

착공전 단계에서의 철근콘크리트 공사 공정리스크 관리 방안

Schedule Risk Management of Reinforced Concrete Construction at the Preconstruction Phase

류한국* · 김선국** · 이현수***

Ryu, Han-Guk · Kim, Sun-Kuk · Lee, Hyun-Soo

요 약

최근의 건설시장 축소와 주 5일 근무제도, 공기단축형 입찰제도의 도입, 후분양제도의 도입 등의 제도적 변화에 따라 건설 수주 경쟁은 더욱 치열해지고 있다. 그러나 건설공사는 공기지연을 유발하는 수많은 공정리스크가 존재하고 있으며 이러한 공정리스크에 대한 인식과 그에 따른 체계적인 관리가 부진한 경우 건설공사의 경쟁력을 확보하는 데 여러 어려움이 존재한다. 이러한 문제점을 해결하기 위한 기존 연구는 공정리스크의 분류, 공정리스크의 관리, 리스크 관리를 위한 시스템 개발에 치중하였다. 이에 본 연구는 전체 공정에 영향력이 크며, 위험발생 확률이 높은 철근콘크리트공사를 대상공종으로 선정하고 기존연구를 바탕으로 수차례의 전문가 면담과 난상토론을 실시하여 현실적인 리스크 요인과 관리방안을 제시하였다.

키워드: 철근콘크리트 공사, 공정리스크, 불확실성, 공기경쟁력, 업무프로세스, 계층분석방법(AHP)

1. 서론

1.1 연구의 배경 및 목적

착공전 단계에서의 의사결정은 원가관리, 품질관리, 공정관리, 안전관리 등 공사전반에 미치는 관리대상에 대한 관리방향을 모색하는 것으로서, 이러한 의사결정 과정은 프로젝트의 성공적 완수를 위해 자원(인력, 재료, 장비 등)관리와 관련한 제반 항목과 대응방안을 도출하는 과정이라고 할 수 있다.

착공전 단계에서 결정된 의사결정사항은 전반적인 프로젝트 기간 동안에 중요한 영향을 미친다. 따라서 착공전 단계에서 미래 공사기간의 불확실성에 대한 최대한의 예측과 공정리스크를 확인하고 대응할 수 있도록 하는 것은 프로젝트의 성공을 위해 필수적이라 할 수 있다. 그러나 Tommelein(1998)은 건설공사의 불확실성은 건설공사가 진행됨에 따라 변화하고 이러한 불확실성은 계획의 실행단계에서 명확히 규정될 수 있다고 역설하였

다. 따라서 본 연구는 철근콘크리트 공사단계에서 발생하는 공정리스크를 도출함으로써 발생가능한 공정리스크에 대하여 공사착공전 단계에서 대응할 수 있는 방법을 제시하는 것을 목적으로 한다.

1.2 연구의 범위 및 방법

철근콘크리트공사는 고층 건물공사에서 철골에 비해 공사기간 측면에서 약점이 있음에도 불구하고, 최근 공사에서 사용이 증가되고 있다. 철근콘크리트공사는 골조공종이기 때문에 시공중에 발생하는 공정리스크는 전체 공정에 상당한 영향을 미친다. 또한 고성석(2004)의 연구에 따르면 건축공사의 공종별 위험발생 확률 분석의 결과에서 22개 공종 중 세개의 공종(거푸집 공사, 철근공사, 콘크리트공사)의 위험발생확률이 26.1%를 차지하였다.

따라서 본 연구는 전체공정에 영향력이 크며, 위험발생 확률이 높은 철근콘크리트공사를 대상공종으로 선정하였다. 또한 현실적인 리스크 관리방안을 제시하기 위하여 15층이상의 오피스 빌딩을 연구의 대상 범위로 하였다.

연구의 방법은 다음과 같다.

(1) 공정리스크 관리를 위한 기존연구를 분석하고 공정리스크를 파악하였다.

(2) 15층 이상의 오피스빌딩공사의 철근콘크리트공사를 대상

* 학생회원, 서울대학교 건축학과, 박사수료

** 종신회원, 경희대학교 토목건축대학, 교수

*** 종신회원, 서울대학교 건축학과, 교수

본 연구는 건설교통부가 출연하고 한국건설교통기술개발원에서 위탁시행한 2003년도 건설핵심기술연구개발사업(03산학연C103A104000-03A0204-00110)과 2004년 삼성물산 건설부문의 'Pre-construction 단계에서 건설공정리스크 관리방안' 연구의 지원을 받아 수행한 결과의 일부임.

으로 업무프로세스를 작성한 후 현장조사와 본사전문가 면담을 바탕으로 발생 가능한 리스크를 도출하였다.

(3) 도출한 철근콘크리트 공사의 공정리스크의 영향도를 객관적으로 정량화하기 위하여 계층분석방법(Analytic Hierarchy Process : AHP)을 적용하고 우선순위를 도출하였다.

(4) 우선순위에 따라 도출한 10개의 착공전 단계의 공정리스크와 14개의 공사단계의 공정리스크에 대하여 본사 및 현장의 공정전문가 7명과의 난상토론(Brainstorming)을 통하여 착공전 단계에서의 공정리스크 관리방안을 제시하였다.

2. 공정리스크 관리를 위한 기존 연구

2.1 국내 연구

국내연구로 윤여완(2001)은 건설 시공단계의 공법별 리스크 요인을 인지하기 위한 체크리스트를 개발하였다. 조훈희(2001)는 공정 전문가들의 면담을 통하여 공기 지연 리스크의 대응방안을 제시함으로써 공기지연에 대한 예방대책을 제안하였다. 강인석(2002)은 리스크 인자별 분류체계(Risk Breakdown Structure)를 제시하고 이를 활용한 리스크관리 시스템을 제안하였다. 홍성욱(2003)은 최고경영진의 리스크관리에 대한 인식 제고 및 리스크전담조직의 설치를 통한 신속 정확한 리스크 대처의 필요성을 주장하였다. 한종관(2003)은 시공자 관점에서 공기지연원인들을 구명하고 각각의 공종별로 공기지연과 관련된 리스크 요인에 대한 대응방안을 제시하였다. 류한국(2003)은 건설공사의 지연은 많은 불확실한 요인과 요인들의 결합으로 발생하고 이러한 공기지연 요인들을 귀책사유에 따라 발주자, 설계자, 원도급자, 협력업체 등으로 분류하였다. 또한 공기지연 클레임을 방지하고 체계적 관리를 할 수 있는 건설공사 생산성 데이터모델을 개발하였다. 서상욱(2005)은 철골공사의 착공전 단계의 공정리스크 관리도구의 개발을 제안하였다. 이와 같이 국내 연구는 실태조사를 통한 리스크인자의 도출과 분류에 대한 연구가 진행되었다.

