

플랜트 건설공사의 안전관리 정보시스템 개발

박종근*

*벽성대학 건설계열

Safety Management Information System in Plants Construction Work

Jong-Keun Park*

*Dept. of civil Engineering

Abstract

There are insufficient models that find problems and solutions for accident prevention through risk assessment and suggest safe work process and work instruction from foundation works to finish work for accident decrease. This paper presents a quantitative risk assessment model by analysis of risk factors in each process such as appurtenant works, temporary works, structural works, equipment work, finishing work and etc based on accident examples and investigation on actual condition in plants construction work. In addition, the safety management system was developed to perform risk assessment of plants construction and use it for effective safety training for labor.

Keywords : Plants construction work, Risk assesment, Safety management information system, Safety management

1. 서론

플랜트 건설공사에서 효과적인 재해방지 활동을 위해서는 건설공사에서 발생할 수 있는 공정별로 위험요인을 도출하고, 그에 따른 개선대책을 제시하는 것이 중요하다. 그러나 플랜트 건설공사 현장에서 위험성 평가 및 관리 기법이 서면에 의한 형식적인 정성적 평가에 그치고, 체계적이고 과학적인 관리가 이루어지고 있지 않다[1].

건설공사 위험성평가를 수행할 수 있는 건설안전정보관리시스템 관련 선행 연구를 분석한 결과 Table 1과 같다. 국내 기존 연구를 분석한 결과 국내에서는 프로젝트 관리 시스템과 위험성평가 방법론을 적용한 위험성평가 모델을 제시하였으나, 전산 시스템 개발로 이

어지는 연구가 미흡하였다. 또한, 국외에서는 검증받은 위험성평가 모델을 토대로 전산 시스템을 개발하였으나, 다수 현장의 위험성평가 결과를 관리하거나 사용자 현장에 맞는 작업 및 변수 선정이 불가능하여 제시 모델을 벗어난 다양한 현장에 적용하기에는 많은 문제점을 내포하고 있다.

따라서, 본 논문에서는 건설공사 다수 공종 중 플랜트 건설공사의 사고 사례 및 실태 조사·분석 결과를 토대로 부대조성공사·가설공사·구조물공사·설비공사·마감공사·기타공사의 단계별 사전 위험성 요인을 도출하여 정량적 위험성 평가를 수행할 수 있고, 안전교육을 효율적으로 수행할 수 있는 웹기반의 안전관리정보시스템을 개발하고자 한다.

† 교신저자: 박종근, 전라북도 김제시 공덕면 공덕리 51-25번지 건설계열

M·P: 017-656-3223, E-mail: jkpark@bs.ac.kr

2012년 10월 15일 접수; 2012년 12월 6일 수정본 접수; 2012년 12월 7일 게재확정

<Table 1> Previous studies on preliminary risk assessment for each type of construction work

국외 문헌 연구		
연구자	Osama Ahmed Jannadi, Salman Almishari(2003)	R.Navon, M.ASCE, O.Kolton(2006)
연구 및 개발 내용	<ul style="list-style-type: none"> · 건설공사 위험성평가 모델(Risk Assessor Model, RAM) 및 전산시스템 개발 · Pre-analysis, Area identification, Analysis, Justification의 4가지 메뉴로 구성 · 위험노출(Exposure)과 발생확률을 조합하여 건설공사별 위험도 산정(Activity Risk Score) 모델 제시 	<ul style="list-style-type: none"> · 공사 일정별 예상되는 위험성 및 그에 따른 예방 활동(방호 조치) 정의 · 방호조치 및 경고 내용 보고서 출력 · 빌딩 공사 활동별 위험 정의, 관련 법규 DB화
개선 사항	<ul style="list-style-type: none"> · Stand-alone 방식으로 복수 현장의 위험성 평가 통합 관리 불가능 · 건설공종 및 활동 수정이 불가능하여 특정 공종에만 활용할 수 있음 	<ul style="list-style-type: none"> · 정성적 평가만을 수행할 수 있고 정량적 위험성 평가 불가능
국내 문헌 연구		
연구자	한갑규(2008)	백인희(2007)
연구 및 개발 내용	<ul style="list-style-type: none"> · 온라인 위험성 평가 모델 제시 · 3단계 위험성 평가 방법(현장에서 위험공종 및 위험요인 선정->담당부서 위험성 평가 수행후 결과 전송->안전대책 수립 및 교육 실시) · 기존 프로젝트관리시스템과 위험성평가 방법론 통합 모델 제시 	<ul style="list-style-type: none"> · 본사와 건설 현장의 자율안전관리 상관 관계 분석 · 공사관리 프로세스와 안전관리 사례를 토대로 현장 안전성평가표 개발
개선 사항	<ul style="list-style-type: none"> · 모델 제시만 하였을 뿐 실제 전산시스템 개발을 하지 못했음 	<ul style="list-style-type: none"> · 모델 제시만 하였을 뿐 실제 전산시스템 개발을 하지 못했음

