

국내 커미셔닝 사례를 통한 현황 및 문제점 고찰

국내의 신축건물 커미셔닝 사례를 통해 커미셔닝 절차상의 어려움과 문제점에 대해서 알아보려고 한다.

최근 정부에서는 온실가스 감축 목표의 일환으로서 대표적인 에너지 사용처인 건물, 산업, 수송 분야에서 에너지 효율화를 가속화하기 위한 각종 정책을 수립하여 실행하고 있다. 특히, 건물 부문에서는 신축 또는 기존 건물의 효율적인 에너지 관리를 위한 빌딩 커미셔닝 기술에 대한 관심이 지속적으로 증대되고 있다. 또한, 미국, 캐나다, 및 영국 등 주요 선진국에서는 빌딩 커미셔닝의 중요성을 인식하고 신축 및 기존 건물에 대한 커미셔닝 기술의 표준화 및 적용 확대를 위한 노력이 활발하게 수행되고 있다. 국내에서는 2007년부터 미국 친환경 건축물 인증 제도인 LEED (Leadership in Energy and Environmental Design)의 국내시장이 활발해지면서 커미셔닝 기술이 본격적으로 도입되었다. 하지만 아직까지는 커미셔닝에 대한 인식이 부족하고, 절차 및 기준에 대한 표준화가 이루어지지 않아 이에 관련한 연구 개발이 필요한 실정이다. 본 원고에서는 커미셔닝의 정의 및 절차에 대해서 간략하게 소개하고, 실제 국내 신축건물에 대한 커미셔닝 프로젝트 사례를 바탕으로 진행과정에서 야기되는 문제점들에 대해서 논의하고자 한다.

커미셔닝 소개 및 국내 현황

빌딩 커미셔닝은 프로젝트의 기획 단계부터 준공 후 사용이 되는

최동호, 김진옥

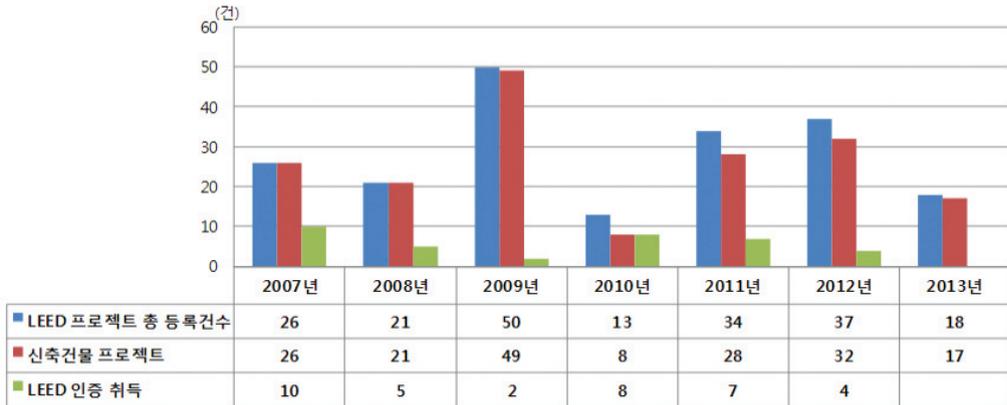
I.E.M Corporation

iem77@naver.com

송수원

한국건설기술연구원

swsong@kict.re.kr



[그림 1] 국내 LEED 프로젝트 현황 (2013.5 기준)²⁾

시점까지의 모든 과정에 건축주의 프로젝트 요구 조건과 설계 기준, 그리고 계약문서에 따라 적절히 설치되고, 교정되었는지를 확인하고 문서화하기 위한 절차이며, 건물의 외피, 구조, 냉/난방, 전기, 제어 시스템 등 건축물의 전 공정에서 불필요한 에너지의 낭비 및 운영상의 문제점을 최소화하는 공정 기술이다. 특히, 빌딩 커미셔닝의 전 공정 중에서 냉/난방 설비 커미셔닝은 각 장비 기능뿐만 아니라 그와 연계된 다른 장비 및 시스템과의 기능적 연동이 많아서 커미셔닝을 통해 최적의 운전 상태를 유지시켜주면서 최소의 비용으로 최대의 성능을 확보할 수 있는 기술이다. 해외 연구 사례에 의하면 실제로 커미셔닝을 통하여 건물에너지 사용량을 20~40%까지 절약이 가능하며 건물 결함을 대부분 해결할 수 있는 것으로 보고되었으며, 이에 소요되는 추가적인 투자비는 설비시공비의 1~3%로 평균 투자비 회수기간이 3년 미만으로 평가된다고 보고되고 있다.¹⁾

