

댐의 심층저온수 취수시 수온 성층화 유지 조건에 대한 CFD를 이용한 분석

이진성*, 조 수**, 심경종***, 장문성****, 손장열*****

*한양대학교 대학원 건축공학과(truostar@kier.re.kr), **한국에너지기술연구원(scho@kier.re.kr),
*** (주)삼영(skj9832@paran.com), ****한국수자원공사(C1025214@hanmail.net), *****한양대학교
건축공학부(jysohn@hanyang.ac.kr)

Analysis of the Water Temperature Stratification-Maintaining Conditions Using CFD in Case of Intake of Deep, Low-Temperature Water

Lee, Jin-Sung* Cho, Soo** Sim, Kyung-Jong*** Jang, Moon-Soung**** Sohn, Jang-Yeul*****

*Dept. of Architecture Engineering, Graduate School, Hanyang University(truostar@kier.re.kr),
Korea Institute of Energy Research(scho@kier.re.kr), *Samyoung CO. Ltd(skj9832@paran.com)
**** Korea Water Resources Corporation(C1025214@hanmail.net)
*****Dept. of Architectural Engineering, Hanyang University(jysohn@hanyang.ac.kr)

Abstract

This study was conducted to forecast inner water temperature strata change by extracting deep water from a dam. For the methodology, the scope wherein the balance between the volume of low-temperature water intake through the virtual water intake opening as installed within the stored water area and the volume of water intake from the surrounding area is not destroyed was calculated through the CFD simulation technique using the computational fluid dynamics(CFD) interpretation method. This study suggested a supplementary method (diffuser) to avoid destroying the water temperature strata, and the effect was reviewed. In case of intake of the same volume, when the velocity of flow of water intake is reduced by increasing the pipe diameter, the destruction of water temperature strata can be minimized. When the area (height) where the intake of water is possible is low, a diffuser for interrupting the vertical direction inflow should be installed to secure favorable water intake conditions in case of water intake on the upper part. This study showed that there was no problem if the intake-enabled, low-temperature area was secured approximately 10m from the bottom when the scope that does not destroy the water temperature strata in case of water intake was forecast using the regression formula.

Keywords : 댐(Dam), 성층화(Stratification), CFD(Computer Fluid Dynamic), 심층저온수(Deep Cold Water), 디퓨저(Diffuser)

투고일자 : 2009년 2월 17일, 심사일자 : 2009년 2월 23일, 게재확정일자 : 2009년 4월 27일
교신저자 : 이진성(truostar@kier.re.kr)

1. 서 론

1.1 연구의 배경 및 목적

기존 건축물 에너지 소비 비율 중 난방이 차지하고 있는 부분이 월등하였으나 지구온난화의 영향으로 인한 평균기온의 상승과 고기밀·고단열화와 내부 발열량 증가에 따른 건물 내부 온도상승, 거주자의 쾌적 요구조건 증가 등으로 인하여 냉방에너지에 대한 수요가 지속적으로 증가(김지혜, 2006)하고 있다. 상기된 에너지위기에 대한 대응, 환경오염의 방지, 거주자 요구성능치의 향상 등의 이유로 인해 건축물에서 신재생에너지 및 미활용에너지의 활용에 대한 관심과 대책이 마련되고 있다. 이러한 움직임의 일환으로 선진국에서는 호수와 해수가 보유하고 있는 저온의 심층수를 건물의 냉방을 위한 냉열에너지원으로 활용하는 방안에 대한 연구 및 실용화가 이루어지고 있으나 국내의 경우 기술적, 경제적 제한으로 인하여 에너지원에 대한 대상 확대 및 연구가 극히 드물며 활용에 필요한 기반 연구가 아직 부족한 것이 현재의 실정이다. 해수와 호수 및 하천수 등의 자연수를 이용한 냉난방 방식은 화석에너지를 대체할 수 있는 냉난방에너지원으로 인식되고 있으며 일본 등에서는 기후변화협약에 대응할 수 있는 기술로 각광받고 있다.

