

## 3D CAD 모델 기반 해양플랜트 배관 공정 모니터링 시스템 개발

김현철<sup>1\*</sup>, 이규홍<sup>2</sup>

<sup>1</sup>울산과학기술대학교 기계공학부, <sup>2</sup>(주)TIM솔루션

### A Development of Offshore plant Piping Process Monitoring System Based on 3D CAD Model

Hyun-Cheol Kim<sup>1\*</sup>, Gyu-Hong Lee<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Faculty of Mechanical Engineering, Ulsan College

<sup>2</sup>TIM Solution Co., Ltd.

**요약** 3D CAD 시스템으로 설계된 해양플랜트 배관재 모델들은 2D 배관 제작도와 설치도의 형태로 생산 공정에 제공되고, 기본 엔지니어링 정보와 함께 통합 공정관리시스템에서 원자재의 구매, 조달, 제작, 설치 및 검사가 체계적으로 관리되어 진행된다. 기존의 통합 공정관리시스템은 자원의 흐름 및 진행 상황을 체계적으로 관리하여 공정 시수 절감에 많은 기여를 하고 있지만, 3D 설계 형상 모델 정보를 포함하고 있지 않기 때문에 배관 설치 작업 전에 복잡한 배관 구조를 파악하거나, 잦은 설계 변경으로 인해 연관된 도면을 찾을 때 상호간 신속한 정보 교류가 어려운 단점을 가지고 있었다. 이러한 문제점을 해결하기 위해 3D 모델을 기반으로 하는 해양플랜트 배관 공정 모니터링 시스템을 개발하였다. 본 시스템은 3D 모델 기반 배관 모니터링 시스템은 Visual Studio 2017 C#과 UNITY3D를 기반으로 배관 공정 작업 정보가 3D CAD 모델과 실시간 연동될 수 있도록 구성하였다. 그리고 블록, 크기, 재료에 따른 배관 설치 공정 진행 흐름 뿐만 아니라, 청소, 수압검사, 공압검사 등 기능 검사 항목별 진행 흐름을 3D 모델상에서 실시간으로 확인할 수 있도록 하였다. 작업자는 개발된 시스템을 통해 생산 현장에서 실시간으로 배관 공정 진행 흐름을 포함한 3D CAD 모델을 쉽게 파악함으로써 작업 효율성 향상에 많은 기여를 할 것으로 기대된다.

**Abstract** 3D Models of offshore plant piping materials designed by 3D CAD systems are provided to the production processes in the form of 2D piping drawings and 2D piping installation drawings. In addition to the standard engineering information, the purchasing, procurement, manufacturing, installation, and inspection of raw materials are managed systematically in an integrated process control system. The existing integrated process management system can help reduce the processing time by managing the flow and progress of resources systematically, but it does not include 3D design model information. Hence, it is difficult to understand complicated pipe structures before installing the pipe. In addition, when design changes or immediate design modifications are required, it is difficult to find related data or exchange information quickly with each other. To solve this problem, an offshore plant-piping process-monitoring system was developed based on a 3D model. The 3D model-based piping monitoring system is based on Visual Studio 2017 C# and UNITY3D so that the piping-process work information can be linked to the 3D CAD model in real time. In addition, the 3D model could check the progress of the pipe installation process, such as block, size, and material, and the progress of functional inspection items, such as cleaning, hydraulic inspection, and pneumatic inspection.

**Keywords** : Offshore Plant, 3D CAD Model, Piping Process, Piping Process Monitoring System, Installation Drawing, Fabrication Drawing

\*Corresponding Author : Hyun-Cheol Kim(Ulsan College)

email: hckim@uc.ac.kr

Received October 23, 2019

Accepted February 7, 2020

Revised December 16, 2019

Published February 29, 2020

## 1. 서론

해양플랜트 건조는 일평균 약1,500명이상 투입되고, 약 200,000개 이상의 작업 파트(Part)와 용접, 배관, 도장, 보온, 포설 등 다양하고 복잡한 작업 공정(Working process)들이 혼재되어 진행되는 대규모 프로젝트이다. 특히, 배관 공정은 프로젝트의 공종별 비중에서 약 43% 이상을 차지하므로 공정 관리 측면에서 주 공정(Critical path)상에 있는 중요한 공정으로 알려져 있다[1][2]. 따라서 해양플랜트 설계에서 수행한 2D/3D 형상과 엔지니어링 정보를 생산 공정에 호환 연동함으로써 정보 손실을 최소화하는 것이 조선소의 경쟁력 제고에 획기적인 도움이 될 것은 주지의 사실이다.

