KOSDI
ISSN : 1976-2208 (Print)
ISSN : 2671-5287 (On-line)
www.sodi.or.kr

Journal of the Society of Disaster Information
Vol. 19, No. 1, pp. 216-230, March 2023
https://doi.org/10.15683/kosdi.2023.3.31.216

Original Article

건설현장의 아차사고 연결가능성에 대한 패턴분석

A Pattern Analysis on the Possibility of Near Miss Connection in Construction Sites

김상현[1] · 신연철[2] · 문유미[3]*
Sang Hyun Kim[1], Yeon Cheol Shin[2], Yu Mi Moon[3]*

[1]Ph.D. Candidate, Department of Construction Safety Engineering, Kyonggi University, Suwon, Republic of Korea
[2]Ph.D. Candidate, Department of Construction Safety Engineering, Kyonggi University, Suwon, Republic of Korea
[3]Visiting Professor, General Graduate School, Kyonggi University, Suwon, Republic of Korea

***Corresponding author:** Yu Mi Moon, mym1003@kyonggi.ac.kr

ABSTRACT

Purpose: The purpose is to prevent accidents by predicting disasters through the analysis of near-miss. **Method:** In this study, a near-miss literature review and data were collected at construction sites, and a questionnaire survey was conducted to use logistic regression analysis and decision tree analysis to classify the possibility of near-miss connection. **Result:** As a result of analyzing the effects of near-miss types on mental, physical, and safety habits and behaviors, the factor with a high influence on the body is the need for near-miss management, the type of job is electricity·information communication, and health status in order, and the mental factor is the construction scale The influence was high, and the factors with the highest influence on the habit behavior factors were analyzed in the order of experience, number of serious injuries, and occupation in order of illusion, inappropriate work instructions, and body parts. Through decision tree analysis, factors and patterns that affect the possibility of a near-miss being a surprise accident were identified. **Conclusion:** Construction site officials consider the observation of near-miss and mentally and physically. Specific management of the relevance of physical aspects to near-miss should be implemented, and a work environment in which serious accidents are reduced is expected through personnel allocation, work plans, work procedures and methods, and feedback so that inappropriate work instructions do not lead to near-miss.

Keywords: Nera-miss, Logistic Regression, Decision Tree, Habitual Behavior, Classification Analysis

Received | 15 February, 2023
Revised | 20 March, 2023
Accepted | 22 March, 2023

OPEN ACCESS

This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0) which permits unrestricted noncommercial use, distribution, and reproduction in anymedium, provided the original work is properly cited.

ⓒ Society of Disaster Information All rights reserved.

요 약

연구목적: 아차사고의 분석을 통하여 재해를 예측하여 사고를 예방하는 목적이 있다. **연구방법:** 본 연구에서는 건설 현장의 아차사고 문헌조사 및 데이터를 수집하고, 설문조사를 실시하여 아차사고 연결 가능성 분류를 위해 로지스틱 회귀분석 및 의사결정나무 분석을 이용하였다. **연구결과:** 아차사고 types이 정신적, 신체적, 안전습관 행동에 미치는 영향을 분석한 결과, 신체에 영향력이 높은 요인은 아차사고 관리의 필요성, 직종은 전기·정보통신, 건강 상태 순으로, 정신적 요인에서 공사 규모가 영향력이 높았으며, 경험 공종, 중상자 수, 직종 순으로 습관 행동 요인에 영향력이 높은 요인은 착각, 부적절한 작업지시, 신체 부위 순으로 분석되었다. 의사결정나무 분석을 통해 아차사고가 놀랄 정도의 사고로 연결가능성에 영향을 미치는 요인과 패턴을 확인하였다. **결론:** 건설현장관계자는 아차사고 관찰을 고려하여 정신적. 신체적 측면의 아차사고와의 연관성에 대한 구체적 관리가 실행되어야 하며, 부적절한 작업지시가 아차사고로 연결되지 않도록 인원 배치, 작업계획, 작업절차 및 방법, 피드백을 통해 중대재해가 저감하는 작업환경을 기대한다.

핵심용어: 아차사고, 로지스틱 회귀분석, 의사결정나무, 습관행동, 분류분석

서 론

연구배경 및 목적

건설현장의 재해는 타 산업에 비하여 높은 실정이다. 고용노동부 보도자료(Ministry of Employment and Labor, 2022)에 의하면 2021년에는 사고사망이 683명이며, 건설업이 417명으로 50.4%로 조사되었다. 2022년 재해조사 대상 사고사망은 644명/ 611건이 발생하였다. 건설업이 341명/ 328건으로 53%이며, 제조업은(171명,120건)27%로 제조업 보다 26%나 높다. 규모별로는 50인(억) 미만에서 건설업은 226명/ 224건으로 58%, 50인(억) 이상에서 건설업은 115명/ 104건으로 45%를 차지하는 것으로 조사되었다. 사고 건수는 감소하고 있지만 일부 사고의 심각성은 증가하고 있다는 점은 주목할 가치가 있다.

재해예방 및 예측을 위해 연구되어지는 분야가 아차사고(Near-miss)이다. 아차사고란 " 당사자의 실수나, 현장자체의 불안전 상태에 의해 사고가 일어 날 수 있는 상황이 발생하였으나 직접적인 사고로 이어지지 않은 상황을 의미한다." Yun et al.(2000)은 하인리히 법칙에서 설명하고 있는 바와 같이 300건의 징후를 예방하면 29건의 중형 재해와 1건의 사망사고 예방 가능성을 말하고 있다. 아차사고 관련 선행연구를 살펴보면, Lim et al.(2014)은 아차사고 측정방법을 개발하여 효과적으로 관리하고자 연구하였다. Yun et al.(2000)은 아차사고 관리프로그램 개발을 통하여 아차사고에 대응하고자 하였다. Min (2016)은 건축현장의 위치 및 공정별 유형에 따라서 아차사고 경험을 연구하였다.

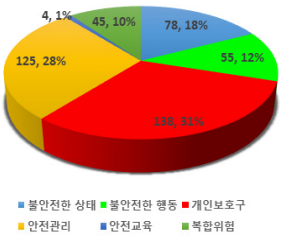
최근까지의 아차사고 선행연구는 아차사고의 분류와 측정방법이었다면, 본 연구는 국토교통부 및 서울 공공기관의 아차사고 발굴데이터를 분석하여 유형을 분류하고, 공사기간, 공사규모, 아차사고 경험 횟수, 안전습관행동, 작업지시 부적절, 건강상태, 정신적, 신체적 요인이 아차사고와의 연관성 신체부위 등의 요인간의 아차사고가 "어떤 사고로 연결될 뻔" 하였는가의 분류연구이다. 연구의 목적은 아차사고 분석을 통하여 재해를 예측하여 사고를 예방하는 궁극적 목적이 있다. 목적을 이루기 위해, 로지스틱 회귀분석과 의사결정나무 분석(Decision Tree Analysis)을 이용하여 아차사고에 영향을 주는 요인특성을 분류하고 승산의 중요도와 인과 관계를 제시하고자 한다.

