

실시간 데이터 전송이 가능한 자동 복귀형 끌림 물체 검지장치 연구

A Study on Automatic Return Dragging Detector with Real-time Data Transmission

전 재 근* · 김 동 환** · 서 기 범*** · 김 영†

(Jae-Geun Jeon · Dong-Hwan Kim · Ki-Bum Suh · Young-Kim)

Abstract - Recently, an expansion of safety facilities has been widely applied to effectively manage the safety of train operation due to increase of the high-speed section of the general railway and the introduction of high-speed train. Accordingly, performance improvement, upgrading and high reliability of existing safety devices are required. the dragging detector, one of the safety devices, is an analogue system that consists of closed circuit with an electric current flows and operates when the closed circuit is opened by the impact of the dragging object. Such method has unreasonable problem that should be replaced after being detected. It is need to replace with an automatic return type dragging detector which is easy to maintain. In addition, it is necessary to develop a dragging detector that applicable to general railway and urban railway including high-speed railway, in accordance with the speeding up and densification of trains, although it is currently applied only to high-speed railway. In this paper, we propose an automatic return type dragging detector which has versatility and excellent maintainability with digital sensor and real time monitoring.

Key Words : Dragging detector, Safety system, Dragging object, Automatic return, Object model type HAZOP

1. 서 론

철도사고는 차량고장, 인적요인, 시설고장 기후 조건 등 다양한 원인으로 발생한다[1]. 철도사고 방지를 위하여 철도종사자의 자질 향상 및 근무환경 개선, 철도 안전시설 정비 및 확충, 철도 차량 차량의 현대화 및 성능 개선 등의 방법들로 안정성을 향상시켜 왔다. 노력의 결과로 철도사고는 2007년 429건에서 2016년 123건으로 매년 지속적으로 감소하였다[2]. 건널목 사고와 교통 사고는 매년 감소하여 전체적인 철도 사고 수는 줄었지만 예측할 수 없이 일어나는 열차사고와 안전사고는 증감을 반복하고 있어 안정성을 더욱 높일 필요가 있다. 안전성을 높이기 위한 방안으로 분산되어 있는 안전설비를 실시간으로 모니터링 하여 실시간으로 열차운행의 안전을 감시하고 제어하며, 축적되는 데이터를 기반으로 사고 및 위험을 예측하는 실시간 통합 감시제어시스템이 제안되어 구현 및 검증 중에 있다[3-6]. 이러한 시스템이 구축되기 위해서는 안전설비역시 기존 안전설비보다 성능이 개선

된 제품이 필요하다. 본 논문에서는 실시간으로 위험을 감지하고 예측하기 위한 철도 안전설비들 중 하나인 끌림 물체 검지장치를 제안하고자 한다. 끌림 물체 검지장치는 열차 및 차량의 하부 부속품 등이 이탈되어 매달린 상태로 주행할 경우 선로 및 궤도 사이에 설치된 각종 시설물의 파손으로 인한 열차의 각종 사고를 방지하기 위한 안전 설비이다. 끌림 물체 검지장치는 열차가 고속선에 진입하기 또는 고속차량기지 출입구에 설치되어 있다. 현재 국내에서는 고속선에만 설치되어 운용하고 있으며 경부고속선 1단계 12개소, 2단계 5개소, 호남고속선 6개소, 수도권 2개소로 총 25개소에 [7] 설치되어 운용되고 있으나 열차의 고속화 및 고밀도화에 따라 고속철도를 포함한 일반철도 및 도시철도에 범용적으로 적용 가능한 끌림 물체 검지장치의 개발이 필요하다. 본 논문에서는 끌림 물체 검지장치의 성능개선 및 고도화를 위하여 고속선 및 일반선 뿐 아니라 도시철도에 적용 가능한 끌림 물체 검지장치를 개발하였으며 이를 검증 및 적용함으로써 철도 안전성 향상을 도모하였다.

† Corresponding Author : Research Center, Sehwa Co., Ltd., Korea.

E-mail: matjinna@naver.com

* Korea Railroad Corporation

E-mail : jk820287@naver.com

** Development Team, Sehwa Co.,Ltd., Korea.

E-mail : dhkim1@sehwa.biz

***Woo song University, Korea.

E-mail : kbsuh@wsu.ac.kr

Received : April 23, 2018; Accepted : December 25, 2018

2. 끌림 물체 검지장치 성능 개선 및 고도화

2.1 기존 끌림 물체 검지장치

기존의 끌림 물체 검지장치 동작은 레일의 양쪽 및 중앙에 전류가 흐르는 파손 가능한 금속 부품을 설치하여 끌림 물체가 있을 때 파손되어 전기회로가 OPEN되어 ATC (Automatic Train Control, 열차 자동 제어 장치)로 정지신호를 전송하여 열차를 정