2.2 국외 연구

1980년대와 1990년대 중반의 공정리스크에 대한 국외 연구는 리스크관리 프로세스에 중점을 두어 리스크를 확인(Identification)하고, 분석(Analysis)하고, 대응(Response)할 수 있는 연구가 진행되었다. (Mootanah 1997, Aleshin 1997, Jaafari 1994) 1990년대 후반부터는 리스크관리를 적용할 수 있는 시스템 개발에 대한 연구가 진행되었다. Tetsuya Miyagawa(1997)는 리스크에 대한 순차적 의사결정을 지원하기 위한 건설관리 계획 시스템 (Construction Manageability

Planning System : CMy Planner)을 개발하였다. Mullholland과 Chritian(1999)은 건설공사의 공정상의 불확실성의 측정을 위하여 민감도 분석을 실시하였고 Hypercard와 Excel 프로그램을 이용하여 과거 프로젝트 리스크 실적자료를 바탕으로 리스크의 발생 잠재성을 인지(Identification)할 수 있는 모델을 개발하였다. Nasir(2003)는 PERT에 의한 스케줄 리스크 분석을 위한 액티비티 기간을 결정하는 방법을 제안하였다. 그는 리스크의 종류와 리스크간의 종속관계, 리스크 조합에 따른 확률분포를 도출하여 스케줄모델의 리스크 평가 시스템 (Evaluating Risk in Construction-Schedule Model : ERIC-S)을 개발하고 민감도 분석을 실시하여 17개 사례에 대한 유의한 결과를 증명하였다.

이와 같이 기존의 국내외 연구는 공정리스크의 분류, 공정리스크의 관리, 리스크 관리를 위한 시스템 개발로 요약할 수 있다. 따라서 본 연구에서 제안하는 철근 콘크리트 공종에 대하여 구체적인 공정리스크의 도출, 리스크 요인간의 상대적 가중치, 그에 따른 상세 대책방안을 제시한 연구는 미흡한 실정이다.

3. 철근콘크리트 공사의 업무프로세스

3.1 착공전 단계

철근콘크리트공사의 착공 전 단계는 그림 1과 같이 설계도서 검토, 현실계획서 작성, 현장설명 실시, 입찰, 계약, 자재공급원 선정과 같이 여섯 단계로 이루어진다. 입찰을 제외한 나머지 단계는 원도급자의 담당업무로서 착공 전 단계에서는 협력업체에 의한

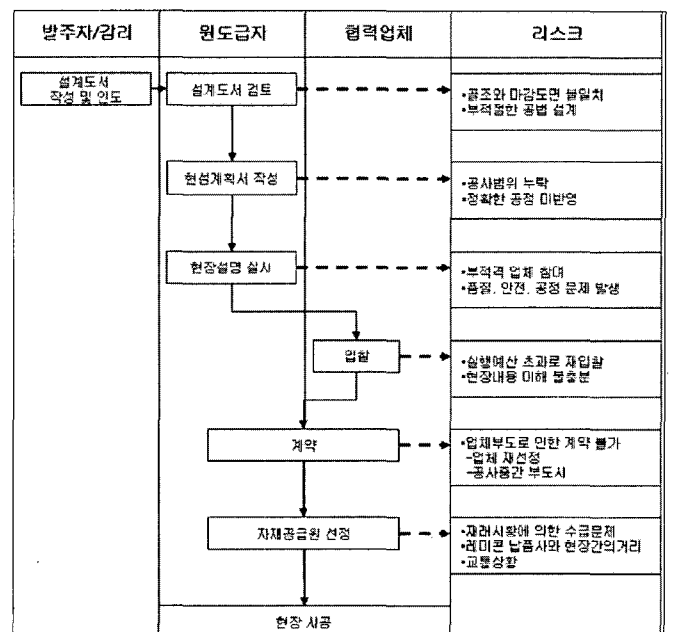


그림1. 철근콘크리트 공사의 착공전 업무프로세스와 리스크 요인

공기지연 리스크 요인보다 원도급자의 업무에 의한 리스크 인자들이 많이 분석되었다.

설계도서 검토 단계의 리스크 인자는 골조와 마감도면 불일치, 부적절한 공법 설계와 같은 요인이 도출되었고, 현실계획서 작성 단계는 공사범위 누락, 정확한 공정 미반영 등의 리스크 인자가 확인되었다.

실행예산 초과로 인한 재입찰이나 업체 부도로 인한 계약 불가(업체 재정성) 등의 리스크 인자는 입찰과 계약 단계에서 발생하는 공기지연 요소이며 자재공급원 선정 시 발생하는 리스크 인자는 재래시황에 의한 수급문제, 레미콘 납품사와 현장간의 거리, 교통상황 등을 들 수 있다.

3.2 시공 단계

철근콘크리트공사의 현장시공 단계는 그림 2와 같이 자재반입, 양중 및 소운반, 맥매김, 철근설치, 형틀설치, 콘크리트 타설의 여섯 단계로 구성되며 현장시공 단계에서는 협력업체에 의해 작업이 이루어진다.

