



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2022-0025673
(43) 공개일자 2022년03월03일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
F24F 11/00 (2018.01) F24F 110/64 (2018.01)
F24F 12/00 (2014.01) F24F 13/20 (2006.01)
F24F 13/28 (2006.01) F24F 7/08 (2006.01)
(52) CPC특허분류
F24F 11/0001 (2018.01)
F24F 12/006 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2021-0109165
(22) 출원일자 2021년08월19일
심사청구일자 2021년08월19일
(30) 우선권주장
1020200105892 2020년08월24일 대한민국(KR)

(71) 출원인
연세대학교 산학협력단
서울특별시 서대문구 연세로 50 (신촌동, 연세대학교)
(72) 발명자
김태연
서울특별시 서초구 서초중앙로24길 43(서초동, 유원서초아파트)
최하늘
서울특별시 서대문구 연희로27길 114, 301호 (연희동, 연희1나임하우스)
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
김인철

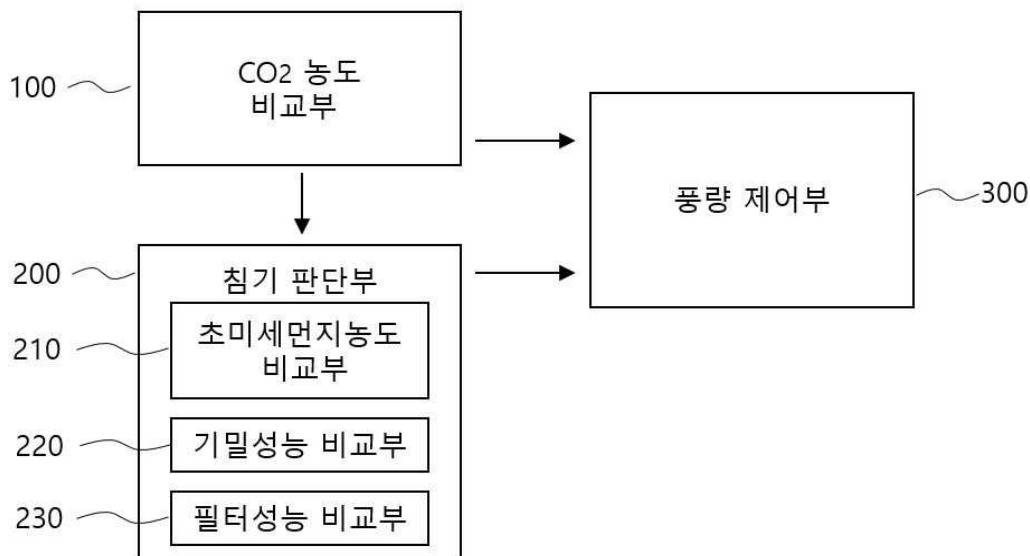
전체 청구항 수 : 총 16 항

(54) 발명의 명칭 실내 미세먼지 저감을 위한 공조장치 환기제어 시스템 및 방법

(57) 요약

본 발명은 침기에 의한 미세먼지 실내유입을 방지하는 공조장치 환기제어 시스템으로서, 실내의 CO₂ 기준 농도값과 실내의 CO₂ 실제 농도값이 비교되고, 실내의 급기풍량 및 배기풍량의 증감이 결정되는 CO₂ 농도 비교부(100); 실외의 미세먼지 농도, 실내의 기밀성능 및 공조장치의 필터성능 중 적어도 하나가 비교되어, 상기 CO₂ 농도 비교부(100)에서 결정된 풍량이 조정되는 침기 판단부(200); 및 상기 CO₂ 농도 비교부(100) 및 상기 침기 판단부(200)에서 결정된 풍량으로 제어하는 풍량 제어부(300)가 포함되며, 실내의 급기풍량이 실내의 배기풍량보다 크게 되어 실내가 가압됨으로써, 침기에 의해 미세먼지의 실내유입이 방지되는 것을 특징으로 하는 실내 미세먼지 저감을 위한 공조장치 환기제어 시스템.

대표도 - 도1



(52) CPC특허분류

F24F 13/20 (2013.01)

F24F 13/28 (2013.01)

F24F 7/08 (2013.01)

F24F 2011/0004 (2013.01)

F24F 2110/64 (2018.01)

(72) 발명자

김형근

서울특별시 동대문구 망우로21길 39, 601호(
회경동, 회경동근생및다세대주택)

장경모

경기도 고양시 덕양구 향기로 30 DMC 리슈빌 113동
703호

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 1711119263

과제번호 2019M3E7A1113095

부처명 다부처

과제관리(전문)기관명 한국연구재단

연구사업명 에너지환경통합형학교미세먼지관리기술개발(R&D)(과기정통부, 교육부)

연구과제명 기존학교 공기환경 개선을 위한 현장 적용기법 개발 및 개선안 실증

기 여 율 1/1

과제수행기관명 연세대학교

연구기간 2020.05.01 ~ 2021.02.28

명세서

청구범위

청구항 1

침기에 의한 미세먼지 실내유입을 방지하는 공조장치 환기제어 시스템으로서,
실내의 CO₂ 기준 농도값과 실내의 CO₂ 실제 농도값이 비교되고, 실내의 급기풍량 및 배기풍량의 증감이 결정되는 CO₂ 농도 비교부;

실외의 미세먼지 농도, 실내의 기밀성능 및 공조장치의 필터성능 중 적어도 하나가 비교되어, 상기 CO₂ 농도 비교부에서 결정된 풍량이 조정되는 침기 판단부; 및

상기 CO₂ 농도 비교부 및 상기 침기 판단부에서 결정된 풍량으로 제어하는 풍량 제어부가 포함되며,

실내의 급기풍량이 실내의 배기풍량보다 크게되어 실내가 가압됨으로써, 침기에 의해 미세먼지의 실내유입이 방지되는 것을 특징으로 하는 실내 미세먼지 저감을 위한 공조장치 환기제어 시스템.

청구항 2

청구항 1에 있어서,

상기 CO₂ 농도 비교부에서,

실내의 CO₂ 실제 농도값이 실내의 CO₂ 기준 농도값보다 크면, 급기풍량 및 배기풍량이 함께 증가되며,

실내의 CO₂ 실제 농도값이 실내의 CO₂ 기준 농도값보다 같거나 작으면, 급기풍량 및 배기풍량이 함께 감소되는 것을 특징으로 하는 실내 미세먼지 저감을 위한 공조장치 환기제어 시스템.

청구항 3

청구항 1에 있어서,

상기 침기 판단부는

실외의 미세먼지 실제 농도값과 실외의 미세먼지 기준 농도값이 비교되는 미세먼지농도 비교부;

실내의 실제 기밀성능값과 실내의 기준 기밀성능값이 비교되는 기밀성능 비교부; 및

공조장치의 실제 필터성능값과 기준 필터성능값이 비교되는 필터성능 비교부를 포함하는 것을 특징으로 하는 실내 미세먼지 저감을 위한 공조장치 환기제어 시스템.

청구항 4

청구항 3에 있어서,

상기 미세먼지 농도 비교부에서,

실외의 미세먼지 실제 농도값이 실외의 미세먼지 기준 농도값보다 크면, 상기 기밀성능 비교부를 거치게 되며,

실외의 미세먼지 실제 농도값이 실외의 미세먼지 기준 농도값보다 작거나 같으면, 상기 CO₂ 농도 비교부에서 결정된 급기풍량과 배기풍량이 유지되는 것을 특징으로 하는 실내 미세먼지 저감을 위한 공조장치 환기제어 시스템.

청구항 5

청구항 1에 있어서,

상기 미세먼지 농도는 PM 2.5인 것을 특징으로 하는 실내 미세먼지 저감을 위한 공조장치 환기제어 시스템.

청구항 6

청구항 4에 있어서,

상기 기밀성능 비교부에서,

실내의 실제 기밀성능값이 실내의 기준 기밀성능값보다 작으면, 상기 CO₂ 농도 비교부에서 결정된 급기풍량은 유지되고, 배기풍량은 기 설정된 값으로 감소되며,

실내의 실제 기밀성능값이 실내의 기준 기밀성능값보다 작거나 같으면, 상기 필터성능 비교부를 거치게 되는 것을 특징으로 하는 실내 미세먼지 저감을 위한 공조장치 환기제어 시스템.

청구항 7

청구항 6에 있어서,

상기 필터성능 비교부에서,

실제 필터성능값이 기준 필터성능값보다 크면, 상기 CO₂ 농도 비교부에서 결정된 급기풍량은 유지되고, 배기풍량은 기 설정된 값으로 감소되며,

실제 필터성능값이 기준 필터성능값보다 작거나 같으면, 상기 CO₂ 농도 비교부에서 산출된 급기풍량은 유지되고, 배기풍량은 0이 되는 것을 특징으로 하는 실내 미세먼지 저감을 위한 공조장치 환기제어 시스템.

청구항 8

청구항 6 또는 청구항 7에 있어서,

상기 기 설정된 배기풍량은 상기 CO₂ 농도 비교부에서 결정된 배기풍량의 50%인 것을 특징으로 하는 실내 미세먼지 저감을 위한 공조장치 환기제어 시스템.

청구항 9

컴퓨터에 의해 수행되는 공조장치 환기제어 방법으로서,

CO₂ 농도 비교부에 의해, 실내의 CO₂ 기준 농도값과 실내의 CO₂ 실제 농도값이 비교되고, 실내의 급기풍량 및 배기풍량의 증감이 결정되는 S100 단계; 및

침기 판단부에 의해, 실외의 미세먼지 농도, 실내의 기밀성능 및 공조장치의 필터성능 중 적어도 하나가 비교되어, 상기 CO₂ 농도 비교부에서 결정된 풍량이 조정되는 S200 단계;를 포함하며,

S100 단계 및 S200 단계에서 결정된 풍량은 풍량 제어부에 의해 제어되며,

실내의 급기풍량이 실내의 배기풍량보다 크게되어 실내가 가압됨으로써, 침기에 의해 미세먼지의 실내유입이 방지되는 것을 특징으로 하는 실내 미세먼지 저감을 위한 공조장치 환기제어 방법.

청구항 10

청구항 9에 있어서,

S100 단계의 CO₂ 농도 비교부에서,

실내의 CO₂ 실제 농도값이 실내의 CO₂ 기준 농도값보다 크면, 급기풍량 및 배기풍량이 함께 증가되며,

실내의 CO₂ 실제 농도값이 실내의 CO₂ 기준 농도값보다 같거나 작으면, 급기풍량 및 배기풍량이 함께 감소되는 것을 특징으로 하는 실내 미세먼지 저감을 위한 공조장치 환기제어 방법.

청구항 11

청구항 9에 있어서,

S200 단계의 침기 판단부는

미세먼지농도 비교부에 의해, 실외의 미세먼지 실제 농도값과 실외의 미세먼지 기준 농도값이 비교되는 S210 단계;

기밀성능 비교부에 의해, 실내의 실제 기밀성능값과 실내의 기준 기밀성능값이 비교되는 S220 단계; 및

필터성능 비교부에 의해, 공조장치의 실제 필터성능값과 기준 필터성능값이 비교되는 S230 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 실내 미세먼지 저감을 위한 공조장치 환기제어 방법.

청구항 12

청구항 11에 있어서,

S210 단계의 미세먼지 농도 비교부에서,

실외의 미세먼지 실제 농도값이 실외의 미세먼지 기준 농도값보다 크면, 상기 기밀성능 비교부를 거치게 되며,

실외의 미세먼지 실제 농도값이 실외의 미세먼지 기준 농도값보다 작거나 같으면, 상기 CO₂ 농도 비교부에서 결정된 급기풍량과 배기풍량이 유지되는 것을

특징으로 하는 실내 미세먼지 저감을 위한 공조장치 환기제어 방법.

