

해외 LNG 플랜트 리스크 요인 도출 및 우선순위 평가 - 설계단계를 중심으로 -

Risk Identification and Priority method for Overseas LNG Plant Projects
- Focusing on Design Phase -

장 우 식*
Jang, Woo-Sik

홍 화 옥**
Hong, Hwa-Uk

한 승 현***
Han, Seung-Heon

요 약

국내 건설기업은 1960년대 처음으로 해외건설시장에 진출한 이래 지속적으로 성장해왔으며 2010년에는 해외건설시장에서 716억 달러를 수주하는 등 국가 경제에 많은 기여를 해왔다. 특히 플랜트산업의 경우 2010년에 사상 최대인 574억 달러를 수주하여 전체 해외건설 수주금액의 80% 이상을 차지하였다. 그럼에도 불구하고 국내 건설기업은 해외 선진기업에 비해 설계단계의 기술경쟁력 부족 및 사업관리 능력의 부족으로 해외 플랜트 사업을 수행하는데 있어 어려움이 크다. 본 연구는 최근 국제 유가의 상승, 에너지 수요의 증가, 친환경 건설에 대한 관심의 증가로 시장규모가 확대되고 있는 해외 LNG 플랜트사업의 수익률 안정을 위해 설계단계의 리스크를 규명하고, 이를 보다 합리적으로 평가하기 위한 방법을 제시하였다. 본 연구의 결과로서 첫째, 기존문헌의 분석, 기업 설계보고서, 전문가 인터뷰를 통해 해외 플랜트 설계단계에서 총 57개 리스크 요인을 도출하였다. 둘째, 기존의 우선순위 평가방법(이측, PI)에 플랜트의 특성을 반영 할 수 있는 조정지수(Coordination Index, CI)를 추가하여 해외 LNG 플랜트 설계단계에 보다 적합한 삼축(PIC)우선순위 평가방법을 제시하였다. 마지막으로 전문가 설문조사 및 인터뷰를 통해 삼축 평가방법의 적절성 및 실무 적용성을 확인하였다. 따라서 국내 건설기업이 자신의 경험을 바탕으로 본 연구에서 제시된 리스크 요인과 평가방법을 해외 LNG 플랜트 설계단계에 적용한다면, 보다 합리적이고 객관적인 리스크 관리가 가능할 것으로 기대된다.

키워드 : 해외 LNG 플랜트, 설계단계, 리스크, 우선순위 평가, 삼축 평가, 조정지수

1. 서론

1.1 연구의 배경 및 목적

해외건설시장은 중동 및 아시아를 중심으로 발주물량이 증가하고 있으며 그 규모는 지속적으로 늘어날 전망이다. 국내 건설산업도 2010년 해외건설시장에서 716억 달러를 수주하며 2003년 이래 꾸준히 성장해왔다. 플랜트분야의 경우 2010년 해외건설 전체수주금액의 80%인 574억 달러를 수주하며 국내 건설산업의 해외진출 핵심 분야로 자리매김하고 있다(해외건설종합정보서비스, 2011). 특히 LNG 플랜트의 경우 국제 유가의 상승,

에너지 수요의 증가, 친환경 건설에 대한 관심의 증대로 해외건설시장에서 꾸준히 성장하고 있으며 향후 기대되는 건설투자비용은 연간 20조원 규모에 이를 것으로 예측된다(윤나리, 2010). 그럼에도 불구하고 국내 건설기업의 플랜트 공사 수익률은 높은 변동성으로 인해 타 공종에 비해 불안정하다. 최근 5년간의 공종별 수익률 및 변동성을 살펴보면, 플랜트 프로젝트는 높은 수익률을 보이는 기회이자, 큰 변동성으로 인한 위기의 측면을 동시에 갖고 있기도 하다(표 1). 이러한 우리 건설기업의 현실은 해외 플랜트사업의 수행에 있어 리스크 관리의 필요성을 대변해 주고 있다.

* 일반회원, 연세대학교 토목환경공학과 박사과정, woosik@yonsei.ac.kr

** 일반회원, 연세대학교 토목환경공학과 석사과정, hhong@yonsei.ac.kr

*** 종신회원, 연세대학교 사회환경시스템공학부 교수, 공학박사(교신지자), shh6018@yonsei.ac.kr

표 1. 국내 건설업체의 공종별 수익률 및 변동성

| 항목 | 건축 | 토목 | 플랜트 |
|-----|-------|-------|-------|
| 수익률 | 4.00% | 4.10% | 6.50% |
| 변동성 | 4.50% | 6.70% | 9.30% |

(최근 6년간 공종률 30% 이상 공사, 출처: 해외건설협회)

한편 국내 건설기업은 플랜트 시공관련 부분에서는 우수한 기술경쟁력을 확보하고 있으나, 고부가가치 창출 영역인 설계 기술력이 미흡하고 리스크관리를 포함한 사업관리능력의 부족으로 해외플랜트 사업을 수행하는데 있어서 어려움이 크다(손재호 외, 2007). 특히 설계단계는 프로젝트의 초기 단계로서, 이후 구매조달 및 시공단계의 비용 및 공기 등에 미치는 영향이 크다. 또한 일반적으로 프로젝트 초기에는 리스크가 발생 할 수 있는 기회가 많고, 그러한 리스크를 수정하기 위한 비용이 적게 소요된다. 하지만 프로젝트가 진행됨에 따라 리스크가 발생할 수 있는 기회는 줄어들게 되는 반면, 이를 수정하기 위한 비용은 커진다(Fayek 외, 2003). 따라서 프로젝트 수행에 있어 안정적인 수익률을 달성하기 위해서는 설계단계에서부터 보다 효율적이고 효과적인 리스크 관리가 필요하다.

이러한 이유로 본 연구에서는 향후 해외시장에서 성장가능성이 높은 LNG 플랜트 공사를 대상으로 국내 건설기업의 경험이 부족한 설계단계에 집중하여 리스크를 도출하고 이들의 우선순위를 보다 효과적으로 평가하기 위한 방법을 제시하고자 한다.

