

해양 공사 EPC 견적용 중량 추산 방법에 관한 기초 연구

이수호¹ · 안현식¹ · 허윤¹ · 배재류¹ · 김기수² · 함승호² · 이성민² · 노명일^{3,†}
대우조선해양 기술전략부¹
서울대학교 조선해양공학과²
서울대학교 조선해양공학과 및 해양시스템공학연구소³

A Preliminary Study on a Method for the Weight Estimation and Calculation of Offshore EPC Projects

Soo-Ho Lee¹ · Hyun-Sik Ahn¹ · Yoon Heo¹ · Jae-Ryu Bae¹ · Ki-Su Kim² · Seung-Ho Ham² · Sung-Min Lee² · Myung-Il Roh^{3,†}
Technology Strategy Department, Daewoo Shipbuilding & Marine Engineering Co., Ltd.¹
Department of Naval Architecture and Ocean Engineering, Seoul National University²
Department of Naval Architecture and Ocean Engineering, and Research Institute of Marine System Engineering, Seoul National University³

This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License(<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

There are several existing studies for the weight estimation of offshore plants. However, most of them were applicable at the pre-FEED (Front End Engineering Design) stage. In this paper, a preliminary study on a method for the weight estimation and calculation of offshore EPC (Engineering Procurement Construction) projects is made for the use at the estimation stage after FEED. Based on literature surveys including ISO (International Organization for Standardization) 19901-5 about weight estimation, we propose new weight factors and a weight curve. Weight factors defined in this study include MTO (Material Take-Off), estimated weight, FEED maturity factor, allowance factor, and contingency factor. The proposed method utilizes bottom-up approach for weight estimation and it can be used for the weight estimation and calculation of offshore EPC projects at the estimation stage.

Keywords : Offshore plant (해양플랜트), Offshore project (해양 공사), EPC (일괄도급계약), Estimation and calculation (추산), Weight factor (중량 요소), Weight curve (중량 곡선)

1. 서론

구체적인 설계가 확정되지 않은 상태에서 사업 비용을 조달하고 시공 계약을 미리 체결하는 해양플랜트 공사에서 중량을 추정 또는 추산하는 일은 참여자에게 사업의 성패를 결정하는 중요한 첫걸음이 된다. 해외의 경우, 해양플랜트 중량 추정 방법에 대한 연구는 석유 회사 및 전문 설계 회사에 의해 다루어져 왔다. 작업수심의 증가, 플랜트 규모의 대형화, 수행 기능의 다양화가 본격적으로 시작된 1990년대 후반부터 중량 추산의 중요성은 더욱 중요해질 수밖에 없었으며, 전산화의 도움을 받아 다양한 추산 방법들이 제시되었다.

국내의 경우, 주로 상선의 중량 추정 연구에서 시작되어 FPSO 상부 구조물 (topside)의 중량 추정 연구로 발전하는 추세에 있다. 해외의 경우, Bolding (2001)이 제시한 벌크 팩터 (bulk factor; 단위 부피당 질량을 나타내는 밀도에 해당)를 이용한 중량 추정 방법 연구 등 다수의 사례가 있다. 하지만 이들은 pre-FEED 단계에서 실행 예산의 범위를 미리 알기 위한 목적으로 중량 추정을 시행하고 있기에, 주문자 (owner 또는 client)의 입장을 우선적으로 반영하고 있을 가능성이 크다. 즉, 국내 대형 조선소들과 같은 EPC 계약자 (contractor, 보통 조선소)의 입장에는 상대적으로 소홀히 했을 가능성이 크다. 국내의 경우에는 2010년 이후부터 Seo et al. (2013, 2014), Um et al. (2014, 2015) 등 연구가 시도되었지만 상선의 중량 추정의

개념을 확장하거나 pre-FEED 단계에서 이루어지는 중량 추정
에 국한되었으며, 견적 단계에서 EPC 계약자의 입장이 반영된
중량 추정에 관한 연구는 이루어지지 못하였다.

본 연구의 목적은 해양 공사의 견적용 중량 추산에 사용되는
중량 요소 (weight factor; 중량을 추산하는데 사용되는 벌크 팩
터)들을 도출하고 새롭게 정의함으로써 중량 추산 정확도를 향상
시키고 프로젝트 실행 능력을 개선하는 데에 있다. 본 연구에서는
중량 추정 또는 추산에 관한 문헌 연구, 석유 회사 및 전문 설계
회사의 사례, 상용 프로그램의 벤치마킹을 통해 EPC 계약자 입장
에서 합리적으로 사용할 수 있는 이론적 틀을 도출하고자 하였다.

2. 해양 공사 중량 추산의 배경

2.1 중량 추산에 관한 방법론 및 용어 정의

상세 설계가 이루어지기 전 단계에서 중량을 미리 추측하는 방
법은 크게 추정 (estimation)과 추산 (estimation and
calculation)으로 나누어 생각할 수 있다. 중량 추정은 실적선의
데이터베이스(database; DB)를 기반으로 영향 인자를 도출하여
해당 공사의 전체 중량을 도출하는 것으로서, 총 중량을 도출한
후 평균 단가를 곱해 공사에 소용되는 비용의 규모를 예측할
수 있으며, 주로 pre-FEED 단계에서 사용되는 방법이고, 이후
FEED 단계에서 중량을 관리하는 목표치를 제공한다. 또한 중량
추정은 하향식 (top-down) 방식이라고 할 수 있다. 중량 추산
은 FEED가 완료된 시점에서 FEED 상에서 확인 가능한 정보는
MTO (Material Take-Off)를 통해 직접 산출하고, 불확실한 정
보는 실적선 데이터베이스나 판매자 (vendor)의 제공 자료에 기
초하여 추정에 의해 예측한다. 또한 사용되는 정보의 불확실성
(uncertainty), 공사 진행 과정의 불확실성 등에 대비하기 위해
allowance 팩터와 contingency 팩터가 추가 고려된다.

