

고속도로 구조물공사의 안전사고 특성분석

An Analysis of Accidents in the Expressway Structure Construction

허운찬*
Huh, Woon-Chan

김영애**
Kim, Young-Ai

황욱선***
Hwang, Uk-Sun

김용수****
Kim, Yong-Su

요약

최근 고속도로 건설공사는 대형화, 복잡화, 첨단화로 인한 작업환경 및 작업의 종류도 다양화 되고 있다. 공사 장비 또한 대형화와 고소작업의 증가에 따라 안전사고가 증가하고 있어 건설재해를 감소시키려는 노력이 요구된다. 그러나 구체적이고 과학적 방법을 사용한 기술적 안전관리 대처 수단이 미비하다. 사고 예방을 위해서 안전사고 유형 및 사고요인 등을 통계적인 방법으로 분석하여 각 변수들에 대한 안전관리에 적용할 수 있는 방안이 구체적으로 필요하다. 따라서 본 연구에서는 고속도로 건설공사의 12년간 안전사고에 대한 조사를 실시하여 사고발생요인들에 따라 사고유형 및 환산재해자수에 대한 특성을 분석하기 위한 목적으로 실증분석을 하였다. 연구결과 첫째, 사고요인별 사고유형과의 유의미한 차이를 검정한 결과 사고 발생 원인 및 사고발생 높이가 유의한 차이가 나타났다. 둘째, 기간별요인 중에 사고발생시간이 환산재해자수와의 유의한 차이가 나타났다. 작업여건별 요인 중에는 사고발생원인, 사고발생높이, 사고발생유형이 환산재해자수와의 유의한 차이가 나타났다. 이러한 요인들과 변수들의 특징을 분석하여 제시한 결과는 향후 안전관리 대책 수립에 중요한 의미가 있다.

키워드 : 고속도로 건설공사, 구조물공사, 안전사고, 사고요인, 특성분석

1. 서론

1.1 연구의 배경 및 목적

건설프로젝트의 대형화, 복잡화, 첨단화에 추세에 따라 노무자, 자재, 장비 등의 투입자원의 규모가 커지고 있다. 또한 작업환경 및 작업종류가 다양하고 장비의 대형화, 고소작업 비중 증가와 하도급 체계의 복잡성이 증가하고 있어 안전사고의 위험성도 커지고 있다. 이에 따른 건설재해 예방을 위하여 안전관리조직, 안전교육 등의 많은 노력을 기울이고 있으나 타 산업의 재해보다 건설재해가 높은 수준이다.¹⁾ 한국산업안전공단의 2008년 산업재해 조사보고서 사고발생현황을 살펴보면 전체재해자 95,806명중 사망자 2,422명의 사고가 발생했다. 2008년도 건설업(재해자수 20,473명, 사망자 669명) 27.62%로 제조업(재

자수 35,819명, 사망자 603명) 24.86%보다 높은 사망자 구성비를 가지며 총 취업자 대비 대형사고가 가장 많이 발생하는 것으로 나타났다. 제조업은 전년대비 사망자가 -0.5%가 감소한데 반해 건설업은 6.2%의 증가추세로 건설재해 감소방안이 요구되고 있다.

현재 고속도로 안전관리 분야에서도 합리적이고 효과적인 안전관리와 사고예방을 위한 구체적이고 통계적인 방법을 사용한 기술적 대처수단이 부족한 실정이다. 사고 예방을 위해서 안전사고에 대한 사고 유형별 사고요인을 중점적으로 관리할 필요가 있다. 따라서 사고요인 및 사고유형 등의 변수들을 통계방법으로 분석하여 변수들에 대한 안전관리 대책방안에 대한 실제적인 실무 매뉴얼이 필요하다.

본 연구에서는 고속도로 건설공사 공종별 안전사고가 가장 많이 발생하는 구조물공사를 중심으로 안전사고유형 및 환산재해

* 일반회원, 중앙대학교 건설대학원, huchan@ex.co.kr

** 일반회원, 중앙대학교 대학원 박사과정, happywomen21@hanmail.net

*** 일반회원, 한라대학교 경영학부 교수, 경영학박사, yessk41@hanmail.net

**** 중신회원, 중앙대학교 건축공학과 교수, 공학박사(교신지자), yongsu@cau.ac.kr

1) 임지영, "건설현장에서 안전재해 예방을 위한 발주자의 안전관리 역할, 건축사공학회, 2008, 제8권 5호 p.75."

자수에 따른 사고요인들에 대한 특성을 분석 하는 것이 목적이 다. 이러한 안전사고 특성분석은 현실적인 사고요인에 대하여 효율적으로 건설재해 예방에 활용하고 궁극적으로는 고속도로 건설공사의 건설재해를 감소시키는데 있다.

