

설계단계에서 적정 기계설비 공사비 산정을 위한 BIM 정보표현수준(BIL) 개선안

A Proposal of BIL for Reasonable Cost Estimation of Mechanical Contracts and Construction in Design Phases

박보성(Bo Sung Park)¹, 김선혜(Sean Hay Kim)^{2†}

¹서울과학기술대학교 주택도시대학원 건축환경설비공학과, ²서울과학기술대학교 건축학부

¹Graduate School of Housing and Urban Planning, Seoul National University of Science and Technology, Seoul, 01811, Korea

²School of Architecture, Seoul National University of Science and Technology, Seoul, 01811, Korea

(Received August 28, 2017; revision received September 11, 2016; Accepted: October 26, 2017)

Abstract Building information modeling (BIM) technology based on 3D modeling has been applied to the entire domestic construction industry since 2010. It can calculate quantity take-off considering construction productivity at design phase. Based on this, it is possible to improve the reliability of construction cost prediction of design phase in the process of cost estimation. However, Building Information Level (BIL) defined by Ministry of Land, Infrastructure and Transport and Public Procurement Service does not seem to offer doable environment due to the lack of detailed application items. By calculating construction cost that meets Construction Cost Estimate Accuracy by American Association of Cost Engineers (AACE) through quantity take-off and cost estimation based on 3D modeling of BIM technology, a BIL improvement proposal at design phase for Mechanical Contracts and Construction is provided here. Results showed that properties including outline and minimum specification of the main equipment, internal main piping, and internal main duct should be defined from the intermediate design phase to have reliable cost estimation.

Key words Mechanical contracts and construction(기계설비공사), Building information modeling(BIM, 건축정보 모델), Building information level(BIL, 정보표현수준), Cost estimation(공사비산정)

† Corresponding author, E-mail: seanhay.kim@seoultech.ac.kr

1. 연구배경 및 목적

조달청에서 발표된 2015년 공공건축물 유형별 공사비 분석 자료에 의하면, 기계설비 공사비는 건물용도 및 면적에 따라 전체 건축 공사비의 최대 36%에서 최소 7%의 비율 분포를 나타내고 있다. 기계설비 공사는 산업의 발전 및 생활환경 요구수준이 높아짐에 따라 그 중요성과 공사비가 증가하고 있는 실정이며, 선정되는 시스템 및 자재 등에 따라 공사비 범위의 변동 폭이 상당히 크다. 따라서 건축 프로젝트의 공사비 예측에 있어 기계설비 공사비는 반드시 검토되어야 할 사항이다.

2010년도 이후부터 국내 건설 산업 전반에 확대 적용되어온 BIM 기술은 건축물의 3D 모델링을 바탕으로 시공성이 고려된 물량산출이 가능하다는 장점을 지니고 있으며, 이를 기반으로 적산 과정에서의 정확성을 부여하여 설계단계별 공사비 예측에 관한 신뢰성을 향상시킬 수 있다. 하지만 국토교통부 등 국내에서 발표된 BIM 가이드라인을 살펴보면 건축분야를 제외하고 기계설비 분야에 대한 각 설계단계별 작성지침이 매우 포괄적이어서 설계단계별 적용이 명확치 않으며, 기존에 있는 공사비 예측에 관한 연구도 건축분야 위주로 많은 연구가 이루어져 온 것이 사실이다.

따라서 본 연구에서는 기존 기계설비공사 공사비 예측에 관한 연구 자료 및 설계단계별 업무지침을 분석한 후, 현재 국내외에 적용되고 있는 각 설계단계별 요구수준 가이드라인에 따른 건물정보모델링을 실시하여 MEP(Mechanical Electronic Plumbing) 분야 중 기계설비공사분 물량을 산출하고 공사비를 산정하여 개별 모델의 공사비를 비교분석하였다. 또한 비교분석 결과를 반영하여 적정 공사비 산정이 가능한 기계설비공사의 설계단계별 BIM 정보표현수준(Building Information Level : BIL) 개선안을 제안하였다.

2. 선행연구 및 문헌 분석

2.1 건물용도에 따른 일반적인 기계설비공사 공사비

조달청에서 발표한 2015년 공공건축물 유형별 공사비 분석 자료를 살펴본 결과 전체 조사대상 건물 62건에 대한 단위 면적당 기계설비 공사비는 평균 384,007원/m²으로 나타났다.⁽¹⁾ 이는 2015년도 표준건축비 1,715,000원/m²의 22.39%에 해당된다.

이 자료를 기본으로 건물 용도에 따른 기계설비 공사 공사비 비율 및 단위 면적당 공사비를 분석한 결과 (Fig. 1 참조), 연구시설의 경우 평균 공사비가 686,675원/m²로 표준건축비의 40%에 해당되며, 교육시설의 경우 평균 공사비가 262,993원/m²로서 표준건축비의 15%에 해당되는 등 건물의 용도에 따라 변화폭이 매우 크게 나타났다. 이는 건물 용도에 따라 요구되는 기능이 다르며 이에 따라 적용되는 설비 시스템 등의 차이가 있기 때문이다. 또한 건물 연면적의 증가에 따라 기계설비 공사비도 증가되었으나, 건물 용도에 따른 영향보다는 변동 폭이 크지는 않았다.