아차사고 관리 필요성

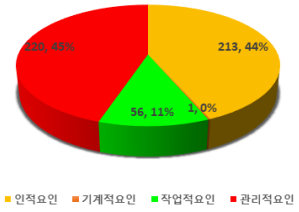
아차사고 발생 현황 조사

국토교통부 및 서울 공공기관의 아차사고 445건에 대해 불안전한 상태, 불안전한 행동, 개인보호구, 안전관리, 안전교육, 복합위험 6가지 항목으로 분류한 결과 개인보호구 138건(31.0%), 안전관리 125건(28.1%), 불안전한 상태 78건(17.6%), 불안전한 행동 55건(12.4%), 복합위험 45건(10.0%), 안전교육 4건(0.9%) 순으로 나타났다. 개인보호구는 안전모 미착용 90건, 안전대 미착용 25건, 안전모 & 안전대 미착용 22건, 안전화 1건 순으로 나타났다. 불안전한 상태는 건설기계 자체 위험 및 줄걸이 불량 등이 25건(32%), 안전난간 미설치 17건(22%) 순으로 나타났다.

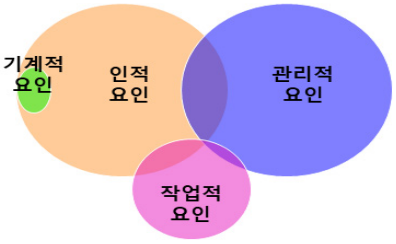
아차사고 445건에 대해 산업재해의 4M 항목인 인적 요인(Man), 기계적 요인(Machine), 작업적 요인(Media), 관리적 요인(Management)인으로 분류한 결과 관리적 요인 220건(45.8%), 인적 요인 213건(43%), 작업적 요인 56건(11%), 기계적 요인 1건(0.2%) 순으로 나타났다. 이중 복합위험으로 발생한 것은 45건으로 조사되었다. 복합위험은 인적 요인&관리적 요인 38건, 인적 요인&작업적 요인 5건, 인적 요인&기계적 요인 및 작업적 요인&관리적 요인 각각 1건으로 나타났다. 아차사고 조사한 결과를 보면 Fig. 1과 같다.



<Classification of six items.>



<4M item classification.>



<Complex risk factor relation.>

Fig. 1. Near-miss investigation results

아차사고 유형을 분석한 결과 4M 항목에서 한 가지 항목에만 연관성이 있는 유형은 2가지이며, 나머지 유형은 복합적으로 연관이 있었다. 아차사고 유형과 4M항목에 의한 분류는 Table 1과 같다.

Table 1. Classification by type of near-miss and 4M items

아차사고 유형	4M항목에 의한 분류
·안전모, 안전대 미착용에 의한 아차사고	·인적 요인, 관리적 요인
·불량사다리 및 작업발판, A형 사다리 잘못사용에 의한 아차사고	·인적 요인, 관리적 요인
·위험구역 출입 및 흡연에 의한 아차사고	·인적 요인, 관리적 요인
·문이 열린 상태에서 리프트 가동에 의한 아차사고	·기계적 요인, 관리적 요인
·근로자 머리위로 타워크레인 등 자재운반에 의한 아차사고	·작업적 요인, 관리적 요인
·소음 및 비산먼지 과다로 인한 아차사고	·작업적 요인, 관리적 요인
·비계 상태 불량에서 작업 실시로 인한 아차사고	·작업적 요인, 관리적 요인
·신호수 미배치, 신호수 목적 외 작업으로 인한 아차사고	·관리적 요인, 인적 요인
·보행자통로, 안전통로, 안전시설 관리 미흡으로 인한 아차사고	·관리적 요인. 작업 환경적 요인
·위험물관리, MSDS 및 작업 기준 안전교육 미실시로 인한 아차사고	·관리적 요인, 작업 환경적 요인

아차사고 영향 요인

Min(2016) 및 Park(2018)은 아차사고는 근로자들의 안전태도 및 성격, 문화, 직무만족도 등과 직접관련이 있다고 제시하였다. 안전태도나 성격에 따라 개인보호구 착용에도 영향을 미친다고 볼 수 있으며, 외국인근로자의 경우에는 문화의 차이에서도 영향을 미친다고 볼 수 있다. Park(2018)은 외국인근로자에서만 볼 수 있는 것은 경제적인 이유로 한국의 건설현장에 참여하다 보니 고용근로조건 상의 불안정 및 불합리가 작용되어 안전행위에 영향을 미친다고 제시하였다. 외국인근로자는 불법 체류 및 고용에 대한 불안감이 아차사고에 영향을 미친다고 볼 수 있다. Min(2016)은 근로자의 고령화에 의한 고혈압은 아차사고에 영향을 미치지 않는다고 제시하였으나 Park(2018)은 신체 건강은 재해위험에 영향을 미친다고 제시하였다. e나라지표에 의하면 건설업의 고령근로자(만 55세 이상)[1] 산업재해 비율은 59%, 사망재해 비율은 62.5%로 전체 재해의 절반을 상회하고 있으므로 신체 건강 및 질병이 아차사고와도 연관성이 있을 것으로 판단된다.

1) 고령근로자 정의 : 「고용상 연령차별금지 및 고령자고용촉진에 관한 법률」에서 고령근로자는 "만 55세"이상인 근로자, 준고령근로자는 "만 50세 이상 55세 미만"인 근로자로 정의하고 있음

Lee(2009)는 중소 건설현장 재해사망의 직접원인은 불안전한 상태 방치가 63%로 가장 높았으며, 재해사망의 기인물은 가설구조물이 47%로 가장 높게 조사되었다. 재해사망의 사전 징후인 아차사고를 예방하기 위해서는 관리자가 근본적으로 불안전한 상태를 제거하는 것이 필요하다. Lee et al.(2022) 및 Ki et al.(2014)는 건설현장 사고예방을 위해서는 정부 차원의 컨트롤 타워를 일원화하고, 재해경감활동관리체계를 활용하는 것이 필요하다고 하였다.

아차사고 발굴 필요성

고용노동부 3대 안전조치 현장점검 결과 보도자료(Ministry of Employment and Labor, 2022)에 의하면 50억 이상 건설현장에서는 안전난간 미설치 46%, 작업발판 미설치 17.3%, 개인보호구 미착용 17.1%순으로 나타났다. 50억 미만 건설현장에서는 안전난간 미설치 41.6%, 개인보호구 미착용 29.6%, 작업발판 미설치가 14.9%순으로 나타났다. 개인보호구는 50억 미만 건설현장에서 잘 지켜지지 않는 것으로 나타났다. 근로자 개인의 생명을 지킬 수 있는 개인보호구 착용을 스스로 준수하여야 보호구로 인한 아차사고를 막을 수 있다고 판단된다.

Choi et al.(2020)은 비난하는 문화는 근로자 및 원청과 하도급사 책임과 연계되어 재해보고 누락에 영향을 미치므로 문화의 변화가 이루어져야만 아차사고 발굴이 활발하게 이루어진다고 보았다. 아차사고 발굴은 지식축적, 안전의식, 근로자 책임에 영향을 미치며, 안전 선순환이 되기 위해서는 사례 축적이 중요하다고 제시하였다. 사례 축적은 사고로 이어질 수 있는 잠재위험을 제거하는데 많은 영향을 미칠 것으로 판단되며, 잠재위험이 제거된다면 실질적인 재해로 연결되는 것을 차단할 수 있는 조건이 형성될 것으로 보인다.

아차사고 발굴한 빅데이터를 위험성 평가 및 사전작업허가제(Permit To Work), TBM(Tool Box Meeting)에 반영하여 작업 시작 전 사고 위험요인을 제거하고 안전한 상태를 유지하게 된다면 자연스럽게 안전한 작업 환경이 조성되어지면서 아차사고 예방이 가능 할 것이다. 구체적인 아차사고 발굴 및 적용 흐름을 보면 Fig. 2와 같다.

