

## 3차원 역설계 기반 MEP 시설물 관리 작업 개선 방안 도출

강태욱\*, 김지은<sup>1</sup>, 정택선<sup>2</sup>  
<sup>1</sup>한국건설기술연구원  
<sup>2</sup>(주)차후

### Study on 3D Reverse Engineering-based MEP Facility Management Improvement Method

Tae-Wook Kang<sup>1\*</sup>, Ji-Eum Kim<sup>1</sup>, Taek-Sun Jung<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Korea Institute of Construction Technology

<sup>2</sup>CHAHOO Limited

**요약** 연구의 목적은 3차원 역설계 기술을 기반으로 MEP (Mechanical, Electrical and Plumbing) 시설물 유지관리 작업의 효율성을 개선할 수 있는 방안을 도출하는 것이다. 최근, 3차원 이미지 스캔 기반 역설계 기술이 건설, 건축, 구조, 플랜트 분야에서 많이 활용되고 있다. 특히, 객체 수가 많고, 형태가 복잡한 MEP 설비의 경우, 여러 번의 시설물 관리 작업으로 인해 도면과 상이한 경우가 많아, 최근 반도체 공장, 플랜트, 빌딩 MEP 등을 중심으로 많이 활용되고 있다. 3차원 이미지 스캔을 통해 획득된 3차원 포인트 클라우드는 대상물의 정밀한 3차원 정보를 포함하고 있어, 이를 잘 활용한다면, 시설물 관리 등 다양한 유스케이스에 필요한 객체 정보를 추출할 수 있다. 특히, 형태가 복잡한 MEP 시설물 관리 작업의 효율성을 개선할 수 있다. 본 연구에서는 이와 관련된 기술 동향을 조사하고, 이를 기반으로 3차원 역설계 프로세스를 분석한다. 분석한 결과를 바탕으로, MEP 시설물 관리 작업의 개선 방안을 도출하고, 그 효과를 기술한다.

**Abstract** The objective of this research is to develop a method of improving MEP facility management based on 3D reverse engineering. Recently, 3D image scanning-based reverse engineering has been implemented in the fields of architecture, construction and (manufacturing). In the case where there are many objects and the MEP system is complicated, 3D reverse engineering is applied in semiconductor factories, because facility maintenance works cause the 2D drawing to be different from the original one. The 3D point cloud data obtained from 3D image scanning contains accurate data and can increase the efficiency of complicated MEP facility maintenance works. For this purpose, the present research studied the technology trends and analyzed the process of 3D reverse engineering. Based on the results, a method of improving MEP facility management is established and its effects described.

**Keywords** : 3D Image Scan, Facility Management, Reverse Engineering, MEP, Point Cloud

### 1. 서론

우리나라의 경우 1970년대 이후 급속도로 건설된 국가 산업단지 내 각종 시설물들은 현재 최소 25년 이상의 노후화되었으며 이는 실시간으로 진행 되고 있다. 시설물 유지관리 관점에서 이러한 시설물들은 수명이 다하기

전 확장 및 재건설이 이루어지거나 아직 공용수명이 남아 있는 상태로 유지관리의 필요성이 적은 편이었다. 그러나 최근 국가 발전이 점차 성숙기에 접어들면서 신규 건설에 대한 지출은 감소하고, 유지관리 분야에 대한 지출이 점진적으로 늘어나는 추세이다[9].

이에 따른 노후 구조물의 증가는 관리 비용의 증대로

본 연구는 2016년 산업통상자원부 (3D객체 역설계 기반 MEP 설비 유지관리 시스템 개발)과 국토교통부 (무인항공기(드론)를 활용한 도로관리/운영 효율화 방안)연구비지원에 의해 수행됨

\*Corresponding Author : Tae-Wook Kang(Korea Institute of Construction Technology)

Tel: +82-10-3008-5143 email: laputa99999@gmail.com

Received May 9, 2016

Revised (1st June 8, 2016, 2nd July 20, 2016)

Accepted August 11, 2016

Published August 31, 2016

이어져 유지비 상승을 야기 시키고, 정확한 안전 진단과 유지보수가 이루어지지 않을 경우 심각한 안전 문제로까지 이어질 수 있는 상황이다. 이와 더불어 최근 플랜트와 같은 MEP 시설물에 대한 LCC (Life Cycle Cost) 최소화, 유지관리 비용의 절감, 환경부담 경감 등을 목적으로 시설물의 장기 수명화가 새로운 과제로 부각되고 있다. 따라서 기존 시설물들의 효율적인 유지관리를 위해 노후화된 기존 시설물들을 점검하고 문제 발생에 대한 사전적 예방과 대응이 가능한 시스템 구축이 필요한 실정이다.