2.2 BIM을 활용한 물량 및 공사비 산출 국내 현황

일반적으로 건축설계 업무는 계획, 중간, 실시설계로 구분되며, 계획설계 단계에서는 개략견적, 중간설계 단계에서는 예산견적이 이루어지며, 실시설계 단계에서 입찰에 필요한 최종공사비를 산출하게 된다.

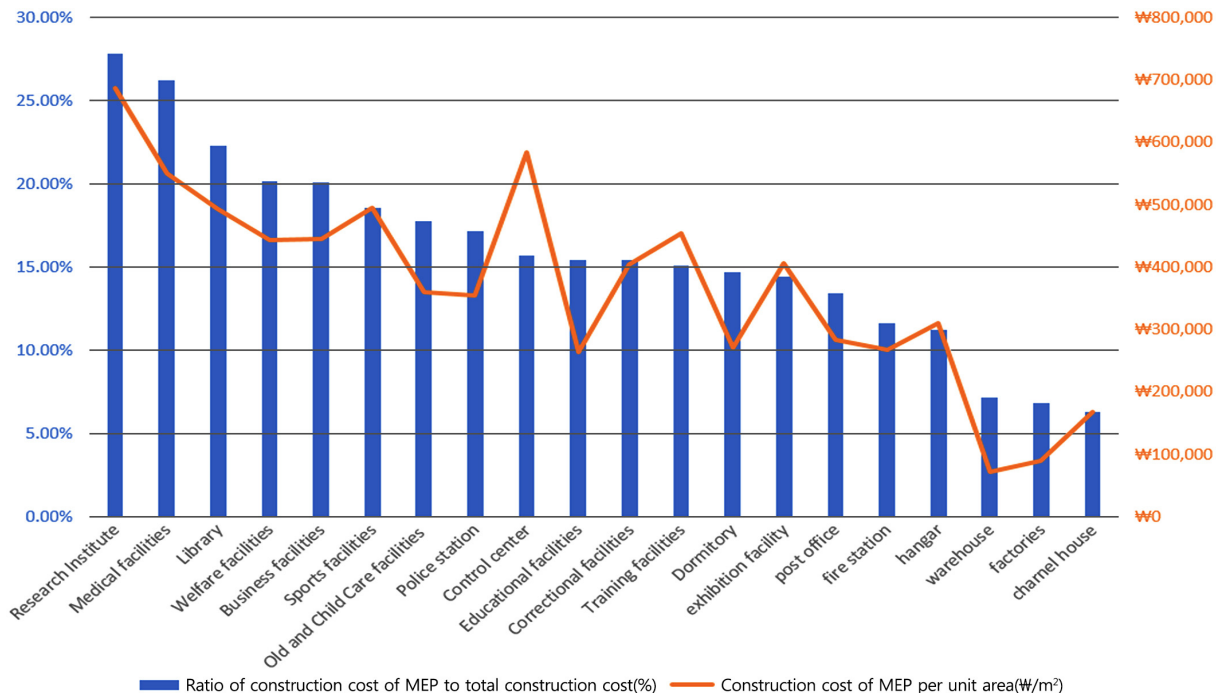


Fig. 1 The ratio of mechanical contracts and construction cost per building type.

현재까지 국내에서의 공사비 예측은 유사 건축물의 실적자료 및 단위 면적 등의 인자들을 기준으로 한 방식으로 이루어져 왔다. 실시설계 완료 시점에 도달해서야 물량내역을 기초로 한 정확한 공사비 산출이 가능하기에, 예산과 차이가 발생할 시 수정설계가 빈번하게 발생하는 비효율적 과정이 반복되고 있다.

2016년 빌딩스마트협회 BIM적용 실적등록 분석 보고서에 따르면 공사규모별로 건축물의 시가지료 도출 즉 2D도면의 3D 전환설계를 통한 설계검토 분야에서는 BIM 기술의 활용 빈도가 높은 반면, 설계물량 산출 및 공사비 산출은 그에 비해 빈도가 높지 않음을 알 수 있다.⁽²⁾

Lee⁽³⁾에 의하면 지하 1층에 지상 8층으로 되어있는 연면적 24,131.80 m²의 업무시설에 대한 BIM 설계기반 스프링클러 설비 배관 물량산출을 비교한 결과 2D 설계 대비 관경별로 최대 +1,464 m에서 최소 -844 m의 오차를 나타냈다. 이는 CAD 도면 평면상에서 보이지 않는 수직배관 및 슬래브와 실링 높이까지의 숨은 배관을 산출하기에 어려움이 있기 때문이다. 기계설비공사에서 중요한 비중을 차지하는 배관물량의 차이는 배관의 길이에 따라 변동되는 인건비의 차이를 가져오기에 공사비에 큰 영향을 미치게 된다.

BIM 기반 도면화 및 물량산출 체계를 구축하게 되면 작업자의 실수로 인한 물량의 누락 등의 오류를 방지할 수 있으며, 설계과정 중 어느 단계에서도 시공성이 고려된 정확한 물량산출이 가능하고, 설계변경에 의한 BIM 모델의 변경이 바로 물량의 변경으로 이어지기 때문에 설계변경 시 재 작업에 소요되는 시간과 비용을 절감할 수 있다. 이에 따라 각 설계단계별 공사비 예측이 가능한 대표적 항목들을 지정해 놓으면 연면적 등의 단위기준 인자들을 바탕으로 한 공사비 예측보다 좀 더 신뢰할 수 있는 공사비 예측이 가능해지며, 이는 초기 설계단계에서부터 발주자 및 시공자의 효율적 사업관리를 가능하게 한다.

