열차운용원의 직무유형 및 직무부하
Task Types and Loads of Railway Worker

한규민* 고종현** 정원대*** 강정석****
Han Kyumin Ko Jonghyun Jung Wondea Kang Jungseok

ABSTRACT

In order to prevent railway accidents due to human errors which have been recognized to be the most important cause in the railway accidents, human errors should have been controlled based on systematical analysis of the human errors, and countermeasures should be derived to reduce human error probability. Among several factors inducing human errors, task load (or task complexity) is representative. In order to reduce the human error, a systematic analysis should be undertaken to evaluate task load. In this study, task load according to task types of railway worker who are a safety critical staff have been quantitatively analyzed based on NASA-TLX(Task Load Index).

1. 서 론

오늘날 철도안전에 있어서 열차, 선로 및 신호설비 등 Hardware적인 안전성은 만족스런 수준으로 향상되었으나 상대적으로 인적요소 및 안전관리시스템 등 Software적인 안전성은 아직도 크게 개선되지 못한 상태로 머물고 있으며, 이는 통계적으로도 입증되고 있다. 1995~2004년 동안 발생한 56건의 열차사고 중 61%에 해당하는 34건이 종사자의 취급부주의와 같은 인적요인이 원인으로 분석되었다[1]. 따라서 철도 사고를 예방하기 위해서는 우선적으로 인적오류, 즉 작업자의 취급부주의를 줄여야 한다. 이를 위해서는 인적오류의 체계적인 파악과 이에 근거한 효과적인 인적오류 관리가 이행되어야 한다. 인적오류를 유발시키는 여러 가지 원인 요인이 있지만, 그 중 대표적인 요인이 직무부하(또는 직무난이도, 직무복잡도)이다[2]. 직무부하가 높을수록 작업자는 직무 수행에 어려움을 느끼고 결과적으로 오류를 유발할 가능성이 높다. 따라서 안전업무종사자들을 대상으로 직무부하 분석을 통하여 상대적으로 높은 부하를 갖는 직무를 파악하여 직무를 개선하거나 직무수행을 위한 시스템의 개선 또는 교육 및 훈련을 통해 작업자의 대응 능력을 높임으로써 인적오류의 가능성을 줄이는 노력이 필요하다.

철도 사고에 관련된 안전업무종사는 기관사, 열차운용원, 관제사로 압축할 수 있다. 열차운행에 직접적으로 관련된 종사자는 기관사이고, 총괄적인 지시와 통제는 관제사가 한다. 열차운용원은 이러한 기관사와 관제사 사이에서 정보전달자의 역할을 하며, 정거장(역, 신호장, 조차장)에서 열차 또는 차량의 운행조건을 지시하는 신호조작취급, 객차나 화차를 열차 종류별로 또는 행선지별로 조성하는 입환작업 등의 실제 열차운전과 관련된 직무를 수행하며, 열차 감시나 역구내 운전보안장치의 기능의 점검 등 열차안전운행에 매우 중요한 비중을 차지하고 있다.

본 논문에서는 열차운용원을 대상으로 수행한 직무유형과 직무부하 분석 결과를 소개하고 있다. 열차안전운행에 큰 비중을 차지하고 있는 열차운용원을 대상으로, 기본 직무를 파악하고 상대적으로 부하가 높은 직무를 파악하기 위하여 다음과 같은 두 단계의 분석을 수행하였다. 첫째, 열차운용원 직무

* 한국원자력연구소, 정회원
E-mail : hankm@kaeri.re.kr
TEL : 042-868-2797 FAX : 042-868-8256
** 삼창기업(주), 정회원
*** 한국원자력연구소, 정회원
**** 한국철도공사, 정회원

의 종류와 각 직무별 세부 절차나 관련 정보 및 특성을 파악하기 위한 직무 및 행위유형 분석을 수행하였다. 둘째, 파악된 직무유형을 대상으로 직무부하 분석을 수행하였다.

