

공동주택의 국소배기용 루프팬 성능개선에 관한 연구

권 용 일[†], 정 열 화^{*}, 안 정 현^{**}

신흥대학 건축설비과, ^{*}한국 폴리텍 VII대학, ^{**}(주) 세원이엔지

Study on the Performance Improvement of Roof Fan Used for Local Exhaust System Installed in Apartment

Yong-il Kwon[†], Yeol Wha Jeong^{*}, JungHun Ahn^{**}

Department of Building Mechanical Engineering, Shinheung College, Euijungbu, 480-701, Korea

^{*}Korea polytechnics VII college ulsan campus, Ulsan City, 681-712, Korea

^{**}Sewon system vent, Gwangjuk, Yangju, 482-841, Korea

(Received October 24, 2011; revision received November 29, 2011)

ABSTRACT: Performance improvement of local exhaust system used in toilet and cooking place are main concern in a field of ventilation. In Korea, There are many high riser residential apartments in recent years. These buildings were not viewed as being major contributors to exhaust pollutants produced in indoor. It was because many engineers thought that exhaust in high riser building depends on stack effect. This study investigates on the performance improvement of terminal device, roof fan, of vertical spiral duct used in high riser residential apartments. This paper focuses mainly on the effect of accessories, number or shape of blades, composed of roof fan with function of exhaust air volume of toilet and cooking place. Roof fan with 10 blades is observed at optimum exhaust performance in this study.

Key words: Exhaust performance(배기성능), Roof fan(루프팬), Stack effect(굴뚝효과), Vertical spiral duct(입상원형덕트)

기 호 설 명

그리스 문자

BT	: 블레이드 형식
BW	: 블레이드 폭
H	: 회전캠과 수직입상덕트 말단간의 높이
NB	: 블레이드 갯수
NR	: 회전수(rpm)
Q	: 배기 풍량(m^3/h)
V	: 배기속도(m/s)

β : 블레이드 각도

1. 서 론

최근, 초고층 공동주택의 건설이 활발히 진행되어 초고층 건물에 거주하는 사람들에게 쾌적한 환경을 제공할 수 있는 설비들이 많이 적용되었다. 특히 초고층 공동주택에 적용되는 환기설비의 경우, 실내 청정도를 향상시키기 위해, 급, 배기를 동시에 수행하는 폐열회수형 환기유닛이 부착된 환기시스템과 화장실, 주방에 배기장치만을 설치한국소환기시

[†] Corresponding author

Tel.: +82-031-870-3673; fax: +82-031-870-3679

E-mail address: yikwon@shc.ac.kr

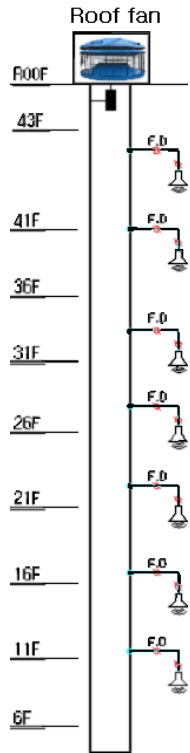


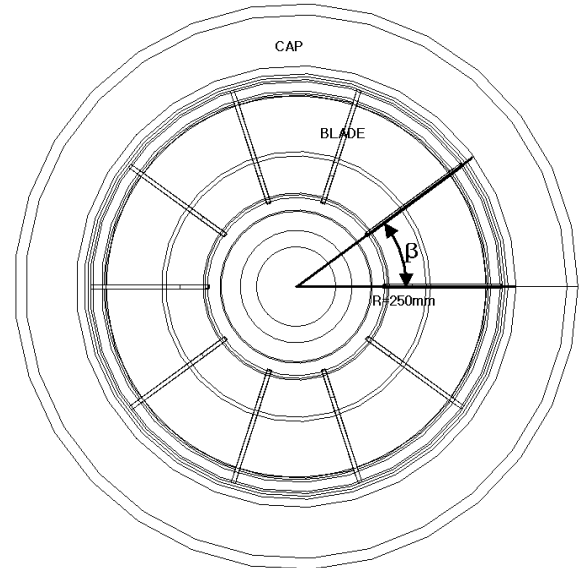
Fig. 1 Local Exhaust System with Common Vertical Spiral Duct and Roof Fan.