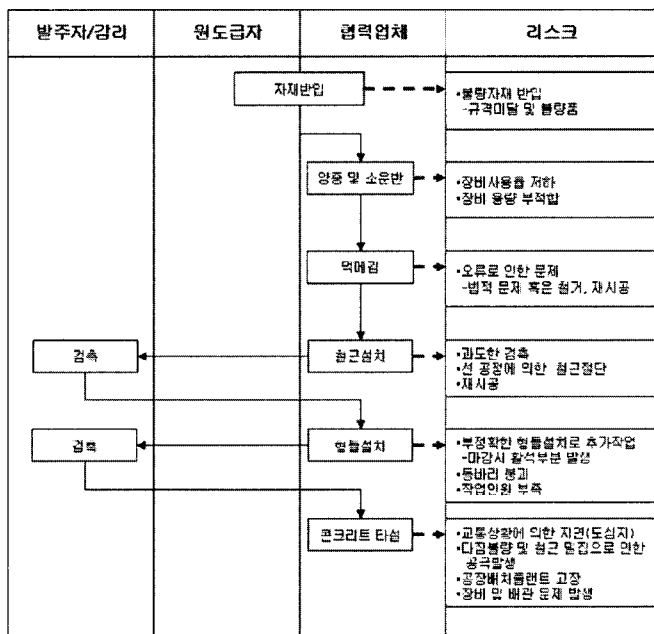


그림2. 철근콘크리트 공사의 시공단계의 업무프로세스와 리스크 요인

자재반입과 양중 및 소운반 단계에서는 불량자재 반입, 장비사용을 저하 등과 같은 리스크 인자가 나타났으며 맥매김, 철근설치, 형틀설치, 콘크리트 타설과 같은 현장설치 작업에서는 과도한 검측, 부정확한 형틀설치로 인한 추가작업, 교통상황에 의한 지연(도심지), 공장배치 고장 등의 리스크 인자가 분석되었다.

4. AHP를 이용한 콘크리트 공사의 공정리스크 중요도 도출

단순한 사고로 공정리스크의 문제를 해결하는 것이 어려우므로 요인들 간의 상호작용과 종속성을 허용하면서 다소 복잡하지만, 조직화되어 있는 틀(Frame)에서 공정리스크의 영향도를 파악하는 것이 필요하다. 이러한 틀을 제공하는 것이 계층분석방법(AHP)이다. AHP는 복잡하고 조직화되어 있지 않은 공정리스크 문제를 그 구성요인별로 세분화해 나가는 방법이다. 즉, 문제와 계층을 규정할 때는 정성적으로, 판단이나 선호를 정확히 표현할 때는 정량적으로 분석이 가능하다. AHP는 이러한 두 가지 측면이 통합되도록 설계할 수 있다.

4.1 AHP 기법

Saaty(1980)가 제안한 AHP기법은 객관적인 평가요인은 물론 주관적인 평가요인도 수용하는 매우 유연한 의사결정기법으로서 수학적 이론보다도 직관을 바탕으로 하기 때문에 그 논리가 매우 쉽다는 장점을 지니고 있으며, 이 이론의 주요 특징은 다음과 같다. (박노국, 1993)

첫째, 정량적인 방법으로 문제를 해석하기 때문에 이해하기 쉬운 요인과 명확한 구조로 구성된다.

둘째, 복잡하고 불분명한 문제에 대해서는 여러 계층으로 분리하여 부분적인 관계를 1:1 비교를 하여 중요도를 분석한다.

셋째, 시스템 어프로치를 통하여 주관적인 판단을 하고 이를 조합하여 결론을 내린다. 이 어프로치를 통하여 경험을 살린 의사결정을 할 수 있다.

넷째, 관계자 간의 의사결정에 있어서 각각의 의사를 1:1로 비교하여 접근할 수 있다. 1:1 비교치를 집산하여 기하평균을 적용함으로 객관적 결정을 할 수 있다..

또한 전문가라 할지라도 계층에 있는 각 요인의 상대적인 중요도를 판단하는 데 착오를 일으킬 수 있다. 따라서 AHP에서는 판단의 일관성을 검토할 수 있게 되어 있다. 완전한 일관성을 갖는 값으로부터 너무 멀리 떨어져 있게 되면 판단을 다시 행하지 계층을 재구성해야 할 필요가 있다.

공정리스크 문제를 구성하는 요인이나 변수를 계층적 순서로 배열하고 각 요인의 상대적 중요도에 대한 주관적 판단을 행하고, 표 1의 쌍대비교 기본척도와 같이 중요도를 1~9까지 부여한다.

표1. AHP에서의 중요도에 관한 기본척도

중요도	정 의	설 명
1	비슷함 (equal importance)	어떤 기준에 대하여 두 활동이 비슷한 영향을 가진다고 판단됨
3	약간 중요함 (moderate importance)	경험과 판단에 의하여 한 활동이 다른 활동보다 약간 더 영향을 미침
5	중요함 (strong importance)	경험과 판단에 의하여 한 활동이 다른 활동보다 확실하게 영향을 미침
7	매우 중요함 (very Strong importance)	경험과 판단에 의하여 한 활동이 다른 활동보다 강하게 영향을 미침
9	극히 중요함 (extreme importance)	경험과 판단에 의하여 한 활동이 다른 활동보다 극히 강하게 영향을 미침
2,4,6,8	위 값들의 중간 값	경험과 판단에 의한 비교 값이 위 값들의 중간에 해당한다고 판단될 경우 사용함
역수 값 : 활동 i가 활동 j에 대하여 위의 특정 값을 갖는다고 할 때, 활동 j는 활동 i에 대하여 그 특정 값의 역수 값을 갖는다.		
1.1 -1.9	동등한 활동 (for tried activities)	비교요소가 매우 비슷하여 거의 구분할 수 없을 때 사용하는 값으로서 약간 동등은 1.3, 약간 차이가 나는 경우는 1.9를 사용함

