

수주지열정(SCW)을 이용한 천부지열 냉난방시스템 설계지침

한정상^{1*} · 한혁상² · 한찬³ · 김형수⁴ · 전재수⁵

¹CGD, CGWP, PEng., Ph.D/(주)씨엔이, ²CGD/(주)씨엔이, ³유신커퍼레이션, ⁴한국수자원공사, ⁵(주)한서엔지니어링

Design Guidelines of Geothermal Heat Pump System Using Standing Column Well

Jeongsang Hahn^{1*}, Hyuksang Han², Chan Hahn³, Hyong Soo Kim⁴ and Jae Soo Jeon⁵

¹CGD, CGWP, PEng., Ph.D/CNE Inc., Seoul, 138-110, Korea, ²CGD/CNE Inc., Seoul, 138-110, Korea

³Yoosin Corp., Ltd, Seoul, 135-936, Korea, ⁴Director/Korea Water Resources Corp., Daejeon, 306-71, Korea

⁵Hans Engineering Co., Ltd, Seoul, 138-110, Korea

For the reasonable use of low grade-shallow geothermal energy by Standing Column Well(SCW) system, the basic requirements are depth-wise increase of earth temperature like 2°C per every 100m depth, sufficient amount of groundwater production being about 10 to 30% of the design flow rate of GSHP with good water quality and moderate temperature, and non-collapsing of borehole wall during reinjection of circulating water into the SCW. A closed loop type-vertical ground heat exchanger(GHEX) with 100~150 m deep can supply geothermal energy of 2 to 3 RT but a SCW with 400~500m deep can provide 30~40 RT being equivalent to 10 to 15 numbers of GHEX as well requires smaller space. Being considered as an alternative of vertical GHEX, many numbers of SCW have been widely constructed in whole country without any account for site specific hydrogeologic and geothermal characteristics. When those are designed and constructed under the base of insufficient knowledges of hydrogeothermal properties of the relevant specific site as our current situations, a bad reputation will be created and it will hamper a rational utilization of geothermal energy using SCW in the near future. This paper is prepared for providing a guideline of SCW design comportable to our hydrogeothermal system.

Key words : GHEX, GSHP, Hydrogeothermal system, SCW, RT

내 수문지열계 가운데 수주지열정(SCW)시스템을 합리적으로 설치이용할 수 있는 조건들은 심도별 지온증가율이 명확하고(2°C/100 m심도), 기존의 지하수 열펌프가 필요로 하는 순환수의 유량에 비해 최소 10~30% 의 증온의 심부지 하수가 산출될 수 있어야 하며, 순환수를 공내로 재주입시 공내붕괴가 일어나지 않는 견고한 암석들이 존재 하여야 한다. 수주지열정의 1개공당 굴착심도는 평균 400~500 m이며, 이로 부터 개발가능한 지열에너지는 공당 약 30~40RT 규모인데 비해 1개 수직지중열교환기가 공급가능한 지열에너지는 2~3RT 정도이다. 즉 수주지열정 1개공은 10~15 개의 수직지중열교환기 역할을 한다. 따라서 이 방식은 수직루프 설치장소의 공간 문제를 해소할 수 있는 유일한 대안으로 인식되어, 현재 전국 각지에서 많은 수의 SCW들이 무분별하게 비과학적으로 설치되고 있다. 이와 같이 해당 지역 수문지열계의 수리 지질학적인 특성과 열적인 특성을 명확히 파악하지 않은 상태에서 수주지열정을 설계·시공하는 경우에 나타날 문제점들은 추후 합리적인 천부지열 개발 이용에 지대한 장애요인이 될 것이다. 따라서 본고는 국내 수문지열계에 적합한 수주지열정을 설계하는데 있어 필요한 일종의 지침서를 제시하기 위해 작성되었다.