1.2 연구의 범위 및 방법

본 연구는 해외 LNG 플랜트 공사의 설계단계의 리스크를 보다 효율적이고 안정적으로 관리하기 위한 체계를 개발하고자 하였다. 이를 위해 첫째, 일반건설 및 플랜트 관련 문헌분석, LNG 플랜트 관련 문헌분석, 기업의 설계 보고서, 전문가 인터뷰를 통해 해외 LNG 플랜트 설계단계에 적합한 리스크 요인을 도출하였다. 둘째, 이들의 우선순위를 산정함에 있어 LNG 플랜트 특성을 반영하기 위한 방법으로 조정지수(Coordination Index, CI)의 개념을 추가한 삼축(PIC)의 평가방법을 제시하였다. 마지막으로 해외 플랜트 전문가 12인의 설문조사를 통해 본 연구에서 도출된 LNG 플랜트 설계단계의 리스크와 우선순위 평가방법의 적절성 및 실무 적용성을 검증하는 것으로 연구의 범위를 한정하였다. 본 연구의 흐름을 요약하면 그림 1과 같다.

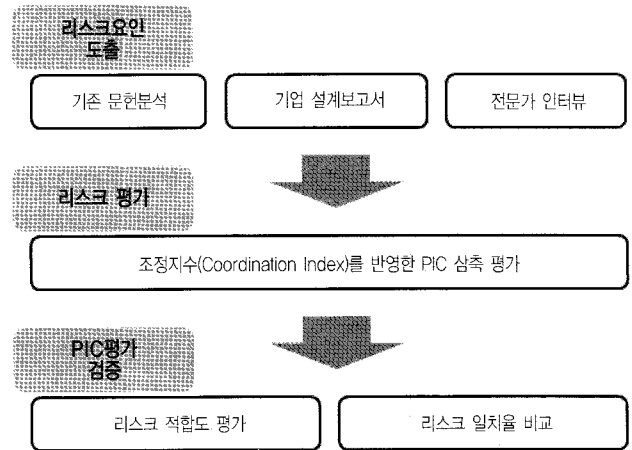


그림 1. 연구 흐름도

2. 기존의 리스크 요인 및 평가방법

2.1 일반적인 해외건설 리스크

해외건설 리스크는 그동안 다양하고 복합적으로 다루어져왔다. 해외건설 리스크 분류와 관련하여 리스크를 발생 원인에 따라 외부적(External)과 내부적(Internal) 측면으로 구분하거나, 리스크를 적용 수준에 따라 국가(Country), 시장(Market), 프로젝트(Project) 리스크로 구분하였으며, 프로젝트의 수행 단계에 따라 설계(Engineering), 구매조달(Procurement), 시공(Construction), 사업관리(Project management) 등으로 구분하여 리스크를 도출하는 연구가 진행되었다(Hastak 외, 2000; Muholland 외, 1999; Zhi, 1995). 그러나 이러한 연구들은 건설 공사의 전체 단계를 대상으로 한 일반적인 관점에서의 리스크를 다루었고, 설계 단계를 따로 고려하지 않았거나 반영이 미흡하였다.

또한 미국의 Construction Industry Institute(CII)에서도 2003년 International Project Risk Assessment(IPRA)를 통해 해외건설에서의 리스크 요인 및 분류체계를 제시하였다. 그러나 CII의 연구 또한 해외건설공사의 일반적인 리스크를 대상으로 하였고, 리스크의 수준 또한 큰 항목으로 구성되어 세밀한 리스크 관리에 적용하기에는 어려움이 있다. 특히 설계 관련 리스크 항목을 보면 전체 82개의 요인 중 4개 정도 만이 해당되어 설계단계에 적용하기에는 미흡하다.

또한 해외건설협회와 연세대가 개발한 해외건설공사 통합 리스크관리 시스템(FIRMS)은 해외건설을 수행하는 건설회사의 관점에서 64개의 해외건설 리스크요인을 도출하고, 이를 통해 수익성 예측모델을 개발하였다. 이중 설계관련 리스크 요인으로

는 3개 분류에서 5개의 요인이 제시되었으나, FIRMS가 프로젝트의 초기에 입찰의사결정단계에서 적용 가능한 사항이 주를 이루기 때문에 설계단계에 직접적으로 적용하기에는 한계가 있다.

2.2 플랜트 관련 연구

플랜트와 관련한 연구도 다양하게 진행되어 왔다. 특히 해외 플랜트 건설공사와 관련하여 발생 가능한 리스크를 도출하고 평가하기 위한 방안이 주로 제시되었다. 안승규 외(2010)는 입찰에서 시운전까지의 플랜트 프로젝트의 전 단계에 걸쳐 사업 내부적, 외부적 리스크 인자를 도출하고 평가방안을 제시하였다. 또한 개별 사업 수행단계별 해외 플랜트 공사의 리스크 평가방안을 제시한 연구도 다양하게 진행되었는데, 주로 입찰 및 계약 단계에 집중하여 리스크 평가 방안을 제시한 연구(안성훈 외, 2007; 이현영, 2009)가 진행되었다. 하지만 이러한 연구들은 발주처 여건, 사업 환경, 프로젝트 특성 등 일반 건설관점의 리스크에 집중되어 왔다. 그리고 구매조달단계에서는 효율적인 구매조달 시스템 구축을 위한 연구가 진행되었으나, 실제적인 자료의 한계로 인해 프로세스 분석에 한정되었다(원서경 외, 2008). 또한 플랜트 설계와 관련하여 표준코드 활용상의 문제점 분석 및 개선방향을 제시하기 위한 연구도 이루어졌으나 구체적인 개발방법의 제시가 미흡했다(구분학 외, 2007).

이와는 달리 플랜트 설계와 관련하여, 체크리스트 기반의 핵심성공요인(Critical Success Factor, CSF) 도출에 관한 연구가 활발하게 진행되었다. 플랜트 설계단계를 기본설계와 상세설계로 구분하고, 각 업무별로 체크리스트를 작성하여 전문가 설문을 통해 핵심성공요인을 선정한 연구가 진행되었다(손재호 외, 2007; 유영훈, 2008; 이상엽 외, 2008). 특히 유영훈(2008)은 전문가 설문을 통해서 공정, 기계, 설비 등 5개 분야의 총 17개의 핵심성공요인을 도출하였다. 그러나 이러한 연구는 주요 체크리스트를 도출하여 업무의 중요도를 산정하는 것으로서 리스크와 직접적으로 연결하기 어렵다는 단점이 있으나 리스크의 구분이나 분류와 관련하여 주요 참고 사항으로서 의미를 가진다.

