

## 해외 플랜트 사업의 모듈러 공법 소개



**박광재** 대우건설 석유화학사업본부 차장  
서울대학교 건설기술연구실 석사과정

### 1. 들어가며

공기단축만큼 발주자에게 매력적인 단어도 없어 보이는 듯하다. 거기에 공사비 감소까지 가능하다면 발주자에게 이만큼 더 좋은 소식이 또 있을까?

공사비는 차치 하더라도 공기단축이라는 화두에 대해서는 최근 조선 및 플랜트 업계에서 점차 보편화 되어가고 있는 모듈러(Modular) 공법에서 그 실마리를 찾아 볼 수 있다. 기존의 현장 조립(Stick Built) 방식에 비해 모듈러를 통하여 얻을 수 있는 가장 큰 이점은 현장과 모듈 작업장과의 동시 작업이 가능하다는 점이며, 이를 통해 공기를 획기적으로 단축시킬 수 있는 것이다. 모듈을 공장에서 제작 조립하므로 현장에 비해 높은 생산성을 이룰 수 있으며, 현장 작업자의 수가 획기적으로 줄어들어 현장 관리가 용이하고 설치 공간의 저감도 이룰 수 있다.

반면, 모듈러 공법의 단점은 모듈의 운반 및 설치를 위한 해상 바지 및 SPMT(Self Propelled Modular Transporter) 등의 특수 장비가 필요하며, 운반을 위한 보강 등의 추가 비용이 발생한다는 것을 들 수 있다. 그 외에도 하역을 위한 하역장(Jetty, 육로 운반일 경우에는 불필요함)을 별도로 조성해야 함으로 기존 현장 조립 방식에서는 필요가 없었던 추가 비용이 발생하기도 한다. 이로 인해, 단순히 공사비의 감소를 말하긴 힘든 것도 사실이며 공사비의 이득에 대해서는 대상 사업별로 꼼꼼히 따져 봐야 한다.

이 글은 최근 나이지리아에서 모듈러 공법으로 수행한 가

스 플랜트 공사에 대해 살펴 봄으로서 공기단축의 사례를 확인하고 이를 통해 궁극적으로 공사비 절감의 단초를 찾아보고자 한다. 또한 이러한 모듈러 공법 같은 접근을 통해 플랜트가 아닌 다른 공사에서도 공기 단축에 대한 동기 부여를 할 수 있기를 기대한다. 대우건설은 시공 담당으로 EGTL 프로젝트에 참여를 하였으며, 추후 모듈 설치 지원 및 모듈 간을 연결하는 Hook-Up, 모듈을 제외한 잔여 현장 시공 업무를 담당하였다.



그림 1. EGTL Plant 전경

### 2. 모듈러 공법이란?

모듈의 사전적 의미로는, 표준화한 하나의 조립 부품(유닛)의 단위를 말하며, 플랜트에서는 아래와 같이 좀더 구체적으로 module을 정의하고 있다.

*"The modules normally are complete with*

*structural frame, process equipment (vessels, heat exchangers, pumps, etc), piping, valves, electrical & instrumentation cable-trays, containerized packages, instrumentation, insulation, fireproofing, ladders, platforms and handrails, and finish paint, completely tested and ready for installation”*

“모듈이란 일반적으로 구조 프레임, 프로세스 기기(베슬, 열교환기, 펌프 등), 배관, 밸브, 전기 & 계장의 케이블-트레이, 컨테이너화된 패키지, 계장, 단열처리, 내화처리, 사다리, 플랫폼, 핸드레일, 마감 페인트 등이 완료되어 시험까지 마무리되어 설치가 준비된 상태이다”

- ExxonMobil Project Tender Document에서 발췌

이와 같이, 모듈은 현장에 설치되는 각각의 프로세스(Process)별 패키지(Package)를 하나로 묶어 하나의 조립 부품화 시킨 단위(Unit)를 말하며, 완제품에 가깝게 모듈로 제작 공급하여 현장에 설치하는 방식을 모듈러 공법이라 한다. 플랜트는 일반적으로 수천 개에서 수만 개의 부품으로 구성되며, 종래에는 현장에 반입, 조립하는 방식으로 수행해 왔으나, 현재는 모듈러 공법을 통해 플랜트를 몇 개의 큰 덩어리(모듈)로 나눠 공장에서 미리 가조립한 후 현장에 반입하여 설치할 수 있게 되었다. 현장의 건설작업은 모듈을 맞춰 조립만하면 되기 때문에 공기가 짧아지고 건설 비용은 대폭 절하될 수 있는 기회가 확보되는 이점이 있다. 건설기술자, 숙련노동자가 부족한 중동 등 국제플랜트에서 각광받고 있으며, 현장 접근의 제약이 있는 지역이나 동절기에 건설작업을 할 수 없는 혹한 지역 등에 광범위하게 이용되고 있다.

