

건설업에서의 시공FMEA적용 방안 연구

Approach to Method of Process Failure Mode and Effect Analysis for Construction Industry

김 윤 성*○

Kim, Yoon-Sung

요 약

산업체에서 이미 보편화되어 온 FMEA기법의 목적은 발생가능성이 있는 하자형태를 파악하고, 고객에게 미칠 고장 발생 요인을 우선 순위별로 사전에 제거하도록 이행하는 예방조치의 한 수단이다. FMEA는 초기 단계(Design 개념 설정시)에서 작성하는 Design FMEA와 양산되기 전에 시기 적절하게 작성하는 Process FMEA의 두 종류가 있다.(설계기능이 없는 공급자에게는 Process FMEA만 해당) 본 연구에서는 Process FMEA를 건설업의 시공분야에 적용하여 품질향상의 신뢰성을 높이고 Life Cycle Analysis, Risk Analysis 등의 기초자료로 활용이 가능한 기본자료(DATA)를 축적할 수 있는 방안을 연구하였다.

키 워드 : 건설관리, 시공, FMEA, 제조물책임자법(PL법), LCA, RA

1. 서론

1.1 연구의 배경 및 목적

소비자의 주권시대를 여는 상징물인 제조물책임법(Products Liability ; 이하PL법)이 2002년 7월부터 국내에서 시행됨에 따라 건설업도 이의 중요성을 인식하여 효과적인 대응책을 마련해야하는 상황이다. 건설업체는 건설산업기본법 등에 의거하여 공사부실이나 안전사고에 대한 과중한 책임이 부과됨을 고려할 때, PL법 제정으로 인하여 다른 업종 이상으로 높은 부담을 가진다고 볼 수 있다.(최민수 등,2000) 현재 제조업에서는 ISO-9000s, QS-9000등의 기존의 품질시스템과 연계하여 FMEA(Failure Mode and Effect Analysis)와 같은 신뢰성과 안전성 평가를 실시하고 있다. 이 방법은 더욱 다양화되어가는 품질요구에 대한 대응의 필요성과 기업체의 경영환경변화를 위한 수단으로서 하자가 발생한 후의 “사후처리”식의 소극적인 품질관리가 아닌 설계단계에서부터의 “사전원인제거”의 적극적인 품질관리의 개념을 가진다.

본 연구에서는 건설업의 시공분야에서 품질을 효율적으로

관리하며 또한 PL법 책임의 발생 예방 및 PL법 책임 발생시의 손해확대 방지를 위한 대응체제로서 건설업에 맞는 FMEA활용방안을 제시하고자 한다

2. 제조업에서의 FMEA

2.1 FMEA의 정의

FMEA기법은 일반적으로 “고장모드 및 영향해석기법”이라고 부르고 있다. 신뢰성해석기법 중에서도 고장요인의 적출기법이라고 해서 FTA(고장나무분석, Fault Tree Analysis)기법과 병행해서 품질, 신뢰성분야에서 많이 활용되고 있는 기법이다. FMEA는 시스템이나 장치 등의 고장요인의 적출기법으로서, 시스템을 구성하는 기기 혹은 부품 등이 어떤 고장(고장 모드)을 발생하였을 때, 그 고장이 시스템에 어떠한 영향을 주는가를 해석하여, 큰 영향을 미치는 기기(혹은 부품)로부터 적출하는 방법이다.

FMEA는 상향(Bottom-up)적인 신뢰성 분석 방법으로서, 기본적으로 전체 시스템의 고장을 조사함에 있어 개별 부품의 고장으로부터 검토하는 접근방식에 속한다. 이것은 전체 시스템의 고장현상으로부터 점차 부품 레벨로 조사해 들어가는 하향식(Top-down) 신뢰성 분석 기법인

* 일반회원, 안산공과대학 토목과 조교수 / 공학박사

FTA(Fault Tree Analysis)와는 정반대의 접근 방식을 가지고 있다. 즉, FMEA는 제품을 구성하는 말단 부품레벨에서부터 발생 가능한 모든 고장형태(고장모드 라고 함.)를 모두 나열하고, 그 원인과 영향을 분석해 나가는 정성적인 문제도출/해결 활동이라 할 수 있다.

2.2 FMEA의 필요성

제조업에서 FMEA의 필요성으로는 다음과 같은 사항이 있다.

- 1) FMEA는 PL(제조물 책임)소송에 있어서 기본적인 제출 문서이다.
- 2) FMEA는 QS-9000의 가장 기본적인 자료다.
- 3) 품질 개선의 유력한 수단이다.

