산업플랜트 건설 프로젝트의 주요 공정 시퀀스 분석을 통한 리스크 평가

Project Risk Assessment Through Construction Sequence Analyses for Industrial Plant Construction Projects

이 규 성* 최 재 현**
Lee, Kyusung Choi, Jaehyun

Abstract

In 2011 and 2012, Korean construction firms awarded around \$ 64.5. Billion each year from the overseas market in 2011. This contract value accounted for overwhelming portion of total overseas construction contract values, and this growth is expected to continue for the next decade. However, contract scopes awarded to the Korean construction firms mainly involve detailed design and construction phases due to their competitiveness for the construction techniques. In other words, front-end-engineering-design and construction project management are not considered part of core business due to the lack of project management skills and experience. The researchers focused on development of construction sequence model required to improve construction planning and scheduling skills for the Korean construction firms. The model identifies critical work items and the sequence throughout project execution process. In addition, the researchers developed a risk evaluation method by applying fuzzy theory to the critical construction activities for the industrial plant construction projects. Developed methodology will help project practitioners to develop project schedule in a timely and effective manner and evaluate project risks associated with scheduling process for the industrial plant construction projects.

Keywords : *Plant project management, plant risk management, Scheduling, Activity Sequence, Fuzzy theory*

1. 서론

1.1 연구의 배경 및 목적

국내 기업의 해외 플랜트 건설시장 진출은 2000년대부터 급속히 증가하고 있으며 2011년과 2012년에는 세계 경기침체 및 지역의 정세불안에도 불구하고 역대 최고 수주액을 기록하였다. 또한 국내 건설업체들의 장기적인 이익확보, 국·내외 사업의 균형유지, 중동지역에 편중된 수주율을 아시아, 아프리카 등 신흥국으로 진출확대하려는 노력에 힘입어 플랜트 건설 시장의 비중은 점점 증가할 전망이다. 국내기업의 연도별 해외플랜트 수주실적 및 전망은 그림 1과 같다(지식경제부 2013).

플랜트 건설 프로젝트는 대규모의 인력, 자금, 설비, 장비 등이 투자되기 때문에 프로젝트의 발주, 설계, 구매 및 조달, 시

공, 유지관리 등 사업수행 단계별 관리기술의 향상과 효율적 절차를 개발하는 것이 프로젝트의 성공적 수행을 위해 절실히 요구되고 있다.

그림 1. 연도별 해외플랜트 수주실적 및 전망
(지식경제부 2013, GS E&C 2010, 단위 : 백만원)

* 일반회원, 한국기술교육대학교 건축공학부 석사과정, kslee24@kut.ac.kr

** 종신회원, 한국기술교육대학교 건축공학부 교수, 공학박사(교신저자), jay.choi@kut.ac.kr

또한, 플랜트 건설 프로젝트는 정치, 경제, 기술, 문화, 법 등 다양한 분야에 걸쳐서 환율변동, 구매 조달 지연, 설계 지연, 발주처의 대금 지불 지연 등의 상대적으로 높은 리스크를 가지고 있다(윤상진 2008). 따라서 국내 기업들이 이러한 리스크를 사전에 예측하고 평가하여 관리할 수 있으면 해외 플랜트 건설 사업을 수주하고 수행하는데 많은 도움이 될 것이라 판단된다.

특히 국내 기업은 플랜트 사업관리 분야 중 공정관리 분야의 관리기술이 미흡한 것으로 평가되며 공정 계획 시 프로젝트의 손실과 직결된 리스크의 체계적인 평가 방안마련을 통한 리스크 최소화로 기업의 대외 경쟁력을 높일 수 있는 공정관리 기술에 대한 연구가 필요한 실정이다.

따라서 본 연구에서는 플랜트 프로젝트 초기에 공정계획 수립의 주요 항목설정과 공사의 흐름 및 공정 간의 연관관계 등을 조기정립하기 위한 주요 공정시퀀스 분석모델을 개발하였다. 또한 주요 액티비티를 기반으로 한 주요 공정 시퀀스를 도출하여 위험도 평가 방안의 개발 및 중점 관리 공정 프로세스를 제시하고자 하였다.

1.2 연구의 범위 및 방법

본 연구는 플랜트 건설 프로젝트 사업관리 분야 중 공정관리 분야에 중점을 두어 사업 초기에 신속하고 객관적인 공정 계획의 수립을 위한 플랜트 주요 공정 시퀀스 모델의 개발과 EPC (Engineering: 설계, Procurement: 구매 및 조달, Construction: 시공) 단계별 주요 공정 시퀀스를 제시하여 공사비 증가 및 공기 지연의 최소화를 위한 리스크 관리 방안을 제안하는 것으로 연구의 범위를 한정하였다.

그림 2. 연구 진행 프로세스

연구 방법은 먼저 플랜트 프로젝트 공정의 주요 액티비티와 시퀀스를 규명하기 위하여 관련 문헌분석 및 국내 플랜트 건설기업 공정관리 전문가의 인터뷰를 통해 EPC 단계별 공정 프로세스 및 공정관리 사례를 분석하였다. 다음으로 플랜

트 공정 시퀀스 분석을 통해 주요 공정 액티비티를 선별한 뒤 각 액티비티의 선·후행 작업관계를 분석하고, 업무 패키지별로 단위 액티비티 시퀀스 모델을 개발하였다. 또한 단위 액티비티 시퀀스 모델을 기반으로 업무 패키지별 주요 공정 시퀀스를 도출하여 시퀀스별 위험도 평가 방안을 제시하였다. EPC 단계별 공정 시퀀스의 영향도를 정량적으로 평가하기 위하여 AHP (Analytic Hierarchy Process) 기법 및 퍼지이론이 적용되었으며, 전반적인 연구 진행 프로세스는 그림 2와 같다.

2. 예비적 고찰

2.1 플랜트 건설프로젝트 공정관리와 리스크 관리의 개념 및 특성

2.1.1 플랜트 건설 프로젝트 공정관리와 리스크 관리의 개념

건설 산업에 있어서 공정관리는 공사의 기본자원인 자원, 자재, 인력, 장비를 가장 효율적으로 배치하고 운영하여 프로젝트 일정 내 최소의 비용으로 최대의 관리 효과를 내는 종합적인 공사관리 수단으로써 작업방법의 개선과 작업 일정계획의 수립 및 합리적인 자원 관리를 하여 프로젝트를 성공적으로 수행하도록 하는 공사 관리의 총체적인 과정을 말한다(이영남 2007). 일반적으로 플랜트 프로젝트의 공정관리는 공사 현장에서 발생하는 현장 조직 및 본사 해당 팀과의 업무추진 사항을 통해 현장 공사 관리업무 절차가 원활히 이루어지도록 하는 것이 핵심사항이다. 특히 플랜트 프로젝트는 공사의 수순절차가 매우 복잡하고 전문적이며 대형화되어 가는 추세로 산업설비별로 더욱 세분화되고 고도화된 사업관리계획이 요구된다.

