



3D Digital Design 기법을 이용한 BWTS 설치 설계 연구

지 재 훈†
((사)한국선급)

A Study on Retrofitting BWTS using 3D Digital Design

Jae-Hoon JEE†
(Korean Register of Shipping)

Abstract

Over the past few years, as maritime trade and traffic were highly expanding, problem of invasive species via ballast water have been raised. In 1988, Canada and Australia had firstly experience that unexpected and hazardous species were observed on their own sea, they have issued the problem to MEPC under the IMO. At the end of many years of discussion, on the diplomatic conference in 13 Feb. 2004, "International Convention for the Control and Management of Ballast Water and Sediments of the Ship" was adopted. Requirements for entering into force of this Convention is that 30 countries ratify and world merchant marine fleet is more than 35% and BWM Convention will be effected after 12months from date satisfying conditions. With Finland ratifying the BWM Convention on 8 Sep. 2016, the fleet amounted to 35.1441% and ratification country became 52 countries. Therefore, after 12month, BWM Convention will be formally effected on 8 Sep. 2017. Ballast Water Treatment System is to be fitted in new ships as well as existing ships. Thus, there are concerns of ship owners to be suitably installed a variety typed BWTS in many kinds of vessels. As approaching for resolving these problems, engineering analysis was carried out research studies and detailed design to analyze to optimal installation space for retrofitting a BWTS using 3D Scanning method, targeting representative DWT 180K Bulk carrier of dry cargo vessels charged more 40% on worldwide vessel and mainly two type BWTS as electrolysis treatment type and ultra violet treatment type. Optimal design of 3D Scanning technology was applied to analyze four step process and the overall conclusion was described in this paper.

Key words : BWM Convention, Ballast Water Treatment System, 3D Scanning, Bulk Carrier

I. 서론

과거 수년 간 해상으로의 무역과 교통량이 팽창함에 따라 선박에서의 평형수를 통한 침입종의 문제가 제기되었다. 세계의 많은 해역이 침입종의 영향으로 자국의 바다는 황폐화되고 있고 아울러, 생물학적 침입율은 놀랄만한 비율로 계속해서 증대하고 있다. 1988년 처음으로 캐나다와

호주는 자국 해역에 유해한 종의 출현문제를 경험하고 국제해사기구(IMO) 산하 해양환경보호위원회(MEPC)에 이 문제를 제기하였고, 선박 평형수내의 유해한 종으로부터의 생태학적 문제해결을 위한 논의가 해양환경보호위원회(MEPC), 해사안전위원회(MSC) 및 전문 위원회(Sub-Committee)에서 본격적으로 진행되었다(Kim E. C. 2008).

이러한 노력으로 2004년 2월 13일 외교회의에

† Corresponding author : 070-8799-8469 jhjeel@krs.co.kr

<Table 1> Schedules for the fitting a BWTS on board according to Reg.B-3(Source : www.krs.co.kr)

	Ship's Construction (Keel Laid) date	Type of Ship and Capacity of Ballast Water(m ³)			Applicable date for fitting BWTS
Implementation schedules for fitting a BWTS	On or after the date of entry into force of the Convention	New Ships	B-3.5	All	Ship's Delivery
	before the date of entry into force of the Convention	Existing ships(ships Constructed before 2009)	B-3.1.1	1,500m ³ ~5,000m ³	First IOPP renewal Survey following the date of entry into force of the Convention
			B-3.1.2	less than 1,500m ³ or greater than 5,000m ³	
		Existing ships(ships constructed in or after 2009 and before the date of entry into force	B-3.2	less than 5,000m ³	
		Existing ships(ships constructed in or after 2009, but before 2012	B-3.3	5,000m ³ or more	
Existing ships(ships constructed in or after 2012 and before the date of entry into force	B-3.4	5,000m ³ or more			

서 “선박의 평형수와 침전물의 통제 및 관리를 위한 국제협약(International Convention for the Control and Management of Ship Ballast Water and Sediments, 2004)”이 채택되었다(이하 “BWM 협약” 칭함). BWM 협약의 발효조건은 국제해사기구의 회원 30개국 이상이 비준하고 동시에 세계 상선 선박량 35% 이상이 되어야 한다(Kim E. C. 2008).

최근 2016년 9월 8일 핀란드가 BWM 협약을 비준함에 따라 비준국은 52개국, 상선 선박량은 35.1441%로 BWM 협약의 발효요건을 충족하게 되었고, 그 날로부터 1년 후인 2017년 9월 8일에 BWM 협약이 정식으로 발효된다.

