실내수영장의 열, 기류 및 습도환경에 관한 연구

강 석 윤†, 이 태 구, 문 종 선, 이 재 헌*
한양대학교 대학원 기계공학과, *한양대학교 공과대학 기계공학부

A Study of Thermal, Air-flow and Humidity Conditions in an Indoor Swimming Pool

Seok-Youn Kang†, Jong-Sun Moon, Tae-Gu Lee, Jae-Heon Lee*
Department of Mechanical Engineering, Graduate School of Hanyang University, Seoul 133-791, Korea
**Department of Mechanical Engineering, College of Engineering, Hanyang University, Seoul 133-791, Korea*

(Received January 10, 2003; revision received June 26, 2003)

ABSTRACT: The thermal comfort of an indoor swimming pool is different from that of general indoor space because of the characteristics of large space and the wear conditions of swimmers. Dew condensation by humid air not only makes mold on the floor, wall and roof but also decreases the durability of buildings by penetrating into their structures. In this study, the characteristics of the flow field, the temperature field and the humidity distribution in an indoor swimming pool have been examined by the numerical method to estimate the level of thermal comfort and the generation rate of dew condensation. The results showed that the dew condensation regions were spread widely at the eastern parts of the swimming pool due to the insufficient air flow rate with low velocity and temperature. To prevent the generation of dew condensation in a region, a sufficient warm air flow rate should be supplied to make an air mixing. The values of PMV at horizontal plane of 1.5 m height have the range of $-1.0 \sim 1.2$, which means the suitable level for swimmers.

Key words: Swimming pool(수영장), Humidity(습도), Dew condensation(결로), Predicted mean vote(예상온열감)

기 호 설 명

$C_\mu, C_{1\varepsilon}$: 난류상수
$C_{2\varepsilon}, C_{3\varepsilon}$: 난류상수
D : 수증기의 확산계수 [m^2/s]
D_t : 난류확산계수 [m^2/s]
g : 중력가속도 [m/s^2]
G_b : 부력에 의한 난류생성항 [$kg/(m \cdot s^3)$]
G_k : 유동에 의한 난류생성항 [$kg/(m \cdot s^3)$]
k : 난류운동에너지 [m^2/s^2]
L : 풀 단위면적당 수증기증발량 [$kg/(m^2 \cdot s)$]
m : 절대습도 [kg/kgDA]
p : 압력 [Pa]
p_a : 실내공기의 수증기분압 [Pa]
p_s : 포화 수증기압 [Pa]
p_w : 풀의 수온과 같은 온도의 포화공기 수증기압 [Pa]
q : 단위면적당 열유속 [W/m^2]

† Corresponding author
Tel.: +82-2-2290-0425; fax: +82-2-2293-5169
E-mail address: blueyggy@hvac3.hanyang.ac.kr

r : 풀의 수온과 같은 온도의 포화수증기 증발잠열 [J/kg]
S : 급기디퓨저에서 공급되는 수증기량 [kg/s]
Sc_t : 난류 Schmidt 수, $\mu_t/\rho D_t$
T : 온도 [℃]
T_m : 공간 평균온도 [℃]
u, v, w : x, y, z 방향 공기속도 [m/s]
v_n : 면에 대한 수직방향 속도 [m/s]
v_s : 수영풀 수면풍속 [m/s]
x, z : 절대좌표계

그리스 문자

β : 체적팽창계수 [K^{-1}]
ε : 난류운동에너지 소산율 [m^2/s^3]
μ_l : 층류점성계수 [kg/(m · s)]
μ_t : 난류점성계수 [kg/(m · s)]
ρ : 공기밀도 [kg/m^3]
$\sigma_k, \sigma_\varepsilon$: 난류상수
σ_l : 층류 Prandtl 상수
σ_t : 난류 Prandtl 상수
ϕ : 상대습도 [%]

