

발전소 원가절감 방안에 대한 고찰

(A Study of Power Plant Value Engineering)

김 도 형* , Kim, Do Hyung

요 지

최근 발전소 건설공사 프로젝트에서 해외 시장을 중심으로 시공사가 설계, 기자재 구매 및 시공을 일괄적으로 수행함으로써 공사비를 절감할 수 있는 가능성을 높이고 있다. 또한, 발전소 건설공사 입찰과정에서 발주자는 입찰 참여자에게 원가절감을 위한 대안설계 방안의 검토, 즉 가치공학을 적극 권장하고 있다. 건설공사 입찰과정에서 원가절감을 위한 대안입찰이 기술적으로 발주자가 요구하는 모든 조건까지 만족하여 최저입찰자로 선택된다면 발주자에게는 사업비용 절감과 입찰자에게는 계약의 기회와 이에 따른 시공비용의 절감에 따른 이익을 창출할 수 있다. 본 고에서는 발전소 설계에 기본이 되는 발전소 배치(Plot Plan)설계의 원가절감을 위한 가치공학의 적용에 대하여 살펴보고자 한다.

Abstract

In the recent construction projects on the power plant, the major companies have a big opportunities to reduce the construction cost efficiently by carrying out the overall process related with engineering, procurement and construction for the project in the abroad power plant market. And owners highly recommend the value engineering to the bidders as the better solution to reduce the construction cost in the bidding process. If the alternative bidding procedure for cost reduction was satisfied with the all the required condition by owner, the owners and bidders obtain lots of profits from reduction of the project and construction cost. In this article, it is introduced the application of value engineering for reducing cost of the plot plan design, which is the basis of the power plant design.

* (주)대우엔지니어링 화공에너지사업본부 에너지사업그룹 부장

1. 가치공학의 개념

1.1 원가절감을 위한 가치공학의 개념

가치공학(VE, Value Engineering)은 2차 대전 직후 산업에 필요한 자원이 부족한 상태에서 재료, 공법, 전통적인 설계의 변화 필요성과 최소 비용으로 보다 향상된 성능을 추구하기 위한 효용성 증진의 목적으로 개발되었다. 미국의 GE(General Electric)사가 최초로 ‘가치 분석(Value Analysis)’이라는 명칭으로 개발하여 활용하면서, 이후 이 기법은 미국 정부기관에 도입되어 미국의 전 지역 업체에 알려지게 되었다. 1962년 가치공학의 시행은 미 군수조달규정의 필수조건이 되었으며, 이러한 규정의 변화로 미 육군공병단과 미 해군항만청이 가치공학 프로그램을 적용 하게 되는 배경이 되었으며, 이후 미국 국토개발청, 국립항공우주국, 교통부, 연방조달청을 포함한 여러 공공기관에서 가치공학을 적용하여 시공하게 되었다.

한편 국내에서는 1960년대에 일부 가전업계에서 최초로 가치공학을 도입하고 가치공학기법에 대한 효과가 검증되면서 여러 대기업으로 확산되었다. 그 이후로 한국가치공학중앙추진본부가 설립되고, 한국표준협회의 전사적인 품질관리(TQC: Total Quality Control)와 한국능률협회의 원가절감 차원으로 가치공학이 활성화되면서 국내 실정에 적합한 가치공학기법으로 더욱 발전하게 되었다.

가치공학은 공공부문의 건설사업 뿐만 아니라 모든 활동에 기능 향상과 효과적인 원가 절감 방안을 찾기 위해 적용하는 적절한 기법이며, 가치공학의 정의에 대한 국가 및 기관별로 기술된 내용을 살펴보면 다음과 같다.

