

건물 지열원 열펌프 통합 시스템의 설계 평가 기술

이 의 준

한국에너지기술연구원 지열에너지연구센터

1. 서론

최근 지열원 열펌프 시스템 설치가 해마다 꾸준히 증가하고 있다. 꾸준한 지열원 열펌프 시스템 응용분야의 발전은 기존의 공조 시스템에 비해 비용을 절감하고 보다 많은 에너지 절감효과를 가져왔다. 하지만 현재 지열원 열펌프시스템의 시장점유율은 지열에너지가 가지고 있는 잠재력에 비해 아직 미비한 수준이다. 지열원 열펌프의 시장 확대를 저해하는 요소를 살펴보면 다음과 같다.

먼저 신뢰성 있고 정확한 에너지 성능예측이 가능하며, 사용상 편리함을 갖춘 지열원 열펌프시스템 설계도구의 부재를 들 수 있다. 또한, 높은 초기비용으로 인한 투자회수기간의 장기화와 지열 보급과 관련한 제도 정비의 미흡을 지열원 열펌프의 시장 확대 저해 요소로 꼽을 수 있다. 따라서 지열원 시스템의 보급 확대를 위해서는 시스템의 통합 설계와 평가기술은 매우 필요하다.

지열원열펌프(GSHP, Ground Source Heat Pump) 시스템은 주거 및 비주거 시설의 난방과 냉방을 위해 지하 50m이하 약 15°C 열을 상대적으로 활용하여 냉/난방에 이용한다. 이러한 에너지 이용 분야에는 공간시설 냉/난방, 온수 그리고 농작물 건조, 농업용 원예온실, 정부공공건물시설 냉/난방 등이 있다.

지하열원이 대기열원 시스템과 비교하였을 때

나타나는 장점 중 첫 번째는 지하 환경이 대기와 비교했을 때 대기온도보다 더 안정적인 온도범위를 가질 수 있다는 것이다. 이러한 지하열원을 사용하는데 드는 비용은 때때로 높은 초기비용을 요구하지만 효과적인 설계를 통해 운영/유지보수 비용을 줄임으로서 전주기 비용(Life Cycle Cost)이 저감시킬 수 있다. 두 번째 장점은 미활용 되는 물, 공기를 사용 할 수 있으므로 개선된 히트펌프의 성능, 낮은 유지보수 비용을 확보할 수 있다는 것이다.

GSHP시스템은 주거건물에 최초로 적용되었으며 시장점유에서 1980년대초 미국에서 성장한 주거시설 시장은 설계 기술의 개선과 기반시설을 통한 성장으로 다른 국가들보다 견실할 수 있었다. 미국 Oklahoma의 국제지열히트펌프협회(IGSHPA)에서는 이러한 시설 설계방안, 설계기준, 교육, 연례회의를 주도하여 미국 및 전 세계적으로 GSHP 기술개발을 주도하고 있다. 이러한 IGSHPA(International Ground Source Heat Pump Association)의 활동은 설계시공자들을 위한 설계교육과 엔지니어들을 위한 공인 지열설계자 인증(CGD, Certified Geothermal Designer) 프로그램들을 보급, 운영하고 있다.

현재 GSHP의 시장은 지속적이며 안정적으로 성장하고 있다.(Annex 29) 미국의 시장은 미국 DOE의 에너지정보국(EIA)과 제조업자들에 의해 요청된 국제규격(ISO 13256-1,2)에 기초한

열펌프 시스템 과 이를 기준으로 미국 공조냉동 협회로부터 정량적 성능평가방안이 정해져 있어 이를 뒷받침하고 있다.

최근에 GSHP 시장은 비주거시설용 시장이 우위를 차지하고 있다. 1998년 미국 에너지관리국이 허가한 새로운 Super ESPC (One Stop ESCO Process) 에너지 진단회사들은 GSHP 시스템을 전국의 모든 정부기관에 보급하고 있다. 그러나 하지만 이러한 성장세에도 불구하고 GSHP 시스템의 시장점유율은 지열에너지가 가지고 있는 잠재력에 비해 아직 미비한 수준이다.

