Regular Paper
J. Korean Inst. Electr. Electron. Mater. Eng.
Vol. 28, No. 4, pp. 262-270 April 2015
DOI: http://dx.doi.org/10.4313/JKEM.2015.28.4.262
ISSN 1226-7945 (Print), 2288-3258 (Online)

기축건물의 제로에너지 하우스 하자 사례를 통한 공종별 문제점 및 최적구축 방안에 관한 연구

김선근[1,a], 권순욱[2]

[1] ㈜대우건설 주택사업본부
[2] 성균관대학교 공과대학 건축토목공학부

The Study on Activity Star Problem and Optimum Construction Method Through the Defect Case of Zero Energy House in the Existing Building

Sun-Geun Kim[1,a] and Soon-Wook Kwon[2]

[1] DAEWOO E&C M&E Engineering Team, Seoul 110-713, Korea
[2] Associate Professor School of Civil & Architecture Engineering Sungkyunkwan University, Suwon 440-746, Korea

(Received January 5, 2015; Revised March 23, 2015; Accepted March 24, 2015)

Abstract: In this paper existing buildings, not a new buildings and house for living people not just a displaying and a viewing, created by the imagine effect or virtual simulation was applied various Active and Passive elements. After constructing zero-energy houses, through default case happened during operation period it is described problems and solutions about field part, work classification, installation by Location part, and Installation equipment part. Since then, to take advantage of this thesis, it's the purpose of this paper using as the baseline data for building a zero-energy house in another similar case.

Keywords: Fossil energy, Zero energy house, New renewable energy active factor, Photovoltaic system, Solar hot water heating system, Heat pump cooling & heating system, and fuel cell system

1. 서 론

1.1 연구의 배경 및 목적

전 세계 에너지원의 85%를 화석연료에 의존하고 있고, 화석연료의 고갈 및 과다 사용으로 인한 온실가스 배출량도 급격히 증가하고 있다. 이에 따른 지구 온난화로 인해 지난 100년 동안 세계 평균기온이 0.74℃ 상승하면서 가뭄, 홍수, 폭염 등의 자연 재해가 빈번하게 발생하고 있다. 제2차 에너지 기본 계획 중 2011년도 기준하여 보면 국가 총에너지 소비량 중 가정에서 소비하는 양이 전체의 10.5% 이상을 차지하는 것으로 집계되고 있다 [1]. 따라서 주거 분야에서도 에너지 절감 노력이 다양하게 연구 개발되어지고 있고, 에너지 절감 노력의 일환으로 기존 건물에 비해 에너지 소비가 적은 건물 설계 및「신에너지 및 재생에너지」사용이 적극적으로 요구되고 있다.

정부정책 또한 2015년 1월 1일 '온실가스 배출권 거래제법'을 시행하여 온실가스를 감축하거나 배출권을 구매하고, 녹색건축 인증제도 제정하여 에너지 및 환경적 설계를 고려한 녹색건축 인증 기준으로 에너지 절

a. Corresponding author; sungeun.kim@daewooenc.com

Copyright ©2015 KIEEME. All rights reserved.
This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

약 및 환경오염 저감에 기여한 건축물에 대한 친환경 건축물 인증을 부여하며 그린 홈 백만호 보급사업을 통해 2020년까지 신재생에너지 주택(Green Home) 100만호 보급을 목표하여 신재생에너지 설비를 주택에 설치할 경우 설치비의 일부를 정부가 보조 지원하는 사업을 추진하고 있다 [2].

또한, 영국은 2016년부터 신규건설 주택에 이산화탄소 배출 제로화를 하여 건물을 사고 팔 때 에너지 효율 인증서(EPC)를 의무적으로 제시하게 하고, 일본은 2050년까지 60~80% 온실가스 감축 목표로 에너지 자립 촉진하여 각종 보조금 및 정책 자금지원 통한 고효율 저에너지 건물 보급을 확대해 나가고 있다. 미국은 2025년도까지 제로에너지 빌딩을 의무화하여 공공성을 지닌 민간기관 중심으로 인증 프로그램(LEED) 활성화하고 있다. EU 또한 ZEB (zero energy building)화 움직임이 확산되고 있어 2009년 11월 EU각료 이사회와 EU의회는 건축물의 에너지 성능에 관한 개정에서 '2020년 말까지 모든 신축주택·업무용 빌딩을 ZEB화 할 것'이라는 내용을 개정 사항에 포함시키기로 합의하였다 [3]. 하지만 기존 사례는 국내외적으로 많은 관심과 기대를 가지고 있는 제로 에너지 분야에 기축건물이 아닌 신축건물이면서 전시관이나 실험적 목적으로 구축한 제로에너지 하우스이어서 실질적인 내용을 연구하는 데는 한계가 있다.

