

Research Paper

건설 안전관리자의 특성 및 프로젝트 특성이 에어컨 설치 공사의 안전 점수에 미치는 영향

Impact of Construction Safety Managers and Project Characteristics on Air Conditioning Installation Safety Scores

엄미영¹ · 김진영² · 김홍조^{3*}

Uhm, Miyoung¹ · Kim, Jinyoung² · Kim, Hongjo^{3*}

¹Postdoctoral Researcher, Department of Civil and Environmental Engineering, Yonsei University, Seoul, 03722, Korea

²Graduate student, Department of Civil and Environmental Engineering, Yonsei University, Seoul, 03722, Korea

³Associate Professor, Department of Civil and Environmental Engineering, Yonsei University, Seoul, 03722, Korea

*Corresponding author

Kim, Hongjo

Tel : 82-2-2123-2888

E-mail : hongjo@yonsei.ac.kr

Received : March 26, 2024

Revised : April 12, 2024

Accepted : April 17, 2024

ABSTRACT

This study examined the factors influencing safety scores in air conditioning installation projects, with a specific focus on the characteristics of safety managers and project-specific details. Given the increase in industrial accidents within this sector and the lack of research on smaller-scale operations, this analysis of 7,046 safety data records from Company A aimed to address this gap. The results indicate that the month of project commencement has the most significant impact on safety scores (correlation coefficient of 0.21), followed by the age of the safety manager (correlation coefficient of 0.06). Interestingly, the educational background of the managers did not appear to influence safety outcomes. Furthermore, project cost was found to have a negative correlation with safety scores (-0.1), suggesting that lower-cost projects may be associated with higher risk levels. These findings underscore the importance of developing tailored safety checklists that take into account the specific timing and scale of air conditioning installation projects. Additionally, the results suggest that incorporating both experienced (older) and less experienced (younger) safety managers into safety strategies may be beneficial for achieving optimal safety outcomes. This balanced approach could leverage the strengths of both groups, potentially enhancing overall risk assessment and mitigation efforts.

Keywords : air conditioner installation work, safety manager, safety score, influential factors

1. 서론

1.1 연구의 배경 및 목적

기후변화로 인한 연평균 기온 상승 및 폭염일수 증가는 에어컨의 보급률에 영향을 미치고 있다. Colelli et al.[1]에 따르면, 평균 기온이 현재보다 2°C 상승할 경우 유럽과 인도의 에어컨 보급률은 각각 19%에서 41%로, 10%에서 40% 이상으로 급증할 것으로 예상된다. 한국의 경우, 2009년 60%이었던 에어컨 보급률이 2019년 97%로 급증하였고, 2045년에는 세탁기(99%)와 냉장고 보급률(101%)을 넘어설 것으로 예상된다[2]. 이와 같은 에어컨 산업의 성장과 더불어 에어컨 시공 종사자의 산업재해 발생률 역시 증가하고 있다. 2020년 한국산업안전보건공단[3]에 따르면, 2018년 국내 에어컨 시공 종사자 수 3,276명 중 243명(7.42%)이 산업재해를 겪었으며, 이는 전체 산업 평균 재해율(0.54%)과 건설 산업 평균 재해율(0.75%)을



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 non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

초과하는 수치이다, 특히 떨어짐 사고의 비율(45.7%)이 높아 에어컨 시공 작업에서의 안전관리의 중요성이 높아지고 있다. 그러나 대부분의 에어컨 시공 업체가 50인 미만 소규모 기업으로, 전문 조직 및 인력 확보 등 체계적인 대응에 한계가 있다. 이에 정부는 에어컨 기기를 제작 및 보급하는 에어컨 보급사를 대상으로 안전 시공 지원 조직 신설을 의무화하여, 자사 에어컨을 구매 후 시공하는 현장에 안전관리자를 파견해 시공 업체 근로자와 작업 환경을 점검하고, 위험 요소를 파악하도록 하고 있다. 이러한 안전관리자 선임 제도 시행은 시공 현장에서 산업재해를 감소시키는데 크게 기여하고 있다. 2015년 고용노동부의 ‘산업안전 규제 영향 분석서’에 따르면, 안전관리자가 배치된 현장은 안전관리자가 없는 현장에 비해 약 9.8배 더 낮은 재해율을 보이는 것으로 조사되었다. 이는 안전관리자의 위험 평가가 효과적인 위험 예방 조치를 가능하게 하며, 결과적으로 현장 근로자에게 필요한 교육 및 훈련을 제공함으로써 발생 가능한 재해를 감소시키기 때문이다[4].

