

신재생에너지 보급 활성화를 위한 공공데이터 활용 방안 -지열에너지 연관 데이터를 중심으로-

김유승^{1*}, 류형규², 최승혁³
¹대한기계설비산업연구원 연구원
²대한기계설비산업연구원 연구위원
³대한기계설비산업연구원 선임연구원

Utilizing public data to promote renewable energy supply -Focusing on geothermal energy related data-

Yu-Seung Gim^{1*}, Hyung-Kyou Ryu², Seung-Hyuck Choi³

¹Research Associate, Korea Research Institute of Mechanical Facilities Industry, Seoul, Korea

²Senior Research Fellow, Korea Research Institute of Mechanical Facilities Industry, Seoul, Korea

³Associate Research Fellow, Korea Research Institute of Mechanical Facilities Industry, Seoul, Korea

요 약 최근 에너지 산업은 에너지사용량 감축을 위해 신·재생에너지 공급정책을 시행하고 있다. 본 연구는 신·재생에너지 수요 증가에 대비하기 위한 지열에너지 시스템 공급 촉진에 도움이 될 수 있는 데이터베이스를 구축하고, 데이터베이스를 활용한 지열에너지 시스템 설치 가능성 평가 방법 개발을 목표로 한다. 연구에 사용한 데이터는 국가기관에서 제공하는 공공데이터를 사용하여 데이터의 신뢰성을 확보하였다. 지열에너지 시스템 설치 가능성 평가를 위해 필요한 정보를 취득하여 전용 데이터베이스를 구성하였고, 데이터베이스의 정보를 활용하여 지열정 용량을 산정하는 방법을 연구하였다. 본 연구는 추후 지역 환경평가 기준을 정립하고, 다른 신재생에너지에 대한 정보를 추가하여 신재생에너지 보급 활성화에 기여할 수 있는 연구를 진행할 예정이다.

주제어 : 지열에너지, 신·재생에너지, 공공데이터, 대용량 데이터, 데이터베이스, 건물부하

Abstract Recently, the energy industry is implementing renewable energy supply policy to reduce energy consumption. The purpose of this study is to build a database that can help promote the supply of geothermal energy system to prepare for the increase of renewable energy demand and to develop a method to evaluate the possibility of geothermal energy system installation by using database information. The data used in the study was reliable using open data provided by national agencies. We obtained information necessary for the possibility of geothermal energy system installation, constructed a dedicated database, and studied the method of calculating the geothermal well capacity by using the database information. In the future, this study will establish a local environmental evaluation standard and add information on other renewable energy to contribute to the activation of renewable energy supply.

Key Words : Geothermal Energy, Renewable Energy, Open Data, Big Data, Database, Building Load

*This work was supported by the Korea Institute of Energy Technology Evaluation and Planning(KETEP) and the Ministry of Trade, Industry & Energy(MOTIE) of the Republic of Korea. (No.20163010111840)

*Corresponding Author : Yu-Seung Gim (gimys@krimfi.re.kr)

Received June 27, 2018

Revised August 28, 2018

Accepted November 20, 2018

Published November 28, 2018

1. 서론

현재 국내 에너지 산업 영역에서는 다양한 에너지 사용량 감축 기술개발과 정부계획수립 등 관련 활동이 활발하게 이루어지고 있다. 산업통상자원부는 정책 브리핑을 통해 전력수요관리, Energy Storage System(ESS), 전기자동차, 스마트그리드 등 에너지 분야의 주요 현안을 효과적으로 해결하기 위한 문제 해결형 산업인 '에너지 신산업'[1]을 언급하였고, 2017년 12월 20일 '재생에너지 3020' 이행계획을 통해 2030년 까지 신·재생에너지 발전량 비중 20% 달성 목표로 하고 있음을 발표[2]하였다.

최근 발표한 정책 이외에도 국내에서는 이미 신·재생에너지 활성화에 대한 정책과 계획이 진행되고 있다. 산업통상자원부가 2014년에 발표한 제4차 신·재생에너지 기본계획[3]에서는 주요 신·재생에너지의 1차 에너지 기준 원별 비중 목표를 제시하였다. 해당 기본 계획의 특징은 폐기물 비중을 축소하고 비교적 보급 비중이 낮은 신·재생에너지원을 육성하는 것으로 지열에너지의 경우 2012년 0.7%의 보급 비중에서 2035년 8.5%로 보급 비중을 높이는 것을 목표로 하고 있다. 보급 활성화 정책에 따라 신·재생에너지에 대한 수요가 크게 증가할 것으로 예상되면서 각 신·재생에너지 산업에서 효율적인 공급방안을 마련해야할 것으로 예상된다.

하지만 현재 신·재생에너지는 공공기관의 건축물을 중심으로 공급되고 있는 상황으로, 일반 건축물에는 적극적으로 적용하지 않고 있어 신·재생에너지에 대한 정보와 사례가 매우 적다고 할 수 있다. 이는 일반인과 신·재생에너지 사업자 모두 공동주택에 신·재생에너지를 적용하여 에너지 절약과 경제적 이득을 얼마나 달성할 수 있는지 확실하게 확인할 수 없는 상황을 초래하여 신·재생에너지가 보급되는데 큰 문제점으로 작용하여 관련 산업의 수익증가에 큰 어려움으로 다가올 수 있다.