청구항 13

청구항 12에 있어서,

S220 단계의 기밀성능 비교부에서,

실내의 실제 기밀성능값이 실내의 기준 기밀성능값보다 작으면, 상기 CO₂ 농도 비교부에서 결정된 급기풍량은 유지되고, 배기풍량은 기 설정된 값으로 감소되며,

실내의 실제 기밀성능값이 실내의 기준 기밀성능값보다 작거나 같으면, 상기 필터성능 비교부를 거치게 되는 것을 특징으로 하는 실내 미세먼지 저감을 위한 공조장치 환기제어 방법.

청구항 14

청구항 9에 있어서,

S230 단계의 필터성능 비교부에서,

실제 필터성능값이 기준 필터성능값보다 크면, 상기 CO₂ 농도 비교부에서 결정된 급기풍량은 유지되고, 배기풍량은 기 설정된 값으로 감소되며,

실제 필터성능값이 기준 필터성능값보다 작거나 같으면, 상기 CO₂ 농도 비교부에서 산출된 급기풍량은 유지되고, 배기풍량은 0이 되는 것을 특징으로 하는 실내 미세먼지 저감을 위한 공조장치 환기제어 방법.

청구항 15

청구항 13 또는 청구항 14에 있어서,

기 설정된 배기풍량은 상기 CO₂ 농도 비교부에서 결정된 배기풍량의 50%인 것을 특징으로 하는 실내 미세먼지 저감을 위한 공조장치 환기제어 방법.

청구항 16

하드웨어와 결합되어, 청구항 9에 기재된 실내 미세먼지 저감을 위한 공조장치 환기제어 방법을 컴퓨터에 의해 실행시키기 위하여 컴퓨터가 판독 가능한 기록매체에 저장된 컴퓨터 프로그램.

발명의 설명

기술분야

[0001] 본 발명은 공조장치 환기제어 시스템 및 방법에 관한 것이다. 구체적으로는 실내 미세먼지 저감을 위한 공조장치 환기제어 시스템 및 방법에 관한 것이다.

배경기술

[0002] 최근 국내 대기 중 직경 $2.5\mu\text{m}$ 이하의 초 미세먼지(이하 PM2.5)농도가 높아지는 날이 증가하고 있다. 서울의 경우 최근 10년의 대기 질 수준은 과거에 비해 다소 개선되었지만, 여전히 해외 주요 대도시들과 비교하여 높은 PM2.5 농도를 보이고 있다.

[0003] 또한 일평균 PM2.5 농도가 $75\mu\text{g}/\text{m}^3$ 을 초과하는 '매우 나쁨' 발생 일수 및 5일 이상의 고농도 지속일수는 증가하고 있는 추세이다. 고농도의 대기 PM2.5는 실외 환경뿐만 아니라 실내에도 영향을 미치기 때문에 실내 환경에 대한 각별한 주의가 요구된다.

[0004] 특히, 학교 교실은 실내 PM2.5 농도 관리가 무엇보다 중요한 공간이다. 성장기 학생들은 PM2.5에 취약한 민감계층으로, 학교에서 많은 시간을 보내기 때문에 학생들의 건강을 위해 교실의 PM2.5 농도는 관리될 필요가 있다. 이러한 상황에서, 정부나 지자체에서는 학교 내 PM2.5 관리를 위해 다양한 노력을 들이고 있다.

[0005] 학교 교실 등의 실내 PM2.5 농도 형성에 기여하는 요소는 크게 세 가지로 분류할 수 있다. 제1 요소는 활동으로 인한 실내 발생, 제2 요소는 창호 및 환기설비 등 환기를 통한 실외 PM2.5 유입 그리고 제3 요소는 침기(infiltration)를 통한 실외 PM2.5 유입이다.

[0006] 외기 PM2.5 농도가 높은 날이면, 일반적으로 먼저, 실내 발생을 억제하고, 다음으로 환기로 인한 외부 PM2.5 유입을 막는다. 예를 들면, 빗자루질 청소 대신 물걸레질 청소를 하고, 현관문 및 창문을 닫고, 복도 측 창문을 이용해 환기를 한다. 이를 통해 제1 요소 및 제2 요소는 일정 정도 방지될 수도 있다.

[0007] 하지만, 제3 요소인 침기를 통한 실외 PM2.5 유입에 대한 대응방안은 부재한 상황이다.

[0008] 침기(infiltration) 즉, 건물의 외벽 및 창문 틈새를 통해 유입되는 외기 PM2.5가 실내 PM2.5 농도 형성에 크게 영향을 주게 된다.

선행기술문헌

특허문헌

[0009] (특허문헌 0001) (문헌 1) 한국등록특허공보 제10-2124364호 (2020.06.12)

발명의 내용

해결하려는 과제

[0010] 본 발명에 따른 실내 미세먼지 저감을 위한 공조장치 환기제어 시스템 및 방법은 다음과 같은 해결과제를 가진다.

[0011] 첫째, 실외의 미세먼지 농도, 실내의 기밀성능 및 공조장치의 필터성능 등을 종합적으로 고려하여 실내의 침기 여부를 판단하고자 한다.

[0012] 둘째, 실내외의 압력차를 발생시켜, 실외 미세먼지가 실내로 유입되는 것을 방지하고자 한다.

[0013] 본 발명의 해결과제는 이상에서 언급한 것들에 한정되지 않으며, 언급되지 아니한 다른 해결과제들은 아래의 기재로부터 당업자에게 명확하게 이해될 수 있을 것이다.

과제의 해결 수단

[0014] 본 발명은 침기에 의한 미세먼지 실내유입을 방지하는 공조장치 환기제어 시스템으로서, 실내의 CO₂ 기준 농도값과 실내의 CO₂ 실제 농도값이 비교되고, 실내의 급기풍량 및 배기풍량의 증감이 결정되는 CO₂ 농도 비교부; 실외

의 미세먼지 농도, 실내의 기밀성능 및 공조장치의 필터성능 중 적어도 하나가 비교되어, 상기 CO₂ 농도 비교부에서 결정된 풍량이 조정되는 침기 판단부; 및 상기 CO₂ 농도 비교부 및 상기 침기 판단부에서 결정된 풍량으로 제어하는 풍량 제어부가 포함되며, 실내의 급기풍량이 실내의 배기풍량보다 크게되어 실내가 가압됨으로써, 침기에 의해 미세먼지의 실내유입이 방지될 수 있다.

[0015] 본 발명에 따른 CO₂ 농도 비교부에서, 실내의 CO₂ 실제 농도값이 실내의 CO₂ 기준 농도값보다 크면, 급기풍량 및 배기풍량이 함께 증가되며, 실내의 CO₂ 실제 농도값이 실내의 CO₂ 기준 농도값보다 같거나 작으면, 급기풍량 및 배기풍량이 함께 감소될 수 있다.

[0016] 본 발명에 따른 상기 침기 판단부는 실외의 미세먼지 실제 농도값과 실외의 미세먼지 기준 농도값이 비교되는 미세먼지농도 비교부; 실내의 실제 기밀성능값과 실내의 기준 기밀성능값이 비교되는 기밀성능 비교부; 및 공조장치의 실제 필터성능값과 기준 필터성능값이 비교되는 필터성능 비교부를 포함할 수 있다.

[0017] 본 발명에 따른 상기 미세먼지 농도 비교부에서, 실외의 미세먼지 실제 농도값이 실외의 미세먼지 기준 농도값보다 크면, 상기 기밀성능 비교부를 거치게 되며, 실외의 미세먼지 실제 농도값이 실외의 미세먼지 기준 농도값보다 작거나 같으면, 상기 CO₂ 농도 비교부에서 결정된 급기풍량과 배기풍량이 유지될 수 있다.

[0018] 본 발명에 있어서, 상기 미세먼지 농도는 PM 2.5인 것이 가능하다.

[0019] 본 발명에 따른 상기 기밀성능 비교부에서, 실내의 실제 기밀성능값이 실내의 기준 기밀성능값보다 작으면, 상기 CO₂ 농도 비교부에서 결정된 급기풍량은 유지되고, 배기풍량은 기 설정된 값으로 감소되며, 실내의 실제 기밀성능값이 실내의 기준 기밀성능값보다 작거나 같으면, 상기 필터성능 비교부를 거치게 될 수 있다.

[0020] 본 발명에 따른 상기 필터성능 비교부에서, 실제 필터성능값이 기준 필터성능값보다 크면, 상기 CO₂ 농도 비교부에서 결정된 급기풍량은 유지되고, 배기풍량은 기 설정된 값으로 감소되며, 실제 필터성능값이 기준 필터성능값보다 작거나 같으면, 상기 CO₂ 농도 비교부에서 산출된 급기풍량은 유지되고, 배기풍량은 0이 될 수 있다.

[0021] 본 발명에 있어서, 상기 기 설정된 배기풍량은 상기 CO₂ 농도 비교부에서 결정된 배기풍량의 50%인 것이 가능하다.

[0023] 본 발명은 컴퓨터에 의해 수행되는 공조장치 환기제어 방법으로서, CO₂ 농도 비교부에 의해, 실내의 CO₂ 기준 농도값과 실내의 CO₂ 실제 농도값이 비교되고, 실내의 급기풍량 및 배기풍량의 증감이 결정되는 S100 단계; 및 침기 판단부에 의해, 실외의 미세먼지 농도, 실내의 기밀성능 및 공조장치의 필터성능 중 적어도 하나가 비교되어, 상기 CO₂ 농도 비교부에서 결정된 풍량이 조정되는 S200 단계;를 포함하며, S100 단계 및 S200 단계에서 결정된 풍량은 풍량 제어부에 의해 제어되며, 실내의 급기풍량이 실내의 배기풍량보다 크게되어 실내가 가압됨으로써, 침기에 의해 미세먼지의 실내유입이 방지될 수 있다.

[0024] 본 발명에 따른 S100 단계의 CO₂ 농도 비교부에서, 실내의 CO₂ 실제 농도값이 실내의 CO₂ 기준 농도값보다 크면, 급기풍량 및 배기풍량이 함께 증가되며, 실내의 CO₂ 실제 농도값이 실내의 CO₂ 기준 농도값보다 같거나 작으면, 급기풍량 및 배기풍량이 함께 감소될 수 있다.

[0025] 본 발명에 따른 S200 단계의 침기 판단부는 미세먼지농도 비교부에 의해, 실외의 미세먼지 실제 농도값과 실외의 미세먼지 기준 농도값이 비교되는 S210 단계; 기밀성능 비교부에 의해, 실내의 실제 기밀성능값과 실내의 기준 기밀성능값이 비교되는 S220 단계; 및 필터성능 비교부에 의해, 공조장치의 실제 필터성능값과 기준 필터성능값이 비교되는 S230 단계를 포함할 수 있다.

[0026] 본 발명에 따른 S210 단계의 미세먼지 농도 비교부에서, 실외의 미세먼지 실제 농도값이 실외의 미세먼지 기준 농도값보다 크면, 상기 기밀성능 비교부를 거치게 되며, 실외의 미세먼지 실제 농도값이 실외의 미세먼지 기준 농도값보다 작거나 같으면, 상기 CO₂ 농도 비교부에서 결정된 급기풍량과 배기풍량이 유지될 수 있다.

[0027] 본 발명에 따른 S220 단계의 기밀성능 비교부에서, 실내의 실제 기밀성능값이 실내의 기준 기밀성능값보다 작으면, 상기 CO₂ 농도 비교부에서 결정된 급기풍량은 유지되고, 배기풍량은 기 설정된 값으로 감소되며, 실내의 실

제 기밀성능값이 실내의 기준 기밀성능값보다 작거나 같으면, 상기 필터성능 비교부를 거치게 될 수 있다.

[0028] 본 발명에 따른 S230 단계의 필터성능 비교부에서, 실제 필터성능값이 기준 필터성능값보다 크면, 상기 CO₂ 농도 비교부에서 결정된 급기풍량은 유지되고, 배기풍량은 기 설정된 값으로 감소되며, 실제 필터성능값이 기준 필터성능값보다 작거나 같으면, 상기 CO₂ 농도 비교부에서 산출된 급기풍량은 유지되고, 배기풍량은 0이 될 수 있다.

[0029] 본 발명에 있어서, 기 설정된 배기풍량은 상기 CO₂ 농도 비교부에서 결정된 배기풍량의 50%인 것이 가능하다.

