

사업관리 관점의 FEED 업무 프로세스 구조 및 항목 평가 - 화력발전소를 중심으로 -

김남준¹ · 정영수* · 양명덕²

¹명지대학교 건축대학 · ²한국전력기술(주) 사업관리기술그룹

Assessment of FEED Structure and Functions for Project Management of Thermal Power Plant Construction

Kim, Namjoon¹, Jung, Youngsoo*, Yang, Myungdirk²

¹College of Architecture, Myongji University

²Project Management Department, KEPCO Engineering & Construction Company INC.

Abstract : FEED (Front End Engineering and Design) is the key area that determines the competitiveness of procurement and construction in the EPC contracts especially in terms of the added value. Nevertheless, previous researches in FEED have been limited to the process and deliverable of design work or the particular management business function (e.g. System Engineering, collaboration, information etc.). In this context, the purpose of this study is to propose a comprehensive FEED structure and its functions from the project management perspective throughout the whole project life-cycle for thermal power plants. Proposed FEED business procedures are classified into three levels; First level is the classification of FEED business phases, the second level defines major FEED management functions, and the third level is detailed FEED functions. A survey using proposed FEED functions and assessment variable was conducted in order to analyze the current status and the areas for future improvement. It is expected that the proposed structure, functions, and evaluation methodology for FEED management will contribute to effective practice of FEED as well as to improvement of competitive capability for engineering, procurement, and construction (EPC) companies.

Keywords : Thermal power plant, FEED management functions, Business importance, Business weight, Business capability

1. 서론

세계 플랜트 시장은 글로벌 경제 위기에도 불구하고 지속적으로 성장하여 2007년에서 2017년까지 성장률 10.7%를 기록할 것으로 전망하였고(KOPIA 2014), 신흥국 중심으로 향후 20년간 27조불 규모에 달할 것으로 전망함에 따라 그 규모가 계속적으로 확대될 것이라 판단된다(MOSF 2013). 이러한 세계 플랜트 시장 전망과 동시에, 국내 건설기업의 해외건설 수주는 2014년 660억불을 기록하는 등 수주 규모 또한 플랜트 사업을 중심으로 지속적으로 증가하고 있다(ICA 2014).

그러나 이러한 국내 해외건설 및 플랜트사업의 외형적 수주량과 시장 전망에 비해 현시점의 해외 건설 사업의 수익성 여부에 대해서는 계속적으로 논란이 야기되고 있다(Son 2013). 이는 최저가 중심의 EPC 단순도급사업과 국내 업체간 과다 경쟁 등이 그 원인인 것으로 언급되고 있다(MOSF 2013, Son 2013). 이를 극복하기 위해서는 PM(Project Management), FEED(Front End Engineering & Design)를 포함한 고부가가치 플랜트 엔지니어링 기술경쟁력 확보가 시급하다.

기획, PM, FEED 등 고부가가치 기술영역은 EPC 사업방식에서 구매 및 시공 수주경쟁력을 좌우할 뿐만 아니라 프로젝트 전체의 부가가치를 결정한다. 특히 중요 기자재들은 FEED 단계에서 채택 여부가 결정되게 되므로, FEED 업무는 프로젝트 전체에 대한 영향력이 절대적이고, 또한 기자재 및 패키지 산업의 경쟁력 강화에도 결정적 역할을 한다(KNIN 2013). 즉, 해외 플랜트 사업에서 고부가가치를 창출하고 수

* Corresponding Author: Youngsoo Jung, College of Architecture, Myongji University, Yongin 449-728, Korea
E-mail: yjung97@mju.ac.kr
Received June 4, 2015; revised July 7, 2015
accepted July 28, 2015

주 경쟁력 강화를 위해서는 FEED 업무 역량 강화가 필수적이다.

이와 같은 해외 플랜트 사업에서 FEED 분야의 중요성에도 불구하고, 지금까지 진행된 FEED 관련 선행연구들은 설계업무 중심의 프로세스 및 성과물을 위한 연구가 대부분이며, 업무의 범위도 명확하게 정의되어 있지 않다. 특히 사업관리 관점의 연구는 특정 관리 업무 기술(System Engineering, 협업 관리, 정보관리, 인터페이스관리 등)만을 대상으로 한 연구만이 수행되었고, 프로젝트 전체에 영향을 미치는 관리적 관점의 FEED 업무에 대한 연구는 미흡한 실정이다(Table 2).

따라서 본 연구에서는 발전플랜트 중 화력발전소를 대상으로 사업관리 관점의 FEED 업무 프로세스 구조 및 항목을 제안하고, 도출된 FEED 관리업무의 평가지표별 분석을 통해, 해외 화력발전소 건설사업 FEED 업무 수행현황과 발전방안을 고찰하였다.

이를 위해 본 연구에서는 1) 선행연구 고찰을 통해 플랜트 사업에서 FEED 업무의 정의와 그 범위를 설정하고, 2) 이를 바탕으로 계층적 구조를 형성하는 사업관리 관점의 FEED 업무 프로세스 구조 및 항목을 도출하고, 그 타당성에 대한 전문가 검증 실시하였다. 3) 도출된 FEED 관리 업무 프로세스 평가를 위한 지표 및 방법을 설정하고, 4) 다시 전문가 설문문을 통해 평가를 실시하여 업무 수행의 현황 및 역량 강화 방안을 제시하였다.

2. FEED 업무의 정의와 범위

FEED는 ‘Front End Engineering and Design’의 약어로서, 설계 활동 전반부의 종합적 설계(KNIN 2013) 혹은 사업초기 단계에 수행하는 확고한 프로젝트 기획 및 설계 업무(Ki et al, 2013) 등으로 정의되며, 플랜트 건설을 위한 기본적인 기획 및 설계 개념을 정립하여 실제 프로젝트 수행단계에서 발생하는 설계 변경을 최소화하고, 건설비용을 최적화하고자 하는 활동이다(Choi 2009). 그리고 기존의 플랜트나 새로 개발된 플랜트를 하나의 독립된 상품으로 공급하기 위해, FEED 업무는 시장(구매자)의 다양한 요구에 맞추어 규모변경, 공정 재배치, 다른 공정과의 복합, 그리고 이에 따른 성능최적화 등의 기반이 되는 필수 불가결한 기술이다(Choi et al, 2010).

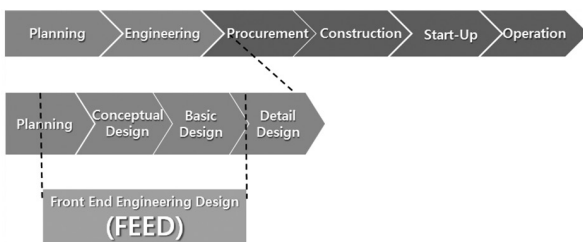


Fig. 1. Business Scope of FEED (www.siemens.com)

FEED 업무의 범위는 선행연구들에서 개념 및 기본 설계 포함 여부에 따라 상이하게 나타난다(Table 2). 다수의 연구가 개념설계 및 기본설계 모두 포함하였고(Lee 1991, KIMM 1994, Lee et al, 1995, Lee et al, 2006, Choi 2009, Hwang et al, 2009, Choi et al, 2010, Hwang et al, 2010, Min et al, 2012, Ki et al, 2013, Lee 2014, Black & Veatch 1996, Tensaka 2012, Devon & Jablkow 2012), 기본 설계만을 포함하거나(Chung et al, 2009, Lee 2009, Kim et al, 2009, Min 2010, Kim 2013, Yun et al, 2013) 또는 FEED 업무를 기본설계 이후, 상세설계 이전에 실시하는 연결 설계로 정의하기도 하였다(Won et al, 2009, Choi et al, 2014).

