

교량 건설공사의 안전관리정보시스템 개발

박종근

벽성대학교 건설계열

(2011. 8. 26. 접수 / 2011. 10. 12. 채택)

Safety Management Information System in Bridges Construction Work

Jong-Keun Park

Department of Civil Engineering, Byuksung College

(Received August 26, 2011 / Accepted October 12, 2011)

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 foundation, erection, pier, pier upper and etc based on accident examples and investigation on actual condition in bridges construction work. In addition, the safety management system was developed to perform risk assessment of construction and use it for effective safety training for labor.

Key Words : construction work, risk assesment, safety management information system

1. 서론

최근 건설공사가 대형화 및 고층화되고, 3D 기피 현상으로 인하여 숙련 근로자가 건설공사장을 이탈함으로써 미숙련 근로자에 의한 건설 공사의 재해가 증가 추세에 있다. 이러한 상황 하에서도 건설 공사의 수요가 증가추세에 있고, 건설공사 현장에 대한 잠재 위험과 위험성은 예측하기 힘들 정도로 증가하고 있어 재해예방 기술의 합리화 방안이 요구되고 있다¹⁾.

건설업에서 효과적인 재해방지 활동을 위해서는 건설공사에서 발생할 수 있는 재해예방을 위하여 공정별로 위험요인을 도출하고, 그에 따른 개선대책을 제시하는 것은 기본적인면서도 중요한 사안이다. 또한, 사전 안전성 평가를 통하여 문제점과 해결대책을 제시하고, 기초공사에서 마감공사에 이르기까지 안전한 공정 수행 및 작업 방법을 제시함으로써 건설 재해를 감소시킬 수 있는 모델 제시가 시급한 실정이다.

따라서, 본 논문에서는 교량 건설공사의 사고사례 및 실태 조사 분석 결과를 토대로 기초가설공사·가설공사·교각공사·교각상부공사·기타공사의 단계별 사전 위험성 요인을 도출하여 정량적

위험성 평가를 수행할 수 있는 모델을 제시하고자 한다. 또한, 교량 건설공사의 위험성 평가 및 근로자 안전교육을 효율적으로 수행할 수 있는 안전관리정보시스템을 개발하고자 한다.

2. 교량 건설공사 위험성 평가 모델

2.1. 교량 건설공사 위험성 평가 절차

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

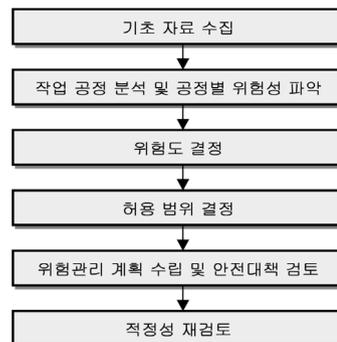


Fig. 1. Risk assessment procedure.

Table 1. 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	재해발생빈도가 낮은 수준	1

위험강도 위험확률	D	C	B	A
D	1	2	3	4
C	2	4	6	8
B	3	6	9	12
A	4	8	12	16

위험등급	위험지수	위험강도
I	10 이상	중대위험
II	8~9	보통위험
III	4~7	수용 가능한 위험
IV	1~3	무시

(1) 기초 자료 수집

교량 건설공사의 위험성 평가에 필요한 기초 자료를 수집하고 정리한다.

(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.

(3) 위험도 결정

본 논문에서는 정량적인 위험성 평가를 위해서 사고 발생 요인에 대한 위험확률지수와 위험강도 지수를 산출하여 위험도 및 위험등급을 부여하는 방법론을 적용하였다. 또한 위험확률등급 및 위험등급 기준은 선행연구자가 산업재해 통계로 도출한 연구결과를 적용하였으며, 상세 내용은 Table 1과 같다²⁾.

(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.

(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 검토

하고, 시공 계획단계에서 최대한 고려하여야 한다.