이에 연구 범위를 기존 산업단지 내 대부분을 차지하는 MEP 시설물에 초점을 맞춰 3차원 역설계 기술을 기반으로 한 효과적인 MEP 시설물 유지 관리 방안을 도출해 보고자 한다. 다만, 이와 관련된 국내 연구는 아직 초기 단계이며, 정량적으로 확인할 만한 사례가 많이 공개되지 않은 분야의 특성을 고려하여, 실무적인 역설계 프로젝트를 진행한 엔지니어링 실무자들을 대상으로 한 전문가 자문을 통해, 연구 내용과 결과를 도출하고자 한다.

## 2. 연구 방법 및 동향 조사

### 2.1 연구 방법

본 논문의 연구 방법은 다음과 같다. 우선, 본 연구와 관련된 기술동향을 조사하고, 분석해 본다. 이후, 조사된 기술과 관련 전문가 자문을 통해 시설물 유지관리에 적용할 수 있는 역설계 기술, 문제점 및 프로세스를 분석하고, 이를 고려해, MEP 시설물 유지관리 작업을 개선할 수 있는 유스케이스를 도출해 본다. 본 연구의 흐름은 다음 그림과 같다.

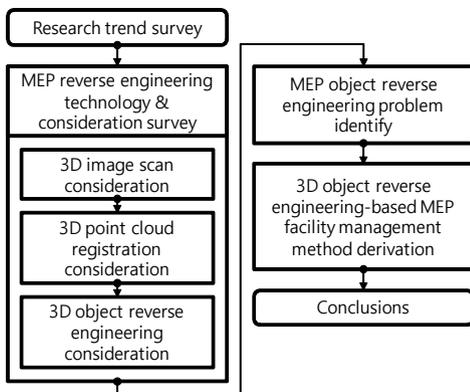


Fig. 1. Research Flow

### 2.2 연구 동향 조사

건설 분야에서 3차원 이미지 스캔 기반 역설계 기술이 본격적으로 활용된 것은 몇 년 되지 않았다. 최근 역설계 기술이 건축, MEP, 플랜트 등의 다양한 분야에 적용한 사례가 급격히 늘고 있는 배경에는 BIM (Building Information Modeling) 기술이 공공발주로 의무화되기 시작하고, 스캐닝 결과물인 3차원 포인트 클라우드를 효과적으로 처리하기 위해 필요한 컴퓨터 성능, 수치해석 알고리즘, 보급형 스캐닝 장치의 출현 등이 맞물린 결과이다.

3차원 이미지 스캔 역설계기반 MEP 시설물 유지보수 분야는 최근 몇 년 사이에 연구가 되기 시작하였다. 이와 관련된 기술 동향을 살펴보면 다음과 같다.

건축 MEP 역설계 지침 개발을 위한 프로세스 기초 연구가 있었다[1]. 이 연구는 역설계 지침에 초점을 맞춘 프로세스 기초 조사 연구로, 본 연구인 유지보수 작업 개선 방안 도출과는 차이가 있으나, MEP 역설계 지침 연구 전에 사전 조사 작업으로 의미가 있다.

비정형 건축물 외장재를 이용한 건축자재 품질 관리 프로세스에 관한 연구가 있었다[2]. 이 연구는 건축자재 품질 관리 관점에서 프로세스를 조사하였다.

리모델링 프로젝트의 역설계 적용을 위한 최적 3차원 레이저 스캐닝 정보 획득 방법에 관한 연구가 있었다[3]. 이 연구는 리모델링 프로젝트 관점에서 스캐닝 정보를 취득하는 방법에 대해 초점이 맞춰져 있다.

포인트 클라우드 기반 MEP 객체 역설계 처리를 위한 시스템 아키텍처에 대한 연구가 있었다[4]. 지상 LiDAR (Light Detection and Ranging) 를 이용한 건축 구조물을 BIM 모델로 공간정보 구축하는 것과 관련된 연구가 있었다[5]. 이 연구는 BIM 모델 구축 방법에 대해 초점이 맞춰져 있다.

노후화 시설물 건전성 모니터링을 위한 연구가 있었다[6]. 이 연구는 모니터링 방안만 간단하게 제시한 수준이다.

레이저 스캐닝 데이터를 이용한 터널 손상 부위 검출 알고리즘에 대한 연구가 있었다[7]. 이 연구는 터널 분야에 대한 손상 검출 알고리즘 제공에 초점이 맞춰져 있다.

영상 기술을 활용한 콘크리트 외관 스캐닝 방법에 대한 연구가 있었다[8]. 이 연구는 콘크리트 외관 스캐닝 방법에 대한 것으로 MEP 시설물 유지보수 방안 개선 연구와는 큰 관계가 없었다.