주요어 : 지중열교환기, 지원열펌프, 수문지열계, 수주지열정(SCW), 냉동톤

*Corresponding author: geohans@chollian.net

1. 서 론

이 시스템에서 사용하는 지열 추출 및 배출용 우물은 미국의 북동부 지역에서 널리 개발 이용되고 있는 기술로서 간혹 에너지정(Energy Well), 난류정(Turbulent Well, TM), 개회로 수직 심정형 지열정 또는 단순히 수주 지열정(Standing Column Well, SCW)이라고도 한다. 수직심정의 구경은 통상 150 mm 이상이고, 심도는 $(450 \pm \alpha)m$ 이다(한정상 등, 2005).

수주(Standing Column, 水柱)란 우물 전체 심도에서 지표면하의 자연수위 심도를 뺀 즉, 우물이 지하수로 차 있는 우물의 포화두께, 환언하면 우물내 물 기둥을 의미한다. 예를 들어, 심도가 400 m인 우물에서 지하수위가 지표면하 10 m에 분포되어 있다면 이 우물의 포화 두께인 수주는 390 m이다.

수주지열정의 설치 방법은 기본적으로 일반 우물(water well)의 설치방법과 대동소이하다. 그러나 수주지열정은 자연수위가 높은 즉, 우물내 포화 두께가 두터운 지역에서만 적용 할 수 있는 기법이다. 예를 들어, 심도가 150 m인 우물의 자연수위가 지표하 15 m 인 경우에 수주는 135 m이므로 이 우물은 수주지열정으로 이용 가능 하지만, 자연수위가 지표하 30 m 이상 일때는 수주지열정으로 사용하기에는 부적절하다. 즉, 자연수위가 우물심도의 20%이상인 우물은 수주지열정으로 사용하기 부적합 하다.

일반적으로 지하수부로 내려갈수록 지열과 지하수의 온도는 상승한다. 난방형식인 경우 수주지열정은 우물 저부에서 비교적 따뜻한 지하수를 채수하여 열펌프의 열교환기를 통과시킨 후 온도가 상승한 냉매의 열에너지는 난방용으로 이용하고 열을 빼앗긴 찬 지하수는 다시 같은 우물의 상부구간으로 주입 · 재순환(환수, diffusion)시키는 방식을 채택하고 있다(냉방형식은 이와 반대 방향으로 열을 교환시킨다). 특히 이 방법은 미국 보다 유럽의 오스트리아, 독일, 스위스, 네덜란드 및 최근에는 중국 등지에서 널리 이용되고 있다. 이 경우 열원으로 채수한 지하수는 지하수가 보유한 열만 이용한 후 음용수 또는 각종 빌딩용수로 이용될 수 있다.

2. 수주지열정 적용 최적조건과 설계지침

수주지열정은 대체적으로 지열정 자체에서의 지하수 산출량과는 크게 관계없이 1개 심정을 열공급원(heat source)과 열배출원(heat sink)으로 동시에 이용할 수 있는 시스템이다. 그러나 수주지열정을 지하수 산출성

이 매우 양호한 단열매체(암반에서 단층, 파쇄대, 절리 및 불연속면과 같은 2차유효공극을 포함적으로 사용하는 술이)에 설치하면, 1 RT당 굴착해야 하는 소요심도를 대폭 감소시킬 수 있음은 물론 성적계수를 크게 향상시킬 수 있다.

수주지열정시스템을 가장 효율적으로 적용할 수 있는 최적 수리지질학적인 조건들을 열거하면 다음과 같다.

지하수 산출량(지하수 채수 가능량)이 다소 풍부하고, 자연 수위가 비교적 높으며, 주입순환수가 순환하는 구간에서 공내붕괴가 일어나지 않는 암석이 존재하여야 한다. 또한, 수질이 양호하여 부식이나 스케일 현상이 발생하지 않아야 하고, 지열원측의 입구온도가 순환수온도에 의해 장기적으로 급격히 변하지 않는 수문 지열계(hydrogeothermal system)이어야 한다. 만일 지하수 채수시 양수위가 심하게 하강하면 지하수 채수에 소요되는 동력비가 과다하게 들어 비효율, 비경제적이 된다.