한편, AVEVA Marine/Plant Design Management System (이하 PDMS)는 해양플랜트의 레이아웃 설계 및 검토에 널리 사용되는 해양플랜트 전용 3D CAD 프로그램[3]으로, 해양플랜트의 3차원 형상 모델링 및 엔지니어링 속성 정보를 데이터베이스화하여, 각종 프로젝트 도면 및 문서를 체계적으로 생성하고 관리한다. 그리고 설계된 2D/3D 형상 및 엔지니어링 정보들은 해양플랜트의 복잡하고 다양한 구조물과 의장품들의 제작, 조립, 설치 등의 작업에 사용된다. 그런데 현재 국내 조선소에서 사용하고 있는 배관 공정 관리 시스템(Piping process management system)은 호선, 블록, 스푼(Spool) 등 자재를 인식할 수 있는 BOM(Bill of material), 제작 및 설치 일정, 작업 진행 등 정보들은 PDMS와 공유하여 관리하고 있으나, 연관된 2D 도면 혹은 3D 형상 정보는 시스템 내에서 통합 관리하고 있지 않다[4]. 때문에 설계 변경이나 오작으로 인해 현장 작업자들이 연관된 재작업을 위해 2D 도면 혹은 3D 형상 정보를 참조하고자 할 경우에는 시스템 내의 패키지 번호(Package Nr.), 배관라인 번호(Line Nr.), 스푼번호(Spool Nr.) 등의 고유 배관 식별 번호를 찾아 설계 부서에 요청을 하거나 별도의 도면용 데이터베이스에서 찾아야 하므로 다소 시간이 소요되는 경우가 빈번히 발생하여 공정 지연에 큰 영향을 미친다.

기존의 배관 공정 관리 시스템을 기반으로 해양 플랜트 건조 현장에서 자주 발생하는 배관 공정상의 문제점들을 살펴보면 다음과 같다.

### (1) 작업시 내부 구조 파악의 어려움

해양플랜트는 Fig.1에 보는 바와 같이 구조 부재, 배관, 장비 등이 그물처럼 복잡하게 얽혀 있는 거대한 구조물이다. 때문에 건조 진행에 따라 선행 작업과의 관계

및 상호 연관 작업이 더욱 더 복잡해지고, 잦은 설계 변경으로 인한 재시공 작업 등으로 복잡한 구조물 내부의 관련 정보 파악이 어렵다.

### (2) 3D 시각화 도구 활용의 어려움

설계 및 엔지니어링 정보에 대한 이해와 교육 수준이 상대적으로 낮은 현장 작업자들에게는 시각적 도움을 제공하는 도구가 3D뷰(View) 위주의 소프트웨어[5]들이 제공되므로 생산 단계에서 활용할 수 있는 기능이 제한되어 있다. 따라서 현장 작업자는 배관 식별 번호 정보와 2D 도면으로만 3D 형상 구조물의 작업 영역을 파악해야 하므로, 작업자의 숙련도와 역량에 따라 작업 효율성에 큰 차이를 보인다.

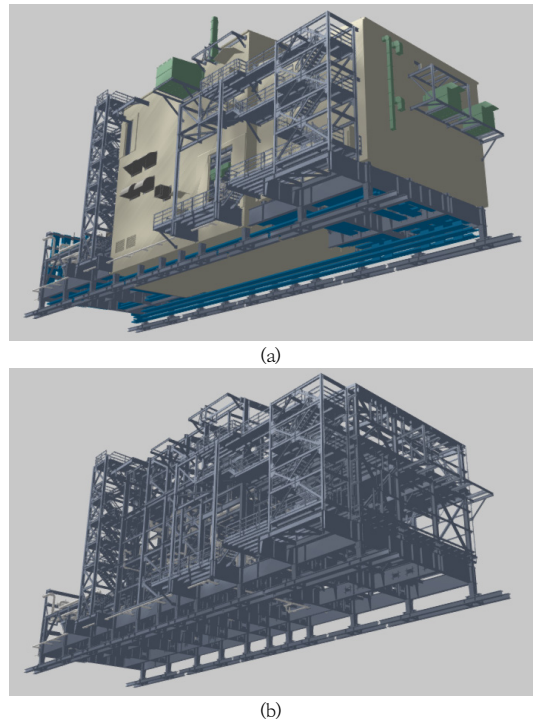


Fig. 1. A part of offshore plant: water injection module  
(a) Module with architecture, structure, piping, equipment and HVAC (b) Module with structure and piping

### (3) 3D CAD 모델 활용의 어려움

해양플랜트 3D CAD 프로그램인 PDMS는 높은 정밀도와 대용량의 다양한 엔지니어링 정보들을 포함하므로 고사양/고성능의 컴퓨터를 필요로 한다. 그런데 실제 현장에서 사용하는 컴퓨터의 성능이 낮아서 3D 설계 모델

을 보기 위해 구동하기가 어렵거나 불가능하여 활용이 어렵다.