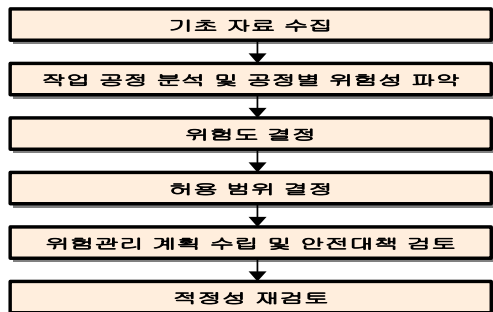
2. 플랜트 건설공사 위험성평가 모델

2.1 플랜트 건설공사 위험성평가 절차

플랜트 건설공사 개시 전에 사업주 및 안전 전문가가 시공 중에 발생할 수 있는 위험성을 사전 평가할 수 있는 기본 절차는 Fig. 1과 같다[2].

2.1.1 기초 자료 수집

플랜트 건설공사의 위험성평가에 필요한 기초 자료를 수집하고 정리한다.



<Figure 1> Risk assessment procedure

2.1.2 작업공정 분류 및 위험성 파악

공사현장 내 설비·작업자·절차 등을 포함하는 작업 항목을 준비하고 관련 정보를 수집하여 각 작업 행위에 관련된 모든 주요 위험요소를 파악한다.

2.1.3 위험도 결정

본 논문에서는 정량적인 위험성평가를 위해서 사고 발생 요인에 대한 위험확률지수와 위험강도지수를 산출하여 위험도 및 위험등급을 부여하는 방법론을 적용하였다. 또한 위험확률등급 및 위험등급 기준은 선행연구자가 산업재해 통계로 도출한 연구결과를 적용하였으며, 상세 내용은 Table 2와 같다[3].

2.1.4 허용 가능한 위험성

계획 또는 시행되고 있는 예방대책이 관리될 수 있는 위험성과 법적 요건을 충족시킬 수 있는지의 여부에 따라 허용 가능한 위험성을 결정하여야 한다.

2.1.5 위험관리 계획 수립 및 안전대책 검토

위험성 평가에 따른 이행 계획을 준비하기 위한 것으로 신규 및 현재의 안전관리가 적절하고, 효과적으로

시행될 수 있도록 하여야 한다. 또한, 모든 공정을 평가하여 위험성에 따른 안전대책을 검토하고, 시공 계획 단계에서 최대한 고려하여야 한다.

2.1.6 조치계획의 적절성 재검토

위험성을 재평가하고 그 위험의 허용정도를 점검하여야 한다.

2.2 공정별 위험 분석

본 논문에서는 각 공정별 위험요인에 따른 위험확률과 위험강도를 산출하여 정량적 위험성 평가를 수행할 수 있는 방법을 제시하고자 한다. 또한, 정량적 위험성 평가를 통하여 산출된 위험지수로 각 공정별 중대 위험요인을 추출할 수 있고, 그에 따른 위험 감소 방안을 강구하여 플랜트 건설공사의 위험성을 감소시킬 수 있을 것으로 사료된다.

플랜트 건설공사의 공사별 작업분류는 현장에 따라 다소 차이가 있으나, 본 논문에서 분류한 공정별 작업분류는 <Table 3>과 같고, 위험성 평가표 및 설문 평가표의 예는 <Table 4>와 같다.

