

국내·외 레일결함 관리기준 비교·분석

Comparative Analysis of Domestic and Overseas Rail Defect Management Criteria

김준영*, 성덕용*[†], 권세곤**, 박상준**, 서종민**Jun-Yeong Kim*, Deok-Yong Sung*[†], Se-Gon Gwon**, Sang-Jun Park**, Jong-Min Seo**

Abstract Domestic high speed railway, general railroad, and urban railway, rail defect management is performed through ultrasonic inspection to prevent rail derailment from rail fracture, and guidelines for each organization are established and managed. However, it is difficult to quantitatively judge the rail defects by the ultrasonic inspection, which is operated in Korea. In this study, we investigated and compared the defect management criteria of domestic and foreign rail, and analyzed the problems of rail defect management criteria and analyzed the problems of domestic rail defect management criteria. As a result of comparing and analyzing the domestic and foreign rail defect management criteria, it is required that the rail defect type standardization (CODE) and detail level for the convenience of the detectors are required in the domestic rail defect management criteria and scientific and reasonable measures was required. Also, it was analyzed that the reliability of the ultrasonic inspection results which can apply the rail defect management criteria is required to be improved.

Keywords : Rail, Internal crack, Line maintenance guidelines, Ultrasonic, Rail defect management criteria

초 록 국내 고속철도, 일반철도, 도시철도에서는 레일과탄에 대한 열차탈선을 예방하기 위해 초음파탐상을 통한 레일결함관리를 시행하고 있으며, 각 기관별 지침을 수립하여 관리하고 있다. 하지만, 국내에서 운영하고 있는 초음파탐상은 레일결함에 대한 정량적 판단이 어렵고 탐상자의 주관적인 판단에 의해 교체여부를 정하고 있는 실정이다. 이에 본 연구에서는 국내·외 레일결함관리기준을 조사하여 비교하였으며, 국내 레일결함관리기준의 문제점을 분석하였다. 국내·외 레일결함관리기준을 비교·분석한 결과, 국내 레일결함관리기준에서는 탐상자의 편의성을 위한 레일결함유형표준화(CODE) 및 상세도가 필요하며, 결함유형에 따른 과학적이고 합리적인 조치사항 제시가 요구되었다. 또한, 레일결함관리기준을 적용할 수 있는 초음파탐상결과의 신뢰도 향상이 필요한 것으로 분석되었다.

주요어 : 레일, 내부결함, 선로유지관리지침, 초음파탐상, 레일결함 관리기준

[†] 교신저자: 대원대학교 철도건설공학과(dysung@mail.daewon.ac.kr)

* 대원대학교 철도건설공학과

** 한국철도공사

※ 학술대회 Full Paper 는 2 쪽 이상 6 쪽 이하로 작성하여 제출 (권장 분량)

1. 서 론

국내 선로유지관리지침 제 21 조(별표 8)에 제시된 레일결함관리기준은 고속철도 도입시기 국외기준을 준용한 것이며, 현재 철도운영기관에서 보유하고 있는 레일탐상장비로는 검측의 신뢰성을 확보하기가 어렵고 기준에 따른 관리가 어려운 상황이다. 따라서 본 연구에서는 국내외 레일결함 관리기준을 비교·분석하여 선로유지관리지침에 제시된 레일결함관리기준에 대한 개정방향(안)을 제시하고자 한다.

2. 국내·외 레일결함 관리기준 현황 및 비교·분석

2.1 국내·외 레일결함 관리기준 현황

2.1.1 선로유지관리지침(제21조, 별표 8)

국내 고속철도 및 일반철도는 선로유지관리지침에 따라 레일을 관리하고 있으며, 선로유지관리지침 제21조 레일관리기준은 다음과 같다.

제21조(레일 관리기준) 고속철도 구간의 레일의 결함은 초음파 탐상, 레일표면결함 검측 등에 따라 검측 가능한 레일의 손상정도 및 결함의 크기 등을 고려하여 다음 각 호와 같이 등급별로 분류하며 등급별 관리기준은 별표 8과 같다.