지시킨다. 열차가 정지 후 끌림 물체 처리 후 경보취소 버튼을 눌러 운행을 재개시킨 뒤 파손된 부분을 교체하는 방식이다. 그림 1의 끌림 물체 감지장치는 감지장치, 경보취소 버튼과 ATC와의 인터페이스로 나뉜다. 감지 장치는 아연 주물 재질로 제작되어 있으며 선로 내측 3개 선로 외측 2개로 구성되어 있는 구형 모델과 선로 내·외측 각 2개로 구성된 신형 끌림 물체 감지장치가 있다. 하지만 기존 장치는 과거에 도입한 해외기술이 적용된 것으로서 성능저하 및 노후화 등으로 운영 효율저하 및 유지보수비용 증가 및 복구시간 장시간 소요 등의 단점이 있다. 즉, 일회성 방식으로서 한번 사용되면 파손 부위를 반드시 교체되어야 하며 이에 따라 열차운행이 지장을 초래하게 된다. 또한, 감지부의 금속 구조체를 파괴할 수 있을 만큼의 충격을 줄 수 있는 물체에 대해 충격 감지가 가능하며 재질을 변경하지 않는 한 강도를 조절할 수 없다.



(a) 기존장치(구형) (b) 기존 장치(신형) (c) 알람취소 스위치

그림 1 기존 끌림 물체 감지장치

Fig. 1 Existing dragging detector

2.2 고도화된 끌림 물체 감지장치

2.2.1 기본 설계 및 분석

기존의 외부 시스템 인터페이스를 유지하여 즉시 사용 가능하며 기존 장치의 단점을 보완하여 끌림 물체 장치를 고도화하였다. 고도화된 끌림물체 감지장치의 시스템은 크게 제어부, 감지부 및 알람 취소부(경보해제 스위치)로 나뉜다. 기본 동작은 끌림 물체가 발생할 경우 감지부에서 센서 입력을 받아 제어부에서 정보를 처리하여 ATC 장치로 열차 정지 코드를 전송하여 열차를 정지시킨다. 열차의 끌림 물체 확인 조치 후, 취소 스위치를 눌러 경보취소 후 다시 운행을 재개하는 구조로 되어 있다. 그림 2와 같이 감지부는 끌림 물체가 발생 할 경우, 끌림 물체는 킥 플레이트를 가격하게 되고 킥 플레이트는 회전 운동을 하면서 중심축에 연결된 센서 취부대를 이동시키게 된다. 센서 취부대의 이동으로 이중화된 근접센서의 출력을 제어부에 전달함으로써 출력 전달 후 킥 플레이트는 자동 복귀부 및 웨이트 밸런스에 의하여 원상 복귀된다. 이때 킥 플레이트는 약 7~8kgf 이상일 경우 작동하도록 설계되어 있으며 스프링과 센서를 이용하여 강도 조절이 가능하다. 이러한 기준은 풍압등 원하지 않는 요소에 대하여 작동하지 않도록 설정하였다. 감지부의 센서로부터 받은 출력 값은 제어 모듈로 입력되게 된다. 끌림 물체 입력 신호가 감지되면 제어 모듈은 감지 정보를 통신 모듈로 전송하고 인터페이스 모듈로 정지 명령을 전송한다. 통신 모듈은 제어부에서 받은 끌림 정보를 상위 시스템에 전송하고 정지 정보를 받은 인터페이스 부는 정지신호를 ATC로 전송하게 되어 열차를 정지시킨다. 열차 정지

후, 기관사 또는 유지보수자가 끌림 물체 처리 후, 알람 취소 스위치를 누르면 제어 모듈로 취소 명령이 입력되고 제어 모듈은 알람 취소 정보를 통신 모듈로 전송하고 통신 모듈은 상위 시스템으로 정보를 전송하게 된다. 동시에 제어 모듈은 인터페이스 모듈로 알람 취소 정보를 전달하여 인터페이스 모듈은 ATC로 복귀 신호를 전송한다. 끌림 물체가 없는 평상시 제어모듈은 통신 모듈은 통하여 상위 시스템으로부터 시간 정보를 받아와 시간 동기화가 이루어진다. 또한, 주계 및 부계로 이중화되어 정상 상태 정보 및 서로의 상태 감시를 하며 각종 정보를 통신 모듈로 전송하고 통신 모듈은 일정 주기로 상위 시스템에 정보를 전송하게 된다.

