

국내 MEP 분야 BIM 활용 실태 조사 및 실무 적용 활성화 방안 제시

A Study on Strategy and Utilization for Practical Application of BIM in MEP Area

김이제¹⁾, 김용인²⁾, 김인채³⁾, 진상윤⁴⁾

Kim, Yi-Je¹⁾ · Kim, Yong-In²⁾ · Kim, In-Chie³⁾ · Chin, Sang-Yoon⁴⁾

Received November 18, 2020; Received November 25, 2020 / Accepted November 30, 2020

ABSTRACT: In the MEP(Mechanical Electrical and Plumbing) field, the utilization of BIM-based drawings is lower than in the architectural and structural sectors, and the limited BIM collaboration problem caused by different levels of BIM utilization in each field is becoming a serious problem in adoption and utilizing BIM. Therefore, this study analyzed the current status of BIM application in the field of mechanical equipment in the construction industry and analyzed the practical problems and limitations of adoption and utilizing BIM from a corporate perspective based on Delphi analysis techniques. Based on the results of the analysis, the limitations of the current MEP BIM application were classified into economic, technical, institutional, and social factors to derive detailed items, and, accordingly, the improvement measures were classified as institutional, policy, and technical measures. As a result, the company intends to maximize the value of BIM utilization in the MEP field by presenting improvement plans to activate BIM in the field of mechanical equipment based on the opinions of the company, thereby laying the foundation for BIM in the construction industry by creating a collaborative BIM environment for each sector in the domestic construction industry.

KEYWORDS: BIM(Building information modeling), MEP(Mechanical, Electrical, and Plumbing), Machine equipment, Delphi method

키워드: BIM, MEP, 기계설비, 델파이기법

1. 서론

1.1 연구의 배경 및 목적

최근 설계 · 시공 · 유지관리 단계까지 건물의 전 생애주기를 관리하기 위해 BIM(Building Information Modeling)의 도입이 가속화 되고 있다(Kim et al., 2019, Yoon et al., 2015). 국내에서는 국토교통부 및 조달청에서 BIM 적용을 의무화 하고 있으며, 그에 따른 추진계획안을 발표하고 있다(Kim et al., 2019, Kim and Chin, 2018). 하지만 아직 제도적 · 정책적으로 정착되지 않아 많은 문제점들이 발생 (Kim et al., 2018) 하고 있어 이를 해결하고

자 산 · 학계에서 활발히 연구가 진행되고 있다. 하지만 대부분의 연구가 건축 및 구조를 중심으로 수행되었으며(Kim et al., 2018), MEP((Mechanical Electrical and Plumbing) 분야의 BIM 활성화에 대한 연구는 미비한 실정이다.

본 연구는 BIM 기반 실시설계로서 효율혁신 기술개발에 대한 선행연구(Kim and Chin, 2019, Kim and Chin, 2019, Kim et al., 2018)를 바탕으로 수행되었다. 선행연구에 따르면 MEP 분야의 경우 건축 및 구조 분야에 비해 BIM기반 도면의 활용성이 훨씬 낮은 것으로 분석되었다(Kim and Chin, 2019). 특히 MEP 중 기계설비는 기존에 작성된 2D CAD 도면으로부터 BIM 모델을 구

¹⁾ 학생회원, 성균관대학교 미래도시융합공학과 석박사통합과정 (yjje89@gmail.com)

²⁾ 정회원, 나우설비기술(주) 대표이사, 공학박사 (kyi@nowcel.co.kr)

³⁾ 학생회원, 성균관대학교 미래도시융합공학과 석박사통합과정 (k8i9c@naver.com)

⁴⁾ 정회원, 성균관대학교 건설환경공학부/미래도시융합공학과 교수, 공학박사 (schin@skku.edu) (교신저자)

축하고, 필요에 따라 BIM에서 도면화 작업을 수행하고 있었으며, 전기 및 소방 분야도 일반적 프로세스는 동일하나 BIM 기반 도면의 활용도는 기계설비 분야보다 낮은 것으로 분석되었다 (Kim and Chin, 2019). 이처럼 분야별 BIM 활용 수준이 상이할 경우 통합 프로젝트 관리에 BIM을 제한적으로 활용하게 된다. 따라서 선행연구에서는 이러한 문제를 해결하고자 전문 협력업체 조기 참여 기반의 BIM 표준 발주 프로세스를 분석 및 제안하였으며, 분석 결과 기계설비 업체가 MEP 분야 중에서도 설계단계에 조기 참여를 통해 BIM 적용 효과 및 BIM 프로세스의 효율을 높일 수 있는 1순위 업종으로 분석되었다(Kim and Chin, 2019).

따라서 본 연구에서는 건설 산업 중 기계설비분야에 BIM이 적용되고 있는 현황을 국내 기업을 대상으로 분석하여, 델파이(Delphi) 분석 기법을 기반으로 기업 관점에서 BIM 도입 및 활용의 실질적인 문제점과 한계를 도출하였다. 또한, 기업의 의견을 바탕으로 기계설비분야에서 BIM 활성화를 위한 개선안을 제시하여 MEP 분야에서의 BIM 활용 가치를 극대화하고, 이를 통해 국내 건설 산업에서 분야별 BIM 협업 환경 조성으로 건설 산업의 BIM 기반을 마련하고자 한다.

1.2 연구의 범위 및 방법

최근 건설 분야에서 BIM 도입이 활성화됨에 따라 BIM에 대한 실효성 검증과 활용가치 극대화를 위한 다양한 연구에 델파이 분석 기법이 활용되고 있다(Kim and Chin, 2019, Park and Chin, 2015, Lee et al., 2016). 델파이 분석은 어떤 문제를 진단하고 예측함에 있어 객관적 데이터 수집이 힘든 경우에 전문가의 의견을 중심으로 현상에 대한 진단이나 문제 해결을 위한 의견 취합 및 합의적 도출에 효과적으로 활용되는 연구 분석 방법이다(Limestone and murray, 1975).

본 연구에서는 국내 건설 산업 중 기계설비분야에서 BIM의 활용 현황을 파악하고, BIM 활용에 있어 기업관점에서의 실질적인 문제점과 개선 요인을 델파이 기법을 통해 도출하였다(Table 1).

이를 위해 국내 한국설비기술사설계협회에 등록된 총 81개의

Table 1. Research process through Delphi method

| Step | Contents |
|--------|---|
| Step 1 | 1st survey and interview - Analysis of BIM adoption and utilization status - Selection of experts for Delphi analysis |
| Step 2 | 1st Delphi Survey (Open type) - (Common) Awareness survey - (adoption and Utilization) Operation Status Analysis - Deriving factors of Limitations and Problems - Derivation of key improvement factors |
| Step 3 | Derivation of verification targets - Derivation (definition) of factors for Delphi verification through the results of the first Delphi analysis |
| Step 4 | 2nd Delphi questionnaire (closed type) - Verification of Limitations and Problems Factors - Verification of key improvement factors |

회원사 중 설문에 응답한 60개의 설비설계회사를 중심으로 BIM 도입 여부와 BIM 활용 여부를 조사하였다.

또한, 60개 업체를 대상으로 수행한 설문결과를 바탕으로 BIM을 접해보지 못한 업체, 보유 직원이 5명 미만인 업체, 회사 내부에서 의사결정권자 대상이 아닌 설문 응답자를 제외한 35명을 선정하여 구체적인 BIM 활용 현황을 분석하고, 문제점 및 개선 요인 도출을 위한 1차 델파이 설문을 수행하였다.