따라서 본 연구에서는 주거시설을 대상으로 신축이 아닌 기축건물이면서 사람이 실제 살고 있는 실 거주 주택에 다양한 active요소와 passive 요소를 적용하여 제로에너지 하우스를 3개월 거쳐 시공하고, 시공 후 27개월 동안 모니터링 한 결과를 바탕으로 얻어진 자료를 평가, 분석하여 앞으로 좀 더 효율적이고 생산적인 제로에너지 하우스를 구축하는데 활용하는 것을 이 논문의 목적이 있다

1.2 연구의 범위

본 연구는 제로에너지 하우스 구축하는데 필요한 active요소와 passive요소를 같이 진행하였으나 passive 요소는 검증 절차 및 성능에 대해서는 제외 하고, active 요소에 초점을 맞추어 진행하였다. 또한 active요소 중 태양광 발전 시스템, 태양열 급탕 시스템, 지열 냉난방 시스템, 연료전지시스템과 같이 현재 건설 현장에서 적용 가능한 기술 대상으로 하였으며, 관련된 장비 개발이 아니라, 현존하는 기술의 조합을 통한 최적 구축 방안에 초점을 맞추고 있다.

1.3 관련연구 고찰

정부 및 학계에서 제로에너지 하우스에 대한 관심이 높아짐으로써 대형 건설사나 관련기관에서 제로에너지에 관한 실험적 주택을 많이 건립하고 운영 하고 있다. 따라서 관련된 자료를 취합하여 본 연구 논문과의 차이점을 비교 평가해 보려고 한다.

1) LH 'The Green'관에 적용된 녹색 기술(대한설비건설협회, 2011)에서는 한국토지주택공사가 서울시 강남구 자곡동에 개관한 전시관이다. 'The Green'관은 주택의 에너지 성능 검증 및 발전 등을 위해 에너지절약, 친환경, 재활용 등 총 60여 가지의 신기술을 전시·체험할 수 있도록 만들은 전시관으로 에너지제로 관련 33가지, 친환경·재활용 7가지, 공간가변 9가지, 그린IT 12가지 등을 적용하였으며 기축건물이 아닌 신축건물로서 관련된 요소기술들의 전시·체험관이라는 한계가 있다 [4].

2) 한국형 제로에너지 하우스[Green Tomorrow] 구축사례(삼성물산기술연구소, 2009) 'Green Tomorrow'는 전시 · 홍보 · 실험의 목적으로 건립되었고, 총 68건의 친환경 · 에너지 효율기술의 집약을 통한 에너지 제로하우스를 달성하게 되어 건물의 친환경 인증인 국내 친환경 건축물 최우수 등급과 미국의 LEED platinum 인증을 획득하였다. 주요 내용은 개요 및 zero energy house 기획 과정, passive 요소(56%), 발전(44%)을 적용하였으며, 주요 기술은 태양광 발전시스템, 풍력 발전시스템, 지열 냉난방시스템을 적용하였고, 특징으로는 모든 전력을 직류로 공급하여 가정 내에서 교류의 직류 변환에 따른 에너지 손실 요인 제거하였다는 것과 성능의 예측과 검증(ESP-r프로그램 활용)을 사용하였다는 것이 특징일 수 있다. 하지만 이 또한, 기축건물이 아닌 전시 및 체험 목적으로 한 신축건물을 대상으로 건립 운영하였다는 한계가 있다 [5].

3) 3 L House의 설계 시공 및 평가(대림건설, 2006) 'Eco-3 L House'는 패시브 하우스의 개념 내에서 에너지 소비량의 목표를 구체적으로 3리터/㎡.a로 규정한 것이다(독일에서는 현재 1리터 하우스까지 구현된 상태). 3 L 하우스(패시브 하우스)라는 용어는 다양한 기술, 설계와 재료를 이용하는 시공 표준으로 간주되며, 기본적으로 저에너지 건축(low energy house)을 기본 모델로 고안된 것이다. 3 L 하우스(패

시브 하우스)는 통상적인 냉난방장치 없이 겨울과 여름철에 쾌적한 실내 기후를 창출한다. 이를 허용하기 위해서 건물의 난방 부하가 10 W/m^{2}를 초과해서는 안 되며, 이 적은 난방 부하는 대략 평균 난방에너지로 15 kWh/yr.m^2 정도이다. 따라서 3 L 하우스(패시브 하우스)는 일반적인 건물(주택)보다 약 80% 정도의 에너지를 절약할 수 있다. 적용기술로는 고성능 창호, 슈퍼 단열, 이중 외피, 폐열회수 환기시스템, 연료전지 등을 적용하였다. 하지만, 본 연구도 사람이 살지 않는 비거주 조건에서 평가된 것으로 향후 재실 조건을 형성한 측정을 통해 보다 실질적인 데이터를 도출 및 하절기 실내 열쾌적에 대한 검토를 실시할 예정으로 있다 [6].

2. 실험 방법

2.1 제로에너지 하우스 구축 사례

2.1.1 모니터링 프로젝트 개요

1) 모니터링 프로젝트 공사 개요

모니터링 프로젝트는 동탄 타운 하우스(경기도 화성시 반송동, 총 23개 블록, 214,557 m², 637세대) 지구 내에 동탄 하임 프로젝트(경기도 화성시 반송동, 총 3개 블록, 23,716 m², 99세대) 내 333동 복층 189 m² type에 건립되어 있다.