우리나라인 경우도 신재생에너지원으로써 지열원에 대한 관심이 날로 증가하고 있다. 현재 공공건물에 대한 신재생에너지촉진법이 시행되어 특히 건물 분야에 지열원 열펌프 시스템에 관한 관심이 더욱 증가하고 있다. 국내 지열원 냉난방 시스템이 적용되고 있는 대부분의 건물은 공조시스템에서 냉난방이 이루어지는 방식의 오피스, 상가 건물 위주로 적용이 이루어지고 있으며 현재 해마다 증가하고 있다. 그러나 높은 증가 추세인 반면 지열원 열펌프 시스템의 성능 및 신뢰성 보장을 위한 건물, 시스템, 사이트에 대한 통합 설계, 시공 운전 단계에서 일관된 성능 확인 과정에 대한 구체적인 규격이나 제도적인 장치는 미흡한 실정이다. 따라서 보다 경제성 있고 신뢰성 있는 지열 시스템 보급을 위해서는 건축물과 시스템을 통합적으로 평가 및 검증 하는 기술과 이를 토대로 한 성능계약 제도로의 보완이 필요하다.

2. 건물 통합 설계 평가 기술

BIGSHP(Building Integrated GSHP) 건물 통합 설계/평가 기술의 필요성은 사업초기 GSHP 시스템과 타 공조 시스템의 운전비용 비교 및 지중열교환기 용량성정, GSHP시스템의 설계 최적화, 시스템의 연간 에너지 절감량을 계산 할 수 있고 친환경 건축물 및 세제 혜택에 기준이 될 수 있다.

신뢰성 있고 경제적인 GSHP 시스템을 설계하

기 위해서는 지중열교환기(GHX; Ground Heat Exchanger)가 충분한 열전달용량을 가지되 과용량이 되도록 설계되어서는 안 된다. 지중이 큰 축열체의 역할을 하기 때문에 이전에 흡수되거나 방출된 열이 지중열교환기의 열전달 성능에 영향을 미치게 된다. 그러므로 열전달이 일어나는 현시점과 과거시점의 지중열교환기의 열흡수 및 방출율을 고려하여 지중열교환기를 설계해야한다. 지중열교환기의 열 흡수 및 방출율은 공조하는 건물의 열 취득과 손실, 히트펌프를 가동하는데 소요되는 전력에 의해 결정된다. 그러므로 효과적인 GSHP 시스템을 설계하기 위해서는 건물의 냉난방 부하, 히트펌프의 성능, 지중열교환기의 열전달 특성과 같은 세 가지 요소가 종합적으로 고려해 되어야한다. 기존의 GSHP시스템 설계는 건물과 시스템을 따로 분리하여 설계하는 방식으로 진행되었다. 먼저 다양한 부하계산 프로그램을 이용해 대상건물의 냉난방부하를 계산하고 계산되어진 냉난방 부하값을 이용하여 지중열교환기 설계 전문프로그램에 입력하여 설계하는 방식으로 진행되었다. 아직도 현업에서는 이러한 방법에 근거하고 있으며, 지중열교환기 설계를 위한 많은 소프트웨어들이 개발되었고 현재 전세계에서 사용되고 있다. 이러한 소프트웨어들은 주어진 빌딩의 부하, 지열속성 그리고 시추공구성 즉 열펌프로 들어가는 유체온도를 충족시키기 위한 지열교환기를 크기를 정할 수 있다. 이러한 소프트웨어 들에는 표 1에서 보여지듯이 EED (Hellströ and Sanner 2000), GchpCalc (Kavanaugh n.d.), GLDesign (Peterson 2000), GLHEPRO (Spitler 2000),와 GS2000 (Morrison 1997) 등이 있다.

이에 반해 건물통합 지열 열펌프 시스템의 설계/평가 도구는 사업초기 건물과 시스템을 통합으로 설계하여 GSHP시스템과 타 공조시스템의 운전비용 비교, 시스템의 에너지 성능 분석, 지중열교환기 용량 선정 및 GSHP시스템 설계 최적화, 시스템의 연간 에너지 절감율 계산 등을 실시할 수

<표 1> 지중열교환기 설계 주요 상용 프로그램

이름	제조 또는 공급원	주거용	상업용	수직형	수평형
GLHEPRO	IGSHPA, Stillwater OK, USA	●	●	●	
GchpCalc	Energy Information Services, Tuscaloosa AL, USA		●	●	
GS2000	Caneta Research Inc., Mississauga ON, Canada	●		●	●
EED	Lund Univ., Lund, Sweden			●	
WFEA	Water Furnace Int. Inc., Fort Wayne IN, USA	●		●	●
GLD	Thermal Dynamic, Inc., U.S.A.				
ECA	Elite Software Inc., Bryan TX, USA	●		●	●

