

## 선제적 예방보수를 위한 레일품질 관리 고도화 방안 연구

## A study of Rail Quality control Advancement for Proactive Preventive Maintenance

제봉욱<sup>†</sup>, 김정민\*, 손형진\*, 김명수\*Bong-Wook Je<sup>†</sup>, Jeong-Min Kim\*, Hyeong-Jin Son\*, Myeong-Su Kim\*

**Abstract** In this study, we propose the rail flaw detection equipment to eliminate dead rail defect management and quality improvement scheme for eliminating the dead zone area. There is a defect of the rail can be classified into various types, Are classified as surface defects, cracks and breakage. The Korea Railroad Corporation discovered the flaw in advance by operating the rail flaw detection equipment for quality control of the rail is directly connected with trains safe driving, action, and although the defects of the rail head surface causes a limitation of discovery due to the presence of a dead zone area in, which is caused by the angle of the ultrasonic beam and the size of the transducer is attached to the rail car inspection. It depends on a lot of trouble proactive preventive maintenance to rail breakage under an initial flaw can not be found in the crack growth model that is progress from the start of the lower vertical surface defects of the internal cracks. This technology improves the existing ultrasound equipment and precision inspection equipment Precision rail quality management according to counteract the dead zone areas through the introduction of the expectations.

**Keywords :** Dead zone area, Dead Rail defect, Surface defects, Cracks, Breakage

**초 록** 본 연구에서는 레일탐상장비 검측시 불감대 영역의 해소로 레일 결함관리 및 품질향상 방안을 제시하고자 하였다. 레일의 결함은 다양한 종류로 구분할 수 있는데 크게 표면결함(휨손), 균열, 절손(파손)으로 분류된다. 한국철도공사에서는 열차안전운행과 직결되는 레일의 품질관리를 위해 레일탐상장비를 운용하여 사전에 결함을 발견·조치하고 있으나, 이중 레일 두부 표면결함은 불감대 영역의 존재로 인해 발견의 한계가 발생하는데 이는 레일탐상차에 장착 되어 있는 탐촉자의 크기 및 초음파 빔의 각도에 의해 기인된다. 이는 내부 균열의 시작인 표면결함 직하부로부터 진전되는 균열성장 모델에 의거 초기 결함 발견 불가로 선제적 레일 절손 예방관리에 많은 어려움이 따른다. 이에 기술개발을 통한 기존 초음파 장비의 개선 및 정밀 탐상장비 도입으로 불감대 영역 해소에 따른 레일 품질 정밀관리가 기대된다.

**주요어 :** 불감대영역, 레일결함, 표면결함, 균열, 파손

## 1. 서 론

레일의 결함은 다양한 종류로 구분할 수 있는데 크게 표면결함(휨손), 균열, 절손(파손)으로 분류된다. 한국철도공사에서는 열차안전운행과 직결되는 레일의 품질을 관리하기 위하여 육안으로 식별되는 표면결함은 인력연마, 레일연마차, 육성용접 등으로 해소하며, 육안으로 식별이 어려운 레일의 내부 결함은 인력탐상기 및 레일탐상차를 통하여 결함개소를 축출 후 재점검을 시행하여 결함부분을 용접, 레일교환 등을 통해 해소한다. 하지만 레일탐상장비 검측시 불감대 영역의 존재로 인해 초기 발견의 기술적 한계로 선제적 레일 결함 예방관리에 많

은 어려움이 따른다. 이에 기술개발을 통한 기존 초음파 장비의 개선 및 정밀 탐상장비 도입으로 선제적 관리가 기대된다.

† 교신저자: 한국철도공사 부산경남본부 시설처(bong6735@korail.com)

\* 한국철도공사 부산경남본부 시설처장, 한국철도공사 부산경남본부 시설처 직원

## 2. 레일 부설 현황

국내 일반,고속철도에는 총 8,465km(본선 6,432km, 측선 2,033km)의 레일이 부설되어 있으며, 이중 경부선, 동해남부선, 경전선 및 기타선구 총 16개 선구를 담당하고 있는 부산경남본부는 총 1,038km의 레일을 관리하고 있으며 본선 709km, 측선 329km가 부설되어 있다.(Table. 1)

Table. 1 '15년도 부산경남본부 관내 궤도 현황

(단위 : m)

소속	본 / 측선			중량별			
	계	본선	측선	계	60kg	50kgN	37kg
부산경남	<b>1,038,191</b>	709,038	329,153	<b>1,038,191</b>	363,938	662,294	11,959

