

벽체 매립형 환기용 팬 성능개선에 관한 연구

Study on the Performance Improvement of Ventilation Fan Installed in Walls of Underground Parking Lots

권용일(Yong-il Kwon)[†]

신한대학교 자동차공학과

Department of Automotive Engineering, Shinhan University, Euijungbu 480-701, Republic of Korea

(Received October 4, 2012; revision received February 26, 2014; Accepted: March 17, 2014)

Abstract The objective of the present study was to identify ventilation problems, and also to suggest new axial fan systems for the improvement of IAQ in the underground parking lots. Numerical results for air mean-velocity, local mean age, and sound power level are presented along with some of fan angles. The results showed the influence of airflow patterns on the fan performances installed in the underground parking lots. Discharge air volume is increased with the angle of the blade. And also, the main factors affecting the noise of the ventilation fan was found to be a rotational speed.

Key words Fan performance(팬성능), Axial fan(축류팬), IAQ(실내공기질), Local mean age(국소공기연령)

[†] Corresponding author, E-mail: yikwon@shinhan.ac.kr

기호설명

LMA : 국소평균공기연령

TA : 블레이드 비틀림 각도

1. 서론

최근, 초고층 건물의 건설이 활발히 진행되어 초고층 건물에 거주하는 사람들에게 쾌적한 환경을 제공하기 위해, 많은 설비들이 적용되고 있다. 이러한 관점에서 지하주차장의 환기를 위해, 설치하는 급, 배기팬의 기능도 환기효율을 확보하는 차원에서 중요한 부분이다. 지금까지 지하주차장에 설치되는 급, 배기팬은 일반적으로 원심형 시로코팬을 많이 설치하며 이 경우, 급, 배기팬을 설치해야 되는 팬룸의 설치가 필수적이다.⁽¹⁾ 이로 인해, 추가적인 공간이 확보되고 팬룸의 외벽에 설치된 그릴을 통하여 신선외기가 지하주차장으로 공급되거나 지하주차장의 오염된 공기가 배기되기 때문에 압력손실이 증가되고 소음이 많이 발생하게 된다. 이러한 문제점을 해결하고 환기성능을 양호하기 유지할 수 있는 지하주차장과 건식 외기도입구 사이에 위치한 외벽체 부착형 환기용 급, 배기팬을 설치할 경우, 지하주차장에 압력강하를 최소화하고 저소음형으로 급배기 효율을 향상시킬 수 있는 것으로 알려져 있다. 축류형 송풍기의 성능은 블레이드를 구성하는 피치각과 비틀림각, 블레이드의 길이, 두께 및 폭에 의해 영향을 받

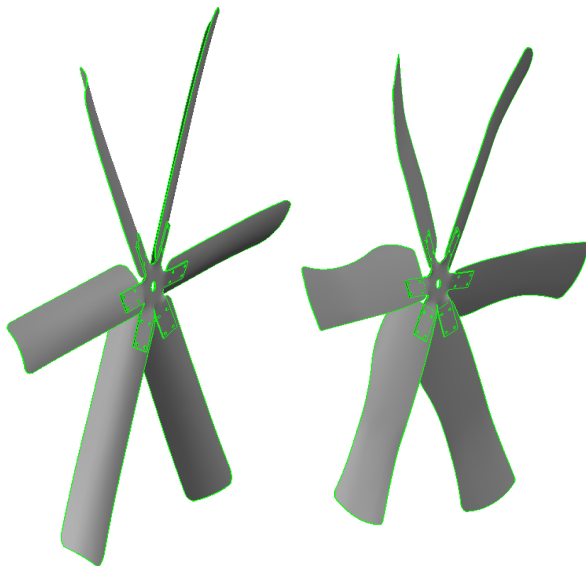
게 된다. 축류팬의 성능향상방안에 대한 이론적, 실험적 연구가 많이 수행되었으며,⁽²⁾ Jeon et al.⁽³⁾은 축류팬의 블레이드길이와 피치각이 성능에 미치는 영향을 실험적인 방법을 통하여 연구하였으며 피치각이 증가함에 따라 축동력은 선형적으로 증가하였지만 풍량은 30° 이하에서는 증가하고 35° 이상에서는 급격히 감소하는 것으로 발표하였다. Kim et al.⁽⁴⁾은 축류팬 성능에 영향을 미치는 피치각과 최대캠버에 대해, 연구한 결과, 축류팬의 성능에 지배적인 영향을 주는 인자는 피치각이지만 너무 큰 피치각과 최대캠버를 선정하면, 과도한 유동손실이 발생한다고 발표하였다. 본 연구는 지하주차장의 외벽체에 설치되어 환기용 급, 배기 팬으로 시공되고 있는 환기용 축류형(프로펠라)팬의 성능을 개선하기 위해, 날개 모양 및 회전수를 변화시켜 기류 소음 및 환기효율변화를 평가하여 최적 환기팬을 설계하기 위해, 수행되었다.