본 논문에서는 설문 오류 최소화 및 회수율을 극대화하기 위하여 D사 안전관리자 및 관리감독자 집체 교육 시 인터뷰를 통하여 조사하였으며, 면접자는 30명을 대상으로 설문을 실시하였다.

3. 안전관리정보시스템 구축

본 장에서는 플랜트 건설공사의 위험성평가 모델을 토대로 현장에서 보다 신속하고 용이하게 위험성 평가를 수행할 수 있도록 안전관리정보시스템에 대하여 설명하고자 한다. 안전관리정보시스템은 현장의 위험성 평가를 수행할 수 있는 기능 이외에 재해사례·표준안전작업지침·안전용어·산업안전보건법의 데이터를 관리할 수 있어 작업자의 안전교육에도 활용할 수 있다. 본 논문의 안전관리정보시스템 개발 툴은 Microsoft Visual Studio .NET과 Microsoft Access 2000의 DBMS(Data Base Management System)으로 개발되었다.

3.1 안전관리정보시스템 레이아웃

안전관리정보시스템의 레이아웃은 <Fig. 2>와 같고, <Fig. 3>과 같이 메인화면, 위험성평가(위험성평가 관리·위험성평가 일반), 재해사례, 표준안전작업지침, 안전용어, 안전관련법규, 사용자관리, 게시물관리, 기타메뉴의 9개 메뉴로 구성되어있다. 로그인 아이디를 통하여 관리자 및 일반사용자를 구분하고, 위험성평가관리와 사용자관리 메뉴는 관리자만이 접속할 수 있다.

3.2 위험성평가

위험성평가 메뉴는 현장별 위험성평가를 수행할 수 있는 메뉴로서, 관리자 메뉴인 위험성평가 관리와 사용자 메뉴인 위험성 평가 일반으로 구성되어 있다.

<Table 2> Grade of risk

사고위험 확률등급	사고위험확률구분	사고위험 확률지수	사고위험 강도등급	사고위험강도구분	사고위험 강도지수
A	사고발생 가능성이 대단히 높음 재해의 30 %이상 점유	4	A	재해발생강도가 대단히 높음	4
B	사고발생 가능성이 비교적 높음 재해의 10~20 %미만 점유	3	B	재해발생강도가 비교적 높음	3
C	사고발생 가능성이 보통 수준 재해의 5~10 %미만 점유	2	C	재해발생강도 보통수준	2
D	사고발생 가능성이 낮은 수준 재해의 5 %미만 점유	1	D	재해발생강도가 낮은 수준	1

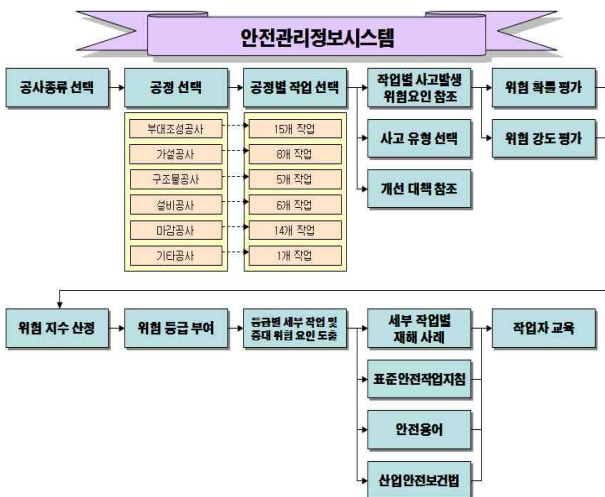
위험강도 위험확률	D	C	B	A	위험 등급	위험 지수	위험강도
D	1	2	3	4	I	10이상	중대위험
C	2	4	6	8	II	8~9	보통위험
B	3	6	9	12	III	4~7	수용 가능한 위험
A	4	8	12	16	IV	1~3	무시

