

# 철도 사고 및 장애의 인적오류 유형 분석

고종현<sup>†</sup> · 정원대<sup>\*</sup> · 김재환<sup>\*</sup>

삼창기업(주) 제어기술연구소 · <sup>\*</sup>한국원자력연구원 종합안전평가연구소  
(2007. 1. 17. 접수 / 2007. 8. 17. 채택)

## An Analysis of Human Error Mode and Type in the Railway Accidents and Incidents

Jonghyun Ko<sup>†</sup> · Wondea Jung<sup>\*</sup> · Jaewhan Kim<sup>\*</sup>

Control Technology Research Institute, Samchang Enterprise Co., Ltd.

<sup>\*</sup>Integrated Risk Assessment Center, Korea Atomic Energy Research Institute

(Received January 17, 2007 / Accepted August 17, 2007)

**Abstract** : Human error is one of the major contributors to the railway accidents or incidents. In order to develop an effective countermeasure to remove or reduce human errors, a systematic analysis should be preferentially performed to identify their causes, characteristics, and types of human error induced in accidents or incidents. This paper introduces a case study for human error analysis of the railway accidents and incidents. For the case study, more than 1,000 domestic railway accidents or incidents that happened during the year of 2004 have been investigated and a detailed error analysis was performed on the selected 90 cases, which were obviously caused by human error. This paper presents a classification structure for human error analysis, and summarizes the analysis results such as causes of the events, error modes and types, related worker, and task type.

**Key Words** : human error, error mode, error type, railway, accident, incident

### 1. 서 론

다수의 인적·물적 피해를 유발하는 철도사고는 복합적인 원인에 의해 발생한다. 일반철도 열차사고 중 61%<sup>1)</sup>, 철도사고의 38%<sup>2)</sup>~69.5%<sup>3)</sup> 정도가 인적오류에 의해 발생되는 것으로 보고되고 있다. 그러므로 철도사고를 효과적으로 예방 및 감소시키기 위해서는 인적오류를 일으키는 근본 원인을 제거하여야 한다. Reason<sup>4)</sup>은 인적오류는 원인이 아니라 결과이며 오류의 원인을 찾는 시작은 인적오류를 파악하는 것이고 오류를 일으키는 배경을 이해하는 것만이 오류의 재발을 방지하는 방법이라고 생각하였다. 따라서, 인적오류 방지 및 감소를 위한 효과적인 대응책을 마련하기 위해서는 우선 인적오류를 파악하여야 한다.

본 논문에서는 인적오류 분석을 위하여 인적오

류 유형 분류 체계를 제시하였으며 철도청에서 운영하는 노선에서 2004년도에 발생한 철도 사고 및 장애 자료를 분석하여 직접적인 인적오류에 의해 발생한 사고 및 장애를 선별한 후 이에 대해 인적오류 특성 및 직무특성 분석을 수행하였다.

### 2. 인적오류 유형 분류체계

과거 여러 연구자들에 의해서 사고와 연관된 인적오류를 이해하기 위해 다수의 인적오류 모델이 제시되었으며 최근 개발된 인적오류 분류체계들은 대부분 이러한 모델에 기반하고 있다. 사고의 외형적 원인에 따라 사고를 범주화 시키는 사고분류 체계와는 달리 인적오류 분류체계는 인적오류의 외적 형태뿐만 아니라 오류에 내재되어 있는 오류 메커니즘과 관련된 오류유형까지도 분석이 가능하므로 추후 인적오류 방지 방안 연구에 활용이 가능하다.

국내 철도분야는 항공, 원자력 산업분야에 비해 전체적으로 인적오류 유형분석에 대한 체계적인 연

<sup>†</sup>To whom correspondence should be addressed.  
kjh1350@samchang.com

구가 미진하다. 이승원<sup>5)</sup>은 인적오류로 인한 입환사고에 대해 인지과학적 모델을 도입하였고 허성관<sup>6)</sup>은 철도사고에 대해 FTA(Fault Tree Analysis) 및 AHP (Analytic Hierachy Process) 기법을 이용하였다. 이외에는 주로 기존 사고분류 체계를 하드웨어 관점에서 수정하거나 사고분류 체계의 표준화 방안에 대해 연구하고 있으며 몇몇 연구자들은 인적오류가 중요한 요소라고 인식은 하고 있으나 반복적 교육과 오류 행위자의 규정 준수만이 인적오류의 해결방법인 것으로 결론짓고 있다.