이 시스템에서 지열펌프의 열교환기를 거쳐 나온 지하수를 건물의 일반 용수로 이용한 다음, 다시 일정한 온도를 유지하고 있는 수주지열정으로 재주입 시키는데 이는 마치 2정 · 개회로시스템과 같은 역할을 하게 된다. 만일 심정 순환수의 온도가 급격히 변화하거나 주입량과 채수량이 동일하지 않을 경우에 순환수가 지표로 유출(bleeding)될 수도 있기 때문에 이에 따른 배수계획을 별도로 수립해 두어야 한다.

수주지열정은 대수층과 수리지질학적으로 서로 연결되어 있는 우물이긴 하나 아직까지 명확한 설계기준은 적용되지 않고 있다. 수주지열정은 일반적으로 수직폐회로 루프시스템의 설계시 사용하는 일반원칙을 적용하나, 반드시 해당지역 수문지열계의 수리지질학적 및 열적특성을 고려해야하고 경험이 풍부한 전문가가 설계를 해야 한다.

2.1. 일반 지침

수주지열정을 설계할 때 사용하는 일반 지침들을 요약하면 대체적으로 다음과 같다(Rawling, 2004).

- ① 수주지열정으로 재주입시킨 순환수를 인근 지표수 체나 하수구로 배출 시키지 않을 경우, 1 RT당 필요한 우물심도는 다음과 같이 추천하고 있다. 즉, 열전도도가 양호한 결정질 단열매체인 경우에 1RT당 필요한 굴착 심도는 약 $16 \pm 1.5 m$ 이고, 반대로 열전도도가 낮은 단열매체에서는 1 RT당 약 $31 \pm 6 m$ 정도이다.
- ② 첨두 냉난방시 지표로 배출시키는 순환수의 배출량(bleeding rate)은 대체적으로 지하수산출량과

동일하거나 많아야 하며 주입순환수량의 20±10% 정도는 되어야 한다. 이경우에 1 RT당 필요한 수주지열정의 굴착심도는 대폭 축소시킬 수 있다.

즉, 첨두 냉난방시에 재주입순환수의 온도가 최대로 상승하거나 하강하기 때문에 내부케이싱내로 유입되는 입구온도를 연중 비교적 일정하게 유지 시키려면 주입용순환수 가운데 일부를 지표로 배출시켜야한다.

지표로 배출시키는 순환수량 만큼 수주지열정 자체의 대수대로부터 지하수량이 산출되어야 한다. 수주지열정은 대수대에서 산출되는 지하수량이 많을 수록 지열정의 심도를 단축시킬 수 있다.

- ③ 대수대로부터 필요한 순환수유량(환수량)을 100% 확보할 수 있는 수주지열정 시스템은 바로 지하수 열펌프시스템이다.
- ④ 수주지열정에서 외부케이싱은 반드시 기반암 분포심도까지 설치해야 할 필요는 없으나 경제적인 최대 설치심도는 60m이내 이다.
- ⑤ 수주지열정의 지하수 개발 가능량은 수주를 안전하게 유지시킬 수 있을 정도로 충분한 산출성이 있어야 하고 지하수위는 가능한한 높게 유지되어야 한다.
- ⑥ 자연수위가 45m이상 되는 우물을 수주지열정으로 사용하면 양수 동력비가 과다하게 소요되기 때문에 비경제적이다.
- ⑦ 지하수 산출량은 지표배출량 보다 많거나 최소한 같아야 한다.
- ⑧ 수주지열정에서 채수 가능한 지하수량이 벌딩이 사용하는 수량이나 배출량보다 많을 경우에는 벌딩공급수로 이용해도 무방하다.
- ⑨ 실제 수주지열정을 지하수 공급정으로 사용하면 연중 입구온도를 알맞게 유지 공급할 수 있으므로 수주지열정의 성적계수를 증대 시킬 수 있다.
- ⑩ 수주지열정에서 필요한 순환수 유량은 폐회로 저중열 교환기와 마찬가지로 1RT당 9.5~11.4 lpm정도이다.

2.2. 기타 지침(SCW Recommended Specification/Earth Coupling, NYRES doc.)