1.2 연구의 범위 및 방법

본 연구의 범위는 고속도로 건설공사 공중 중 안전사고 발생 이 가장 많은²⁾구조물공사로 한정한다. 1997년부터 2008년도(12 년간)까지의 안전사고 발생건수와 사고 요인별 사고유형 및 환 산재해자수의 특성분석을 하고자 SPSS 13.0을 이용하여 빈도 분석 및 기술통계분석과 교차분석, 분산분석, T-검정 등을 실시 한다. 본 연구의 흐름은 그림1과 같이 진행된다.



그림 1. 연구 흐름도

1.3 선행 연구 고찰

건설공사의 안전관리와 안전관리항목에 관한 연구들을 살펴 보면 공사관리 프로세스 실천을 통한 건설사와 현장의 자율안전 관리 시스템구축의 합리적인 절차와 방안연구 (백인희, 2007)에서 '02~'03년도의 발생한 건설재해 통계자료의 상관관계를 분석하여 실천을 통해 개선안을 제시하고자 하였다. 3년간('04~'06) 시행한 안전관리 및 공사관리 프로세스 현장평가 결과분석을 통해 개선안을 검증한 결과 본사와 현장의 자율안전관리 시

스템 구축으로 환산 재해율이 '06년 51% 감소하였음을 제시하였다. 그러나 비교분석에서 건설사의 차이점을 제시하지 못했다. 즉, 건설사의 건설규모나 발주건수, 공사기간 등의 여러 가지 환경적인 변수에 따라서 재해건수와 재해발생수가 다를 수 있을 수 있는데 비교주관사가 비교대상회사와의 기준이 없는 것이다. 검증년도에 따라서 몇 개의 건설사를 같은 프로세스와 현장평가표로 검증하여 환산재해자수가 감소하였는지 적용 검증이 나타나지 않은 한계점이 있다.

건설현장에서 안전재해예방을 위한 발주자의 안전관리 역할 연구(임지영외 2인, 2008)에서 발주자의 역할을 재정립하는 과정을 통해 건설사업의 안전관리업무는 하나의 주체가 단독으로 할 수 없다고 하였다. 발주자의 안전관리 역할에 대해 설문을 통하여 시공이전단계, 시공단계, 시공이후단계로 나누어 핵심 주체로서 설계자, 시공자와 함께 종합적인 안전관리체계를 구축하는 발주자의 역할을 제안하였다.

건설공사 안전사고예방을 위한 안전관리 체크리스트 개선과 공정관리와의 연계운영 방법 (양용철외 2인, 2004)에서 체크리스트의 세부적인 작업분류체계를 설정하였다. 부가적인 정보를 부여하고 공정표상의 작업과 연계하여 안전사고를 예방하는 것을 나타내고자 하였다. 그러나 안전관리 체크리스트 작성과 운영방법은 실제 프로젝트의 현장적용을 통한 검증평가가 이루어지지 않아 효과성에 대한 실험적 연구의 한계를 나타냈다.

건설현장 안전관리 성공요인 분석을 통한 자율안전관리 활동 개선에 관한 연구(이주성외 2인, 2008)에서는 건설현장의 안전관리 선행연구를 통해 적용상의 문제점에 대한 건설현장 안전관리 활동모델을 제시하고자 하였다. 모델개발의 항목은 사례현장의 중점관리항목 및 실천방안에 따른 위험성관리, 협의체회의 안전교육, 안전점검, 작업장 환경개선 등을 위주로 분석한 것을 각각의 안전관리 활동에 대한 모델 항목이라고 나타냈다.

구체적으로 건설현장의 2개층 이하 높이의 추락재해 감소방안을 위한 연구(박준기외 3인, 2009)에서 추락원인들을 파악하고 계층별, 규모별, 요일별로 개선방안을 제시하고자 하였다. 그 결과 추락원인으로는 실족(35%), 복합추락(26%), 사다리(22.5%), 비계(16.5%)등으로 나타났으며 개선방안으로 안전의식결여와 근로자로 하여금 낮은 높이의 경각심을 유발시킬 수 있는 방안을 마련해야 한다고 하였다. 신규 근로자들에 대해서는 안전교육과 관리, 안전장구류의 철저한 확인 등이 필요하다고 하였다. 규모별로는 소규모 현장에서 집중적으로 안전사고가 발생되었고 이는 안전관리조직이 미흡하고 안전의식수준이 발달하지 못한 것이라고 지적하였다. 또한 요일별로는 휴일에 재해 발생율이 높았다고 분석하였다. 따라서 휴일전용 안전관리

2) 본 연구에서 말하는 구조물공사는 교량의 슬라브공사, 교대공사, 교각공사 등과 그에 부대되는 공사를 말한다.