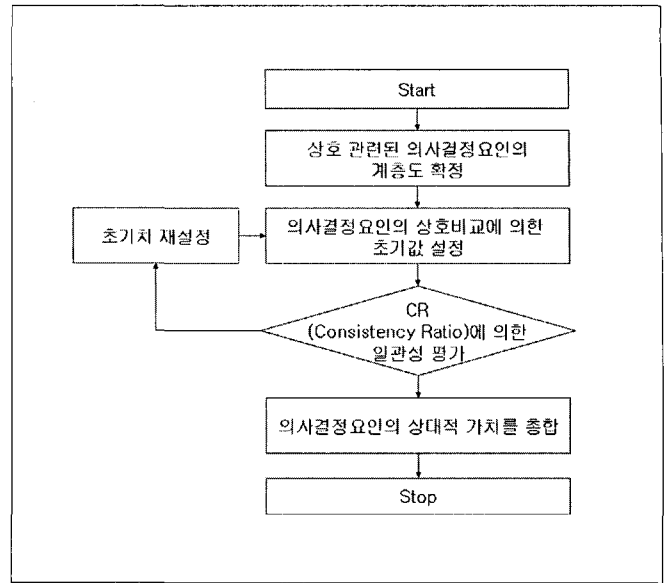


그림3. AHP 기법의 적용과정

4.2 AHP 기법적용을 위한 의사결정 4단계

Zahedi(1986)는 그림 3과 같이 AHP 기법의 적용과정은 4단계를 거친다고 주장하였다.

- 1 단계 - 의사결정계층의 확립
- 2 단계 - 의사결정요인을 쌍으로 비교함으로써 초기 데이터의 수집

- 3 단계 - 아이겐 치(Eigen Value) 방법을 이용하여 의사결정요인의 상대적 가치를 추정함 : CR에 의한 일관성 평가(CR ≤ 10%이 유효)

- 4 단계 - 의사결정요인의 상대적 가치를 총합시킴

4.3 철근콘크리트 공사의 프로세스에 따른 공정리스크 분류체계

기존의 리스크 분류체계에서 문제점으로 지적되었던 분류기

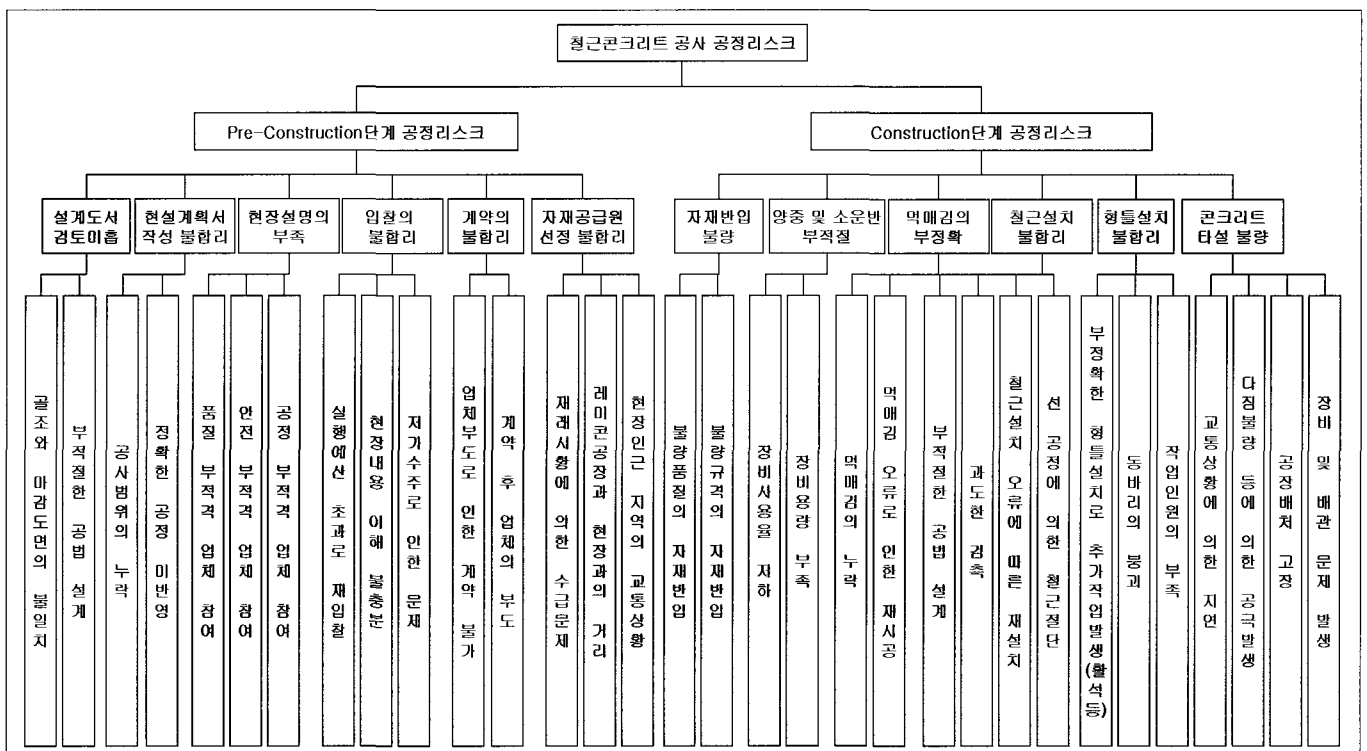


그림4. 철근콘크리트 공사의 프로세스에 따른 공정리스크 분류체계

준의 모호함을 개선하기 위해 공종별 프로세스를 중심으로 한 분류체계(1 단계를) 제시하였다. 공종별 프로세스를 기반으로 한 리스크 분류체계는 리스크 관리업무체계 구축을 용이하게 하며, 수립된 대응방안에 따른 효율적 업무수행을 가능하게 할 수 있다. 그림 4는 철근콘크리트 공사 공정리스크의 분류체계를 나타낸 것이다.

4.4 공정리스크의 쌍대비교

AHP 기법 적용을 위한 2단계로써 각 요인들의 쌍대비교를 위한 각 레벨별 요인비교 매트릭스 15개를 구성하였다. Saaty(1980)가 제안한대로 각 수준의 요소를 최대 9개 항목이하로 조정하고 상호비교항목에 리스크요인을 기입해 설문자가 비교 값을 입력할 수 있도록 하였다.