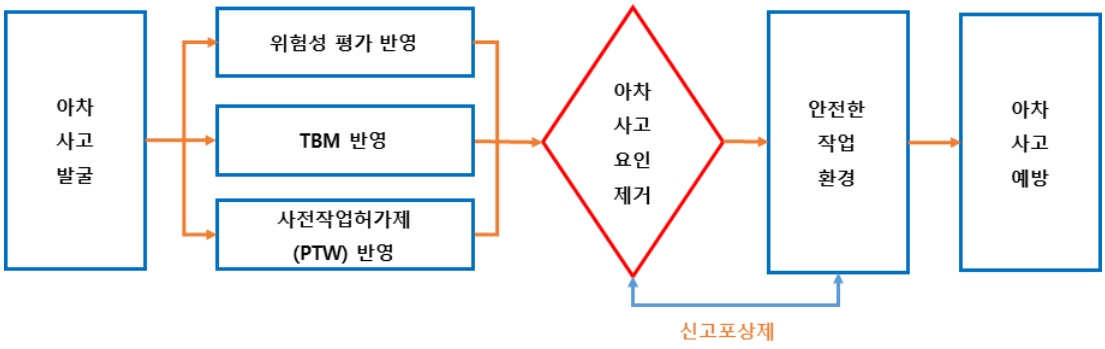


Fig. 2. Near-miss discovery and application flow

분석 방법

회귀분석은 종속변수와 독립변수 간의 함수관계를 설명하는 통계적 방법을 의미한다. 반면에 로지스틱(Logistic) 회귀분석에서 종속변수는 범주 형 척도를 사용하며 이분 형 로지스틱 회귀분석과 다항 로지스틱 회귀분석 모형이 있다. 이 연구에

서는 이분 형 로지스틱모형과 다항 로지스틱 모형분석을 실시하고자 하였다. 로지스틱함수의 의미는 설명변수 J개 주어 졌을 때 E(Event)가 발생할 확률 p(x)에 대하여 모델링 한다. 앞서 설명한 바와 같이 범주 형 [0.1] 변수는 무한대 (+∞) 값을 가질 수 없으므로 p(x)를 $\frac{p(X)}{1-p(X)}$ 으로 변형하여 방정식을 logit이라 한다. 이에 대한 방정식은 다음과 같다.

$$\log\dot{y} = \ln\left(\frac{p(X)}{1-p(X)}\right) = \beta_0 \ + \beta_1 X_1 + \ldots\ldots \beta_k X_k + \epsilon \tag{1}$$

Y=p(x)=$\left(\frac{p(X)}{1-p(X)}\right)$ 의조건하에서 방정식을 유도하여 목표변수를 도출할 수 있다. (2)

$Y = p(X) = \frac{e^{\beta_0 + \beta_1 X_1 + \ldots \beta_k X_k}}{1 + e^{\beta_0 + \beta_1 X_1 + \ldots \beta_k X_k}}$ 이를 통해 로지스틱함수 식을 유도 할 수 있다. (3)

$Y = p(X) = \frac{e^x}{1+e^x}$ ...로지스틱함수 (4)

ROC CORVE

Kim et al.(2022)은 ROC(Receiver Operation Characteristic)는 경계점의 값에 따라서 Y축은 민감도와 X축을 1-특이도의 그래프를 이용하여 과적합(Over fitting)을 확인하기 위해 "적합모형의 종속변수의 값이 "1"인 개체와 그렇지 않은 개체를 얼마나 잘 구별해 내는지 측정하는 측도라 할 수 있다." 여기서 민감도(Sensitivity)는 종속변수 값이 "1"로 응답한 개체 들 중에서 "1"로 True-Positive로 정확하게 예측하는 비율을 의미한다. 반면에 1-특이도는 종속변수의 값 중 "0"으로 맞게 예측하는 비율을 의미한다. Fig. 3의 ROC 곡선은 부적절한 작업지시가 실수로 연결가능에 대한 긍정=1과 부정=0로 설정되었다. 그래프의 경계선 X축 위 방향으로 영역이 면적이 넓을수록 예측 Y의 적합도를 확보한다.

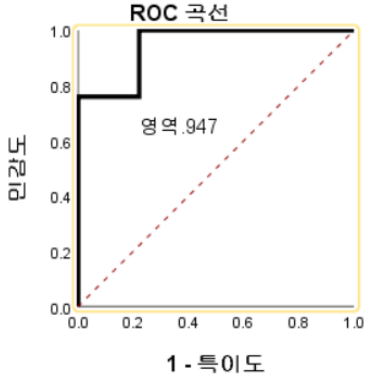


Fig. 3. ROC (Receiver operation characteristic)

Kim et al.(2022)은 더 나은 성능을 가진 모델일수록, ROC 곡선은 대각선 위쪽에 배치된다고 언급하고 있다. 이에 따라서 ROC 곡선 분석을 통해서 종속변수의 적합도를 확인하였다.

변수 설명

의사결정나무 분석은 로지스틱 회귀분석과 마찬가지로 분류기법(Classification) 분석연구 방법이다. 의사결정나무의 개념을 살펴보면, 데이터마이닝기법의 하나로 자료를 탐색하고 모형 화하는 특징이 있다. 데이터마이닝의 기본개념은 KDD(Knowledge Discovery in Database)의 용어에서 파생하였으며, 데이터로부터 지식을 도출하게 되는 모든 과정을 의미한다. 데이터마이닝은 대부분 탐색(Exploration)과정을 거쳐 변형(Modification)하여 모델링을 실행한 후 평가하여 결과를 도출하며, 데이터마이닝기법 중 의사결정나무 분석은 의사결정규칙(Decision rule)의 도표화를 바탕으로 집단분류를 하거나 예측하는 방법으로 로지스틱 회귀분석과 판별분석을 조합한 통계기법이라 할 수 있다(Berry et al., 2011; Duen et al., 2011). 의사결정나무는 기능에 따라 구성요소가 뿌리마디, 자식마디, 부모마디, 중간마디, 끝마디, 가지마디, 깊이마디 등으로 구성된다.

로지스틱 회귀분석에서 종속변수는 이분 형 또는 다항 형으로 구성된 변수를 사용하여 분석한다. 독립변인은 명목 변수와 비율변수 모두를 사용할 수 있다는 로지스틱 분석방법의 특성이 있다. 로지스틱 분석의 목적은 일반적인 회귀분석의 목표처럼 독립변수와 종속변수 간의 관계를 함수로 나타내어 예측하고 추론하는데 있다. 본 연구는 이항 로지스틱 회귀분석(Binomial logistic regression)방법으로 신체적·정신적 요인이 아차사고에 연관이 (있다=1, 없다=0)의 범주 형 데이터를 활용하였다. 비율척도 불안전상태, 불안전행동, 준수미흡, 위험감수성, 조치수준 등의 총29문항 간의 상관관계와 공분산 등을 확인하여 변수 간 구조를 파악하기 위해 요인분석을 실시하였다. 잠재변인에 대한 구조를 파악 할 수 있다. 요인분석의 신뢰도 기준 KMO 측도=0.8이상이면 좋다고 판단할 수 있으며, 공통성=0.5, 문항의 요인적재량=0.4로 분석되면 타당성이 있다고 판단한다. 본 연구의 요인분석 결과, 표본 적절성의 Kaiser-Olkin 측도 .926으로 유의(p<.000)확률로 유의미함을 검증하였다. 설명된 총 분산 66.464로 나타나 총 분산에 대한 설명력 66%, 요인적재량은 0.4이상으로 타당성을 확보하였다. 다음으로 신뢰도 분석은 반복 측정가정 하에 반복 측정을 하여도 동일한 측정값 도출에 대한 신뢰를 의미 한다. 불안전상태 5문항의 신뢰도 Cronbach"s α .806, 불안전행동 .806, 준수미흡 .874, 위험감수성 .820, 조치수준 .890으로 적정한 신뢰도를 검증하였다. 자료 수집을 위한 설문지 구성은 Table 2와 같다.