에어컨 시공 분야에서의 안전관리자는 현장의 위험 요소를 식별하고 평가하는 중요한 역할을 수행하지만, 에어컨 시공을 위한 구체적인 가이드라인의 부재로 인해, 에어컨 보급사들은 대부분 자체적으로 제작한 안전 체크리스트를 활용하고 있다. 이러한 체크리스트의 적용 및 해석은 안전관리자의 경험, 프로젝트의 규모나 특성에 따라 차이를 보일 수 있다. 예를 들어, 경험이 풍부한 안전관리자는 잠재적 위험을 보다 신속하고 효과적으로 인식하고 대응할 수 있으며, 큰 규모의 프로젝트에서는 더 높은 위험 발생 빈도로 인해 위험을 더 심각하게 인식하기도 한다[5]. 안전관리자의 위험 인식에 영향을 미치는 요인 도출을 위한 연구자들의 노력에도 불구하고, 기존 연구들이 주로 대규모 프로젝트에 초점을 맞추고 있어 계절적으로 집중되는 에어컨 시공과 같은 특수한 작업 현장의 특성을 충분히 반영하지 못하는 한계가 있다[6-8]. 본 연구는 이러한 한계를 인식하고, 안전관리자의 개인적 및 현장 특성이 안전 평가에 어떠한 영향을 미치는지 분석함으로써 에어컨 시공 분야에서의 효과적인 재해 발생 예방 및 대응 방안을 모색하고자 한다.

1.2 연구의 범위 및 방법

본 연구는 A사에서 2021년 12월부터 2023년 6월까지 수집된 총 7,046건의 시스템에어컨 시공 평가 데이터를 기반으로, 안전관리자의 개인적 특성(나이와 전공)과 공사 관련 요인(공사 금액 및 착수 시기)이 안전 점수에 미치는 영향을 분석하였다. 이 데이터는 조달청을 통해 계약된 산업용 에어컨 설치 공사 데이터이며, 데이터 분석에 SPSS 27.0, AMOS 26, 및 Jamovi 2.4.11의 통계 소프트웨어가 활용되었다.

2. 이론적 배경

2.1 안전관리자의 위험 인식 영향 요인

산업안전보건법 제17조에 따르면, 안전관리자는 안전에 관한 기술적인 사항에 관하여 사업주 또는 안전보건관리책임자를 보좌하고, 관리 감독자에게 지도 및 조언을 수행하는 업무를 담당한다[3]. 더 나아가, 안전관리자는 사업장 순회 점검을 통해 현장 내에서 안전에 위협이 되는 작업자의 행동 및 상황을 인식하고 이에 대한 조치를 요청하는 등 작업자의 불안전한 행동을 예방 혹은 감소하는데 핵심적인 역할을 담당한다[9]. 이러한 과정에서 안전관리자가 보유한 현장 경험, 전문 지식, 그리고 개인적 성향은 현장에서 위험을 인식하고 적절하게 대응하는 데 중요한 요소로 작용한다. 예를 들어, 특정 장비나 작업 공정에 대한 이전 경험이 있는 안전관리자는 이를 바탕으로 더 효과적인 안전 대책을 마련할 수 있다. 또한, 주의 깊고 세심한 성향을 지닌 안전관리자는 작업장의 작은 변화에도 민감하게 반응하여 잠재적인 위험을 빠르게 식별하고 대응할 수 있다. 이러한 경험 및 지식 기반의 위험 인식 방식은 안전관리자 간의 위험 인식 차이를 만드는 주요 요인이 될 수 있다. Bonem et al.[10]은 18세에서 83세의 성인 176명을 대상으로 하는 설문조사를 통해 안전 및 건강과 관련된 상황에서 응답자의 연령이 높아질수록 위험을 더 심각하게 인지하는 경향이 있음을 밝혔다. Trillo-Cabello et al.[11]는 30개 건설 공정 참여자를 대

상으로 한 설문조사를 통해 연령, 직업 경력이 위험 인식에 영향을 미친다는 것을 밝혔다. 특히 경력 10~15년 사이의 전문가들이 다른 경력자에 비해 상대적으로 위험을 더 심각하게 인식한다는 결과를 도출하였다. 또한 프로젝트 전체 주기 중 초기 단계에서 위험을 더 위협적이라고 인식하는 경향을 확인하였다.

Dale et al.[12]는 중소 규모의 78개 협력업체에 속한 746명의 근로자를 대상으로 한 설문조사를 통해, 시공 업체 규모에 따라 안전 활동에 차이가 있음을 확인하였다. 특히 시공 업체 규모가 작을수록 안전 감시 인력배치나 안전 활동 운영이 현저하게 감소하는 경향을 확인하였다. 이러한 결과는 업체 규모에 따른 차별화된 안전관리 전략의 필요성을 강조한다. Gariazzo et al.[13]의 연구는 건설 현장의 외부적 요인, 특히 계절 및 기후 요인이 위험 인식에 미치는 영향에 주목하였다. 이 연구는 2014년부터 2019년까지 5년 동안 이탈리아에서 발생한 185,000건의 건설 분야 산업재해 데이터를 통해 고온 환경과 건설 노동자들의 산업재해 발생률 간의 유의미한 상관관계를 규명하였다. 특히, 폭염 기간 내 건설 노동자들의 업무상 부상이 현저히 증가하는 경향을 확인하였으며, 이는 사고 발생 빈도의 증가와 더불어 미끄러짐, 넘어짐, 통제력 상실 등 특정한 사고의 발생 빈도가 높아진다는 것을 확인했다. 이러한 발견은 고온 환경에서의 안전관리와 위험 대응 전략의 중요성을 강조한다. 안전관리자가 위험 인식에 영향을 미치는 이와 같은 요인들은 단순히 위험 요인을 인지하는 것을 넘어서 위험을 수용할 수 있는 수준을 결정해 다양한 위험 상황에 대해 어떤 태도를 취하고, 어떠한 조치를 취할지에 큰 영향을 미친다.