스텝 두 가지로 구분된다. 화장실과 주방에서 발생되는 오염물질을 굴뚝효과에 의해, 배출할 수도 있지만 고층인 경우, 저층부에서 배출된 오염물질을 제거하기 위해, Fig. 1과 같이 세대별로 배출된 오염물질을 상부로 유도하기 위한 공용배출, 수직덕트가 설치되고 최상부에 루프팬이 설치되어 강제배기 기능을 갖게 된다.⁽¹⁻³⁾ 본 연구에서는 이와 같이 최상부에 설치되는 루프팬의 성능을 향상시킬 수 있는 방법을 연구하기 위해, 루프팬에 설치된 블레이드의 개수, 형상 및 회전수가 국소배기 성능에 미치는 영향을 비교분석하였다. 본 연구의 대상인 루프팬의 임펠러는 한쪽면이 막혀있는 횡류형 구조를 갖고 있으며 블레이드는 익형이다.

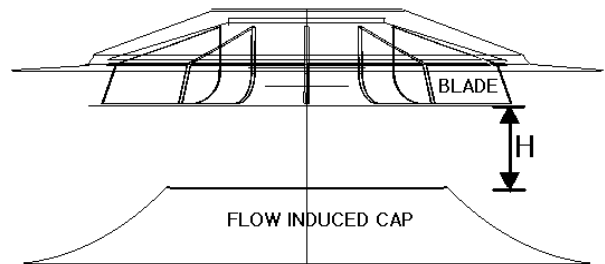
2. 루프팬의 형상 및 해석조건

2.1 루프팬 형상

본 연구 대상인 루프팬의 형상은 Fig. 2와 같다. 루프팬의 캡은 655 mm이고 회전차의 직경은 500 mm이다. 또한 블레이드 폭과 높이는 최대 155.5 mm, 87.1 mm이다

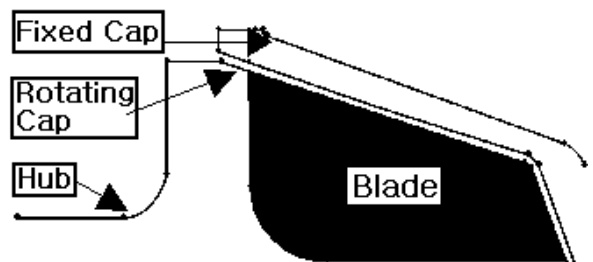


(a) Plane View of Roof Fan

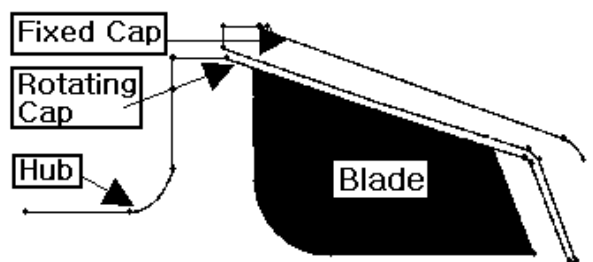


(b) Sectional View of Roof Fan.

Fig. 2 Components and Shape of Roof Fan.



(a) Blade without clearance in rotating cap



(b) Blade with clearance in rotating cap

Fig. 3 Blade shapes Installed in Roof Fan.