하첨자

i, j : 텐서성분

1. 서 론

기원전부터 존재해 온 수영장의 역사는 근래에 이르러 단순한 수영 등의 스포츠를 위한 체육시설로의 의미에서 종합적인 레져시설로 변모하고 있다. 따라서 수영장의 종류도 국제 수영연맹에서 규정하고 있는 경기용 정규 수영장으로부터, 지역적으로 편재해 있는 자유형 수영장, 그리고 조파풀, 서핑풀 및 스파 · 사우나 등의 레져시설이 포함된 시설로 다변화되고 있다.[1]

이러한 수영장은 그 형태 및 용도에 관계없이 대공간이라는 건축물적인 특성과 재실자가 탈의 상태에 있다는 조건 등으로 인하여 일반 실내공간과는 다른 쾌적한 환경이 필요하다. 풀에서 발생하는 다량의 수증기가 포함된 실내공기로 인한 결로(dew condensation)현상은 벽, 바닥 및 천장 등에서 곰팡이들의 발생을 유발시킬 뿐만 아니라, 건물구조체 내부로 침투하여 각 재료들의 내구성을 떨어뜨린다.

본 연구에서는 이론적 방법으로써 겨울철 실내 수영장의 기류, 온도 및 습도환경을 예측하고 수영장 이용객의 온열감과 벽면에서의 결로현상 발생에 관하여 평가하였다.

2. 수영장 실내환경

2.1 온 · 습도 및 기류조건

수영장에서의 온 · 습도 및 실내환경은 공기온도, 상대습도 그리고 풀의 수온 등으로 특징지을 수 있으며, 그 목적에 따라 Table 1과 같이 추천된다.[1] 대체적으로 보아 풀의 수온는 28℃ 전후이며, 실내공기의 온도는 30℃ 전후, 그리고 상대습도는 50~60% 범위이다. 풀 주위의 바닥에 난방을 하는 경우에는 실내온도를 2~3℃ 정도 낮추어 27~28℃로 하여도 수영객의 온열감에 큰 지장은 없다.[2] 수영장에서는 다양한 재실자의 활동량 때문에 쾌적한 기류속도를 선정하기 어려우나, 단순히 일반적인 쾌적함의 측면만을 고려한다면 약 0.15 m/s 정도가 적당하다고 알려져 있다.[3]

Table 1 Temperature and relative humidity condition of various pools

Type	Air temperature	Relative humidity	Pool temperature
Pool for general public	24~29℃	50~60%	24~29℃
Competition swimming	26~29℃	50~60%	24~28℃
Diving pool	27~29℃	50~60%	27~32℃
Pool for infirm	27~29℃	50~60%	29~35℃
Spa	27~29℃	50~60%	36~40℃

2.2 풀에서의 수분증발량

풀에서 발생되는 수분의 증발은 수영장의 구조 및 용도와 깊은 관계가 있으며, 이를 정확하게 계산하기는 불가능하다. 실용적으로는 풀 표면에서 증발되는 단위면적당 수증기증발량, L은 다음과 같이 제안되어 있다.[3]

$$L = (0.0885 + 0.0779 v_s)(p_w - p_a)/r \quad (1)$$

여기서 v_s는 풀 수면의 풍속, p_w는 풀의 수온과 같은 온도의 포화공기 수증기압, p_a는 실내공기의 수증기분압, 그리고 r은 풀의 수온과 같은 온도의 포화수증기 증발잠열이다.

또한 수영장 지붕, 벽면 및 바닥에서의 결로 발생 여부를 확인하기 위하여 이용된 상대습도, ϕ는 다음과 같이 계산된다.[4]

$$\phi = \frac{m \cdot p_a}{(0.622 + m) p_s} \times 100 \quad (2)$$

여기서 m은 절대습도, 그리고 p_s는 포화수증기압이다.