본 연구에서의 프로젝트 전체에 영향을 미치는 사업관리 관점의 FEED 업무의 범위는 기획단계에서 사업 수행 기본 계획이 수립된 이후에 FEED 수행 팀이 조직되어 타당성 조사를 포함한 기획단계 업무와 상세설계 이전의 종합적인 설계 및 관리 업무를 포함한다(Fig. 1).

3. FEED 관리 업무 프로세스 구조 및 항목

앞서 정의한 FEED 업무 범위를 기반으로, 본 장에서는 화력발전소를 대상으로 사업관리 관점의 FEED 업무 프로세스를 구조 및 항목을 제안하였다. 이를 위해 문헌 고찰을 통해 FEED 관리 업무 프로세스를 도출하고, 이를 화력발전소 FEED 업무를 수행한 기업 전문가 3인의 검증을 실시하였다.

3.1 FEED 관리 업무 프로세스 구조

FEED 관리 업무 프로세스의 구조 및 항목을 도출하기 위하여 먼저, 관련 선행 연구에서 제시된 FEED 업무를 분석하였다.

Table 1. FEED Business Structure

| Research | Classification Criteria | FEED Business | | |
|-------------------|-------------------------|---------------|--------|--------|
| | | Lev_01 | Lev_02 | Lev_03 |
| Lee (1991) | Deliverables | 2 | 10 | 43 |
| Choi (2009) | Deliverables | 6 | 36 | 27 |
| Lee (2013) | Deliverables | 3 | 23 | 69 |
| EMERSON (2005) | Business Process | 5 (Phase) | 15 | 12 |
| SIEMENS (2006) | Deliverables | 9 | - | - |
| CARMAGEN (2010) | Deliverables | 8 | 30 | - |
| Tensaka (2012) | Business Process | 9 (Phase) | 44 | 169 |
| This Study (2015) | Business Process | 6 | 33 | 155 |

Table 2. Literature Review in FEED Studies

| Previous Research | Plant Type | Design Scope | | Technical Perspective | | Focus | | | |
|--------------------------|---------------------|-------------------|--------------|-----------------------|-----------|-------------|----------------|----------------------|--------------------|
| | | Conceptual Design | Basic Design | All System | Component | Deliverable | Design Process | Development Strategy | Management |
| Lee (1991) | All | ● | ● | ● | - | ● | ○ | ● | ○ |
| KIMM (1994) | Power | ● | ● | ● | - | ● | ● | - | ○ |
| Lee et al. (1995) | Power | ● | ● | ● | - | - | ● | - | - |
| Lee et al. (2006) | All | ● | ● | ● | - | ○ | ○ | - | Information |
| Choi (2009) | LNG | ● | ● | ● | - | ● | ○ | - | - |
| Won et al. (2009) | LNG | - | - | ● | - | ○ | ● | - | Knowledge |
| Hwang et al. (2009) | Ocean | ● | ● | ● | - | ○ | ● | - | ○ |
| Chung et al. (2009) | LNG | - | ● | - | ● | - | ● | - | - |
| Lee et al. (2009) | LNG | - | ● | - | ● | - | ● | - | - |
| Kim et al. (2009) | LNG | - | ● | - | ● | - | ● | - | - |
| Choi et al. (2010) | New Renewable | ● | ● | ● | - | - | - | ● | ○ |
| Min (2010) | Power | - | ● | ● | - | ● | - | - | ○ |
| Hwang et al. (2010) | Ocean | ● | ● | ● | - | ○ | ● | - | - |
| Min et al. (2012) | LNG | ● | ● | ● | - | - | - | ● | ○ |
| Ki et al. (2013) | Environment | ● | ● | ● | - | ○ | ● | - | System Engineering |
| Kim (2013) | Power | - | ● | ● | - | - | - | - | Interface |
| Yun et al. (2013) | All | - | ● | ● | - | ○ | ○ | - | Collaboration |
| Lee (2014) | Power | ● | ● | ● | - | ○ | ● | - | System Engineering |
| Choi et al. (2014) | Petroleum Chemistry | - | - | ● | - | ● | - | - | - |
| Black & Veatch (1996) | Power | ● | ● | ● | - | ● | ○ | - | ○ |
| Tensaka (2012) | Power | ● | ● | ● | - | ● | ● | - | ● |
| Devon & Jablkow (2012) | Industrial | ● | ● | ● | - | - | ● | - | ○ |
| This Paper (2015) | Power | ● | ● | ● | - | ● | ● | ● | ● |

※ Legend : ● Focused ○ Covered ○ Mentioned

그러나, 현재 FEED 업무구조 및 항목을 제시한 국내외 연구 문헌은 미흡한 실정이며, 이를 보완하기 위해 Table 1과 같이 해외 선진 기업들에서 제시한 FEED 업무들도 함께 조사하여 분석을 실시하였다.

분석 결과, 대부분의 연구들이 FEED 업무에 대해 계층 구조를 형성하여 제시하고 있었다. 선행 연구들의 구조화된 FEED 업무 항목에 대한 세분화 (Level of Detail)의 차이가 있으나 대부분 3단계로 구분되어 이루어져 있다. 첫 번째 레벨(Lev_01)은 업무 항목(Lee 1991, Choi 2009, Lee

2013, SIEMENS 2006, CARMAGEN 2010) 또는 업무 단계 (EMERSON 2005, Tensaka 2012)로 분류되어 있으며, 주로 10개 이내로 이루어져 있다. 두 번째 레벨(Lev_02)은 선행 연구들마다 업무 항목 수가 30개 내외로 분류되어 있고, 세 번째 레벨(Lev_03)은 두 번째 레벨에서 도출된 업무 항목에 대한 세부 업무들로 구성되어 있다. 업무 구조의 예를 들면, 기본 설계(Lev_01)에는 P&ID, 그리고 Plot Plan(Lev_02)등의 업무들이 있고, 그 중 P&ID에는 주기기, 시스템, 및 유틸리티에 대한 P&ID와 전기단선도(Lev_03)등의 세부 업무들이 포

함된다(Table 3).

본 연구에서는 선행 연구들 중에서 Tensaka(2012)는 선진 기업의 FEED 업무 수행 실적 보고서로서, 화력 발전소 FEED 업무 수행에 대한 전체 프로세스가 자세히 서술되어 있다. 이 보고서에 제시된 FEED 업무들을 중심으로 국내 연구 문헌과 그 외 해외 선진 기업들이 제시한 FEED 업무들을 보완하고 재조합하여, 사업관리 관점에서의 FEED 업무 프로세스 구조 및 항목을 도출하였다. 그리고 이를 전문가 3인의 검증을 통해 수정 및 보완하였다.

최종적으로 도출된 FEED 관리 업무는 3단계의 계층구조를 형성하고 있다. 첫 번째 레벨은 'FEED 업무 단계'로 정의하였고, 6단계로 이루어져 있다. 두 번째 레벨은 첫 번째 레벨에 해당하는 '단계별 FEED 관리 업무'로서, 33개 항목으로 이루어져 있다. 세 번째 레벨은 'FEED 관리 세부 업무 항목'으로 총 155개 항목이 포함된다.

3.2 FEED 관리 업무 프로세스 항목

Table 3은 본 연구에서 제안한 화력발전소 건설 프로젝트 전체에 영향을 미치는 FEED 관리 업무 프로세스 구조 및 업무 항목을 나타낸 표이다. Level_01의 FEED 업무 6단계별로 FEED 관리업무(Level_02)와 세부 업무항목 (Level_03)을 도출하였다.

3.2.1 FEED 기획 단계 업무 항목

FEED 기획 단계(FEED Planning)는 실질적인 FEED 관리 업무를 수행하기 위한 계획을 수립함으로써, 이는 FEED 관리 업무 수행의 기본이자 시발점이 되는 단계이다.