2000년대에 들어서는 플랜트 건설시장의 급속한 성장과 함께 프로젝트 수행 과정에서 비효율적 공정관리로 인한 심각한 손실을 직·간접적으로 경험하면서 리스크관리에 대한 필요성 또한 점차 커져가고 있다(김창한 2009). 여기서 리스크란 건설사업의 목표에 불리하게 작용하는 계량화가 가능한 잠재적 손실요인이라고 할 수 있으며 프로젝트 성공의 측정지표로서 손익관리가 가장 큰 비중을 차지하게 된다. 따라서 프로젝트의 사업 생애주기 전 단계에 영향을 미치는 불확실한 사건 및 상황들을 사전에 인지, 분석, 대응함으로써 사업 목표에 불리하게 작용하는 위험요인들을 최소화 시키고, 유리하게 작용하는 기회요인들은 극대화시키는 사전예방 관리기법을 리스크 관리라 정의할 수 있다.

2.1.2 플랜트 건설 프로젝트 공정관리와 리스크관리의 특성

플랜트 건설 프로젝트는 다양한 공정들로 상호 복잡하게 연결되어 막대한 자원, 자재, 인력 및 장비가 단기간에 투입되어 건설되는 특징을 가지므로 성공적인 사업수행을 위해서는 건설과정에서 산업설비별로 적절한 자원과 비용의 배분 및 관리를 통해 효율적이고 전문화 된 공정관리 체계수립이 요구된다. 플랜트 건설 프로젝트의 일반적인 공정관리는 우선 계약이 체결되면 필요에 따라 프로젝트 수행 담당자를 지정하여 플랜트 현장 개설에 대한 준비 및 프로젝트 계획을 수립한다. 수립된 계획을 통해 계약관련 문서를 검토하고 설계변경 및 물가변동 등의 계약조건 변경에 따른 업무를 수행한다. 마지막으로 프로젝트 현장에서는 계약문서, 유사 프로젝트 실적 공정자료, 설계자료 등을 검토하여 공정계획표를 작성하여 관리한다(이영남 2007).

플랜트 공정관리에 있어서 중요한 요소는 공사 진행 단계에서의 리스크 발생 요인들을 예측하고 추후 영향 경로들을 사전에 분석함으로써 추가비용의 발생 및 공기 지연을 최소화 하는 것이다. 국내 건설업체들은 이러한 리스크에 효과적으로 대응하기 위해 기업차원의 리스크 평가 및 대응방안을 수립하여 적용하고 있지만 해외 플랜트 건설 프로젝트에 특화되어 의사결정을 할 수 있는 모델이나 실무자들이 적용할 수 있는 실무적 관점에서의 리스크 평가 방안 등은 아직 미흡한 실정이다.

따라서 효율적인 공정관리 및 리스크관리를 위해서는 리스크 발생 요인들을 파악하고 공정상 리스크 영향을 효율적으로 분석하기 위한 단위 액티비티 시퀀스 모델을 개발하여 공정상의 주요 리스크 요인들의 영향 관계를 파악할 수 있는 체계적인 방법이 필요하다.

2.2 국·내외 플랜트 공정관리 관련 연구

국내의 플랜트 공정관리와 관련된 연구는 플랜트 건설사업의 각종 표준마련과 프로젝트 관리 및 정보관리체계 등 플랜트 프로젝트 관리의 선진화된 기술도입이 전반적으로 진행되어 왔다. 그 외에도 플랜트 EPC 프로세스 분석, 진도를 산정 표준의 제안, 공정 정보 시각화 등의 다양한 연구들이 진행되고 있으나, 대부분 다양한 공정이 복합적으로 진행되는 플랜트 프로젝트의 일부분을 다루거나 특정 산업의 플랜트에 한정되어 수행되어 왔다. 또한 최근에는 플랜트 건설과 IT의 융합에 기반을 둔 공정과 원가를 통합한 시스템이나 건설정보화 및 자동화에 관련된 주제를 대상으로 하는 연구가 증가하는 추세이다. 하지만, 플랜트 프로젝트의 사업초기에 공정계

획의 기초자료로 활용되어 질 수 있고 플랜트 건설 프로세스를 전반적으로 파악할 수 있는 공정 표준화 모델의 개발과 관련연구는 극소수에 불과한 실정이다.

표 1. 국·내외 플랜트 공정관리 관련 연구현황

구분	저자	연도	논문명
국내	최형래, 김형수, 박서영	2009	플랜트 프로젝트 EPC 프로세스 분석을 통한 사업관리 활성화 방안
	강인석, 문현석, 지상복, 이태식	2008	플랜트공사 관리효율화를 위한 공정정보 시각화 시스템의 주요 기능 구성방안
	조흥연, 유호선	2011	석유화학 플랜트 EPC 사업의 진도를 산정표준의 제안
	문성우, 박상천, 권기남	2009	초기 사업단계에서 표준공정모델을 이용한 가스 플랜트 공사의 개략적 공사기간 산정
국외	Aminah Robinson, Fayek, Ayodele Oduba	2005	Predicting Industrial Construction Labor Productivity Using Fuzzy Expert Systems
	Ren-Jye Dzung, Iris D. Tommelein	2004	Product Modeling to Support Case-based Construction Planning and Scheduling

공정관리와 관련하여 최근 해외에서 진행되고 있는 연구의 추세도 구매조달 과정의 최적화, 비용과 공기를 함께 고려한 최적 공정기법에 대한 연구, IT 기술과의 융합을 통한 정보의 공유에 대한 연구로 나타났으며 표준화 기술에 관련된 연구는 미비한 것으로 분석되었다.

2.3 국·내외 플랜트 리스크관리 관련 연구

국내 건설 기업들은 1990년대 후반부터 2000년대 초반까지 해외 플랜트 공사의 수주율은 증가하는 반면 프로젝트 수행에 따른 이윤은 수주규모에 미치지 못하는 현실을 경험하면서 해외공사의 리스크에 대한 관심을 기울이기 시작하였다(윤상진 2008). 플랜트 프로젝트의 리스크 관련 연구는 플랜트 사업 수행 시 고려해야 되는 위험 요인을 조사 및 분석하여 정량화하고 관리방안을 제시한 연구가 주를 이루고 있으며 리스크 요인이 공사비 및 공기에 미치는 영향 정도에 대한 연구도 다양하게 진행되고 있다. 국외에서도 마찬가지로 플랜트 프로젝트의 리스크 요인들을 식별하고 다양한 평가 방법들을 통해 평가 및 분석하여 관리방안을 제시하는 연구가 진행되고 있다.