[0031] 본 발명은 하드웨어와 결합되어, 본 발명에 따른 실내 미세먼지 저감을 위한 공조장치 환기제어 방법을 컴퓨터에 의해 실행시키기 위하여 컴퓨터가 판독 가능한 기록매체에 저장된 컴퓨터 프로그램으로 구현될 수 있다.

발명의 효과

[0032] 본 발명에 따른 실내 미세먼지 저감을 위한 공조장치 환기제어 시스템 및 방법은 다음과 같은 효과를 가진다.

[0033] 첫째, 미세먼지 농도 비교부, 기밀성능 비교부 및 필터성능 비교부를 활용하여, 실내의 침기 여부를 판단하고, 풍량을 제어하는 효과가 있다.

[0034] 둘째, 실내외의 압력차를 발생시켜, 실외 미세먼지가 실내로 유입되는 것을 방지하는 효과가 있다.

[0035] 본 발명의 효과는 이상에서 언급된 것들에 한정되지 않으며, 언급되지 아니한 다른 효과들은 아래의 기재로부터 당업자에게 명확하게 이해될 수 있을 것이다.

도면의 간단한 설명

[0036] 도 1은 본 발명에 따른 환기제어 시스템의 구성도이다.

도 2는 본 발명에 따른 환기제어 방법에 따른 일 실시예의 순서도이다.

도 3은 실외 PM2.5가 실내로 유입되는 것을 차단하는 방법에 관한 것이다.

도 4는 실시예에 사용될 케이스의 구분 및 절차에 관한 것을 나타낸다.

도 5는 기밀 성능이 보통인 교실의 PM2.5 농도 변화를 나타낸 결과이다.

도 6은 케이스 1-a의 채실기간 평균농도를 나타낸다.

도 7은 실내 PM2.5 농도 구성을 분석한 결과를 나타낸다.

도 8은 가압을 할수록 환기로 인해 유입된 PM2.5의 비중이 점점 커지는 것을 확인할 수 있는 도면이다.

도 9는 환기제어 시스템 작동에 따른 교실의 환기부하 변화를 나타낸다.

도 10은 기밀 성능이 보통인 교실의 침기부하 변화를 나타낸다.

도 11은 기밀 성능이 보통인 교실의 총 환기, 침기부하의 변화를 나타낸다.

도 12는 환기제어 시스템의 작동에 따른 환기설비 소비전력 변화를 나타낸다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0037] 이하, 첨부한 도면을 참조하여, 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자가 용이하게 실시할 수 있도록 본 발명의 실시예를 설명한다. 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자가 용이하게 이해할 수 있는 바와 같이, 후술하는 실시예는 본 발명의 개념과 범위를 벗어나지 않는 한도 내에서 다양한 형태로 변형될 수 있다. 가능한 한 동일하거나 유사한 부분은 도면에서 동일한 도면부호를 사용하여 나타낸다.

[0038] 본 명세서에서 사용되는 전문용어는 단지 특정 실시예를 언급하기 위한 것이며, 본 발명을 한정하는 것을 의도하지는 않는다. 여기서 사용되는 단수 형태들은 문구들이 이와 명백히 반대의 의미를 나타내지 않는 한 복수 형태들도 포함한다.

[0039] 본 명세서에서 사용되는 "포함하는"의 의미는 특정 특성, 영역, 정수, 단계, 동작, 요소 및/또는 성분을 구체화

하며, 다른 특정 특성, 영역, 정수, 단계, 동작, 요소, 성분 및/또는 군의 존재나 부가를 제외시키는 것은 아니다.

[0040] 본 명세서에서 사용되는 기술용어 및 과학용어를 포함하는 모든 용어들은 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자가 일반적으로 이해하는 의미와 동일한 의미를 가진다. 사전에 정의된 용어들은 관련기술문헌과 현재 개시된 내용에 부합하는 의미를 가지는 것으로 추가 해석되고, 정의되지 않는 한 이상적이거나 매우 공식적인 의미로 해석되지 않는다.

[0041] 본 명세서에서 사용되는 방향에 관한 표현, 예를 들어 전/후/좌/우의 표현, 상/하의 표현, 종방향/횡방향의 표현은 도면에 개시된 방향을 참고하여 해석될 수 있다.

[0042] 본 발명에 따른 미세먼지는 입자의 지름이 $10\mu\text{m}$ 이하의 미세한 먼지인 PM10과 입자의 지름이 $2.5\mu\text{m}$ 이하인 PM2.5 등의 다양한 미세먼지를 포함한다. 다만, 일반적으로 초미세먼지(PM2.5)의 침기가 문제되므로, 본 명세서에서는 PM2.5의 사례를 제시하면서 본 발명을 설명하고자 한다.

[0045] 이하에서는 도면을 참고하여 본 발명을 설명하고자 한다. 참고로, 도면은 본 발명의 특징을 설명하기 위하여, 일부 과장되게 표현될 수도 있다. 이 경우, 본 명세서의 전 취지에 비추어 해석되는 것이 바람직하다.

[0047] 도 1은 본 발명에 따른 환기제어 시스템의 구성도이다. 도 2는 본 발명에 따른 환기제어 방법에 따른 일 실시예의 순서도이다.

[0049] 본 발명은 침기에 의한 미세먼지 실내유입을 방지하는 공조장치 환기제어 시스템에 관한 것이다.

[0050] 본 발명에 따른 환기제어 시스템은 CO₂ 농도 비교부(100), 침기 판단부(200) 및 풍량 제어부(300)를 포함한다.

[0052] 본 발명에 따른 CO₂ 농도 비교부(100)에서는 실내의 CO₂ 기준 농도값과 실내의 CO₂ 실제 농도값이 비교되고, 실내의 급기풍량 및 배기풍량의 증감이 결정될 수 있다.

[0053] 침기에 의한 미세먼지 유입방지가 고려되기 전 단계에서, 환기제어 시스템은 CO₂ 농도의 비교에 따라 급기풍량 및 배기풍량이 결정된다.

[0055] 본 발명에 따른 침기 판단부(200)에서는 실외의 미세먼지 농도, 실내의 기밀성능 및 공조장치의 필터성능 중 적어도 하나가 비교되어, 상기 CO₂ 농도 비교부(100)에서 결정된 풍량이 조정될 수 있다.

[0056] 침기 판단에 따른 풍량 조정은 급기풍량과 배기풍량이 동일하게 증감되는 것이 아니라, 급기풍량 대비 배기풍량이 감소되어, 실내의 공기압이 증가하게 되는 것을 의미한다.

[0058] 본 발명에 따른 풍량 제어부(300)는 CO₂ 농도 비교부(100) 및 침기 판단부(200)에서 결정된 풍량으로 제어할 수 있다.

[0060] 본 발명에 따른 환기제어 시스템은 실내의 급기풍량이 실내의 배기풍량보다 크게되어 실내가 가압됨으로써, 침기에 의해 미세먼지의 실내유입이 방지되는 것을 특징으로 한다.

[0062] 본 발명에 따른 CO₂ 농도 비교부(100)에서 실내의 CO₂ 실제 농도값이 실내의 CO₂ 기준 농도값보다 크면, 급기풍

량 및 배기풍량이 함께 증가되며, 실내의 CO₂ 실제 농도값이 실내의 CO₂ 기준 농도값보다 같거나 작으면, 급기풍량 및 배기풍량이 함께 감소될 수 있다.

- [0064] CO₂ 농도 비교부(100)에서 결정되는 급기풍량과 배기풍량은 일반적으로 동일한 값을 가지게 된다. 즉, 풍량증가 시 동일한 값으로 증가되며, 풍량감소시 동일한 값으로 감소하게 된다.
- [0066] 본 발명에 따른 침기 판단부(200)는 실외의 미세먼지 실제 농도값과 실외의 미세먼지 기준 농도값이 비교되는 미세먼지농도 비교부(210); 실내의 실제 기밀성능값과 실내의 기준 기밀성능값이 비교되는 기밀성능 비교부(220); 및 공조장치의 실제 필터성능값과 기준 필터성능값이 비교되는 필터성능 비교부(230)를 포함한다.
- [0068] 본 발명에 따른 미세먼지 농도 비교부(210)에서 실외의 미세먼지 실제 농도값이 실외의 미세먼지 기준 농도값보다 크면, 상기 기밀성능 비교부(220)를 거치게 되며, 실외의 미세먼지 실제 농도값이 실외의 미세먼지 기준 농도값보다 작거나 같으면, 상기 CO₂ 농도 비교부(100)에서 결정된 급기풍량과 배기풍량이 유지될 수 있다.
- [0069] 본 발명에 따른 미세먼지는 다양한 유형의 미세먼지를 포함하며, 미세먼지 농도가 PM2.5인 실시예가 더욱 바람직하다.
- [0070] 참고로, 도 2의 실시예는 PM2.5가 사용된 실시예이다.
- [0072] 본 발명에 따른 기밀성능 비교부(220)에서, 실내의 실제 기밀성능값이 실내의 기준 기밀성능값보다 작으면, 상기 CO₂ 농도 비교부(100)에서 결정된 급기풍량은 유지되고, 배기풍량은 기 설정된 값으로 감소되며, 실내의 실제 기밀성능값이 실내의 기준 기밀성능값보다 작거나 같으면, 상기 필터성능 비교부(230)를 거치게 될 수 있다.
- [0074] 본 발명에 따른 필터성능 비교부(230)에서, 실제 필터성능값이 기준 필터성능값보다 크면, 상기 CO₂ 농도 비교부(100)에서 결정된 급기풍량은 유지되고, 배기풍량은 기 설정된 값으로 감소되며, 실제 필터성능값이 기준 필터성능값보다 작거나 같으면, 상기 CO₂ 농도 비교부(100)에서 산출된 급기풍량은 유지되고, 배기풍량은 0이 될 수 있다.
- [0076] 급기풍량과 배기풍량의 비율을 조절하는 것으로 실내 공기압을 증가시킬 수 있다. 급기풍량과 배기풍량을 모두 제어하는 것도 가능한 실시예이며, 급기풍량은 유지한 상태에서 배기풍량만을 제어하는 것도 가능한 실시예이다.
- [0077] 본 발명은 급기풍량을 유지한 상태에서 배기풍량만을 제어하는 것이 제어요소가 1개이므로, 간단하고 명확한 제어가 가능할 것으로 사료되어, 배기풍량만을 제어하는 실시예를 제시하고자 한다.
- [0079] 먼저, 급기풍량은 유지된 상태에서, 배기풍량이 영(0)이 되는 작동모드가 구현가능하다. 이러한 작동모드에서는 계속되는 급기에 의해 실내의 공기압이 급속하게 증가될 것이다. 실내의 공기압이 증가하면, 실외에서 건물(교실등)의 틈새 등을 통해 실내로 침기(infiltration)되는 것이 방지될 것이다.
- [0081] 다음으로, 급기풍량은 유지된 상태에서 배기풍량이 감소되는 작동모드가 구현가능하다. 배기풍량은 직전 설정된 값과 대비하여 일정 비율(예로 50%)로 감소시킬 수 있을 것이다. 이러한 작동모드에서는 실내의 공기압의 증가속도가 서서히 증가될 수 있을 것이다.