Fig. 1. Plans of monitoring project.

2) 모니터링 프로젝트의 제로에너지 하우스 달성 개념은 패시브 요소인 단열 보강, 창호 개선 등을 통하여는 기존 설계안 대비 40% 에너지를 적게 사용하고, Active요소인 태양광 발전시스템, 태양열 급탕시스템, 지열 냉난방시스템, 연료전지시스템을 이용하여 에너지를 생산하여 제로에너지 하우스 구현하는 개념이다.

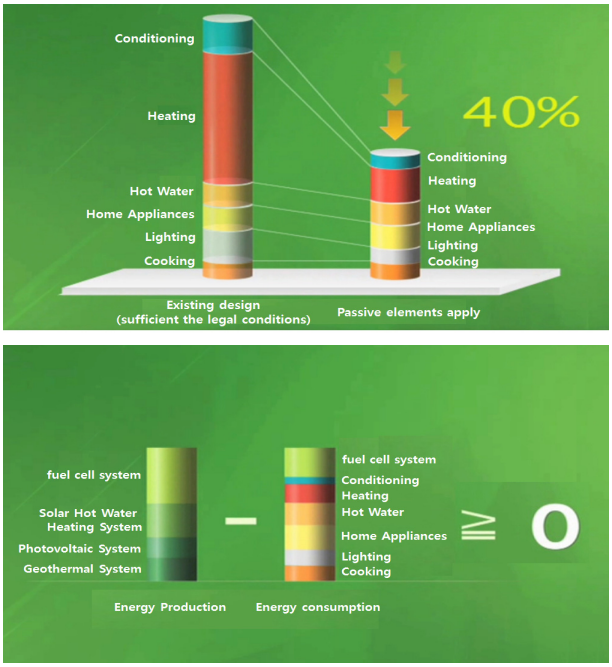

Fig. 2. Concept of zero energy house.

3) 모니터링 프로젝트의 특징은 신축건물이 아닌 기축건물에 제로에너지 하우스를 접목하였고, 영상효과나 가상의 시뮬레이션을 통해 만들어진 단순한 전시나 관람용 주택이 아니라 사람이 실제 살고 있는 실증주택에 총 70가지 요소기술을 적용하였다. 또한, 신재생에너지 active요소인 태양광 발전시스템, 태양열 급탕시스템, 지열 냉난방시스템, 연료전지시스템 등을 적용하여 세대 내의 전력, 급탕, 냉난방, 수도, 취사 등 모든 에너지 소비가 제로가 되도록 계획되어 있는 것이 특징이다.

2.2 운영 결과

1) 일반 사항

본 연구 프로젝트는 2010년 9월부터 2012년 12월까지 27개월간에 걸쳐 실시간 에너지 모니터링시스템을 이용하여 모니터링을 실시하였다. 실시간 에너지모니터링시스템은 스마트 분전반, 스마트 전력량계, 원격검침, 태양광, 태양열, 지열, 연료전지시스템의 순간 및 누적에너지 변화량을 TCP/IP, RS-485 통신 등을 이용하여 모니터링, 통계화하여 실시간으로 보여주는 시스템이다 [7,8].

2) 생산량 및 소비량 모니터링 결과

표 1은 본 연구 프로젝트에서 실시간 에너지 모니터링 시스템을 이용하여 27개월 동안 각각의 신재생에너지 요소별로 에너지 생산량과 소비량을 모니터링 한 총괄표이다.

Table 1. A comparative table of energy production and consumption.

Division		Energy Production and consumption(KWH)				
		Monitoring project Design value		Monitoring project actual value		Ratio
		kwh	%	kwh	%	
Energy Production	Photovoltaic System	6,833	32.7%	2,671	13.6%	39%
	Solar Hot Water System	5,604	26.8%	4,572	23.2%	82%
	Heat Pump Cooling & Heating System and fuel cell system.	8,454	40.5%	12,468	63.3%	147%
	SUBTOTAL	20,891	100.0%	19,711	100.0%	94%
Energy consumption	Lighting Fixtures	2,097	11.8%	1,921	13.4%	92%
	Outlet facilities	2,796	15.8%	2,553	17.8%	91%
	Heating and cooling/Hot Water Heating System	3,949	22.3%	6,707	46.7%	170%
	etc.	8,878	50.1%	3,189	22.2%	36%
	SUBTOTAL	17,720	100.0%	14,370	100.0%	81%
Energy Production-Energy consumption		3,171		5,341		168%

3) 에너지 모니터링 결과에 대한 분석

생산량은 2010년도 10월부터 2012년도 12월까지 생산한 태양광, 태양열, 지열, 연료전지의 각각의 합계를 구한 다음 이들의 평균을 구하고 평균값에 1년 사용량으로 환산하여 데이터를 정리한 값이 19,711 kWh 이다. 소비량은 2010년도 10월부터 2012년도 12월까지 소비한 전등, 전열, 냉/난방, 기타 소비한 양의 합계를 구한 다음 이들의 평균을 구하고 평균값에 1년 사용량으로 환산하여 데이터를 정리한 값이 14,370 kWh 이다. 따라서 생산량과 소비량을 비교한 에너지 양(생산량 - 소비량)이 5,341 kWh로 제로에너지 하우스 달성하는 데는 문제가 없다.