하지만 대부분의 연구가 리스크 요인의 식별 및 중요도를 분석함에 있어 실제 공정 프로세스 분석을 통해 현장 실무에 적용 가능한 연구는 미비한 실정이다. 따라서 본 연구에서 수행하고자 하는 리스크관리 방안은 리스크 요인의 발생 시 주요 공정 시퀀스 모델을 기반으로 공정상의 상관관계 및 하위 영향 공정들을 파악함으로써 조기에 대책을 수립할 수 있도록 하여 리스크의 사전예방 및 최소화에 활용할 수 있도록 하는 것이다.

표 2. 국·내외 플랜트 리스크관리 관련 연구현황

구분	저자	연도	논문명
국내	윤상진	2008	오일 및 가스프로젝트의 리스크 관리 방안에 관한 연구
	장우식, 홍화옥, 한승현	2011	해외 LNG 플랜트 리스크요인 도출 및 우선순위 평가
	박익승, 유호선, 이재현	2011	해외 발전플랜트 EPC 사업의 리스크 분석 및 관리방안
	한기돈, 허진혁, 문승재, 유호선	2010	플랜트 유틸리티 시공에서 리스크관리에 관한 연구
국외	S.H. Zegor, E. Rezaee Nik, A. Nazari	2012	Power Plant Project Risk Assessment Using a Fuzzy-ANP and Fuzzy-TOPSIS Method
	He Zhi	1995	Risk Management for Overseas Construction Project

3. 플랜트 주요 공정 시퀀스 분석 모델 개발

3.1 주요 액티비티별 선·후행 작업관계 정립

플랜트 건설 프로젝트 공정의 특성 상 다양한 공종과 세부 공정 간에 다수의 작업간섭이 유발된다. 따라서 기존의 공정관리 방법으로는 프로젝트 초기의 수행계획 단계에서 전체 개략 공기의 파악과 개별 작업의 지연이 전체공기에 미치는 영향 등을 객관적으로 분석하기 어렵다. 플랜트 프로젝트 단위 액티비티 시퀀스 분석모델 구축의 목적은 플랜트 건설의 전체 공정 프로세스를 제시하여 프로젝트 초기에 공정표를 효과적으로 개발할 수 있고 공사흐름 및 공종 간의 상관관계를 사전에 객관적으로 파악할 수 있게 함으로써 공기지연 리스크 요소가 발생할 경우 전체공기에 미치는 영향분석과 사전대책 수립을 용이하게 하는 데 있다. 연구목적을 달성하기 위해서 국내 플랜트 건설업체의 공정관리 관련 자료의 분석 및 전문가의 인터뷰를 실시하였으며 개발된 단위 액티비티 시퀀스 모델은 작업간의 선·후행 관계와 간섭관계를 명확하게 규명할 수 있고, 프로젝트 EPC 단계의 전체 작업 흐름을 용이하게 파악할 수 있도록 하였다.

다양한 플랜트 프로젝트에 적용할 수 있도록 플랜트 각 공정을 대표하는 핵심작업을 선정한 다음, 각 액티비티별 선·후행 작업관계의 분석을 통해 단위 액티비티 시퀀스 모델을 정립하였다. 실적자료의 분석결과 플랜트 프로젝트 공정관리 모델의 표준화작업으로 14개의 주요 액티비티가 도출되었으며 주요 액티비티 및 선·후행 작업관계는 다음과 정리하였다. 또한 반복적인 용어 사용을 피하기 위해 영문 및 축약어를 사용하였다.

- Pile driving - 현장 지반을 개량하여 견고하게 만드는 작업으로 플랜트 건설에 있어 중요한 기초공사이며 선행 작업으로 Pile Drawings IFC (Issued for

Construction), Pile DTS (Deliver to Site), Site Preparation 이 있으며 후행 작업으로는 LLI (Long Lead Items) Equipment Foundations, Equipment Structure Foundations, Piperack Foundations, 그리고 Architecture 공종이 진행된다.

- LLI Equipment Foundations - 플랜트 프로젝트의 공기 산정에 있어 주요결정 요소이자 핵심기자재인 LLI Equipment의 기초를 조성하는 작업으로 Foundations Drawings IFC, Concrete DTS, Anchor bolt/Template DTS, Pile Driving or Site Preparation 작업이 선행되며 기초를 조성한 후 LLI Equipment Installation이 진행된다.
- Piperack Foundations / Equipment Structure Foundations - 파이프 및 기자재의 구조물을 설치하기 위한 기초를 조성하는 작업으로 Foundations Drawings IFC, Concrete DTS, Pile Driving or Site Preparation 작업이 선행되며 기초를 조성한 후 Piperack 및 Equipment Structure Installation 이 진행된다.
- Architecture - 플랜트 설비운동을 위한 외피 구조로 일반적으로 Substation, Control Building, Instrument Building, Parking Shelter 등이 있으며 플랜트 특성에 따라 다양한 건축구조물이 요구된다. 선행 작업으로는 Architecture Drawings IFC, Architecture Material DTS, Pile driving or Site preparation 이 있으며 후행 공정으로 Roof work, Interior & Exterior work, Substation equipment installation, Distributed control system installation 이 진행된다.
- Piperack installation - 다양한 파이프들을 설치하기 위한 철골 구조체를 만드는 것으로 선행 작업으로 Steel Drawings IFC, Shop Drawings, Steel Structure DTS, Piperack Foundations, Structure erection 이 있으며 후행 공정으로 Piperack A/G (Above Ground) Piping Installation, Electrical & Instrument Cable Tray / Conduit Installation, Fire Proofing, Painting 이 후행작업으로 수행된다.
- Equipment structure installation - 여러 업체에서 제작 및 조달 된 기자재를 설치하기 위한 철골 구조체를 만드는 것으로 선행 작업으로 Steel Drawings IFC, Shop Drawings, Steel structure DTS, Equipment

structure Foundations 이 있으며 후행 공정으로 Equipment setup, Equipment around A/G piping installation, Electrical & Instrument cable tray / Conduit installation, Fire proofing, Painting 이 진행된다.