1.2 연구의 필요성

외기온 및 수심에 의해 변동하는 연직 수온분포 상황 하에서 댐에 의해 인공적으로 생성된 호수의 심수층 영역에 존재하는 저온수를 냉방시스템의 냉열원으로 활용(John J, 2005)하기 위해서는 수온의 성층화를 파괴하지 않는 한계 취수가능 수량을 확인해야만 한다.

해수 및 규모가 큰 호수의 경우 수온약층을 경계로 하부에 존재하는 심수층의 영역의 크기, 즉 바닥면으로부터의 높이가 높기 때

문에 취수시 심수층의 상부에 존재하는 수온약층 영역대의 물이 혼합되어 취수될 가능성이 줄어들게 된다. 하지만 본 연구의 대상이 되는 댐 저장수의 경우 수심확보에 한계가 있으며 이에 따라 심수층 영역의 크기 역시 소규모로 나타나게 된다. 냉방시스템 운전을 위해 취수량을 일정 규모 이상으로 증가시킬 경우 상부에 존재하는 수온이 높은 수온약층 구역의 물이 취수될 수 있으며 이는 열교환기의 운전 효율 감소 및 보조냉열원 장치 추가 설치 및 설비 기기의 담당 부하량 증가 등의 문제를 발생시킬 수 있다.

또한 대상온도를 갖고 있는 저온수 영역의 수량을 모두 냉방열원으로 이용할 수 없으며 취수관의 관경 및 취수 속도 등의 조건 변화에 의해 수온의 성층화가 파괴될 수 있기 때문에 각 조건별 취수 가능량을 사전에 파악해야만 한다.

따라서 본 연구에서는 냉방기에 주로 활용될 저온수의 연직방향으로 수온이 층상으로 분포하는 것(이성, 2005)을 근거로 하여 취수가 가능한 파이프의 직경과 설치위치 문제점 해결방안에 대한 연구를 수행하였다.

이를 위해 전산유체 해석기법을 활용하여 저장수 영역내에 설치된 가상의 취수구를 통해 취수되는 저온수의 양과 주변부로부터 유입되는 양의 균형이 파괴되지 않는 범위를 CFD 시뮬레이션 기법을 통해서 산정하였다. 또한 수온성층을 파괴하지 않기 위한 부가적인 방법을 제안하였으며 그에 대한 효과를 검토하였다.

2. 전산유체해석을 활용한 취수 가능수량 파악

2.1 전산유체 모델 개요

본 연구에서는 댐의 심층수 추출로 인한 내부 수온층의 변화를 예측하기 위하여 수치해석 모델을 설정하고 심층수의 배출 속도에 따

큰 댐 내부 수온층의 변화를 파악하기 위해 수치해석적 방법을 이용하여 접근하였다. 사용된 수치해석 상용프로그램은 2D/3D의 복잡한 형상을 갖는 공간에서의 열전달, 공기유동, 상변화 및 화학반응에 관련된 유동현상을 수치적으로 해석하기 위해 활용빈도가 높은 전산유체역학(CFD : Computational Fluid Dynamics) 해석 프로그램인 Fluent Ver 6.3을 이용하였다. Fluent는 FVM/FEM용 Solver로 프로그램 내에서 해석과 후처리 작업(post-processing)이 용이해 많이 이용되고 있다. 시뮬레이션을 작업의 전처리 단계(pre-processing)로는 Catia와 Solidworks 등의 3차원 모델링 프로그램을 이용하거나 Gambit을 이용하여 모델링을 하고 Gambit, Tgrid, Hypermesh 등의 Mesh프로그램을 이용하여 Mesh 작업을 한다. 또한 Fluent에서 경계조건을 입력하기위해 Gambit에서 Boundary Type을 지정하도록 한다. Fluent에서는 앞의 일련의 과정을 통해 얻어진 DATA를 불러들여 물성치와 여러 가지 경계조건을 설정하여 Solving 작업을 시행한다. Solving 작업으로 얻어진 데이터를 이용하여 후처리 작업(Post-processing)을 하는데 Fluent에 내장되어 있는 기능을 이용하거나 Tecplot, Fieldview와 같은 전문 후처리 프로그램을 이용하여 Solving 결과물을 재가공하여 이용하게 된다.