플랜트 배관 역설계를 위해 스캐닝 데이터의 최적화된 매칭에 관한 연구가 있었다[11]. 이 연구는 3차원 레이저 스캐닝을 이용하여 배관데이터를 취득하고 3차원 설계모델과 형상정보의 매칭 알고리즘을 개발하여 결과를 도출하였다.

리모델링의 역설계 적용을 위해 3차원 레이저 스캐닝 정보 획득 방안에 대한 연구가 있었다[12]. 이 연구는 역설계 프로세스 가운데 3차원 형상정보 획득을 위한 최적의 포인트 데이터 획득 정밀도를 제한하고 있다.

3차원 이미지 스캔, 역설계 및 시설물 관리와 관련된 기술 동향 조사 결과, 기존의 대부분 연구들은 3차원 역설계를 위한 이미지 스캔 기술과 역설계 모델링 기술 및 활용에 초점을 두고 있었다. 이는 아직까지 역설계에 대한 관련 연구 및 사례가 미흡하여, 효과적 역설계 결과도출을 위한 기술, 프로세스 등에 초점을 맞춘 연구들이 주로 수행되고 있었다. 본 연구는 기존 MEP 시설물 유지관리 작업방식에서 나아가, 3차원 역설계 작업결과를 바탕으로 MEP 시설물 유지관리의 효율적 작업을 위한 개선방안을 연구하고 도출한다.

### 3. MEP 역설계 기술 조사 및 고려사항

본 장에서는 BIM 모델링 경험이 있는 역설계 실무 경력이 5년 이상인 전문가 4명의 자문을 통해, MEP 유지보수에 필요한 역설계 기술을 조사하고, 역설계 기술의 문제점 및 고려사항을 도출해 보았다.

자문 내용은 역설계 프로세스를 구성하는 주요 단계인 3차원 이미지 스캔, 데이터 정합 (Registration), 모델링부분으로 나누어, 각 단계의 목적, 기술 및 문제점을 질문하였다. 자문은 2015년 6월 부터 9월까지 6회 자문이 이루어졌으며, 이런 과정을 통해, 효율적인 역설계 작업에 필요한 고려사항을 도출하였다.

#### 3.1 3차원 이미지 스캔

3차원 이미지 스캔 기술은 대상 물체가 가지는 형상 정보를 취득하기 위한 단계이다. 이를 위해 스캐너와 타겟 (Target)을 위치 시켜야 한다. 여기서 타겟은 취득신호의 세기 (Reflection)가 매우 높은 물체로써, 데이터 취득의 다음과정인 데이터 정합을 위해 사용되며, 일반적으로 마커 및 구(球)형 타겟인 스피어 타겟이 많이 이용

된다.

이 과정에서는 BIM의 활용 목적을 고려하여, 그에 맞는 스캔의 정밀도 및 스캔 횟수를 산출하고 이를 사전에 계획한 뒤, 각 스캔마다 타겟을 포함시켜 실제로 스캔을 수행한다.

3차원 이미지 스캔 시 고려사항은 Table 1과 같다.

Table 1. Consideration of 3D image scanning

No	Items	Descriptions
1	Contiguity	As the scanner and target are getting closer, the accuracy of registration is higher.
2	Prediction error	As the position of target is getting more similar to the regular triangle, the registration error is decreased. As the targets are procured more, the error is distributed and finally the registration error is decreased.
3	Fixing the position of target	The position of target has to be situated on a hard base. If it is not, the position can be changed.
4	Damage process for the position of target	When the defected target and the physical movement of target are verified, they should be removed. If they are existing during the scanning work, the registration data can have the high measuring efficiency.
5	Consideration of the optimum number of target	The number of target which has to be detected with overlapping for one scanning should be above 4 at least(general 6).
5	Consideration of the density of image scanning	The area where is required the detail works intensively scanning with the short distance of movement.
6	Consideration of office work	For office work and modeling work, the colorful photo should be obtained sufficiently at the site.
7	Consideration of security	If the equipments containing the memory like hard-disk need to be carried to inside, according to the security of sites, it has to be consulted in advance.
8	Consideration of accuracy and density of scanning	Through the preview scanning (generally 30 sec), the field scanning is worked after the position of scan. The field worker has to be well-informed the measuring range and angle of scanner, because of the different distance and angle by each equipment..
9	Reliability test of equipment	The test whether the scanner is working ordinarily is implemented before one week. Also the accuracy is analyzed using plat-target and total station.
10	Horizontality positioning	The tripod water level of scanner should be set perfectly. If not, the basement can be inclined when registration process.

