

FMEA를 활용한 중점안전관리 항목 도출방안

Construction Safety Management Using FMEA Technique for Selecting Priority order

유 정 호*
Yu, Jung-Ho

송 지 원**
Song, Ji-Won

김 창 덕***
Kim, Chang-Duk

요 약

건설재해는 반복재해가 빈번하게 일어나고 재해 발생 시 대부분이 중대재해이므로 안전관리에 더욱더 철저해야만 한다. 하지만 우리나라 건설 산업에서 안전관리 시스템은 관리기법이나 사고예방을 위한 구체적이고 기술적인 수단은 빈곤하며 단순하고 과학적이지 못하다. 이러한 건설 산업에서 안전관리 부분에서 FMEA를 이용하여 안전관리 중점대상 선정 및 중요도의 수치화를 통하여 안전관리 대상에 대한 관리 체계를 확립하기 위한 과학적이고 체계적인 방안에 대하여 연구하였다.

키워드: FMEA, 중점관리 항목, 안전관리, 위험성 평가

1. 서론

1.1 연구의 배경 및 목적

최근 건설공사의 추세가 고층화, 복잡화, 대규모화되어감에 따라 재해의 위험성은 계속 증가하고 있다. 건설 산업의 재해는 일반적인 산업재해에 비해 대형사고가 많이 일어나는 산업으로, 건설 산업은 전체산업 중 두 번째로 높은 사망자 구성비를 가지고 있으며, 2005년도 산업재해 발생현황을 보면 26.03%로 가장 높은 사망자 구성비를 가지는 제조업의 전체근로자의 수는 3,053,54명인 반면에, 24.43%로 두 번째로 높은 사망자 구성비를 가지는 건설산업은 근로자수는 2,127,454명으로¹⁾ 총 취업자 수 대비 중대재해의 비율이 높은 재해다발 산업이다. 이러한 건설재해를 예방하기 위해 여러 가지 노력이 필요하며 건설재해는 국가적 당면과제로 등장한지 오래이다.

건설업계의 안전관리 분야에서도 합리적이고 효과적인 안전관리 업무가 가능하도록 노력하고 있으나, 규제 위주의 대책으

로 안전대책의 종합성이 결여되고 있으며, 관리기법이나 사고예방을 위한 구체적이고 기술적인 수단은 빈곤한 실정으로서, 근본적인 건설안전에 관한 제반 정보나 지식이 제대로 활용되지 못하고 있기 때문이라 할 수 있다.(정경하, 2004) 또한, 건설현장은 수많은 작업들은 항상 위험에 노출되어 있으며, 이러한 작업들의 위험요소들을 한정된 관리자가 전부 확인하고 관리하기에는 어려움이 있다. 따라서, 작업별 위험요소에 대한 우선순위를 파악하여 위험성이 큰 요소부터 중점적으로 관리해야 할 필요성이 있다.

본 연구는 중점적으로 관리해야 할 안전관리 항목 도출을 위하여 안전관리 활동에 알맞은 위험성 평가기법의 선정 후 작업별 위험성 평가를 통해 위험 우선순위 항목을 도출하는 방법으로 보다 효율적이고 신뢰성 있는 안전관리방안을 제시하고자 한다.

1.2 연구의 방법 및 범위

본 연구에서는 안전관리 활동의 개선방법으로 작업시작 전 작업별 안전관리 항목 중에서 중점적으로 관리해야 할 항목을 도출하여 관리상의 효율성을 두는데 중점을 두고 있다. 이러한 중점 안전관리 항목을 도출하기 위해서 기존연구의 고찰 및 현장현황 파악을 통하여 위험성 평가기법의 필요성을 파악하고 위험성 평가 기법의 비교를 통해서 FMEA²⁾기법을 선정하였다. 선정된 FMEA기법을 활용하여 작업별 위험 요소들을 평가할 수 있는 평가방법 및 평가 프로세스를 제시하여, 중점안전관리 항목

* 종신회원, 광운대학교 건축공학과 조교수, 공학박사, myazure@kw.ac.kr

** 일반회원, 광운대학교 건축공학과 대학원, 석사과정(교신저자), luna@kw.ac.kr

*** 종신회원, 광운대학교 건축공학과 정교수, 공학박사, stpkim@kw.ac.kr

이 논문은 2007년도 광운대학교 교내 학술연구비 지원에 의해 연구되었음.
1) 산업안전관리공단, "2005년도 산업재해조사 보고서"

을 도출 할 수 있도록 하였다. FMEA시트 작성은 산업안전관리 공단의 중대재해사례를 토대로한 작성과 건설현장의 현장기사 및 안전관리 담당자와 함께 시트를 작성하여 작성된 FMEA시트의 타당성을 검토해 보았다.

본 연구의 절차 및 방법은 그림 1과 같다.