2. 지하주차장 급배기팬의 형상 및 해석조건

2.1 급배기팬의 형상

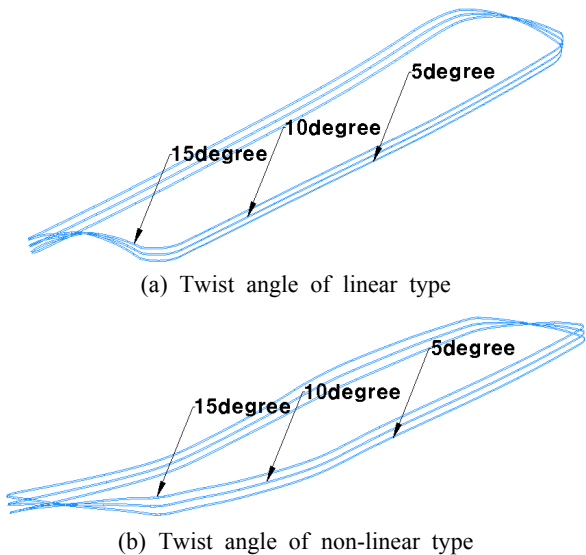
지하주차장의 환기용 급배기팬으로 사용하기 위해, 지하주차장의 외벽체에 매립되는 환기용 프로날개의 폭방향 비틀림 각(twist angle)은 15°이다.

펠라팬의 날개모양은 Fig. 1과 같이 6개로 구성되어



(a) Linear type (b) Non-linear type

Fig. 1 Blade shape of ventilation fan.

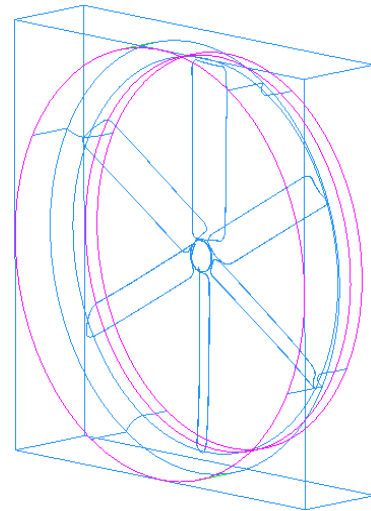


(a) Twist angle of linear type

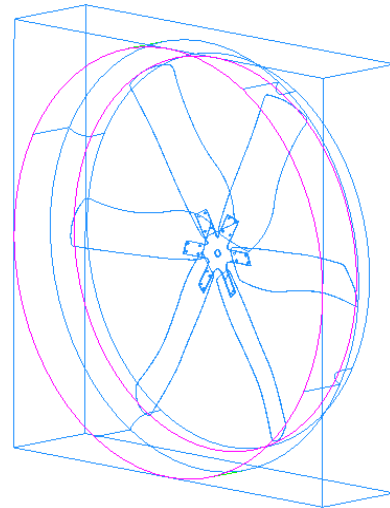
(b) Twist angle of non-linear type

Fig. 2 Twist angle of the blade at a given distance along the radius for various blades.

있으며 각 날개의 폭(chord length)은 약 150 mm이며 날개 반경(radius)는 약 750 mm이다. 폭 방향으로 15° 비틀린 블레이드를 반경방향을 기준으로 Fig. 2와 같이 5°, 10°, 15°로 변화시켜 환기성능에 미치는 영향을 분석하였으며 회전수는 500 rpm~700 rpm으로 변화시켰다. Fig. 3은 6개의 날개 길이 팬 케이스에 설치된 상태를 나타내고 있다. 팬 케이스 내에 설치된 날개 길의 각도는 Fig. 2와 같이 중심축을 기준으로 날개 길의 종류에 관계없이 각도를 변화시켜 환기성능 등을 비교



(a) Linear type



(b) Non-linear type

Fig. 3 Ventilation fan combined with casing.

