韓國産業應用學會論文集, 제16권, 제2호, 29-33, 2013.05
J. Korean Society of Industrial Application, Vol.16, No.2, 29-33, May, 2013

등압식 바닥 분출공조시스템의 기류 분출 상태에 관한 연구
A Study on Outlet of Draft Pattern for Equal Pressure Method Underfloor Air Distribution System

최영식[1], 손원득[2*]
Young-Sik Choi[1], Won-Tug Son[2*]

<Abstract>

This study has been conducted to propose an optimal design guidance of underfloor air distribution system by examining air pattern and proper exhaust status of floor plenum using CFD (Computational Fluid Dynamics). Simulation shows deficient air pattern and exhaust status at BPG (Bypass Grille) of the current design. As a means to find an alternative design, four cases have been developed and tested. Case 1, 2 and 3 show similar results in comparison to the current design. However, case 4 shows improved air pattern and exhaust status at BPG(Bypass Grille), and has been chosen as the optimal alternative.

Keywords : Underfloor Plenum, Air Pattern, Underfloor air distribution system, Equal Pressure Method

1. 서 론

1.1 연구의 배경

최근 에너지 최적화빌딩설계 시 건축설비설계 분야에서 공기조화설비시스템의 선택은 중요한 몫을 차지하고 있다.

특히, 사무실 내 업무환경 개선을 통한 업무효율성과 생산성 향상이 요구되면서 실내 쾌적성의 향상과 연관성이 깊은 공기조화방식에 관한 연구는 최근 활발히 진행되고 있다.

바닥공조시스템(Underfloor air distribution system, UFAD)은 첨단 사무환경 실현을 앞당겨 주는 최적의 공조방식으로서 건축설비설계 시 에너지 절약적인 측면과 환경친화적인 측면에서 대단히 우수한 공조시스템으로 검증되면서 사무실 건물 신축 시 바닥공조시스템 적용이 점차 증가하고 있는 추세에 있다[1].

1.2 연구의 목적

본 연구는 바닥공조시스템의 설계 및 계획 시 바닥 플레넘(Underfloor Plenum)에서의 기류 성상 및 적절한 분출상태의 여부에 대하여 CFD(Computational Fluid Dynamics)를 활용한 분석을 통해 최적의 대안을 제시하는데 그 연구 목적이 있다.

2. 바닥공조시스템과 연구방법

2.1 바닥공조시스템

여기서 말하는 바닥공조시스템(Underfloor air

[1]정회원, 영남이공대학교, 건축과, 교수, 工博,
[2*]정회원, 교신저자, ㈜센솔루션 대표이사, 工博,
E-mail : sonwt@naver.com

[1]Prof., Department of Architecture, Yeungnam College of Science & Technology, Ph.D.
[2*]Corresponding Author, SEN Solution Co., Ltd., CEO, Ph.D.

distribution system, UFAD)이란 공조실 덕트에서 바닥 플레넘 (Underfloor Plenum)으로 유입된 공기가 FTU (Fan Terminal Unit)나 BPG (Bypass Grille)를 통해 실내로 분출되는 형식의 공조시스템[2)]을 말한다.

바닥공조시스템(Underfloor air distribution system, UFAD)에 있어 FTU (Fan Terminal Unit)는 실내공기 및 바닥 플레넘 (Underfloor Plenum)의 하부 공기를 흡입한 후, 혼합된 공기를 실로 공급해주는 역할을 하며 자체 팬이 내장되어 있어 분출 기류에 대한 일정한 유속을 유지시킬 수 있다.

BPG(Bypass Grille)의 경우 전체 급기의 약 15~20%를 담당하며 외주부에 지속적인 가열이나 냉각을 제공하여 외주부의 난방이나 냉각 복사열을 담당하는 역할을 한다.

Fig. 1에 바닥공조시스템 (Underfloor air distribution system, UFAD)의 개요를 나타내고 있다.

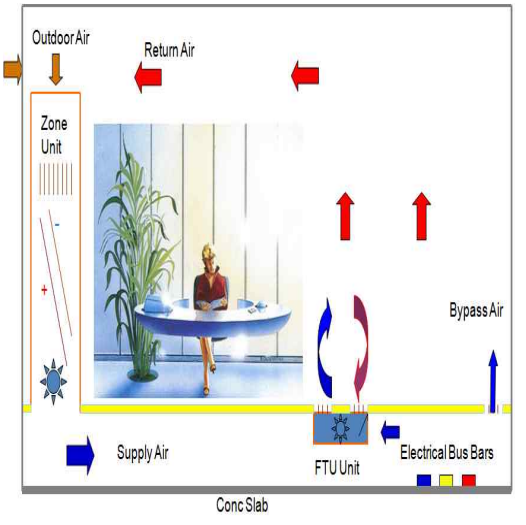


Fig. 1. Summary of underfloor air distribution system(UFAD).