모든 상호비교 매트릭스는 앞서 작성된 계층도(그림 4)의 한 범주를 기준으로 해서 작성하였다. 예를 들어, 표 3의 철근콘크리트공사에서 '착공전 단계의 공정리스크'는 계층도의 하위 구성항목인 '설계도서 검토미흡', '현설계획서 작성 불합리' 등의 항목들로 구성하였다. 매트릭스 구성시 중요한 부분은 테이블의 가로행과 세로행의 항목이 같다는 것이다. 표3의 쌍대비교 매트릭스의 2행 5열의 해석은 "착공전 단계의 공정리스크 중에서 현장설명의 부족이 입찰의 불합리보다 3(약간 더 영향)을 미친다"이다.

표3. 철근콘크리트공사의 착공전 단계의 공정리스크 쌍대비교 매트릭스

착공전 단계의 공정리스크	설계도서 검토 미흡	현설계획서 작성 불합리	현장설명의 부족	입찰의 불합리	계약의 불합리	자재공급원 선정의 불합리
설계도서 검토 미흡	1	4	2	6	4	8
현설계획서 작성 불합리	1/4	1	1/2	2	3	8
현장설명의 부족	1/2	2	1	3	4	5
입찰의 불합리	1/6	1/2	1/3	1	3	4
계약의 불합리	1/4	1/3	1/4	1/3	1	4
자재공급원 선정의 불합리	1/8	1/8	1/5	1/4	1/4	1

4.5 공정리스크의 상대적 가중치 측정과 일관성분석

철근콘크리트공사의 착공전 단계의 공정리스크 쌍대비교 매트릭스를 바탕으로 AHP 기법 적용을 위한 3단계로써 Eigen Value법(Satty, 1980)에 의한 의사결정요인의 상대적 가중치를 측정하면 표4의 착공전 단계와 표5의 착공후 단계와 같다.

공정전문가를 상대로 설문을 한다고 하더라도 여러 개의 항목을 쌍대비교를 하고 사고의 일관성을 유지하는 것은 상당히 어렵다. 이에 공정리스크의 상대적 가중치를 측정한 후 가중치의 신뢰성을 확인하기 위하여 완성된 쌍대비교 매트릭스에 대한 일관성 평가를 실시하였다. 만약 평가하는데 있어서 사고의 일관

성을 잃게 된다면 설문 자체의 의미가 없어지게 되므로 일관성 평가는 AHP기법 적용에 있어 빠질 수 없는 부분이라고 할 수 있다.

일관성은 Satty(1980)가 제안한 CR(Consistency Reliability)에 의하여 평가하였다. CR은 $(CI/RI)*100$ 이고 CI는 $(\lambda_{max}-n)/(n-1)$ 이다. RI(Random Index)는 Saaty(1980)가 제시한 확률가중치(Randomly Generated Weight)이다. 일관성의 판단 기준은 $CR \leq 10\%$ 이면 즉, 0.1 이하이면 사고의 일관성이 있어서 비교적 설문 값을 믿을 수 있음을 나타낸다. 예를 들어 표4에서 CI는 0.0819이고 RI는 1.24이므로 CR은 0.0659이므로 일관성이 있음을 파악할 수 있다. 그러나 1차 설문조사를 통한 15개의 쌍대비교 매트릭스의 일관성 검증 결과 6개의 쌍대비교 매트릭스에서 일관성이 없는 것으로 판명되었다. 따라서 신뢰성있는 공정리스크의 상대적 가중치를 파악하기 위하여 공정전문가들에게 사고의 일관성에 대하여 상세히 설명한 후 2차 설문조사를 실시한 결과 표 4, 5와 같이 모든 매트릭스의 비교결과가 일관성을 갖게 되었다.

표4. 철근콘크리트공사의 착공전 단계의 공정리스크 항목별 영향도와 우선순위

1 Level	2 Level	3 Level	영향도 및 우선순위			
			2~3 Level		1~3 Level	
			가중치	순위	가중치	순위
공사 착공전 단계의 공정리스크 (0.5, 1)	설계도서 검토 미흡 (0.4019, 1)	골조와 마감도면의 불일치 (0.1667, 2)	0.0670	5	0.0335	9
		부적절한 공법 설계 (0.8333, 1)	0.3349	1	0.1675	1
		CI=0, RI=0, CR=0	-	-	-	-
	현설계획서 작성 불합리 (0.1623, 3)	현설계획서 작성 불합리 (0.7500, 1)	0.1217	3	0.0609	5
		공사범위의 정확한 공정 미반영 (0.2500, 2)	0.0406	8	0.0203	15
		CI=0, RI=0, CR=0	-	-	-	-
	현장설명의 부족 (0.2284, 2)	품질 부적격 업체 참여 (0.1638, 3)	0.0374	9	0.0187	16
		안전 부적격 업체 참여 (0.2973, 2)	0.0679	4	0.0339	8
		공정 부적격 업체 참여 (0.5390, 1)	0.1231	2	0.0615	4
		CI=0.0046, RI=0.058, CR=0.0079	-	-	-	-
	입찰의 불합리 (0.0725, 5)	실행예산 초과로 재입찰 (0.1062, 3)	0.0110	13	0.0055	26
		현장내용 이해 불충분 (0.2605, 2)	0.0270	10	0.0135	19
		저가수주로 인한 문제 (0.6333, 1)	0.0657	6	0.0329	10
		CI=0.0194, RI=0.58, CR=0.0334	-	-	-	-

표4. 철근콘크리트공사의 착공전 단계의 공정리스크 항목별 영향도와 우선순위(계속)

1 Level	2 Level	3 Level	영향도 및 우선순위			
			2~3 Level		1~3 Level	
			가중치	순위	가중치	순위
공사단계의 공정리스크 (0.5, 1)	자재공급원 선정의 불합리 (0.0311,6)	업체부도로 인한 계약 불가 (0.1667, 2)	0.0121	12	0.0060	25
		계약 후 업체의 부도 (0.8333, 1)	0.0604	7	0.0302	12
		CI=0, RI=0, CR=0	-	-	-	-
		자재시황에 의한 수급문제 (0.5247, 1)	0.0163	11	0.0082	22
		레미콘공장과 현장과의 거리 (0.1416, 3)	0.0044	15	0.0022	30
		현장인근 지역의 교통상황 (0.3338, 2)	0.0104	14	0.0052	27
		CI=0.0289, RI=0.58, CR=0.0464	-	-	-	-
	CI=0.0819, RI=1.24, CR=0.0659	합계	1.0	-	0.5	-