위의 1), 2) 특징이 FMEA로 관심을 가지게 되는 강력한 동기이지만, 원래의 취지는 이것을 이용하여 결국 품질을 개선을 하자는 것이다. 그러나, 현실적으로 현장의 엔지니어들은 FMEA를 제대로 하고 싶어도 시간이 없거나, 시간이 있어도 이를 제대로 전개하지 못하는 경우가 많다. 따라서 빠른 시간에 FMEA작성과 올바른 전개를 도와주며, 이러한 FMEA를 끊임없이 축적시키기 위한 프로그램 개발이 필요하다. 미국품질관리협회(ASQC)의 자동차 부문과 자동차산업협회(AIAG)의 후원으로 자동차 메이저3社は 각각의 공급자 품질시스템으로 사용하는 FMEA매뉴얼, 절차서, 서식 및 기술용어를 표준화하였다.

이 매뉴얼의 구체적인 활동은 다음과 같이 체계화되어 설명되고 있다.

- 1) 제품/공정의 잠재적 하자과 그 영향을 인식하고 평가
- 2) 잠재적 하자발생의 기회를 제거하거나 줄일 수 있는 조치를 파악
- 3) 과정을 문서화하여 자료축적

3. 건설업의 FMEA

3.1 시공 FMEA 적용

일반적인 제조업에서의 FMEA의 목적은 발생가능성이 있는 하자형태를 파악하고, 고객에게 미칠 고장 발생 요인을 우선 순위별로 사전에 제거하도록 이행하는 예방조치이다. FMEA는 초기 단계(Design 개념 설정시)에서 작성하는 Design FMEA와 양산되기 전에 시기 적절하게 작성하는 Process FMEA의 두 종류가 있다.(설계기능이 없는 공급자에게는 Process FMEA만 해당)

위의 두 종류 중에서 Process FMEA를 건설업의 시공분야에 응용하여 보고자 한다. 제조업분야에서의 FMEA의 흐름도를 건설업의 시공분야에 응용한 모델을 제시하면 다음과 같다.

- (1) FMEA의 실시 대상이 되는 건설프로젝트, 공사목적물의 기능/안전을 확인한다.
- (2) FMEA 임무의 파악과 수행에 권한을 가진 책임 있는 인원과 팀을 구성한다.
- (3) 건설프로젝트, 공사목적물 및 각 구조물 및 자원 등의 분해 레벨을 결정 (WBS, CBS활용)한다.
- (4) 표준설계도서 및 구조물의 분류 체계등을 조사하여 각각 세부기능별 블록을 결정한다.
- (5) 기능별블록으로부터 공사목적물의 신뢰성 블록도를 작성하여 가능한 잠재하자 모드를 열거한다.
- (6) 열거한 하자모드를 정리하여 FMEA의 실시에 효과적

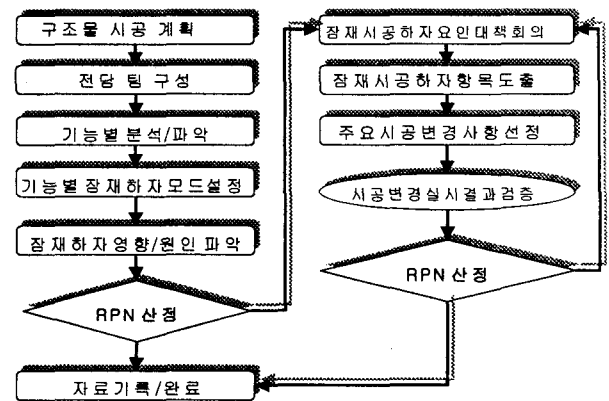


그림 1 FMEA의 흐름도

인 하자모드를 선정한다.

- (7) 선정한 하자모드의 영향과 원인을 추정하여 열거한다.
 - (8) FMEA의 기입용지(Work sheet)에 요약하여 기입한다.
 - (9) 설계조건 및 치명도(Severity), 발생도(Occurrence), 검출도(Detection)의 분류기준을 참조하면서 RPN를 산정한다.
- ⇒ $RPN = (S) \times (O) \times (D)$
- (10) 하자등급의 정도, 즉 RPN(Risk Priority Number)값을 고려하여 등급이 높은 것에 대해서는 시공변경 및 대책활동의 여부 등을 검토한다.
 - (11) (10)의 활동에 따라 가장 높은 순위의 우려사항과 치명적인 시공항목에 대한 대책을 수행한 후 개선결과를 검증한다.
 - (12) 개선대책 후에 다시 RPN값을 산정 하여 계속하여 시공변경 및 대책활동을 할 것인지를 결정한다.