이후 1차 델파이 설문을 통해 도출된 설문 결과와 기존 연구 고찰 및 실무 현황 분석 결과를 바탕으로 문제점 및 개선요인에 대한 검증 대상을 정의하고, 2차 델파이 설문을 통해 이를 검증하였다. 델파이 기법은 동일한 전문가 집단에게 설문조사를 단계별로 반복적으로 실시하여 집단의 의견을 종합하고 분석하는데, 이때 설문 수행 단계는 분석 항목에 대한 변이계수를 측정하여 판단한다(Limestone and Murray, 1975). 이때, 변이계수 값이 0.5 이하인 경우에는 추가 설문 없이 높은 수준의 합의가 도출된 것으로 판단하며(Limestone and Murray, 1975), 본 연구에서는 2차 델파이 설문 결과 한계 및 개선 요인의 변이 계수 값이 0.5 이하로 분석되어, 2차 델파이 설문을 통해 분석 요인을 최종 검증하였다.

2. 선행 연구고찰

최근 건설 분야에서 BIM 도입이 활성화됨에 따라 BIM에 대한 실효성 검증과 활용가치 극대화를 위한 다양한 연구가 수행 중이다. Lee and Yu(2013)는 BIM 적용의 이점과 BIM의 보급 및 활성화를 저해하는 요인에 대한 기술 수용 모형 (Technology Acceptance Mode)을 통해 BIM 수용에 미치는 영향관계를 분석하였다. Park et al. (2013)는 퍼지셋 질적비교분석(Fuzzy-set Qualitative Comparative Analysis)을 활용하여 건설사업 참여주체(설계사, 시공사, 엔지니어링사)들을 대상으로 BIM 활용성과에 영향을 미치는 요인들을 분석하였다. Kim et al. (2016) 또한, 건설참여자별 설문조사를 통해 BIM 수용과 확산에 영향을 미치는 건설 참여자 유형별로 BIM에 대한 사용의도와 태도에 관한 요인들의 관계를 정량적으로 분석함으로써, 어떤 요인들이 한국 건설 산업에서 BIM의 수용에 영향을 미치는지 Technology Acceptance Model(TAM)과 Innovation Diffusion Theory(IDT)를 통합한 모델을 활용하여 분석하였다.

기업의 관점에서 실무기반의 BIM 활성화 방안을 도출하기 위한 연구로는, Kim et al. (2014)은 BIM을 활용 중인 해외 우수 설계사들의 업무환경을 분석하고 그 결과를 국내 설계사무소에 적용 및 검증함으로써 BIM 활용을 위한 업무환경 구축 방향을 제시하였다. 반면, Kim et al. (2014)는 해외 성공사례 바탕이 아닌 국

내 건설 산업의 BIM 활용현황과 BIM 활용 주요 업무내용 및 문제점 도출을 위한 예비조사를 실시하고, 이를 기초로 국내 설계 사무소의 BIM 활용실태 및 문제점들의 상대적 중요도를 분석하고 이에 대한 개선방안을 제시함으로써, 향후 BIM을 국내 설계 사무소에 안정적으로 도입 및 확산하기 위한 기업의 요구 사항을 제시하였다. 또한, Lee and Lee(2011)는 국내 건축설계조직이 BIM을 수행할 수 있는 역량을 보유하고 있는지를 진단하고, BIM 도입으로 인해 조직에 요구되는 내부적 변화에 초점을 맞춰 조직적 차원의 대응수준을 파악하고 지원하기 위한 기업차원에서의 진단 모델을 제안하였다. Park(2017)은 국내 건축설계분야 BIM 활용 실태 조사를 통해 장애 요인을 도출 하여 개선 방향을 수립 한 뒤 API(Application Program Interface) 활용한 개선 효과를 분석하여 건축설계 분야 BIM 활용 환경을 위한 새로운 대안을 제시 하였으며, Seo et al. (2012)는 BIM을 활용하는 설계 사무소의 업무환경 구축을 위한 평가모델을 개발하여 이를 정량적으로 평가함으로써 BIM을 도입을 고려하는 설계사무소의 업무환경의 개선 및 평가기준을 제시하였다.

MEP분야에서의 BIM 활성화를 위한 연구로는 Park et al. (2013)이 기계설비 분야에서 BIM 활용을 위한 요구정보를 도출하고, 2차원 설계방식과 BIM 설계 방식의 비교를 통하여 기업차원에서의 BIM 활성화 방안을 제시하였다. 또한, MEP분야에서의 주요 장애요인에 대한 개선방안 마련을 위해 Kim(2011)은 설비분야의 기업에서 BIM 설계를 도입하는데 있어 BIM 설계 전문가의 인력양성을 위한 기업차원의 대안을 제안하였다. Kim et al. (2019)은 BIM 모델 활용 문제를 개선하기 위해 시공단계 MEP BIM 모델 요구조건 체크리스트를 개발하여 시공단계에서의 MEP BIM 모델 작성의 개선 및 평가기준을 제시하였다. 또한, Hong et al. (2011)은 사례분석을 통해 건축기계설비의 BIM 작업 품질 향상을 위한 BIM 발주 및 계약방식에 대한 필요성을 제안하였다.

BIM 활성화를 위한 선행연구 고찰 결과, 실무적 관점에서 BIM 도입 및 활용을 활성화시키기 위한 기업입장에서의 대응방안에 대한 연구가 수행되고 있다. 하지만 대부분의 연구가 건축설계 분야에 한하여 수행되었으며, 기업자체를 평가하거나 기업 내부적으로 개선해야하는 요인을 위주로 분석하였다. 또한, MEP 분야의 BIM 활용가치와 문제점에 대한 개선방안을 제시한 연구가 일부 수행되었지만, MEP분야에서 BIM의 활용 실태 및 문제점을 도출하여 실질적인 개선안을 분석하는 연구는 미비하다. 따라서 본 연구에서는 국내 기계설비 분야의 BIM 활용 현황을 분석하고 기업 관점에서 BIM을 도입하고 활용하는 데 있어서 실질적인 문제점과 한계를 델파이분석을 기반으로 도출하여 MEP분야에서 BIM 활성화를 위한 국가적 기반을 마련하고자 한다.

3. MEP BIM 활용 현황

3.1 도입 및 활용 현황

국내 기계설비 분야에서 BIM 활용 현황을 파악하기 위해 국내 한국설비기술사설계협회에 등록된 60개의 설비설계회사를 대상으로 BIM 도입 여부와 BIM 활용 여부를 조사하였다. 그 결과, 약 28%의 업체에서 BIM을 도입하여 실제로 활용하고 있었고, 27%는 도입은 하였으나 프로젝트에서 활용하고 있지 않았으며, 45%의 업체에서 BIM을 도입하지 않은 것으로 나타났다. 이때, 설문에 응답한 60개 회사의 매출 규모는 직원 수가 많을수록 컸으며, 직원 수 평균 24명 이내의 업체가 BIM을 도입하지 않은 업체, 24명에서 37명의 업체가 BIM을 도입하였으나 활용하지 않는 업체, 37명 이상이 BIM을 활용하고 있는 업체로 매출 및 직원 수에 따라 BIM 활용 여부가 다른 것으로 분석되었다(Figure 1).

분석된 결과를 바탕으로 국내 기술사법에 의해 건축기계설비기술사 등록된 업체 총 281개(282개 업체 중 중복업체 1개 제외)의 직원 수 규모를 파악하여 국내 MEP 업체의 BIM 도입 및 활용 현황을 유추해 보았다. 그 결과 BIM 미도입 업체는 약 176개(63%), 도입 및 미활용 업체는 약 85개(30%), BIM 도입 및 활용 업체는 약 20개(7%)로 유추 할 수 있었으며, 집계되지 않은 회사의 경우 대부분이 규모가 작은 업체로 추정되므로, 현재 국내에서 BIM을 활용하고 있는 MEP업체의 비율은 7% 미만일 것으로 예상된다.