2.2.1. 수주지열정사이의 최적 이격거리

수주지열정은 한개의 심정을 채수 및 주입정으로 동시에 이용하는 일종의 천부 지열이용시스템으로서 지하수의 산출성과 흐름에 관계없이 어느곳에서나 응용

할수 있는 것으로 잘못 알려져 있다. 그러나 암반 지하수가 비교적 양호하게 산출되는 단열암체에서는 수직루프의 설치 공간에 따른 제한성을 해소 할 수 있으며, 지열시스템의 성적계수 향상은 물론 수직 루프시스템에 의해 굴착심도를 대폭 축소 시킬 수 있어 경제적이고, 대용량의 지열에너지를 제한된 지역에서 개발 가능한 지원열펌프 시스템이다(한정상 등, 2006).

그러나 지하수의 산출성이 극히 불량하거나 공내붕괴가 심하게 발생하는 심정을 수주지열정으로 사용해서는 아니된다. 여러개의 수주지열정을 설치하여 냉난방에너지원으로 이용할 때 각 수주지열정사이의 최적 이격거리는 시스템의 첨두 냉난방부하, 첨두 부하기간, 대수대의 두께 및 해당 수주지열정에서 개발 가능한 지하수 산출량과 유통상태에 따라 좌우 되기는 하나 통상 60~180 m 규모이다.

2정 지하수 열펌프시스템의 주입정과 채수정사이에 적용되는 적정 설계 이격거리는 수리지질학적인 조건에 따라 차이가 있으나 대체적으로 30~150 m를 사용한다. 미국의 Staten Island지역에서는 이격거리를 다음식을 이용하여 산정한다.

$$\text{심정사이의 적정 이격거리(m)} = 7.8 \times 10^{-4} \times [\text{설계부하(kcal/hr)}]^{0.5}$$

미국 뉴욕시의 수주지열정에 대한 추천시방에 의하면(Recommended Specification-Earth Coupling/SCW) 가정용 수주지열정의 경우에 필요한 수주지열정의 수는 최소 1개 이상, 열공급량은 10RT 규모, 수주지열정의 수주높이는 약 210 m 이상 이어야 하며 수주지열정에서 생산되는 지하수 산출 가능량은 약 11.4~15.1 lpm 정도는 되어야 한다.

이에 비해 상업용 수주지열정의 경우에 필요한 수주지열정의 개수는 최소 2개공, 심정내에서 발달된 수주는 약 450 m이상, 각공별 지하수 산출 가능량은 18.9~37.8 lpm 이상, 설계 열에너지 공급 가능량은 70 RT로 규정되어 있다.

2.2.2. 수주지열정의 소요심도, 소요 순환수 유량, 지하수 산출량 및 공내순환수의 유속

첨두 냉난방시 필요한 열량을 지속적으로 유지시키기 위해 열원측의 열을 이용하고 난 다음, 주입환수량의 20±10%에 해당하는 유량은 지표로 배출시킨다. 이때 지표로 방유시키는 양 만큼 수주지열정내에서 산출되는 지하수를 수주지열정으로 다시 보충시켜 주면, 여름철에는 순환수의 수온을 냉각시키는 역할을 하고

반대로 겨울철에는 순환수의 수온을 가열 시키는 역할을 하여 내부케이싱 내에서 순환수의 입구온도를 연중 비교적 일정하게 유지시킬 수 있다. 즉 시스템의 성적 계수를 항상 시킬 수 있다(Lohrenz 등, 2006).

수주지열정의 일반적인 설계지침을 요약하면 다음과 같다.