- LLI Equipment Setup - 플랜트 전체 공정에 중요한 영향을 미치는 핵심기자재를 설치하는 작업으로 벤더 계약 및 제작과 조달과정에서 집중적인 관리가 요구된다. 선행 작업으로는 Vendor Document, LLI Equipment DTS, Equipment Foundations 이 있으며 LLI Equipment를 설치한 후에는 Equipment around A/G Piping Installation, Ladder & Platform Installation, Grouting, Painting & Insulation 작업이 후행으로 수행된다.
- U/G (Under Ground) Piping Installation - 지하에 들어가는 유틸리티 파이프 설치를 위한 공사로써 선행 작업으로 U/G Composition Drawings IFC, U/G isometric Drawings IFC, U/G Piping Material DTS, Pile driving or Site Preparation 이 있으며 후행 공정으로 NDT (Non-Destructive Test) / Hydro test 가 진행된다.
- A/G Piping Spool Fabrication - 파이프 자재를 현장에 필요한 용도 및 크기에 맞게 Shop에서 단위 Spool을 가조립하는 것이며 선행 작업으로 Isometric Drawings IFC, A/G Piping Material DTS 가 있으며 후행 공정으로 Equipment around A/G Piping Installation, Piperack A/G Piping Installation 이 진행된다.
- Piperack A/G Piping Installation - 철골 구조체에 장비들과 제조 프로세스를 위한 파이프를 설치하는 공정을 의미한다. 선행 작업으로는 3D Modeling, A/G Isometric Drawings IFC, Piping Plan IFC, A/G Piping Material DTS, Piperack Installation 이 있으며 후행 공정으로 NDT, PWHT (Post Weld Heat Treatment), Hydro Test, Equipment around A/G Piping Installation, Field Instrument Installation, Painting & insulation 이 후행작업으로 진행된다.
- Equipment around A/G piping installation - 기자재를 연결하기 위한 파이프를 설치하는 것으로 선행 작업으로는 3D Modeling, Isometric Drawings IFC, Piping

Plan IFC, A/G Piping Material DTS, Equipment Setup, Equipment Structure Installation, A/G Piping Spool Fabrication 이 있으며 후행 공정으로 NDT, PWHT, Hydro Test, Field Instrument Installation, Painting & Insulation 이 진행된다.

- Substation Equipment Installation - 일반 전원으로부터 전기를 공급받아 운전용 전력을 보내는 전기운전설비를 설치하는 것으로 선행 작업으로 Substation Equipment Layout IFC, Main Cable & Power Drawings IFC, Substation Equipment DTS, Substation Main Cabling 이 있으며 후행 공정으로 E&I Cable Tray Installation, Wiring & Connection, Energizing / Motor Load Test 가 진행된다.
- Field Instrument Installation - 플랜트의 전자제어를 위한 다양한 Instrument를 설치하는 작업을 의미한다. 선행 작업으로 Instrument Drawings IFC, Connection Drawings IFC, Air Piping, Process Piping hook-up, Drawings IFC, Field Instrument DTS, Piperack A/G Piping & Equipment around A/G Piping Installation 이 있으며 후행 공정으로 Wiring & Connection, Air Piping & Hook-up, Loop Test 가 진행된다.
- DCS (Distributed Control System) installation - 플랜트를 제어하기 위한 시스템을 설치하는 것으로 선행 작업은 Control Building layout IFC, Connection Drawings IFC, Logic Diagram & Loop Diagram IFC, DCS DTS, Control Building Installation, Main Cabling & Field Instrument Installation 이 있으며 후행 공정으로 Loop Test가 수행된다.

3.2 플랜트 단위 액티비티 시퀀스 모델 개발 및 분석

앞에서 도출한 주요 액티비티 및 선·후행 작업관계를 종합하여 그림 3과 같은 플랜트 프로젝트 단위 액티비티 시퀀스 모델을 정립하였다. 전반적인 공정 흐름은 Civil, Steel Structure, Architecture, Process Equipment, Piping, Electrical, Instrument 등의 Work Package 별로 EPC 단계에 따라 구성하였으며, 붉은색으로 표시된 부분이 주요 액티비티를 나타낸다. 본 연구에서는 예비 커미셔닝 (Pre-Commissioning) 단계가 모든 시공 결과물의 기능을 시험하는 단계로써 시공과정의 후행과정으로 간주하였다.

본 연구에서 개발한 단위 액티비티 시퀀스 모델은 기존에

그림 3. 플랜트 프로젝트 단위 액티비티 시퀀스 모델

수행된 다른 연구들과 같이 시공 단계의 액티비티 요소들만 단순히 모듈화하여 작업간의 선·후행 관계를 정립하는 것에 그치지 않고 설계단계와 구매 및 조달 단계도 포함하여 EPC 전반적인 공정 프로세스를 더욱 수월하게 이해할 수 있도록 하였다. 공정계획자는 프로젝트 초기에 단위 액티비티 시퀀스 모델을 기반으로 하여 본 프로젝트의 공정표를 효과적으로 개발할 수 있으며 작업간의 선·후행 관계와 간섭 등을 명확하게 규명할 수 있다. 또한 프로젝트의 공정표를 개발함으로써 프로젝트 전체 작업의 흐름을 용이하게 파악할 수 있으므로 사업 초기에 효과적으로 개략 공기를 산정할 수 있으며 사업계획 시 다양한 의사결정을 지원하는데 활용될 수 있다.

단위 액티비티 시퀀스 모델은 특정한 플랜트 모델에 국한된 것이 아니라 플랜트 프로젝트 진행시 보편적으로 적용되는 주요 액티비티를 선별하고 각 액티비티의 선·후행 작업 관계를 파악하여 연결한 것으로 다양한 플랜트 프로젝트의 사업 계획 시 기초자료로 활용될 수 있을 것으로 판단된다.

4. 플랜트 주요 공정 시퀀스의 정량적 평가

4.1 퍼지 이론의 개념 및 적용 방법

퍼지이론은 그 단어 자체로는 ‘애매한 이론’을 의미한다고 볼 수 있으나, 실제로 우리 인간은 복잡한 세상에서 추상적이고 애매모호한 언어를 사용하면서도 상호 이해와 관계를 맺으며 살고 있고, 퍼지이론은 이러한 현상을 과학적인 이론으로 정립한 것으로 볼 수 있다(홍대선 2011).

본 연구에서는 업무영역별 주요 공정 시나리오들의 가중치 산정을 위해 퍼지 이론 중 최대최소 추론법을 적용하였으며 이것은 가장 일반적으로 사용되는 퍼지 이론으로 1975년 Ebrahim Mandani에 의해 개발된 최초의 추론 시스템이다. 최대최소 추론법은 각각의 퍼지 집합과 평가 대상이 지니는 소속만으로 간단한 연산의 결과를 통해 찾아낼 수 있고, 연산 과정을 직관적으로 이해할 수 있기 때문에 사용이 간편하다. 하지만 항목간이 연관성을 반영할 때 각각의 성격을 고려하는데 항목 수가 많아지면 번거롭다는 단점이 있다(하태휴 2002).

