

# 궤도회로 장애 예방이 가능한 접착절연레일 개발 방안

이태영\*<sup>†</sup>, 허승욱\*, 권호진\*\*, 이남수\*\*, 김동연\*\*

Tae-young Lee\*<sup>†</sup>, Seung-wook Huh\*, Ho-jin Kwon\*\*, Nam-su Lee\*\*, Dong-yeon Kim

접착절연레일(Glued Insulated Rail)은 철도 선로에서 레일 이음매의 역할과 레일 상호간을 전기적으로 절연하여 신호용 궤도회로가 동작할 수 있게 하는 주요 구성품이다. 접착절연레일의 절연기능 상실로 인한 궤도회로 장애는 지속적으로 발생하여 열차운행에 지장을 초래하고 있다.(한국철도 '15~'19년 34건) 이에 궤도회로 장애가 발생되었던 구간을 포함한 현장 조사와 절연레일의 자성발생 원인분석을 통해 궤도회로 장애 예방이 가능한 접착절연레일 개발방안을 제시하고자 한다.

본 연구는 한국철도공사의 자체연구개발 공동연구과제 “접착식 절연레일 장애예방에 관한 연구”에 의해 수행되었습니다.

**주요어** : 접착절연레일, 궤도회로 장애

\*<sup>†</sup>, \* 한국철도공사 철도안전연구원, \*\* (주)세안 기술연구소

## 1. 서론

접착절연레일은 철도 선로에서 신호장치의 궤도를 구성하면서 레일의 불연속 구간을 보강하는 역할을 한다. 접착절연레일은 기능적으로 매우 중요한 궤도구성품임과 동시에 파손을 비롯하여 궤도회로 장애가 빈번하게 발생하고 있다. 이에 궤도회로 장애 발생개소 현장조사 및 레일의 자화현상 원인분석을 토대로 장애 예방이 가능한 접착절연레일 개발 연구를 진행 중이다.

통해 절연부 단락 현상의 원인은 이물질(숫조각 등) 접촉으로 확인되었으며 절연부 단락 예방이 가능한 접착절연레일 개발 연구가 필요하다.



Fig 1. 현장조사 및 자속밀도 측정

## 2. 연구개발 배경 및 필요성

접착절연레일은 장대레일 구간이나 분기기에 주로 사용되며 두 개의 레일을 연결하기 위해 복부에 이음매판을 볼트와 접착제로 강하게 밀착시킴으로써 끊어진 두 레일의 휨 강성을 이음매판으로 보완하는 구조적 안정성을 확보하는 동시에 궤도회로 구성을 위해 레일 양단의 절연을 가능하도록 한 구성품이다. 접착절연레일에서는 구조적 문제를 비롯하여 열차 지연 운행 및 궤도회로 장애 발생 주요 원인인 절연부 단락 현상이 발생되고 있다. 현장 조사를

## 3. 연구개발 수행 내용

### 3.1 장애발생 현장 조사 및 결과

#### 3.1.1 현장조사 실시

접착절연레일 절연부에서 이물질(숫조각 등)이 접촉되는 원인을 파악하기 위해 현장조사를 실시하였다. 자성 유발 요인, 절연레일 종류에 따른 자속 밀도 측정, 열차 충격량 정도에 따른 자속밀도 변화 등을 조사하였다.

1차: 도고온천역, 예산역, 삽교역(2021.9.6.)

2차: 의정부역, 양주역(2021.10.20.)

측정장비: 가우스미터, 직류클램프미터, 나침반

### 3.1.2 현장조사 결과

현장조사를 토대로 절연부 단락 현상을 유발시키는 원인을 분석하여 네 가지 결과를 도출하였다.

- ① 쇠파루는 주로 레일에서 발생하며, 절연레일의 자기장에 의해 절연부에 접촉된다.
- ② 레일의 자성 발생 원인은 열차주행에 의한 차륜 충격량과 가장 밀접한 연관이 있다. (절연부에서 레일의 이격거리가 크고 침목의 지지강성이 낮을수록, 열차 속도가 빠를수록, 열차가 감속으로 충격량이 클수록 자속 밀도가 높다.)
- ③ 절연레일 양단에 발생하는 자기장의 방향은 지구자기장의 방향에 맞추어 발생한다.
- ④ 열차 통과 직후 자속밀도가 상승하였다가 차츰 낮아지며 잔류자기가 누적되어 자속 밀도가 커진다.