2.2 루프팬의 유동현상 해석조건

본 연구에서 루프팬의 성능을 향상시키기 위해, 변수로 사용된 블레이드의 형상은 Fig. 3(b)와 같이 회전캡(rotating cap)의 끝부분에 15 mm의 공간을 유지하도록 블레이드를 부착한 경우와 Fig. 3(a)와 같이 회전캡에 이격공간이 없이 블레이드를 설치한 두 경우에 대해, 루프팬의 배출성능을 평가하였다. 이는 루프팬에 블레이드가 부착된 회전차가 Fig. 4와 같이 하부 굴뚝에서 루프팬의 회전차 중심부로 유입된 기류가 횡류형을 유지하며 원주방향으로 이동하여 배출되기 때문에 원주방향으로 이동하는 기류에게 가해지는 회전운동에 블레이드의 길이와 회전캡이 미치는 영향을 평가하기 위함이다. 본 연구에서 사용된 루프팬의 블레이드의 형상은 평판형이며 두께는 4.9 mm이다. Fig. 3(a), Fig. 3(b)중에서 배출능력이 향상되는 블레이드설치방식이 결정되면 선정된 방식의 블레이드 폭(90 mm~157 mm)을 변화시켜 루프팬의 배출능력에 미치는 영향을 추가적으로 평가하였다. 블레이드의 개수가 배출능력에 미치는 영향을 평가하기 위해, Table 1과 같이 루프팬의 회전캡에 설치된 블레이드의 개수를 변화시켰다. 루프팬에 설치된 회전캡의 회전수가 루프팬의 배출성능에 미치는 영향을 평가하기 위해, 회전수는 700~1500 rpm까지 변화시켜 해석을 수행하였으며 Fig. 2에 표현된 회전캡과 수직배기구까지의 이격 높이(H)를 20~95 mm까지 변화시켰을 때, 루프팬의 배기성능

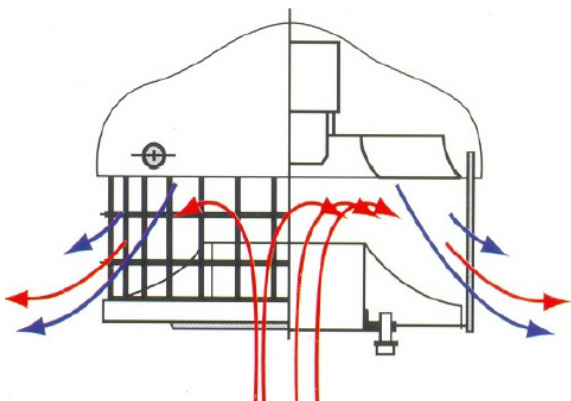


Fig. 4 Exhaust Concept View of Roof Fan.

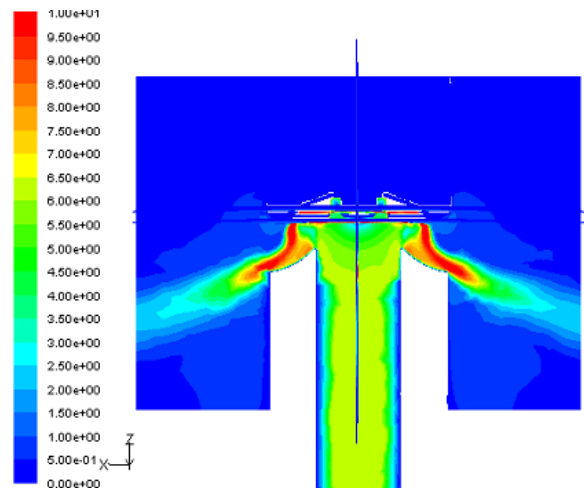
Table 1 Number of blade installed in rotating cap