중량 추정과 추산에 있어 불확실한 정보를 파악하는데 근거가
되는 실적선의 데이터베이스는 상선이나 육상플랜트의 경우와
해양플랜트는 현저히 다르다는 점을 주목해야 한다. 실적선 데
이터베이스는 상선의 경우 실적이 매우 많기에, 신뢰도가 높아
추정의 정확도를 2 ~ 5% 범위에서 얻을 수 있는 것이 현재의
수준이다. 하지만 해양플랜트는 FEED와 상세 설계 주체가 다르
고, 사용되는 주요 장비 사양이 결정되지 않은 경우가 대부분이
며, 설치 해역의 조건이 달라진다는 점에서 실적선 데이터베이
스의 대부분은 경험적 추측에 의한 것이 많다. 따라서 중량 추
정 정확도의 편차도 매우 심하게 발생한다. Rui, et al. (2015)
의 연구에 따르면 선종 별로는 TLP, SPL, Spar, FPSO의 순서
로 견적 대비 중량 증가가 심하게 발생하고 있으며, FPSO의
경우 0~30%의 예측 중량의 증가가 발생했다고 한다.

2.2 설계 단계 (design stage)에 따른 중량 추산 방법

Fig. 1에서 보는 바와 같이 해양 공사는 타당성 조사, 자금
조달, 탐사, 시추, 해양플랜트 건조, 운영, 해체의 순으로 이루
어지며 해양플랜트를 조달하기 위한 선행 단계로서 설계가 수
행된다 (Lee, 2015). 그리고 설계의 경우, 개념 설계, 기본 설
계, 상세 설계, 생산 설계, 준공도의 순서로 이루어진다. 한편,
중량을 예측하는 작업은 크게 각각의 설계 단계별로 이루어지
며 FEED 이전 단계에서는 추정을, FEED 이후 견적 단계부터
는 추산의 방법을 이용하게 된다. 특히, FEED와 상세 설계 사
이에서 이루어지는 EPC 계약의 경우 주문자에 의해 추정된 중
량과 계약자에 의해 추산된 중량의 차이를 근거와 절차에 따라
검증하는 것이 사업의 수익은 물론 설계 및 건조 공정의 안정
화를 위해 매우 중요한 시작점이 된다.

