, 고속철도차량의 차

구 분	내 용
	간 연결부 총중량은 페어링 및 내장판 부착 여부에 따라 약 550~750kg 수준으로, 연결부 중량을 약 10% 경량화할 경우 10편성 기준 약 405~675kg의 중량 저감 효과가 예상되는 것으로 검토됨. - 철도차량은 제작 및 납품 시 차량 총중량과 축중에 대한 제한이 존재하므로, 차간 연결부의 중량 저감은 타 구성품의 설계 중량 여유를 확보하고 차량 경량화에 기여할 수 있음. 또한 차량 중량 감소에 따른 기계적 저항 저감 및 에너지 소비 절감 효과도 기대할 수 있음. ○ 기존 기술 및 대응방법의 한계 - 현재 차간 연결부의 소음 저감을 위해 적용되는 전주면 페어링은 외부 소음의 유입을 차단하는 역할을 수행하지만, 경량화를 목적으로 페어링을 단순 축소하거나 제거할 경우 기존에 확보된 소음 차단 성능이 저하될 우려가 있음. - 또한 기존 연결막에 사용되는 실리콘 소재는 곡선 주행 시 차량 간 상대 변위에 대응하기 위한 유연성을 확보하고 있으나, 소재의 밀도 및 두께를 단순히 감소시키는 방식은 차음성능과 기계적 내구성 저하를 유발할 수 있어 경량화에 한계가 존재함. - 따라서 기존 제품의 단순한 소재 변경이나 페어링 제거 방식에서 벗어나, 실리콘 소재 자체의 경량화와 연결막·프레임의 구조 최적화, 소음 저감에 필요한 최소 페어링 설계를 통합적으로 수행할 필요가 있음. ○ 철도연 보유기술을 활용한 기술적 한계 극복 및 연구개발 필요성 - 한국철도기술연구원은 기존 연구를 통해 다층 연결막 구조 및 미세천공(Micro-Perforated Panel, MPP)을 활용한 저주파 소음 저감 기술을 확보하였으며, 실제 연결막을 이용한 성능시험에서 기존 제품 대비 전체 소음 차단지수 약 3~4dB, 100Hz 저주파 영역에서 약 8.6~9.2dB의 개선 효과를 확인한 바 있음. - 이러한 기 확보 기술을 활용하면 페어링 최소화 및 실리콘 소재 경량화 과정에서 발생할 수 있는 소음 차단 성능 저하를 연결막 내부의 다층 공기층 및 미세천공 구조를 통해 보완할 수 있을 것으로 기대됨. - 다만 기존 다층 연결막 연구에서는 추가 구조물 적용에 따른 중량 증가가 발생하였으므로, 본 과제에서는 경량 실리콘 소재 개발과 다층·미세천공 구조의 최적화를 병행하여 차간 연결부 전체의 경량화와 소음 성능 유지를 동시에 달성하고자 함. - 특히 소재 경량화, 구조 경량화 및 최소 페어링 설계기술은 상호 연계성이

구 분	내 용
	높아 개별 기술개발만으로는 최종 성능을 확보하기 어려우므로, 철도연의 소음 저감 기술과 중소기업의 소재·제품 제조기술을 연계한 통합 실용화 R&D 수행이 필요함. ○ 기술개발의 시급성 및 수요기관 연계 필요성 - 현대로템의 사전 검토의견에 따르면, 기존 제품과 동등한 소음 성능이 확보된다는 전제하에 경량 차간 연결부의 적용은 차량 중량 제한 대응 및 에너지 소비 절감 측면에서 긍정적인 효과가 있을 것으로 검토됨. - 다만 실제 차량 적용을 위해서는 차량 간 병진·회전 상대 변위에 대한 내구성, 적용 프로젝트별 화재 안전성 및 기존 차량과의 설치 적합성 등이 사전에 검증되어야 함. - 이에 따라 본 과제에서는 현대로템의 차량 적용 요구조건을 반영하여 실리콘 소재 경량화, 차간 연결막 구조 경량화 및 최소 페어링 설계기술을 개발하고, 철도연의 기 확보 소음 저감 기술을 접목하여 실용화 가능성을 검증하고자 함. - 최종적으로 기존 전주면 페어링 적용 시스템 대비 차간 연결부 전체 중량 10% 이상 저감 및 동등 이상의 소음·안전 성능 확보를 목표로 하며, 향후 신규 고속철도차량 적용을 위한 기술적 기반을 마련하고자 함
2. 현장수요 및 확산 가능성	○ 제안기관 적용수요 및 확대 가능성 - 현대로템에서 제작하는 신규 고속철도차량의 차간 연결부(갱웨이)를 우선 적용대상으로 하며, 실증 성공 시 신규 차량 제작사업과 연계하여 편성별 차간 연결부 수량에 따른 공급 확대 추진(구체적인 도입수량은 수요기관 협의 후 확정). - 차간 연결막 및 페어링은 차량 제작 시 반복적으로 적용되는 구성품으로, 신규 차량의 지속적인 납품 수요와 기존 차량의 유지보수·교체 수요를 통한 반복 구매 가능성이 있음. - 개발 기술은 고속철도차량뿐만 아니라 일반철도 및 도시철도차량의 차간 연결부에도 확장 가능하며, 한국철도공사 및 도시철도 운영기관 등으로 적용 확대 기대. - 실리콘 소재·구조 경량화 및 최소 페어링 설계를 통해 기존 대비 차간 연결부 전체 중량 10% 이상 저감과 동등 이상의 소음·안전 성능 확보를 목표로 하며, 차량 총중량 및 축중 제한 대응, 에너지 소비 절감, 구조 단순화에 따른 제작·유지관리 효율 향상 기대.