<표 2> 건물통합 GSHP 설계/평가 프로그램

이름	지중열교환기 모델	인터페이스	비용
DOE 2-1 (eQUEST)	19개의 한정된 배치형태에 따른 선형열원모델 (Line source model)	개발완료 (다양한 버전)	인터페이스별로 다름
TRANSYS	Duct Storage Model (DST) (Hellstrom 1982)	개발완료 (stiff learning curve)	고가
ESP-r	19개에 한정된 배치형태에 따른 GS2000 에서 개발된 열교환모델	개발완료 (stiff learning curve)	무료
EnergyPlus	확장된 G-함수 모델(G-function model)	부분적으로 완성됨	인터페이스가 없는 것은 무료
RETScreen	Kavanaugh모델	엑셀프로그램	무료

있다. 건물과 지열 열펌프 시스템을 통합적으로 설계/평가 할 수 있는 도구는 표 2에서와 같이 현재 여러 가지가 사용되고 있다. 위에서 나열한 여러 프로그램 중 eQUEST와 RETScreen을 소개 하면 다음과 같다.

2.1 eQUEST 3.6

건물에너지 분석도구 중 최근 업그레이드 된 eQUEST 3.6/DOE-2.2는 건물의 모델링, 냉난방부하 계산 및 에너지 성능분석을 통합시킨 건물에너지 분석도구이다. 이 소프트웨어는 방대한 데이터베이스를 갖추고 있고 사용상의 편리함을 제공하며, 다양한 결과물 출력이 가능해 현재 미국내에서 가장 많이 사용되고 있는 건물에너지 분석도구 중 하나이다. 최근 eQUEST/DOE-2.2에서는 다양한 형태의 수직형 지중열교환기를 시뮬레이션 하기위해 복잡한 알고리즘을 사용하는

개선형 지중루프 열교환기모델 (Advanced GLHE model)을 GSHP시뮬레이션에 적용하였다. 또한, 사용자가 시뮬레이션을 쉽게 할 수 있도록 유용한 설계도우미와 방대한 데이터베이스를 갖춘 인터페이스를 eQUEST시스템에 통합하였다. eQUEST 3.6버전의 시뮬레이션 엔진인 DOE-2.2는 전체건물과 관련 공조시스템을 시뮬레이션 하기위해 연속적으로 연결된 알고리즘을 사용한다. 우선 특정한 시간에 GSHP시스템의 성능을 예측하기 위해서는 건물의 냉난방부하가 계산되어야 한다. 여기서 계산된 냉난방부하는 시스템 시뮬레이션모델에 입력된다. 이 모듈에서는 유체유입온도(EWT)와 실내온도에 의해 수-공기 방식 히트펌프(water-to-air)의 냉난방 용량이 계산된다. 그 다음으로 냉난방용량은 히트펌프의 공기측 코일에서의 증발 또는 응축열량을 결정하기 위해 건물의 냉난방 부하와 비교되어진다. 여