Table 2. Define variables in the survey

변수 명	변수정의	
성별, 연령, 경력, 직종, 교육정도, 공사금액	인구학적 특성	인구학적 특성 6문항
사고발생횟수	NFA_below_0~2(0≤횟수<2회), NFA_1_4(3≤횟수<4회) NFA_5-up(5≤횟수_up_)	사고발생횟수 1~3문항
아차사고 경험공종	토목, 흙막이, 기초/ 철근콘크리트/ 조적, 미장/비계설치, 해체 등 안전 가시설 / 마감공종/ 기타(복합공정)	아차사고 경험 장소
아차사고 관리	그렇다, 그렇지 않다(NMM_O,1)	아차사고관리의 필요성

Table 2. Define variables in the survey (Continue)

변수 명	변수정의	
건강상태와 아차사고 연결가능성	흡연, 음주, 고혈압(명목척도, HS_0,1)	건강상태
착각으로 인한 실수	착각(0,1)	착각이 실수 행동으로 연결
부적절한 작업지시가 실수행동 연결	부적절한 작업지시 (IOI_0,1)	부적절한 작업지시가 실수 행동으로 연결
관리에 따른 불안전상태, 불안전행동, 준수미흡, 조치수준8문항, 위험감수성	비율척도 (매우 그렇다 1에서 매우 그렇지 않다5)	관리에 따른 불안전상태5문항, 불안전행동5문항, 준수미흡6문항, 조치수준8문항, 위험감수성5문항
아차사고 위험발굴에 대한 변수		
사고의 경미한 부상자 수	사고의 경미한 부상자(NMIA_, NMIA_ 20명 ≥ (NMIA_21명_up ∠	사고의 경미한 부상자
직접경험한 사고의 중상자수	NSFA_0≤below_0~5, NSFA_6_up	사고를 경험한 중상 수
신체부위	손/팔, 발/다리, 허리, 머리	다칠 뻔한 부상부위 5문항
평균작업시간	주당 40시간/ 주당 48시간/ 주당 56시간/ 주당 56시간이상	평균작업시간
공사기간	CP_below_0~2(0≤Year1) CP_2Year>, CP_3Year> CP_3Year_up	공사기간
아차사고경험횟수	NME_below(0～5), NME_NME_6_10, NME_11_15, NME_16_20up	아차사고 경험 횟수
아차사고 경험장소	NMEL_below_2m, NMEL_2m≤m<6m, NMEL_6m<up	아차사고 경험 위치
아차사고 연결가능성	큰 사고로 이어질 뻔/ 병원치료로 이어질 뻔/ 놀란 정도로 이어질 뻔	아차사고로 어떻게 될 뻔한경험
목표변수		
정신적 요인	부정, 긍정(MF_O,1)	정신적 요인이 아차사고와의 연관성
신체적 요인	부정, 긍정(PF_O,1)	신체적 요인이 아차사고와의 연관성
습관행동	작업 시 습관행동(0,1)	작업 시 오랜 경험(습관적 행동, 빠른 지름길 선택 등)이 실수 행동으로 연결

인구학적 특성

건설현장의 근로자를 대상으로 320부를 구조화된 설문조사를 하여 회수한 자료 중 불성실한 응답15부를 제외하고 305부를 분석에 활용하였다. 인구학적 특성을 살펴보면, 건설현장의 특성상 성별(남=286,여=19)로 남성이 93.8%, 연령 분포는 50대(98명, 32.1%), 40대(71명, 23.3%), 60대(59명,19.3%) 순으로 분포하였다. 경력으로는 20년 이상(131명, 42.9), 10년~20년(70명, 23.0%), 5~10년(57명,18.7%), 5년 이하(47명, 15.4%)순으로 나타나 20년 이상의 경력자 42.9%로 가장 많은 것으로 확인 되었다. 경험공정 응답분포는 비계설치・해체 등 안전 가시설(118명, 38.7%), 철근콘크리트(93명, 30.5%), 토목, 흙막이, 기초(55명, 18.0%), 조적, 미장(23명, 7.5%), 마감공종(16명, 5.2%)순으로 분포하고 있다. 아차사고 관리의 필요가 있다는 응답이 (287명)94.1%로 확인되어 아차사고 경험 조사대상으로 적정하다고 판단할 수 있다.

로지스틱 회귀분석결과

아차사고 Types가 신체에 미치는 영향요인 로지스틱 회귀모형의 분석결과

모형의 적합도가 적절하다는 판단 후에 추론을 실시한다. 회귀계수의 방향과 승산 비를 추정하기 위해 모형의 추정치를 이용한다. 아차사고에 대한 변수설명을 한 데이터를 분석한 결과는 다음과 같다.

Table 3은 건설현장에서 수집한 데이터 이며, 아차사고 13요인에서 분석된 신체적 측면의 결과이다. 통계적 분석을 위해 SPSS 프로그램 23을 활용하여 이항 로지스틱 회귀분석결과, 아차사고 관리의 필요성(1), 공사규모(1), 직종(3), 고혈압(1=긍정)에서 유의 하였다. 신체적 요인이 아차사고에 영향을 미친다는 위험인식에 대한 판단 정확도가 83.0%로 나타났다. 먼저 유의하게 검증된 아차사고 관리의 필요성을 부정적으로 인식한 그룹에 비해 긍정적으로 인식한 그룹의 위험인식차이가 7.087[95%CI= 2.084-24.095]배 높게 증가했다. 다음으로 5억 미만 기준에서 유의미(p>0.001)하게 확인되었으며, 5억 미만 현장에 비해 50 억 미만 0.567[95%CI= 0.08-4.008]배, 300억 미만 1.605[95%CI= 0.25-10.315]배, 300억 이상 4.759[95%CI= 0.815-27.796]배 일 때 신체적 요인과 아차사고의 영향관계에 대한 인식 차이가 유의하지 않게 나타났다.

직종의 분석결과, 건축 직종 군에 비해 전기・정보통신 직종 군에서 신체적 요인이 아차사고에 영향을 미친다는 인식이 5.784[95%CI= 1.029-32.524]배 만큼 증가 했다. 건강상태(고혈압: 부정=0, 긍정=1)가 부정적일 때에 비해서 건강상태(고혈압1=긍정)가 긍정적일 때 신체적 요인이 아차사고에 영향을 미친다는 인식에 차이가 0.366배[95%CI= 0.176-0.761]씩 감소하였다. 반면에 습관행동이 아차사고에 연결, 흡연, 음주, 착각, 부적절한 작업지시가 아차사고에 연결, 사고횟수, 아차사고 공정경험, 경미한 부상자, 중상자 등은 신체적 요인이 아차사고에 연결된다는 의식간의 관계가 확인되지 않았다. Hosmer-Lemeshow 적합도 검정의 유의확률이 0.055로 적합성을 확인하였다.