2.2 난류모델의 설정

난류유동은 매우 불규칙하고 비정상 3차원 거동을 하므로 난류유동과 관련된 유동현상을 수치적으로 정확하게 예측은 어렵다. 난류운동량 방정식을 산출하기 위해 층류운동량 방정식을 시간에 따라 평균하면 레이놀즈 응력(Reynolds stress)항이 나타나게 된다. 이 레이놀즈 응력을 해결하기 위해 여러 난류 연구자들은 레이놀즈 응력을 가정(postulations)하여 모델링(modeling)하였다. 본 시뮬레이션에서 사용되는 표준형 k-ε 모델(Laundser & Spalding, 1974)은 이미 여러 형태의 유동과

열전달 현상의 해석에 대중적으로 이용되어 왔으며, 광범위한 난류유동에 대해 경제적이면서 신뢰성을 가지고 있는 모델이다.

본 논문에서는 일반적으로 잘 알려진 k-ε 모델에 적용하여 시뮬레이션을 실시하였다.

2.3 지배방정식 선정

본 연구에서는 댐에 의해 인공적으로 저장되어 있는 물의 유동특성 해석을 위하여 유동현상을 기술하는 지배방정식에 대하여 정상상태 비압축성 난류유동으로 가정하였다. 이에 다음과 같은 보존방정식을 설정하였고 난류 모델로는 표준 k-ε 난류모델을 선택하였다.

선정된 지배방정식은 다음과 같다.

가) 연속방정식

$$\frac{\partial}{\partial x_i}(\rho u_i) = 0 \quad (1)$$

나) 운동량 방정식

$$\frac{\partial}{\partial x_i}(\rho u_j u_i) = -\frac{\partial p}{\partial x_i} + \frac{\partial \tau_{ij}}{\partial x_i} + S_u \quad (2)$$

다) 난류에너지 방정식

$$\frac{\partial}{\partial x_j}(\rho u_j k) = \frac{\partial}{\partial x_j}(\mu + \frac{\mu_t}{\sigma \epsilon}) \frac{\partial \epsilon}{\partial x_j} + \mu_t G - \rho \epsilon \quad (3)$$

라) 에너지 방정식

$$\frac{\partial}{\partial x_j}(\rho u_j C) = \frac{\partial}{\partial x_j}(\frac{\mu}{Pr} + \frac{\mu_t}{Pr_t}) \frac{\partial T}{\partial x_i} + S_T \quad (4)$$

3. 시뮬레이션 방법

3.1 모델링 구성

Fluent를 이용하여 시뮬레이션을 수행하기 이전 작업으로 전처리 단계(pre-processing)로 Gambit Ver.2.1을 이용하여 댐저장수의 형상을 20m×20m×10m(가로×세로×높이)의 육면체의 탱크 형상으로 그림 1과 같이 모델링 하였다.

취수 용량 및 파이프의 관경은 현재 설치되어 운영되고 있는 해수 및 호수의 저온수를 이용하는 냉방시스템 용량 대비 파이프의 관경, 취수량 구성 등의 기존의 자료에 의거하여 선정하였다.

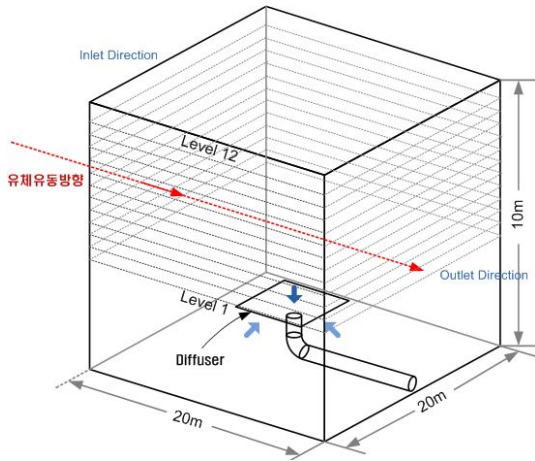


그림 1. 모델 형상 및 온도 레벨 구획

선정된 취수용량은 분당 60톤으로 설정하였으며 취수파이프의 관경은 1,000mm와 1,600mm 두개의 타입으로 선정하였다. 취수용량은 고정되어 있기 때문에 관경의 증감에 따라 유속이 변경되는 형태로 구성된다.