4) 생산 에너지 분석

그림 3은 생산된 에너지를 실시간 에너지 모니터링 시스템으로 분석해 본 결과 당초 설계치와 실제 생산한 양을 비교한 그래프이다.

(1) 태양광 발전시스템은 태양광에 의해 태양전지 에서 전자의 움직임이 활성화 되어 전기가 발생하는 원리를 활용한 시스템으로 당초 설계 목표치 대비 33% 전기 발전량 부족하며 원인은 날씨와 시공 상의 문제 등이 있다. 모니터링 기간 852일 중 358일이 흐렸으며, 이는 전체 기간 중 약 42%에 해당한다.

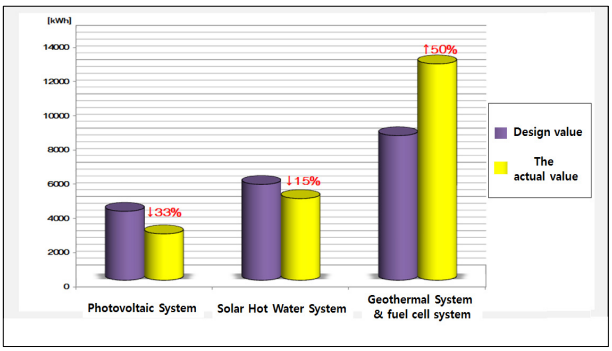

Fig. 3. Analysis graph of energy production.

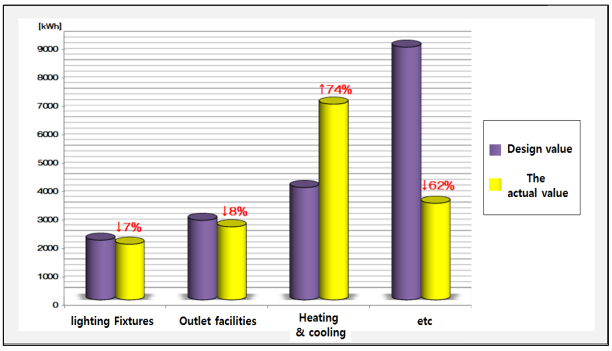

Fig. 4. Analysis graph of energy consumption.

(2) 태양열 급탕시스템은 태양열을 고효율의 단일 진공관 집열기로 집열하여 급탕 열원으로 사용하는 시스템으로, 열매체가 축열 탱크 내부에서 열 교환하여 온수를 생산한다. 당초 설계 목표치 대비 15% 에너지 생산량이 부족하며 원인은 날씨와 유지보수 소홀 문제 등이 있다. 또한, 전체 생산량의 많은 부분은 아니지만, 열매체 보충 불량에 따른 에너지 생산 중단이 발생하였다.

(3) 지열 냉난방시스템은 연간 15℃ 정도로 일정한 지열에너지를 지하 100~150 M에 설치된 수직형 열교환기로 열 교환을 하고, 히트펌프를 이용하여 에너지를 생산하여 건물의 냉·난방에 이용하는 시스템으로 당초 설계 목표치 대비 50% 에너지를 과 생산 하였으며 시스템 가동시간이 많았던 것이 사유이다. 또한, 세대내 냉난방 가동을 많이 하였거나, 필요할 때 즉시 사용 목적으로 일정량의 에너지 보유가 필수이며 이를 위해 주기적으로 히트펌프가 가동되는 메커니즘에 대한 이해 부족이 원인이다.

(4) 연료전지 시스템은 도시가스(LNG)에서 추출한 수소를 활용하여 전기와 열을 생산하는 소형 열병합 발전 시스템으로 연료전지는 초기 시운전 완료 후 계속해서 발생 되는 급탕수(30 ℓ/h) 처리 등의 문제로 가동을 중지한 상태이다.

5) 소비 에너지 분석

그림 4는 소비된 에너지를 실시간 에너지 모니터링 시스템으로 분석해 본 결과 당초 설계치와 실제 소비한 양을 비교한 그래프이다.

(1) 전등, 전열

전등 부하는 전체 LED조명을 적용하였으며, 소비전력은 1.1 KW이었다. 또한, 본 프로젝트에는 외출 시 일괄로 전등 및 가스를 차단하는 센서 감지형 무선일괄제어시스템[디자인 등록 제30-0617921호]을 적용하여 전등 에너지 소비를 당초 설계대비 7% 절감하였다 [7,8].

Fig. 5. Wireless sensor type batch control system.