2.2 작업 안전 체크리스트 기반 안전 시공 평가 점수와 재해 발생의 관계

안전관리자는 시공 중 발생 가능한 위험을 체계적으로 평가하고 관리하기 위해 한국 산업안전보건공단에서 제공하는 작업 안전 체크리스트를 활용한다[3]. 이 체크리스트는 위험 발생 빈도와 피해 강도의 조합을 통해 위험을 정량화하는 방식을 채택한다. 위험 발생 빈도는 ‘거의 없음’을 나타내는 1단계부터 ‘빈번함’을 나타내는 5단계로 구성되어 있으며, 피해 강도는 ‘영향이 없음(손실이 없음)’을 나타내는 1단계부터 ‘매우 심각(손실일수가 310일 이상)’에 해당하는 4단계로 세분화되어 있다. 각 작업자 또는 업체는 이 체크리스트에 따라 위험도를 평가받으며, 각 항목에는 최소 1점에서 최대 20점까지 점수가 부여된다. 이러한 점수 체계는 관리 기관이 위험 관리 및 안전 강화 조치의 우선 순위를 설정하는 데 도움을 주며, 높은 점수를 획득한 개인이나 기관에게 인센티브를 제공하는 프로그램을 운영함으로써 안전한 시공 현장 조성을 장려한다. 그러나, 안전 점수와 실제 산업재해 발생 사이의 직접적인 상관관계에 대한 연구는 제한적이어서, 안전관리자가 부여한 점수가 현장 작업자의 실제 산업재해 발생과 어떤 연관이 있는지 명확히 이해하는 데에는 한계가 있다. 그러나, 안전 항목 미준수로 낮은 배점을 받은 작업자가 안전 항목을 준수해 높은 점수를 받은 작업자보다 위험 상황에서 사고를 경험할 확률이 높다는 것은 하인리히의 원인 원인을 통해 설명이 가능하다[11]. 하인리히의 원인 연계의 원칙에 따르면, 사고는 작은 위험 요소나 사건들이 연쇄적으로 발생하여 결국 큰 재해로 이어지는 과정으로 볼 수 있다[11]. 이러한 이론은 안전 항목 준수의 중요성을 강조하며, 작은 사고나 사건들이 큰 재해로 이어지는 것을 막기 위해 적극적인 사고 예방 조치가 필요함을 시사한다. 따라서 안전 항목 미준수로 낮은 점수를 받은 작업자는 안전 항목을 준수한 작업자에 비해 높은 위험도를 가지고 있으며, 이러한 위험도는 잠재적으로 사고 발생 확률을 증가시킨다고 할 수 있다.

3. 연구 방법

3.1 데이터의 수집

본 연구는 국내 시스템에어컨 A사의 협조를 받아 2021년 12월부터 2023년 6월까지, 약 20개월 동안 산업용 시스템에어컨 공사장에서 발생한 7,046건의 안전 평가 배점 데이터를 수집하였다. 연구 대상인 산업용 시스템에어컨 공사는 입찰 과정부터 시작하여 계약, 현장 조사, 설계, 자재 조달, 시공, 검사 및 준공 등의 여러 단계를 포함한다. 이 과정에서 주요 계약 당사자

는 시스템에어컨 시공 업체가 되며, 이들은 대기업으로부터 제품을 공급받는다. 또한, 보급사는 시공 업체가 현장에서 안전 규정을 준수하는지 확인하고, 필요한 안전 교육 지원을 위해 안전관리자를 파견한다. 본 연구에서 평가 대상은 시스템에어컨 시공 업체 소속 작업자들이며, 평가자는 보급사 소속의 안전관리자이다.

3.2 수집 데이터의 특징

3.2.1 체크리스트 항목별 배점

본 연구에서 사용된 A사의 안전 평가 체크리스트는 Table 1과 같이 총 20개 항목으로 구성되어 있으며, 100점 만점으로 평가된다. 이 중에서 가장 중요한 부분으로 간주되는 것은 시공 전후의 안전 공사 계획서 제출 여부로, 이 항목에는 30점이 할당되어 있다. 나머지 17개 항목에 70점이 배점되며, 이들은 주로 현장에서의 안전 준수 조치 내용을 포함한다. 예를 들어, 개인 보호구 착용, 사다리 아웃리거 설치, 소화장비 비치 등은 각각 9점이며, 사다리 상부 작업 금지 규칙 준수(5점), 중장비 아웃리거 설치(5점), 안전화 착용(4점), 그라인더 덮개 설치(4점), 안전 교육 이수(3점), 2인 1조 작업(3점) 등 중요도에 따라 점수가 배점된다.

