

Development of BIM models and management of BIM data for waterworks maintenance

상수도시설물의 유지관리를 위한 BIM모델 개발 및 BIM 데이터 관리방안

Jaehyun Park¹ · Hyundong Lee^{1,2*} · Pilljae Kwak¹

박재현¹ · 이현동^{1,2*} · 곽필재¹

¹한국건설기술연구원 수자원 · 환경연구본부 환경연구실 · ²과학기술연합대학원대학교

Abstract : 3D-based BIM(Building Information Modeling) technologies can be utilized effectively as a means of systematic management of facility information for safety assurance and effective maintenance of waterworks facilities. In this study, BIM models of water treatment facilities that can be used as basic data for BIM-based maintenance of waterworks facilities were developed. Information exchange and generality of the developed BIM models were evaluated by conducting interoperability analysis of IFC(Industry Foundation Classes) conversion models. In addition, the application of COBie(Construction Operations Building information exchange) was recommended as an effective countermeasure to deal with technical limitation regarding exchange and utilization of facilities-related information through current IFC models. The results of this study can contribute to the development of BIM-based maintenance system for waterworks facilities.

Key words : Waterworks, Maintenance, Building Information Modeling(BIM), Industry Foundation Classes(IFC), Construction Operations Building information exchange(COBie)

주제어 : 상수도시설물, 유지관리, BIM, IFC, COBie

1. 서론

최근 상수도시설물의 안전성 확보 및 효율적인 시설 운영 및 유지관리의 중요성이 점차 대두되고 있으며, 이를 위해서는 체계적인 시설물 정보 관리가 기반이 되어야 한다. 하지만 현재의 2차원 기반의 시설물 정보관리 관련 시스템 등을 통해서 시설물 운영 및 유지관리상의 다양한 요구사항을 수용하는데 어려움이 있다. 이에 대한 대안으로 3차원 기반의 BIM(Building Information Modeling) 기술을 적용하여 상수도시설물 관련 정보의 수집 및 생성, 통합관리 등에 효율적으로

활용할 수 있다.

BIM모델은 3D 그래픽 데이터 형태의 가상 구조물로서 비그래픽 데이터인 대상에 대한 속성정보(Property)를 담고 있다는 점에서 일반적인 컴퓨터그래픽(CG), 3D CAD와 대비된다(IFMA 외, 2013). BIM모델은 해당시설물의 외관, 형태, 구조, 크기 등과 관련된 기본 3D 형상데이터와 각 시설물에 대한 세부특성 및 내용 등을 포함하는 속성정보(식별정보, 형상정보, 규격정보, 공간정보, 위치정보, 점검정보, 이력정보 등)를 모두 담고 있는 데이터 모델로서, 건축구조물 뿐만 아니라 상수도시설물과 같은 토목 인프라의 설계에서부터 유지관리단계까지 활용가치가 크다.

국내 · 외 건축분야에서는 BIM을 건축 설계단

* Received 13 November 2014, revised 08 December 2014, accepted 10 December 2014.

* Corresponding author: Tel : +82-31-910-0297 E-mail : hdlee@kict.re.kr

계에서부터 도입하는 등 BIM 기술을 적극적으로 활용하고자 하는 움직임을 보이고 있으나 상수도시설물을 포함한 토목SOC분야에서는 BIM 적용 초기단계로서 BIM 개념을 도입하고자 하고 있는 시점으로, 상수도시설물을 대상으로 하는 BIM 적용 관련 연구 등은 부족한 것이 현실이다.

상수도시설물의 BIM모델을 통하여 시설물의 3D 시각화(시각적 직관화)가 가능할 뿐만 아니라 상수도시설물 관련 세부정보 데이터 구축이 가능하고 이를 관리, 활용함으로써 시설물의 설계, 시공, 운영 및 유지관리의 효율성 향상에 크게 기여할 수 있다.

이와 같은 BIM모델의 활용성 확보를 위해서는 필수적으로 시설물의 전생애주기 동안 시설물관련 데이터의 전달 및 교환이 원활하게 이루어져야만 하며 이를 위해서 BIM 데이터는 데이터교환표준을 기반으로 구축되어야 한다. 시설물의 설계 및 시공, 운영 및 유지관리 단계에 따라, 또는 시설물 관계자 및 관리주체의 요구사항 등에 따라 각기 다른 BIM 상용 소프트웨어(설계, 분석 소프트웨어 등)가 활용될 수 있으나, 각각의 소프트웨어는 고유의 데이터 포맷을 보유하고 있어 소프트웨어 간 BIM모델의 호환이 어렵고 이로 인하여 BIM의 활용성이 떨어지게 된다. 따라서 BIM모델의 범용적 활용성 증대 측면에서 데이터표준형식의 활용이 필요하다. 현재 buildingSMART에서는 BIM의 국제데이터교환표준인 IFC(Industry Foundation Classes) 포맷을 지원하고 있으나, 활용측면에서의 IFC 포맷의 한계점 또한 있는 것이 사실이다(임재인 외, 2008; 이주영 외, 2009; 김지원 외, 2009).

본 연구에서는 상수도시설물의 효율적 유지관리에 초점을 맞추어, 상수도시설물의 유지관리를 위한 시설정보의 전달 및 교환의 체계화와 활용 목적의 상수도시설물 BIM모델을 개발하고, 개발 BIM모델의 품질 검토를 위한 방법으로 BIM모델의 국제표준형식인 IFC 변환모델의 상호운용성 분석을 수행하여 BIM모델의 정보교환성 및 범용적 활용가능성을 검증하고자 한다.

또한 현재 IFC모델의 기술적 한계 및 문제점을 파악하고, 이를 개선하기 위한 방안을 제안하고자 한다.

2. 연구대상 및 방법

2.1 상수도시설물 속성정보체계 구축

상수도시설물 BIM모델의 개발을 위한 우선순위로 BIM모델을 구성하는 요소인 속성정보에 대한 정의가 필요하며, 이를 위한 기초단계로서 상수도시설물의 객체분류와 각 객체에 해당하는 속성정보체계를 구축하였다.