분석하였다.

2.2 급, 배기팬의 유동현상 해석조건

본 연구에서 지하주차장에 외벽체에 설치되는 급, 배기팬의 성능을 향상시키기 위해, 연구를 수행하였으며 변수로 블레이드의 회전수(500~700 rpm) 그리고 폭방향으로 15°의 비틀림각을 갖는 블레이드를 반경방향으로 5°, 10°, 15° 회전하여 설치한 경우, 환기성능, 풍량, 소음에 미치는 영향을 비교분석하기 위해, Fig. 4와 같은 형상을 갖는(15 m×15 m×30 m) 해석영역을 구성하였다. 본 연구의 경계조건은 축방향 4면은 대칭조건으로 가정하였으며 팬이 설치된 면은 벽체로 가정하였고

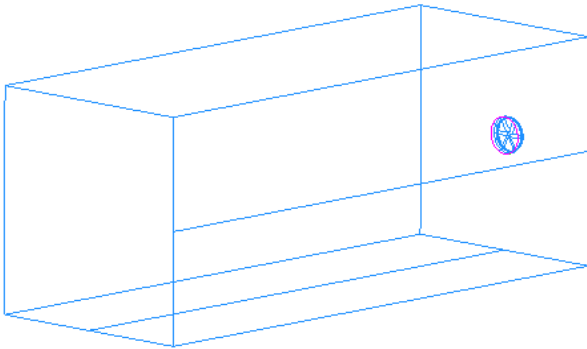


Fig. 4 Analysis domain for simulation.

팬과 마주보는 면은 출구영역으로 가정하여 압력경계 조건을 적용하였다. 본 연구를 수행하기 위해 사용한 상용 프로그램은 Fluent Ver.3.4를 이며 해석을 위한 격자계는 1,300,000개의 비균일격자계를 사용하였으며 수렴조건은 압력방정식을 소스 항으로 구성되는 연속방정식이 10^{-8} 이하로 유지되는 조건으로 가정하였다. 압력방정식은 SIMPLE 알고리즘을 사용하였다. 또한 난류 유동의 해석은 표준 벽함수(standard wall function)를 적용한 난류(k- ϵ 2-equation) 모델을 적용하였다. 블레이드의 회전거동을 수치적으로 모사하기 위해, MRF를 사용하였다. MRF 방법은 블레이드가 부착된 허브의 중심부의 좌표를 부여하고 그 좌표를 중심으로 블레이드 주변의 유체를 회전시켜 블레이드가 회전하면서 발생하는 유동과 흡사한 결과를 나타내는 방법이다. 환기성능을 평가하기 위해, 국소평균연령을 구하였으며 난류유동에 의해, 발생하는 유속음을 구하기 위한 소음해석은 라이트힐의 소음상사이론(Lighthill's acoustic analogy)를 이용한 Broadband Noise Sources법을 이용하여 계산하였다.

3. 결과 및 고찰

지하주차장의 환기를 위해, 설치되는 건식피트는 한쪽 면은 외부와 다른 쪽 면은 지하주차장을 구성하는 벽체와 면하게 된다. 건식피트와 면한 지하주차장 벽체에 Fig. 3과 같은 팬을 설치하여 신선외기를 급기하였을 때, 소음 및 환기성능을 평가한 결과는 다음과 같다. 수치해석결과의 타당성을 검증하기 위해, 격자계를 21만 개 ~ 130만 개 범위로 변화시켜 검토한 결과는 Fig. 5와 같다. 타당성검증을 위해, 스칼라변수인 국소평균공기연령(LMA)를 사용하였다. 격자계가 작은 경우는 송풍기에서 토출되는 공기가 확산반경이 작게 나타나고 있으나 본 연구에서 채택한 격자계수가 13,000,000인 경우, 확산반경이 증가하고 이로 인하여 LMA가 낮게 나타나는 것을 확인할 수 있었다. Fig. 6은 블레이드의 형상이 선형이고 회전수가 500 rpm인 경우, 기류분포 단면