N. of blade	4	6	8	10	12
β	90°	60°	45°	36°	30°

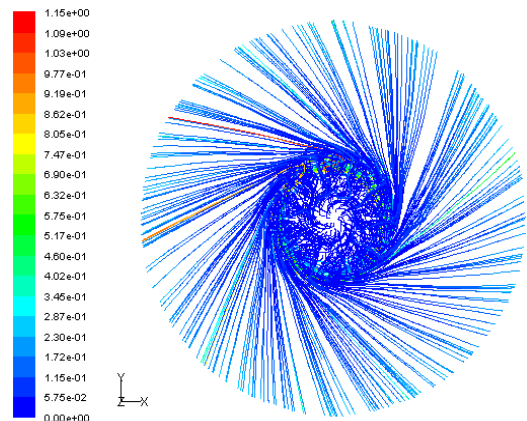
에 미치는 영향을 평가하였다. 본 연구는 상용 CFD 프로그램인 Fluent를 활용하였으며 150,000개의 비균일 격자계를 사용하였으며 대기영역은 팬직경의 5배의 크기로 가정하였으며 대기영역의 경계조건은 대기압이 0으로 가정한 압력경계조건을 적용하였고 등온조건이다. 해석결과의 수렴여부는 압력장이 반복된 계산에서 10^{-8} 이하로 변화될 때로 결정하였다.

3. 결과 및 고찰

공동주택의 주방 및 화장실배기를 위해, Fig. 1과 같이 수직으로 설치된 공용덕트의 배기능력을 향상시키기 위해, 공용덕트 말단에 설치되는 루프팬의 성능을 개선하기 위해, 연구를 수행한 결과는 다음과 같다. Fig. 5는 루프팬의 회전캡에 설치된 블레



(a) Velocity Contour



(b) Pathlines around rotating cap

Fig. 5 Velocity Contour and Pathlines around rotating cap for NB = 10, NR = 700 rpm.

이드의 형상이 Fig. 3(a)와 같은 경우, 회전캡의 회전수가 700 rpm이고 블레이드 개수가 10개인 경우, 루프팬 주변에 형성되는 기류이동현상을 유선과 속도벡터 컨투어로 표현한 것이다. 루프팬이 회전하는 동안 대기의 유동은 없는 것으로 가정하여 해석한 결과이며 수직으로 설치된 배기구를 통하여 유입된 공기가 회전캡의 원주방향의 끝부분으로 이동한 후, 반시계방향 나선형으로 회전하면서 대기로 배출되는 현상을 Fig. 4(b)를 통하여 확인시켜주고 있다. 이러한 유동현상이 나타나는 것은 Fig. 6과 같이 회전차의 중심부의 전압력이 현저히 낮은 부압을 유지하며 반시계방향으로 회전되는 회전캡의 안쪽 끝부분의 전압력이 낮게 나타나고 회전캡의 바깥쪽 끝부분에서 블레이드사이의 전압력이 현저히 높은 압력을 유지하기 때문에 블레이드 사이로 유

입된 공기는 압력이 높은 원주방향 끝부분으로 이동한 후, 하부로 배출되는 유동특성을 나타내며 승압력은 약 500 Pa 정도를 나타내었다.

Fig. 7은 루프팬의 회전캡에 설치된 블레이드의 형상이 Fig. 3(a)와 Fig. 3(b)와 같이 변화될 때, 회전캡의 회전속도를 700 rpm으로 고정시킨 상태에서 블레이드 개수변화에 따른 루프팬의 국소배기 성능을 평가한 결과를 나타내고 있다. 블레이드 형상에 관계없이 블레이드 개수가 4개 인경보다 12개인 경우가 루프팬의 배기성능을 2배 정도 향상시키며 블레이드 개수가 10개 이상인 경우는 배기성능 향상효과 감소하는 것을 알 수 있었다. 블레이드 개수가 8개인 경우, 블레이드 형상에 관계없이 유사한 값을 나타내고 있다. 그러나 블레이드 개수가 8개 이하인 경우와 8개 이상인 경우로 비교하면 블레이드 개수가 감소하면 회전캡과 블레이드를 15 mm 이격시킨 경우가 약 15% 배기성능을 향상시키지만 블레이드 개수가 10개 이상 설치되면 회전캡과 블레이드가 이격되지 않은 Fig. 3(a) 형상이 배기성능을 약 10% 정도 향상시키는 것을 알 수 있다. 이는 Fig. 3(a)의 경우, 블레이드 폭은 145 mm이고 Fig. 3(b)인 경우, 블레이드 폭은 130 mm로 짧아 블레이드에 의해, 발생하는 회전모우멘트는 감소하여 블레이드 개수가 작은 경우, 나선형 선회류가 회전캡 바깥 대기쪽으로 배출할 정도의 압력상승만 블레이드사이에 상승하지만 블레이드 개수가 증가하면 블레이드 사이에서 증가된 승압력으로 회전캡 바깥 대기쪽으로 배출하기 보다는 회전캡과 블레이드사이의 공간에 위치한 유체의 회전력만 증가시켜 많은 시간선회후, 배출되어 배기능력이 감소되기 때문이다. 이로 인해, 루프팬의 배기성능을 향상시키기 위해서는 블레이드 형상이 Fig. 3(a)과 같이 캡과 이격이 없으며 블레이드 개수는 10개인 경우가 적합하다고 판단하였다.

