

所

공공체육시설의 환기개선 설계

Ventilation Improvement Design for Public Sports Facilities

맑은 소(所)

1401523 박진홍
1601921 양나은

INDEX

01

설계 배경

- 대상건축물 선정
- 주제선정
- 미세먼지 문제점 및 발생경로
- 사례
- 설계요구사항 조사

02

설계 목표

- 실내공기질 관련 법규사항

03

설계 과정

- 종합관 지하층 평면도
- 종합관 지하층 기계준공 평면도
- 설계 목표를 위한 환기량 계산

04

설계 대안

- 설비 용량 비교
- 시뮬레이션

1. 설계 배경 | 대상 건축물 개요



전주 화산체육관

위치 : 전주시 완산구 백제대로 310

지상 층수 : 3층

지하 층수 : 1층

건축면적 : 4,300m²

경기장 높이 : 19m

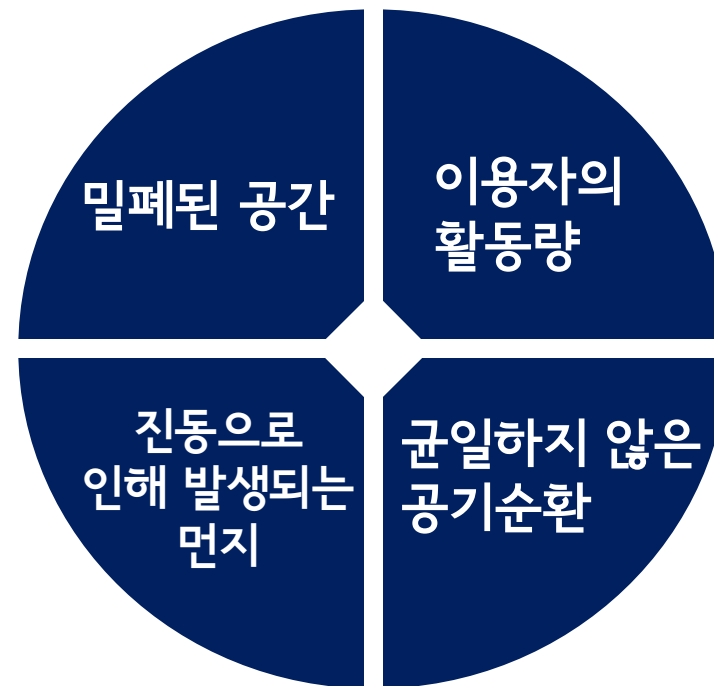
연면적 : 15,164m²

대지면적 : 49,520m²

구조 : 철골철근콘크리트구조

준공일자 : 1996년 12월

주제 : 공공체육시설의 환기개선 설계



✓ 중점 사항 : 체육시설의 실내 미세먼지

1. 설계 배경 | 미세먼지의 문제점 및 발생경로



[미세먼지 문제점]

- ✓ 천식과 같은 호흡기계 질병 악화, 폐 기능 저하
- ✓ 피부와 눈, 코 또는 인후 점막에 접촉 시 염증유발
- ✓ PM2.5의 경우 입자가 미세하여 폐포까지 침투, 폐질환의 유병률 및 조기사망률 증가

[실내 환경에서의 공기오염 발생 경로]

- ✓ 외기 유입구 혹은 출입구를 통한 외부 공기로부터의 유입
- ✓ 오염된 공조 및 환기설비 계통을 통한 오염물질 내부로의 유입
- ✓ 실내공간 내부에서 발생하는 오염물질