국의 철도분야에 있어서도 체계적인 인적오류 유형 분석의 연구 활동이 많지는 않다. Reinach<sup>7)</sup>는 미국 해군 항공 사고의 자료를 수집하고 분석하는 데 이론적 체계를 제공하기 위하여 HFACS-RR(Human Factors Analysis and Classification System - RailRoad) 방법을 제시하고, 초차장에서 발생한 6건의 대표적 사고 분석에 적용하였다. 이 방법은 Reason의 GEMS (Generic Error Modeling System) 모델을 근간으로 개발된 HFACS 분류체계를 철도분야에 맞게 수정한 것으로 5개의 상위분류에 총 23개의 범주로 나뉜 새로운 분류 방법이다. Gibson<sup>8)</sup>은 항공분야에서 이미 심각한 위험요소로 인식되어 연구되고 있으며 철도분야에서도 선로 유지보수와 관련된 사건 원인요소의 92%를 차지하는 의사소통 오류에 대해 분류체계를 제시하였고 관제사와 선로 요원사이의 대화를 녹음하여 분석에 사용하였다. 이와 같이 국외 철도분야에서는 어느 특정 사건 및 관공사에 집중하여 인적오류 유형분석을 수행하고 있다.

인적오류 유형에 관한 분류체계는 일반적으로 그 활용목적과 대상에 따라 개발되고 개정 및 수정을 통하여 사용 된다<sup>9)</sup>. 본 논문에서는 철도 사고 및 장애에 개입된 인적오류 유형 분석을 위한 목적으로 인적오류 유형 분류체계를 도입하였으며 크게 오류모드(error mode)와 오류타입(error type)의 2가지 분류로 나뉘었다.

‘오류모드’는 사건 발생에 주요한 인적오류의 개입 단계와 형태를 나타내는 인적오류 유형으로서 인적오류모드에 관한 분류체계로는, 1992년 Embrey<sup>10)</sup>에 의해 제시된 PHEA(Predictive Human Error Analysis) 분류체계<sup>10)</sup>를 기반으로 하여 철도 사건의 인적오류 분석에 적절한 수준으로 개정하여 사용하였다. 본 논문에서 사용한 분류체계는 계획(planning), 확인(checking), 작업(operation), 의사소통(communication) 등 4개 단계의 오류모드를 고려하였다. 각 단계마다

Table 1. Taxonomy of human error mode applied to the analysis

오류 모드	기호	세부 유형	정의
계획 오류 (Planning error)	P1	Incorrect plan	계획 및 작업준비는 수행하였으나, 실제 작업 상황에 맞지 않는 계획이었음
	P2	Incomplete plan	계획 및 작업준비는 수행하였으나, 완전하지 않은(부분적 누락/불충분) 계획이었음
	P3	Missed plan	계획 및 작업준비가 전혀 이루어지지 않음
확인 오류 (Checking error)	C1	Incorrect check	확인은 하였으나, 잘못(그릇되게) 확인한 경우(상태 비정상 → 정상으로 신호 오인 등)
	C2	Incomplete check	확인은 하였으나, 부분적으로 누락 및 불충분한 확인
	C3	Missed check	확인이 전혀 이루어지지 않음
작업 오류 (Operation error)	O1	Incorrect action	조치는 이루어졌으나, 잘못(그릇되게) 취해진 조치
	O2	Incomplete action	조치의 부분적 누락 및 불충분한 조치
	O3	Missed action	조치가 전혀 이루어지지 않음, 요구되는 조치시간 내에 조치가 이루어지지 않은 경우
의사소통 오류 (Communication error)	T1	Incorrect communication	의사소통 내용이 부정확함
	T2	Incomplete communication	부분적인 누락 및 불충분한 의사소통
	T3	Missed communication	의사소통이 전혀 이루어지지 않음

수행오류(error of commission)와 누락오류(error of omission) 개념을 도입하였고 수행오류는 다시 부정확(incorrect)과 불충분(incomplete)으로 나누어서 세부유형은 결국 각 단계마다 3가지로 구분하였다. 각 단계별 세부 오류모드의 분류 및 정의는 Table 1과 같다.