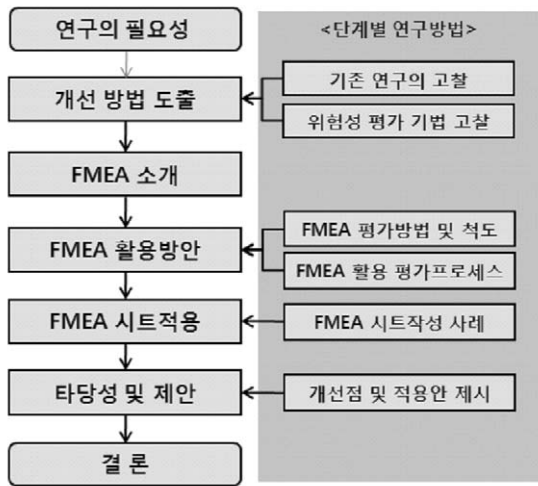


그림 1. 연구의 절차 및 방법

2. 예비적 고찰

2.1 기존 연구 고찰

기존 연구들에서 건설재해를 예방하기 위한 많은 노력들이 있어 왔다. 많은 연구들 중 안전관리 활동의 개선 및 위험성 평가와 관련된 연구들은 다음 표1과 같다.

기존의 연구를 종합해 볼 때, 시공단계에서 사용할 수 있는 일반화된 위험성 평가방법 및 활용체계가 부족하였고, 모든 사람들이 사용하기에는 어려움이 있었다. 또한, 단일화된 값을 제시 실제로 활용하는데 필요한 신뢰성이 부족 하였다.

2.2 현장 안전관리 현황

국내 건설현장의 안전관리 시스템 및 중점 안전관리 대상 관련 현황을 파악하기 위해 국내 대형 건설업체의 안전관리 업무 현황을 조사하여 보았다.

(1) D 건설사

D 건설사의 안전관리 업무 시스템은 안전보건경영시스템(OHSA 18001)³⁾에서 규정한 요건의 이행을 위한 회사방침을 규

표 1. 건설 안전관리 관련 연구동향

연구자 (년도)	연구내용	한계점
D. P. Fang (2004)	8개 현장데이터 및 인터뷰를 토대로 안전관리와 관련 있는 항목을 도출하여 공사현장에서 해당항목들의 수준을 파악하여 취약한 부분을 점검할 수 있도록 함	현장조직, 경제적 투자, 작업자와 관리자의 관계 수준만을 평가
B. H. W. Hadikusumo (2004)	Desing-for-safety-process tool을 사용하여 가상현실공간에서 실제위험요인을 확인하고 점검할 수 있도록 함	위험성 평가 방법이 없으며 2D로 작성되어 있는 도면의 3D 구현에 어려움이 있음
Gregory Carter (2006)	Total-Safety 시스템을 사용하여 위험요소의 확인을 통한 안전관련 리스크 관리	리스크 정도가 위험요소 수로 표현
손창백 (2002)	대형건설회사의 분사 및 현장에서 이루어지는 안전관리활동의 수준을 종합적으로 평가하고 분석함	대상이 대형건설회사에 한정되어 있고 구체적인 관리기법 미제시
이종빈 (2003)	안전수준 평가안의 현황을 분석하고 문제점을 파악해 실질적으로 사용될 수 있는 평가항목 및 배점 도출	평가항목에 대한 구체적인 평가방법 제시 미흡
최현호 (2004)	건설안전영향평가의 기본개념 및 관련기술동향을 분석하여 위험도 방식에 근거한 안전영향평가모형 제안	설계단계 및 설계도서를 통한 위험도 평가
홍정석 (2005)	안전관리의 성공요인 분석과 국내 우수사례 현장에 대한 사례조사를 통한 안전관리 활동 주요도출로 안전관리 활동 개선 방법 제시	안전관리 활동 개선 체계 중 위험성 평가방법에 대한 제시 없음
고성석 (2005)	기존 재해사례를 통한 위험도 지수를 활용하여 공종별 재해 발생정도와 위험도를 분석하는 건축공사 안전정보 시스템 개발	현장의 특성에 따른 공종별 위험도 차이에 대한 고려 미흡
송 혁 (2006)	거주집중공사사고를 FTA(Fault Tree Analysis)기법을 사용하여, 사고원인을 정량적으로 분석 실시	작업별 재해 빈도만을 고려하였고 일반적인 현장에 적용하기 미흡함
한병수 (2007)	'안전을 위한 설계' 개념을 활용하여 설계(안)에 존재하는 안전위험요소를 평가할 수 있는 체크리스트 개발	시공단계에 활용방안에 대한 고려 미흡

정한 문서(절차서, 지침서 등 하위문서)를 작성하는데 기본을 두고 있다. D 건설사의 현장의 안전관리 업무는 표준화된 안전작업 계획서를 가지고 일간, 주간으로 협력업체 소장(작업반장)이 작성하고 관리감독자, 안전관리자, 현장소장의 검토를 받는 형식으로 되어 있다.

(2) P 건설사

P 건설사의 안전관리 업무는 협력업체 소장 및 반장이 일일작업지시서에 의한 작업 전 교육 및 이행여부 관리와 시공사 관리감독자의 주간, 월간 위험성평가 및 명일 작업에 대한 안전작업지시서 작성 및 협력업체의 일일안전작업지시서의 이행여부 관리, 시공사 안전관리자 및 현장소장의 안전관리 방향제시 및 첫

2) FMEA는 상향식(bottom up) 신뢰성 분석방법으로 전체 시스템의 고장이 제품에 미치는 영향을 조사하는 방법으로 잠재적 고장모드를 찾아내고 이와 같은 고장이 발생하였을 경우 임무달성에 미치는 영향을 검토하여 평가하고, 영향이 큰 고장모드에 대하여는 적절한 대책을 세워 고장의 미연 방지를 꾀하는 방법이다.