#### (4) 통합 공정 관리의 어려움

약 200,000개 이상의 파트로 구성된 해양 플랜트의 관리를 위해 기존의 통합 공정관리시스템은 공정 관리 전문가가 아닌 현장 작업자의 측면에서 데이터를 파악하기 어려워 실제 현장 작업 시 그 활용도가 떨어진다. 또한, 자원 관리와 공정 관리 그리고 도면 관리를 위한 연관된 데이터들이 분산 독립되어 관리되고 있어서 연관된 자료를 효율적으로 공유하여 관리하는 것이 어렵다.

#### (5) 효율적인 공정 계획의 어려움

평균 2년 이상의 건조기간을 가지는 해양 플랜트의 경우 다양한 공정 간 일정 조율과 효율적인 계획 수립이 공사 비용 및 기간에 중요한 영향을 미친다. 그런데 기존 시스템에서 제공되는 시뮬레이션 기능의 경우 키프레임(Key frame)을 통한 단순한 애니메이션 제작 기능만 제공하고 실제 데이터베이스와 연동되는 공정 시뮬레이션은 불가하거나 복잡한 기능으로 인해 사용성이 떨어져 활용되지 않고 있다. 이로 인해 효율적인 공정 계획 수립이 어렵거나 해당 직무를 위한 추가 인력이 투입으로 부가 비용이 발생하거나 공기 연장의 주요 원인이 된다.

상기의 문제점들을 해결하기 위해 본 연구에서는 3D 모델 기반 배관 공정 모니터링 시스템을 개발하였다. 개발된 시스템은 PDMS와 MRP(Manufacturing resource planning)시스템과 연동하여 자원 정보, 공정 정보 그리고 2D 도면 정보들을 실시간으로 3D CAD 모델과 함께 시각적으로 공정 진행 상황을 모니터링할 수 있도록 구현하였다.

## 2. 관련 연구 동향

배관 공정과 관련하여 수행된 연구는 다음과 같다. Ham et al.[1]은 해양플랜트의 공정 지연의 원인이 되고 있는 배관 제작 및 설치에 대한 리드타임(Leadtime) 예측 모델을 회귀식으로 구성하여 납기 지연에 의한 비효율성을 최소화하고자 하였다. Park and Woo[2]은 해양 플랜트 배관재의 설계, 제작, 설치, 검사 등 전 공정 분석을 통해 공정별 개선 필요 항목을 정의하고, 통합 배관 공정관리 시스템 구축을 위한 데이터 구조를 제안하였다. Yan[6]은 배관 설치 계획에 제약 사항들을 알고리즘화하

여 자동으로 조립순서 정보를 도출하는 시스템을 구현하였다. DSME [7]는 2D 배관 시스템과 3D 배관 시스템에서 2D 도면과 3D 모델간의 검증을 ISO 15926 xml 파일 포맷을 사용하여 자동으로 수행하는 방법을 제안하였다.

배관 공정 관리 시스템에 관한 연구로는, SHI[4]가 배관 설계 정보로부터 배관 정보 추출부, 작업 난이도 설정부, 개별 작업 비율 설정부, 실적 관리부, 실적 데이터베이스를 포함하는 배관 작업 관리 시스템과 그 방법을 제안하였는데, 3D CAD모델 정보를 자원 관리 정보와 함께 통합 관리하지 않기 때문에 서론에서 기술한 현장 작업에서의 문제점들을 가진다. Lee[8]은 3D 시뮬레이터 기반 해양플랜트 공정 관리 시스템의 개념도를 제안하였으며, 본 연구에서 개발한 3D CAD 기반 배관 공정관리 시스템을 통해 부분적으로 구체화되었다.