- [0083] 한편, 본 발명은 컴퓨터에 의해 수행되는 공조장치 환기제어 방법으로 구현될 수 있다. 환기제어 방법은 전술한 환기제어 시스템과 실질적으로 동일한 기술구성을 가지나, 발명의 카테고리는 서로 다르다. 따라서, 중복되는 내용은 환기제어 시스템에서 차용할 수 있을 것이다.
- [0085] 도 2는 본 발명에 따른 환기제어 방법에 따른 일 실시예의 순서도이다.
- [0087] 본 발명은 컴퓨터에 의해 수행되는 공조장치 환기제어 방법에 관한 것이다.
- [0088] 본 발명에 따른 환기제어 방법은 CO₂ 농도 비교부(100)에 의해, 실내의 CO₂ 기준 농도값과 실내의 CO₂ 실제 농도값이 비교되고, 실내의 급기풍량 및 배기풍량의 증감이 결정되는 S100 단계; 및 침기 판단부(200)에 의해, 실외의 미세먼지 농도, 실내의 기밀성능 및 공조장치의 필터성능 중 적어도 하나가 비교되어, 상기 CO₂ 농도 비교부(100)에서 결정된 풍량이 조정되는 S200 단계;를 포함한다.
- [0090] S100 단계 및 S200 단계에서 결정된 풍량은 풍량 제어부(300)에 의해 제어될 수 있다.
- [0091] 이러한 풍량제어에 의해 실내의 급기풍량이 실내의 배기풍량보다 크게되어 실내가 가압됨으로써, 침기에 의해 미세먼지의 실내유입이 방지될 수 있다.
- [0093] 본 발명에 따른 S100 단계의 CO₂ 농도 비교부(100)에서, 실내의 CO₂ 실제 농도값이 실내의 CO₂ 기준 농도값보다 크면, 급기풍량 및 배기풍량이 함께 증가되며, 실내의 CO₂ 실제 농도값이 실내의 CO₂ 기준 농도값보다 같거나 작으면, 급기풍량 및 배기풍량이 함께 감소될 수 있다.
- [0095] 본 발명에 따른 S200 단계의 침기 판단부(200)는, 미세먼지농도 비교부(210)에 의해, 실외의 미세먼지 실제 농도값과 실외의 미세먼지 기준 농도값이 비교되는 S210 단계; 기밀성능 비교부(220)에 의해, 실내의 실제 기밀성능값과 실내의 기준 기밀성능값이 비교되는 S220 단계; 및 필터성능 비교부(230)에 의해, 공조장치의 실제 필터성능값과 기준 필터성능값이 비교되는 S230 단계를 포함한다.
- [0097] 본 발명에 따른 S210 단계의 미세먼지 농도 비교부(210)에서, 실외의 미세먼지 실제 농도값이 실외의 미세먼지 기준 농도값보다 크면, 상기 기밀성능 비교부(220)를 거치게 되며, 실외의 미세먼지 실제 농도값이 실외의 미세먼지 기준 농도값보다 작거나 같으면, 상기 CO₂ 농도 비교부(100)에서 결정된 급기풍량과 배기풍량이 유지될 수 있다.
- [0099] 본 발명에 따른 S220 단계의 기밀성능 비교부(220)에서, 실내의 실제 기밀성능값이 실내의 기준 기밀성능값보다 작으면, 상기 CO₂ 농도 비교부(100)에서 결정된 급기풍량은 유지되고, 배기풍량은 기 설정된 값으로 감소되며, 실내의 실제 기밀성능값이 실내의 기준 기밀성능값보다 작거나 같으면, 상기 필터성능 비교부(230)를 거치게 된다.
- [0101] 본 발명에 따른 S230 단계의 필터성능 비교부(230)에서, 실제 필터성능값이 기준 필터성능값보다 크면, 상기 CO₂ 농도 비교부(100)에서 결정된 급기풍량은 유지되고, 배기풍량은 기 설정된 값으로 감소되며, 실제 필터성능값이 기준 필터성능값보다 작거나 같으면, 상기 CO₂ 농도 비교부(100)에서 산출된 급기풍량은 유지되고, 배기풍량은 0이 될 수 있다.

- [0103] 한편, 본 발명은 컴퓨터프로그램으로 구현될 수 있다. 구체적으로, 본 발명은 하드웨어와 결합되어, 본 발명에 따른 실내 미세먼지 저감을 위한 공조장치 환기제어 방법을 컴퓨터에 의해 실행시키기 위하여 컴퓨터가 판독 가능한 기록매체에 저장된 컴퓨터 프로그램으로 구현될 수 있다.
- [0104] 본 발명은 다양한 컴퓨터수단을 통하여 판독 가능한 프로그램 형태로 구현되어 컴퓨터로 판독 가능한 기록매체에 기록될 수 있다. 여기서, 기록매체는 프로그램 명령, 데이터 파일, 데이터구조 등을 단독으로 또는 조합하여 포함할 수 있다. 기록매체에 기록되는 프로그램 명령은 본 발명을 위하여 특별히 설계되고 구성된 것들이거나 컴퓨터 소프트웨어 당업자에게 공지되어 사용 가능한 것일 수도 있다. 예컨대 기록매체는 하드 디스크, 플로피 디스크 및 자기 테이프와 같은 자기 매체(magnetic media), CDROM, DVD와 같은 광 기록 매체(optical media), 플롭티컬 디스크(floptical disk)와 같은 자기-광 매체(magneto-optical media), 및 롬(ROM), 램(RAM), 플래시 메모리 등과 같은 프로그램 명령을 저장하고 수행하도록 특별히 구성된 하드웨어 장치를 포함한다. 프로그램 명령의 예에는 컴파일러에 의해 만들어지는 것과 같은 기계어뿐만 아니라 인터프리터 등을 사용해서 컴퓨터에 의해서 실행될 수 있는 고급 언어를 포함할 수 있다. 이러한 하드웨어 장치는 본 발명의 동작을 수행하기 위해 하나 이상의 소프트웨어 모듈로서 작동하도록 구성될 수 있으며, 그 역도 마찬가지이다.
- [0107] 이하에서는 본 발명에 따른 환기제어 시스템과 환기제어 방법의 실시예를 설명하고자 한다. 여기서는 학교교실 및 PM2.5를 중심으로 설명하고자 한다.
- [0109] 본 발명에서는 급기 환기 방식에 착안하여 환기설비를 이용, 침기로 유입되는 실외 PM2.5를 차단하는 방법을 고안하였다. 구체적으로, 교실에 설치된 환기설비의 급기량을 배기량보다 크게 하여 실내를 가압하고, 실내를 양압으로 만들어 고농도의 실외 PM2.5가 실내로 유입되는 것을 차단하는 방법이다(도 3 참조).
- [0110] 이 방법은 공기정화장치 설치 또는 기밀 보수 공사 등 추가적인 개선 없이 기존 환기설비를 활용한다는 점에서 고농도 기간, 기축학교의 실내 PM2.5 관리를 위한 효과적인 대책이 될 수 있을 것으로 판단된다.
- [0111] 이에, 본 발명에서는 시뮬레이션을 이용하여 통해 발명에서 제안하는 방법의 성능을 종합적으로 평가하고, 적용 가능성을 살펴보고자 한다. 본 발명의 방법 및 구체적인 절차는 도 4에 표현하였다.
- [0113] **- 케이스 분류**
- [0114] 본 발명에서는 제안하는 방법의 성능을 평가하기 위해, 다음의 표 1과 같이 케이스를 분류하였다.
- [0115] 먼저, 제안하는 가압 방법은 외부로부터의 침기를 저감시키는 것으로 건물의 기밀성능에 따라 그 효과가 달라질 수 있다. 따라서 건물의 기밀성능에 따라 케이스를 분류하였다.
- [0116] 기존 발명에 따르면 국내 학교의 기밀성능 수준은 실내외 압력차 1Pa 기준 0.97-4.63ACH(Air Change per Hour), 50Pa 기준 약 6.79-15.11ACH로 매우 다양하였다.
- [0117] 이를 종합하여 본 발명에서는 케이스를 기밀성능이 보통인 건물(케이스 1)과 우수한 건물(케이스 2)로 분류하고, 자연 상태에서 평균 공기 교환 횟수를 각각 1.0ACH, 0.5ACH로 설정하였다.
- [0118] 한편, 환기설비의 급기량은 그대로 하고, 배기량을 다르게 하여 가압의 정도를 구분하였다.
- [0119] 첫 번째는 급·배기량이 같으며, 가압을 하지 않는 기본 케이스이다(케이스 1-a, 2-a).
- [0120] 두 번째는 환기설비의 배기량이 0이며, 100%가압을 하는 케이스이다(케이스 1-c, 2-c).
- [0121] 세 번째는 환기설비의 배기량이 급기량의 반이며, 50% 가압을 하는 케이스이다(케이스 1-b, 2-b).
- [0122] 100% 가압을 하는 케이스는 열회수가 불가능하다는 점을 고려하여, 현실적으로 일부 열회수를 가능하게 하는 케이스를 두었다.
- [0123] 마지막으로, 50% 가압을 하고 환기설비의 필터 성능을 향상시킨 케이스(케이스 1-d, 2-d)를 두어 필터 개선에 따른 가압 전략의 성능을 함께 평가하였다.

표 1

Case	Air tightness performance	Filter	Supply air volume (CMH)	Return air volume (CMH)	Pressurization Rate (%)
Case 1-a	Moderate (1.0ACH @1Pa)	MERV 11	400	400	0
Case 1-b			400	200	50
Case 1-c			400	0	100
Case 1-d		MERV 13	400	200	50
Case 2-a	High (0.5ACH @1Pa)	MERV 11	400	400	0
Case 2-b			400	200	50
Case 2-c			400	0	100
Case 2-d		MERV 13	400	200	50

- 교실 내 PM2.5 농도 해석

(1) CONTAM

본 발명에서는 CONTAM을 활용하여 교실 환경을 간이모델링하고, 환기설비를 이용한 가압에 따른 케이스별 실내 PM2.5 농도를 비교, 분석하였다. NIST(National Institute of Standards and Technology)에서 개발한 CONTAM은 실간 기류와 PM2.5를 포함한 오염물질 해석에 널리 사용되는 시뮬레이션 툴이다.

(2) CONTAM 모델링 상세

해석은 2019년 서울지역 실외 PM2.5가 가장 높았던 3월 중 하루를 대상으로 수행되었다. CONTAM을 이용하여 PM2.5 동적 해석을 수행하기 위해서는 기상 파일(Weatherfile, WTH)과 오염물질 파일(Contaminant file, CTM)이 요구된다.

WTH는 공기온도, 절대습도, 기압, 풍향, 풍속 등 5가지 요소로 구성되며, CTM은 PM2.5로 구성된다.

본 발명에서는 기상청 데이터를 바탕으로 WTH를, 에어코리아 데이터를 바탕으로 CTM을 구축하였다. 동적 해석의 시간 간격은 5분으로 설정하였다.

해석 대상공간으로 교실과 복도를 모델링하였다. 대상공간의 면적은 국내 학교 현황을 참고하였다. 교실인원은 수업시간에 20명, 쉬는 시간에 10명으로 가정하였다. 해석시점이 난방기임을 고려하여 교실의 온도는 20℃, 복도의 온도는 10℃로 설정하였다.

공간의 유동 경로(Airflow path)는 단일 흐름 모델(One-way flow), 누기면적 데이터(Leakage area data)를 활용하였다. 또한 창, 문, 벽에 유동이 발생하도록 구현하였다. 단위 길이, 요소, 단위 면적 별 누기면적은 CONTAM 라이브러리를 참고하였으며, 총 누기 면적은 케이스 별 기밀성능에 맞게 조정하였다.

실내 PM2.5 발생원은 쉬는 시간 학생들의 움직임이 유일한 것으로 가정하였다. 수업시간 사이 10분의 쉬는 시간 및 점심시간에 PM2.5가 발생하도록 모델링하였으며, 방출률은 본 발명자가 다중이용시설에서의 측정으로 얻어낸 실험값을 입력하였다.

교실 내 공기정화장치로 공기청정기와 환기설비를 모델링하였다. 공기청정기는 교육부의 '학교 공기정화장치 설치 및 유지관리 업무안내서 기준'에 따라 교실 면적의 1.5배 이상 청정면적으로 모델링하였다. 환기설비의 급기량은 교실의 최소 환기 기준 및 국내 환기설비 규격을 참고하여 400CMH(Cubic Meter per Hour)로 설정하였다.

[0139] 배기량은 가압 정도에 따라 케이스 별로 달리하였다(표 1). 환기설비의 필터의 경우, 최근 요구되는 수준이 MERV 12-15로 상향되었으나, 이전의 기준(MERV 10-12) 및 기 설치된 필터 수준을 고려하여 MERV 11로 가정하였다. 필터 모델은 CONTAM 라이브러리를 참고하였다. 공기청정기와 환기설비는 모두 재실기간(9:00-16:00)에만 가동되도록 하였다.