### 3.2 3차원 이미지 스캔 데이터 정합

이미지 스캔 및 정합 작업을 진행하면, 대량의 포인트 클라우드 데이터가 수집된다. 이를 적절히 관리하지 않으면, 비효율적인 역설계 작업이 된다. 그러므로, 정합 시 다음 사항을 고려할 필요가 있다.

#### 3.2.1 정합 병행 작업 진행

스캔작업을 진행시 데이터 용량은 점점 증가한다. 한 지점 당 스캔 시간을 4분으로 할 경우 3시간 동안 취득한 데이터의 용량은 약 5 GB (Giga Bytes) 정도이며, 하루 동안 취득되는 데이터는 대략 10GB 이상이다. 이를 한 번에 정합 작업을 할 때에는 오랜 시간이 소요된다. 작업의 효율성을 증대시키기 위해 다음과 같은 순서로 정합을 실시한다.

- 1) 1차 스캔이 끝나면 메모리 카드를 교체하여 후처리 팀에 전달한다. 1차로 취득한 스캔데이터로 정합작업을 진행 한다.
- 2) 현장팀은 2차 스캔을 진행한다. 1차 스캔데이터의 작업진행 파악 한다. 후처리 팀이 부족한 스캔데이터를 파악해, 현장팀에게 추가 스캔을 지시한다.
- 3) 기존데이터와 추가로 수집된 스캔데이터를 병합한다. 1차, 2차 데이터를 하나의 데이터로 통합 관리한다.

#### 3.2.2 정합 작업 오류 검토 및 수정

현장에서 스캐너의 오류, 작업자의 조작 실수 등으로 스캔 옵션 사항이 바뀌는 경우가 있다. 다음은 이러한 사항에 의해 주로 바뀔 수 있는 스캐너 설정값들이다.

- 데이터의 속도, 해상도, 품질 수치 변경
- 수평계 꺼짐
- 타겟 위치 변화
- 컬러스캔 미반영

문제가 발생하면 현장팀이 이를 현장에서 발견하기 어렵다. 따라서 넘겨받은 데이터를 확인하여 후처리 팀이 확인하고 현장팀에게 이를 전달하여 작업오류를 수정할 수 있도록 한다. 또한 자동 정합 기능을 사용 시 스피어 타겟과 유사한 형태의 스캔데이터를 타겟으로 잘못 인식하는 경우가 있다. 이럴 경우 오차율이 급격히 증가한다. 이를 방지하기 위해 자동 추출한 타겟을 확인하여,

잘못 인식된 타겟을 삭제해야 한다. 반대로 스캐너와 멀리 떨어진 타겟을 인식하지 못하는 경우에는 직접 타겟을 인식시켜 정합률을 향상시킬 수 있다.

#### 3.2.3 타겟 설치 불가능한 영역의 정합

스캔작업 중에는 부득이하게 타겟을 설치할 수 없는 경우가 발생한다. 예를 들어, 20m이상의 고소지역이며 파이프의 복잡도가 높아 바닥이나 양 벽이 보이지 않는 경우는 타겟의 위치를 잡기가 어렵다. 이런 경우는 현장에서 타겟 없이 스캔 작업을 하며 후처리 팀은 포인트 클라우드를 기반으로 정합을 실시한다. 포인트 클라우드 정합은 타겟정합 방식보다 정확도가 떨어진다. 그러므로 시공오차 범위의 정밀도가 요구되는 프로젝트에서는 되도록 사용을 하지 않는 것이 좋다.

### 3.3 객체 역설계 모델링

모델링 및 BIM 생성 과정은 데이터 정합 과정으로 생성된 무수한 스캔 포인트 클라우드를 모델링하고 생성된 3차원 모델에 속성 정보를 입력한 후, 도면 등 산출물을 출력하게 된다.

BIM 모델링을 구성하는 최소단위인 객체 라이브러리는 크게 시스템 라이브러리, 컴포넌트 라이브러리로 나뉜다. 시스템은 덕트, 배관, 각종 지시선, 텍스트 등 프로젝트 파일에서 작성되고 운용되며, 컴포넌트는 장비, 피팅류, 파이프악세서리 등 외부에서 라이브러리를 만든 것이다.

모델링 시 고려사항은 다음과 같다.

#### 3.3.1 파라메트릭 라이브러리 고려

컴포넌트 라이브러리의 경우 용량 증가와 함께 프로그램 속도에 영향을 미치므로 형태를 단순화하여 용량을 줄이는 방향으로 모델링을 작성해야 한다. 따라서 같은 종류의 오브젝트를 크기 별로 만드는 것은 노동력 낭비로 인한 비효율을 야기 시키므로, 파라메트릭 기반 모델링을 실시하여야 한다. 같은 종류의 오브젝트일 경우 1개의 파일을 이용하여 배관의 커넥터 부분의 규격에 따라 크기가 변경되는 패밀리를 작성해야 효율적인 BIM 설계가 가능하다.