<Table 3> Work classification by construction work

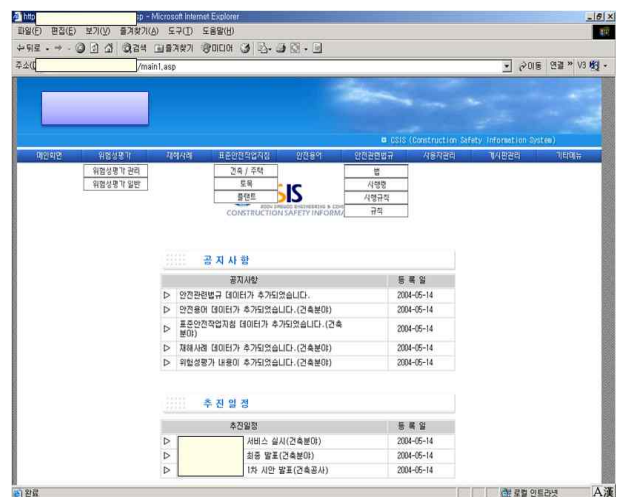
공사종류	작업내용(사고발생 위험 요인 수)
1. 부대조성 공사	① 파일하차 작업(2), ② 파일운반 작업(4), ③ 파일항타 작업(7), ④ 파일두부 정리 작업(4), ⑤ 굴착 작업(11), ⑥ 토사운반 작업(3), ⑦ 기초콘크리트 타설 작업(4), ⑧ 토사운반 작업(3), ⑨ 기초콘크리트 타설 작업(1), ⑩ 양수 작업(2), ⑪ 흙막이 철골부재 하차 작업(2), ⑫ 흙막이 작업(3), ⑬ 발파 작업(5), ⑭ 지하배관 작업(5), ⑮ 기타 작업(1)
2. 가설공사	① 외부비계 설치 작업(3), ② 외부비계 해체 작업(2), ③ 외부낙하물 방지망 설치 작업 (2), ④ 외부낙하물 방지망 해체 작업(9), ⑤타워크레인 설치 작업 및 해체 작업(6), ⑥ 건설용 리프트 설치 및 해체 작업(3), ⑦ 포장 작업(3), ⑧ 기타 작업(5)
3. 구조물 공사	① 거푸집 조립 및 해체 작업(21), ② 철근 작업(9), ③ 콘크리트 타설 작업(11), ④ 철골 공사(20), ⑤ 기타 작업(6)
4. 설비공사	① 계장 작업(8), ② 배관 및 덕트 작업(15), ③ 전기 작업(13), ④ 기계 설치 작업(3), ⑤ 탱크 설치 작업(13), ⑥ 기타 작업(4)
5. 마감공사	① 미장 작업(6), ② 방수 작업(5), ③ 타일 작업(4), ④ 도장 작업(12), ⑤ 조적 작업(2), ⑥ 수장 작업(3), ⑦ 도배 작업(2), ⑧ 금속 작업(3), ⑨ 창호 작업(4), ⑩ 관넬/취부 작업(9), ⑪ 지붕/흡통 작업(7), ⑫ 유리 작업(2), ⑬ 건축 작업(6), ⑭ 기타 작업(7)
6. 기타공사	① 운반/인양/하역 작업(6)

<Table 4> Example of risk assessment table

작업 공정	사고발생위험요인	사고 유형	개선대책	위험확률				위험강도				위험 지수	
				A	B	C	D	A	B	C	D		
가. 파일 하차 작업	1.트럭 및 트레일러에서 파일이 굴러 내림	협착	-안전 작업 계획 수립 -계획에 따른 작업 실시 -뺨기 등을 사용 -작업지휘자의 지시에 따라 작업 실시 -신호수 배치										
	2.지게차에서 파일 굴러 내림	협착	-안전 작업 계획 수립 -안전통로 확보 -작업지휘자의 지시에 따라 작업 실시 -연약지반 깔판, 깔목 사용 전도 등의 방지 조치 -편 하중이 생기지 아니하도록 적재										



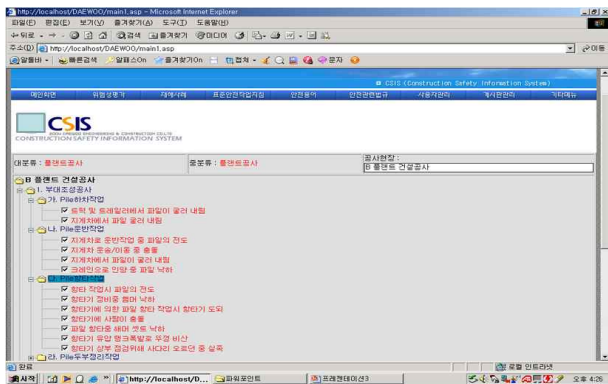
<Figure 2> The layout of construction safety management information system