2.2 연구대상 건물의 개요

연구대상 건물은 Table 1에 나타낸 바와 같이 판교 택지개발지구 내에 위치한 지상 9층, 지하 3층 높이의 교육연구시설 및 그린생활시설 용도의 건물이다.

시뮬레이션(simulation)은 연구대상 건물의 기준층인 5층을 대상으로 하였으며 좌우 동일한 형태의 평면계획에 착안, 사무실 1을 선정하여 시뮬레이션(simulation)을 실시하였다.

Table 1. Summary of building

Division	Comment
Location	Pan-kyo
Land Area	8,627.40 ㎡
Structure	Reinforced Concrete
Building Area	5,162.67 ㎡
Total square	Ground floor : 35,993.3 ㎡ Basement floor : 20,675.36 ㎡
Hight of building	43.60m
Air-Conditioning and heating system	District cooling and heating

2.3 시뮬레이션의 개요 및 경계조건

본 연구에 사용된 시뮬레이션 툴은 현재 상용화된 CFD(Computational Fluid Dynamics) 프로그램 중 전 세계적으로 유저가 가장 많은 STAR-CCM+를 활용하여 시뮬레이션을 실시하였으며 해석조건은 Table 2에 나타내고 있다.

Table 2 Summary of Simulation

Division	Comment
Program	STAR CCM + 6.02
Model	- Steady State - K-Epsilon Turbulence model - Gravity
Mesh	- Polyhedral Mesher - 1,600,000

3. 시뮬레이션 분석결과

바닥 플레넘(Underfloor Plenum) 내부 및 바이패스그릴(Bypass Grille)에서의 기류 성상을 검토하기 위한 대상 시스템의 개요 및 설계조건은 Fig. 2, Table 3에 나타내고 있다.

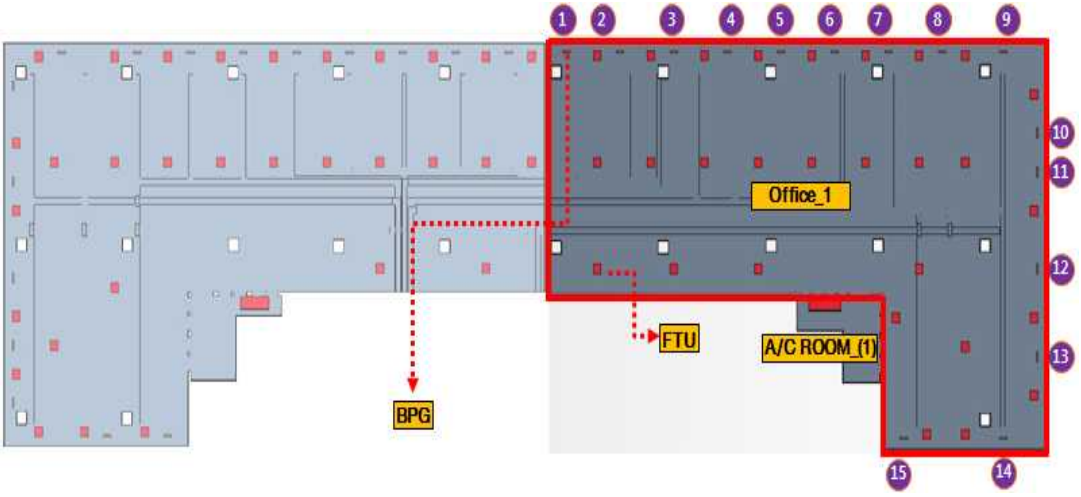


Fig. 2 Plan of floor plenum.

Table 3. Condition of UFAD System

Division		Size(m)	A/C Room_(1)	Number	Velocity(m/s)	Remark
RA	FTU	0.60×0.60	18,200	28	0.50	FTU=650CMH
	BPG	0.10×0.60	3,000	15	Pressure outlet	BPG=200CMH
SA	Air volume(CMH)	2.50×0.70	21,200_(a)	-	-	-
	Velocity(m/s)	-	3.37_(b)	-	-	-

(a) 28×650+15×200, (b) 21,200/3600/(2.50×0.70)

3.1 원안 분석결과

Table 4와 Fig. 3은 설계 원안을 분석한 결과를 나타낸 것으로 분석결과는 아래와 같다.