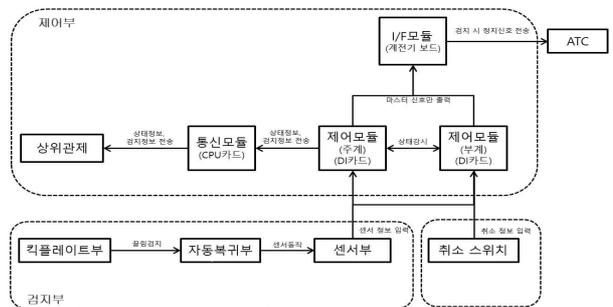


그림 2 시스템 기본 구조 및 동작

Fig. 2 System architecture and behavior

구체적인 설계 전 객체 모델형 HAZOP 분석에 따라 여러 위험 원인을 도출하고 이를 제거하기 위하여 위험성 평가를 거쳐 설계에 반영하였다. “객체모델형 HAZOP 분석을 위해서는 먼저 시스템의 객체화가 선행되어야 한다. 객체모델형 SE(system engineering)는 시스템 정의, 기능 및 구조 분석, 운영시나리오 작성 등의 절차를 통해 수행되며, 이 과정에서 각 단위의 시스템 및 서브시스템을 객체로 다루게 된다.”[8]

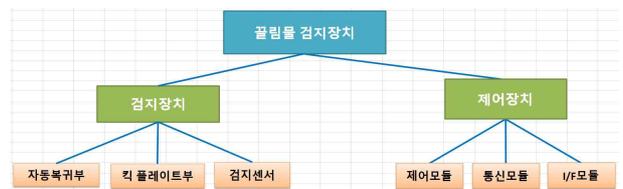


그림 3 시스템 Level 구조

Fig. 3 System Level structure

시스템 구조는 level 1~3단계까지 정의 1단계는 끌림 감지장치 시스템, 2단계는 감지장치와 제어장치로 나뉜다. 3단계는 감지 후 복원력을 이용하여 감지부가 자동복귀가 되는 자동 복귀 부, 선로의 내외 측에 설치되어 끌림 물체를 감지하는 킥 플레이트 부, 거리에 따라 출력 값을 생성하는 센서부가 감지장치 하위 3 레벨로 분류되었다. 자가진단, 센서부로 부터 입력 값을 받아 감지 정보판단, 출력 및 CPU로 정보전송기능을 담당하는 제어모듈, 시스템 외부로 정보전송을 하는 통신 모듈 및 ATC로 정보전송

표 1 시스템 정의 (Level 1)

Table 1 System definition (Level 1)

시스템 정의 Level 1					
구분	항목	정의	종류	내용	
INPUT	물체 끝림	8kgf 이상검지	근접센서 신호	off	DC 24V
				on	DC 0V
	알람경보취소	버튼 스위치	접점신호	On	DC 5~10V
				Off	DC 0V
시간정보	EthernetTCP통신 (년-월-일-시-분-초)	데이터	1일 1회 수신	패킷정보	
OUTPUT	끝림정보	끝림발생시 끝림 정보를 안전관제로 보낸다.	데이터	끝림 detection	1byte
	알람경보취소 정보	알람경보 취소 정보를 안전관제로 보낸다.	데이터	평상시	0x02
				경보취소시	0x01
	ATC 정지신호	끝림물체 검지시 계전기를 동작시킨다.	전기적신호	접점정보	24V
	ATC 복귀신호	끝림물체 해지시 계전기를 복귀시킨다.	전기적신호	접점정보	0V
	실시간 상태정보		제어상태정보	데이터	bit표현
주/부계상태			데이터	bit표현	정상 : 1 고장 : 0
센서상태			데이터	접점정보	0x35(정상시)
기능	시간동기화	정해진 시간에 안전관제에서 동기화 정보 수신	데이터	1일 1회 수신	패킷정보
	자기진단	상태정보	데이터	정확한 출력을 내고 있는지 진단	
	끝림검지	끝림물체 발생시 끝림검지	물리적 신호	끝림물체 검지	
	알람취소	초기화 및 정상상태 복귀	데이터	끝림물체 조치 후 알람취소	
환경	온도	IEC 60068-2-1에 따라 시험을 실시	환경	저온	- 40℃,16시간
		IEC 60068-2-2에 따라 시험을 실시	환경	고온	+70℃,16시간
		IEC 60068-2-14에 따라 시험을 실시	환경	온도사이클링	- 40℃~70℃, 5cycle, 3mins