- (1) 제품, 공정 및 서비스 개발에 영향을 미치지 않는 원가 및 노력 요소들을 구별하여 제거하는 시스템
- (2) 최저의 원가로 필요한 기능과 안전성 등의 저하 없이 필요기능을 달성하려는 것으로 국방계통의 장치, 시설, 구매, 보존품의 기능적 요구사항을 분석하는데 기울이는 조직적 노력
- (3) 확정된 기법을 체계적으로 적용하여 제품이나 서비스의 기능을 식별하고, 그 기능에 대한 가치의 결정과 질적 저하 없이 최저의 원가로 기능을 수행하게 하는 것
- (4) 요구되는 기능을 최소의 자원과 비용으로 개발하기 위한 품질 관리와 품질 원가에 대한 제반 요인의 관계를 검사 분석하여 제품의 가치 향상과 기능 향상을 위한 과학적 연구 방법
- (5) 최저의 LCC(Life Cycle Cost: 수명(생애)주기원가)로 필요한 기능을 확실하게 성취하기 위한, 제품 또는 서비스의 기능 분석에 투입된 조직적 노력

가치공학 분야의 가치 향상과 효과적인 문제 해결방안을 수립하기 위해서는 정형화된 절차가 필요하며, 대규모 프로젝트의 경우 가치공학의 효율성을 최대로 향상시키기 위해 적절한 기법을 적용하는 것이 필수적으로 요구된다.

가치공학은 문제해결을 위해 한 두 사람의 경험 또는 직감, 우연한 아이디어에 의존하는 경우보다 각 분야의 전문가들이 조직적이고 적극적인 방법으로 전문지식과 정보를 종합하여 계획에 따라 체계적으로 업무를 수행함으로써 그 효과를 높일 수 있다.

오늘날 프로젝트의 대형화, 전문화 등으로 경영 여건이 복잡해지고, 업체 간에 수주 경쟁

이 치열하여 경영 체질을 개선하기 위한 건설 관리 기술 및 원가 절감 노력이 절실히 요구되고 있다. 최저의 투입 원가로 필요한 기능을 확실하게 발휘하기 위한 제품 서비스의 기능 분석과 개선에 대한 체계적인 노력이 필요하게 된다.

건설 분야의 원가 절감은 시공 단계보다 계획 및 설계 단계에서 절감 여지가 크므로 이에 대한 기술 개발 및 연구에 많은 노력을 기울여야 한다.

1.2 가치공학의 추진목표

- (1) 모든 프로젝트에 가치공학을 적용하여 비용절감 및 기능 향상으로 업계 간에 경쟁력 우위를 확보한다.
- (2) 비용 절감 효과를 극대화하기 위해 설계 단계에서부터 시공 단계까지 지속적으로 가치공학을 적용한다.
- (3) 가치공학은 설계분야에서 비용 절감 효과가 크므로 다양한 원가 절감 방안 연구와 공법개발이 필요하다.
- (4) 프로젝트의 계약 단계에서 가격 경쟁력 확보를 위하여 가치공학 인센티브 제도가 도입되도록 한다.

1.3 가치공학 추진계획

일반적으로 가치공학의 수행을 위하여 다음과 같이 여러 단계로 구성된 추진계획이 사용된다.

- (1) 정보와 요구사항의 개발
- (2) 대안의 구상
- (3) 대안의 분석과 평가
- (4) 최종안의 개발
- (5) 제안, 발표, 승인요청

이러한 가치공학의 수행 추진계획은 발전소 건설 프로젝트와 같은 대형플랜트 건설공사의 계획 단계부터 적용될 수 있으며, 원가절감을 위한 가치공학의 적용시점에 따라 적정한 시간과 비용의 절감효과를 가져올 수 있다.

- (1) 사업성 조사단계 (사업타당성 단계)
- (2) 계획 및 기본설계단계
- (3) 상세 설계 단계
- (4) 시공단계
- (5) 시운전 및 운영단계