BPG(Bypass Grille) 전체 설계풍량인 3000㎥/h 중 1272.32㎥/h가 실내로 유입되는 것으로 나타났으며, BPG평균풍속은 0.39m/s, 평균 풍량은 84.82㎥/h로 나타났다. 또한 BPG 6에서 가장 높은 값인 풍속 1.94m/s, 풍량 420.01㎥/h, BPG 2에서 가장 낮은 값이 풍속 -0.33m/s, 풍량 -71.06㎥/h로 평가되었다.

BPG 2, BPG 4의 경우에는 분출구에서 실내로 분출 되어야 할 기류가 유입되어 일사를 포함한 외주부 부하를 담당하는 기능이 원활하지 못한 것으로 나타났다.

Table 4. Results of BPG

Division	Velocity(m/s)	Air Volume(CMH)
Sum	8.89	1272.32
Maximum	1.94_(BPG 6)	420.01
Minimum	-0.33_(BPG 2)	-71.06
Average	0.39	84.82

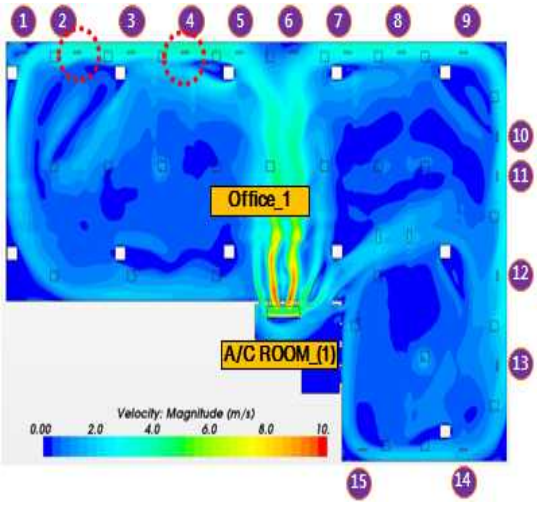


Fig. 3. Velocity(+0.165m).

3.2 대안 CASE 설정

3.1에서 바닥 플레넘(Underfloor Plenum)으로부터의 기류 역류 현상을 방지하기 위하여 Table 5에 나타낸 것과 같이 CASE 1 ~ CASE 4의 대안에 대하여 다음과 같이 검토하였다.

CASE 1 : Spoiler 미설치 시

CASE 2 : 공조실 덕트에서 기류방향을 4방향으로 분할설정

CASE 3 : 덕트를 2분할 후 중앙에 Spoil 설치

CASE 4 : Spoiler 미설치 + 바닥플레넘 내 VANE 설치

Table 5 Summary of CASE

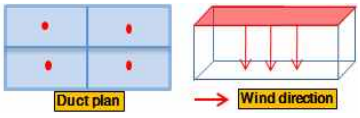
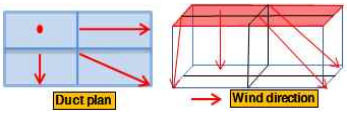
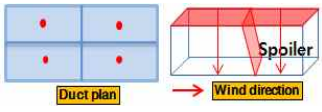
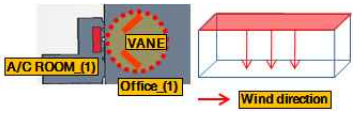
Division	Picture
CASE 1	
Comment	Not installed spoiler
CASE 2	
Comment	Not installed spoiler + 4 division of duct
CASE 3	
Comment	Installed spoiler(back) + 2 division of duct
CASE 4	
Comment	Installed spoiler + Installed vane

Table 6. Result of CASE

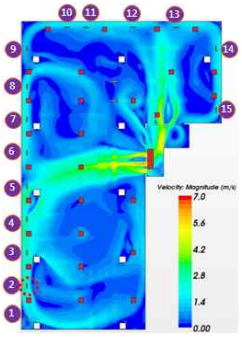
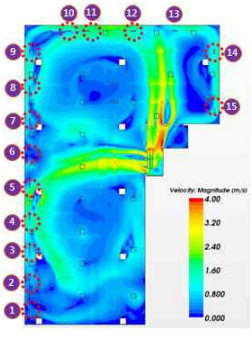
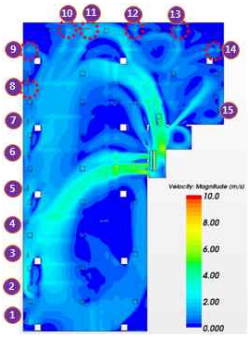
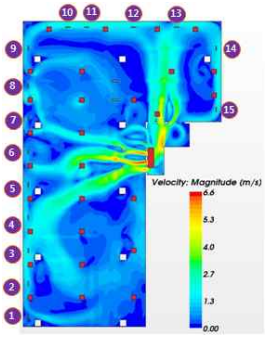
CASE 1	CASE 2	CASE 3	CASE 4
			