BWM 협약이 발효된 후에는 더 이상 지정된 해역에서 평형수를 교환하는 D-1 규정을 적용할 수 없으며, 선박 평형수를 기계적, 물리적 또는 화학적 방법을 이용하여 생물학적 성능기준을 만족하여야 하는 D-2 규정으로 평형수를 처리하여야 한다. 이렇게 생물학적 성능기준을 만족시키기 위해 개발된 장치가“선박 평형수 처리장치(BWTS)”이며, 선박 평형수 처리장치는 협약이 발

효된 이후부터 신조선(협약이 발효된 이후에 건조되는 선박) 뿐만 아니라, 현존선(협약이 발효되기 이전에 건조된 선박)에도 설치하여야 한다.

현존선 대상 선박 평형수 처리장치를 평형수 탱크용량 및 건조일자 별로 설치하여야 할 일자는 <Table 1>과 같으며, 협약 발효 이후 첫 번째 도래하는 “국제기름오염방지(IOPP)” 정기검사일까지 선박 평형수 처리장치를 설치하여야 한다(KR, 2016).

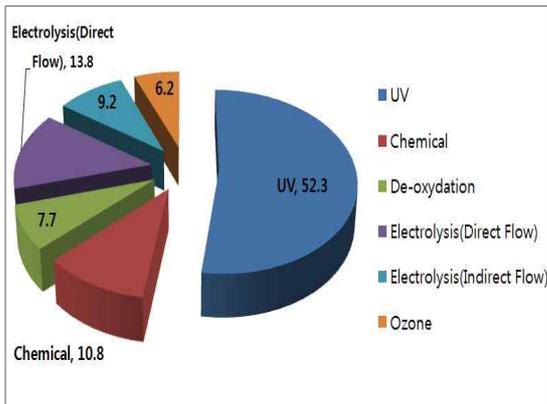
IMarEST(Institute of Marine Engineering Science and Technology, 영국해양공학연구소)는 2012년 “MEPC 63/INF.11” 문서에서 2009년말 Lloyd's Fairplay의 전 세계 선단 자료 및 2009년, 2010년 MERC(Maritime Environmental Resource Center, 미국해양환경자원센터) 보고서를 바탕으로 선박 평형수 처리장치를 설치해야할 현존선을 총 68,190 척으로 추정하였고, 국내 해양연구원에서는 2008년 일본의 신조선 자료와 2012년 IMarEST 자료를 종합하여, 2020년까지 현존선에 선박 평형수 처리장치를 설치하여야 할 수요를 추정하였으며. <Table 2>와 같다(Kim E. C. 2012).

<Table 2> Implementation Schedule of D-1 and D-2 Requirement for Ships on BWMC

Vessel	Until 2016	2017	2018	2019	2020	Total
Vessel constructed from 2009 to 2011(greater than 5,000m3)	0	1,200	1,200	1,200	0	3,600
Existing vessels(less than 1,500 or greater than 5,000m3)	0	15,528	15,529	15,529	0	46,586
Existing Vessels(between 1,500 and 5,000m3)	14,402	7,202	0	0	0	21,604
Newly constructed Vessels (greater than 5,000m3)	7,200	1,200	1,200	1,200	0	10,800
Newly constructed Vessels (less than 5,000m3)	4,860	540	540	540	0	6,480
Total	25,922	25,670	18,469	18,469	540	89,070

2016년 10월까지 국제해사기구에 보고된 정부형식승인 선박 평형수 처리장치 69개를 대상으로 처리방식별로 구분하여 각각의 분포현황을 [Fig. 1]에서 보여주고 있다.

(Unit : %)



[Fig. 1] Distribution Ratio(%) by Treatment type for Type Approved BWTS

자외선 처리방식이 전체 대상의 52.3%인 절반 이상을 점유하고 있으며, 뒤를 이어 직접전기분해방식이 13.8%, 화학물질주입 방식이 10.8% 그리고 간접전기분해방식이 9.2%를 점유하고 있음을 알 수 있다(IMO, 2016).