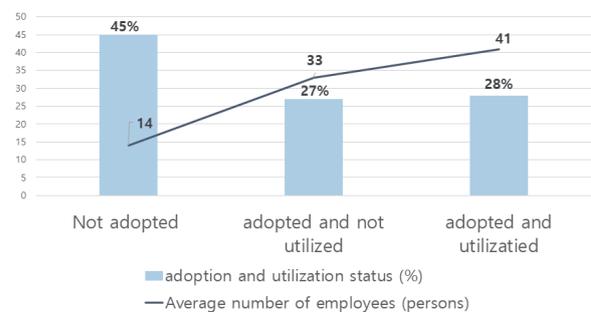


Figure 1. BIM adoption and utilization status of MEP company

3.2 전문가 대상 선정

60개의 업체를 대상으로 수행한 설문 결과를 바탕으로 보유 직원이 최소 5명 이상이고, BIM을 접해 본 경험이 있는 의사결정권자 35명의 전문가 대상을 선정하여 기업의 BIM 도입 및 활용 여부에 따른 BIM 인식도와 일반적인 인식, 그리고 BIM 운영 여부에 따른 이유와 구체적인 현황을 분석하였다. 35명의 전문가들은 본인의 회사에서 BIM을 도입하고 활용하는 13개 업체, 도입 후 활용하지 않는 11개 업체, 그리고 도입하지 않은 11개 업체의 대표자로서 기업의 입장으로 설문에 응답하였으며, 그들의 BIM 수행경력은 업체의 BIM 활용률과 비례하였으며, 개인의 설계경력과 반비례하였다(Figure 2).

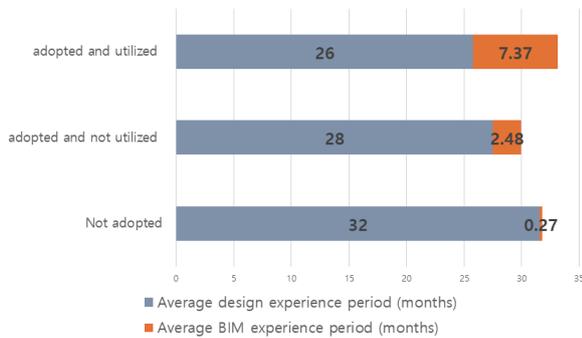


Figure 2. Career of performing BIM and design

3.3 (공통) BIM 인식도 조사

① BIM 도입 및 활용 의지

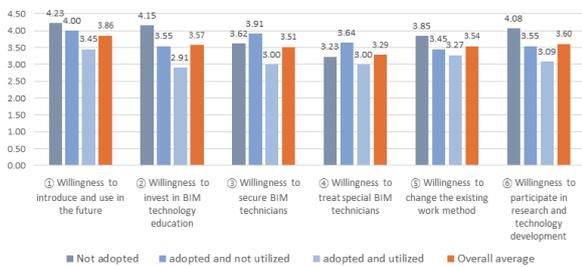


Figure 3. Willingness to adopt and utilize BIM

35명의 전문가 대상으로 BIM 도입과 활용 의지에 대한 5점 척도 기반 설문 조사 결과, BIM의 향후 도입 및 활용 의지는 업체 전체 평균 가장 높은 수치(3.86)로 평가되어, 당장의 수익성이 낮더라도 BIM을 활용해야한다는 의지는 BIM을 활용하지 않거나 도입하지 않은 업체에서도 높은 것으로 분석되었다. 하지만 3가지 업체 모두 BIM 활용 의지에 비해 기업차원에서의 BIM 도입과 활용을 위한 실질적인 투자에 대한 의지는 낮은 것으로 나타났다.

미도입 회사의 경우 BIM 기술 교육에 대한 부담이 가장 큰 것(2.91)으로 나타난 반면, BIM을 활용하고 있는 업체에서는 그 투자 의지가 가장 높았다(4.15). 반면, BIM 기술자 확보에 대한 의지와 기술자에게 수당이나 인센티브 등의 특별대우를 해줄 용의는 BIM을 도입하여 활용하고 있는 업체보다 BIM을 도입하였으나 활용하지 않고 있는 업체에서 더 높았다. 또한, BIM 기술자에게 특별대우를 할 용의는 업체 전체 평균값이 가장 낮은 것(3.29)으로 분석되었다. 이를 통해 업체들이 BIM 관련 교육과 BIM 기술자 확보에 어려움을 겪고 있으나, BIM 기술자에게 특별한 대우를 하기에는 부담이 있으며, 이는 아직까지 BIM 수행에 따른 별도의 영역비 책정이나 BIM 프로세스의 제도적 확립이 미비하기 때문인 것으로 분석된다.

② BIM 일반적 인식

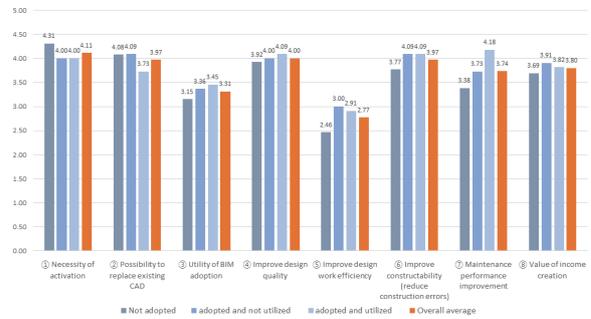


Figure 4. The general perception of BIM

BIM의 효과와 일반적인 인식에 대한 5점 척도 기반의 설문 조사 결과, BIM 활성화에 대한 필요성은 BIM을 활용하고 있는 업체 대상의 평균값(4.31)뿐만 아니라, 업체 전체 평균값 또한 가장 높은 수치(4.11)로 평가되었다. 이를 통해 BIM을 활용하지 않거나 도입하지 않은 업체에서도 BIM을 반드시 활성화 될 필요가 있는 기술로 평가하고 있음을 알 수 있다.

또한, 전반적으로 현재 2D CAD 기반으로 진행되는 업무가 BIM으로 대체되며(3.97), BIM을 통해 도면오류 검토와 간섭검토 등을 통한 설계 품질이 높아지고(4.00), 공기 및 시공오류 검토를 통한 시공성이 높아진다(3.97)고 평가하였다.

BIM 활성화의 필요성을 제외한 모든 항목에서 BIM을 활용하는 회사보다 BIM을 활용하지 않거나 도입하지 않은 업체에서 BIM의 가치를 높게 평가하였다. 이를 통해 BIM을 통한 활용 가치가 실제 실무에서는 그 기대에 미치지 못하는 것으로 판단된다. 또한, BIM 적용을 통한 설계업무의 효율(2.77)은 오히려 나빠지는 것으로 분석되었으며, 이러한 이유로 현재까지 BIM 도입의 효용성(3.31) 또한 낮은 결과가 나온 것으로 판단 된다.

3.4. (공통) 도입 및 활용 이유

① 미도입 업체 & 도입 및 미활용 업체

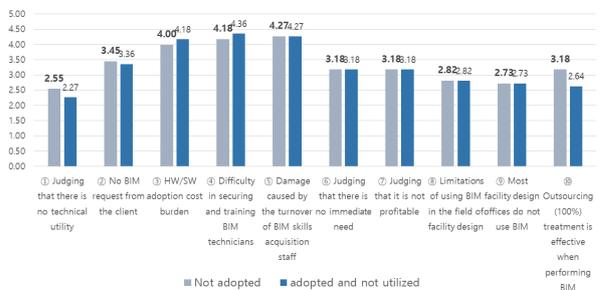


Figure 5. The reasons for not adopting BIM

BIM을 아직 도입하지 않은 업체와 도입하였지만 활용하지 않고 있는 업체들의 경우, 모두 BIM의 효용성을 인지하고 있지만, 도입 및 미활용 기업의 경우 BIM을 외주 처리하지 않고 자체적으로 설계업무와 함께 수행하는 것이 효과적인 BIM 프로세스라고

보고 있는 반면, 미도입 업체의 경우 외주 형태의 BIM 수행을 상대적으로 긍정하고 있었다(3.18).

하지만 BIM을 도입하거나 활용하지 못하는 공통적인 원인으로 BIM 관련 Hardware와 Software의 도입 및 유지비용과 BIM 기술자 확보 및 BIM 기술 교육에 대한 부담이 큰 것으로 분석되었다. 또한 BIM 기술직 직원의 이직문제로 기업차원에서 BIM을 운영하는 데 있어 저해요인으로 작용하였으며, 이러한 원인으로 인해 향후 평균 4년 이내로 BIM을 도입하거나 실무에 활용할 계획인 것으로 분석되었다.