3) 기업이 안전관리자 위주가 아닌 최고경영층을 비롯한 모든 근로자가 참여하여 산업재해 예방과 쾌적한 작업환경 조성을 목적으로 근로자의 안전 및 보건의 지속적인 유지, 개선 및 모니터링을 위한 방침과 목표를 정하고, 이를 달성하기 위한 조직, 책임, 절차를 규정한 후 기업내 물적, 인적 자원을 효율적으로 배분하여 재해로 인한 손실을 조직적으로 관리하는 경영 시스템

표 2. 위험성 평가 기법

평가기법	주요 내용
체크리스트 (Check-List)기법	일반적인 위험요소들을 확인하거나 기준절차에 따라 일이 진행되는가를 확인하는 것. 일반적으로 유경험자가 체크리스트를 작성함으로써 모든 기술자가 체크리스트를 이용할 수 있어야 함.
예비위험 분석기법 (Preliminary Hazard Analysis)	다른 위험분석방법에 선행해서 실시하기 위한 것으로, 공정초기에 위험을 확인하기 위한 것으로, 새로운 공정처럼 안전문제에 대한 경험이 없는 경우 위험을 확인하기 위한 적용. 주로 위험물질과 주 공정요소에 초점을 맞춤.
사고예상질문 분석기법 (What-If Analysis)	설계단계, 건설단계, 운전단계, 공정의 수정 등에서 생길 수 있는 이탈현상을 조합하고 도출하여, 공정에 잠재하는 사고를 확인하여 그 위험과 결과 또는 위험을 줄이는 방법 등을 제시.
위험과 운전분석기법 (Hazard and Operability)	공정에 존재하는 위험 요소들과 위험하지는 않아도 공정의 효율을 떨어뜨릴 수 있는 운전상의 문제점을 알아내는 것으로, 공정 및 시스템에 존재하는 위험요인과 운전상의 문제점을 사고발생시 공정에 미치는 영향과 운전상의 문제점을 파악하여 대책을 강구하는 방법.
이상위험도 분석기법 (Failure Modes Effects and Analysis)	시스템 및 공정에서 각 고장방식(failure mode)의 결과와 이것에 대한 위험도 순위를 표로 만드는 것으로 시스템 및 공정에서 생기는 각 고장방식의 영향을 알아내는 것. 비슷한 기능을 수행하는 비슷한 장치를 가진 시스템에 대한 분석시간은 평가의 반복적 특성 때문에 상당히 줄어듦.
결함수 기법 (Fault Tree Analysis)	사고결과로부터 사고를 유발하는 원인을 유추해 가는 연역적 방법으로 정상사건의 원인을 추적하거나 각 요소의 상관관계를 가시적으로 확인할 수 있으며, 불필요한 요소를 다루지 않아 효율적. 복잡한 공정에 경우 논리적인 분석과 수학적 분석의 어려움이 따름.
사건수 분석기법 (Event Tree Analysis)	원인으로부터 사고결과를 추론해 가는 귀납적인 방법으로 최종결과로서 발생가능한 잠재적인 위험사건들은 일반적으로 어떤 초기사건이 발생한 후 이어지는 하위사건들의 발생단계를 거쳐서 나타내므로 이러한 과정을 사건수도(Event tree diagram)를 이용하여 체계적으로 분석.

번째 두 번째의 안전관리 수행여부를 관리하는 세 가지의 관리 체계로 되어 있다. P 엔지니어링 회사의 안전관리 기법은 위험 노출강도 지수법을 통해 월간/주간 단위로 작업 중 노출된 위험성 정도를 정량적으로 평가하는 방법을 가지고 있지만, 작업중인 현장이나, 작업후의 현장 확인을 통한 사후평가에 한정되고 있다.

(3) H 건설사

H건설의 안전관리 계획서 작성절차는 현장 작업반장 및 협력업체 소장이 해당 작업의 위험요소 및 관리 대책 등을 작성하여 제출한 후 안전관리 담당자 및 현장소장의 확인 및 수정을 통해 작성된다. 계획된 작업의 위험성에 대한 평가는 관련 기사나 작업반장이 작업의 위험요소들의 평가가 아닌 해당 작업의 위험정도에 따라 1~3개의 별표를 넣는 방식으로 진행되고 있다.

2.3 기존 연구 및 현업 안전관리 체계의 개선방향

건설공사의 추세가 대형화, 고층화, 대규모화 되어감에 따라, 현장에 대한 관리 범위가 더욱더 넓어지고 있다. 따라서, 건설현장의 안전관리 또한 보다 더 효율적으로 관리하여야 할 필요성이 있다. 하지만, 한정된 관리자가 건설현장의 모든 위험요소를 관리하기에는 한계가 있다. 그러므로, 중점 안전관리 항목 도출을 통해 위험도가 높은 요소부터 관리함으로써 안전관리의 효율성을 높이는 방안이 필요하지만 이에 대한 방법 및 체계가 부족하였다. 따라서 본 연구에서는 한정된 인원으로 안전관리의 효율성을 높일 수 있는 중점안전관리 항목 도출 방안을 제시하고자 한다.

