

매몰식지하열교환체계에 대한 연구

전광수, 신래경

위대한 령도자 김정일 동지께서는 다음과 같이 교시하시였다.

《과학연구기관들에서는 지질탐사에 대한 기초과학리론을 더욱 완성하며 지구화학탐사를 비롯한 앞선 탐사방법을 받아들이는데 필요한 현대과학리론을 깊이 연구하여 현장일군들의 실천활동에 도움을 주어야 합니다.》(《김정일선집》 증보판 제14권 507페이지)

매몰식지열팽난방체계는 지하수식, 지표수식지열팽난방체계와 달리 물을 리용하지 않으므로 임의의 지역에 적용할수 있는 우점이 있다. 매몰식지열팽난방체계에서 중요한것은 지하열교환기를 정확히 설계하는것이다.

본문에서는 매몰식지하열교환기설계에서 제기되는 지하열교환량과 필요한 설계파라미터들을 연구하였다.

1. 지하열교환량계산

겨울철과 여름철의 지하열교환량은 다음의 식으로 계산할수 있다.[1, 2]

$$Q'_1 = Q_1 \left[1 + \frac{1}{COP_1} \right] \quad (1)$$

$$Q'_2 = Q_2 \left[1 - \frac{1}{COP_2} \right] \quad (2)$$

여기서 Q'_1 는 여름철 열뿔프로부터 지층으로 방출되는 열량, Q_1 은 여름철 설계총열부하, COP_1 은 열뿔프의 제열성적계수, Q'_2 는 겨울철 지층으로부터 얻는 열량, Q_2 는 겨울철 설계총열부하, COP_2 는 열뿔프의 제열성적계수이다.

2. 지하열교환기설계파라미터

지하열교환기를 설계할 때 지하열교환기의 형식과 연결방식, 관재질, 관의 직경과 길이, 추공의 수와 간격 등을 정확히 확정하여야 한다.

형식과 연결방식 지하열교환기형식에는 수평식과 수직식이 있다. 현장 지질조사자료에 기초하여 설치면적과 지층류형, 추공비용, 지하열교환기의 형식을 확정한다.

수평식으로 설치하는 경우에는 관을 얕은 깊이에 매몰하므로 초기투자가 적지만 그것의 열교환성능은 수직식으로 설치한 경우보다 낮다.

일반적으로 설치면적이 제한되어있는 경우 매몰관을 수직으로 설치한다.

수직매몰관형식에는 U형관(단일U형관과 쌍U형관)식, 라선형관식 등이 있는데 실천에서는 U형관식을 많이 리용한다.

수직매몰관형식에서는 관의 매몰깊이가 깊을수록 열교환성능이 좋아진다.[4]

지하열교환기연결방식에는 직렬식과 병렬식이 있다.

직렬식으로 관을 연결하는 경우에는 관의 직경이 큰것으로 하여 비용이 많이 들며 시공이 어렵다.

그러나 병렬식으로 관을 연결하는 경우에는 관의 직경이 작으므로 비용이 적게 들뿐 아니라 시공이 쉽다.

그러므로 일반적으로 병렬식을 리용한다.

관재질 일반적으로 열교환기를 땅속에 묻은 다음에는 보수하거나 교체하는것이 힘들므로 매몰하는 관의 재질이 화학적으로 안정하고 부식성이 없어야 한다.

또한 매몰되는 관의 길이가 길기때문에 가격이 비교적 낮은 관재질을 선택하여야 한다.

현재 가장 많이 리용되고있는것은 폴리에틸렌(PE)관과 폴리부틸렌(PB)관들인데 리용수명은 50년이상이다.[4]

관직경 직경이 큰 관(20mm이상)을 리용하는 경우에는 순환펌프에서 소모되는 에너지가 많은 부족점이 있다.

그러나 직경이 작은 관을 리용하는 경우에는 관을 따라 흐르는 류체가 막흐름상태에 있으므로 류체와 관내벽사이에서의 열교환효과가 좋아지는 우점이 있다.

그러므로 병렬식에서는 직경이 작은 관을 리용하는데 집수관에서만 직경이 큰 관을 리용한다.