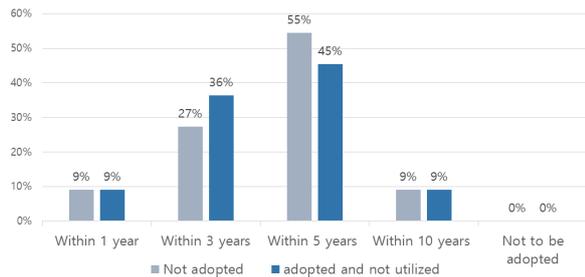


Figure 6. Expected period of introduction and utilization of BIM

② 도입 및 활용 업체

BIM을 활용하고 있는 업체의 경우, 대부분 향후 BIM의 일반화를 대비(4.08)하여 전문 기술 인력 및 회사 경쟁력 확보(4.00)를 위해 BIM을 도입하거나, 발주처에서 BIM 적용을 요구(3.92)하여 BIM을 활용하고 있었다. 또한, BIM의 기술적 효용성에 대한 인식(4.00)에 비하여 실제 BIM 수행 사례에 대한 만족도(3.23)는 상대적으로 낮은 것으로 나타났으며, 이를 통해 당장의 BIM 활용을 통한 효과 보다는 미래를 대비하는 차별화 전략으로 BIM을 활용하고 있는 것으로 분석되었다.

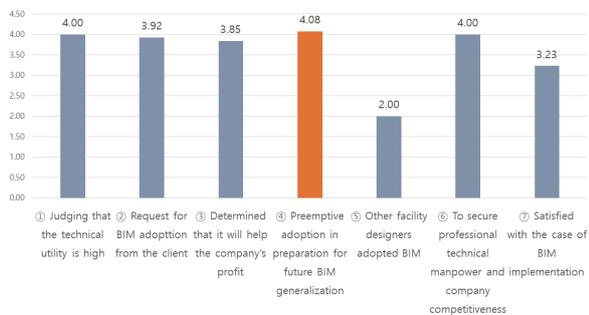


Figure 7. The reason for adoption and utilizing BIM

3.5. (도입 및 활용) 운영 현황

① BIM 도입 현황

본 절에서는 현재 BIM을 활용하고 있는 13개의 업체를 대상으로 실제로 BIM이 운영되고 있는 구체적 현황을 조사하였다.

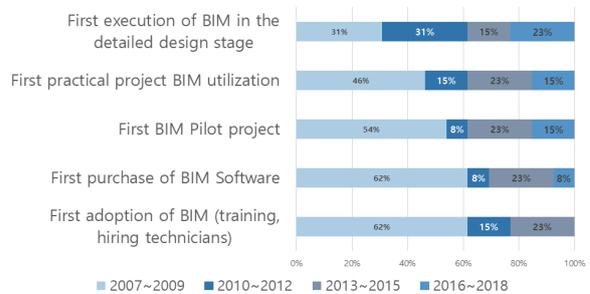


Figure 8. Period of BIM adoption and utilization

대부분 BIM 활용 업체의 경우 2007년에서 2009년 사이에 BIM관련 교육과 BIM 전문기술자 채용 등 BIM을 최초로 접하고 (62%), BIM관련 소프트웨어를 최초로 구입(62%)하였다. 다만, BIM 소프트웨어의 구입과 동시에 BIM을 실무에 적용하지는 않았으며, 자체적으로 Pilot 프로젝트를 수행 후에 실무 프로젝트에 적용한 것으로 분석되었다. 또한, 실시설계단계 수준의 BIM 프로젝트에 적용하기까지는 BIM 소프트웨어 최초 구매 후 평균적으로 약 1년 9개월 정도의 시간이 소요되는 것으로 분석되었다.

② BIM 기술직 현황

현재 BIM을 활용중인 기업의 경우, 전체 직원 대비 약 25% 인원의 BIM 기술자를 운영 중이었다. BIM 기술자의 경우, 전체 BIM 기술직의 약 18%가 실무 수행 경험이 없는 입문자였으며, BIM 프로젝트 5개 이내 혹은 1년 이내 경력의 초급 기술자가 36%, BIM 실무 경력이 1년에서 3년 미만으로 모델링 이외의 목적으로 BIM을 활용 가능한 중급 기술자가 29%, 경력 3년 이상의 BIM 기술교육이 가능한 고급 기술자가 17%였다. 이들은 BIM 관련 업무 수행으로 특별한 대우를 받지 않거나(36%), 업무 수당 지급(21%), 연봉 인상(29%), 인사고과에 반영(43%)되는 형태로 BIM 업무를 2D 설계 업무와 병행하여 수행 중이었다.

또한, BIM 기술직 희망 인원을 조사한 결과, 평균적으로 전체 직원 대비 약 35%의 BIM 기술자 운영을 희망하였다. 다만, 회사에서 수행중인 BIM 프로젝트 자체가 줄어든 이유로 BIM 기술직 인원 축소(평균 -3%)를 희망한 2개 기업과, 현 인원 유지를 희망

Table 2. Operation status of BIM technical staff

| Sort | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 |
|---|----|----|----|-----|----|-----|----|----|----|----|----|----|----|
| Total number of employees | 60 | 42 | 20 | 115 | 52 | 23 | 22 | 35 | 88 | 30 | 30 | 22 | 25 |
| (Current) Number of BIM technical personnel (persons) | 24 | 7 | 6 | 7 | 35 | 11 | 4 | 6 | 9 | 5 | 3 | 3 | 8 |
| Percentage (%) | 40 | 17 | 30 | 6 | 67 | 48 | 18 | 17 | 10 | 17 | 10 | 14 | 32 |
| (Hope) Number of BIM technical personnel (persons) | 24 | 10 | 10 | 6 | 35 | 23 | 4 | 4 | 10 | 5 | 3 | 5 | 20 |
| Percentage (%) | 40 | 24 | 50 | 5 | 67 | 100 | 18 | 11 | 11 | 17 | 10 | 23 | 80 |

한 기업을 제외하면, 전체 직원 대비 약 50%의 BIM 기술자 운영을 희망하였다.

따라서 회사의 규모와 BIM 프로젝트의 수행 건수에 따라 절대적인 BIM 기술직 희망 인원의 수는 상이할 수 있으나, 현재의 BIM 프로젝트 운영 수준에서도 BIM 기술자가 많이 부족하며, 향후 BIM 프로젝트가 늘어날 경우 MEP분야의 BIM 기술자 확보는 반드시 해결되어야 할 문제인 것으로 분석되었다.

③ BIM 교육 현황

BIM 기술교육 관련 운영 현황을 분석한 결과 대부분의 기업에서 BIM 기술 교육을 자체적으로 수행(50%)하거나 외부 교육을 병행하여 지원(42%)하고 있었다. 특히, 외부 교육과 병행되는 경우, 벤더사의 교육이 대부분(50%)인 것으로 나타났다.

또한, 99% 기계설비 업체에서 Autodesk사의 Revit을 BIM 소프트웨어로 사용하고 있었으며, BIM 소프트웨어 라이선스(license copy) 수는 평균적으로 BIM 기술직 인원 1인당 1개의 라이선스를 보유하고 있는 것으로 분석되었기 때문에 회사 내부적으로 BIM 관련 교육 및 업무 수행 환경은 조성되어 있는 것으로 판단된다.