표 2 끝림물체 검지장치 HAZOP

Table 2 Dragging detector HAZOP

Guide word	설명	이상 현상	Code	원인		결과
No	명령이 실행되지 않는 상태	시간 동기화가 안되는 상태	HZ1-0-1	시간 정보	안전관제로 부터 잘못된 시간동기화 정보 입력	잘못된 시간으로 정보가 기록되어 안전관제로 전송
			HZ1-0-2		시간동기화 정보가 입력되지 않는 경우 (통신오류 등)	잘못된 시간으로 정보가 기록되어 안전관제로 전송
			HZ1-0-3	시간동기화	제어모듈 또는 통신모듈불량	시간동기화 오류 또는 불가
			HZ1-0-4	온도	온도로 인한 통신또는 제어모듈 불량	시간동기화 오류 또는 불가
			HZ1-0-5	전자기 적합성	전자기 영향으로 인한 통신, 제어보드 불량	잘못된 시간으로 정보가 기록되어 안전관제로 전송
			HZ1-0-6	진동	진동으로 인한 케이블 접촉, 통신, 제어보드불량	시간동기화 불가
			HZ1-0-7	충격	해당없음	
			HZ1-0-8	전원	전원변동으로 인한 작동불가	시간동기화 불가
			HZ1-0-9	방수방진	수분 유입으로 인한 접촉불량	시간동기화 불가
			HZ1-0-10	개발자	설계실수	시간동기화 불가

및 경보취소 버튼의 입력을 받는 인터페이스 모듈이 제어부 하위 3레벨로 분류된다. 시스템을 객체화하기 위하여 레벨 별로 시스템 정의, 구조 및 기능 분석은 끝림 물체 검지장치 전제 시스템에 대한 입출력, 기능 및 환경에 대한 항목, 종류 및 내용으로 시스템 정의를 하고 구조와 기능에 대하여 분석한다. 표 1은 level 1에 대한 시스템 정의, 구조 및 기능 분석 일부이다.

2단계 시스템 정의, 구조 및 기능 분석은 검지부 및 제어부 두

가지로 나뉜다. 3단계는 검지부 구성 요소인 킥플레이트부, 자동 복귀 및 센서부와 제어부 구성 요소인 제어모듈, 통신모듈 및 인터페이스 모듈의 각각 하위 요소에 대하여 1단계와 동일한 방법으로 정의되었다. 각 단계별로 HAZOP을 실시하여 위험 원인을 도출하였다. 표 2는 끝림 장치에 대한 HAZOP 일부이다. HAZOP과 연계하여 FMEA 진행하였으며 이러한 분석의 결과를 바탕으로 제품 제작 후 각각의 테스트와 검증절차 방법이 정의되었다.

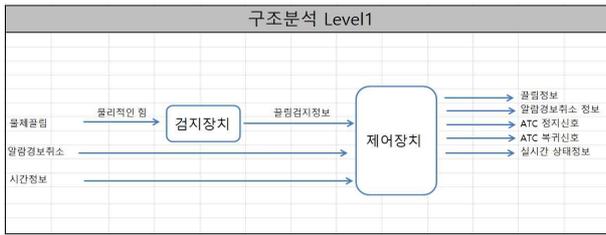


그림 4 구조 분석 (Level 1)
Fig. 4 Structure analysis (Level 1)

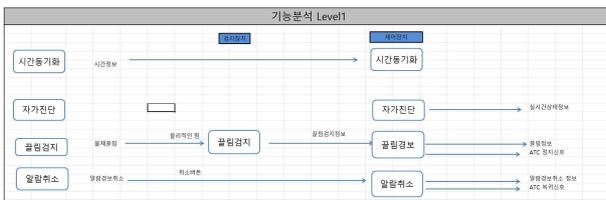
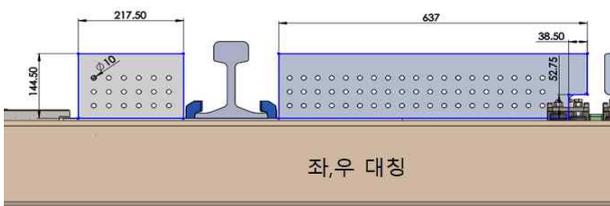


그림 5 기능 분석 (Level 1)
Fig. 5 Function analysis (Level 1)

2.2.2 상세설계

2.2.2.1 자동 복귀부 설계

클립물체 검지장치의 자동 복귀부는 중심 축을 통하여 킥 플레이트를 고정하는 역할과 킥 플레이트 작동 시 원점으로 복귀시키는 역할을 하고 있다. 이때 가장 중요한 역할을 하는 것은 자동복귀부의 스프링의 압축 하중이며 강도에 따라 오작동 하거나, 작동하지 않을 수 있으므로 설계에 주의가 필요하다. 기본적으로 열차가 본선으로 진입하는 속도에 의한 풍압과 자연현상에 의하여 작동이 되지 않아야 하므로 바람의 하중에 대한 정의가 필요하다. 열차 진입 시 속도는 최대 25km/h(6.9m/s)이고 기타 바람이나 태풍에 의하여 동작하는 것은 30m/s 이상으로 설정하였다. 30m/s의 바람은 수목이 뿌리째 뽑힐 정도의 강력한 바람이다. 두 가지 하중을 고려하여 30m/s 이하의 바람에 의해 작동하지 않도록 강도 조절을 하였다. 열차가 진입하는 속도에 의한 풍압보다 자연현상에 의한 동작 설정 값이 적음으로 풍압 하중을 계산하면 다음과 같이 계산할 수 있다.