먼저 중점 안전관리 항목을 도출하기 위한 기법을 선정하기 위해 우선 위험성평가 기법들을 확인하고 가장 알맞은 기법을 선정하였다. 위험성 평가 기법⁴⁾들은 다음 표2와 같다.

중점 안전관리 항목을 도출하기 위한 기법의 요건으로는 작업

별 재해결과와 재해별 위험도 순위를 나타낼 수 있어야 하며, 비슷한 작업을 수행하는데 사용하기 편하도록 평가의 반복성에 대한 고려가 필요하다. 표 2의 위험성 평가기법들 중 체크리스트 기법과 예비위험분석기법, 사고예상질문분석기법의 경우 다양한 분야에서 사용되고 있으나 위험요소를 정량적으로 표현하기에 어려움이 있으며, 결함수기법과 사건수분석기법의 경우 논리적인 분석과 수학적 분석의 어려움이 있어 현장에서 손쉽게 사용하기 어려움이 있다. 이러한 요건들을 고려해 보았을 때, 이상위험도 분석기법(FMEA : Failure Modes Effects and Analysis)의 경우 위험분석 방법 중에 가장 일반적으로 활용되고 있으며 시스템의 안전분석에 이용되는 전형적인 정성적, 귀납적인 분석방법으로 사용성 및 활용도 측면에서 중점 안전관리 항목 도출을 위한 기법으로 가장 적합한 것으로 파악되었다.

2.4 FMEA 개요

FMEA는 시스템의 구성요소인 프로세스 각각의 요소에서 실패(Failure)가 발생했을 경우 전체 시스템에 미치는 영향 또는 심각성을 평가하는 기법이다.(Stamatis, 1997) FMEA는 잠재된 위험 요인에 의해 실패가 발생할 수 있는 빈도(Occurrence), 실패가 발생했을 경우 발생하는 결과의 치명도(Severity), 고객에서 발생한 실패가 발견될 수 있는 가능성(Detection)을 평가한 후, 세 요소의 곱에 의해서 위험의 우선순위(Risk Priority Number)를 평가한다. FMEA는 위험의 우선순위가 높은 소수의 항목에 관리를 집중함으로써, 실패의 발생을 방지하고, 그 영향을 최소화한다.(Pyzdek, 2003)

건설 안전관리에서도 FMEA를 적용하면 이점을 기대할 수 있다. 건설재해의 경우 일반적으로 예전의 발생하였던 재해가 반

4) 이내우, 이진우, op. cit, 1997

복되는 경우가 많으며 사고를 고장으로 생각한다면, 프로세스의 적용이 용이하다. 각 공정상의 프로세스 구성요소에 결함이 존재하면, 작업 중 사고의 발생의 확률은 당연히 높아지게 마련이다. 따라서 사전에 작업상에 잠재된 중요한 결함을 FMEA를 이용하여 확인한다면 사고 발생의 가능성을 줄일 수 있을 뿐만 아니라 기존의 단순한 항목체크만의 안전관리가 아니라 위험요소의 수치화를 통하여 위험 요소가 큰 항목에 대한 중점관리를 통하여 재해를 미연에 방지할 수 있다.

3. FMEA를 활용한 위험도 평가 방안

3.1 평가척도 및 평가방법

(1) 평가척도

FMEA는 제품의 잠재된 위험요인에 의해 고장이 발생할 수 있는 빈도(Occurrence), 치명도(Severity), 검출도(Detection)를 평가하여 세 요소의 곱을 통하여 위험의 우선순위(Risk Priority Number)를 평가하는 방법이다. FMEA는 일반적으로 제조업에서 제품의 잠재된 결함을 평가하기 위해 사용되고 있으며, 본 연구에서는 프로세스 중심의 '작업'을 대상으로 안전을 평가를 하기 때문에 일반적인 FMEA기법을 적용하기에는 무리가 있다. 따라서, 일반적인 FMEA에서 제품의 고장이 발견될 가능성을 평가하는 검출도 대신 재해가 발생하였을 경우 공사 진행에 영향을 미치는 정도를 평가하는 영향도를 평가 척도로 사용한다. 빈도, 치명도, 영향도의 평가 척도는 노동부의 건설업중 위험도 평가 작성방법⁵⁾중 '위험도 계산 및 평가방법'을 참조하여 적용하였다. 본 연구에서 제안하는 재해 위험에 대한 구체적인 평가척도는 다음과 같다.

① 빈도

빈도는 잠재된 위험의 발생가능성이 얼마나 높은지를 평가하는 것이다. 빈도의 평가 척도는 표3과 같다.

표 3. 빈도

빈도 구분	빈도 수준	내 용
가능성 거의 없음	1	10년 1회 정도 발생할 경우
가능성 낮음	2	3년 1회 정도 발생할 경우
가능성 있음	3	1년 1회 정도 발생할 경우
가능성 높음	4	1개월 1회 정도 발생할 경우
빈번함	5	1일 1회 정도 발생할 경우

② 치명도

발생강도는 재해 발생시, 예상되는 인적피해에 관해 평가하는 것이다. 건설재해는 발생 시에 물적 피해보다는 인적피해에 대해

더욱 중요시하기 때문에 인적피해에 관하여 중점적으로 관리할 필요가 있다. 인적피해의 분류기준은 산업안전관리공단의 재해 통계 수치를 참조하여 분류하였다.⁶⁾ 발생강도의 평가 척도는 표 2와 같다.