Table 2는 블레이드형상이 Fig. 3(a)와 동일한 case A인 경우, 블레이드 개수변화에 따라 회전캡에서 발생하는 최대속도, 수직입상덕트 말단에서 발생하는 평균속도 및 압력을 나타내고 있다. 블레이드 개수가 증가함에 따라 Fig. 6과 같이 풍량이 증가된 원인은 Table 2에 나타난 바와 같이 회전캡 내에 설치된 블레이드사이의 압력이 증가하여 최대속도가 증가하고 이로 인해, 수직입상덕트 말단에서 부압이 크게 증가하여 배기능력이 향상되었기 때문이다.

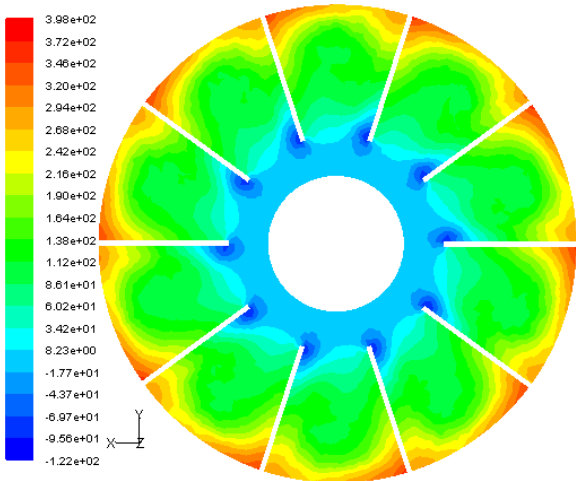


Fig. 6 Total pressure Contour around rotating cap for NB = 10, NR = 700 rpm.

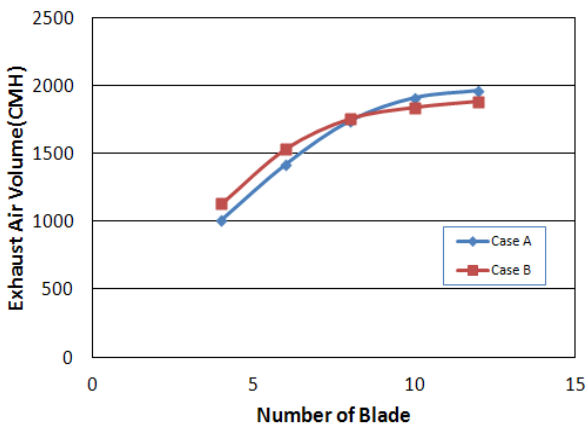


Fig. 7 Exhaust Air Volume along number of Blade for NR = 700 rpm.