1.4 가치공학의 추진방향

- (1) 원가절감을 위한 가치공학은 프로젝트의 전 단계에서 체계적으로 실시되어야 하며, 프로젝트 구성원은 가치공학 기법에 대한 이해와 발상의 전환을 해야 한다.
- (2) 가치공학의 활성화를 위해 발주자, 설계자, 시공자가 지속적으로 협력과 노력을 해야 한다.
- (3) 고객의 욕구(Requirements, Needs, Wants)는 항상 변화하기 때문에 가치공학 기법을 적용하여 동적 의미를 부여하고 동적 대상으로 인식하며 대응해야 한다.
- (4) 계획 단계(입찰설계단계), 기본 및 상세 설계 단계에서 원가절감을 위한 가치공학 기법을 활용하면 효과적이다.
- (5) 설계자는 발주자와 충분한 정보교류와 이해를 통해 가치공학을 통한 원가절감 방안이 최종설계에 반영되도록 노력해야 한다.
- (6) 프로젝트의 각 분야별로 가치공학 기법에 대한 전문 기술을 습득하여 가치공학 전문가를 양성하고, 우리 실정에 맞는 가치공학 제도가 정착되도록 해야 한다.

- (7) 설계단계에서의 가치공학 적용은 프로젝트의 기능 개선과 비용절감을 위해 전반적인 검토 업무를 수행하므로 효율성 및 원가절감 효과가 극대화되도록 해야 한다.

2. 발전소 부지배치의 원가절감

2.1 발전소 부지배치 기준

발전소 부지배치는 전체 부지배치와 주요기기 배치로 나눌 수 있다. 기기배치는 계통의 특성과 기계적 특성이 결합되어 배치되며, 부지배치는 발전소 용지의 지형과 주변의 임해조건, 기초지반 등에 크게 좌우되며, 부지배치의 특징은 다음과 같다.

- (1) 발전소 터빈건물은 하중이 크고 특히 터빈발전기는 진동체 이므로 기초지반이 양호한 위치에 배치하여, 기초침하로 각종 구조물 및 기계에 악영향이 미치지 않게 배치한다, 동시에 송전선의 인출이 용이한 방향으로 선정해야 한다.
- (2) 냉각수 취수구의 방향, 위치가 토사 등의 영향을 적게 받고 취/배수로의 거리가 가까워서 방류수가 재순환되지 않도록 취수구와 배수구의 배치가 이루어져야 한다.
- (3) 연료탱크 등 위험물 저장설비는 발전소와 일정거리를 이격시켜 설치하며, 화재에 의한 위험성을 고려하여 배치한다.
- (4) 연료이송설비, 특히 해상운송이 되는 경우에는 육상과의 접속 및 하역작업에 편리하고 해상 및 기상조건상 유리하게 배치한다.
- (5) 발전설비를 배치함에 있어 전체 부지를 발전설비 구역(터빈 건물, 보일러 및 부대설비, 주제어 건물)과 옥외설비 구역으로 구분한다.

2.2 세부 고려사항

발전소의 부지배치 시 다음과 같은 점을 고려하여 기기, 건물, 도로의 배치계획을 수립하고 설계진행 단계에 따라 건물의 크기와 기기의 기능적인 면을 보완하여 배치한다.

- 모든 기기는 프로세스 및 계통별로 나누어 그룹으로 배치하고, 기기 및 배관 배치를 단순화시켜 건물의 크기를 최소화하며, 모든 배관, 덕트 및 케이블 등은 그 연결 길이가 최소화가 되도록 배치하여 공사비가 절감되도록 한다.
- 건물과 기기는 상호간의 운전 및 기능적인 측면에서 연계성을 갖도록 하며, 유지 보수 및 점검을 용이하게 하기 위해 필요한 곳에 작업 공간과 접근 통로를 확보한다.
- 발전소 건설 기간에는 시공 간섭을 최소화하여 절대공기가 지연되지 않도록 하며, 발전소 준공 후에도 운전이 기능적으로 문제점이 발생하지 않도록 한다.
- 발전소가 주거지역과 인접하여 설치될 경우와 이해관계자의 특별한 요구 사항이 있을 경우에는 발전소의 외관을 가능한 환경친화적으로 구성한다.
- 발전소의 건설 지역이 파도와 해풍이 심하면 풍해와 염해로부터 기기를 보호할 수 있도록 하고, 열손실이 최소화 되도록 하며, 필요시 가능한 한 많은 설비를 옥내에 배치하여야 한다.
- 건물 구조는 강풍 및 지진에 적합한 철골 구조로 하고, 발전 설비로부터 발생하는 각종 소음이 부지경계선 외부로 규제치 이상 전달되지 않도록 설계한다.
- 추후에 발전설비의 증설계획이 있으면 공용설비의 용량은 발주자와 협의하여 가능한

후속호기 증설설비 용량을 감안하여 충분하게 선정하고, 공용 설비의 설치 공간도 후속호기 증설을 감안하여 확보하도록 한다.

