

공사프로세스기반 공정리스크 관리지원 시스템

Construction Process based Schedule Risk Management System

윤 유 상* 서 상 옥** 박 문 서*** 장 명 훈****
Yoon, You-Sang Suh, Sang-Wook Park, Moon-Seo Jang, Myung-Houn

요 약

건설공사의 성공적인 수행을 위한 다양한 건설관리기법들 중 리스크관리기법은 프로젝트 규모의 대형화, 신공법 적용 등에 의한 불확실한 요인의 증가에 의해 그 중요성이 부각되고 있다. 따라서 본 연구에서는 현장실무자들의 공정리스크 관리업무를 지원하기 위해 공종별 공사프로세스 중심의 공정리스크 확인방법과 현장별 특성이 반영된 공정리스크 중요도 지수를 개발하였으며, 향후 타 현장에서의 적용을 고려한 공정리스크 중요도 보정방법을 제안하였다. 또한 공정리스크 요인별 대응 방안을 현장에서 공사일정에 따라 검색하고, 공정정보와 연계된 공정리스크 관리업무의 출력기능을 갖춘 공정리스크 관리지원 시스템 프로토타입을 개발하였다. 공정리스크 관리지원 시스템은 건설현장 실무자들이 공정리스크 관리업무를 수행하는데 필요한 지식을 제공하여, 의사결정지원에 따른 공기지연을 방지할 수 있을 것으로 기대된다.

키워드 : 공정, 리스크, 공종, 공사, 프로세스

1. 서론

1.1 연구의 배경 및 목적

건설공사 수행과정에 존재하는 리스크에 대해 착공 전 단계에서 미리 대비하기 위해서는 기존에 발생한 리스크에 대한 자료의 축적이 우선되어야 한다. 특히, 현장경험이 부족한 실무자들에게는 공정 운영과정에 발생할 수 있는 리스크에 대한 관리 정보가 제공되어야 한다. 현장실무자들의 리스크 관리지식 부재는 신속한 의사결정을 방해하여 공기지연을 유발하는 원인이 될 수 있다. 그럼에도 불구하고 현재의 리스크 관리는 공기지연 및 추가비용발생 원인의 공개에 대한 거부감으로 인해 리스크 요인의 확인을 어렵게 하고, 공사프로세스와의 연계성이 결여된 발생원인 중심의 리스크 분류는 실질적인 관리방법의 개발을 어렵게 한다. 공사초기단계에 리스크 요인에 대해 미리 대비하기 위해

서는 전체 공정에 미치는 영향과 관리방법에 대한 객관적이고 신뢰할 수 있는 자료를 축적하여 현장관리자의 경험과 직관, 한정된 정보에 의존하는 상황을 극복해야 한다.

현재까지 리스크 관리와 관련된 연구는 전체 산업에 걸쳐 다양하게 진행되고 있으며, 건설산업에서는 주로 Jaafari(1994), Aleshin(1997), Mootanah(1997) 등이 제시한 확인, 분석, 대응의 절차로 구성된 관리방법을 활용하고 있다. 본 연구에서는 이를 기반으로 하여 공종별 공사업무 프로세스 기반의 리스크 확인방법과 현장특성을 반영한 정량적 분석방법, 관리시점과 요구정보로 구성된 대응방법을 제시하고자 한다. 본 연구에서 제안하는 건설공사 리스크 관리업무 지원시스템은 착공 전 단계에서의 리스크 관리에 필요한 지식 제공과 공정계획과 연계된 리스크 관리계획 수립을 지원할 수 있을 것으로 기대된다.

1.2 연구의 범위 및 방법

본 연구의 대상인 리스크는 시공단계의 착공지연 및 공기지연을 유발하여 전체 공사일정에 영향을 미치는 리스크(이하 공정리스크) 중 시공자의 통제가 가능하고sd 시공자 책임 하에 관리되어야 할 요인으로 제한한다. 또한 전체공정에 가장 큰 영향을 미치며, 골조형식 중 가장 일반적으로 사용되는 철근콘크리트 공사를 대상으로 공정리스크 관리방법에 대한 연구를 수행하였다. 본 연구의 방법과 내용은 다음과 같이 구성된다.

* 일반회원, 서울대학교 린건설연구단 연구실장, 공학박사
ys0824@snu.ac.kr

** 종신회원, 경원대학교 건축공학과 교수, 공학박사
suh@kyungwon.ac.kr

*** 종신회원, 서울대학교 건축학과 부교수, 공학박사
mspark@snu.ac.kr

**** 일반회원, 제주대학교 건축학부 조교수, 공학박사 (교신저자)
jangmh@cheju.ac.kr

본 연구는 건설교통부가 출연하고 한국건설교통기술평가원에서 위탁시행한 건설기술혁신사업(05기반구축 D05-01)연구의 지원을 받아 수행한 결과의 일부임.

(1) 공종별 공사업무 프로세스를 구축하고, 이를 기반으로 공정리스크 요인을 도출한다.

(2) 관리대상 공정리스크의 선정 및 관리우선순위를 결정하기 위하여 AHP(Analytic Hierarchy Process)기법에 의한 공정리스크의 정량적 분석을 시도하고, 현장별 특성이 반영된 평가를 위한 공정리스크 중요도 지수(Schedule Risk Index, 이하 SRI)를 제시한다.

(3) 공정리스크 관리업무 수행을 위한 담당자, 수행시점, 요구정보를 중심으로 공정리스크 검토양식을 제시한다.

(4) 공정리스크의 확인, 분석, 대응을 수행하기 위한 관리프로세스 및 현장실무자의 관리업무 지원을 위한 시스템 프로토타입을 개발하고, 이에 대한 활용전략 및 향후 발전방향을 제시한다.

2. 공정리스크 개념 및 연구동향

2.1 공정리스크의 정의와 범위

본 연구에서 관리대상 리스크로 선정한 공정리스크는 건설공사 수행과정에서 공정의 안정성에 부정적인 영향을 미쳐, 착공 지연 및 공기지연을 발생시키는 요인을 의미한다. 따라서 공기연장이라는 결과의 원인이 되는 시간리스크(time risk)보다는 공정운영에서 발생할 가능성이 있는 포괄적인 의미의 공정리스크(schedule risk)개념이 본 연구의 취지에 적합하며, 표 1은 건설공사 시공단계를 중심으로 시간리스크와 공정리스크를 비교한 것이다.