2.3 기존 리스크 우선순위 평가방법

지금까지는 공학적 측면에서의 리스크를 평가하기 위해 일반적으로 발생확률(Probability)과 영향강도(Impact)의 조합을 이용해 왔다(Renn, 1998). 이 두 가지의 기준을 조합하여 기대치로 표현하는 방식의 많은 연구가 진행되었으며 대다수의 연구는 두 가지의 결합 방식에만 차이를 두고 있다(강인석 외, 2004; Aleshin, 2001; CII, 2003; Renn, 1998; Zhi, 1995). 이러한 방

식들은 각각 값들이 1 이하일 때 발생하는 오류를 해결하기 위해 거리의 개념을 사용한다(CII, 2003). 거리개념은 원점을 기준으로 좌표평면의 양축을 발생확률과 영향강도로 규정하여, 원점에서부터의 거리를 계산하여 리스크의 수준을 평가하는 것이다(그림 2).

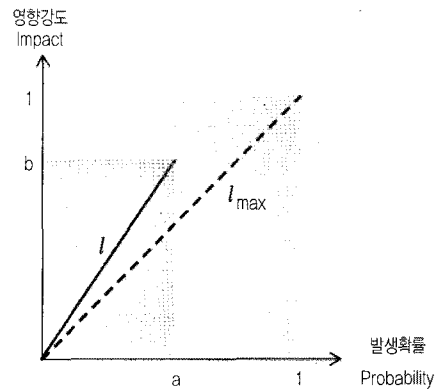


그림 2. 이축(P)의 리스크 수준 산정(김한희, 2004)

따라서 이러한 이축(P)의 평가기법은 리스크의 수준을 쉽게 구분해 주는 리스크 매트릭스(Risk matrix)로도 표현이 가능하다. 리스크 매트릭스는 리스크의 위치가 확인되는 즉시 해당 리스크의 수준을 쉽게 파악할 수 있다는 장점이 있어 리스크 평가 방법으로 널리 사용되고 있다. 그러나 이러한 이축의 평가기법과 리스크 매트릭스는 이차원적 표현으로서 두 개의 기준이 대칭이 되는 지점에 대해서 리스크의 수준을 구분하지 못하여 발생빈도와 영향강도에 따른 최적의 자원분배를 하지 못한다는 단점이 있다.

특히 기존 리스크 매트릭스의 단점으로 낮은 설명력(Poor resolution), 오류(Errors), 입출력의 애매모호함(Ambiguous inputs and outputs) 등을 제기하며 리스크 매트릭스 사용에 대한 회의적인 시각을 가지는 연구도 진행되어 이와 같은 이차원적 리스크 평가의 문제점이 부각 되었다(Cox, 2008). 또한 두 개의 기준은 평가자의 주관에 개입될 개연성이 높아 동일 리스크에 대해 여러 번의 평가가 진행될 경우 평가자에 따라 일관되지 않은 결과가 발생할 확률이 높다.

따라서 이러한 이축평가기법은 LNG 플랜트의 특징인 공종의 다양성과 복잡성을 고려하지 못해 세밀한 리스크 우선순위를 평가하기에는 한계가 있다. 이에 리스크 매트릭스의 장점인 명료하고 간편하게 리스크 수준을 구분할 수 있다는 점을 살리면서, 평가자의 주관을 배제하고 리스크 평가를 보다 객관화, 세밀화시킬 수 있는 리스크 우선순위의 평가방법이 요구되고 있다.

3. 리스크 요인 및 우선순위 평가방법

3.1 LNG 플랜트 리스크 프레임워크 도출

본 연구에서는 LNG 플랜트 설계단계의 리스크 요인 및 프레임워크(Framework)를 도출하기 위해 2장에서 제시된 건설공사 리스크관리에 대한 기존 문헌 고찰을 수행하였다. 또한 건설기업의 플랜트 공사 보고서를 분석하였으며, 총 3차례의 전문가 인터뷰를 수행하였다(그림 3). 건설기업의 보고서에는 설계단계의 주요 문제점 및 이를 해결하기위한 계획이 제시되었다. 또한 프로젝트 수행과정에서 발생된 설계관련 문제점이 제시되었다. 따라서 본 연구에서는 설계단계에서 고려되거나 관리되어야할 리스크 인자를 분석하였으며, 이들 리스크 요인과 직·간접적으로 연결되는 리스크 요인에 대해서도 분석을 진행하였다. 이러한 과정을 바탕으로 본 연구에서는 LNG 플랜트 공사의 리스크 관리를 위해 미리 인식 가능하거나, 인식해야 할 각 수행 단계의 리스크를 고려하고자 하였다.

본 연구에서 제시된 리스크 프레임워크의 상세 도출과정은 다음과 같다. 우선 사업관리 관점의 리스크를 도출하고자 본 연구에서는 기존 문헌 고찰 및 건설기업 자료를 분석하여 노출빈도가 높은 항목을 정리하고, 비슷한 내용을 통합하였다. 이를 통해 사업관리 관점의 세부 리스크 요인을 도출하였으며, 도출된 리스크 요인을 대분류, 중분류 항목으로 계층화하였다.