[0140] 여기서, MERV(Minimum Efficiency Reporting Value)는 최소효율보고값으로서, 최소효율평균값을 바탕으로 필터의 성능에 따른 등급을 표시하는 용도로 사용된다.

[0141] PM2.5 해석을 위해서는 침입계수(Penetration factor) 및 침착률(Deposition rate)를 모델링 하는 것이 필요하다.

[0142] 침입계수는 실외 PM2.5가 건물 외피의 틈새를 통해 실내로 유입되는 비율을, 침착률은 PM2.5가 실내바닥 또는 벽에 침착되는 속도를 의미한다.

[0143] 본 발명에서는 기존 문헌을 바탕으로 침입계수를 0.8로 설정하였다. 또한 침착률은 0.09/h로 설정하였다. 상세 모델링 정보는 아래 표 2와 같다.

표 2

Zone	Classroom	Floor area	67.5m ²
		Volume	182.25m ³
		Temperature	20℃
		Occupancy schedule	09:00-16:00 (Break time : 10minutes) 20 in class, 10 in break time
		Generation	0.005mg/min
		Removal	0.09/h (Deposition) 13.2m ³ /min (Air purifier)
	Corridor	Floor area	150m ²
		Volume	405m ³
		Temperature	10℃
		Occupancy	09:00-16:00 (Break time : 10minutes) 0 in class, 20 in break time
		Generation	0.005mg/min
		Removal	0.09/h (Deposition)
Airflow path	Exterior Wall		3.4cm ² /m ²
	Window		3.4cm ² /m
	Door		250cm ² /item

[0145]

[0147] - 실내 PM2.5 농도 구성, 환기·침기 부하 및 소비전력 분석

[0148] 본 발명에서는 제안하는 방법의 성능을 종합적으로 평가하기 위해 실내 PM2.5 농도 이외에도 실내 PM2.5 농도 구성, 환기·침기 부하 및 소비전력을 분석하였다.

[0150] (1) 실내 PM2.5 농도 구성

[0151] 가압전략의 교실 내 PM2.5 저감 매커니즘을 보다 정확하게 파악하기 위해서는 교실 내 PM2.5 농도 구성을 분석할 필요가 있다. 본 발명에서는 실내 PM2.5 농도를 구성하는 요소를 실내 발생, 침기, 환기 등 세 가지로 구분하였다. 이때, 환기는 창을 통한 자연환기가 아닌, 환기설비를 통한 기계 환기만을 의미한다. CONTAM에서는 농

도 구성비에 대한 상세한 정보를 제공하지 않기 때문에, 본 발명에서는 아래의 질량 보존 식(수학식 1)을 직접 수치해석 하여 실내 농도 구성을 계산하였다.

수학식 1

$$\frac{dm_i}{dt} = \sum_j F_{j \rightarrow i} (1 - \eta_i) C_j + G_i - \sum_j F_{i \rightarrow j} C_i - R_i C_i$$

여기서, m_i 는 존 i에서의 PM2.5의 질량(kg)이며, $F_{j \rightarrow i}$ 는 존 j에서 i로 이동하는 풍량의 변화율(kg/s)이며, η_i 는 필터효율이며, C_j 는 존 j에서의 PM2.5의 농도(kg/kg)이며, G_i 는 PM2.5의 발생률(kg/s)이며, $F_{i \rightarrow j}$ 는 존 i에서 j로 이동하는 풍량의 변화율(kg/s)이며, C_i 는 존 i에서의 PM2.5의 농도(kg/kg)이다.

실간 풍량과 실외 · 복도 측 PM2.5 농도는 CONTAM 해석 결과를 활용하였다. 이때, 초기 교실 내 PM2.5 농도는 CONTAM 해석 결과와 동일하며, 초기 농도의 구성비는 실내 발생 요인, 환기 요인 없이 100% 침기 요인으로 가정하였다. 또한 발생량과 제거량은 CONTAM 모델링 값을 입력하였다. 질량 보존 식을 수치해석하기 위해 CONTAM에서 오염물질 해석에 사용하는 암시적 오일러 방법(Implicit Euler method)을 동일하게 활용하였다. 시간 이산화 간격은 CONTAM과 동일하게 5분으로 설정하였다.

(2) 환기설비 가동에 따른 환기 · 침기부하

제안하는 가압 방법을 적용하면 실외 환기부하와 침기부하가 변하게 된다. 먼저, 환기설비의 배기량을 다르게 하면 급기량이 같더라도 환기설비의 열 교환 효율이 달라지기 때문에 환기부하가 변한다. 또한 가압 정도가 커질수록 실외 침기량이 줄어들기 때문에 침기부하가 변한다. 환기부하와 침기부하는 냉난방 에너지로 이어지기 때문에 제안하는 가압방법의 열적 성능을 평가하기 위해 환기부하와 침기부하를 분석할 필요가 있다.

본 발명에서는 간단한 부하 계산식을 활용하여 시간별 환기 · 침기부하를 산정하였다. 단, 환기 · 침기부하 모두 현열만을 고려하였다.

환기부하 산정은 수학식 2를 활용하였으며, 침기부하 산정은 수학식 3을 활용하였다.

수학식 2

$$q_v = Q_v \rho c_p \Delta T (100\% - \epsilon)$$

여기서, q_v 는 환기부하(W)이며, Q_v 는 환기량의 변화율(m³/h)이며, ρ 는 공기밀도(kg/m³)이며, c_p 는 공기의 비열 J(kg·K)이며, ΔT 는 공기 온도차(K)이며, ϵ 은 열 교환 효율(%)이다.

환기설비의 풍량은 급기량으로, 모든 케이스에서 400CMH로 동일하다. 공기 밀도는 1.2031로, 비열은 1000으로

하였다. 실내의 온도차는 교실 내 온도와 외기 온도의 차로 입력하였다. 이때, 교실의 온도는 20℃이며, 외기온도는 WTH 파일의 시간 별 외기온도를 참고하였다. 환기설비의 열 교환 효율은 케이스 별로 다르게 설정하였다.

[0167] 또한, 본 발명에서는 현열 교환만을 고려하였다. 케이스1-a, 2-a와 같이 급배기 풍량이 같은 경우, 열 교환 효율을 80%로 설정하였다.

[0168] 한편, 시중의 열 회수 환기설비의 효율은 모두 급배기 풍량이 같은 경우에 산정된 값이며, 다른 경우에는 정되지 않는다. 이에 따라 케이스 1-b, 1-d, 2-b, 2-d와 같이 배기량이 급기량의 반인 경우, 열 교환 효율이 반으로 감소한다고 가정하였다.

[0169] 또한 케이스 1-c, 2-c와 같이 환기설비로 급기만 하는 경우, 열교환 효율을 0으로 가정하였다.

수학식 3

$$q_i = Q_i \rho c_p \Delta T$$

[0171]

[0172] 여기서, q_i 는 침기부하(W)이며, Q_i 는 침기량의 변화율(m³/h)이며, ρ 는 공기밀도(kg/m³)이며, c_p 는 공기의 비열 J/(kg·K)이며, ΔT 는 공기 온도차(K)이다.

[0174] 침기량은 케이스 별 CONTAM 해석 결과를 이용하였다. 이때 교실로 유입되는 침기량은 복도 측 침기량과 외기 측 침기량을 모두 고려하였다. 실내의 온도차는 침기유입 경로에 따라 교실 내 온도와 외기 온도의 차 또는 교실 내 온도와 복도 온도의 차로 입력하였다. 이때, 교실의 온도는 20℃이며, 복도의 온도는 10℃로 설정하였다. 외기온도는 WTH 파일의 시간 별 외기온도를 참고하였다.

[0176] (3) 환기설비 소비전력

[0177] 2017년 고효율 기자재로 등록된 300여개의 열 회수 환기설비의 소비전력을 조사한 결과, 급배기 평균 풍량이 400CMH, 300CMH, 200CMH일 때 소비전력은 평균적으로 약 150W, 110W, 76W로 나타났다. 환기설비에 급배기 팬이 각각 하나씩 존재하고, 소비전력의 대부분을 팬 동력이 차지한다는 것을 감안하면, 팬 하나의 소비전력은 환기설비 소비전력의 반으로 가정할 수 있다.

[0178] 한편, 급배기 풍량이 같더라도 설치된 필터의 등급에 따라 환기설비의 소비전력이 달라진다. 설치된 필터의 등급에 따른 환기설비의 소비전력을 회귀식으로 표현된 바 있다. 본 발명에서는 이를 종합하여 표 3과 같이 케이스 별 소비전력을 산정하였다.

표 3

[0180]

Case	Case 1-a, Case 2-a	Case 1-b, Case 2-b	Case 1-c, Case 2-c	Case 1-d, Case 2-d
Power(W)	150	113	77	129

[0182] - 발명결과 및 고찰

- [0183] (1) 교실 내 PM2.5 농도
- [0184] 기밀 성능이 보통인 교실의 PM2.5 농도 변화를 나타낸 결과는 도 5-(a)과 같다. 외기 PM2.5 농도는 최소 $100\mu\text{g}/\text{m}^3$, 최대 $150\mu\text{g}/\text{m}^3$ 으로 초 고농도 시기임을 알 수 있다.
- [0185] 모든 케이스에서 비 재실기간 농도는 외기에 영향을 받아 상당히 높게 나타났다. 재실기간에는 공기청정기 및 환기설비가 가동되어 오전 9시부터 실내 PM2.5 농도가 빠르게 저감됐다.
- [0186] 또한 약 한 시간 주기로 PM2.5 농도가 높아지는데, 이는 쉬는 시간 학생들의 움직임으로 인해 PM2.5가 발생하기 때문이다.
- [0187] 케이스 1-a의 경우 오전 9시부터 10시까지 실내 농도가 급격하게 감소되었으며, 10시부터는 재실기간 내내 농도가 안정적으로 유지됐다.
- [0189] 도 6에 따르면 케이스 1-a의 재실기간 평균농도는 $37.0\mu\text{g}/\text{m}^3$ 으로, 개정된 학교보건법시행규칙의 유지기준인 $35\mu\text{g}/\text{m}^3$ 을 만족시키지 못하는 수준이다.
- [0190] 케이스 1-b, 1-c, 1-d의 경우, 케이스 1-a과 농도 변화 경향은 비슷하나, 절대 농도는 크게 낮아지는 것을 확인할 수 있으며, 이는 가압 전략의 효과가 있음을 의미한다.
- [0191] 케이스 1-b의 실기간 평균 농도는 $30.1\mu\text{g}/\text{m}^3$ 으로 케이스 1-a에 비해 16% 저감된 수치를 보였다. 동시에 재실기간 내에는 학교보건법 기준도 만족시켰다. 케이스 1-c의 평균농도는 케이스 1-a에 비해 30% 저감된 $25.1\mu\text{g}/\text{m}^3$ 으로 나타났다.
- [0192] 이를 종합하면, 기밀 성능이 보통인 건물에서는 가압의 정도를 크게 하는 것이 실내 PM2.5 농도 저감에 효과적이라는 것을 알 수 있다.
- [0194] 한편 50% 가압하고 환기설비의 필터 성능을 개선한 케이스 1-d의 경우, 평균 농도는 $14.9\mu\text{g}/\text{m}^3$ 으로 케이스 1-a에 비해 59% 저감된 수치이며, WHO 일평균 권고기준인 $25\mu\text{g}/\text{m}^3$ 이내를 만족시킨다.
- [0195] 케이스 1-d의 결과는 100% 가압하는 것보다 일정 정도 가압과 함께 필터 성능을 개선하는 것이 실내 PM2.5 농도 저감에 효과적일 수 있음을 시사한다.
- [0196] 기밀 성능이 우수한 교실의 PM2.5 농도 변화를 나타낸 결과는 도 5-(b)와 같다. 전체적인 농도 변화 경향은 기밀 성능이 보통인 경우와 유사하나, 전반적인 농도가 낮은 것을 확인할 수 있다.
- [0198] 도 6에 따르면, 케이스 2-a의 재실기간 평균농도는 $30.5\mu\text{g}/\text{m}^3$ 으로, 학교보건법 기준을 만족시키는 것으로 나타났다. 케이스 1-a과 비교하면 고농도의 외기 PM2.5 상황에서 기밀한 건물일수록 실내 농도 관리가 유리함을 시사한다.
- [0199] 케이스 2-b의 재실기간 평균농도는 케이스 2-a에 비해 16% 저감된 $25.5\mu\text{g}/\text{m}^3$ 으로 나타났다. 흥미로운 점은 해당 농도가 케이스 1-c와 비슷하다는 것인데, 이는 기밀한 건물의 경우 50% 가압만으로도 침기를 통해 유입되는 PM2.5 대부분을 차단할 수 있음을 의미한다.
- [0200] 케이스 2-c의 재실기간 평균 농도는 $24.4\mu\text{g}/\text{m}^3$ 로 나타났으며, WHO 권고 수준을 만족시켰다. 해당 농도는 케이스 2-b과 크게 다르지 않은데, 이는 기밀 성능이 보통인 건물과 달리, 기밀 성능이 우수한 건물에서는 50%의 가압과 100% 가압이 유사한 성능을 보임을 의미한다.
- [0201] 한편 케이스 2-d의 재실기간 평균 농도는 케이스 2-a에 비해 70% 저감된 $9.3\mu\text{g}/\text{m}^3$ 으로 나타났으며, 이는 케이스 2-b, 2-c보다도 크게 낮은 수준이다. 50% 가압한 케이스 2-b과 100% 가압한 케이스 2-c의 실내 PM2.5 농도가 비슷한 수준인 것을 고려하면, 기밀 성능이 우수한 건물은 실내 PM2.5 농도를 더욱 저감하기 위해서 필터 개선이 필수적임을 알 수 있다.
- [0203] (2) 실내 PM2.5 농도 구성