2.3 실내온열감 평가

실내수영장은 일반 실내공간과 비교하여 온도, 기류속도 및 습도의 차이가 크고 재실자의 활동량이 높은 반면, 착의량이 극도로 적다는 차이점 등의 특성이 있어 일반 사무실 기준으로는 온열감 평가가 불가능하다. 따라서 본 연구에서는 지금껏 논의된 다양한 온열감 평가기준 중 활동량과 착의량의 고려가 포함된 예상온열감(predicted mean vote, PMV)[5 7]을 이용하여 수영장 내에서의 온열감을 평가하고자 한다. 본 연구에서는 실내수영장의 특징을 고려하여 재실자의 활동량과 착의량을 각각 1.6 met(93 W/m^2)와 0.07 clo(0.011 m^2 · K/W)로 정하였다. 또한 실내수영장 벽면의 평균온도를 평균복사온도로 이용하여 예상온열감을 산정하였다.

3. 연구모델

본 연구에서는 폭 72 m, 길이 30 m, 높이 13 m 규모의 실내수영장을 연구모델로 선정하였으며 이를 Fig. 1에 나타내었다. 수영장의 1층에는 폭, 너비 및 깊이가 각각 8 m×20 m×8 m, 25 m×14 m×1.8 m 및 20 m×11 m×0.9 m인 잠수풀(diving pool), 공용풀(public pool) 및 유아풀(kids pool)이 배치되어 있으며, 수영장 서측의 잠수풀 상부 2층에는 관람객을 위한 관람석(view deck)이 있다. 수영장의 북측 벽은 공조가 이루어지는 다른 지역과 인접해 있으며, 나머지 외벽과 천장은 외기에 노출되어 있다. 또한 수영장의 원활한 환기를 위하여 상대습도 55%의 총풍량 49,000 CMH를 급기하기 위한 급기디퓨저 47개가 실내에 설치되어 있다. 유입된 공기는 수영장 1층 및 2층 천장면에 고루 위치한 각각의 단면적이 0.09 m^{2}인 17개의 배기그릴을 통하여 수영장 외부로 배출된다. 총 면적이 약 735 m^{2}인 3개의 풀에서는 154 kg/h 정도의 수증기가 증발한다. 풀을 제외한 바닥에는 맨발의 재실자가 차가운 바닥으로 인하여 느낄 수 있는 불쾌감을 감소시키고, 겨울철 발생하는 난방부하에 대비하기 위한 히팅패널(heating panel)이 바닥면 하부에 설치되어 있다.

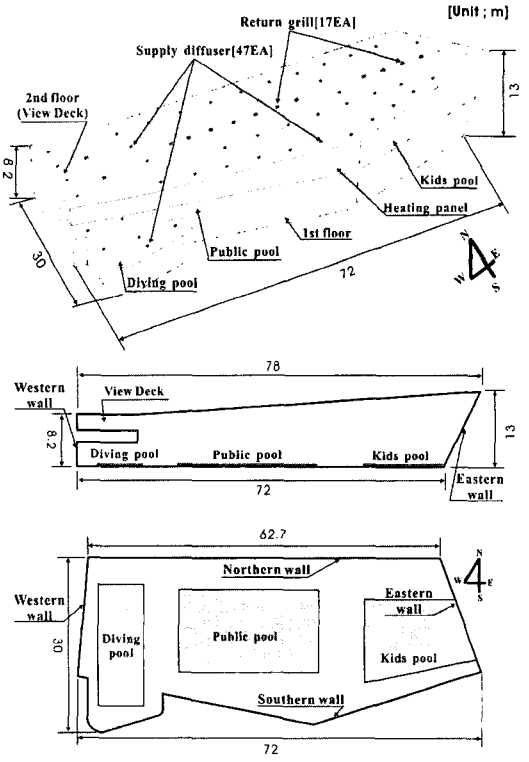

Fig. 1 Schematic of an indoor swimming pool.