1. 분류등급(E): 이 등급은 레일이 파손으로 발달하지 않는 결함으로써 안전에 영향을 주지 않는 결함이며 이러한 결함이 발견되는 경우, 지속적으로 선로점검기록부(별지서식 제1호)를 시설관리시스템에 등록 관리하여야 한다.
2. 분류등급(O): 이 등급은 레일에 균열이 발생되었으나 별도의 보강(응급이음매판체결 등)작업 없이 열차주행이 가능한 균열이다. 이 결함은 레일결함점검기록부(별지서식 제4호)를 시설관리시스템에 등록 관리하여야 하며 주기적인 점검 뿐 아니라 특별점검을 시행하여야 한다.
3. 분류등급(X): 이 등급은 레일파손으로 발전되는 균열에 해당되며 X1은 중장기에 걸쳐 파손으로 발전하는 결함, X2는 단기간에 파손으로 발전하는 결함으로 나눈다. 이 결함이 발견되는 경우, 응급이음매 체결 등으로 긴급 보수작업을 실시하고 유지관리 매뉴얼에 따라 보수작업을 시행하여야 한다.
4. 분류등급(S): 이 등급은 레일이 파손되었거나 짧은 시간 내에 복잡한 파손으로 발전될 소지가 있는 균열로서 이 결함이 발견되면 레일을 교환하여야 한다. 레일교환 작업이 완료되기 전까지는 열차속도를 40km/h이하로 제한하고 신속히 이음매 보강작업을 실시하여야 한다. 단, 이음매보강작업이 불가능할 경우 열차속도를 10km/h이하로 제한하고 레일상태를 지속적으로 감시하며 당일야간에 즉시 교환하여야 한다.

선로유지관리지침 제21조에는 고속철도 구간에 대해서만 언급되어 있고, 4가지 분류등급에 따라 레일관리를 시행하고 있다. 또한 선로유지관리지침 제21조의 세부사항은 [별표8]에 제시되어 있고, 다음과 같다.

Table 1 선로유지관리지침 레일관리기준 별표 8

Serial No	Check Item		Acceptable Criteria		Class
1	레일두부 Rail head	횡 방향 균열 Transversal Crack	균열높이 Crack height	균열깊이 Crack depth D	-
			≤5 mm	-	비분류
			> 5 mm	D ≤ 15 mm	o
				15 < D ≤ 25 mm	x1
D > 25 mm	x2				
2	"	수평균열(단부제외) Horizontal Crack (without Railend)	균열길이 Crack length L		-
			L ≤ 100 mm		o
			100 < L ≤ 200 mm		x1
			L > 200 mm		x2
3	"	횡 방향 균열이 조합된 수평균열 Horizontal Crack with Transversal Component	균열높이 Crack height	균열깊이 Crack depth D	-
			≤5 mm	-	비분류
			> 5 mm	D ≤ 15 mm	o
				15 < D ≤ 25 mm	x1
D > 25 mm	x2				
4	레일두부 Rail head	종 방향 수직균열 Longitudinal Vertical Crack	균열길이 Crack length L		-
			L ≤ 50 mm		비분류
			50 < L ≤ 100 mm		o
			L > 100 mm		x1
5	용접부 Welded Section	플래시버트 용접부 횡 방향 균열 Flash-butt Welded Transversal Crack	균열높이 Crack height	균열깊이 Crack depth D	-
			≤5 mm	-	비분류
			> 5 mm	D ≤ 15 mm	o
				15 < D ≤ 25 mm	x1
D > 25 mm	x2				

6	"	테르밋 용접부 복부 수평균열 Thermit Welded Horizontal Crack of the Web	균열길이 Crack length L	-
			$L \leq 100$ mm	0
			$100 < L \leq 200$ mm	XI
			$L > 200$ mm	X2

선로유지관리지침 제21조와 별표8에 제시된 레일결함 관리기준은 국내 고속철도 도입 시 프랑스 SNCF의 관리기준을 준용하여 적용한 것이며, 현 국내 레일탐상차 및 레일탐상기 성능, 탐상기록 분석 및 평가에 대한 관리자의 주관적 판단, 용어정의 등 철도운영기관에서 이를 적용하기에는 많은 문제점이 있다.

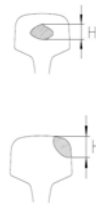
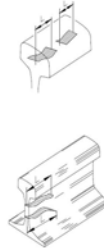


2.1.2 국내 도시철도운영기관 내규

국내 도시철도운영기관(서울메트로, 서울도시철도공사, 대구도시철도공사, 부산교통공사)에서 적용하고 있는 레일결함 관리기준은 균열(결함)조건에서 횡 방향 균열(Transverse Crack), 수평방향 균열(Horizontal Crack), 볼트구멍균열(Bolt Hole Crack)을 제시하고 있으며, 탐상차의 탐촉자 각도(0, 35, 70 도)와 육안검사에 따른 결함크기를 구분하여 관리하고 있으나, 운영기관별 결함관리 크기는 다르게 설정되어 있다. 대전도시철도공사 및 인천교통공사의 경우에는 전단균열에 대하여 두부면과 전단면 및 결함에 따른 등급과 조치사항을 함께 제시하고 있는 것이 특징적이다.