플랜트 프로젝트에 영향을 주는 리스크 요인들의 가중치 산정을 위한 최대최소 추론법의 적용과정은 다음과 같다.

4.1.1 입력변수에 대한 퍼지집합 분할

상태변수 X 를 전체집합 범위에 걸쳐서 표 3과 같이 N(Negative), Z(Zero), P(Positive) 의 세 언어변수로 나누고 각각에 대한 소속도함수를 그림 4와 같이 구성한다.

표 3. 퍼지 집합 (Input)

범위	상태
N (Negative)	리스크 요인의 상황이 부정적이거나 지연 됨
Z (Zero)	리스크 요인의 상황이 정상적임
P (Positive)	리스크 요인의 상황이 긍정적이거나 빠름

그림 4. 입력 퍼지 집합 분할

4.1.2 출력에 대한 퍼지집합 분할

출력 Y 에 대해서도 입력변수와 마찬가지로 전체집합 범위에 걸쳐서 적절한 언어변수로 나눈다. 여기서 전체집합의 범위를 $0 \leq Y \leq 1$ 로 하고 출력공간을 표 4와 같이 N (정상), D1 (아주 약간 지연), D2 (약간 지연), D3 (지연), D4 (많이 지연), D5 (아주 많이 지연) 의 언어변수로 나누어 각각의 퍼지집합을 그림 5와 같이 구성한다. 본 연구에서는 플랜트 건설공기가 리스크 요인에 의해 단축되는 경우는 극히 드물다고 판단하여 계약 공기에 비해 단축되는 경우를 배제하고 리스크 요인에 의해 공기의 지연이 발생 할 경우만 고려하도록 하였다.

표 4. 퍼지 집합 (Output)

등급	상태
N	계획 공기에 따라 프로젝트가 진행되는 상태
D1	계획 공기보다 아주 약간 지연되는 상태
D2	계획 공기보다 약간 지연되는 상태
D3	계획 공기보다 지연되는 상태
D4	계획 공기보다 많이 지연되는 상태
D5	계획 공기보다 아주 많이 지연되는 상태

그림 5. 출력 퍼지 집합 분할

4.1.3 단계 퍼지규칙 설정

최대최소 추론법에 적용된 리스크 요인들이 입력계에 언어변수로 설정되고, 설정된 입력계는 출력계와의 관계를 고려하여 다음과 같이 퍼지규칙을 설정한다. 입력계의 각각 리스크 요인이 $X1, X2, X3, X4$ 가 있다고 가정한다면 다음과 같은 형식으로 나타낸다. 퍼지 규칙은 각각의 요인이 지니는 주요 리스크 영향도와 전체 공기 지연에 미치는 정도를 고려하여 출력값이 도출된다.

- 규칙 1 : If $X1 = N$ and $X2 = N$ and $X3 = N$ and $X4 = Z$, then $T = D4$
- 규칙 2 : If $X1 = N$ and $X2 = Z$ and $X3 = N$ and $X4 = Z$, then $T = D3$
- 규칙 3 : If $X1 = Z$ and $X2 = N$ and $X3 = N$ and $X4 = Z$, then $T = D2$
- 규칙 4 : If $X1 = Z$ and $X2 = Z$ and $X3 = Z$ and $X4 = Z$, then $T = N$
- 규칙 5 : If $X1 = Z$ and $X2 = N$ and $X3 = Z$ and $X4 = Z$, then $T = D1$

4.1.4 EPC 단계별 주요 공정 시퀀스의 영향도 및 소속도함수 도출

본 절에서는 단위 액티비티 시퀀스 모델을 기반으로 리스크 인자의 발생 시 영향을 받는 후행 공정들을 고려하여 EPC 단계별 Work package의 주요 공정 시퀀스를 도출하였다. 또한 문헌 고찰 및 전문가와의 면담을 통해 Work package 별로 가중치 도출을 위해 주요 시퀀스 각각의 영향도와 원소가 어느 집합에 어느 정도 속하느냐를 나타내는 소속도함수를 산정하였다. 영향도는 Work package별 공정 시퀀스에 리스크 요인 발생 시 공기에 미치는 영향 정도를 나타내는 것으로 입력계의 0부터 1사이에 존재하며 영향도 수치와 수직으로 만나는 N값과 Z값을 통해 소속도함수가 정해지게 된다. 이러한 영향도는 각 단계별 업무의 중요성 및 후속 공정에 미

치는 영향 정도를 고려하여 AHP 기법을 적용하여 산출한다. AHP 기법은 분석 요인들의 쌍대비교를 통해 정성적인 부분을 정량적으로 분석하여 요소별 중요도를 비교하는 방법으로 활용되고 있다.

EPC 단계별 시퀀스의 영향도 및 소속도함수의 산정을 위한 비교척도로 아주 중요하지 않음, 중요하지 않음, 약간 중요하지 않음, 보통, 약간 중요함, 중요함, 아주 중요함까지의 7점 척도로 측정하였다. 또한 쌍대비교 Matrix의 일관성비율(CR)이 0.1을 넘지 않아 신뢰할 수 있는 자료임을 알 수 있었다. 주요 공정 시나리오의 영향도 및 소속도함수의 도출 결과를 보면 설계단계는 표 5, 구매 및 조달단계는 표 6, 시공단계는 표 7과 같다.

표 5. 설계단계 주요 공정 시퀀스의 영향도 및 소속도함수

Work Package	설계 단계 주요 공정 시퀀스	영향도	소속도 함수	
			집합 Z	집합 N
Civil & Steel structure & Architecture	Pile Engineering → Pile Procurement → Pile driving	0.114	0.886	0.114
	Foundations Engineering → Concrete & anchor bolt/template Procurement → LLJ Equipment Foundations and Piperack & equipment structure Foundations	0.280	0.720	0.280
	Steel & shop Engineering → Steel structure Procurement → Piperack installation and Equipment structure installation	0.471	0.529	0.471
	Architecture Engineering → Architecture material Procurement → Architecture work (substation & control building)	0.135	0.865	0.135
Process Equipment & Piping	LLJ equipment Engineering & vendor document → LLJ equipment Procurement → LLJ equipment setup → Equipment around A/G piping installation	0.571	0.429	0.571
	U/G composition & isometric Engineering → U/G piping material Procurement → U/G piping installation	0.143	0.857	0.143
	A/G Isometric & piping plan Engineering → A/G piping material Procurement → Piperack A/G piping installation	0.286	0.714	0.286
Electrical & Instrument	Substation equipment layout Engineering, Main cable & power Engineering → Electrical equipment Procurement → Substation equipment installation	0.297	0.703	0.297
	Instrument location Engineering, Wiring & connection Engineering, Air piping & hook-up Engineering → Field instrument Procurement → Field instrument installation	0.540	0.460	0.540
	Control building layout & connection Engineering, Logic & loop diagram Engineering → Control system Procurement → Control system installation	0.163	0.837	0.163

