건물기초 이용 지열시스템의 도입 타당성 분석에 관한 연구

Study on feasibility analysis for ground source heat pump system using the building foundation

채 호 병* 남 유 진**
Chae, Ho-Byung Nam, Yujin

Abstract

Ground source heat pump(GSHP) systems have been attracted as high-efficient energy-saving technology, but the building clients and designers have hesitated to use GSHP systems which is a expensive initial installation and a uncertain economic feasibility. Therefore In order to reduce the initial cost, many researchers have focused on the energy-pile system using the structure of the building as a heat exchanger. Even though many of experimental studies for energy pile system have been conducted, there was not enough data of a quantitative evaluation with the economic analysis and comprehensive analysis for energy-pile. In this study, the feasibility study for the energy pile system with a barrette pile was conducted by the performance analysis and LCC assessment.

키 워 드 : 지열이용 시스템, 에너지 파일, 경제성 평가, LCC 분석
Keywords : Ground source heat pump system, Energy-pile, Economic analysis, Life Cycle Cost

1. 서 론

1.1 연구의 목적

지열이용 시스템은 연중 안정된 지중열원을 이용하는 고효율 저에너지 기술로서 차세대 제로에너지 건축의 필수 시스템으로 주목받고 있다. 그러나 높은 초기 투자비와 경제성에 대한 불신으로 지열에너지 사용을 주저하고 있다. 또한 지열 시스템의 도입 경제성에 대한 정량적 평가 자료가 충분하지 않고, 시스템 성능을 고려한 에너지 파일 시스템의 종합적 분석에 관한 연구들이 이루어지지 않고 있다. 본 논문에서는 지중구조체인 Barrette pile을 지중열교환기로 이용한 에너지파일의 경제성을 평가하기 위해, 지중 채열량 예측 시뮬레이션에 근거한 시스템 성능분석 및 LCC 분석을 통한 도입 타당성 분석을 수행하였다.

2. 대상 건물의 개요

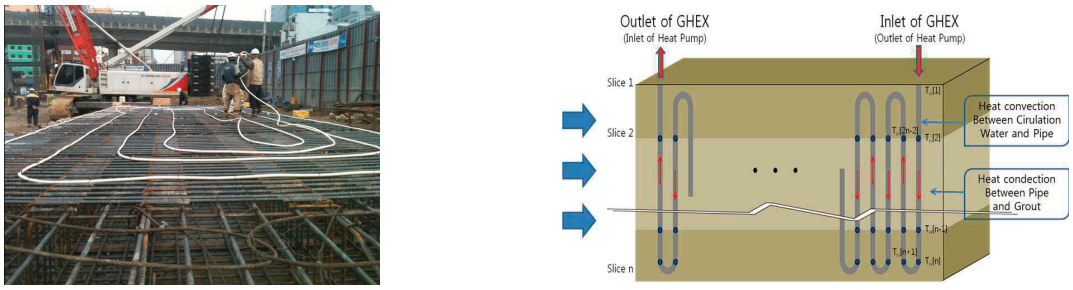

그림 1. Barrette pile의 시공현장 현황과 해석개요도

* 청주대학교 건축공학과 석사과정
** 청주대학교 건축공학과 교수, 교신저자(namyujin@cju.ac.kr)

공랭식 시스템과 지중구조체인 Barrette pile을 지중열교환기로 이용한 에너지 파일을 사용하였을 경우, 경제성 평가와 회수기간 분석을 실시하였다. 대상 건물의 형태 및 조건들은 선행연구[1]를 바탕으로 실시하였다. 대상 건물은 오피스 빌딩으로 규모는 지상 8층, 연면적 6,600 m^2, 공조면적은 4,840 m^2으로서, 건물의 형태는 1층부터 8층까지 모두 동일한 구조이며, 각 층의 연면적은 826.6 m^2이다. 연간 피크부하는 748 kW 써 총 요구되는 용량은 200 RT 이다. 본 연구에서는 대상 건물이 오전 9시부터 18시까지 9시간 운전한다고 가정하였을 때, 건물 부하의 10 %인 20 RT의 부하를 기존 공랭식 시스템에서 에너지 파일로 대체할 경우, 경제성 평가를 실시하였다. 그림 1은 Barrette pile의 시공현장 현황 및 해석 개요도를 나타낸다.

3. 에너지 파일의 성능분석

Barrette pile을 대상으로 실시한 지중 채열량 예측은 선행연구[2]를 통하여 도출하였다. Barrette pile의 파이프 단위 길이 당 평균채열량은 12.26 W/m, 열원수 평균온도는 14.7 ℃로 비교적 높은 온도를 유지할 수 있었다. 수열원 히트펌프의 성능곡선을 이용하여 Barrette pile의 히트펌프 COP를 산출한 결과, Barrette pile의 COP는 4.75(난방)로 나타났다. 또한 실외 온도 변화에 따른 공랭식 히트펌프의 시스템의 성능특성[3]을 이용하여 공랭식 시스템의 연평균 COP를 도출하였다.