표 1. 시간리스크와 공정리스크의 비교

구분	시간리스크 (Time Risk)	공정리스크 (Schedule Risk)
개념	● 공사기간에 관련된 리스크	● 공사프로세스에 관련된 리스크
관리초점	● 결과중심	● 원인중심
평가방법	● 시간축정에 의한 평가 ● 정량적 평가	● 공정의 안정성/신뢰성 기반의 평가 ● 정량적/정성적 평가
관리목적	● 리스크 대응을 통한 공기연장 방지	● 사전대비를 통한 공정의 안정성 확보

2.2 관련 연구동향

최근 들어 건설리스크와 관련된 연구는 시공자 중심의 리스크 확인, 분류체계 정립, 중요도 분석이 주요 내용을 이루고 있다. 그러나 공사프로세스를 기반으로 한 리스크 대응방법의 제시 및 시공사 내의 구체적인 업무체계와 리스크 관리를 위한 정보체계

에 대한 연구는 부족하였다.

1) 리스크 분류방법

기존 연구에서 제시된 대부분의 리스크 분류체계는 현장에서의 공사업무흐름을 명확히 구분하지 않고 리스크 요인을 분류하고 있다(표 2 참고).

표 2. 기존 연구의 리스크 분류방법

구분	리스크 분류 방법
김인호 (2001)	건설업 리스크 성격상 분류 건설과정별 리스크 인자 분류 건설 활동 영역별 리스크 인자 분류
조훈희 (2001)	시공전 / 시공중
강인석 (2001)	정치·사회/기획/입찰/설계/시공
서석원 (2002)	Internal/External 분류
황지선 (2003)	불가항력/물자·인명/재정·경제/정치·환경/설계도서/시공
주해금 (2003)	FTA 위험분류체계 Chapman & Ward 위험분류체계 PMI 위험 분류체계
윤철성 (2003)	착공 전 위험요인/공사 중 위험요인/준공 후 위험요인
홍성욱 (2003)	건설과정별 리스크 인자 분류
한종관 (2003)	[책임소재에 관한 분류] 시공자 책임(유) - 재료/노무/장비/시공방법/자금/관리 시공자 책임(무) - 발주자/설계자/감리자/제3자
Mulholland (1999)	설계, 구매, 현장 시공, 사업관리
Nasir (2003)	환경, 노무, 자재 등 10개 대분류

2) 리스크 관리시스템

1990년대 후반부터 소프트웨어를 이용한 확률적 시뮬레이션 기법을 리스크 관리에 적용하는 시스템이 개발되었다. Miyagawa(1997)은 리스크 요소를 파악하고, 프로젝트 시작에서 완료시까지 순차적인 의사결정을 지원하기 위해 CMy Planner (Construction Manageability Planning System)를 제시하였다. Mulholland and Chritian(1999)은 건설 일정에서 불확실성의 측정을 시스템적인 방법으로 기술하였으며, 민감도 분석에 의해 중요한 리스크 요인을 평가할 수 있는 모델을 개발하여 프로젝트 리스크의 잠재적인 결과에 대해 인식할 수 있는 도구를 제안하였다. 이상의 연구를 통해 리스크의 정량적 분석 방법이 보완되었으나, 리스크 발생에 따른 구체적 대응방법 제시는 미흡하다고 판단된다.

3) 리스크관리와 공정관리 연계

Wang(2006)은 시뮬레이션을 통해 각 액티비티별로 안전사고의 발생을 예측하여 일정 및 네트워크 공정표를 조정하고자 하였으며, Yi(2006)는 안전관리를 위한 방법으로 일정기반의 리스크를 예측하고 시공 중의 안전성을 확보하기 위하여 일정을 조정하는 방법을 제시하고 있다. 주해금(2005)은 액티비티별 위험도를 산정하고, CPM 네트워크에서 실무자들이 시각적으로 쉽게 위험도가 큰 작업을 구별해낼 수 있는 지표를 제공하기 위한

위험관리 중심의 공정관리모델을 제안하였다. Nasir(2003)는 PERT와 Monte Carlo 시뮬레이션을 이용하여 공사기간을 예측하는 모델을 제시하고 있는데, 리스크 분류항목별 4~5가지의 공정리스크 변수를 포함하여 Monte Carlo 시뮬레이션 기반의 공사기간 예측시스템을 제안하고 있다. 장명훈(2006a)은 확률적 방법에 의한 공정리스크 시뮬레이션 시스템에 의한 공정리스크 발생확률 예측방법과 MS-Project를 기반으로 한 공정관리와 리스크 관리의 연계방법(장명훈 2006b)을 제시하였다. 이상의 연구는 리스크와 공정의 통합관리를 제안하였다는 측면에서 본 연구와 공통점이 있다. 그러나 주로 예측된 결과 중심의 리스크 확인방법을 제시하고 있으며, 실무자의 관리업무를 지원할 수 있는 방법에 대한 제시는 미흡하다고 판단된다.

따라서, 본 연구에서는 공정관리와 연계된 리스크 관리를 위해 공사프로세스 기반의 리스크 확인방법과 현장별 특성을 반영한 SRI 산출하고, SRI 기반의 관리대상 공정리스크 선정방법과 담당자/관리수행시점/요구정보로 구성된 대응방법을 작성하였다.

3. 공정리스크 관리방법

본 논문에서는 현장실무자들의 공정리스크 관리업무 지원을 위해 공사프로세스 기반의 공정리스크 분류체계를 정립하고, 요인별 대응방안을 작성하였다. 또한, SRI를 통한 관리대상 공정리스크 선정방법과 종료된 프로젝트의 SRI를 기존 중요도에 반영하여 객관적 중요도를 유지할 수 있도록 공정리스크 보정방법을 제시한다.

3.1 공정리스크 분류기준

기존의 리스크 분류체계가 단순히 리스크 발생원인을 규명하기 위한 것이라면, 본 연구에서의 공정리스크 분류기준은 공중별로 도출된 공정리스크 요인을 기초로 한다. 다음 그림 1에서와 같이 공중별 공사단계는 기본적으로 착공 전/시공 단계로 구분되며, 공중에 따라 자재제작/운반 등의 단계가 별도로 작성될 수 있다.