상수도시설물의 효율적 유지관리 등에 활용하기 위한 목적의 BIM모델 개발을 위하여 기존 시설 설계자료 및 상수도시설기준(환경부, 2010) 등 각종 참고자료를 활용하여 이에 부합하는, 상수도시설물의 유지관리 상에 고려되어야 할 속성정보항목을 분류, 정의하고 체계적인 양식에 맞추어 속성정보 데이터를 구축하여 이를 BIM 모델 개발에 적용하였다.

2.2 상수도시설물 BIM모델 개발

상수도시설물 계통 중 BIM모델 개발 대상으로 정수시설을 선정하였으며, 실제 정수시설인 국내 Y 정수처리시설의 BIM모델 개발을 진행하였다. 모델 개발 대상시설인 Y 정수처리시설은 건물 면적 30,992 m², 시설용량 600,000 ton/day의 시설로서 처리공정에 따라 착수정, 혼합설비, 응집·침전설비, 여과설비, 정수지, 약품주입설비, 염소소독설비, 막여과설비, 슬러지처리설비 및 기타설비로 구성되어 있다.

BIM모델 개발 단계는 크게 2단계로서, BIM 3D 형상모델 작성 단계를 거친 후 각 세부설비에 해당하는 속성정보항목과 그에 해당하는 속성내용을 속성정보체계에 기반하여 구성하고 BIM 3D 형상모델에 적용하는 단계를 통하여 최종적으로 BIM모델을 개발한다. BIM 3D 형상모델 작성 및 해당 속성정보 구성을 위하여 Y 정수처리시설의 2D 설계도면 등의 자료를 활용하였다.

정수처리시설 BIM모델 개발에 활용한 BIM 상용 소프트웨어는 buildingSMART의 IFC 인증 소프트웨어인 Autodesk사의 Revit Architecture이다(buildingSMART, 2013). 개발된 정수처리시설의 BIM모델은 원본파일인 rvt 파일과 변환파일인 ifc 파일 양식으로 제시하였다. 제시한 ifc 파일의 경우 IFC 표준포맷인 IFC 2×3 데이터 모델로서, Revit Architecture를 통하여 정수처리시설의 BIM모델 원본(.rvt)을 작성하고 이를 Revit Architecture의 IFC interface를 통하여 IFC 2×3 포맷으로 Export 하였다.

2.3 IFC 상호운용성 테스트

개발이 완료된 Y 정수처리시설의 BIM모델 중 염소소독설비의 BIM모델을 대상으로 선정하여 IFC 상호운용성 테스트를 진행하였다. 정수처리시설 BIM모델 중 모델 구축 난이도, 다중 장비 구성 상황(다양한 장비 BIM모델 대상 분석 가능) 등을 고려하여 염소소독설비 BIM모델을 테스트 대상으로 선정하였다.

IFC 상호운용성 테스트는 3D 형상 및 필요 속성정보가 입력되어 있는 BIM모델 원본 데이터(rvt 파일)와 원본 데이터를 IFC 변환 출력한 IFC모델 데이터를 상호 비교하여 3D 형상 및 속성정보의 손실 또는 오류 등이 발생하였는지 여부를 검토하는 방식으로 진행하였다. IFC모델의 확인을 위하여 RDF사의 IFC viewer를 활용하였으며, IFC viewer를 통하여 나타나는 IFC모델의 형상 및 속성정보와 Revit Architecture를 통하여 나타나는 BIM모델 원본 데이터의 형상 및 속성정보를 수동으로 직접 비교 확인하는 방법으로 형상 및 속성정보의 손실과 오류를 확인하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1 BIM모델 개발 결과

상수도시설물 BIM모델 개발을 위한 기초단계로서 상수도시설물 계통인 취수시설, 도수시설, 정수시설, 송수시설, 배수시설, 급수시설을 구성하는 약 200여개의 기본적인 세부설비를 대상으로 한 속성정보체계를 구축하였다. 다음 Table 1, Table 2는 이 중 정수시설과 배수시설의 세부설비에 대한 속성정보체계 예시로서, 상수도시설은 대분류, 정수처리시설은 중분류로 구분되는 객체분류체계에서 소분류로 구분되는 세부설비를 구성하는 장치/장비별 유지관리를 위한 속성정보항목을 정의한 속성정보목록이다.

속성정보를 크게 식별정보, 제조정보, 설치정보, 형상정보, 시방정보, 점검정보로 나누어 설계하였으며, 각 속성정보 카테고리에 해당하는 세부 데이터 항목들을 분류하였다. BIM모델 개발을 위한 속성정보 내용을 구성할 때 위의 속성정보목록의 세부 데이터 항목 중에서 BIM모델의 활용목적에 맞게 선택할 수 있을 뿐만 아니라 데이터 항목의 변경 및 추가 또한 가능하다.

다음은 대상 정수처리시설의 as-built(준공)단계의 BIM모델 개발 결과이다. BIM모델 개발 대상 정수처리시설의 구성설비인 혼화·응집·침전·여과설비, 염소소독설비, 약품주입설비, 배출수설비, 슬러지탈수설비, 기타설비의 세부장치/장비 및 건축구조물 등에 대한 3D 형상모델링을 진행하였다. 또한 정의된 속성정보목록을 기반으로 대상 정수처리시설 구성설비의 세부장치/장비 각각에 대한 속성정보 입력내용을 구성하고 이를 각 형상모델에 입력하였다. Fig. 1은 BIM모델에 입력하고자 작성한 Microsoft Excel 형태의 속성정보 입력내용 양식 예이다.

다음 Fig. 2는 3D 형상모델 형태의 속성정보가 입력되어있는, 개발 완료된 정수처리시설 BIM모델의 일부 예로서 혼화·응집·침전·여과설비, 염소소독설비, 슬러지탈수설비 사례이다. BIM모델은 원본 모델인 rvt 모델과 원본 모델의 IFC 변환을 통하여 IFC모델로 각각 도출하였다.