‘오류타입’은 개입된 오류의 발생 기인적 관점에서 고려된 인적오류 유형으로서 인적오류타입에 관한 분류체계로는 가장 일반적으로 널리 사용되는 Reason의 오류유형 분류체계<sup>11)</sup>를 일부 수정하여 사용하였다. Reason의 분류체계는 Fig. 1과 같이 행위의 의도성 여부에 따라 Slip과 Lapse 그리고 Mistake와 Violation으로 구분하였다. 본 논문에서는 실제 사고 및 장애 자료<sup>12)</sup>에 적용해 본 결과 ‘3.1 분석 대상’에서 밝힌 한계점에 따라 Slip과 Lapse의 구분이 모호하여 Slip/Lapse로 통합하여 표시하였고, 상황 파악 및 의사결정 등 의도형성 과정 중의 오류인 Mistake, 주어진 규정의 의도적인(deliberate) 위반인 Violation과 같이 3가지로 구분하여 분석하였다. 각 오류타입에 대한 정의는 Table 2와 같다.

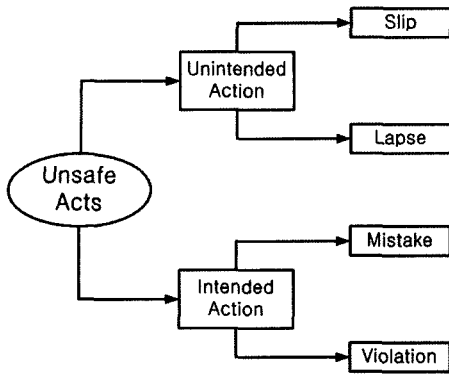


Fig. 1. Taxonomy of human error type[James Reason, 1990].

Table 2. Taxonomy of human error type applied to the analysis

오류타입 분류	정의
Slip/Lapse	<ul style="list-style-type: none"> <li>조치 수행 중에 발생한 오류</li> <li>정보 확인/인식 (detection/perception) 중에 발생한 오류</li> <li>망각 또는 기억 오류(memory failure)</li> </ul>
Mistake	<ul style="list-style-type: none"> <li>의도형성 과정 (상황파악/계획/의사결정) 중에 발생한 오류</li> </ul>
Violation	<ul style="list-style-type: none"> <li>요구되는 작업 규정 또는 절차를 의도적으로 (deliberately) 위반한 모든 조치</li> </ul>

### 3. 철도 사고/장애 인적오류 유형 및 직무 특성 분석

#### 3.1. 분석 대상

2004년 한 해 동안 철도청에서 운영하는 노선에서 발생한 사고 및 장애 총 1,091건<sup>12)</sup>에 대해 예비 인적오류 유형 분석을 수행하였다. 예비 분석 결과 2004년 사고 및 장애 자료<sup>12)</sup> 전체에 대하여 내포된 인적오류를 도출하고 그 원인을 분석하는 것은 불가능하다고 판단하였다. 그 이유는 자료의 작성관점이 인적오류의 원인분석에 있지 않았고 기술된 내용이나 수준이 인적오류 유형 및 특성을 상세히 분석하기에는 충분치 않았기 때문이다. 따라서, 2004년 전체 사고 및 장애의 10.9%를 차지하는 책임사고(종사원의 취급과오 또는 시설·차량기구 등의 정비소홀 등으로 인하여 발생한 철도사고와 운행장애) 119건 중 개인의 인적오류로 판정하기에는 상황이 불분명한 29건을 제외한 90건에 대하여 Table 3의 예(例)와 같이 내용·사건유형·작업유형·작업자·사건원인으로 정리한 후 앞서 정의한 오류모드와 오류타입으로 인적오류 유형 분석을 수행하였다.

Table 3. An example analysis result

내용	<ul style="list-style-type: none"> <li>00역 진입중 정차역인 것을 순간적으로 실념하고 통과하다가 뒤늦게 정차역인 것을 알고 비상제동을 체결하여 정차. 퇴행운전 후 승객취급을 하고 현장을 5분 늦게 발차한 장애임</li> <li>약 22시간의 휴양시간이 있었으며 00역 구내 저장 홈 전방 약 70m지점에서 비상제동을 체결하였음</li> <li>정지위치를 실당한 것으로 볼 때 정차역 취급시 지적확인 환호응답을 소홀히 하여 정차역에 대한 운전취급을 실념하였고, 운전취급규정 제370조 4항을 위규하여 열차정지 목표에 대한 합치정차를 하지 못한 잘못이 있음</li> </ul>		
사건유형	규정위반	작업유형	운전-제동
작업자	기관사	사건원인	운전취급-제동취급불량
오류모드	작업오류(O3)	오류타입	Slip/Lapse

#### 3.2. 인적오류 유형 분석

상당수의 철도 사고 및 장애에서 여러 가지 요인이 복합적으로 작용하여 사고가 초래되는 경우가 많았다. 인적오류가 개입된 사고에서도 한 작업자의 잘못이 아니라 다른 직무를 수행하는 여러 작업자와 함께 관련된 경우가 많았다. 그러나 통계 분석의 편리성을 위해 본 논문에서는 인적오류가 복합적으로 개입된 경우라도, 사고 유발에 가장 직접적이고 중요하다고 판단되는 인적오류만을 대상으로 유형 분석을 수행하였다.