그림 1. 공정리스크 분류기준

본 연구에서의 공정리스크 분류기준은 공중을 기반으로 공중

별 공사단계와 세부업무 프로세스로 구성되며, 세부업무 프로세스에 따라 공정리스크 요인이 분류된다. 공사프로세스는 공중별 특성을 반영하였으며, 철근콘크리트 공사는 착공 전 단계와 현장시공 단계로 구분하였다. 이를 기반으로 단계별 세부항목의 담당기관을 협력업체, 시공사, 발주처 및 감리로 분류하여 공정리스크 요인을 도출하였다. 표 3은 철근콘크리트공사 프로세스 및 이를 기반으로 도출된 공정리스크를 나타낸 것이다. 본 연구에서 제시된 철근콘크리트 공사에서의 공정리스크는 국내 대형 건설회사인 S사의 해당공중전문가와 공동으로 초안을 작성하였으며, K사의 현장실무자(소장, 공사과장, 현장기사 3인)들의 의견을 반영한 것이다.

표 3. 철근콘크리트 공사의 공정리스크

공사단계	담당기관	업무단계	공정리스크
착공전 단계	시공사	설계도서 검토	<ul style="list-style-type: none"> ● 골조와 마감도면 불일치 ● 부적절한 공법 설계
		현설계획서 작성	<ul style="list-style-type: none"> ● 공사범위 누락 ● 정확한 공정 미반영
		현장설명회 실시	<ul style="list-style-type: none"> ● 부적격 업체 참여(품질, 안전, 공정 문제 발생)
		계약	<ul style="list-style-type: none"> ● 업체부도로 인한 계약 불거(업체 재선정, 중간부도 시)
		자재공급원 선정	<ul style="list-style-type: none"> ● 자재시황에 의한 수급문제 ● 레미콘 납품사와 현장간의 거리, 교통상황
현장시공 단계	협력업체	입찰	<ul style="list-style-type: none"> ● 실행예산 초과로 재입찰 ● 현장내용 이해 불충분(저가수주로 인한 문제)
		시공사	<ul style="list-style-type: none"> ● 불량자재 반입(규격미달 및 불량품)
		양중 및 소운반	<ul style="list-style-type: none"> ● 장비사용률 저하 ● 장비용량 부적합
		막매김	<ul style="list-style-type: none"> ● 오류로 인한 문제(법적문제 혹은 철거, 재시공)
현장시공 단계	협력업체	철근설치	<ul style="list-style-type: none"> ● 과도한 검측 ● 선 공정에 의한 철근절단 및 재시공 ● 재시공
		형틀설치	<ul style="list-style-type: none"> ● 부정확한 설치로 인한 추가작업 ● 동바리 붕괴 ● 작업인원 부족
		콘크리트 타설	<ul style="list-style-type: none"> ● 교통상황에 의한 지연 ● 다짐불량 및 철근밀집으로 인한 공극발생 ● 공장배치(batcher plant) 고장 ● 장비 및 배관 문제발생

한편, 공정리스크는 건설회사의 사업관리시스템과 연계되어 관리되어야 하므로 공정리스크 분류에 따른 코드체계가 수립되어야 한다. 향후 전산시스템으로 운영될 공정리스크 관리시스템에서 합리적인 대응방안 출력을 위해서는 관리담당자를 포함한 코드체계가 요구된다. 다음 표 4는 본 연구에서 제시하는 공정리스크에 부여된 코드체계의 예를 나타낸 것이다. 철근콘크리트공사 착공 전 단계의 설계도서 검토에서의 공정리스크 요인인 “골조와 마감도면의 불일치”와 “부적절한 공법설계”는 각각

표 4. 공정리스크 코드체계

분류기준	코드	코드체계 설명
1 공중	숫자(00)	◆ 공중 : 철근콘크리트공사(06), 철골공사 (07), 커튼월공사(14)
2 공중별공사단계	알파벳(A,B,C)	◆ 철근콘크리트공사 : 착공 전(06 A), 현장시공(06 B)
3 세부업무 프로세스	숫자(000)	<ul style="list-style-type: none"> ◆ 공중별 공사단계의 세부업무 프로세스 ◆ 철근콘크리트 공사 착공 전 단계의 설계도서 검토(06 A 010)
4 공정리스크요인	숫자(00)	◆ 세부업무 프로세스별 공정리스크 요인

“06-A-010-01”, “06-A-010-02”의 코드를 갖는다.

3.2 중요도 분석

공정리스크의 발생빈도와 영향도에 대해 AHP기법을 이용하여 분석하고, 현장별 중요도(발생빈도, 강도)를 반영하기 위하여 SRI를 제안한다. 또한 PDRI(Project Definition Rating Index)를 기반으로 SRI 평가기준을 제시한다. 다음 그림 2는 공정리스크 중요도 분석과정을 나타낸 것이다.

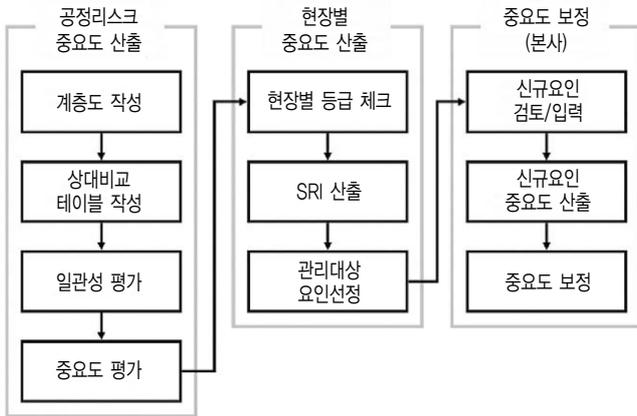


그림 2. 공정리스크 중요도 분석과정

공정리스크 중요도는 우선 AHP를 기반으로 산출된 후, 각 현장 실무자들의 평가를 기반으로 SRI가 산출된다. 본사에서는 프로젝트 종료 후에 신규요인에 대한 정보(신규요인 및 SRI)를 제공받아 중요도 보정을 실시한다.

1) 중요도 산출

본 연구에서의 중요도는 관리대상 공정리스크 선정을 위한 자료로 활용되며, AHP기법을 이용하여 가상현장에서의 공정리스크

중요도를 측정하였다. 중요도는 표 5의 AHP 적용 단계에 따라 공정리스크 확인 및 분류를 담당한 실무 전문가에 의해 분석되었다.