2.1.3 UIC 725 Treatment of Rail Defects

Table 2 국외 레일결함 관리기준 - UIC 725 Treatment of Rail Defects[2]

Class	Class explanation and action plan	Defect type			
		Transverse crack of rail head	Longitudinally horizontal crack	Longitudinally vertical crack	Crack around the bolt hole
0	-Train ban and rail needs to be replaced -No more defects -Generally means broken rail	Breakage	Breakage	Breakage	Breakage
1	-Rail needs to be replaced immediately -Can be occurred rail fracture anytime -Need to replace within 2 weeks (Need action within 6 weeks if there is strengthen action such as fastening joint board)	$H > 25$ mm	$L \geq 200$ mm	Check to naked eye	$L > 100$ mm

2	-Rail needs to be replaced -Not immediately danger to train but possible to potential hazard -Need action within 1 year (Available until upgrade for class 1, When strengthen action is applied such as fastening joint board)	$10\text{mm} < H \leq 25\text{mm}$	$50\text{mm} < L \leq 200\text{mm}$	$L > 50\text{mm}$, Check to naked eye	$40\text{mm} < L \leq 100\text{mm}$
3	-Rail being checked -In the case that defects doesn't make risk to train operating -These defects don't require the maintenance but require to monitor condition and keep record	$H \leq 10\text{mm}$	$L \leq 50\text{mm}$	$L \leq 50\text{mm}$	$L < 40\text{mm}$
Detail drawing					

결함종류를 0,1,2,3등급으로 나누어 구분하고 있으며, 등급설명과 조치방법을 명시하였다. 또한, 결함유형을 레일두부 횡방향 균열, 종방향 수평균열, 종방향 수직균열, 볼트구멍 주변균열의 4가지로 구분하였고, 균열 길이(mm)별로 등급을 구분하였으며, 상세도면도 함께 제시하고 있다. 조치방법에는 지속적 검사, 레일교체, 즉시 레일교체, 운행차단 및 즉시 레일제거가 있다.

2.1.4 ARTC-Engineering(Track), Rail Defect Standards TES 02

호주 ARTC 에서는 결함종류를 영문약자(TD, SC, TD/EBF, TDX, HSH 등)로 구분하고 있으며, 결함크기(Small/Medium/Large)별 결함 비율(%HA) 및 길이(mm)를 제시하고 있고, 결함크기(Small/Medium/Large)별 결함제거 시까지 속도제한과 유지보수 만료기간, 결함제거 만료기간, 기타 조치방법 등에 대해 정의하고 있다.

Table 3 국외 레일결함 관리기준 예시 – ARTC, Rail Defect Standards TES 02[3]

결함종류	Size	결함제거 시까지 속도제한	유지보수 (판금, 연마) 만료기간	결함제거 만료기간	다른 조치방법	
1	Transverse Defect (TD)	S		7 days	5 months	If TD is reported in shatter cracked rail, the full length must be placed weld to weld
		M		24 hours	5 weeks	
		L	20 km/hr	2 hours	48 hours	
	TD in Shatter Cracked Rail (SC)	Same as TD				
		If multiple - same as TDX				
2	Transverse Defect at Engine Burn (TD / EBF)	S		7 days	5 months	Where several engine burns exist in the same rail length, consideration should be given to replace full rail length, weld to weld.
		M		24 hours	5 weeks	
		L	20 km/hr	2 hours	48 hours	
3	Multiple Transverse Defects (TDX)	S	40 km/hr		7 days	Replace full rail length - weld to weld
		M	20 km/hr		24hours	
		L	10 km/hr	Monitor defect and stop trains if necessary until defect removed		
4	Horizontal Split Head (HSH)	S			5 weeks	Monitor defect and stop trains if necessary until defect removed
		M			7 days	
		L	10 km/hr	Monitor defect and stop trains if necessary until defect removed		

2.2 레일결함 관리기준 비교 · 분석

2.2.1 레일결함 표준화(CODE) 방법 비교

레일결함 표준화(CODE)에 대해서는 유럽 및 호주의 경우 레일결함에 대해 코드화하여 관리하고 있으나, 국내의 경우에는 레일결함정의 및 코드화가 되어 있지 않으며, 균열높이 및 균열깊이로 제시되어 있는 항목은 레일결함 유형별로 어떠한 부분을 말하는 것인지가 명확하지 않아 관리자의 주관적인 판단으로 레일결함 관리를 시행하고 있다. 따라서 현재 사용하고 있는 초음파 레일탐상기의 성능을 고려한 레일결함유형별 표준화 및 결함 크기에 대한 정의가 명확히 제시될 필요가 있다.