2.3 국내 및 해외 BIM 가이드라인의 설계단계별 BIL 상세수준

본 연구에서는 국토교통부 및 조달청 BIL의 설계단계별 기계설비 분야 항목과 여러 국가 중 기계설비 분야에 대해 가장 구체적으로 제시하고 있는 일본 국토교통성 및 싱가포르 건설청의 설계단계별 BIM 데이터 상세수준을 비교해보고자 한다. 국외 BIM 데이터 상세수준 상 건축 부분은 국내 BIL 설계단계 별 건축 표현수준과 유사한 양상을 나타냈다. 각 BIM 가이드라인의 기계설비 분야 설계단계별 표현수준은 Table 1과 같다.

조달청 사설사업 BIM 적용 기본지침서에는 BIL 작성 기준 외에 별도로 중간설계 및 실시설계 단계에서의 최소 부재 작성 대상을 제시 하고 있다. 하지만 중간설계 단계에서 위생기구 및 주요장비를 작성 대상으로 제시하고 있지만, 기계설비공사에서 중요한 부분을 차지하고 있는 배관, 덕트, 기계소방 등의 부재는 제외를 하고 있어서 MEP 주요 장비 및 배관을 표현해야 한다는 BIL 기준과 상이하하며, 중간설계 단계에서의 예산 견적 및 개략 LCC 분석을 하기에 매우 미흡하다.

국토교통부 및 조달청에서 제시한 기계설비 분야의 표현수준을 살펴보면 세부 항목은 도출 되지 않은 상태 이고 기준자체도 매우 포괄적인 것을 확인할 수 있다. 이는 BIM 기반 설계 시 최소한의 기준 미흡으로 인해 작성되는 BIM마다 설계자별로 작성방법이 상이할 수 있으며, 타 참여자가 이를 활용하는데 한계를 가지게 되는 문제를 야기한다.

그러나 일본 국토교통성의 BIM 가이드라인은 국내 지침과는 다르게 기획 및 계획설계 단계를 하나의 업무 과정으로 설정하여 총 3단계로 설계단계를 구분하고 있으며, 국내 지침과 마찬가지로 중간설계 단계부터 기계설비 분야 작성기준을 제시하고 있다. 상세기준의 세부항목의 구체성이 명확하지는 않지만 국내 기준과는 다르게 간섭 검토가 가능한 범위내의 덕트, 배관을 작성하게 되어있으며, 보온재를 또한 포함하게 되어있다. 또한 일본은 실시설계 단계에서 BIM 모델의 형상 정보를 상세히 작성할 시 데이터 용량의 커지고 조작성이 저하되어 설계 변경 시 수정 작업에 비용과 시간이 많아지는 경우가 있기 때문에 상세한 표현이 필요한 중요 부재에 대해서는 표준 시방서를 통해 정확한 형상을 표현하여 참고할 것을 제안하고 있다.

싱가포르 Building and Construction Authority(BCA)에서 개발한 BIM 가이드라인은 설계과정에서 각 공정별로 구체적인 작성 지침을 제시하고 있으며 일본 국토교통성의 가이드라인과 마찬가지로 총 3단계로 설계단계를 구분하고 있다. 특히 기계설비 분야는 공기조화 및 환기 설비 시스템, 배관 및 위생 설비 시스템, 소방 설비 시스템 총 3분야로 구분하여 구체적 작성 지침 및 세부적 작성 대상을 제시하고 있어 설계 업무에 적용하여 사용하기가 매우 유용하다는 특징을 지니고 있다.

Table 1 Building Information Level comparison table for MEP

Division	Information Level		
	Singaporean BCA	Japanese MLIT	Korean MLIT and PPS
BIL 10/ Conceptual Design	System distribution lines System objects	-	Terrain and surrounding buildings Area, height, volume, location and orientation 1) Building mass 2) Floors 3) Zones
BIL 20/ Planning Phase	System distribution lines System objects	-	All elements required for planning phase Representation of primary structural members(columns, walls, slabs, roof), Abstracted stairs and slopes, Single wall representation Apertures(Windows can be omitted) Mullions of curtain walls
BIL 30/ Design Development	Zone object ACMV (Air Handling Unit, Chiller Unit, Variable refrigerant flow unit, Exhaust air ducts, Fresh air ducts, Supply air ducts, Return air ducts, Transfer air ducts, Chilled water supply pipes, Chilled water return pipes, Condensate drain pipes) Plumbing & Sanitary (Plumbing equipments, Plumbing fixtures, Sump and sewage pits, Storage, water holding tanks, pressure vessels, Water meters chambers, Manholes, outlets, surface and slot channels)	Primary equipments, duct, piping (Interference review/contour including insulation etc.)	All elements required for design development Quantity, size, location and orientation of elements Specification of space and structural members Stairs with actual treads and risers Double wall expression Windows and doors with frames Specification of curtain wall mullion Primary systems, ducts and plumbing of MEP
BIL 40 / Construction Document	Main elements of Preliminary Design ACMV (Fire dampers, Motorized dampers, Volume control dampers, Split-type indoor & outdoor air conditioning units, Exhaust or extract air fans, Fresh air fans, Other fans such as jet fans, Diffusers, air-boots, air grilles, air filters, registers, Fan Coil unit, Switch boards, Control, BMS & DDC panels, BMS control & monitoring modules) Plumbing & Sanitary (Fresh water piping, Fittings, Valves, including hot and cold water pipes, Rainwater and storm water pipes, Foul drainage and kitchen waste pipe work including Floor drains, Open trapped gullies, Sealed trapped gullies, Clean outs, Vents Control panels, Monitoring and control sensors, Underground public utilities for water supply, Underground public utilities for drainage) Fire Protection (All materials including equipment and piping)	Main equipments, Main duct, Main piping (contour including insulation etc.) Sanitary ware, Duct, Piping (Outdoor full piping, contour including insulation etc.) The symbol, format of each facility that created the BIM model	All elements required for construction document Quantity take-off for bid All spaces Specification of all structural members Specification of all building elements Finishes defined as property or as in model All systems, ducts and plumbing of MEP with construction level details Wiring can be omitted