4. 열 · 기류 및 습도 해석방법

4.1 지배방정식

실내수영장 내부의 열 · 기류 및 습도분포 특성을 예측하기 위하여 본 연구에서는 3차원 정상상태연속방정식, 운동량방정식, 난류운동에너지방정식, 난류운동에너지 소산율방정식, 에너지방정식 및 절대습도에 관한 보존방정식을 사용하였으며 이를 Table 2에 나타내었다. 난류모델로는 부력을 고려한 표준 $k-\varepsilon$ 모델을 사용하였으며 각 식들에서의 기호선정은 일반적인 교과서에서의 예를 따랐다. 절대습도에 관한 보존방정식에서 Sc_t는 난류에 대한 슈미트수로서 유체 내에 물질이 이동할 때의 상태를 나타내는 무차원수이고, D는 수증기의 확산계수이다.

4.2 격자계 및 경계조건

본 연구에서는 수영장 내부의 공조 상황을 모사하기 위하여 비정렬격자계를 사용하였다. 이때 사용된 제어체적의 수는 약 300,000개이며, 이의 외형을 Fig. 2에 나타내었다. 그림에 나타낸 O.P.

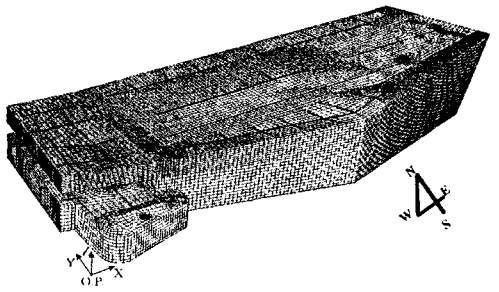

Fig. 2 Control volume of the swimming pool.

Table 2 Governing equations and model coefficients

Continuity equation ;

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

Momentum equation ;

$$\frac{\partial}{\partial x_j}(\rho u_j u_i)=-\frac{\partial p}{\partial x_i}+\frac{\partial}{\partial x_j}\left\{(\mu_l+\mu_t)\left(\frac{\partial u_j}{\partial x_i}+\frac{\partial u_i}{\partial x_j}\right)\right\}+\rho g_i\beta(T-T_m)$$

Turbulent kinetic energy equation ;

$$\frac{\partial}{\partial x_i}(\rho u_i k)=\frac{\partial}{\partial x_i}\left\{\left(\mu_l+\frac{\mu_t}{\sigma_k}\right)\frac{\partial k}{\partial x_j}\right\}+G_k+G_b-\rho\varepsilon$$

Dissipation rate equation of turbulent kinetic energy ;

$$\frac{\partial}{\partial x_i}(\rho u_i \varepsilon)=\frac{\partial}{\partial x_i}\left\{\left(\mu_l+\frac{\mu_t}{\sigma_\varepsilon}\right)\frac{\partial \varepsilon}{\partial x_i}\right\}+C_{1\varepsilon}\frac{\varepsilon}{k}(G_k+C_{3\varepsilon}G_b)-C_{2\varepsilon}\rho\frac{\varepsilon^2}{k}$$

Energy equation ;

$$\frac{\partial}{\partial x_i}(\rho u_i T)=\frac{\partial}{\partial x_i}\left\{\left(\frac{\mu_l}{\sigma_l}+\frac{\mu_t}{\sigma_t}\right)\frac{\partial T}{\partial x_i}\right\}$$

where, $\mu_t=\dfrac{C_\mu \rho k^2}{\varepsilon}$

$$G_k=\mu_t\left(\frac{\partial u_j}{\partial x_i}+\frac{\partial u_i}{\partial x_j}\right)\frac{\partial u_j}{\partial x_i},\quad G_b=\frac{\mu_t g_i \beta}{\sigma_t}\frac{\partial T}{\partial x_i}$$

$C_\mu=0.09,\ C_{1\varepsilon}=1.44,\ C_{2\varepsilon}=1.92,\ C_{3\varepsilon}=1.0$