해외 플랜트에서의 모듈러 공법의 건설사례로는 LNG Plant의 최초의 모듈러 프로젝트인 카라싸(Karratha) 프로젝트가 있었으며, 플랜트 확장단계에서 9개의 독립된 모듈을 구성하여 진행한 바 있다. 모듈러 비율이 60% 정도로 노동력, 일정, 자원 등의 한계를 극복하고 독립 주체간 협업에 의하여 성공적으로 수행한 사례로 평가되고 있다. 또한, 조선업계의 사례로는 FPSO(Floating Production Storage Offloading)선의 건조를 예로 들 수 있으며, 주요 탑사이드(Top Side)를 모듈로 만들어 건조된 선체에 설치하는 방식

으로 수행된다. 이러한 모듈러 공법이 없이는 선체 건조 후에 탑사이드를 설치해야 하므로 건조 시간이 지금의 1.5배는 소요될 정도로 공기 단축 정도가 탁월하다.

### 3. EGTL사업의 모듈러 공법 도입 배경 및 수행

공사의 성격은 천연가스(Natural Gas)를 원료로 GTL Process를 통해 액화 GTL Fuel (Diesel) 및 나프타(Naphtha), LPG를 생산하는 공장으로서 EGTL은 에스크라보스(Escravos) 지역의 Gas To Liquid 의 약어이다. 기존에 배출가스 연소탑(Flare Stack)를 통해 태우던 천연 가스를 원료로 이용하여 디젤과 나프타, LPG를 만드는 공장으로서 최근 전세계적인 탄소 배출권 규제에 의해 생겨난 프로젝트라 할 수 있다.

발주자가 확보한 공장부지가 매우 협소하여 현장 숙소의 건립 공간 및 기타 공사용 부지가 상대적으로 제한적이어서 정상적인 방식으로는 사업을 수행할 수가 없는 것으로 판단되었다. 또한, 늪지 지역에 위치한 관계로 인해 공장 부지의 접근의 어려움, 낮은 생산성에 비해 강성인 현지 건설 노동, 만성적인 치안의 불안 등으로 인해, 기존 방식으로 적기에 공사를 마칠 수 없는 여건이었다. 이로 인해, 발주자에게는 사업 초기에서부터 현장 작업의 최소화가 본 사업의 가장 중요한 사업 수행 조건이 되었다.



그림 2. EGTL 프로젝트 공장 부지

발주처에서는 초기 사업 구상에서부터 모듈러를 통한 현장 작업의 최소화를 염두에 두었으며, 기본 설계(Front-End Engineering & Design, FEED) 단계에서부터 모듈러 공법 적용을 기본 바탕으로 설계를 진행하였다. 모듈러 사업 수행

경험이 있는 미국 업체를 기본 설계에 참여 시켰으며, 3D 모델링을 이용하여 모듈러가 가능한 9개의 프로세스 유닛(Process Unit) 및 14개의 파이프랙 (Piperack)를 모듈러로 구분하여 기초 설계를 진행하였다. 여기에 더불어 모듈 설치 및 중장비 설치(Heavy Lift)를 전문으로 하는 ALE라는 업체를 FEED 단계에서부터 참여시켜 설치 및 운송에 필요한 여러 제약 조건들을 반영하여 모듈러 개념을 구체화시켜 나갔다.

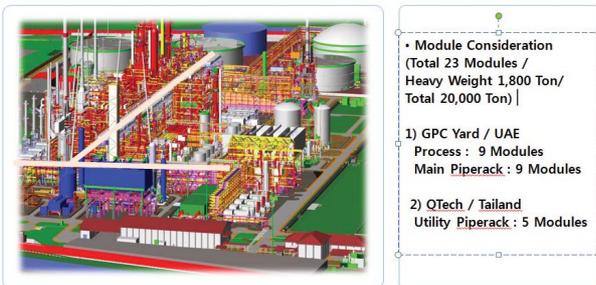


그림 3. Module Concept

이러한 기본개념을 토대로 발주처에서는 EPC 계약자 (EPC Contractor)를 선정하였으며, 주계약자인 KBR사에서는 초기에 확정된 기본 개념을 바탕으로 하여, 3D 모델링을 통해 상세 설계를 진행해 나갔으며, 이를 통해 모듈러를 구체화시켜 나갔다.