3. 설계단계별 공사비 산정 사례 비교 분석

미국 Cost 공학협회 American Association of Cost Engineers(AACE)는 견적은 정해진 범위 안에서 시설의 건설이나, 상품의 제조 또는 서비스의 제공에 요구되는 업무량을 결정하고, 그 공사비를 예측하거나 추정하는 것이라고 정의하고 있다.⁽⁴⁾ AACE에서는 건축 프로세스의 견적 종류에 따른 산정정확도를 제시하고 있는데 국내 설계도서 작성지침에 의한 중간설계 단계에서의 예산견적은 +30~15%, 실시설계 단계에서의 확정 및 상세 견적은 +15~5%의 산정정확도를 제시하고 있다. 본 연구에서는 실제 BIM 기술이 적용된 건축물 중 샘플모델을 선정하여 국내 및 해외 BIM 가이드라인의 BIL에 따른 설계단계에서의 기계설비공사 견적 작업 및 분석을 통해 AACE의 산정정확도와 비교한 후 중간설계 및 실시설계 단계에서 국내 BIM 가이드라인의 설계단계별 용도에 적합한 BIL 항목들을 제안하고자 한다.

Table 2 Test buildings for case analysis

	Test building① : Warehouse	Test building② : Research institute	Test building③ : Business facility
Floors/structure (Total area)	Single floor built with reinforced concrete(about 1,210 m ²)	Four floors built with reinforced concrete(about 9,340 m ²)	Three floors built with reinforced concrete(about 7,100 m ²)
Air-conditioning	EHP and electric panel	EHP and GHP	Ground source heat pump system
Hot-water supply	Hot water storage electric water heater	LNG boiler	Electric water heater
Fire protection	Fire extinguisher	Fire hydrant, sprinkler	Fire hydrant of inside and outside
Features	Air cooled climate controller, ERV	AHU per floor, Air cooled climate controller, Dust collection system	•
Construction Subprocess included	Equipment installation, machine room, plumbing, duct, sanitary equipment, fire protection equipment	Equipment installation, machine room, plumbing, duct, sanitary equipment, fire protection equipment, soundproofing and dust proofing, flue installation	Equipment installation, Tmachine room, plumbing, duct, sanitary equipment, fire protection equipment, soundproofing and dust proofing

사례분석 대상건물은 조달청의 2015년도 공공건축물 공사비 분석 자료를 근거로 단위 면적당 기계설비 공사비가 가장 낮은 창고시설과 공사비 비율이 가장 높은 연구시설 및 대상건수가 가장 많은 업무시설 용도의 건축물을 선정하였다(Table 2 참조). 건적작업 및 분석은 기계설비의 일반적인 공정만을 대상으로 하였고, 특정 건물에만 적용되는 특수설비는 직접공사비 분석에서 제외하였다. 일반적인 공정은 건설기준 통합코드의 설계 기준에 의해 BIL의 부재 작성 대상 추출이 가능한 장비설치공사(3120), 기계실배관공사(3120), 공조배관공사(3125), 공조덕트공사(3125), 위생설비공사(3130), 소화설비공사(3145), 자동제어공사(3135), 가스배관공사(3150), 방음방진공사(3150), 연도설치공사(3150)로 구성된다. 이와 같은 공정들에 BIM 기술을 적용하여 물량산출을 한 후 국내 및 해외 BIL 표현수준에 맞는 설계단계별 직접공사비를 산출하여 비교분석 후 중간설계 및 실시설계 공사비 산정정확도에 맞는 설계단계별 BIL 최소 부재 작성 항목들을 도출하였다.

국토교통부 BIL 지침에 따르면 기계설비 분야는 주요 장비 및 배관으로 제시하였지만 다분히 포괄적이어서 적용 주체마다 범위가 상이할 것으로 판단되어 주요 장비 및 주요 덕트, 주요 배관(피팅포함)으로 한정하였으며, 조달청은 동일한 BIL 지침을 적용하고 있으나 설계단계별 최소 부재 작성 대상을 제시하고 있어 이에 준하는 항목들을 적용하여 직접공사비를 산출하였고, 해외 지침은 명시된 항목 그대로 적용하여 직접공사비를 산출하였다.