현재 국내에서는 냉/난방 설비 커미셔닝을 중심으로 기술개발이 이루어지고 있으며 아직까지는 구체적인 커미셔닝과 관련한 법규나 기준이 마련되어 있지 않다. 이러한 이유로 국내 커미셔닝 시장은 효율적인 에너지 관리가 필요한 친환경

건축물 프로젝트를 중심으로 진행 발전하고 있다. 하지만, 국내 친환경 인증 제도에서 커미셔닝이 필수조건이 아닌 선택사항이라서 추가적인 비용을 투자하여 커미셔닝을 수행하는 경우가 드물다. 반면에, 미국의 친환경 인증 제도인 LEED에서는 HVAC 커미셔닝이 필수적인 항목으로 분류되어 시행되고 있어 국내 커미셔닝 업무의 대부분은 LEED를 취득하기 위한 프로젝트에서 집중적으로 수행되고 있는 실정이다. 그림 1에서와 같이 국내의 LEED 프로젝트는 2007년에 처음 등록되기 시작하여 현재까지 약 200여 개의 프로젝트가 완료 또는 진행 중에 있으며 그 중에서 약 90%가 신축건물에 해당됨을 볼 수 있다. 이는 국내 커미셔닝이 아직까지 기존건물보다는 신축건물을 중심으로 진행되고 있음을 알 수 있다.

커미셔닝 절차 및 책임자의 역할

국내의 HVAC 커미셔닝은 LEED 시장의 활성화와 더불어 발전하였기 때문에 수행 방법 및 절차 또한 미국공조학회(ASHRAE) 가이드 라인³⁾을

1) 산업통상자원부, 1997, 효율적인 건물 에너지 관리기법 개발을 위한 기획연구
 2) www.USGBC.org
 3) ASHRAE Guideline 0-2005, ASHRAE Guideline 1.1-2007

기준으로 발전하고 있다. 신축건물에 대한 커미셔닝 절차는 크게 계획단계, 설계단계, 시공단계, 준공단계, 준공 후 단계로 나눌 수 있으며 각 단계 별로 요구되는 주요 업무와 커미셔닝 절차 및 책임자(CxA, Commissioning Authority)의 역할은 표 1과 같다. CxA는 커미셔닝 과정이 원활히 수행되도록 커미셔닝의 모든 과정을 주도하고 관리하며 단계별 작성 및 제출된 문서를 확인하고 검증하는 역할을 담당한다. 또한, 프로젝트를 위한 커미셔닝 팀을 구성하고 이끌어가며 프로젝트 과정 중에 발생하는 분쟁이나 문제를 해결하는 역할을 해야 한다. 국내에서는 많은 커미셔닝팀 구

성원들이 커미셔닝 수행 경험이 많지 않아서 해당 프로젝트의 성공 여부가 CxA의 역량과 역할에 따라 크게 좌우되고 있다.

국내 커미셔닝 문제점

서두에서 설명한 것과 같이 국내에서 빌딩 커미셔닝은 아직까지는 도입단계에 있어 표준화된 기준이나 기술이 마련되어 있지 않다. 그렇기 때문에 미국의 커미셔닝 기준과 절차를 그대로 받아들이려 현장에 적용하다보니 많은 시행착오와 어려움이 있다.