(A, B) : A:가중치, B:순위

표5. 철근콘크리트공사의 공사 단계의 공정리스크 항목별 영향도와 우선순위

1 Level	2 Level	3 Level	영향도 및 우선순위			
			2~3 Level		1~3 Level	
			가중치	순위	가중치	순위
공사 착공전 단계의 공정리스크 (0.5, 1)	자재반입 불량 (0.3728, 1)	불량품질의 자재 반입 (0.7500, 1)	0.2796	1	0.1398	1
		불량규격의 자재 반입 (0.2500, 2)	0.0932	3	0.0466	3
		CI=0, RI=0, CR=0	-	-	-	-
	양중 및 소운반 부적절 (0.1142, 4)	장비사용을 저하 (0.7500, 1)	0.0857	4	0.0428	4
		장비 용량부족 (0.2500, 2)	0.0286	9	0.0143	9
		CI=0, RI=0, CR=0	-	-	-	-
	먹메김 부정확 (0.2623, 2)	먹메김의 누락 (0.1000, 2)	0.0262	10	0.0131	10
		먹메김 오류로 인한 재시공 (0.900, 1)	0.2361	2	0.1180	2
		CI=0, RI=0, CR=0	-	-	-	-
	철근설치 불합리 (0.1185, 3)	과도한 검측 (0.1279, 3)	0.0152	12	0.0076	12
		철근설치 오류에 따른 재설치 (0.3601, 2)	0.0427	7	0.0213	7
		선 공정에 의한 철근 절단 (0.5119, 1)	0.0607	5	0.0303	5
		CI=0.0543, RI=0.58, CR=0.0937	-	-	-	-
	형틀설치 불합리 (0.0888, 5)	부정확한 형틀설치로 추가 작업 발생 (0.0689, 3)	0.0061	15	0.0031	15
		동바리의 붕괴 (0.3844, 2)	0.0341	8	0.0171	8

표5. 철근콘크리트공사의 공사 단계의 공정리스크 항목별 영향도와 우선순위(계속)

1 Level	2 Level	3 Level	영향도 및 우선순위			
			2~3 Level		1~3 Level	
			가중치	순위	가중치	순위
공사 착공전 단계의 공정리스크 (0.5, 1)	형틀설치 불합리 (0.0888, 5)	작업인원의 부족 (0.5467, 1)	0.0485	6	0.0243	6
		CI=0.0545, RI=0.58, CR=0.094	-	-	-	-
	콘크리트 타설불량 (0.0434, 6)	교통상황에 의한 지연 (0.2020, 3)	0.0088	14	0.0044	14
		다짐불량 등에 의한 공극 발생 (0.0454, 4)	0.0020	16	0.0010	16
		공강배치 플랜트 고장 (0.3430, 2)	0.0262	10	0.0131	10
		장비 및 배관 문제 발생 (0.4095, 1)	0.0178	11	0.0089	11
		CI=0.0822, RI=0.9, CR=0.0913	-	-	-	-
		CI=0.1007, RI=1.24, CR=0.0812	합계	1.0	-	0.5

(A, B) : A:가중치, B:순위

5. 콘크리트 공사의 공정리스크 대응방안

5.1 대책방안 도출 방법

개별 공중에 대한 리스크 관리는 각 공중이 종료될 때까지 지속적으로 수행되어야 한다. 그러기 위해서는 착공 전 단계에서의 공정리스크 업무가 프로젝트 수행 시에도 활용됨으로써 공정리스크 업무의 연속성을 확보하여야 한다.

따라서 철근콘크리트 공사의 업무프로세스별로 도출한 공정리스크를 바탕으로 리스크 해결을 위한 세부대책으로 담당자, 수행시점, 필요한 요구정보 등으로 분류하였다. 분류한 리스크 요인에 대하여 세차레의 본사 및 현장의 공정관리자와의 난상토론으로 각각의 대책방안을 도출하였다.

5.2 철근콘크리트공사의 공정리스크 대책방안

착공전 단계의 업무프로세스에 따른 리스크에 대한 대책방안과 세부대책(표6)과 공사단계의 업무프로세스에 따른 리스크에 대한 대책방안과 세부대책(표7)을 도출하였다.

콘크리트공사의 착공전 단계의 10개의 주요 리스크에 대한 세부책임자는 본사의 계약담당자, 견적팀, 자재담당과 현장의 공무과장과 공사과장이었으며 협력자로서 본사의 외주팀과 현장의 협력업체 소장이었다. 수행시점은 현장설명전, 계약전이거나 현장개설 후 1개월 이내에 리스크에 대한 해결을 해야 하는 것으로 분석되었다. 또한 도면, 시방서, 공법검토서, 협력업체 평가서, 자재시황보고서 등의 요구정보를 바탕으로 공정리스크를 해

결할 수 있는 것으로 분석되었다.

콘크리트공사의 공사 단계의 14개의 주요 리스크에 대한 세부 책임자는 주로 현장의 소장, 공사과장, 협력업체 대표이사이며 협력자로서 현장의 공사담당, 품질관리자, 자재담당자, 협력업

체 사장 및 소장이었다. 수행시점은 적어도 개별 작업의 착수전에 리스크에 대한 해결을 해야 하고 요구정보는 도면, 시방서, 시공계획서, 상세도, 반입자재 리스트, 장비검토서, 작업절차서 등인 것으로 분석되었다.