이 단계의 해당 FEED 관리 업무와 그 세부 업무 항목들에 대해 살펴보면, 첫 번째 업무는 프로젝트 전반에 대한 목표 (Identifying Project Objectives)와 FEED 업무 수행에 대한 목표(Identifying FEED Objectives)를 설정하고, FEED 팀을 조직(FEED Team Organization)하는 '목표 설정(Objective Setting) 업무'이다. 두 번째 업무는 발전설비의 기술적 타당성을 검토(Power Process Technical Development)하고, 그에 따른 전력단가를 고려한 프로젝트 수지예측(LCC)과 동시에 부지 세부 조사(Site Detail Analysis)의 업무를 수행하는 '타당성 조사(Feasibility Study) 업무'이다. 그리고 세 번째 업무는 FEED 업무 수행 일정(Schedule Plan), 자원투입계획(Resource Plan), 프로젝트 정의서(Project Charter)등을 작성하는 'FEED 업무 수행 계획(FEED Execution Plan)'이 포함된다.

3.2.2 자료수집 단계 업무 항목

사전 조사 및 자료 수집 단계(Preliminary Study)는 발주자와 기술선(Licensor)으로부터의 핵심 요구사항 및 정보를 검토하고 자료 수집을 통해, 이를 바탕으로 설계에 사용할 여러

공통 기본 조건을 종합하는 단계이다.

해당 FEED 관리 업무와 그 세부 업무 항목들에 대해 살펴보면, 먼저, 발주자의 요구사항(Owner's Requirement)과 기술선의 정보(Licensor Information)를 검토하고 이를 기반으로 유사 사례 플랜트들에 대한 자료를 수집(Reference Plant)하는 '프로젝트 요구사항(Project Requirement)' 업무가 있다. 그리고 기후 조건(Climatic Data), 유틸리티 정보 (Utility Information), 기기 표준 및 규정(Equipment Code & Standard), 환경 규제(Environmental Regulations), 그리고 지역 코드(Local Code) 등의 설계 공통 기본 조건을 종합한 'BEDD (Basic Engineering Design Data)'을 작성하는 업무가 포함된다.

3.2.3 개념 설계 단계 업무 항목

개념 설계 단계(Conceptual Design)는 FEED 기획 단계와 자료 수집 단계에서 확립한 프로젝트 수행을 위한 정보들과 기본 조건들을 바탕으로 설계 기준을 수립하고 플랜트 공정에 대한 분석을 실시하는 단계이다.

개념 설계 단계의 FEED 관리 업무 및 그 세부 업무 항목에 대해 살펴보면, 먼저, 발주자 요건(Owner's Input), 프로젝트 개괄적 요약(Project Description), 단위 발전량(Duty of Unit), 발전원료 사양(Feeds Specification), 전력생산 사양(Products Specification), 전기 저장 조건(Battery Limit Condition), 유틸리티 조건 및 부지정보(Utility Conditions and Site Information), 그리고 운전 조건(Operating Conditions) 등을 종합하여 해당 프로젝트 설계를 위한 '설계 기준(Design Basis)'을 작성한다. 또한, 공정 최적화(Process Simulation), 에너지 및 물질 수지(Heat and Material Balance), 개략적인 기기 리스트(Preliminary Equipment List), 공정 데이터시트(Process Datasheet)등을 포함한 '발전 공정 분석(Process Analysis)'을 수행한다. 그리고 개략적인 부지배치도(Site Plot Plan), 프로젝트 공정 계획(Project Schedule Plan), 그리고 개략 견적(Preliminary Estimation)을 통해 비용, 일정 등이 포함된 '프로젝트 레이아웃(Project Layout)'이 설정되어 발전 플랜트 프로젝트 전체에 대한 최적성 여부를 판단한다.

3.2.4 기본 설계 단계 업무 항목

기본 설계 단계(Basic Design & Engineering)는 주기기 리스트 및 사양을 확정하고 FEED 업무의 주요 성과물을 도출하는 단계이다.

이 단계의 해당 FEED 관리 업무와 그 세부 업무 항목들에 대해 살펴보면, 설계 기준과 공정 분석을 토대로 '공정흐름도(Process Flow Diagram (PFD))'를 작성한다. 작성된 PFD를 토대로 '설비 공정 데이터시트(Process Equipment Datasheet)'를 작성하면, 이를 기반으로 압력 용기(Pressure

Table 3. FEED Structure and Functions for Project Management

| Level_01 FEED Phase (6) | Level_02 FEED Management Business (33) | Level_03 FEED Detail Business (155) | |
|----------------------------|---|---|---|
| FEED Planning | Objective Setting | Identifying Project Objectives, Identifying FEED Objectives, FEED Team Organization | |
| | Feasibility Study | LCC, Site Detail Analysis, Power Process Technical Development | |
| Preliminary Study | FEED Execution Plan | FEED Schedule Plan, Resource Plan, Project Charter | |
| | Project Requirements | Owner's Requirement, Licensor Information, Reference Plan | |
| | BEDD | Climatic Data, Utility Information, Equipment Code & Standard, Environmental Regulations, Local Code, Safety Regulation, Operating Flexibility Requirement, Specific Instructions | |
| | Design Basis | Owner's Input, Project Description, Duty of Unit, Feeds Specification, Products Specification, Battery Limit Conditions, Utility Conditions and Site Information, Operating Conditions | |
| Conceptual Design | Process Analysis | Process Simulation, Heat and Material Balance, Preliminary Equipment List, Process Datasheet | |
| | Project Layout | Site Plot Plan, Project Schedule Plan, Preliminary Estimation | |
| | PFD | BFD (Block Flow Diagram), System PFD, Utility PFD | |
| | Process Equipment Datasheet | Material Selection, Pressure, Temperature, Equipment Size Criteria | |
| | Equipment Specification | Pressure Vessels, Rotating Equipment (Pumps, Blowers, Compressors), Heat Exchangers, Packaged Equipment, Electrical Equipment and Instruments | |
| | P&ID | Major Equipment, System, Utility, Process System, Single-line Diagram | |
| | Equipment Quotation | Identification of High-value Equipment and System, Vendor Bid List, Purchase Order, Support Equipment Bidding, Formal Bid Tabulations, Selection Vendor List | |
| | Plot Plan | Constructability, Operability, Maintainability | |
| | 3D Modelling | Interface, Interference, Material Specification, Structural Steel Data, Electrical System Connectivity, Plant Overall Process Flow Criteria, Construction Sequencing, Operator Accessibility, Safety Feature, Configuration Document, Subsequent Design Change Document | |
| | Bulk Material Quantification | 3D Model - Foundation, Structural Steel, Piping, Plan Drawing - Electrical, Control System | |
| Basic Design & Engineering | Bulk Material Quotation | In-house/Recent Project Purchase Order Value, Informal Quote from Preferred Supplier, Formal Competitive Bidding | |
| | Summary | Flow Stream, Utility System, Environmental, Pipeline Flow | |
| | Design Review | PFD Review, HAZID, P&ID Review, HAZOP | |
| | Major Consideration | Contract Terms, Labor Availability, Site Logistics, Technical Complexity, Major Equipment and Material Sources, Extent of Field Fabrication | |
| | Execution Method and Schedule | Integrated EPCS Schedule | |
| | Engineering and Support Services | Design Deliverables Schedule, Specialty Third Party Subcontracting, Multi-office Execution, Procurement Plans, Construction Support | |
| | Procurement | Material and Equipment Providing Method, Portion of Subcontract | |
| | Construction | Labor Survey, Procurement Plan, Site Mobilization Timing, Craft Level, Work Sequences, Subcontract Award Dates, Quoted Work Duration | |
| | Start-Up | Start-up Planning, Single Inspection Plan, Comprehensive Inspection Plan | |
| | Project Code of Accounts | Civil, Architectural, Mechanical, Piping, Electrical, Instrumentation/Control, Temporary Facilities, Construction Management, Construction Equipment, Home Office, Freight, Commissioning and Start-up, Miscellaneous Costs | |
| EPC Execution Planning | Purchased Costs | Owner Purchased Costs | |
| | Construction Costs | Contractor Furnished Material Costs, Construction Labor, Construction Management, Construction Equipment, Construction Insurance, Performance Bonds, Permit Costs | |
| | PM Costs for Home Office | Project Management, Procurement, Contract Management, Project Control, Information Technology Support, Project Accounting, Quality Assurance/Control, Financing/Commitment/Letter of Credit Fees | |
| | CM Costs for Field Office | Water Interconnection, Construction Management, Commissioning and Start-up, Property Tax during Construction | |
| | Miscellaneous Costs | Freight and Logistics, Import Duties/Fees, Land, Owners' Contingency, Development Cost Reimbursement, Initial Fuel Inventory, Builder's/Marine Cargo/Liability Insurances | |
| | Contingency | Account for Potential Risk Items | |
| | Capital Costs | EPC Cost, Owners' Costs, Financing Fee, Interest during Construction, Escalation for Construction Duration | |
| | Estimation | Project Code of Accounts | Civil, Architectural, Mechanical, Piping, Electrical, Instrumentation/Control, Temporary Facilities, Construction Management, Construction Equipment, Home Office, Freight, Commissioning and Start-up, Miscellaneous Costs |
| | | Purchased Costs | Owner Purchased Costs |
| | | Construction Costs | Contractor Furnished Material Costs, Construction Labor, Construction Management, Construction Equipment, Construction Insurance, Performance Bonds, Permit Costs |
| PM Costs for Home Office | | Project Management, Procurement, Contract Management, Project Control, Information Technology Support, Project Accounting, Quality Assurance/Control, Financing/Commitment/Letter of Credit Fees | |
| CM Costs for Field Office | | Water Interconnection, Construction Management, Commissioning and Start-up, Property Tax during Construction | |
| Miscellaneous Costs | | Freight and Logistics, Import Duties/Fees, Land, Owners' Contingency, Development Cost Reimbursement, Initial Fuel Inventory, Builder's/Marine Cargo/Liability Insurances | |
| Contingency | | Account for Potential Risk Items | |
| Capital Costs | | EPC Cost, Owners' Costs, Financing Fee, Interest during Construction, Escalation for Construction Duration | |