구 분	내 용
3. 요구기술 및 적용조건	○ 고속철도차량용 경량·저소음 차간 연결부 통합시스템 개발 - 기존 전주면 페어링 적용에 따른 차간 연결부의 중량 증가 문제를 해결하기 위해 실리콘 소재 경량화, 연결막·프레임 구조 최적화 및 최소 페어링 설계기술을 통합한 경량 차간 연결부 개발 필요. - 기존 대비 차간 연결부 전체 중량 10% 이상 저감을 목표로 하며, 철도연이 기확보한 다층 연결막 및 미세천공(MPP) 기반 저주파 소음 저감 기술을 활용하여 기존 제품과 동등 이상의 소음·기밀·내구 성능 확보. - 현대로템의 신규 고속철도차량 차간 연결부 적용을 목표로 하며, 기존 차량과의 설치·체결 호환성, 고속 주행 및 터널 통과 환경, 곡선 주행 시 차량 간 병진·회전 상대 변위 대응조건 등을 고려한 설계 필요. - 철도차량 화재 안전 요구기준 충족, 반복 변형에 대한 피로 내구성 및 유지보수 편의성 확보가 필수적이며, 구조 단순화와 부품 수 최소화를 통한 제작·유지관리 비용 절감 검토. - 기존 기술이 전주면 페어링을 통한 소음 차단에 의존하는 방식인 반면, 본 기술은 경량 실리콘 소재와 저소음 연결막 구조를 활용하여 페어링 적용 범위를 최소화하는 것이 차별점임. 특히 소재·구조 경량화에 따른 차음성능 저하, 다층 구조 적용 시 추가 중량 발생 및 페어링 축소에 따른 공력소음 증가를 동시에 해결하는 것이 핵심 기술적 난점임.
4. 시험·인증 및 현장실증 계획	○ 경량·저소음 차간 연결부의 성능검증 및 실차 적용성 평가 - 개발제품의 실차 적용을 위해 실리콘 소재의 기계적 물성·난연성 시험, 연결막의 소음 차단·기밀·피로 내구성 시험 및 최소 페어링의 구조 안전성 평가를 수행하고, 적용 차량별 관련 철도 안전기준 충족 여부 확인. - 한국철도기술연구원의 시험·평가 인프라를 활용한 시제품 성능검증 후, 현대로템과 협의하여 고속철도차량 차간 연결부 또는 실차 모사 시험환경을 대상으로 현장실증 추진. - 실증기간은 개발 일정 및 수요기관 협의에 따라 설정하며, 고속 주행·터널 통과 환경과 곡선 주행 시 발생하는 차량 간 병진·회전 상대 변위를 고려하여 시험 수행. 실제 운행차량 적용 시 제작사 승인 및 운행 안전성 확보를 전제로 단계적 실증 추진. - 기존 전주면 페어링 적용 제품과 개발제품의 중량 및 소음 차단 성능을 비교하고, 차간 연결부 전체 중량 10% 이상 저감과 동등 이상의 소음·기밀·내구·안전 성능 확보 여부를 핵심 성공 판단기준으로 설정. - 실증에 앞서 현대로템의 차량 인터페이스 및 설계 요구조건 확보, 기존 제