- 수주지열정의 심도(포화 수주): 1RT당 15~16.5 m
- 순환수의 소요유량 : 1RT당 9.5~11.4 lpm(2.5~3gpm)
- 지표 배출량(수주지열정의 지하수 산출량): 순환수량의 20±10%, 평균 20%

예-1) 30RT용 수주지열정 설계시:

- 수주지열정의 심도(포화 수주): $30\text{RT} \times (15\sim 16.5) = 450\sim 500\text{ m}$
- 순환수 유량: $(9.5\sim 11.4) \times 30\text{RT} = 285\sim 342\text{ lpm}$,
(410~492CMD)-수주지열정의 지하수 산출량(지표 배출량): $(410\sim 492) \times 0.2 = 82\sim 98\text{CMD}$
- 예-2) 700m 심도(포화 수주)의 심정을 수주지열정으로 이용시:
- 공급가능 열부하: $700\text{m}/(15\sim 16.5) = 42\sim 47\text{RT}$, 평균 45RT
- 순환수 유량: $45\text{RT} \times (9.5\sim 11.4) = 427\sim 513\text{ lpm}$ (620CMD)
- 수주지열정의 지하수 산출량(지표 배출량): $620 \times 0.25 = 155\text{CMD}$

3. 수주지열정의 국내 적용가능 지질

우리나라에 분포된 암종 가운데 시추공의 공내붕괴에 비교적 안전한 암석이면서 암반대수대가 비교적 양

호하게 발달된 결정질 단열암종들은 선캠브리아 누대, 시생 및 원생대의 화강편마암류와 변성암 복합체, 쥐라기의 대동계 화강암류와 백악기의 불국사 화강암류들이며 이들 단열암종들은 수주 지열정을 설치 운영하기에 가장 적절한 암종이다.

이에 비해 단열이나 2차 유효공극이 느슨하게 발달되어 있어 순환수의 공내 순환시 공내붕괴 우려성이 있는 암종들로는 신생대 제3기의 퇴적암과 화산분출암(포항, 연일, 제주도일대에 분포), 중생대 백악기의 경상계 퇴적암(대구, 밀양구간), 트라이아스기의 황지계(반송층, 동고층), 폐름 및 석탄기의 평안계 퇴적층(고방, 사동, 홍점통) 및 오오도-캠브리아기의 조선계 퇴적암 등이다. 만일 이들 단열암종에 심정을 설치한 후 지하수의 수질특성과 2차 유효공극이나 단열의 발달상태와 규모등을 명확히 파악 하지 않고 이를 수주지열정으로 사용하면 불량한 수질과 주입 순환수에 의한 공내 세굴 등으로 인해 공내붕괴가 발생할 가능성이 매우 크다. Table 1에 제시한 바와 같이 수주지열정 1공당 약 40RT의 지열 에너지를 개발하고자 할 때 필요한 순환수의 유량은 약 467 L/분이다. 이 심정의 굴착구경이 200 mm이고 내부케이싱의 구경이 100 mm 일때 굴착경과 내부케이싱 사이구간에서 순환하는 주입순환수의 순환유속은 0.33 m/초가 된다. 이는

지하수의 공내(설계) 임계유속인 3cm/초를 10배이상 초과하여 심각한 공내붕괴 내지 공매몰현상을 유발 할 수 있다.

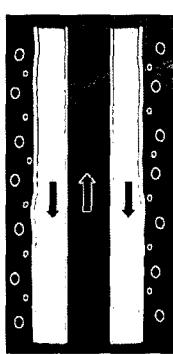
4. 수주지열정의 구조와 열교환방식

수주지열정은 비교결암 구간을 굴착(굴착경 350~

Table 1. Water velocities at annular space between inner and outer casing via flow rates

Drilling Dia.(mm)	OD of Inner Casing (mm)	Flow Rate (l/분)	Velocity at Annular Space(m/s)		Velocity in Inner Casing (m/s)
			75	100	
200	75	350	0.22	0.29	1.32
		467	0.29	0.33	1.76
	100	350	0.25	0.30	0.74
		467	0.33	0.41	0.99
125	75	350	0.30	0.48	0.63
		467	0.41	0.59	1.32
	100	350	0.44	0.63	1.76
		467	0.59	0.80	2.00