표 5. AHP 적용 4단계

구분	리스크 분류 방법
계층도 작성	철근콘크리트 공사의 공정리스크 분류체계에 따라 계층적 구조로 분류
상대비교 테이블 작성 및 설문	공정리스크 요인의 상대비교를 위해 상대비교 테이블을 만들고, 6인의 현장실무자들이 요인간 비교 값 입력. 상대비교 결과는 정규화 행렬(행렬식을 통해 열의 합을 구하고 그 합으로 각 열의 항목을 나누어, 해당 열의 모든 항목을 더하면 1이 되는 방법)을 통해 요인별 중요도로 산출됨
일관성 평가	상대적 중요도를 판단하는데 발생할 수 있는 오류를 줄이기 위해 일관성 평가를 실시함. 평가한 값(Consistency Reliability)이 0.10이하이면 일관성이 있는 것으로 간주함
중요도 평가 우선순위 결정	상대비교 결과의 일관성 평가 후, 공정리스크의 중요도를 결정하고, 대응하는 순위를 결정

철근콘크리트공사 착공 전 단계에서의 공정리스크 중요도 분석결과는 표 6과 같다. 각 계층별 중요도 1은 각 단계에서의 가중치를 나타내고 중요도 2는 각 단계와 바로 상위 한 단계를 곱해서 나온 가중치를 나타내며, 중요도 3은 각 단계와 상위 두 단계를 곱해서 나온 가중치이다.

2) SRI(공정리스크 중요도 지수)

SRI는 AHP기법을 이용하여 산출된 공정리스크 요인별 중요도에 현장별 가중치를 반영한 값이다. 현장별 가중치는 PDRI에서의 정의수준을 근거로 제시하였다. PDRI는 프로젝트의 범위를 규명하기 위해 중요한 요소를 기술함으로써 프로젝트 팀으로 하여금 프로젝트 리스크에 영향을 주는 요인에 대한 평가를 가능하게 하고, 프로젝트 범위의 규명정도를 평가하는 수단이다 (Construction Industry Institute, 1996). 본 연구에서는 PDRI의 정의수준을 표 7과 같이 SRI기반의 관리대상 선정기준으로 제시하였다.

공정리스크 요인별 중요도에 현장별 등급(가중치)을 반영한 SRI 산출의 예는 표 8과 같다. 현장별 등급은 현장관리자 1인이

표 6. 철근콘크리트공사 착공 전 단계 중요도 분석 결과

공종	1계층	중요도1	2계층		3계층				
			중요도1	중요도2	중요도1	중요도2	중요도3		
06철근 콘크리트 공사	A착공전단계	50.00	010. 설계도서 검토미흡	40.19	20.10	01. 골조와 마감도면의 불일치	16.67	6.70	3.35
						02. 부적절한 공법설계	83.33	33.49	16.75
			020. 현장계획서 작성불합리	16.23	8.12	01. 공사범위의 누락	75.00	12.17	6.09
						02. 정확한 공정 미반영	25.00	4.06	2.03
			030. 현장설명의 부족	22.84	11.42	01. 품질 부적격 업체 참여	16.38	3.74	1.87
						02. 안전 부적격 업체 참여	29.73	6.79	3.39
			040. 입찰의 불합리	10.38	5.19	03. 공정 부적격 업체 참여	53.90	12.31	6.15
						01. 실형예산 초과로 인한 재입찰	10.62	1.10	0.55
						02. 현장내용 이해 불충분	26.05	2.70	1.35
			050. 계약의 불합리	7.25	3.63	03. 저가수주로 인한 문제	63.33	6.57	3.29
						01. 업체부도로 인한 계약 불가	16.67	1.21	0.60
						02. 계약 후 업체의 부도	83.33	6.04	3.02
060. 자재공급원 선정 불합리	3.11	1.56	01. 자재시황에 의한 수급문제	52.47	1.63	0.82			
			02. 레미콘공장과 현장과의 거리	14.16	0.44	0.22			
			03. 현장인근 지역의 교통상황	33.38	1.04	0.52			

평가한 공정리스크 요인별 중요도로써 0~5까지 나뉘며 SRI 리스크 평가 척도를 참조하여 평가한다. 모든 평가가 완료되면 현장별 등급 값의 평균(요인별 평가척도의 합/현장별 SRI 시트 작성자수)값인 가중치를 구한다. 산출해낸 가중치를 사용하여 현장의 SRI를 구하게 되는데 현장별 등급 값의 평균이 4일 경우 항목의 가중치는 4가 되며 SRI는 '중요도×(가중치/5)'가 된다. 중요도와 SRI에서의 "전체"는 철근콘크리트 공사에서의 중요도를 나타낸 것이며, "단계"는 철근콘크리트 공사 중 착공 전 단계에서의 중요도를 나타낸 것이다.

앞의 표 6에서 3계층의 중요도 2(철근콘크리트공사 중 착공 전 단계에서의 중요도)와 중요도 3(철근콘크리트공사에서의 중요도)은 각각 표 8의 중요도에서의 단계와 전체로 입력된다.

표 7. SRI 평가척도

SRI	평가기준
0	본 프로젝트에는 해당되지 않는 사항임
1	공정리스크 발생 가능성이 낮고, 발생하더라도 공기지연 일수가 적음
2	공정리스크 발생 가능성은 높으나, 발생하더라도 공기지연 일수가 적어서 쉽게 공기만화가 가능함
3	공정리스크 발생 가능성은 낮으나 발생하면 공기지연을 만회하기 위해서 소규모 추가 비용이 소요됨
4	공정리스크 발생이 어느 정도 예상되고, 공기 지연 일수가 많아서 공기를 만회하기 위해서는 대규모 추가 비용이 소요됨
5	공정리스크 발생 가능성이 아주 높고 발생시 공기지연 일수가 많아서 공기만화가 어려움

3) 중요도 보정

본 연구에서 제시한 중요도는 1개의 가상현장에서의 값으로 공종별 공사업무단계(예 : 착공 전 단계, 현장시공단계 등) 각 1계층의 중요도는 균등하다는 전제 하에 동일한 값을 갖게 되었

표 8. SRI 산출 예(철근콘크리트공사 착공 전 단계)