1. 설계 배경 | 사례

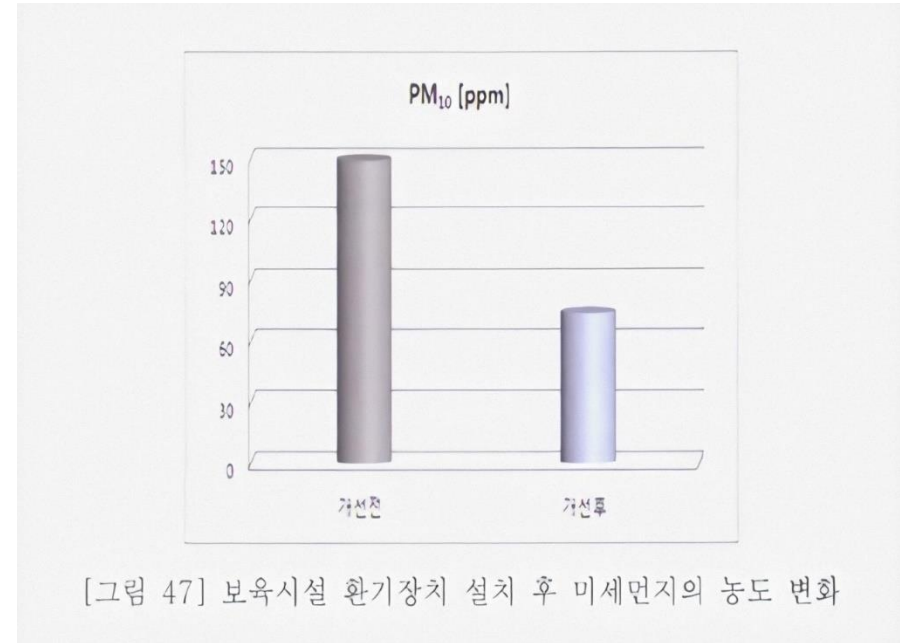
■ 사례 1 – 환기장치 설치로 인한 실내 공기질 개선



환기설비 장치 설치 후
미세먼지량 약 40% 감소

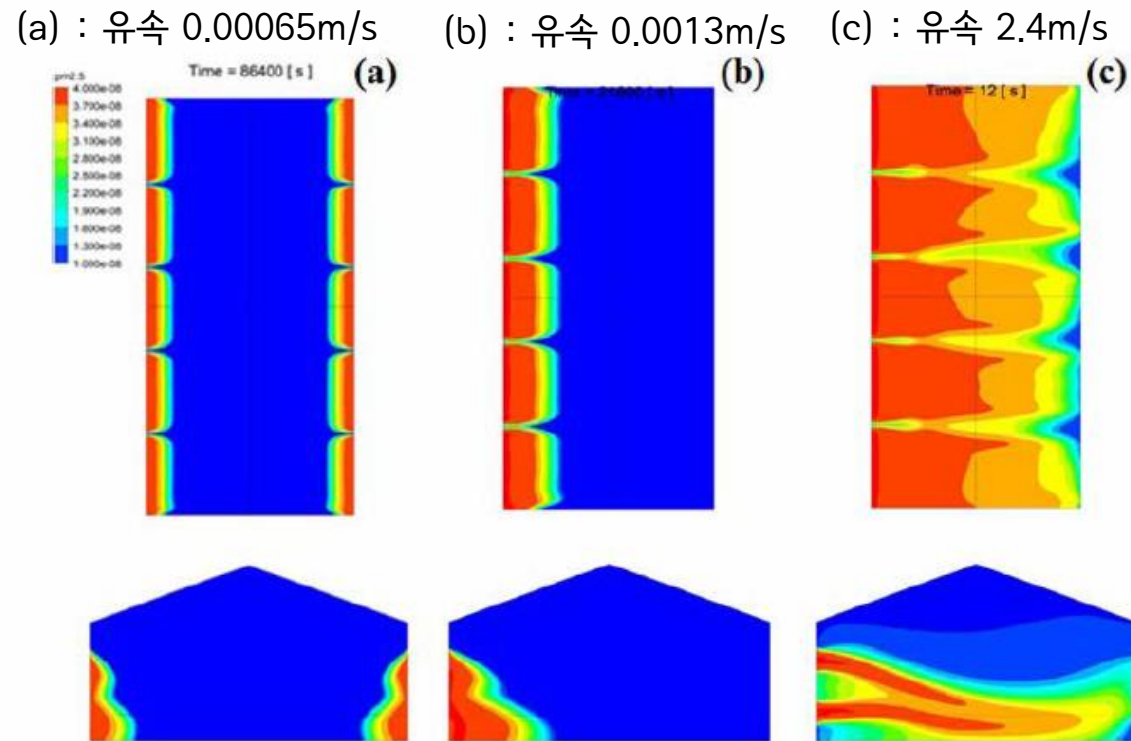


환기설비가 기본적인 실내공기질의
중요한 유지관리 수단임을 알 수 있다.



1. 설계 배경 | 사례

- 사례 2 – 타 체육시설의 외기로부터 유속에 따른 미세먼지 농도 분포



*색이 붉을수록 미세먼지 농도가 높음

기류의 속도가 미세먼지 농도 분포에 큰 영향을 준다.

1. 설계 배경 | 설계 요구사항 조사

“화산체육관 공기 개선에 대해 바라는 점은 무엇인가요?”



20대(남), 직장인

“외벽에 창을 더 많이 내주시거나 먼지가 잘 빠져나가도록 배기구를 원활히 해주셨으면 합니다.”



20대(남), 학생

“환기구 배치를 적절히 하여 환기가 개선되면 좋겠습니다.”



40대(여), 주부

“실내인 만큼 미세먼지가 많기 때문에 천장에 긴 환풍기가 있었으면 좋겠습니다.”



30대(여), 직장인

“체육시설이니 공기의 흐름이 중요하다 생각하므로 개선에 필요성이 있다고 생각합니다.”



30대(여), 주부

“미세먼지로 인해 가끔 기침이 나오는데, 환풍기와 공기청정기를 잘 배치해줬으면 합니다.”



40대(남), 직장인

“공기순환장치 설치 또는 보강이 필요하다 생각합니다.”

기류 분포를 중점으로 설계

2. 설계 목표 | 실내공기질 관련 법규사항

[실내공기질 유지기준(환경부령 제728호)]

오염물질항목	미세먼지 (PM-10) ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	미세먼지 (PM-2.5) ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
다중이용시설		
가. 일반시설	100 이하	50 이하
나. 민간계층이용시설	75 이하	35 이하
다. 실내주차장	200 이하	-
라. 실내체육시설, 실내 공연장, 업무시설	200 이하	-

비고

실내 체육시설, 실내 공연장, 업무시설 또는 둘 이상의 용도에서 사용되는 건축물로서 실내 미세먼지(PM-10)의 농도가 $200\mu\text{g}/\text{m}^3$ 에 근접하여 기준을 초과할 우려가 있는 경우에는 실내공기질의 유지를 위하여 다음 각 목의 실내공기정화시설 (덕트) 및 설비를 교체 또는 청소하여야 한다.

가. 공기정화기와 이에 연결된 급·배기관 (급·배기구를 포함한다)