표 4. 치명도

치명도 구분	치명도 수준	내 용
영향 없음	1	재해로 인한 인적손실이 없는 경우
재해로 인한 근로손실	2	일주일이내의 요양이 필요
재해로 인한 근로손실	3	8일 ~ 28일 이내의 요양이 필요
재해로 인한 근로손실	4	29일 ~ 180일 이내의 요양이 필요
재해로 인한 근로손실	5	6개월 이상의 요양이 필요
중대재해	6	사망 또는 노동력 상실재해를 가져오는 치명적인 재해인 경우

③ 영향도

영향도는 재해 발생시, 발생한 재해로 인하여 공사 진행에 있어 영향을 주는 정도를 평가한다. 재해발생 시 강도는 작더라도 공사 진행에 큰 영향을 미치는 요인은 중점 관리 되어야 한다. 영향도의 평가 척도는 표 3과 같다.

표 5. 영향도

영향도 구분	영향도 수준	내 용
무시할 수 있는 수준	1	현재 상태로 계속작업가능
상당한 위험	2	위험이 없으면 작업을 계속하되, 위험감소활동을 실시하여야 함
허용불가	3	즉시 작업을 중지하여야함

④ RPN(Risk Priority Number)

RPN은 발생빈도, 치명도, 영향도 값의 곱으로 위험 우선순위를 나타내는 값이다. RPN값의 정도에 따라 잠재된 위험을 저감하기 위한 대책마련노력이 필요하며 RPN값을 도출함으로써 중점관리 대상의 신뢰성을 확보하고 잠재된 위험값을 수치화하여 정량적으로 확인할 수 있다.

(2) 평가 방법

안전 점검은 공사 시작 전 재해를 예방하기 위해 하는 활동이다. 재해예방을 위해서는 시공 전 단계에서 잠재된 위험을 평가하고, 위험요소에 대해서는 위험 저감을 위한 대책을 수립하여야 한다.

안전사고라는 것은 미리 인지하고 있어도 일어날 수 있기 때문에 사전에 충분한 대책을 수립하지 않으면 공사에 큰 영향을 줄 뿐만 아니라 인적, 물적으로 큰 피해를 일으킬 수 있기 때문이다.

재해 영향 요인에 대한 평가는 안전관리 담당자 및 해당공종

5) 노사가 함께하는 위험성평가 길라잡이 2006. 3. 노동부

6) 산업안전관리공단, "2005년도 산업재해조사 보고서"

의 기사가 작업별 위험요소에 대한 위험이 발생할 수 있는 가능성(빈도), 위험 발생 시 피해정도(치명도), 위험 발생 시 공사에 영향을 끼치는 정도(영향도)를 평가하고, 이를 곱하여 RPN값을 계산한다. 각 작업별 위험요소에 대한 RPN값이 높을수록 위험한 요소이므로 중점적으로 관리하도록 한다.

3.2 FMEA를 활용한 평가프로세스

그림2는 본 연구에서 제안하는 FMEA를 활용한 프로세스를 도식한 그림이다.

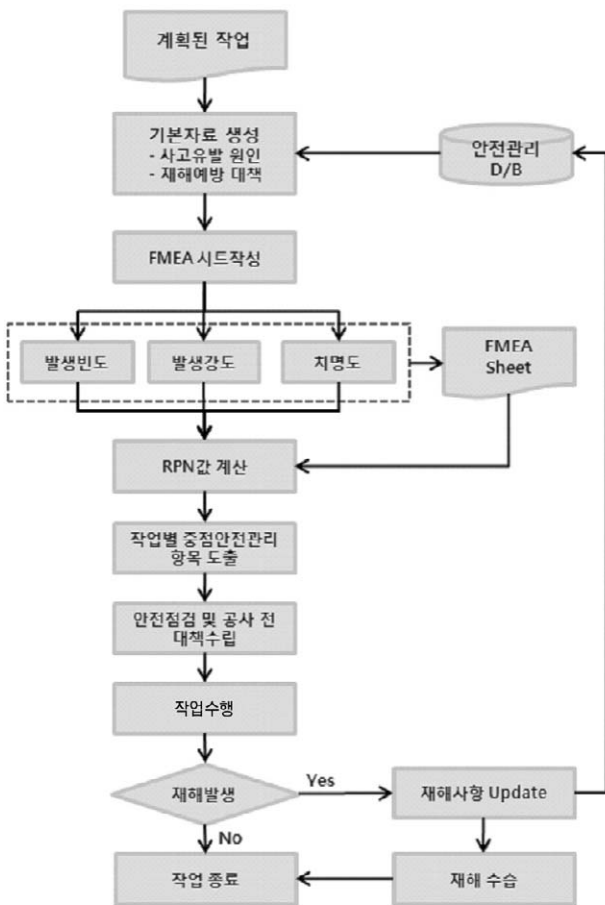


그림 2. FMEA를 활용한 안전관리 프로세스

FMEA를 적용하는 목적은 작업별 위험요소의 중요도를 평가하고 순위에 따라 우선적으로 안전관리를 하는데 있다. FMEA의 활용 순서 및 방법은 다음과 같다.