표 6. 구매 및 조달단계 주요 공정 시퀀스의 영향도 및 소속도함수

Work Package	구매 및 조달 단계 주요 공정 시퀀스	영향도	소속도 함수	
			집합 Z	집합 N
Civil & Steel structure & Architecture	Pile Procurement → Pile driving	0.097	0.903	0.097
	Concrete & anchor bolt/template Procurement → LLJ equipment Foundations and Piperack & equipment structure Foundations	0.337	0.663	0.337
	Steel structure Procurement → Structure erection → Piperack installation and Equipment structure installation	0.403	0.597	0.403
	Architecture material Procurement → Architecture work (substation & control building)	0.163	0.837	0.163
Process Equipment & Piping	LLJ equipment Procurement → LLJ equipment setup → Equipment around A/G piping installation	0.385	0.615	0.385
	Equipment Procurement → Equipment setup → Painting & insulation	0.246	0.754	0.246
	U/G piping material Procurement → U/G piping weld → U/G piping connect → U/G piping install → NDT → Hydro test → Cathodic protection	0.075	0.925	0.075
	A/G piping material Procurement → Piperack A/G piping weld → Piperack A/G piping connect → Piperack A/G piping install → NDT → PWHT → Hydro test	0.120	0.880	0.120
	A/G piping material Procurement → Equipment around A/G piping weld → Equipment around A/G piping connect → Equipment around A/G piping install → NDT → PWHT → Hydro test	0.174	0.826	0.174
Electrical & Instrument	Electrical equipment Procurement → Substation equipment installation → E&I cable tray installation → Wiring & connection	0.388	0.612	0.388
	Field instrument Procurement → Field instrument installation → Air piping & hook-up	0.444	0.556	0.444
	Control system Procurement → Control system installation → Loop test	0.168	0.832	0.168

4.1.5 퍼지 규칙을 적용한 주요 공정 시퀀스의 조합 및 비퍼지화

퍼지추론시스템에서 퍼지값을 비퍼지값으로 변환할 필요가 있다. 입력계 퍼지집합에 대한 소속도를 이용하여 퍼지화 된 결과를 퍼지규칙을 통해 조합하여 출력계의 각 퍼지집합으로 변형한다. 이때 출력계의 각 퍼지집합에 대한 적합도는 소속도 조합 요소의 최소값을 선택함으로써 각 요인의 영향도를 최대한 반영하여 전체 영향도를 평가 할 수 있도록 한다. 또한 비퍼지화는 퍼지출력을 이루는 각 퍼지집합이 대칭형상을 갖고 있을 때 적용할 수 있으며 계산법이 비교적 간단한 가중평균법을 적용하여 산정하였다. 가중평균법은 다음 식(1)로 나타낸다(홍대선 2011).

$$y = \frac{\sum \bar{y} * \mu c_i(\bar{y})}{\sum \mu c_i(\bar{y})} \quad (1)$$

$\bar{y}$: 퍼지출력값 c_i : 퍼지출력 $\mu(\bar{y})$: 적합도

표 7. 시공단계 주요 공정 시퀀스의 영향도 및 소속도합수

Work Package	설계 단계 주요 공정 시퀀스의 분석	영향도	소속도 합수	
			집합 Z	집합 N
Civil & Steel structure & Architecture	Site preparation → Pile driving → LJJ equipment Foundations → LJJ equipment setup	0.371	0.629	0.371
	Site preparation → U/G piping installation	0.118	0.882	0.118
	Site preparation → Pile driving → Architecture work (substation & control building) → Roof work → Interior & Exterior work	0.072	0.928	0.072
	Piperack & equipment structure Foundations → Piperack installation and Equipment structure installation → Fire proofing → Painting	0.187	0.813	0.187
	Piperack & equipment structure Foundations → Equipment structure installation → Equipment setup	0.251	0.749	0.251
Process Equipment & Piping	LJJ equipment setup → Painting & insulation → Ladder & platform installation	0.377	0.623	0.377
	U/G piping installation → NDT → Hydro test → Cathodic protection	0.123	0.877	0.123
	A/G piping spool fabrication → Equipment around A/G piping installation → NDT → PWHT → Hydro test → Painting & insulation	0.193	0.807	0.193
	Piperack A/G piping installation → Equipment around A/G piping installation → NDT → PWHT → Hydro test → Painting & insulation	0.327	0.673	0.327
Electrical & Instrument	Substation equipment installation → E&I cable tray installation → Wiring & connection → Power energize → Motor no load test	0.168	0.832	0.168
	Field instrument installation → Air piping & hook-up → Loop test	0.444	0.556	0.444
	Control system installation → Loop test	0.388	0.612	0.388

4.2 주요 공정 시퀀스의 가중치 결과 분석

위의 과정을 적용하여 설계단계의 Civil & Steel Structure & Architecture 부분 공정 시퀀스의 가중치 산정을 위해 퍼지규칙을 통한 출력값 및 적합도를 표 8과 같이 도출하고, 수식에 대입함으로써 식 2와 같이 산출하였다.

표 8. 가중치 퍼지규칙

시퀀스 1	시퀀스 2	시퀀스 3	시퀀스 4	출력값	적합도
Z	Z	Z	Z	N	0.529
Z	N	N	Z	D 2	0.280
Z	Z	N	N	D 2	0.135
N	Z	Z	N	D 1	0.114
N	N	N	Z	D 3	0.114
Z	N	Z	N	D 1	0.135
Z	N	N	N	D 3	0.135
N	N	Z	Z	D 1	0.114
N	Z	N	Z	D 1	0.114
N	N	Z	N	D 2	0.114

$$y = \frac{0.4336}{1.784} = 0.243 \text{ ----- (2)}$$

이와 같은 방법을 모든 공정 시퀀스에 적용하여 산출한 플랜트 프로젝트 EPC 단계별 Work Package의 가중치는 표 9와 같으며 단계별로 보았을 때 구매 및 조달 단계의 가중치가 가장 높게 도출된 것을 볼 수 있다. 이것은 기자재의 구매 및 조달 단계가 플랜트 프로젝트 원가구성의 50~60%를 차지하는 특징을 가지고 있고 현장에서 일어나는 구매 및 조달 관련 문제의 대부분은 프로젝트 공사비 상승의 주된 원인이 되고 있기 때문으로 사료된다. 또한 기자재의 납기일에 따라 후속 공정 및 공기가 결정되게 되는데 납기일은 벤더와의 계약상 협의에 의해서 정해져 있기 때문에 기자재의 구매 및 조달 단계를 중심으로 철저한 공정관리가 필요하다.