구 분	내 용
	품의 기준 성능 측정, 시험용 차량 또는 실차 모사 환경 확보, 시제품 설치 적합성 및 안전성 검토 등을 선행할 계획임.
5. 도입 및 활용계획	○ 개발 소재의 후속 제품화 및 신규 고속철도차량 적용 추진 - 본 과제를 통해 확보한 경량·저소음 실리콘 소재 및 연결막 적용 설계기술을 기반으로 참여 중소기업의 소재 제조기술과 제품개발 역량을 확보함. - 연구 종료 후 현대로템과 협의하여 개발 소재의 차간 연결막 적용 가능성을 검토하고, 후속 연구개발을 통한 완성형 차간 연결부 시제품 제작 및 성능검증을 추진함. - 후속 개발을 통해 차간 연결부 전체의 경량화, 소음 차단성능, 기밀성 및 내구성이 확인될 경우 현대로템 신규 고속철도차량 적용을 검토함. - 참여기업의 기술실시 계약을 통해 연구성과 활용 기반을 확보하고, 후속 제품화 과정에서 현대로템과의 구매연계 및 성과공유제 활용 가능성을 협의함.
6. 수요기관 협력·지원 계획	○ 현대로템의 기술 요구사항 제공 및 개발 소재 적용성 검토 지원 - 현대로템은 고속철도차량 차간 연결부의 경량화·소음·내구성 등 핵심 기술 요구사항을 제공하고, 소재 개발 방향 및 성능목표 설정에 협력함. - 기존 연결막의 소재 특성, 중량, 구조 및 차량 인터페이스 등 관련 기술자료를 제공 가능한 범위 내에서 공유하여 개발 소재의 적용 가능성 검토에 활용함. - 개발 소재의 시험 결과 및 부분 시험체 평가 결과를 공동 검토하고, 실제 차량 적용 시 고려해야 할 설계·제작·안전 요구사항에 대한 피드백을 제공함. - 연구 종료 시 개발 소재를 활용한 차간 연결막 구조 및 최소 페어링 적용 방안을 검토하고, 후속 제품개발 및 실차 검증을 위한 기술적 요구사항 도출에 협력함.
7. 예상 개발기간 및 소요예산	○ 총 연구기간: ○ 총 연구기간: 2년(24개월) [1차년도: 경량·저소음 핵심 소재 개발] ○ 저밀도·경량 실리콘 소재 배합기술 개발

구 분	내 용
	- 기존 적용 소재의 물성 및 음향특성 분석 - 저밀도 실리콘 소재의 조성 및 배합조건 도출 - 소재 경량화에 따른 기계적·음향적 특성 분석 ○ 경량 소재의 기초 성능평가 - 소재 시험편 제작 및 밀도·인장강도·신율 등 기본 물성평가 - 차음성능 및 난연성 기초시험 - 기존 소재 대비 경량화 효과 및 성능 변화 분석 ○ 차간 연결막 적용을 위한 기초 구조 검토 - 개발 소재의 연결막 적용 요구조건 분석 - 다층 연결막 및 미세천공(MPP) 기술의 적용 가능성 검토 - 차간 연결막 부분 시험체 개념설계 [2차년도: 핵심 소재 고도화 및 차간 연결부 적용방안 도출] ○ 경량·저소음 실리콘 소재 성능 개선 - 1차년도 시험 결과를 반영한 소재 조성 및 배합조건 최적화 - 경량화·차음성능·기계적 물성을 고려한 소재 성능 개선 - 최종 소재 시험편 제작 및 성능검증 ○ 개발 소재의 차간 연결막 적용성 평가 - 개발 소재를 적용한 연결막 부분 시험체 설계 및 제작 - 부분 시험체 기반 기초 소음 차단성능 및 변형 특성 평가 - 기존 소재·구조 대비 성능 비교 및 개선사항 도출 ○ 차간 연결부 경량화 적용방안 도출 - 개발 소재 특성을 반영한 연결막 구조 설계방안 검토 - 다층·미세천공 구조와 최소 페어링의 적용 가능성 분석 - 현대로템 요구조건을 고려한 차간 연결부 적용 설계안 도출 - 후속 완성형 시제품 개발 및 실차 검증을 위한 기술개발 로드맵 수립

한국철도기술연구원장 귀하