일지를 작성하고 복잡한 공정이나 대형공정을 회피하며 안전관리자의 상주 등 감독방안이 필요함을 제시하였다.

또한 Hinze(1995)는 건설현장의 안전사고에 대해 OSHA의 IMIS를 통해 부상유형별 원인을 분석해 안전사고에 부상을 예방하기 위한 개선방안을 제시하고자 하였다. 그러나 안전사고 및 부상은 시간별, 작업여건 등 여러 요인에 의해 발생되고 여러 변수가 있음에도 부상유형별 분석에만 국한되어 있어 안전사고에서 발생하는 부상을 예방하기 위한 개선방안 제시에 한계가 있음을 나타냈다.

이와 같이 일반 건설현장의 안전관리와 항목의 연구가 진행되고 있지만 사고의 특성에 대한 상관성을 통계 분석하는 연구는 미진하다고 볼 수 있다. 측정되어야 할 정성적인 변수들의 특성이 존재하므로 심도 있는 연구가 필요하기 때문이다. 특히 본 연구의 주요 관리 대상인 고속도로 건설공사의 사고 특성에 관한 연구는 미비하다. 따라서 본 연구에서는 변수들간의 상관성을 분석하기 위하여 기간별, 작업여건별로 환산재해자수와 차이, 사고요인과의 관계를 분석하여 각 변수들에 대한 안전관리의 대안을 마련할 수 있도록 요인들을 구별하고자 하는 것이다. 이러한 연구는 사고예측과 관리방안에 대한 지속적인 연구의 기초가 될 것이다.

2. 안전사고 특성분석에 관한 이론적 고찰

2.1 건설산업 재해현황

2.1.1 건설산업의 재해현황

한국산업안전공단의 산업재해발생보고서(2008)에 의하면 2002년~2008년의 산업재해자수는 2003년 기준으로 '04, '05년 사이 다소 감소추세를 보이고 있으나, 05년에서 '08년까지 재해자 수가 계속 증가하는 추세를 나타내고 있다. 한국산업안전공단의 재해자수는 사고군과 질병군으로 나누어 분류하고 있으며 안전사고로 인한 사고군의 재해자수가 90%를 차지하고 있다.

표 1. 2003년~2008년 산업재해 증감율

구분	상시근로자수(명)	재해자수(명)	전년대비 증감율%	사망자수(명)	전년대비 증감율%
2008.1~12	13,489,986	95,806	5,659 (-6.3)	2,422	16 (-0.7)
2007.1~12	12,528,879	90,147	237 (-0.3)	2,406	-47 (-1.9)
08년 '06. 12월대비		5,896명(6.56%) 증가		31명(1.30%) 감소	
07년 '05. 12월대비		4,736명(5.54%) 증가		87명(3.50%) 감소	
06년 '04. 12월대비		1,036명(1.17%) 증가		372명(14.20%) 감소	
05년 '03. 12월대비		9,513명(10.02%) 감소		430명(14.71%) 감소	
04년 '02. 12월대비		6,963명(8.50%) 증가		220명(8.40%) 증가	

주: 한국산업안전공단 산업재해 발생보고서 자료(2008)

2008년도 사고군에서는 전도(18,527), 감김/끼임(15,250), 추락(14,027), 낙하/비래(8,670), 충돌(7,279), 절단/이상온도/기압(2,284) 등의 사고 형태 순으로 발생하는 것으로 나타났다.

2008년 산업재해자수와 건설업 재해현황을 살펴보면 산업재해가 95,806명 발생하여, 전년대비 5,659명(6.3%) 증가하고 사망자는 2,422명 발생, 전년대비 16명(0.7%) 증가추세이다. 산업재해 대비 건설업을 중심으로 살펴보면 21.37%의 비율을 차지하며 '08년도는 07년 대비 재해자(7.5%), 사망자(6.2%)증가를 나타내고 있다. 산업재해 증감률을 정리하면 표1, 표2와 같다.

표 2. 2007~2008년 건설업 재해현황

구분	2008. 1 ~ 12		2007. 1 ~ 12		증 감		증감율(%)	
	재해자	사망자	재해자	사망자	재해자	사망자	재해자	사망자
건설업(명)	20,473	669	19,050	630	1,423	39	7.5	6.2

주: 한국산업안전공단 산업재해 발생보고서 자료(2008)

2.1.2 재해를 관리 개념³⁾

재해율이란 산업재해의 발생빈도와 재해강도를 나타내는 재해 통계 지표로서 사업장의 1년간 투입 근로자수에 대한 안전사고 재해자수 비율을 뜻한다.