Table 1. List of properties for coagulator of coagulation and settlement facility

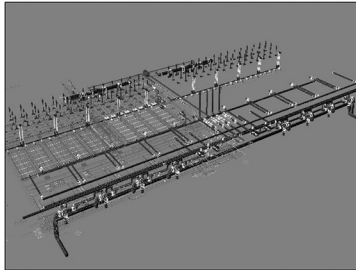
속성 정보명	데이터명		데이터 유형	단위
	국문명	영문명		
식별 속성 정보	장비유형명	Equipment Type Name	Text	-
	장비패밀리명	Equipment Name	Text	-
	시설분류	Establishment Classification	Text	-
	설비분류	Facilities Classification	Text	-
	장치분류	Systems Classification	Text	-
	식별ID	GUID	String	-
	객체분류코드	Classification Code	String	-
제조 속성 정보	장비설명	Equipment Description	Text	-
	제조국가	Manufacturing Country	Text	-
	제조업체	Manufacturer	Text	-
	(제조)모델명	Model Name	Text	-
	(제조)모델번호	Model Number	String	-
	제조일자	Date of Manufacture	Date	-
설치 속성 정보	보증기간	Warranty Period	Number	일,개월,년
	설치업체	Installation Company	Text	-
	설치위치	Installation Location	Text	-
	설치설명	Installation Description	Text	-
	설치일자	Installation Date	Date	-
형상 속성 정보	가동시작일자	Operation Start Date	Date	-
	면적	Area	Number	m ²
	체적	Volume	Number	m ³
	폭	Width	Number	m
	길이	Length	Number	m
	높이	Height	Number	m
	두께	Thickness	Number	mm
시방 속성 정보	총중량	Total Weight	Number	kg
	축동력	Axial Power	Number	kW
	동력	Power	Number	kW, kW/hr
	교반강도	Mixing Intensity	Number	GT
	처리효율	Treatment Efficiencies	Number, Text	%
	평균교반유속	Average Mixing Speed	Number	m/sec
	교반범위	Mixing Range	Number	m
	처리용량/처리유량	Treatment Capacity	Number	kg/hr, m ³ /day 등
점검 속성 정보	시방설명	Specification Description	Text	-
	교체주기	Replacement Cycle	Number	일,개월,년
	점검주기	Checkup Cycle	Number	일,개월,년
	점검설명	Checkup Description	Text	-
	점검도구	Checkup tool	Text	-
	상한 한계	Upper Control Limit	Number	점검항목해당단위
하한 한계	Lowest Control Limit	Number	점검항목해당단위	

Table 2. List of properties for air valve of water distribution network

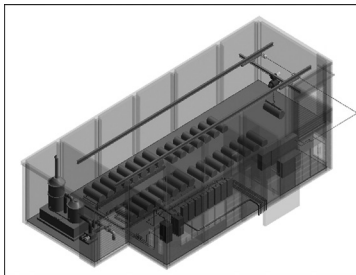
속성 정보명	데이터명		데이터 유형	단위
	국문명	영문명		
식별 속성 정보	장비유형명	Equipment Type Name	Text	-
	장비패밀리명	Equipment Name	Text	-
	시설분류	Establishment Classification	Text	-
	설비분류	Facilities Classification	Text	-
	장치분류	Systems Classification	Text	-
	식별ID	GUID	String	-
	객체분류코드	Classification Code	String	-
제조 속성 정보	장비설명	Equipment Description	Text	-
	제조국가	Manufacturing Country	Text	-
	제조업체	Manufacturer	Text	-
	(제조)모델명	Model Name	Text	-
	(제조)모델번호	Model Number	String	-
	제조일자	Date of Manufacture	Date	-
설치 속성 정보	보증기간	Warranty Period	Number	일,개월,년
	설치업체	Installation Company	Text	-
	설치위치	Installation Location	Text	-
	설치설명	Installation Description	Text	-
	설치일자	Installation Date	Date	-
형상 속성 정보	가동시작일자	Operation Start Date	Date	-
	면적	Area	Number	m ²
	체적	Volume	Number	m ³
	폭	Width	Number	m
	길이	Length	Number	m
	높이	Height	Number	m
	두께	Thickness	Number	mm
	유입구경	inlet diameter	Number	mm
	유출구경	outlet diameter	Number	mm
총중량	Total Weight	Number	kg	
시방 속성 정보	압력(상용압)	Pressure	Number	kg _f /cm ²
	압력한계	Pressure limit	Number	kg _f /cm ²
	축동력	Axial Power	Number	kW
	동력	Power	Number	kW, kW/hr
	토크	Torque	Number	N · m, kg _f · m
	시방설명	Specification Description	Text	-
점검 속성 정보	교체주기	Replacement Cycle	Number	일,개월,년
	점검주기	Checkup Cycle	Number	일,개월,년
	점검설명	Checkup Description	Text	-
	점검도구	Checkup tool	Text	-
	상한 한계	Upper Control Limit	Number	점검항목해당단위
	하한 한계	Lowest Control Limit	Number	점검항목해당단위