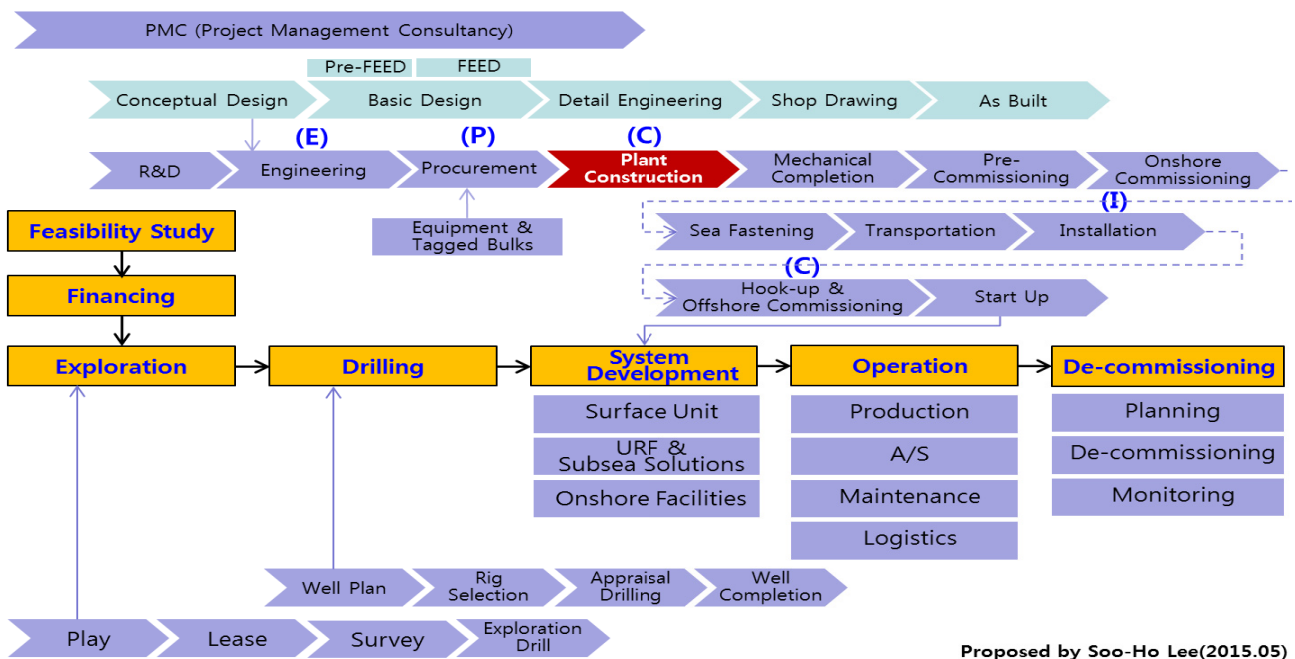


Fig. 1 Value chain of offshore projects

2.3 계약 환경에 따른 중량 추산 방법

중량은 해양플랜트 계약에 있어, 도급 금액을 결정하는 근거가 되기 때문에 중요하며, 계약 방식에 따라 주문자와 계약자의 리스크 (risk)도 달라지기 때문에 계약 방식에 따른 중량 추산 및 관리방식에 차이가 있다. EPC 공사의 계약은 주로 총액 계약 방식 (lump sum based contract) 또는 진행 과정에서의 변동되는 물량을 사후에 정산을 받는 보수 정산 가산 계약 (reimbursable contract)으로 이루어진다. 총액 계약 방식에서는 확정된 금액으로 계약자가 책임을 지고 계약을 하는 방식이기 때문에 적절한 수준에서 중량 추산이 이루어질 경우 계약자의 이익을 보장할 수 있지만, 그렇지 못할 경우 모두 계약자의 리스크로 돌아온다 (Fig. 2 참조, POSTECH, 2015). 이러한 리스크의 범위를 예측할 수 있게 해 주는 것이 MTO의 정확성과 allowance 및 contingency에 관한 팩터들을 합리적인 범위에서 결정하는 것이 된다.

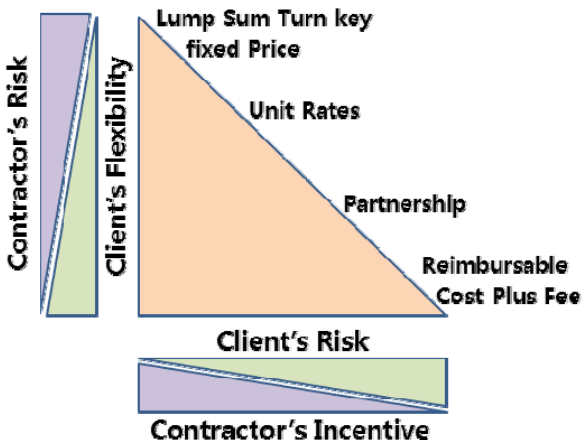


Fig. 2 Contract condition and risk of offshore projects

3. 중량 추산에 관한 선행 연구 및 사례 분석

3.1 Weight Control Report

중량 관리 보고서 (WCR; Weight Control Report)는 EPC 전체 과정을 통해 추정 중량 (estimation weight)에서 탑재 중량 (weighing weight)까지의 과정 동안 설계 중량을 관리하는 활동이라고 할 수 있다. ISO 19901-5 (2003)는 해양플랜트의 EPC 과정 동안 중량 관리에 관한 지침을 상세하게 제시하고 있지만, 그 목적이 EPC 과정 중임을 분명히 하고 있어 건적용 중량 추산의 지침으로 활용하는데 한계가 있다. IOOC (Iranian Offshore Oil Company)의 중량 관리 보고서 (2006)를 보면 contingency 팩터를 설계 단계뿐만 아니라 각 공종 (기계, 구조, 배관 등)별로 각각 차등을 두어 적용하는 것이 특징적이며, 실제로 다수의 공사에서 이와 같은 방법들이 채택되고 있다. 중량 관

리 보고서 자체가 EPC 과정 동안의 중량 관리를 위한 목적이라고 하더라도 건적용 중량 추산과 완전히 별개의 것이 될 수 없다. 그 이유는 중량 관리 보고서에서 사용될 초기 데이터와 실적 공사 이후 누적되는 데이터는 다음 공사의 건적용 중량 추산을 위한 데이터베이스로 계속 해서 재사용되기 때문이다.

3.2 국내외 중량 추산 연구 사례 분석

상선의 중량 추정에 대한 연구는 Cho (2011), Shetelig (2013), SAWE (2001) 등 다수가 있다. 하지만 상선의 경우, 기본 설계의 완성도가 높고, 표준 선형의 활용이 가능하며, 기본 설계와 상세 설계를 수행하는 기관이 조산소로 동일하다는 점 때문에, 이들 연구를 해양플랜트의 건적 중량의 기준 또는 추정 방법으로 활용하기에는 한계가 있다. 해양플랜트, 특히 부유식 해양플랜트의 중량 추정에 대한 연구는 Bolding (2001)과 Seo et al. (2013) 등 다수가 있는데 이들은 모두 pre-FEED 단계에서 공사의 전체 규모를 예측하는 목적에 한정되어 적용되고 있다. Ramboll Oil & Gas사 (2015)는 pre-FEED와 FEED의 차이를 예측하기 위한 용도로 중량 및 비용 추정에 관한 상용 서비스를 제공하고 있고, ShipWeight사 (2015)는 EPC 공사에 적용하기 위한 목적으로 1995년부터 상용 프로그램을 개발하여 제공하고 있다. Ramboll Oil & Gas사와 ShipWeight사의 차이점은 net 중량 (MTO와 추정 중량의 합)을 어떻게 산출할 것인가에 있으며, 특히 ShipWeight사는 성숙도 팩터 (maturity factor)를 사용하고 있는데 이것은 FEED의 품질에 대한 반영으로 해석될 수 있다.