① 재해율 산정 방법에는 다음과 같이 산정된다.

$$\text{재해율}(\%) = \frac{\text{환산재해자수}}{\text{상시근로자수}} \times 100 \dots\dots ①$$

② 환산재해를 산정방법

산정대상연도는 1월 1일부터 12월 31일 동안 당해 업체가 시공하는 국내의 건설현장에서 산업재해를 입은 근로자수의 합계로 산출한다.

$$\text{환산 재해율}(\%) = \frac{\text{환산 재해자수}}{\text{상시 근로자수}} \times 100 \dots\dots ②$$

③ 환산 재해자수는 사망자의 가중치로 부상자의 10배의 부상자를 합하며 다음과 같은 산식으로 산출하며 예외조항을 적용한다.

$$\text{환산재해자수} = \text{사망자수} \times 10 + \text{부상자수} \dots\dots ③$$

2.2 고속도로 건설공사의 안전사고 실태분석

고속도로 건설안전사고의 실태분석을 위하여 12년간('97~

3) 한국산업안전공단, 근로자 재해예방을 위한 발주자 및 감리원 안전관리 실무편람, 건설2007-24-778, 한국도로공사 실무편람

08년)의 발생한 805건의 사고로 7가지의 유형별 분류를 실시하였다. 그리고 고속도로 안전사고 유형을 공종별은 토공, 배수공, 구조물공, 포장공, 부대공, 터널공으로 실태분석을 하였으며, 기간별은 연도별, 월별, 요일별, 시간대별로 하였고, 작업여건별은 사고유형, 사고원인, 사고장소, 공정율(전체, 사고공종별)로 실태분석을 하였다.

3. 구조물 공사의 안전사고 연구모형 및 기술 통계분석

3.1 자료수집 및 분석방법

한국도로공사에 실적 신고된 자료를 이용하여 1997년부터 2008년까지의 자료를 수집하였다. 고속도로공사의 토공, 배수공, 구조물공, 포장공, 부대공, 터널공사 등의 6개 공종중에 안전사고가 가장 많은 비중을 차지한 공종은 구조물공사로 총 368건으로 가장 높게 나타났으며, 환산재해자수로도 1,182건으로 타 공종에 비해 구조물공사의 환산재해자수가 가장 높게 나타났으며, 전체 공종중 64%의 비율을 차지하였다. 이에 따라서 환산재해자수 비중이 가장 큰 구조물공사를 안전관리 특성분석 대상 공종으로 구조물공사를 선정하였다. 공종별 안전사고 환산재해자수를 정리하면 다음 표 3과 같다.

표 3. 공종별 안전사고 환산재해자수 (단위: 건수)

구분	계	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
소계	2,218	209	244	318	390	265	162	211	124	110	96	58	31
토공	188	1	40	15	27	25	31	1	23	2	12	1	10
배수공	88	3	1	19	16	4	10	8	3	13	5	4	2
구조물공	1,182	45	108	182	234	146	73	138	54	86	63	46	7
포장공	24	11	1	2	1	1	1	0	1	2	3	0	
부대공	67	2	2	33	4	2	15	1	1	1	2	4	0
터널공	291	38	24	32	53	64	14	35	13	3	5	0	10
기타 ⁴⁾	378	109	68	35	55	23	18	27	30	4	7	0	2

또한 주요 분석방법으로는 수집된 자료를 통해 사고유형에 따른 사고원인을 분석하기 위해 빈도분석, 교차분석과 카이스퀘어 검정을 실시하였다. 또한 사고발생요인에 따른 환산재해자수의 차이를 분석하기 위해 분산분석, T-검증을 실시하였다.

3.2 안전사고 연구모형

3.2.1 안전사고 구성변수 도출

고속도로 건설공사의 안전사고요인 분석을 위한 구성변수는

한국산업안전공단과 한국도로공사의 사고 발생유형에서 분류한 것이다. 한국산업안전공단에서는 산업재해의 사고를 업무상 사고군과 질병군, 기간군으로 분류한다. 사고에는 23개, 질병은 34가지로 분류되었으며, 건설업 중 고속도로 공사의 재해는 발생한 사고 9개, 질병군 등 총 10개로 분류하였다. 본 연구에서는 구조물공사의 안전사고군, 질병군(1)의 368건에 대해 사고발생 유형 10개 이외에 기간군, 작업여건군, 공사여건군 등을 추가하였다. 즉, 연도별(12), 월별(12), 계절별(4), 날씨별(31), 시간별(24), 요일별(7), 날씨별(5), 온도별(5), 발생부위별(32), 발생원인(9), 사고위치(4), 사고유형(11), 총공사금액, 상시근로자수, 낙찰률, 사고공정율 등 측정요인을 도출하였다.