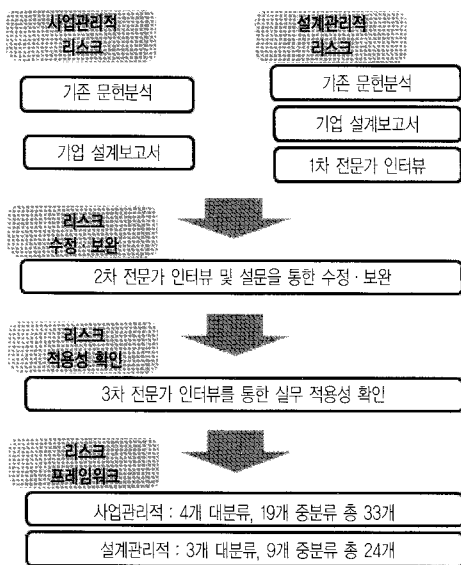


그림 3. 리스크 프레임워크 도출 과정

다음으로 설계관리 관점의 리스크를 도출하기 위해 본 연구에서는 실제 플랜트 현장의 자료 및 개별 기업의 설계 리스크 관리 사례 그리고 플랜트 설계 관련 문헌을 수집하였으며, 이를 바탕으로 관련 항목을 정리하였다. 그리고 설계 관리적 리스크는 실제 프로젝트의 설계과정에서 발생가능하거나, 발생했던 리스크를 전문가의 경험을 바탕으로 도출하고자 하였다. 이를 위해 5인의 전문가와 설문이나 인터뷰를 실시하여 상대적으로 중요도가 높은 리스크 요인을 도출하였다. 중요도가 높은 리스크 요인으로는 공정에서의 액화 온도 유지 미흡, 확장 등을 고려한 연결성 반영 미흡 등으로 나타났다.

본 연구에서는 2단계에 걸친 추가 전문가 인터뷰를 통해 도출된 사업관리 및 설계관리 관점의 리스크를 수정·보완하고, 리스크 프레임워크의 적합성 및 실무 적용성을 확인하였다. 다수의 문헌 및 기업 자료 그리고 다양한 전문가의 참여로 인해 리스크 요인의 유형 및 수준의 변동이 크게 나타났기 때문에, 5인의 전문가를 대상으로 한 2차 인터뷰에서는 이러한 유형을 통합하여 정리하였고, 각각의 유형에 맞추어 리스크 수준을 통일 하였다. 또한, 설계 품질 및 성능 등 설계단계의 리스크에 초점을 맞추고자 정치, 경제, 사회적 관점에서 사업 초기단계나 시공단계에서 발생 가능한 리스크 요인은 배제하였다. 이후 수정된 리스크를 건설 경력 20년 이상의 전문가 3인과의 인터뷰를 통해 사업관리 관점, 설계관리 관점의 분류 및 세부 분류의 적합성과 실무 적용 가능성을 확인하였다.

최종적으로 도출된 리스크를 체계적으로 분류하기 위해서 설계 관리 관련 문헌고찰을 통해 사업관리 및 설계관리 관점에서의 주요 리스크 관리 목표를 도출하였다. 설계단계 리스크 관리 목표는 1) 해당 발주국 및 발주처의 LNG 플랜트 설계기준 및 요구 라이선스(License) 준수, 2) 설계요류·누락으로 인한 공사비 증가 및 시설물 품질저하 예방, 3) 설계 변경과 관련한 계약 및 클레임(Claim) 관리, 4) LNG 플랜트 시설물의 성능 확보를 위한 개별 LNG 관련 설비 관리, 5) 설계 아웃소싱(Outsourcing) 관리 및 개별 패키지(Package)의 연결성 관리의 5가지 항목으로서 이를 리스크 프레임워크의 대분류와 중분류에 반영하였다. 위의 결과를 바탕으로 본 연구에서는 사업관리 관점에서 4개 대분류, 19개 중분류의 총 33개 리스크 요인을, 설계관리 관점에서 3개 대분류, 9개 중분류의 총 24개 리스크요인을 도출하였으며 결과는 표 2와 같다.

표 2. 해외 LNG 플랜트 공사 설계단계의 리스크 프레임워크

| 구분 | 대분류 | 중분류 | 세부 리스크 요인(요인 번호) |
|----------|--------------|--------|---|
| 사업 관리 관점 | 해당국 및 발주처 관리 | 공사특성 | · 발주자 특별 시방 반영(1) · 발주자 제공 자료와 실제 현장상황과의 괴리(2) |
| | | 발주처 특징 | · 발주자 설계 개입(3) |

표 2. 해외 LNG 플랜트 공사 설계단계의 리스크 프레임워크(계속)

| 구분 | 대분류 | 중분류 | 세부 리스크 요인(요인 번호) |
|----------------|----------------------|---|--|
| 사업 관리 관점 | 계약 및 클레임 관리 | 계약요인 | · 발주자가 요구한 기술의 라이선스 확보(4) |
| | | 라이선스 (LNG관련) | · 역화설계 도면의 라이선스 반영 미흡(5) · 설계도면에 발주자 요구반영 미흡(6) · 라이선서의 승인자면(7) · 설계도면에 라이선스나 로열티 추가 가능성(8) |
| | | 자재 및 장비 (LNG관련) | · 설계도면에 극저온 자재 반영 미흡(9) · 설계도면에 특수부품 반영 미흡(10) · 설계도면에 진출국 기후 및 날씨 반영 미흡(11) |
| | 공기 및 공사비 관리 | 공기 | · 계약 공기 반영한 설계도면 작성(14) · 설계 도면의 last track 지원 미흡 (detail 설계 미흡)(15) |
| | | 공사비 | · 설계도면 작성시 실행 공사비 반영 미흡(16) |
| | 이웃 소싱 및 협업 관리 | 시공관리 | · 설계에 시공성 반영 미흡(17) |
| | | 설계관리 | · 재설계 및 추가설계(물량변동)(18) · 경험이나 교훈 미반영(19) · 현장정보 반영 미흡(20) |
| | | 본사와의 연계 | · 본사의 동종 공사 경험 반영(21) · 본사의 기술능력 반영(22) |
| | | 현장소장 능력 | · 소장의 동종 공사 경험 반영(23) · 소장의 기술능력 반영(24) |
| | | 직원 인사능력 | · 직원의 동종 공사 경험 반영(25) · 직원의 기술능력 반영(26) |
| 현지 협력 업체 | | · 현지 협력업체의 동종 공사 경험 반영(27) · 현지 협력 업체의 기술능력 반영(28) | |
| JV, 컨소시엄 업체 능력 | | · JV, 컨소시엄 업체와의 공동 설계(29) | |
| 안전 | | · 설계에 안전기준 반영 미흡(30) | |
| 품질 | | · 설계에 품질기준 반영 미흡(31) | |
| 조달 | | · 설계에 조달기준 반영 미흡(32) | |
| 환경 | · 설계에 환경기준 반영 미흡(33) | | |
| Basic Design | FEED | · Process Flow Diagram의 기본사항 및 각 기기사항 오류(34) · Material Balance와 PFD 간의 비일치(35) · Material Balance의 필요 Stream 및 Data 누락(36) · FEED의 현장조건 반영 미흡(37) · 설비 운영의 안정성 고려 미흡(38) · 고장 등을 고려한 예비설계 미흡(39) · 확장 등을 고려한 연결성 반영 미흡(40) | |
| | 액화 프로세스 | · 공정에서의 액화 온도 유지 미흡(41) · 프로세스의 설계 요구사항 미흡(42) | |
| 설계 관리 관점 | 공동 요인 | 공동 요인 | · Code 및 Spec의 적합성 준수 미흡(43) · 타 공정이나 설비에 대한 영향성 및 연결성 반영 미흡(44) · 절대공사기간 확보의 적정성(45) |
| | | Mechanical | · 각 기계 장치들과 타 라인과의 연결성 설계 반영 미흡(46) · 기계 장비용량의 적정성 및 적기 설계 미흡(47) |
| | Detail Design | Piping | · 온도 및 압력변화에 따른 대응 설계 미흡 (48) · 배관자재 적기공급 및 타 공정과의 연계성 반영 미흡(49) |
| | | Instrument | · 각종 측정 기기의 위치 및 연결성 설계 반영 미흡(50) · 계장 설비의 이용성 반영 미흡(51) |
| | | Electrical | · 유도장에 해소를 위한 설계 미흡(52) · 전력 수전 및 배전 설계 미흡(53) |
| | | Civil & Architectural | · 중량물 조건 설계 반영 미흡(54) · 건물규모나 지진계수 반영 미흡(55) |
| | | 극저온 자재 및 장비 | · 적기 공급 가능성 반영 미흡(56) · 타 설비와의 연결성 반영 미흡(57) |