이를 극복하기 위해 정부 및 공공기관에서 제공하는 빅데이터를 분석하여 신·재생에너지 보급 활성화에 기여할 수 있는 정보를 제공하고 예측할 수 있을 것이다. 보급 활성화에 활용할 수 있는 기술과 플랫폼을 제공하여 데이터의 정확한 분석을 통해 새로운 사업 기회를 창출하고 수익증가에 기여할 수 있을 것이다[4]. 특히, 에너지 산업은 연령, 소득계층 등 개인별 사회 환경요인과 지역별 가용한 에너지원을 고려한 맞춤형 에너지 생산과 배분의 확대의 가능성[5]이 있기 때문에 다양한 영역의 정

보를 융합하여 효과적인 에너지 보급 기술을 개발할 수 있을 것으로 기대된다. 따라서 국가에서 제공하고 있는 자료를 파악하여 자료 수집, 분석 과정을 통해 신·재생에너지 보급 활성화 사업에 기여할 수 있는 데이터를 발굴하고 데이터 수집, 관리, 분석 등의 과정을 통해 에너지 신산업과 신기술을 개발하여 신·재생에너지 확대와 보급에 노력을 기울여야할 것이다.

2. 배경이론 및 연구목표

2.1 배경이론

2.1.1 건물최대부하산정

건축물의 기초설계 시 일반적으로 공조시스템의 설치 부하를 상세하게 계산할 수 없기 때문에 설계건물의 최대부하계산을 실시하여 공조시스템의 용량을 산정하며, 일반적으로 KSC 9306과 한국지역난방공사의 열사용 시설기준 등 단위면적당 냉난방부하 기준을 활용하여 단순 계산을 실시한다. 하지만 송두삼 등[6-7]은 KSC 9306기준의 냉방부하산정이 RTS(Radiant Time Series) 등의 부하계산방식의 결과보다 훨씬 큰 용량을 산정하는 문제를 제기하였고, 오병길 등[8]은 정립된 부하 계산 기준이 과도한 건물부하를 산정하는 문제를 지적하였다. 이처럼 국내에서 활용하고 있는 면적당 냉난방부하 기준은 실제 설계보다 큰 용량의 냉난방부하를 산정하는 과대설계 문제가 발생할 수 있다. 이러한 문제를 극복하기 위한 연구로 건물의 부하와 에너지를 예측하는 연구가 다수 진행되었다. 유성연 등[9]은 건물의 면적을 기준으로 일간에너지 사용량을 예측하는 방법을 연구하였으며, 용석길 등[10]은 미국 8개 지역을 기준으로 주요 건축설계 인자에 대한 Parametric study를 진행하여 지역과 건축 인자 변경에 따라 건물부하를 예측하는 선형회귀식을 개발하였다.

위 연구에서 제시한 일간 부하나 설계인자 변경을 기준으로 건물부하를 예측하는 방법을 기초설계 단계에서 적용하기에는 사용하기에는 다소 복잡하며 적용범위에 한계가 있는 예측모델이기 때문에, 본 연구에서는 류형규 등[11]이 연구한 단일 설계로 인한 건물부하 감소와 공동주택의 방위별, 지역별 차이를 고려하여 제시한 '건축물 단위면적당 냉난방부하 기준 연구(공동주택)'의 단위면적당 냉난방부하 기준을 적용하였다.

2.1.2 지중열교환기 용량산정

지열에너지 시스템을 적용하기 위해서는 건물에서 지중으로 들어가는 시간, 1개월간, 연간 부하의 계산을 통한 지중열교환기 용량 계산이 반드시 필요하고, 이 계산을 위해서는 건물의 연간냉난방부하 계산 결과가 필요하다. 정확한 연간냉난방부하 계산 결과를 얻기 위해서는 건물에너지 시뮬레이션프로그램 중 동적 시뮬레이션 도구인 Energy Plus, TRNSYS 등을 사용하여 시간당 부하 계산을 실시해야 한다. 하지만 정확한 건물부하계산을 위해 냉난방면적, 차양유무, 건물의 위치, 건물의 향, 조명, 전기기기, 외기도입 등의 열부하 관련인자를 적용하여 계산하는 건물에너지 시뮬레이션 설계과정은 전문가 영역의 기술로 설계와 검증에 많은 시간이 필요하기 때문에 기초설계단계에서 시행할 수 있는 시간적 여유가 부족하여 현실적으로 적용하기는 어렵다.

따라서 본 연구에서는 류형규 등[12]이 개발한 다항함수를 활용한 연간에너지부하 예측 모델을 적용하였다. 해당 모델은 건물의 최대냉난방부하를 인자로 설정하여 연간냉난방부하를 시간단위로 예측할 수 있고, 기상데이터를 적용하여 지역별 기후 특성을 반영한 건물부하 계산을 할 수 있다. 또한, 류형규 등[13]이 제안한 개방형 지열시스템 용량 산정 프로그램을 접목하여 지열시스템을 설치하는 지역의 지면온도, 지중열전도도 등의 지열정보를 적용하여 조금 더 정확한 지중열교환기 용량을 계산할 수 있도록 하였다.

2.1.3 지역 환경평가

공형진 등[14]은 지열이용검토서 분석 및 개선을 위해 자연수위와 수중펌프 설치 위치 등을 분석하였고, 한정상 등[15,16]은 수문지질 특성과 지하수 산출특성 등의 변수에 따라 다양한 적정이격거리를 산정하였다. 유선정 등[17]은 지열정 깊이에 따라 열복원을 파악하는 연구를 진행하였고, 이원호 등[18]은 지열정의 블리딩을 통해 열복원을 효율적으로 진행하여 관정 내 지하수 온도의 복원 속도를 증가시키는 방법에 대한 연구를 진행하였다.