3.2.2 연구모형

이와 같은 구성변수 도출에 의하여 안전사고 요인으로 작업여건 I, 작업여건 II, 기간별, 공사여건별로 구분하였다. 또한 안전관리요인으로는 사고의 결과로서 사고유형과 환산재해자수로 구분하였다. 작업여건 I(사고원인별, 높이별, 부위별, 날씨별, 온도별)의 사고요인과 사고유형의 관리요인간에 유의한 차이가 있는지를 분석한다. 또한 기간별, 작업여건별, 공사여건별의 사고요인과 환산재해자수의 관리요인간에 유의한 차이가 있는지 분석한다. 안전사고요인과 안전관리요인의 연구모형을 정리하면 다음 그림 2와 같다.

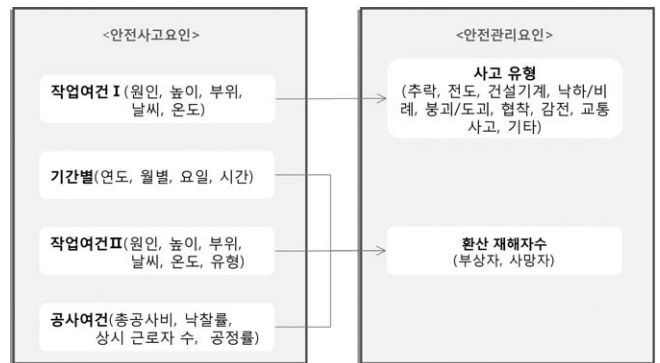


그림 2. 연구모형

3.3 측정변수의 기술 통계분석

1997년~2008년까지 12년간 고속도로 건설공사에서 연도별 사고발생현황, 월별별 사고발생현황, 계절별 사고발생현황, 사고발생 날씨별, 사고발생 온도별, 사고발생 날씨별, 사고발생 시간별, 사고발생 요일별로 분류 하였으며, 이를 통해 고속도로 건설공사의 안전사고에 대한 기술통계분석을 실시하였다.

4) 부지기반공사(벌목 등 기계작업), 골재운반, 수전설비공사, 자재 등 운반, 도장 공사, 작업장내 교통사고 등

4. 고속도로 구조물공사의 안전사고 특성분석

4.1 사고유형에 따른 안전사고 특성분석

구조물공사의 사고발생부위는 32곳에서 안전사고가 발생하였으며, 이러한 사고 발생부위는 구조물공사의 주요 공정으로 슬라브 14.7%, 코핑 9%, 빔 7.1%, 기둥 6.8%, 가시설 6.5%, 기초 6% 등의 순서로 발생빈도가 높게 나타났다. 그러므로 발생빈도의 크기에 따라서 구조물공사의 사고 다발지역인 슬라브, 코핑, 빔, 기둥, 가시설, 기초, 벽체, 교량, 옹벽 등에 따라 안전관리 대상 부위로 사고 발생부위별 안전관리대책을 세워야 할 필요성이 있는 것으로 판단된다. 사고발생의 원인은 9가지로 분류되었으며, 작업자 부주의가 44.3%로 가장 높은 사고원인 비율을 나타냈으며, 작업방법 불량 26.6%, 안전장구 불량 14.1%, 안전시설 불량 7.1%, 기계결함 3.5% 등의 높은 비율 순서로 나타났다.

사고발생 원인별 안전관리대책 수립을 위해서 작업자 부주의, 신체적 결함 등의 변수는 환경적, 신체적, 정신적인 원인 등에 대한 근로자들의 직접조사를 통해 더욱 세분화된 변수들을 측정하여야 할 것이다

또한 사고발생유형을 10가지로 분류 되었으며 추락이 48.4%로 가장 높은 비율을 나타냈고 협착 15.8%, 낙하/비레와 전도가 각각 7.9%, 건설기계 3.5% 등의 비율 순서로 나타났다. 이러한 사고 발생유형 또한 사고 발생원인과의 변수를 근로자의 설문문을 통해 심리적, 환경적, 물리적인 변수를 측정함으로써 정량적 통계분석으로 안전관리 방안에 세밀하게 대처해야 할 것으로 판단한다.

사고발생 높이별로 분류한 결과는 평지(0m)에서의 사고가 47.6%로 가장 높은 비율을 나타냈고 높이 5-10m 33.7%, 높이 1-5m 16.3%, 10m 이상이 2.4% 등의 비율순서로 나타났다. 따라서 사고발생 위치는 발생건수대비 사망자수와 부상자수가 확연히 다른 데에 따른 사고의 유형과의 관계에서 사고발생 원인들이 세분화하여 안전관리방안이 마련되어야 할 변수들로 판단된다. 구조물공사의 작업여건에 따른 기술통계분석의 내용을 정리하면 다음 표4와 같다.