표 1. 취수용량 및 파이프 사양

유 량 [ton/min]	관 경 [mm]	유 속 [m/s]
60	1,000	1.27
	1,600	0.32

취수구 말단의 형태(취수구 방향)는 취수 파이프가 저장수의 바닥에 위치하기 때문에 바닥면에 쌓여 있는 오염물질이 유입될 가능성이 있다. 이러한 문제점 제거 및 취수방향이 Inlet방향과 동일 방향일 때 발생할 수 있는 시뮬레이션상의 외란을 제거하기 위해 상부 방향에서 취수하는 형태로 구성하였다.

파이프 취수방향의 반대편 전체 면을 물이

유입되는 Inlet으로 설정하였으며 물을 취수하는 파이프를 Outlet으로 선정하였다. 파이프의 설치 위치는 모델링 가로, 세로 방향의 중앙점에 위치시켰으며 물의 흐름방향과 취수방향을 동일하게 설정하여 중심부터 한쪽 끝 단면까지 배관형상을 모델링하였다.

3.2 모델링 구성 변경 조건

기본적인 모델링 형태에 취수구의 높이를 변경시켰을 때 발생하는 수온 성층변화를 확인하기 위하여 두개의 관경에 각각 취수구 말단의 바닥면으로부터 이격 거리를 다르게 구분하여 분석을 실시하였다. 또한 수직방향의 취수구 형태로 인하여 발생하는 상층부의 직접유입을 차단하기 위한 제안으로 취수구 말단의 상부에 관형태의 구조물(Diffuser)을 설치하는 모델을 추가로 구성하였다.

표 2. CFD 모델링 조건

구분	관 경 [mm]	바닥면으로부터 취수구 말단 높이[mm]	수직 방향 취수방지 장치
case-1	1,000	3,000	무
case-2	1,000	4,000	
case-3	1,600	3,000	
case-4	1,600	4,000	
case-5	1,000	3,000	유
case-6	1,000	4,000	
case-7	1,600	3,000	
case-8	1,600	4,000	

각 모델링 조건에 따라 표 2와 같이 수직방향 취수방지 장치(Diffuser)의 유무, 관경, 바닥면으로부터의 취수구 말단 이격거리에 따라 8개의 Case를 나누어 시뮬레이션 분석을 실시하였다.

3.3 경계조건 구성 변경 조건

(1) 해석 대상의 입력 경계조건

본 연구에서는 댐 저장수 내부의 유동층과 비슷한 온도층을 형성하기 위해 모델링 형상의 윗면과 아랫면을 Boundary Type에서 Top

Wall과 Bottom Wall로 지정하고 그림 2와 같이 12개의 층으로 구분하였으며 구분된 층별로 온도를 다르게 설정하였다. 온도조건은 하계 연직 수온분포 변동양상을 근거로 하였으며 제일 낮은 레벨의 온도는 5°C로 설정하였다. 레벨이 증가할 때마다 0.2°C의 온도상승 조건으로 최고 레벨인 12에서는 7.2°C로 수온의 경계조건을 입력하였다. 레벨 1의 하단부는 파이프가 설치된 구역으로 높이를 크게 설정하였다. 모든 층의 유입 속도는 0.01m/s로 동일하다.(표 3참조) 이는 시뮬레이션 수행시에 Inlet 방향에서 유입되는 물의 속도를 경계조건을 설정하지 않을 경우 원활한 해석이 불가능함에 따라 Inlet부의 유입속도를 0.01m/s로 일정하게 유입시켰다. 또한 Outlet은 압력에 의한 자연적인 유출로 경계조건으로 설정하였다.

표 3. 유입, 유출 경계 조건

Inlet Velocity (m/s)	Outlet	Pump(취수구 유입속도) (m/s)	
		관경	
0.01	Pressure -Outlet	1,000mm	1.27
		1,600mm	0.32

취수구의 경계조건은 동일한 수량을 취수하는 방식이기 때문에 관경에 따라서 유량(Q)을 면적(A)으로 나누어 유속(V)을 구하였다. 관경별 유속은 표 3에 나타내었다.