<Figure 3> The main screen of construction safety management information system

3.2.1 위험성평가 관리

위험성평가 관리는 건설 현장에서 위험성평가를 수행할 수 있도록 Fig 4와 같이 공사종류를 대분류·중분류·소분류(플랜트공사의 부대조성공사·가설공사·구조물공사·설비공사·마감공사·기타공사)로 분류하고, 공사 종류별 세부작업과 그 작업에 해당하는 사고 발생위험요인·사고유형·개선대책·위험확률·위험강도·위험지수를 설정할 수 있다. 플랜트 건설현장에서 일반 사용자가 위험성평가를 수행하기 위해서는 관리자가 위험성평가관리 메뉴를 이용하여 대분류·중분류·소분류·세부작업리스트·안전용어&법규리스트를 미리 설정하여야 한다. 또한, 안전용어&법규리스트에 세부작업에 관련하는 재해사례·표준안전작업지침·안전용어·안전관련법규 내용을 첨부하면, 위험성평가 일반 메뉴에서 첨부한 파일을 일반 사용자가 검토함으로써 사용자의 이해에 도움을 줄 수 있고, 안전교육 자료로도 용이하게 활용할 수 있는 기능을 제공하고 있다.



<Figure 4> A general menu for risk assessment

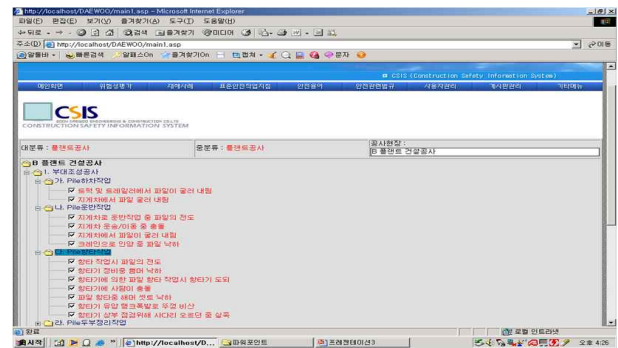
3.2.2 위험성평가 일반

위험성평가 일반 메뉴는 <Fig. 5>와 같이 위험성평가 관리 메뉴에서 관리자가 대분류/중분류/소분류/세부작업 항목을 설정한 데이터를 사용자 현장에 적합한 데이터만을 설정하고 위험성 평가를 수행할 수 있는 기능을 제공하고 있다.

위험성평가를 수행하는 방법은 <Fig. 6>과 같이 사용자의 현장을 입력하고, 현장에 관련하는 대분류/중분류/소분류/세부작업 항목을 선택한다. 세부 작업별 위험확률 및 위험강도를 선택하면 세부 작업별 위험지수를 산출할 수 있다.

사용자 현장의 모든 세부 작업별 위험확률 및 위험강도를 설정한 후, 어떠한 작업이 더 위험한지를 검색할 수 있는 기능을 이용함으로써 사용자 현장에서 위험이 높은 작업과 낮은 작업을 분류할 수 있다. 또한, 위험이 높은 작업을 수행하기 전에는 해당 작업자에게

관련 사항을 주지시킴으로써 사고 발생을 미연에 방지할 수 있는 기능을 제공하고 있다.