선박 평형수 처리장치는 처리방식 별로 다양한

특성을 가지는 장치로 구성되어 있다. 또한 선종마다 선박 구조, 평형수 계통 및 기관실 구조 등이 다르다. 심지어 동일한 선종일지라도, 구조는 달라질 수 있다. 즉, 선박 평형수 처리장치를 설치하기 위한 설계도면은 선박마다 특성을 고려한 개별적인 설계도면의 작성이 요구된다.

지금까지 선박에 장비를 설치하기 위한 설계도면은 “Onboard Survey(선상검사)” 방식으로 작성되었다. 이러한 방식은 상대적으로 사이즈가 작은 장비가 설치되거나 또는 설치장소가 충분하여 큰 개조공사가 필요하지 않는 공사에 적용되어왔다.

하지만, 선박 평형수 처리장치는 선박크기 대비 상대적으로 사이즈가 크기 때문에 설치 공간도 매우 제약적이다. 기존의 방식으로 설치도면을 작성하는 것은 도면생산의 소요시간의 증가, 이를 줄이기 위해 설계 인력의 추가 배치는 불가피하며, 결과적으로 설계를 위한 전체적인 비용의 상승으로 이어진다.

따라서 기존의 설계방식에 존재하는 단점을 효과적으로 보완하고, 설치 설계를 집약적으로 수행할 수 있는 방안이 강구되어야 한다.

이 연구에서는 고전 건축물 개조 및 보수유지 공사의 전반적인 설계분야에 활발하게 사용하고

있는 3차원 디지털 디자인(3D Digital Design) 설계 방식을 제시하고자 한다. 이 방식으로부터 도출된 3차원 모델링(3D Modeling)을 바탕으로 3차원 디지털 디자인 설계 방식에 대한 적절성을 고찰하였다.

II. 연구 방법

이 연구를 진행하기 위해 연구 대상의 선박을 선정하고, 연구 대상 선박에 설치가 가능한 선박 평형수 처리장치도 함께 선정하였다. 그리고 선박 평형수 처리장치가 평형수계통과 연결된 전체 시스템 3차원 모델링을 디자인하기 위해 필요한 소프트웨어를 선정하였다.

1. 3차원 디지털 디자인

선상검사 방식은 개조설계 전 설계자가 직접 방선하여 공간, 기기배치 및 배관설치 부위 등을 아날로그식 측정도구를 이용하여 설계를 위한 데이터를 수집하는 것으로 설계자의 수작업에 의해 수행하는 아날로그식 디자인 개념인 반면, 3차원 디지털 디자인은 컴퓨터를 기반으로 특화된 설계 소프트웨어를 이용하여 3차원 모델링을 개발하는 방식이다. 기초설계 단계에서부터 3차원 입체 공간에 대한 디지털 정보를 생성하여 활용하므로, 모델 디자인에 대하여 디지털 미디어활용 및 설치 시뮬레이션에 활용이 가능한 디자인 기술이다. 다시 말해, 컴퓨터 베이스로 작성이 된 모델의 기하학적 데이터(각 점의 위치를 높이, 폭, 깊이의 3축으로 하는 공간 좌표를 이용하여 저장)를 이용해 3차원방식으로 표현할 수 있다.

디지털 정보의 표현으로 점(Point), 선(Line), 다각형(Polygon)을 만들 수 있으며, 다각형은 하나의 평면(Plane)을 구성하며, 이로부터 2차원 이미지의 표현이 가능하다. 2차원 이미지가 Z축 상의 연속된 이미지로 이어진다면 이는 입체적으로 표현이 가능한 하나의 3차원 이미지로 생성된다.

3차원 스캐너(3D Scanner)를 이용하여 스캐닝 분석을 수행하여 수억 개의 점군데이터를 취득할 수 있었다. 이 점군 데이터는 다양한 설계 소프트웨어가 이용되어 선박 평형수 처리장치 설치 3차원 모델링으로 개발된다. 3차원 디지털 디자인 연구를 위해 “AutoCAD Plant 3D” 기반의 소프트웨어를 이용하였다. 그 이유는 이 소프트웨어가 점군 데이터 내의 점 특성을 고려하여 사용자로 하여금 활용 가능한 공간을 제시할 수 있음에 탁월하기 때문이다. 또한, 스캐너로부터 획득한 점군 데이터 가시화를 위해 필요한 “Scene” 소프트웨어와 “AutoCAD Plant 3D” 소프트웨어 사이에 연결성을 제공한다.