위의 과정 중 FMEA에서 가장 중요한 요소는 심각도(S), 발생도(O), 검출도(D)이다.

이 기본모델은 건설업에서의 시공단계에 FMEA를 적용함으로써 시공과정에서 하자형태가 구조물에서 모르고 시공되기 전에 수행되어 “사전”조치를 취함을 목적으로 한다.

3.2 FMEA Worksheet 작성 (심각도(S), 발생도(O), 검출도(D)를 중심으로)

3.2.1 심각도(S)

심각도란 잠재적 고장형태가 고객에게 미치는 영향(앞에서 언급한)의 심각한 정도를 평가한 것이다. 심각도는 단지 영향에만 적용된다. 만약 고장유형에 의해 영향을 받는 고객이 조립공장 또는 제품 사용자라면, 심각성 정도의 평가는 공정의 엔지니어/팀의 경험과 지식영역 밖에 있을 수 있다. 이러한 경우 심각도는 1-10까지의 등급으로 평가된다.

표 1. 심각도(S)평가 기준표

영향	기준 : 영향의 심각도	등급
경고 없는 위험	구조물 또는 작업자를 위협하게 할 수 있다. 잠재적 하자형태가 정부법규에 대해 불일치사항을 포함할 때 매우 높은 심각도 등급이 부여된다. 하자는 사전경고 없이 발생된 것이다.	10
경고 있는 위험	구조물 또는 작업자를 위협하게 할 수 있다. 잠재적 하자형태가 정부법규에 대해 불일치사항을 포함할 때 매우 높은 심각도 등급이 부여된다. 하자는 사전경고 후 발생할 것이다.	9
매우 높음	전체공정에 중대한 혼란을 가져온다. 해당 기성물량의 100%가 폐기될 수 있고 또한 주요기능이 손실되며 고객은 매우 불만족해 한다.	8
높음	전체공정에 중대한 혼란을 가져온다. 해당 기성물량의 대부분(100%미만)이 폐기될 수 있다. 성능수준은 떨어진다. 고객은 불만족해 한다.	7
보통	전체공정에 혼란을 가져온다. 해당 기성물량의 대부분(100%미만)이 폐기될 수 있다. 관련기능성을 상실한다. 고객은 불편을 겪는다.	6
낮음	단위공정에 혼란을 가져온다. 해당 작업분의 100%가 제작업 될 수 있다. 관련기능성의 일부를 상실한다. 고객은 다소 불만족해 한다.	5
매우 낮음	단위공정에 혼란을 가져온다. 기 시공분은 보수되어져야 하고 해당 작업분의 대부분이 재작업 될 수 있다. 대부분 고객이 인지하는 결함.	4
경미	단위공정에 혼란을 가져온다. 해당 작업분의 대부분(100%미만)은 해당공정을 중단하지 않고 작업장 내에서 재작업이 이루어 질 수 있다. 평균적인 고객이 인지하는 결함.	3
매우 경미	단위공정에 혼란을 가져온다. 해당 작업분의 대부분(100%미만)은 해당공정을 중단하지 않고 작업장 내에서 재작업이 가능하다	2
없음	영향 없음.	1

3.2.2 발생도(O)

발생도는 특정한 원인과 영향이 발생할 확률이다. 발생도 등급은 등급 이상의 의미를 갖는다.

표-2 발생도(O) 평가 기준표 (콘크리트 균열 발생을 기준)

하자 발생 확률	하자 발생 내용	하자발생가능 비율	등급
매우 높음	하자발생은 거의 필연적	균열이 1 M ² 당 10cm ² 이상	10
		균열이 2 M ² 당 10cm ² 이상	9
높음	하자발생이 잦은 이전 공정과 유사한 공정이 관련되어 있음	균열이 5 M ² 당 10cm ² 이상	8
		균열이 10 M ² 당 10cm ² 이상	7
보통	때때로 고장발생을 경험한 이전공정과 유사한 공정이 관련되지만 중요도는 아님	균열이 20 M ² 당 10cm ² 이상	6
		균열이 50 M ² 당 10cm ² 이상	5
		균열이 100 M ² 당 10cm ² 이상	4
낮음	유사공정과 관련되어 독립된 하자 발생	균열이 200 M ² 당 10cm ² 이상	3
		균열이 500 M ² 당 10cm ² 이상	2
희박	하자가 거의 발생치않고 대부분 동일한 공정과 관련되어 어떠한 고장도 없음	균열이 500 M ² 당 10cm ² 미만	1

3.2.3 검출도(D)

