

# Bowtie 기법을 이용한 DTRO 승강장 안전문 관제시스템 안전성 분석

## Safety Analysis with Bowtie methodology for DTRO PSD Supervision System

유성호\*<sup>†</sup>, 최정록\*, 이종걸\*\*, 정재화\*\*, 신정진\*\*, 신평주\*\*\*

Sung-Ho Yoo\*<sup>†</sup>, Jeong-Rok Choi\*, Jong-Koul Lee\*\*, Jaehwa Jung\*\*, Jungjin Sin\*\*, Pan-Ju Shin\*\*

**초 록** 승강장안전문 관제시스템(PSDS: PSD Supervision)은 주로 기기실에 설치되며, 각 역사에 설치된 PSD 시스템의 모니터링하고 비상시 승객이 안전하게 대피할 수 있도록 PSD를 개방하는 기능을 담당한다. DTRO 노선에 기 설치되어 운영중인 PSD를 대상으로 안전성 분석을 수행하며, PSD 기능중심의 상위 수준의 대표 기능을 정의하고, 해당 기능의 오류나 결함으로 인하여 잠재적으로 발생 가능한 위험원을 식별하였으며, 그에 대한 안전대책 수립 및 제어 방안을 분석하여 안전성 측면의 권고사항을 도출하였다. 또한, 본 안전성 분석 결과는 추후 관제 시스템을 포함한 PSD 시스템의 안전성을 보증하고, DCU 및 MCU를 포함한 PSD 시스템 안전무결성(SIL)인증을 위한 요구사항으로써의 안전성 관련 제약 조건(SRAC) 및 발주 사양을 정의하는데 도움이 되었으면 한다.

**주요어** : PSD 관제시스템, Bowtie, HAZOP, 안전성 분석, Safety Analysis

### 1. 서론

PSD는 승객의 선로 추락, 승객의 역사에 진입하는 열차와의 충돌 등의 승객과 관련한 안전기능을 담당한다. 화재 등의 비상상황이 발생할 경우 승강장 안전문 관제시스템(PSDS)을 통해 역사 내의 모든 PSD를 일괄 개방하여 승객들이 신속/안전하게 대피할 수 있다.

본 논문에서는 대구도시철도(DTRO) 1,2호선 PSD 운영자와 함께 기 설치되어 운영 중인 PSD의 안전성 분석(Bowtie 기법)을 통하여 신규로 설치될 PSD 제어기에 대한 안전성 관련 제약 조건(SRAC)을 도출한다.

대구도시철도 1,2호선에 설치 운영되고 있는 PSD는 주요하게 감시제어프로그램, 유지관리프로그램, 관제서버프로그램, 종합제어반 응용 프로그램의 서비스로 구성되어 있다.

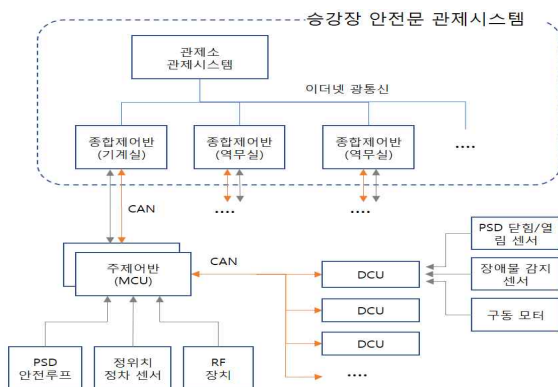
† 교신저자: 리카르도레일  
(sung-ho.yoo@ricardo.com)

- \* 리카르도 레일
- \*\* 대구도시철도공사
- \*\*\* 한국교통연구원

PSDS의 인터페이스 구성도는 아래 그림과 같으며, 본 논문에 적용된 안전성 분석 범위는 아래 그림의 점선과 같다.

Fig. 1 PSDS 인터페이스 구성도

### 2. PSDS 구성



### 3. 안전성 분석

#### 3.1 안전성 분석 절차

PSDS의 안전성 분석을 위하여 DTRO PSD 운영자들과 PSDS 요구사항 명세서, 사용자 매뉴얼 등을 바탕으로 위험원 식별, Bowtie 분석을 위한 워크샷을 수행하였다.