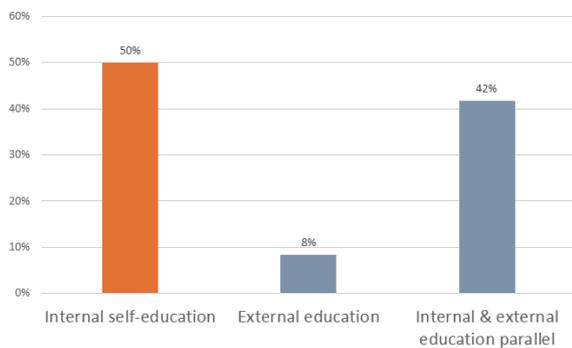


Figure 9. Status of company-supported BIM education

④ BIM 프로젝트 수행 실적 및 적용 수준

현재 BIM을 활용 중인 기업의 경우 최근 3년간 평균 9건의 BIM 프로젝트를 수행하였으며, 수행 프로젝트의 수는 기업에서 보유중인 BIM 기술직 인원수와 비례하였다.

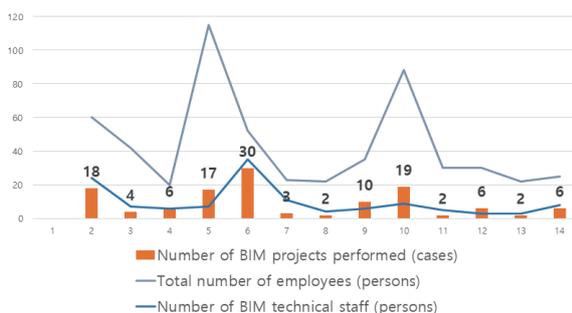


Figure 10. Number of BIM projects and employees by company

또한, 수행한 모든 BIM 프로젝트는 실시설계단계에 적용되었으며, 시공단계에 적용된 경우가 69%, 유지관리단계가 38%, 인허가이전단계가 31%로 인허가 이전단계에서 MEP BIM은 거의 활용되고 않고 있다.

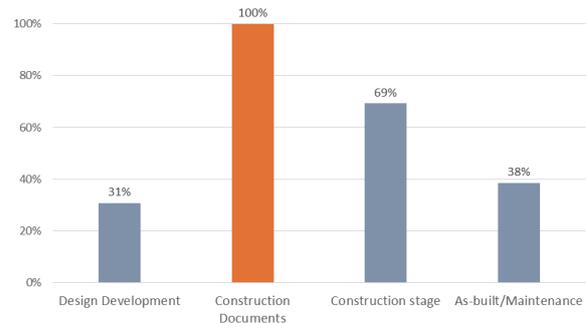


Figure 11. BIM application ratio by construction phase

BIM의 활용 목적별 수행 정도를 분석한 결과, 2D기반으로 자체 설계한 도면을 BIM 모델로 단순히 모델링하는 경우가 가장 많았으며(77%), 설계 시 최초 BIM 모델을 구축하고 BIM모델을 기반으로 도서를 산출하는 경우(62%)도 많은 것으로 분석되었다. 또한, 설계는 타 기업에서 수행하고 BIM 모델링만 수행하는 용역 프로젝트도 일부 존재하였다(38%).

BIM기반 도서산출의 목적으로 활용될 경우 대부분 실시설계단계의 도서를 산출하는 경우였으며(62%), 시공단계에 BIM을 적용한 일부 프로젝트에서 시공상세도(Shop Drawing)를 BIM에서 추출하여 활용하고 있었다(38%).

또한, 설계검토 및 시공성 검토 목적의 BIM 활용이 단순 BIM 모델링 목적 다음으로 많이 활용되고 있었다. 이는 설계단계에서 BIM기반 설계검토가 건축, 구조, 전기 등의 다른 공종간의 간섭검토를 기반으로 이루어지지만, 시공단계에서 확인되어야 하는 공종간의 간섭 및 시공성 검토가 많이 존재하며, 그 활용도 또한 높은 것으로 판단된다.

BIM을 통한 수량 및 비용 산출에 있어서 개략수량산출을 수행하는 경우가 약 54%였으며, 상세 물량산출 또한 BIM 기반으로 일부 수행되고 있다(31%). 반면, 단가가 적용된 견적 산출은 거의 활용되지 못하고 있으며(8%), 자재에 대한 관리(8%) 또한 BIM 기반으로 수행되지 못하고 있는 실정이다.

따라서 실시설계단계에서 모든 BIM 프로젝트가 적용된 것에 반해, 실시설계단계에 BIM 활용 효과가 높은 물량산출 및 견적 목적의 BIM 활용은 낮으며, 공종간의 간섭 검토가 시공단계에서도 많이 존재한다는 점을 바탕으로, MEP분야에서 BIM의 효율적인 활용을 위한 제도 및 프로세스적인 개선이 필요한 것으로 판단된다.

Table 3. Specific BIM application ratio by construction phase

| Category | Contents | Utilization ratio |
|-------------------------|--|-------------------|
| BIM Modeling | 3D BIM modeling only (with design) | 77% |
| | 3D BIM modeling only (without design, BIM outsourcing) | 38% |
| | Initial BIM design (3D BIM→BIM documents) | 62% |
| BIM Document | BIM-based Design development document production | 31% |
| | BIM-based construction document production | 62% |
| | BIM-based Shop drawing production | 38% |
| BIM design management | BIM-based documents review (architecture, structural, electricity, etc.) | 69% |
| Quantity & Cost | Calculation of approximate quantity | 54% |
| | Calculation of detailed quantity | 31% |
| | Estimation of approximate construction cost | 8% |
| | Estimation of detailed construction cost | 8% |
| Process Management | Process simulation (4D BIM simulation) | 31% |
| | Review of process interference and alternatives | 31% |
| Construction management | Clash detection and construct-ability review | 69% |
| | materials management | 8% |
| Numerical analysis | Mechanical load analysis and facility design | 23% |
| Maintenance | Established maintenance BIM (Completed BIM) | 38% |

⑤ BIM 발주 방식

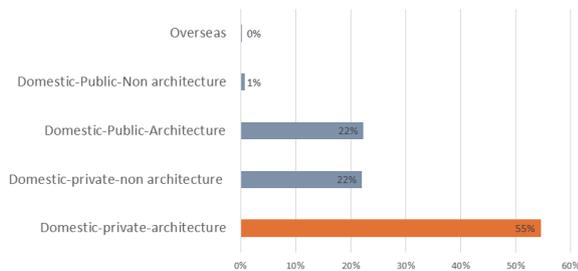


Figure 12. Status of delivery and project type by BIM project

현재 BIM을 활용중인 기업 중 최근 3년 이내에 수행한 프로젝트에 대한 발주방식을 조사하여 회사별 수행건수 대비 평균 수주 비율을 분석한 결과, 설계·시공 분리 계약 방식이 76%, 나머지 24%는 설계·시공 일괄 계약 방식의 프로젝트였다.

또한, 대부분의 프로젝트가 국내 민간 발주 형태로 건축부문이 55%, 비건축 부문이 22%였으며, 공공 발주는 발주 비율이 매우 낮은 것으로 나타났다(23%).

따라서 아직까지 국가차원에서 MEP 분야의 BIM 적용 프로세스가 확립되지 않고, 그 발주량 또한 적은 것으로 분석된다.

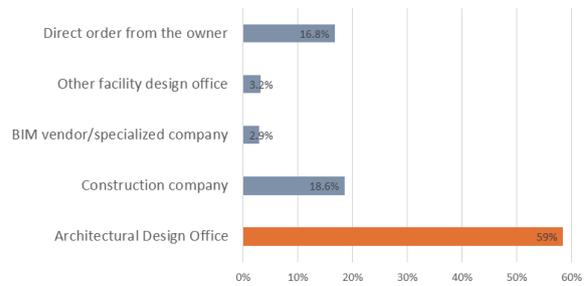


Figure 13. Status of owners type by BIM project

BIM 수행 프로젝트의 발주처는 대부분 건축 설계사무소(59%)였으며, 19%는 건설사에서 시공단계 혹은 설계·시공 일괄 프로젝트에서 발주한 것으로 판단된다. 또한, 17%의 프로젝트는 발주처에서 직접 발주하여 계약한 형태였으며, 다른 설비설계사무소나(3%) BIM전문업체(3%)로부터 발주된 용역성 BIM 프로젝트도 존재하였다.