사례분석 대상건물의 직접공사비 분석은 BIL30 중간설계, BIL40 실시설계 단계에서만 적용하였고, 이는 국토교통부 및 조달청 지침에 기계설비 분야는 BIL30 부터 적용하는 것으로 정의되어 있고, 건축공정 상 중간설계 단계부터 건축물의 공간에 대한 설계가 이루어지기 때문이다.

3.1 직접 공사비 비교 : 2D 도면 기반 vs BIM 기반

사례분석 대상건물들의 기존 2D 도면을 기반으로 한 직접공사비와 BIM 기반 물량산출을 통한 직접공사비를 비교분석한 결과 BIM 기반 직접공사비가(재료비+노무비) 13.7~17.8% 높게 산출되었다(Table 3 참조). 이는 2D 도면상 확인이 불가능한 수직배관과 슬래브와 실링 사이의 습은 배관 및 장비 연결부의 배관 누락으로 인한 위생 및 공조배관의 물량증가와 오배수배관의 PVC관 물량증가 그리고 이로 인한 표준품셈상의 노무비 증가에 따른 것으로 나타났다.

Table 3 MEP construction cost comparison based on 2D drawings and BIM of test buildings

		Test building ①	Test building ②	Test building ③
Material cost	Based on 2D drawings	₩ 17,865,625	₩ 1,623,739,995	₩ 968,012,929
	Based on BIM	₩ 19,860,966(+11.1%)	₩ 1,914,787,731(+17.9%)	₩ 1,126,775,613(+16.4%)
Labor cost	Based on 2D drawings	₩ 12,985,775	₩ 1,392,839,729	₩ 663,332,008
	Based on BIM	₩ 15,225,244(+17.2%)	₩ 1,637,576,152(+17.6%)	₩ 771,764,990(+16.3%)

3.2 국내외 BIM 가이드라인별 직접 공사비 비교

대상건물들의 분석 결과(<Table 4>~<Table 6> 참조) 실시설계 단계에서의 직접공사비는 AACE의 산정정확도 범위인 +15~5% 이내에 포함되었다. 이는 국가별 가이드라인에 상관없이 실시설계 단계에서는 정확한 수량 산출, LCC 분석 등 시공을 위한 최종적인 분석이 가능해야하는 단계이기 때문에 표현가능한 모든 부재가 포함되어 있기 때문이다. 직접공사비 기준금액과 -4.41%~1.07% 차이를 보이는 것은 제어케이블 등 자동제어 공사와 내화충진재, 페인트칠 등의 부수적 작업에 따른 품셈차이 때문인 것으로 나타났다.

중간설계 단계에서는 국내 및 해외 가이드라인에 따라 개별적인 차이가 발생하였는데, 특히 조달청 BIL 기준에 따른 직접공사비가 AACE 산정정확도 범위인 +30~15%를 크게 벗어나는 것으로 확인되었다. 이는 조달청에서 국토교통부가 제시한 BIL 지침을 활용하고 있으나, 별도로 중간설계 단계에서 최소 부재 작성 대상을 제시하고 있어 주요장비 및 위생기기만을 산출하다 보니 기준금액과 큰 차이를 보였다. 설계 주체별로 적용범위의 차이가 있겠으나 국토교통부 BIL 지침에 따른 대상건물들의 직접공사비가 기준금액대비 -26.68%~ -12.05%의 차이를 보인다고 볼 때, 중간설계 단계에서 개략적인 공사비 예측 및 예산견적을 하기 위해서는 최소한 주요 배관 및 주요 덕트를 표현해야 하는 것으로 확인 되었다.

중간설계 단계에서 싱가포르 BCA 가이드라인에 따른 직접공사비가 기준금액대비 -15.16%~11.02%의 오차로 AACE 산정 정확도 범위에 가장 근접한 결과를 나타내었는데, 싱가포르 BCA 가이드라인은 중간설계 단계에서 주요 장비, 배관, 덕트 뿐만 아니라 탱크, 위생기기, 밸브 및 미터기 등의 부재를 최소 작성 대상으로 포함하고 있었다.

Table 4 MEP construction cost comparison based on BIL30 and BIL40 of the 1st test building

Baseline(BIM) : Material cost 19,860,966/Labor cost 15,225,244/Direct construction cost 35,086,240					
Division	MLIT	PPS	Japanese MLIT	Singaporean BCA	
Design Development (BIL30)	Material cost	13,751,635 (-30.76%)	9,053,551 (-40.53%)	14,995,023 (-24.5%)	16,163,875 (-18.75%)
	Labor cost	11,971,156 (-21.37%)	2,245,069 (-85.25%)	13,064,131 (-14.91%)	13,279,180 (-12.78%)
	Total direct cost	25,722,791 (-26.68%)	11,298,620 (-67.79%)	28,059,154 (-19.16%)	29,416,055 (-15.16%)
Construction Document (BIL40)	Material cost	19,276,369 (-2.94%)	19,224,984 (-3.2%)	19,860,966 (-)	19,860,966 (-)
	Labor cost	14,312,979 (-5.99%)	14,312,979 (-5.99%)	15,225,244 (-)	15,225,244 (-)
	Total direct cost	33,589,348 (-4.26%)	33,537,963 (-4.41%)	35,086,240 (-)	35,086,240 (-)