#### 3.3.2 LOD (Level Of Detail) 고려한 자동 모델링

배관 생성은 자동으로 모델이 작성될 수 있다. 하지

만, LOD 수준의 적합여부에 따라, 자동 혹은 수동 모델링 방법이 달라져야 한다. 배관 자동 모델링의 경우, 정형화된 배관 규격에 의거해 작성한다. 따라서 모델링 전에 규격에 대한 원칙이 필요하다.

기타 설비의 경우 LOD 수준에 따라 상당한 인력 투입 및 작업 시간이 필요할 수 있다. 만약, LOD 수준이 높다면, 적합한 모델링 소프트웨어를 이용하여 효율적으로 작업할 필요가 있다.

MEP 부분에서는 LOD 수준에 따른 공종별 속성 값 및 계통이 지정되어야 하며, 이와 관련된 객체 속성정보를 입력해야, 정확한 물량산출이 가능하다.

### 3.3.3 효율적인 데이터 관리 및 협업

BIM 프로젝트 작업 시 데이터 관리도 중요하지만 작업자간의 원활한 의사소통 또한 중요하다. Revit의 경우 네트워크상에 하나의 중앙파일에 여러 명이 개인의 로컬 파일로 생성하여 추가 작업 시 중앙파일로 업데이트를 하여, 다른 작업자가 정해진 방식에 따라 작업이 진행되고 있는지 여부를 알 수 있다. 따라서 서로의 작업에 있어 간섭을 줄일 수 있으며, 담당자는 이러한 기능을 이용하여 작업지시를 하달하고 중앙 파일을 효율적으로 관리 및 모니터링 해야 한다.

## 4. 3차원 MEP 객체 역설계 문제점

본 장에서는 4장의 자문의견 및 이를 토대로 도출한 역설계 작업 시 고려사항을 바탕으로, 현재의 3차원 이미지 스캔 기반 역설계 모델링 작업 시 문제점을 도출하였다.

### 4.1 3D 이미지 스캔 시간/공간 제약 문제

레이저 스캐너로 구조물 전체의 3D 모델을 생성하려면 여러 위치에서 대상을 스캔하고 이들 데이터를 병합하는 작업에 시간이 많이 소요되며, 시공이 진행 중인 구조물의 경우 스캔을 진행할 수 있는 시간과 장소가 제한적이다. 드론을 적용한 스캐너의 활용이나, 3D 스캐닝으로 취득한 대규모 데이터를 경량화 하여 후처리 시간을 단축시킬 수 있는 기술의 개발 및 연구가 필요하다.

### 4.2 3D 역설계 모델링 시 비효율적인 수작업

스캔 데이터를 가공하여 모델링을 도와주는 소프트웨

어 솔루션들이 시중에 많이 나와 있지만, 그 기능이 제한적이다. 다음 그림과 같이 자동으로 파이프를 생성하는 기능을 갖춘 소프트웨어가 있으나, 스캔데이터의 노이즈나 포인트가 미약한 부분에 자동으로 생성된 불필요한 파이프들은 수작업을 통해 삭제하는 작업을 거쳐야만 한다.

현재, 3D 스캐닝을 통해 평면, 파이프와 같은 간단한 형태의 모델을 자동 생성하는 기능은 지원되지만, 디테일한 모델링 작업은 수작업이 불가피하여 많은 작업 시간이 소요된다. 이러한 한계점을 극복하고자 최근 컴퓨터 비전 기술 등을 이용해, MEP BIM 모델 구축 및 업데이트를 자동화하는 연구가 활발히 진행되고 있다.

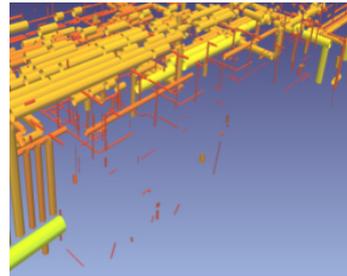


Fig. 2. Automatic modeling of pipe

### 4.3 표준 라이브러리 부족

MEP 역설계를 위해서는 각종 밸브, 펌프, 기타 설비에 대한 구성요소가 필요하다. 국내에서 사용하고 있는 대부분의 BIM 소프트웨어는 외국에서 수입된 것이어서 국내 실정하고 맞지 않거나 그 구성요소가 턱없이 부족하다. 또한 이런 라이브러리가 구축되어 있다 하더라도 역설계를 하는 장소와 환경에 따라 매우 상이하기에 새로운 라이브러리의 개발이 매번 필요하게 된다. 따라서 국내 MEP 실정에 맞는 표준 라이브러리의 구축이 필요하며 이에 따른 호환성을 개선할 필요가 있다.