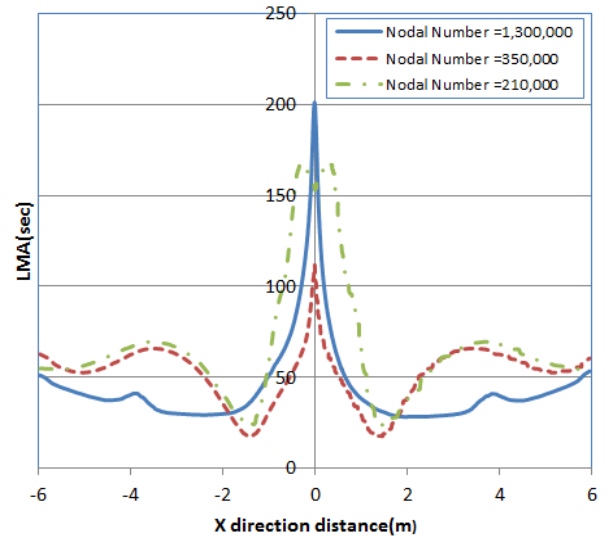
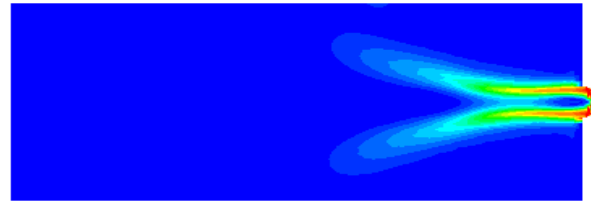


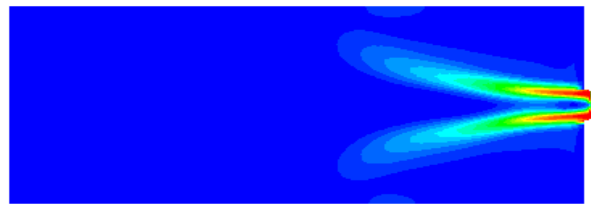
Fig. 5 LMA of Non-linear blade twisted along X direction distance for various nodal numbers.



(a) TA = 5 degree



(b) TA = 10 degree



(c) TA = 15degree

Fig. 6 Velocity contour of linear blade twisted along radius direction for NR = 500 rpm.

을 나타내고 있다. 반경방향으로 블레이드가 Fig. 2와 같이 5°, 10°, 15° 비틀린 경우, 기류분포는 비틀린 각도가 증가함에 따라 도달거리는 증가하지만 확산반경은 감소하는 특성을 나타내고 있다. 이는 비틀린 각도

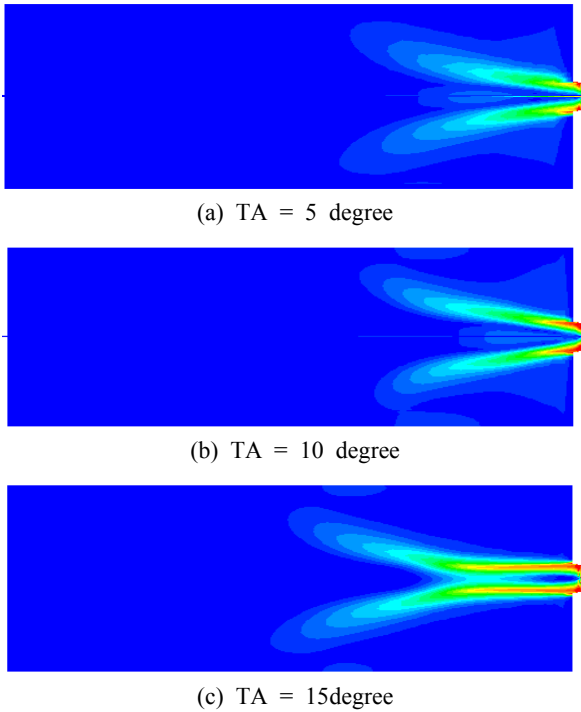


Fig. 7 Velocity Contour of Non-linear blade twisted along radius direction for NR = 500 rpm.

가 증가함에 따라 중심축을 기준으로 선회류가 증가되도록 블레이드가 배치되었기 때문이다. 이러한 현상은 Fig. 7과 같이 비선형 블레이드를 갖는 경우에도 동일하게 나타나고 있다. 비선형의 블레이드의 경우, 비틀림 각도가 15°인 경우, 도달거리가 현저히 증가하지만 선형블레이드인 경우는 비틀림각도가 10° 이상에서는 도달거리가 유사한 것으로 나타났다.