⑥ BIM과 경영

현재 BIM을 활용중인 기업에서 실제로 BIM이 회사의 경영에 어떠한 영향을 미치는지 분석하였다. 그 결과, BIM 프로젝트는 평균적으로 회사 매출의 약 12% 정도를 차지하고 있었으며, BIM 활용을 통해 회사 경영에 일부 손해라는 응답이 가장 많았지만(38%), 업체 전체 평균(3.08)으로는 BIM 활용으로 경영 자체에 큰 영향을 미치지 않는 것으로 분석되었다. 다만, BIM을 도입하고 운영하는 비용에 대해서는 부담을 느끼는 경우가 가장 많았으며, 업체 전체 평균도 동일한 것으로 분석되었다(3.83).

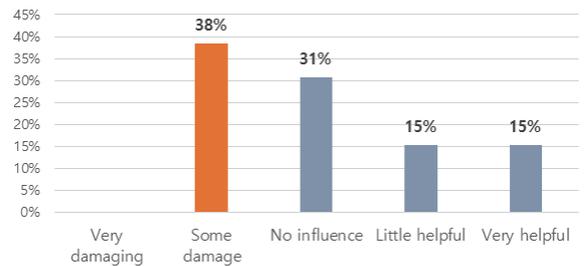


Figure 14. Survey results on whether the adoption of BIM helps company management

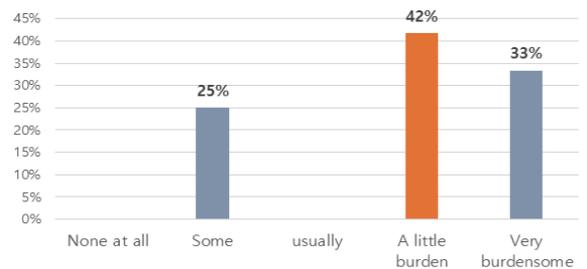


Figure 15. Survey result on the degree of cost burden due to the initial adoption and maintenance of BIM

BIM이 회사 경영에 실질적으로 미치는 긍정적인 요인과 부정적인 요인을 분석한 결과, 긍정적 요인으로는 BIM을 도입함으로써 회사의 기술력을 홍보하고 다른 업체로부터 경쟁력을 확보하는 영업효과(4.08)가 가장 큰 것으로 분석되었으며, BIM 적용 프로젝트의 수주가 용이하고(3.67), 직원 채용 시 회사의 홍보효과(3.18)가 있는 등의 간접적인 효과가 큰 것으로 분석되었다.

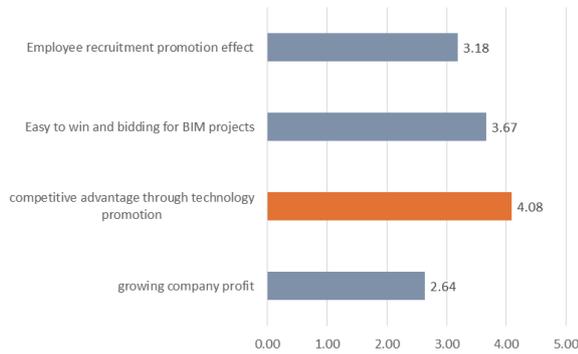


Figure 16. Positive effects of the BIM adoption

반면, 현재까지의 BIM도입 투자비용 대비 BIM 업무 효과로 인한 직접적인 수익 효과는 오히려 손해(3.33)로 기업 경영의 부정적인 요인으로 작용하고 있었다. 또한, BIM 프로젝트 수주 자체가 부족하여 BIM 투자 대비 효과를 보지 못하는 요인(3.70)이 가장 큰 손해 요인이었으며, BIM 기술직원의 이직과 양성 문제(3.69), BIM SW/HW의 유지관리비용에 대한 부담(3.58)이 주요 손해 요인으로 분석되었다. 따라서 BIM도입을 통한 간접적인 효과가 아닌 직접적인 수익이 발생할 수 있는 제도적 조치마련이 시급한 것으로 판단된다.

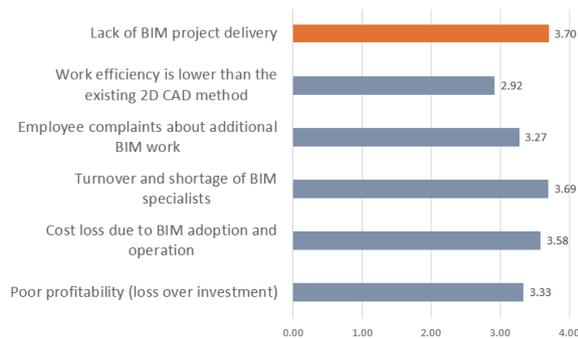


Figure 17. Negative effects of the BIM adoption

4. MEP BIM 활성화 방안

본 절에서는 MEP 분야에서 BIM의 도입 및 활성화를 위해 1차

설문을 통해 현재 MEP 업체가 BIM을 도입하고 활용하는데 있어서의 실질적인 한계와 문제점을 도출하였다(4.1절). 또한, 이러한 한계와 문제점을 개선하기 위한 개선 요인을 도출하였다(4.2절). 도출된 한계 및 개선 요인은 현재 BIM을 활용하고 있는 13개의 기업을 대상으로 5점 척도를 활용한 2차 델파이 설문을 통해 요인별 평균값에 따라 중요도를 파악하고 변이계수를 측정하여 그 값이 0.5이하인 경우 추가 설문 없이 전문가 대상의 합의가 이루어진 것으로 판단 및 검증하였다.

4.1. 한계 요인 도출 및 검증

1차 설문을 통해 현재 MEP 업체가 BIM을 도입하고 활용하는데 있어서의 실질적인 한계와 문제점을 경제적, 기술적, 제도적, 사회적 요인으로 도출하고 이를 검증하기 위해 현재 BIM을 활용하고 있는 13개의 기업을 대상으로 5점 척도를 활용한 2차 델파이 설문을 수행하였다. 그 결과 요인별 변이계수 측정값이 0.5이

Table 4. Limitations and problems in adoption and utilizing BIM by MEP companies

| Type | Detailed Category | Result | | |
|----------------------|--|---------|--------------------|--------------------------|
| | | Average | Standard Deviation | Coefficient of variation |
| Economic factor | • Lack of BIM service cost | 3.92 | 0.83 | 0.211 |
| | • Initial investment cost for BIM adoption | 3.62 | 0.92 | 0.255 |
| | • BIM related SW/HW maintenance cost | 4.00 | 0.74 | 0.185 |
| | • BIM technician acquisition and training costs | 4.15 | 0.53 | 0.128 |
| | • Lack of BIM projects | 4.00 | 0.78 | 0.196 |
| Technical factor | • Technical problems such as BIM SW/HW | 2.85 | 0.66 | 0.232 |
| | • Lack of BIM library, templates | 3.38 | 0.92 | 0.273 |
| | • Lack of BIM expert technicians | 3.85 | 0.77 | 0.200 |
| Institutional factor | • Lack of government-led mandatory BIM adoption | 3.85 | 0.66 | 0.172 |
| | • Lack of public BIM project delivery | 4.08 | 0.83 | 0.203 |
| | • Maintain the existing delivery process and contract method | 3.92 | 1.14 | 0.291 |
| | • Lack of BIM-related guidance and standards | 4.00 | 0.55 | 0.139 |
| | • Architecture(&structure)-oriented BIM adoption policy | 4.31 | 0.82 | 0.191 |
| | • Inadequate BIM service cost calculation method | 3.92 | 0.83 | 0.211 |
| Social factor | • Lack of BIM management and performance capability of the owner | 4.08 | 0.62 | 0.151 |
| | • Adhering to the existing design/construction method | 3.77 | 0.89 | 0.236 |
| | • Lack of BIM collaboration environment | 3.85 | 0.86 | 0.224 |
| | • Service performed by a BIM modeling company(without design) | 4.31 | 0.72 | 0.168 |
| | • Lack of awareness of the effect of using BIM | 3.69 | 0.82 | 0.222 |
| | • The burden of adoption new technology | 3.15 | 0.86 | 0.274 |
| | • Lack of research on BIM activation | 4.00 | 0.88 | 0.219 |

하로 높은 수준의 합의를 통해 도출된 한계요인을 검증할 수 있었다(Table 4).