2. 선박의 정보

이 논문에서는 3차원 디지털 디자인 연구를 위한 대상 선박으로 전 세계적으로 단일 선종에 대하여 가장 많은 분포를 차지하고 있는 산적형태 고체화물 운반선(Bulk Carrier)중에서 가장 많은 사이즈가 운행되고 있는 재화중량 180K 운반선으로 선정하였다. 대상 선박의 주요제원은 <Table 3>과 같으며, [Fig. 2]는 대상선박의 일반적인 모습을 나타낸다.

<Table 3> Specifications of Subject Vessel
(Source : www.krs.co.kr)

Item	Specification
LxBxD(m)	284.23 x 45 x 24.7
Hull No.	S425
D.W.T	179,283
B.W.P	2,500m ³ /h x 2sets
K/L Date	26 Apr. 2010
IMO No.	9454527
G/T	93,152
Gen. Cap.	750kW x 3sets
Nav. Area	Ocean Going



[Fig. 2] Subject Vessel(Bulk Carrier)

사에서 개발한 “TX-5” 모델로 원거리 스캔에 적합하다. 주요제원은 <Table 5>와 같다.

선박 평형수 처리장치가 설치될 공간으로 기관실, 갑판상부 또는 거주구역 근처의 빈 공간(Dry space) 등이 있다. 설치 장소를 결정하기 위해서는 평형수 펌프가 위치하고 있는 장소를 우선 고려하여야 하고 선박 평형수 처리장치 설치의 충분한 공간 및 선원들로 하여금 장비의 유지보수 작업의 용이성이 검토되어야 한다.

3. 선박 평형수 처리장치의 정보

연구 대상 선박에 탑재할 선박 평형수 처리장치는 세계적으로 가장 많이 개발된 2가지 처리방식(자외선 처리방식과 전기분해방식) 중에서 가장 대표적인 제조사의 제품을 대상으로 하였다.

대상의 선박 평형수 처리장치의 주요제원은 <Table 4>와 같다.

<Table 4> Specifications of BWTS

Item	Specification
Electrolysis Type BWTS	
Capacity(m ³ /h) × No.	2,600 × 2sets
Foot Print(m ²)	abt. 11.28
Filter	None
Ultra Violet Type BWTS	
Capacity(m ³ /h) × No.	2,500 × 2sets
Foot Print(m ²)	abt. 17.4
Filter	Use



[Fig. 3] Photograph of 3D Scanner

이러한 모든 조건들을 고려하였을 때 선박의 평형수 계통의 설비가 집약적으로 설치되어 있는 기관실을 최적의 공간으로 결정하였다. 선박 평형수 펌프 및 평형수 계통 배관이 설치되어 있는 기관실의 Floor Deck 하부까지 3차원 스캐닝을 실시하였으며, 총 66개 지점(Position)에서 촬영하였다. 총 소요된 시간은 12시간이며, 약 1억 6천 개의 점(Point)들을 획득하였다.

First Deck 및 Second Deck의 경우 막혀져 있는 장애물이 없는 관계로 Scan Parameter를 고화질(해상도 1/4, 화질 4x)로 하여 원거리 측정에 맞도록 설정하였으며, Floor Deck 부분은 선박 평형수 처리장치가 설치되는 장소로서 주 평형수 펌프 및 주요 배관들이 집중적으로 분포되어 있는 지역이므로 파라미터의 설정을 저화질(해상도 1/5, 화질 3x)로 설정하여 스캔하였다.

[Fig. 4]는 기관실에서 3차원 스캐너를 이용하

Ⅲ. 3차원 스캐닝 분석 및 설계

1. 스캐닝 분석(Scanning Analysis)

[Fig. 3]은 이 논문에서 사용한 3차원 분석 스캐너의 모습을 보여주고 있다. 트림블(Trimble) 회

<Table 5> Specification of 3D Scanner

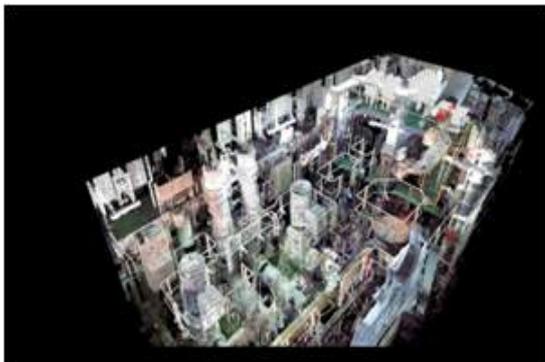
Scanning Range	Vertical Direction	Horizontal Direction	Point Cloud/Sec.	Scanning Time
Max. 120m	300 Deg.	360 Deg.	abt. 970,000	10~15H



[Fig. 4] Scan Survey in Engine Room

여 공간을 분석하는 모습을 보여주고 있다.