전술한 바와 같이 다양한 모델링과 경계조건에 의해 대상 모델링 구역에서의 온도분포를 3D 수치해석을 통하여 결과를 가시화하고 분석하고자 하였다.

(2) 수직유입 방지 장치(Diffuser) 모델링

취수구 상부의 직접 취수로 인한 성층과파를 차단하기 위하여 취수구 말단에 저온수의 Diffuser를 설치한 모델을 제안하여 추가로 구성하였다. 장치의 크기는 가로, 세로 각각 2,000mm 크기의 정사각형 형태이다.

Diffuser를 얇은 판의 형태로 설치했을 때 나

타날 수 있는 와류발생을 제거하기 위하여 두께를 500mm로 설정하였다. 장치의 취수구로부터의 이격거리는 취수구와 바닥면의 이격거리와 상관없이 취수구말단으로부터 2,000mm로 일정한 이격거리를 두었으며 취수구 중심에 Diffuser의 중심을 맞추도록 구성하였다.

(3) 격자망 구성

전처리(pre-processing) 프로그램인 Gambit을 이용하여 전체 해석 대상을 사각 정렬 격자로 형성하였다. 사용된 격자수는 취수구의 높이, Diffuser의 설치에 따라 적정 격자수가 다르게 나타났으며 평균적으로 약 475,000개 가량을 나타내었다.

4. 결과 및 분석

4.1 취수관경 및 높이별 수온 성층 변화

동일한 연직 수온분포를 나타내고 있을 때 관경의 변화에 따라 발생하는 수온층 변화양상을 파악하기 위하여 CFD 시뮬레이션을 실시하여 분석을 하였다.

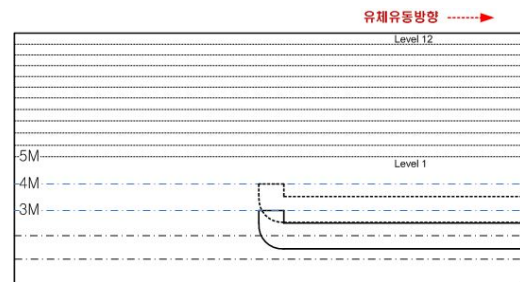


그림 2. 취수 높이 변화

취수 관경의 크기는 2가지 조건으로 분류하여 시뮬레이션을 실시하였다. 그림 2와 같이 동일한 5°C의 수온영역인 Level 1에 파이프가 설치되며 바닥면으로부터 3m와 4m 떨어진 지점을 취수구 말단 위치로 변경하며 시뮬레이션을 실시하였다. 또한 취수구의 관경을 1,000mm와 1,600mm로 구분하여 분석하였다.

(1) 상향 개방 취수 방식

그림 3은 취수구를 상부 개방한 상태와 Diffuser를 설치했을 때의 각 케이스별 수온분포를 나타낸 그림이며 수온 분포 확인 지점은 취수파이프를 기준축으로 하여 수직단면(취수파이프 종단면)을 나타낸 것이다.

취수구의 말단높이가 3m일 때 관경 1,000mm(case 1)의 경우는 취수구의 유입속도가 관경 1,600mm(case 3)에 비해 높기 때문에 상층부 전체가 구획된 층별로 온도변화가 모두 발생되며 취수구 방향쪽으로 급격하게 수온

이 상승하는 것을 확인할 수 있다. 또한 취수구를 지난 이후 상부 방향으로 저온의 물이 이동하고 있으며 하부쪽으로 취수파이프 하단부까지 5.6℃의 수온을 나타내는 물이 유입되는 것으로 나타났다. 취수구 말단의 높이를 바닥면으로부터 4m 이격시 발생하는 수온층 변화를 그림 3(c)와 (d)에 나타내었다. 바닥으로부터 3m에 취수구를 설치했을 때 1,000mm(case 1) 관의 경우 모델링의 하단부까지 확대되던 상층부의 수온확대 현상이 4m(case 2)) 지점 취수시에는 발생하지