나. 중앙집중식 냉·난방시설의 급·배기구

다. 실내공기의 단순배관

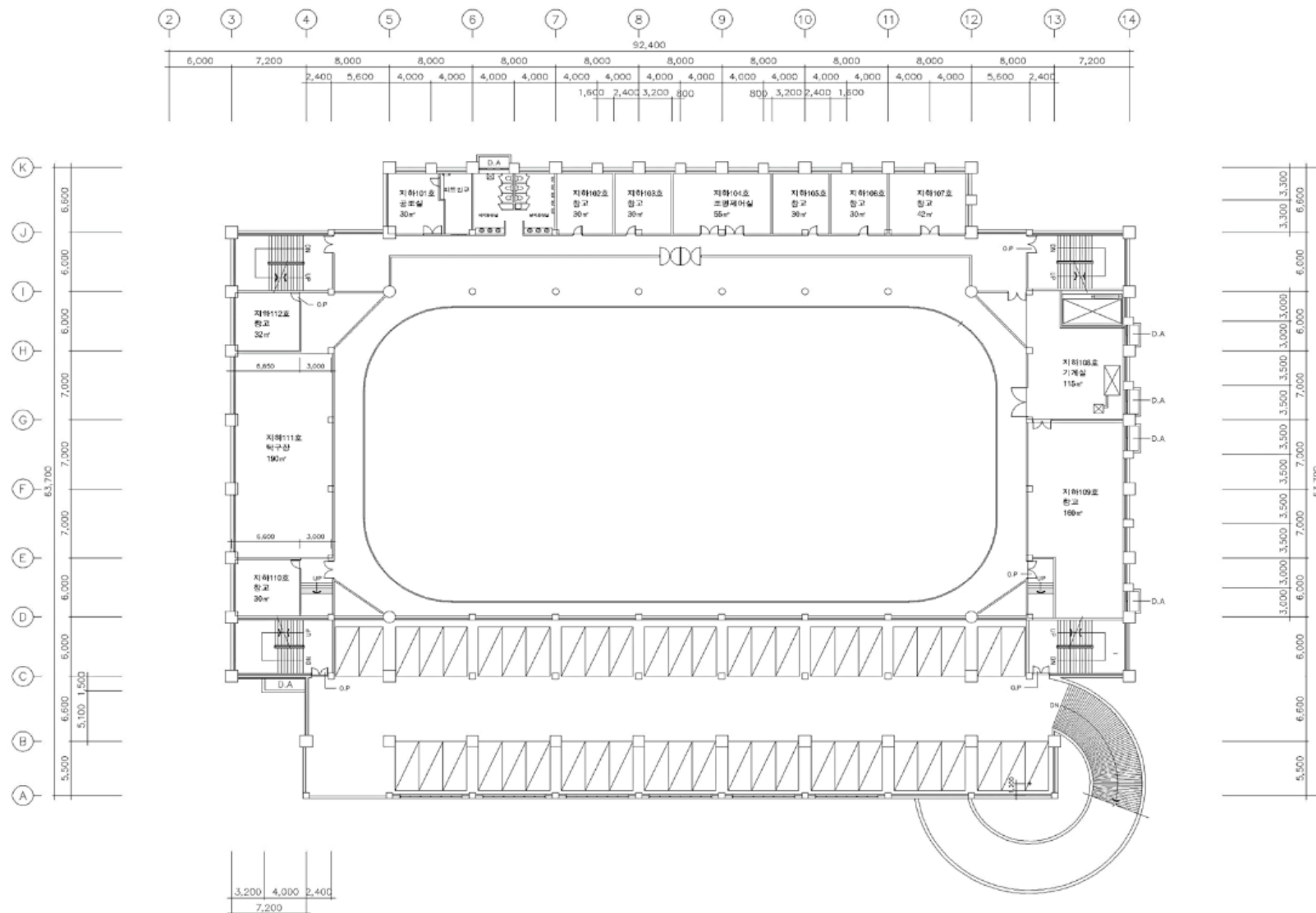
라. 화장실용 배기관

마. 조리용 배기관

※ 2018년 이후 건립되는 체육관은 설계단계부터 기계환기설비를 적용함.

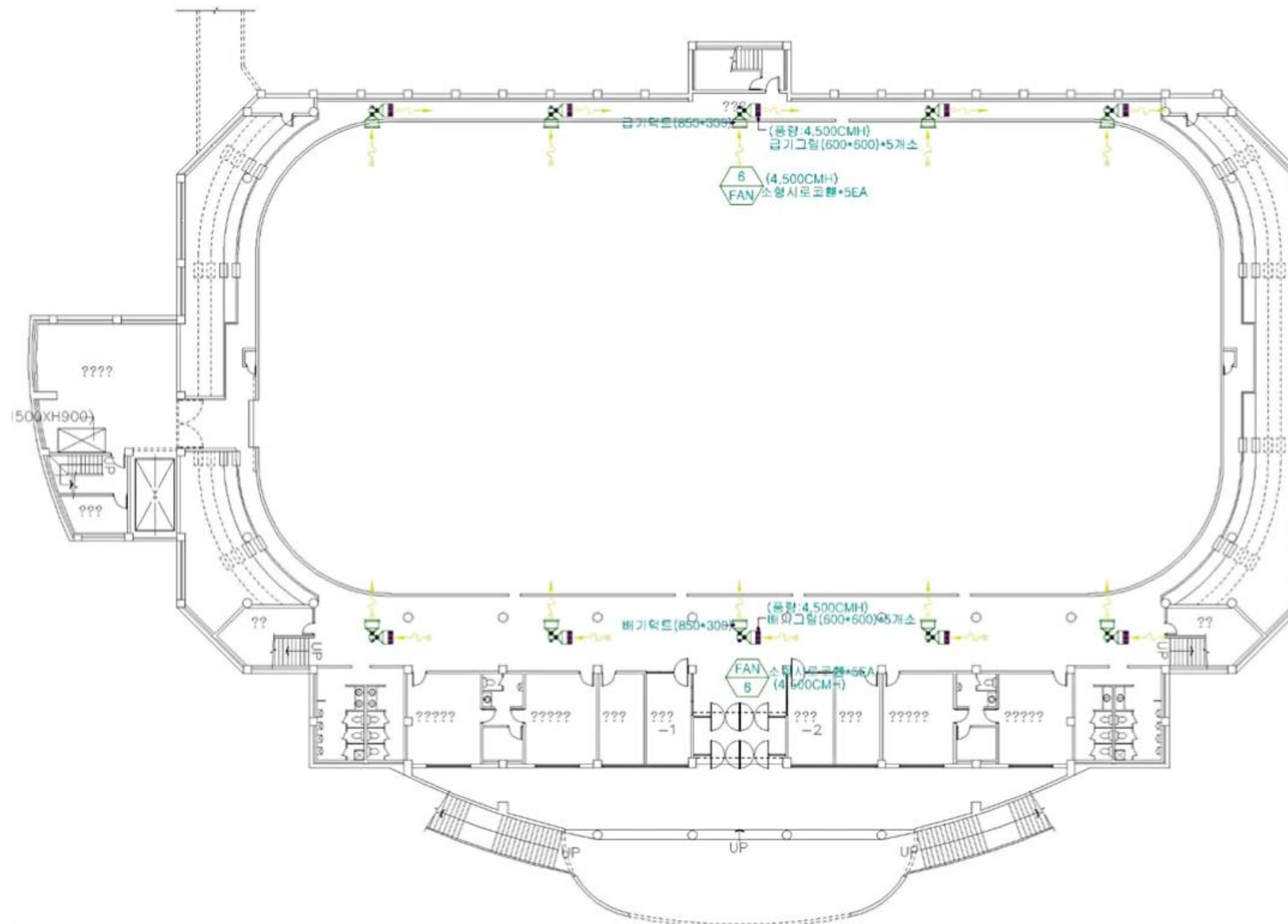
- 실내공기질 유지기준인 PM-10 $200\mu\text{g}/\text{m}^3$ 이하(=환기량 22978CMH 이상)
- 균일한 기류 분포