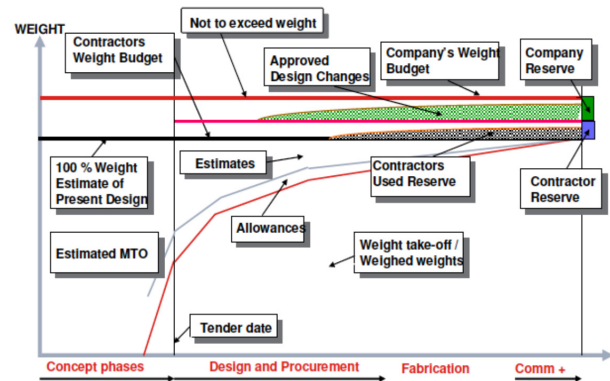


Fig. 3 AKSO weight development curve (Bjerkelund, 2013)

한편, 해양플랜트 EPC 공사의 가장 큰 리스크 원인이 FEED의 품질 결함이라는 연구 (Lee, 2015)와 설계 품질과 공기 중량 증가에 미치는 영향을 설명한 연구 (Rui et al., 2015)에서 보듯이, EPC 중량 추산 과정에서 net 중량은 FEED 데이터로부터 MTO를 통해 얻어져야 하며, FEED의 검증 작업과는 별도로 FEED의 품질 수준에 대한 성숙도 팩터는 EPC 계약자 입장에서 평가 및 반영되어야 한다. 그리고 Bjerkelund (2013)의 연구는 상세 설계와 조달, 제작이 중첩되는, 즉 동시 설계가 일어난 부유식 해양플랜트 공사에서는 중량 마진을 설정하는 방

법과 견적 단계에서 중량 추정과 추산의 차이에 대한 시사점을 주고 있다 (Fig. 3 참조).

FEED 성숙도 팩터외에 해양플랜트 상부 구조물의 각 설계 단계에서 가용한 중량 데이터의 신뢰도에 따라 allowance 팩터의 차등 적용을 제시한 연구 (Mohamed, 2012)가 있으며, ExxonMobil 등 석유 회사에서도 이와 같은 방법을 사용하고 있다. 이 밖에도 플랜트 공사의 비용 추산 및 관리를 지원하는 상용 프로그램인 Cleopatra, ShipWeight 등을 비롯한 몇몇 사례가 있다.

4. 중량 추산 방법 및 중량 요소의 제안

중량 요소를 고려하기 위해서는 먼저 중량 추산과 관련된 주문자와 계약자의 입장 차이, 그리고 계약 방법에 따른 차이를 확인해야 한다. 지금까지 중량 추산에 관한 연구들은 각 중량 요소에 대한 정의에 있어, 각자의 입장에서 계약 방법의 차이를 충분히 고려하지 못했기 때문에 이에 대한 혼선이 있었다.

4.1 계약 관계에서 있어 중량 요소에 대한 관점 차이

주문자와 계약자의 차이에 의해 중량 요소는 달라지며, 계약 방법에 따라서 또다시 세분화된다. AFC (Approved For Construction)라고 부르는 설계를 제외한 플랜트 제작에 한정된 공사의 경우, 확정된 물량에 따라 계약이 이루어지고 추가분에 대해서는 사후 정산이 이루어지기 때문에 계약자 입장에서는 주문자가 정한 MTO 물량과 contingency로 구분하여 관리하면 충분하다.

그러나 주문자의 책임이 강조되는 EPC 공사에서는 계약 방법에 따라서 주문자의 요구가 달라지며 계약자 입장에서도 고려해야 할 불확실성이 추가된다. 따라서 총액 계약 방식에서는 계약 단계에서 FEED 검증 및 작업 범위 (SOW; Scope Of Work)를 확인하는 것이 중요하며, 중량 요소의 구분에서도 allowance 팩터와 contingency 팩터 외에 FEED 성숙도 팩터를 확인해야 한다 (Fig. 4 참조).

본 연구에서는 사례 분석을 통해, 특히 총액 계약 방식의 EPC 공사에서는 FEED 성숙도 팩터가 고려된 5단계로 중량 요소를 구분하여 사용할 것을 제안한다 (Fig. 5 참조). 이에 대해서는 다음 절에서 상세히 언급하기로 한다.

Client's Philosophy to Contractor		Contractor's Philosophy to Client	
AFC Project		AFC Project	
Contingency		Contingency	Fixed
MTO		Allowance	0
		FEED Maturity	0
		Estimated	0
		Take-off	Fixed
EPC Project		EPC Project	
Contingency or Allowance	Lump Sump	Contingency	Fixed
	FEED Verification (Endorsement)	Allowance	Variable
	Reimbursable Cost plus Fee	FEED Maturity	Evaluation
		Estimated	Fixed by MTO
MTO		Take-off	Fixed by MTO

Fig. 4 Composition of weight factors

ISO 19901-5	AKSO, Exxon Contingency	Reference Case 1	Reference Case 2	Proposal
Contingency	Allowance	Contingency (or Allowance)	Allowance	Allowance
Allowance	Estimated			FEED Maturity
Take-off	Take-off	Take-off	Take-off	Estimated
	Client	AFC/EPC Lump Sump	AFC/EPC	-
	EPC Contractor	EPC	AFC(or EPC)	EPC
				EPC Lump Sum

Fig. 5 Comparison of weight factors according to contract conditions

4.2 중량 요소의 재정의

본 연구에서는 사례 분석을 통해 주문자나 계약자의 구분, 계약 방식의 구분에 상관없이 모두 적용될 수 있는 5단계의 중량 요소를 정의하고 다음과 같이 통일하여 사용할 것을 제안하였다. 해양플랜트 견적 중량 산출의 정확도 향상을 위해 우선 고려되어야 할 중량 요소로는 중량 추산의 출발점이 되는 MTO 데이터로서, 이의 정확도를 높이기 위해 중량 추산 방법 외에 추가적인 방법이 필요하다.