Table 3. Logistic regression model analysis results for physical aspects (=305)

변수	B	S.E.	Wald	p값	Exp(B)	95% 신뢰구간	
습관실수연결(1)	-0.057	0.439	0.017	0.897	0.945	0.399	2.234
흡연여부(1)	0.462	0.367	1.582	0.208	1.586	0.773	3.256
음주여부(1)	-0.413	0.418	0.975	0.323	0.662	0.292	1.501
고혈압(1)	-1.004	0.373	7.247	**0.007**	**0.366**	0.176	0.761
착각(1)	0.551	0.435	1.604	0.205	1.734	0.74	4.067
부적절한 작업지시(1)	-0.323	0.414	0.609	0.435	0.724	0.321	1.63
아차사고관리 필요성(1)	1.958	0.624	9.836	**0.002**	**7.087**	2.084	24.095
공사규모			15.695	**0.001**			
공사규모(1)	-0.567	0.997	0.323	0.57	0.567	0.08	4.008
공사규모(2)	0.473	0.949	0.248	0.618	1.605	0.25	10.315
공사규모(3)	1.56	0.9	3.002	0.083	4.759	0.815	27.796
직종			4.922	0.425			
직종(1)	0.064	0.534	0.014	0.905	1.066	0.375	3.033
직종(2)	-0.428	0.643	0.443	0.506	0.652	0.185	2.298
직종(3)	1.755	0.881	3.968	0.046	5.784	1.029	32.524
직종(4)	0.603	1.193	0.255	0.613	1.827	0.176	18.942
직종(5)	19.255	19818.17	0	0.999	2.3E+08	0	.

Table 3. Logistic regression model analysis results for physical aspects (=305) (Continue)

변수	B	S.E.	Wald	p값	Exp(B)	95% 신뢰구간	
사고횟수			0.608	0.738			
사고횟수(1)	0.402	0.515	0.608	0.436	1.494	0.544	4.101
사고횟수(2)	0.074	0.63	0.014	0.907	1.077	0.313	3.701
경험공정			2.115	0.715			
경험공정(1)	0.214	0.512	0.175	0.676	1.239	0.454	3.38
경험공정(2)	-0.043	0.7	0.004	0.951	0.958	0.243	3.774
경험공정(3)	0.534	0.484	1.219	0.27	1.706	0.661	4.401
경험공정(4)	0.848	0.915	0.86	0.354	2.336	0.389	14.033
부상자수(1)	0.382	0.742	0.266	0.606	1.466	0.342	6.278
중상자수(1)	-0.724	0.639	1.284	0.257	0.485	0.139	1.696
상수항	-1.252	1.222	1.049	0.306	0.286		

모형의 $\chi 2$=40.460, df=23,p-value=0.014

* Hosmer and Lemeshow : $\chi 2$=15.425, df=8, p-value=0.055

아차사고 Types가 정신에 미치는 영향요인 로지스틱 회귀모형의 분석결과

Table 4는 신체적 모형과 같은 독립변수이며, 아차사고 13Types에서 분석된 정신요인의 결과이다. 이항 로지스틱 회귀분석결과, 공사규모(0), 직종(3), 아차사고 경험공정(1), 중상자 수(1)에서 유의 하였다. 정신적 요인이 아차사고에 영향을 미친다는 위험인식에 대한 판단 정확도가 92.1%로 높게 나타났다.

유의성이 검증된 요인부터 살펴보면, 공사규모 5억 미만 기준에서 유의미(p>0.005)하게 확인되었으며, 5억 미만 현장에 비해 50억 미만 50.003[95%CI= 2.540-984.39]배, 300억 미만 68.965[95%CI= 5.466-870.184]배, 300억 이상 41.421[95%CI= 4.979-344.602]배 만큼씩 인식차이가 나타났다. 건축 직종에 비해 토목이 0.144[95%CI= 0.021-0.623]배, 기계설비가 0.081[95%CI= 0.014-0.472]배, 전기·정보통신이 0.165[95%CI= 0.027-1.01]배 만큼씩 차이가 확인되었다. 그러나 소방과 기타공정은 유의미한 차이가 나타나지 않았다. 아차사고 경험공종 토목·흙막이·기초 공종경험에 비해 철근콘크리트 공정에서 0.181[95%CI= 0.036-0.915]배 신체적 요인의 위험인식이 감소하였으며, 조적·미장, 비계설치·해체 등 안전 가시설, 마감공정 등은 유의미한 차이가 없었다. 중상자 수 단위가 1단위 증가할수록 중상자수 5명 이하에 비해서 6명 이하 일 때 0.177[95%CI= 0.038-0.833]배 만큼 정신적 요인의 긍정성이 낮아졌다. 반면에 정신적 요인에서 착각, 부적절한 작업지시가 실수로 연결, 습관행동이 실수로 연결, 아차관리의 필요성, 사고횟수, 흡연, 음주, 건강상태(고혈압), 부상자 수 등은 유의미한 차이가 검증되지 않았다. Hosmer-Lemeshow 적합도 검정의 유의확률이 0.948로 적합성을 확인하였다.

Table 4. Results of logistic regression model analysis on mental aspects (=305)

변수	B	S.E.	Wald	p값	Exp(B)	95% 신뢰구간	
착각(1)	1.204	0.788	2.335	0.127	3.332	0.712	15.604
부적절한 작업지시(1)	-0.664	0.575	1.335	0.248	0.515	0.167	1.589
습관행동실수연결(1)	1.212	0.667	3.304	0.069	3.362	0.909	12.426
아차사고관리필요성(1)	0.805	0.878	0.84	0.359	2.236	0.4	12.496

Table 4. Results of logistic regression model analysis on mental aspects (=305) (Continue)

변수	B	S.E.	Wald	p값	Exp(B)	95% 신뢰구간	
공사규모			12.728	**0.005**			
공사규모(1)	3.912	1.52	6.621	**0.01**	**50.003**	2.54	984.39
공사규모(2)	4.234	1.293	10.713	**0.001**	**68.965**	5.466	870.184
공사규모(3)	3.724	1.081	11.868	**0.001**	**41.421**	4.979	344.602
직종			11.112	**0.049**			
직종(1)	-2.17	0.866	6.288	**0.012**	**0.114**	0.021	0.623
직종(2)	-2.51	0.898	7.815	**0.005**	**0.081**	0.014	0.472
직종(3)	-1.802	0.925	3.798	**0.051**	**0.165**	0.027	1.01
직종(4)	-2.043	1.493	1.872	0.171	0.13	0.007	2.42
직종(5)	-1.862	1.368	1.853	0.173	0.155	0.011	2.269
사고횟수			0.819	0.664			
사고횟수(1)	-0.6	0.671	0.799	0.371	0.549	0.147	2.045
사고횟수(2)	-0.255	0.889	0.082	0.775	0.775	0.136	4.431
경험공정			9.796	**0.044**			
경험공정(1)	-1.707	0.825	4.277	**0.039**	**0.181**	0.036	0.915
경험공정(2)	-0.16	1.061	0.023	0.88	0.852	0.107	6.809
경험공정(3)	0.659	0.805	0.671	0.413	1.933	0.399	9.362
경험공정(4)	18.49	9058.46	0	0.998	1.07E+08	0	.
흡연(1)	-0.415	0.548	0.573	0.449	0.66	0.226	1.933
음주(1)	0.22	0.659	0.111	0.739	1.245	0.342	4.534
고혈압(1)	-0.086	0.633	0.018	0.892	0.918	0.266	3.17
부상자수(1)	1.111	1.287	0.745	0.388	3.037	0.244	37.835
중상자수(1)	-1.729	0.787	4.805	0.028	0.177	0.038	0.833
상수항	-0.592	1.629	0.094	0.759	0.606		

모형의 $\chi 2$=48.579, df=23,p-value=0.001

* Hosmer and Lemeshow : $\chi 2$=2.768, df=8, p-value=0.948

아차사고 Types가 습관행동에 미치는 영향 로지스틱 회귀모형의 분석결과

Table 5는 신체적, 정신적 모형과 유사한 독립변수이며, 아차사고 8요인에서 분석된 습관행동의 결과이다. 이항 로지스틱 회귀분석결과, 착각(1), 부적절한 작업지시(1), 부위(1)에서 유의한 차이가 있었다. 습관행동이 실수에 연결된다는 위험인식에 대한 판단 정확도가 54.4%로 나타났다. 착각은 실수로 연결이 안 된다는 판단에 비해 연결된다는 판단이 10.911[95%CI= 5.096-23.36]배 증가하였다. 부적절한 작업지시가 실수로 연결이 안 된다는 판단에 비해 연결된다는 판단이 8.587[95%CI= 4.535-16.262]배 증가하였다. 손과 팔의 부상 부위에 비해서 허리부위 부상이 7.854[95%CI= 2.004-30.783]배로 습관적 실수 행동이 증가하였다. 반면에 부상자 수, 중상자 수, 평균작업시간, 공사기간은 습관행동에 유의미한 차이가 나타나지 않았다. Hosmer-Lemeshow 적합도 검정의 유의확률이 0.441로 적합성검증이 확인하였다.