기서 히트펌프와 순환펌프의 소비전력과 함께 지중열교환기의 흡수열량 및 방출열량이 결정되게 된다. 그리고 나서 지중열교환기모델은 GSHP시스템의 가동시점부터 계산하고자 하는 시점과 이전시점까지의 지중열교환기부하를 이용하여 시스템으로 유입되는 유체온도(EWT)를 계산한다. 여기서 계산된 유체유입온도(EWT)는 다음시간의 유체유입온도(EWT)를 계산하는데 사용된다. 건물의 냉난방부하 계산 및 히트펌프 성능 시뮬레이션부분은 여기서 언급하지 않는다. 관심 있는 독자는 DOE-2.2의 매뉴얼(Gates and Hirsch 2001)을 참조하기 바란다. g함수는 보어홀의 벽체온도를 빠르게 계산하기 위해 1987년에 스웨덴 Lund대학교의 Eskilson에 의해 제안된 알고리즘이다. Eskilson은 일정한 초기조건과 경계조건을 가지는 균일질의 토양에 설치된 단일보어홀을 방사형 좌표계(radial-axial coordinate system)로 가정하여 2차유한차분방정식을 이용하여 보어홀주변의 온도분포를 계산하였다. 튜브와 그라우트 같은 각각의 보어홀을 구성하는 요소의 축열은 무시하였다. 여러 개로 구성된 보어홀의 보어홀장으로부터의 온도응답을 구하기 위해 단일보어홀에서의 온도장을 보어홀의 공간에 겹쳤다. (8) 보어홀의 온도응답은 g함수(g-function)로 불리는 무차원의 온도응답계수로 나타내어진다. g함수는 어떤 특정시간이상에서 스텝히트펄스(step heat pulse)에 따른 보어홀 벽체에서의 온도변화를 나타낸다. 단일스텝히트펄스(single step heat pulse)에 따른 보어홀의 온도응답이 g함수로 나타내어지면, 임의의 열흡수 및 방출량에 대한 온도응답은 열흡수 및 방출량을 연속스텝히트펄스로 바꾸고 온도응답을 각각의 스텝히트펄스에 곱함으로써 결정될 수 있다. g함수를 개발하기 위해 Eskilson에 의해 제안된 정밀 수치모델은 보어홀을 유한길이를 가진 원통형으로 해석되었다. 이 예측방법은 2, 3시간 이하의 과도기과정은 고려되지 않기 때문에 그 이상의 시간에서만 유효하다. 이러한 이유로 인해 Eskilson의 g

함수는 장시간 g함수(long-time g-function)로 불려진다. 이것을 더욱 짧은 시간으로 확장하기 위해 Yavuzturk와 Spitler는 1999년에 열흡수 및 방출펄스에 2차원 유한체적모델을 이용하여 열흡수 및 방출펄스의 짧은 시간에 대한 단일 보어홀 내의 순환유체온도를 계산하였다.

또한, 그들은 단시간 g함수를 만들기 위해 식 (1)과 같은 방법을 제시하였다. GSHP시스템의 운전시점으로부터 n번째 시간에서의 평균 유체온도는 식(2)로 표현될 수 있다. 여기서, $g(\frac{t}{t_s}, \frac{r_b}{H})$ 는 g함수이고, $\frac{t}{t_s}$, $\frac{r_b}{H}$ 는 특정보어홀장에서의 두 가지 주요변수이다.

$$g(\frac{t}{t_s}, \frac{r_b}{H}) = \frac{2\pi\lambda}{Q} (\bar{T}_f - R_{eff}Q - T_g) \quad (1)$$

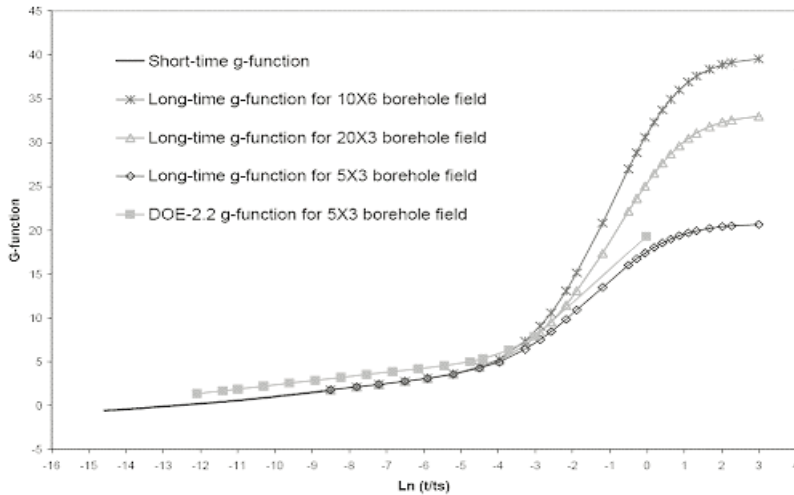
$$\bar{T}_{fn} = \bar{T}_g - \sum_{i=1}^n \frac{(Q_i - Q_{i-1})}{2\pi\lambda} g(\frac{t_n - t_{i-1}}{t_s}, \frac{r_b}{H}) - Q_n \cdot R_{eff} \quad (2)$$

특정보어홀에 대한 단시간 g함수와 다양한 배치 형태를 가지는 보어홀장에 대한 장시간 g함수를 그림 1에 나타내었다.

