

기술수요조사서 (과제제안)

연구개발 과제명	전차선 가선허성 검측 시스템 개발
-------------	--------------------

☐ 제안기관

기관명	국가철도공단		우선순위	상(0) 중() 하()
제안 담당자	부서	건설본부 건설계획처	직위	차장
	성명	전상휘	연락처	휴대폰 : 010-4162-9720 e-mail : hwi@kr.or.kr
활용 예정 부서	부서	건설본부 건설계획처	직위	차장
	성명	전상휘	연락처	휴대폰 : 010-4162-9720 e-mail : hwi@kr.or.kr

☐ 제안과제

구 분	내 용					
1. 연구개발 필요성	전차선로는 ‘설치했다’가 아니라 ‘팬터그래프가 문제없이 지나간다’로 검증되어야 함 → 그러나 현행 절차에는 전차선로 시공 직후 확인할 수단이 없음					
	○ 적용 대상 및 운영환경 - 국가철도공단 발주 신설 전철화 노선 및 운영선 개량 노선의 전차선로, 시공 완료 후 시설물검증시험·영업운행 이전 단계 - 현장에 이미 투입되는 전철 모터카를 검측 수단으로 활용→야간 차단시간 (통상 3~4시간) 내 개량·유지보수 구간에도 적용 ○ 현재 문제: 전차선로에 대한 정적 점검은 있으나 동적 검증은 공백 - 시공 품질확인 높여·편위 등 정적 시공오차 점검에 그치며, 실제 팬터그래프가 통과할 때의 동적 충격은 속도등급·공사유형을 막론하고 제대로 확인되지 않음					
	<table> <tr> <th>구분</th><th>현행 동적 확인 방식</th><th>한계</th></tr> <tr> <td>200km/h급 이상 신설선</td><td>시설물검증시험 시 운영차량을 투입하여 동적 충격 검지</td><td>시험 기간이 매우 짧아 개소별 시공품질을 자세히 확인 불가</td></tr> </table>	구분	현행 동적 확인 방식	한계	200km/h급 이상 신설선	시설물검증시험 시 운영차량을 투입하여 동적 충격 검지
구분	현행 동적 확인 방식	한계				
200km/h급 이상 신설선	시설물검증시험 시 운영차량을 투입하여 동적 충격 검지	시험 기간이 매우 짧아 개소별 시공품질을 자세히 확인 불가				

구 분	내 용		
	구분	현행 동적 확인 방식	한계
	200km/h급 미만 선로	동적 특성 측정 없이 비디오 모니터링만 수행	충격 크기·발생 위치 정량 확인 불가
	운영선 개량공사	야간 차단시간 내 시공 완료 후 즉시 영업운영 재개	동적 설치 건전성을 확인할 방법 자체가 없음
	○ 그 결과: 설치 불량은 시험차량·영업열차의 팬터그래프와 부딪혀야 드러남 - 섹션인슐레이터·건널선·균압클램프·드로퍼 등 불량 개소에서 집전판 파손·이선아크·전차선 손상이 발생(그림1), 시험 중단·재조정·개통 일정 지연으로 이어짐 - 충격 발생 위치·원인 개소를 사후에 특정하기 어려워 야간 도보 순회 점검이 반복되고, 운영선 개량 구간은 불량이 남은 채 영업열차가 운행하여 팬터그래프 손상·운행장애로 직결될 위험  (a) 집전판 표면 손상  (b) 집전판 파손부 <그림1> 전차선 설치 이상에 따른 팬터그래프 집전판 파손 사례 ○ 확인 가능한 근거 - 최근 고속 R-bar 시설물검증시험 중 가선허성 미흡으로 팬터그래프 손상 사례 발생 ○ 왜 연구개발이 필요한가 - 기존 수단은 모두 공백을 메우지 못함: 정적 검측(동적 충격 확인 불가), 시설물검증시험(준공 직전·단시간), 도보 점검(인력 과다·누락), 해외 검측차 시스템(고가·대형 차량 전용, 모터카 탑재 사례 없음) - 시공 직후 ~ 시설물검증시험 전 ‘공백’(그림2)을 메우려면 모터카용 측정 팬터그래프, 충격 감지 알고리즘, 진동·영상·위치 동기 기록 기술을 통합 개발해야 하며, 이러한 시스템은 현재 개발된 사례가 없음 - 특히, 운영선 개량공사는 작업 직후 동일 차단시간 내에 모터카로 확인할 수 있어, 현재 방법이 없는 동적 건전성 검증의 유일한 현실적 해결책임		