<Figure 5> A general menu for risk assessment

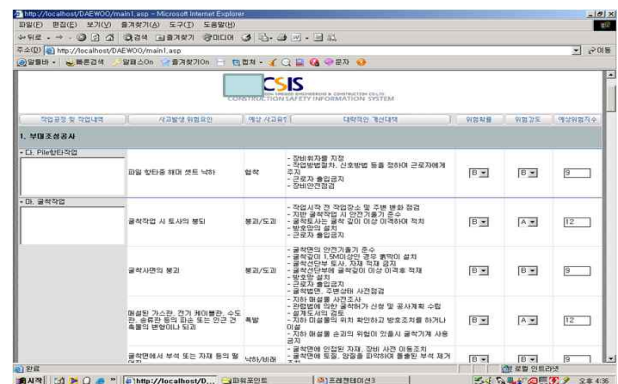


<Figure 6> Risk index calculation by specific work

3.2.3 위험성평가 검색 결과

안전관리정보시스템에서는 위험지수를 통하여 중대 위험/보통위험/수용가능한위험/무시의 4등급에 속하는 세부작업을 검색할 수 있고, <Fig. 7>은 위험지수가 9 이상인 중대위험에 속하는 위험지수 9~16에 해당하는 작업을 검색한 결과이다.

또한 안전관리정보시스템을 국내 D사의 30개 현장의 설문 조사 결과를 입력한 결과는 <Table 5>와 같은 작업이 중대 위험으로 도출되었다.



<Figure 7> Search results of critical risk

3.3 안전정보 검색 기능

재해사례는 공종별 과거 사망재해를 중심으로 재해 개요·재해상황도·재해발생상황·재해원인 및 대책을 검토할 수 있는 기능을 제공하고 있다.

표준안전작업지침 메뉴는 플랜트 건설공사의 공종별 공정흐름도·구성부위별 검토사항·주요 정기/점검항목·주요 재해 발생 항목 등을 검토할 수 있는 기능을

제공하고 있다.

또한, 안전관리정보시스템에는 안전용어와 산업안전보건법의 법·시행령·시행규칙·규칙의 데이터베이스를 제공함으로써 사용자가 이해하기 어려운 용어의 해설을 제공하고, 사용자가 검토하고자 하는 산업안전보건법관련 내용을 용이하게 검색함으로써 업무의 효율성 및 안전성 향상의 기초 자료로 활용할 수 있다.

<Table 5> Critical risk elements by specific work

공사 종류	세부작업	중대 위험 요인
부대 조성 공사	파일항타작업	파일 항타 중 해머셋트 낙하
	굴착작업	굴착작업 시 토사의 붕괴, 굴착사면의 붕괴, 매설된 가스관, 전기케이블관, 수도관 송류관 등의 파손 또는 인근 건축물의 변형이나 도괴, 굴착 면에서 부석 또는 자재 등의 떨어짐, 굴착장비의 이동으로 접촉
	발파작업	발파 후 암반의 비산, 트랜치 굴착공사 중 토사의 붕괴, 굴착장비의 이동으로 접촉
가설 공사	외부비계설치작업	비계 설치 중 실족, 비계 파이프의 낙하로 지상 근로자 맞음
	외부방망해체작업	비계 파이프의 낙하로 근로자 맞음
	리프트설치 및 해체작업	건설용 리프트 마스트 연결 작업 중 낙하 물체에 맞음
구조물 공사	거푸집조립 및 해체작업	작업발판을 쌓출비계에 설치하던 중 실족, 갱폼 인양 중 거푸집 낙하, 거푸집 인양 중 거푸집 낙하, 거푸집 해체 작업 중 실족, 거푸집 해체 중 낙하, 외부 거푸집 조립 작업 중 실족
	철근작업	T/C 이용 철근 운반 중 와이어로프에서 철근 다발 낙하
	Con'c 타설 작업	슬리브 콘크리트 타설 중 동바리 조립 불량으로 붕괴
	철골작업	H형강 크레인으로 인양 작업 중 와이어로프 파단에 의한 낙하, 철골부재 하차 작업 중 철골부재 낙하
설비 공사	계장작업	고소에서 케이블 포설 작업 중 실족, 케이블 풀링 작업 시 작업발판에서 실족, 이동식 전동기계기구 사용 작업 시 누전으로 감전
	배관 및 덕트작업	전기용접기 작업에 의한 감전, 비계 상에서 용접 작업 중 난간대 미설치로 실족, 체인블럭으로 배관 운반 작업 중 와이어로프에서 낙하, 그라인딩 작업 중 감전, 용접 및 절단 작업 중 흠 비산에 의한 화재, 덕트공이 환기 덕트 작업 중 실족
	전기작업	슬리브 매입 배관 작업 시 실족, 이동식 전동기계기구 사용 시 감전, 지중관로 터파기 및 매설 작업 중 토사붕괴
	기계설치작업	고소 위에서 작업 시 실족
	탱크설치작업	교류아크 용접 작업 중 감전, 이동식 전동공구로 그라인딩 작업 시 감전, 자재 운송의 양중 작업시 낙하, 전기용접 작업 중 흠 비산으로 화재
마감 공사	미장작업	바닥 개구부 상부덮개를 밟고 작업 중 덮개가 구러짐
	방수작업	이동식 전동공구 사용 시 감전
	도장작업	이동식 사다리위에서 로울러붓을 이용하여 도장작업을 시행하던 중 몸의 중심을 잃고 추락, 이동식비계를 이용하여 내부벽체 도장 작업 중 추락, 콘크리트 표면 작업 중 그라인딩에 의한 감전
	조적작업	상부에서 자재의 낙하
	수장작업	고소에서 작업 시 실족, 작업 중 상부에서 자재의 낙하
	도배작업	말비계 작업 발판에서 실족
	금속작업	고소에서 작업 시 실족, 이동식 전동공구 사용 시 감전
	창호작업	전기용접 사용 작업 중 감전
	판넬/취부작업	판넬 조립 작업 중 실족, 이동식 전동공구 사용 시 감전, 교류아크 용접 작업 중 파손된 홀더와 손상된 용접용 장갑에 의하여 감전
	지붕/흡통작업	지붕자재 인양 작업 중 낙하, 이동식 전동공구 사용 시 감전, 교류아크 용접 작업 중 감전
	유리작업	유리자재 인양 작업 중 낙하
	건축작업	달비계 상에서 외부건축 작업 로프 풀림 및 절단, 외부비계 상에서 건축 작업 중 실족, 벽면 그라인더 작업 중 손상 전선에 접촉
	기타작업	철골 지붕에 C형강 설치 작업 중 단부 구간의 빔 상부를 이동 하던 중 실족, 천정 크레인의 주행보 상부를 이동하다 실족
기타 공사	운반/인양/하역작업	이동식 크레인을 이용하여 옮기던 중 와이어 로프가 고압전선에 접촉되는 순간 자재잡고 있던 근로자 감전