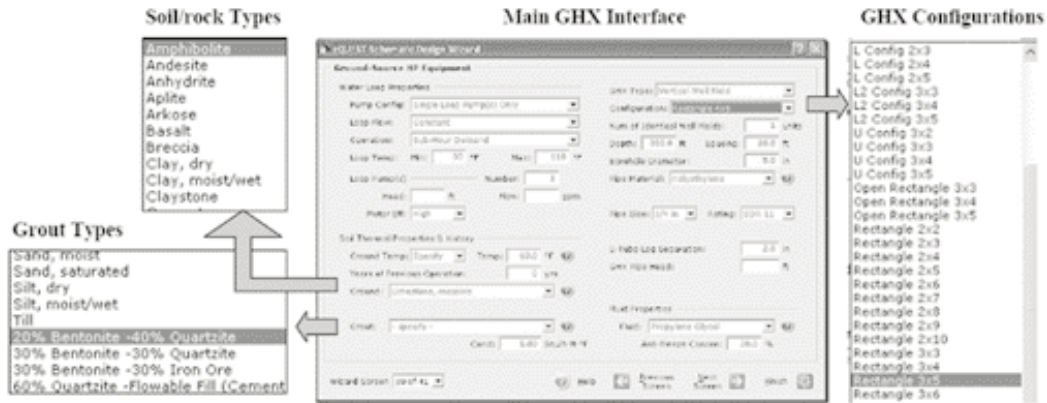
그림 1과 같이 단시간 g함수곡선은 무차원시간인 $\ln(t/t_s)$ 가 -8.5에서 장시간 g함수의 경계점과 잘 맞는다. 또한, $\ln(t/t_s)$ 가 -8과 -12사이일 때 $\ln(t/t_s)$ 에 따른 g함수는 선형을 보임을 알 수 있다. 그것은 일반적인 보어홀에 대해 1시간 이하의 시간을 내포한다. 결과적으로 단시간 g함수를 예측하는데 복잡한 수치계산을 사용하는 대신 Eskilson의 장시간 g함수로부터 얻은 선형보외법이 사용된다.

eQUEST에서는 지중열교환기를 설계하기 위해 입력변수를 입력할 수 있는 인터페이스가 개발되어 마법사시스템에 통합되었다. 그림 2에서는 마법사인터페이스를 나타내었다. 이 인터페이스에서는 지중열교환기와 관련된 입력변수가 크게 4가지로 분류되어 있다.

첫 번째 항목에서는 순환펌프, 유량조절, 설계루



[그림 1] 특정보어홀의 단시간 g함수와 다양한 배치형태의 장시간 g함수



[그림 2] 지중열교환기 설계 마법사

프온도 등과 같이 지중열교환기와 연결된 지중순환루프의 변수를 지정할 수 있다. 두 번째 항목에서는 이전의 지중열교환기운전기간, 지중 및 그라우트의 열적특성을 지정할 수 있다. 다양한 종류의 토양과 암석에 대한 열전도도 및 열확산계수, 일반적으로 많이 사용되는 그라우팅물질에 대한 열전도도를 데이터베이스화하여 제공한다. 사용자는 이 데이터베이스로부터 토양/암석, 그라우트의 종류를 선택하거나 열적특성을 직접 입력할 수 있다. 세 번째 항목은 지중열교환기의 종류, 배

치형태, 지질학적 특성, 관 재질/크기를 포함한 보어홀 관련변수를 입력할 수 있다. 수직형 지중열교환기의 배치형태는 직선, L자, U자, 사각형 등을 포함해 총 308까지 설정할 수 있다. 네 번째 항목은 지중열교환기를 통해 순환하는 유체의 속성을 지정하는 곳이다. 순수한 물 뿐만 아니라 다른 농도를 가지는 여러 가지 부동액/물 수용액의 종류를 선택할 수 있다. 각각의 파라미터에 대한 상세한 온라인 도우미, 데이터베이스 및 설계 팁은 인터페이스에서 직접 접근이 가능하다.