구 분

내 용

(a) 현행 — 신설선

전차선 시공 완료

정적 검측
(높이·편위 등)

동적 상태 확인 수단 없음

시설물검증시험
≥200km/h: 운영차량 단시간
<200km/h: 영상 모니터링만

영업운행

▲ 설치 불량이 여가서 처음 드러남 → 잠깐만 파손·시험 중단·일정 지연

(b) 현행 — 운영선 개량공사 (야간 차단 3~4시간)

개량 시공
(차단시간 내)

정적 검측

동적 설치 건전성 확인 방법 없음 → 불량이 남은 채 영업열차 운행

영업운행
즉시 재개

(c) 본 과제 적용 — 신설·개량 공통

전차선 시공 완료
(신설·개량)

정적 검측

모터카 충격 검측
(진동·영상·KP 동기, 차단시간 내)

시설물검증시험
(불량 사전 조치 완료)

영업운행

▲ 시공 직후 전 구간 동적 확인 → 시험·영업운행 전 보완 조치

<그림 2> 현행 품질확인 절차의 공백과 본 과제 적용 후 개선 절차

○ 시급성 및 우선순위

- 호남고속철도 2단계 등 신설 노선 시설물검증시험과 경부고속철도 등 전차선 개량 사업 본격화(2028년~)에 맞춘 선제 확보 필요— 국가철도공단 내 우선순위 ‘상’

국가철도공단 시공 검증에서 출발해 한국철도공사·도시철도 운영기관의 유지보수용 검측장비로 확산 가능한 ‘반복 수요’ 기술

○ 적용대상과 예상 필요수량

구분	적용 대상	시기	수량(안)
신설 노선 시공 검증	호남고속철도2단계, 신규 전철화 노선 등 시설물 검증시험 이전 사전 검측	2029~	2세트
기존선 개량 시공 확인	경부고속철도 전차선 개량 등 야간 작업 직후, 영업운행 재개 전 확인	2029~	2세트
운영 선로 유지보수	한국철도공사·도시철도 운영기관 유지보수용 모터카 확대 탑재	2030~	10세트 이상

2. 현장수요 및 확산 가능성

○ 운영기관 확대 판매 가능성

- 한국철도공사 및 도시철도 운영기관은 현재 전차선 유지보수 시 정적 기하 값(높이·편위) 위주로 점검하고, 팬터그래프 통과 시 충격은 측정하지 않음
→ 유지보수 후 설치 상태를 동적으로 확인하는 수단이 없어 동일한 수요가 존재

- 운영기관은 보유 유지보수용 모터카가 많아 국가철도공단보다 큰 시장이며, 기존 모터카에 교체 탑재하는 방식이므로 별도 차량 구매 없이 도입가능

- 또한, 다양한 전차선 시공사까지 확대 가능함

○ 기대효과

- 안전: 불량 개소를 시험·영업운행 전에 불량 설치상태 제거
→ 팬터그래프 파손·이선아크·전차선 손상 예방

- 공정·비용: 시험 중단·재시험 감소로 개통 일정 리스크 저감, 야간 도보 점검 인력·시간 절감 (도보 1시간 최대 4km, 기술개발품 1시간 최대 80km로 약 20배 효율 증)