2. 열차운용원 직무유형 분석

본 논문에서는 열차운용원의 직무 중 정거장에서 열차 및 신호를 취급하는데 관련된 기본 업무에 대해 분석하였다. 직무분석 방법은 계층적 직무분석 기법과 관찰법을 사용하였다. 역무실에서 열차운용원이 하나의 직무를 수행함에 있어 어떠한 행동으로 시작하고 완료하는지를 직접 관찰하고 기록하였고 열차운용원을 비롯한 전문가들을 통하여 필수적인 직무유형을 파악하였다. 또한, 열차운용원의 직무에 관한 제반 규정 및 매뉴얼을 분석하여 세부적인 절차를 작성하였으며 전문가를 통해 최종적인 직무유형을 도출하였다[3~6].

직무분석을 통해 파악된 열차운용원의 기본 직무를 10개로 분류하여 표 1에서 보여주는 바와 같이 각각의 직무를 수행하기 위한 세부절차를 분석하였다.

표 1. 열차운용원 직무 및 세부절차 예시

No.	열차운용원 직무
직무1	입환
직무2	입환(보조업무)
직무3	통과열차 취급
직무4	정차열차 취급
직무5	임시 대피열차 대피 후 통과열차 취급
직무6	정규 대피열차 대피 후 통과열차 취급
직무7	선로차단공사
직무8	인수인계
직무9	점검
직무10	행정

직무 3	통과열차 취급
① 前역 열차운용원으로부터 前前역 발차(통과) 열차번호를 폐색전화기로 통고 받음 ② 폐색상황판에 열차번호 기입 ③ 정당한 열차인지 KROIS / 열차번호인식기로 열차운행 확인 ④ 前역 열차운용원으로부터 정시 발차(통과) 여부를 폐색전화기로 통고 받음 (00열차 정시, 0분조, 0분연) ⑤ 조작반에서 본선 개통상태(본선이 녹색으로 표시)인지 확인 ⋮	

10개의 기본 직무의 세부절차를 수행하는 행위유형(action type)은 계획, 확인, 의사소통, 작업, 입력의 5개의 유형으로 분류하였다[7]. “계획”은 작업 및 조치 등에 대한 사전 준비 및 협의, “확인”은 KROIS, 열차번호인식기, 조작반 등의 감시, “의사소통”은 열차운용원, 운전관제사, 기관사와의 의사소통, “작업”은 조작반 및 선로전환기 취급, “입력”은 KROIS, 폐색판, 운전장표 등의 기록 등을 포함한다. 행위유형 분석 결과 의사소통이 열차운용원의 행위유형 중에서 가장 큰 비중을 차지하였다. 그 대상을 분류한 결과 인접역과의 폐색 취급을 위한 열차운용원 간의 의사소통이 가장 많다는 것을 알 수 있었다. 그 다음으로 기관사, 운전관제사의 순서로 가 그 다음으로 많은 것으로 분석되었다. 열차운용원이 현장에서의 판단과 조치를 수행하고 운전관제사와 기관사 사이의 정보전달자의 역할을 수행한다는 것을 행위유형 분석 결과로 나타났다. 열차운용원 행위유형 분석 결과는 그림 1에 정리한 바와 같다.

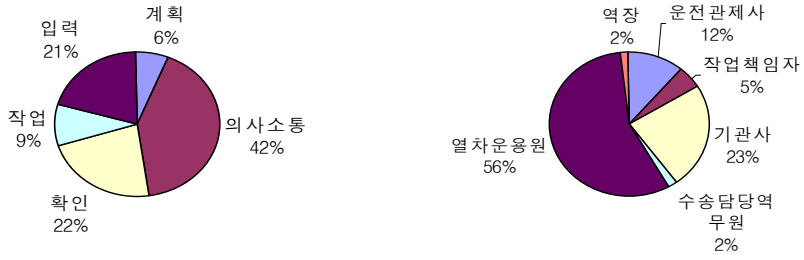


그림 1. 열차운용원 행위유형 분석 결과 및 의사소통 대상

3. 열차운용원 직무부하 분석

직무부하란 직무를 수행할 때 작업자가 심리적으로 느끼는 어려움 또는 복잡함을 의미한다. 본 연구에서는 이와 같은 작업자의 심리적 작업 부하를 평가하는데 가장 널리 사용되고 있는 NASA-TLX(Task Load Index) 방법을 사용하여 직무부하 분석을 수행하였다.