Table 5 MEP construction cost comparison based on BIL30 and BIL40 of the 2nd target building

Baseline (BIM) : Material cost 1,914,787,731/Labor cost 1,637,576,152/Direct construction cost 3,552,363,883					
Division	MLIT	PPS	Japanese MLIT	Singaporean BCA	
Design Development (BIL30)	Material cost	1,693,284,200 (-11.57%)	1,107,928,442 (-42.14%)	1,704,309,218 (-10.99%)	1,719,506,545 (-10.20%)
	Labor cost	1,431,108,756 (-12.61%)	27,577,412 (-98.32%)	1,450,820,052 (-11.40%)	1,441,253,572 (-11.99%)
	Total direct cost	3,124,392,956 (-12.05%)	1,135,505,854 (-68.04%)	3,155,129,270 (-11.18%)	3,160,760,117 (-11.02%)
Construction Document (BIL40)	Material cost	1,849,065,904 (-3.43%)	1,849,065,904 (-3.43%)	1,862,801,256 (-2.71%)	1,873,423,139 (-2.16%)
	Labor cost	1,566,980,750 (-4.31%)	1,566,980,750 (-4.31%)	1,589,541,997 (-2.93%)	1,596,804,766 (-2.49%)
	Total direct cost	3,416,046,654 (-3.84%)	3,416,046,654 (-3.84%)	3,452,343,253 (-2.82%)	3,470,227,905 (-2.31%)

Table 6 MEP construction cost comparison based on BIL30 and BIL40 of the 3rd test building

Baseline(BIM) : Material cost 1,126,775,613/Labor cost 771,764,990/Direct construction cost 1,898,540,603					
Division	MLIT	PPS	Japanese MLIT	Singaporean BCA	
Design Development (BIL30)	Material cost	959,584,114 (-14.84%)	645,615,712 (-42.70%)	966,909,738 (-14.19%)	997,068,610 (-11.51%)
	Material cost	662,985,518 (-14.09%)	45,868,068 (-94.06%)	680,078,315 (-11.88%)	671,302,231 (-13.02%)
	Direct construction cost	1,622,569,632 (-14.54%)	691,483,780 (-63.58%)	1,646,988,053 (-13.25%)	1,668,370,841 (-12.12%)
Construction Document (BIL40)	Material cost	1,098,556,438 (-2.50%)	1,098,556,438 (-2.50%)	1,115,269,105 (-1.02%)	11,115,205,305 (-1.03%)
	Labor cost	732,348,260 (-5.18%)	732,348,260 (-2.50%)	763,004,424 (-1.14%)	763,004,424 (-1.14%)
	Direct construction cost	1,830,904,698 (-3.56%)	1,830,904,698 (-3.56%)	1,878,273,529 (-1.07%)	1,878,209,729 (-1.07%)

일본 국토교통성 가이드라인에 따른 직접 공사비는 대상건물 ①에서만 4.16% 차이로 범위를 벗어나긴 했지만, 나머지 대상건물들은 산정정확도에 근접한 결과를 보여주었다. 이는 대상건물 ①과 같이 공사비가 적은 소규모 건축물에서는 국토교통부 중간설계 지침에 명시되지 않은 위생기기, 보온 등의 작성유무가 직접 공사비에 큰 영향을 주었으나, 대상건물 ②, ③과 같이 공사비가 많이 투입되는 건축물의 경우 노무비 표준 품셈에 영향을 미치는 부재들이 복합적으로 작성되어 있기 때문에 영향도가 줄어든 것으로 확인되었다. 또한, 연구시설 같이 공사비의 규모가 큰 건축물 일수록 장비 및 기기만을 작성하여 중간설계 단계에서 공사비 예측을 한다는 것은 신뢰성을 저하시킨다는 것을 확인 할 수 있었다.

4. 설계단계별 BIL 작성 기준 제안

사례 분석결과 중간설계 단계 BIL에는 주요 장비 및 보온재가 포함된 배관, 덕트가 정의되어야 합리적인 공사비예측이 가능하며, 실시설계 단계에서는 중간설계 단계의 항목들을 세부적으로 발전시키고 건축 실시설계가 완료되는 시점에 표현 가능한 위생기기 액세서리, 소방기구, 점검구, 모니터링 시스템 등의 부재들이 정의되어야만 AACE 산정정확도에 적합한 결과를 산출할 수 있었다.

사례 모델의 정보만을 가지고 정확한 기준을 도출한다는 것이 어려움은 있으나, 실적공사비 자료 등의 기존 공사비 분석 자료에서 유추할 수 있듯이 장비, 배관, 덕트 설치 공사가 전체 기계설비 공사비의 70% 이상을 차지하고 있다는 것을 감안할 때 중간설계 단계부터 장비, 주요 배관 및 주요 덕트를 정의해야 공사비 예측 및 수정에 좀 더 신뢰성을 부여할 수 있을 것이다. 이를 고려한 기계설비공사 설계단계별 BIL 작성 기준 개선안은 Table 7과 같다.