구 분	내 용
3. 요구기술 및 적용조건	- 품질관리: 정량적 충격량 제시, kp·영상 기록으로 시공사 등에 보완 지시·준공 검사·하자 책임 판단의 객관적 근거 확보
	모터카에 측정용 팬터그래프를 교체 탑재해, 충격 발생 즉시 '어디서·얼마나·왜'를 영상과 함께 기록하는 검측 시스템 ○ 기술·제품 개요 - 집전판 진동(가속도)·영상·속도/위치(kp)를 동기 계측하여 전차선 설비와의 비정상 접촉(충격)을 실시간 검지하고, 발생 위치·영상·등급을 자동 기록(그림3)  (a) 전철 모터카(예시)  (b) 모터카용 팬터그래프(예시) <그림3> 적용 플랫폼－ 현장 투입 모터카 및 탑재 팬터그래프 ○ 필수 기능 - 충격 실시간 검지·운전실 알람/ 충격 전·후 영상 자동 저장/ kp 측정/연계 발생 위치 산출/ 등급(주의·경고·위험) 분류 - 운행 종료 후 이상 개소 목록(kp·전주 번호·등급·영상) 자동 출력, 재검측으로 보완 조치 확인 ○ 핵심 요구성능(안) - 충격 검지율 95% 이상, 오검지율 5% 이하, 발생 위치 전주(지지점) 단위 식별(±20 m 이내), 야간 작업 1회분 연속 기록 ※ 세부 사양·정량 목표는 연구책임자와 협의하여 확정 ○ 적용조건 및 필수 고려사항 - 국내 모터카 차종별 팬터그래프와 교체 가능한 구조, 차량 원 기능(가선작업·점검)에 영향 없을 것 - 가압 구간 운행 시 전기적 절연확보, 탑재물 탈락 방지, 야간·우천·차상 진동 환경 대응, 세트당 목표가격 2억원 이내 ○ 차별성 및 기술적 난점 - 고속 검측차 전용 시스템과 달리 현장 모터카 탑재형으로 시공·유지보수 단계에 특화 - 모터카 저·중속 영역에서 상시 습동 진동과 이상 충격의 판별, 집전판 센서 부착·내구성, 차종별 인터페이스 범용화, kp 위치 보정

구 분	내 용									
4. 시험·인증 및 현장실증 계획	실내 모사시험 → 모터카 탑재 → 신설·개량 구간 현장실증(6개월 이상)의 3단계로 검증									
	○ 필요 시험·인증·승인									
	- 차상 장비 환경시험(진동·충격, 온도·습도, EMC — 공인시험기관), 실내 모사 가진 성능시험									
	- 모터카 소유기관 탑재 승인, 선로차단·작업승인 절차에 따른 운행 허가									
	○ 실증 장소·기간·조건									
5. 도입 및 활용계획	- ① 국가철도공단에서 건설중인 신설 공사구간, 기존선 개량구간 및 호남고속철도 2 단계 시공구간 등									
	- 2차년도 6개월간 현장검증 시험									
	○ 성능 확인방법과 성공 판단기준									
	<table><tr><th>확인 항목</th><th>확인 방법</th><th>성공 기준</th></tr><tr><td>충격 검지율/ 오검지율</td><td>검측 이상 개소vs 현장 확인 (육안·정적검측) 대조</td><td>95% 이상/ 5% 이하</td></tr><tr><td>위치 특정 정확도</td><td>검출kp vs 실제 전주kp 비교</td><td>±20 m 이내</td></tr></table>	확인 항목	확인 방법	성공 기준	충격 검지율/ 오검지율	검측 이상 개소vs 현장 확인 (육안·정적검측) 대조	95% 이상/ 5% 이하	위치 특정 정확도	검출kp vs 실제 전주kp 비교	±20 m 이내
	확인 항목	확인 방법	성공 기준							
	충격 검지율/ 오검지율	검측 이상 개소vs 현장 확인 (육안·정적검측) 대조	95% 이상/ 5% 이하							
	위치 특정 정확도	검출kp vs 실제 전주kp 비교	±20 m 이내							
	○ 사전 해결 사항									
	- 모터카 확보·탑재 동의, 실증 구간 및 작업계획 협의, 전주 kp 목록 등 설비 데이터 제공, 가압 구간시 전기안전 검토									
	국가철도공단 2029년 시범 도입(신설·개량 각 2세트) 후, 한국철도공사·도시철도 운영기관으로 판로 확대									
○ 도입 대상·수량·시기										
- 1단계(2029년): 국가철도공단 신설 노선 시공 검증 2세트 + 기존선 개량 확인 2세트, 시설물검증시험 이전 사전 검측 절차로 시범 적용										
- 2단계(2030년~): 국가철도공단 사업단(권역)별 추가 배치 2세트 및 한국철도공사·도시철도 운영기관 유지보수용 모터카 10세트 이상 확대 공급										
○ 목표가격 및 예산 확보										
- 세트당 2억원 이내(측정용 팬터그래프·계측장치·S/W·설치 포함)										
- 2028년 예산 편성 시 건설 및 개량 사업비/장비 구입비 반영, 또는 신설·개량 공사 발주 시 사전 동적 검측을 시방에 반영하여 공사비로 확보										
- 실증 결과를 근거로 국가철도공단 전차선로 시공 후 확인 절차에 사전 검측 반영 검토										
○ 구매연계 방식										
- 요구성능 충족 시 우선구매 노력										