구분	식별정보(a)				
	1	2	3	4	5
목적번호 (관공)	장비 유형명	장비 제원/기명	시설분류 (호분류)	설비분류 (소분류)	장치분류 (세분류)
단위	-	-	-	-	-
데이터유형	Text	Text	Text	Text	Text
25	반용입 플루트 펌프(3.0 m ³ /min x 14 mH)	혼화펌프	정수시설	혼화설비	급속혼화장치-펌프
26	DUPLIX type 스트레이너(30 m ³ /min)	스트레이너	정수시설	혼화설비	급속혼화장치-부속
27	수중모터펌프(0.25 m ³ /min x 10 mH)	혼화기실 배수펌프	정수시설	혼화설비	펌프
28	전동식 1상식 수평형 BFV(=1,100 mm)	혼화기 유입밸브	정수시설	혼화설비	밸브
29	전동식 1상식 수평형 BFV(=1,100 mm)	혼화기 유출밸브	정수시설	혼화설비	밸브
30	수직축 액이드로필링(Impeller : φ1.65 m)	용집기	정수시설	용집전설비	(용집설비)용집기
31	SFS304 G2 자동제어판	원장제어판	정수시설	용집전설비	(용집설비)용집기-부속
32	제안릴리프식	윤리지 수검기	정수시설	용집전설비	(용집설비)윤리지 수검기
33	스파이럴 스크류식(φ300 mm x 1.5 m)	용집기 부유물제거기	정수시설	용집전설비	(용집설비)부속
34	압력수 분사장치	윤리지 배출장치	정수시설	용집전설비	(집전설비)윤리지 배출장치
35	수평형 반용입 플루트 펌프(0.8 m ³ /min x 25 mH)	용집기 실수펌프	정수시설	용집전설비	(용집설비)펌프
36	직동식 밀집필트(20 L/min x 20 mm)	집진수 세정필트	정수시설	용집전설비	(집전설비)필트
37	수평, 무쇄쇄나선형 원심펌프(1.5 m ³ /min x 12 mH)	윤리지 인발펌프	정수시설	용집전설비	(집전설비)펌프
38	전동식 헬머게이트(W 600 mm x H 1,200 mm)	윤집기 유입수문	정수시설	용집전설비	(용집설비)부속
39	전동식 1상식 소프트 실 계수펌프(φ200 mm)	윤리지 인발밸브	정수시설	용집전설비	(집전설비)밸브
40	전동식 모노레일 포리스트(2 ton)	유지관리용 포리스트	정수시설	용집전설비	부속
41	전동식 모노레일 포리스트(2 ton)	중량유지관리용 포리스트	정수시설	용집전설비	부속
42	양용입 플루트 펌프(2.3 m ³ /min x 7 mH)	조기여과수 순환펌프	정수시설	여과설비	펌프
43	전동식 물무스 게이트(W 2,500 mm x H 1,500 mm)	여과기 유입수문	정수시설	여과설비	부속
44	전동식 2상식 수평형 BFV(=700 mm)	지압밸브	정수시설	여과설비	밸브
45	전동식 1상식 수평형 BFV(=400 mm)	역세척 공기밸브	정수시설	여과설비	밸브
46	전동식 1상식 수평형 BFV(=900 mm)	역세척밸브	정수시설	여과설비	밸브
47	전동식 2상식 수평형 BFV(=700 mm)	뒤수밸브	정수시설	여과설비	밸브
48	전동식 1상식 수평형 BFV(=700 mm)	여과수 유출밸브	정수시설	여과설비	밸브
49	전동식 1상식 수평형 BFV(=500 mm)	조기여과수 순환밸브	정수시설	여과설비	밸브
50	전동식 1상식 수평형 BFV(=500 mm)	조기여과수 유입밸브	정수시설	여과설비	밸브
51	전동식 1상식 수평형 BFV(=400 mm)	표면세척수 유입밸브	정수시설	여과설비	밸브

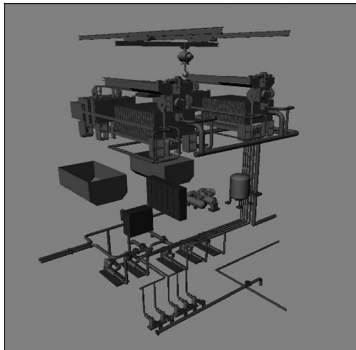
Fig. 1. Entry data list regarding properties for BIM model of water treatment facilities.



a) BIM models of Flocculants-mixing, coagulation, settlement and filtration facilities(.rvt)



b) BIM model of chlorine disinfection facility(.rvt)



c) BIM model of sludge dewatering facility(.rvt)

Fig. 2. Development results of BIM models of Y water treatment plant.

3.2 BIM모델 IFC 상호운용성 분석 결과

BIM기반의 품질검토는 BIM 데이터의 물리적, 논리적 정보의 유효성을 검토하는 일련의 행위로 정의될 수 있으며(최중식 외, 2011), BIM기반 품질검토를 통한 BIM 데이터의 활용성을 확보할 필요가 있다. 즉, BIM모델이 유지관리 단계뿐만 아니라 설계, 시공단계 등에서 여러 종류의 BIM 지원 소프트웨어를 통하여 활용되기 위해서는 BIM모델의 국제표준형식인 IFC로의 변환이 필요하며, IFC 변환을 통해서도 BIM모델이 포함하고 있는 3D 형상 및 속성정보의 손실 및 오류 없는 교환이 이루어져야 한다. 이와 같은 BIM 데이터의 품질검토를 위하여 BIM모델의 IFC 상호운용성 테스트를 진행하였다.

BIM모델 원본 데이터와 IFC 변환모델 데이터를 상호 비교한 IFC 상호운용성 테스트 결과와 Fig. 3과 Table 3과 같다. Fig. 3과 Table 3은 일부 예로서 염소소독설비 중 염소주입기 BIM 모델 IFC 상호운용성 결과를 나타내고 있다. 3D 형상의 경우에는 원본 모델과 IFC모델 간 일부 요소의 손실, 간섭 등의 문제가 발생하지 않았다. 속성정보의 경우에는 ‘공간 이름’ 속성정보의 누락을 제외하고 IFC모델에서 손실되거나 오류가 발생하지 않았음을 확인할 수 있었다. ‘공간 이름’ 속성정보는 공통적으로 모든 IFC모델에서 누락되었으나 이는 속성정보 자체가 손실

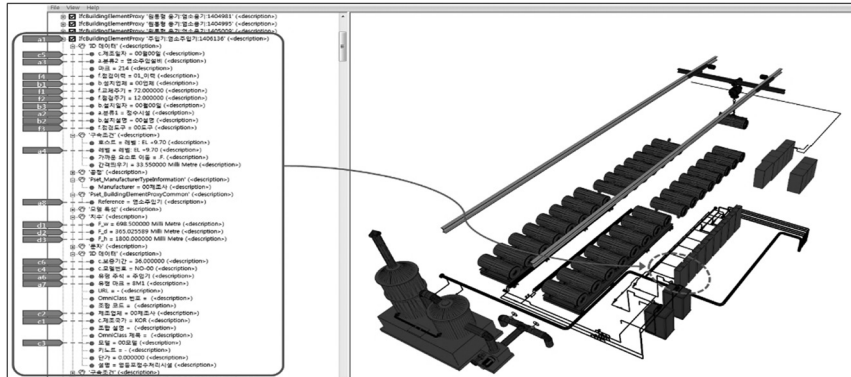


Fig. 3. Verification of properties of IFC model.