### 4.4 LOD 수준에 따른 작업 품질 및 비용

LOD 수준에 따라 MEP 모델링에 필요한 시간과 비용적 측면을 무시할 수 없다. 불필요한 디자인은 시간, 비용 및 인력의 증가를 불러온다. 따라서 적절한 LOD의 개념을 이해하고 부재 표현에 있어 범위를 확실하게 정의할 필요가 있다. Table 2는 AIA (American Institute of Architects)의 LOD 규정과 MEP LOD 모델링 시 실무 관점의 요구사항을 기술한 것이다. AIA의 LOD 200의 경우, 건물의 기본 구조 부재 형상을 모델링하도록 하

고 있으므로, MEP 모델링 실무 프로젝트에서는 MEP 파이프, 덕트와 같은 객체 모델링이 필요하다. LOD 300의 경우 AIA에서는 재료 정보도 포함하도록 하고 있으므로, MEP 부재에 대한 상세한 속성정보도 포함될 필요가 있다. LOD 400에서는 샵 드로잉(shop drawing)을 요구하고 있으므로, MEP 모델링 시 2차원 도면에 표현될 수 있는 정보까지 모델링되어야 한다.

Table 2. Consideration for each BIM-based MEP design process

LOD	E202 (AIA) [10]	Requirement of MEP LOD
100 (Planning)	- Conceptual mass modeling - Formal work like scale check of building, field survey, etc.	- In this phase, the spacial information for MEP modeling is not required
200 (Schematic Design)	3D-based basic modeling - Definition of scale, cost of building, etc.	- In this phase, the choose of objects for schematic design and position data of selected objects, etc. are required
300 (Design Development)	- 3D modeling of detailed objects - Actualization of material, equipment for system	- In this phase, the data for the selection and revise of modeling objects, the detailed property and position of objects, MEP objects, MEP system is defined
400 (Construction Document)	Shop drawing & design drawing Modeling completion with size, location, etc. of material and equipment	- In this phase, the requirements of modeling object revise and MEP property/system are defined. Also the position of selected objects and the requirement for construction, 2D drawing are determined.

다음에서 모델링 된 오브젝트는 LOD 400 이상으로 작성된 시설물이다. 시설물 모델링 시 사용 용도에 따라 LOD 수준과 작업 비용은 크게 달라진다. 역설계 모델링 작업 진행시 모델의 명확한 용도를 인지한 채 작업이 진행되어야 한다.

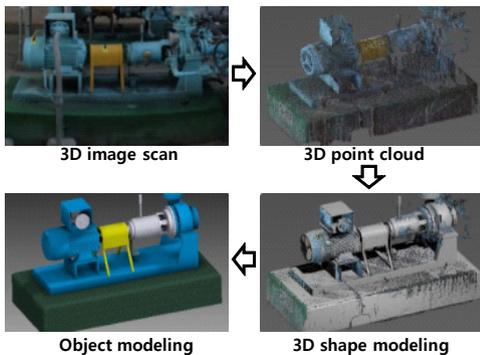


Fig. 3. Detailed modeling process of facility

## 5. 역설계 기반 MEP 시설물 관리 방안

본 장에서는 전문가 자문 의견을 바탕으로 역설계 기반 MEP 시설물 관리 방안을 도출한다.

### 5.1 역설계 기반 MEP 시설물 관리 방안

#### 5.1.1 배관 유지보수 활용

반도체, 플랜트와 같은 설비의 MEP 배관 종류 및 수는 매우 많기 때문에, 효율적인 관리가 어렵고, 문제점을 제때 찾아 해결 하기는 더욱 까다롭다. 하지만 다음과 같은 분석을 통해 미리 사고를 예측하고, 시설물을 효과적으로 관리할 수 있다.

- 1) 배관 팽창 : 내부 압력 불안정에 의해서 배관의 파손이 일어날 수 있는 현상을 검출할 수 있다.
- 2) 배관 처짐 : 자재하중에 의해서 배관의 과도한 처짐에 따라 내구력 약화 될 수 있는 상황을 검출할 수 있다.
- 3) 기울어진 배관 : 착오시공 또는 추가설비 설치에 과도한 힘이 서포터에 가해짐에 따라 전체적인 형상이 변형을 일으킨 것을 검출할 수 있다.
- 4) 배관 손상 : 현장의 작업자에 의해 의도하지 않은 물리적 충격이나, 내외부에 다른 압력차에 손상된 배관을 검출할 수 있다.
- 5) 잘못된 배관 구경 : 착오시공에 의한 잘못된 배관 검출이 가능하다.
- 6) 맞지 않은 배관: 설비로 들어가는 노즐(벨브)의 위치가 설계와 불일치하며 서포터의 착오 시공에 따라 전체적인 배관의 위치가 틀어진 경우를 검출할 수 있다.