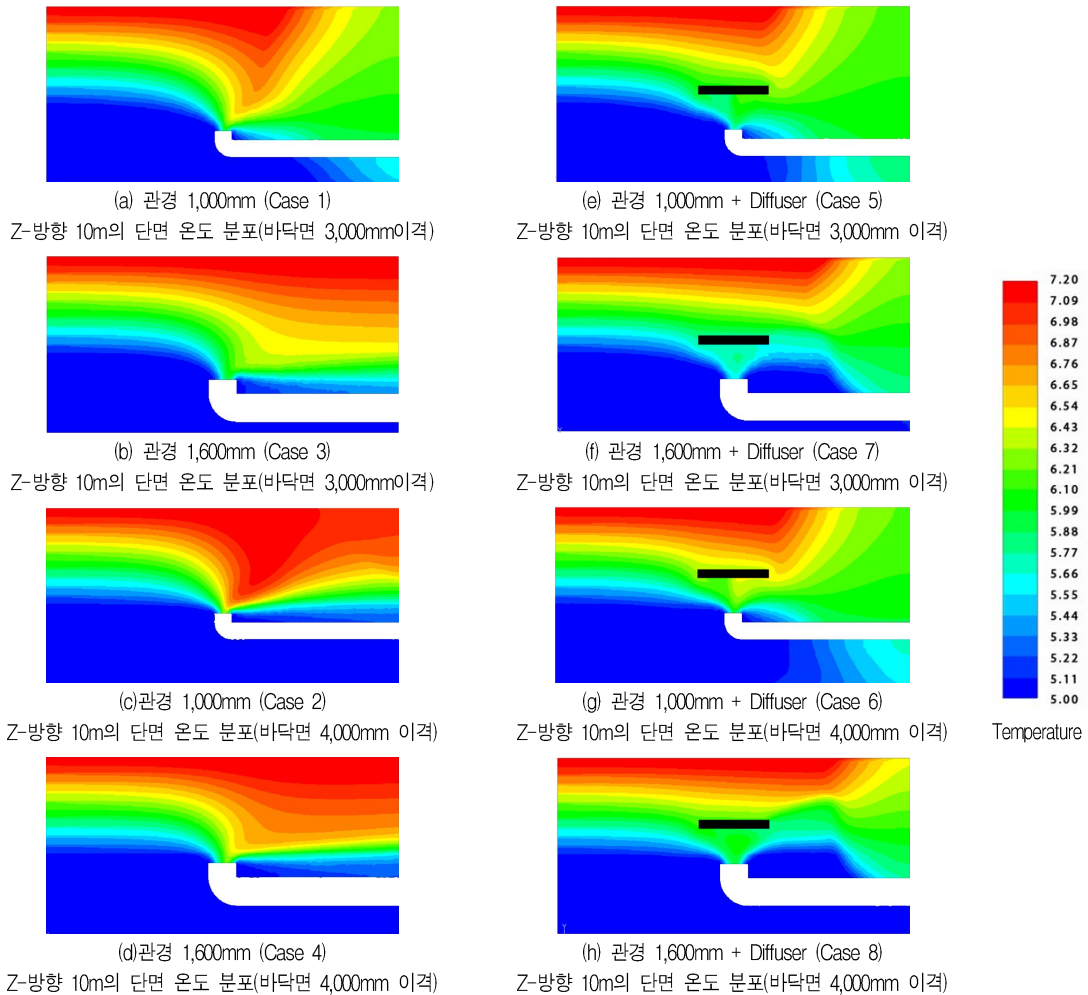


그림 3. 취수파이프 기준 종단 방향의 10m의 단면 온도 분포

않았다. 반면 Level 12의 수온 7.2°C의 영역이 취수구 말단까지 확대되는 현상을 나타냈다. 이는 취수구의 영향이 하단부를 확대되던 수온층 변화를 상쇄시켜 나타난 현상이라 판단된다. 1,600mm관의 경우 높이 3m(case 3) 취수와 4m(case 4) 취수간의 수온 분포상에 큰 변화가 발생하지 않음을 확인하였다. 취수구의 위치가 상부로 올라갈수록, 취수구의 흡입유속이 빠른 1,000mm 관경을 채용했을 때 취수구 상단의 수온층이 파괴되는 경향이 뚜렷하게 나타났다.