(6) 조치계획의 적절성 재검토

위험성을 재평가하고 그 위험의 허용정도를 점검하여야 한다.

2.2. 공정별 위험 분석

본 논문에서는 교량 건설공사를 “기초가설공사”, “가설공사”, “교각공사”, “교각상부공사”, “기타공사”의 5개 공정으로 분류하였으며, 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 교량 건설공사의 위험성을 감소시킬 수 있을 것으로 사료된다.

교량 건설공사의 공사별 작업분류는 현장에 따라 다소 차이가 있으나, 본 논문에서 분류한 공정별 작업 분류는 Table 2와 같고, “작업공정 및 작업내역”·“사고발생위험요인”·“예상되는 사고유형”·“개선대책”·“위험확률”·“위험강도”·“위험지수” 항목으로 구성되어 있는 위험성 평가표 및 설문 평가표의 예는 Table 3과 같다.

본 논문에서는 설문 오류 최소화 및 회수율을 극대화하기 위하여 D사 안전관리자 및 관리감독자 집체 교육시 인터뷰를 통하여 조사하였으며, 면접자는 40명을 대상으로 설문을 실시하였다.

Table 2. Work classification by construction work

공사종류	작업내용(사고발생 위험 요인 수)
1. 기초공사	① 굴착 작업(7), ② 토사운반 작업(3), ③ 파일하차 작업(2), ④ 파일운반 작업(3), ⑤ 파일항타 작업(7), ⑥ 파일두부정리 작업(4), ⑦ 마닥면 마무리 작업(1), ⑧ 흙막이 철골부재 하차 작업(2), ⑨ 발파 작업(4), ⑩ 토류판 가공 작업(2), ⑪ 흙막이 작업(4), ⑫ 기초철근 작업(6), ⑬ 기초거푸집 조립/해체(2), ⑭ 기초콘크리트 타설(6), ⑮ 양수 작업(2)
2. 가설공사	① 타워크레인 설치 및 해체(6), ② 건설리프트 설치 및 해체(3), ③ 로드타워 설치(5), ④ 기타(3)
3. 교각공사	① 기동설치(SLIP FORM)시 거푸집 제작(4), ② 기동설치(SLIP FORM)시 거푸집 설치(3), ③ 기동설치(SLIP FORM)시 철근 작업(9), ④ 기동설치(SLIP FORM)시 콘크리트 타설(3), ⑤ 기동설치(SLIP FORM)시 거푸집 해체(1), ⑥ 기동설치(CLIMB FORM)시 철근 작업(9), ⑦ 기동설치(CLIMB FORM)시 거푸집 작업(7), ⑧ 기동설치(CLIMB FORM)시 콘크리트 타설 작업(5), ⑨ 코핑공사시 철근 작업(8), ⑩ 코핑공사시 거푸집조립 및 해체 작업(6) ⑪ 기타
4. 교각상부 공사	① 압출공법(LLM)시 시그먼트 제작장 설치(4), ② 압출공법(LLM)시 강거푸집 제작(8), ③ 압출공법(LLM)시 철근 배근(4), ④ 압출공법(LLM)시 콘크리트 타설(2), ⑤ 압출공법(LLM)시 양생(2), ⑥ 압출공법(LLM)시 거푸집 해체(1), ⑦ 압출공법(LLM)시 인장압출 작업(5), ⑧ 압출공법(LLM)시 기타 작업(1), ⑨ PSC Beam 공법시 세그먼트 제작 작업(13), ⑩ PSC Beam 공법시 세그먼트 운반 및 거치 작업(7), ⑪ Still Box 거더공법 거치 작업(7), ⑫ Still Box 거더공법 거푸집 조립/해체 작업(5), ⑬ Still Box 거더공법 철근 조립작업(2), ⑭ Still Box 거더공법 철근 콘크리트 타설 작업(2), ⑮ 형틀 작업(8)
5. 기타 공사	① 교량정검통로(4), ② 교대보호블럭(4), ③ 기타작업(3)