Table 4 국내·외 레일결함 관리기준 비교 - 레일결함 표준화 방법 비교

구분	UIC 712R, 725	ARTC - TES 02	선로유지관리지침
레일결함 정의	손상/균열/파괴 레일 레일결함종류별 상세도면 제시 결함크기를 길이(mm)로 제시	경미한 손상/레일결함/파단레일 결함크기(Small/Medium/Large)별 결함비율(%HA) 및 길이(mm) 제시	분류등급 (E, O, X, S) 균열높이, 균열깊이로 제시

조치방법 정의	지속적 검사 / 레일교체 / 즉시 레일교체 / 운행차단 및 즉시 레일제거	결함크기(Small/Medium/Large)별 결함제거시까지 속도제한 / 유지보수 만료기간 / 결함제거 만료기간 / 기타 조치방법	요주의 결함/ 1개월이내 교체필요/ 10일이내 교체필요
표기방법	4자리 숫자로 표기	영문약자로 표기	-

2.2.2 레일두부 횡 방향 균열관리 기준 비교

레일두부 횡 방향 균열관리에 대해서는 국내 선로유지관리지침이 국외 기준을 준용하였고, 안전을 위해 UIC코드보다 결함 크기별 조치시간이 빠르게 설정되어있다. 하지만 결함의 크기에 대해서는 10~15mm 범위에 대해서 여유를 두고 있는 것으로 조사되었다. 또한, ARTC에서는 국내 및 UIC에 비해 약 5mm이상의 여유를 두고 있으며, 레일두부면적대비 결함면적 비율을 함께 제시하고 있고, 속도제한범위, 유지보수완료기간, 결함제거완료기간을 함께 제시하여 관리하고 있다.

Table 5 국내외 레일결함 관리기준 비교 - 레일두부 횡 방향 균열관리

UIC 725		ARTC-TES02		선로유지관리지침	
크기	조치방법	크기	조치방법	크기	조치방법
25mm 이상	2주 이내 조치	30%HA (30mm) 이상	속도제한 : 20km/h 유지보수 : 2시간이내 결함제거 : 49시간이내	25mm 이상	10일 이내 교체가 필요
10~25mm	12개월 이내 조치	11~30%HA (21~30mm)	속도제한 : - 유지보수 : 24시간이내 결함제거 : 5주이내	15~25mm	1개월 이내 교체가 필요
10mm 이하	열차 운행에 위험 없음	15~10%HA (10~20mm)	속도제한 : - 유지보수 : 7일이내 결함제거 : 5개월이내	15mm 이하	요주의 결함

2.2.3 레일두부 종 방향 균열관리 기준 비교

국내 선로유지관리지침의 레일두부 종 방향 수평결함은 UIC코드에 비해 조치완료기간이 짧고, 50~100mm 범위에 대해 주의를 요하는 것으로 제시되어 있다. 200mm이상의 결함에 대해서는 UIC 및 선로유지관리지침은 레일교체만을 지시하고 있으나, ARTC에서는 교체 전까지 속도제한범위를 제시하고 있다.

Table 6 국내외 레일결함 관리기준 비교 - 레일두부 종 방향 수평결함

UIC 725		ARTC-TES02		선로유지관리지침	
크기	조치방법	크기	조치방법	크기	조치방법
200mm 이상	2주 이내 조치	200mm 이상	속도제한 : 10km/h 필요시 열차운행정지 및 결함확인	200mm 이상	10일 이내 교체가 필요
50~200mm	12개월 이내 조치	101~200mm	속도제한 : - 유지보수 : - 결함제거 : 7일 이내	100~ 200mm	1개월 이내 교체가 필요
50mm 이하	열차 운행에 위험 없음	25~100mm	속도제한 : - 유지보수 : - 결함제거 : 5주 이내	100mm 이하	요주의 결함

2.2.4 레일두부 중 방향 수직결함 관리 기준 비교

레일두부 중 방향 수직결함은 UIC코드에 비해 조치기간이 짧고, 50~100mm범위에 대해서는 여유를 두고 있으며, UIC에서 제시하고 있는 육안확인에 대해서는 크기를 제시하고 있지 않다. ARTC에서는 400mm이상에 대해서는 속도제한범위를 제시하고 있으며, 결함제거기간을 제시하고 있는 것이 특징적이다.