이처럼 지열정 설치 지역의 수문지질학적 특성을 파악하고 여유 면적과 같은 환경 변수 활용하여 지열정이 적정이격거리를 확보할 수 있는지 확인할 수 있으며, 지열에너지 시스템의 에너지 효율에 큰 영향을 미치는 지열정 열복원 계산도 지하수의 깊이와 지하수온도 등의 수문지질정보 제공을 통해 열복원 방법을 효과적으로 적

용할 수 있는 환경인지 확인할 수 있다.

본 연구에서는 지열에너지 설치 가능성 평가를 위한 설치예상 지역의 정보를 포함하여 지열정 설치의 적절성을 판단할 수 있는 정보를 선정하여 지역 환경평가 이론을 적용할 수 있는 기반을 마련하였다.

2.2 연구목표

본 연구의 목표는 건축물의 부하산정, 지열에너지 시스템 용량산정, 지열에너지 시스템 설치환경 평가와 연관된 이론과 정보를 활용한 지열에너지 시스템설치 평가 방법을 개발하여 신·재생에너지 보급 활성화에 기여하는 것이다. 본 논문에서는 연구목표 달성을 위한 관련 데이터 수집 및 전용 데이터베이스 구축, 데이터베이스 활용 방안 개발과정을 설명하고자 한다. 특히, 공공기관에서 제공하고 있는 공공데이터를 활용하여 데이터의 신뢰성을 확보함으로써 연구 결과에 신뢰성을 보강하였다. 또한, 데이터베이스의 정보를 활용하여 편리하게 지열에너지 시스템 설치 용량 예측을 할 수 있도록 프로그램을 개발하여 적용하였다.

3. 공공데이터

3.1 공공데이터 분석

공공데이터는 대한민국 정부와 지방자치단체 및 공공기관이 보유하고 관리하고 있는 데이터를 이용하고자 하는 사람이 자유롭게 활용할 수 있도록 다양한 형태로 데이터를 개방하고 제공하는 것을 말한다. 본 연구는 공공데이터로부터 이론적용에 필요한 정보 검색 과정을 진행하여 연구목표 달성에 필요한 다수의 데이터를 취득할 수 있는 것을 확인하였고, 본 연구에 적용하는 이론별로 필요한 정보를 각 제공기관의 정보를 수집하여 전용 데이터베이스 구축용 주요 정보를 획득하였다. 정보제공기관과 주요 제공정보는 Table 1에 정리하였고, 각 이론별 필요 정보에 대한 설명을 하고자 한다.

3.1.1 건물부하 산정

건물부하는 건축물의 면적, 세대수 등의 건축특성정보를 면적당 냉난방부하산정 기준에 적용하여 계산할 수 있다. 면적이나 높이와 같은 건축특성정보는 이미 많은 웹 플랫폼에서 제공하고 있는 일반적인 개방정보이다.

Table 1. Main Information for Building a Database

Institution Name	Data Name
National Spatial Information Portal	Architect Area
	Total Area
	Plat Area
	Height
	Building Coverage
	Address
	Ground Floor
	Under Ground Floor
	Rate of Building Volume to lot
	Date and Time
Korea Meteorological Administration	Temperatures
	Humidity
	Wind Speed
	Dew Point
	Sunshine Duration
	Solar Irradiation
	Underground Temperatures
	Ground Temperatures
	Groundwater Levels
Korea Rural Community Corporation	Groundwater Temperature
	Groundwater Quality
	Geothermal Gradient
Korea Institute of Energy Research	Heat Flow

대형 포털사이트의 웹 지도, 국토교통부의 ‘공동주택관리 정보시스템’, 한국토지주택공사의 ‘온나라부동산’ 등 지도정보 기반 플랫폼에서 주소 검색을 통해 건축물 정보를 확인할 수 있으며, 건축물 데이터의 출처는 ‘건축행정 시스템 세움터’이다. 전국 건축물 특성정보를 제공하는 세움터 데이터는 ‘국가공간정보포털’에서 GIS(Geographic information system) 형식으로 제공되고 있다. GIS는 파일을 구성하는 확장 파일 중에서 shp와 shx는 공간정보를 포함하고 있고 dbf는 건물의 속성 정보를 포함하고 있다. 본 연구에서는 추후 플랫폼의 지도기반 시각화 시스템 탑재 가능성을 고려하여 백터를 활용한 건축대지의 지형 정보를 포함하고 있는 GIS 데이터를 활용하였다.

GIS 데이터 중에서 주요 정보로는 건물의 연면적, 용적률, 높이, 세대수 등의 공동주택 단지 부하 산정에 활용할 수 있는 정보와 위치를 확인할 수 있는 주소정보를 선정하였다.

3.1.2 지열에너지시스템 용량 산정

지열에너지시스템 용량 산정에서 건물의 부하 정보 외에 설치 지역의 환경정보를 통해 조금 더 정확한 건물 부하 예측을 할 수 있다. 건물에너지 소비 중 대부분의 에너지는 외기와 실내의 온습도 환경차이로 인해 발생하

는 실내의 온습도 변화를 인간이 생활할 수 있는 쾌적한 환경으로 유지하는 냉난방시설에서 사용한다. 외기온도 정보는 ‘기상청’에서 제공하는 시간별 관측소 기상정보를 통해 획득할 수 있다. 기상청의 관측정보는 관측지점에서 제공하는 정보만 얻을 수 있기 때문에 세부적인 지역 범위까지 정보가 제공되지는 않으므로 관측소가 없는 지역의 경우 주변 지역 중 관측지점이 있는 지역의 데이터를 활용해야 한다.