3. 설계 배경 | 종합관 지하층 평면도



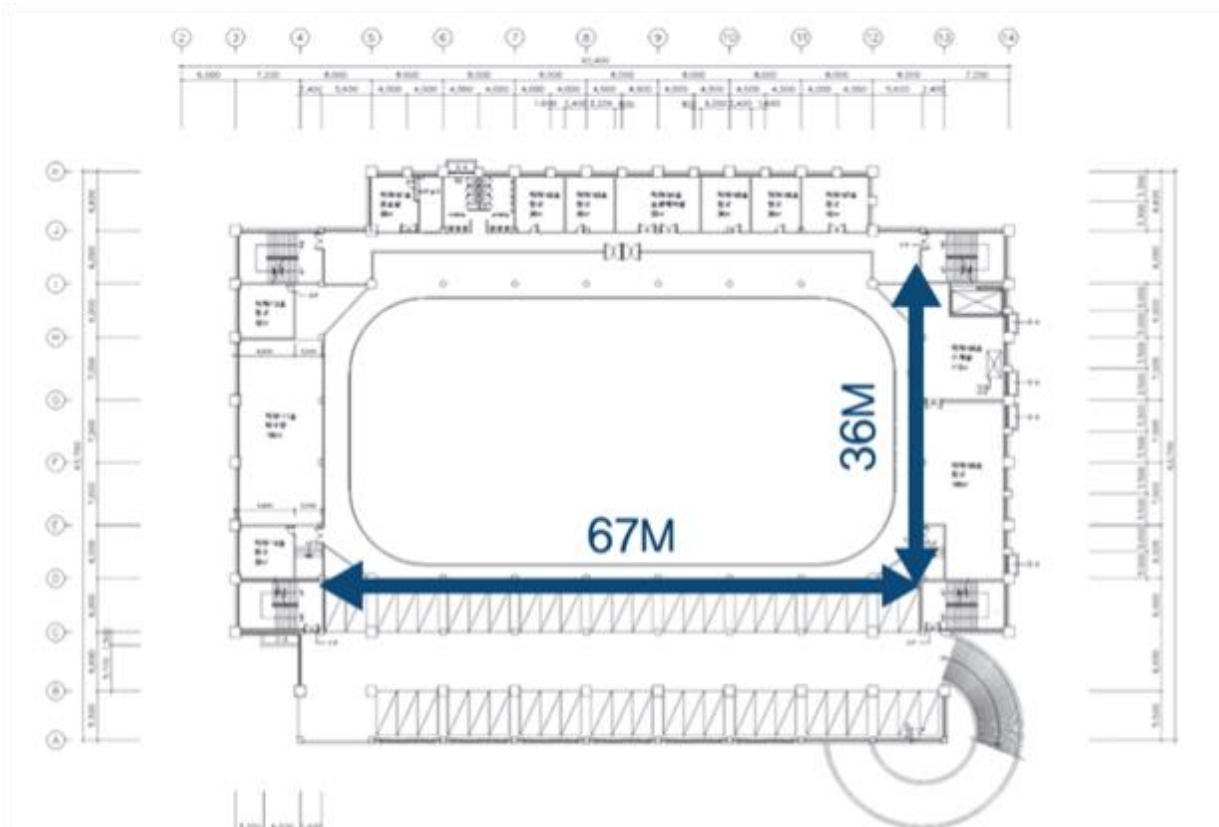
화산체육관(종합관) 지하층

3. 설계 과정 | 종합관 지하층 기계준공 평면도



3. 설계 과정 | 환기량 계산

- 설계목표(PM-10 $200\mu\text{g}/\text{m}^3$ 이하)를 위한 환기량 계산



- 체육관의 면적 : $2,412\text{m}^2$
- 지하층 층고 : 7m
- 실 용적 : $2,412\text{m}^2 * 7\text{m} = 16,884\text{m}^3$
- 설비 작동 시 시간당 환기량
 $4500\text{CMH}(\text{시로코 팬}) * 5\text{EA} = 22500\text{CMH}$

3. 설계 과정 | 환기량 계산

- 설계목표(PM-10 $200\mu\text{g}/\text{m}^3$ 이하)를 위한 환기량 계산

1) 필요 환기량에 관한 계산식

$$Q_f = \frac{K}{P_a - P_o} (\text{재순환없음})$$

K : PM-10 발생량 ($\mu\text{g} / \text{h}$)
 P_a : 허용 농도 ($\mu\text{g} / \text{m}^3$)
 P_o : 외기 농도 ($\mu\text{g} / \text{m}^3$)
 Q_f : 필요환기량(m^3/h)