- 발전소 내의 모든 건물은 계통 및 기능별로 통합 배치하여 가능한 건물의 수를 줄이고, 기기 배치 형태는 설계, 시공, 운전 및 유지보수 측면에서 이동형이 적합하며, 주제어 건물은 대청형으로 배치하는 것이 통합 제어 측면에서 유리하다.

아울러 주어진 공간을 효과적으로 활용하고 경제적인 부지 배치가 되도록 하기 위하여 여러 계통의 기기와 건물 등은 접근성, 시공성, 운전성, 유지 보수성, 안전성, 미관 등의 제반사항을 고려하여 배치하고, 운전원의 동선이 최소화 되도록 하며, 주변 지역과의 균형이 유지되도록 배치한다.

또한 시공 단계에서 기기의 반출입이 원활하도록 주변 도로에 인접 배치하여 최적의 기기 배치가 되도록 한다.

2.3 발전소의 주요설비 및 건물

화력발전소의 주요설비 및 건물 등을 정리하면 다음과 같다.

- 터빈 건물(증기터빈 발전기, 가스터빈)
- 보일러 건물(보일러, 배열회스보일러)
- 주제어 건물
- 수처리 건물
- 폐수처리 건물
- 냉각수 순환 설비 및 구조물 (냉각탑 포함)
- 전기집진설비
- 연료 저장지역
- 연료이송설비

- 회처리설비
- Switch - yard 및 제어건물
- 탈황 및 탈질 설비
- 종합사무실
- 정비실 및 종합창고
- 각종 부대설비 전기 및 제어건물
- 기타 부대설비 건물

2.4 발전소 주요설비 및 건물배치

(1) 터빈 건물과 보일러 건물

발전 설비 구역의 기본 배치 형태는 증기터빈과 보일러가 직각으로 배치되는 T형 배치를 기본으로 하고, 기기 보수와 정비를 위한 공간뿐만 아니라 운전 및 점검용 통로가 확보되도록 배치한다. 기기의 제작 및 건설 기간에 혼돈을 방지하고, 운전원의 오작동을 방지하며, 기기의 호환성과 안전성을 확보하기 위해서는 이동형의 기기 배치가 유리하다.

(2) 터빈건물과 주제어 건물

터빈건물은 냉각수의 유입 및 터빈기초와 발전기와 변압기의 설치위치를 고려하여 배치하며, 설비를 보호하고 설비의 기초 작업이 용이하도록 주제어 건물은 발전 설비를 통합 제어할 수 있도록 구성한다.

(3) 수처리 및 폐수처리 건물

수처리 건물은 보일러 급수와 기기 냉각수 보충수로 공급이 용이하도록 터빈 건물에 근접 배치하며, 폐수처리 건물은 보일러, 탈황설비, 수처리 설비 등과 가깝고, 처리된 폐수를 방류하기 쉬운 위치에 배치한다.

(4) 발전소 보조건물

발전소의 종합사무실은 정문에서 가까운 위

치에 주차공간과 정원을 두어 가능한 한 쾌적하게 배치하고, 부품 등의 저장과 기기 정비를 위한 종합창고 및 정비실은 발전소의 내부 도로에 근접 배치하여 부품의 저장 및 반출이 용이하게 한다.

(5) 옥외 변전 설비

발전 출력을 선로로 이용하여 송전하기 위한 옥외 변전 설비는 송전선로의 배치에 적합한 위치에 배치하며 증설 계획이 예정된 발전소는 GIS의 확장을 고려하여 배치한다.