(2) 수직 취수방지장치(Diffuser) 방식

전술된 취수 높이 및 취수구의 유입속도만을 변화시킨 모델링 구성을 시뮬레이션 한 결과를 살펴보면 대소의 차는 있으나 취수구의 수직 상부를 기준으로하여 수온의 성층이 급격하게 파괴되는 것을 확인하였다.

이러한 문제 해결책으로 취수구의 수직상부에서의 직접 유입을 방지하기 위해 판형 Diffuser에 대한 모델링을 추가하여 수직 상부의 직접 유입을 방지했을 때 나타나는 수온층 변화를 확인하였다. 배관 크기와 유입높이 변화는 기존 모델링과 동일하게 구성하였다.([그림 3 e-h] 참조) Diffuser의 설치 위치는 바닥면 기준으로 설치되지 않고 취수구 말단을 기준으로 설치하였다. 따라서 취수구 말단의 높이가 3m일 경우 방지장치의 높이는 5m이며 취수구 말단높이가 4m일 경우에는 6m 위치에 설치되는 구조이다. Diffuser 설치시 취수구 상부의 물이 취수구로 직접 유입되는 현상이 발생하지 않았으며 수온층이 Inlet 경계조건과 유사하게 수평방향으로 이동하는 것을 확인할 수 있다. 관경 1,600mm에서 취수구 말단상에 저유속에 대한 영향으로 더 낮은 수온 영역을 취수할 수 있는 것으로 나타났다. 그림 3(e)와 (f)는 취수구 높이 3m의 수온층 변화 양상이며, 그림 6(g)와 (h)는 취수구 높이 4m 일때의 변화양상을 나타낸 것

이다.

직접 취수방식에 비해 상대적으로 상부 수온층이 취수구로 직접 유입되는 현상이 현저히 감소하였다. 그러나 관경변화에 따른 취수구 유속차로 인하여 1,000mm 관경 모델에서 취수구 쪽으로 고온의 수온층 영역이 확대됨을 확인할 수 있다. Diffuser의 추가로 인해 취수구 후단 부분에 유체의 성층이 불규칙해지는 현상이 나타났지만 이는 취수구를 기준으로 수온성층을 파악하는 것이기 때문에 문제가 없으며 초기 경계조건인 Inlet의 유속에 기인한다고 판단된다.

4.2 케이스별 취수 가능 영역 분석

각 케이스별 수평면 온도변화를 이용하여 바닥으로부터의 높이가 증가하였을 때 나타나는 상층부의 수온 변화양상을 회귀식을 통하여 예측하였다. 취수구 수직 상부의 온도만을 이용하였으며 전술된 취수구를 기준으로 하여 바닥으로부터 5m와 7m지점의 온도와 초기온도조건인 0~5m 지점의 수온인 5°C를 이용하여 높이 변화에 따른 온도 변화 회귀식을 표 4와 같이 모델별로 산출하였다.

표 4. 모델별 수온 변화 회귀식

구분	회귀식
Case 1	$y = 4.0773x - 20.453$
Case 2	$y = 3.7342x - 18.753$
Case 3	$y = 3.9089x - 19.279$
Case 4	$y = 4.3447x - 21.773$
Case 5	$y = 4.4793x - 22.228$
Case 6	$y = 4.3857x - 22.010$
Case 7	$y = 5.2800x - 25.959$
Case 8	$y = 5.1290x - 25.706$

표 5는 표 4의 회귀식을 이용하여 바닥면으로부터의 높이와 모델별 예상온도를 케이스별로 나타낸 것이다. 초기 경계조건의 수온 범위를 초과하지 않는 수심이 수온층을 파괴하지 않는 영역이 되며 Diffuser를 적용한 모델에서 취수가 가능 영역의 축소를 이루는

데 유리한 것으로 나타났다. Case 7과 8이 취수 대상이 10m 이상을 유지할 수 있다면 수온의 성층이 파괴되지 않는 가장 좋은 모델로 나타났다. 나머지 Case는 그이상의 대상영역을 확보해야만 저온수를 취수할 수 있다.