본 리스크 프레임워크는 해외 LNG 플랜트의 설계단계에 초점을 맞추었다. 따라서 일반적으로 제시되는 환율이나 천재지변과 같이 계약이나, 구매조달 및 시공단계에서 주로 다루어질 리스크는 고려되지 않았다. 이러한 내용들은 추후 후속연구로서 수행될 예정이며, 최종적으로는 계약, 설계, 구매조달 및 시공 단계를 아우르는 리스크 프레임워크 및 우선순위 평가 방법이 제시될 것이다.

3.2 삼축 우선순위 평가방법

3.2.1 플랜트의 특성을 반영한 평가방법

LNG 플랜트는 타 건설 공종이나 프로젝트에 비해 확연하게 많은 공종으로 구성되고 각 공종 별로 상호 연결되어 수행되는 건설공사이다(Inniss, 2004). 따라서 다양한 공종을 관리하고 이들의 연결 및 협업을 효과적으로 조율하기 위해서는 설계관리의 역할이 중요하다. 특히 설계 절차 및 결과물에 대한 효과적인 조정은 공종간의 갈등이나 간섭을 줄이는 것에 도움을 주며, 이는 비용 절감과도 연결된다(Riley 외, 2005).

국내 건설기업의 경우 LNG 플랜트 프로젝트 수행 시, 엔지니어링 회사와 시공회사가 합작하여 참여하는 것이 대부분이므로 설계와 시공의 연결성이 중요하다. 또한 엔지니어링 회사의 경우에도 세부 공종별로 여러 설계 전문회사를 연결하고 있으므로, 이러한 공종별, 업무별 설계를 취합하고 관리하기 위한 조정(Coordination)이 필수적이다.

따라서 본 연구에서는 설계관리에 있어 플랜트 공사에서 해당 리스크의 공종 복합성과 리스크 해결과정에서 참여하는 전문가의 수 등을 기준으로 조정지수라는 평가기준을 사용하였다. 리스크 해결을 위한 참여 공종이나 작업의 수가 많거나, 참여 담당자나 전문가의 수가 많을 때, 그리고 요구되는 프로세스의 수가 많을 때 조정이 어려울 것임은 직관적으로 알 수 있다. 또 반대로 리스크 해결을 위한 공종이나 작업의 수가 적고, 필요 담당자 및 전문가의 수도 적으며, 요구되는 프로세스가 단순할 때에는 조정이 상대적으로 쉬울 것이다.

이와 비슷한 관점에서 프로젝트를 보다 객관적으로 평가하기 위해서 기존 문헌(김한힘, 2004)에서는 체감도(Significance)가 사용되었으며, 본 연구에서 제시한 조정지수와는 차이가 표 3과 같다.

표 3. 체감도와 조정지수의 비교

| 체감도 (김한림, 2004) | 기준 | 조정지수 (본 연구) |
|---------------------------------------|---------------|---|
| 리스크의 중요성에 대해 직관적이며 종합적으로 평가자가 체감하는 정도 | 개념 | 리스크 해결 과정의 어려움이나 복잡성을 종합적으로 분석한 조정 불확실성의 정도 |
| 일반적인 확률과 강도의 수준 | 평가 기준 | 리스크에 관련된 공종의 수 |
| 정보획득과 관리의 난이도 | | 리스크에 관련된 전문가의 수 |
| 간접적, 추가적, 잠재적 피해 정도 | | 리스크 해결 경험도 |
| 수익으로의 연결성 | | 리스크 관련 지식 정도 |
| 실무자의 태도 | 접근 관점 | 리스크 해결 과정의 복잡성 정도 |
| 평가기준에 따른 종격의 체감 정도 | 타 기준 과의 중첩 | 확률 및 강도 개념과 독립적 |
| 확률 및 강도 개념과의 중첩가능성 | | |

따라서, 본 연구에서는 타 건설공종이나 프로젝트에 비해 강조되는 LNG 플랜트의 특징인 복잡성과 다양성을 고려하여, 조정의 불확실성을 평가기준으로 추가하였다(수식 1).

$$\text{삼축평가 지수} = \sqrt{P^2 + I^2 + C^2} \quad \dots (1)$$

- P: 발생 확률 (Probability)
- I: 영향강도 (Impact)
- C: 조정지수 (Coordination)

본 연구에서 사용한 삼축(PIC)의 평가방법은 기존의 우선순위 평가방법(이축, PI)의 장점인 리스크 상태의 손쉬운 배치 및 표현을 그대로 유지하면서, 단점인 P와 I의 대칭 지점의 리스크 우선순위에 대한 불확실성을 제거 할 수 있다는 특징을 가진다. 또한 본 평가 방법은 기존 2차원의 리스크 매트릭스를 3차원 입체의 리스크 매트릭스로 변환해 주어 보다 세밀한 리스크 우선순위 구분을 가능케 해주며, LNG 플랜트의 특성을 반영한 평가기준을 추가하여 이전보다 합리적으로 LNG 플랜트 설계단계의 리스크 우선순위 평가가 가능할 것으로 판단된다.