2) 미세먼지 발생 농도



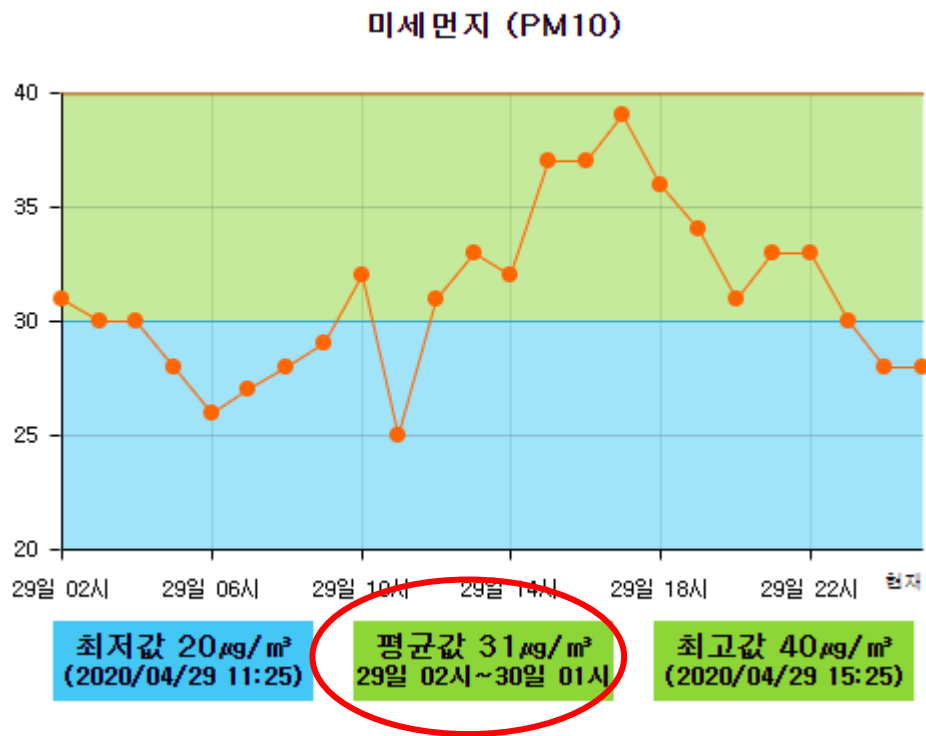
- * 코로나 여파로 인해 현실적으로 측정 불가 (이용자 활동 없음, 방치된 실내로 인한 측정 조건 결여)
- * 보도자료와 같은 사례를 통해 값을 적용

체육관마다 차이를 고려해 $230\mu\text{g}/\text{m}^3\text{h}$ 로 결정
(단위계산을 고려해 1시간당 발생하는 것으로 적용)

3. 설계 과정 | 환기량 계산

- 설계목표(PM-10 $200\mu\text{g}/\text{m}^3$ 이하)를 위한 환기량 계산

3) 외기 농도



해당 지역의 날씨의 평균값인
 $31\mu\text{g}/\text{m}^3$ 을 외기농도로 사용.

4) 필요 환기량 계산

$$Q_f = \frac{K}{P_a - P_o} (\text{재순환없음})$$

K : PM-10 발생량 ($\mu\text{g}/\text{h}$)
 P_a : 허용 농도 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
 P_o : 외기 농도 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
 Q_f : 필요환기량(m^3/h)

P_a 는 설계 기준치에 의하여 $200\mu\text{g}/\text{m}^3$

$$P_a = 200\mu\text{g}/\text{m}^3$$

해당 지역의 PM-10 평균 농도 : $31\mu\text{g}/\text{m}^3$

P_o 는 외기 중 농도

$$P_o = 31\mu\text{g}/\text{m}^3$$

$$K = 230 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{h} * 16,684\text{m}^3 \\ = 3,883,320\mu\text{g}/\text{m}^3$$

$$Q_f = \frac{3883320}{200 - 31} = 22,978\text{m}^3\text{h} = \mathbf{22,978\text{CMH}}$$

PM-10 $200\mu\text{g}/\text{m}^3$ 이하 → 환기량 22,978CMH 이상

(시뮬레이션에 적용하기 위해)

4. 설계 대안 | 설비 용량 비교

현재 설비 : 소형 시로코팬



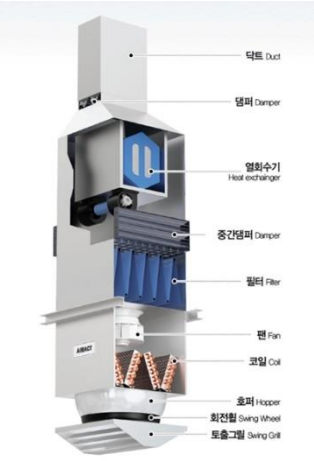
최대풍량 (m³/h)	최대정압 (mmAq)	전류(A)	소비전력(W)
4,500	65	5.3/3.4	1,660

설계목표 22978CMH
이상이 되려면?



22978CMH / 4500CMH
= 5대 이상

대안 설비 : 대공간순환식 냉·난방기



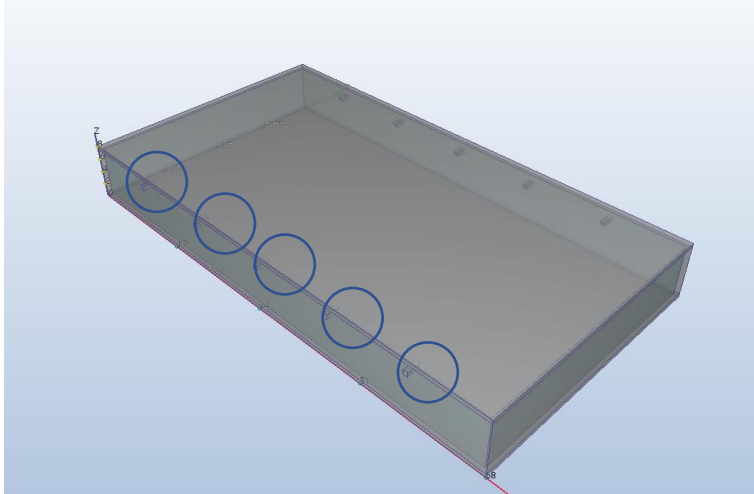
항목	기종/단위	AIR-12000 AF
FAN(Moter)	KW	2.6
풍량 Air Volume	m³/h	12,000

기류 속도를 높이기 위해
풍량이 더 높은 설비를 선택.

