

취수-주수추공사이의 거리에 따르는 지하수열이동특성에 대한 연구

전 광 수

위대한 령도자 김정일동지께서는 다음과 같이 교시하시였다.

《온천, 지하수, 지열탐사를 적극 벌려 지하수와 지열자원을 다 찾아내여 종합적으로 리용하도록 하여야 합니다.》(《김정일선집》 증보판 제14권 503페이지)

채주입지하열교환체계에서 취수추공과 주수추공사이의 거리를 합리적으로 결정하는 문제는 추공들사이의 열평형과피현상을 줄이고 지열랭난방체계에 필요한 물량과 온도를 보장하는데서 매우 중요한 문제로 제기된다.

론문에서는 취수추공과 주수추공사이의 거리를 각이하게 변화시키면서 함수층에서 지하수열이동특성을 모의하고 합리적인 추공사이의 거리를 결정하였다.

1. 함수층에서 지하수열이동방정식

함수층에서 지하수열이동은 기본적으로 전도와 분산방식으로 진행되는데 다음의 식으로 표시된다. [1, 2]

$$[n\rho_f c_f + (1-n)\rho_s c_s] \frac{\partial T}{\partial t} + \rho_f c_f v_i^f \frac{\partial T}{\partial x_i} = \lambda_{ij} \frac{\partial^2 T}{\partial x_i^2} + Q_T \quad (1)$$

여기서 n 은 공극도, ρ_f 는 류체의 밀도(g/cm^3), c_f 는 류체의 비열($\text{J/(kg}\cdot^\circ\text{C)}$), ρ_s 는 고체의 밀도(g/cm^3), c_s 는 고체의 비열($\text{J/(kg}\cdot^\circ\text{C)}$), v_i^f 는 x_i 축방향에서 지하수흐름속도(m/s), λ_{ij} 는 열분산텐소르($\text{W/(m}\cdot^\circ\text{C)}$), Q_T 는 원천모임항(W/m^3)이다.

열분산텐소르 λ_{ij} 는 다음과 같이 표시된다.

$$\begin{aligned} \lambda_{ij} &= \lambda_{ij}^{cond} + \lambda_{ij}^{disp} = \lambda_{ij}^{cond_s} + \lambda_{ij}^{cond_f} + \lambda_{ij}^{disp_f} \\ &= [n\lambda_f + (1-n)\lambda_s] \delta_{ij} + \rho_f c_f \left[\alpha_T v^f \delta_{ij} + (\alpha_L - \alpha_T) \frac{v_i^f v_j^f}{v^f} \right] \end{aligned} \quad (2)$$

여기서 v_i^f 는 x_i 축방향의 지하수흐름속도, δ_{ij} 는 크로네커텐소르, $\lambda_{ij}^{cond_f}$ 는 전도에 의한 류체상열분산텐소르, $\lambda_{ij}^{cond_s}$ 는 전도에 의한 고체상열분산텐소르, $\lambda_{ij}^{disp_f}$ 는 분산에 의한 류체상열분산텐소르, α_L 과 α_T 는 가로 및 세로열분산도이다.

식 (2)에서 첫번째 항은 열전도, 두번째 항은 열분산을 표시한다.

2. 취수-주수추공사이의 합리적인 거리결정

1) 연구지역의 지질 및 수문지질학적조건

연구지역의 지질상태를 보면 고생대 오르도비스기 중세 만달주층에 석탄기 중세 홍점주층이 부정합으로, 그위에 중생대 유라기 하세 송림산주층이 부정합으로, 그위에 제4기층이 덮여있다.

지층들의 주향은 남서-북동방향이며 경사각은 $35\sim 80^\circ$ 정도이다.

연구지역에는 남서-북동방향의 단층들이 발달하며 그것을 거의 수직으로 자른 남동-북서방향의 단층이 있다. 비저항CT탐사와 시추탐사를 진행한 결과 연구지역은 지표로부터 $10\sim 13.7\text{m}$ 깊이까지 진흙층, 그아래의 분사질석회암층사이에 $2\sim 3\text{m}$ 정도 두께의 파쇄대를 따라 압력수함수층이 존재한다는것이 확정되었다. 정수위는 $6\sim 7\text{m}$ 이다.