구 분	내 용															
6. 수요기관 협력·지원 계획	철도연이 개발하고, 국가철도공단이 실증·도입하며, 참여기업이 기술이전을 받아 제작·판매하는 역할 분담															
	○ 기관별 역할 - 한국철도기술연구원(주관): 측정용 팬터그래프·계측장치·검지 알고리즘·S/W 등 기술 전반을 직접 개발하고 시험·현장실증 총괄 - 국가철도공단(수요기관): 요구사항 제시, 실증 현장·데이터 제공, 성능 판정, 도입 및 운영기관 확산 지원 - 참여기업: 개발 과정에서 제품화·양산성 관점의 요구사항 검토에 참여하고, 기술실시 계약으로 기술이전을 받아 향후 제작·판매·유지보수 담당															
	○ 수요기관 지원 사항															
	<table><tr><th>지원 항목</th><th>내용</th><th>제공 여부</th></tr><tr><td>현장·차량</td><td>신설·개량 구간 실증 장소 및 작업계획 협조, 시공사·운영기관 모터카 탑재 협조 요청</td><td>가능(협의)</td></tr><tr><td>데이터</td><td>전차선 준공도면, 전주kp 목록·특수개소 위치, 정적 검측·시설물검증시험 결과, 집전판 손상 이력</td><td>가능(보안 검토)</td></tr><tr><td>실증·피드백</td><td>실증 입회, 검출 개소 현장 대조, 성능 판정, 개선 요구 제시(반기1회 이상 점검)</td><td>가능</td></tr><tr><td>도입·확산</td><td>도입 검토, 내부 기준 반영, 국가철도공단 설명회 등을 통한 한국철도공사·운영기관 확산 지원</td><td>가능</td></tr></table>	지원 항목	내용	제공 여부	현장·차량	신설·개량 구간 실증 장소 및 작업계획 협조, 시공사·운영기관 모터카 탑재 협조 요청	가능(협의)	데이터	전차선 준공도면, 전주kp 목록·특수개소 위치, 정적 검측·시설물검증시험 결과, 집전판 손상 이력	가능(보안 검토)	실증·피드백	실증 입회, 검출 개소 현장 대조, 성능 판정, 개선 요구 제시(반기1회 이상 점검)	가능	도입·확산	도입 검토, 내부 기준 반영, 국가철도공단 설명회 등을 통한 한국철도공사·운영기관 확산 지원	가능
	지원 항목	내용	제공 여부													
현장·차량	신설·개량 구간 실증 장소 및 작업계획 협조, 시공사·운영기관 모터카 탑재 협조 요청	가능(협의)														
데이터	전차선 준공도면, 전주kp 목록·특수개소 위치, 정적 검측·시설물검증시험 결과, 집전판 손상 이력	가능(보안 검토)														
실증·피드백	실증 입회, 검출 개소 현장 대조, 성능 판정, 개선 요구 제시(반기1회 이상 점검)	가능														
도입·확산	도입 검토, 내부 기준 반영, 국가철도공단 설명회 등을 통한 한국철도공사·운영기관 확산 지원	가능														
7. 예상 개발기간 및 소요예산	○ 총 연구기간: 2년 (2027. 1. ~ 2028. 12.)															
	<table><tr><th>연차</th><th>주요 내용</th></tr><tr><td>1차년도 (2027)</td><td>요구사항·손상사례 분석, 측정용 팬터그래프·탑재 인터페이스 설계, 충격 검지 알고리즘, 시제품 제작·실내시험</td></tr><tr><td>2차년도 (2028)</td><td>모터카 탑재·현장실증(6개월 이상), 성능 확인·개선, 운영/유지보수 지침(안) 제시</td></tr><tr><td>합계</td><td></td></tr></table>	연차	주요 내용	1차년도 (2027)	요구사항·손상사례 분석, 측정용 팬터그래프·탑재 인터페이스 설계, 충격 검지 알고리즘, 시제품 제작·실내시험	2차년도 (2028)	모터카 탑재·현장실증(6개월 이상), 성능 확인·개선, 운영/유지보수 지침(안) 제시	합계								
	연차	주요 내용														
	1차년도 (2027)	요구사항·손상사례 분석, 측정용 팬터그래프·탑재 인터페이스 설계, 충격 검지 알고리즘, 시제품 제작·실내시험														
2차년도 (2028)	모터카 탑재·현장실증(6개월 이상), 성능 확인·개선, 운영/유지보수 지침(안) 제시															
합계																

한국철도기술연구원장 귀하