특히, 실적 데이터에서 큰 편차를 가지는 배관, 전기 공종의 경우 MTO 항목을 분류하고 집계하는 방법에 대한 고려가 중요하다. 배관이나 전기에 대한 물량 정보는 FEED 데이터에서 확인이 불가능한 경우가 많고, 배관의 경우 유동 액체의 종류, 압력, 재질, 사이즈, 모듈/선체 면적 및 체적 등의 변수가 복합적으로 작용하기 때문에 공사별로 중량 특성에 현저한 차이를 보이고 있다 (Hall and Deille, 2011 참조).

또한 FEED 성숙도 팩터와 allowance 팩터의 산출 근거를 명확히 하는 것이 필요하다. 즉, FEED 성숙도 팩터는 중량 및 원가 기여도를 고려하여야 하며, allowance 팩터의 경우, 데이터 출처의 신뢰도를 정량적으로 결정하기 위해 경험치가 사용될 수 있다. 본 연구에서 재정의 한 각 중량 요소에 대한 상세한 내용은 아래와 같다.

- ① MTO (Material Take-Off) 중량: Known-Knowns
 - FEED 데이터에서 직접 확인할 수 있는 항목의 중량 정보이며, 계산 및 해석, 판매자 데이터 등을 통해 산출
 - 중량 및 원가 기여도가 높은 항목이 주로 대상이 됨
 - 중량 데이터베이스와 함께 견적 호선의 중량 추산의 출발점으로 활용됨
- ② 추정 중량 (estimated weight): Known-Unknowns
 - FEED 데이터에서는 정확하게 확인을 할 수 없지만, 어떤 항목이 포함되어야 하는지를 알고 있는 항목의 중량 정보
 - 경험치, 실적선 데이터베이스 또는 견적 호선의 MTO 데이터 등과 연동된 논리를 통해 추정
- ③ FEED 성숙도 팩터: Known-Knowns
 - FEED 데이터의 완성도를 정량적으로 평가
 - 중량 및 원가 기여도가 높은 프로세스, 기계, 배관, 구조, 전기 공종에서 판단

- ④ Allowance 팩터: Known-Unknowns
 - MTO 데이터의 변동 가능성을 기준으로 판단
 - MTO에 사용된 데이터 출처의 신뢰도 등급에 따라 분류하고, 정량적으로 평가
 - MEL (Main Equipment List) 항목의 개별 중량 가중치 고려

- ⑤ Contingency 팩터: Unknown-Unknowns
 - 중량 추산의 불확실성 및 건조 과정에서의 중량 여유를 감안하여 결정
 - 계약 범위 내에서 설계 변경, 용접 및 도장 중량, 생산 마진, weighing 마진 등

기타 아래와 같은 중량 요소도 고려가 가능하다.

- ⑥ 중량 여유분 (weight reserve)
 - 주문자 여유분과 계약자 여유분을 각각 고려할 수 있으며, 주문자 여유분은 향후 해양플랜트 가동 시의 유지 보수 계획 까지 포함된 중량 여유를 감안하고, 계약자 여유분도 계약 조건에 따라 포함 유무를 결정

- ⑦ 미래 중량 (future weight)
 - 해양플랜트가 설치 해역에서 가동 중에 유지 보수 또는 성능 개량이 필요할 경우를 대비한 예비 중량
 - EPC 계약 범위에서 실행이 되지는 않지만 설계 조건에 반영됨

- ⑧ 규정 팩터 (flag factor) 또는 설치 해역 팩터 (site factor)
 - 해양플랜트가 설치되는 해역 조건이나 적용되는 특별 규정에 의한 할증 요소
 - FEED 데이터에 이미 반영되어야 하는 중량 정보이므로 중량 추산에서는 미반영. 단, 생산 물량에 미치는 영향이 크므로 중량에서 물량 정보로 변환할 시점에서 고려

- ⑨ 중량 데이터베이스
 - 실적선 자료이며 모듈별, 속성별로 구분하여 각 항목의 중량을 정의
 - 특수 모듈, 프로세스 모듈, 인터페이스 모듈로 구분 권장

4.3 새로운 중량 곡선 (weight curve)의 제안

4.2절에서와 같이 중량 요소가 정의되었을 때, FEED 이후 각 설계 단계, 특히 건적 단계에서 사용되는 중량 추산 과정은 식 (1)로 표현 가능하다. 여기서, MTO 데이터는 건적 단계에서 가장 신뢰도가 높은 중량 정보이기 때문에 각 중량 요소의 값을 추정하는 출발점으로 활용된다.

추정 중량의 경우, 실적선 데이터베이스의 중량 정보의 경향성을 MTO 데이터에 대입하여 (예, 실적선 데이터베이스 내

MTO 데이터와 추정 중량의 비로부터 신규 호선의 MTO 데이터가 주어졌을 때, 신규 호선의 추정 중량을 비례식으로부터 추정) 구하는 것이 신뢰도를 높이는데 가장 바람직하다.