4. 경제성 분석

초기비용 산출은 에너지관리공단 신재생에너지 월별 기준단가와 다수의 지열전문 업체의 견적서 등을 검토하여 초기투자비 비용을 산정하였다. 공랭식 시스템과 Barrette pile의 초기투자비는 각각 4,850만, 9,240만원으로 추정하였고, 건물의 총 내용연수는 50년으로 가정하였다. 또한 운전비용을 산정하기 위해 한국전력공사 요금 산정 기준으로 한 결과, 공랭식 시스템과 Barrette pile의 운전비용은 각각 6,593,000 원/년, 4,164,000 원/년로 나타났다. 해체폐기비용의 경우 비용의 추계가 힘들고 실례가 없기 때문에 지열전문 업체를 통한 예상 비용을 추정하였다. 다음 표 1은 유지관리비용 및 해체폐기비용을 나타낸다. 또한 생애주기비용과 회수기간을 구하기 위해 한국은행 기준금리의 10년간 평균 할인율인 3.66 %를 적용하여 현가법으로 계산하였다. 초기비용 및 해체폐기비 등의 비반복 비용은 식 (1)을 이용하였고, 운전비용 및 유지관리비 등의 반복 비용은 식 (2)를 이용하였으며, 두 계산치의 합(식 (3))으로 건물 생애기간 총 비용을 산출하였다.

표 1. 유지관리비용 및 해체폐기비용

구분	공랭식 시스템	Energy pile
연간 유지관리비	1,000,000 원	500,000 원
수명	20 년	50 년
해체폐기비	15,000,000 원	15,000,000 원

$$P_F = F\frac{1}{(1+i)^n} \quad (1) \qquad P_A = A\frac{(1+i)^n - 1}{i(1+i)^n} \quad (2) \qquad P = P_F + P_A \quad (3)$$

여기서, PF는 비반복비용의 현재가치의 합, PA는 반복비용의 현재가치의 합, A는 연간 등가발생비용, F는 미래가, P는 현가환산, I는 실적이자율, n은 분석기간을 나타낸다.

5. 생애주기비용 계산 결과

대상 건물의 사용기간을 50년이라 가정하였을 경우, 생애주기 기간동안 공랭식 시스템은 259,208,000원, 에너지 파일은 110,021,000원의 비용이 발생하였다. 또한 LCC 분석을 통해 초기투자비 회수기간을 계산한 결과, 7.6년으로 나타나, Barrette pile을 이용한 에너지 파일 시스템의 경제성을 확인하였다.

6. 결 론

본 연구에서는 공랭식 시스템과 지중구조체인 Barrette pile을 지중열교환기로 이용한 에너지 파일을 사용하였을 경우, 경제성 평가와 회수기간 분석을 실시하였다. 연구의 결과를 요약하면 다음과 같다.

1) 건물의 총 생애기간 동안 초기투자비, 운전비용, 유지관리비, 해체폐기비 등을 고려한 결과 에너지 파일을 사용할 경우, 약 149,187,000 원을 절약할 수 있다.
2) LCC 분석을 통해 초기투자비 회수기간을 계산한 결과, 7.6년으로 나타났다.

향후, 보다 다양한 건물 조건 및 에너지 파일의 설계 조건에 대한 시스템 효율 및 경제성 분석을 실시하여 본 기술의 보급을 위한 기초자료를 구축할 계획이다.

Acknowledgement

본 논문은 2012년 일반연구자사사업 신진연구비 연구비 지원(과제번호: 2012-0003260)의 일환으로 수행된 연구임을 밝히며 이에 감사를 드립니다.

참 고 문 헌

1. 전철호, 윤정인 외, 실외 온도 변화에 따른 HC계 공랭식 히트펌프 시스템의 성능 특성, 설비공학회 논문집 제18권 제3호, 2006
2. 채호병, 남유진, 에너지파일 이용 지열시스템의 채열성능 예측수법에 관한 연구, 한국건축친환경설비공학 추계발표대회논문집 pp.215~218, 2012
3. 최창호, 공공도서관에 지열시스템 적용시 경제성에 관한 연구, 한국태양에너지학회 논문집 제32권 제1호, 2012
4. 남유진, 황석호 외, 건물 기초 말뚝을 이용한 지열 공조 시스템, 지열에너지저널 제3권 제1호, 2007