스캐닝 데이터들은 점군데이터(Point Cloud Data)로 저장된다. 아울러, 측정 위치별로 점군 데이터들은 분할되어 있는데, 이것을 하나의 3차원 공간으로 결합(Merging)하여야 하고, 이를 위해 “Scene” 소프트웨어를 이용하였다. [Fig. 5]는 기관실에서 측정한 66개 지점에서 스캔한 점군 데이터를 하나의 기관실 3차원 공간을 모습을 보여주고 있다.



[Fig. 5] Scan Survey in Engine Room

2. Visual Inspection 분석

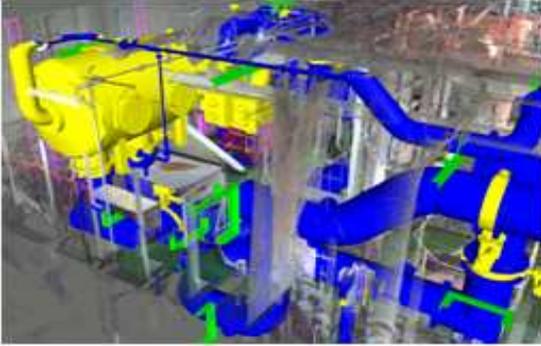
스캐닝 분석 과정에서 3차원 스캐너를 이용해 기관실의 전체 공간을 점군 데이터로 결합한 작업을 완료한 이후에는 평형수 처리장치 설치 장소를 결정하기 위해 기존 배관 및 설비와 충돌이 발생하는 지점을 회피하여야 하고, 이를 명확하게 판별하기 위해 Visual Inspection 과정을 수행하였다.

“AutoCAD” 소프트웨어를 이용하여 선박 평형수 처리장치 모형을 개략적으로 디자인하여 그것을 3차원 점군 데이터에 투영하였다. 투영된 3차원 점군 데이터에 “Naviswork” 소프트웨어를 이용하여 충돌지점(Crash Checking)을 분석하였다. 이러한 1차 설치 시뮬레이션(Installation Simulation) 과정을 통해서 간섭되는 기존 설비 및 기타 구조물을 제거 또는 이동배치 유무를 결정할 수 있었다.

[Fig. 6] 및 [Fig. 8]은 “AutoCAD” 소프트웨어를 이용하여 개략적인 자외선 처리방식 및 전기분해 방식의 선박 평형수 처리장치를 모형화해서 3차원 점군 데이터에 투영한 모습을 보여주고 있다.

[Fig. 7] 및 [Fig. 9]는 “Naviswork” 소프트웨어를 이용하여 자외선 처리방식 및 전기분해 처리방식 선박 평형수 처리장치가 기존 구조물과 설치할 장소와의 충돌지점(Crash Point)을 분석한 결과를 보여주고 있다.

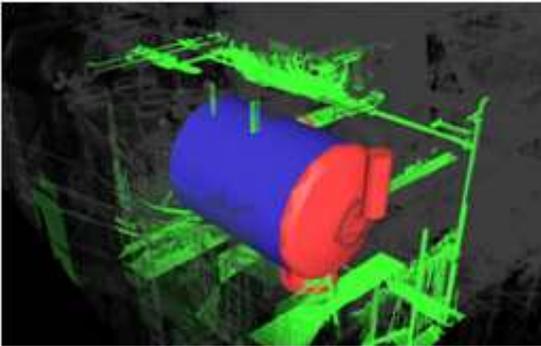
이러한 과정을 통해서 선박 평형수 처리장치의 설치 위치를 명확하게 결정할 수 기초자료로 활용하고 기기배치도(Machinery Arrangement)의 개정도면 출도에 활용할 수 있다.