또한 allowance 팩터의 경우, MTO에 사용된 데이터 출처의 신뢰도 등급을 고려하여 정량적으로 평가한 값을 사용할 수 있다.

$$W_{Total} = [(W_{MTO} + W_{Estimated}) \times Fm.F \times A.F \times C.F] + W_{Reserve} + W_{Future} \quad (1)$$

여기서

W_{Total} : 총 중량 (50/50 estimated weight)

W_{MTO} : MTO 중량

$W_{Estimated}$: 추정 중량

$W_{Reserve}$: 주문자 여유분 + 계약자 여유분

W_{Future} : 미래 중량

Fm.F: FEED 성숙도 팩터

A.F: Allowance 팩터

C.F: Contingency 팩터

건적 중량 (50/50 estimated weight, 건적 중량의 지표로 사용되는 중량)의 경우, Fig. 6에서와 같이 MTO 중량을 출발점으로 하여 추정 중량을 구해 더한 다음 FEED 성숙도 팩터, allowance 팩터, contingency 팩터를 순차적으로 곱하여 구한다.

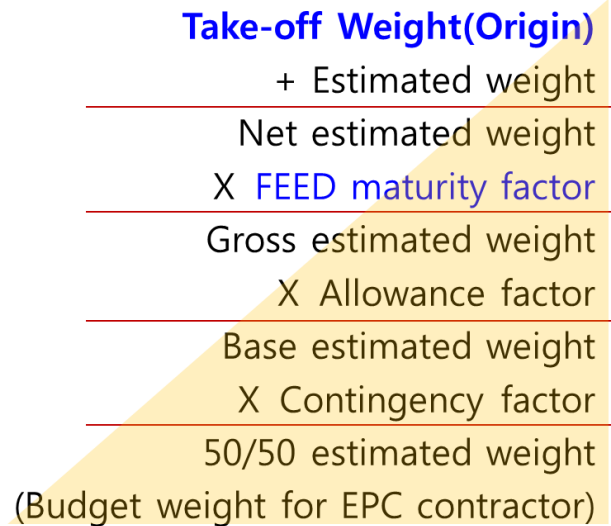


Fig. 6 New formula for the weight estimation and calculation

식 (1) 및 Fig. 6으로 표현한 중량 추산식을 활용하면 Fig. 7과 같은 새로운 중량 곡선을 정의할 수 있다.

4.4 제안된 중량 추산 방법의 특징

4.2, 4.3절에서 제안된 중량 추산 과정 및 식은 Fig. 8과 같은 구조를 가지고 있다. Pre-FEED 단계에서의 중량 추정이 하향식 방식이라면 새로운 제안식은 MTO 데이터를 출발점으로

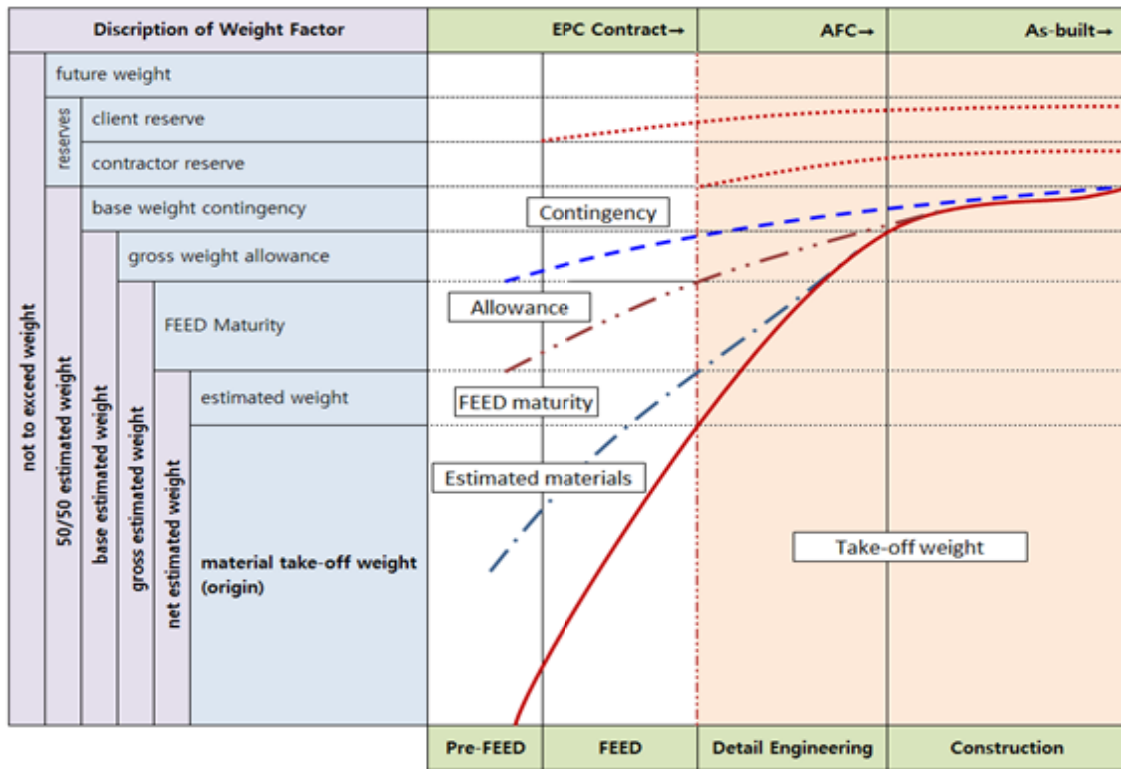


Fig. 7 New weight curve for the weight estimation and calculation from weight factors

로 하여 단계별로 더해가면서 구해진다. 이 점에서 상향식 (bottom-up) 방식이라고 할 수 있다. 이와 같은 상향식 방식은 중량 또는 원가 기여도가 높은 항목에 대해서는 MTO를 통해 그 정보를 산출하는 것이 가능하고, 각 항목에 대해 가중치 부여도 가능하기 때문에 중량 추산의 신뢰도를 더욱 높일 수 있는 장점이 있다.