$$P = C \times F \times \rho \times v^2 \div 2$$

C : 저항계수, 1, F : 바람을 직각으로 받는 판의 면적 약 0.116 m², ρ : 공기밀도, 대기압 1.01325bar, 온도 20°C, 분자량 28.9일 때, 1.204 kg/m³, v : 풍속 30m/sec

식 1 풍압하중 계산

Eq. 1 wind pressure load calculation

위 식에 따라 풍압 하중이 약 6.4 kgf임으로 열차속도나 자연현상에 의한 바람에 넘어 가지 않게 하기 위하여 자동복귀부가 지지하고 있는 스프링의 1차 하중을 최소 6.4 kgf 이상의 것으로 선정해야한다. 본 제품에서는 스프링의 압축 하중이 최소 2kgf 인 제품 4개를 사용하여 8kgf 이상으로 설정하였다. 또한 스프링은 압축율에 따라 하중이 변화하고 허용응력 용량의 80% 이하로 사용하여야 변형이나 파손을 막을 수 있다. 그림 6과 같이 스프링의 자유장일 경우 70 mm, 취부할 경우 65 mm로 압축률 7%, 작동할 경우 47 mm로 압축률 33%로 설정함으로써 허용 응력의 80% 이하로 사용하여 제작되었다.

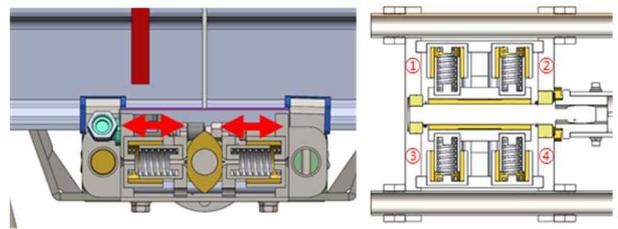


그림 6 스프링의 취부 형태 및 동작
Fig. 6 Type of spring mounting and operation

추가로, 원활한 자동 복귀를 위하여 중심 축 하부에 웨이트 밸런스를 두어 상부측 대비 하부측을 40% 더 무겁게 하여 쉽게 기울어지지 않도록 하고 클립물체 검지 후 기울어진 킥플레이트를 신속하게 원위치로 복귀시키는 역할을 하도록 설계하였다.

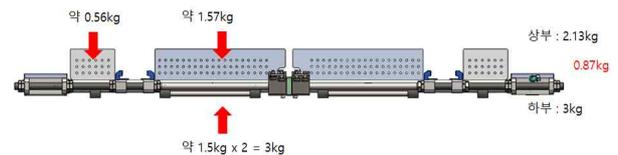


그림 7 웨이트 밸런스 배치
Fig. 7 weight balance placement

2.2.2.2 킥플레이트 설계

킥 플레이트는 클립물체의 충격을 가장 처음 받아 클립물체를 인식하는 역할을 한다. 따라서 기기의 수명과 안정성을 결정한다. 킥플레이트는 기계적 강도가 우수해야 하며 쉽게 자동 복귀를 하기 위하여 비교적 중량이 적어야 한다. 초기 플라스틱 계열의 재질을 사용하였으나, 일정 충격에 의하여 쉽게 깨지는 현상이 발생하여 여러 요인을 고려하여 AL 60 개열을 재질로 변경하였으며 두께는 5T로 정하였다. 이를 이용하여 풍압과 충격 의하여 킥플레이트 변형 정도를 검토하였다.

30m/s 바람에 의하여 킥플레이트가 변형되는 정도를 시뮬레이션하였다. 전체 면적에 대하여 수직으로 가해졌을 때 변형되는 정도를 나타내었다. 최대 변위가 발생한 부분은 적색으로 0.02 mm 이내로 미비하게 변위가 발생하였으며 이는 사용상 전혀 문제가 되지 않는다. 교체하는 기준은 앞, 뒤 기울어진 각도가 1.5

도 이상(5 mm) 이상 벌어진 경우 교체기준으로 정하였다. 사용상 문제는 없으나 안전성을 고려하여 기준을 정하였다.