Table 2 Exhaust Performance at Terminal Stack along Number of Blade in Roof Fan for BT = case A

item for evaluation	N. of Blade = 4	N. of Blade = 8	N. of Blade = 10	N. of Blade = 12
$V_{max}(m/s)$ at rotating cap	21.14	22.7	23.72	24.05
$V_{mean}(m/s)$ at terminal stack	3.52	6.06	6.69	6.83
Pressure(Pa) at terminal stack	-10.7	-30.8	-35.7	-38.6

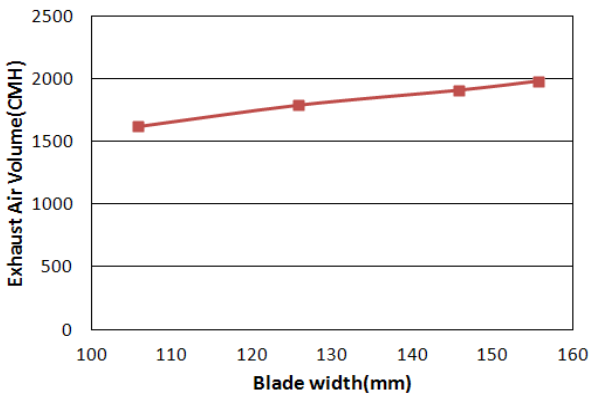


Fig. 8 Exhaust Air Volume along blade width for NB = 10, NR = 700 rpm and BT = case A.

Fig. 8은 루프팬의 회전캡에 설치된 블레이드의 형상이 Fig. 3(a), 회전캡의 회전속도를 700 rpm이고 블레이드 개수가 10개인 경우, 블레이드 폭이 루프팬의 배기성능에 미치는 영향을 평가한 결과이다. 블레이드 폭을 105 mm에서 157 mm까지 변화시켜 배기성능을 평가한 결과 블레이드 길이가 증가함에 따라 증가된 회전모우먼트 만큼 블레이드사이의 부압과 가압의 차이를 증가시켜 약 27%의 배기 성능향상을 나타내고 있다. 이를 바탕으로 본 연구를 통하여 개발되는 루프팬의 블레이드 길이는 157 mm로 결정하였다.

Fig. 9는 루프팬의 회전캡에 설치된 블레이드의 형상이 Fig. 3(a), 블레이드 개수가 10개이며 블레이드 폭이 157 mm인 경우, 루프팬에 설치된 회전캡의 회전수가 배기성능에 미치는 영향을 평가한 결과이다. 회전수가 700 rpm에서 1500 rpm으로 증가시킨 경우, 루프팬의 배기성능은 블레이드에서 발생하는 회전모우먼트가 증가함으로 인해, 약 2.14배로 증가

하여 회전수증가비와 풍량증가비는 일치한다는 송풍기 상사법칙에 일치하여 해석의 정확성을 확인하였으며 회전수변화에 따른 수직입상덕트 말단에서의 압력과 배출풍량 및 풍속변화는 Table 3과 같이 큰 차이를 나타내고 있다.

Fig. 10은 루프팬의 회전캡에 설치된 블레이드의 형상이 Fig. 3(a), 블레이드 개수가 10개, 블레이드 폭이 157 mm이고 블레이드 회전수가 700 rpm인 경우, 루프팬에 설치된 회전캡과 수직배기덕트 출구와의 높이변화에 따라 변화되는 루프팬의 배기성능을 평가한 결과이다. 회전캡과 수직덕트 말단사이의 공간이 증가함에 따라 배기능력은 향상되지만 이격거리가 40~60 mm인 경우가 95 mm인 경우보다 약 5% 정도의 배기성능이 향상되는 것을 알 수 있었다.