## 3. 시스템 설계 및 구성

해양플랜트 배관 설계는 FEED설계(Front end engineering design)에서 산출된 배관 사양서(Piping specification), 메이커(Maker) 선정, 개념도 등을 참조하여 구체적인 P&ID(Piping and instrument diagram) 도면을 작성하면서 시작된다[2]. 그리고 P&ID도면으로부터 구조물과 장비간의 연결 관계 혹은 간섭을 고려하여 PDMS에서 3D 배관 생산 설계가 수행되고, 설계된 3D 배관 모델로부터 원자재 발주를 위한 BOM을 포함한 배관 제작도, 배관 설치도, 검사용 패키지(Package)에 대한 ISO도면 등이 작성된다. 배관 공정 관리 시스템은 PDMS의 엔지니어링 정보와 BOM으로부터 배관재의 구매, 조달, 제작, 설치 그리고 검사를 관리한다. 이때 일반적으로 배관 제작도(Fabrication drawing)와 설치도(Installation drawing) 그리고 검사용 ISO 도면(Isometric drawing) 등은 별도로 관리된다. 또한, 현장 작업자가 3D 배관 구조물의 형상을 참조하고자 할 때는 배관 설계 부서에 요청하거나 NAVIS-WORKS[5]를 통해 한정된 기능으로 확인이 가능하다. 이러한 문제점을 개선하여 본 연구에서는 Fig. 2와 같이 배관재 엔지니어링 정보, ISO 도면 그리고 기존의 공정 관리 시스템과 연동하여, 공정 진행 과정을 3D 배관 구조물 모델과 연결함으로써 실시간 배관 작업 상황을 시각적으로 검토할 수 있는 3D CAD 모델 기반 배관 공정 모니터링 시스템을 구현하였다.

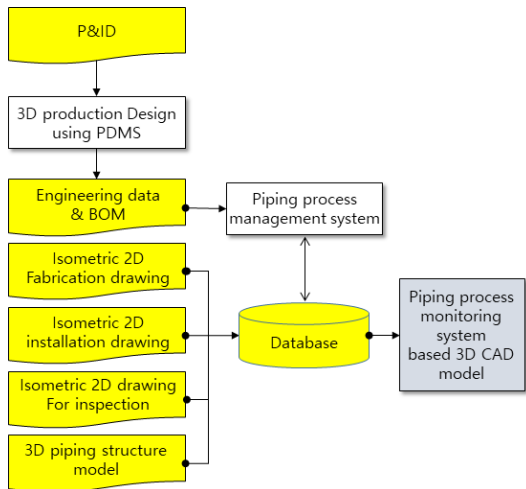


Fig. 2. System architecture for piping process monitoring system based on 3D CAD model

본 시스템은 Fig. 3에서와 같이 달력(Calender), 작업 진행 요약(Working process summary), MRP자료(Manufacturing resource planning data) 그리고 3D CAD모델 부분이 상호 연동되도록 구성되어 있다. 달력에는 해당 날짜에서 작업한 내용이 작업 진행 요약과 연동되어 나타난다. 그리고 작업 진행 요약은 배관재의 총

수량, 입고 및 탑재 량, 금일 설치된 수량 그리고 설치 완료율과 잔여수량 등을 포함하며, 해당 배관 작업의 진행 상황은 실시간으로 3D CAD 모델과 연결된다. MRP자료는 배관의 라인 번호(Line Nr.), 스푼 번호(Spool Nr.), ISO 도면 번호, 패키지 번호(Package Nr.), BOM 정보 등을 포함한 기존의 배관 관리 시스템의 데이터베이스와 공유하며, 필요시 관련 ISO 도면들을 볼 수 있도록 하였다. 또한, 배관 작업 진행 상황은 배관 설치 공정에 필요한 정보 즉, 블록(Bolck), 크기(Size), 재료(Material), 시스템(System) 등과 검사 공정에 필요한 정보 즉, 청소(Flushing), 수압검사(Hydro test), 공압검사(Pneumatic test), 복구(Reinstatement) 등의 목적에 따라 3D CAD 모델에 시각화될 수 있도록 하였다.

개발 환경은 Visual Studio 2017 C#을 이용하여 표준 GUI를 구축하고, 3D 모델링에는 UNITY3D[9]를 사용하였으며, 상호 데이터 교환 및 연동을 위한 인터페이스 기술은 독자 개발하여 적용하였다.