Table 1. Checklist items and scores

Type	Factor	Score
Mandatory	Personal Protective Equipment(PPE)	9
	Ladder Outrigger Installation	9
	Firefighting Equipment Provision	9
Basic Requirements	Safety Shoes	4
	Basic Safety and Health Training	3
Elevated Work (Below 3.5m)	Two-Person Team Work with Type A Ladder	3
	Prohibition of Working on the Top Step of Type A Ladder	5
Site	Removal of Flammable Materials within Work Area	1
	Pressure Regulator	2
	Backflow Prevent for Pressure Vessels	3
	Visual Inspection of Hose Condition for Pressure Vessels	3
	Hazardous Substance Warning Signs	3
Public Tools	Grinder Cover	4
	Grounding Wire for Electrical Cables and Connection Devices	1
Machinery	Visual Inspection of Outer Sheath Condition of Electrical Cables and Connection Devices	1
	Heavy Equipment Outrigger Installation	5
	Overload Prevention Device	1
	Anti-Two-Blocking Device	1
	Two-line hanger	1
Documents	Access Control	2
	Advance Sharing of Work Schedule	10
	Before Commencement	10
	At Commencement	10

3.2.2 안전관리자의 현장 평가 빈도와 현장 선정 우선순위

안전관리자의 현장 평가 빈도는 프로젝트의 공사 금액에 따라 결정되며, 작업일 기준으로 2일에 1회 점검한다. 예를 들어, 프로젝트 공사 비용이 2천만원인 경우, 작업 일은 2일이며 안전관리자는 1회 평가한다. 또한, 현장 평가의 우선순위를 정하

기 위해 위험도 판정 기준을 활용한다. 이 기준은 공사비, 제품종류, 작업 높이, 공사 형태, 중량물 운반 여부 등 5가지 항목에 점수를 부여하고, 이 점수들에 가중치를 곱하여 합산한다. 정량화된 값이 24점 이상이면 고위험, 17~23점이면 중위험, 16점 이하이면 저위험으로 구분하여 현장 평가의 우선순위를 결정한다.

3.2.3 안전관리자의 평가 점수

작업 안전 점수는 안전관리자에 따라 차이를 보인다. 아래 Figure 1은 안전관리자에 따른 작업 안전 점수의 일부 내용으로, 평균 90점 이상 높은 점수를 부여하는 안전관리자(M02)가 있는 한편, 다소 낮은 점수를 부여하는 안전관리자(M04)가 있어 안전관리자에 따른 작업 안전 점수의 차이를 확인할 수 있다.

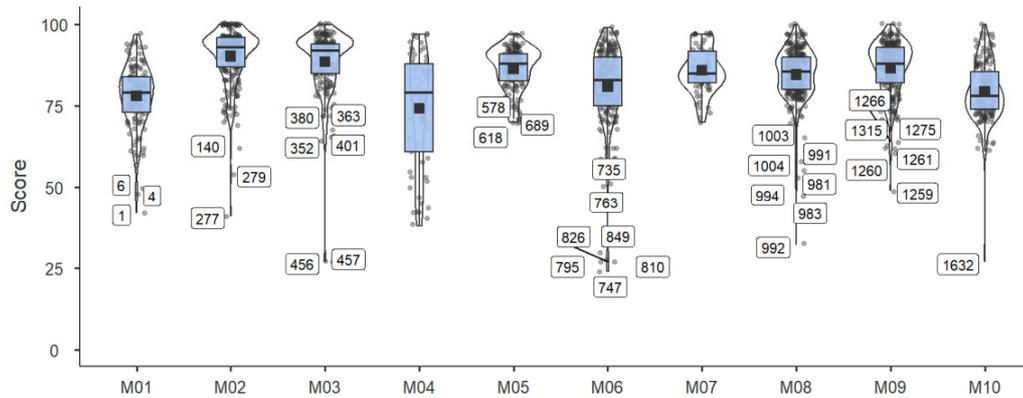


Figure 1. Histogram of scores by safety managers

3.3 연구 가설 수립

본 연구는 선행 연구 결과를 기반으로 안전 점수 영향 요인으로 나이(h1), 배경지식(h2), 공사 금액(h3), 계절(h4)을 선별하였다. 영향 요인 선별의 적절성 평가를 위해 일원 분산분석(One-Way ANOVA)을 수행한 결과 4가지 요인 안전 점수에 통계적으로 유의미함(p-value<0.05)을 확인하였다(Table 2).

Table 2. One-way analysis of variance(ANOVA) results for four factors

Factors	χ^2	df	p-value
Age-Score(h1)	83.5	4	<.001
Major-Score(h2)	159	4	<.001
Cost-Score(h3)	99.5	4	<.001
Month-Score(h4)	114	11	<.001

3.4 데이터 분석

3.4.1 영향 요인 분석

1) 안전관리자의 나이(h1)

A사의 39명 안전관리자 중, 30대가 22명(56.4%)으로 가장 높은 비율을 차지하며, 이어서 40대 8명(20.5%), 20대 4명(10.3%), 60대 3명(7.7%), 50대 2명(5.1%) 순으로 나타난다. 수집된 7,046건의 안전관리자 나이별 점검 빈도를 분석한 결과,

30대가 3,937건(55.9%)으로 가장 활발한 활동을 보이며, 40대는 1,332건(18.9%), 20대는 664건(9.4%), 60대는 661건(9.4%), 50대는 452건(6.4%) 순으로 나타난다. 아래 Table 3은 연령대별 안전관리자 수, 각 연령별 수행 프로젝트 누적 건수, 그리고 안전관리자 한 명당 평균 수행 프로젝트 건수로, 30대 안전관리자가 배점한 평균 점수는 81.4점으로, 다른 연령대에 비해 상대적으로 낮은 점수를 배점하는 경향을 보인다.