Fig. 8은 블레이드 형상이 선형이고 회전수가 500 rpm이며, Fig. 2와 같이 블레이드의 비틀림각도가 변화되는 경우, 환기팬으로부터 토출된 기류의 이동경로를 나타내고 있다. 블레이드의 비틀림각도가 증가할수록 회전방향 중심축을 기준으로 선회류를 많이 발생함으로 인해, 벽체 부착된 환기팬으로부터 토출된 신선외기의 주 기류가 도달하는 거리가 5 m 이상 증가되지만 블레이드의 비틀림각도가 10° 이상에서는 도달거리의 차이가 없는 것을 입증하고 있다. 비선형 블레이드인 경우도 선회류를 발생하도록 블레이드 각도를 증가시키면 도달거리가 증가함을 알 수 있었다.

Fig. 9와 Fig. 10은 Fig. 2와 같이 블레이드의 비틀림각이 변화될 때, 환기팬의 토출풍량 변화를 나타내고 있다. 블레이드형상(선형, 비선형)에 관계없이 회전수가 증가함에 따라 토출풍량은 선형적으로 증가하고 있다. 비틀림각이 5° 인 경우보다 10° 이상인 경우 회전수 변화에 따른 풍량증가 비율이 높은 것으로 나타났다.

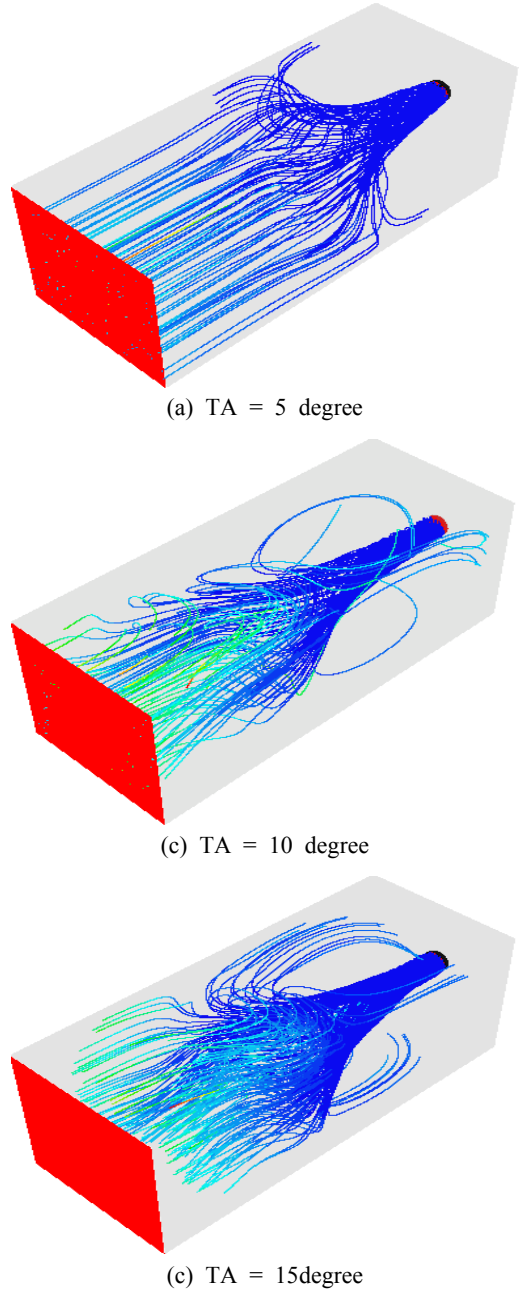


Fig. 8 Pathlines of Linear blade twisted along radius direction for NR = 500 rpm.