30RT시 필요유량: 350 L/분, 40RT시 필요유량: 467 L/분
공벽주위에서 지하수의 임계유속: 3cm/분



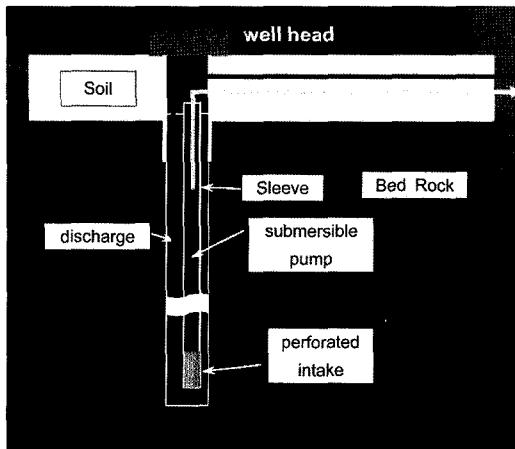


Fig. 1. Typical configuration of Standing Column Well.

400 mm)한 후 상부 우물자재(무공관 구경 약 200~250 mm)을 암반 상단부까지 설치하고 착정굴착구간(350~400 mm)과 상부케이싱(200~250 mm)사이 구간(공벽구간, annular space)은 차수용 그라우트재로 밀폐시킨다. 이때 무공관 설치심도는 최대 60 m를 초과하지 않도록 한다.

설치한 무공관(외부케이싱)의 하부구간은 나공(open hole)상태로 굴착(굴착경은 150~200 mm)한다. 계획심도까지 굴착한 심정은 심정굴착구간내에 내부케이싱(sleeve)을 공저부 구간에 발달되어 있는 단열 투수대까지 설치한다. 내부케이싱은 열전도율이 낮은 PVC관이나 PE무공관을 이용하나 최하단부에서는 주입순환수가 내부케이싱내로 유입될수 있도록 유공관을 설치한다. Fig. 1은 수주지열정의 대표적인 우물구조도이다.

내부케이싱안에 수중모터펌프를 설치하여 최하단부에 설치한 유공관을 통해 따뜻한 온도를 유지하고 있는 지하수와 순환수를 열펌프의 열원측(heat source)으로 공급한다. 그런 다음, 열원으로 사용한 지하수는 동일한 심정의 내부케이싱과 외부케이싱 사이구간으로 재주입시켜 심정 하부구간에 분포되어 있는 주변지층과 순환수(주입수)사이에 직접 열교환이 일어나도록 한다. 반대로 냉방시에는 열배출원으로 이용한다(Fig. 2).

국내 결정질암에서 지하수의 평균 산출량은 통상 1개 공당 100CMD이내이며 최적 심정굴착 심도는 평균 100 m 미만이다(한정상, 2000).

또한 우리나라 수문지열계의 특성상 지열이상대가 아닌 일반지역에서 지온 증가율은 100 m당 2°C이내이므로 100 m이상되는 심정을 설치한다 하더라도

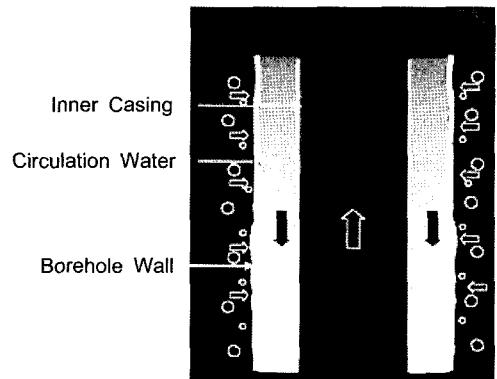


Fig. 2. Schematic diagram of geothermal heat exchange in the Standing Column Well.

20°C이상의 지하수를 확보하기란 쉬운 일이 아니다.

암반대수대가운데 지하수가 다량으로 산출되는 부위는 연약한 단열대(파쇄대, 절리군등)이다. 주입 순환수가 내외부 케이싱 사이구간에서 순환할 때 나공구간에 발달된 단열대나 대수대가 세굴되어 공내로 봉탁하여 이질물질이 순환수내 포함되면 결국 열교환기의 파손과 빈번한 헐터교환 및 심지어 공매몰현상을 일으킬 수 있다.