Table 3. Example of risk assessment table

작업공정	사고발생위험요인	사고 유형	개선대책	위험확률				위험강도				위험 지수	
				A	B	C	D	A	B	C	D		
가. 파일하차 작업	1. 트럭 및 트레일러에서 파일이 굴러 내림	맞음	- 안전작업계획수립 - 안전계획에 따른 작업 실시 - 췌기 등을 사용 - 작업지휘자의 지시에 따라 작업 실시										
	1. 파일의 전도	깔림	- 작업반경내 근로자 출입금지 - 기계에 의한 작업 실시										
나. 파일항타 작업	2. 항타기 정비 중 햄머 낙하	협착	- 안전지주, 안전블럭, 안전고리 사용										
	3. 항타기 전도	협착	- 고정철저 - 작업반경내 관계자의 출입 금지										
	4. 항타기에 사람 충돌	충돌	- 작업반경내 관계자의 출입 금지 - 작업 지휘자 배치										
	5. 인접 건물 등이 전도	협착	- 구조물과 일정거리 이격 굴착 - 구조물 제거나 충분한 지지후에 굴착										
	6. 파일 항타 중 햄머 셋 낙하	깔림	- 장비 지휘자를 지정, 작업 방법 절차, 신호 방법 등을 정하여 근로자에게 주지시킴 - 항타기 사용전 안전점검 실시										
	7. 항타기 유압 탱크 폭발로 뚜껑 비산	충돌	- 안전밸브 설치 - 작업시작 전 안전점검 철저										
	8. 항타기 상부 점검 위해 사다리 오르면 중 실족	추락	- 안전대착용 - 수직사다리 규격 조정 및 등반이 설치										
	다. 파일두부 정리작업	1. 파일 전도	깔림	- 작업 반경내 담당자의 출입 금지 - 항타 계획시 파일의 잔여 부분이 남지 않도록 근원적인 안적 대책 수립									

3. 건설안전관리정보시스템

본 장에서는 교량 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 안

전 교육에도 활용할 수 있다. 본 논문의 안전관리정보시스템 개발 틀은 Microsoft Visual Studio .NET과 Microsoft Access 2000의 DBMS(Data Base Management System)으로 개발되었다.

3.1. 건설안전관리정보시스템 레이아웃

건설안전관리정보시스템의 레이아웃은 Fig. 2와 같고, Fig. 3과 같이 메인화면, 위험성평가(위험성

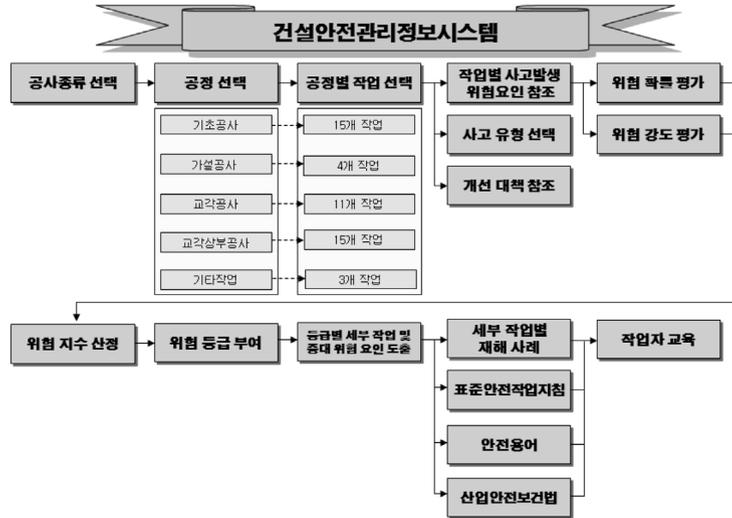


Fig. 2. The layout of construction safety management information system.



Fig. 3. The main screen of construction safety management information system.