Table 3. Distribution of safety managers by age group and project completion data

Age	20	30	40	50	60	Sum
Number of Managers	4	22	8	2	3	39
Projects Completed per Manager	664	3,937	1,332	452	661	7,046
Average Projects per Manager	166	179	167	226	220	180
Mean	84.6	81.4	83.0	83.6	84.7	-
Median	86.0	83.0	85.0	83.0	86.0	-

안전관리자의 나이가 점수에 미치는 영향을 분석하기 위해 선형회귀 분석을 수행한 결과, 모형의 전반적인 유의성을 검정하는 F-통계량(25.2)과 p-value가 0.001 미만으로 안전관리자의 나이와 배점의 선형 관계에 대한 통계적 유의성이 있음을 확인하였다(Table 4).

Table 4. Regression analysis results(age-score)

R	R2	Adjusted R2	F	df1	df2	p
0.0597	0.00356	0.00342	25.2	1	7,044	<0.001

Table 5의 분산분석(ANOVA) 결과에서도 점수에 대한 F-통계량(25.2)과 p-value(0.001 미만)로 안전관리자의 나이가 배점에 유의한 영향이 있음을 알 수 있다. 그러나 회귀 모형의 적합도를 나타내는 R² 및 조정된 R² 값(0.00356, 0.00342)을 통해 안전관리자의 나이가 배점에 대한 설명력이 매우 제한적임이 확인된다.

Table 5. ANOVA test results(age-score)

	Sum of squares	df	Mean square	F	p
Score	2,836	1	2,836	25.2	<0.001
Residuals	793,099	7,044	113		

회귀모형 내 독립 변수 간의 공선성(Collinearity) 여부를 평가하기 위해 분산팽창요인(Variance Inflation Factor, VIF)과 허용치(Tolerance) 진단 결과, 두 지표 모두 기준값 1.00으로 연령대별 사이의 공선성 문제가 존재하지 않았으나, Scheffé의 다중 비교 방법 분석 결과 연령대가 높아질수록 평균 점수가 다소 증가하는 경향이 확인된다.

2) 안전관리자의 전공(h2)

본 연구에 참여한 39명의 안전관리자 중, 기계공학 전공자(14명)가 가장 많으며, 안전공학 11명, 건축공학 10명, 토목공학 3명, 조경학 전공자가 1명으로 구성되어 있다. 전체 7,046건의 점검 데이터에서, 기계공학 전공자가 2,506건, 안전공학 2,119건, 건축공학 1,667건, 토목공학 587건, 조경학 167건의 작업을 수행했다. 다만, 연령대별로 전공의 분포에 차이가 존재한다. 예를 들어, 60대 안전관리자는 모두 기계공학 전공자이며, 20대는 주로 건축공학과 기계공학 전공자로 구성되어 있

다. Figure 2에서는 전공별 점수 분포로 전공보다는 연령 변수의 영향력이 확인된다.

전공그룹 간 크기의 차이에 대한 유효성을 확인하기 위해 Games-Howell Post-Hoc 검증 결과, 건축공학-조경학, 토목공학-조경학, 기계공학-도시공학, 토목공학-안전공학, 도시공학-안전공학, 기계공학-안전공학에서는 통계적 유의미한 값 ($p\text{-value}<0.01$)이 확인되나, 기계공학-건축공학, 기계공학-토목공학, 안전공학-건축공학 간의 배점 차이는 통계적으로 유의미한 값이 확인되지 않아 전공에 따른 점수의 차이는 부분적임을 알 수 있었다.

3) 공사 금액(h3)

본 연구에서 분석한 에어컨 설치 공사 금액 범위별 작업 건수는 5천만원 미만의 공사 금액이 2,286건(32.4%)으로 가장 많고, 2천만원 미만이 1,787건(25.4%), 1억원 미만이 1,705건(24.2%), 3억원 미만이 954건(13.5%), 5억원 미만이 253건(3.6%), 그리고 5억원 이상은 61건(0.9%)으로 집계되었다. 공사 금액과 안전 점수 간의 상관관계 분석 결과, 공사 금액이 증가할수록 안전 점수가 낮아지는 음의 상관관계가 관찰된다(Table 6).

Table 6. Correlation results(cost-score)

	Pearson's r	df	p-value
Score-Cost	-0.093	7,044	<0.001

4) 공사 착수 시기(h4)

에어컨 설치 공사의 월별 작업 건수 분석 결과, 총 7,046건 중 3월에 1,431건(20.3%)으로 가장 많은 작업이 수행되었으며, 6월 783건(11.1%), 2월 737건(10.5%)의 순으로 작업량이 분포되어 있다. 특히 봄철(3월~6월)의 총 작업 건수는 2,677건(38.0%)으로, 연중 가장 높은 빈도를 보였으며, 겨울은 1,845건(26.2%), 여름은 1,552건(22.0%), 가을은 972건(13.8%) 순으로 분석되었다. ANOVA 분석을 통해 공사 착수 시기와 점수 간의 관계를 분석한 결과, 공사 착수 시기가 작업자의 안전 점수에 통계적으로 유의미한 영향을 미치는 것으로 확인($p\text{-value}<0.001$)되어 에어컨 시공 안전에서의 공사 착수 시기에 따른 안전관리의 중요성이 확인된다.