- [0204] 실내 PM2.5 농도 구성을 분석한 결과는 도 7와 같다. 비 재실기간의 경우 실내 PM2.5 농도의 대부분이 침기로 인한 것임을 확인할 수 있다. 재실기간에는 환기설비가동에 따라 환기로 인해 유입된 PM2.5가 실내 PM2.5 농도의 상당한 부분을 차지하는 것으로 나타났다. 또한 작은 비율로 실내 발생원도 실내 PM2.5 농도에 기여하는 것을 볼 수 있다. 가압을 할수록 재실기간 농도 구성 중 침기의 비중이 크게 작아지는 것을 한눈에 확인할 수 있다.
- [0205] 도 8-(a)를 보면, 케이스 1-b은 케이스 1-a에 비해 침기로 인한 실내 PM2.5 농도가 45% 감소했으며, 케이스 1-c의 경우 케이스 1-a에 비해 83%가 감소했다.
- [0206] 이는 본 발명에서 제안하는 가압 전략이 침기로 유입되는 PM2.5 차단에 효과적임을 증명한다.
- [0207] 한편, 가압을 할수록 환기로 인해 유입된 PM2.5의 비중이 점점 커지는 것을 확인할 수 있다. 도 8-(a)에 따르면, 케이스 1-a에서 침기와 환기의 농도 구성비는 약 1:1 이나, 케이스 1-b에서는 3:7, 케이스 1-c에서는 1:9로 나타났다. 이는 실내 PM2.5를 저감하기 위해서 침기와 더불어 환기로 인한 PM2.5 유입도 차단할 필요가 있음을 의미한다.
- [0208] 환기설비 필터를 개선한 케이스 1-d의 경우, 환기로 인해 유입되는 양이 케이스 1-a 대비 75%까지 저감되었으며, 재실기간 평균 농도는 59% 저감되었다.
- [0210] 기밀 성능이 우수한 교실의 경우, 환기로 인한 실내 농도는 기밀 성능이 보통인 교실과 동일하나, 침기로 인한 농도가 작아진 것을 확인할 수 있다. 도 8-(b)에 따르면, 케이스 2-b의 침기로 인한 실내 PM2.5 농도는 케이스 2-a에 비해 65% 감소했으며, 케이스 2-c은 케이스 2-a에 비해 78% 감소했다.
- [0211] 가압을 할수록 침기로 인한 실내 농도의 저감율은 점점 커지는 것으로 보이나, 케이스 2-a 대비 절대적인 농도 저감량은 케이스 2-b과 케이스 2-c의 차이가 거의 없다는 점을 유의할 필요가 있다. 이는 기밀 성능이 우수한 교실은 50% 가압만으로도 대부분의 침기를 차단할 수 있음을 시사한다.
- [0212] 한편, 재실기간 침기와 환기의 평균 농도 구성비는 케이스 2-a에서 약 3:7, 케이스 2-b에서 2:8, 케이스 2-c에서 1:9로 나타났다. 이를 통해 환기의 비중이 기밀 성능이 보통인 교실에 비해 큰 것을 알 수 있다.
- [0213] 필터를 개선한 케이스 2-d의 경우, 재실기간 환기로 인한 실내 농도는 케이스 2-a에 비해 76% 저감됐으며, 평균 실내 농도는 70% 저감되었다. 50% 이상 가압 시 추가 효과가 미미하다는 점 및 환기의 비중이 매우 큰 점을 고려하면, 기밀 성능이 우수한 교실에서는 필터 개선 전략이 매우 효과적인 전략임을 알 수 있다.
- [0215] **- 환기설비 가동에 따른 환기·침기부하**
- [0216] (1) 환기부하
- [0217] 환기설비 가동에 따른 교실의 환기부하 변화는 도 9과 같다. 환기부하는 환기설비 급배기 풍량 비에 따라 (케이스 1-a, 2-a), (케이스 1-b, 1-d, 2-b, 2-d), (케이스 1-c, 2-c)으로 나뉜다.
- [0218] 모든 케이스에서 환기설비를 가동하는 재실기간에만 부하가 발생하는 것을 볼 수 있다. 열교환이 없는 케이스 1-c, 2-c의 환기부하가 가장 크며, 열교환 효율이 가장 좋은 케이스 1-a, 2-a가 가장 작았다.
- [0219] 케이스 1-b, 1-d, 2-b, 2-d은 두 값의 중간 수준으로 나타났다. 케이스 1-a, 2-a의 환기부하는 평균 70W로, 모든 케이스 중 가장 작은 것으로 나타났다. 케이스 1-b, 1-d, 2-b, 2-d의 환기부하는 평균 210W로, 케이스 1-a, 2-a에 비해 300% 증가된 것으로 나타났다. 케이스 1-c, 2-c의 환기부하는 평균 360W이며, 이는 케이스 1-a, 2-a에 비해 약 500%증가된 수치이다.
- [0221] (2) 침기부하
- [0222] 기밀 성능이 보통인 교실의 침기부하 변화는 도 10-(a)와 같다. 비 재실기간에는 모든 케이스의 시간 별 침기부하가 같으며, 재실기간에는 환기설비 가동에 따라 케이스 별로 침기부하가 달라지는 것을 볼 수 있다. 재실기간의 침기부하는 전반적으로 케이스 1-a, 케이스 1-b과 케이스 1-d, 케이스 1-c 순서로 큰 것으로 나타났다. 케이스 1-b, 1-d의 평균 침기부하는 케이스 1-a에 비해 46.3% 감소된 것으로 나타났다. 케이스 1-c는 침기부하가 거

의 발생하지 않는 것을 확인할 수 있으며, 케이스 1-a에 비해 평균 80.2% 감소된 것으로 나타났다.

[0223] 기밀 성능이 우수한 교실의 침기부하 변화는 도 10-(b)와 같다. 기밀 성능이 보통인 교실과 경향은 비슷하나, 침기부하가 전체적으로 감소한 것을 확인할 수 있다.

[0224] 재실기간의 침기부하는 케이스 2-a, 케이스 2-b과 2-d, 케이스 2-c 순서로 큰 것으로 나타났다. 케이스 2-b, 2-d의 평균 침기부하는 케이스 2-a에 비해 67% 감소했다. 케이스 2-c의 재실기간 침기부하는 거의 없는 것을 확인할 수 있으며, 케이스 2-a에 비해 평균 85.6% 감소된 것으로 나타났다.

[0226] (3) 총 환기 · 침기부하

[0227] 도 9 및 도 10에서 볼 수 있듯이 가압 전략은 환기부하를 증가시키고, 침기부하를 감소시키는 경향을 보인다. 따라서 환기설비 가동에 따른 열적 득실을 명확히 파악하기 위해서는 환기부하와 침기부하의 합을 살펴 볼 필요가 있다.

[0228] 기밀 성능이 보통인 교실의 총 환기 · 침기부하의 변화는 도 11-(a)와 같다. 재실기간의 총 환기 · 침기부하는 전반적으로 케이스 1-a가 가장 크며, 케이스 1-b와 케이스 1-d가 그 다음으로 크고, 케이스 1-c가 가장 작은 것으로 나타났다. 케이스 1-b, 1-d의 총 환기 · 침기부하는 케이스 1-a에 비해 19.3% 감소하였으며, 케이스 1-c는 케이스 1-a에 비해 27.6% 감소하였다.

[0229] 총 환기 · 침기부하의 경향이 환기부하(도 9)보다 침기부하(도 10-(a))를 따르는 것은, 환기설비의 열 교환 효율이 떨어짐에 따라 증가되는 환기부하보다 침기를 막아 저감되는 침기부하의 양이 더 큼을 의미한다. 비록 해석 기간이 난방기 하루지만, 위 결과는 가압 전략이 열 부하 측면에서도 유리할 수 있음을 시사한다.

[0230] 기밀 성능이 우수한 교실의 총 환기 · 침기부하의 변화는 도 11-(b)와 같다. 기밀 성능이 보통인 교실과 다르게 케이스 2-a와 케이스 2-c의 총 환기 · 침기부하가 유사하며, 케이스 2-b, 2-d가 가장 작은 것으로 나타났다.

[0231] 특히, 50% 가압을 한 케이스 2-b, 2-d가 100% 가압을 한 케이스 2-c보다 총 환기 · 침기부하가 작다는 사실이 흥미롭다.

[0232] 이는 케이스 2-b, 2-d와 케이스 2-c의 침기부하 차이는 크지 않은 반면, 케이스 2-b, 2-d의 환기부하가 케이스 2-c에 비해 크게 작기 때문인 것으로 판단된다. 이 같은 결과는, 기밀 성능이 보통인 건물은 가압을 할수록 열적으로 유리할 수 있지만, 기밀 성능이 좋은 건물의 경우 일정 비율이상 가압하는 것이 오히려 열적으로 불리할 수 있음을 시사한다.

[0234] - 환기설비 소비전력

[0235] 환기설비 가동에 따른 환기설비 소비전력 변화는 도 12와 같다. 소비전력은 급배기 풍량과 필터의 종류에 따라 (케이스 1-a, 2-a), (케이스 1-b, 2-b), (케이스 1-c, 2-c), (케이스 1-d, 2-d)로 나뉜다. 소비전력은 (케이스 1-a, 2-a), (케이스 1-d, 2-d), (케이스 1-b, 2-b), (케이스 1-c, 2-c) 순으로 큰 것을 확인할 수 있다.

[0236] 하루 동안의 전력량은 케이스 1-a, 2-a의 경우 1050Wh, 케이스 1-b, 2-b은 791Wh, 케이스 1-c, 2-c은 539Wh, 케이스 1-d, 2-d은 903Wh로 나타났다. 종합적으로, 가압 전략은 가압을 하지 않는 경우에 비해 소비전력 측면에서 유리함을 알 수 있다.

[0237] 그러나 환기부하 및 침기부하에 비해 환기설비의 소비전력이 크지 않은 점을 감안할 때, 환기설비 가동에 따른 교실의 전체소비 에너지에는 영향이 다소 미미할 것으로 판단된다.