Table 7. Result of alternatives

Division	CASE 1		CASE 2		CASE 3		CASE 4	
	Velocity (m/s)	Air Volume (CMH)	Velocity (m/s)	Air Volume (CMH)	Velocity (m/s)	Air Volume (CMH)	Velocity (m/s)	Air Volume (CMH)
Sum	9.28	2004.30	-9.72	-2098.91	0.95	205.11	14.06	3037.09
Max.	1.24	268.58	0.47	102.0	5.17	1116.98	1.58	340.54
Min.	-0.89	-191.16	-1.30	-279.8	-4.00	-863.83	0.39	83.73
Aver.	0.62	133.62	-0.65	-139.93	0.06	14.03	0.94	202.47

3.3 대안분석 결과

CASE별 대안분석 결과를 Table 6과 Table 7에 나타내고 있다.

CASE 1의 경우 평균 풍속은 0.62m/s, 평균 풍량은 133.62㎥/h로 원안 대비 분출구의 평균 풍속 및 풍량은 향상되었으나 여전히 BPG (Bypass Grille) 2에서는 기류가 역류되는 현상이 발생하였다.

CASE 2의 경우에는 평균 풍속은 -0.65m/s, 평균 풍량은 -139.93㎥/h로 원안 대비 분출구의 풍속 및 풍량이 오히려 원안보다 더 역류가 심하게 일어나는 상태로 분석되었고, CASE 3의 경우 평균 풍속은 0.06m/s, 평균 풍량은 -14.03㎥/h로 CASE 2와 유사한 결과로 나타났다.

마지막으로 CASE 4의 경우 평균 풍속은 0.94m/s, 평균 풍량은 202.47㎥/h로 역류 현상이 나타나지 않았으며, 풍속 및 풍량은 설계조건과 유사한 것으로 나타났다.

4. 결 론

사무실 건축의 바닥공조시스템 설계 및 계획 시 바닥 플레넘(Underfloor Plenum)에서의 기류 성상 및 적절한 분출상태의 여부에 대하여 CFD(Computational Fluid Dynamics)를 활용한 분석을 통해 최적의 대안을 제시하기 위하여, CFD(Computational Fluid Dynamics)를 활용한 바닥 플레넘(Underfloor Plenum) 내 원활한 기류 분출상태에 대한 평가를 실시하였다.

그 결과 원안의 경우에 일부 BPG(Bypass Grille)에서 역류현상이 나타났다. 이에 따라 CASE 1~CASE 4의 대안을 설정하여 검토한 결과, CASE 1~CASE 3의 경우에서 원안과 유사한 역류현상이 나타나 일사(日射)를 포함한 외주부의 부하를 처리하지 못할 것으로 예측되었다.

마지막으로 Vane을 설치한 CASE 4의 경우에는 바닥 플레넘(Underfloor Plenum) 내 기류성상이 원활하여 원안 대비 BPG(Bypass Grille)에서의 분출상태가 양호한 것으로 나타났으며, 원안에서 문제가 되었던 역류현상도 발생되지 않았다.

따라서 연구결과 대안으로 설정한 CASE 4의 경우가 등압식 바닥 분출 공조시스템의 최적 안인 것으로 분석되었다.

추후 이를 바탕으로 하여 사무실 건축 실내 온열환경에 대한 평가를 수행 할 계획에 있다.

참 고 문 헌

1) Webster, T., F.Bauman, J.Reese. 2002b. "Underfloor air distribution: thermal stratification." ASHRAE Journal, May.
2) Mike Filler, "Best Practices For Underfloor Air Systems", ASHRAE Journal, October (2004)
3) 日本空氣調和衛生工學會編, 建築設備集成, 事務施設, pp.25-30, (1987)
4) 日本空氣調和衛生工學會編, 空氣調和衛生工學便覽, pp.153-160, (1980)

(접수:2013.02.15, 수정:2013.04.02, 게재확정:2013.05.24)