4. 결 론

공동주택의 화장실, 주방배기를 공용 수직덕트로 배출하는 경우는 공동주택의 높이가 증가함에 따라

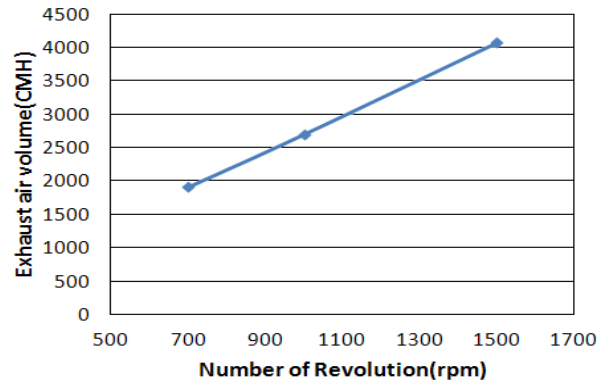


Fig. 9 Exhaust Air Volume along number of Revolution for NB = 10, BW = 157 mm, BT = case A.

Table 3 Exhaust Performance at Terminal Stack along Revolution Power of Roof Fan

item for evaluation	700 rpm	1000 rpm	1500 rpm
$V_{mean}(m/s)$ at terminal stack	6.69	9.49	14.21
Air volume(Q) at terminal stack	1908	2700	4075.2
Pressure(Pa) at terminal stack	-35.74	-72.27	-161.3

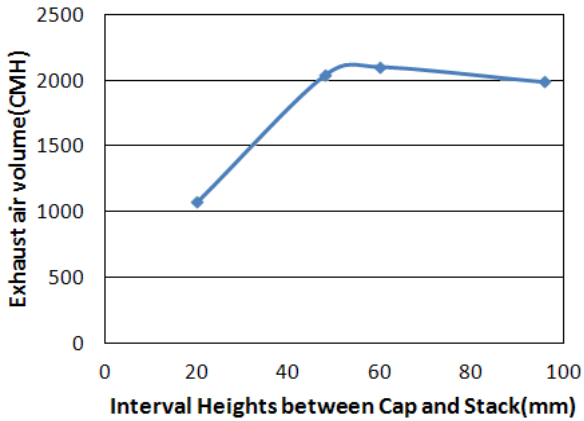


Fig. 10 Exhaust Air Volume along interval Heights between cap and stack for NB = 10, BT = case A, BW = 157 mm and NR = 700 rpm.

배기 능력을 향상시키기 위한 강제배기팬을 공용 수직배기덕트 말단에 필수적으로 설치해야 된다. 본 연구는 배기성능을 향상시키기 위해, 수직배기덕트 말단에 설치하는 루프팬의 성능을 개선하기 위해, 루프팬의 회전캡에 부착되는 회전캡의 형상, 개수, 회전속도, 블레이드길이를 변화시켜 최적화된 루프팬을 개발하고자 전산유체역학기법으로 해석을 수행하였으며 그 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

(1) 루프팬의 배기성능을 영향을 미치는 인자는 루프팬 회전캡에 부착되는 블레이드의 형상, 블레이드 길이, 블레이드 폭 및 블레이드 개수 중에서 블레

이드 개수가 지배적인 영향을 미치는 것을 확인하였다.

(2) 본 연구 대상으로 사용된 루프팬의 경우, 배기성능을 향상시키는 최적 블레이드 개수는 10로 확인되었으며 10개 이상에서는 배기성능향상이 크지 않음을 알 수 있었다.

(3) 블레이드 길이는 회전모우멘트를 증가시켜 루프팬의 배기능력을 크게 향상시키는 인자이며 블레이드길이가 60 mm 증가될 때, 배기능력은 약 27% 향상됨을 알 수 있었다.

후 기

본 논문은 2010년 중소기업청에서 시행하는 중소기업 제품화 개발사업을 통하여 얻은 결과입니다. 본 연구를 위해 지원해주신 중소기업청 관계자 여러분들께 감사드립니다.

참고문헌

1. George, T., 1994, Tamura, Smoke Movement and Control, NFPA
2. Sandberg, M., 1981, What is Ventilation Efficiency, Building and Environmental, Vol. 16, No. 2, pp. 123-135.
3. TITUS, 1996, Engineering Guidelines in Titus Catalog, T96.