〈표 1〉 커미셔닝 절차 및 CxA 역할

단계	주요업무	CxA ⁴⁾ 역할
계획 단계	OPR ⁵⁾ 작성	작성 가이드라인 제시 및 확인
	BOD ⁶⁾ 작성	OPR, 법규 기준 등과 비교검토
설계 단계	설계 도면 검토	OPR, BOD와 비교한 적합성 검토
	SOO ⁷⁾ 작성	설계의도 반영 확인 및 검토
	커미셔닝 계획서 작성	커미셔닝 계획을 문서화하여 해당 프로젝트 진행과정 지속적 업데이트
	커미셔닝 기준서 작성	ASHRAE Guideline에 근거하여 기준서 작성
	PFC ⁸⁾ form 작성	해당장비 및 시스템 업체와 협의하여 체크리스트 확정
	FTP ⁹⁾ form 작성	BOD(SOO)에 근거한 테스트 절차 및 방법에 대한 검토 및 체크리스트 확정
시공 단계	현장 점검	정기적인 현장검증 실시와 문제점 보고서 제출 및 해결 사항에 대한 현장 재확인
	제출서류 검토	각 장비별 관련 서류(시험성적서, 운영관리 매뉴얼 등), 시공 관련 보고서(파이프 플러싱, 접점 체크리스트 보고서 등) 취합 및 검토
	PFC 수행	체크리스트 검토 및 샘플링 테스트
	시운전 확인	각 장비별 시운전 참관 및 FTP 테스트 준비
	T.A.B 점검 및 확인	수행계획서를 포함한 수행 과정 적절성 확인
준공 단계	FTP 수행	FTP 참여 및 샘플링 테스트
	운전관리자 교육	시스템 운영 및 유지관리에 대한 교육의 적절성 확인
준공 후 단계	시스템 매뉴얼 작성	건물 시스템의 유지관리 매뉴얼 취합 및 작성
	최종 보고서 작성	FTP 결과를 포함한 커미셔닝 전과정에 대한 최종 보고서 작성
	Seasonal 테스트	건물 사용 과정 중 seasonal 테스트 실시

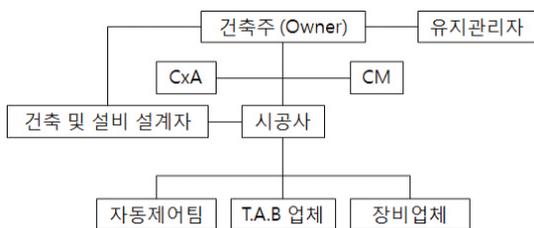
4) CxA (Commissioning Authority) : 커미셔닝 책임자
 5) OPR (Owner's Project Requirements) : 건축주의 요구사항
 6) BOD (Basis of Design) : 설계기준

7) SOO (Sequence of Operation) : 장비 및 시스템에 대한 동작 설명서
 8) PFC (Pre-Functional Checklist) : 장비 설치 및 기능 점검 체크리스트
 9) FTP (Functional Test Procedure) : 시스템 기능 및 성능 시험 절차

먼저 실제 업무를 진행하기 위한 커미셔닝 팀을 조직하기에 많은 어려움이 따른다. 성공적인 커미셔닝 업무 수행을 위해서는 **그림 2**와 같이 커미셔닝 업무를 주도하고 관리하는 CxA 역량뿐만 아니라 프로젝트와 관련된 건축주, 설계자, 시공사 등과의 유기적이고 능동적인 팀을 조직하여 서로 상호 협력하는 것이 가장 중요하다. 하지만 처음 커미셔닝을 접한 다수의 사람들은 커미셔닝 업무를 부수적인 추가 업무로 여기는 경향이 있으며, 설비 또는 장비의 설치 후에 검수의 일환으로 시운전을 하는 정도의 수준으로 생각하고 있다. 따라서 처음 커미셔닝 프로젝트를 시작하면 커미셔닝에 대한 필요성과 수행과정에 대해 지속적인 설명이 필요하고 능동적인 커미셔닝 팀을 조직하는데 상당한 시간이 요구된다.

둘째, 프로젝트에 관한 모든 업무의 의사결정권을 가진 건축주의 적극적인 커미셔닝 프로젝트 참여 유도가 쉽지 않다. 건물 커미셔닝의 기대효과에 대해 정량적인 평가가 어렵고 향후 건물의 가치상승에 대한 객관적인 비교 설명이 힘들어 많은 건축주가 커미셔닝은 친환경 건축물 인증을 위한 단순한 프로세스로 생각하는 경우가 자주 있다. 이처럼 건축주의 의지에 따라서 단순히 형식적인 프로세스로 전락하는 경우도 종종 있다.

다음은 국내에서 커미셔닝 프로젝트를 진행하면서 각 단계별로 발생되는 문제점에 대해서 알아보고자 한다.