3.1 NASA-TLX 분석 방법

작업자가 느끼는 직무의 부하를 평가할 수 있는 가장 효과적인 방법은 해당 직무를 경험한 작업자에게 직접 질문을 하는 것이다. 따라서 직무의 부하를 평가하기 위한 다양한 설문조사 방법들이 개발되었다. 대표적인 방법들로 NASA-TLX(task load index), Cooper-Harper scale, SWAT(subjective workload assessment technique) 등이 알려져 있다[8~10]. 이들 중, 현재까지 가장 안정된 주관적 직무 부하 평가방법으로 인식되고 있는 것이 NASA-TLX 방법이다[11, 12].

NASA-TLX는 1980년대 초반에 미 항공우주국(National Aeronautics and Space Administration)에서 개발한 주관적 직무부하 평가방법이다. 표 2에 보는 바와 같이 6개의 설문항목에 대해 0에서 100사이의 임의의 점수를 할당한 후 이들의 평균을 통해 전체적인 직무부하를 정량화 할 수 있도록 구성되어 있다. NASA-TLX를 통한 직무부하 평가는 어떤 원인이 부하에 영향을 주는지를 평가할 수 있다. 즉, 급격한 인적수행도 저하를 방지하기 위해 효과적인 직무부하의 관리를 통해 영향인자를 파악할 수 있다면 보다 효율적인 직무부하 관리가 가능하게 되기 때문이다[13].

표 2. NASA-TLX 평가 항목 및 설명

평가항목	설 명
Mental Demand (정신적 요구량) Low/High	주어진 직무를 수행하기 위해 사고(thinking), 의사결정(deciding), 검색(searching), 계산(calculating) 및 기억(remembering) 등과 같은 정신적 또는 인지적인 활동이 얼마나 많이 요구된다고 생각하십니까?
Physical Demand (육체적 요구량) Low/High	주어진 직무를 수행하기 위해 밀기(pushing)나 잡아당기기(pulling) 또는 돌리기(turning)와 같은 육체적인 활동이 얼마나 많이 요구된다고 생각하십니까?
Temporal Demand (시간적 요구량) Low/High	주어진 직무를 수행하기 위해 요구되는 시간적 압박(time pressure)은 어느 정도 입니까? 예를 들면 숨돌릴 틈도 없이 많은 조치들을 수행해야 주어진 직무를 완료할 수 있다면 높은 시간적 압력을 느끼는 경우에 해당합니다.
Effort(노력) Low/High	주어진 직무를 수행할 경우, 얼마나 많은 노력을 기울여야 한다고 생각하십니까? 예를 들어 엄청난 집중 등이 요구되면 높은 노력이 필요한 직무에 해당합니다.
Performance (직무성취도) Good/Poor	주어진 직무를 수행할 경우, 얼마나 성공적으로 또는 정확하게 직무를 완료할 수 있다고 생각하십니까?
Frustration Level (당혹감) Low/High	이 직무를 수행할 경우, 느낄 수 있는 당혹감은 어느 정도라고 생각하십니까? 예를 들어 직무를 어떻게 하라는 것인지를 파악할 수 없는 경우나 현실적이지 못하다고 판단되는 경우 등은 높은 당혹감을 느끼는 상황에 해당됩니다.