2.2 RETScreen®

RETScreen®은 캐나다에서 개발된 프로그램으로 간단하게 정의한다면, 지속가능한 에너지기술(RET : Renewable Energy Technology)프로젝트나, 신재생에너지를 에너지원으로 하는 특정 요소기술 설비의 시행 타당성 분석을 위한 시장조사, 정책분석을 통한 사업 예비 가능성 평가를 주목적으로 사업 타당성이 확보된 요소설비 시스템

의 정보공유에서부터 관측, 및 서비스와 관련된 프로젝트 연구개발 목적으로 배포되어 사용되는 시스템 평가 도구이다.(www.retscreen.net)

RETScreen®은 캐나다의 정부기관과 해당 관련 산업체의 전문가들로 구성된 CEDRL(CANMET Energy Diversification Research Laboratory)에 의해 개발되었으며, 다양한 신재생에너지 이용 요소 기술 설비개발 및 보급 프로젝트를 통하여 검증된

RETScreen® Energy Model - Ground-Source Heat Pump Project			Training & Support
Site Conditions		Estimate	Notes/Range
Project name		공동주택용 지열 냉난방 시스템	See Online Manual
Project location		대전, 한국	
Available land area	m²	35,000	
Soil type	-	Light soil - damp	
Design heating load	kW	1,064.0	→ Complete H&CLC sheet
Design cooling load	kW	1,449.2	
System Characteristics		Estimate	Notes/Range
Base Case HVAC System			
Building has air-conditioning?	yes/no	No	
Heating fuel type	-	Natural gas	
Heating system seasonal efficiency	%	75%	55% to 350%
Air-conditioner seasonal COP	-	3.5	2.4 to 5.0
Ground Heat Exchanger System			
System type	-	Vertical closed-loop	
Design criteria	-	Heating	
Typical land area required	m²	8,464	
Ground heat exchanger layout	-	Standard	
Total borehole length	m	29,020	
Heat Pump System			
Average heat pump efficiency	-	Medium	
Standard cooling COP	-	4.50	
Standard heating COP	-	3.20	
Total standard heating capacity	kW	1,096.7	
	ton (cooling)	311.9	
Total standard cooling capacity	kW	1,406.4	
	ton (cooling)	400.0	
Supplemental Heating and Heat Rejection System			
Suggested supplemental heating capacity	kW	0.0	
	million Btu/h	0.000	
Suggested supplemental heat rejection	kW	713.0	
	million Btu/h	2,433	
Annual Energy Production		Estimate	Notes/Range
Heating			
Electricity used	MWh	490.0	
Supplemental energy delivered	MWh	0.0	
GSHP heating energy delivered	MWh	1,007.9	
	million Btu	3,438.8	
Seasonal heating COP	-	2.1	2.0 to 5.0
Cooling			
Electricity used	MWh	575.6	
GSHP cooling energy delivered	MWh	2,137.9	
	million Btu	7,294.4	
Seasonal cooling COP	-	3.7	2.0 to 5.5
Seasonal cooling EER	(Btu/h)/W	12.7	7.0 to 19.0

[그림 3] Energy Modeling

프로그램으로써, 신재생에너지관련 프로젝트의 표준 통합 분석용 도구라 할 수 있다.

이렇게 구성된 RETScreen® 프로그램은 Excel 프로그램을 기초로 제작되어 있으며 시스템 성능 평가과정은 크게 다섯 단계로 구분하여 진행되도록 이루어져 있는데 각 단계마다 독립적인 Worksheet로 구성되어 있다. 또한 각각의 단계마다 성능평가에 필요한 변수들의 입력으로 해당 단계에서 평가할 수 있는 내용에 대한 결과를 얻을 수 있으나, 각 Worksheet가 독립적으로 평가되기 보다는 매크로로 연결되어 다음 단계, 또는 그 다음 단계의 결과를 도출하는데 변인으로 작용하도록 구성되어 있다. RETScreen®을 이용한 지중열 히트펌프 시스템 성능 평가는 이용자가 평가하고자 하는 지중열 히트펌프 시스템의 상세 내용을 적는 것만으로 결과를 도출할 수 있도록 구성하였다. 또한 각 단계마다 Worksheet 내에는 하이퍼링크(Hyper-Link)된 부분을 찾아볼 수 있는데, 이는 각 단계마다 부가적으로 요구되는 Sub-Worksheet 라든지 시스템의 상세한 내용, 또는 정확하게 판단할 수 없는 내용에 대해서 필요한 참고자료를 찾아볼 수 있도록 프로그램 자체 내에 Data-Base를 포함하고 있다.