이에 부가해서 국내에 분포된 퇴적암 지하수는 대체적으로 수질이 불량하여 열펌프의 순환수로 직접 사용하기에는 부적합 할 뿐만아니라 결정질암과 같이 견고하지 않아 공내봉고가 쉽게 발생할 수 있기 때문에 사전에 수리지질학적인 특성을 파악해 두어야 한다. 이와 같이 해당 수문지열계의 수리 및 열적특성을 감안하지 않고 외국에서 사용했던 단순한 사례나 국내에서 실시한 몇개의 단기적인 성능평가 결과만을 바탕으로(수주지열정의 단기적인 장점만을 바탕으로) 수주지열시스템을 설계, 운영하는 경우에 나타날 부정적인 결과는 자명하다.

Fig. 3은 수주지열정을 판형열교환기와 수원열펌프시스템 및 훈코일에 연결하여 실내 냉,난방을 시키는 모식도이다. 따라서 수주지열정시스템은 여름철에 열배출원으로 겨울철에 열원으로 이용하는 지중루프시스템과 지하수열펌프의 장점을 조합시킨 일종의 지원열펌프시스템이라 할 수 있다.

5. 결론과 제언

수주지열정의 장점은 수직 폐회로형 루프시스템의 가장 큰 단점인 설치공간 문제를 해소 할 수 있다는

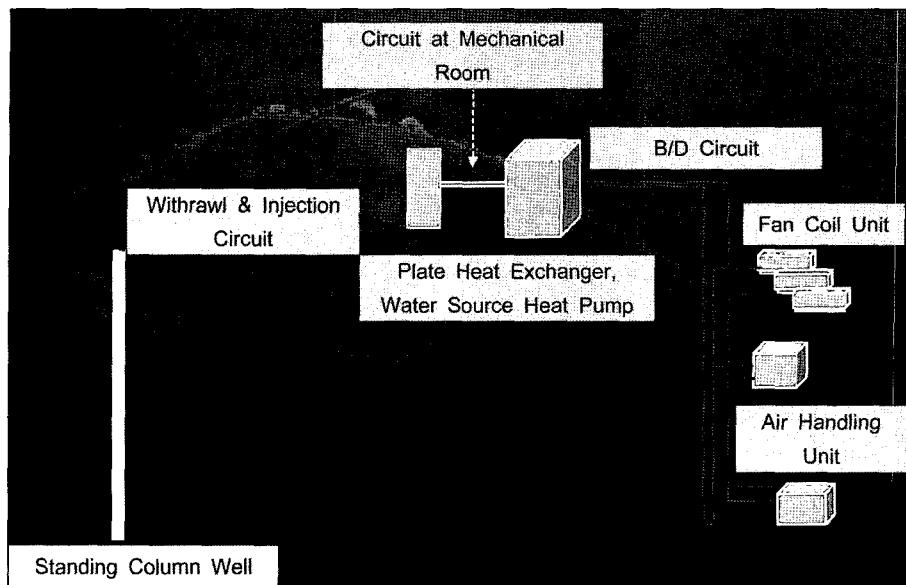


Fig. 3. Cooling and heating mode of Standing Column Well connected to plate heat exchanger, water source heat pumps and fan-coil unit(김진상, 2005).

것이다. 즉, 지하수 산출율이 양호한 지역에서 지열추출 및 방열정으로 소요되는 천공수를 대폭 축소시킬 수 있고 단기운전과 수직 폐회로형 루프시스템보다 성적계수가 높고 효율이 크다.

수직설정에서 공내붕괴나 수질이 불량하여 clogging 현상이 발생하는 경우에 심정 재생이 가능(판형열교환기의 주지적인 유지보수)하다. 부동액을 사용하지 않으므로 지하수 오염가능성을 최소화 시킬 수 있으며 추후 증설시 냉동기/보일러 등과 병용(hybrid형)할 수 있다.

이에 비해 단점으로는 지하수 산출율이 저조한 지역에서는 수직폐회로형 루프시스템에 비해 천공개수를 대폭 줄일 수가 없고, 추가로 소요되는 우물자재비, 수중 모터펌프비 등을 고려하면 도리히 비경제적일 수 있다.