- 장비의 경우 중간설계 단계에서 개략적인 형태 및 최소사양, 배관 연결부위 등을 정의할 것을 제안하며, 실시설계 단계에서는 상세형태 및 기타 속성을 입력할 것을 제안한다. 하지만 실시설계 단계에서 BIM의 모든 건물 부재를 상세히 작성하게 된다면 BIM의 파일 용량이 커지고, 조작성이 저하되어 계획 변경 등에 따른 수정 작업량이 많아질 수 있다. 따라서 장비의 상세한 표현은 기계설비 표준시방서에 구조 및 형식, 사양 등을 상세하게 표현하여 활용하는 것이 효율적인 방법이라고 판단된다. 위생도기 및 밸브의 경우도 이와 같다고 할 수 있다.
- 배관의 경우 보온재를 포함하는 이유는, 보온재는 배관 물량과 동일한 방법으로 산출되며 이로 인한 인건비 상승이 전체 공사비에 적지 않은 영향을 미치기 때문이다. 보온재의 경우 설계 시 Autodesk Revit같은 BIM 저작도구 속성창에서 손쉽게 정보입력 및 수정이 가능하므로 중간설계 단계에서부터 적용하였다.
- 행거, 써포트, 스프링클러헤드 등의 기구들은 건축의 비내력벽 및 건식벽 등의 건물 내부의 공간 구성이 완전히 정립되고 마감재가 표현되는 실시설계 단계에서 정의하는 것이 보다 효율적이다.

Table 7 The proposed BIL for more accurate MEP construction costs

BIL classification		● : Properties defined initially √ : Properties supplemented					
		Suggested		Legacy by PPS			
		BIL30	BIL40	BIL30	BIL40		
Equipment	Pumps	Form and shape or reserved space	●	·	●	·	
		Minimum specification(power)	●	·	·	√	
		Detail form and other properties	·	√	·	√	
	Air Handlers	Form and shape or reserved space	●	·	●	·	
		Minimum specification(air volume)	●	·	·	√	
		Detail form and other attributes	·	√	·	√	
	Fans	Form and shape or reserved space	●	·	●	·	
		Minimum specification(power)	●	·	·	√	
		Detail form and other properties	·	√	·	√	
	Air conditioners, chillers, boilers, plants	Form and shape or reserved space	●	·	●	·	
		Minimum specification(capacity)	●	·	·	√	
		Detail form and other properties	·	√	·	√	
	Cooling towers, storage, tanks	Form and shape or reserved space	●	·	●	·	
		Minimum specification(capacity)	●	·	·	√	
		Detail form and other properties	·	√	·	√	
	Plumbing	HVAC plumbing	Diameter, length, material, fitting, insulation	●	·	·	●
			Other properties : thickness, weight, etc.	·	√	·	·
		Sanitary plumbing	Diameter, length, material, fitting, insulation	●	·	·	●
Other properties : thickness, weight, etc.			·	√	·	·	
Gas plumbing		Diameter, length, material, fitting	●	·	·	●	
		Other properties : thickness, weight, etc.	·	√	·	·	
Fire protection plumbing		Diameter, length, material, fitting, insulation	●	·	·	●	
		Other properties : thickness, weight, etc.	·	√	·	·	
Outdoor plumbing		Diameter, length, material, fitting	●	·	·	●	
		Other properties : thickness, weight, etc.	·	√	·	·	
Hanger, Shoe, Support, etc.		·	●	·	●		
Ducts	Square duct	Dimension, Length, Thickness	●	·	·	●	
		Other properties : Reinforcing bar, etc.	·	√	·	·	
	PVC duct	Dimension, length, thickness, diameter	●	·	·	●	
		Other properties : angle iron, etc.	·	√	·	·	
	Stainless steel duct	Dimension, Length, thickness	●	·	·	●	
		Other properties : Reinforcing bar, etc.	·	√	·	·	
	Spiral duct	Length, thickness, diameter	●	·	·	●	
		Other properties : reinforcement, etc.	·	√	·	·	
	Flexible duct	Length, diameter, AL insulation	●	·	·	●	
		Other properties : Usage, etc.	·	√	·	·	
Hanger, Support, etc.		·	●	·	●		
Diffusers, exhausts, damper, etc.		·	●	·	●		
Valves and cocks	Valves	Location or reserved space	●	·	·	·	
		Diameter, pressure, type	●	·	·	·	
		Detail specification and other properties	·	√	·	●	
	Pressure reducing device, Trap device, water hammer arrestor, etc.	Location or reserved space	●	·	·	·	
		Diameter, pressure, type	●	·	·	·	
		Detail specification and other properties	·	√	·	●	
Measuring and distribution equipment	Flowmeter, calorimeter, measuring devices, and etc.	·	●	·	●		
Plumbing fixture	Toilet, urinal, sinks, etc.	Location or reserved space	●	·	●	·	
		Sanitary fixture type	●	·	·	√	
		Detail specification and other properties	·	√	·	√	
Water coak, bathroom fixture, etc.		·	●	·	●		
Fire protection equipment	Fire hydrant, equipment containment box, etc.	·	●	·	●		
		Sprinkler heads	·	●	·	●	

5. 결 론

국토교통부 BIM 설계도서 작성 기본지침과 조달청 시설사업 BIM 적용 기본지침서에서 정의하고 있는 BIM 정보표현수준(BIL)은 세부적용 항목의 부재로 인해 BIM 적용 주체들마다 서로 다른 주관적 판단이 개입되어 BIM 업무에서 중요한 공정별 협업에 있어 책임 소재 등의 문제로 인해 비효율적인 환경을 발생시키고 있다. 또한, BIM 기술을 신규 도입하고자하는 업체 및 개인에게는 실무에서의 명확한 작성 기준이 없다는 것이 하나의 진입 장벽으로 되어버렸다. 특히, 기계설비 분야의 경우 건축분야에 비해 전문 인력이 매우 부족하고, 체계적인 교육과정도 미흡하여 BIM 설계 시 필요한 구체적인 작성 지침을 필요로 하고 있는 실정이다.