또한 회전수가 동일하더라도 블레이드의 비틀림각에 따라 토출풍량은 최대 50% 이상이 증가하는 것으로 나타났다. 이는 블레이드의 비틀림각이 회전 중심축을 기준으로 선회류를 많이 발생시킴으로 인해, 토출풍량이 증가되기 때문이다. Fig. 11와 Fig. 12는 Fig. 2와 같이 비선형 블레이드의 비틀림 각이 변화될 때, 환기팬의 토출면의 최대 음압레벨을 나타내고 있다. 블레이

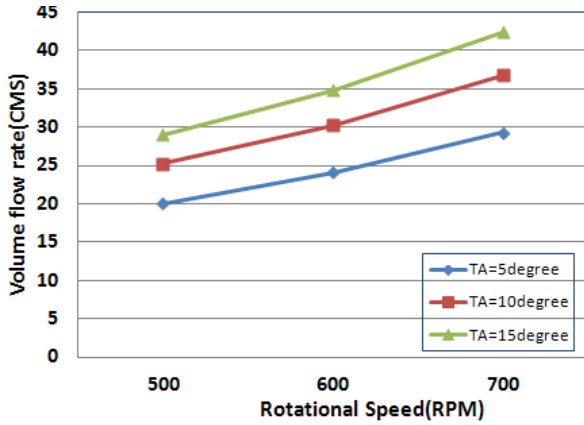


Fig. 9 Volume flow rate(CMS) of Linear blade twisted along radius direction for various rotational speed.

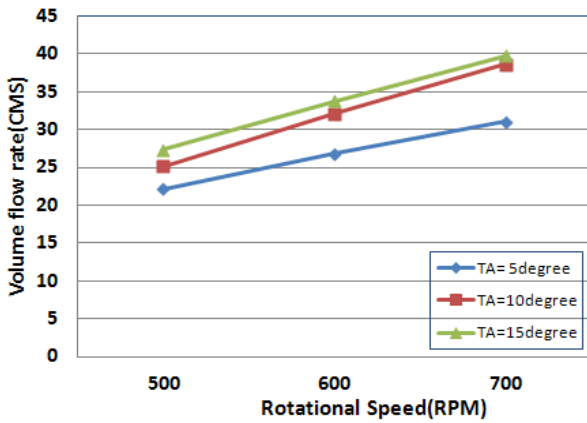


Fig. 10 Volume flow rate(CMS) of Non-linear blade twisted along radius direction for various rotational speed.

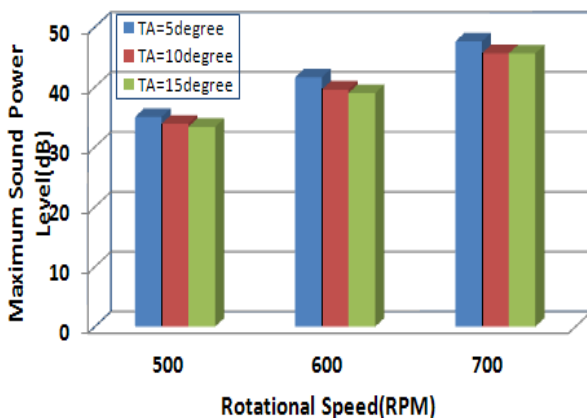


Fig. 11 Maximum Sound Power Level(dB) of Linear blade twisted along radius direction for various rotational speeds.

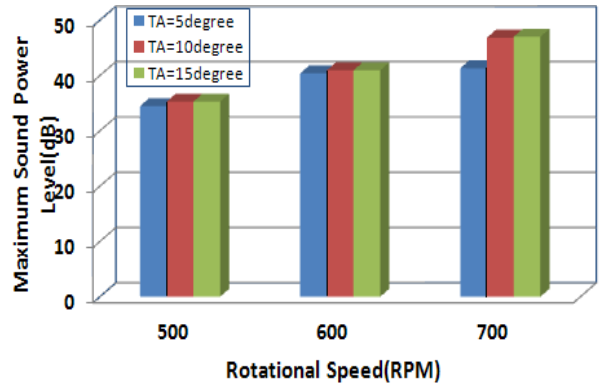


Fig. 12 Maximum sound power level(dB) of non-linear blade twisted along radius direction for various rotational speeds.

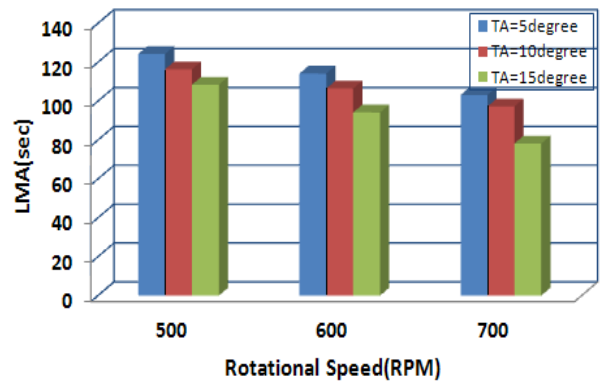


Fig. 13 Average local mean age(sec) of non-linear blade twisted along radius direction for various rotational speeds.