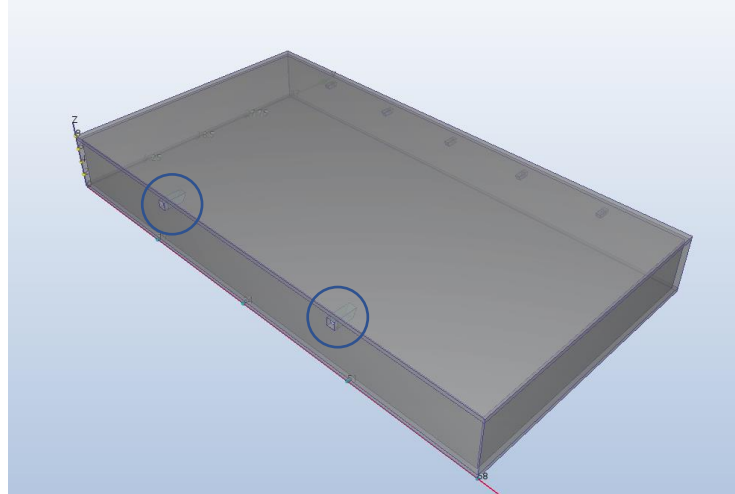
22978CMH / 12000CMH
= 2대 이상

4. 설계 대안 | 시뮬레이션

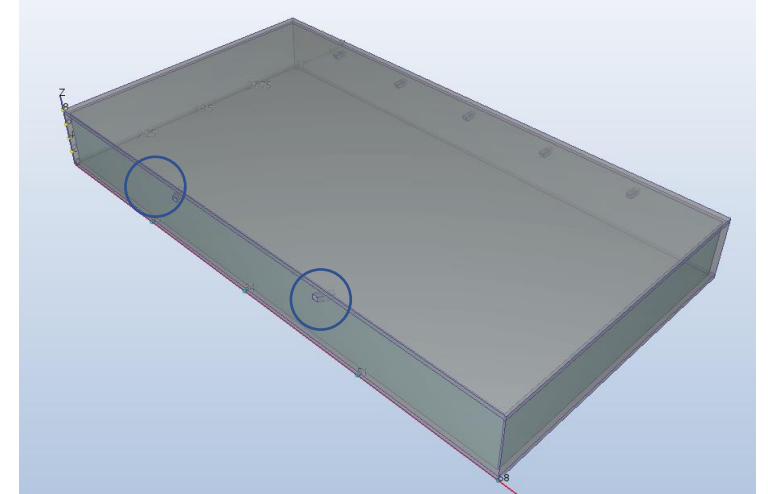
- 사용 프로그램 : Autodesk CFD
- 재료 설정
 - 내부체적 : 공기 (67m x 36m x 7m)
 - 외부체적 : 콘크리트
- 해석 : 200단계까지 실행
- CASE 구분 : 급기구 조건에 따라 3개 CASE까지 개발함.
(배기구는 모두 4500CMH로 동일.)
- 모델링 :