[그림 2] 커미셔닝팀 조직도

계획 단계

계획단계는 커미셔닝의 목표를 설정하고 설계 방향을 결정하는 중요한 단계이다. 계획단계에서 건축주로부터 작성되어지는 OPR(Owner's Project Requirements: 건축주의 요구사항)은 프로젝트의 목적, 사용 운영에 대한 기능적 요구사항뿐만 아니라 프로젝트의 목표 등이 포함되어 있어 프로젝트의 성공기준을 결정짓는 중요한 문서로서 활용된다(**표 2** 참조). 하지만 그동안의 대부분 건설현장에서는 OPR과 같은 체계적이고 정리된 문서가 없었기 때문에 OPR의 작성에서부터 어려움을 겪고 있다. 대다수의 건축주는 건축 및 설비에 대한 전문적인 지식이 부족하여 친환경 인증취득 또는 에너지 절감량 등의 단순 목표 설정에만 그치고 있다. 또한 OPR을 기준으로 BOD(Basis of Design: 설계 기준)가 작성되어야 함에도 불구하고 이미 작성된 BOD를 바탕으로 OPR 문서가 역순으로 작성되는 경우도 많이 있다. 프로젝트의 가장 기본적이고 기준이 되는 OPR과 BOD가 명확하게 작성되지 않는다면

<표 2> OPR 작성 시 포함되는 항목

항목	포함 내용
건축주 및 사용자의 요구사항	프로젝트의 기본적인 사용 목적(데이터 센터를 갖춘 사무용 건물 등), 프로젝트 추진 이력, 향후 증축이나 시스템 확장 계획, 사용될 자재 혹은 재료의 품질, 건설비용과 운영비용 등
환경목표와 지속가능성 목표	부지 선정, 물 이용 등의 환경 관련 고려 사항 (LEED 인증 등급 등)
에너지 사용 효율 목표	국내 에너지 사용 기준 법규, ASHRAE 혹은 LEED 기준에 관계된 종합적인 프로젝트 에너지 사용 효율 목표 기록
실내 환경 요구사항	조명, 온도, 습도, 청정도, 소음 등의 환경 기준과, 영역별 사용 목적, 업무시간 이후 사용을 위한 설비 등을 기술.
장비 혹은 시스템 기대 성능	장비 혹은 시스템의 유형, 희망 기술 수준, 자동제어, 운영 및 유지 관리 적절성 등
입주자 혹은 운영 및 관리 담당자의 요구사항	설비 운영 방식, 운영 요원에 대한 교육, 사용자에 대한 교육 등의 요구사항

향후 프로젝트의 성공여부를 판단하고 검증하는 기준이 불명확해지는 문제가 발생한다.