Table 3. Examination of IFC 2x3 data on chlorinator of chlorine disinfection facility

구분		Revit 속성내용	IFC 속성내용	비고	
식별정보 (a)	객체ID	a1	1406136	1406136	-
	분류1	a2	정수시설	정수시설	-
	분류2	a3	염소주입설비	염소주입설비	-
	레벨	a4	EL+9.70	EL+9.70	-
	공간이름	a5	염소투입기실	-	IFC 모델에서 누락
	유형주석	a6	주입기	주입기	-
	유형마크	a7	8M1	8M1	-
	유형	a8	염소주입기	염소주입기	-
설치정보 (b)	설치업체	b1	00업체	00업체	-
	설치설명	b2	00설명	00설명	-
	설치일자	b3	00월00일	00월00일	-
제조정보 (c)	제조국가	c1	KOR	KOR	-
	제조업체	c2	00제조사	00제조사	-
	모델	c3	00모델	00모델	-
	모델번호	c4	NO-00	NO-00	-
	제조일자	c5	00월00일	00월00일	-
	보증기간	c6	36	36	-
형상정보 (d)	F_w	d1	699	699	-
	F_d	d2	365	365	-
	F_h	d3	1800	1800	-
점검정보 (f)	교체주기	f1	72	72	-
	점검주기	f2	12	12	-
	점검도구	f3	00도구	00도구	-
	점검이력	f4	01_이력	01_이력	-

주) 식별정보(a) 중 객체ID(a1)의 경우 BIM모델에 자동 부여되는 정보임
식별정보(a) 중 공간이름(a5)은 조건검색을 통하여 찾을 수 있는 정보임
시방정보(e)는 결과에서 제외

된 것이 아니라 장치/장비가 위치한 공간정보로서 조건검색을 통하여 찾을 수 있는 속성정보이므로 예외로 한다. 염소주입기 이외의 다른 세부 장치/장비에 대한 IFC 상호운용성 결과도 모두 이와 동일하다. 종합해보면, BIM 원본 모델의 IFC 변환시 BIM 데이터의 손실이나 오류 등이 발생하지 않았으며 정보 전달 및 교환에 큰 문제가 없는 양호한 상태임을 확인할 수 있다.

3.3 상수도시설물의 BIM 데이터 관리 개선방안

3.3.1 IFC 활용의 기술적 한계

BIM모델의 활용성 증대를 위하여 국제표준 형식인 IFC의 활용의 필요성을 인식할 수 있다. 하지만 각 BIM 소프트웨어마다 객체를 정의하는 방식, 패밀리(Family)를 구성하는 방식 등, BIM모델에 적용하는 방식이 각기 다르며 IFC가 이를 전부 수용하기는 어려운 구조적 한계가 있는 것으로 분석되고(김지원 외, 2009; Eastman 외, 2011), 이와 같은 이유로 인하여 IFC 기반의 BIM 데이터 교환 과정에서 3D 형상 객체 및 객체속성정보의 손실, 정보전달상의 오류 등의 문제점이 일부 발생하고 있어 IFC모델의 활용에 제약이 있는 등(임재인 외, 2008; 김지원 외, 2009; 이주영 외, 2009; 유현재, 2013), 관련 선행연구를 통하여 IFC 활용의 기술적 한계점을 발견할 수 있었다. 그러나 이에 대한 근본적인 해결방안은 아직 제시되지 못하고 있다.

본 연구의 BIM모델 IFC 상호운용성 분석 결과에서는, IFC 변환시 BIM 객체정보의 손실 및 오류 등 정보 교환에서의 문제는 발생하지 않았지만 IFC모델의 활용과 관련하여 다음과 같은 한계점이 발견되었다.

Revit을 통하여 작성된 BIM모델의 속성정보 항목들이 IFC 표준에 맞춰 정렬되어 있어 특정 속성정보 항목 검색이 용이하지 않거나, 속성정보 항목을 나타내는 명칭이 달라 정보 확인이 용이하지 않는 등의 문제가 있다.

IFC에서는 필요로 하는 속성정보 항목만 분류(Sorting) 또는 정렬하거나 쿼리(Query)하거나 속성정보 데이터를 수정 및 추가하는 등의 작업에 제약이 있다. Revit 등의 설계용 BIM 소프트웨어의 경우에는 BIM모델의 속성정보 항목 중 특정 항목(예, 객체 ID 등)을 추출 및 분류하여 Microsoft Excel 등의 형식으로 Export 해주어 BIM 데이터 활용을 좀 더 용이하게 하는 기능을 지원하고 있다. 하지만 IFC는 현재 BIM 분야에서 아직까지는 정보 호환성 및 활용성이 떨어지는 등의 한계로 인하여 BIM모델의 납품 등은 표준인 IFC모델로 받지만 실제로 IFC모델을 활용하지는 않고 Revit 등의 BIM 상용 소프트웨어로 작성한 BIM 원본 모델을 활용하는 등 IFC모델이 적극적으로 활용되지 않고 있으며 이로 인하여 현재까지는 IFC기반의 속성정보 관리 관련 기능 지원 및 이를 통한 속성정보 활용에 어려움이 있다.

3.3.2 개선방안

상수도시설물의 체계적이고 효율적인 유지관리가 이루어지기 위해서는 상수도시설물의 설계, 시공단계에서 생성되었던 시설물 관련 정보가 시설물 준공 후 유지관리 단계에까지 손실 없이 전달 및 교환되어야 하며 이를 위하여 BIM이 도입되었다. 하지만 BIM IFC모델이 현재 가지고 있는 기술적인 한계 등으로 인하여 시설물 정보 전달에 문제가 발생할 가능성이 있다.