시간별 관측소 기상정보 중에서 주요 정보로는 본 연구에서 활용할 수 있는 지열정 용량 산정 이론에 적용 가능한 지면온도와 기온을 선정하였다.

3.1.3 지역 환경평가

지열정 설치에 있어서 공학적인 계산 외에 지열정을 설치할 수 있는 환경이 제공되고 있는지 확인할 수 있는 정보 또한 필요하다. 특히 건축물에 지열정을 설치하는 경우 가장 중요한 사항은 여유 대지면적이다. 실질적으로 공동주택 단지에 지열정을 설치할 수 있는 여유면적이 있는지 확인하기 위해서는 건물의 건축면적, 대지면적, 건폐율, 연면적 정보를 통해 여유면적을 확인해야 한다. 기본적으로 대지면적에서 건축면적을 제외하면 주요 건축물이 없는 여유면적을 예측할 수 있다. 건축면적이거나 대지면적 중에서 누락된 데이터가 있는 경우에는 대지면적 대비 건물이 차지하는 면적 비율인 건폐율이나 건물의 바닥면적인 연면적을 활용하여 예측할 수 있다.

이외에 지열에너지시스템의 설치 적합성을 확인하기 위해 공통적으로 활용할 수 있는 정보는 지하수의 수문 지질정보와 지열에너지 정보이다. 수문지질정보는 ‘지하수관측망 시스템’과 ‘수자원공사’의 ‘공공데이터 제공’을 통해 확인할 수 있으며, 지하수의 수온 및 수질상태 확인을 통해 지열정이 충분한 효율로 운용될 수 있는지, 수질상태에 따라 지열정의 고장을 발생시킬 수 있는 환경인지 예측할 수 있다. 지열에너지정보는 ‘한국에너지기술연구원’에서 제공하는 지온경사와 지열유량 정보를 홈페이지를 통해 확인할 수 있다.

지하수정보와 지열에너지정보 중에서 주요 정보로는 수온, 지열유량, 지온경사 등 평가에 활용할 수 있는 정보는 모두 주요 정보로 선택하였으며, 대지면적 정보는 GIS와 동일한 데이터셋에서 건축면적, 대지면적, 건폐율, 연면적 정보를 선택하였다.

4. 데이터베이스 구축 및 활용 방안

4.1 데이터베이스 구축 및 활용

본 연구를 위해 수집한 데이터를 제공하는 기관이 다르고, 현재 공공데이터 제공에서 동일한 정보에 대한 확립된 명명 규칙이 없기 때문에 색인 구성이 다른 다수의 데이터를 통합하기 위한 전용 데이터베이스 색인 구성을 진행하였다. 위치 및 주소 기반의 지열에너지 시스템 설치 가능성 평가를 위해 각 공공데이터의 주소정보 제공 범위를 확인한 결과 읍면동까지 제공하는 정보와 그렇지 않은 정보로 구분 되는 것을 확인할 수 있었다. 일반적으로 OPEN API를 통한 서비스를 제공하는 정보의 경우 읍면동까지의 정보를 제공하는 것으로 확인되었으며 각 기관에서 제공하는 정보의 주소제공 범위는 Table 2와 같이 정리할 수 있다.

따라서 각 정보는 주소를 기준으로 시군구까지 제공하는 정보와 읍면동까지 제공하는 정보를 구분하였다. 제공 주소를 기준으로 데이터를 나눔으로써 시군구까지만 제공하는 정보를 읍면동 정보에 모두 등록하여 데이터베이스가 비효율적으로 비대해지는 것을 방지할 수 있다. 주소 입력을 통해 시군구와 읍면동 기준으로 데이터를 호출한 후 해당 정보는 계산식에 적용하기 위한 정보는 계산식에 인자로 적용하여 계산 값을 결과 부분의 정보로 활용하고, 그 외 계산에 사용하지 않고 결과로 즉시 보여주는 정보는 결과 부분으로 정보를 바로 전달한다.

이 과정의 전체적인 흐름은 Fig. 1과 같다.

Table 2. Address Information

Usage	Institution name	Address Information
Building Load	Ministry of Land, Infrastructure and Transport	to Town
Capacity estimation	Korea Meteorological Administration	to Town (Only partial)
Capacity estimation	Korea Institute of Energy Research	to City
Environmental Information	Korea Rural Community Corporation	to City
Environmental Information	Ministry of Land, Infrastructure and Transport	to Town

4.2 배경이론 활용 방안

본 연구의 배경이론과 데이터는 전문가 영역의 지식으로, 일반인에게 비교적 어려운 전문영역의 정보를 직접 보여주거나 활용하는 방법을 알려주는 경우 해당 기술을 원활하고 정확하게 사용하기까지 상당한 교육과 시간이 필요하다.