90건의 사건에 대해 오류모드 분석 결과를 Fig. 2에 정리하였다. 인적오류로 인해 발생한 사고 및 장애 중 O1 유형이 24건(26.7%), O3 유형이 19건(21.1%), C3 유형이 17건(18.9%)을 차지하였다.

즉, 전체의 1/4은 작업자가 조치를 취하긴 취하였으나 잘못된 조치를 취한 경우였으며 전체의 1/5은 작업자가 조치를 하지 않거나 정해진 시간 이내에 조

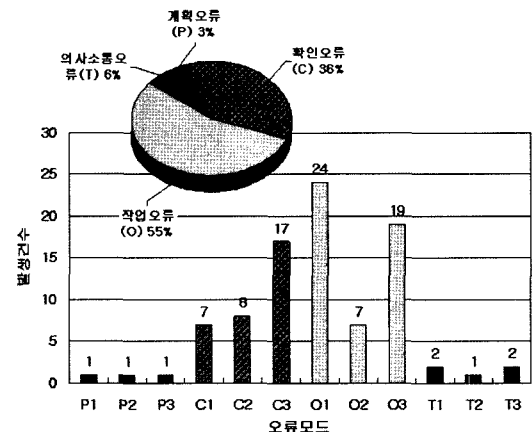


Fig. 2. The number & ratio of the events according to error mode.

치를 하지 않아 발생되었고, 전체의 약 1/6은 작업자가 확인 누락 또는 실패로 인하여 발생하는 오류로 분석되었다. 또한, 작업오류가 55%, 확인오류가 36%로 전체 인적오류 중 91%가 작업오류와 확인오류로 인해 발생함을 알 수 있었다. 이러한 오류모드 분석에 의하여 추후 연구 시 초점을 맞추어야 할 대상이 무엇인지 분명히 파악할 수 있었다. 한편, 전체의 6%를 차지하는 의사소통 오류는 국외 경향<sup>8)</sup>과는 다르게 전체 인적오류에서 매우 적은 부분을 차지하고 있었다.

오류타입 분석 결과 Fig. 3과 같이 Slip/Lapse가 49건(54%) 발생되었으며 규정위반인 Violation이 27건(30%), Mistake가 14건(16%)이 발생한 것으로 분석되었다. 전체의 절반이 넘는 수치가 조치 수행 중에 발생하거나 정보 확인/인식 중에 발생하거나 망각 또는 기억 오류에 의해 발생한 인적오류이다. 의도적으로 위반하는 Violation의 비율이 비교적 높게 나타나고 있다. 이러한 의도적인 인적오류를 줄이기 위해서는 작업자가 행하는 고의적인 오류를 실행되지 못하게 하는 하드웨어 시스템 또는 사전에 방지할 수 있는 관리 체계를 갖추어야 한다.

**3.3. 인적오류 관련 직무특성 분석**

인적오류 유형 분석과는 별도로 90건에 대해 사건, 작업, 작업자, 사건원인별로 분석하였다.

사건유형 분류체계<sup>13)</sup>에 따라 정리하면 Fig. 4와 같다. 철도교통사고에는 건널목사고 1건, 직무사상 사고 3건이 해당되며 장애는 86건이다. 장애 중 상대적으로 발생빈도가 높은 사건유형은 차량탈선(20건, 23%), 규정위반(19건, 21%), 차량고장(16건, 18%)순이었다.

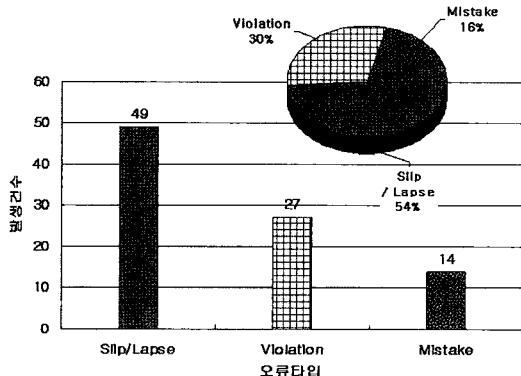


Fig. 3. The number & ratio of the events according to error type.