3.4.2 영향 요인 간 분석

개별 영향 요인 분석 결과를 기반으로 영향 요인 간 구조방정식을 통해 점수와 영향 요인 관계를 분석한 결과, Critical Ratio(C.R.) \neq 1.96을 기준으로 안전관리자의 전공(Edu, h2)이 점수에 미치는 영향은 통계적으로 유의미하지 않음을 확인하였다(Table 7).

Table 7. Standardized regression weights of four factors

	Estimate	S.E.	C.R.	P
Age → Score	0.062	0.012	5.228	***
Edu → Score	-0.006	0.109	-0.538	0.591
Cost → Score	-0.090	0.001	-7.618	***
Month → Score	0.065	0.039	5.538	***

각 변수 간 정보 공유 정도를 측정하고, 종속변수에 미치는 영향을 파악하기 위해 MI(Mutual Information) 파라미터 변화(Par Change)를 분석한 결과(Table 8), 비용(Cost)과 작업 시기(Month) 간의 MI값은 높게 나타나 강한 정보 공유를 보이지만,

Par Change 값이 -0.003으로 낮아, 비용에 대한 작업 시기의 영향은 미미한 것으로 분석된다. Cost와 Age 간의 관계에서는 MI 값이 18.502로 중간 수준이지만, Par Change 값이 0.589로 상대적으로 높게 나타나, 연령 증가에 따라 프로그램 공사 금액이 유의미하게 증가하는 경향이 확인된다. Age와 Month, Cost 간의 관계에서는 MI 값이 낮게 나타나지만, PAR Change 값은 월에 대해 0.108, 비용에 대해 0.004로 양의 변화를 보여준다. 전공과 공사 금액의 관계에서는 MI 값이 26.080으로 높게 나타났으나, PAR Change 값이 -0.559로 나타나 전공에 따라 공사 금액이 유의미하게 변화될 가능성은 제한적임을 알 수 있다.

Table 8. Regression weights of four factors

Factors	M.I.	Par Change
Age → Month	7.799	0.010
Age → Cost	18.502	0.589
Age → Edu	26.080	-0.007
Cost → Month	63.815	-0.003
Cost → Age	18.502	0.004
Month → Age	7.799	0.108
Month → Cost	63.815	-3.565
Month → Edu	5.489	-0.010
Edu → Month	5.489	-0.079
Edu → Age	26.080	-0.559

안전관리자의 개인적 특성(나이와 전공) 및 공사 관련 요소(공사 금액과 착수 시기)가 작업자의 안전 점수에 미치는 영향에 대한 통계 분석 결과는 다음과 같이 요약할 수 있다. 첫째, 안전관리자의 연령은 작업자의 안전 점수에 유의한 영향을 미치는 것으로 나타났다. Scheffé의 다중 비교 분석 결과에 따르면, 연령이 높은 안전관리자가 평균적으로 더 높은 점수를 부여하는 경향이 관찰되었다. 그러나 회귀 모형에서 나타난 R² 및 조정된 R² 값(0.00356, 0.00342)은 이 영향력이 매우 제한적임을 보여준다. 둘째, 안전관리자의 전공과 작업자의 안전 점수 사이에는 통계적으로 유의한 관련성이 없으며, Games-Howell의 사후 검증을 통해 검증되었다. 셋째, 공사 금액은 안전 점수와 음의 상관관계를 가지는 것으로 나타났다. 즉, 프로그램 규모가 클수록 안전 점수가 낮아지는 경향이 확인된다. 이 분석 결과는 프로젝트 규모가 커질수록 작업자의 수 혹은 중장비 사용 빈도 증가로 인해 위험 발생 빈도가 높아지면서 안전관리자의 위험에 대한 민감도 역시 높아지기 때문이라고 해석할 수 있다. 넷째, 공사 착수 시기는 안전 점수에 통계적으로 유의한 영향을 미쳤다. 이러한 계절적 요인은 시공 작업의 집중도와 더 높은 상관성이 있기에 시공 건수와 안전 점수와의 관계로 해석할 수 있다. 종합하면, 시스템에어컨 시공 작업의 안전 점수는 안전관리자의 나이(age, 0.06), 공사 금액(cost, -0.1), 공사 착수 시기(month, 0.21)에 영향을 받으며, 특히 공사 착수 시기가 가장 큰 영향을 미치는 것으로 나타났다. 이러한 시스템에어컨 설치 공사의 안전 작업 점수에 미치는 영향 요인 분석 결과는 Figure 2와 같은 경로분석 다이어그램으로 표현된다.