### 2.1 본선, 측선

부산경남본부 관내 부설된 본선 레일은 총 709,038m로서 경부선(172,121m), 동해남부선(113,920m), 경전선(265,640m), 기타선(157,357m), 측선 레일은 총 329,153m로서 경부선(79,348m), 동해남부선(43,736m), 경전선(43,777m), 기타선(162,292m)로 부설되어 있으며, 전체 레일 중 본선은 68.3%를 차지하고 있다

### 2.2 60kg 레일

부산경남본부 관내 부설된 60kg 레일은 총 363,938m로서 경부선(79,082m), 동해남부선(8,660m), 경전선(216,947m), 기타선(59,249m)로 부설되어 있으며, 전체 레일 중 35.1%를 차지하고 있다.

### 2.3 50kgN 레일

부산경남본부 관내 부설된 50kgN 레일은 총 662,294m로서 경부선(172,387m), 동해남부선(145,813m), 경전선(92,470m), 기타선(251,624m)로 부설되어 있으며, 전체 레일 중 63.8%를 차지하고 있다.

### 2.4 37kg 레일

부산경남본부 관내 부설된 37kg 레일은 총 11,959m로서 경부선(0.000m), 동해남부선(3,183m), 경전선(0,000m), 기타선(8,776m)로 부설되어 있으며, 전체 레일 중 1.2%를 차지하고 있다.

### 3. 레일탐상장비의 탐상범위

레일은 단면적에 비하여 긴 연장을 가지고 있으므로 기온의 영향을 크게 받으며 저항력 감소 및 레일의 피로강도가 많아 균열과 절손이 발생하며 이를 미연에 방지하고자 육안으로 판단하기 어려운 레일의 구조적 결함등을 발견하기 위해 레일탐상(인력레일탐상기 및 레일탐상차)을 시행하며 그 탐상범위는 다음과 같다.

#### 3.1 인력레일탐상기

수동식 초음파 레일탐상기로 레일결함 검출범위는 8가지로 그 형상은 다음과 같다.(Table. 2)

**Table. 2** 결함의 검출범위


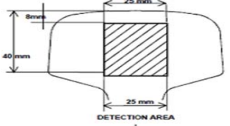
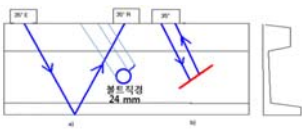
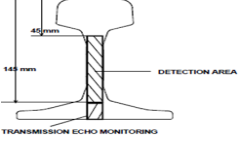
결함내용	탐촉자 입사각	탐상범위	결함내용	탐촉자 입사각	탐상범위	불감대 영역
두부 수직결함	70°		복부 경사결함	45°		
두부 경사결함	70°		복부 수평결함	0°		
두부 수평결함	0°		저부 수직결함	45°		
복부 수직결함	45°		저부 경사결함	45°		

#### 3.2 레일탐상차

레일탐상차로 레일결함 검출범위는 3가지로 그 형상은 다음과 같다.(Table. 3)

**Table. 3** 결함의 검출범위

결함종류	탐촉자 입사각	결함내용	탐상범위	불감대 영역
수평결함	0°	레일 길이의 방향으로 나타나는 결함으로 두부,복부,저부에서 나타남		

경사균열 결함	70°	레일두부에서 발생하는 20~25° 사이의 경사균열로 용접부의 기공이나 레일두부면의 찰상등에서 나타남		
볼트구멍 결함	0°	레일 복부 볼트구멍 주위에 나타나는 35~40° 사이의 경사균열로 나타남		

#### 4. 레일탐상 데이터 현황

레일결함의 발견은 주로 레일탐상차, 인력탐상, 선로순회, 신호장애 등으로 구분할 수 있다. 이 중 부산경남본부 관내 최근 5년간(2011~2015년) 레일탐상차 운행에 따른 지적개소 및 재점검 결과에 대하여 현황을 분석하였다.(Table. 2)

Table. 4 레일탐상차 지적개소 재점검 결과

(단위 : 개)

년도 별	지적개소									재점검결과						비 고
	계	보통 이음	용접 이음	절연 용접	신축 용접	이형 용접	신축 부	절연 부	레일 중간	계	균열	흑점	구멍 초과	기타	이상 없음	
합계	365	10	233	5	7	9	3	7	91	365	11	60	37	21	236	
2011	73	0	64	0	1	3	0	0	5	73	0	14	30	5	24	
2012	102	4	58	2	2	2	3	6	25	102	0	24	5	13	60	
2013	101	2	58	1	2	2	0	0	36	101	2	14	2	0	83	
2014	61	3	36	1	1	0	0	0	20	61	0	5	0	0	56	
2015	28	1	17	1	1	2	0	1	5	28	9	3	0	3	13	

#### 4.1 지적개소 현황

Table. 2와 같이 최근 5년간(2011~2015년) 레일탐상차 운행에 따른 지적개소 총 365개소가 검출되었으며, 인력레일탐상기 재점검을 시행한 결과 이상 개소는 129개소로 나타났다. 주요 결함으로는 균열(11개소), 흑점(60개소), 이음매볼트부 구멍초과(37개소), 기타(21개소) 등으로 분석되었다.