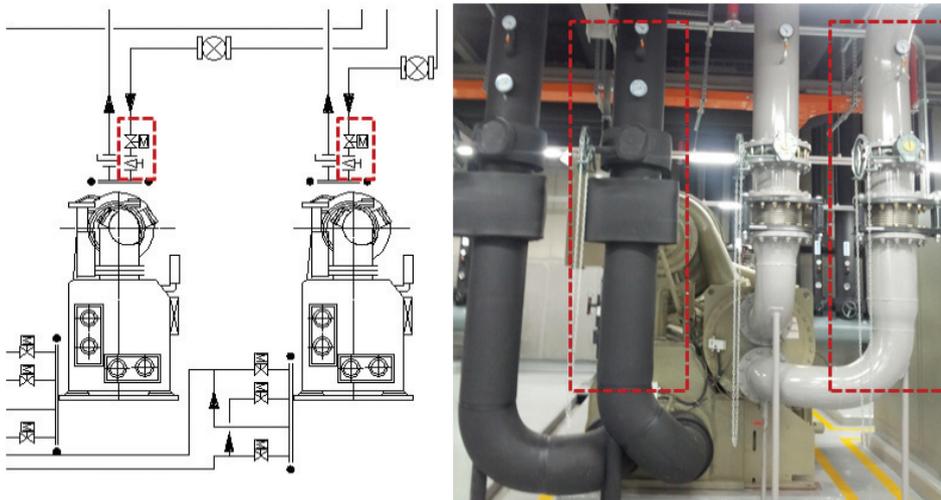
설계 단계

설계단계에서는 작성된 OPR과 BOD를 근거로 커미셔닝의 계획과 기준서가 작성되고 BOD 문서의 일부인 SOO(Sequence of Operation: 장비 및 시스템에 대한 동작설명서) 문서를 작성하는 단계이다. SOO에는 개별 장비 및 통합시스템의 각 기능과 운전 모드에 따른 운전 순서를 비롯하여 작동 모드 별 동작 순서, 안전장치, 비상 운영에 대한 사항들이 포함되어 작성된다. 또한, 커미셔닝 과정에서 장비 및 시스템 기능 및 성능의 판단하는 FTP (Functional Test Procedure: 시스템 기능 및 성능 시험 절차)의 기준이 되므로 시스템 운영에 적합하도록 상세하게 작성되어야 한다. SOO는 설비설계팀에 의해 작성되어야 하지만 프로젝트 계약조건 등의 문제로 인해 자동제어팀 또는 해당 시스템 업체에 의해 작성되는 경우가 많다. 이런 경우 설계자의 의도와 달리 SOO 문서가 작성될 수도 있고 문서작성에 상당한 시

간이 소요된다. 또한, 작성된 SOO에는 일부 기능과 성능에 대한 검증절차 내용만 포함되어 있기 때문에 포괄적인 설비의 운전절차 확립 및 운영이 어려워 효율적인 에너지 관리에 어려움을 겪는 사례가 많다.

시공 단계

시공단계에서는 정기적인 현장점검을 통해 장비 및 시스템이 설계도면과 일치하게 설치되고 있는지를 확인하고 각각의 장비별로 PFC(Pre-Functional Checklist: 장비 설치 및 기능 점검 체크리스트) 및 시운전 등의 진행사항을 확인하고 검증하는 단계이다. 현장의 커미셔닝 담당자(시공사)는 시운전 이전에 모든 장비와 시스템에 대해서 PFC form을 작성하여 시방서대로 잘 설치되었는지 확인하고 시스템의 초기 작동을 위한 준비 상태를 점검해야한다. PFC는 향후 시운전 및 FTP를 위해서 중요한 절차이지만 작성해야 하는 문서의 양과 업무가 많다보니 각각의 장비에 대한 확인이 이루어지지 않고 샘플링 테스트를 통해 형식적인 PFC 문서 작성이 이루어지는 경



[그림 3] 냉동기 배관 도면과 현장설치 사진

우가 많다. 그렇게 작성된 PFC는 CxA에 의한 현장 검증 과정에서 적지 않은 문제점이 발견된다. 예를 들어, **그림 3**과 같이 설계도면에는 차단밸브가 설치되도록 설계되었고 PFC 문서에서도 설치 확인을 한 것으로 체크하였으나 실제 현장 점검 과정에서 밸브가 빠진 것으로 확인되었다. 이는 PFC에서 주요 체크 항목임에도 불구하고 현장 확인을 배제하고 문서작성에만 열중하여 생기는 문제점이다. CxA에 의한 문서검증 과정에서 발생하는 이러한 문제점들은 전체적인 커미셔닝 일정 지연뿐만 아니라 시스템 성능 검증 테스트에서 좋지 못한 결과를 가져오곤 한다.

준공 단계

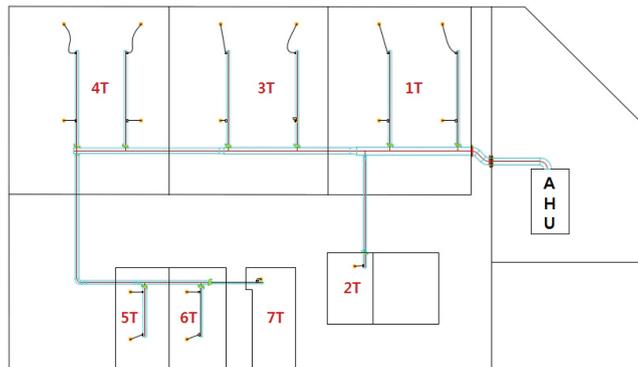
준공 단계에서는 FTP를 수행하여 모든 커미셔닝 대상 장비 및 시스템이 OPR과 BOD에 부합하는 기능 및 성능이 구현 되는지 확인하기 위한 과정으로 프로젝트의 성공을 검증하는 단계이다.