#### 4. 3D CAD 모델 기반 배관 공정 모니터링 시스템

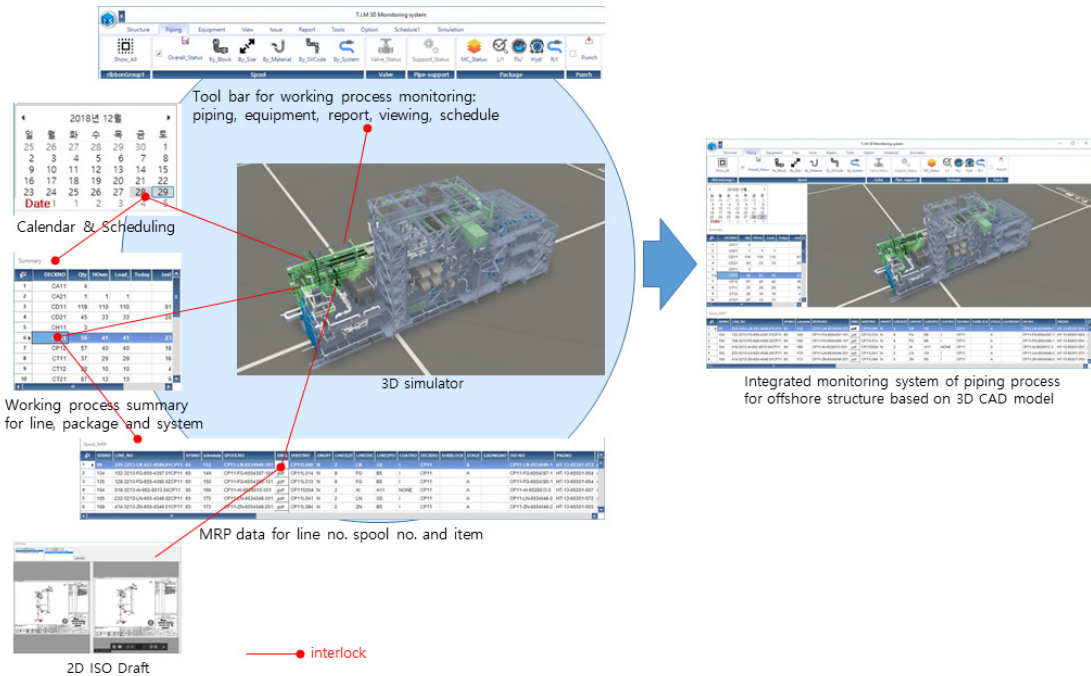


Fig. 3. Offshore plant piping process monitoring system based on 3D CAD model

본 시스템은 3D CAD 설계의 형상 및 엔지니어링 정보를 생산 현장의 작업자들에게 손실없이 제공함으로써 현장 배관 작업의 효율성 향상에 기여하는 것을 목적으로 개발되었다. 이를 위해 PDMS에서 설계된 3D CAD 모델, 작업 진행 상황 그리고 생산 및 검사에 필요한 2D 도면 확인 등이 상호 연동될 수 있도록 통합하였다(Fig. 3). 시스템의 구체적인 특성을 살펴보기 위해 Table 1과 Fig. 4의 해양플랜트 냉각수 주입 모듈(Water injection module)에 시스템을 적용하였다.

Table 1. List of items organized in water injection module

Item	Symbol	Unit	Value
Spool	SPL	ea	434
Isometric drawing	ISO DWG	sheet	324
Package	PKG	ea	85
Punch	-	ea	21

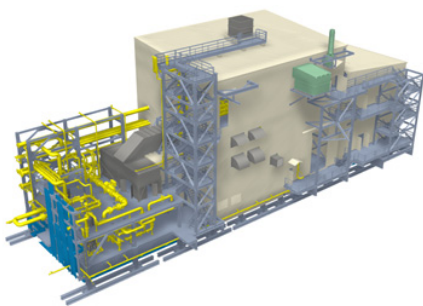


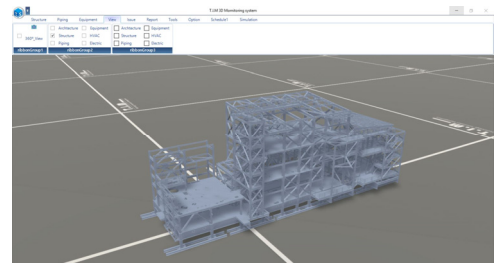
Fig. 4. 3D CAD Model on water injection module

Fig 4는 PDMS에서 설계된 냉각수 주입 모듈의 3D CAD 모델과 사용된 배관 항목을 나타낸다. 여기서 스푼(Spool)은 배관 시공시 최소 단위, ISO 도면은 배관 설치에 필요한 3D 형상의 2D 도면, 패키지(Package)는 배관 검사를 위한 최소 단위 그리고 펀치(Punch)는 패키지별 배관 검사 후 발생한 문제점 혹은 수정 사항을 나타내는 문서를 말한다.

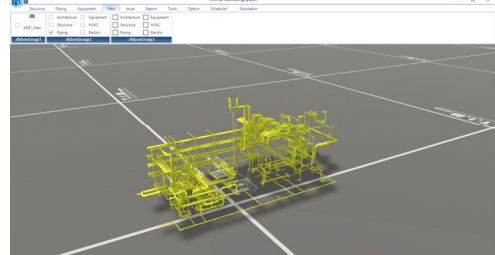
#### 4.1 3D CAD 모델의 분리 및 결합

해양플랜트는 구조 부재들, 다양한 배관들, 여러 기계장비들 그리고 기타 의장품들이 복잡하게 얽혀서 배치되어 있으므로 현장에서 2D 도면만으로는 작업의 우선순위를 판단하기 어려워 높은 오작 발생률의 주요 원인이 된다. 때문에 해양플랜트를 선실(Architecture), 구조물(Structure), 배관(Piping), 기계장비(Equipment), 환풍

장치(HVAC), 전로(Electric)에 대한 각각의 3D CAD 모델을 분리 혹은 결합을 통해 시스템 내에서 시뮬레이션(Simulation) 할 수 있도록 하여 작업 대상을 쉽고 효율적으로 파악할 수 있도록 하였다.