지열팽난방체계의 정상운영에 요구되는 물량은 $720\text{ m}^3/\text{d}$ 이며 지하수의 초기온도는 16°C 이다. 여름철 팽방시 주입되는 물온도는 30°C 이다.

2) 합리적인 추공사이의 거리결정

연구지역은 지하수가 부족하고 리용면적이 제한되어있으므로 지열팽난방체계의 정상운영을 보장하기 위하여서는 취수추공과 주수추공사이의 열평형파괴현상을 줄이면서도 필요한 물량과 온도를 보장할수 있도록 추공들사이의 거리를 합리적으로 결정하여야 한다. 주수추공을 고정하고 그로부터 취수추공의 간격을 $20\sim 100\text{m}$ 까지 각이하게 변화시키면서 여름철 팽방시 주수추공으로 주입되는 물에 의한 열영향범위를 모의평가하였다.(그림)

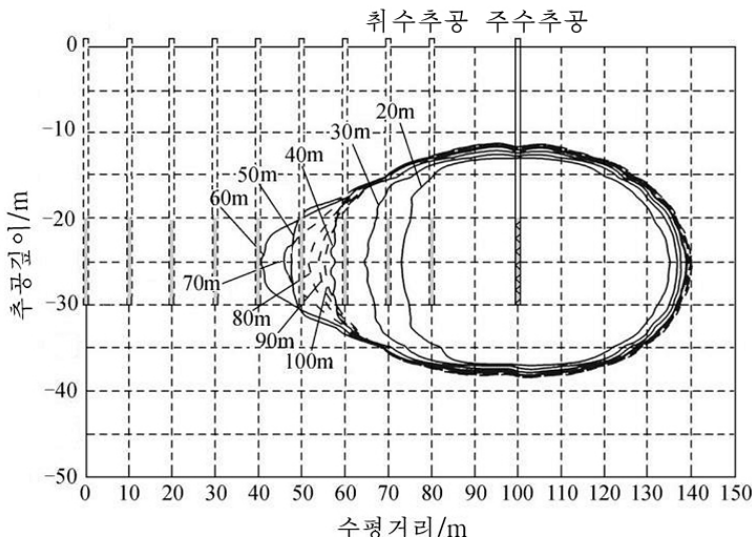


그림. 각이한 추공들사이의 거리에 따르는 열영향범위(수직자름면)

그림에서 보는바와 같이 취수추공과 주수추공사이의 거리가 가까울수록 열영향범위는 넓고 멀수록 좁아진다. 취수추공과 주수추공사이의 거리가 $20\sim 60\text{m}$ 일 때 열영향반경은 $27\sim 58\text{m}$ 정도로써 열평형파괴현상이 심하게 나타나지만 $60\sim 100\text{m}$ 일 때 열영향반경은 $44\sim 58\text{m}$ 로서 열평형파괴현상이 약하거나 거의 나타나지 않는다.

여름철 펌방기간을 92d로 정하고 각이한 추공들사이의 거리에 따르는 취수추공에서의 지하수온도변화특성을 모의평가하였다.

모의결과 추공들사이의 거리가 20, 30, 40, 50, 60m일 때 취수추공에서 출수되는 지하수의 온도는 25.23, 22.91, 20.19, 18.87, 16.37℃로서 추공들사이의 거리가 가까울수록 열평형파괴현상이 심하게 나타난다는것을 알수 있다.

그러므로 연구지역의 수문지질학적조건과 모의결과로부터 취수추공과 주수추공사이의 거리는 60m로 하는것이 합리적이다.

맺 는 말

연구지역의 지질 및 수문지질상태를 고려하여 추공들사이의 열평형파괴현상을 줄이면서도 지열펌난방에 필요한 지하수의 량과 온도를 보장하자면 취수추공과 주수추공사이의 거리를 60m로 정하여야 한다.

참 고 문 헌

- [1] W. Ruhaak et al.; Advances in Water Resources, 31, 5, 513, 2008.
- [2] 薛禹群; 地下水流数值模拟, 科学出版社, 87~125, 2007.

주체107(2018)년 1월 5일 원고접수

Thermal Transfer Characteristics of Groundwater Related to the Interval Between Pumping and Injecting Boreholes

Jon Kwang Su

The reasonable interval between pumping and injecting boreholes should be 60m in consider of the research regional hydro-geological condition and operation process of the GWHP system.

Key words: pumping borehole, injecting borehole, groundwater thermal transfer