Vessels), 회전 기기(Rotating Equipment), 열교환기(Heat Exchangers), 패키지 설비(Packaged Equipment), 전기 및 계장(Electrical Equipment and Instruments) 등이 포함된 '기기 사양서(Equipment Specification)'를 작성한다. 기기 사양이 결정되면, 이를 토대로 '공정배관 계장도(Piping & Instrumentation Diagram (P&ID))'를 작성한다. 여기서 P&ID는 주기기(Major Equipment), 발전시스템(System), 유틸리티(Utility), 공정시스템(Process System), 전기단선도(Single-line Diagram) 등 발전설비 전체 공정을 나타내고, 시운전 준비 및 플랜트 유지보수를 위한 자료로써 넓게 활용되는 가장 중요한 FEED 결과물에 해당된다(이양호 2013). P&ID를 토대로 고부가가치 기기를 식별하고(Identification of High-value Equipment and System), 기기벤더를 선정(Selection Vendor List)하는 '기기 가격 책정 (Equipment Quotation)'을 실시한다. 그리고 '배치 및 평면도(Plot Plan)'와 '3D 모델링(3D Modeling)'을 작성을 통해 시공성(Constructability), 운전성(Operability), 유지관리성(Maintainability), 인터페이스(Interface), 간섭 체크(Interference), 재료 사양(Material Specification), 안전 요소(Safety Feature) 등을 검토한다. 이를 기반으로 '벌크성 자재 물량을 산출(Bulk Material Quantification)'하고, 그에 대한 '벌크성 자재에 대한 가격 책정(Bulk Material Quotation)'을 실시한다. 마지막으로 기본설계 단계에서 수행한 업무들을 '종합 정리(Summary)' 후 PFD 및 P&ID 검토(PFD, P&ID Review), 그리고 위험 및 조작성 해석(HAZOP) 등 '종합적인 설계 검토(Design Review)'를 수행한다.

3.2.5 EPC 수행 계획 단계 업무 항목

EPC 수행 계획 단계(EPC Execution Planning)는 기본 설계 단계에 도출된 FEED 업무의 주요성과물을 바탕으로 가장 효율적이고 비용 효과적인 방법을 고려하여 프로젝트 수행 계획을 세우는 단계이다.

EPC 수행 계획 단계의 FEED 관리 업무 및 그 세부 업무 항목에 대해 살펴보면, 먼저, 계약 조건(Contract Terms), 노동 가용성(Labor Availability), 현장물류계획(Site Logistics), 기술적 복잡성(Technical Complexity), 주기기 및 자재 구매원(Major Equipment and Material Sources), 현장 제작 정도(Extent of Field Fabrication) 등 EPC를 수행하기 위한 '주요 고려사항 (Major Consideration)'들을 검토한 후, 통합 EPCS 스케줄 작성을 통해 'EPC 수행 방법 및 전체 일정 계획(Execution Method and Schedule)'을 수립한다. 이를 토대로, 설계 일정(Design Deliverables Schedule), 전문기업 하도급(Specialty Third Party Subcontracting), 협업 수행(Multi-Office Execution), 구매/조달 계획(Procurement Plans), 및 시공 기술지(Construction Support) 등을 고려하

는 '엔지니어링 계획(Engineering and Support Services)', 재료 및 기기 공급원(Material and Equipment Providing Method) 및 하도급 계획(Portion of Subcontract)을 고려하는 '구매/조달 계획(Procurement)', 노동력(Labor Survey), 구매/조달 계획(Procurement Plan), 현장 동원 시기(Site Mobilization Timing), 기능공 레벨(Craft Level), 작업 순서(Work Sequence), 하도급 계약 시기(Subcontract Award Date) 및 공사기간(Quoted Work Duration) 등을 고려하는 '시공 계획(Construction)', 그리고 시운전 계획 수립(Start-up Planning), 개별검사계획(Single Inspection Plan) 및 종합검사계획(Comprehensive Inspection Plan) 등을 고려하는 '시운전 계획(Start-Up)'까지 EPCS 각각의 구체적인 수행 계획을 수립한다.

3.2.6 사업 기준 공사비 산정 단계 업무 항목

사업 기준 공사비 산정 단계(Estimation)는 기본 설계 단계에 도출된 FEED 업무의 주요성과물과 EPC 수행 계획 단계에서 수립한 사업 수행 계획을 바탕으로 본격적인 EPC 사업 수행 이전에 발주자 관점에서의 사업비 예산을 편성하는 단계이다.