(a)



(b)

Fig. 5. Examples of 3D CAD Model decomposition (a) Structure (b) Piping

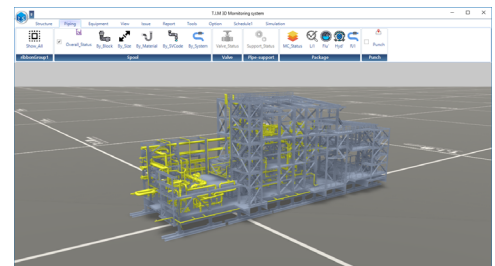


Fig. 6. An example of 3D CAD Model composition

Fig. 5는 Fig. 4의 3D CAD 모델에서 구조물과 배관만 분리하여 시스템 내에 구현한 예를 나타내고, Fig. 6은 구조물과 배관만 결합한 3D CAD 모델을 나타낸다.

#### 4.2 내부 구조의 3D 시각화

시스템의 교차 단면(Cross section)을 이용하여 작업할 영역의 내부 구조를 보다 쉽게 이해할 수 있도록 하였다. 교차 단면은 xyz의 중심축을 이동하면서 교차되는 단면을 기준으로 구조물의 내부 단면을 보여주는 기능으로, PDMS나 NAVISWOKS에서는 지원하지 않는다.

Fig. 7은 xyz의 중심축을 기준으로 교차되는 내부 구조의 단면을 나타낸다.

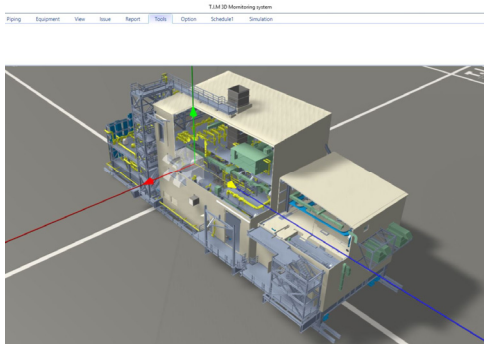


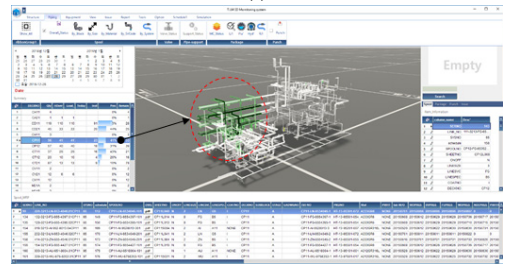
Fig. 7. An example of cross section function

### 4.3 공정 진행 과정의 3D 시각화

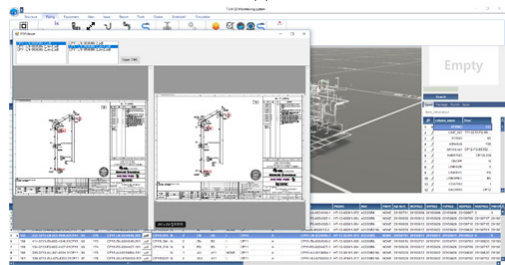
배관 공정 진행의 3D 시각화는 배관 설치용 기능과 배관 검사용 기능으로 구분할 수 있다. 배관 설치용 기능은 배관 시공 작업시 작업자가 블록(Block), 크기(Size), 재료(Material), 시스템(System) 등으로 작업의 진행 상황을 3D CAD 모델에서 확인하고 관련 ISO 도면을 검토하기 위해 사용되고, 배관 검사용 기능은 배관 시공 후 청소(Flushing), 배관 직접 검사(Line inspection test), 수압검사(Hydraulic test), 공압검사(Pneumatic test), 복구(Reinstatement) 등의 작업에 대한 진행 상황을 3D CAD 모델에서 확인하기 위해 사용된다. Fig. 8은 블록에 속하는 배관들의 작업 진행 상황을 3D CAD 모델과 연동하여 사용자에게 형상 정보와 MRP 정보를 지원하고, ISO도면을 확인하는 예를 나타낸다. 각 날짜에 해당하는 작업 진행 상황이 작업 진행 요약 창에서 확인할 수 있으며(Fig. 8(a)), 동시에 관련 항목의 배관 위치와 MRP 정보를 3D CAD 모델과 MRP 자료 창에서 확인할 수 있다.(Fig. 8(b)) 그리고 MRP 자료 창에서 배관 항목을 선택하면 Fig. 8(c)와 같이 ISO도면으로 직접 연결된다. 기존의 시스템에서는 작업 진행 상황을 수치적으로만 확인되므로, 설계 변경 혹은 오작 발견 시 3D 구조를 파악하여, 추가 작업에 필요한 도면을 확인하는데 다소의 시간이 소요되나, 본 시스템의 경우 실시간 확인이 가능하므로 작업 효율성 향상에 획기적으로 기여할 것으로 예상된다.