표6. 철근콘크리트 공사의 착공 전단계의 공정리스크 관리 방안

내 용	Risk 요 인	대책방안	세부대책				중요도 (순위)
			담당자		수행시점	요구 정보	
			책임자	협력자			
도면, 시방 설명	골조와 마감도면 불일치	마감업체와 도면의 크로스 체크 -개구부 및 전체치수 / 마감확인	공사 과장	협력사 소장	현장 개설후 ~1개월 이내	설계 도면 시방서	7
	부적절한 공법 설계	도급계약시 설계변경 사유에 포함 -불일치 및 공법변경시	계약 담당자	현장 및 사전 검토자	계약전	설계 도면 시방서	1
현장 설명	공사범위 누락	도급내역과 별개로 내역 세분화 작성	공무 과장	공사 과장	현설전		5
	정확한 공정 미 반영	유사 현장비교	공무 과장	공사 과장	현설전	실적 자료	13
시공 계획 작성	부적격 업체 참여	정기적인 협력업체 현황 파악 F/B -참가업체 선정시 업체 기평가 내용반영	공무 과장	본사 외주팀	현설전	업체 평가서	4
	안전, 공정 문제 발생						
입찰	실행예산 초과로 재입찰	적정금액 산정	견적 팀	공무 과장	개설후~ 현설전	공법 검토서	20
	현장내용 이해 불충분 -저가수 주로 인한 문제	현장 참여시 대표자와 실무 소장 혹은 반장 참여 명문화하여 현장 파악 충실화	공무 과장	협력사 대표 이사	현설전	업체별 수행 능력 평가서	8
계약	업체 부도로 인한 계약 불가	입찰시 차순위 업체도 검토하여 대비 -업체평가에 의한 부실 업체 참가배제 -공사중 부도시 프로세스 재정립	공무 과장	본사 공사 관리팀	현설~ 입찰	업체 평가서	10
	재신청-중간 부도시						
자재 업체 선정	자재시황에 의한 수급 문제	사전 수급현황 조사의 피드백	공무 과장	자재 담당	현장개설 ~ 골조 착수전	자재 시황 보고서	17
	레미콘 납품사와 현장간의 거리, 교통 상황	긴급시 현장선정권 부여 -레미콘의 경우	자재 담당	공사 과장	골조 착수전	업체 조사서	21

표7. 철근콘크리트 공사의 공사단계의 공정리스크 관리 방안

내 용	Risk	대책방안	세부대책				중요도 (순위)
			담당자		수행시점	요구 정보	
			책임자	협력자			
현장 반입	불량자재 반입	철근:규격 및 고강도근 여부확인 형틀:업체 반입이 보통이므로, 현설시 기준 제시 레미콘:규격확인 담당자 지정	철근, 레미콘 -품질 관리자 형틀 -공사 과장	공사 담당	자재 반입 ~착수전 현설후~ 착수전	반입 자재 리스트 도면 및 시방서	2
	양중 및 소운반	장비사용 용율 저하	장비사용 계획 작성(공종별 시간) -공종별 확인 및 공유	공사 과장	공중 담당	공사 착수전	종별 시공 계획서
역메김	장비 용량 부적합	가설계획 수립시 1차 및 착공전 2차 검토실시	공사 과장	협력사 소장	시공계획 수립 ~착공전	시공 계획서 장비 검토서	15
	오류로 인한 문제 -법적 문제 혹은 철거, 재시공	다단계 먹메김 확인절차 수립 -먹반장, 협력사책임자, 담당자, 공사과장 확인	현장 소장	협력사 소장	착공~ 형틀 설치전	상세도, 작업 절차서	3
철근 설치	과도한 검측	사전 검측 절차 및 기준 협의 -감독관, 감리자, 협력사 포함	현장 소장	협력사 소장	공중 착수전 ~골조 착수전	-	18
	선 공정에 의한 철근절단 및 재시공	상세도 작성 후 관련 공종 책임자에게 배포 크로스 체크 후 공중별 현설에 반영	공사 과장	관련 공중 담당	상세도 작성~ 골조 착수전	선공중 인수 인계서	9
형틀 설치	재시공		공사 과장	협력사 대표	착수전	검측 결과서	12
	부정확한 형틀 설치로 추가작업 -마감시 활석부분 발생	상세도 작업시 코너부 보강확인 -복잡한 위치 Mock-up 실시	협력사 대표	협력사 소장	Mock-up ~착수전	상세도	23
	동바리 붕괴	동바리설계 프로그램 적용 실시	현장 소장	협력사 대표	상세도 작성시	동바리 검토서, 상세도	14

표7. 철근콘크리트 공사의 공사단계의 공정리스크 관리 방안(계속)

내 용	Risk	대책방안	세부대책				중요도 (순위)
			담당자		수행시점	요구 정보	
			책임자	협력자			
형틀 설치	작업인 원 부족	현설시 절대공기제시 및 입찰시 투입인원 지시이 행 조항 명시 -인원동원 지시이행 확인	공사 과장	협력사 대표	현설~ 계약전	협력사 인원 현황서 /타현 장수행 검토서	11
콘크 리트 타설	교통상 황에 의 한 지연 (도심지)	일별, 시간별 교통상황 을 고려하여 조닝별 타 설일시 및 레미콘 공급 사 복수 준비	공사 과장	자재 담당	현장개설 ~ 골조착수 전	타설 계획서	22
	다짐볼 량 및 철근 일 집으로 인한 공 극발생	공급사 선정시 시설확인 및 타설 12시간 전 점검	공사 과장	품질 관리자	착수전	상세도	24
	공장배치 플랜트 교장	수직부재 철근 적정이음 상세도 반영 및 소형 진 동기 준비	공사 과장	협력사 소장	착수전	장비 보유 현황서	19
	장비 및 배관 문 제발생	현장 설명시 소요 진동 기 수량 명시	공사 과장	협력사 대표	착수전	장비 계획서	16

6. 결론

본 연구는 전체 공정에 영향력이 크며, 위험발생 확률이 높은 철근콘크리트공사를 대상공종으로 선정하고 수차례의 전문가 면담과 난상토론을 실시하여 현실적인 리스크 요인과 관리방안을 제시하였다. 본 연구의 결과를 요약하면 다음과 같다.

(1) 기존연구 고찰과 전문가 면담 등을 통하여 AHP 기법을 적용한 리스크 요인별 영향도를 분석하여 착공전 단계의 검토대상 공정리스크의 우선순위를 결정하였다.