사업 기준 공사비 산정 단계의 FEED 관리 업무 및 그 세부 업무 항목에 대해 살펴보면, 토목(Civil), 건축(Architectural), 기계(Mechanical), 배관(Piping), 전기(Electrical), 계장(Instrumentation/Control) 등 공사비 예산의 편성, 배정 및 통제를 하기 위하여 설정하는 '사업비 계정(Project Code of Accounts)'을 분류한다. 사업비 계정을 분류한 이후 비용 측면에서 업무를 분류하면, 발주자가 직접 구매를 실시하는 '구매비(Purchased Costs)'에는 관급자재 구매비(Owner Purchased Costs)가 포함된다. '시공비(Construction Costs)'에는 시공자가 구매를 실시하는 사급자재 구매비(Contractor Furnished Material Costs), 건설 노무비(Construction Labor), 건설 관리비(Construction Management), 건설 장비비(Construction Equipment), 건설 보험료(Construction Insurance), 이행 보증금(Performance Bonds)과 인허가비(Permit Costs)가 포함된다. '본사지원비(PM Costs for Home Office)'는 사업관리비(Project Management), 구매/조달 관리비(Procurement), 계약관리비(Contract Management), 사업통제비용(Project Control), IT 지원비용(Information Technology Support), 회계관리비용(Project Account), 품질관리비(Quality Assurance/Control), 자금조달 수수료(Financing/ Commitment/Letter of Credit Fees)가 포함된다. '현장관리비(CM Costs for Field Office)'는 용수공급비(Water Interconnection), 건설관리비(Construction Management), 시운전비(Commissioning and Start-Up),

건설기간 재산세(Property Tax during Construction) 등이 포함된다. ‘기타비용(Miscellaneous Costs)’으로는 운송비(Freight and Logistics), 수입관세(Import Duties/Fees), 부지비용(Land), 예비비(Owners’ Contingency), 개발 비용 상환비(Development Cost Reimbursement), 초기 연료비(Initial Fuel Inventory), 노무자/해양화물/책임보험 비용(Builder’s/Marine Cargo/Liability Insurances)등이 포함된다. ‘예비비(Contingency)’는 잠재적 리스크 비용(Account for Potential Risk Items)이 포함된다. 그리고 이 모든 비용을 종합한 EPC 비용 (EPC Cost)을 포함하여, 발주자 비용(Owners’ Costs), 자금 조달 비용(Financing Fee), 이자 비용(Interest during Construction)과 물가상승률(Escalation)을 고려하여 ‘전체 사업비용(Capital Costs)’을 책정한다.

4. 사례 분석

현재 FEED 분야에 대한 평가는 산업기술수준조사 보고서(KEEI)에 의해 선진국 대비 상대적 기술 격차에 대해 정량적으로 평가되고 있고 있다. 그러나 이는 FEED 분야의 국내 기술력에 대한 포괄적인 평가일 뿐, FEED 업무별로 세부적 정량적 평가를 통해 현황에 대한 파악 및 향후 발전 전략 방안을 고찰하기 위한 연구는 부족한 실정이다.

따라서 본 장에서는 앞서 제안한 FEED 관리 업무 프로세스 구조 및 항목에 대하여 평가 지표별 전문가 설문조사를 통해 평가를 실시하여, 현재 국내 EPC 기업에서의 해외 화력발전소 건설사업 FEED 업무 수행 현황과 전략적인 발전방향을 정량적으로 평가해 보고자 한다. 설문결과는 응답의 수가 제한적이기 때문에 통계적 의미를 부여하기 어려우므로 사례분석의 의미로 해석하였다.

4.1 설문조사 대상

Table 4에서 보는 바와 같이 FEED 관리 업무 평가 설문 대상은 국내 플랜트 엔지니어링 기업의 경력 20년 이상의 PM 전문가 6인을 대상으로 설문조사를 실시하였다. 국내에 해외 화력발전소 FEED 업무를 수행한 경험이 있는 기업이 극소수이므로 해외 발전설비 FEED 업무를 수행한 경험이 있는 기업을 선정하였다.

Table 4. Survey Respondents

| Category | Respondents |
|------------------------|--------------------|
| Total Number | 6 |
| Business Scope | Power Plant |
| Company Characteristic | Engineering |
| Department | Project Management |
| Career | All Above 20 years |

4.2 설문 평가지표

본 연구에서 제안한 FEED 관리 업무의 평가를 위한 구체적인 분석지표(Variable)를 보면, 업무기능별 ‘중요도’, ‘수준’, ‘비중’, ‘역량’, ‘심도’ 등의 다양한 관점이 가능하다. 해외 플랜트 사업관리 업무기능별 역량을 분석한 연구(Ha and Jung 2014)는 선행 연구 고찰을 통해 CM 사업의 업무기능별 특성을 분석하는 요소로서 ‘업무비중’ (Lee et al. 2001, Jung et al. 2002, Jung et al. 2011, Jung et al. 2014, Kang et al. 2014), ‘업무역량’(Cho and Kang 2001, Jung et al. 2004, Kim et al. 2007, Park et al. 2008), 그리고 ‘업무심도’(Lee et al. 2001, Jung et al. 2002)의 세 가치를 선정하였다. 본 연구에서는 FEED 관리 업무 평가 지표를 ‘업무 중요도’, ‘업무 비중’, ‘업무 역량’을 중심으로 분석하였다(Table 5). 이를 통해 FEED 업무 수행에 있어 중요한 업무에 대한 인력이 적절하게 투입되고 있는지 평가할 수 있고, 역량에 대한 현황 파악이 가능하다.

Table 5. Literature Review in Assessment Variable

| Previous Research | Variable | | | | | |
|--------------------|-----------------|---------------------|----------------|-------------------|---------------------|------------|
| | Business Weight | Business Capability | Business Depth | Business Function | Business Importance | Life Cycle |
| Cho & Kang (2001) | | ○ | | ○ | | |
| Lee et al. (2001) | ○ | | ○ | ○ | | |
| Jung et al. (2002) | ○ | | ○ | ○ | | |
| Jung et al. (2004) | | ○ | | ○ | | |
| Kim et al. (2007) | | ○ | | ○ | | |
| Jang et al. (2008) | ○ | ○ | ○ | ○ | | |
| Park et al. (2008) | | ○ | | ○ | | |
| Yoo et al. (2009) | ○ | ○ | | ○ | | |
| Jung et al. (2011) | ○ | | | ○ | | |
| Byun & Kim (2012) | ○ | ○ | | ○ | | |
| Choi & Kim (2013) | | ○ | | ○ | | |
| Ha & Jung (2014) | | ○ | | ○ | | |
| Jung et al. (2014) | ○ | | | ○ | | ○ |
| Kang et al. (2014) | ○ | | | ○ | | ○ |
| This Paper (2015) | ● | ● | | | ● | |

4.3 설문 평가항목

본 연구에서 제안한 사업관리 관점의 FEED 업무 프로세스 업무 항목 중 평가를 위한 항목은 Level_01의 FEED 업무 6 단계는 평가 레벨의 수준(Level of Detail, LOD)이 너무 높고, Level_03의 FEED 관리 세부 업무 155개 항목은 평가 레벨의 수준(Level of Detail, LOD)이 너무 낮기 때문에 Level_02에 해당하는 FEED 관리 업무 33개 항목 중 문헌 고찰 및 전문가 검증을 통하여 FEED 업무 수행의 현황과 특성을 파악하고, 보다 효율적이고 다른 항목을 포괄하여 상세하게 분석할 수 있는 주요 19개 항목을 선정하여 평가를 실시하였다.

4.4 결과 분석

전문가 6인의 FEED 관리 업무 평가 설문 응답 자료를 평가 지표별로 분석하고, 이를 종합하여 시사점을 도출하였다. Table 6은 평가 지표별 분석한 결과를 종합하여 나타낸 표이다.

4.4.1 업무 중요도

업무 중요도는 FEED 업무 수행에 있어 우선시 고려해서 수행해야 할 업무로써, 해당 업무의 전체에 대한 영향도를 나타낸다. 전문가 6인의 주관적 의견을 가능한 정량화하기 위하여, 1점에서 5점까지 점수를 상대적인 값으로 표기하는 5점 척도를 사용하여 평가하였다. 그리고 5점 척도의 점수를 정규화하여 100점 척도로 환산하여 분석하였다. 여기서 100점의 의미는 정확한 중간 값임과 동시에 평균값을 의미하며, 각 평가항목간의 상대적 중요성을 비교평가 할 수 있도록 하였다. 업무 중요도의 값이 100보다 클수록 해당 업무를 상대적으로 우선적으로 고려해서 업무 수행해야 함을, 100보다 작을수록 상대적으로 덜 고려해서 업무 수행함을 의미한다.