철근콘크리트공사	중요도		현장별 등급					가중치	SRI		
	전체	단계	0	1	2	3	4		5	전체	단계
1.착공 전 단계 공정리스크											
1-1 설계도서 검토 미흡에 대한 공정리스크											
· 골조와 마감도면의 불일치	3.35	6.70			○				2	1.34	2.68
· 부적절한 공법 설계	16.75	33.49						○	4	13.40	26.79
1-2 현실 계획서 작성 불합리에 대한 공정리스크											
· 공사범위 누락	6.09	12.17			○				2	2.43	4.87
· 정확한 공정 미반영	2.03	4.06		○					1	0.40	0.81
1-3 현장설명서의 참여업체에 대한 공정리스크											
· 품질 부적격업체 참여	1.87	3.74		○					1	0.37	0.75
· 안전 부적격업체 참여	3.39	6.78		○					1	0.68	1.36
· 공정 부적격업체 참여	6.15	12.31			○				2	2.46	4.92
1-4 입찰의 불합리에 대한 공정리스크											
· 실행예산 초과로 인한 재입찰	0.55	1.10	○						0	0.00	0.00
· 현장내용 이해 불충분	1.35	2.70			○				2	0.54	1.08
· 저가주주로 인한 문제	3.29	6.58	○						0	0.00	0.00
1-5 계약의 불합리에 대한 공정리스크											
· 업체부도로 인한 계약 불가	0.60	1.20		○					1	0.12	0.24
· 계약 후 업체의 부도	3.02	6.04					○		3	1.81	3.62
1-6 자재공급원 선정의 불합리에 대한 공정리스크											
· 자재시황에 의한 수급문제	0.82	1.64	○						0	0.00	0.00
· 레미콘공장과 현장과의 거리	0.22	0.44						○	4	0.18	0.35
· 현장인근 지역의 교통상황	0.52	1.04	○						0	0.00	0.00

다. 이는 향후, 현장별 SRI값, 기존 중요도 값, 현장 수를 고려하여 다음 식에 의해 보정된다.

$$\text{중요도 보정지수} = \frac{(\text{기존 중요도} \times \text{현장 수}) + \text{해당현장 SRI}}{\text{현장 수} + 1} \dots (\text{식1})$$

가상현장의 철근콘크리트공사의 공정리스크 중 착공 전 단계의 '부적절한 공법설계'의 단계는 철근콘크리트 공사 전체에서 기존 중요도(16.75), SRI(13.40), 현장 수(1)의 값을 가지므로 위의 식에 의해 '15.08'의 보정된 값을 갖게 된다. 중요도 보정은 향후 착공될 현장실무자에게 최근 완료된 현장의 SRI까지 반영된 중요도를 제공하기 위해 실시된다.

3.3 공정리스크 대응방안 수립

공정리스크 중요도 산정에 이어 공정리스크에 대한 대응방안을 공정리스크 관리 담당자, 관리수행시점, 관리에 필요한 요구정보로 나누어 정리하였다. 그림 3의 양식을 사용하여 공종별 공정리스크 검토하였다.

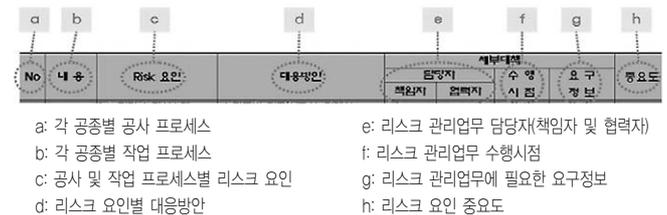


그림 3. 공정리스크 검토 양식

공정리스크에 대한 대응방안은 담당자(책임자/협력자), 관리수행시점, 관리에 필요한 요구정보와 같이 구체적으로 정리되어 현장실무자에게 제공된다. 현장실무자들은 공정리스크 관리업무를 누구와, 언제, 어떻게 수행해야하는지에 대해 제공받을 수 있다.

3.4 적용사례

본 연구의 결과물인 공정리스크 관리방법은 실제 건설현장에 적용되었다. 사례연구 대상현장의 개요는 표 9와 같다. 사례현장은 지상 18층의 2개동으로 이루어진 기숙사 및 근린생활시설이며, 3인의 현장관리자(현장소장, 공사과장, 현장기사)가 공정리스크 확인 및 분석과정에 참여하였다.

표 9. 사례현장 개요

항 목	내 용
공 사 명	○○대 기숙사 신축공사
위 치	경기도 △△시 ○○대 ××캠퍼스
주 용 도	기숙사 / 근린생활시설
건축면적	3,554.57㎡(1,075.26평)
연 면 적	31,221.69㎡(9,444.56평)
객 실 수	736실(1,472명)

1) 사례현장 공정리스크 분석

사례현장의 SRI시트 작성 및 분석과정을 통해 철근콘크리트 공사 착공 전 단계의 공정리스크 요인 중요도를 산출한 결과는 표 10과 같다. 표 10에서의 가중치는 현장실무자들이 평가한 값의 평균이므로 사례현장의 고유한 값이며, SRI는 기존에 평가된 중요도를 반영한 값이다.

사례현장의 철근콘크리트공사는 공정리스크에 의한 공기지연이 예상되며, 이 중 만회대책 수행을 위해 추가비용이 필요한(SRI 3이상) 공정리스크는 표 11과 같이 나타났다. 표 11에서 현

표 10. 사례현장 SRI

철근콘크리트공사	중요도		가중치	SRI	
	전체	단계		전체	단계
1. 착공 전 단계 공정리스크	50.00	100.00			
1-1 설계도서 검토 미흡	20.10	40.19			
· 골조와 마감도면의 불일치	3.35	6.70	4.00	2.68	5.36
· 부적절한 공법 설계	16.75	33.49	4.00	13.4	26.79
1-2 현실 계획서 작성 불합리	8.12	16.23			
· 공사범위 누락	6.09	12.17	2.67	3.25	6.50
· 정확한 공정 미반영	2.03	4.06	3.00	1.22	2.44
1-3 현장설명의 부족	11.42	22.84			
· 품질 부적격 업체 참여	1.87	3.74	1.67	0.62	1.25
· 안전 부적격 업체 참여	3.39	6.79	1.33	0.90	1.80
· 공정 부적격 업체 참여	6.15	12.31	2.33	2.87	5.74
1-4 입찰의 불합리	5.19	10.38			
· 실행예산 초과로 재입찰	0.55	1.10	2.33	0.26	0.51
· 현장내용 이해 불충분	1.35	2.70	4.00	1.08	2.16
· 저가수주로 인한 문제	3.29	6.57	3.67	2.41	4.82
1-5 계약의 불합리	3.63	7.25			
· 업체부도로 인한 계약 불가	0.60	1.21	0.00	0	0
· 계약 후 업체의 부도	3.02	6.04	3.33	2.01	4.02
1-6 자재공급원 선정의 불합리	1.56	3.11			
· 자재시행에 의한 수급문제	0.82	1.63	2.00	0.33	0.65
· 레미콘공장과 현장과의 거리	0.22	0.44	1.00	0.04	0.09
· 현장인근 지역의 교통상황	0.52	1.04	1.67	0.17	0.35