Table 5. Results of logistic regression model analysis on habit behavior aspects (=305)

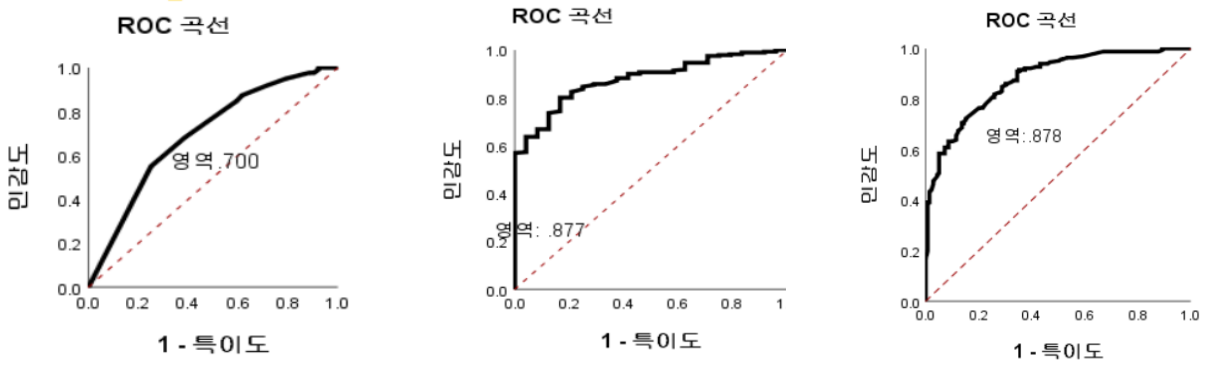
변수	B	S.E.	Wald	p값	Exp(B)	95% 신뢰구간	
착각(1)	2.39	0.388	37.857	0.000	10.911	5.096	23.36
부적절한 작업지시(1)	2.15	0.326	43.559	0.000	8.587	4.535	16.262
습관행동실수연결(1)	1.034	0.635	2.647	0.104	2.812	0.809	9.768
아차사고관리필요성(1)	-0.574	0.567	1.027	0.311	0.563	0.186	1.71
부위			9.517	0.023			
부위(1)	-0.059	0.342	0.03	0.863	0.943	0.483	1.842
부위(2)	2.061	0.697	8.745	0.003	7.854	2.004	30.783
부위(3)	0.28	0.535	0.275	0.6	1.323	0.464	3.773
평균작업시간			1.539	0.673			
평균작업시간(1)	0.366	0.391	0.875	0.35	1.442	0.67	3.105
평균작업시간(2)	0.348	0.482	0.521	0.47	1.416	0.55	3.643
평균작업시간(3)	-0.209	0.654	0.102	0.75	0.812	0.225	2.927
공사기간			1.421	0.701			
공사기간(1)	-0.365	0.592	0.379	0.538	0.694	0.218	2.217
공사기간(2)	-0.605	0.56	1.166	0.28	0.546	0.182	1.637
공사기간(3)	-0.602	0.584	1.064	0.302	0.548	0.175	1.719
상수항	-2.714	0.898	9.129	0.003	0.066		

모형의 $\chi 2$=155.746, df=13,p-value=0.000

* Hosmer and Lemeshow : $\chi 2$=7.920, df=8, p-value=0.441

ROC CURVE

ROC Curve 그래프의 상위 방향과 경계선의 면적으로 모형 식별의 판단기준이 된다. 정신적 요인의 긍정: Y=1, n1, 부정: Y=0, n0이라 표현 할 때 대응(n1* n0)쌍이 된다. Y=1인 수치가 Y=0보다 큰 추정확률을 나타내는 경우의 수를 산출한다. 이렇게 구한 수를 (n1* n0)로 나눈 비율이 상위 방향과 경계선의 면적이 된다. Fig. 4에서 ROC Curve 그래프를 확인 할 수 있다.



<Physical aspect.> <Mental aspect.> <Habit behavior aspect.>

Fig. 4. ROC (Receiver operation characteristic) curve

종속변인 신체적 요인 Y=1(253명,83%), Y=0(52명,17.5%)의 ROC 그래프 면적의 영역 .700(p<.000 95%IC .613-.777)이며, 정신적인 요인의 Y=1(281명,92.1%), Y=0(24명,7.9%)로 ROC 그래프 면적의 영역 .877(p<.000 95%IC .824-.930)이고, 습관행동요인Y=1(166명,54.4%), Y=0(139명,45.6%)의 ROC 그래프 면적의 영역 .878(p<.000 95%IC.841-.915)로 각각 유의미한 결과를 보였다.

아차사고 연결가능성과 아차사고 Types에 대한 의사나무 분석결과

의사나무 결정의 평가를 살펴보면, 아차사고 Types의 상황에서 의사결정자가 어떤 의사결정을 행동으로 옮기는지 확인하기 위해 의사결정나무 분석을 하였다. 이들 모형 요약은 Table 6과 같다.

Table 6. Model summary for near-miss connectivity and near-miss types

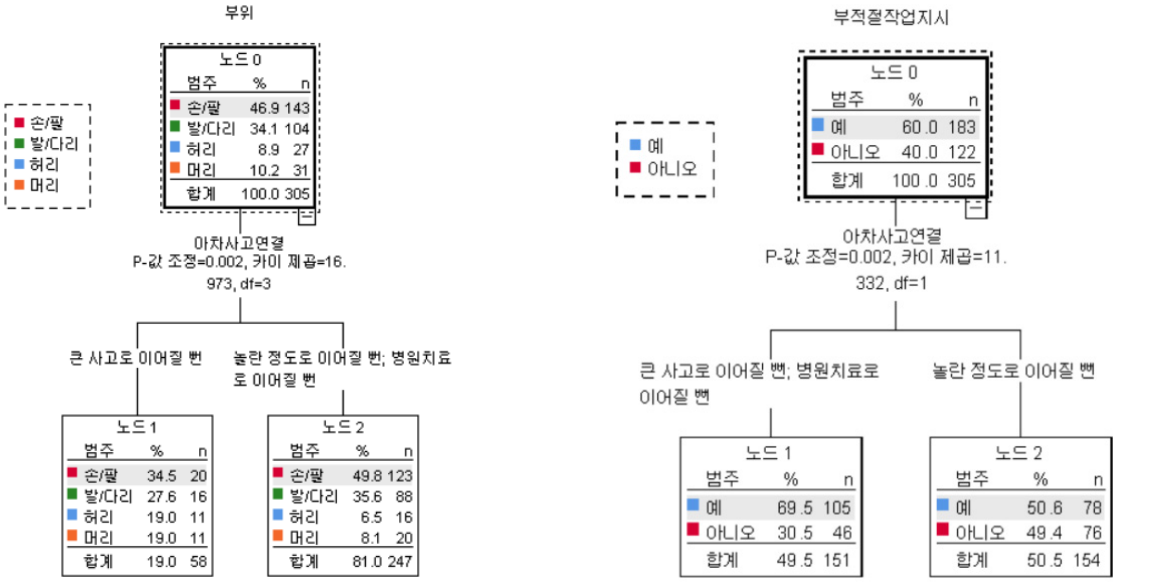
지정 사항	성장방법	CHAID	CHAID	CHAID
	종속변수	부위	부적절한 작업지시	경험 장소
	독립변수	아차사고연결, 착각	아차사고와연결가능성	아차사고연결가능성, 아차사고경험
	검증	교차 검증	교차 검증	교차 검증
	최대 나무 깊이	3	3	3
	부모 노드의 최소 케이스	100	100	100
	자식 노드의 최소 케이스	50	50	50
결과	독립변수 포함	아차사고연결가능성	아차사고연결가능성	아차사고연결가능성
	노드 수	3	3	4
	터미널 노드 수	2	2	3
	깊이	1	1	1