$\sigma_k=1.0,\ \sigma_\varepsilon=0.9,\ \sigma_l=1.0,\ \sigma_t=1.0$

Humidity conservation equation ;

$$\frac{\partial}{\partial x_i}(\rho u_i m)=\frac{\partial}{\partial x_i}\left(\rho D+\frac{\mu_t}{Sc_t}\right)\frac{\partial m}{\partial x_i}$$

where, $Sc_t=0.7,\ D=2.88\times10^{-5}\ m^2/s$

Table 3 Heating loads in the swimming pool

Location	Heating load [W]
Roof	30,142
Eastern wall	6,090
Western wall	6,643
Southern wall	23,897
Floor	5,937
Infiltration	132,092
Total	204,801

(original point)는 해석모델의 원점으로서 남측벽, 서측벽 및 바닥의 교점이다.

본 연구에서 겨울철 실내수영장의 상황을 모사하기 위하여 적용한 외기의 온도 및 상대습도는 각각 −10.4℃ 및 58%이다. 또한 풀의 수온이 27℃로 유지되는 경우, 실내의 설계 공기온도 및 상대습도는 각각 28℃와 55%이다. 이와 같은 조건에서의 이론적 해석을 수행하기 위하여, 우선적으로 실내수영장에서의 겨울철 난방부하계산을 수행하였으며 그 간략한 결과를 Table 3에 나타내었다. 이를 살펴보면 전체 난방부하 중 침입외기에 의한 부하가 차지하는 비율이 상당히 높게 나타난다. 이는 수영장의 특성상 실내외의 온도차이가 큼에도 불구하고, 자연채광 혹은 건축미관을 위하여 벽체 및 천장 등의 넓은 면적을 유리로 시공함에 따른 실내수영장의 일반적인 겨울철 부하특성이라 사료된다.

이론적 해석방법 적용시 지배방정식과 함께 정의되는 경계조건은 수영장지붕, 벽면, 풀, 바닥면, 급기디퓨저 및 배기그릴에서 고려될 수 있다. 본 연구에서 고려한 수영장 북측벽은 공조가 이루어지고 있는 다른 실내공간과 인접하여 있으므로 이 부분을 통한 열출입은 고려하지 않았다. Table 3에 기술한 지붕, 측벽, 유리창, 바닥 및 침입외기 등으로 인한 난방부하는 수영장지붕, 동측, 서측 및 남측벽의 표면열유속 경계조건으로 설정되었다. 또한 풀을 제외한 수영장 바닥에는 겨울철 바닥난방을 고려하여 일정 열유속조건을 부여하였다.

난방부하계산 결과로부터 천장에 위치한 급기디퓨저를 통하여 각 디퓨저당 1,043 CMH의 난방공기가 급기온도 37℃ 및 급기유속 9 m/s의 상태로서 수영장 내부공간으로 유입된다고 하였다. 1층 천장과 2층 천장에 설치된 배기그릴들에서는

Table 4 Boundary conditions for present study

Location	Conditions
Roof	$u=v=w=0,\ q=-58.35\ \mathrm{W/m^2}$
Eastern wall	$u=v=w=0,\ q=-80.13\ \mathrm{W/m^2}$
Western wall	$u=v=w=0,\ q=-83.04\ \mathrm{W/m^2}$
Southern wall	$u=v=w=0,\ q=-77.22\ \mathrm{W/m^2}$
Northern wall	$u=v=w=0,\ q=0\ \mathrm{W/m^2}$
Floor	$u=v=w=0,\ q=40.48\ \mathrm{W/m^2}$
Supply diffuser (each)	$v_n=9.0\ \mathrm{m/s},\ T=37℃$ $S=3.97\times10^{-3}\ \mathrm{kg/s}$
Exhaust grill	$\frac{\partial u}{\partial z}=\frac{\partial v}{\partial z}=\frac{\partial w}{\partial z}=0$ $\frac{\partial k}{\partial z}=0,\ \frac{\partial \varepsilon}{\partial z}=0,\ \frac{\partial m}{\partial z}=0,\ \frac{\partial T}{\partial z}=0$
Pool	$T=27℃,\ L=5.83\times10^{-5}\ \mathrm{kg/(m^2\cdot s)}$