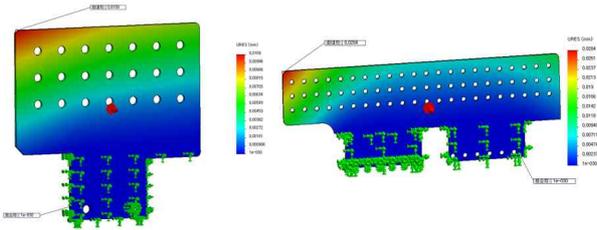
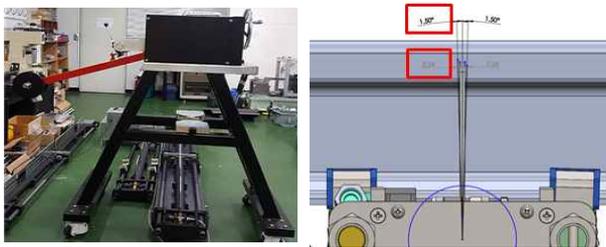


그림 8 웨이트 밸런스 배치
Fig. 8 weight balance placement

충격에 대한 검토는 실제 충격기를 제작하여 충격량에 대한 변위를 측정하였다. 충격기의 각도와 무게에 따라 충격량을 10~30[kg*m/s]으로 제어하여 가장 약한 부분인 최상단을 가격하여 휨 정도를 측정하였다. 측정 결과 범위 내에서 적합하였고, 약 133 kg*m/s 이상에서 5mm 이상이 변형되었다.

표 3 충격에 의한 키플레이트의 변형
Table 3 Kick plate distortion by impact



각도범위	1번(긴 것) 측정(mm)	2번(짧은 것) 측정(mm)	판정
10kg*m/s	0.25	0.3	합격
20kg*m/s	0.48	0.52	합격
30kg*m/s	1.73	합격	
결과	5mm 이내 임으로 양호		

설계에서 도출된 위험원 분석을 토대로 시제품을 제작하고 그에 따른 검증 절차를 제작하였다. 제작된 검지부와 제어부의 제원은 다음과 같다.



그림 9 끌림 물체 검지장치 시제품
Fig. 9 Prototype dragging detector

표 4 끌림 물체 검지장치 제원
Table 4 Dragging detector specification

구분	개발 제품
구동방향	양방향 회전식
SIZE(mm)	2680(L)×280(W)×252(H)
무게(Kg)	95kg ± 5 %
구동 능력	- 정방향 : 최대65도 - 역방향 : 최대65도
최소 동작 조건	20kgf 초과 시 동작 시작
동작 후 복귀 시간	2.0sec 이내
SIZE (mm)	P:420(L)*450(W)*410(H)
무게 (Kg)	15kg ± 5 %



그림 10 끌림 물체 검지장치주요 개선 사항
Fig. 10 Major improvements of the dragging detector

객체 모델형 HAZOP 분석을 통하여 도출된 위험 원에 대한 검증 및 기능 동작 등을 포함하여 각 장치에 대한 시험을 진행하였다. 시제품에서 여러 검증을 통하여 개선이 이루어져 시제품을 제작하였으며 특히 검지부에 대한 개선이 대폭 이루어졌다. 주요 개선점은 그림 11과 같다.

우선, 킥 플레이트 부 와 회전축의 재질이 개선되었다. 시작품에서 자동복귀 확인을 목적으로 사용되었던 플라스틱에서 금속 재질로 변경되었다. 둘째로 좌·우측 독립 검지 방식으로 변경되었다. 시작품의 경우 좌·우측의 중심축이 연결되어 있어 끌림 물체의 위치파악이 불가능하였으나 좌·우측을 독립적으로 구동 가능하게 함으로서 구분이 가능하도록 하였다. 셋째로 센서를 이중화하였다. 센서 1개가 고장 났을 경우라도 지속적인 운영이 가능하도록 함으로써 신뢰성이 향상되었다. 넷째로 취부 방식이 변경되었다. 초기 설치하려 하였던 방법은 침목 사이에 자갈을 일정 부분 제거 후 기초를 양생하여 고정할 계획이었으나 레일에 직접 설치한 형태로 변경하면서 유지 보수 및 안정성 향상을 이룰 수 있었고 경량화를 이룰 수 있었다.

2.2.3 시험 및 설치

환경시험은 KRS SG 0067-14 지상 신호제어설비 시험방법 [17]을 기준으로 진행하였으며 내구성 시험의 경우 좌·우 각 15,000회를 공인시험기관에 의뢰하여 진행하였으며 작동에 이상 없음을 확인하였다. 환경시험을 제외한 기능시험, 현장시험 등은 수차례 반복된 자체검증으로 진행하였으며 최종적으로 외부 전문가 입회하에 진행되었다.