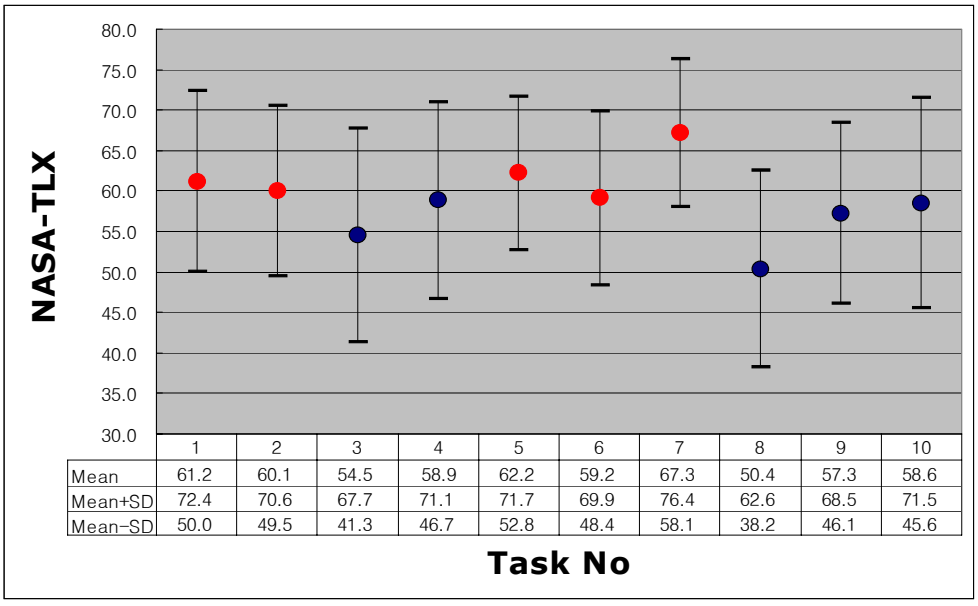
3.3 직무부하 분석 결과

직무부하 분석을 위하여 50명의 열차운용원에 대한 설문조사를 바탕으로 자료를 분석하여 얻은 것이다. 열차운용원의 10개 기본 직무에 대한 NASA-TLX 분석 결과는 표 3과 그림 2와 같다. 10개의 기본 직무에 대한 NASA-TLX 평균 값은 58.97로 평가되었다. 상대적인 직무부하는 “직무 7 선로차단공사)”가 가장 부하가 높은 직무로 나타났으며, “직무 5 임시 대피열차 대피 후 통과열차 취급”, “직무 1 입환”, “직무 2 입환(보조업무)”, “직무 6 정규 대피열차 대피 후 통과열차 취급” 순서로 부하가 분석되

었다. 설문조사 결과는 열차운용원이 평소 느끼는 직무부하 순서와 상당히 일치하는 것으로 분석되었다.

표 3. 열차운용원 10개 기본 직무에 대한 NASA-TLX 평가 값

No.	열차운용원 기본 직무	Mean	SD	직무부하 순서
직무1	입환	61.2	11.2	3
직무2	입환(보조업무)	60.1	10.6	4
직무3	통과열차 취급	54.5	13.2	9
직무4	정차열차 취급	58.9	12.2	6
직무5	임시 대피열차 대피 후 통과열차 취급	62.2	9.5	2
직무6	정규 대피열차 대피 후 통과열차 취급	59.2	10.7	5
직무7	선로차단공사	67.3	9.2	1
직무8	인수인계	50.4	12.2	10
직무9	점검	57.3	11.2	8
직무10	행정	58.6	13.0	7



	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Mean	61.2	60.1	54.5	58.9	62.2	59.2	67.3	50.4	57.3	58.6
Mean+SD	72.4	70.6	67.7	71.1	71.7	69.9	76.4	62.6	68.5	71.5
Mean-SD	50.0	49.5	41.3	46.7	52.8	48.4	58.1	38.2	46.1	45.6

그림 2. 열차운용원 10개 기본 직무에 대한 NASA-TLX 평가 결과

4. 결론

철도시스템에 있어 인적 요인으로 인한 사고는 항상 잠재되어 있고, 언제라도 대형 참사를 일으킬 수 있는 주요 요인으로 작용할 수 있다. 따라서 사고를 예방하기 위해서 인적오류의 유발 가능성을 줄이기 위한 체계적이고 효과적인 관리가 필요하다.