#### 5.1.2 효과적인 시설물 관리 빅 데이터 구축

스캐너를 통해 수집하고 정합과 모델링 거쳐 속성 정보까지 입력된 시설물 정보는 도면정보, 스캔정보, 관리 이력 등을 포함하는 시설물 빅 데이터의 자원이 된다. 이는 시설물 이력 관리를 체계적으로 할 수 있으며 정보를 분석하고 노후화, 교체 시기 등을 예측 할 수 있는 토대가 된다.

#### 5.1.3 시설물 개선 및 교체 기성검수

3차원 스캔데이터를 통한 시설물 교체, 시공오차 분석 및 전환설계 시 시공 정합성 검수가 가능하다.

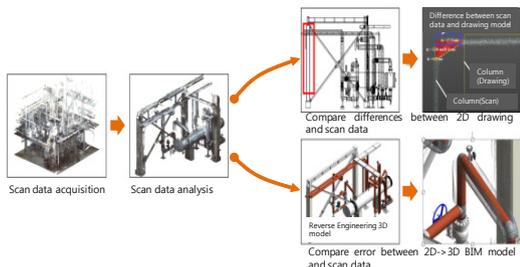


Fig. 4. Process of ready-made inspection for facility maintenance

5.1.4 설비 변위량 분석 및 사고 방지

일정한 주기로 촬영한 3D 스캔 데이터의 비교 분석을 통해 변위부위를 파악 할 수 있다. 밀리미터 단위로 분석이 가능하며, 변형에 의한 사고 예방이 가능하다. 또한, 사고 발생 시 처치거나 뒤틀린 부분의 빠른 파악으로 신속히 사고에 대응을 할 수 있다.



Fig. 5. (left) 1<sup>st</sup> scan of facility, (right) 2<sup>nd</sup> scan of facility

ID	기준 좌표			결정 3D스캔좌표			위치 변화 평가				단위: mm(밀리미터)
	X <sub>0</sub>	Y <sub>0</sub>	Z <sub>0</sub>	X <sub>1</sub>	Y <sub>1</sub>	Z <sub>1</sub>	ΔX(X <sub>1</sub> -X <sub>0</sub> )	ΔY(Y <sub>1</sub> -Y <sub>0</sub> )	ΔZ(Z <sub>1</sub> -Z <sub>0</sub> )	ΔTotal	
1001	2.005	6.276	829	2.006	6.278	822	-1	-2	1	2	OK
1002	2.075	6.178	834	2.076	6.179	833	-1	-1	1	2	OK
1003	2.150	6.083	812	2.150	6.084	812	0	-1	0	1	OK
1004	2.216	5.998	796	2.216	5.998	796	0	0	0	1	OK
1005	2.291	5.907	798	2.291	5.908	798	0	-1	0	1	OK
1006	2.368	5.810	799	2.367	5.810	792	1	0	1	1	OK
1007	2.441	5.715	799	2.443	5.714	794	-2	1	-1	3	NG
1008	2.515	5.624	799	2.514	5.623	799	1	1	0	4	NG
1009	2.591	5.528	796	2.593	5.525	795	-2	3	0	3	NG
1010	3.441	4.456	816	3.443	4.455	817	-2	1	-1	2	OK
1011	3.515	4.353	809	3.517	4.351	809	-2	2	0	4	NG

$\Delta Total = \sqrt{\Delta X^2 + \Delta Y^2 + \Delta Z^2}$

Fig. 6. Report of displacement

7. 결론

본 연구에서는 역설계 실무 전문가 자문을 통해, 역설계 프로세스의 3차원 이미지 스캔-데이터 정합-모델링 부분의 단계별 MEP 유지보수 역설계 기술을 조사하고, 각 기술에 대한 문제점으로 3D 이미지 스캔 시간/공간

제약 문제, 3D 역설계 모델링 시 비효율적 수작업, 표준 라이브러리 부족, LOD 수준에 따른 작업 품질 및 비용 등을 도출하였다. 이후 상기 의견들을 바탕으로 배관 유지보수 활용, 효과적 시설물 관리 빅데이터 구축, 시설물 개선 및 교체 기성검수, 설비 변위량 분석 및 사고방지 등의 역설계 기반 MEP 시설물 관리방안을 제시하였다.