표 11. 사례현장 공정리스크 요인 평가척도 순위

순위	공정리스크	공사단계	현장가중치	중요도(순위)	
1	동바리의 붕괴	현장시공	4.67	1.7 (17)	
				3.4 (8)	
2	골조와 마감도면 불일치	착공 전	4.00	16.8 (1)	
				1.4 (18)	
5	불량품질의 자재반입	현장시공	3.67	3.3 (10)	
				14.0 (2)	
9	불량규격의 자재반입	현장시공	3.33	4.7 (6)	
				11.8 (3)	
10	막매김 오류로 인한 재시공	현장시공	3.00	3.0 (11)	
				정확한 공정 미반영	2.0 (15)
				장비사용률 저하	4.3 (7)
				장비용량 부적합	1.4 (19)
	작업인원의 부족	현장시공		2.4 (13)	

장가중치는 사례현장실무자들이 평가한 공정리스크 등급의 평균치이며, 기존 현장에서 평가된 중요도를 반영하여 SRI를 산출하게 된다. 특히, 철근콘크리트 공사에서의 공정리스크 중 “동바리의 붕괴”는 미리 조사된 중요도 순위에서는 17위였지만, 사례현장 실무자들은 가장 관리가 시급한 항목(평가척도 4.67)으로 선정하였다. 이것은 건설현장에서 관리대상 공정리스크를 선정하기 위한 중요도는 현장별 보정이 요구된다는 것을 의미한다.

2) 공정리스크 관리업무 제공

사례현장의 공정리스크 요인을 분석한 결과는 표 12의 형태로 현장관리자에게 제공될 수 있다. 표 12와 같이 제공되는 관리업무 지침은 경험이 부족한 실무자들이 착공 전 단계에서 발생 가능성이 있는 공정리스크 및 대응방안에 대한 지식을 제공할 수 있다. 또한, 공사수행과정에서 공정리스크에 대한 의사결정과정 및 대응을 용이하게 할 것으로 기대된다.

표 12. 사례현장 철근콘크리트공사 월간 공정리스크 관리업무

항 목	내 용	
해당기간	· 2005년 4월 1일 ~ 2005년 4월 30일	
작 업 명	· 형틀설치, 철근배근, 콘크리트타설	
공정리스크	동바리의 붕괴	06-B-050-02
	불량 품질의 자재반입	06-B-010-01
	불량 규격의 자재반입	06-B-010-02
	막매김 오류로 인한 재시공	06-B-030-02
	장비사용률 저하	06-B-020-01
	장비용량 부적합	06-B-020-02
	작업인원 부족	06-B-050-03
관리업무	현장소장	· 시공상세도 작성시 동바리 설계 프로그램 적용실시 · 막매김 확인 절차 수립
	공사과장	· 장비사용계획 작성 · 장비용량 검토 · 절대공기 제시 · 인원동원 지시이행 확인
	품질관리자	· 자재반입과 공사착수 사이에 철근/레미콘 규격 및 담당자 확인

4. 공정리스크 관리시스템 프로토타입

앞서 제시된 확인, 분석, 대응 과정으로 이루어진 공정리스크 관리방법은 전산시스템으로 개발되어야 실무적용가능성이 확보될 것이다. 본 연구에서는 Visual Basic과 Microsoft Excel을 기반으로 공정리스크 관리시스템의 프로토타입을 제시한다.

4.1 공정리스크 관리흐름

공정리스크 관리시스템 프로토타입은 기업차원에서 구축된 데이터베이스를 기반으로 현장별 관리대상 공정리스크 선정을 지원하고, 관리업무를 공정계획과 연계하여 출력할 수 있는 구조로 개발되었다. 그림 4는 공정리스크 관리시스템의 흐름과 입

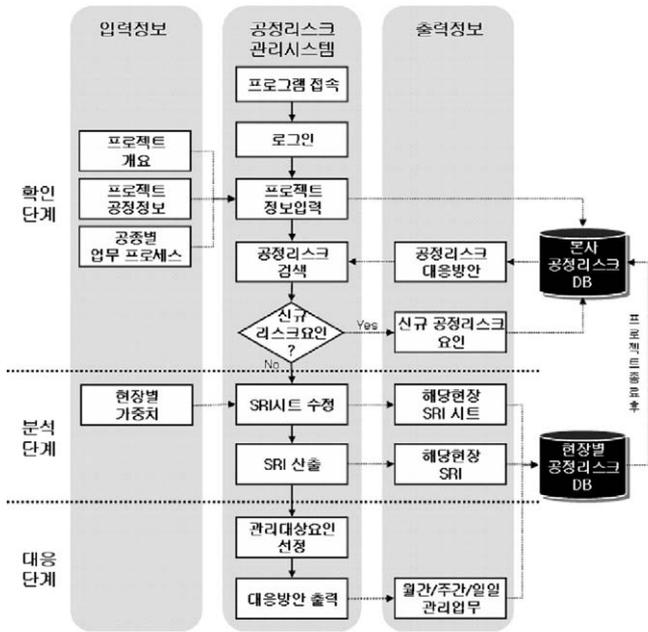


그림 4. 공정리스크 관리시스템 흐름도

출력 정보를 공정리스크 확인, 분석, 대응단계로 구분하여 나타낸 것이다.

그림 4에서 보는 바와 같이, 이미 본사 데이터베이스에 구축된 공정리스크 정보(요인, 중요도, 대응방안)는 각 현장에 제공된다. 현장에서는 SRI 시트작성과정에 신규공정리스크를 입력

하게 되며, 산출된 SRI를 참고로 하여 관리대상 공정리스크를 선정한다. 선정된 관리대상 공정리스크의 대응방안은 현장의 공정정보(공정계획)와 연계되어 월간/주간/일일 단위로 출력된다. 그림 5는 공정리스크 관리시스템의 세부 테이블 구성관계를 ERD(Entity Relationship Diagram)로 표현한 것이다.

4.2 시스템 구성

공정리스크 관리시스템은 현장정보 입력, 검색, 신규공정리스크 등록, SRI 산출, 공정정보와 연계된 대응방안 출력으로 구성된다.

1) 현장정보 입력

시스템 사용자는 처음 접속할 때 사용자 등록과정에서 담당업무를 입력한다. 이는 향후 공정리스크 관리시스템 사용권한 부여와 함께 담당자별 공정리스크 관리업무의 파악이 용이하도록 하기 위함이며, 시스템 사용권한에 따라 프로젝트 정보입력 및 신규 공정리스크 요인 등록은 제한적으로 운영된다. 시스템 사용자는 해당 프로젝트 이름과 건물유형과 같은 프로젝트의 기본 정보와 함께 공사시작일, 공사종료일 등과 같은 공정정보를 입력한다.