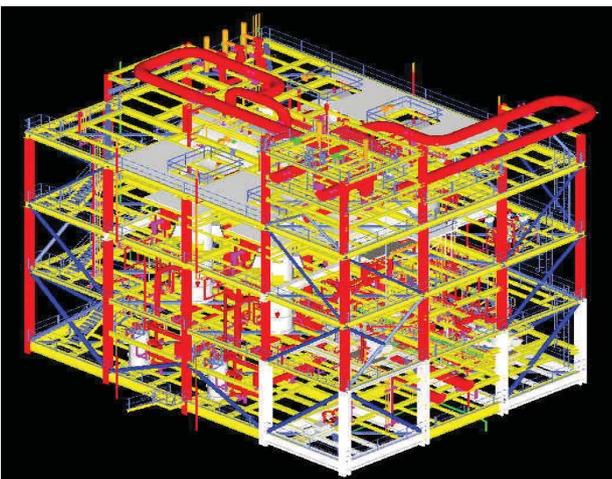


그림 4. Unit의 3D Modeling

구체화된 3D 설계 성과품을 바탕으로 모듈 제작자 (Fabricator)로 아부다비에 있는 GPC라는 업체를 선정하였으며, GPC에서 9개의 프로세스 모듈과 9개의 파이프랙 모듈을 제작하였다. 규모가 적은 5개의 파이프랙 모듈들에 대

해서는 Q-Tech이라는 태국 업체에서 제작을 수행하였다. 아래 그림은 GPC에서 모듈을 제작하고 있는 사진이다.



그림 5. Module Fabrication

동시에 현장에서는 모듈 제작 기간 동안에 기기 기초 등의 토목 공사를 수행하여 모듈 설치를 위한 준비를 하였으며, 제작된 모듈 하역을 위한 대규모 하역장(Jetty) 및 모듈의 운송을 위한 가설도로(Heavy Haul Road)를 조성하였다. 기존의 공사 수행 방식인 토목 공사 수행 후에 기기 설치 및 배관 공사를 수행하는 방식에 비해, 모듈을 제작하는 동안에 토목 공사를 동시에 수행함으로써 상당기간의 공기를 단축 할 수 있었다. 아래 그림은 하역 Jetty 및 가설 도로 사진 이다.



그림 6. 하역장(Jetty) 및 가설도로

제작이 끝난 모듈은 해상 운송을 위해 준비된 선박(Vessel 또는 Barge)에 적재-반출(Load-Out)되어 운반되었으며, 적재를 위한 공장 내 이동은 SPMT를 이용했다. 적재된 모듈은 해상 운반 시 발생하는 파고에 의한 손상을 방지하기 위해 바지에 고정(Sea-Fastening) 되어졌으며, 보험회사에서 지정한 해상전문검사관(Marine Warranty Surveyor)의

검수를 거친 후 현장으로 운반되었다. 아래 그림은 선박에 적재되어지는 사진이다.



그림 7. Load Out 사진

현장에 도착한 모듈은 하역장을 통해 SPMT를 이용하여 하역되었으며, 기 준비해 놓은 가설도로를 통해 현장 내 설치 장소로 이동해 설치되었다. 이러한 순서로 전체 생산된 모듈이 반입 및 설치가 완료 되었다. 현장 내 운반 및 설치도 SPMT를 이용하였으며, 전문 업체를 통해 수행되었다.



그림 8. Module 운반



그림 9. Module 설치

모듈의 설치가 끝남과 동시에 각 모듈간의 연결 배관 작업 및 기타 잔여 공사(전기, 계장, 보온 공사 등)가 이뤄졌으며, 공사가 완료된 후에는 시스템 별로 각종 시험(Hydro Test 등)을 거쳐 시운전 팀에 핸드 오버가 되어짐으로써 당사의 역무는 마무리되었다. 이후 발주처와 주계약자로 구성된 시운전팀에 의해 시스템별로 시운전이 이뤄졌다.



그림 10. Module 설치 및 현장 작업 전경

#### 4. 마치며

지금까지 살펴본 바와 같이 현장과 모듈 작업장의 동시 작업이 가능함으로 인해, 공기단축의 사례를 확인했고, 시간의 단축과 높은 생산성으로 인해 공사비 감소의 가능성도 볼 수 있었다. 하지만, 서두에서 언급하였듯이 모듈 하역을 위한 별도의 하역장, 해상 바지 및 SPMT등의 특수 장비가 필요 하며, 운반을 위한 보강 등의 추가 비용이 들어가는 등 추가 공사비 소요 부분은 면밀한 검토가 필요할 것으로 사료된다.

최근 건설 기술 및 장비의 발전으로 더욱더 많은 모듈러 프로젝트가 발주되고 있는 실정이며, 국내 유수의 조선업계 나 플랜트 업체가 더욱더 많은 모듈러 경험을 쌓고 있으며, 이미 모듈 생산 능력은 전세계적으로 우리나라가 세계 최고의 수준 인 것은 판단된다.

이러한 조선 업계 및 플랜트 공사에서 습득한 기술을 건축 공사나 토목 공사에 확대시켜 나갈 수 있도록 정보의 확산 및 기술의 공유가 더 활발해져야 할 것 같다. 본고가 그러한 확산과 공유에 작게나마 기여할 수 있길 기대한다.

· 박광재 e-mail : ppkkjj@dwconst.co.kr