

지하수를 리용한 물놀이장의 열보장에서 제기되는 열손실량과 열부하계산방법

전광수, 리길상

위대한 령도자 김정일동지께서는 다음과 같이 지적하시였다.

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

겨울철에도 물놀이장을 정상적으로 운영하기 위하여서는 열보장대책을 철저히 세워야 한다.

론문에서는 지하수를 리용한 물놀이장의 열손실량계산과 그것에 따르는 열부하계산방법을 제기하고 함흥지역에 건설되는 물놀이장운영에서 제기되는 열손실량과 열부하를 계산하였다.

1. 실내물놀이장 및 물에뛰어들기수조의 열손실량계산

물놀이장의 총열손실량은 수면증발열손실량, 대류열손실량, 물놀이장바닥과 벽체를 통한 전도열손실량과 보충수가열에 소모되는 열량들을 더하는 방법으로 계산할수 있다.[1, 2]

$$Q_{\text{손실}} = Q_{\text{EV}} + Q_{\text{CV}} + Q_{\text{cd}} + Q_{\text{b}}$$

여기서 Q_{EV} 는 물놀이장수면증발열손실량, Q_{CV} 는 수면대류열손실량, Q_{cd} 는 물놀이장바닥과 벽체를 통한 전도열손실량, Q_{b} 는 보충수가열에 소모되는 열량이다.

수면증발열손실량은 다음의 식으로 계산한다.

$$Q_{\text{EV}} = r(0.0174v + 0.0229)(P_w - P_a)F \frac{760}{B} \quad (1)$$

여기서 r 는 물놀이장물의 증발잠열(물온도가 27°C인 경우 2 431.2kJ/kg), v 는 물놀이장수면에서의 바람속도(실내 0.2~0.5m/s, 야외 2~3m/s), P_w 는 물놀이장물온도와 같은 포화공기의 수증기분압(온도가 27°C인 경우 3 559.11Pa), P_a 는 공기의 수증기분압(온도가 27°C인 경우 1 772.89Pa), F 는 물놀이장수면의 면적, B 는 해당 지역의 대기압이다.

연구지역 실내물놀이장(100m²)과 물에뛰어들기수조(375m²)의 수면증발열손실량을 계산하면 다음과 같다.

$$\begin{aligned} Q_{\text{EV}} &= 2\,431.2 \times (0.0174 \times 0.5 + 0.0229) \times (3\,559.11 - 1\,772.89) \times 475 \times 760 / (760 \times 133.3) = \\ &= 490\,042.88(\text{kJ/h}) = 136.12(\text{kW}) \end{aligned}$$

수면대류열손실량은 다음의 식으로 계산한다.

$$Q_{\text{CV}} = 4.187\alpha F(t_w - t_a) \quad (2)$$

여기서 α 는 수면열교환계수, 9.304W/(m²·°C)를 근사사용할수 있다. t_w 는 물놀이장의 물온도, t_a 는 물놀이장내부의 공기온도이다.

연구지역 실내물놀이장과 물에뛰여들기수조의 수면대류열손실량은 다음과 같다.

$$Q_{CV} = 4.187 \times 9.304 \times 375 \times (27 - 20) = 102\,259.101(\text{kJ/h}) = 28.41(\text{kW})$$

물놀이장밀바닥과 벽체를 통한 전도열손실량은 다음의 식으로 계산한다.

$$Q_{cd} = 4.187K(F_w + F_b)(t_w - t_t) \quad (3)$$

여기서 K 는 물놀이장밀바닥과 벽체의 열전달계수로서 토양과 접촉하는 경우에는 $K=1.163\text{W}/(\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C})$ 이고 공기와 접촉하는 경우에는 $K=2.326 \sim 5.815\text{W}/(\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C})$ 이다. 그런데 물놀이장의 벽체가 두꺼운 경우에는 최소값을 취하고 반대인 경우에는 최대값을 취한다. F_w , F_b 는 물놀이장벽체와 밀바닥의 면적이다.

연구지역 실내물놀이장과 물에뛰여들기수조의 밀바닥과 벽체를 통한 전도열손실량은 다음과 같다.

$$Q_{cd} = 4.187 \times 1.163 \times 240 \times (27 - 5) = 25\,710.86(\text{kJ/h}) = 7.14(\text{kW})$$

보충수가열에 소모되는 열량은 다음의 식으로 계산한다.

$$Q_b = \frac{C\gamma V_b(t_w - t_b)}{\tau} \quad (4)$$

여기서 C 는 물의 비열, γ 는 물의 밀도, V_b 는 보충수량, t_b 는 보충수의 온도(겨울철 가장 낮은 물온도), τ 는 가열시간으로서 보충수탱크 혹은 수평못을 리용하여 물놀이장에 자동적으로 물이 보충되는 경우에는 $\tau=24\text{h}$ 로 취한다.