또한, 전체 콘센트의 약 30%는 조명 제어, 온도 조절, 에너지 모니터링 및 대기 전력을 차단할 수 있는 대기전력 차단 스위치[특허 등록 제10-1105964호]을 적용하여 사용하지 않고 대기 중인 전원은 자동 차단하였다 [7]. 결과적으로, 당초 설계 대비 10% 내외의 오차율을 보이며, 목표 대비 절감을 하였다.

Fig. 6. Standby power shut-off switch.

(2) 냉난방

관련 부하는 지열히트 펌프 6 KW, 냉난방 순환펌프 1.1 KW, FCU 200 W로 구성되어 있고 당초 설계 대비 74% 초과 소비를 하였으며 원인은 냉난방을 담당하는 지열시스템의 과다 가동이다. 또한, 실제 냉/난방기 과다 사용과 더불어 일정량 에너지 보유를 위한 주기적 시스템이 작동 하였고, 냉난방 가동이 필요 없을 경우 시스템 off를 위해 전기실에서 차단기를 작동시켰다.

(3) 기타

관련 부하는 연료전지 가동을 위한 도시가스(LNG) 및 연구 목적의 에너지 모니터링에 필요한 전력과 전시관 운영 목적으로 적용된 설비이다. 당초 설계 대비 62% 소비량 절감을 하였으나, 주된 원인은 연료전지 가동 중단으로 인한 도시가스 소비가 없었고, 에너지 생산 및 사용을 지속적으로 모니터링 하는 실시간 에너지 모니터링 시스템과 가정에서 생산 및 소비하는 전기를 관측하여 전력량을 표시하여 주는 스마트 디지털 전력량계[특허 등록 제10-0987667호]을 적용하여 에너지의 변화를 관측하여 feedback하여 준 것도 계획 대비 절감 원인이 되었다 [7,8].

Fig. 7. Digital smart meters.

3. 결과 및 고찰

3.1 제로에너지 하우스 하자 사례

3.1.1 일반 사항

하자 사례 모니터링 기간은 2010년 9월부터 2012년 12월까지 27개월 동안 실시하였고, 하자 접수 및 처리 방법은 하자 처리 표준양식을 사용하였다.

3.2 하자 사례를 통한 통계자료

1) 분야별

그림 8은 하자 사례를 기획/설계, 시공, 유지보수 분야별로 분리하여 본 결과 그래프이다. 그 결과를 보면 기획/설계 분야가 28%, 시공 분야가 50% 유지보수 분야가 22%를 차지하는 것을 볼 수 있다.

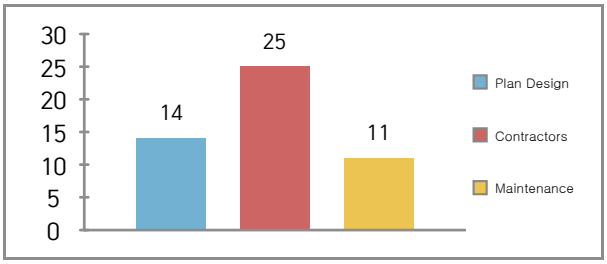

Fig. 8. Field star, defect distribution chart.

2) 공종별

그림 9는 하자가 공종별로 어떻게 발생하였는가 보여주는 그래프이다. 그래프에서 보는 것과 같이 에너지 모니터링과 냉난방 설비공사 공종에서 각각 14%로 제일 많은 하자가 발생하였고, 뒤이어 홈 네트워크 설치공사, 배선기구 설치공사, 지열 냉난방시스템 순으로 하자가 발생하였다.

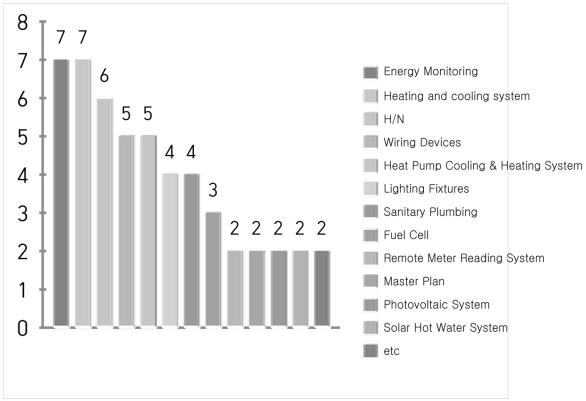

Fig. 9. Work classification, defect distribution chart.

3) 위치별

그림 10은 모니터링 프로젝트의 실별하자 분포도를 나타내고 있다. 그래프를 보면 시스템이 집중되어 있는 거실이 30%, 장비가 배치되어 있는 기계실이 26%, 각종 서버가 배치되어 있는 신발장 내부가 14%로 전체 하자의 70%가 이 3곳에서 발생하였다.