검지부 시험은 크게 기구물 기능 시험과 주요부품 단품 시험으로 나뉜다. 기구물 기능시험은 스프링 장력 시험, 킥 플레이트 검지 범위 시험, 복귀시험, 변형 여부 시험, 동작 시험 및 신뢰성 시험을 진행하였다. 단품시험의 경우 1만회 단위로 캠의 마모도와 스프링의 변형도 시험을 진행하여 30,000회 이상 동작 시켜 각각 측정하였다. 제어부 시험은 기능 시험, 고장 검지 시험, 내부 통신 시험 및 전원 시험이 진행되었으며 그림 11은 진행된 시험 일부를 나타내고 있다.



그림 11 검지부 시험
Fig. 11 Detection unit test

기존 끌림 물체 검지장치의 경우 고속선 진입 전 정지시키기 위한 것으로 “모든 열차 및 차량은 후미의 끌림 보호를 위해 충분한 거리를 고려하여 고속선 진입 신호 전방 선로 변에 위치한 실행 정지 판넬에서 반드시 정지되어야 한다. 이 거리는 적어도 최대 열차 길이(450m) + 정지 한계 거리(약 14m)”[2]. 기존의 고속선에 설치된 끌림장치의 경우 ATC로 정지시킨다. 하지만 일반

선에서는 ATP나 ATS로 정차시킴으로 제동거리를 고려하여 끌림 물체 검지장치를 설치할 필요가 있다. ATS 지상자를 이용하여 경보지점을 계산하고자 한다면 다음을 따른다[12]. 만약 여객차이고 10량의 길이 220m, 속도가 25km라고 가정하고, 끌림 물체가 발생하여 ATS를 이용하여 제동하고자 하는 경우 제동거리는 다음과 같다.

$$A: \text{비상제동거리} = \frac{V^2}{20} + \frac{2V}{3.6}$$

$$B: \text{경보가 울리기 시작하여 비상제동이 작용하기 전까지 주행거리} = \frac{5V}{3.6}$$

$$C: \text{차상자가 지상자 위를 통과하여 경보가 울릴 때까지 주행거리} = \frac{V}{3.6}$$

$$D: \text{여유거리} = (A + B + C) * 0.2$$

$$\rightarrow \text{제어거리} = A + B + C + D$$

식 2 열차 제동거리

Eq. 2 Train braking distance

식 (2)에 의하여 제동거리는 약 105m가 되며 기차가 멈추는 지점에 실행 판넬 및 취소 스위치가 있어야 하며 열차의 후미에 끌림 물체가 발생하였을 경우를 대비하여 끌림 물체 검지장치는 열차 길이와 제어 거리를 합한 곳에 있어야 한다. 즉, 취소 스위치를 기준으로 속도가 최대 25km/h인 경우 최소한 324.17m 뒤쪽에 끌림 물체 검지장치가 있어야 충분한 제동거리가 확보된다. 단, 설치 환경에 따라 최고 속도, 열차 길이, 경사도 및 설치하고자 하는 지점에 시설물 등이 있을 수 있으므로 환경에 따른 여러 요소를 고려하여 끌림 물체 검지장치가 설치되어야 한다.

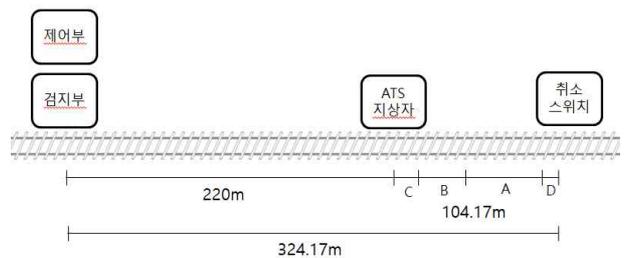


그림 12 끌림 물체 검지장치 설치 위치 예시

Fig. 12 Example of installation location of the dragging detector

3. 결 론

철도의 안전 시스템은 승객 및 열차의 안전을 확보하는 장치로서 아무리 강조해도 지나치지 않다. 본 논문에서는 안전 시스템의 하나인 기존의 아날로그 방식의 끌림 물체 검지장치의 단점을 보완하여 범용적으로 사용할 수 있는 디지털 방식의 끌림 물체 검지장치를 제시하였다. 그리고 위험원 분석을 바탕으로 끌림

물체 검지장치 시제품을 설계 및 제작하고 검증하였으며 이에 따른 설치방법을 제시하였다. 고도화된 끌림 물체 검지장치는 디지털 제어방식을 이용함으로써 기존 장치가 구현할 수 없는 실시간 모니터링을 통하여 상태, 이벤트, 시간, 센서, 주·부계 상태 및 취소스위치 정보를 지속적으로 전송하고 있다. 따라서 원격 집중 감시가 가능해짐에 따라 안전성 및 신뢰성이 확보되었으며 장치의 동작 상태에 대한 지속적인 감시 때문에 장애 분석이 가능하게 되었다. 향후에는 센서 및 구조 변경 등을 통하여 충격량을 검지하여 끌림 물체의 구분 및 충격 강도 설정 방법에 관한 연구가 필요할 것이다.