전체 평균값으로 보았을 때, FEED 관리 업무 중요도가 높은 항목은 프로젝트 요구사항(Project Requirement: 125.2)이 가장 높고, 타당성 조사(Feasibility Study: 120.9), 전체 사업 비용(Capital Costs: 116.6), EPC 수행 주요 고려사항(Major Consideration: 108), 공정흐름도(PFD: 103.6) 순으로 나타났다.

4.4.2 업무 비중

업무 비중은 각 업무에서의 투입되는 소요 인원을 나타내며, 인력 운영 기준으로서의 의미를 가진다. 평가는 전체 업무 투입 비중을 100으로 가정하고 이를 FEED 관리 업무 평가 19개 업무 항목으로 분할하여 비중을 분석하였다.

업무 비중이 가장 높은 FEED 관리 업무 항목은 전체 사업 비용(Capital Costs : 12%)으로 투입 노력이 가장 많은 것으로 나타났고, 다음으로 기기 사양서(Equipment Specification : 9.4%), 설계 기준(Design Basis : 8.6%) 순으로 업무 비중이 높은 것으로 나타났다.

그리고 FEED 기획 단계(FEED Planning)의 목표설정(Objective Setting: 1.2%) 및 FEED 업무 수행 계획(FEED Execution Plan: 2%) 업무 비중이 가장 낮은 것으로 나타났다.

4.4.3 업무 역량

업무역량은 설문 조사를 실시한 기업의 FEED 업무 수행에 있어 현재 보유하고 있는 기술 수준을 의미한다. 앞서 FEED 관리 업무의 중요도 및 영향도를 평가했다면, 업무 역량은 현재의 FEED 업무 수행의 현황 분석을 통해 향후 발전방안에 대해 전략적으로 도출하기 위한 평가라고 할 수 있다. 평가 방법은 앞선 업무 중요도의 방법과 동일한 5점 척도를 사용하여 평가하였고 이를 100점 척도로 정규화하여 분석하였다. 업무 역량의 값 역시 100점을 기준으로 값이 100보다 클수록

Table 6. FEED Business Assessment

| Level_01 FEED Phase | Level_02 FEED Management Business | Business Importance | Business Weight | Business Capability |
|----------------------------|--------------------------------------|---------------------|-----------------|---------------------|
| FEED Planning | Objective Setting | 95.0 | 1.2 | 75 |
| | Feasibility Study | 120.9 | 3.9 | 80 |
| | FEED Execution Plan | 99.3 | 2.0 | 85 |
| Preliminary Study | Project Requirements | 125.2 | 4.1 | 85 |
| | BEDD | 103.6 | 6.8 | 80 |
| Conceptual Design | Design Basis | 103.6 | 8.6 | 95 |
| | Process Analysis | 99.3 | 5.9 | 105 |
| | Project Layout | 86.4 | 4.6 | 115 |
| Basic Design & Engineering | PFD | 103.6 | 3.8 | 105 |
| | Process Equipment Datasheet | 82.0 | 4.0 | 115 |
| | Equipment Specification | 99.3 | 9.4 | 105 |
| | P&ID | 90.7 | 7.3 | 120 |
| | Plot Plan | 99.3 | 3.8 | 120 |
| EPC Execution Planning | Major Consideration | 108.0 | 3.8 | 90 |
| | Engineering and Support Services | 95.0 | 5.4 | 110 |
| | Procurement | 99.3 | 5.4 | 100 |
| | Construction | 90.7 | 5.8 | 120 |
| | Start-Up | 82.0 | 2.1 | 105 |
| Estimation | Capital Costs | 116.6 | 12.0 | 90 |
| Total | | 1900 | 100 | 1900 |

※ Legend : ● Relatively High ○ Relatively Low

※ Blank(-) present Mean Value in Business Weight and Approximation of 100 in Business Importance & Capability

현재 해당 업무의 역량이 상대적으로 충분함을, 100보다 작을수록 상대적으로 부족함을 의미한다.

FEED 관리 업무 역량에 대한 분석하면 FEED 관리 업무 역량이 높은 항목은 배치 및 평면도(Plot Plan: 120), 공정배관 계장도(P&ID: 120), 그리고 시공에 대한 EPC 수행 계획(Construction: 120)의 세 가지 업무 항목이 동일하게 가장 높고, 다음으로 프로젝트 레이아웃(Project Layout: 115) 그리고 설비 공정 데이터시트(Process Equipment Datasheet: 115)의 두 업무 항목이 높게 나타났다.

그리고 FEED 관리 업무의 역량이 상대적으로 부족한 업무 항목으로는 목표설정(Objecting Setting: 75)이 가장 낮게 나왔고, 다음으로 BEDD(Basic Engineering Design Data: 80), 타당성 조사(Feasibility Study: 80) 두 항목이 낮은 결과가 나타났다.

4.4.4 종합 분석

분석 결과를 Level_01 FEED 업무 단계별로 종합하여 살펴보면, 본격적으로 FEED 업무 수행하기 이전에 FEED 업무를 수행하기 위한 기획 및 사전 조사하는 FEED 기획단계(FEED Planning)와 사전 조사 및 자료 수집 단계(Preliminary Study)의 업무들은 비교적 투입 노력은 낮지만 업무 중요도는 비교적 높은 것으로 나타난다. 이는 투입 노력은 낮더라도 FEED 발주자의 핵심 요구사항을 분석하고 발전 플랜트의 기능적, 성능적 목표를 설정 및 경제적, 환경적 타당성을 검토하는 단계이기 때문에 중요도는 높은 것으로 판단된다. 그러나 현재 업무 역량 측면에서는 이 두 단계의 5가지 업무 모두 부족한 것으로 나타났다.

화력 발전 플랜트의 핵심 설계 기준을 확립하고 FEED 설계 성과물을 도출하는 개념설계 단계(Conceptual Design)와 기본설계 단계(Basic Design & Engineering)의 업무들 경우에는, 설계 주요 성과물, 주기기 리스트 및 사양을 도출하기 때문에 중요도는 비교적 낮지만, 투입노력은 비교적 높은 것으로 나타났다. 그리고 업무 역량 측면에서는 FEED 주요 성과물(P&ID, Plot Plan, Process Equipment Datasheet)에 대한 역량이 비교적 높은 것으로 나타났다.

EPC 수행 계획 단계(EPC Execution Planning)의 업무들의 경우에는 EPC 사업 수행을 하기 위한 전체적인 기획 및 고려사항을 검토하는 업무(Major Consideration)에 대한 중요도는 높게 나타나지만, 엔지니어링, 구매/조달, 시공, 그리고 시운전까지 세부적인 수행 기획 업무들에 대해서는 중요도가 비교적 높지 않은 것으로 나타났다. 그러나 업무 역량 측면에서는 중요도가 높은 EPC 주요 고려사항 검토 업무의 역량이 비교적 낮고, 국내 플랜트 산업이 시공부분의 역량이 높기 때문에 시공에 대한 EPC수행 계획의 역량이 비교적 높은 것으로 판단된다.

사업 공사비 산정 단계 (Estimation)의 업무는 업무 중요도 뿐만 아니라 투입 노력 또한 비교적 높으므로 비용적인 측면의 중요도가 높다는 것을 알 수 있다. 그러나 업무 역량은 비교적 낮은 것으로 나타났다.