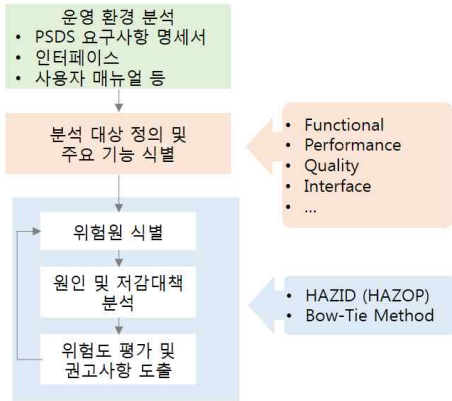


Fig. 2 PSDS 운영 안전성 분석 절차

워크샷을 통하여 도출된 위험원 중 잘못된 PSD 제어(PSD 제어불가 포함)를 대상으로 Bowtie 분석을 수행하였다.

### 3.2 Bowtie 분석

Bowtie 기법은 설계 및 운영과 관련하여 사건의 발생빈도를 저감할 수 있는 대책을 정의하는 기법이다. Bowtie 다이어그램은 중앙에 사건을 두고 왼쪽은 사건의 발생원인 및 안전설계 대책을 분석하고 오른쪽은 영향 및 대책에 관한 분석을 수행한다.

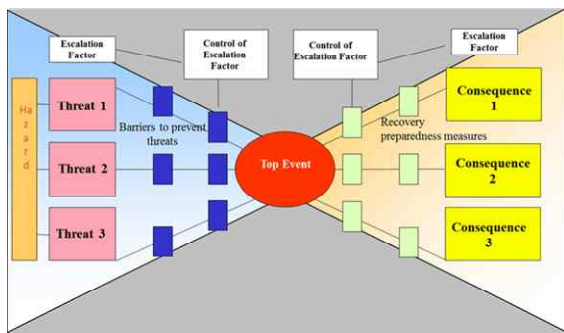


Fig. 3 Bowtie 다이어그램 (예시)

Bowtie 기법을 통하여 분석된 PSDS 담당자의 잘못된 PSD 제어 또는 PSD 제어 불가를 유발할 수 있는 원인 및 대책은 아래 Fig. 3과 같이 도출되었으며, 발생 가능한 영향과 이를 제거하거나 보호하기 위한 대책은 Fig. 4와 같이 분석되었다.

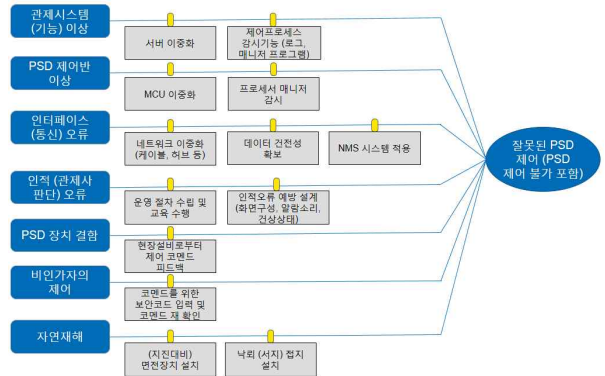


Fig. 4 Bowtie 다이어그램 - 원인 및 대책

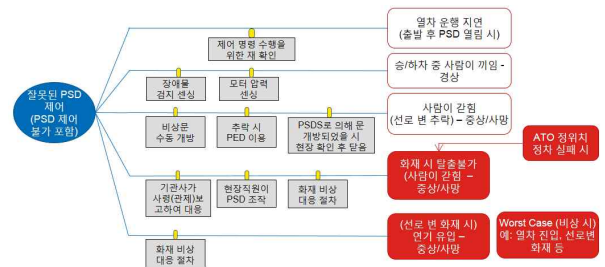


Fig. 5 Bowtie 다이어그램 - 영향 및 대책

## 4. 결론

PSDS의 안전성 분석을 통하여 도출된 주요한 안전 권고사항은 아래와 같다.

- 통신오류에 대한 데이터 무결성 확보
- PSDS의 열림/닫힘에 대한 운영규정 수립
- DB서버의 SW 데이터 백업주기, 절차, 보존기한 등 정의
- 신규 PSD 제어기에 대한 안전측 동작원칙 정의

## 참고문헌

- [1] 변철현 (2014) 정유공장에 대한 Bowtie 위험성 평가 기법의 효율적 적용방안에 관한 연구.
- [2] NSW Transport (2011) Applying the Railway Crossing Cause Consequence Bow Tie Model
- [3] R.J. Cormier, F. Savoie, C. Godin, and G. Robichaud (2016) Bowtie analysis of avoidance and mitigation measures within the legislative and policy context of the Fisheries Protection Program.
- [4] Ricardo Rail (2018) DTRO PSDS Safety Analysis Report