- (1) 계획된 작업의 작업수행 전 FMEA시트작성을 준비한다.
- (2) 계획된 작업의 사고 유발 원인 및 재해 예방대책을 도출한다. 이 때 사용자에게 따라 기존의 D/B 준비되어 있는 경우

에는 기존자료를 이용하여 좀 더 쉽게 각 요소를 작성할 수 있다.

- (3) 생성된 기본 자료를 바탕으로 FMEA시트를 작성한다.
- (4) 작업별 위험요소의 빈도, 치명도, 영향도를 평가한다.
- (4) RPN을 값을 도출한 후, RPN값이 높은 요인은 재해가 일어날 확률이 높은 요소이므로 재해요인에 대해 충분한 사전대책을 세우고, 중점 관리하여 재해발생 방지를 위해 노력한다.
- (5) 작업 완료 후 재해가 발생하였을 경우 재해사항을update하여 추후에 사용 할 수 있도록 한다.

3.3 FMEA시트 작성방법

FMEA시트를 작성하는 방법을 제시하기 위해산업안전관리공단의 중대건설재해 자료를 분석하여 작성하였다.

산업안전관리공단의 중대건설재해 자료를 분석한 결과 철골공사의 보 작업 시에 29.3%(46건)을 기록하여 가장 많은 재해가 일어난 것으로 나타났으며, 그 다음이 가설설비에서 19.1%(24건), 기둥 12.1%(19건), 지붕 10.8%(15건) 순으로 나타났다. 또한, 보 작업을 인양, 이동, 설치 3가지로 분류하고 이중 보 작업 중 재해가 가장 많이 일어난 보 이동시에 일어난 재해를 대상으로 하였다.

그림3은 철골공사의 중대재해 사례를 통해 FMEA 시트를 작성한 예이다.

각각의 작성 순서 및 세부내용은 다음과 같다.

- (1) 평가대상 작업에 대한 작성일시, 작성자, 작업 장비등 일반적인 사항을 입력한다.
- (2) 본 사례연구에서는 산업안전 관리 공단의 중대 건설재해 사례 중 철골 공사를 공정별 작업으로 분류한 후 보의 이동 작업을 예를 들어 작성하였다.
- (3) 잠재적 위험 요인은 산업안전관리공단에서 분류하고 있는 위험요인 항목을 기초로 하여 구성하였다.
- (4) 각위험요소별 사고유발 원인을 작성한다. 작업에 따라 잠재적 위험요인인 다르므로 작업별로 해당되는 항목에 대해 작성한다.
- (5) 각 위험요소별 발생빈도, 발생강도, 치명도를 3.2절의 평가척도를 기준으로 하여 각각의 값을 평가하며, 각각을 곱하여 RPN값을 산출한다. 산출된 RPN 값을 확인하고 보의 이동작업 중에 중점적으로 관리 되어할 위험요소를 확인한다.

평가대상공종명		질감보 설치	안전관리 FMEA SHEET				평가자	통계동
평가일시		2007.09.20					평균 RPN	24.1
최초작성일	2006.08.21	작업시작일	2007.09.25					
최근개정일	2007.08.30	작업완료일	2007.09.25					
작업장비	타워크레인							
작업번호	작업명	잠재적위험	사고유발 원인	빈도	치명도	영향도	RPN	재해 예방 대책
C015	보 이동작업	전도,전복	타워크레인 점검, 관리 미흡	1	4	3	12	타워크레인 점검일지 수시확인
		충돌, 접촉	타워크레인 신호수 미배치	1	5	3	15	규정된 절차에 따른 인원배치
		협착, 강경	작업통로 미설치	2	6	3	36	규정된 사항에 맞게 적합하게 설치 감독
		추락	추락방지망, 작업발판, 안전대 부착설비 미설치	2	6	3	36	설치장소 확인 및 설치여부 상시확인
		낙하, 비레						
		과도한동작	근로자 안전의식 결여	4	6	2	48	근로자 교육시간 준수 및 교육철저
		산소결핍, 질식						
		붕괴, 도괴						
		화재, 폭발						
		전류전속(강전)						
유해, 위험물질 환경에 노출, 접촉								

그림 3. 철골공정 중 보의 이동작업의 FMEA시트 작성의 예

(6) 각각의 위험요소에 대한 예방 대책을 작성하고 안전관리 활동을 시행한다. RPN값이 높은 요소에 대해서는 중점적으로 관리하여 안전사고를 사전에 방지하도록 한다.

위의 예시는 산업관리공단의 중대재해 사례를 기초로 하여 도출된 자료이므로 중대재해 사례 자체가 인적피해가 사망인 경우를 다루고 있어서 치명도 및 영향도가 높은 수치로 나타나며, 근로자의 안전의식 결여의 경우 모든 중대재해사례에서 공통적으로 나타난 항목으로 안전관리에서 가장 중요한 요소로 나타났다.