3.2.2 리스크 요인에 대한 삼축 평가방법의 적절성

일반적으로 모든 리스크에 대해 조정지수가 지대한 영향을 미치지 못하는 것이다. 그러나 조정지수는 플랜트의 고유한 특징인 복잡성 및 조정의 어려움 정도를 대변해 주는 기준으로서, 설계단계의 리스크에 대해 적용이 가능한지에 대한 고찰이 필요하다. 이러한 관점에서 보면, 플랜트의 리스크를 삼축의 기준으로 평가해 보았을 때 리스크에 대해 일정 이상의 영향을 미치는 것이 확인이 된다면 조정지수가 새로운 기준으로서 적용이 가능할 것이다. 즉, 플랜트 리스크를 대상으로 삼축의 기준을 통해 주요 영향 인자를 분석하면, 조정지수의 영향력을 확인 할 수 있으며, 개별 기준의 영향력 비교를 통해 새로운 기준의 적절성에 대한 판단이 가능하다. 따라서 이를 확인하기 위해 본 연구에서는 전문가 12인을 통해 각 리스크에 영향을 주는 정도를 5점 리커트 척도(Likert scale)로 평가하였다. 이들의 결과를 활용하여 회귀 분석을 실시하였으며, 베타값(회귀계수) 분석을 통해 주요 영향

인자를 확인하였다. 또한 붓스트랩(Bootstrap) 방법을 사용하여 설문자의 수가 적은 한계를 보완하였으며, 독립변수로 이축의 경우 확률, 영향강도를, 삼축의 경우 확률, 영향강도, 조정지수를 설정하여 5점 리커트 척도로서 개별 평가 결과를 입력하였다. 종속변수로는 이축은 그림 2에서 나타난 거리 개념으로, 삼축은 수식 1에서 제시된 방법으로 계산된 평가점수를 활용하였다. 그리고 최종적으로 회귀식의 베타값을 확인하여 베타값 중 가장 큰 값을 주요 영향 변수로 선택하였다. 분석 결과는 표 4와 같다. 삼축평가 결과 조정지수가 개별 리스크 요인에 가장 큰 영향을 주는 인자로서 확인되었다. 이축평가 결과에서는 주요 영향 변수가 영향강도에 집중되는 현상이 나타났으나, 삼축평가 결과에서는 이축에 비해 주요영향 변수가 고르게 분포된 것으로 나타났다. 따라서 조정지수가 확률 및 영향강도와 더불어 LNG 플랜트 설계단계의 리스크를 평가함에 있어 적절한 변수인 것으로 판단된다.

표 4. 개별 리스크의 주요 영향변수 선택율

| 변수 | 확률(P) | 영향강도(I) | 조정지수(C) |
|---------|-------|---------|---------|
| 이축평가 결과 | 33% | 67% | - |
| 삼축평가 결과 | 24% | 35% | 41% |

4. 연구내용의 적용 및 고찰

4.1 리스크 적합도 평가

본 연구에서는 표 2에서 제시된 리스크 중분류 항목과 개별 리스크 요인을 LNG, 일반플랜트, 일반건설의 세 가지 범주로 나누어 도출된 리스크 요인 및 프레임워크가 LNG 플랜트 설계 단계에 적합함을 확인하고자 하였다. 이를 위해 건설경력 10년 이상, 해외건설 경력 5년 이상의 전문가 12인을 대상으로 설문을 진행하였으며 결과는 표 5와 같다.

중분류 적합도 평가 결과, 실무자 및 전문가 12인 중 11인이 일반건설에 공유 가능한 항목이 10% 이하라고 평가하였으며, 나머지 1인도 일반건설에 공유 가능한 항목이 15%라고 평가하였다. 이는 본 연구에서 제시된 대부분의 리스크 중분류 항목이 LNG 및 일반플랜트 건설에 적합하다는 것으로 유추할 수 있다.

또한 개별 리스크 요인에 대한 적합도 평가 결과, 일반건설 분야에 공유 가능한 항목을 선택한 전문가는 총 8인으로 최소 3%에서 최대 48%이다. 본 평가에서 일반건설 분야에 공유 가능 비율이 30%이상인 실무자는 2인으로, 1인은 건축분야이며 다른 1인은 기계분야로 나타났다. 그러나 이들의 중분류 항목 평가는 90%가 LNG 및 일반 플랜트 분야에 적합한 것으로 평가하였다. 이와 더불어 기계 및 건축 관련 다른 실무자는 92% 이상의 리스

크 요인이 LNG 및 일반플랜트 분야에 적합한 것으로 평가하였다. 따라서 이러한 실무자 평가결과의 변동은 기계 및 건축 분야의 세부 리스크에 대한 고려가 미흡한 것이 기인한 것으로 판단되며, 이는 후속 연구로서 보완되어야 할 것이다.