평가 관리·위험성평가 일반), 재해사례, 표준안전작업지침(건축/주택·토목·플랜트), 안전용어, 안전관련법규(법·시행령·시행규칙·규칙), 사용자 관리, 게시판관리, 기타메뉴의 9개 메뉴로 구성되어 있다. 로그인 아이디를 통하여 관리자 및 일반사용자를 구분하고, 위험성평가관리와 사용자관리 메뉴는 관리자만이 접속할 수 있다.

3.2. 위험성평가

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

(1) 위험성 평가 관리

위험성 평가 관리는 건설 현장에서 위험성 평가를 수행할 수 있도록 Fig. 4와 같이 공사종류를 대분류(건축·토목·플랜트 공사)·중분류(토목공사 중 터널공사·교량공사·도로공사)·소분류(교량공사의 기초공사·가설공사·교각공사·교각상부공사·기타공사)로 분류하고, 공사 종류별 세부작업과 그 작업에 해당하는 사고발생위험요인·사고유형·개선대책·위험확률·위험강도·위험지수를 설정할 수 있다. 건설현장에서 일반 사용자가 위험성평가를 수행하기 위해서는 관리자가 위험성평가관리 메뉴를 이용하여 대분류·중분류·소분류·세부작업리스트·안전용어&법규리스트를 미리 설



Fig. 4. A management menu for risk assessment.

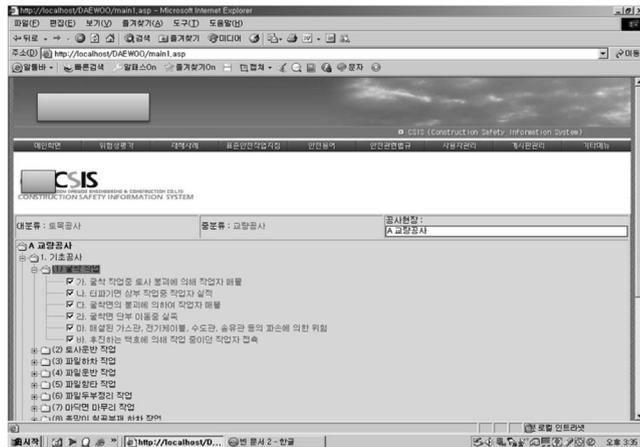


Fig. 5. A general menu for risk assessment.

정하여야 한다. 또한, 안전용어&법규리스트에 세부작업에 관련하는 재해사례·표준안전작업지침·안전용어·안전관련법규 내용을 첨부하면, 위험성 평가 일반 메뉴에서 첨부한 파일을 일반 사용자가 검토함으로써 사용자의 이해에 도움을 줄 수 있고, 안전교육 자료로도 용이하게 활용할 수 있는 기능을 제공하고 있다.

(2) 위험성평가 일반

위험성평가 일반 메뉴는 Fig. 5와 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.

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

사용자 현장의 모든 세부 작업별 위험도를 및 위험강도를 선정할 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 주시시킴으로써 사고 발생을 미연에 방지할 수 있는 기능을 제공하고 있다.



Fig. 6. Risk index calculation by specific work,



Fig. 7. Search results of critical risk,

(3) 위험성평가 검색 결과

건설안전정보시스템에서는 위험지수를 통하여 중대위험/보통위험/수용가능한위험/무시의 4등급에 속하는 세부작업을 검색할 수 있고, Fig. 7은 위험지수가 10 이상인 중대위험에 속하는 위험지수 10~16에 해당하는 작업을 검색한 결과이다.

또한 건설안전관리정보시스템을 국내 D사의 20개 현장의 설문 조사 결과를 입력한 결과는 Table 4와 같은 작업이 중대 위험으로 도출되었다.