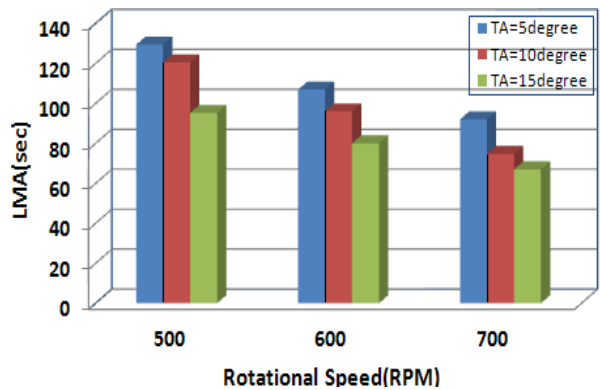


Fig. 14 Average local mean age(sec) of linear blade twisted along radius direction for various rotational speeds.

드의 비틀림 각과 블레이드의 종류에(선형, 비선형)에 관계없이 소음치는 환기팬의 회전속도가 증가함에 따라

증가되지만 선형 블레이드의 경우, 동일한 회전수에서 비틀린 각이 증가하면 소음이 감소하지만 비선형 블레이드의 경우, 비틀린 각이 증가하면 소음이 미소하게 증가하는 현상을 나타내고 있다. 이는 비선형 블레이드인 경우, 선형 블레이드보다 와류를 많이 발생시켜 유속을 증가시키기 때문으로 판단된다. Fig. 13과 Fig. 14는 Fig. 2와 같이 비선형 블레이드의 비틀린각이 변화될 때, 환기팬의 회전수변화에 따른 해석영역의 평균 국소공기연령을 나타내고 있다. 이 값은 블레이드의 형상(선형, 비선형)에 관계없이 회전수가 증가함에 따라 현저히 감소하며 동일한 회전수에서도 비틀린 각도가 증가함에 따라 현저히 감소하고 있다.

이는 비틀린각의 증가로 인해, 발생된 선회류가 토출풍량과 환기팬에서 도출된 신선기류의 도달거리를 증가시켰음을 입증하는 것이다.

4. 결 론

지하주차장의 외벽에 매립형으로 설치되어 지하주차장 급배기용 환기팬으로 적용되고 있는 축류형 환기팬의 성능을 개선하기 위해, 블레이드 모양, 설치각도 및 회전수를 변화시켜 환기성능을 평가한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

- 1) 동일한 회전수에서도 선회류가 발생하도록 블레이드의 부착각도를 변화시키면 토출풍량이 증가하는 특성을 갖고 있다.
- 2) 환기팬의 소음에 영향을 미치는 주요인자는 회전수이며 선회류가 소음에 큰 영향을 미치고 있음을 알 수 있다.

3) Non-linear blade의 경우, 소음이 민감한 현장에서는 블레이드의 부착각도를 낮추고 소음이 민감하지 않은 현장에서는 블레이드의 부착각도를 증가시켜도 될 것으로 판단된다.

후 기

본 논문은 2011년 중소기업청에서 시행하는 중소기업 제품화 개발사업을 통하여 얻은 결과입니다. 본 연구를 위해 지원해주신 중소기업청 관계자 여러분들께 감사드립니다.

Reference

1. Sandberg, M., 1981, What is ventilation efficiency, Building and Environment, Vol. 16, pp. 123-135.
2. Inoune, M. and Kuroumaru, M., 1984, Three-dimensional structure and decay of vortices behind an axial flow rotating blade row, Trans. ASME, Journal of Engineering for Gas Turbines and Power, Vol. 106, No. 3, pp. 561-569.
3. Jeon, S. T. and Cho, J. P., 2013, Effect of pitch angle and blade length on an axial flow fan performance, Korean Journal of SAREK, Vol. 25, No. 1, pp. 43-48.
4. Kim, C. J., Jang, C. M., Choi, M. Y., and Lee, D. I., 1996, Effects of pitch angle and maximum camber on an axial flow fan performance, Proceedings of the SAREK Winter Annual Conference, pp. 269-274.