4) 장비별

그림 11은 설치 장비별 하자 발생 분포도를 나타낸

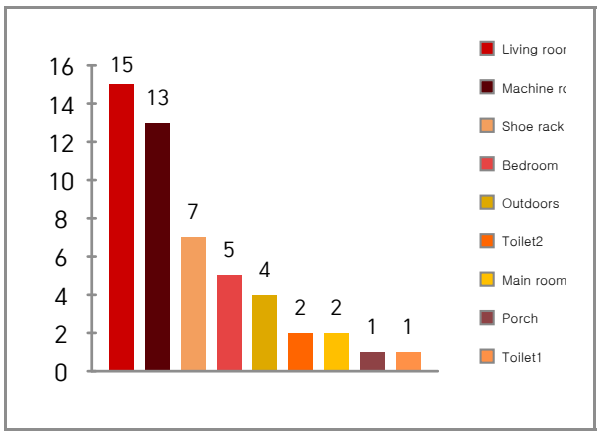

Fig. 10. Installation by location star, defect distribution chart.

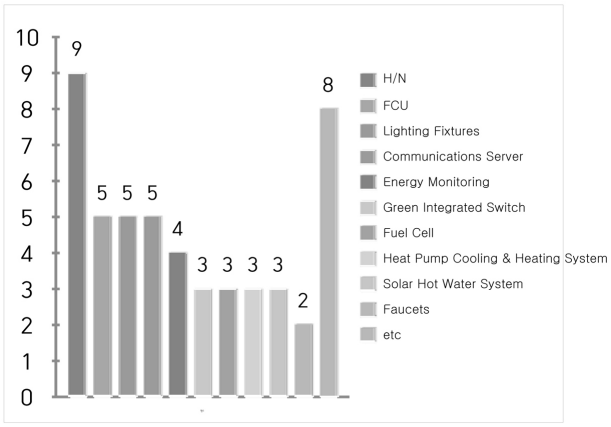

Fig. 11. Installation equipment star, defect distribution chart.

그래프이다. 그래프를 보면 가장 하자가 많이 발생한 장비는 HOME NETWORK 기기로 전체 중 18%를 차지하고 있고, FCU, 조명기구, 통신 서버가 각각 10%를 차지하고 있어 4개 장비가 전체의 48% 약 50%를 차지하고 있다.

4. 결 론

본 연구에서는 신축이 아닌 기축건물이면서 사람이 실제 살고 있는 실거주 주택에 다양한 active요소와 passive요소를 적용하여 3개월 거쳐 구축하고, 구축 후 27개월 동안 모니터링 한 결과를 바탕으로 주거 시설에서 제로 에너지 가능 여부 및 하자 사례를 통하여

어떠한 문제점이 발생하고 발생 시 처리 방법 등을 통계 자료를 통해 도출해 보았다. 또한 공종별 문제점 및 해결 방안에 대해 제시함으로써 향후 기축건물에 제로에너지 하우스를 구축하는데 활용할 수 있을 것이라고 판단이 된다.

4.1 공종별 문제점 및 해결 방안

4.1.1 태양광 발전시스템

1) 태양광 발전시스템의 축전지 수명 연한 도달에 따른 하이브리드 type 인버터(독립형 + 계통 연계형)에서 계통 연계형 인버터 type으로 변경한다.

2) 충방전 과다 발생으로 불필요한 전기에너지 소모되므로 향후 축전지 사용을 지양하고 양방향 전력량계 개발 완료에 따른 계통 연계형으로 설계한다.

3) 태양광 발전 모듈 용량 변경에 따른 추가 공사 시 태양광 발전모듈 설치 불량 사례가 발생하므로 공사 초기 시뮬레이션 검토를 철저히 하여 재시공 방지한다.

4.1.2 태양열 급탕 시스템

1) 예비용으로 설치한 가스보일러 가동 설정 온도와 탱크 온도가 같아 가스보일러가 가동하지 않아 급탕 온도 부족 현상이 발생하므로 사전에 보일러 연동 테스트를 실시한다.

2) 태양열 급탕 시스템 열매체 보충이 이뤄지지 않아 원활한 급탕 생성이 안 되므로 태양열 급탕시스템 열매체를 주기적으로 보충한다.

3) 세대 난방 가동 시 환수 배관이 급탕 탱크를 일차로 거치게 되어 있어서 급탕 탱크 내 온수 온도가 급격히 떨어져서 세대 내 급탕 사용에 지장을 주므로 세대 난방 공급 온도에 의한 예비용 가스보일러 가동 제어 설비를 구축한다.

4.1.3 지열 냉난방 시스템

1) 각 냉난방기에 외출모드가 있으나 월패드에서 외출기능을 지원하지 않음으로써 외부에서 제어가 되지 않아 문제가 발생하므로 월패드에서 외출 기능을 추가하여 난방 시 설정온도 이하로 떨어질 경우에 동파방지 운전을 가동할 수 있도록 한다.

2) 장비간 인터페이스 불안정으로 냉방 시와 난방 시 제어장비가 다르고 통신 방식이 각 장비마다 달라 통신 속도가 느리고, 작동 시 오류가 발생하므로 제어 장비를 단순화 한다.