4.5 사례분석 시사점

평가 지표별 사례분석을 종합해본 결과, FEED 관리 업무 중 주로 설계 중심의 업무들의 역량은 높은 것으로 나타난다. 그러나 중요도 측면에서는 설계 중심의 업무들 외에 기획 및 타당성 검토, 비용적인 측면을 고려하는 관리적 관점의 업무들이 중요도가 높게 나타남에도 불구하고 업무 역량은 현재 비교적 부족한 것으로 나타났다. 이는 화력발전소 건설사업에서 FEED 분야는 성과물 위주의 설계 업무뿐만 아니라 기획, 비용, 일정 그리고 발주자 요건 및 타당성 검토 등의 관리적 관점의 업무 역량 강화가 필요하다는 것을 나타낸다. 이를 위해서는 해외 전문가 영입, 선진 엔지니어링 M&A, 그리고 해외 선진기업 파견 및 해외 지사 설립으로 현지 고급 인력 고용 등 해외 선진 기업 벤치마킹 및 역량 강화를 위한 기업차원의 노력이 필요하다.

이러한 관점에서, 현재 설계 성과물 위주로 진행되어온 FEED 업무 분야에서 본 연구에서 제안한 사업관리 관점의 FEED 업무 프로세스 구조 및 항목은 해외 화력발전소 건설 사업에서 FEED 분야의 역량 강화 및 경쟁력 확보에 크게 기여할 것이라 기대한다.

5. 결론

본 연구는 해외 발전플랜트 경쟁력 강화 및 고부가가치 창출을 위해 발전플랜트 중 화력발전소를 대상으로 사업관리 관점의 FEED 업무 프로세스 구조 및 항목을 제안하였다. 도출된 FEED 관리 업무는 총 3단계의 계층구조를 형성하고 있으며, 첫 번째 레벨은 FEED 업무 6 단계, 두 번째 레벨은 단계별 FEED 업무로 정의하였고, 33개 항목으로 이루어져 있다. 세 번째 레벨은 FEED 관리 세부 업무 항목으로 총 155개 항목으로 이루어져 있다.

또한, 도출된 FEED 관리 프로세스 업무 항목 중 주요 19개 항목에 대한 평가지표별 평가를 실시하였다. 이를 통해 FEED 분야는 주로 설계 성과물 중심의 업무들의 역량은 높지만, 중요도 측면에서는 비교적 낮게 나타나는 반면, 설계 중심의 업무들 외에 기획 및 타당성 검토, 비용적인 측면 등을 고려하는 관리적 관점의 업무들은 중요도가 높게 나타남에도 불구하고 업무 역량은 현재 비교적 부족한 것을 확인하였다. 이는 해외 플랜트 사업에서 FEED 업무 경쟁력 확보를 위해서는 관리적 관점의 FEED 업무 항목의 역량 강화가 필요하다라는 것을 알 수 있다.

연구의 한계점은 국내에 해외 화력발전소 FEED 업무를 수행한 경험이 있는 기업이 극소수이고, 경험이 부족하므로 사례 분석의 결과가 해외 발전플랜트 사업 전체를 포괄하는 데에는 한계가 있다는 점이다. 추후 지속적인 연구와 사례 분석을 통하여 구체적인 FEED 업무 경쟁력 확보를 위한 전략적 방안에 대해서 제시할 예정이다.

본 연구에서 도출한 FEED 관리 업무 프로세스 구조 및 항목은 향후 국내 EPC 기업들이 해외 발전플랜트 건설사업에서 FEED 업무를 효율적으로 수행하기 위한 하나의 가이드라인이 되고, 이를 통해 FEED 분야의 해외 경쟁력이 강화되어, 나아가 국내 플랜트 산업의 해외 EPC 수주경쟁력 및 기자재 산업의 경쟁력 강화에도 기여할 것이라 기대한다.

감사의 글

본 연구는 2014년도 정부(미래창조과학부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 '기초연구사업' (No. NRF-2014R1A2A2A01006984) 결과의 일부임. 또한 연구 진행에 도움을 주신 KEPCO E&C 김진원 처장님, 박기조 부장님, 그리고 현대건설 신용승 부장님께 감사의 말씀을 드립니다.

References

- Black & Veatch (1996). Power Plant Engineering.
- Byun, I., and Kim, Y. (2012). "An Analysis of Core Competence of Pre-construction Service of the Making Inroads into Oversea Construction Market (for the Entry in the International Construction Business)." *Korean Journal of Construction Engineering and Management*, 13(2), KICEM, pp. 80-90.
- CARMAGEN (2010). Engineering Coordination Tips During Front-End Engineering Design. (<http://www.carmagen.com/>).
- Chung, M., Kim, C., and Park, S. (2009). "Basic Design for Heat Exchanger of LNG Plant." *Magazine of SAREK*, SAREK, 38(3), pp. 28-34.
- Cho, H., and Kang, K. (2001). "Analysis on Architect's CM Capability for Development of Expended Service CM. -Focused on Design Expended CM Model in Private Sector-" *Journal of the Architectural Institute of Korea*, 17(10), pp. 153-160.
- Choi, K. (2009). "FEED & Basic Design Technology." *Magazine of SAREK*, SAREK, 38(3), pp. 51-58.
- Choi, H., Kim, Y., Kim, S., Choi, Y., Choi, B., and Choi, B. (2010). "Foundation of Front-end Engineering & Design for Plant." *Proceedings of the KSME 2010 Spring Annual Conference*, pp. 24-25.
- Choi, D., Kim, J., and Seo, D. (2014). "Characteristics and Procedure of Architectural Engineering in Chemical Plant Industry." *Review of Architecture and Building Science*, AIK, 58(7), pp. 49-53.
- Choi, J., and Kim, Y. (2013). "An Analysis of Cost Competency of Construction Field Engineer for Cost Management." *Korean Journal of Construction Engineering and Management*, KICEM, 14(5), pp. 26-34.
- Devon Richard & Kathryn Jablow (2010). "Teaching Front End Engineering Design (FEED)." *Proceedings of Fall 2010 Mid-Atlantic ASEE Conference*, October 15-16, 2010, Villanova University.
- EMERSON (2005). Front End Engineering Design Capabilities. (<http://www2.emersonprocess.com/>).
- Ha, J., and Jung, Y. (2014). "Evaluation of CM Capability based on Business Functions for International Plant Construction." *Korean Journal of Construction Engineering and Management*, KICEM, 15(6), pp. 3-15.
- Hwang, J., Lee, K., Roh, M., Cha, J., Ham, S., and Kim, B. (2009). "Offshore Process FEED(Front End Engineering Design) Method for Offshore Plant Topside Systems." *Proceedings of the CAD/CAM 2009 Annual Conference*, pp. 677-685.
- Hwang, J., Roh, M., Cha, J., and Lee, K. (2010). "Offshore Process FEED (Front End Engineering Design) Method for Integrated Process Engineering." *Journal of the Society of Naval Architects of Korea*, 47(2), pp. 265-277.
- International Contractors Association of Korea (ICAK). (<http://www.icak.or.kr/>).
- Jung, Y., Joo, M. and Kim, H. (2011). "Project Management Information Systems for Construction Managers: Current constituents and future extensions", *Proceedings of the 28th International Symposium on Automation and Robotics in Construction (ISARC 2011)*, Seoul, Korea, 597-602.
- Jang, H., Lee, B., and Koo, B. (2007). *Improving Competency of Korean Construction Firms on International Plant Projects*. CERIK Research Report, 2007-11.