표 5. 적합도 평가 설문결과

| 설문번호 | 참여공종 및 담당 업무 | 중분류 적합도(%) | | | 리스크 적합도(%) | | |
|------|----------------------------|------------|-----|------|------------|-----|------|
| | | LNG | 플랜트 | 일반건설 | LNG | 플랜트 | 일반건설 |
| 1 | 기계, 배관, 전기, 계장, CM, 공사, 공무 | 63% | 37% | - | 57% | 40% | 3% |
| 2 | 토목, 공사 | 53% | 47% | - | 35% | 65% | - |
| 3 | 토목, PM | 47% | 45% | 8% | 30% | 57% | 13% |
| 4 | 토목, 공사 | 63% | 37% | - | 51% | 49% | - |
| 5 | 기계, 공사 | 42% | 48% | 10% | 30% | 40% | 30% |
| 6 | 계장, 공사 | 16% | 69% | 15% | 14% | 73% | 13% |
| 7 | 건축, 공사 | 47% | 43% | 10% | 27% | 35% | 48% |
| 8 | 전기, 공사 | 47% | 53% | - | 43% | 49% | 8% |
| 9 | 토목, CM | 26% | 74% | - | 19% | 81% | - |
| 10 | 토목, 공사 | 16% | 74% | 10% | 14% | 81% | 5% |
| 11 | 기계, CM | 84% | 16% | - | 35% | 57% | 8% |
| 12 | 건축, CM, 공무 | 34% | 66% | - | 35% | 65% | - |

그럼에도 불구하고 본 평가는 대체적으로 85% 이상의 리스크 중분류 항목 및 개별 리스크 요인이 LNG 및 일반 플랜트에 적합하다는 결과를 도출하였다. 특히 설문자의 개인 성향 및 전문 지식의 차이 그리고 개별 상황의 차이를 고려하면, 본 연구의 리스크가 해외 LNG 플랜트 설계단계에 활용될 수 있는 것으로 판단된다.

4.2 리스크 우선순위 평가

삼축 평가방법을 실무적으로 검증하기 위하여 본 연구에서는 추가적인 인터뷰를 수행하였다. 우선 전문가의 지식 및 경험에 의한 리스크 우선순위를 도출하기 위해 해외경력 30년 이상의 플랜트 및 LNG 플랜트 전문가 5인을 대상으로 인터뷰를 수행하였다. 우선 5인의 LNG 플랜트 전문가에게 본 연구에서 도출된 리스크 프레임워크를 제시하고 그동안의 지식 및 경험을 기반으로 10개의 주요 리스크를 선택하게 하였다. 개별 전문가는 각각의 업무영역과 전공에 따라 주요 리스크를 선택하였으며, 평균적으로 중요도가 높은 최종 10개의 주요 리스크 요인을 확정하였다. 그리고 적합도 평가에 참여하였던 12인의 전문가들이 개별 리스크를 이축 및 삼축으로 평가하였으며, 각 요인별로 전문가 의견을 평균하는 방법을 통해 평가방법 별로 각각 10개의 주요 리스크를 도출하였다. 이를 통해 얻어진 결과는 표 6과 같다.

표 6. 주요 리스크 요인 번호

| 전문가 평가 | 주요 리스크 요인 번호(10개) | |
|--------|-------------------|--------------|
| | 이축(PI) 평가방법 | 삼축(PIO) 평가방법 |
| 1 | 1 | 1 |
| 2 | 2 | 2 |
| | 3 | |
| 4 | 4 | 4 |
| | 6 | |
| | 12 | |
| 14 | 14 | 14 |
| 15 | | 15 |
| 16 | | 16 |
| | 25 | 25 |
| 26 | 26 | 26 |
| 27 | | |
| 30 | | |
| 31 | 31 | 31 |
| | | 33 |

그 결과, 우선순위 평가방법에 구애받지 않고 선택한 주요 리스크와 이축 평가에 의한 주요리스크와의 일치율은 60% (10개 중 6개)로 나타났다. 반면에 삼축 평가에 의한 주요 리스크와의 일치율은 80% (10개 중 8개)로 이축에 비해 보다 나은 결과를 나타내고 있다.

본 결과로 미루어 볼 때 삼축의 리스크 우선순위 평가방법이 이축의 평가방법에 비해 해외 LNG 플랜트 설계단계에서 리스크의 우선순위를 판별하는데 보다 적합한 것으로 판단되었다. 또한 이러한 결과는 조정지수를 통해 플랜트 공사의 특징이 부각된 것으로 판단되어, 조정지수가 의미가 있음을 검증해 주었다.

5. 결론

본 연구는 국내 건설기업의 수익률 안정과 가격경쟁력 확보를 위한 방법으로 해외 LNG 플랜트 설계단계의 리스크를 도출하고, 이들의 우선순위를 보다 합리적으로 평가하기 위한 방법을 제시하는데 목표를 두었다. 특히 본 연구에서 제시된 삼축의 우선순위 평가방법은 기존의 평가방법의(이축) 단점인 낮은 설명력, 정성적·정량적 평가의 오류 등을 보완하였으며, 해외 LNG 플랜트의 특성인 다양한 공종 및 전문가의 참여에 의한 조정 불확실성을 반영하여 보다 합리적인 평가가 가능하게 하였다. 더욱이 이러한 LNG 플랜트의 특성들은 일반적인 건설 프로젝트를 대상으로 한 기존의 평가방법이 고려하지 못한 부분에서 더욱 의미가 있다. 또한 본 연구에서는 전문가와 실무자가 초반부터 참여하여 실무적인 내용을 내포하고자 노력하였으며, 다수의 전문가 설문을 통해 본 연구에서 제시된 리스크 프레임워크

의 적합성을 확인하였고, 우선순위 평가 방법의 효용 또한 검증하였다.

그러나 본 연구는 해외 선진 기업의 설계관련 자료를 수집하지 못하고, 국내 건설 기업의 전문가만을 대상으로 하여 라이선서와 발주자 관점에서의 리스크 도출이 다소 미흡하다는 한계가 있다. 또한 본 연구에 참여한 전문가 및 실무자의 수가 부족하여 연구의 결과를 일반화 하는데 있어 한계가 있다. 특히 대부분의 사업이 해외에서 진행되고, 수행과정 자체가 외부에 공개가 되지 않는 LNG 플랜트의 현실적인 문제로 인해 실제 플랜트 건설 공사에 연구결과를 적용 및 검증해보지 못하였다는 한계가 있다. 그럼에도 불구하고 본 연구는 국내 건설기업이 해외 LNG 플랜트 공사를 수행함에 있어, 설계단계에서의 리스크를 사전에 확인하고 우선순위를 도출 할 수 있도록 해주어 보다 합리적인 리스크 관리 방향을 제시해 줄 것으로 기대된다. 또한 본 연구의 결과에 개별 건설기업의 경험과 노하우를 더하여 활용하면 시너지 효과를 내어 보다 효과적이고 긍정적인 리스크 관리 및 평가가 가능할 것으로 기대된다.