4. 사례연구

4.1 사례 연구 개요

FMEA를 이용한 중점안전관리 항목도출과 관련된 사례연구를 위해 서울 및 인천에 위치한 신축공사현장으로 3곳의 현장 안전관리 담당자 6명과 현장기사 2명을 대상으로 FMEA시트를 작성하도록 한 후, 면담을 통해 FMEA시트의 사용성 및 유용성에 대한 검토를 받았다.

에 대한 검토를 받았다.

4.2 FMEA활용 체계의 사용성 및 유용성

작성은 먼저 FMEA시트 평가척도 및 평가방법에 대한 설명 후 현재 진행 중인 공종들 중 하나를 선택 하여 작성해 보도록 하였다. 그림 4는 사례연구의 대상 현장 안전관리 담당자 중 한 명이 콘크리트 타설 작업을 대상으로 작성한 FMEA시트이다.

FMEA시트 작성 후 FMEA활용 체계에 대한 사용성 및 유용성에 대한 면담을 실시하였다.

사용성 관련 면담결과 FMEA시트 작성 시 시간이 많이 걸린다는 단점이 확인되었으나 이점은 FMEA시트에 대한 설명을 들은 후 바로 작성한 점을 고려해 볼 때 숙달정도 및 데이터 축적을 통해 개선될 수 있다는 의견을 받을 수 있었다.

유용성 관련 면담결과는 'FMEA시트를 사용하여 중점안전관리 항목의 도출이 가능하다고 생각 하는가'에 대한 질문에 면담자 모두 이 시트를 사용하여 중점안전관리 항목 도출이 가능하다

평가대상공정명		안전관리 FMEA SHEET				평가자		
평가일시	최초작성일	최근개정일	작업시작일	작업완료일	평균 RPN			
콘크리트 타설						19		
08년 1월 18일		08년 1월 18일		08년 1월 27일				
08년 1월 18일		08년 1월 27일						
작업장비: 레미콘트럭, 펌프차, 진동아래기								
작업번호	작업명	잠재적위험	사고유발 원인	빈도	도치	영향도	RPN	재해 예방 대책
콘크리트 타설		진도, 진폭						
		충돌, 접촉	콘크리트 양생용바닥형	3	3	2	18	양생배리어에 연결부 상태 점검한 후
		협착, 감김	레미콘트럭 차량 배리어 설치각도	2	3	2	12	배리어 연결부에 손질 불리 않도록 주의
		추락	타설장갑 및 설비관리용 전차량	1	5	3	15	작업복판 및 안전끈 반은 설치
		낙하, 비레	콘크리트 타설용 기계어 반	1	3	2	6	낙하물 방지망 설치
		과도한동작						
		산소결핍, 질식						
		붕괴, 도괴	거두림 등바리 붕괴	3	6	3	54	사전검토서시, 감시라 배치
		화재, 폭발						
		전류집속(감전)	강동아래기 사용중 감전	1	3	3	9	누전 작업이 설치, 외함중지
		유해, 위험물질 환경에 노출, 접촉						

그림 4. 현장 안전관리 담당자가 작성한 FMEA시트

고 답하였으며, '평가값이 안전관리 항목의 우선순위를 결정하는데 효과적인가'에 대한 질문에 효과적이라고 대답하였다. 또한, '중점안전관리 항목이 안전관리 활동을 하는데 도움이 된다 고 생각 하는가'에 대한 질문에 모두 도움이 된다고 대답하였다.

4.3 사례 연구 결과

현장 기사 및 안전관리 담당자의 FMEA시트 작성을 통해 작업별 위험요소에 따라 RPN값이 다르게 나타나며, 다른 요소들 보다 상대적으로 RPN값이 높은 항목의 중 중점적으로 관리해야 할 필요성이 있으며, 유용성 검증을 통하여 중점안전관리 항목이 안전관리 활동을 수행하는데 도움을 줄 수 있다는 것을 확인 할 수 있었다.

5. 결론

건설업은 타 산업에 비해 재해의 강도가 높고 사고 발생 시 대형사고로 연결될 가능성도 높으며 피해규모가 크고 치명적이다. 또한 중대재해는 반복적으로 같은 공종에서 일어나는 반복재해

이다. 그러므로 사고를 사전에 예방하고 관리하는 체계적인 시스템의 확보가 필요하므로 기존의 체크리스트의 단순한 항목점검의 수준이 위험성 평가를 통한 체계적인 안전관리 체계가 필요하다.

본 연구에서 재해요소 및 대책을 확인하고 FMEA시트를 활용하여 중점안전관리 항목을 도출하는 체계에 관한 연구를 통해서 다음과 같은 결론을 도출하였다.

- (1) 산업안전관리 공단의 2740개의 중대재해사례를 분석하여 그 중 철골공사의 재해 형태를 재해발생빈도, 재해발생 형태, 재해발생 대책 등으로 분석한 결과 특정한 요소에서 재해발생, 반복 재해 등 예전 사고 사례가 안전 관리 시 중요한 대상이 될 수 있었다.
- (2) 건설업에서 재해예방에 필요한 정보원은 많으나 집약되지 않고 개별로 분산되어 있어 건설작업 수행과정과 연계되어 활용의 어려움이 있어, 실제 FMEA시트에 활용하기 위한 데이터 축적을 위한 정보를 집약하는 작업이 추후 연구에서 필요하다.
- (3) 산업안전관리공단의 중대재해 사례를 기준으로 FMEA시

트를 작성하고 현장기사 및 안전관리 담당자를 통해 FMEA시트를 작성해 RPN값을 도출해 본 결과 작업 중 위험요소에 따라 중요도 값이 다르게 나타나는 것을 알 수 있었으며, 중요도가 높은 요소에 따라 중점적 관리를 통하여 효율적인 안전관리 활동을 제시 할 수 있었다.