일반적으로 전문적인 서비스를 비전문가에게 제공하는 경우 필수적인 활용방법과 최소한의 입력과 조작으로 정확하고 효과적인 방법을 제공할 수 있도록 프로그램이나 플랫폼을 제작하여 솔루션을 제공한다. 이런 방식으

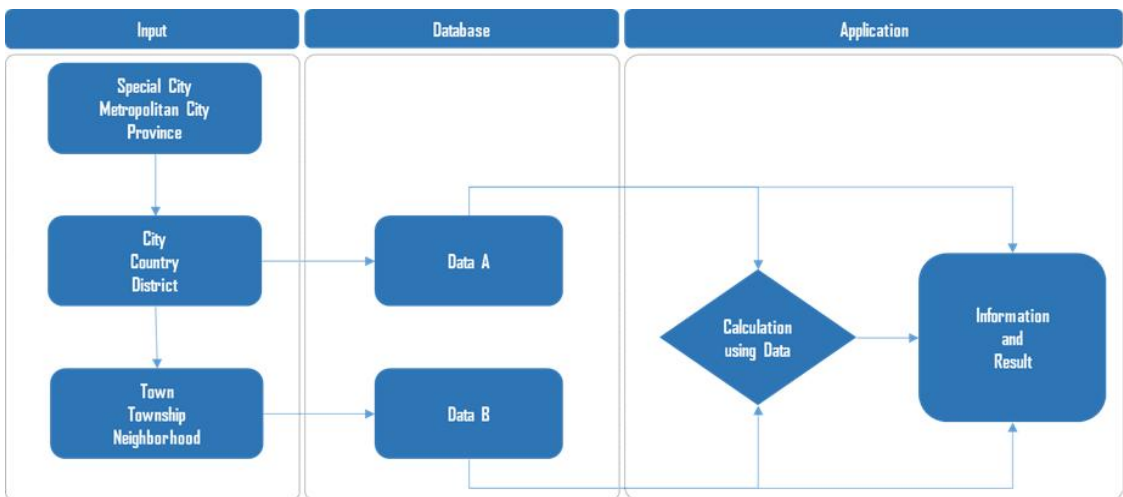


Fig. 1. Database and Application Flow

로 현재 많은 종류의 예측, 관리 시스템에 개발 및 보급되고 있다. 예시로 스마트 공장(Smart Factory)는 생산 제품의 정보를 수집, 보관, 관리, 처리를 통한 프로세스 개선을 통해 기존보다 생산결과가 향상되도록 공장관리 서비스를 제공하고 있으며[19], 스마트 농장(Smart Farm)은 경험 중심의 농업 관리 체계를 구조화된 지식과 정보를 활용하여 노동력 절감, 편의성 증대, 수익 증가 등 농업 종사자의 이익을 증대시켜주고 있다[20]. 이처럼 이론적 접근과 데이터를 통해 제공하는 관리 시스템으로 산업 각지에서 수익과 관리 영역에서 기존보다 향상된 성과를 보이는 사례가 많이 나타나고 있다.

본 연구의 데이터베이스와 배경이론 또한 기존에 경험적으로 사용하거나 단순한 계산법에 일부 한정된 정보만 적용하던 지열에너지 산업의 현재 상황을 개선할 수 있을 것이다. 기온과 지면온도 등의 환경 변수를 갱신되지 않은 대푯값을 사용하여 과대한 결과로 계산을 하는 현재의 지열에너지 시스템 설계과정을 개선하기 위해 갱신된 최신 정보, 계산공식, 국내기준 등을 적용하여 적절한 수준의 설계를 예측할 수 있는 솔루션을 제공할 수 있을 것이다. 이에 따라 본 연구에서 연구한 데이터베이스와 적용이론을 프로그램에 탑재하여 솔루션을 제공하는

방안에 대해 설명하고자 한다.

Fig. 1의 그림에서 데이터를 활용한 계산부분의 세부 과정은 Fig. 2와 같은 흐름으로 진행된다. 공통적으로 각 배경이론으로 정립한 공식이나 기준에 적절한 정보를 적용하여 결과를 산출하는 과정을 거치지만, 첫 번째 결과인 건물 최대부하 산정 값은 두 번째 결과인 연간냉난방부하 공식의 인자로 사용된다. 또한, 연간냉난방부하를 통한 지열정 용량 선정 값은 세 번째 결과인 지역 환경정보에 인자로 사용되어 여유 면적 확인을 통해 실질적인 지열정 설치 개수를 확인하고, 그 개수에 따라 건물 부하를 얼마나 처리할 수 있는지 예측할 수 있다.

특히, 본 연구에서는 일반적인 단순 기준을 적용하는 건물 최대부하 산정과정과 지역 환경평가 과정에 비해 지열정 용량 산정 방법은 다양한 공식이 적용되는 복잡한 계산 과정이 필요하다. 또한, 계산 과정에서 지열정 용량에 영향을 주는 다수의 인자를 설정하는 과정이 필요하기 때문에 계산식을 정확히 이해해야만 지열정 산정을 할 수 있다. 따라서 본 연구에서는 Fig. 3과 같이 주요 인자의 입력이 가능하고 연산결과를 쉽게 알아볼 수 있도록 GUI(Graphic User Interface) 형식의 프로그램을 제작하였다.