3) 냉난방기와 SI업체, 지열 장비업체가 모두 다르기 때문에 업체 변경 시 통신 프로그램을 다시 수정해야 하는 복잡함이 발생하므로 초기 단계부터 관련 업체의 가능성 여부의 검증이 필요하다.

4.1.4 연료전지시스템

1) 도시가스(LNG) 공급 시점상의 문제로 매탄가스를 연료로 사용하면서 기존의 프로그램으로 가동하여 shut-down되는 문제가 발생되므로 메탄가스에 맞는 프로그램으로 수정·보완한다.

2) 기계 상단에 설치된 배관에서 발생된 결로수로 인하여 룸 컨트롤러 고장이 발생하므로 룸 컨트롤러 위치를 측면에서 전면으로 변경한다.

3) 설비 배관과 간섭으로 인하여 연도 설치 시 어려움이 발생하므로 시공 전 제작도면 배관도와 cross check한다.

4.1.5 에너지 모니터링시스템

1) 유량계량기의 큰 값에서 작은 값으로 넘어가지 않아 계량기 값이 9,999를 넘어 0으로 표시되는 값 오류 발생 시 모니터링 data base값에서 강제로 10,000을 빼주어 임의로 누적 수치를 맞추어 해결한다.

2) 지열 및 태양광 발전량이 정상 출력 되지 않는 문제점이 발생 시 출력 오류문제 해결 시 오류가 났던 데이터 값을 전체 삭제하지 않아 문제가 발생하므로 데이터 값을 완전히 삭제하여 문제를 해결한다.

3) 에너지 모니터링 서버 오류로 인하여 에너지 모니터링 서버 컴퓨터 오류 메시지 팝업 시 프로그램 백업 후 PC 먼지 제거 및 포맷 등의 조취를 취한 후 프로그램 재설치를 한다.

4.1.6 냉난방 설비공사

1) 거실 FCU를 꺼놓고 다른 방을 계속 가동할 경우 거실 FCU 현재 온도가 너무 낮게 되어 가동이 불가능하게 되는 현상 발생 시 온도 감지 센서를 실내기 외부에 설치하여 왜곡현상을 감소시킨다.

2) 거실 FCU 온도 감지 센서가 실내기 내부에 설치되어 실내기 미가동 상태로 냉수가 계속 순환되고 있는 현상이 발생 시 실내 온도 감지가 왜곡되는 현상 발생하므로 온도감지 센서를 실내기 외부에 설치하여 왜곡현상을 감소시킨다.

3) 냉온수 순환펌프 및 주변 배관이 과열이 발생 하여 DDC (direct digital controller) 장비에 에러가 발생하는 현상이 발생한다. 따라서 방열장치 및 된 손상된 DDC 장비를 복구한다.

4.1.7 위생 배관공사

1) 하절기 태양열 급탕 생산량은 많으나 세대 내에서 소비를 하지 않아 급탕 탱크 온도 과상승 현상 발생 시 열매체 보충수 배관에 볼탑을 설치하여 자동 급수시킨다.

2) 조경용 수전은 동절기 전에 부동수전에 연결된 메탈호스를 제거하여 사전 동파방지 유무를 확인한다.

3) 매립형 박스 내부에 있는 급수 급탕 연결 호스가 꺾어져 있는 상태로 시공되어 수압이 현저하게 저하되는 현상이 발생하므로 배관 연결 시 꺾임 여부 확인 후 시공한다.

4.1.8 홈 네트워크시스템

1) 냉방 시 월패드에 냉방 표시가 난방으로 표시되는 현상 발생 시 자동 제어에서 임의로 냉방 신호를 보내주어 냉방으로 표시하고, 월패드의 UI (user interface)를 수정하여 혼선이 없게 한다.

2) 월패드 내부기판 파손에 의한 shut-down 발생할 때는 월패드 타입을 게이트 웨이 일체형에서 게이트웨이 분리형으로 교체한다.

3) 기기 동작 시까지의 동작 시간 지연현상 발생하는 문제 발생 시 배선방식을 루프 배선 방식이 아닌 스타 배선 방식을 적용한다.

4.1.9 배선기구

1) 커튼 제어기용 모터 내에서 비이상적인 노이즈 발생으로 인하여 제어 신호가 왜곡되는 현상 발생 시에는 모터 전원 공급단에 노이즈 필터 적용하고 AC모터를 DC모터로 변경 적용한다.

2) 그린통합 스위치 대기 전력량이 실내 전기 미사용 시 1 W 등의 수치 오류값으로 나타나는 문제점이 발생하여 일정 값 이하는 강제로 'Zero'로 표현하도록 연산 기능을 수정한다.

3) 디밍 제어용 컨버터 불량으로 인하여 거실등 반불현상 제거하기 위하여 사전 테스트 실시 유무를 확인한다.

4.1.10 조명기구

1) LED조명의 특성상 직진성이 강하여 은은한 간접등 분위기 연출이 어려우므로 LED조명 전용 글로브 적용하여 빛의 산란효과 높임 여부 확인.