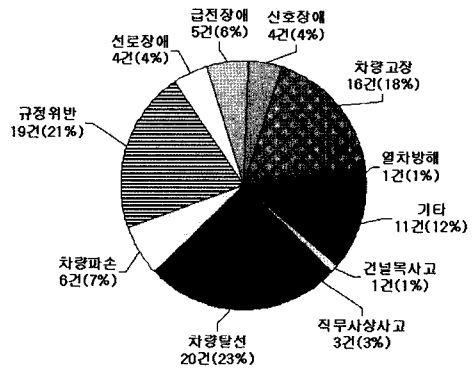


Fig. 4. Ratio of the events according to event type.

Table 4. Classification of the events by task type

작업 유형		건수	비율
운전	신호	8	44%
	제동	13	
	기기/응급조치	12	
	기타	7	
입환	차량	2	16%
	전호	6	
	신호보안장치	6	
점검/보수	차량	12	32%
	선로	9	
	전차선로(금전장치)	5	
	신호보안장치	3	
신호보안장치		7	8%
합계		90	100%

작업 유형에 따라 분석한 결과를 Table 4에 정리하였다. 발생빈도가 가장 높은 작업유형은 운전작업(40건, 44%)이었고 점검/보수 작업(29건, 32.2%), 입환작업(14건, 15.6%)도 발생빈도가 높았다.

인적오류와 관련된 작업자 별로 분석한 결과는 Fig. 5와 같다. 기관사의 인적오류와 관련된 사건(33건, 37%)이 제일 많은 것으로 분석되었다. 이때 기관사에는 부기관사, 장비운전원, KTX기장이 모두 포함된다. 그 다음으로는 수송원/전호담당 차량관리원(16건, 18%)이 두 번째로 많았으며 차량 점검/보수자 관련하여 12건(13%)의 인적오류가 발생되었다.

선행된 다른 과제의 연구수행 결과<sup>14)</sup>를 참조하여 사건원인별로 분석하였으며 일부 분류항목은 수정하여 발생건수 및 비율과 함께 Table 5와 같이 정리하였다. 사건원인의 47%는 운전취급, 32%는 점검/보수와 관련되었다.

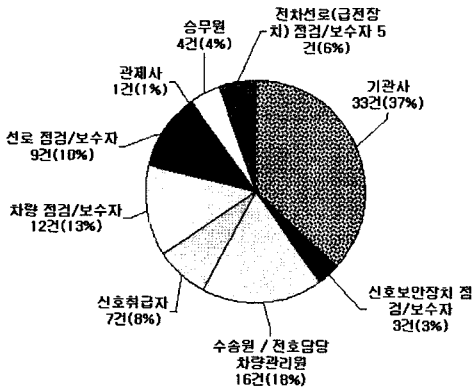


Fig. 5. Ratio of the events according to the railway staff.

Table 5. Classification of the events by causes

사건 원인		건수	비율
신호 보안 장치 취급	신호취급 불량	4	21%
	선로전환기취급 불량	7	
	전호취급 불량	6	
	기타	2	
운전 취급	제동취급 불량	10	47%
	신호확인 소홀	8	
	진로확인 소홀	2	
	유치차량 유동	2	
	기기취급/응급조치 소홀	13	
기타	7		
점검 /보수	신호보안장치 점검/보수 불량	3	32%
	차량 점검/보수 소홀	12	
	선로 점검/보수 불량	4	
	전차선로 점검/보수 불량	3	
	작업방법/계획 불량	7	
합계	90	100%	

위와 같이 다양한 유형으로 분석한 결과를 종합하면 운전업무를 담당하는 기관사와 관련된 오류가 많은 비율을 차지함을 알 수 있었다. 따라서, 인적 오류 방지를 위한 연구는 우선적으로 기관사에 초점을 맞추는 것이 효과적일 것으로 판단된다. 또한, 차량·선로·전차선로(급전장치)·신호보안장치에 대한 점검/보수 작업에서 발생하는 인적오류에 대해서도 추후 연구가 필요할 것으로 예상된다.