실내에 유입된 총 49,000 CMH의 공기가 배출된다고 하였다. 또한 수영장의 습도환경에 관한 논의를 하기 위하여 상대습도 55%의 난방공기가 각 급기디퓨저로부터 3.97×10^{-3} kg/s의 수증기 질량유량 상태로서 수영장 내부공간으로 유입된다고 고려하였다. 수온이 27℃인 풀에서의 수증기 증발량은 식(1)에 근거하여 5.83×10^{-5} kg/(m^2 · s)로 산정하였다.

상세한 경계조건 내용은 Table 4에 나열하였으며 경계조건에서 '-'는 각 물리량의 실내에서 실외로의 배출을 뜻한다. 또한 급기디퓨저에서의 속도 v_n은 해당면에 수직인 속도, S는 하나의 디퓨저를 통하여 실내로 유입되는 수증기량을 의미한다. L은 풀의 단위면적당 수증기증발량을 나타낸다.

4.3 이론해석 방법

본 연구에서는 수영장 내부의 기류, 온도 및 절대습도 분포를 해석하기 위하여 열·유체유동 해석 프로그램인 FLUENT 6.0를 이용하였다. 이 프로그램은 완전암시기법을 사용한 유한체적법코드로서 속도 등의 벡터량과 압력, 온도 등의 스

칼라량의 설정위치가 서로 다른 엇갈린 격자계를 사용한다. 운동량방정식의 압력장을 처리하기 위해서 SIMPLE 알고리즘을 이용하였다. 반복계산 시 종속변수들의 수렴 정도를 점검하기 위하여 잉여치값이 조사되었으며, 종속변수에 대하여 잉여치값이 10^{-3} 이하에 도달하면 수렴된 것으로 간주하였다. 본 연구에서는 이론해석시 수렴을 위하여 펜티엄Ⅳ 2.0 GHz PC에서 5,000회의 반복계산을 수행하였다.

5. 결과 및 고찰

겨울철 난방시 실내수영장의 열환경 특성을 살펴보기 위하여 재실자의 호흡선 위치인 바닥으로부터 1.5 m 높이의 수평면을 수평검토단면으로 정하였다. 또한 천장에 위치한 급기디퓨저가 실내환경에 미치는 영향을 확인하기 위하여 북측벽에서부터 5 m 떨어진 단면을 수직검토단면으로 정하였으며, 이 두 개의 단면을 Fig. 3에 나타내었다.

우선 수직검토단면에서의 기류 및 온도특성을 살펴보기 위하여 이를 각각 Fig. 4의 (a) 및 (b)에 나타내었다. 수직검토단면에서의 기류특성을 나타낸 Fig. 4(a)에서 보면 급기디퓨저에서 실내로 취출된 9 m/s, 37℃인 고온의 난방공기는 부력의 효과로 인하여 난방을 필요로 하는 수영장 하부공간까지 도달하지 못하고 디퓨저 출구에서 약 3 m 정도 아래지점에서부터는 0.2~0.3 m/s로 감속되는 것을 확인할 수 있다. 또한 수영장 중앙위치의 디퓨저를 기준으로, 동측의 기류속도가 약 0.2 m/s인 반면 서측의 경우는 약 0.7 m/s 정도이며 2층 관람석의 경우는 1~2 m/s 속도범위의 기류가 형성된다. 관람석에 형성된 비교적 빠른 기류는 수영은 하지 않고 단순히 관람만을 위한 재실자들을 염소 등 수영장에서 발생할 수 있는 각종 오염물질 등으로부터 보호하는 역할을 한다. 동측이 서측에 비하여 낮은 기류속도를 보이는 것은 바닥에서 천장까지의 층고가 서측에 비하여 높은, 상대적으로 넓은 공간이기 때문이다. 이와 같은 경우 풀에서 발생하는 수증기의 확산이 원활치 못하여 천장 및 벽면에서의 결로 발생위험이 높다고 판단된다. 수영장 재실자의 온열감을 평가하는 바닥면 1.5 m 높이에서의 평균기류속도는 약 0.2 m/s 정도로 나타난다.