(6) 진입 도로 검토

발전소 진입 도로는 정문을 주 출입구로, 후문은 부 출입구로 계획하고 건설 장비 및 주기 기 반입에 문제가 없도록 도로폭을 적정하게 반영하고 동선을 고려하여 계획한다.

(7) 탈황 및 탈질설비

탈황설비는 계통 구성 방식에 따라 연돌 외부에 설치하는 방안, 연돌과 전기 집진기 사이에 설치하는 방안, 연돌의 좌측 및 우측에 배치하는 방안 등이 있으며 부지의 활용도를 고려하여 배치한다.

(8) 취수 및 배수설비

취수 및 배수설비는 온배수의 재순환 가능성, 부지 주변 지역의 해양 조건 및 생활 환경 등을 고려하여 배치하며, 취수 시에 취수구에 이물질의 반입이 최소화 되도록 설계한다.

(9) 연료유 저장 및 공급 설비

연료유 펌프실은 연료유 저장 탱크와 방유제가 가까이에 배치하고, 방유제는 관련 법규에서 요구하는 방유제의 체적과 보유 공지를 충

분하게 확보하도록 하고, 방유제의 2면 최소 3m 이상의 진입도로를 배치하여 화재 발생 시 소방차의 진입이 가능하도록 배치한다.

(10) 발전소 구내 도로 폭

- 주도로 및 외곽 도로 : 6~8m
- 보조 도로 : 4m

(11) 대체 도로

발전소의 건설 기간에 주요 기자재 및 건설 장비의 반입에 필요하다면 대체 도로를 계획한다.

3. 가치공학에 의한 발전소의 부지배치

3.1 설계 단계에서의 가치공학 도입 필요성

오늘날은 프로젝트의 대형화, 전문화 등으로 경영 여건이 복잡해지고, 업체간에 수주 경쟁이 치열하여 프로젝트의 입찰단계, 기본 및 상세 설계단계에서 기능 개선과 원가 절감 효과가 극대화되도록 가치공학 기법을 도입해야 한다.

특히, 건설 분야는 시공단계보다 설계단계에서 원가 절감 여지가 크므로 가치공학 기법을 도입하여 기술 개발 및 연구에 많은 노력을 기울여야 한다.

프로젝트의 각 분야별로 고객 지향적인 품질 유지와 원가 절감 요인을 찾아내고 채택된 가치공학 제안이 최종 설계에 반영되도록 노력해야 한다.

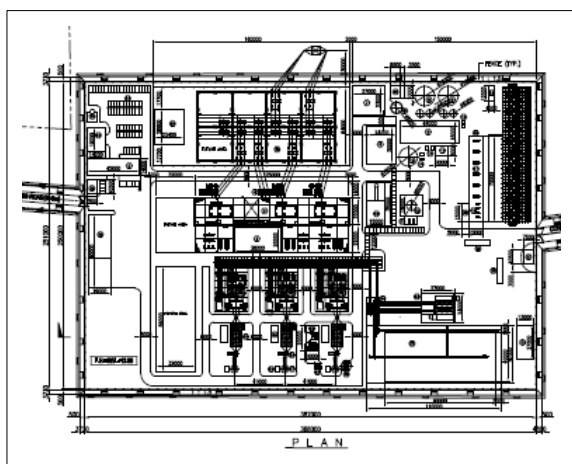
3.2 가치공학에 의한 부지배치 시 고려사항

- 발전소 주요설비인 급수펌프 및 급수가열기, 복수기 및 복수펌프와 주증기 및 추기증기 계통은 계통별로 그룹 배치하여 건물의 위치와 크기를 최적화하도록 한다.