#### 4. 결론

본 논문에서는 철도청에서 운영하는 노선에서 2004년도에 발생한 철도 사고 및 장애 사건 전체를

분석하여, 직접적인 인적오류에 의해 발생한 사건 90건을 선별한 후 이에 대한 상세한 인적오류 유형 분석 및 인적오류 관련 직무특성 분석을 수행하였다. 인적오류 분석을 위하여 타 산업에서 사용하는 인적오류 분류체계를 수정하여 철도사고에 적용 가능한 분류체계를 제시하였고 이를 바탕으로 오류 모드 및 오류 타입에 따라 인적오류 유형 분석을 수행하였다. 또한, 사건의 원인 및 유형, 오류관련 작업의 종류 및 작업자 등 다양한 체계를 이용하여 분석을 수행하였다.

인적오류에 의해 발생한 90여건의 사건에 대한 오류유형 분석 결과 어떠한 사건이 상대적으로 발생 빈도가 높은지, 어떠한 작업자가 더 많이 인적오류에 관계되는지, 어떠한 작업 시 더 많은 인적오류가 발생하는지에 대해 파악할 수 있었으며 특히, 오류 모드 및 오류타입의 관점에서 중점적으로 관리를 하여야 할 인적오류 유형을 확인할 수 있었다. 오류 모드별로는 ‘작업오류’와 ‘확인오류’가 각각 55%, 36%를 차지하였으며, 오류타입별로는 ‘Slip/Lapse’, ‘Violation’, ‘Mistake’가 각각 55%, 30%, 16%로 나타났다. 또한, 전체 인적오류 관련 사건의 37%는 ‘기관사’가 개입된 것으로 밝혀졌다.

본 논문은 작성관점이 인적오류의 원인분석에 있지 않았던 2004년 사고 및 장애 자료를 참고로 하여 분석한 한계점에도 불구하고 기존 분석이 특정한 사고 또는 장애에만 초점을 맞추었던 것과는 다르게 한 해 동안 인적오류로 인해 발생한 모든 사고 및 장애 항목에 대해 체계적인 인적오류 유형 분석 연구를 수행하여 의미 있는 분석 결과를 도출할 수 있었다. 추후 자료의 범위를 확대하여 분석결과의 신뢰성을 높이면 인적오류 관리를 위한 효과적인 대응책 수립의 기초 자료로 활용할 수 있을 것이다.

**감사의 글 :** 본 연구는 건설교통부 철도종합안전 기술개발사업의 연구결과임을 밝힙니다.

#### 참고문헌

- 1) 건설교통부, “철도안전종합계획 제1차(2006~2010)”, p. 12, 2006.
- 2) Federal Railroad Administration, “Five-Year Strategic Plan for Railroad Research, Development, and Demonstrations”, FRA, p. 4~11, 2002.
- 3) Hall, S., “Railway Accidents”, Ian Allan Publishing,

- 1997.
- 4) Reason, J., "Managing the Risks of Organizational Accidents", Ashgate Publishing Ltd., p. 126, 1997.
  - 5) 이승원, 임현교, "철도 입환작업 중의 인적 사고 요인에 대한 인지과학적 분석", 한국안전학회지, 제20권, 제4호, pp. 114~121, 2005.
  - 6) 허성관, 이정훈, 정종태, "한국철도사고의 FTA 및 AHP 기법에 따른 분석", 대한설비관리학회지, 제10권, 제2호, pp. 123~135, 2005.
  - 7) Reinach, S. and Viale, A., "Application of a human error framework to conduct train accident/incident investigations", Accident Analysis and Prevention, Vol.38, Issue 2, pp. 396~406, 2006.
  - 8) Gibson, W. H., et al, "A Taxonomy of Human Communication Errors and Application to Railway Track Maintenance", Cogn Tech Work, Vol. 8, No. 1, pp. 57~66, 2006.
  - 9) Hollnagel, E., "Cognitive Reliability and Error Analysis Method", Elsevier, pp. 52~73, 1998.
  - 10) Embrey, D., "Quantitative and qualitative prediction of human error in safety assessments", Major Hazards Onshore and Offshore, Rugby IChemE, pp. 329~341, 1992.
  - 11) Reason, J. "Human Error", Cambridge University Press, p. 207, 1990.
  - 12) 철도청, "운전사고 및 운전장애 월보", 2004.
  - 13) 건설교통부, "철도사고보고 및 조사에 관한 지침", 고시 제2006-3호, 2006.
  - 14) 한국철도기술연구원, "철도사고 위험 요인(PHA) 분석 기술 개발", 1차년도 연차 보고서, 건설교통부, p. 158, 2005.