Work Package에 따른 공정 시퀀스별 가중치를 살펴보면 Process Equipment & Piping 공정이 높게 나왔으며 다음은 Electrical & Instrument 공정과 Civil & Steel structure & Architecture 순으로 도출되었다. 이것은 Process Equipment & Piping이 플랜트 프로젝트에 있어서 핵심 공정이자 주요 구성요소이므로 전체 공사 기간을 산정하는데 많은 영향을 미치기 때문이다. 또한 Equipment 와 Piping 자재는 대부분 외부에서 제작되기 때문에 구매 및 조달 과정에 있어서도 집중적인 계획과 철저한 관리가 필요하며 재시공을 방지하기 위한 정밀한 설계 및 시공이 요구된다.

표 9. 플랜트 EPC 단계별 Work package 가중치

Work Package	EPC 단계별 가중치		
	설계	구매 및 조달	시공
Civil & Steel structure & Architecture	0.243	0.282	0.284
Process Equipment & Piping	0.373	0.398	0.359
Electrical & Instrument	0.333	0.382	0.323

본 연구에서는 P6 공정관리 프로그램을 활용하여 단위 액티비티 시퀀스모델을 기반으로 공정 계획을 위한 플랜트 프로젝트의 공정표를 작성하였으며 이것은 플랜트 EPC 단계별로 구성하여 Work Package에 따른 세부 액티비티의 흐름을 파악할 수 있도록 하였다. 플랜트 EPC 단계별 Work Package의 가중치를 활용하여 프로젝트 공정표에 적용 방안을 제시하기 위하여 그림 6과 같이 설계, 구매 및 조달, 시공 단계별로 Piping 공사 부분만 발췌하여 주요 공정 시퀀스를 선정하였다. 그림에 표시된 바 EPC 단계별 주요 공정 시나리오 오는 표 10과 같다.

그림 6. 플랜트 EPC 단계별 Piping 공사 공정표

표 10. 플랜트 EPC 단계별 Piping 공사 주요 공정 시퀀스

구분	주요 공정 시퀀스
설계 단계	시퀀스 1: Piping specification-IFC → Piping stress analysis → Piping isometric DWG
구매 및 조달 단계	시퀀스 2: Pipe(A/G) MFG (Manufacturing) & DTS (1st) → Pipe(A/G) MFG & DTS (2nd) → Pipe(A/G) MFG & DTS (final)
시공 단계	시퀀스 3: A/G piping spool fabrication → A/G piping installation around equipment → Hydro test

위에서 도출한 가중치 값과 같이 Piping 공정을 위한 설계단계의 시퀀스 1은 가중치가 0.373이고, 구매 및 조달단계의 시퀀스 2는 가중치가 0.398이며, 시공단계의 시퀀스 가중치는 0.359가 도출되었을 시 시퀀스 2의 가중치가 가장 높기 때문에 더욱 주의를 기울여 관리를 해야 될 부분이라고 할 수 있다. 즉 플랜트 프로젝트의 여러 단계에 걸쳐 리스크 요인의 발생 시 Piping 공정의 구매 및 조달단계의 주요 시퀀스를 우선적으로 검토하여 사전에 예방 대책을 수립함으로써 공기지연 및 공사비 상승을 최소화 할 수 있음을 의미한다. 앞에서도 언급하였듯이 구매 및 조달단계에서 문제 및 지연이 발생할 경우 후속공정에 영향을 주며 전체 공정에도 영향을 미칠 수 있다. 또한 기자재 및 파이프 자재는 다수의 제작업체에게 발주되어 주문에 따라 제작되고 현장에 조달해야 하므로 일정대로 선적 및 조달하는 것은 매우 중요한 관리업무 중 하나이며, 프로젝트 성공을 위한 핵심적인 부분이다.

본 연구에서 도출한 Work Package별 주요 공정 시퀀스의 가중치는 플랜트 프로젝트에 일반적으로 포함되는 주요 액티비티를 대상으로 진행한 것으로 다른 특정 플랜트 산업에 적용할 경우 플랜트의 특성에 따라 주요 공정 시퀀스 및 중요도가 바뀔 수 있다. 따라서 프로젝트 초기에 공정관리 전문가는 본 연구에서 개발한 단위 액티비티 시퀀스 모델을 기반으로 각 프로젝트의 특성에 맞게 공정표를 작성하고 주요 공정 시퀀스 및

가중치를 도출함으로써 리스크 요인의 발생 시 우선 검토 대상을 달리하여 효율적으로 공정관리를 할 수 있다.

5. 결론

플랜트 프로젝트는 대규모의 인력, 자금, 설비, 장비 등이 투입되기 때문에 프로젝트의 발주, 설계, 구매 및 조달, 시공, 유지관리 등 여러 단계에 걸쳐 기술향상과 표준화 된 모델개발 등이 프로젝트를 보다 효율적이고 체계적으로 관리하기 위해 절실히 요구되고 있다. 특히 해외 건설시장에 서 국내 기업이 보유한 플랜트 건설 기술력은 상세설계와 시공분야는 선진국과 대등한 양상을 보이나 기본설계와 사업관리 분야는 상대적으로 미흡한 것이 사실이다.

이에 본 연구에서는 글로벌 선진기업과의 기술력 차이를 극복하기 위한 노력의 일환으로 사업관리 분야 중, 공정관리 분야에 중점을 두어 문헌조사 및 전문가 그룹 인터뷰를 통해 플랜트 EPC 단계별 업무와 리스크 요인 및 공정관리 사례를 분석하였다. 또한 사업 초기에 신속하고 객관적인 공정계획의 수립을 위한 단위 액티비티 시퀀스 모델의 개발을 통해 공정 상의 리스크 평가방안에 대해 연구하였으며 도출된 연구 결론은 다음과 같다.

첫째, 플랜트 프로젝트 단위 액티비티 시퀀스 모델을 개발하여 공사의 프로세스 및 공정 간의 연관관계 등을 객관적으로 분석할 수 있도록 하였다. 특히 플랜트 프로젝트의 사업 초기에 공사의 전반적인 흐름을 파악할 수 있도록 시공 단계뿐만 아니라 설계 단계와 구매 및 조달 단계도 포함하여 종합적인 공정관리 계획을 가능하도록 하였다. 또한 시퀀스 모델은 특정한 플랜트 모델에 한정 된 것이 아니라 프로젝트 진행 시 일반적으로 적용되는 주요 액티비티를 선별하여 구성한 것으로 다양한 플랜트 프로젝트의 사업 계획 시 기초자료로 활용되어 질 수 있다.