앞선 PFC와 시운전 등을 통해서 각 장비별 기능을 테스트를 수행하였다면 FTP에서는 관련된 장비와 시스템이 연동하여 설계의도(SOO)대로 작동되는지 여부에 대한 종합적인 기능 및 성능 테스트가 이루어진다.

FTP는 시공사를 주관으로 모든 시스템에 대한 테스트가 진행되고 완료후 CxA에 의해 검증 과정을 거친다. 하지만 많은 현장에서 FTP form에 의한 순차적인 테스트가 아닌 종합시운전 개념의 단순 성능체크에만 이루어지고 있어 CxA에 의한 검증과정에서 시스템의 기능 및 성능에 있어 아래 사례에서와 같이 많은 문제점이 발견된다. 다음의 난방 FTP 검증 대상은 강원지역에 위치하고 있는 오피스 공간으로서 **표 3**과 같은 시스템이 적용되었다. 테스트 기간은 동계기간(2.14~2.15) 2일 동안 수행하였고 열원 시스템부터 실부하처리 시스템까지 연계된 모든 장비 및 시스템에 대한 기능 및 성능 검증이 이루어졌다.

<표 3> 난방시스템 구성

분류	장비	설계 조건
열원 시스템	온수 보일러	65 °C 온수 공급
분배 시스템	AHU	난방코일밸브: 급기온도에 따른 비례제어 급기팬: 덕트 내 정압센서에 의한 인버터제어
실부하처리시스템	VAV	실내온도에 의해 VAV 제어



[그림 4] 데이터 로거 설치 위치

모든 사무실의 실내 설정온도는 $23 \pm 1^\circ\text{C}$, 보일러의 공급온수 온도는 65°C , AHU에서 실내로 공급되는 공기온도는 36°C 로 설정하여 FTP를 진행하였으며 외기 및 실내의 온·습도는 휴대용 데이터로거를 이용해 측정하였고 그 외의 모든 감시 포인트는 건물 내 BEMS 시스템을 통해 데이터를 확보하였다. **그림 4**는 AHU에 공조되는 사무실 및 회의실에 설치한 데이터 로거의 위치를 나타낸다.

FTP 결과 설계의도와 달리 AHU의 급기팬의 인버터가 덕트내 정압센서가 아닌 급기온도에 의해 제어가 되고 있었다. 급기온도로 난방코일 밸브와 급기팬을 제어하다 보니 급기온도가 올라가면 난방코일 밸브의 개도율과 급기팬의 출력이 동시에 줄어 급기온도가 급격하게 떨어지고, 급기온도가 떨어지면 반대의 현상에 의해 급기온도가 급격히 상승하는 현상이 반복되어 설정된 실내공급온도 36°C 를 일정하게 유지하기가 어렵다. 이러한 시스템의 기능적인 문제는 실내부하를 해소하기 위한 전체적인 난방 성능에 많은 영향을 미친다.

표 4 및 **그림 5**의 결과에서 볼 수 있듯이 실내에 공급되는 급기온도와 풍량이 일정하게 유지되지 못하여 일사가 없는 시간대에서도 약 5°C 정도의 실내온도 차이를 보이고 있고, 공조기 덕트 말단에 위치한 사무실의 경우는 실내 설정온도에 도달하지 못하고 있다.

이와 같이 FTP 검증과정을 수행해보면 이미 설계단계에서 협의를 거쳐 설계의도에 부합한

FTP form을 확정하고 작성된 테스트 절차에 의해 FTP를 진행하기로 하였음에도 불구하고 현장에서는 절차에 맞게 FTP가 진행되지 않고 있다. FTP 결과는 전체 커미셔닝 프로젝트의 성공여부를 결정하는 중요한 문서이기 때문에 CxA는 FTP 시작단계부터 참여하여 모든 테스트를 주도 관리하고 있다.