[0239] - 결론

[0240] 본 발명은 외기 PM2.5 농도가 높을 때 대처하는 방안으로 환기설비를 이용해 실을 가압하여 침기로 인한 미세먼지 유입을 막는 방법을 제안하였다. 또한, CONTAM, 질량 보존 식, 열 부하 계산식 등을 이용해 제안한 방법의 성능을 종합적으로 평가하였다.

[0241] 특히, 본 발명에서 제안하는 방법은 추가적인 공기정화장치 설치 또는 건축적인 개선 없이도 실내 PM2.5 농도를 저감할 수 있는 전략이라는 점에서 기존 방법들과 차별되며, 향후 기후학교 공기환경 개선 대안으로의 잠재성을

지닌다.

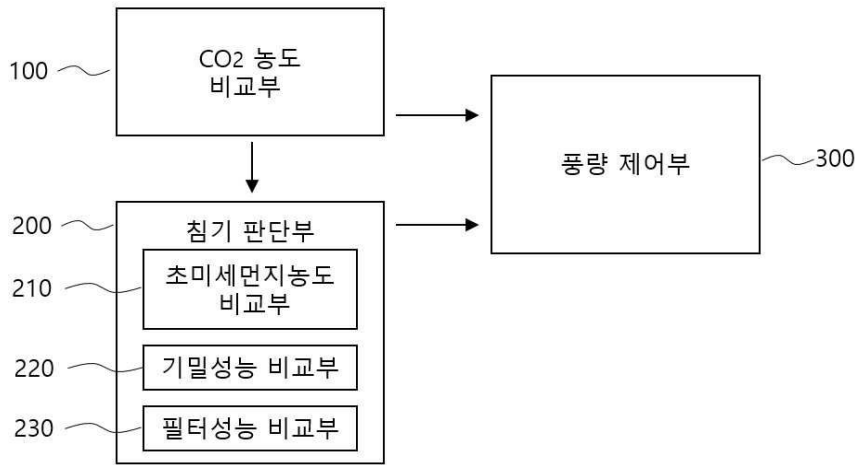
- [0243] 본 발명을 통한 결과를 재정리하여 요약하면 다음과 같다.
- [0244] (1) 본 발명에서 제안하는 방법의 실내 PM2.5 농도 저감 효과가 상당함을 알 수 있었다. 고농도의 외기 PM2.5 상황임에도 불구하고, 가압을 하지 않은 케이스에 비해 재실기간 평균 실내 PM2.5 농도를 최대 30%까지 저감할 수 있었으며, 실내 농도 중 침기의 비중을 83%까지 저감할 수 있었다.
- [0246] (2) 건물의 기밀 성능에 따라 가압의 정도를 다르게 할 필요가 있음을 확인하였다. 기밀 성능이 보통인 교실의 경우, 가압의 정도를 크게 할수록 실내 PM2.5 농도가 크게 저감되었다. 한편 기밀 성능이 우수한 교실의 경우, 50% 가압만으로도 120% 가압한 것과 비슷한 성능을 냈다. 이는 50% 가압만으로도 대부분의 침기를 차단하기 때문이다.
- [0247] 이 같은 결과는 기밀 성능이 좋지 않은 건물의 경우, 실내 PM2.5 농도 저감을 위해 가압 등 기계·설비적인 개선뿐만 아니라 기밀 성능 보수와 같은 건축적인 개선도필요함을 의미한다.
- [0249] (3) 가압에 더하여 환기설비 필터를 개선하는 것이 효과적인 실내 PM2.5 농도 저감 전략임을 확인하였다. 실내 PM2.5 농도 형성에 기계 환기가 기여하는 비율이 약 50%이상으로 상당한 반면, 가압만으로는 환기로 형성되는 실내 PM2.5 농도를 저감할 수 없었다. 한편 50% 가압과 함께 필터를 개선한 경우, 재실기간 평균 실내 PM2.5 농도를 최대 70%까지 저감할 수 있었다.
- [0250] 특히, 기밀 성능이 우수한 경우, 일정 이상의 가압은 크게 효과적이지 못하기 때문에 어느 정도의 가압과 함께 필터를 개선하는 것이 필요할 것으로 판단된다.
- [0252] (4) 가압 전략이 열적인 측면에서도 효과가 있는 것을 알 수 있었다. 기밀 성능이 보통인 경우, 가압을 할수록 환기설비 가동에 따라 총 환기·침기 부하가 감소하여 열적인 측면에서 유리한 것으로 나타났다.
- [0253] 한편 기밀 성능이 우수한 경우, 50% 가압이 가장 총 환기·침기부하가 작았으며 이상의 가압은 오히려 열적으로 불리한 것으로 나타났다. 따라서 기밀 성능이 우수한 경우에는 실내 PM2.5 농도뿐만 아니라 열적인 측면에서도 적정 수준의 가압이 필요할 것으로 판단된다. 한편 가압 전략은 환기설비의 소비전력 측면에서도 유리하였다.
- [0254] 그러나 소비전력은 총 환기·침기부하에 비해 그 양이 작기 때문에 전체 냉난방 에너지에 미치는 영향은 미미할 것으로 판단된다.
- [0256] 본 명세서에서 설명되는 실시예와 첨부된 도면은 본 발명에 포함되는 기술적 사상의 일부를 예시적으로 설명하는 것에 불과하다. 따라서, 본 명세서에 개시된 실시예들은 본 발명의 기술적 사상을 한정하기 위한 것이 아니라 설명하기 위한 것이므로, 이러한 실시예에 의하여 본 발명의 기술 사상의 범위가 한정되는 것은 아님은 자명하다. 본 발명의 명세서 및 도면에 포함된 기술적 사상의 범위 내에서 당업자가 용이하게 유추할 수 있는 변형예와 구체적인 실시 예는 모두 본 발명의 권리범위에 포함되는 것으로 해석되어야 할 것이다.

부호의 설명

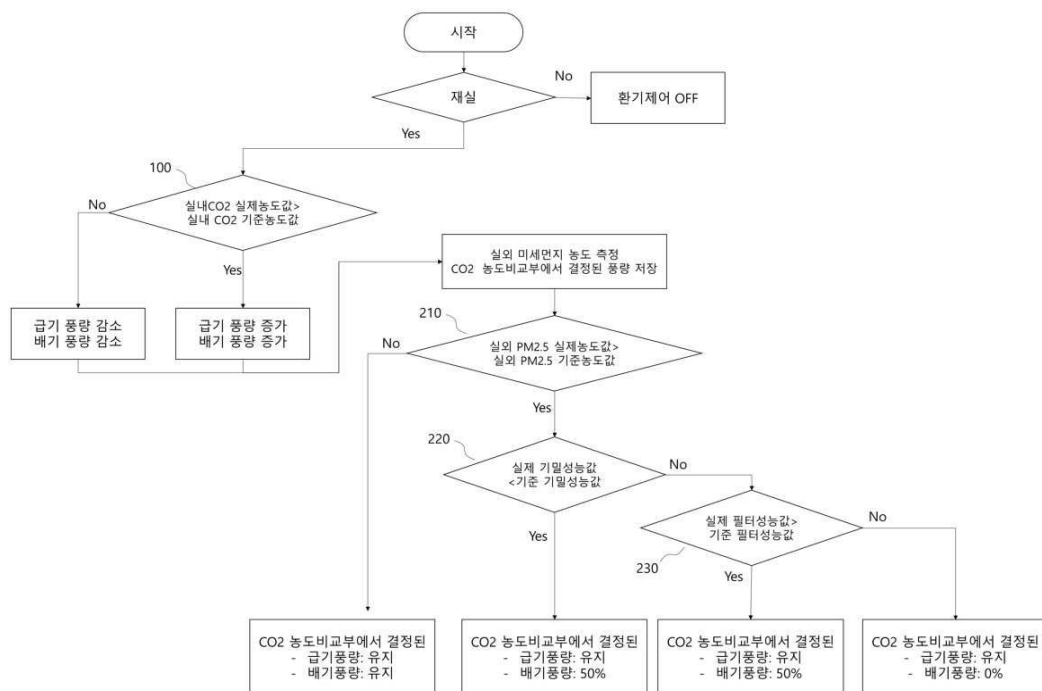
- [0257] 100 : CO₂ 농도 비교부
- 200 : 침기 판단부
- 210 : 미세먼지 농도 비교부
- 220 : 기밀성능 비교부
- 230 : 필터성능 비교부
- 300 : 풍량 제어부

