

## 베이나이트 합금강 크로싱의 개발과 성능평가

### Development and Performance Evaluation of Bainitic Alloy Steel Crossings

오정빈<sup>\*†</sup>, 손기준<sup>\*</sup>, 이남수<sup>\*</sup>, 김동연<sup>\*</sup>

Jeong-bin, Oh<sup>\*†</sup>, Ki-jun Son<sup>\*</sup>, Nam-su, Lee<sup>\*</sup>, Dong-yeon, Kim<sup>\*</sup>

**초 록** 분기기는 궤도상의 주행 차량을 인접한 다른 선로로 이동시키거나 다른 궤도와 교차시키기 위해 설치되는 선로상의 장치이며 그 구성품 중 열차의 방향을 결정하는 포인트부와 크로싱부는 매우 중요하다. 국내 고정크로싱은 구조적 안전성 및 내마모성이 좋은 망간크로싱을 주로 사용하고 있으나 초기 낮은 경도, 주조결함 등으로 인하여 개선이 필요한 실정이다. 이런 문제점을 해결하기 위하여 해외에서는 특수합금강을 사용한 크로싱을 사용하고 있으며 이를 국내에 도입 및 개발하여 성능검증을 완료한 사례를 소개하고자 한다. 또한, 열차 속도가 증가하고 통과량이 많아짐에 따라 크로싱의 구조적 안전성 및 내구성 향상을 위하여 기계적 성질의 향상이 필요한 시점이다.

**주요어** : 크로싱, 베이나이트 합금강, 망간크로싱

### 1. 서 론

분기기는 궤도상의 주행 차량을 인접한 다른 선로로 이동시키거나 다른 궤도와 교차시키기 위해 설치되는 선로상의 장치로 철도 선로망을 구축하는데 있어서 필수 장치중 하나이다.

분기기는 포인트부, 리드부, 크로싱부로 구성되며 분기기내 가장 중요한 부위는 열차의 방향을 결정하는 포인트부와 크로싱부가 있다. 분기내 열차 탈선이 발생할 경우 대다수 포인트부와 크로싱부에서 이루어져 고속철도 도입을 기점으로 분기기내 포인트부와 크로싱부의 신기술 도입 및 기술개발로 많은 성능향상을 이루어졌다. 하지만, 일반철도에서 많이 사용되는 고정크로싱은 연구개발이나 기술개발이 더디게 진행되고 있었다.

이에, 고정크로싱의 성능향상을 위하여 해외에서 많이 사용되고 있으나 국내에서는 생소한 합금강 크로싱을 개발 및 성능평가를 시행하였으며 그 결과를 소개하고자 한다.

### 2. 본 론

#### 2.1 국내 크로싱의 종류

국내에서 적용하고 있는 크로싱의 종류는 다음과 같다.

Table 1 국내 크로싱의 종류

구분	고정크로싱			가동크로싱
	조립크로싱	망간크로싱	합금강크로싱	노스가동크로싱
구조				
특징	<ul style="list-style-type: none"> <li>·레일, 간격재로, 볼트로 구성</li> <li>·기지 및 측선에 주로 사용</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>·고망간장을 사용</li> <li>·한 일체형 주조품</li> <li>·일반선에 주로 사용</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>·레일, 간격재로, 볼트로 구성</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>·레일, 간격재로, 볼트로 구성</li> </ul>

조립크로싱은 관절식 분기기부터 사용해온 크로싱으로 레일, 간격재 및 볼트를 사용하여 만드는 관계로 자재 수급 및 제조가 쉬워 기지 및 측선분기기에 많이 사용되어졌다. 하지만 취약한 구조로 인하여 망간크로싱 개발 후 망간크로싱으로 교체되었으나 아직도

† 교신저자: (주)세안 기업부설연구소  
(wjdqlr@seaninc.co.kr)

\* (주)세안 기업부설연구소

현장에는 많은 조립크로싱이 남아 있다.

망간크로싱은 국내에 1960년대부터 도입되었으나 품질 및 성능문제로 1980년부터 상용화되어 현재까지 사용하고 있다. 망간크로싱은 일체화된 구조로 안전성이 높으며 높은 내마모성과 가공경화성으로 조립크로싱보다 성능이 우수하다. 이에, 신설선의 고정크로싱은 망간크로싱을 주로 사용하고 있다.

하지만, 망간크로싱은 ①초기 낮은 경도(=HB200)로 인하여 열차 충격으로 인하여 초기에 노즈부가 압축 파손되어 박리현상이 발생되고 있으며, ②용접보수의 어려움, ③주조 결합 존재, ④망간부위 현장 용접 불가 등의 문제점이 존재하고 있다. 철도 교통이 중요해짐에 따라 열차의 속도가 증가되고 통파량이 많아짐에 따라 이런 문제점을 해결하기 위하여 해외에서는 특수합금강을 사용하여 크로싱의 성능을 향상시켜오고 있다.

## 2.2 합금강 크로싱의 개발

국내에서는 크로싱의 성능향상을 위하여 베이나이트 합금강 크로싱을 도입 및 개발하여 2018년부터 국가철도공단 철도시설성능검증은 진행하였으며 2020년 성능검증 완료하여 국가철도공단 및 한국철도공사 등에서 사용중에 있다.