도출된 한계 요인의 검증 결과 기업차원에서 BIM운영에 따른 경제적 문제로 BIM기술자 확보와 BIM관련 교육지원에 대한 부담이 가장 큰 것으로 분석되었으며(4.15), BIM기술자뿐만 아니라 BIM관련 소프트웨어 및 하드웨어의 운영에 따른 유지관리 비용도 BIM 운영에 있어서의 문제 요인(4.00)으로 작용하고 있었다. 이는 특히, BIM을 요구하는 프로젝트 자체가 부족(4.00)하고, BIM 적용 프로젝트의 BIM 용역 수행비 자체가 부족(3.92)하여, BIM 도입에 따른 투자대비 수익을 얻지 못하는(3.62) 악순환이 발생하는 것으로 분석되었다.

기술적 문제 요인으로는 BIM 전문 기술자의 부족에 따른 엔지니어 부족문제(3.85)가 존재하였으나, BIM 관련 소프트웨어나 하드웨어 자체의 기능에 따른 문제(2.85)나 BIM 라이브러리 및 템플릿 부족(3.38)에 따른 문제는 BIM 운영에 있어 실질적인 문제 요인으로 작용하지는 않고 있었다.

가장 문제가 되고 있는 제도적 문제 요인으로는 기존의 발주 프로세스 및 계약 방식을 고수함으로써(3.92) 아직까지는 BIM 적용이 건축(구조) 분야에 초점을 맞추어 추진되고 있으며(4.31), MEP 분야에 적용 가능한 BIM 관련 지침이나 가이드의 부족 문제(4.00) 등으로 정부차원에서도 MEP 분야에 의무적으로 BIM을 활용하도록 권장하지 않고 있었다(3.85). 이러한 문제로 BIM 적용 공공발주 자체가 부족(4.08)하여 대부분 민간사업을 통해 BIM 프로젝트가 수행 중이었으며, 합리적인 BIM 용역비 산정 방식 또한 부재(3.92)하여 BIM을 적용한 기업 입장에서 투자대비 효과를 내지 못하고 있는 것으로 분석되었다.

기타 사회적 문제 요인으로는 발주처의 BIM 관리 및 수행 능력이 부족(4.08)하여, 프로젝트의 성격과 특성에 따른 BIM 활용 효과와 관리가 이루어지지 않고 있었다. 특히 이러한 프로젝트의 경우 BIM이 설계 엔지니어링 능력이 없는 BIM 용역 업체에 의해 수행되는 경우가 많았으며, 이로 인해 설계의 품질과 BIM 모델의 활용도가 낮아져 BIM의 활용 효과가 저하되는 것으로 나타났다(4.31). 또한, 건축, 구조 등의 다른 공종과 BIM으로 협업할 수 있는 프로세스 및 환경이 미비(3.82)하고, 건축 및 구조 분야에 비해 MEP 분야에서 BIM 활성화를 위한 연구가 부족(4.00)한 것으로 분석되었다.

4.2. 개선 요인 도출 및 검증

설문을 통해 도출된 MEP분야에서의 BIM 활용 현황과 기업이 겪고 있는 실질적인 한계와 문제점을 바탕으로 MEP 분야에서 BIM 활성화를 위한 제도적, 정책적, 기술적 개선 방안을 도출하였다. 도출된 개선 방안은 BIM을 활용하고 있는 13개 기업 대상으로 5점 척도를 활용한 2차 델파이 설문을 통해 최종 검증하였다.

Table 5. Institutional, policy, and technical improvement measures to activate BIM in the MEP field

| Type | Detailed Category | Result | | |
|---------------|--|---------|--------------------|--------------------------|
| | | Average | Standard Deviation | Coefficient of variation |
| Institutional | • Specific BIM adoption and utilization guidelines are required | 4.23 | 0.42 | 0.100 |
| | • Establishment of BIM service cost calculation method | 4.62 | 0.49 | 0.105 |
| | • Establish the BIM-adopted delivery process and contract method | 4.23 | 0.70 | 0.165 |
| | • Prohibit of BIM outsourcing | 4.38 | 0.84 | 0.191 |
| | • Establishment of BIM Collaboration Environment | 3.77 | 0.70 | 0.185 |
| Policy | • Expand government(public) construction BIM project Delivery | 4.00 | 0.68 | 0.170 |
| | • Conduct government-led research on activating BIM | 3.92 | 0.92 | 0.234 |
| | • Government-led BIM activation policy | 4.00 | 0.78 | 0.196 |
| | • Establish a BIM phased execution plan (roadmap) | 3.85 | 0.66 | 0.172 |
| Technical | • Support for training and education of professional BIM technicians | 3.77 | 0.70 | 0.185 |
| | • Standard library and template provided | 4.31 | 0.61 | 0.141 |
| | • SW/HW technology improvement | 3.46 | 0.75 | 0.215 |

도출된 개선 요인의 검증 결과 MEP분야의 BIM 활성화를 위해 MEP 관련 협력업체의 조기참여 형태의 발주 프로세스 확립(4.23)하여 프로젝트 차원에서의 BIM 협업 환경을 구축(3.77)이 필요하다. 또한, 단순 용역성 BIM 발주를 금지(4.38)하고, 합리적인 BIM 용역비 산정 방식을 수립(4.62)하여, 구체적인 BIM 수행 지침 및 가이드를 제도적으로 마련(4.23)하여야 한다.

또한, 정부주도의 MEP분야에서의 BIM 활성화 정책(4.00)과 연구(3.92), 그리고 발주 프로젝트(4.00) 자체가 확대되어야 한다. 이를 위해 MEP분야에서의 BIM 활성화를 위한 단계적 로드맵 수립(3.85)이 필요한 것으로 분석되었다.

기술적 방안으로는 BIM 전문기술자의 양성 및 교육에 대한 지원(3.77)으로 설계엔지니어링 능력을 가지고 있는 BIM 기술자 확보에 대한 부담을 줄이고, 정부주도의 연구과제를 통해 표준 라이브러리와 템플릿 등의 기술 지원(4.31)이 필요한 것으로 분석되었다.

4.3 MEP BIM 활성화 방안 제언

MEP 분야에서 BIM 활용의 문제점 분석 결과 기술적인 요인보다는 경제적, 제도적, 사회적 요인이 실제 기업의 입장에서는 문제 요인으로 작용하는 것으로 분석되었다. 따라서 MEP BIM의 활성화를 위해서는 정책적, 제도적, 기술적 방안들이 유기적으로 함께 작용해야 한다.

정책적으로 정부 주도하에 BIM 활성화를 위한 연구 및 정책을 활발히 수행하면서 BIM 적용 발주 프로세스 및 계약방식을 수립하고 BIM관련 용역비 산정 기준과 BIM 협업 환경을 구축이 필요하다. 특히 건축 및 구조 중심의 BIM 도입 정책이 아니라 MEP 분야에서 BIM의 효율적인 활용이 가능한 실질적인 프로세스 확립이 필요하다. 이를 통해 정부차원에서 BIM을 수행할 수 있는 BIM 수행 가이드 및 제도적 지침을 바탕으로 MEP 분야의 BIM 발주 자체를 확대하고 기업들이 BIM을 활용할 수 있는 환경을 조성함으로써 기업의 참여를 유도할 수 있다. 나아가 기술적 개선 요인 중 인력기술력 확보를 위한 정부차원에서의 교육 지원 및 정책마련을 통해 BIM 기술 인력을 확보하고, 표준 라이브러리나 템플릿 등의 지원을 통해 BIM 업무의 효율성과 접근성을 높일 필요가 있다.