둘째, 단위 액티비티 시퀀스 모델을 기반으로 한 주요 공정 시퀀스를 도출하여 위험도 평가 방안의 제안 및 중점 관리 대상을 제시하였다. 즉, 리스크 요인의 영향을 받는 Work Package별 주요 공정 시퀀스를 도출하고 퍼지이론을 적용해 가중치를 산정하여 공정 시퀀스의 우선순위를 규명함으로써 리스크 관리에 있어 후속 공정의 영향 관계를 명확히 파악하고 리스크 요소의 발생초기에 대책을 수립할 수 있다.

본 연구에서 개발된 플랜트 건설 프로젝트 주요 공정 시퀀스 모델은 프로젝트의 실적 데이터를 수집하기 힘든 관계로 참고 문헌 및 공정관리 전문가의 의견을 수렴하여 구성하였기 때문에 앞으로 더 많은 공정관련 자료 수집과 함께 다양한 플랜트

프로젝트를 통해 유효성을 검증하는 연구가 수행 중이다. 또한 리스크 요인의 구체적인 관리 절차와 방법론에 대해서도 실무 적용 및 검증보완의 과정을 거쳐 완성도를 높이기 위한 연구가 추가적으로 진행되어야 할 것이다.

감사의 글

이 논문은 2012년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 기초연구사업 지원을 받아 수행된 것임 (과제번호:2012R1A1A1014758)

참고문헌

- 강인석 · 문현석 · 지상복 · 이태식 (2008). “플랜트공사 관리 효율화를 위한 공정정보 시각화 시스템의 주요 기능 구성 방안.” 한국건설관리학회 논문집, 제9권 제1호, 한국건설관리학회, pp. 66~76
- 김창한 (2009). “실무자를 위한 해외플랜트 구매조달 리스크 관리시스템 개발에 관한 연구.” 경희대학교 대학원 건축공학과 석사학위논문
- 문성우 · 박상천 · 권기남 (2009). “초기 사업단계에서 표준공정모델을 이용한 가스 플랜트 공사의 개략적 공사기간 산정.” 한국건설관리학회 논문집, 제10권 제2호, 한국건설관리학회, pp. 26~33
- 박익승 · 유호선 · 이재현 (2011). “해외 발전플랜트 EPC 사업의 리스크 분석 및 관리방안.” THE PLANT JOURNAL, 제7권 제2호, pp. 48~64
- 윤상진 (2008). “오일 및 가스 프로젝트의 리스크 관리 방안에 관한 연구.” 『THE PLANT JOURNAL, 제4권 제3호, pp. 6~18
- 이영남 (2007). “플랜트 프로젝트 표준화 기술 개발.” 건설교통부 건설핵심기술연구개발사업 제2차년도 최종보고서
- 장우식 · 홍화욱 · 한승현 (2011). “해외 LNG플랜트 리스크요인 도출 및 우선순위 평가 - 설계단계를 중심으로 -.” 한국건설관리학회 논문집, 제12권 제5호, 한국건설관리학회, pp. 146~154
- 조흥현, 유호선(2011), 석유화학 플랜트 EPC 사업의 진도율 산정표준의 제안, 『플랜트 저널』, 제7권 제2호, pp. 77~87.
- 최형래 · 김현수 · 박서영 (2009). “플랜트 프로젝트EPC 프로세스 분석을 통한 사업관리 활성화 방안.” 정기학술발표대회 논문집, 제9권, 한국건설관리학회, pp. 656~660

- 하태휴 (2002). “퍼지이론을 응용한 구조물의 성능평가 모델.” 서울대학교 대학원 건축학과, p. 401
- 한기돈 · 허진혁 · 문승재 · 유호선 (2010). “플랜트 유틸리티 시공에서 리스크 관리에 관한 연구.” THE PLANT JOURNAL, 제6권 제1호, pp. 64~70
- 홍대선 (2011). “공학도를 위한 퍼지시스템 입문.” 문운당
- Aminah Robinson Fayek, Aydele Odub (2005). “Predicting Industrial Construction Labor Productivity Using Fuzzy Expert Systems,” Journal of Construction Engineering and Management, Vol 131, No 8, pp. 938~941
- He Zhi (1995). “Risk Management for Overseas Construction Projects,” International Journal of Project Management, Vol 13, No 4, pp. 231~237
- Ren-Jye Dzung, Iris D. Tommelein (2004). “Project Modeling to Support Case-based Construction Planning and Scheduling.” Automation in Construction, Vol 13, pp. 341~360, 2004
- S. H. Zegordi, E. Rezaee Nik, A. Nazari (2012). “Power Plant Project Risk Assessment Using a Fuzzy-ANY and Fuzzy-TOPSIS Method.” International Journal of Engineering, Vol 25, No 2, pp. 107~120

논문제출일: 2013.03.15

논문심사일: 2013.03.22

심사완료일: 2013.06.18

요 약

2011년과 2012년 국내건설기업의 해외건설시장 공종별 수주구조는 플랜트분야가 약 645억 달러(전체의 73%)로 타 건설분야에 비해 압도적이며 수주금액 또한 역대 최고액을 기록하였다. 이러한 플랜트 건설시장의 비중과 수주율은 당분간 지속될 전망이다. 하지만 국내 기업이 보유한 플랜트 건설기술은 상세설계와 건설시공 분야에서 비교적 높은 경쟁력을 보이나, 엔지니어링의 원천기술 및 기본설계 분야와 사업관리 분야는 기술 선진국의 60%~70% 내외이다. 국내 기업의 사업관리 경쟁력을 향상시키기 위해 플랜트 건설 공정관리 기술의 고도화와 프로젝트 수행과정에서 발생하는 리스크의 체계적인 평가 방안을 마련하는 것이 시급하다. 본 연구에서는 산업플랜트 건설프로젝트의 주요 공정 시퀀스 모델을 개발하여 프로젝트 초기에 공정계획 수립의 주요 항목설정과 공사의 흐름 및 공정 간의 연관관계 등을 명확하게 정립할 수 있도록 하였다. 특히 공종별 주요 액티비티 분석을 통해 주요 공정 시퀀스를 도출하였고, 퍼지이론을 활용하여 프로젝트 수행 단계별 위험도 평가 방안의 개발 및 중점 관리 공정 프로세스를 제시함으로써 산업플랜트 건설 프로젝트 공정개발 과정과 주공정 수행과정의 리스크 분석에 용이성을 향상할 수 하도록 하였다.

키워드 : 플랜트 사업관리, 플랜트 공정관리, 플랜트 리스크관리, 단위 액티비티 시퀀스 모델, 주요 공정 시퀀스, 퍼지이론