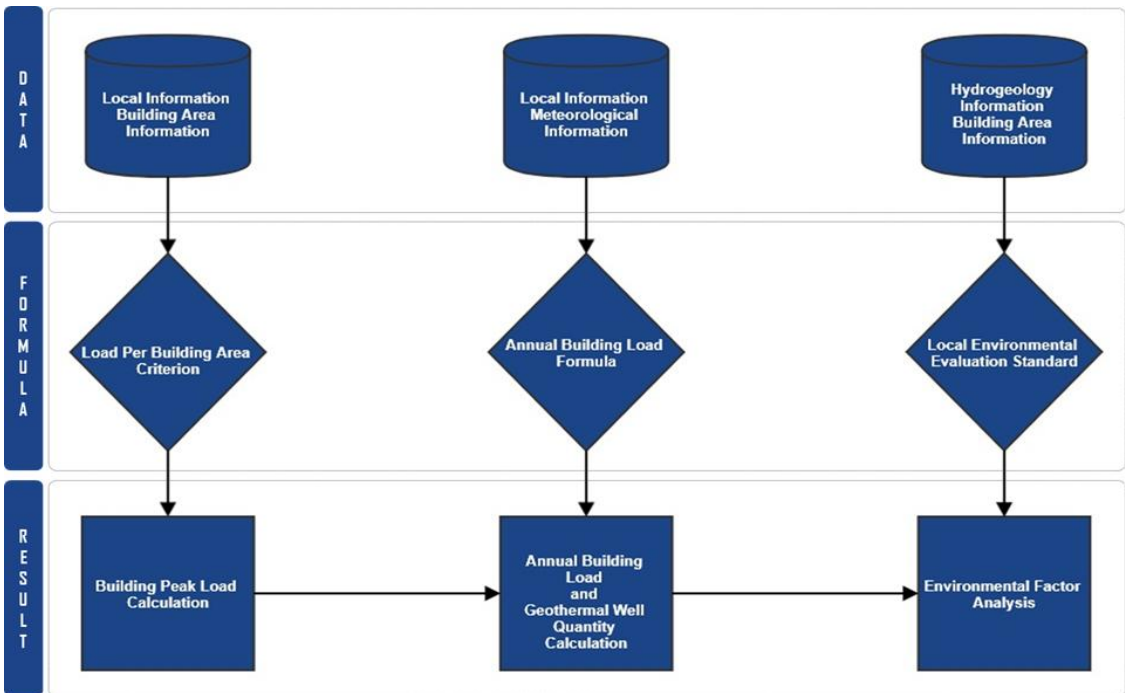


Fig. 2. Database and Application Flow

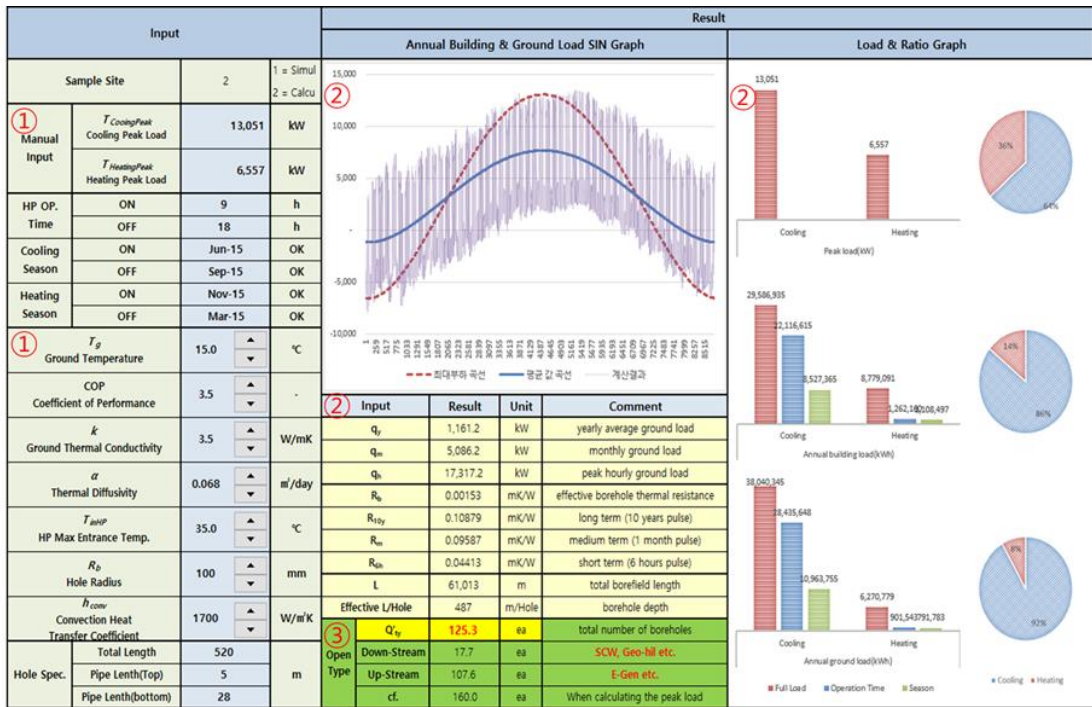


Fig. 3. The Capacity Design Tool for Open-loop Ground Heat Exchanger

Table 3. Case Study Results

Type of variables	Variables	Base model	Type 1 model	Type 2 model	Type 3 model	Type 4 model
Type 1 Building Load	Cooling Peak Load	13050.93	11000	Base model Value	Base model Value	Base model Value
	Heating Peak Load	6556.62	4500			
	Heatpump Operation ON Time	9	8			
	Heatpump Operation OFF Time	18	17			
	Cooling Season ON Time	20150605	42160			
	Cooling Season OFF Time	20150905	42252			
	Heating Season ON Time	20151105	42313			
	Heating Season OFF Time	20150305	42068			
Type 2 Thermal Resistance	Coefficient of Performance	3.5	4	Base model Value	Base model Value	Base model Value
	Ground Thermal Conductivity	3.5				
	Thermal Diffusivity	0.068				
	Hole Radius	100				
Type 3 Borefield Length	Convection Heat Transfer Coefficient	1700		Base model Value	20	33
	Ground Temperature	15				
Type 4 Bore Hole	HP Max Entrance Temp.	35		Base model Value	Base model Value	500
	Hole Total Length	520				
	Hole Pipe Length(Top)	5				
	Hole Pipe Length(bottom)	28				30
Result		Base model	Type1	Type2	Type3	Type4
Total number of boreholes using improved calculation method		125.3	102.4	133.8	180	130.9
Total number of boreholes using only peak load		160	131	160	160	160