2) 전등회로 누전 차단기 설치 및 작동 유무 확인

3) 옥외 보안등 점등시간 setting (21시~24시) 여부 및 각 세대 내 현관 및 계단실 일정 시간 후 자동 소등되는 조도 자동조절 조명기구 적용 유무 확인.

4.2 공종별 문제점 해결을 위한 체크 리스트

Table 2. Checklist for Troubleshooting by type by defect cases.

Construction type	Check list
Photovoltaic System	1. Type change in the hybrid drive in preparation for the life of the battery reaches a light grid-connected inverter Type OK or not.
	2. The charge-discharge, so as to reduce the battery consumption due to electrical energy is used to check whether or not grid-connected application.
	3. The prior review by simulation, so additional construction during PV module installation failure occurs according to the PV module capacity change
Solar Hot Water System	1. conduct a spare gas boiler operation and tank temperature has reached the set temperature, gas-fired hot water temperature is not running a shortage occurs because the boiler works written test
	2. The solar hot water system of the heating medium supplemented periodically check whether
	3. spare gas boiler operation control systems built by generations Check heating supply temperature
Heat Pump Cooling & Heating System	1. If you add features to WALL PAD fall out when going out than the set temperature Check availability frost protection operation running.
	2. check for simplified control equipment
	3. The cooling / heating companies, SI vendors, equipment manufacturers have different geothermal companies, as the program again when changing communication needs to be modified if a problem occurs Check Availability verify the presence or absence of associated companies from the earliest possible stage.
Fuel cell system.	1. The natural gas (LNG) because while using methane gas as a matter of time to supply fuel to the existing operation program Shut-down that occurs, to modify the program for the methane gas. Make supplement or not.
	2. Make sure to install the room controller located on the front instead of the side.
	3. The pre-fabricated construction drawings piping and boiler flue location Cross check
Energy Monitoring System	1. Check whether the flow meter weighing accuracy
	2. Pre-error database Wiping Check
	3. The energy then energy monitoring server monitoring server errors to a computer error message pop-up when being done and PC data backup taken after formatting Check for dust removal and reinstall the program

Construction type	Check list
Heating and cooling System	1. Check the sensor on the indoor temperature sensor installed outside.
	2. The temperature detection sensor to confirm whether to install the indoor unit outside.
	3. The hot water circulating pump and surrounding piping repair damaged from overheating status DDC whether they occur.
Sanitary Plumbing	1. Summer solar hot water production installations, maneuna the boltap consumed within the household does not have hot water tank temperature over rise phenomenon occurs during heating medium supplemented with Check automatic irrigation piping.
	2. landscaping tap of pipe water to remove the metal hose connected to a floating faucet before winter frost protection measures prior confirmation or not.
	3. Check the bending pipe connections
Home network system	If you want to send a given cooling cooling signal conditioning phenomenon occurs automatically displayed at random from the wall pad control is displayed as shown in the cooling and heating, May Check modify the UI (User Interface) of the pad
	2. Replace the internal board wall pad Shut-down due to damage in the event of May pad type integrated gateway, the gateway confirm whether or not detachable
	3. Star wiring system application check
Outlet facilities	1. If it appears to be due to non-ideal noise phenomenon curtain is generated within the motor control signal controls appointed distortion applied to the motor power supply noise filter stage and verify whether or not the change applied to the DC motor, AC motor
	2. Green integrated standby power switch problem occur below a certain value represented by the numerical error value when you do not use the room's electrical Check modify operation function to forcibly expressed in ‘Zero’.
	3. Check the pre-test carried out extra checks whether or not to control dimming converter failure
Lighting Fixtures	1. LED globe lighting applied only to check whether the effect of increasing light scattering.
	2. The circuit breaker is installed or not and operational status of the lighting circuit
	3. Outdoor security lights lighting time Setting (21 am to 24 o'clock) Check

앞에서 언급한 모니터링 프로젝트에서 발생한 하자를 공종별로 구분하여 문제점을 체크 리스트로 만들어서 표 2로 제시하였으며, 향후 같은 유형의 제로에너지 하우스 구축 시 효과적으로 활용할 수 있을 것으로 판단된다 [2,3].

REFERENCES

[1] *Ministry of Trade Industry and Energy ‘Energy Master Plan 2’* (2014).
[2] J. H. Yoon, *Design Checklist for Sief-sufficient Zero Energy Solar House(ZESH)* (2005).
[3] *Ministry of Transportation Notice No. 2014-520 Issue* (2014).
[4] *Korea Mech. Const. Contractors Association, LH 'The Green' Green Technologies Applied to the Tube* (2011).
[5] S. H. Shin, *‘Korean Zero Energy House 'Green Tomorrow' Success Stories’*, 2009.
[6] S. H. Park, ‘Design and construction and evaluation of 3 L House’ (2006).
[7] J. U. Sue, *‘[ZENER HEIM] Guidebook’* (2010).
[8] J. U. Sue, *‘[GREEN PREMIUM] Tech Source Book’* (2010).