- 배관, 덕트 및 케이블 등의 연결 길이는 최단거리가 되도록 기기 및 건물을 배치한다.
- 모든 기기 및 건물 등은 유지 보수 및 점검용 작업 공간과 접근 통로를 확보하도록 한다.
- 건설 기간에 시공간섭을 최소화하여 공기 지연 요인이 발생하지 않도록 한다.
- 관련 법규 및 기준을 준수하고, 준공 후 계통운전시에 기능적인 문제점이 발생하지 않도록 한다.
- 여러 계통의 기기 및 건물 등은 접근성, 시공성, 운전성, 유지 보수성, 안전성, 미관 등의 제반 사항을 고려하여 반영하도록 한다.

3.3 가치공학에 의한 플롯 플랜 배치 결과

아래 그림의 Project는 발전소 부지가 연약지반으로 발전소 부지배치 면적에 따라 연약지반 공사비용과 이에 따른 토목기초공사 비용이 증가할 것으로 예상되어 본 프로젝트의 입찰업무 수행 시 원가절감을 위한 가치공학을 적용하여 [그림 1]과 같이 발전소를 배치하게 되면 개선안은 원안에 비해 다음과 같은 기대효과가 예상된다.



[그림 1] 플롯 플랜 배치도면

(1) 터빈건물 면적축소

터빈건물에 설치되는 보조냉각계통의 Shell & Tube 형식 열교환기를 판형 열교환기로 변경하여 터빈건물 면적 축소

(2) 파이프 랙(PIPE RACK) 물량축소

보일러와 터빈건물 사이에 배치되는 주증기 및 재열증기 배관과 냉각수등 보조배관 지지를 위한 파이프 랙(PIPE RACK)을 터빈 건물과 보일러 사이를 통과하는 연료공급설비용 Conveyor 지지용 구조물과 공용으로 사용하는 것으로 배치하여 파이프 랙(PIPE RACK) 물량 축소

(3) 냉각탑 재질 변경

발전소 냉각용 냉각탑을 콘크리트 지지구조물 형식의 냉각탑에서 FRP 구조의 냉각탑으로 변경하여 콘크리트 물량 감소 및 Pile 물량감소

(4) 소내 Substation 면적 축소

현재 설계된 Air-Insulated Substation(AIS) 형식 Substation (면적 ; 9600m²)을 향후 Gas-Insulated Substation(GIS) 형식(면적 ; 1200 m²)으로 변경하는 방안을 검토, 적용하여 부지면적을 최소화

3.4 가치공학 결과 보고 양식

VE WORKSHOP 결과보고

(프로젝트 명 :)

1. VE 목표

1) 공사비 절감

2) 공사기간 단축

3) 시공성 향상

4) 설계 재작업 방지

5) 안전 및 환경 개선

2. VE 제안내용에 대한 현장 적용 우선순위

1) 비용절감 가능성

2) 공기 단축 및 시공성

3) 기능 및 품질

4) 설계진행에 대한 영향

5) 안전 및 환경적인 고려

3. VE 활동 기간:

4. VE 활동 참여인원: 명

소속 부서							총 원
참여 인원							명

5 VE 활동 결과

NO.	구 분	발굴 IDEA	선별 IDEA	Future Study	채택 IDEA
1					
2					
3					
합 계					

6. VE 활동 비용: 백만원

7. 예산 절감액(예산 절감액)

8. ROI(Return On Investment)

4. 결 론

- (1) 발전소 부지배치 과정에서 원가절감을 위한 가치공학의 도입하여 발전소 부지배치 면적을 최적화 하여 불필요한 공간을 최소화 하고 발전소 면적축소를 통한 연약지반 및 토목공사 자재비 및 시공비를 절감효과 기대
- (2) 가치공학을 도입한 원가절감 방안도출을 위한 노력으로 계통이해도 향상
- (3) 기자재 공급사 및 발주처와 협의하여 원가 절감을 위한 기술개발 기회 확대

참 고 문 헌

[1] “Power Plant Engineering”, Black & Veatch

[2] “건설관리 개념과 실체”, 한국건설관리학회

[3] “발전소의 탄생과 성장”, 한국서부발전(주)

[4] “플랜트이엔씨 (기술정보지) 2008년 봄호“, 한국 플랜트 정보기술협회