도면

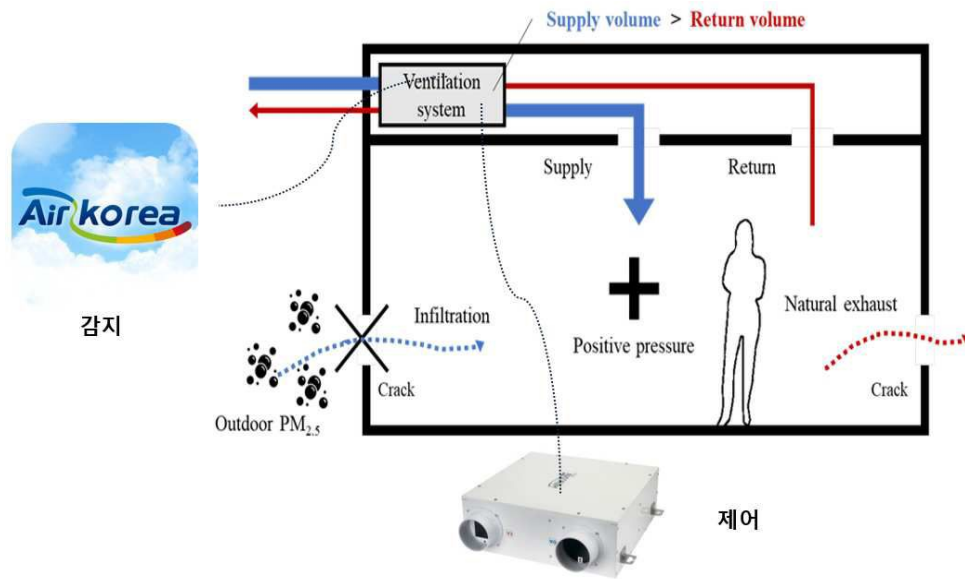
도면1



도면2



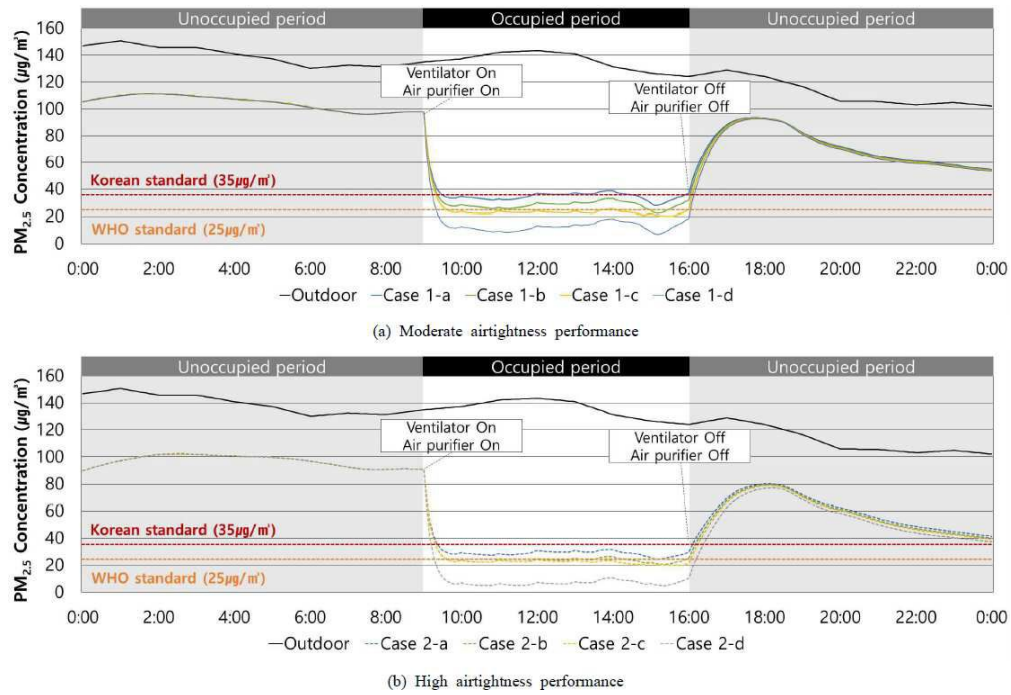
도면3



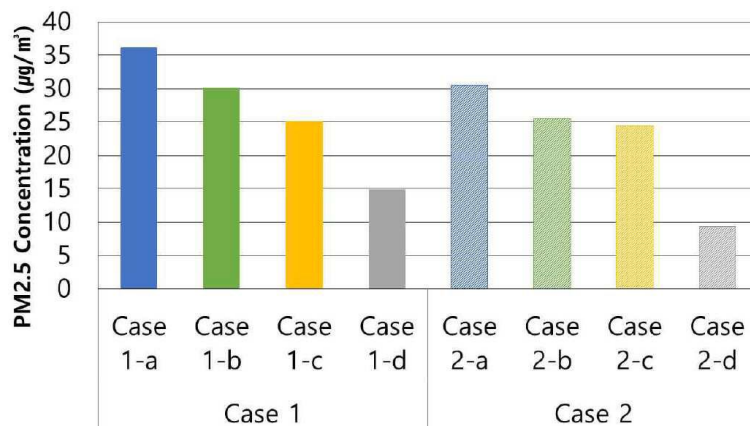
도면4

Process		Method
Step 1	Case classification <ul style="list-style-type: none"> (1) Airtightness performance (Moderate/High) (2) Pressurization ratio (0%, 50%, 100%) (3) Filter level (MERV 11, MERV 13) 	CONTAM (Main tool)
Step 2	Case study <ul style="list-style-type: none"> (1) Indoor PM_{2.5} concentration (2) Indoor PM_{2.5} concentration composition (3) Ventilation, Infiltration load (4) Ventilation system energy consumption 	Results Mass balance equation Thermal load equation Research data

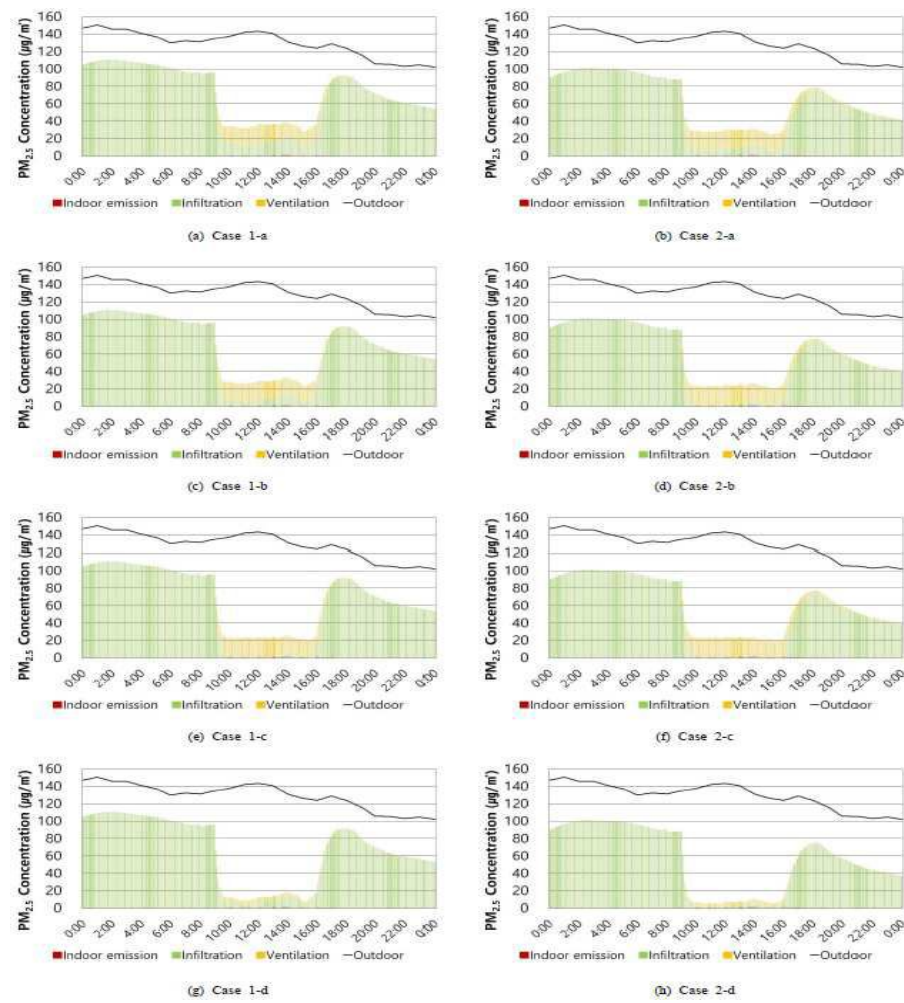
도면5



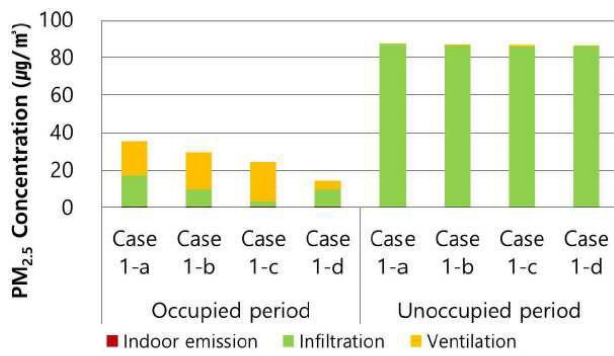
도면6



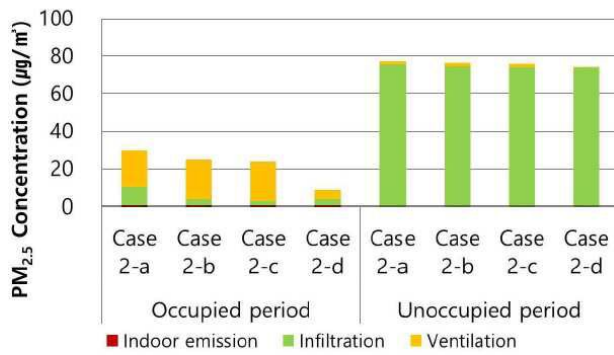
도면7



도면8

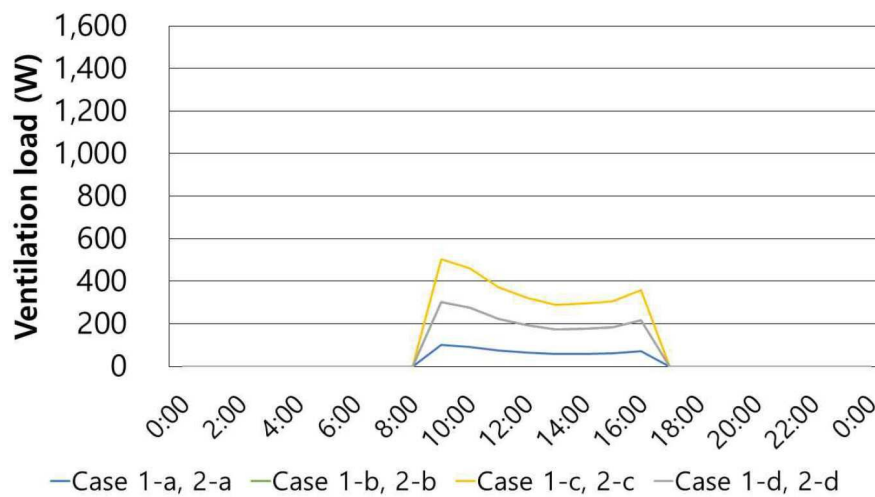


(a) Moderate airtightness performance

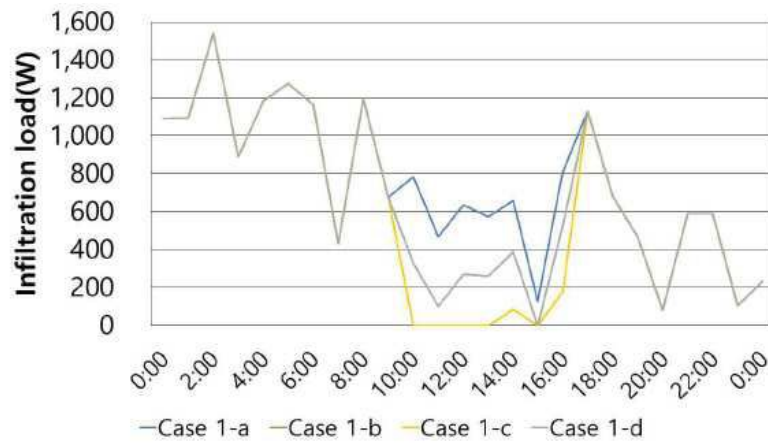


(b) High airtightness performance

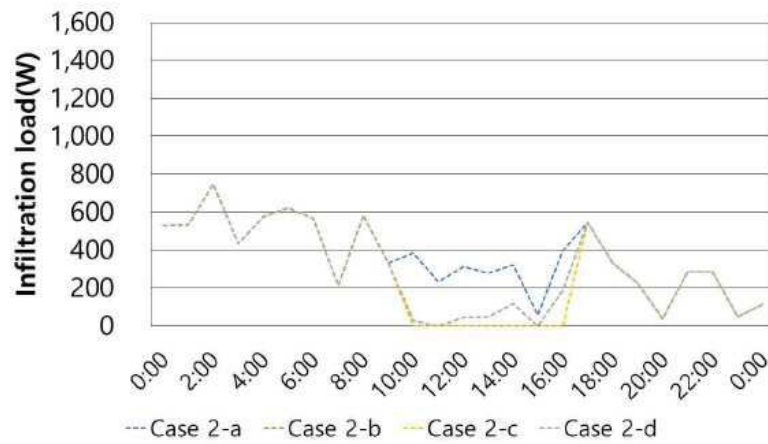
도면9



도면10

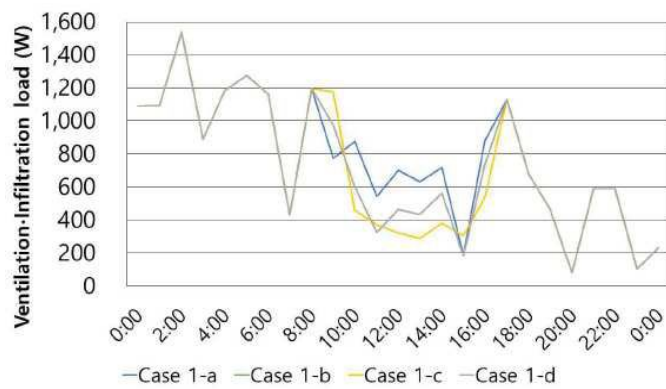


(a) Moderate airtightness performance

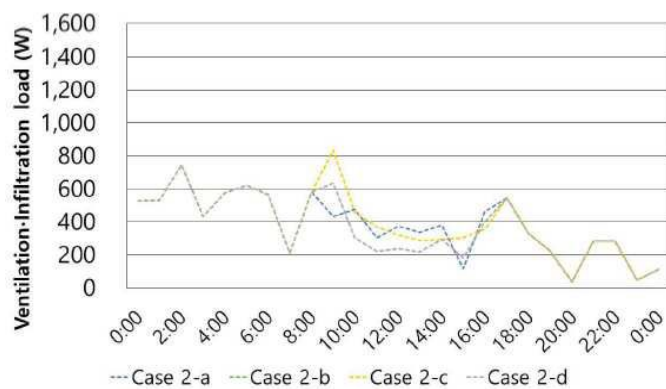


(b) High airtightness performance

도면11



(a) Moderate airtightness performance



(b) High airtightness performance

도면12