Table 7 국내외 레일결함 관리기준 비교 - 레일두부 중 방향 수직결함

UIC 725		ARTC-TES02		선로유지관리지침	
크기	조치방법	크기	조치방법	크기	조치방법
육안확인	2주 이내 조치	400mm 이상	속도제한 : 40km/h 유지보수 : - 결함제거 : 5일 이내	-	10일 이내 교체가 필요
50mm이상 (육안확인 불가)	12개월 이내 조치	201~400mm	속도제한 : - 유지보수 : - 결함제거 : 7일 이내	100mm 이상	1개월 이내 교체가 필요
50mm 이하	열차 운행에 위험 없음	25~200mm	속도제한 : - 유지보수 : - 결함제거 : 5주 이내	50~100mm	요주의 결함

2.2.5 볼트구멍 주변 결함 관리 기준 비교

UIC 및 ARTC에서는 볼트구멍 주변 균열에 대한 크기별 조치방법을 제시하고 있으나, 국내 선로유지관리지침에서는 고속철도 구간이 장대레일화 되어 있어 이 기준에 대해서는 적용하지 않고 있다.

Table 8 국내외 레일결함 관리기준 비교 - 볼트구멍 주변 균열

UIC 725		ARTC-ETI-01-05			선로유지관리지침	
크기	조치방법	크기	조치방법 (>30MGT 선로)	조치방법 (<30MGT 선로)	크기	조치방법
100mm 이상	2주 이내 조치	40mm이상	속도제한 : 40km/h 다음열차 통과전 제거	속도제한 : 60km/h 다음열차 통과전 제거	-	-
40~100mm	12개월 이내 조치	21~40mm	속도제한 : 60km/h 유지보수 : 2일이내	유지보수 : 7일이내	-	-
40mm 이하	열차 운행에 위험 없음	11~20mm	유지보수 : 7일이내	유지보수 : 30일이내	-	-
		0~10mm	유지보수 : 30일이내	유지보수 : 90일이내		

3. 결론

국내외 레일결함 관리기준을 조사한 결과, 국내에 적용되고 있는 레일결함 관리기준은 레일결함에 대한 정의 및 표준화(CODE)가 되어 있지 않아 관리상 어려움이 있고, 과학적인 근거가 없는 과도한 안전조치를 적용하고 있으며, 조치방법에 대해서는 레일교체만을 제시하고 있어 유지보수방법(주기적인 레일탐상, 레일연마, 육성용접, 응급이음매판 설치, 레일교체 등)에 따른 레일결함 관리기준을 수립할 필요가 있는 것으로 분석되었다. 또한, 레일 관리자들이 쉽고 편하게 레일결함을 관리할 수 있는 레일결함유형별 표준화(CODE)와 초음파탐상결과의 신뢰 향상이 필요한 것으로 분석되었다. 향후 국내실정에 적합한 레일결함유형별 표준화(CODE)(안)을 수립하고, 과학적인 레일결함진전예측을 통해 레일결함유형별 조치방법이 포함될 수 있도록 선로유지관리지침을 개정할 필요가 있다.

후 기

본 연구는 국토교통과학기술진흥원의 2016년 철도기술연구사업(과제번호:16RTRP-B113566-01, 레일결함 진전예측모델 및 유지관리기준개발)의 지원으로 수행하였으며, 이에 감사드립니다.

참고문헌

- [1] Line Maintenance Guidelines, Korea Rail Network Authority
- [2] UIC 725, Treatment of Rail Defects
- [3] ARTC-Engineering(Track), Rail Defects Standards TES 02
- [4] D.Y.Sung (2017) Development of management criteria and growth predict model for rail defects, Research Report, Daewon University College, Korea Agency for Infrastructure Technology Advancement(in Korean).
- [5] S.J.Oh, D.Y.Sung, J.H.Kim, Y.G.Park (2008) The Standardization of Damage Types of Track Components on High Speed Railway, *Proceedings of the 2008 Autumn Conference of the Korean Society for Railway*, Gwangju, Korea.