이러한 문제에 대처하기 위한 하나의 방안으로서 상수도시설물 정보의 교환을 위한 표준 포맷을 적용하는 것을 고려할 수 있으며, 이러한 정보 교환 포맷으로서 COBie(Construction Operations Building information exchange)의 활용을 제안한다.

COBie는 2007년 미국 Bill East에 의하여 고안된, 시설물 자산정보의 관리를 위한 국제 표준 포맷으로서 시설물의 설계, 시공, 운영, 유지관리 단계에 대한 데이터의 수집 및 관리, 교환 등을 목적으로 하는 오픈소스 기반의 데이터 포맷이다(IFMA 외, 2013; East, 2014). COBie가 도입된 이후로 시설물 이해관계자들은 BIM 기반의 시설물 유지관리 관련 정보를 좀 더 체계적인 방식으로 구축, 관리할 수 있게 되었다(Eastman 외, 2011; Volk 외, 2014). 현재 주요 BIM 상용 소프트웨어에서 COBie의 생성 및 교환 기능을 지원하고 있으며(IFMA 외, 2013), COBie의 데이터 포맷 중 시설물 정보에 대한 접근이 비교적 용이하다는 점에서 주로 Microsoft Excel 스프레드시트(sheet) 버전이 활용되고 있다. 따라서 BIM 데이터의 효율적 관리, 손실 없는 교환 등을 위하여 COBie 스프레드시트 버전이 유용하게 활용될 수 있다.

COBie 스프레드시트 버전은 Facility, Floor, Space, Zone과 같은 시설물 공간구성관련 워크시트(worksheet), Type, Component, System 등과 같은 시설 장치/장비 설치 및 속성 관련 워크시트, 이외의 여러 워크시트로 구성되어 있다. 이 중에서 시설 구성 장치/장비를 종류 및 형태별로 분류하여 각 종류 및 형태에 따른 기본 속성정보를 나타내는 Type과, 실제 시설에 설치되는 각각의 장치/장비 객체의 설치정보나 각 객체가 부여받은 특정정보 등을 나타내는 Component가 COBie에 필수적인 요소이다.

또한 COBie의 확장(Extension) 개념으로서 워크시트에 새로운 열(column)을 추가하여 기존 속성정보항목 이외에 새로운 속성을 추가

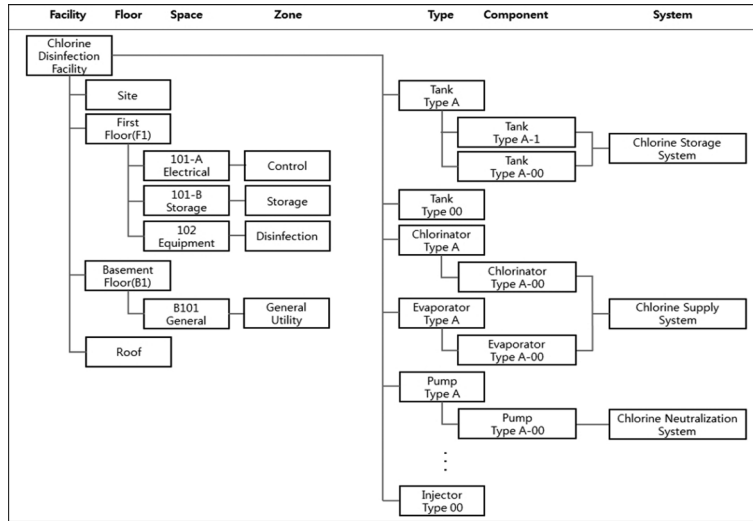


Fig. 4. Schematic diagram of COBie space and components of chlorine disinfection facility.

ID	A	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	AA	AB
1	Name	ExpectedLife	DurationUnit	Volume/Description	NominalLength	NominalWidth	NominalHeight	ModelReference	Shape	Size	Color	Finish
45	Tank Type A	6 year	n/a	2.1	0.81	0.81	n/a		Cylinder	standard	Yellow	Urethane
46	Tank Type B	6 year	n/a	1.52	1.52	1.969	n/a		Cylinder	n/a	n/a	Painted
47	Tank Type C	6 year	n/a	4.5	2.3	1	n/a		Rectangular	n/a	n/a	Painted
48	Chlorinator Type A	6 year	n/a	0.365	0.699	1.8	n/a		Rectangular	standard	Grey	n/a
49	Evaporator Type A	6 year	n/a	1.067	0.769	1.771	n/a		Rectangular	n/a	Black	Painted
50	Pump Type A	6 year	n/a	0.625	0.338	0.338	n/a		Cylinder	n/a	Black	Painted
51	Valve Type A	6 year	n/a	0.026	0.022	0.102	n/a		n/a	small	Grey	Painted
52	Valve Type B	6 year	n/a	0.073	0.059	0.167	n/a		n/a	small	Grey	Painted
53	Valve Type C	6 year	n/a	0.318	0.3	0.34	n/a		n/a	medium	Cobalt blue	Painted
54	Damper Type A	6 year	n/a	0.932	0.681	0.4	n/a		Rectangular	n/a	n/a	Painted
55	Fan Type A	6 year	n/a	1.52	1.52	5.674	n/a		Cylinder	n/a	Grey	Stainless Steel
56	Hoist Type A	6 year	n/a	2.614	8	1.248	n/a		n/a	n/a	Cobalt blue	Painted
57	Control panel Type A	6 year	n/a	0.8	0.8	1.6	n/a		Rectangular	medium	Silver	n/a
58	Control panel Type B	6 year	n/a	0.8	0.8	1.6	n/a		Rectangular	medium	Silver	n/a
59	Control panel Type C	6 year	n/a	0.8	0.8	1.6	n/a		Rectangular	medium	Silver	n/a
60	Scale Type A	6 year	n/a	2.224	8.499	0.64	n/a		Rectangular	Large	Light blue	Painted
61	Pipe Type A	6 year	n/a	24.192	0.14	0.14	n/a		Cylinder	n/a	Grey	n/a
62	Pipe Type B	6 year	n/a	6.839	0.09	0.09	n/a		Cylinder	n/a	Grey	n/a
63	Pipe Type C	6 year	n/a	8.87	0.324	0.324	n/a		Cylinder	n/a	Sky blue	n/a
64	Injector Type A	6 year	n/a	0.25	0.108	0.181	n/a		n/a	n/a	Green	Painted