표 4. 작업여건에 따른 기술통계분석

구분	내용
사고발생 부위(32)	슬라브 54건(14.7%) > 코핑 33건(9%) > 빔 26건(7.1%) > 기둥 25건(6.8%) > 가시설 24건(6.5%) > 기초 22건(6%) 순으로 발생
사고발생 원인(9)	작업자부주의 163건(44.3%) > 작업방법불량 98건(26.6%) > 안전장구불량 52건(14.1%) > 기계결함 13건(3.5%) 순으로 발생
사고발생 유형(10)	추락 178건(48.4%) > 협착 58건(15.8%) > 낙하/비레 29건(7.9%) 전도 29건(7.9%) > 건설기계 13건(3.5%) 순으로 발생
사고발생 높이(5)	평지 0m 175건(47.6%) > 높이 5-10m 124건(33.7%) > 높이 1-5m 60건(16.3%) > 높이 10m 이상 9건(2.4%) 순으로 발생

4.2 사고발생요인별 사고유형분석

사고발생요인별은 사고발생원인, 사고날씨, 사고기온, 사고높이, 사고발생부위로써 사고유형과 통계적으로 유의미한 차이가 있는지에 대한 연구가설을 분석하기 위해 표5와 같이 교차분석 및 카이스퀘어검정을 실시하였다. 사고발생 원인과 사고높이는 사고유형과 99% 신뢰수준에서 통계적인 유의한 차이가 나타났으며, 사고날씨, 사고온도, 사고발생부위는 사고유형과 95% 신뢰수준에서 통계적인 차이가 나타나지 않아 사고날씨, 사고온도, 사고발생부위와 사고유형에는 유의한 차이가 없는 것으로 나타났다.

표 5. 사고발생요인별 사고유형 연구가설

연구 가설	X^2	p-value	채택 여부
1) 사고발생원인에 따른 사고발생 유형은 유의한 차이가 있을 것이다.	465.03	(0.000)**	채택
2) 사고날씨에 따른 사고 유형에는 유의한 차이가 있을 것이다.	50.713	0.258	기각
3) 사고온도에 따른 사고유형에는 유의한 차이가 있을 것이다.	25.89	0.893	기각
4) 사고높이에 따른 사고유형에는 유의한 차이가 있을 것이다.	315.03	(0.000)**	채택
5) 사고발생 부위와 사고유형에는 유의한 차이가 있을 것이다.	274.71	0.561	기각

4.3 사고발생요인에 따른 환산재해자수 차이분석

4.3.1 기간별 요인에 따른 환산재해자수의 차이분석

사고발생 기간별 특성분석 요인으로는 사고발생 연도별, 월별, 온도별, 날씨별, 요일별, 시간별로 환산재해자수와 유의한 차이가 있는지 대한 연구가설을 분석하기 위해 표7과 같이 분산분석을 실시하였다.

기간별 요인에 환산재해자수와의 차이분석을 실시한 결과 사고발생시간과 환산재해자수의 차이는 95% 신뢰수준에서 통계

표 6. 기간별 요인에 따른 환산재해자수 연구가설

연구 가설	F값	p-value	채택 여부
1) 사고발생 연도별과 환산재해자수는 유의한 차이가 있을 것이다.	1.422	0.161	기각
2) 사고발생 월별과 환산재해자수는 유의한 차이가 있을 것이다.	1.743	0.063	기각
3) 사고발생 온도별과 환산재해자수는 유의한 차이가 있을 것이다.	1.538	0.708	기각
4) 사고발생 날씨별과 환산재해자수는 유의한 차이가 있을 것이다.	2.124	0.062	기각
5) 사고발생 요일별과 환산재해자수는 유의한 차이가 있을 것이다.	1.972	0.069	기각
6) 사고발생 시간과 환산재해자수는 유의한 차이가 있을 것이다.	1.778	0.036*	채택

적인 유의한 차이가 나타났으며, 연도별, 날씨별, 온도별, 요일별과 환산재해자수와와의 차이는 95% 신뢰수준에서 통계적인 차이가 나타나지 않아 연도, 온도, 시간, 월, 날씨, 요일과 환산재해자수 차이가 없는 것으로 나타났으며, 기간별 요인에 따른 환산재해자수의 연구가설의내용을 정리하면 다음 표6과 같다.