Table 2 크로싱별 소재 비교

구분	합금강 크로싱		망간크로싱
	합금강	열처리레일	
인장강도(MPa)	$\geq 1240$	$\geq 1130$	$\geq 740$
경도 (초기경도)	355~420 HB 38~45 HRC	335~388 HB 49~56 HS	$\approx 200$ HB
연신율(%)	$\geq 12$	$\geq 8$	$\geq 35$



Fig. 1 합금강크로싱 구조

## 2.3 합금강 크로싱과 망간크로싱의 비교

국내 신설선 고정크로싱에 사용되고 있는 크로싱은 망간크로싱과 노즈블록형 크로싱이 있으며 노즈블록형 크로싱은 망간형과 합금강형으로 구분되어진다.

본 논문에 명칭된 합금강 크로싱은 노즈블록을 베이나이트 합금강을 사용한 노즈블록형 크로싱을 말한다.

다음 Table 3은 망간크로싱과 합금강 크로싱의 특징을 비교하였다.

Table 3 망간크로싱과 합금강 크로싱의 비교

구분	망간크로싱	합금강크로싱
사진		
특징	<ul style="list-style-type: none"> <li>일체화 구조로 안전성 높음</li> <li>높은 내마모성 및 가공경화</li> <li>초기 마모 및 압착에 취약</li> <li>주조 결합 존재</li> <li>장대구간 사용시 특수용접으로 인한 비용 증가</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>높은 기계적 성질</li> <li>노즈부 품질 및 수명 증가</li> <li>장대구간 사용시 일반용접 가능</li> <li>- 용접부 감소, 크로싱 길이 조정, 비용 감소</li> </ul>

## 2.4 국가철도공단 철도시설 성능검증

앞서 언급한 바와 같이 합금강 크로싱의 품질 및 성능 확인을 위하여 2018년부터 성능검증을 아래와 같이 실시하였으며 모두 성공적으로 완료하였다.

### 2.4.1 50kg용

- ①성능검증기간 : 2018년4월~2020년7월
- ②시험부설장소 : 태백선 입석리역
- ③선로 : 화물선(아세아, 한일시멘트)
- ④부설기간 : 2019년2월~현재(6년 8개월)

### 2.4.2 60kg용

- ①성능검증기간 : 2018년10월~2022년2월
- ②시험부설장소 : 장항선 대야역
- ③선로 : 여객 및 화물선
- ④부설기간 : 2020년3월~현재(5년 7개월)

### 2.4.3 노즈부 마모량 비교

성능검증을 통하여 합금강 크로싱 노즈부의 마모량을 측정하여 망간크로싱과 비교하였으며 해외 유사 사례도 다음과 같다.

Table 4 노즈부 수직 마모량 비교

구분	망간크로싱	합금강 크로싱
국내	부설 5개월 후 2.5mm	부설 1년 후 0.5mm 부설 6년 후 0.7mm
해외	장소 및 기간	베이징 지하철 4호선 부설후 6개월
	검측수량	4개소
	마모량	2.7~3.5mm
	8개소	0.15~0.2mm



50kg 부설사진

60kg 부설사진

Fig. 2 합금강크로싱 부설 사진

### 2.5 국내외 크로싱 재질별 물성치

위와 같이 망간크로싱은 뛰어난 내구성에도 불구하고 초기 마모량이 상당한 것을 확인할 수가 있다.

이를 개선하기 위하여 해외에서는 크로싱의 경도를 제한하여 초기 마모를 방지하고 있으며 국내에서도 사전경화를 도입한 망간크로싱을 개발하였다.

다음은 국내외 크로싱의 재질별 기준 및 물성치를 비교하였다.

Table 5 국내 크로싱 재질별 기준 및 물성치 비교

구분	재질	관련기준	합금강 크로싱		
			인장강도 (N/mm <sup>2</sup> )	연신율 (%)	경도 (HB)
레일	HH370	KS	≥ 1130	≥ 8	335~388
망간	SCMnH3	단체표준	≥ 740	≥ 35	≥ 200
사전경화 망간	SCMnH3	KRS	≥ 740	≥ 35	321
합금강	베이나이트	공단표준	≥ 1240	≥ 12	355~420

Table 6 해외 크로싱 물성치 비교

구분	유럽 EN 15389	스위스 Sbb 10-028-C3	북아메리카 AREMA 100-08	호주 ETA-03-03	러시아 GOST 7370-98
경도 (HB)	≥ 321	≥ 321	≥ 352	350~415	331~398

구분	유럽 Track compendium	유럽 BWG(분기기 제조사)
인장강도(N/mm <sup>2</sup> )	1,200~1,400	≥ 1,175

### 3. 결 론

분기기내 크로싱은 매우 취약한 구간으로 철저한 관리가 필요하나 국내 고정크로싱에 대한 기계적 성질에 대한 기준은 미흡한 실정이다.

초기 경도가 낮을 경우 열차 충격으로 인한 조기 마모로 유지보수 비용과 시간이 증가될 수밖에 없다.

이에, 열차 주행안전성 및 유지보수성 향상을 위하여 크로싱의 경도를 분기기내 레일의 경도와 비슷하게 유지할 필요가 있으며, 구조적 안전성 및 내구성 향상을 위하여 인장강도를 최소 레일 기준 이상으로 상향할 필요가 있다.

### 참고문헌

#### 참고문헌 작성의 예

- [1] 국가철도공단(2024). 공단 표준규격. 탄성 및 I형 분기기(KRSA-1016-R1)