4. 결 론

본 논문에서는 플랜트 건설공사 수행 시 발생하는 사고형태를 위험확률과 위험강도로 분류하여 위험지수를 산출할 수 있는 위험성평가 모델을 제시하였고, 이를 토대로 현장에서 보다 효율적으로 위험성평가를 수행하여 중대위험작업 도출 및 개선대책을 제시하고 안전교육 자료로도 활용할 수 있는 안전관리정보시스템을 개발하였다.

따라서, 본 논문에서 제시한 위험성평가 모델 및 안전관리정보시스템은 플랜트 건설공사의 수행에 필요한 위험성평가 가이드라인을 개발하는데 기초 자료로 활용될 수 있으리라 사료된다.

5. 참 고 문 헌

- [1] Seong-seok Go et al.(2003,12), "A Study on Quantifying Risk Index by Performing Risk Assessment of Building Construction Work." Occupational Safety and Health Research Institute, p2
- [2] Jong-keun Park(2009,12), "Safety Management Information System in Construction Work." Journal of the Korean Society of Safety, 6: 1-2
- [3] R. Navon, M.ASCE, O.Kolton(2006), Model for Automated Monitoring of Fall Hazard in Building Construction,
- [4] Osama Ahmed Jannadi and Salman Almishari(2003), Risk Assessment in Construction.
- [5] Kuhlmann, A(1986), Introduction to Safety Science, Springer-Verlag New York Berlin Heidelberg Tokyo.
- [6] R. Navon, M.ASCE, O.Kolton(2006), Model for Automated Monitoring of Fall Hazards in Building Construction.

저 자 소 개

박 종 근



광운대학교 건축공학과 공학박사,
건설안전기술사

University of Wailes Swansea
Research Visitor(U.K)

현 벽성대학 건설계열 부교수

관심분야: 건설안전, 위험성평가,
안전관리 등

주소: 전북 김제시 공덕면 공덕리 51-25 벽성대학