동일 검토단면에서의 온도분포 특성을 나타낸 Fig. 4(b)에서 알 수 있듯이, 수영장의 중앙영역 부근에서는 급기디퓨저에서 취출되는 난방공기로 인하여 27.5±0.5℃ 정도의 균일한 온도분포를 보인다. 반면 상대적으로 기류속도가 낮은 동측에서는 취출된 난방공기가 원활히 공급되지 못하여 약 26℃ 정도의 비교적 낮은 온도분포를 가진다. 또한 서측의 잠수풀 주변은 층고가 낮아 타 영역과의 공기혼합이 불충분하므로 약 30℃ 정도의 상대적으로 높은 온도분포가 나타난다. 재실자의 호흡선 높이인 수평검토단면에서의 온도분포는 설계시 설정온도인 27±1℃ 정도로 나타남을 알 수 있다.

다량의 수증기가 포함된 실내공기로 인한 결로현상은 재실자의 머리 위로 떨어지는 저온의 물방울들로 인한 심리적 불쾌감과 곰팡이 발생 등의 위생상의 불결, 그리고 심한 경우 건물구조체 내부로의 결로침투로 인한 내구성 저하 등을 발생시킨다. 따라서 결로의 발생 여부는 수영장 운영에 있어서 가장 중요한 문제점이라 할 수 있다. 그러나 현실적으로 수영장에서의 결로를 100% 방지한다는 것을 상당히 어려운 문제이며 이를 최소화하기 위한 방법이 필요하다. 본 연구에서는

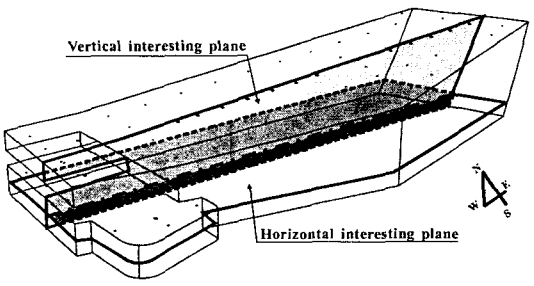

Fig. 3 Vertical and horizontal interesting planes of swimming pool.

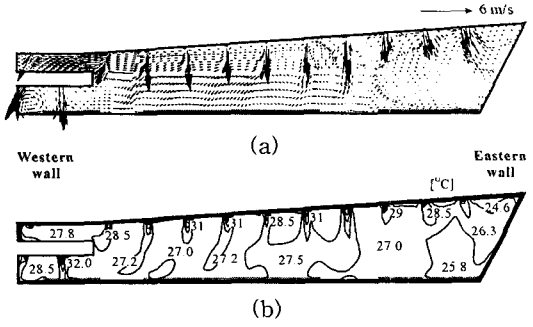

Fig. 4 Distributions of velocity vectors and temperature at vertical interesting plane.

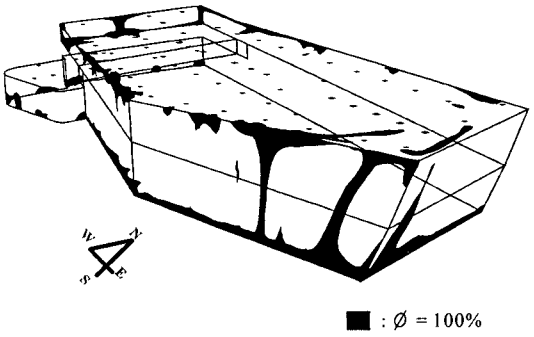

Fig. 5 Region with 100% of relative humidity.