따라서 상향식 방식의 제안식은 견적 단계에서 실적선에 대한 데이터베이스가 적은 상태에서 중량 추산을 위한 방법으로 유용하게 사용될 수 있다.

하향식 방식과 상향식 방식은 데이터의 신뢰도가 서로 다르게 평가되기는 하지만 여전히 상호 확인 도구 (cross checking tool)로서는 여전히 유효하다.

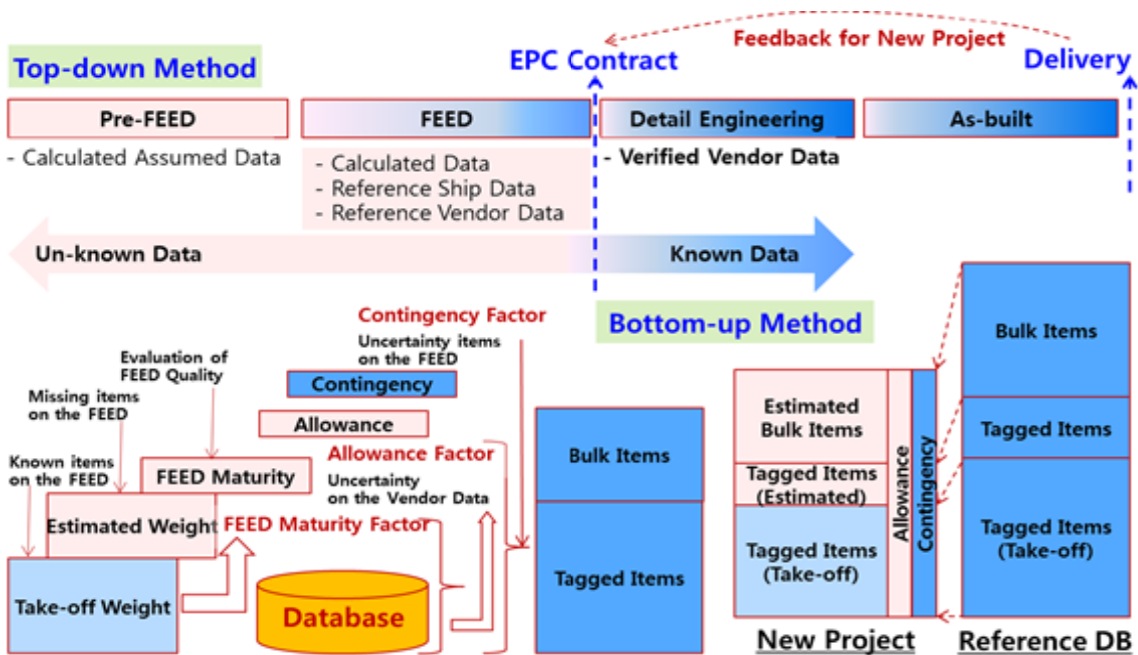


Fig. 8 New concept structure for the weight estimation and calculation

4.5 추산 중량의 검증

추산된 중량은 검증이 필요하며 최소 2개 이상의 다른 방법으로 도출된 결과와 상호 비교하는 작업을 통해 수행이 가능하다.

예컨대 다음과 같은 방법의 적용을 통해 추산 중량의 검증이 가능하다.

- ① 검증 방법 1: 선체/용량 등의 비율을 활용한 총 중량 검증
- ② 검증 방법 2: 실적선 데이터베이스를 활용한 하향식 방식의 중량 추정 결과와 비교
- ③ 검증 방법 3: 공중, 모듈별 분포도에 대해 실적선 DB와 경향을 비교
- ④ 검증 방법 4: 각 단위 중량 요소별 분포도에 대해 실적선 데이터베이스와 경향을 비교 (Fig. 9 참조)

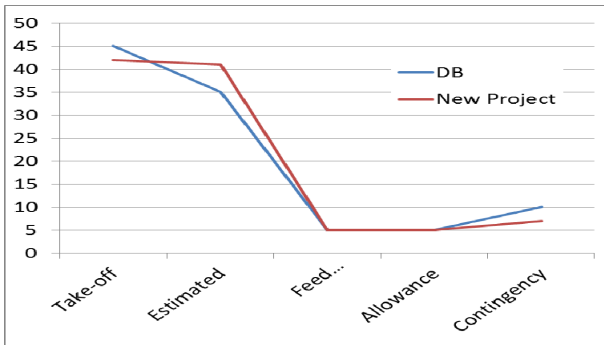


Fig. 9 Cross checking method for the estimated and calculated weight

5. 결론

해양플랜트는 상선과는 달리 기본 설계의 완성도가 낮고, 표준 선형의 활용이 여의치 않으며, 기본 설계와 상세 설계를 수행하는 기관이 다르기 때문에 건적 중량을 추산하기 위한 기준 설정이 어렵다. 본 연구를 통해 새로운 중량 요소와 중량 곡선의 정의를 통해 건적 중량의 추산 방법을 제안하고자 하였으며 구체적인 결론은 다음과 같이 요약될 수 있다.