## 3.2 원인 해결을 위한 개발 방안 제시

### 3.2.1 레일 자성 발생 및 영향 최소화 방안

레일과 절연편 사이에 비자성체 금속을 삽입하여 쇠파루로 인한 단락을 방지하는 방안을 검토하였다. 비자성체 소재는 스테인리스 스틸 강(SIL316L 등)을 채택하였다. 레일두부를 일정량 가공한 부분에 비자성체 육성 용접 후 외부 충격에 의한 자성 및 용접부 품질 확인 결과 구조적 결함 없이 자성 영향을 최소화 할 수 있음을 확인하였다.

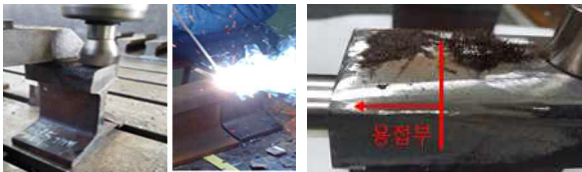


Fig 2. 레일가공 및 용접 Fig 3. 자성 영향 확인

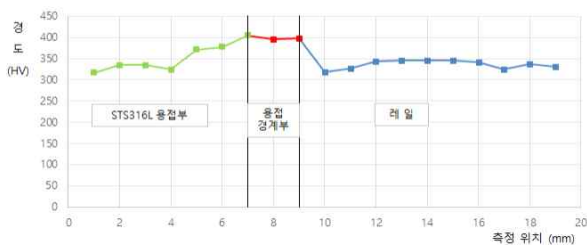


Fig 4. 레일-용접부 경도 측정

### 3.2.2 열차주행 충격 최소화 방안

현장조사 결과 열차주행 충격과 자성 발생은 밀접한 연관이 있음을 확인하였다. 열차 충격력은 절연각도가 직각인 경우 가장 크며 각도가 작을수록 낮아지는 연구 결과를 확인 할 수 있었다.

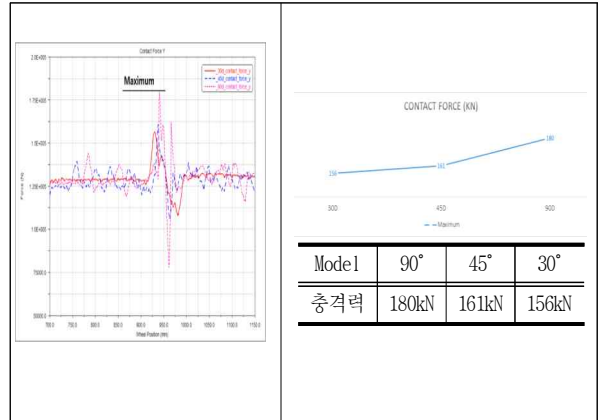


Fig 5. 절연각도별 최대 충격력

### 3.2.3 접촉절연레일 내구성(강도) 확보 방안

이음매관 형상에 변화를 주어 수직하중에 대한 내구성(강도)을 증가시키는 방안을 검토하였다. 레일이 연결되는 이음매관의 복부 두께를 두껍게 하여 수직하중에 대한 내구성을 증대하였고 체결장치와 간섭이 되지 않도록 하였다. 절연편, 절연본드 재질 개선에 대한 추가 연구를 진행 중이다.