CASE 1



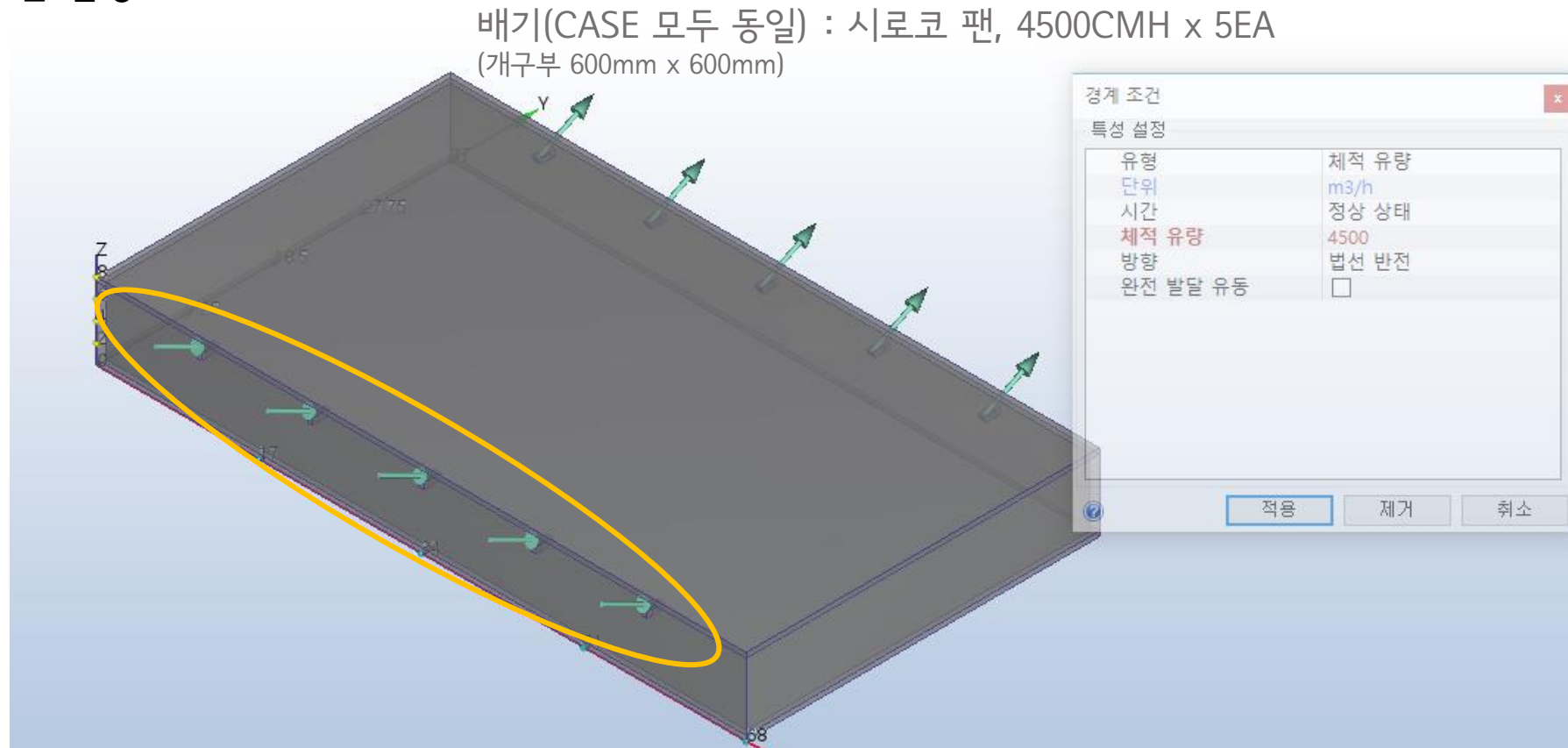
CASE 2



CASE 3

4. 설계 대안 | 시뮬레이션 : CASE 1

- CASE 1. 현재 설비 (시로코 팬 사용)
 - 경계조건 설정

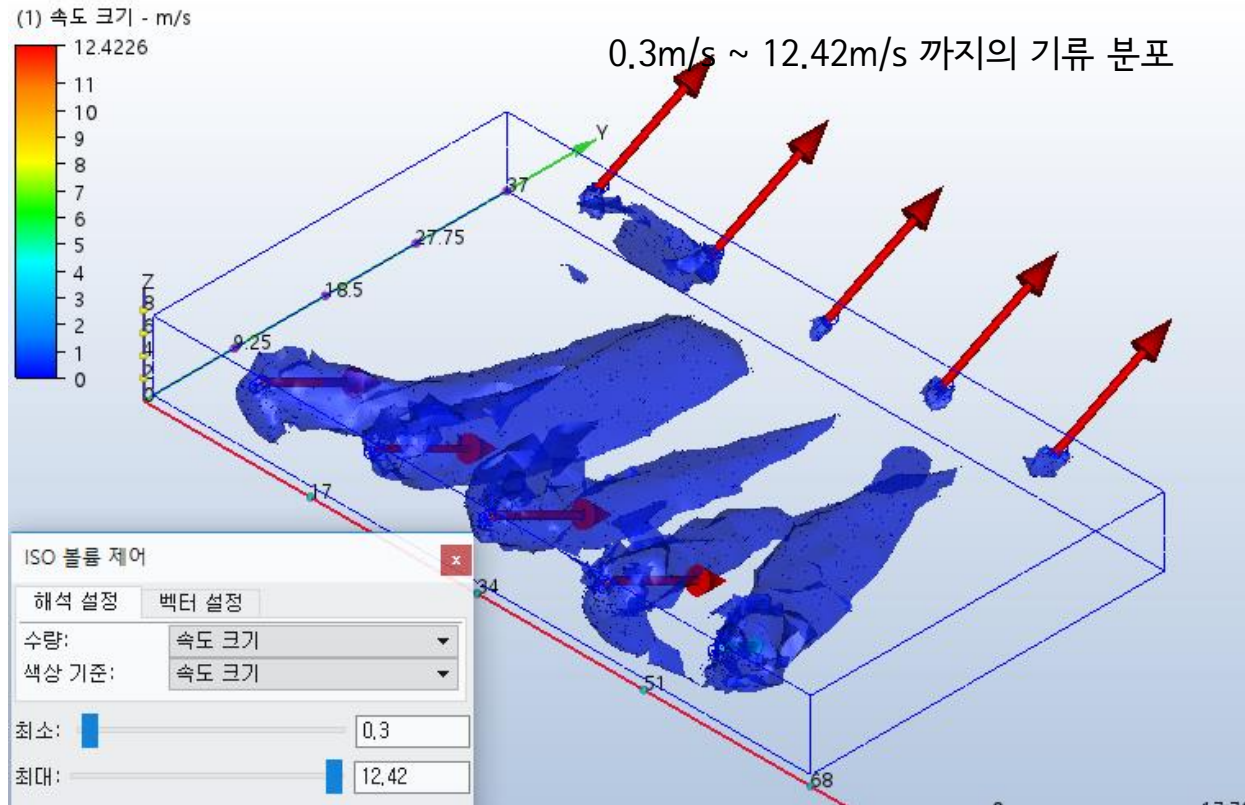


급기 : $4500\text{CMH} \times 5\text{EA} = \underline{22500\text{CMH}}$
(개구부 600mm x 600mm)

→ 설계목표인 22978CMH에 근접함.