- (1) 중량 곡선을 구성하는 요소는 MTO 중량, 추정 중량, FEED 성숙도 팩터, allowance 팩터, contingency 팩터와 기타의 여유분, 그리고 미래 중량으로 구성된다.
- (2) 해양플랜트 건적 중량 산출의 정확도 향상을 위해 우선 고려되어야 할 중량 요소로는 중량 추산의 출발점이 되는 MTO 데이터로서, 이의 정확도를 높이기 위해 중량 추산 방법 외에 추가적인 방법이 필요하다. 특히, 실적 데이터에서 큰 편차를 가지는 배관, 전기 공종의 경우 MTO 항목을 분류하고 집계하는 방법에 대한 별도의 고려가 중요하다.
- (3) FEED 성숙도 팩터와 allowance 팩터의 산출 근거를 명확

히 하는 것이 필요하고, FEED 성숙도는 공종과 항목의 각각에 있어 중량 및 원가 기여도를 고려하여야 하며, allowance 팩터의 경우 데이터 출처의 신뢰도를 정량적으로 결정하기 위해 경험치가 사용될 수 있다.

- (4) 규정 팩터 또는 설치 해역 팩터는 FEED 데이터에 이미 반영되어야 하는 중량 정보이므로 중량 추산에서는 반영하지 않으나, 생산 물량에 미치는 영향이 크므로 중량에서 물량 정보로 변환하는 시점에서 고려하는 것이 바람직하다. 단, FEED 성숙도 평가는 규정 팩터의 적용 여부와는 별개로 고려해야 하는 사항이다.
- (5) 추산된 중량에 대해서는 최소 2개 이상의 다른 방법으로 상호 확인을 통한 검증 작업이 필요하다.

향후에는 본 연구의 후속 단계로서 해양 공사에서의 중량 allowance 팩터와 contingency 팩터의 결정에 대한 연구, FPSO 상부 구조물의 중량 추산 프로그램 개발 등을 진행할 예정이다.

참고 문헌

Bjerkelund, T., 2013. *Weight Margins and Flexibility in Offshore Rigs*, M.Sc. Thesis. Trondheim: Norwegian University of Science and Technology.

Bolding, A., 2001. Bulk Factor Method Estimates FPSO Topsides Weight, *Oil & Gas Journal*, 99(10), pp.49-52.

Cho, Y.J., 2011. A Development of the Ship Weight Estimating Method by a Statistical Approach, *Journal of the Society of Naval Architects of Korea*, 48(5), pp.426-434.

Cleopatra Enterprise, 2015. <http://costmanagement.eu>

ExxonMobil, 2008, *Weight Management and Philosophy*.

Hall, N.A. & Delille, S., 2011, Cost estimation challenges and uncertainties confronting oil and gas companies, *AACE International Transactions*, EST. 491. *AACE International Annual Meeting*, Atlanta, United State of America, 15-19 July 2011.

IOOC (Iranian Offshore Oil Company), 2006. *AB-GCP Topsides Weight Control Report*, IOOC.

ISO (International Organization for Standardization), 2003. Petroleum and natural gas industries - Specific requirements for offshore structure - Part 5: Weight control during engineering and construction, *ISO Report 19901-5*.

Lee, S.H., 2015. Technical strategic on the EPC risk for offshore plant. *The Korean Association of Ocean Science and Technology Societies conference*, Jeju, Republic of Korea, 21-23, May 2015.

Mohamed A. E., 2012. *Offshore Structures Design, Construction and Maintenance*, Gulf Professional Publishing: United State of America.

POSTECH, 2015. *Cost Engineering for Plant EPC Project*, Technical Course

Ramboll Oil & Gas, 2015. <http://www.ramboll.com> [Accessed on 2015.10.5]

Rui, R. & Walker, J., 2015. Upstream Offshore-Facility Weight-Growth Study, *Oil and Gas Facilities*, 4(2), pp.107-112.

SAWE (Society of Allied Weight Engineers), 2001. *Weight Estimating Margin Manual for Marine Vehicles*, SAWE, Standards and Practices.

Seo, S.H., Roh, M.I., Ku, N.K. & Shin, H.K., 2013. A Study on the Simplified Model for the Weight Estimation of Floating Offshore Plant using the Statistical Method, *Journal of the Society of Naval Architects of Korea*, 50(6), pp.373-382.

Seo, S.H., Roh, M.I. & Shin, H.K., 2014. A Study on the Weight Estimation Model of Floating Offshore Structures Using the Non-linear Regression Analysis, *Journal of the Society of Naval Architects of Korea*, 51(6), pp.530-538.

Shetelig, H., 2013. *Shipbuilding Cost Estimation-Parametric Approach*, M.Sc. Thesis. Trondheim: Norwegian University of Science and Technology.

ShipWeight, 2015. <http://www.shipweight.com> [Accessed on 2015.10.10]

Um, T.S., Roh, M.I., Shin, H.K. & Ha, S., 2014. Simplified Model for the Weight Estimation of Floating Offshore Structure Using the Genetic Programming Method, *Transactions of the Society of CAD/CAM Engineers*, 19(1), pp.1-11.

Um, T.S., Roh, M.I. & Shin, H.K., 2015. A Study on Weight Estimation Model of Floating Offshore Structures Using Enhanced Genetic Programming Method, *Journal of the Society of Naval Architects of Korea*, 52(1), pp.1-7.