4.3.2 작업여건별 요인에 따른 환산재해자수의 차이분석

사고발생 작업여건별 특성분석 요인으로는 사고발생 원인, 사고발생 위치별, 사고발생 유형별, 사고발생 부위별로 환산재해자수와 유의한 차이가 있는지 대한 연구가설을 분석하기 위해 표7과 같이 분산분석을 실시하였다. 사고발생원인, 사고발생위치, 사고발생유형과 환산재해자수와와의 차이분석을 실시한 결과 사고발생 원인, 위치, 시간, 유형과 환산재해자수의 차이는 95% 신뢰수준에서 통계적인 유의한 차이가 나타났으며, 사고발생부위와 환산재해자수와와의 차이는 95% 신뢰수준에서 통계적인 차이가 나타나지 않았다. 작업여건별 요인에 따른 환산재해자수의 연구가설의 내용을 정리하면 다음 표7과 같다.

표 7. 작업여건별 요인에 따른 환산재해자수 연구가설

연구 가 설	F값	p-value	채택여부
1) 사고발생 원인과 환산재해자수는 유의한 차이가 있을 것이다.	3.032	(0.003)**	채택
2) 사고발생 위치별과 환산재해자수는 유의한 차이가 있을 것이다	26.96	(0.000)**	채택
3) 사고발생 유형별과 환산재해자수는 유의한 차이가 있을 것이다.	3.818	(0.000)**	채택
4) 사고발생 부위별과 환산재해자수는 유의한 차이가 있을 것이다.	1.158	(0.262)	기각

4.3.3 공사여건에 따른 환산재해자수 차이분석

사고발생 공사여건에 따른 특성분석 요인으로는 총공사비, 낙찰률, 상시근로자수, 사고공정률에 대해 환산재해자수와 유의한 차이가 있는지 대한 연구가설을 분석하기 위해 표8과 같이 T-검정을 실시하였다. 공사여건에 따른 요인과 환산재해자수와와의 차이분석을 실시한 결과 총공사비, 낙찰률, 상시근로자수, 사고공정률과 환산재해자수와와의 차이는 95% 신뢰수준에서 통계적인 차이가 나타나지 않아 총공사비, 낙찰률, 상시근로자수, 사고공

표 8. 공사여건에 따른 환산재해자수 연구가설

연구 가 설	t값	p	채택여부
1) 총공사비와 환산재해자수는 유의한 차이가 있을 것이다.	-0.366	0.715	기각
2) 낙찰률과 환산재해자수는 유의한 차이가 있을 것이다.	-1.812	0.072	기각
3) 상시근로자수와 환산재해자수는 유의적인 차이가 있을 것이다.	-0.172	0.864	기각
4) 사고공정률과 환산재해자수와 유의한 차이가 있을 것이다.	-0.347	0.729	기각

종률과 환산재해자수 차이가 없는 것으로 나타났다. 공사여건에 따른 환산재해자수의 t값, p를 정리하면 다음 표8과 같다.

6. 결론

고속도로 건설현장에 안전관리는 현장위주의 안전관리로 예방적 안전관리가 부각되고 있다. 그러나 사고예방을 위하여 합리적이고 효과적인 안전사고 예방을 위한 노력을 하고 있으나 구체적이고 통계적인 방법을 사용한 기술적 대처 수단이 부족하다.

따라서 본 연구에서 고속도로 건설공사 안전사고 유형 및 환산재해자수에 따른 사고요인들에 대해 통계적인 방법으로 구조물 공사의 안전사고에 대한 특성을 분석하였다. 1999년~2008년(12년간)까지의 전체공정 중 사고율이 64%인 구조물공사 안전사고의 자료를 토대로 SPSS 13을 사용하여 교차분석 및 분산분석, t-검정을 실시하여 안전사고 요인들과 안전사고유형, 환산재해자수와 유의한 차이성을 검정하였다. 고속도로 구조물공사에 대해 실증분석을 한 결과를 구체적으로 살펴보면 다음과 같다.

첫째, 사고요인 각각 사고유형과의 유의미한 차이를 검정한 결과 사고발생 원인 및 사고발생 높이가 유의한 차이가 나타났다. 즉, 사고발생 원인별 변수와 사고발생 높이별 변수는 사고발생 유형변수와 상관성이 있다는 것을 의미하는 것으로 사고발생 원인별 변수로 사고발생유형의 변수를 관리할 수 있는 안전관리 대안이 마련되어 질 수 있을 것이다.

둘째, 기간별요인 중에 사고발생 시간이 환산재해자수와와의 유의한 차이가 나타났다. 사고발생 시간대 변수와 안전사고 환산재해자수의 크기에 따라 사고원인, 사고부위, 사고유형 등을 분석하여 함께 적용하면 안전관리대책의 효율적인 방안으로 기여하게 될 것이다.