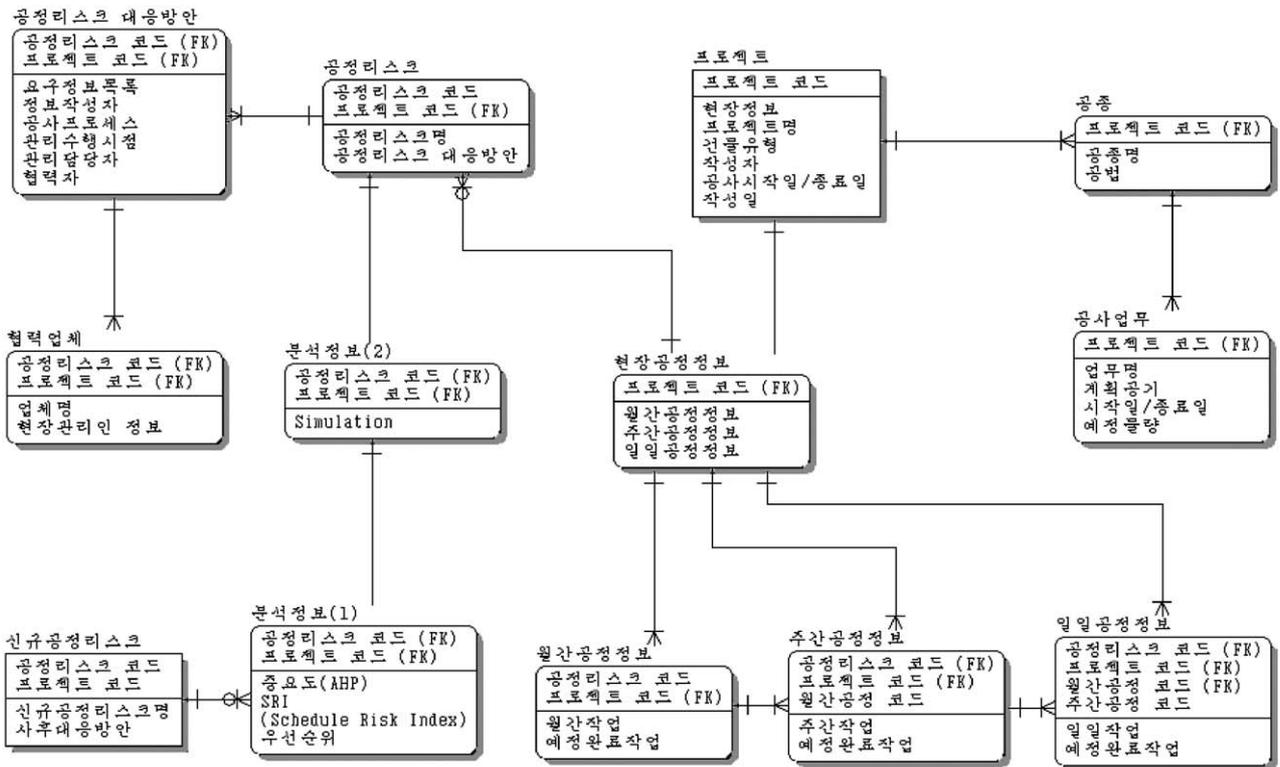


그림 5. 시스템 구성 ERD

2) 공정리스크 검색

공정리스크 관리담당자는 기존의 공정리스크 관리 데이터베이스에서 공정리스크 요인에 대해 검색한다. 이 과정에서 기존 유사프로젝트에서의 공정리스크를 공중 및 공사업무 프로세스에 따라 검토하고, 해당현장에 관리대상 공정리스크 요인에 대해 파악한다.

3) 신규공정리스크 등록

공정리스크 검색과정에서 해당프로젝트에서 관리대상 공정리스크로 판단되는 항목이 본사에서 제공된 데이터베이스에 누락되어 있을 경우, 신규리스크 등록과정을 거쳐 현장별 데이터베이스에 저장한다. 현장별 데이터베이스에 등록된 신규공정리스크 정보는 프로젝트 종료 후 분석내용 및 대응방안과 함께 회사차원의 공정리스크 데이터베이스에 저장된다.

4) 공정리스크 분석-SRI 산출

SRI 시트의 작성권한을 가진 사용자는 각각의 공중별 공정리스크 요인이 해당 프로젝트에서 가지는 중요도를 체크하며, SRI 시트 작성이 완료되면 그림 6과 같이 공중별 공정리스크 요인들의 중요도가 나타난다. 신규 공정리스크로 등록된 요인은 SRI 시트에도 추가된다. SRI는 공정리스크 관리 담당자가 관리대상 공정리스크 요인선정의 객관적 근거로 활용될 수 있지만, 해당 프로젝트를 고려하지 않은 가중치에 의해 나타날 수 있는 오류를 방지하기 위해 관리대상 리스크 요인 선정은 리스크 관리자의 주관적 선택에 의해 최종적으로 결정된다.

5) 공정리스크 대응방안 출력

시스템 사용자는 각자의 관리범위에 따라 공정리스크 관리 담당자별 출력이 가능하도록 하여, 공정흐름에 따라 그림 7과 같이 관리대상 공정리스크의 대응방안에 대한 사전인식이 가능하도록 하였다.



그림 7. 공정리스크 관리담당자 선택

관리대상으로 선정된 공중별 공정리스크 요인은 현장의 공정정보(공정표)와 연계되어 월간 및 주간 공정에 따라 출력되어지며, 당일 공사일보와도 연계되어 출력이 가능하다. 각 현장의 공정리스크 관리는 이와 같이 시스템 내에 저장된 공정정보와 연결되어 일정별·담당자별 출력이 가능하며, 신규 공정리스크 요인에 대한 분석은 공사 완료 후에 상대비교를 통한 가중치 산출과정을 통해 회사차원의 공정리스크 관리 데이터베이스에 저장된다.

5. 결론

건설현장에서 실무자들의 경험부족은 공정리스크 관리에 필요한 의사결정에 장애요인이 되며, 착공지연, 공기연장 등의 결과를 유발하는 원인이 된다. 본 연구에서는 건설현장 실무자들에게 관리대상 공정리스크 선정 방법 및 관리업무를 제공하기 위한 시스템 프로토타입을 개발하였으며, 그 결과는 다음과 같다.