표 5. 바닥면으로부터의 높이와 모델별 예상온도

높이 [m]	케이스별 예상온도[°C]								
	경계 조건	Case1	Case2	Case3	Case4	Case5	Case6	Case7	Case8
5	5.00	6.24	6.36	6.21	6.16	6.08	6.16	5.86	5.99
6	5.40	6.49	6.63	6.47	6.39	6.30	6.39	6.05	6.18
7	5.80	6.73	6.90	6.72	6.62	6.53	6.61	6.24	6.38
8	6.20	6.98	7.16	6.98	6.85	6.75	6.84	6.43	6.57
9	6.60	7.22	7.43	7.23	7.08	6.97	7.07	6.62	6.77
10	7.00	7.47	7.70	7.49	7.31	7.19	7.30	6.81	6.96
11	7.40	7.71	7.97	7.75	7.54	7.42	7.53	7.00	7.16
12	7.80	7.96	8.24	8.00	7.77	7.64	7.75	7.19	7.35
13	8.20	8.20	8.50	8.26	8.00	7.86	7.98	7.38	7.55
14	8.60	8.45	8.77	8.51	8.23	8.09	8.21	7.57	7.74
15	9.00	8.70	9.04	8.77	8.46	8.31	8.44	7.76	7.94

5. 결 론

본 연구에서는 저온수를 보유하고 있는 호수 등의 지형적 영역의 크기에 따른 실제 취수가능 수량을 확인하기 위하여 CFD 해석 및 결과를 분석하였다. 결과는 다음과 같다.

- (1) 하부의 침전물 유입을 방지하기 위한 상방향 취수는 취수구 수직상부의 유입을 발생시켜 성층 파괴를 쉽게 유발할 수 있다.
- (2) 동일 용량을 취수할 경우 관경을 넓게 하여 취수 유속을 감소시킬 때 수온의 성층파괴를 줄일 수 있다.
- (3) 취수가 가능한 영역(높이)이 낮을 경우 상부 취수시에는 수직방향의 유입을 차단하는 장치가 설치되어야만 유리한 취수조건을 확보할 수 있다.
- (4) 본 연구에서 적용된 취수유량인 1m³/sec의 경우 관경 1,600mm와 취수구 높이가 바닥으로부터 3,000mm이며, 수직유입방

지 장치를 적용했을 때 가장 안정적인 저온수의 취수가 가능하며 수온의 성층을 파괴하지 않는 범위는 회귀식을 이용하여 예측했을 때 취수가능 저온수 영역이 바닥으로부터 10m를 확보하면 문제가 없는 것으로 나타났다.

- (5) 필요 취수 용량을 충족시키며 저유속의 취수상태를 유지하기 위한 방안으로 저온수 존재 구역내에서 분산 취수를 할 경우 보다 안정적인 저온수의 취수가 가능할 것으로 예상된다.

후 기

본 연구는 한국수자원공사의 ‘대청댐 저층수 활용 지역에너지사업 타당성 조사’ 용역에 의하여 수행되었음을 알립니다.

참 고 문 헌

1. 김지혜, 서승직, 「기후온난화의 영향에 의한 건물의 냉난방에너지 수요량예측」, 한국태양에너지학회 논문집, 26(3), pp.119-125, 2007
2. 심경중, 박희문, 임현묵, 조수, 이수열, 박태진, 「수온층을 고려한 저층수 취수 기술에 관한 연구」, 대한설비공학회 하계학술 발표대회 논문집, pp.1285-1290. 2008
3. 이성, 김기철, 「건물의 냉방을 위한 해수열 취득에 관한 실험적 연구」, 한국마린엔지니어링학회지, pp.883-890, 2005
4. Fox, R. W., A. T. McDonald. 1998. Introduction to Fluid Mechanics, 5th edition, John Wiley & Sons, Inc., New York, Chichester, Weinheim, Brisbane, Toronto, Singapore, 1998
5. John J. Cruz., Sea water air conditioning for Tumon Bay, Guam, Guam power authority. 2005