수영장에서의 절대습도를 4.1절에서 논의한 이론적 방법을 이용하여 해석하였다. 벽체에 접한 습공기의 온도는 벽체의 온도와 동일하게 되므로 벽체 인접공기의 절대습도를 상대습도로 환산하여 수영장의 지붕, 벽면 및 바닥에서의 결로 발생 여부를 Fig. 5에 나타내었다. 그림에서 음영으로 표시된 부분은 상대습도가 100%로서 결로가 발생하는 영역이며, 실내기류속도와 온도가 상대적으로 낮은 북측벽과 동측벽의 모서리 근처에서 결로 발생영역이 넓게 나타남을 알 수 있다. 이러한 특정영역에서의 결로 발생을 억제하기 위해서는 결로가 발생되는 영역에 보다 많은 난방공기를 보급하기 위한 급기디퓨저의 추가설치 등의 방안이 요구된다.

수평검토단면에서 수영장 재실자의 온열감 평가를 위하여 도입한 PMV 지표의 분포를 Fig. 6에 나타내었다. PMV 지표는 −1.0~1.2의 범위에서 나타나며, 이로부터 본 연구에서 고려한 실내수영장의 온열환경은 대체적으로 쾌적하다고 할 수 있다.

6. 결 론

본 연구에서는 3개의 풀을 가진 폭 72 m, 길이 30 m, 높이 13 m 크기의 실내수영장의 겨울철 열, 기류 및 습도를 이론적인 방법으로 해석한 후 결로발생 유무 및 실내열환경에 관한 평가를 수행하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

(1) 재실자의 호흡선 높이에서의 평균적인 기류속도는 약 0.2 m/s, 평균적인 온도분포는 겨울철 실내설계온도와 유사한 27±1℃ 정도로 나타났다.

(2) 층고가 높은 실내수영장 동측에서는 넓은

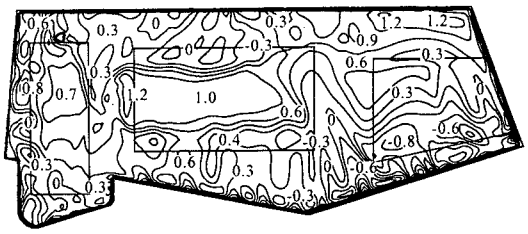

Fig. 6 Distribution of PMV at horizontal interesting plane in the swimming pool.

공간에 비하여 급기디퓨저에서 취출되는 난방공기의 부족으로 인하여 상대적으로 낮은 기류속도와 온도분포가 발생되었으며, 이로 인하여 타 영역에 비하여 넓은 결로 발생영역이 나타났다.

(3) 본 연구모델의 실내수영장 수평검토단면에서 온열환경은 PMV 지표범위가 −1.0~1.2이므로 대체적으로 쾌적하였다.

참고문헌

1. Oh, S. J., 2001, Equipments of a swimming pool, The Magazine of the Society of Air-Conditioning and Refrigerating Engineers of Korea, Vol. 30, No. 5, pp. 37-42.
2. Editorial Department, 1995, Sports Facilities, Han-Mi, Seoul, Korea, pp. 176-183.
3. Jones, W. P., 1997, Air Conditioning Applications and Design, 2nd ed., John Wiley & Sons, Inc., New York, pp. 149-160.
4. Thomas, H. K., James, W. R. and James, L. T., 1998, Thermal Environmental Engineering, 3th ed., Prentice-Hall Inc., pp. 178-200.
5. ISO, 1985, Moderate Thermal Environments Determination of the PMV and PPD Indices and Specification of the Conditions for the Thermal Comfort, ISO 7730.
6. Fanger, P. O., 1970, Thermal Comfort: Analysis and Application in Environmental Engineering, Danish Technical Press, Copenhagen, Denmark.
7. ASHRAE Handbook, 2001, Thermal Comfort, American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Atlanta, Georgia.