검출도는 제안된 현 공정관리에 의해 잠재적 하자형태를 검출할 확률의 평가로 정의되거나 부품 또는 구성품이 제조공정 또는 조립장소를 떠나기 전에 현 공정관리에 의해 일련의 하자형태를 검출할 확률의 평가로 정의된다. 검출도는1에서 10까지의 등급 범위를 사용한다. 하자가 발생되었다고 가정하고, 이때 이러한 하자형태 또는 결함을 갖고있는 자재의 출하를 예방하기 위한 모든“현 공정관리”의 능력을 평가하되 선불리 검출도가 낮다고 추측해서는 안 된다. 왜냐하면 발생도가 낮을 수 있기 때문이다. (관리도가 사용되었을 때)그러나 낮은 빈도의 고장형태를 검출하거나 또는 고장형태가 공정 내에서 더욱 악화되는 것을 예방하기 위해 공정관리능력의 평가를 수행 해야한다.

표 3. 검출도(D)평가 기준표

검출도	기준 :검출도는 연속/후속 공정 또는 시공현장에서 공사가 시행되기 전에 공정관리에 의해 검출될 확률	등급
절대적 불확실	하자형태를 검출하기 위해 사용할 수 있는 관리방안이 없음	10
매우희박	하자형태가 검출되기 매우 희박함	9
희박	하자형태가 검출될 확률이 희박함	8
매우낮음	하자형태가 검출될 확률이 매우 낮음	7
낮음	하자형태가 검출될 확률이 낮음	6
보통	하자형태가 검출될 확률이 보통	5
다소높음	하자형태가 검출될 확률이 보통보다 다소 높음	4
높음	하자형태가 검출될 확률이 높음	3
매우높음	하자형태가 검출될 확률이 매우 높음	2
거의확실	하자형태가 거의 확실하게 검출되며, 신뢰성 있는 검출관리법이 유사공정에서 알려져 있음	1

3.2.4 적용 효과

건설업에서 공정FMEA를 도입함으로써 얻는 효과는 다음과 같다.

- ① 체계적이고 합리적인 공사품질관리를 할 수 있다.
- ② 하자발생에 대한 책임소재가 명확해 진다.
- ③ 품질관리의 측면에서 건설공사의 전체적인 공정의 해석이 용이하다.
- ④ 현장의 엔지니어들의 하자발생을 감소시키거나 결함요소를 발견할 수 있는 능력이 증대된다.
- ⑤ 공정개선조치들간에 우선순위를 결정하여 효율적인 공사를 수행 가능하다.
- ⑥ PL소송에 있어서 기본적인 제출증거자료로서 FMEA 기법이 사용된다.
- ⑦ 국제무역에서 FMEA는 QS-9000의 가장 기본적인 자료로서 제품 수출을 위해 필수적이다.

4. 결론

본 연구에서는 건설업에서의 시공상의 FMEA기법 적용에 대한 가능성을 분석하였다. 그 결과 다음과 같은 사항에 대한 결론을 얻을 수 있었다.

- 1) 품질관리 및 개선에 효과가 있으며 신뢰성을 높일 수 있다.
- 2) FMEA 결과의 축척과 활용을 통하여 전략적 의사결정을 용이하게 할 수 있다.
- 3) PL법 적용에 대한 대응자료로 활용이 가능하다.

또한 향후 연구과제방향으로는 FMEA Work Sheet에서의 발생도(O) 기준이 공사방법 및 구조물에 따라서 달라지므로 이에 대한 상세한 연구가 추가적으로 이루어져야 할 것이다.

참고 문헌

1. 김윤성, 조원철(2002) 건설업에서의 FMEA기법 도입 연구 대한토목학회 학술발표회 논문집
2. 이상용(1999) 신뢰성 공학, 형설출판사
3. 김재주·백재욱 신뢰성공학, 한국방송통신대학교
4. 이순효(2001) 통합 생산정보시스템, 청문각
5. 한국품질환경인정협회 譯 잠재적 고장형태 및 영향분석 한국품질환경인정협회
6. ISO(1994) ISO9000s, ISO
7. <http://www.isobank.com/>
8. <http://www.iso-korea.co.kr/>
9. <http://www.dfss.co.kr/>

Abstract

The aim of FMEA method which is already generalized in the industry engineering is to grasp a possibility that defect forms will appear. And it is a means of prevention step to let person remove obstacles which have an influence on customers beforehand in order.

The two parts of FMEA are Design FMEA which we prepare in an early stage and Process FMEA which we prepare in time previous to mass production. This Study apply Process FMEA to execution fields of the construction industry.

keyword : CM, Construction, FMEA, PL Law, LCA, RA