Fig. 3.에 표시된 번호는 본 연구와 연관된 주요 인자와 결과를 나타낸 것이다. ①번은 건물 최대냉난방부하와 지면온도로 각각의 면적당 냉난방부하산정 기준과 기상청 데이터의 지면온도를 적용할 수 있다. ②번은 연간 냉난방부하 예측 다항함수에 최대 냉난방부하를 인자로 적용하여 계산한 결과를 나타낸 그래프와 지열정 용량 산정에 필요한 계산결과 값을 보여주고 있다. ③번은 계산식을 활용한 지열정 산정개수(Q_{ty})와 현행기준을 통한 지열정 산정개수(cf.)의 결과 값을 보여주고 있으며, 현행기준의 지열정 산정 방식과 비교를 통해 사용자가 설계상황에 따라 두 결과를 모두 참조할 수 있도록 두 가지 결과를 계산하도록 개발하였다. 번호로 표시된 항목 외에 다른 입력 값도 원하는 인자 값을 입력하여 지열정 개수를 산정할 수 있도록 개발을 진행한 상태이다.

Table 3은 프로그램 메뉴 중 주요 인자를 조절하여 기존의 단순 계산법과 본 연구의 이론을 각각 적용하여 지열정 개수를 산정한 결과를 보여주고 있다. Table 3에 표시된 각 Type은 계산결과에 영향을 주는 과정에서 연관 특성이 있는 인자를 같은 Type으로 구성한 결과이다. 표 하단의 두 개의 결과 중에서 첫 번째 결과는 본 연구의 이론을 계산방식에 적용한 결과이며, 두 번째 결과는 기존 방식인 최대건물부하를 단순계산에 적용한 지열정 개수 산정결과이다.

각 Type의 인자를 변경하여 Base model을 기준으로 비교한 결과, 기존의 단순 계산법은 건물부하인자를 변경한 Type1의 결과만 Base model과 다른 것을 확인할 수 있다. 나머지 Type의 결과는 건물부하와 연관성은 없지만 지열정 설치 개수 산정에 영향을 주는 인자로 구성되어 있기 때문에, 최대건물부하를 활용한 기존의 계산 방식은 Base model과 같은 결과를 보여주고 있다. 이와 달리 본 연구의 계산방식은 모든 Type의 인자 변경에 따른 지열정 개수를 산정한다. 두 가지 계산식에 모두 영향을 주는 Type1의 결과에서도 약 22%의 계산결과 차이를 보여주고 있으며, 기존 설계방식이 과대설계를 하고 있는 것을 확인할 수 있다. 또한, Type1을 제외한 모든 결과에서 기존 방식의 결과는 동일한 반면 본 연구의 계산 방식은 설계 조건에 따라 다른 결과를 도출하는 것을 확인할 수 있다. 이에 따라 설계 조건 변경에 따라 기존 방식은 과대설계나 과소설계 결과를 도출할 수 있음을 확인할 수 있다. 본 연구의 프로그램을 활용하여 설계 초기에 두 가지 방식으로 결과를 비교하여 적절한 지열정 개

수 산정 과정을 진행하여, 사업자와 사용자 모두 지열정 설치에 대한 합리적인 결과를 도출할 수 있을 것이다.

5. 결론

본 연구에서는 국가기관에서 제공하는 신뢰도 높은 전국 건축물 데이터를 활용하여 지열에너지 시스템 설치 가능성 평가에 필요한 데이터베이스를 구축하였고, 데이터베이스의 정보와 관련 배경이론을 활용한 지열에너지 시스템 설치 가능성 평가 방법을 연구하였다.

본 연구에 활용한 주요 데이터는 국가에서 제공하는 누구나 이용할 수 있는 공공데이터를 활용하여 추후 유지관리를 유용하게 진행할 수 있도록 전용 데이터베이스를 구축하였다. 또한, 기초설계과정에서 적용할 수 있도록 사용 방법은 간단하지만 기존의 방식을 개선하여 정확도를 높인 다양한 계산방법을 적용하여 기존의 기초설계 과정과 비슷한 작업시간을 사용하지만 보다 정확한 지열정 용량을 산정할 수 있는 방법을 개발하였다.

본 연구는 향후 연구 방향으로 지역 환경정보를 활용하여 지열정 시공 가능성을 평가하는 기준을 정립하여 환경정보를 단순 확인용도로 사용할 수 있는 방법을 개발할 예정이다. 본 연구에서 개발한 방법을 활용하여 지열에너지 보급 사업에 도움이 될 수 있도록 특정 단지나 개발예정 지역에 지열에너지 시스템을 적용할 수 있는지 확인할 수 있는 프로그램 개발 연구를 수행할 예정이다. 또한, 지열에너지 연구를 통해 신재생에너지 보급을 위한 기본 정보 구성을 연구하여 다른 신재생에너지 보급 활성화에 기여할 수 있는 전용 데이터베이스를 구축할 수 있도록 추가 연구를 진행할 예정이다.