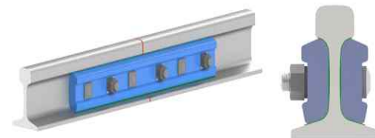


Fig 6. 기존 90° 접촉절연레일

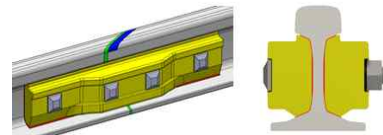


Fig 7. 개선안 접촉절연레일

### 3.2.4 개발안 도출

현장조사 결과와 시험 및 기존 연구결과를 근거로 하여 3가지 개발안 도출 및 설계(2D,3D)를 완료하였다. 개발안 1은 기존 90°접촉절연레일에 비자성체 금속을 육성 용접을 하고, 개

발안 2에는 30°접착절연레일에 비자성체 육성 용접을 적용하였다. 개발안 3에는 12t의 절연편 및 30° 기울기를 적용하였다. 개발안별 비교는 Table 1.과 같다.

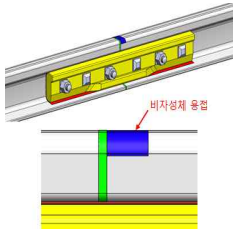
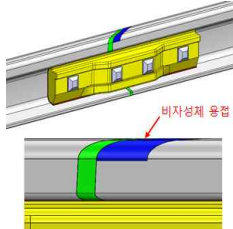
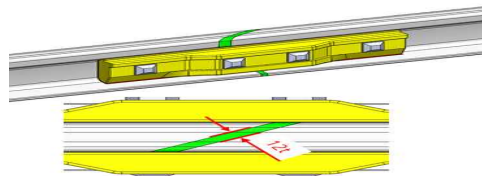
구분	개발안 1	개발안 2
형상		
특징	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 기존과 동일한 형상</li> <li>• 기존 이음매판 절연편(6t)사용</li> <li>• 레일 두부가공 및 비자성체 용접</li> <li>• 쇠파루 단락 방지</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 열차충격 감소(30° 경사식)</li> <li>• 레일 두부가공 및 비자성체 용접</li> <li>• 절연편 두께 보강 가능(9t)</li> <li>• 구조적 안전성 확보</li> <li>• 체결구 간섭 방지 설계 적용</li> <li>• 쇠파루 단락 방지</li> </ul>
문제 해결	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 자기장 영향 : 해결 가능</li> <li>• 열차 충격 : 기존과 동일</li> <li>• 내구성 : 기존과 동일</li> </ul>	
	<p style="text-align: center;">개발안 3</p>  <ul style="list-style-type: none"> <li>• 열차충격 감소(30° 경사식)</li> <li>• 절연편 두께 보강(12t)</li> <li>• 구조적 안전성 확보</li> <li>• 체결구 간섭 방지 설계 적용</li> <li>• 쇠파루 단락 방지</li> </ul> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 자기장 영향 : 해결 가능</li> <li>• 열차 충격 : 열차 충격 감소</li> <li>• 내구성 : 내구성 증대</li> </ul>	

Table 1. 개발(안) 비교

### 3.2.5 해석적 검증

현재는 개발안별 구조해석을 진행 중이다. 구조해석을 통해 열차 하중 및 레일 축력 재하에 따른 구성품 안전성을 입증하고 구조해석 결과를 설계에 반영하여 최종 제품 형상을 결정하는 것을 목표로 한다.

## 4. 결론

접착절연레일은 구조상 취약 구조임과 동시에 구조적 결함을 비롯하여 궤도회로 장애가 빈번하게 발생하고 있다. 이에 구조적 안전성을 증대 하고, 궤도단락 현상을 예방할 수 있는 방법을 연구하였다. 현재 접착절연레일 개발안에 대한 구조해석을 진행 중이며 최적의 개발안을 도출하여 레일 자화 현상과 쇠파루 부착으로 인한 궤도단락 현상을 예방할 수 있는 접착절연레일 개발이 최종 목표이다.

## 참고문헌

- [1] Ministry of Land, Infrastructure and Transport (2018), KRS TR 0004-17(R) *Insulated rails*, Sejong, Korea
- [2] Korean Standards Association (2014), KS R 9169 *Glued insulated rails*, Seoul, Korea
- [3] 권호진 외 4명 접착절연레일 성능향상, 한국철도학회 2021년 춘계학술대회, pp. 123~126
- [4] 이태영 외 2명 궤조 절연부의 자성발생 원인 분석, 한국철도학회 2021년 추계학술대회