철저한 수리지질조사 결과를 토대로 하여 수주지열정을 설계하고 설치하지 않으면 공내붕괴, 수질불량 등으로 유지관리비용이 과다하게 소요될 뿐 만아니라 수주지열정을 완전히 공매 시키는 경우도 발생 할 수 있다.

지하수 산출율이 저조한 수주지열정에서는 국내 지온 구배가 $2^{\circ}\text{C}/100\text{ m}$ 이내이기 때문에 열펌프쪽으로 연중 비교적 일정한 수온을 유지하고 있는 순환수를 공급할 수가 없다(계절별 입구온도(EWT)의 변화가 심하다).

이 시스템은 일부 지하수를 이용하는 시설이므로 기존 지하수법에 따라 지하수 이용부담금은 물론 지하수 영향평가 대상 시설이다. 이는 추후 지하수열펌프와 수주지열정 이용의 원가와 운영비 상승에 지대한 악재로

작용할 것이다.

미국은 1일 평균 지하수 이용량에 따라 수주지열정 시스템을 허가 또는 신고하도록 규정하고 있으며 설계·시공은 유자격자로 재한하고 있다. 즉 뉴욕시는 개회로 시스템을 이용하여 50RT 이상의 지열을 이용 할 때에는 허가를 받도록 규정하고 있다. 그러나 USEPA는 지하수 열펌프시스템과 수주지열정을 이미 지하수의 유익한 이용(beneficial use)인 Class V로 분류하여 그 이용을 적극 권장하고 있다(New York City, 2003).

따라서 (사)한국지열에너지학회를 위시하여 지열관련 학회와 연구소(대한지질학회, 대한자원환경지질학회, 한국지구물리학회, 한국지하수토양환경학회, 대한지질공학회 등)들은 산자부와 건교부와 협의하여 현행 지하수법에서 규정하고 있는 지하수 이용부담금이 결국 정부가 추진하고 있는 대체에너지 개발보급에 걸림돌이 되고 있음을 주지시켜야 할 것이다. 즉, 천부 지열이용 시스템(지하수열펌프와 수주지열정 포함)에서 열원이나 열배출원으로 이용하는 지하수는 지하수 이용부담금 적용대상에서 제외 되도록 해야 할 것이다.(건교부, 2005).

사 사

본고는 한국수자원공사의 위탁사업으로 시행중인 강변여과수(충적층 및 하상 지하수)지열 자원 활용 기술

의 일환으로 지원열펌프시스템을 심정과 연계시켜 분석한 내용이다. 특히 본고를 작성하는데 있어 필요한 많은 정보를 제공해준 (주)시엔이(CNE)에게 감사를 드리며 심사 과정에서 적절한 지적과 수정을 해주신 익명의 심사위원님께 감사를 드린다.

참고문헌

건교부 (2005) 개정지하수법 제30조의3 및 시행령 제40조의 3 p. 87-88.
김진상 (2005) Standing Column Well 방식 지열히트펌프, 에너지관리공단 p. 1-5.

- 한정상, 한규상, 한혁상, 한찬 (2005) 지열펌프 냉난방시스템, 도서출판 한림원(중판) p. 5-7.
한정상 (2000) 지하수환경과 오염, 박영사, p. 534, p. 961-962.
한정상, 전재수, 김형수 (2006) 강변여과 쥐수열교환시설 성능 및 경제성 평가, 한국수자원공사, p. 74-84.
ED Lohrenz, 한정상, 한혁상, 한찬, 김형수 (2006) 지중 열교환기 빙축열조(Thermal Ice Storage)를 연계시킨 통합지중열-빙축열조시스템(Integrated GEO/TES), 자원환경지질, 38권, p. 717-729.
NewYork City (2003) 뉴욕시 지열펌프 시스템, p.11-12
Phil Rawling (2004) Geo-Look, v. 1. p. 26.

2006년 6월 23일 원고접수, 2006년 10월 11일 게재승인.