연구지역 실내물놀이장과 물에뛰여들기수조에 필요한 보충수가열에 소모되는 열량을 계산하면 다음과 같다.

$$Q_b = 4.187 \times 1\,000 \times 80 \times (27 - 10) / 24 = 237\,263.33(\text{kJ/h}) = 65.90(\text{kW})$$

따라서 총열손실량은 다음과 같다.

$$Q_{\text{손실}} = 136.12 + 28.41 + 7.14 + 65.90 = 237.57(\text{kW})$$

2. 실내물놀이장 및 물에뛰여들기수조에 대한 열부하계산

연구지역 물놀이장봉사건물들의 난방에 필요한 열부하는 $Q_1=150\text{kW}$ 이고 샤워용수가열에 필요한 열부하는 $Q_2=269.51\text{kW}$ 이다.

순환수량은 시간당 리용되는 물총체적의 10%로 하여야 한다. 따라서 순환수량이 $105\text{m}^3/\text{h}$ (물에뛰여들기수조 $95\text{m}^3/\text{h}$, 실내물놀이장 $10\text{m}^3/\text{h}$)이고 $\Delta t=3^\circ\text{C}$ 이므로 순환수가열에 필요한 열부하는 다음과 같다.

$$Q_3 = 105 \times 3 / 0.86 = 366.27(\text{kW})$$

매일 물놀이장에서 리용되는 물총체적의 3~5%의 물을 새로 보충하여야 한다. 따라서 보충수량이 $2.19\text{m}^3/\text{h}$ (물에뛰여들기수조 $1.98\text{m}^3/\text{h}$, 실내물놀이장 $0.21\text{m}^3/\text{h}$)이므로 보충수가열에 필요한 열부하는 다음과 같다.

$$Q_4 = 2.19(27 - 10) / 0.86 = 43.29(\text{kW})$$

따라서 연구지역 물놀이장의 총열부하는 다음과 같다.

$$Q_{\text{부하}} = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 = 150 + 269.51 + 366.27 + 43.29 = 829.07\text{kW}$$

그러므로 출력이 $1\,000\text{kW}$ 인 열펌프를 리용하면 물놀이장에 요구되는 열량을 보장할 수 있다.

3. 연구지역의 수문지질조건과 지하수보장대책

연구지역 물놀이장은 성천강중류의 좌안에 위치하고있다. 연구지역에는 제3기 니암층 위에 제4기 하상층적층이 쌓여있는데 그 두께는 15~25m이다. 연구지역 제4기층의 자름면을 보면 맨위에 모래층 10m, 자갈층 9.5m이고 그아래에 니암풍화대가 놓여있다. 정수위는 8.8m이고 러과결수는 157m/d이다. 지하수의 물온도는 여름철에는 13℃이고 겨울철에는 10~11℃이다.

연구지역 물놀이장열보장에 필요한 지하수량을 보장하기 위하여 취수구조물을 집단쥬장형식으로 설계하였다.

물놀이장으로부터 50m, 성천강으로부터 150m 떨어진 곳으로부터 17.5m 깊이의 쥬장을 강쪽으로 15m 간격으로 4개 그리고 거의 수직되게(도로에 평행되게) 20m 간격으로 4개를 집단쥬장형식으로 배치하였다. 취수되는 물량은 160m³/h인데 양수시험결과에 의하면 물량변화가 거의 없다. 따라서 물놀이장열보장에 필요한 지하수를 충분히 보장할수 있다.

맺 는 말

함흥 실내물놀이장과 물에뛰여들기수조의 열보장에서 제기되는 열손실량과 그에 따르는 열부하량을 계산하여 요구되는 열뽼프를 선택하고 지하수량을 확정할수 있는 근거를 마련하였다.

참 고 문 헌

- [1] 蔡义汉; 地热直接利用, 天津大学出版社, 619~628, 2004.
- [2] 木村繁男; 日本地熱学会誌, 28, 3, 315, 2006.

주제103(2014)년 6월 5일 원고접수

Method of Calculating the Amount of Heat Loss and Heat Load in the Heat Supply of Paddling Pool using Groundwater

Jon Kwang Su, Ri Kil Sang

We have established the method of calculating the amount of heat loss and heat load in the heat supply of paddling pool using groundwater and evaluated them in the paddling pool built in "Hamhung" area.

Key words: groundwater, heat loss, heat load