3.3. 재해사례

재해사례는 Fig. 8과 같이 공종별 과거 사망재해

Table 4. Critical risk elements by specific work

공사종류	세부작업	중대 위험 요인
기초 가설공사	굴착 작업	토사붕괴, 굴착면의 붕괴, 후진하는 백호에 접촉
	토사 운반 작업	덤프 트럭이 후진 중 작업자를 덮침, 백호작업중 작업자 접촉
	파일 두부 정리 작업	작업중 실족, 파일 보강 용접 작업중 감전
	바닥면 마무리 작업	장비 후진시 협착
	흙막이 철골 부재 하차 작업	지게차 하역 작업중 낙하
	기초철근 작업	철근하역 작업중 자재 낙하

가설공사	타워크레인 설치·해체 작업	타워 크레인 붐 전도, T/C clime 작업중 실족,
	건설용 리프트 설치·해체 작업	리프트 작업중 자재 낙하, 건설용 리프트 수리 중 실족
	로드타워 설치 작업	상부연결 작업중 자재 낙하, 자재 인양시 낙하
교각공사	기동설치공사(Slip form)거푸집 제작	자재 하역 작업시 낙하
	기동설치공사(Slip form)거푸집 설치	크레인 이용한 자재 인양작업시 낙하
	기동설치공사(Slip form)철근 작업	철근 배근 작업중 실족, 철근 배근 작업중 자재 낙하
	기동설치공사(Slip form)거푸집 해체 작업	거푸집 해체시 측면으로 실족
	기동설치공사(Climb Form)시 철근 작업	철근 내근 작업시 자재 낙하
	기동설치공사(Climb Form)시거푸집 작업	크레인을 사용한 자재 인양 작업시 자재 낙하, 거푸집 설치시 결속부분이 풀리면서 거푸집과 함께 추락, 거푸집 상부에서 작업시 공구 및 자재 낙하
	코핑 공사시 철근 작업	철근 배근 작업중 실족
	코핑 공사시 거푸집 조립·해체 작업	거푸집 설치시 결속부분이 풀리면서 낙하, 거푸집 상부에서 작업시 공구 및 자재 낙하
교각 상부공사	압출공법(I.L.M)시 강거푸집 제작	강재거푸집을 인양 하던중 와이어 로프가 파단되어 낙하, 거푸집 상부 이동하던 중 미끄러져 실족
	압출공법(I.L.M)시 철근 배근	철근 벽체 조립 운반시 크레인에서 낙하
	PSC Beam 공법시 세그먼트 제작 작업	T/C 이용 철근운반 중 와이어로프에서 빠지며 철근다발 낙하, 거푸집 인양작업시 거푸집 낙하
	Still Box 거더교 공법 거치 작업	크레인 이용 강교 거치 작업시 협착, 이동식 전동기계·기구 작업시 누전에 의해 감전
	Still Box 거더교 공법 거푸집 조립·해체 작업	이동식 전동기계·기구 작업시 누설전류에 의해 감전, 작업대차 상의 안전 난간대를 해체후 작업하다 해체된 부위로 추락
	Still Box 거더교 공법 철근 조립 작업	이동식 전동기계·기구 작업시 누설전류에 의해 감전
	형틀 작업	거푸집 조립 해체 작업시 실족
	철근 작업	T/C 이용 철근운반 중 와이어로프에서 철근 낙하
콘크리트 타설 작업	슬래브 콘크리트 타설 중 실족	

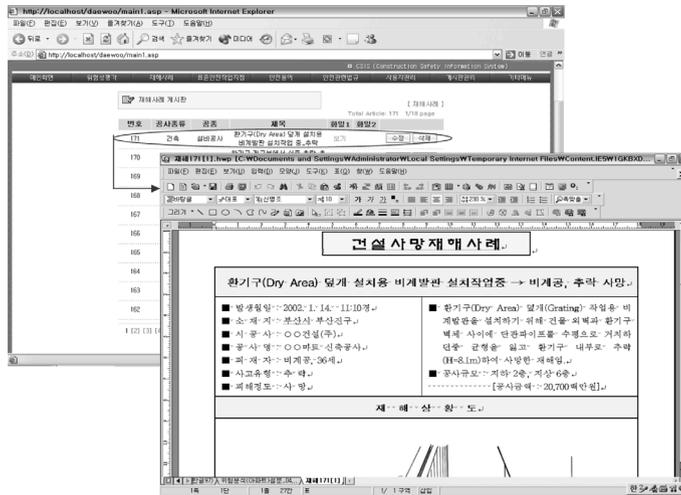


Fig. 8. Examples of accidents.