이러한 정책적·제도적·기술적 활성화 방안을 통해 BIM을 활용하는 MEP 회사들의 기업이익이 증대되고, BIM을 통한 기대효과를 실제 업무효과로 달성하기 위한 기업차원에서의 실질적 투자를 유도해야한다. 이를 통해 BIM 인력 및 기술이 확보되고 BIM 업무의 개선을 이루어 MEP 분야에서 BIM이 활성화 될 수 있을 것으로 판단된다.

5. 결론

본 연구에서는 국내 건설 산업 중 기계설비분야에서 BIM의 도입 및 활용 현황을 파악하고, 기업 관점에서의 BIM 도입 및 활용의 실질적인 문제점과 개선 요인을 델파이 기법을 통해 도출하였다.

이를 위해 60개의 국내 기계설비 업체를 대상으로 BIM의 도입 및 활용 현황을 분석하고, BIM을 도입하고 활용하고 있는 13개 업체, BIM을 도입하였지만 활용하지 않는 11개 업체, BIM을 도입하지 않은 11개 업체인 35명의 전문가 대상을 선정하여 기업의 BIM 도입 및 활용 여부에 따른 BIM 인식도와 일반적인 인식, 그리고 BIM 운영 여부에 따른 이유와 구체적인 현황을 분석하였다.

분석된 결과를 바탕으로 MEP 분야에서의 BIM 도입 한계점을 경제적, 기술적, 제도적, 사회적 요인으로 분류하여 세부항목을 도출했으며, 그에 따라 개선방안을 제도적, 정책적, 기술적 방안으로 분류하여 제시했다. 도출된 MEP 분야에서의 BIM 도입 한계 및 개선 필요 요인은 현재 BIM을 도입하고 활용하고 있는 13개의 업체를 대상으로 5점 척도를 활용한 2차 델파이 설문을 통해 분석하였으며, 분석 요인 모두 변이계수값이 0.5 이하로 그 타당성 및 신뢰도를 확보하였다.

본 연구는 기계설비분야에서의 실제 기업을 대상으로 BIM 도입 현황 및 문제점을 분석하여 기업 관점에서 실질적인 문제 해

결과 BIM을 활성화 할 수 있는 개선 요인을 도출하여 BIM 활용을 통해 기업의 이윤 창출과 BIM 업무 효과를 높일 수 있는 방안을 마련 할 수 있는 기반이 될 것이다. 향후 연구를 통해 기계설비분야에 중사중인 실제 실무자들의 입장에서의 문제점 및 개선 필요 요인을 분석하고, 본 연구를 통해 도출된 정책적·제도적·기술적 활성화 방안에 대한 후속 연구를 수행한다면, MEP 분야에서의 BIM 활용 가치를 극대화하고, 이를 통해 건설 산업에서의 BIM 활성화를 가져 올 것으로 기대한다.

감사의 글

본 연구는 국토교통부 도시건축 연구개발사업의 연구비지원(20AUDP-B127891-04)에 의해 수행되었습니다.

References

- Hong, S. S., Hong, W. H., Lee, H. J. (2011). Understanding The MEP Design Level Through BIM . Journal of Computational Structural Engineering Institute of Korea, 24(1), pp. 247-252.
- Kim, B. J., Kim, Y. J., Chin, S. Y. (2018). A development of a checklist to check the consistency of BIM and drawings at the construction documentation phase. KIBIM Magazine 8(1), pp. 33-42.
- Kim, E. G., Aum, P. H., Kim, I. H. (2014). A Study on Building the Work Environment to Utilize BIM for Domestic Architectural Firms. JOURNAL OF THE ARCHITECTURAL INSTITUTE OF KOREA Planning & Design, 30(3), pp. 121-128.
- Kim, J. H. (2011). The Needs for Training Manpower and the Change in Construction Environment by Equipment Based BIM Design. Journal of The Korean Society of Industry Convergence 14(4), pp. 157-165.
- Kim, M. J., Lee, K. H., Son, C. B. (2014). An Status Analysis on the BIM Utilization and Its Improvement Measures in Domestic Architects. JOURNAL OF THE ARCHITECTURAL INSTITUTE OF KOREA Structure & Construction 30(8), pp. 79-86.
- Kim, S. A., Park, C. H., Chin, S. Y. (2016). Assessment of BIM acceptance degree of Korean AEC participants. KSCE Journal of Civil Engineering, 20(4), pp. 1163-1177.

- Kim, W. J. (2019). Development of Model Requirements Checklist for Utilizing BIM in Construction Phase – Focused on the MEP –. *Journal of The Korean Institute of Construction Engineering And Management*, 20(1), pp. 22–31.
- Kim, Y. J., Chin, S. Y. (2019). An analysis of the problems of BIM-based drawings and implementation during the construction document phase. ISARC. *Proceedings of the International Symposium on Automation and Robotics in Construction*, 36.
- Kim, Y. J., Chin, S. Y. (2019). Analyzing the Necessity and Application of Early Involvement of Specialty Contractors for Efficient Utilization of BIM *Korean Journal of Computational Design and Engineering* 24(1), pp. 19–29.
- Kim, Y. J., Kim, H. S., Kim, M. K. (2016). Support plan for introduction of BIM on Small and Medium Architectural firm, *Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society* 17(9), pp. 669–679.
- Lee, J. G., et al. (2016). Selecting Quantifiable Indicators for Evaluating BIM-based Design Collaboration Performance. *JOURNAL OF THE ARCHITECTURAL INSTITUTE OF KOREA Planning & Design* 32(10), pp. 35–43.
- Lee, J. H., Yi, J. S. (2011). A Study on BIM Capability Evaluation for Design Organizations. *JOURNAL OF THE ARCHITECTURAL INSTITUTE OF KOREA Planning & Design* 27(6), pp. 257–266.
- Lee, S. K., Yu, J. H. (2013). Key Factors Affecting BIM Acceptance in Construction. *JOURNAL OF THE ARCHITECTURAL INSTITUTE OF KOREA Planning & Design* 29(8), pp. 79–86.
- Linstone, H. A., and Murray, T., eds. (1975). *The delphi method*. Reading, MA: Addison-Wesley.
- Park, J. E., Park, H. J., Yee, J. J. (2013). Apply of Information Deduction and Understanding Verification for BIM based Mechanical Equipment Design. *Journal of The Regional Association of Architectural Institute of Korea* 9(1), pp. 505–508.
- Park, J. H., Lee, S. K., Yu, J. H. (2015). Analysis of Key Factors affecting BIM performance using fsQCA. *JOURNAL OF THE ARCHITECTURAL INSTITUTE OF KOREA Planning & Design* 31(4), pp. 29–36.
- Park, K. H., Chin, S. Y. (2015). A Study on the Improvement of BIM Request for Proposal by Analyzing Problems of Public Construction BIM Delivery Guides. *JOURNAL OF THE ARCHITECTURAL INSTITUTE OF KOREA Planning & Design* 31(3), pp. 57–68.
- Park, K. J. (2017). A Study on Improvement of BIM(Building Information Modeling) Working Environment in Architectural Design Area Using API(Application Program Interface). *The Korean Society of Science & Art* 30, pp. 107–117.
- Seo, H. C., Oh, J. K., Kim, J. J. (2012). The Development of an Evaluation Model for the Work Environment of the BIM based Architectural Design Firms. *JOURNAL OF THE ARCHITECTURAL INSTITUTE OF KOREA Planning & Design* 28(5), pp. 95–105.
- Seo, J. C., Kim, I. H. (2009). A Study on the Basic Directions for Introducing and Applying Building Information Modeling in the Public onstruction Project Delivery. *JOURNAL OF THE ARCHITECTURAL INSTITUTE OF KOREA Planning & Design* 25(9), pp. 21–30.
- Yoon, S. W. (2015). A Proposal for Using BIM Model Created in Design to Construction Phase—Case Study on preconstruction adopting BIM. *Journal of KIBIM* 5(4), pp. 1–10.