준공 후 단계

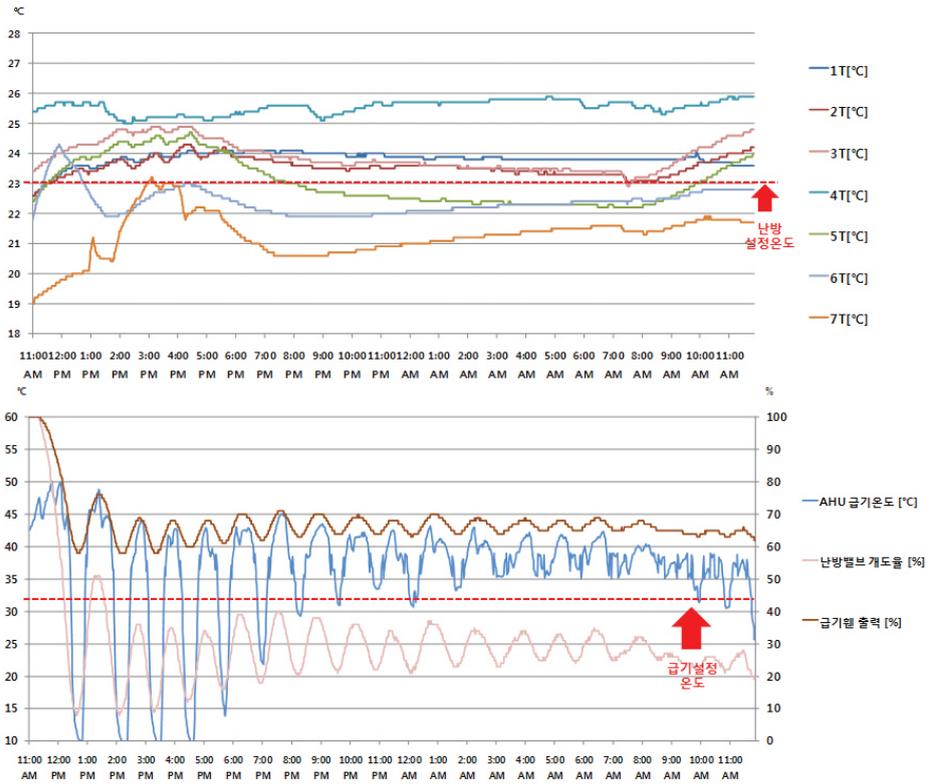
준공 후 단계에서는 FTP 결과를 바탕으로 문제점(Deficiency issues)의 해결사항을 포함한 최종보고서를 작성하여 건축주에게 보고하고 계절에 따른 성능 테스트를 포함한 1년 정도의 커미셔닝 검증기간을 가진다. 이 기간 동안은 설계의도에 맞게 시스템이 작동되어야 하지만 건물을 관리하는 FM팀(Facility Management)에서 편의상 또는 여러 다른 이유로 인해 시스템을 다른 방법으로 바꾸어 운영하는 경우가 종종 있어 검증에 어려움을 겪기도 한다.

맺음말

지금까지 커미셔닝 프로젝트 사례를 통하여 국내 커미셔닝 현황과 문제점에 대해서 살펴보았으며 공통적으로 발생하는 문제점을 정리하면 다음과 같다. 아울러 이러한 문제점을 해결하기 위해서는 국내 실정을 고려한 표준화된 빌딩 커미셔닝 가이드라인 제정과 시장 활성화를 위한 제

<표 4> 난방 FTP 테스트 결과 ($^\circ\text{C}$)

Point	1T	2T	3T	4T	5T	6T	7T	외기온
평균값	23.8	23.6	23.9	25.5	23.0	22.4	21.3	0.6
최대값	24.1	24.3	24.9	25.9	24.7	24.3	23.2	5.6
최소값	22.6	22.6	22.9	25	22.2	21.8	19	-2.6
표준편차	0.2	0.3	0.5	0.2	0.8	0.4	0.7	2.1



[그림 5] 난방 FTP 결과 그래프

도적 뒷받침이 필요하다.

- 커미셔닝에 대한 필요성 및 인식 부족
- 능동적인 커미셔닝 팀 구성의 어려움
- OPR, SOO 등 문서작성 어려움
- PFC, FTP 등의 테스트 간소화
- 시스템 유지관리 미숙

참고문헌

1. 산업통상자원부, 1997, 효율적인 건물 에너지 관리기법 개발을 위한 기획연구
2. ASHRAE Guideline 0-2005
3. ASHRAE Guideline 1.1-2007
4. www.USGBC.org 