(1) 현장실무자들이 공정리스크에 대해 명확히 인식하고, 공정운영에 따른 효율적인 관리업무 수행을 지원하기 위해 공중별 공사업무 프로세스 기반의 확인방법을 제시하였다.

(2) AHP기법을 이용하여 산출된 공정리스크 요인별 중요도에



그림 6. 관리대상 공정리스크 선정

PDRI 개념을 반영하여 현장별 특성이 반영된 공정리스크 중요도 지수(SRI)를 개발하였으며, 향후 타 현장에서의 적용을 고려한 공정리스크 중요도 보정방법을 제안하였다.

(3) 공중별 공정리스크 검토양식에 나타난 요인별 대응방안을 현장에서 공사일정에 따라 검색하고 SRI를 통해 관리우선순위를 결정하며, 이를 기반으로 관리대상 공정리스크 요인선정 및 공정정보와 연계된 공정리스크 관리업무의 출력기능을 갖춘 공정리스크 관리지원 시스템 프로토타입을 개발하였다.

본 연구에서 개발된 시스템은 건설현장 실무자들이 공정리스크 관리업무를 수행하는데 필요한 지식을 제공하여, 의사결정지원에 따른 공기지연을 방지할 수 있을 것으로 기대된다.

향후, 건축공사의 공정정보와 공정리스크 정보와의 효율적 연계방법 개발을 위해 부위정보가 반영된 공정리스크 분류체계의 구축과 공정리스크에 대한 지속적인 중요도 평가를 통한 가치치의 객관성 확보가 요구되며, 현재 활용되고 있는 공정프로그램 및 현장관리시스템과의 연계를 고려한 보완개발이 요구된다.

참고문헌

1. 강인석 외 2인 (2001). "건설공사단계별 리스크 인자 중요도에 관한 현황 분석." 대한건축학회논문집(구조계), 17(8), 대한건축학회, pp.103-110.
2. 김인호 (2001). 건설사업의 리스크관리-건설사업의 위험성과 불확실성에 대한 전략적 접근방법, 기문당.
3. 서석원 외 2인 (2002). "건설공사의 최적 리스크 대응방안 선정을 위한 의사결정 모델." 대한건축학회논문집(구조계), 18(8), 대한건축학회, pp.115-122.
4. 윤철성 외 1인 (2003). "국내 건설공사 클레임 사례를 기준한 위험요인 및 대응전략 도출." 대한건축학회논문집(구조계), 19(9), 대한건축학회, pp.163-170.
5. 장명훈 (2006a). "확률적 방법에 의한 공정리스크 시뮬레이션 시스템 개발." 대한건축학회논문집(구조계), 22(8), 대한건축학회, pp.117-124.
6. 장명훈 외 2인 (2006b). "공정관리 프로그램을 이용한 공정리스크 관리 방안." 대한건축학회논문집(구조계), 22(12), 대한건축학회, pp.131-138.
7. 조훈희 외 2인 (2001). "공기연장 실태조사를 통한 발주자 중심 공기지연 리스크 대응방안 - 공공발주 공동주택을 대상으로." 대한건축학회논문집(구조계), 17(12), 대한건축학회, pp.159-166.
8. 주해금 외 1인 (2003). "건설사업 위험분류체계의 재정립을 통한 위험인지 체크리스트 개발." 건설관리, 4(2), 한국건설관리학회, pp.109-117.
9. 주해금 외 2인 (2005). "위험관리 중심의 곤정관리모델." 건설관리, 6(6), 한국건설관리학회, pp.81-89.
10. 한종관 외 2인 (2003). "시공사 중심의 주요 공중별 공기지연 원인 분석에 관한 연구 - 공동주택을 중심으로." 대한건축학회논문집(구조계), 19(3), 대한건축학회, pp.163-170.
11. 홍성욱 외 2인 (2003). "국내 건설기업의 리스크 관리의 실태 분석 및 개선방향에 관한 연구." 대한건축학회논문집(구조계), 19(5), 대한건축학회, pp.153-160.
12. 황지선 외 1인 (2003). "초기 건설공사의 리스크 분류체계에 관한 연구." 대한건축학회 학술발표대회논문집, 23(1), 대한건축학회, pp.339-342.
13. Aleshin, A. and Dworatsch, S. (1997). "Risk Management of Joint Venture Construction Projects of Foreign Cooperation in Russia." PMI 28th Annual Seminars & Symposium, PMI, pp.221-226.
14. Construction Industry Institute (1996), PDRI: Project Definition Rating Index for Building Projects. Construction Industry Institute, pp.1-61.
15. Jaafari, A. (1994). "Total Project Risk management Aided by Information Systems." 12th Internet World Congress on Project Management, Proceedings, Vol.2, pp.311-317.
16. Miyagawa, Tetsuya (1997). "Construction Manageability Planning-A System for Manageability Analysis in Construction Planning." Automation in Construction, 6(3), Elsevier, pp.175-191.
17. Mootanah, D. P. (1997). "A Holistic Framework for Managing Risks in Construction Projects." PMI 28th Annual Seminar & Symposium, PMI, pp.1056-1062.
18. Mulholland, B. and Chritian, J. (1999). "Risk assessment in construction schedules." Journal of Construction Engineering and Management, 125(1), ASCE, pp.8-15.
19. Nasir, D., McCabe, B. and Hartono, L. (2003). "Evaluating Risk in Construction-Schedule Model (ERIC-S): Construction Schedule Risk Model." Journal

- of Construction Engineering and Management, 129(5), ASCE, pp.518-527.
20. Wang, Wei-Chih, Liu, Jang-Jeng and Chou, Shih-Chieh (2006). "Simulation-based safety evaluation model integrated with network schedule." Automation in Construction, 15(3), Elsevier, pp.341-354.
21. Yi, Kyo-jin and Langford, David (2006).

"Scheduling-Based Risk Estimation and Safety Planning for Construction Project." Journal of Construction Engineering and Management, 132(6), ASCE, pp.626-635.

논문제출일: 2007.12.20

심사완료일: 2008.04.14

Abstract

In order to achieve the best performance of a project, uncertainties involved in the building construction process need to be identified in the planning phase of the project. Risk management plays a significant role in construction to minimize risk occurred due to uncertainties of a project. Although the importance of the risk management has been known to the construction industry, a more effective system should be developed to meet the demands of the industry.

The purpose of this study is to develop the effective risk management system for scheduling the construction processes. The study provides a tool that can optimize the management system which would assist managers to identify schedule risks in the planning phase of the project.

Keywords : Schedule, Risk, Trade, Construction, Process