(4) FMEA를 활용한 안전관리 체계를 통하여 작업 시 점검사항 확인 및 위험성 평가를 하였고, 결과물을 통해 기존의 체크리스트형식의 제한적 활동에서 보다 능동적이고 발전적인 관리 시스템을 제안하였다.

본 연구는 안전관리에 FMEA시트를 적용하여 효율적인 관리를 할 수 있는 체계를 만들었다. 건설 재해는 특정한 작업에서만 일어나는 것이 아니라 건설공사 전체적으로 많은 위험요소들을 가지고 있다. 그러므로 체계적인 안전관리 데이터베이스 구축을 통하여 보다 손쉽게 안전관리 활동을 수행할 수 있는 시스템 구축에 관한 연구가 수행 되어야 할 것으로 사료된다.

참고문헌

1. 고성식 외 2인(2005). "재해사례와 위험도 지수를 활용한 건축공사 안전정보 시스템 개발", 대한건축학회 논문집, 21권 6호(통권200호), 대한건축학회, pp113-120
2. 김동춘 외 1인(2001). "철골공사 중대해 분석을 통한 위성 평가 방법에 관한 연구", 대한건축학회 논문집, 17권 12호(통권 158호), 대한건축학회, pp217-224
3. 김동춘 외 1인(2001). "건설공사 재해정보 분석을 위한 고 발생 분류체계의 방안", 대한건축학회 논문집, 17권 11호(통권 157호), 대한건축학회, pp139-145
4. 김운성(2002). "건설업에서의 시공FMEA적용 방안 연구". 한국건설관리학회 학술발표대회 논문집, 제3회, 한국건설관리학회, pp123-135
5. 양용철 외 2인(2004). "건설공사 안전사고 예방을 위한 안전 관리 체크리스트 개선과 공정관리와의 연계 운영 방법", 한국 건설관리학회 논문집, 5권 2호(통권18호), 한국건설관리학회, pp139-145
6. 이상용(2005). 신뢰성공학, 3판, 형설출판사, 서울, pp197-220
7. 한국산업안전공단(1992~2006.4) "건설 중대재해 사례와 대책", <http://www.kosha.or.kr>
8. 한국산업안전공단(2006), "2005년도 산업재해조사 보고서", <http://www.kosha.or.kr>
9. 한동일 외 2인(2005). "건설공사 안전점검 현황과 발전 방안에 관한 연구", 한국건축시공학회 학술.기술논문발표회 논문집, 5권 2호(통권 제9집), 한국건축시공학회, pp121-126
10. 홍영탁 외 3인(2004). "FMEA를 이용한 초고층 건축시공의 공기영향요인 평가", 대한건축학회 논문집, 20권 10호(통권 192호), 대한건축학회, pp183-192
11. 홍정석 외 2인(2005). "건설현장 안전관리 성공요인 분석을 통한 안전관리 활동 개선방안", 한국건설관리학회 논문집, 6권 5호(통권27호), 한국건설관리학회, pp148-156
12. 홍현석 외 3인(2004). "철골공사 재해다발 공정의 안전관리를 위한 체크리스트 개발에 관한 연구", 한국건설관리학회 학술발표대회 논문집, 제5회, 한국건설관리학회, pp123-135
13. B. H. W. Hadikusumo(2004). "Capturing Safety Knowledge Using Desing-for-Safety-Process Tool", Journal of Construction Engineering and Management, v130 n2, ASCE, pp281-289
14. D. P. Fang(2004). "Benchmarking Studies on Construction Safety Management in China", Journal of Construction Engineering and Management, v129 n3, ASCE, pp424-432
15. Gregory Carter(2006). "Safety Hazard Identification on Construction Projects", Journal of Construction Engineering and Management, v132 n2, ASCE, pp197-205
16. Pyzdek, T.(2003). "The Six Sigma Handbook", McGraw-Hil, pp590-600
17. Stamatis, D. H.(1997). "TQM Engineering Handbook", Marcel Dekker, Inc. pp 247-263,

논문제출일: 2008.02.26

심사완료일: 2008.07.09

Abstract

As buildings become higher and larger, the possibility of accident also increases, and recurrent accidents and serious accidents are also increasing. However, it is not possible to control all the hazardous activities in construction site. Therefore, hazardous activities with higher possibility should be identified and prioritized in advance so engineers and managers can control the activities in safe manner. For this purpose, this research adopts FMEA technique, which has been widely utilized in manufacturing industry. In order to apply FMEA technique in construction safety management, the process of construction work is divided into sub-processes or activities. Then FMEA technique is applied to quantitatively analyze the importance of each activity from the safety perspective.

Keywords : FMEA, priority order, safety management, risk factor Evaluation