#### 4.2 문제점

총 365개소가 검출 데이터 중 레일 이상 개소 129개소를 제외한 나머지 236개소는 불량이 검출되지 않았다. 이는 인력레일탐상기의 재점검 결과 불량이 아닌 수치이지 레일 결함이 없다고 확신할 수는 없다. 레일탐상장비의 탐상범위에서 소개한 바와 같이 레일탐상차에 장착되어 있는 탐촉자의 크기 및 초음파 빔의 각도에 의해 기인되는 불감대 영역의 존재로 발견의 한계가 있다. 이는 내부 균열의 시작인 표면결함 직하부로부터 진전되는 균열성장 모델에 의거 초기 결함 발견 불가로 선제적 레일 절손 예방관리에 많은 어려움이 따른다.

### 4.3 대책

레일 품질관리를 위해서 선구별, 레일 중량별, 레일 종류별, 계절별, 훼손 부위별 현황 분석을 통한 레일 관리 계획이 필요하며, 더불어 불감대 영역 해소를 위한 기존 초음파 장비 개선 혹은 정밀 탐상장비 도입이 필요하다.

## 5. 레일훼손 현황

선로유지관리 지침 제29조 레일훼손 및 절손 조치에 따라 레일훼손 및 절손개소에 대하여 보고서로 별도 관리하고 있으며, 부산경남본부 관내 최근 5년간(2011~2015) 레일 훼손개소에 대하여 현황을 분석하였다.

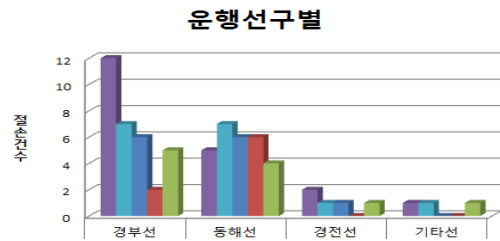
### 5.1 선구별

선구별 분석결과 선로 개량공사 및 지속적 레일교환 시행 등으로 점차 감소하는 추세이지만 열차 운행횟수가 많은 경부선이 47.1%의 비중을 차지하였다.

Table. 5 '11~15년도 부산경남본부 레일 훼손 현황

(단위 : 개)

	합계	선구별			
	68	경부선	동해남부선	경전선	기타선
2011	20	12	5	2	1
2012	16	7	7	1	1
2013	13	6	6	1	
2014	8	2	6	0	
2015	11	5	4	1	1



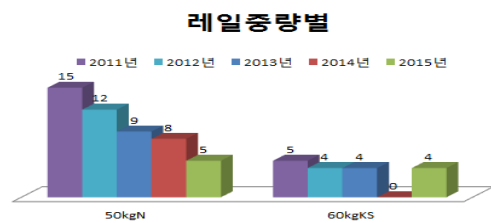
### 5.2 레일 중량별

레일 중량별 분석결과 전체 레일 중 63.8%를 차지하고 있는 50kgN가 75%의 비중을 차지하였다.

Table. 6 레일 중량별 훼손 현황

(단위 : 개)

년도별	합계	50kgN	60kg
	68	51(75%)	17(25%)
2011	20	15	5
2012	16	12	4
2013	13	9	4
2014	8	8	-
2015	11	7	4



### 5.3 레일 종류별

레일 종류별 분석결과 전체 레일 중 51.1%를 차지하고 있는 장대레일이 60.3%의 비중을 차지하였다.

**Table. 7** 레일 종류별 훼손 현황

(단위 : 개)

년도별	합계	장대레일	장척레일	정척레일	절연레일	신축이음	중계레일	분기부				비고
								팅레일	크로싱	가드레일	기타	
	68	41	1	12	4	0	1	0	8	0	1	
2011	20	12	1	3	2		1		1			
2012	16	10		4					1		1	
2013	13	7		2	2				2			
2014	8	6							2			
2015	11	6		3					2			

### 5.4 계절별(월별)

계절별 분석결과 전체 훼손 중 온도 변화에 따른 레일 온도가 급강하는 동절기(10월~2월)에 70.6%의 비중을 차지하였다.