철도 사고에 관련된 안전업무종사자 중 열차운용원을 대상으로 직무의 종류와 각 직무별 세부 절차와 관련 정보 및 특성을 파악하기 위한 직무유형 분석을 수행하였고 파악된 직무유형을 대상으로 직무부하 분석을 수행하였다. 열차운용원의 기본 직무는 10개로 파악되었으며, NASA-TLX 기법을 사용하여 이들 기본 직무에 대한 직무부하를 평가하였다. 분석 결과 “직무 7: 선로차단공사)”, “직무 5: 임시 대피열차 대피 후 통과열차 취급”, “직무 1: 입환”, “직무 2: 입환(보조업무)”, “직무 6: 정규 대피열차 대피 후 통과열차 취급” 등이 상대적으로 높은 직무부하를 갖는 작업으로 밝혀졌다. 또한 이들 직무를 5의 행위유형 별로 분석한 결과 “의사소통”이 전체의 42%를 차지하는 것으로 나타났다.

본 논문에서 철도 안전업무종사자 중의 하나인 열차운용원의 직무유형과 직무부하를 분석함으로써

향후 철도시스템의 안전성 증대를 위한 제도의 도입, 시스템 설계개선, 또는 교육 및 훈련에 필요한 체계적인 직무분석 방법을 제시하였다.

감사의 글

열차운용원의 직무유형 파악에 도움을 주시고 직무부하 평가 설문에 응답해 주신 한국철도공사 직원분들께 감사드립니다.

참고문헌

1. 건설교통부(2006), “철도안전종합계획 : 제1차 (2006-2010)”.
2. Jinkyun Park, and Wondae Jung(2006), “A study on the validity of a task complexity measure for emergency operating procedures of nuclear power plants - comparing with a subjective workload”, IEEE Transaction on Nuclear Science, Vol.53, No.5, p. 1-9.
3. 한국철도공사(2007), “운전취급규정”.
4. 한국철도공사(2006), “운전취급세칙”.
5. 한국철도공사(2005), “운전보안장치 및 운전장표 취급지침”.
6. 한국철도공사(2005), “열차 운행선로 지장작업 업무지침”.
7. 건설교통부(2006), “안전업무종사자 인적오류관리 및 업무적성 평가기준 개발”.
8. Y. Liu, and C. D. Wickens(1994), “Mental workload and cognitive task automaticity: an evaluation of subjective and time estimation metrics”, Ergonomics, vol. 37, no. 11, pp. 1843～1854.
9. K. C. Hendy, K. M. Hamilton, and L. N. Landry(1993), “Measuring subjective workload: when is one scale better than many?”, Human Factors, vol. 35, no., 4, pp. 579～601.
10. S. Miyake(2001), “Multivariate workload evaluation combining physiological and subjective measures”, International Journal of Psychophysiology, vol. 40, pp. 233～238.
11. T. E. Nygren(1991), “Psychometric properties of subjective workload measurement techniques: implications for their use in the assessment of perceived mental workload”, Human Factors, vol.33, no. 1, pp. 17～33.
12. S. G. Hill, H. P. Iavecchia, J. C. Byers, A. C. Bittner, Jr., A. L. Zaklad, and R. E. Christ(1992), “Comparison of four subjective workload rating scale”, Human Factors, vol. 24, no. 4, pp. 429～439.
13. 정원대, 고종현, 박진균, 곽상록, 임승수(2006), “NASA-TLX 방법에 의한 KTX 운전 직무부하 분석”, 한국철도학회.