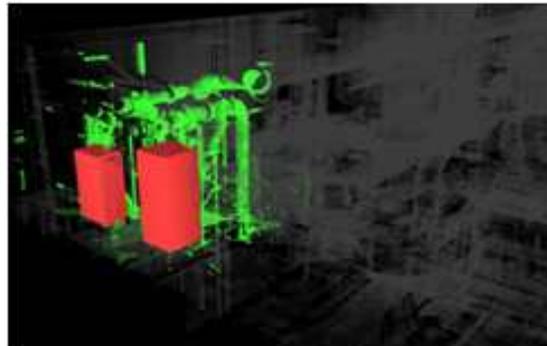
[Fig. 6] Installation Simulation of UV Type BWTS



[Fig. 8] Installation Simulation of Electrolysis Type BWTS



[Fig. 7] Crash Detect of Installation UV Type BWTS



[Fig. 9] Crash Detect of Installation Electrolysis Type BWTS

3. 3D Modeling 분석

3차원 모델링(3D Modeling) 연구 분석에서는 실제로 선박 평형수 처리장치가 앞서 1차 설치 시뮬레이션 과정에서 충돌지점을 회피한 최적의 공간을 분석하였고, 그 장소에 선박 평형수 처리장치가 설치되고, 평형수 계통과 연계해서 새로운 평형수 배관을 신설하는 일련의 과정을 분석하였다.

역설계 공법(Reverse Engineering)이란 이미 선박에 설치된 선박 운항과 관련한 시스템(배관 설비)을 역으로 도면으로 생산하는 일체의 엔지니어링 공법을 말한다. 이 논문에서는 역설계 공법을 이용하였다.

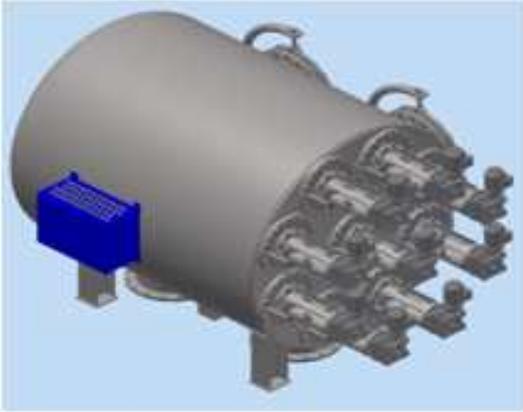
선박은 건조 당시 장비 및 관련 배관 시스템의 배치를 위해서 평형수 계통의 기본도면(Piping &

Instrument Drawing)이 작성되었고, 계략적인 평형수 시스템 계통에 대하여 확인할 수 있으나, 새로 설치되는 선박 평형수 처리장치를 반영하기 위한 기본 및 상세도면이 존재하지 않으므로, 역설계 공법을 이용하여 상세설계를 수행하여야 할 필요성이 있다.

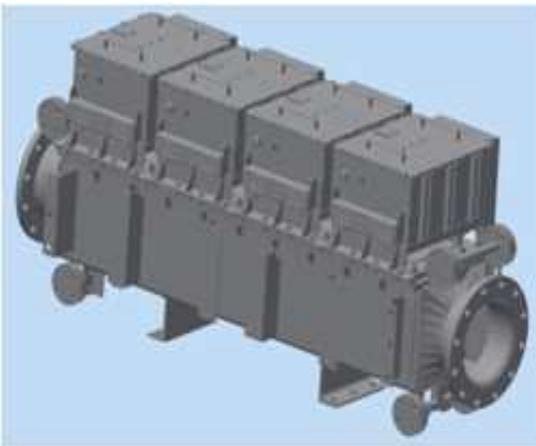
이를 위해 대상선박에 탑재될 2가지 선박 평형수 처리장치에 대한 각 기기들의 자세한 3차원 모델링 작업이 수행되어야 한다. 역설계 공법에서는 엔지니어링을 수행하기 위해 2가지 분석을 수행하였다.

첫 번째는 2가지 선박 평형수 처리장치 및 장비(부속기기 포함)에 대한 3차원 모델링 분석을 수행하였다. 이를 위해 실제로 탑재되는 선박 평

형수 처리장치 2차원 도면을 활용하여야 한다, 이를 위해 “Autodesk Inventor” 소프트웨어를 이용하였다. [Fig. 10] 및 [Fig. 11]은 각각 자외선 처리 방식 선박 평형수 처리장치의 자외선 모듈과 전기분해 처리방식 선박 평형수 처리장치의 전기분해 모듈의 3차원 모델링을 보여주고 있다.