아차사고 Types(부위, 부적절한 작업지시)의 목표변수에 대한 분리구조

아차사고 Types의 아차사고로 다칠 뻔한 신체부위, 부적절한 작업지시, 직종 등이 아차사고와 연결가능성을 목표변수로 하여 의사결정나무 분석을 한 결과 Fig. 5 및 Fig. 6과 같다. 아차사고 연결가능성 목표변수의 범주인 신체부위(손/팔, 발/다리, 허리. 머리) 경우 손과 발에 대해 , 부적절한 작업지시가 아차사고와의 연결성(예, 아니오)은 "예"에 대해, 직종(건축, 토목, 기계설비, 전기·정보통신, 소방, 기타)에서는 건축에 대해 분류하여 가지치기(Pruning)를 한 결과이다. 첫째, 부위의 구조맨 위에 위치한 뿌리 노드(Root node)에서 목표변수는 손과 발이며 총305명 중 손/발 143명으로 46.9% 응답정확도를 확인하였다. 발/다리 104명(34.1%), 허리27명(8.9%),머리31명(10.2%)이 분포하고 있으며, 아차사고로 어떻게 될 뻔 했다 에 대한 연결 가능성 까지 안전. 불안전 상황에 대한 행동(접근 or회피)의 의사결정 에서 응답분류가 이루어 졌음을 알 수 있다. 분류시점의 카이제곱(X^2)값16.973(p<.002)으로 유의하였다. 이는 잠재위험 상황에 직면한 의사결정자는 위험에 대해 접근 또는 회피 행동에 대한 의사결정을 내린다는 것을 알 수 있다.

둘째, 부적절한 작업지시가 아차사고와의 연결성(예, 아니오)에 응답한 305명 중 183명(60%)이 "예" 로 응답정확도가 확인되었다. 이어서 뿌리노드를 살펴보면, 부적절한 작업지시가 큰 사고와 병원치료로 이어 질 뻔한 했다 에 응답한 151명중

105명(69.5%), 놀랄 정도로 이어 질 뻔 한경험이 154명 중 78명(50.6%)이 확인되었다. 이에 따른 분석결과는 아차사고 경험에서 의사결정자가 큰 사고로 연결되지 않도록 건설업 관계자는 아차사고 의 중대성을 인식하고 관리를 선행하여야 하며, 구체적 안전관리를 통해 중대재해 예방에 힘써야 함을 판단할 수 있다. 아차사고 부위, 부적절 작업지시와 아차사고 연결가능성의 의사결정나무 분석 결과는 Fig. 5와 같다.



<Near-miss site and near-miss connection possibility decision tree analysis(A).>

<Decision tree analysis of possibility of linking inappropriate work instructions and near-miss(B).>

Fig. 5. Decision tree of near-miss site, inappropriate work order and possibility of near-miss connection

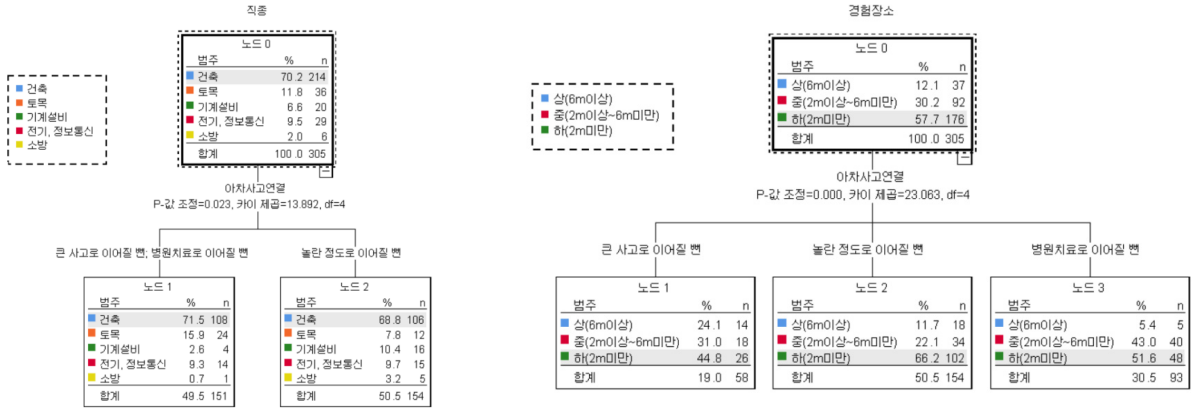
아차사고 Types(직종, 경험 장소)의 목표변수에 대한 분리구조

목표변수와 독립변수(아차사고 연결가능성)를 설명은 위 Fig. 5의 분석방법과 같은 구조 방식으로 분석을 진행하였다. 첫째, 직종의 뿌리 노드(Root node)에서 목표변수 건축은 305명 중 214 명(70.2%)이며, 관측과 예측 간의 관계에서 응답 정확도가 70.7%로 높게 확인되었다. 토목 36명(11.8%), 기계설비 2명(6.6%),전기·정보통신 29명(9.5%),소방 6명(2.6%)이 분포하고 있으며, 직종에 따라서 아차사고로 어떻게 될 뻔 했다 에 대한 연결 가능성 까지 안전/ 불안전 상황에 대한 행동(접근 or 회피)의 의사결정에서 응답분류가 이루어 졌다. 분류시점의 카이제곱(X^2)값 13.892($p<.023$)로 유의하며, 이는 잠재위험 상황에 직면한 의사결정자는 위험에 대해 접근 또는 회피 행동에 대한 의사결정을 할 수 있다.