향후에는 본 연구의 결과물을 바탕으로 해외 LNG 플랜트 사업 설계단계의 삼축 우선순위 리스크 평가기법의 적합성 검증을 위해 실제 프로젝트에의 적용이 요구되며, 이러한 프로젝트의 수행을 통해 자료가 축적된다면 더욱 객관적인 정보를 제공할 수 있을 것이라고 사료된다. 따라서 후속연구로서 실제 프로젝트를 활용하여 보다 진일보된 연구가 진행되어야 할 것이다.

감사의 글

본 연구는 국토해양부 LNG플랜트사업단의 연구비 지원에 의해 수행되었습니다.

참고문헌

강인석, 이승렬 (2004). "공기 및 공사비 위험도의 가중치를 적용한 건설공사 리스크 관리기법 연구", 대한토목학회 논문집, 제24권, 제2D호, pp.229~238

구본학, 김태희 (2007). "플랜트 설계를 위한 표준코드의 활용체계 개선방안", 한국건설관리학회 논문집, 제8권, 제2호, pp.81~89

김한함 (2004). "실무적 차원의 해외건설 프로젝트 리스크 관리 모델 연구", 석사학위 논문, 연세대학교

손재호, 이상엽, 한충희, 김재은 (2007). "플랜트 설계단계 핵심 성공요인(CSF) 도출에 관한 연구", 한국건설관리학회 논문

집, 제8권, 제6호, pp.227~234

안성훈, 이영남, 조호규 (2008). "해외 플랜트 공사 리스크 평가 방안 및 적용에 관한 연구", 한국건설관리학회 논문집, 제9권, 제1호, pp.134~142

안승규, 조동환, 허진혁, 문승재, 유호선 (2010). "해외플랜트 프로젝트 리스크의 평가 및 관리시스템에 관한 연구", 플랜트저널, 제6권, 제1호, pp.56~63

원서경, 강민우, 이준복, 김선국, 한충희 (2008). "해외 플랜트 프로젝트 구매조달 시스템 구축을 위한 프로세스 분석", 대한건축학회 논문집, 제24권, 제2호, pp.113~120

유영훈 (2008). "플랜트 설계단계 정량적 평가모델 개발 및 사례 수집에 관한 연구", 석사학위 논문, 홍익대학교

윤나리 (2010). "LNG 플랜트 프로젝트의 통합지식관리시스템 Framework 구축에 관한 연구", 석사학위 논문, 경희대학교

이상엽, 손재호, 유영훈, 한충희 (2008). "플랜트사업 설계사례의 체크리스트기반 평가모델에 관한 연구", 한국건설관리학회 논문집, 제9권, 제3호, pp.146~152

이현영 (2009). "해외플랜트 리스크 분석 사례", 한국건설관리학회 논문집, 제10권, 제4호, pp.11~17

해외건설협회 (2011). "해외건설종합정보서비스", [online DB, cited 11.03.21], <<http://www.icak.or.kr/>>

Aleshin, A. (2001). "Risk management of international projects in Russia", International Journal of Project Management, 19(4), pp. 207~222

Construction Industry Institute (2003), "International Project Risk Assessment", CII

Cox, L. A. Jr., (2008). "What's wrong with risk matrices?", Risk Analysis, 28(2), pp. 497~512

Fayek, A. R., Dissanayake, M., Campero, O. (2003). "Measuring and Classifying Construction Field Rework: A Plot Study", Construction Owners Association of Alverta(COAA)

Hastak, M., Shaked, A. (2000). "ICRAM-1: Model for International Construction Risk Assessment", Journal of Management in Engineering, 16(1), pp. 59~69

Inniss, H. (2004). "Operational Vertical Integration in the Gas Industry, with Emphasis on LNG: Is it Necessary to ensure Viability?", Center for Energy, Petroleum & Mineral Law & Policy Annual Review

Mulholland, B., Christian, J. (1999). "Risk assessment in construction schedules", Journal of Construction

- Engineering and Management, 125(1), pp. 8~15
- Renn, O. (1998). "The role of risk perception for risk management", Reliability Engineering and System Safety, 59(1), pp. 49~62
- Riley, D. R., Varadan, P., James, J. S., Thomas, H. R. (2005). "Benefit-Cost Metrics for Design Coordination of Mechanical, Electrical, and Plumbing Systems in Multistory Buildings", Journal of Construction Engineering and Management, Vol. 131, No. 8, pp. 877~889
- Zhi, H. (1995). "Risk management for overseas construction projects", International Journal of Project Management, 13(4), pp. 231~237

논문제출일: 2011.04.21
논문심사일: 2011.04.22
심사완료일: 2011.07.14

Abstract

Korean contractors have been maintained sustainable growth since entering into overseas construction market for the first time in 1960's. In 2010, Korean contractors ordered 761 billion (USD) from overseas markets. Especially, 574 billion (USD) were earned by Korean contractors in overseas plant construction market which account for more than 80% of the total amount by Korean contractors. Nevertheless, many Korean contractors are suffering from lack of technological competitiveness and construction management skills in the design phase compared with global leading contractors. These conditions have directly effect on the success of projects in terms of cost, duration, and quality. So, this study focused on identifying the risk factors and developing risk priority method for the design phase of LNG plant projects whose market is expanding. Research procedures were conducted by the following three steps. First, total 57 risk factors were identified in design phase through extensive literature reviews and experts survey. Second, the authors developed risk priority method which are more suitable for design phase of LNG plant projects by using three criteria, Probability(P), Impact(I), and Coordination Index(CI). Finally, the suitability of risk priority method and practical applicability were verified through expert survey and interview. Consequently, if korean contractors use the suggested risk factors and priority method based on their own know-how and experiences, then more reasonable and rational risk management will be conducted in the design phase of LNG plant projects.

Keywords : *Overseas LNG plant, Design phase, Risk, Priority method, Three-dimensional evaluation, Coordination index*