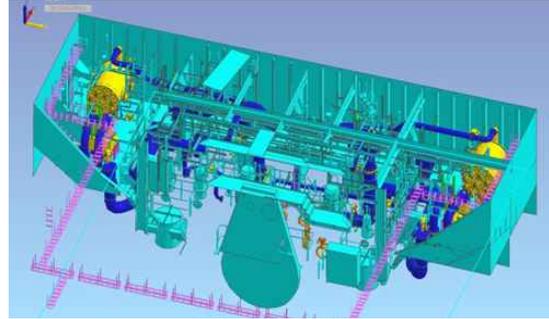
[Fig. 10] 3D Modeling for Filter of UV Type BWTS



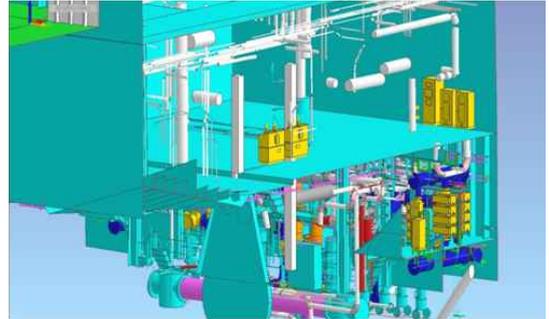
[Fig. 11] 3D Modeling for Module of Electrolysis Type BWTS

두 번째로 배관파트(Piping)의 3차원 모델링 분석을 수행하였다. 선박 평형수 처리장치 및 장비가 설치되면 현재 평형수 계통의 시스템과 결합하여야 하므로, 이를 위해 평형수 관장치의 3차원 모델링 분석은 필히 수행되어야 한다. 이 결과를 바탕으로 상세설계 도면을 제작하기 위한 밑바탕을 마련하였다. 평형수 관장치의 3차원 모델링을 위해 “Edgewise” 소프트웨어를 이용하였으며, [Fig. 12] 및 [Fig. 13]은 각각 자외선 처리 방식 선박 평형수 처리장치와 전기분해 처리방식 선박 평형수 처리장치에 대한 평형수 관장치의 3차원 모델링 결과를 보여주고 있다.

원 모델링 분석은 필히 수행되어야 한다. 이 결과를 바탕으로 상세설계 도면을 제작하기 위한 밑바탕을 마련하였다. 평형수 관장치의 3차원 모델링을 위해 “Edgewise” 소프트웨어를 이용하였으며, [Fig. 12] 및 [Fig. 13]은 각각 자외선 처리 방식 선박 평형수 처리장치와 전기분해 처리방식 선박 평형수 처리장치에 대한 평형수 관장치의 3차원 모델링 결과를 보여주고 있다.



[Fig. 12] 3D Piping Modeling of UV Type BWTS

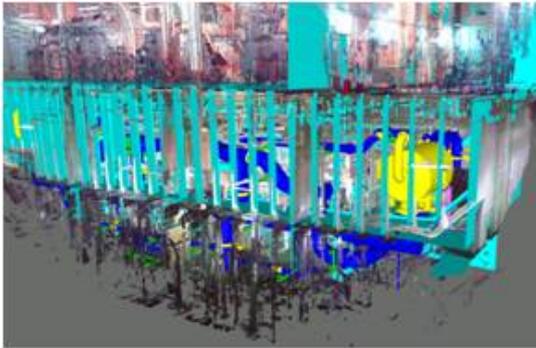


[Fig. 13] 3D Piping Modeling of Electrolysis Type BWTS

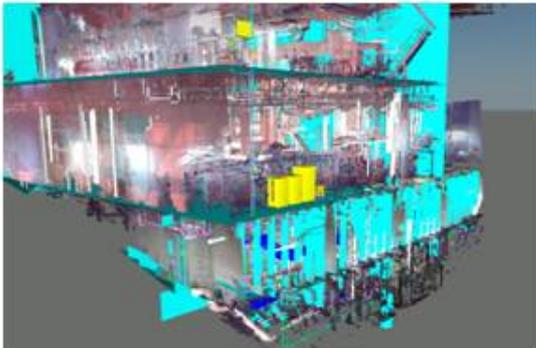
4. Post-Processing 분석

각각의 2가지 선박 평형수 처리장치에 대하여 3차원 모델링 분석을 수행하였고, 데이터들을 하나의 3차원 모델링으로 통합하였다. 이 결과는 [Fig. 14] 및 [Fig. 15]에서 보여주고 있다. 이렇게 통합된 전체 3차원 모델링 분석이 완료되면 상세도면을 제작하기 위한 마지막 단계로 접어든다, 이 단계에서는 상세 엔지니어링의 분석 및 작업

이 가능해진다.