그림 3은 ENERGY MODEL Worksheet로 신재생에너지 시스템을 적용하고자 하는 건물에 대한 정보 입력과 에너지 시스템의 정보 입력을 통한 연간에너지 절감량을 계산하는데 이용된다. 시스템의 성능에 대한 정량적인 결과를 얻어내기 위해서는 Ground Heat Source Worksheet에서 지중열교환기의 설치면적, 그 지역의 토양성분, HVAC 시스템 사용여부 및 계절적 효율, 열교환기 타입 및 배치, 그리고 히트펌프의 냉/난방 효율을 입력해야 해야 한다. 기상요소에 대한 신뢰성이 확보된 데이터를 입력하기 위해서는 선처리 과정을 필요로 하는데 이런 표준화 데이터는 NASA에서 제공하는 월일평균데이터 혹은 국내 데이터를 사용한다.

이처럼 RETScreen에서는 이용자가 각 단계별

로 지원되는 Worksheet에 평가하고자 하는 시스템의 상세 내용을 적는 것만으로 결과를 도출할 수 있도록 구성하였다. 이러한 도구들을 이용해 정확한 보어홀의 계산을 통해 초기비용 절감이 예상되며 지열시스템의 보급에 기여할 것으로 기대된다. 또한 실제건물의 설계 초기단계에서 건물과 GSHP를 포함한 여러 시스템을 통합적으로 모델링하고 시뮬레이션을 수행함으로써 건물의 에너지사용량 및 비용을 예측/분석할 수 있다. 이러한 분석결과를 건물의 공조시스템 설계시 반영함으로써 시스템의 최적화를 도모하여 건물의 가치 상승, 쾌적한 주거환경 및 경제적측면의 이익 등을 얻을 수 있을 것이다.

3. 결론

BIGSHP(Building Integrated GSHP) 건물 통합 설계/평가 기술을 통해 기존 건물 부하 근거에 따른 시스템의 과다 설계 현안 및 해결 방안을 소개했다. 효과적인 설계를 하기 위해서는 건물의 냉난방 부하, 히트펌프의 성능, 지중열교환기의 열전달 특성과 같은 세 가지 요소가 종합적으로 고려해 되어야한다. 그러나 기존의 GSHP시스템 설계는 건물과 시스템을 따로 분리하여 설계하는 방식으로 진행되었으며 부하계산 프로그램을 이용해 대상건물의 냉난방부하를 계산하고 계산되어진 냉난방 부하값을 이용하여 지중열교환기 설계 전문프로그램에 입력하여 설계하는 방식으로 진행되었다. 이러한 설계 방법은 앞으로 제고 되어야 할 것이다.

BIGSHP은 사업초기 GSHP 시스템과 타 공조 시스템의 운전비용 비교 및 지중열교환기 용량성정, GSHP시스템의 설계 최적화, 시스템의 연간 에너지 절감량을 계산할 수 있고 친환경 건축물 및 세제 혜택에 기준이 될 수 있다. 이러한 BIGSHP 시스템의 보급 활성화 및 시스템의 경제성, 신뢰성 확보를 위해서는 설계/평가 기술인 RETScreen, eQUEST를 활용하여 사업 초기

BIGSHP 시스템의 사전 성능예측이 이루어져야 한다. 향후 지열 냉난방 사업 계약시 성능 예측 및 확인 자료 첨부가 요구되어져하고 성능 예측된 부분과 성능검증 방안제시를 포함한 성능계약으로 보완이 필요하다.

참고문헌

1. Bose, J. E., M.D. Smith, J.D. Spitler. 2002. Advances in Ground Source Heat Pump Systems: An International Overview. 7th International Energy Agency Heat Pump Conference, Beijing, May 2002.
2. Rybach, L. 2000. Status and Prospects of Geothermal Heat Pumps (GHP) in Europe and Worldwide; Sustainability Aspects of GHPs, Institute of Geophysics ETH, Zurich, Switzerland: 85-100.
3. Yavuzturk, C., J.D. Spitler. 2000. Comparative Study to Investigate Operating and Control Strategies for Hybrid Ground Source Heat Pump Systems Using a Short Time-Step Simulation Model. ASHRAE Transactions. 106(2):192-209
4. Xiaobing Liu and Göran Hellstrom, 2006, Enhancements of An Integrated Simulation Tool for Ground Source Heat Pump System Design and Energy Analysis
5. RETScreen web site : www.etscreen.net 