본 연구에서 제시된 시설물의 관리 및 사고의 예측, 기성검수, 전환설계와 기존 시설물에 대한 시공 정합성 평가 등의 활용 방안은 MEP 시설물 관리 작업 시간 및 비용 감소 효과를 얻을 수 있다.

다만, 본 연구는 3차원 형상 이미지 스캔에 기반을 둔 연구로써 재료 물성 및 유체 특성의 변화를 검출해 시설물 관리 작업 개선에 반영하지 못한 한계가 있다. 향후, 다양한 검출 방법을 연구하고, 그 효과를 정량적으로 분석할 계획이다.

References

- [1] J. E. Kim, S. C. Park and T. W. Kang, "A Basic Study on Data Structure and Process of Point Cloud based on Terrestrial LiDAR for Guideline of Reverse Engineering of Architectural MEP", Journal of Korea academia-industrial cooperation society, vol. 16, no. 8 pp. 5695-5706, 2015. DOI: <http://dx.doi.org/10.5762/KAIS.2015.16.8.5695>
- [2] S. S. Lee, S. W. Kwon and J. H. Shin, "Development of process for quality awareness of construction materials using reverse engineering", Proceeding of conference on construction engineering and project management, vol. 2, 2013.
- [3] S. S. Lee and S. W. Kwon, "A Study on Optimal Laser Scanning method for Reverse Engineering at Interior", Journal of Korea institute of construction engineering and management, vol. 15, no. 3, pp. 3-11, 2014.
- [4] T. W. Kang, "System Architecture for Point Cloud-based Reverse Engineering of Architectural MEP Object", Proceeding of conference on construction engineering and project management, vol. 2, 2014.
- [5] K. M. Kim, "BIM-based on spatial information construction using terrestrial LiDAR", Master thesis, JunBook University, 2015.
- [6] K. J. Kwon, J. H. Shin and S. H. Park, "Health Monitoring of Aging Facilities using Noncontact Laser 3D Scanning-based BIM", Proceeding of KIBIM, vol. 3, no. 12, 2013.
- [7] J. S. Yoon, J. S. Lee, K. S. Lee and M. Sagong, "A detection algorithm for the installations and damages on a tunnel liner using the laser scanning data", Journal of Korean tunnelling and underground space association, vol. 9, no. 1, pp. 19-28, 2007.

[8] K. H. Ji, Y. M. Yoon, T. K. Yoon and J. H. C, “The External Scanning Inspection Method of Concrete Structures Using Digital Image Processing Technology”, Journal of the Korea concrete institute, vol. 26, no. 6, pp. 60-63, 2014.

[9] Korea Facilities Maintenance Association, CNEWS, 2013.

[10] American Institute of Architects, Guide, Instructions and Commentary to the 2013 AIA Digital Practice Documents, 2013.

[11] M. N. Lee, “(A)study on scan data matching for reverse engineering of pipes in plant construction”, Master thesis, Syngkyunkwan university, 2013.

[12] S. S. Lee and S. W. Kwon, “A Study on Optimal Laser Scanning method for Reverse Engineering at Interior Remodeling Project”, Korea Journal of Construction Engineering and Management, vol. 15, no. 3, pp. 3-11, 2014.  
DOI: <http://dx.doi.org/10.6106/KJCEM.2014.15.3.003>

**정택선(Taek-Sun Jung)**

[정회원]



- 2002년 2월 : 서울시립대학교 전자전기컴퓨터공학부(공학사)
- 2001년 10월 ~ 2004년 2월 : 서울시전자정보연구소(연구원)
- 2009년 3월 ~ 2012년 7월 : 파오스파트너스 전략기획팀장
- 2012년 10월 ~ 현재 : (주)차후 3D컨버전스 팀장

<관심분야>

BIM, GIS, 지하시설물, 공간정보, 역설계, SW, BI

**강태욱(Tae-Wook Kang)**

[정회원]



- 2005년 2월 : 숭실대학교 소프트웨어공학 (공학석사)
- 2009년 3월 : 중앙대학교 건설환경공학 (공학박사)
- 2010년 6월 ~ 2011년 5월 : 중앙대 겸임교수
- 2011년 6월 ~ 2012년 6월 : 한길아이티 BIM본부장

• 2012년 7월 ~ 현재 : 한국건설기술연구원 수석연구원

<관심분야>

CAD, CAM, BIM, GIS, Computer Graphics, SW공학

**김지은(Ji-eun Kim)**

[정회원]



- 2010년 2월 : 경희대학교 건축공학과(공학사)
- 2012년 8월 : 경희대학교 건축학과(공학석사)
- 2013년 12월 ~ 현재 : 한국건설기술연구원 ICT융합연구실 연구원

<관심분야>

BIM, GIS, 유지관리