감사의 글

본 연구는 국토교통부 철도기술연구사업의 연구비지원 (18RTRP-B082515-05)에 의해 수행되었습니다.

References

[1] Kwak Sang Log, Wang Jong Bae, Cho Yun Ok and Park Chan Woo, "A Study on Railway Safety Index for the Safety Management", *Journal of the Korean society for railway*, pp. 17-22, 2006, 11.

[2] Ministry of land, infrastructure, and transport, "Traffic safety annual report", pp. 250-254, 2017, 8.

[3] Keum-Bee Kim, Yunjung Park, Sung-Mo Choi, HyunJin Lee and Sang-Hwan Ryu, "Research on Development of Verification System for Transmission Data of Railway Safety Detection Device", *Journal of the Korean Society For Urban Railway*, Vol. 5, No. 4, pp. 975-984, 2017, 12.

[4] Donghoun Lee, Sehyun Tak, Sangahm Kim and Hwasoo Yeo, "A Conceptual Study of a Framework for Real-Time Railway Safety Monitoring and Control System Based on Safety Performance Monitoring Indicators", *Journal of the Korean Society for Railway*, Vol. 19, No. 4, pp. 526-538, 2016, 8.

[5] Y.J.Park, I.T.Hwang and S.A.Kim, "Design of Integrated Monitoring System Structure for Real-time Railway Safety Monitoring and Control", *Journal of The Korean Society For Urban Railway*, Vol. 4, No. 4, pp. 629-636, 2016, 12.

[6] Kwang-Ho Shin, Hye-Ran Jung and Jin Ahn, "Data Processing Method for Real-time Safety Supervision System in Railway", *Journal of the Korean Society for Railway*, Vol. 19, No. 4, pp. 445-455, 2016, 8.

[7] Korean railroad corp, electrical work materials, pp. 309, 2017.

[8] Ohn Jung Ghun and Moon SooYoung, "A Study on

HAZOP by Object Model Methodology", *Journal of the Korean Society For Urban Railway*, Vol. 5, No. 4, pp. 1059-1065, 2017, 12.

[9] Kang-Mi LEE, Jong-Hyun BAEK and Ducko SHIN, "Review on HSL Safety Equipment Improvement to Train Speed Enhancement", *the institute of electronics and information engineers*, pp. 1796-1798, 2010, 6.

[10] LSIS Co., Ltd, ATC functional description, pp. 180-183, 2007. 06.

[11] LSIS Co., Ltd, Dragging equipment detection definition file, pp. 5-10, 2008

[12] Korea Rail Network Authority, Automatic Train Stop, pp. 15-16, 2012.12.5.

[13] Korea Rail Network Authority, Safety equipment, pp. 14-15, 2012. 12.

[14] Korean railroad corp, Basic design service of Honam High Speed Railway Construction Project No. 3 (Signal field) Construction Specification (3) pp. 297-302. 2008. 10.

[15] Korean railroad corp, High Speed Rail Signal Control Equipment Maintenance Manual, (Safety equipment 3-01: Function manual for obstacle and Dragging equipment detector), pp. 8-12. 2011. 4.

[16] Korea Railway Standards, Track-side Subsystem- Test methods : Equipments for Signalling, pp. 1-9. 2011. 4.

저 자 소 개



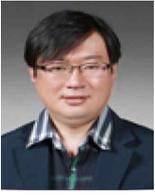
전 재 근 (Jae-Geun Jeon)

2016년 우송대학교 대학원 졸업(석사)
 2017년 코레일 전기기술단장
 2018년 코레일 충북본부장



김 동 환 (Dong-Hwan Kim)

2011년 우송정보대학 전자정보계열 졸업
 현재 (주)세화 기술개발 팀장



서 기 범 (Ki-Bum Suh)

한양대학교 졸업(박사)
현재 우송대학교 철도전기시스템학과 교수
연구분야 : ASIC 설계, 영상압축, 전자회로,
직접회로 설계



김 영 (Young Kim)

2010년 Imperia college london 졸업(석사)
현재 한국전자통신연구원 선임연구원
(주) 세화 파견근무 중