셋째, 작업여건별 요인 중에는 사고발생원인, 사고발생높이, 사고발생유형이 환산재해자수와와의 유의한 차이가 나타났다. 작업여건별 요인은 안전관리 대책방안에 매우 중요한 변수들로 사고요인의 관리 대상으로 판단한다. 공사의 규모, 공정률, 상시근로자수 등의 공사여건별 요인은 환산재해자수와 유의한 차이성이 없는 것으로 분석되었다.

이러한 유의성이 있는 요인들은 안전관리 대책의 필수적으로 사용되어야 하는 중요한 변수들이다.

본 연구에서 고속도로 건설공사의 사고요인들로서 안전사고 유형과 환산재해자수와와의 특성을 통계적 방법으로 분석한 것은 처음 시도된 연구로서 의의가 있다. 요인들 간의 변수별 특징을 건설현장 안전사고예방에 접목시켜 안전의 요소4M(Man, Machine, Media, Management)관리와 사고방지대책

3E(Engineering, Education, Enforcement) 등 안전관리 전반에 활용할 수 있을 것으로 기대된다.

이와 같은 연구는 구조물공사로 제한되어 실증분석 한 것이다. 이에 따라서 향후 연구로 나머지 5개 공사의 안전사고를 분석하여 구조물공사의 분석결과와 함께 고속도로 건설공사의 안전사고 관리방안에 대한 일반화 가능성을 실증분석을 하고자 한다. 또한 이와 같은 특성분석의 결과물을 중심으로 현장의 직접적인 실무 적용을 위한 설문조사 또는 자료의 분석을 통해 안전사고 예측에 대한 의사결정 즉, 안전관리 대책방안에 적용하고자 한다. 마지막으로 건설공사의 안전관리 시스템 모듈구축을 IT와 연계하는 연구를 하고자 한다.

감사의 글

이 논문은 2009년도 중앙대학교 학술연구비 지원에 의한 것임.

참고문헌

- 백인희(2007), “건설관리프로세스를 기반으로 한 건설회사 본사와 현장의 자율 안전관리 시스템 구축”, “대한건축학회논문집, 구조계”, 제23권, 12호.
- 임지영(2008), “건설현장에서 안전재해 예방을 위한 발주자의 안전관리 역할”, “한국시공학회 논문집”, 8권, 제5호.
- 양용철(2004), “건설공사 안전사고 예방을 위한 안전관리 체크리스트 개선과 공정관리와의 연계운영방법”, “한국건설관리학회논문집”, 제5권, 제2호.
- 박준기(2008), “건설현장의 추락재해 감소방안을 위한 연구”, 한국건설관리학회 학술대회.
- 이주성(2008), “건설현장 안전관리 성공요인 분석을 통한 자율 안전관리활동 개선에 관한연구”, “한국시공학회 논문집”, 제8권, 5호.
- 노동부·한국산업안전공단, “근로자 예방을 위한 발주자 및 감리원 안전관리 실무편람”, 건설 2007-24-77.
- 한국도로공사 실무편람, 2008.
- J. Hinze(2005), D. Bren, N. Piepho, “Experience modification rating as measure of safety performance.” J.Constr. Eng. Manage. 121(4), 1995.

논문제출일: 2009.10.05

논문심사일: 2009.10.09

심사완료일: 2010.03.10

Abstract

The expressway construction work is being recently diversified even the working environments and the working kinds due to getting large scale, complexity, and high technology. The accidents are increasing according to large scale even in construction equipment and to a rise in high-ground work, thereby being required an effort of reducing accidents. However, it is insufficient in a means of coping with the technically safety management of using specific and scientific method. In order to prevent accident, a specific plan is needed that can apply each in variables to safety management by analyzing the accident types and accident factors with statistical method. Accordingly, this study carried out investigate on accidents for 12 years in the expressway construction work, and aimed to analyze characteristics on the accident type and conversion disaster-victim number according to factors with occurrence of accidents. Thus, the empirical analysis was performed. As a result of research, first, as a result of verifying significant difference with accident type by accident factor, the significant difference was shown between a cause for occurrence of accident and height with occurrence of accident. Second, among factors by period, the time with occurrence of accident was indicated to have significant difference from conversion disaster-victim number. Among factors by work condition, the cause for occurrence of accident, the height with occurrence of accident, and the type with occurrence of accident were indicated to have significant difference from conversion disaster-victim number. What suggested by analyzing characteristics in these factors and variables has important significance as a countermeasure for safety management

Keywords : *Expressway construction work, Structure, Disaster, Accident factor, Characteristic analysis*