- Jang, H., Lee, B., Choi, S., and Koo, B. (2008). "Competency Assessment of Korean Construction Firms on International Plant Projects." *Korean Journal of Construction Engineering and Management*, 9(4), KICEM, pp. 173-181.
- Jung, Y., Woo, S., Kang, S., and Lee, B. (2002). "Effects of CM Contracts on the Management Technology in the Korean Construction Industry." *Journal of The Korean Society of Civil Engineers*, 22(3), pp. 483-495.
- Jung, Y., Woo, S., Park, J., Kang, S., Lee, Y., and Lee, B. (2004). "Evaluation of the Owners' CM Functions." *Korean Journal of Construction Engineering and Management*, KICEM, 5(3), pp. 128-136.
- Jung, Y., Shin, D., Kang, S., and Kim, N. (2014). "Growth Model for Korean CM Firms based on 2012 Statistics." *Korean Journal of Construction Engineering and Management*, KICEM, 15(6), pp. 92-104.
- Kang, S., Jung, Y., Kim, N., and Shin, D. (2014). "Policies and Tasks for Improving Korean CM Industry." *Korean Journal of Construction Engineering and Management*, KICEM, 15(5), pp. 71-81.
- Ki, W., Kim, J., Hong, D., and Suh, S. (2013). "A Study on Application of Systems Engineering Technical Process to FEED in Plant construction Industry - focused on a case of Environmental Plant." *Journal of the Korea Society of Systems Engineering*, 9(2), pp. 37-53.
- Kim, H., Lee, J., Kim, W., and Park, C. (2009). "Basic Design of Mixed Refrigerant Cycle in Bench Scale Unit LNG Plant's Liquefaction Process." *Proceedings of the SAREK 2009 Winter Annual Conference*, pp. 729-734.
- Kim, D. (2013). "A study on improvement of architectural design procedure focusing on the interface in design step of power plant engineering." Chung-ang University Master's Thesis.
- Kim, S., Kim, J., Lee, Y., and Kim, J. (2007). "A Study on Method Activation of Construction Management through Investigation of Public Owners' Capability level." *Proceedings of KICEM Annual Conference 2007*, KICEM, pp. 289-294.
- Korea Energy Economics Institute (KEEI) (2013). *Analysis the Factors to Strengthen Power Plant Makers' Global Competiveness*, KEEI Research Report, Korea, 2013-12.
- Knowledge Industry Information Institute (KNIN) (2013). *Market Tendency and Technology Development Strategy for Plant/Engineering Industry*. 1st ed, KNIN R&D Information Center, Korea, pp. 49-85.
- Korea Plant Industries Association (KOPIA) (2014). *Analysis on Support Activities of Korea Plant Industry. Presentation of the KSME 2010 Spring Annual Conference*.
- Korea Plant Industries Association (KOPIA) (2004). *Competitiveness Strategy for Achieving \$ 20 billion Overseas Plant Orders*. KOPIA Research Report, Korea, 2004-8.
- Korea Institute of Machinery & Materials (KIMM) (1994). *A Study on Localization of Design Technologies and Manufacturing Technologies of the Combined and Cogeneration Power Plant*. MOE Research Report, Korea, 1994-9.
- Lee, D. (1991). "Basic Design Technology of Korea Engineering Companies." *Chemical Industry and Technology*, KICHE, 9(5), pp. 364-367.
- Lee, C., Yun, Y., Lee, J., Kim, H., and Chung K. (1995). "Proposed Engineering Packages for the Conceptual Design of IGCC Plant." *Energy Engg. J.*, KOSEE, 4(1), pp. 52-58.
- Lee, D., Song, Y., and Choi, Y. (2006). "A Study on Information Management Method through the Analysis of Industrial Engineering Basic Design." *Proceedings of KICEM Annual Conference*, KICEM, pp. 543-547.
- Lee, J., Kim, W., and Park, C. (2009). "A Study on Process Basic Design for Bench Scale Unit of the LNG Liquefied Plant." *Proceedings of the SAREK 2009 Winter Annual Conference*, pp. 269-273.
- Lee, I. (2013). "Development of SE-based FEED Process for Thermal Power Plants." Pohang University of Science and Technology Master's Thesis.
- Lee, Y. (2013). "Integrated STEM Curriculum Development for Enhancing Project Management Competence of Plant Industry." Pukyong National University Doctor's Thesis
- Lee, B., Kim, D., Woo, S., and Jung, Y. (2001). "Determination of CM Cost in Korean Domestic

- Public Construction Project,” *Journal of The Korean Society of Civil Engineers*, 21(5), pp. 725–735.
- Ministry of Strategy and Finance (MOSF) (2013). *Advancement Strategy for Oversea Construction*, Minister's Meeting Agenda, Korea, 2012–8.
- Min, B., Park, H., You, H., and Han, S. (2012). “A Basic Research for Entering FEED stage of LNG Projects.” *Proceedings of the KSCE 2012 Annual Conference*, pp. 1954–1957.
- Min, J. (2010). “Power Plant Project Life Cycle (IV).” *The Plant Journal*, 6(1), KIPEC, pp. 28–39.
- Ministry of Trade, Industry & Energy (MOTIE) (2013). *2013 Korea Industrial Technology Level Research Report*, Korea, 2013.
- Park, H., Shin, K., Park, H., and Jung, Y. (2008). “A Study of the Future Strategy and Mission for the Stakeholders in Industry, Academy, and Government for the Revitalization of CM.” *Korean Journal of Construction Engineering and Management*, 9(6), KICEM, pp. 244–256.
- SIEMENS (2006). *Front End Engineering and Design (FEED)*. (<http://www.siemens.com/>).
- Son, Y. (2013). “Change the Paradigm for Oversea Construction Market.” *Construction Engineering and Management*, KICEM, 14(2), pp. 5–10.
- Tensaka Trailblazer Partners, LLC (2012). *Final Front-End Engineering and Design Study Report*, Report to the Global CCS Institute, USA, 2012–1
- Won, S., Lee, J., and Han, C. (2009). “Analysis of Pre-construction Processes and Development of KMS Prototype of LNG Plant Projects.” *Journal of the Korea Institute of Building Construction*, 9(6), pp. 151–159.
- Yoo, S., Choi, S., and Son, C. (2009). “An Analysis of Capability of CM at Risk in Major Construction Company.” *Korean Journal of Construction Engineering and Management*, KICEM, 10(5), pp. 85–94.
- Yun, J., Kim, J., Kang, S., and Seo, J. (2013). “A Study on an Optimal Plant Design Collaboration System Using a Design Structure Matrix.” *Journal of The Korean Society of Civil Engineers*, 33(1), pp. 337–346.

요약 : 해외 플랜트 사업에서의 고부가가치를 창출하기 위해서는 기획·타당성조사, 프로젝트종합관리, FEED 및 기본설계 등 분야의 기술경쟁력 강화가 시급하다. 특히, FEED 업무는 프로젝트 전체에 대한 영향력이 절대적이고, 또한 기자재 및 패키지 산업의 경쟁력 강화에도 결정적 역할을 한다. 그럼에도 불구하고, FEED 관련 선행연구들은 설계업무 중심의 프로세스 및 성과물을 위한 연구가 대부분이며, 프로젝트 전체에 영향을 미치는 관리적 관점의 FEED 업무에 대한 연구는 미흡한 실정이다. 따라서 본 연구에서는 발전플랜트 중 화력발전소를 대상으로 사업관리 관점의 FEED 업무 프로세스 구조 및 항목을 제안하였다. 도출된 FEED 관리 업무는 3개의 레벨로 나누어진 계층적 구조를 가지고 있으며, 업무 항목에 대한 전문가 검증을 실시하였다. 또한 FEED 관리 업무에 대한 평가지표별 평가를 통해 결과를 분석한 결과 설계 중심의 업무들은 역량이 높지만 중요도가 높은 관리적 관점의 FEED 업무들의 역할은 부족한 것으로 나타났다. 그러므로 본 연구에서 제안한 FEED 관리업무 프로세스 구조는 FEED 역량 강화를 위한 가이드라인이 될 것이라 기대한다.

키워드 : 화력발전소, FEED 관리업무 프로세스, 업무중요도, 업무비중, 업무역량