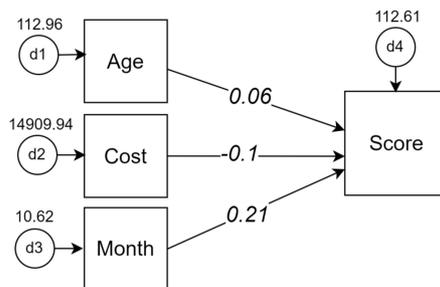


Figure 2. Path diagram

4. 결론

본 연구는 안전관리자에 따라 에어컨 작업자의 안전 점수의 차이가 발생하는 원인을 확인하고자 기존 문헌 고찰을 통해 안전 관리자가 위험을 인식하는데 영향을 미치는 요인 4가지(안전관리자의 나이, 전공, 프로젝트 규모, 프로젝트 착수 시기)를 도출하고, 국내 에어컨 현장에서 수집된 작업자 안전 점수 데이터와 영향 요인과의 통계분석을 통해 다음과 같은 결론을 도출하였다.

첫째, 안전관리자의 나이는 에어컨 작업자의 안전 점수에 유의미한 영향($p>0.001$)을 미친다. 즉, 나이가 많은 안전관리자일수록 안전 점수를 높게 배점하는 경향이 확인되었다. 이와 같은 연구 결과는 안전관리자를 현장에 배치하는데 있어 안전 관리자의 나이를 고려해야 함을 시사하며, 높은 연령대의 안전관리자의 배점 결과를 검증할 수 있는 시스템 구축 혹은 재교육 시스템의 필요성을 보여준다.

둘째, 안전관리자의 전공은 에어컨 시공 작업 안전 점수에 유의미한 영향을 미치지 않는다. 이는 안전관리자의 역량이 특정 전공 지식이 있지 않으며, 안전관리자의 교육 및 훈련에 있어 위험 인지 및 대처 방안에 더욱 집중되어야 함을 시사한다.

셋째, 프로젝트의 규모를 표현하는 프로젝트 공사 금액은 안전 점수에 유의미한 영향을 미치며, 다른 영향 요인과는 달리 음의 상관관계를 보인다. 본 연구에서 사용된 데이터는 안전 점수 결과만을 제시하고 있어 공사 금액과 안전 점수가 음의 상관관계를 발생시키는 원인을 추론하는데 한계가 있다. 그러나 대규모 프로젝트일수록 안전 점수가 낮아지는 이러한 경향은, 프로젝트 금액이 낮은 공사는 작업이 단순해 위험 발생 가능성이 높고, 프로젝트 금액이 높은 공사는 복잡하고 위험할 것이라는 관리자의 인식에 의한 것으로 예측할 수 있다.

넷째, 프로젝트 착수 시기는 안전 점수에 유의미한 영향을 미치며, 특히 작업량이 감소하는 여름철에 안전 점수가 낮아지는 경향이 확인된다. 이러한 결과는 프로젝트 규모에 따른 안전 점수와는 다른 분석 결과와 동일하게 프로젝트 규모가 작아지고, 프로젝트 발주량이 적어지는 시기에 안전 점수가 높아지는 현상을 반영한다.

이러한 분석 결과는 안전관리에 있어서 안전관리자의 연령과 공사 금액에 따른 점수 부여의 차이, 그리고 계절적 변동에 따른 작업량 폭증에 주의를 기울여야 함을 시사한다. 특히, 고령의 안전관리자가 낮은 공사 금액의 프로젝트에 배정되지 않도록 하는 것이 중요하며, 공사 금액과 관련하여 보다 상세한 안전 체크리스트의 개발이 필요하다. 또한, 에어컨 설치 산업의 업종 특성상 작업 수요가 폭발적으로 증가하는 겨울-봄철 안전 작업을 위한 가이드와 교육의 필요성을 보여준다.

그러나, 이러한 연구의 결론은 A사에서 제공된 데이터에 근거하고 있어, 전체 에어컨 설치시공 산업에 일반화하는 데는 한계가 있다. 안전관리자의 평가 점수에 기반한 분석 방식은 점수가 가지는 주관성으로 인해 결과에 영향을 미칠 수 있는 요소로 작용할 가능성이 있으며, 이는 본 연구의 한계점으로 볼 수 있다. 또한, 개별 체크리스트 항목에 대한 구체적인 데이터의 부재로 인해 각 항목별 설정된 배점이 최종 평가 점수에 미치는 영향을 분석하는 데 있어 제한이 있었다. 특히, 대규모 프로젝트에서 실제 위험이 더 많이 발생했기 때문에 점수가 낮아졌는지, 아니면 안전관리자가 더 민감하게 반응한 것인지는 확인할 수 없었다. 이러한 한계는 향후 연구에서 보완될 필요가 있으며, 보다 객관적이고 정량적인 평가 기준의 개발을 위한 추가 연구가 필요함을 시사한다.

그럼에도 불구하고, 본 연구는 국내 에어컨 설치 시공에 대한 안전관리 현황을 파악하고 개선점을 모색하는데 중요한 초기 단계의 탐색적 연구로서 가치가 있다. 본 연구는 향후 보다 체계적이고 실증적 연구를 위한 기반을 마련하며, 에어컨 설치 시공 분야의 안전관리 향상을 위한 구체적인 방안 마련에 기여할 것이라 기대한다.