a) COBie spreadsheet - Type

ID	A	D	E	F	G
1	Name	TypeName	Zone	Description	ExtSystem
255	Tank Type A-22	Tank Type A	101-B	Chlorine storage tank-Fixed horizontal tank-1 ton:1490339	Autodesk Revit Architecture 2014
256	Tank Type A-23	Tank Type A	101-B	Chlorine storage tank-Fixed horizontal tank-1 ton:1490340	Autodesk Revit Architecture 2014
257	Tank Type A-24	Tank Type A	101-B	Chlorine storage tank-Fixed horizontal tank-1 ton:1490341	Autodesk Revit Architecture 2014
258	Tank Type A-25	Tank Type A	101-B	Chlorine storage tank-Fixed horizontal tank-1 ton:1404778	Autodesk Revit Architecture 2014
259	Tank Type A-26	Tank Type A	101-B	Chlorine storage tank-Fixed horizontal tank-1 ton:1404783	Autodesk Revit Architecture 2014
260	Tank Type A-27	Tank Type A	101-B	Chlorine storage tank-Fixed horizontal tank-1 ton:1404788	Autodesk Revit Architecture 2014
261	Tank Type A-28	Tank Type A	101-B	Chlorine storage tank-Fixed horizontal tank-1 ton:1404793	Autodesk Revit Architecture 2014
262	Tank Type A-29	Tank Type A	101-B	Chlorine storage tank-Fixed horizontal tank-1 ton:1404798	Autodesk Revit Architecture 2014
263	Tank Type A-30	Tank Type A	101-B	Chlorine storage tank-Fixed horizontal tank-1 ton:1404803	Autodesk Revit Architecture 2014
264	Tank Type A-31	Tank Type A	101-B	Chlorine storage tank-Fixed horizontal tank-1 ton:1404808	Autodesk Revit Architecture 2014
265	Tank Type A-32	Tank Type A	101-B	Chlorine storage tank-Fixed horizontal tank-1 ton:1404813	Autodesk Revit Architecture 2014
266	Tank Type B-1	Tank Type B	102	NaOH storage tank:1554829	Autodesk Revit Architecture 2014
267	Tank Type C-1	Tank Type C	102	Steel+FRP tank:1554725	Autodesk Revit Architecture 2014
268	Chlorinator Type A-1	Chlorinator Type A	102	vacuum system-wet process-20 kg/hr:1406136	Autodesk Revit Architecture 2014
269	Chlorinator Type A-2	Chlorinator Type A	102	vacuum system-wet process-20 kg/hr:1406159	Autodesk Revit Architecture 2014
270	Chlorinator Type A-3	Chlorinator Type A	102	vacuum system-wet process-20 kg/hr:1406169	Autodesk Revit Architecture 2014
271	Chlorinator Type A-4	Chlorinator Type A	102	vacuum system-wet process-20 kg/hr:1406179	Autodesk Revit Architecture 2014
272	Chlorinator Type A-5	Chlorinator Type A	102	vacuum system-wet process-20 kg/hr:1406189	Autodesk Revit Architecture 2014
273	Chlorinator Type A-6	Chlorinator Type A	102	vacuum system-wet process-20 kg/hr:1406201	Autodesk Revit Architecture 2014
274	Chlorinator Type A-7	Chlorinator Type A	102	vacuum system-wet process-20 kg/hr:1406211	Autodesk Revit Architecture 2014
275	Chlorinator Type A-8	Chlorinator Type A	102	vacuum system-wet process-20 kg/hr:1406219	Autodesk Revit Architecture 2014
276	Evaporator Type A-1	Evaporator Type A	102	Electric heating type-113 kg/hr:1407930	Autodesk Revit Architecture 2014
277	Evaporator Type A-2	Evaporator Type A	102	Electric heating type-113 kg/hr:1407882	Autodesk Revit Architecture 2015

b) COBie spreadsheet - Component

Fig. 5. COBie spreadsheet of chlorine disinfection facility.

할 수 있으므로(IFMA 외, 2013) 상수도시설물 BIM모델의 활용 목적에 따라 COBie에 속성정보항목을 추가하여 활용할 수 있다.

실제로 Y 정수처리시설 염소소독설비를 대상으로 COBie 적용을 수행하였으며 다음 Fig. 4, Fig. 5는 염소소독설비 COBie 작성 관련 예이다. Fig. 4는 COBie를 작성하기 위한 기초작업으로 대상 시설의 기초적인 구성 설계의 결과로서 염소소독설비의 공간과 세부 설비의 전체적인 구성을 나타내는 개념도이다. 예로 염소소독설비의 공간은 부지(Site), 1층(First floor), 지하층(Basement floor), 옥상(Roof)으로 구성되어 있으며 1층(First floor)에서 물리적으로 구분된 공간인 101호의 B구역 저장실(101-B Storage)는 염소저장 용도(Storage)로 활용된다. 또한 A타입 탱크(Tank Type A) 중 1번째 탱크(Tank Type A-1)는 염소저장시스템(Chlorine Storage System)에 속하여 있다. 이와 같은 구성 설계는 공간 간 또는 공간과 설비 간의 상호관계를 나타내기 위하여 필요하다. Fig. 5는 염소소독설비를 구성하는 세부 장치/장비에 대한 Type과 Component 워크시트 작성 예를 나타내고 있다. Type 워크시트에는 정보생성관련, 장치분류 및 설명, 장치제조관련, 장치형태관련 정보 등과 같은 항목이 기본으로 구성되어 있으며, 이 기본 항목이외에 동력, 압력관계, 양정, 처리용량 등과 같이 각 장치 종류에 해당하는 시방속성정보 항목도 추가로 구성하였다. Component 워크시트는 장치 명칭, 장치 설명 정보와 설치위치 및 설치일자와 같은 장치설치관련 정보, 시리얼번호, 바코드 등과 같은 장치고유식별정보와 같은 항목으로 구성되어 있다.