[Fig. 14] Harmonized 3D Modeling of Subject Vessel installed UV Type BWTS



[Fig. 15] Harmonized 3D Modeling of Subject Vessel installed Electrolysis Type BWTS

이 작업을 수행하기 위해 “AutoCAD Plant 3D” 소프트웨어를 이용하였고, 새로운 평형수 계통의 기본도면 제작, 기기 배치도 및 전기기기 배치도 개정도면의 작성이 가능한 기반을 마련하였다.

또한 새로 설치되는 장비에 대한 대략적인 무게도 함께 계산할 수 있어, 선박복원성 검증 시 참고 자료로도 활용할 수 있다.

IV. 결 론

이 연구에서는 현존선박에 선박 평형수 처리장치를 설치하기 위한 설계 방안 중에서 육상의 건축물 설계에 이용되는 3차원 디지털 디자인 공법

을 이용하여 상세 엔지니어링 및 연구를 진행하였고 그 결과를 바탕으로 타당성을 고찰하고자 한다.

전통적인 설계 방안인 “Onboard Survey(선상검사)”와 3차원 디지털 디자인 공법을 이용한 설계와 비교하였을 때 전자의 방식으로는 2명의 설계 인원이 본선에 방선하여 설치 공간 및 기존 기기들과의 호환을 분석하는데 약 1개월이 소요되는 반면, 후자의 경우는 2명의 인력으로 1주 이내에 가능하다. 또한, 전자의 방식으로 상세 설계 엔지니어링에서 최종 설치 검사를 마치는데, 대략 45일이 소요되는 반면, 후자의 방식으로는 대략 30일이 소요되는 것으로 분석되었다. 따라서, 시간과 비용을 고려한다면 3차원 디지털 공법을 이용하는 것이 더욱 더 편리하고 효율적인 것으로 분석되었다.

또한, 기본적으로 3차원 스캐너를 통해 설치 공간의 3차원 시각화가 가능하고, 기존의 구조물과의 간섭 부분을 “Naviswork” 소프트웨어를 통해 식별할 수 있었기에 실제로 선박 평형수 처리장치를 배치하지 않아도 시공 상의 오차를 설계 단계에서 발견할 수 가장 큰 장점으로 분석되었다. 설치를 위한 기본도면 및 설치도면(상세도면)을 제작하는 과정에서 3차원 스캐너를 통해 취득한 점군 데이터를 활용하므로, 설치장소를 3차원 데이터로 변환하여 선박 평형수 처리장치를 구성하는 모든 구성품의 3차원 모델링 변환 데이터를 합병하여 실제 평형수 관 계통의 개조 부분을 식별할 수 있었고, 전체적인 3차원 모델링 데이터를 취득함으로써 관련 제반 도면들을 추출할 수 있는 기반을 마련할 수 있었다.

References

International Maritime Organization(2015), "List of ballast water management systems that make use of Active Substances which received Basic and Final Approval, BWM.2/Circ.34/Rev.4" 2~13.

- Jee, J. H., Oh. C.(2016). Economy analysis to Retrofit Ballast Water Treatment System for an Existing Vessel. JFMSE, 28(5), 1319~1328
- Jee, J. H., Oh. C.(2016). Risk Assessment for Retrofitting a Ballast Water Treatment System on an Existing Vessel. JFMSE, 28(6), 1602~1613
- Jun. S. K.(2015). Space Search Research for BWMS Installation with Scanned Data. A Master's thesis. Jung-Ang University.
- Kim, E. C.(2012). Consideration on the Ballast Water Treatment System Technology and its Development Strategies. Korean of Society Marine Environment and Energy, 15(4), 349~356
- Korea Institute of Ocean Science and Technology(2008). Research and Development of Technology to Prepare for controlling Ship's Ballast. p.68.
- Korean Register of Shipping(2015), "Briefings of IMO Meeting MEPC 68", 1~2.
- Korean Register of Shipping(2016), "Briefings of IMO Meeting MEPC 69", 1~2.
- Korean Register of Shipping(2016), "Technical Information(No.2016-IMO-02)", 4~8.
- Number of ships in the world merchant fleet(2015), <http://www.statista.com>
-
- Received : 31 January, 2017
 - Revised : 06 March, 2017
 - Accepted : 16 March, 2017