요약

안전관리자는 체크리스트를 기반으로 자신의 경험, 지식, 및 프로젝트의 특성을 종합하여 작업 환경의 위험을 평가한다. 이러한 방법은 안전관리자 간의 위험 인식의 차이를 가져올 수 있다. 에어컨 시공 분야에서의 산업재해가 증가하고 있음에

도 불구하고, 대부분의 연구가 대규모 프로젝트에 집중되어 있어, 에어컨 시공 분야의 특수한 안전관리 요구 사항을 충족시키는 체크리스트 개발에 한계가 있다. 이에 본 연구는 에어컨 설치 공사에 종사하는 안전관리자들의 개인적 특성(연령, 전공)과 공사 관련 요소(공사 비용, 착수 시기)가 체크리스트에 따른 안전 점수에 미치는 영향을 분석하고자 한다. A사로부터 수집한 7,046건의 안전 점수 데이터의 분석 결과, 프로젝트의 착수 시기가 안전 점수에 가장 큰 영향을 미쳤으며(0.21), 안전 관리자의 연령 역시 제한적으로 영향을 미치는 것으로 나타났다(0.06). 그러나, 안전관리자의 전공은 점수에 영향을 주지 않았으며, 프로젝트의 공사 비용은 안전 점수와 음의 관계(-0.1)를 보였다. 이 연구는 프로젝트의 규모와 시기를 고려한 맞춤형 안전 작업 체크리스트 개발의 필요성과 다양한 연령의 안전관리자를 균형있게 배치하는 전략의 중요성을 강조한다.

키워드 : 에어컨 설치 공사, 안전관리자, 안전 점수, 영향 요인

Funding

This research was supported by Basic Science Research Program through the National Research Foundation of Korea(NRF) funded by the Ministry of Education(2022R1I1A1A01063934).

ORCID

Miyoung Uhm,  <http://orcid.org/0009-0008-0927-5867>

Jinyoung Kim,  <http://orcid.org/0009-0005-5174-4522>

Hongjo Kim,  <http://orcid.org/0000-0002-2374-3785>

References

1. Colelli FP, Wing IS, Cian ED. Air-Conditioning adoption and electricity demand highlight climate change mitigation – adaptation tradeoffs. *Scientific Reports*; 2023 Mar. 12 p. Report No.: 4413(2023).
2. Korea Power Exchange. 2019 Household appliance market survey. Naju (Korea): Korea Power Exchange; 2019 Feb. 11 p.
3. Korea Occupational Safety & Health Agency. Occupational health guidelines for refrigerant handlers. Ulsan (Korea): Korea Occupational Safety & Health Agency. 2020 Nov. 10 p.
3. Lee HC. Occupational health guidelines for refrigerant handlers (No. D-6-2021)[Internet]. Ulsan (Korea): Korea Occupational Safety & Health Agency; 2012 Jul. Available from: <https://kosha.or.kr/kosha/data/guidanceD.do>
4. Industrial safety and health act regulatory impact analysis report [Internet]. Seongnam (Korea): Ministry of Employment and Labor. 2015 Aug 31. Available from: http://kcstedu.co.kr/gb/bbs/board.php?bo_table=comm_01&wr_id=45
5. Go HJ, Hyun JH, Lee JH, Ahn JS. Development of a quantitative risk assessment model by BIM-based risk factor extraction - focusing on falling accidents. *Korean Journal of Construction Engineering Management*. 2022 Jul;23(4):15-25. <https://dx.doi.org/10.6106/KJCEM.2022.23.4.015>
6. Taylor WD, Snyder LA. The influence of risk perception on safety: a laboratory study. *Safety Science*. 2017 Jun; 95:116-24. <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2017.02.011>
7. Kim YK, Kim JD, Kim GH. A comparison of the ranking for safety motivations factors between construction engineers and construction managers. *Journal of the Korea Institute of Building Construction*. 2019 Jun;19(3):247-54. <https://doi.org/10.5345/JKIBC.2019.19.3.247>

8. Zhang Z, An SH. Improving the safety awareness of construction workers. *Journal of the Korea Institute of Building Construction*. 2014 Oct;14(5):451-7. <https://doi.org/10.5345/JKIBC.2014.14.5.451>
9. Fang W, Love PE, Luo H, Ding L. Computer vision for behaviour-based safety in construction: a review and future directions. *Advanced Engineering Informatics*. 2020 Jan;43:100980. <https://doi.org/10.1016/j.aei.2019.100980>
10. Bonem EM, Ellsworth PC, Gonzalez R. Age differences in risk: perceptions, intentions and domains. *Journal of Behavioral Decision Making*. 2015 Oct;28(4):317-30. <https://doi.org/10.1002/bdm.1848>
11. Trillo-Cabello AF, Carrillo-Castrillo JA, Rubio-Romero JC. Perception of risk in construction. exploring the factors that influence experts in occupational health and safety. *Safety Science*. 2021 Jan;133:104990. <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2020.104990>
12. Dale AM, Colvin R, Barrera M, Strickland JR, Evanoff BA. The association between subcontractor safety management programs and worker perceived safety climate in commercial construction projects. *Journal of Safety Research*. 2020 Sep;74:279-88. <https://doi.org/10.1016/j.jsr.2020.06.010>
13. Gariazzo C, Taiano L, Bonafede M, Leva A, Morabito M, De'Donato F, Marinaccio A. Association between extreme temperature exposure and occupational injuries among construction workers in Italy: an analysis of risk factors. *Environment International*. 2023 Jan;171:107677. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2022.107677>