김지원 외 (2009), Jeong 외 (2009), 최중식 외 (2011) 등 IFC 활용 문제점 분석 및 개선방안 도출을 위한 여러 연구에서는 주로 IFC모델의 상호운용성 개선과 이를 통한 정확한 BIM 데이터 교환을 목적으로 한다. 이러한 노력과 더불어 COBie를 활용하여 시설물의 운영 및 유지관리

등에 필요한 BIM 데이터를 제공하는 방안도 또 다른 대안이 될 수 있다(East, 2014; Motamedi 외, 2014).

더 나아가 이와 같은 방법이 기존의 상수도 시설물 또는 신설계획 상수도시설물을 대상으로 하는 BIM 기반 유지관리시스템 구축 등에 BIM 데이터 모델이 기초 데이터로써 활용되는 것에 기여할 수 있다.

4. 결론

본 연구에서는 BIM기반의 상수도시설물의 효율적인 유지관리를 위한 시설관련 기초데이터로써 상수도시설물 BIM모델을 개발하였으며, 개발된 BIM모델의 정보교환성 및 범용성 검토를 위하여 IFC 변환모델의 상호운용성 분석을 수행하였다. 또한 현재의 IFC모델을 통한 시설물 정보 전달 및 활용에 대한 기술적 한계에 대처하기 위한 방안을 제시하였다.

본 연구를 통하여 도출된 결론은 다음과 같다.

- (1) 상수도시설물의 BIM모델 개발을 위한 속성정보체계는 상수도시설의 각 세부설비의 구성 장치/장비 BIM모델 객체에 어떠한 속성정보를 입력해야 하는지 또는 입력 선택이 가능한지 등에 대한 결정에 참고자료로 활용이 가능하다.
- (2) 상수도시설물 중 정수처리시설을 대상으로 BIM모델을 개발하였으며, 개발된 BIM모델은 3D 형상을 기반으로 시설 구성설비의 세부 장치 및 장비에 대한 속성정보를 포함하고 있어 BIM 기반의 상수도 시설물 유지관리시스템 구축을 위한 기초 데이터로써 활용이 가능하다.
- (3) 개발된 BIM모델의 IFC 상호운용성 분석 결과, BIM모델의 IFC 변환시 BIM 데이터의 손실 또는 오류 등이 발생하지 않아 IFC모델을 통한 시설물 관련 정보의 교환이 양호한 상태임을 확인할 수 있었다.
- (4) 현재 BIM IFC모델은 정보 교환 및 활용

측면에서 기술적인 한계를 가지고 있으며 이에 대처하기 위한 방안으로써 BIM기반의 시설물 관련정보의 관리를 위한 국제 표준 데이터 포맷인 COBie의 활용을 제시하였다.

사 사

본 연구는 한국건설기술연구원의 주요사업 'BIM/GIS 플랫폼 기반 건설공간정보 통합운영 기술 개발(환경)'의 연구비 지원으로 수행되었습니다.

References

- 김지원, 이민철, 최정민, 옥종호 (2009) 사례분석을 통한 3D 상용 어플리케이션 기반 BIM 데이터의 상호연동성 개선방향에 관한 연구, *한국CAD/CAM학회지*, 14(6), pp. 390-403.
- 유현재 (2013) BIM기반 건물에너지 성능평가를 위한 초기설계단계 모델링가이드라인 제안과 IFC데이터 호환성 향상을 위한 연구, 석사학위논문, 경희대학교 건축대학원 건축학과.
- 이주영, 서미란, 손보식 (2009) IFC 포맷을 활용한 BIM S/W의 건물정보모델 교환 방법론 연구, *대한건축학회지*, 25(3), pp.29-38.
- 이현동, 박재현, 광필재 외 5인 (2013) *BIM/GIS 플랫폼 기반 건설공간정보 통합운영 기술 개발(환경)*, 한국건설기술연구원(KICT 2013-200).
- 임재인, 김재우, 권혁도, 윤수원, 권순욱, 진상윤 (2008) IFC를 중심으로 한 상용 3D CAD의 호환성테스트, *한국건설관리학회지*, 9(3), pp.85-94.
- 최중식, 김인한 (2011) 개방형 BIM 기반 품질검토를 위한 IFC 속성정보 호환성 테스트, *한국CAD/CAM학회지*, 16(2), pp.92-103.
- 환경부 (2010) 상수도시설기준.
- buildingSMART(International home of openBIM) (2013), <http://www.buildingsmart.org/compliance/certified-software/>
- East, B. (2014) *Construction-Operations Building Information Exchange (COBie)*, <http://www.wbdg.org/resources/cobie.php> (Last updated August 2014)
- Eastman, C.M., Teichloz, P., Sacks, R. and Liston, K. (2011) *BIM Handbook - a guide to building information modeling for owners, managers, designers, engineers and contractors*, 2nd Ed., John Wiley & Sons, Hoboken, New Jersey.
- IFMA, IFMA Foundation (2013) *BIM for Facility Managers*, John Wiley & Sons, Hoboken, New Jersey.
- Jeong, Y.S., Eastman, C.M., Sacks, R. and Kaner, I. (2009) Benchmark tests for BIM data exchanges of precast concrete, *Automation in Construction*, 18, pp.469-484.
- Motamedi, A., Hammad, A. and Asen, Y. (2014) Knowledge-assisted BIM-based visual analytics for failure root cause detection in facilities management, *Automation in Construction*, 43, pp.73-83.
- Volk, R., Stengel, J. and Schultmann, F. (2014) Building Information Modeling(BIM) for existing buildings - Literature review and future needs, *Automation in Construction*, 38, pp.109-127.