DECKNO	Qty	HOver	Load	Today	Inst	Perc	Remain
1	CA11	4				0%	4
2	CA21	1	1	1		0%	1
3	CD11	119	110	110	91	3%	28
4	CD21	45	33	33	20	44%	25
5	CH11	3				0%	3
6	CP11	56	41	41	23	41%	33
7	CP12	57	40	40	18	31%	39
8	CT11	37	29	29	16	43%	21
9	CT12	20	10	10	4	20%	16
10	CT21	87	13	13	9	10%	78
11	CV11	2				0%	2

(a)



(b)



(c)

Fig. 8. An example of 3D model and ISO draft visualization for piping work process defined by block

(a) Working process summary (b) 3D visualization of pipes defined by block according working process (c) 3D visualization of pipes defined by block according working process

### 4.4 펀치

펀치(Punch)는 배관 검사 후 검사 날짜, 문제점의 내용 및 위치, 처리 여부 등을 해당 작업 영역에 표기하는 기능이다. Fig. 9는 검사 후 3D CAD 모델 상에 문제 사항을 표기한 예를 나타낸다. 기존에는 펀치 내용을 ISO 도면에 직접 표기하거나 사진을 찍어 공정 관리 부서에서 별도로 저장하였다. 때문에 펀치 처리 여부를 확인하기 위해서는 패키지 번호와 관련 도면을 찾아서 참조하는데 많은 시간이 소요되었다. 본 시스템의 펀치 기능은 3D CAD 모델에 직접 문제 사항을 표기하고, 동시에 MRP 정보가 연동되어 사용자에게 제공된다.

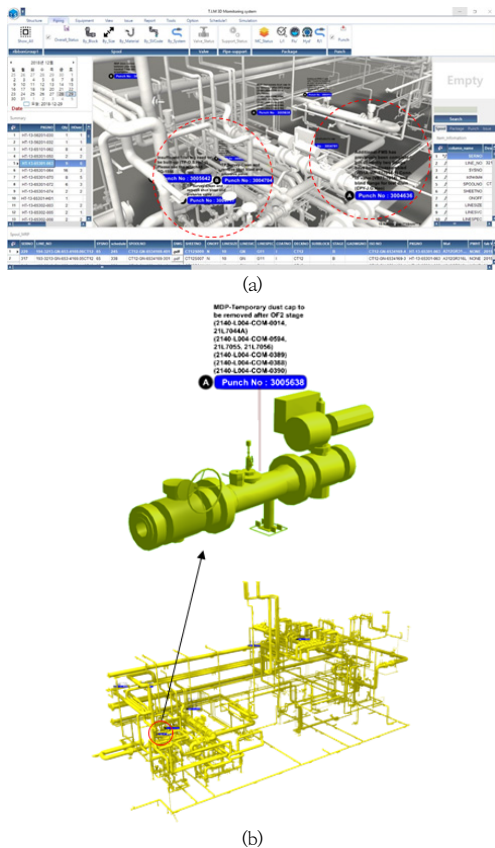


Fig. 9. An example of punch function of system  
 (a) 3D CAD model showing punch in system (b) An example of punch on a certain of pipe

## 5. 결론

해양플랜트 공정 관리를 최적으로 수행하기 위한 많은 연구가 지속적으로 수행되어 왔다[1][2][4] [6][7][10]. 그러나 해양플랜트 특성상 잦은 설계 변경이나 오작으로 인해 재공정이 필요한 경우 현장에서 작업자가 신속하게 작업 영역에 대한 파악이 수행되지 않아 작업 시수와 경제적 손실이 빈번히 발생하는 것이 현실이다. 본 연구는 이러한 배경에서 3D CAD 모델 기반 배관 공정 모니터링 시스템을 개발하였다. 시스템의 특성을 정리하면 다음과 같다.