를 중심으로 재해개요·재해상황도·재해발생상황·재해원인 및 대책을 검토할 수 있는 기능을 제공하고 있다.

3.4. 표준안전작업지침

표준안전작업지침 메뉴는 Fig. 9와 같이 공중별 공정흐름도·구성부위별 검토사항·주요 정기/점검

항목·주요 재해 발생 항목 등을 검토할 수 있는 기능을 제공하고 있다.

3.5. 안전용어 및 산업안전보건법

건설안전관리정보시스템에는 Fig. 10과 같이 안전용어 11,786개와 산업안전보건법의 법·시행령·시행규칙·규칙의 데이터베이스를 제공함으로써 사

박종근



Fig. 9. Standard safety Work instruction.

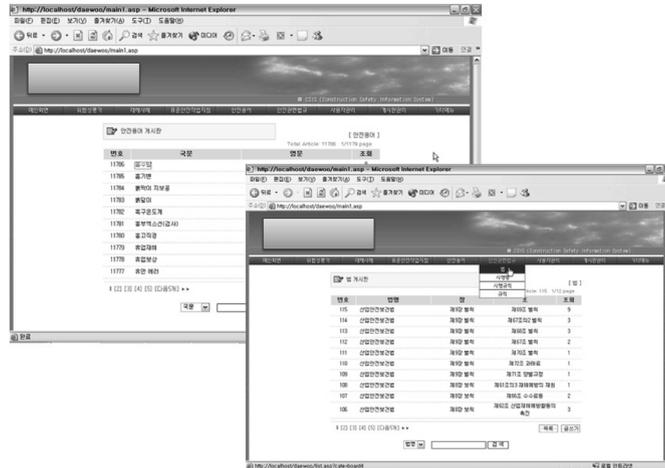


Fig. 10. Safety terms and Industrial safety and sanitation law.

용자가 이해하기 어려운 용어의 해설을 제공하고, 사용자가 검토하고자 하는 산업안전보건법관련 내용을 용이하게 검색함으로써 업무의 효율성 및 안전성 향상의 기초 자료로 활용할 수 있다.

4. 결론

본 논문에서는 교량 건설공사 수행 시 발생하는 사고 형태를 위험확률과 위험강도로 분류하여 위험지수를 산출할 수 있는 위험성 평가 수법을 제시하였고, 이를 토대로 현장에서 보다 효율적으로 위험성평가를 수행하여 중대위험작업 도출 및 개선 대책을 제시하고 안전교육 자료로도 활용할 수 있는 건설안전관리정보시스템을 개발하였다.

따라서, 본 논문에서 제시한 위험성 평가 모델 및 건설안전관리정보시스템은 아직까지 교량 건설공사의 위험성평가에 대한 가이드라인이 없는 현시점

에서 보다 안전한 교량 건설공사 수행에 필요한 가이드라인을 개발하는데 기초 자료로 활용될 수 있으리라 사료된다.

참고문헌

- 1) 박종근 외, “교량공사의 안전관리정보시스템 개발”, 한국안전학회 추계학술발표회, 2010.
- 2) 손정수, “아파트 건설공사의 위험분석에 관한 연구”, 서울산업대학교, 1996.
- 3) R. Navon, M. ASCE, O. Kolton, Model for Automated Monitoring of Fall Hazard in Building Construction, 2006.
- 4) Osama Ahmed Jannadi and Salman Almishari, Risk Assessment in Construction, 2003.