(2) 철근콘크리트공사 리스크 인자의 중요도 우선순위는 표 4, 5와 같이 부적절한 공법 설계, 불량품질의 자재 반입, 먹매김 오류로 인한 재시공, 공정 부적격 업체 참여, 공사범위 누락 등의 순으로 나타났다. 철근콘크리트공사의 경우 상위 10위의 리스크 인자 중 6개의 항목이 착공전 단계에서 발생하는 리스크 요인으로 분석되었으므로 착공 전 단계의 의사결정 및 준비단계가 중요함을 인지할 수 있다.

(3) 24개의 주요 공종리스크에 대한 리스크 관리 담당자(책임자 및 협력자)를 선정하고, 관리시점 및 리스크 관리에 필요한 요구정보를 미리 파악하도록 하여 발생가능성이 높은 주요 공정 리스크에 대해 대비할 수 있도록 하였다.

이와 같이 본 연구의 기대효과로는 유경험자 뿐 만 아니라 경험이 부족한 현장실무자들이 체계적인 관리가 가능할 것이다. 향후 연구로는 본 연구에서 제시한 철근콘크리트 공사이외의 주요 공종에 대한 공정리스크 요인과 현장과 공사특성에 따른 외부 환경에 대한 공정리스크 요인을 도출하고 주요 리스크 요인에 대한 지속적인 관리를 위한 리스크관리 매뉴얼의 개발과 데이터베이스의 구축이 요구된다.

참고문헌

1. Aleshin, A. and Dworatsch, S., Risk Management of Joint Venture Construction Projects of Foreign Cooperation in Russia, PMI 28th Annual Seminars & Symposium, 1997, pp.221-226.
2. Jaafari, A., "Total Project Risk Management Aided by Information Systems", 12th Internet World Congress on Project Management, Proceedings. Vol. 2, 1994, pp.311-317.
3. Zahedi, F., "The analytic hierarchy process - a survey of the method and its application.", Interfaces, 16(4), 1986, pp 96-108.
4. Mootanah, D. P., A Holistic Framework for Managing Risks in Construction Projects, PMI 28th Annual Seminar & Symposium, 1997, pp. 1056-1062.
5. Mullholland, B. and Chritian, J., "Risk Assessment in Construction Schedules", Journal of Construction Engineering and Management, 1999, pp.8-15.
6. Nasir, D, McCabe, B., and Hartono, L., "Evaluating Risk in Construction-Schedule Model (ERIC-S): Construction Schedule Risk Model", Journal of Construction Engineering and Management, Vol.129 No.5, 2003, pp.518-527.
7. Saaty, T. L., The Analytic Hierarchy Process (Planning, Priority Setting, Resource, Allocation), McGraw-Hill, Inc., 1980.
8. Tetsuya Miyagawa, "Construction Manageability Planning-A System for Manageability Analysis in Construction Planning", Automation in Construction, 1997, pp.175-191.
9. Tommelein, I. D., "Pull-Driven Scheduling for Pipe-Spool Installation: Simulation of Lean Construction Technique", J. Constr. Engrg. and Mgmt., ASCE, 1998,

- 124(4), pp.279-288.
10. 강인석 외 2인, “건설공사단계별 리스크 인자 중요도에 관한 현황 분석”, 대한건축학회 논문집 구조계 제 17권 8호, 2001. 8, pp.103-110.
 11. 고성석 외 2인, “건축공사 공종별 위험도에 관한 연구”, 대한건축학회 논문집 구조계 20권 5호, 2004.5, pp.137-144.
 12. 김선국 외 2인, “지식관리스템을 이용한 건축물의 공정리스크 대응방안”, 대한건축학회논문집 구조계 21권 1호, 2005. 1, pp.155-162.
 13. 류한국, 손실생산성을 고려한 공기지연일수 산정방법, 서울대학교 건축학과 석사학위논문, 2003.2.
 14. 박노국, 문희영, 송문익, “품질기능전개와 AHP기법을 이용한 기능평가”, 한국품질관리학회, 품질관리학회지, 1993. 12, pp85-92.
 15. 서상욱 외 2인, “건축공사 착공 전 단계의 공정리스크 관리 도구 개발-철골공사 중심으로-”, 한국건설관리학회논문집 제 6권 1호, 2005. 2, pp.177-185.
 16. 윤여완, 양극영, “건축공법별 리스크 인지를 위한 체크리스트 개발에 관한 연구”, 대한건축학회 논문집 구조계 17권 4호, 2001. 4, pp.111-116.
 17. 조훈희 외 2인, “공기연장 실태조사를 통한 발주자 중심 공기지연 리스크 대응방안-공공발주 공동주택을 대상으로-”, 대한건축학회 논문집 구조계 제17권 12호, 2001. 12, pp.159-166.
 18. 한종관 외 2인, “시공사 중심의 주요 공종별 공기지연 원인 분석에 관한 연구-공동주택을 중심으로-”, 대한건축학회 논문집 구조계 제19권 3호, 2003. 3, pp.163-170.
 19. 홍성욱 외 2인, “국내 건설기업의 리스크 관리의 실태 분석 및 개선방향에 관한연구”, 대한건축학회 논문집 구조계 제19권 5호, 2003. 5, pp.153-160.

논문제출일: 2005.08.08

심사완료일: 2005.09.29

Abstract

According to the recent systemic changes such as construction market reduction, five days per week system, introduction of construction duration reduction bidding system and post-construction sale system, the bidding competition have been enhanced. However, there are many construction schedule risks which could delay construction completion. Without the proper identification of construction schedule risks and the structured construction schedule risk management, the competitive advantages of construction project could not be made. Previous researches to solve the problem have been focused on the construction schedule categorization, construction schedule management, and the system development to manage the construction schedule risk. Therefore, this study selected the reinforced concrete construction as the studied work due to the major impact characteristics on the total construction duration and the quite accident rate, and then proposed the real construction schedule risks of reinforced concrete construction and the construction risk management method based on the previous studies, many times of expert interviews and brainstorming.

Keywords : Reinforced Concrete Construction, Construction Schedule Risk, Uncertainty, Construction Duration Competitiveness, Work Process, Analytic Hierarchy Process