REFERENCES

- [1] Ministry of Trade, Industry and Energy. *Motie Briefing*. Ministry of Trade, Industry and Energy Homepage. <http://www.motie.go.kr>
- [2] Ministry of Trade, Industry and Energy. (2017). Press Releases. Ministry of Trade, Industry and Energy Homepage. <http://www.motie.go.kr>
- [3] Ministry of Trade, Industry and Energy. (2014). The 4th Renewable Energy Basic Plan. Sejong : MOTIE.
- [4] H. S. Byeon. (2017). The Status and Suggestions for Big

- Data Adaptation in the Government and the Public Agency. *Journal of Digital Convergence*, 15(4), 13-25.
- [5] J. W. Lee & J. S. Yang. (2018). Backcasting of Future Energy Service Industry based on Energy-A ICBM technology. *Journal of the Korea Convergence Society*, 9(7),33-40.
- [6] J. W. Won & D. S. Song. (2015). Analysis of the domestic standard for air-conditioning system sizing-KS C 9306. *SAREK Conference Proceedings*, 194-197.
- [7] T. J. Park & D. S. Song. (2014). Effect of the residential building performance code on cooling system capacity. *SAREK Conference Proceedings*, 283-286.
- [8] B. K. Oh, B. S. Ryu, G. T. Lee, T. Y. Jun & W. S. Kim. (2014). According to standard building design load of the equipment capacity research. *SAREK Conference Proceedings*, 324-325.
- [9] S. Y. Yoo & K. H. Han. (2010). A Study on Prediction of Hourly Cooling Load Using Building Area. *Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering*, 22(11), 798-804.
- [10] S. G. Yong, J. H. Kim, Y. S. Gim, J. H. Kim, J. K. Cho, H. K. Hong & J. M. Koo. (2016). Impacts of building envelope design factors upon energy loads and their optimization in US standard climate zones using experimental design. *SAREK Conference Proceedings*, 82-83.
- [11] S. H. Choi. (2017). *Study on Heating and Cooling Load Standard per Building Area I(Apartment)*. Seoul : KRIMFI
- [12] H. W. Yun, S. H. Choi & H. K. Ryu. (2017). "Study on the Annual Building Load Predicting Method using a Polynomial Function. *Transactions of the Korea society of Geothermal Energy Engineers*, 13(1), 7-13.
- [13] H. K. Ryu, S. H. Choi, H. W. Yun & Y. S. Gim. (2017). Study on the Capacity Design Tool Development for Open-loop Ground Heat Exchanger. *Transactions of the Korea society of Geothermal Energy Engineers*, 13(2), 9-15.
- [14] H. J. Kong, J. M. Park & S. K. Kwon. (2017). A Study on the Standing Column Well Heat Pump System by Analysis and Improvement of Geothermal Energy Assessment Report. *SAREK Conference Proceedings*, 725-729.
- [15] J. S. Hahn, H. S. Han, C. Hahn & H. S. Kim. (2007). Estimate the appropriate distance between Geothermal well(1) (Hydrological geological aspect). *Korea Journal of geothermal energy*, 3(2), 60-68.
- [16] J. S. Hahn, H. S. Han, C. Hahn & H. S. Kim. (2008). Estimate the appropriate distance between Geothermal well(2). *Korea Journal of geothermal energy*, 4(1), 62-70.
- [17] S. J. You, J. Y. Kim, W. H. Hong & C. H. Ahn. (2007). Research on the Temperature Recovery Time in Well of Geothermal System Using Standing Column Well in Case of Cooling. *KIAEBS Conference Proceeding*, 285-288.
- [18] W. H. Lee, J. Y. Kim, W. H. Hong & C. H. Ahn. (2008). A Study on Recovery Time of Ground Water Temperature of Small Scale GWHP Using Standing Column Well in Case of Heating. *Journal of The Architectural Institute of Korea Planning & Design*, 24(7), 223-230.
- [19] Y. S. Jeong. (2018). Linking Algorithm between IoT devices for smart factory environment of SMEs. *Journal of Convergence for Information Technology*, 8(2), 233-238.
- [20] J. T. Kim, J. S. Han. (2017). Agricultural Management Innovation through the Adoption of Internet of Things : Case of Smart Farm. *Journal of Digital Convergence*, 15(3), 65-75.

김 유 승(Gim, Yu Seung)

[정회원]



- 2015년 2월 : 경희대학교 기계공학(공학사)
- 2017년 2월 : 경희대학교 기계공학(공학석사)
- 2017년 3월 ~ 현재 : 대한기계설비산업연구원(연구원)
- 관심분야 : 건물에너지, 데이터분석, 데이터엔지니어링
- E-Mail : gimys@krimi.re.kr

류 형 규(Ryu, Hyung Kyu)

[정회원]



- 1999년 2월 : 중앙대학교 건축공학(공학석사)
- 2005년 8월 : 중앙대학교 건축공학(공학박사)
- 2006년 1월 ~ 2014년 12월 : 대림산업기술개발원(차장)
- 2015년 1월 ~ 현재 : 대한기계설비산업연구원(연구위원)
- 관심분야 : 건물에너지, 건물환기, 지열에너지
- E-Mail : ryuhk1972@krimi.re.kr

최 승 혁(Choi, Seung Hyuck)

[정회원]



- 2007년 2월 : 중앙대학교 건축학과
- 2009년 2월 : 중앙대학교 건축공학과(공학석사)
- 2009년 2월 ~ 2015년 10월 : 한일 엠이씨 팀장
- 2015년 10월 ~ 현재 : 대한기계설비산업연구원 선임연구원

- 관심분야 : 건축환경 및 설비
- E-Mail : sh.choi@krimi.re.kr