**Table. 8** 계절별 훼손 현황

(단위 : 개)

년도별	합계	1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월	비고
		68	15	12	6	4	3	3	0	1	3	4	6	
2011	20	9		2			1			1	2	3	2	
2012	16	2	3	1	3	2							5	
2013	13	2	4	1					1	2	1	2		
2014	8	1	2	0			1				1		3	
2015	11	1	3	2	1	1	1					1	1	

### 5.5 훼손 부위별

훼손 부위별 분석결과 레일의 장대,장척화로 용접부 증가에 따른 취약개소가 발생 하였으며, 선로 3대 취약개소 중의 하나인 이음매부에도 절손이 증가하여 82.4%의 비중을 차지하였다.

**Table. 9** 훼손 부위별 절손 현황

(단위 : 개)

년도별	합계	테르밋트	가스압접	후레시벳트	이음매부	중간부	일반이음	절연이음	노스부	기타	비고
		68	24	13	0	19	1	1	3	4	
2011	20	8	4	-	5	-	1	1	-	1	
2012	16	8	2	-	4				1	1	
2013	13	1	4		4			2	2		
2014	8	3	2		2	1					
2015	11	4	1		4				1	1	

## 5.6 분석 결과

부산경남본부 관내 최근 5년간(2011~2015년) 레일 절손개소에 대하여 현황을 분석한 결과 동절기 전·후로 넘어가는 시기에 레일온도가 급변하여 훼손이 급격하게 증가 하였으며, 또한 장대·장척화에 따른 용접부 증가로 본선 위주의 레일 관리가 필요하다고 분석되었다. 이에 열차안전운행과 직결되는 레일의 품질을 관리하기 위해 선로유지관리 지침 제185조 레일점검에 의거 반드시 시행하고 있는 레일탐상차(분기별 1회) 및 인력레일탐상기(년 1회) 검측결과 신뢰성 있는 정확한 데이터 관리가 필요하다.

## 5. 결론

한국철도공사 부산경남본부 관내 총 16개 선구에 부설되어 있는 레일은 총 1,038km이며, 레일의 과학적이고 체계적인 관리를 위해 우리공사에서는 레일탐상차를 도입하여 운영하고 있으며, 우리본부에서는 인력레일탐상기를 운영하고 있다. 이중 레일탐상차의 최근 5년간(2011~2015년) 운행결과 지적개소 및 인력레일탐상기 재점검 결과 데이터를 통계적으로 관리하고, 또한 레일 훼손개소에 대하여 현황을 분석하였다.

분석결과 레일탐상차 운행에 따른 지적개소 총 365개소 중 이상 개소 129개소를 제외한 나머지 236개소는 인력레일탐상기 재점검 결과 불량이 검측되지 않았다. 이는 불감대 영역에 따른 한계로 선제적 레일 관리에 어려움이 따를 것으로 판단된다.

또한 레일훼손 현황 분석 결과 선구별로는 열차 운행횟수가 많은 경부선이 47.1%의 비중을 차지하고 있으며, 레일 중량별로는 전체 레일 중 63.8%를 차지하고 있는 50kgN가 75%의 비중을 차지하고 있다. 동절기 전·후로 넘어가는 시기의 레일온도가 급변하는 시기에 레일 훼손이 급격하게 증가 하였으며, 장대·장척화에 따른 용접부 증가로 본선 위주의 레일 관리가 필요하다고 분석되었다.

열차안전운행과 직결되는 레일의 품질을 관리하기 위해 레일탐상차(분기별 1회) 및 인력레일탐상기(년 1회) 검측결과 신뢰성 있는 정확한 데이터 관리가 필요하다. 이에 불감대 영역 해소를 위한 기존 초음파 장비 개선 혹은 정밀 탐상장비 도입 추진이 적극적 필요하고 판단된다.

## 참고자료

- \* 한국철도시설공단, “선로유지관리 지침(2015.3.19. 개정)”, pp. 10,47,8
- \* 한국철도공사, “일반철도 레일결합 관리기준 수립 연구(2014.09, 연구원)”
- \* 한국철도공사, “레일탐상 기술관리 향상방안(2015.07.17., 오송고속철도시설사무소)”
- \* 한국철도공사, “2015년도 시설업무 현황”, 2015.3, pp. 44~45