본 연구에서는 국내외 BIM 가이드라인에서 제시하고 있는 BIM 정보표현수준(BIL)의 기계설비 분야 작성 지침에 따라 단계별 물량 및 공사비 산출 작업을 하여, 설계단계 용도 및 목적에 맞는 최소한의 부재 작성 항목을 도출하였다. 이를 BIL 작성 기준 및 지침으로 제시하고자 하며 그 결과를 요약하면 다음과 같다.

- (1) BIL30(중간설계 단계)에서는 최소한 주요 장비 및 건물내부의 배관, 덕트가 정의되어야 합리적인 공사비 예측이 가능하다.
- (2) 배관 보온의 경우 BIL30부터 배관 속성 입력 시 같이 표현하는 것이 효율적이다. 이는 보온재가 배관 물량과 동일한 방법으로 산출되며, 이로 인한 인건비 상승이 공사비에 적지 않은 영향을 미치기 때문이다. 또한 보온재의 두께에 따라 각 배관, 덕트, 씨포트 등의 간섭에 영향을 미치는 경우가 발생되기도 하는데, 이를 실시설계 단계에서 입력 및 수정 시 작업량이 많아지는 비효율적 상황이 발생할 수 있기 때문이다.
- (3) 장비의 경우 BIL30에서 개략적 형태 및 크기, 예약공간을 정의하여 공사비 예측에 활용하며, BIL40(실시설계 단계)에서 보완 발전시키는 것이 보다 효율적이다. 그러나 실시설계 단계에서는 모든 부재가 상세히 표현 되어 BIM 모델 데이터의 용량이 커지며 조작성이 저하되어 계획변경 시 수정 작업량이 많아지는 경우가 발생할 수 있으므로, 표준시방서에 장비의 구조 및 형식, 사양 등을 별도로 상세히 표현 하여 활용할 것을 권고하는 바이다.
- (4) 덕트 취출구 및 스프링클러헤드 등 설치 반경이 고려되어야 하는 부재 및 액세서리 등의 기타 설치 기구는 건축의 비내력벽 및 건식벽 등의 건물 내부 공간 구성이 완전히 정립되고 마감재가 표현되는 실시설계 단계에서 표현하는 것이 효율적이다.

본 연구는 설계단계별 용도에 맞는 최소한의 설계단계별 BIL 작성 항목 및 수준을 제시한 것으로서 제안안이 적용될 경우 중간설계 단계에서 BIL30 기준으로 작성하는 BIM의 경우, 직접 공사비의 정확도가 일본 국토성이나 싱가포르 BCA 가이드라인 수준으로 향상될 것으로 예상되나, 향후 연구에서는 더 많은 사례 분석을 통해 세부 항목들을 좀 더 구체화 시킬 필요가 있다. 또한 시공 단계에서 설계 단계와의 단절성을 해결하기 위한 데이터 활용방법 및 유지관리 단계에서 개별 클라이언트의 요구사항에 부합되는 필수 업무 양식 개발 등 BIL50 및 BIL60 단계에서의 기계설비 분야 BIL 작성 기준도 추후 연구 대상이다.

후 기

이 연구는 2015년도 정부(미래창조과학부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업(NRF-2015R1C1A2A01053559)의 지원으로 수행되었습니다.

References

1. Public Procurement Service, 2016, 2015 Publication of cost analysis data by type of public buildings.
2. Building SMART Korea, 2017, 2016 BIM Application Performance Analysis Report.
3. Lee, S. D., 2016, A Study on Efficiency of the Fire Fighting Design Cost Estimation using BIM, Master Thesis Gachon University. pp. 71-74.
4. American Association of Cost Engineers (AACE), 1997, Recommended practice No. 18R-97 : Cost estimate classi-

fication system-As applied in Engineering procurement, and construction for the process industries.

5. Ministry of Land, Infrastructure and Transport, 2016, Basic guidelines for writing BIM design books, MLIT criteria 2016-25541.
6. Public Procurement Service, 2015, BIM Guide v1.31.
7. Japan Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism, 2015, Guidelines for creating and using BIM models.
8. Singapore building and Construction Authority(BCA), 2013, Singapore BIM Guide ver. 2.
9. Cho, H. J., Kim, Y. S., and Ma, Y. K., 2013, A Study of LOD(Level of Detail) for BIM Model applied the Design Process, Journal of KIBIM, Vol. 3, No. 1, pp. 2-10.
10. Ji, S. H., Park, M. S., Ma, Y. K., and Yoon, Y. A., 2008, A Direction for Improving Cost Estimation and Management of Construction Projects : Comparing to Australian System, Journal of KIBIM, Vol. 9, No. 2, pp. 170-181.
11. Kim, S. H., 2016, Understanding the PPS BIM Guideline for MEP practitioners, Proceeding of SAREK 2016 Winter Annual Conference, pp. 123-126.