둘째, 아차사고경험 장소의 목표변수 2m미만은 전체 응답자 305명 중 176명(57.7%)이며, 응답 정확도는 57.7%로 확인되었다. 2m~6m미만중간 장소 92명(30.2%), 6m이상 높은 장소 37명(12.1%)에 대한 분포가 확인되었다. 아차사고로 연결가능성 중 큰 사고로 이어 질 뻔한 했다 에 응답한 총 52명 중 2m미만 낮은 장소 26명(44.8%), 2m~6m미만 중간 장소 18명(31.0%), 6m이상 높은 장소 14명(24.1%)이 큰 사고로 이어 질 뻔 한 경험을 한 것으로 분석되었다. 다음으로 아차사고로 연결 가능성 중 놀랄 정도의 사고로 이어 질 뻔했다 에 응답한 총 154명 중 2m미만 낮은 장소 102명(66.2%), 2m~6m미만 중간 장소 34명(22.1%), 6m이상 높은 장소18명(11.7%)이 놀랄 정도 사고로 이어 질 뻔 한 경험을 한 것으로 확인되었다. 병원치

료로 이어 질 뻔한 총 93명 중 2m미만 낮은 장소 48명(51.6%), 2m~6m미만 중간 장소 40명(43.0%), 6m이상 높은 장소5명(5.4%)이 병원치료로 이어 질 뻔한 사고경험이 확인되었다. 즉 아차사고가 사고로 연결되어 어떻게 될 뻔 했다 중 놀랄 정도 사고로 이어질 뻔한 경험이 가장 많으며, 상/ 중/ 하 장소 중 낮은 장소에서 아차사고로 연결될 가능성 불안이 높으며, 이는 스트레스가 높아질 가능성을 판단하였다.

이에 따른 분석결과는 직종 및 아차사고경험 위치에서 의사결정자가 큰 사고로 연결되지 않도록 건설현장 관계자는 불안전상태의 관리를 통해 조치수준을 높이고, 관찰을 고려하여 정신적 측면의 트라우마에 대한 스트레스 관리가 실행되어야 함을 제안하고자한다. 아차사고 직종, 경험 장소와 아차사고 연결가능성의 의사결정나무 분석 결과는 Fig. 6과 같다.



<Occupation type and possibility of near-miss connection decision tree analysis(C).>

<The place of near-miss experience and the possibility of near-miss connection decision tree analysis(D).>

Fig. 6. Decision tree of near-miss occupation, Place of experience, and near-miss connection possibility

결 론

본 연구는 이항 로지스틱 회귀분석을 통하여 아차사고 Types가 신체적, 정신적, 습관행동에 미치는 영향요인을 분석하고자 하였다. 다음은 의사결정나무 분석을 이용하여 아차사고 Types에 대한 아차사고신체부위, 부적절한 작업지시, 경험 장소, 직종과 사고로 연결될 가능성을 분류(Classification)를 하고자 하였다. 이항 로지스틱 회귀분석 결과, 신체적 요인이 아차사고와의 연결성에서 아차사고 관리의 필요성, 직종(기계설비)이 증가와 건강상태(고혈압=있음)는 감소패턴을 보였다. 정신적 요인이 아차사고와의 연결성에서는 공사규모 50억 미만, 5억 미만, 300억 미만은 증가와 경험공종(토목, 흙막이 기초), 직종(건축, 토목, 기계설비), 중상자 5인 미만은 감소하였다. 습관행동이 아차사고와의 연결성은 착각, 부적절한 작업지시, 신체부위(발/다리)에서 증가하는 패턴을 분류하였다.

다음으로, 의사결정나무 구조로 아차사고 Types를 신체부위, 부적절한 작업지시, 직종, 경험 장소로 설정하여 분석한 결과, 아차사고가 수작업에서 많이 발생하였다. Min(2016)의 아차사고 유형별 비교연구에서는 수작업 중 경험과 높은 층으로 이동 중 경험이 많은 것으로 연구 되었다. 수작업 중 아차사고 발생은 본 연구와 같은 맥락의 결과이다. 반면에 경험 장소는 이동 중 경험보다 저층에서 아차사고로 어떻게 될 뻔 했다 에 대한 연결 가능성의 의사결정 분류패턴을 확인하였다. 구체적으로 경험 장소에서아차사고가 사고로 연결될 가능성 중 놀랄 정도 사고로 이어질 뻔한 경험이 가장 높았으며, 상/ 중/ 하 장

소 중 낮은 장소에서 아차사고로 연결될 가능성의 불안이 높으며, 이에 따른 분석결과는 직종 및 아차사고 경험위치에서 의사결정자가 큰 사고로 연결되지 않도록 건설현장 관계자는 불안전한 행동 관찰을 고려하여 정신적 측면의 트라우마에 대한 스트레스 관리가 되어야 하다.

부적절한 작업지시가 큰 사고로/ 병원치료로/ 놀랄 정도로 연결 가능성 경험에서 의사결정자가 큰 사고로 연결되지 않도록 건설업 관계자는 아차사고의 중대성을 인식하고 관리를 선행하여야 하며, 구체적 안전관리(인원배치, 작업계획, 작업절차 및 방법, 피드백)를 통해 중대재해예방에 힘써야 함을 판단할 수 있다. 향후 과제로 아차사고 빅 데이터를 기반으로 아차사고 발생패턴과 배후요인의 타당성을 높이는 연구가 필요하다.

References

[1] Berry, M.J., Linoff, G.S. (2011). Data Mining Techniques: for Marketing, Sales, and Customer Relationship Mana-Gement. Wiley, Canada.

[2] Choi, Y.G., Cho, K.T. (2020). “A cause analysis of the construction incident using causal loop diagram: Safety culture perspective.” Journal of the Korean Society of Safety, Vol. 35, No. 2, pp. 34-46.

[3] Duen, Y., Ching, H.C. (2011). “A predictive model for cerebrovascular disease using data mining” Vol. 38, No. 7, pp. 8970-8977.

[4] e-Country Indicators, https://www.index.go.kr

[5] Ki, S.-H., Park, N.-K. (2014). “Research on the establishment of contractor centered safety management system to reduce construction disaster.” Proceedings of the Korea Disaster Information Society Vol. 10, No. 4, pp. 503-510.

[6] Kim, S.-G., Jung, D.-B., Park, Y.-S. (2002). Understanding and Application of Logistic Regression Model Using Spss. Hanarae Publishing Company.

[7] Kim, D.-Y., Park, J.-H. (2022). “Safety culture between prime contractor and subcontractor workers based on accidents and near miss experiences perception comparison.” Journal of the Korean Society of Safety, Vol. 37, No. 2, pp. 28-34.

[8] Lee, B.-L., Kim, S.-D., Choi, J.-W. (2022). “A study on the link between the serious accidents punishment act and the enterprise disaster management standard: Focused on the serious industrial accidents.” Proceedings of the Korea Disaster Information Society, Vol. 18, No. 3, pp. 660-671.

[9] Lee, G.-J. (2009). “Analysis of the cause of disasters at small and medium-sized construction sites and institutional improvement measures.” Journal of the Korean Society of Architectural Engineering, Vol. 9, No. 3, pp. 59-64.

[10] Lim, T.-K., Lee, S.-S., Lee, D.-E. (2014). “Methodology for measurement and evaluation of near-miss of construction workers.” Architectural Institute of Korea, Vol. 30, No. 1, pp. 71-79.

[11] Min, K.N. (2016). Comparison of the Types of Subsequent Near-miss among Middle, Low, High, And High-Rise Construction Workers. Master Thesis, Korea University Graduate School of Health, Environmental Health Science.

[12] Ministry of Employment and Labor (2022). Additional Statistics on Industrial Accidents in 2022 Announcement of results of Current Status of Fatal Accidents Subject to Disaster Investigation.

[13] Ministry of Employment and Labor (2022). Day of On-site Inspection for 3 Major Safety Measures.

[14] Park, S.H. (2018). An Analysis of Factors Influencing the Safety Consciousness of Foreign Workers at Construction Sites. Master Thesis, Eulji University.

[15] Yun, H.-J., Lee, H.-Y., Kwon, H.-M., Kang, S.-J., M.-Il. (2000). “Development of a near miss management system to prevent industrial accident.” Chemical Engineering, Vol. 38, No. 2, pp. 166-172.