- (1) 3D CAD 모델을 시스템 내에서 재구성하여 분리와 결합 그리고 교차 단면 기능을 통해 작업자들이 작업 영역에 해당하는 입체적인 내부 구조를 보다 더 잘 이해할 수 있도록 하였다.

- (2) 공정 진행 과정을 3D CAD 모델에서 시각화하고, 필요시 관련 ISO 도면을 실시간으로 참조할 수 있게 함으로써 설계 변경으로 인한 작업 이해도 파악이 신속하게 이루어 질 수 있도록 하였다.
- (3) 배관 검사 후 펀치 내용을 3D CAD 모델에 직접 작성함으로써 펀치 처리 진행을 효율적으로 운영할 수 있게 하였다.
- (4) 배관 공정의 진행 상황을 포함한 엔지니어링 정보를 3D CAD 모델과 실시간 상호 연동하는 3D CAD 기반의 일체화된 배관 공정 모니터링 시스템을 구현하였다.

개발된 시스템은 3D CAD 배관 모델과 엔지니어링 정보들을 연동하여 시스템으로 구현함으로써 현장 작업 영역에 대한 신속하고 정확한 파악에 많은 기여를 할 것으로 판단된다. 향후 본 시스템은 조선소, 선주, 선급과 함께 동일한 시스템으로 3D CAD 모델을 적용한 작업 공정 모니터링을 수행할 경우 상호간 의사소통에 그 효용성은 더욱 클 것으로 기대된다.

## References

- [1] D. K. Ham, M. G. Back, J. G. Park, J. H. Woo, "A Study of Piping Leadtime Forecast in Offshore Plant's Outfittings Procurement Management", *Journal of the Society of Naval Architecture*, Vol.53, No.1, pp.29-36, 2016.  
DOI: <https://doi.org/10.3744/SNAK.2016.53.1.29>
- [2] J. G. Park, J. H. Woo, "A Study of Process Management Method of Offshore Plant Piping Material", *Journal of the Society of Naval Architecture*, Vol.55, No.2, pp.124-135, 2018.  
DOI: <https://doi.org/10.3744/SNAK.2018.55.2.124>
- [3] AVEVA, "AVEVA(12.1) PML PLant & Marine TM-1401", *Training Guide*, 2013.
- [4] Samsung Heavy Industries(SHI), "Piping Work Management System and Method", *Patent application number 10-2015-0087612*, Korean Intellectual Property Office, 2015.
- [5] NAVISWORKS, <https://www.autodesk.co.kr/products/navisworks/overview> (accessed Oct. 21, 2019)
- [6] W. Yan, "Automatic generation of assembly sequence of the planning of outfitting processes in shipbuilding", *Journal of Ship Production and Design*, Vol.28, No.2, pp.49-59, 2012.  
DOI: <https://doi.org/10.5957/ISPD.28.2.120002>
- [7] Daewoo Shipbuilding & Marine Engineering(DSME), "Method of validation check for piping 2D & 3D

- information”, *Patent application number 10-2015-0012344*, Korean Intellectual Property Office, 2015.
- [8] G. H. Lee, “3D Simulation and Monitoring System and Method for Manufacturing Process Management of Offshore Plant”, *Patent application number 10-2017-0101698*, Korean Intellectual Property Office, 2017.
- [9] UNITY3D, <https://unity3d.com/get-unity/download> (accessed Oct. 21, 2019)
- [10] H. C. Kim, J. M. Kim, “Development and Working Efficiency of Supporting Program for the Parametric Electrical Outfit Production Design of Offshore Plant Based on PML”, *Journal of Ocean Engineering and Technology*, Vol.33, No.3, pp.205-213, 2019.  
DOI: <https://doi.org/10.26748/KSOE.2018.089>

김 현 철(Hyun-Cheol Kim)

[중신회원]



- 1995년 2월 : 부산대학교 조선해양공학과 (공학석사)
- 2004년 2월 : 독일 베를린공대 조선해양공학과 (공학박사)
- 2004년 4월 ~ 2012년 2월 : 삼성중공업 책임연구원
- 2012년 3월 ~ 현재 : 울산과학기술대학교 기계공학부 부교수

<관심분야>

조선해양 시스템설계, 선박설계 및 성능평가,

이 규 홍(Gyu-Hong Lee)

[정회원]



- 2001년 2월 : 동우대학교 사무자동화과 (전문학사)
- 2002년 4월 ~ 2017년 4월 : 청운해양 해양사업부 차장
- 2017년 7월 ~ 현재 : ㈜팀솔루션 CTO

<관심분야>

조선해양 시스템설계, 머신러닝, 정보통신