관에서 류체흐름속도를 1.22m/s이하로 보장하여야 하므로 매몰관의 직경은 20mm, 집수관의 직경은 25, 32, 40, 50mm로 선택한다.

직경이 큰 관을 리용할 때에는 류체흐름속도를 2.44m/s이하로 보장하여야 한다.[1, 2]

관길이 매몰관의 길이는 관재질의 열교환능력을 고려하여 결정한다.

일반적으로 열교환능력은 수직매몰관에서 35~55W/m이고 수평매몰관에서 20~40W/m이다.

수직매몰관인 경우 열교환능력의 아래한계값이 35W/m이므로 관의 길이는 다음의 식으로 계산할수 있다.[3]

$$L = \frac{Q'_1 \times 1000}{35} \quad (3)$$

여기서 L 은 수직매몰관총길이, Q'_1 는 여름철 지층으로 방출되는 열량이다.

추공의 수와 간격 추공의 수는 다음의 식으로 계산한다.[2]

$$N = \frac{L}{2H} \quad (4)$$

여기서 N 은 추공의 수, H 는 추공깊이이다.

U형관을 리용하는 경우에는 추공사이의 간격을 보통 4.5m로 한다.

관직경에 따라 추공사이간격이 약간씩 차이난다.[3]

주택의 난방 및 랭방면적 212m^2 , 여름철 설계총랭부하 24.54kW , 겨울철 설계총열부하 16.38kW , 열뿔프의 성적계수 $\text{COP}_1 = 3.3$, $\text{COP}_2 = 3.7$ 인 경우 매물식지하열교환체계설계과라메터들을 계산하면 다음과 같다.

① 식 (1)과 식 (2)를 리용하여 계산한 지하열교환량은 다음과 같다.

$$Q'_1 = Q_1 \left[1 + \frac{1}{\text{COP}_1} \right] = 24.54 \times \left[1 + \frac{1}{3.3} \right] = 31.98(\text{kW})$$

$$Q'_2 = Q_2 \left[1 - \frac{1}{\text{COP}_2} \right] = 16.83 \times \left[1 - \frac{1}{3.7} \right] = 11.95\text{kW}$$

② 폴리에틸렌(PE63)관 DN20을 병렬식으로 연결한다.

③ 식 (3)을 리용하여 매물관의 길이를 계산하면 다음과 같다.

$$L = \frac{Q'_1 \times 1000}{35} = \frac{31.98 \times 1000}{35} \approx 914(\text{m})$$

④ 추공깊이를 50m로 하고 식 (4)를 리용하여 추공의 수를 계산하면 다음과 같다.

$$N = \frac{L}{2H} = \frac{914}{2 \times 50} = 9.14(\text{개})$$

그러므로 추공의 수를 10개로, 추공사이의 간격을 4.5m로 취한다.

맺 는 말

1) 매물식지하열교환체계를 설계할 때 현장조건에 맞게 지하열교환기의 형식과 연결방식을 확정하여야 한다.

설치면적이 충분하면 수평식을 선택하는것이 경제적이지만 설치면적이 제한된 경우에는 수직식이 합리적이다.

2) 관의 재질과 직경, 추공의 수와 간격은 원가가 적게 들면서도 열교환효율이 높고 시공에 편리하게 선택하여야 한다.

참 고 문 헌

- [1] A. Hepbasli; Energy Conversion and Management, 44, 3, 527, 2003.
- [2] 张立均; 供热制冷, 6, 1, 37, 2009.
- [3] 谢汝镛; 现代空调, 35, 3, 33, 2001.
- [4] 肖益民 等; 现代空调, 35, 3, 88, 2001.

주체103(2014)년 9월 5일 원고접수

Exchange Systems of Buried Ground Source Heat

Jon Kwang Su, Sin Thae Gyong

We introduced the calculation method of exchange quantity of ground source heat in the exchange systems of buried ground source heat, and studied the form of heat exchanger and selection of pipe material, the determination of pipe diameter and length and the calculation of borehole distance and numbers.

Key words: ground source heat exchange system, heat exchanger