4. 설계 대안 | 시뮬레이션 : CASE 1

- CASE 1. 현재 설비 (시로코 팬 사용)
 - 결과 시각화

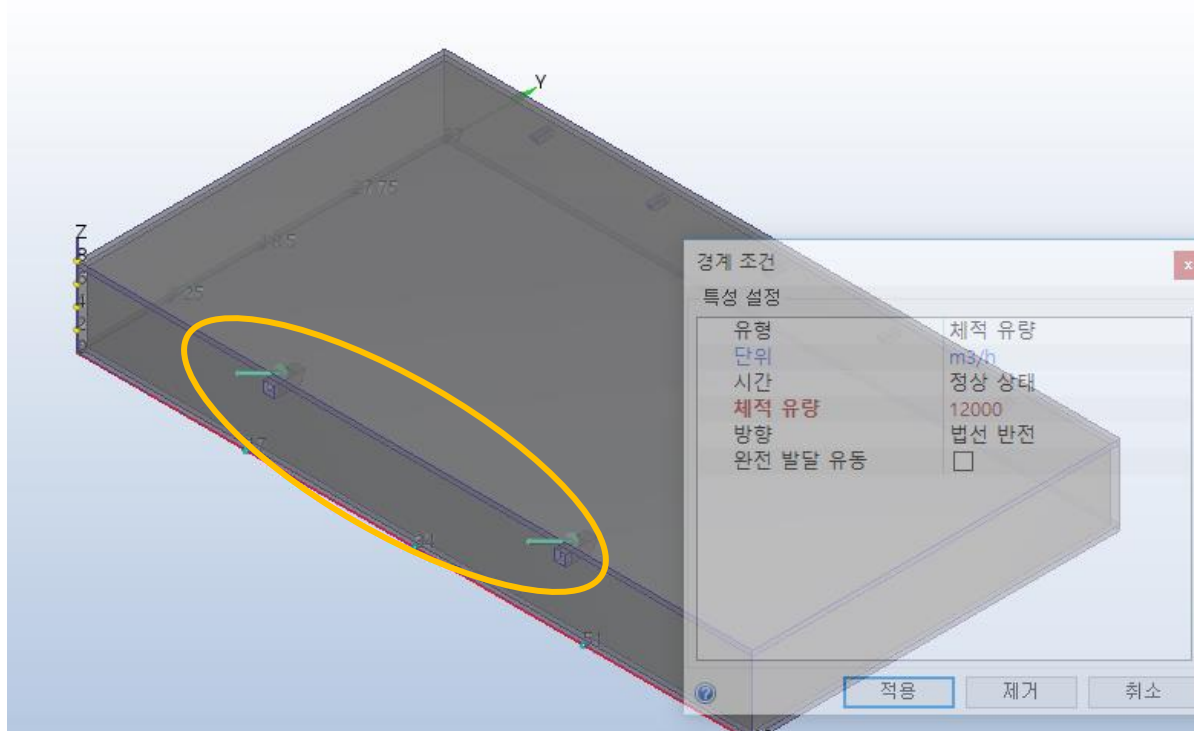


기류가 실내를 순환하지 않고 얇게 뿜어있음.

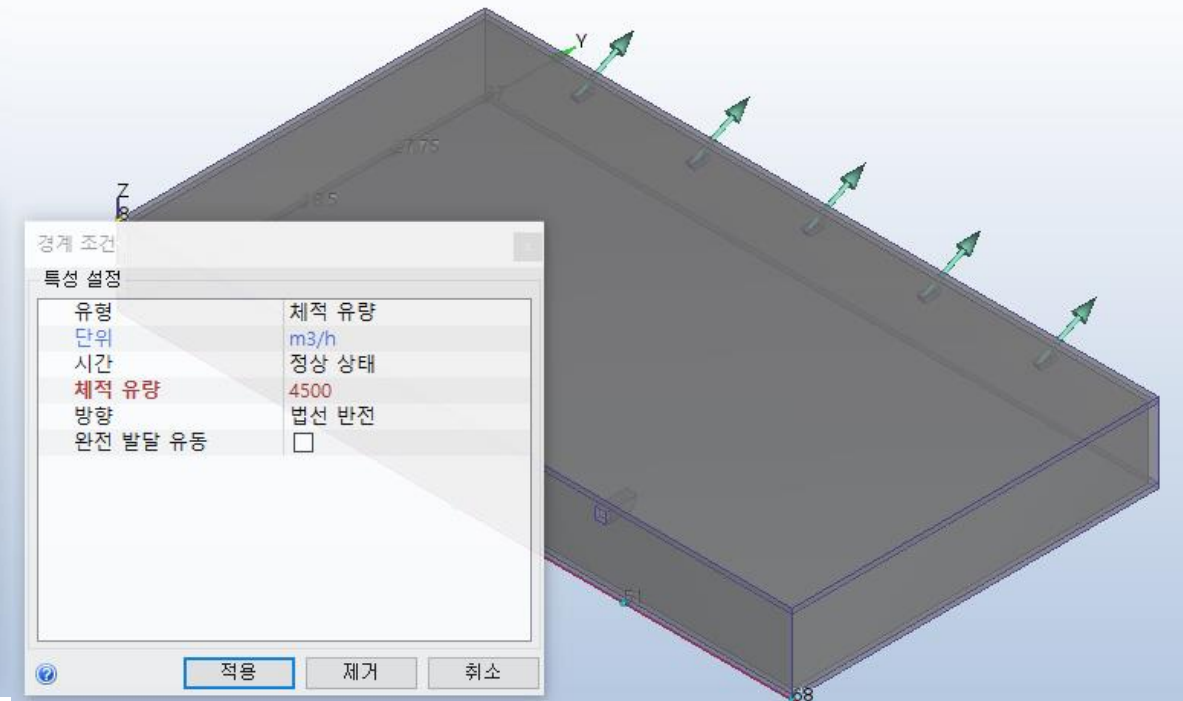
*시뮬레이션 문제점 : 경계조건을 설정한 표면 근처에서만 풍속이 빠르고, 그 외 대부분의 구간은 1m/s 이하.

4. 설계 대안 | 시뮬레이션 : CASE 2

- CASE 2. 대공간순환식 냉·난방기 사용
 - 경계조건 설정



배기(CASE 모두 동일) : 시로코 팬, 4500CMH x 5EA
(개구부 600mm x 600mm)



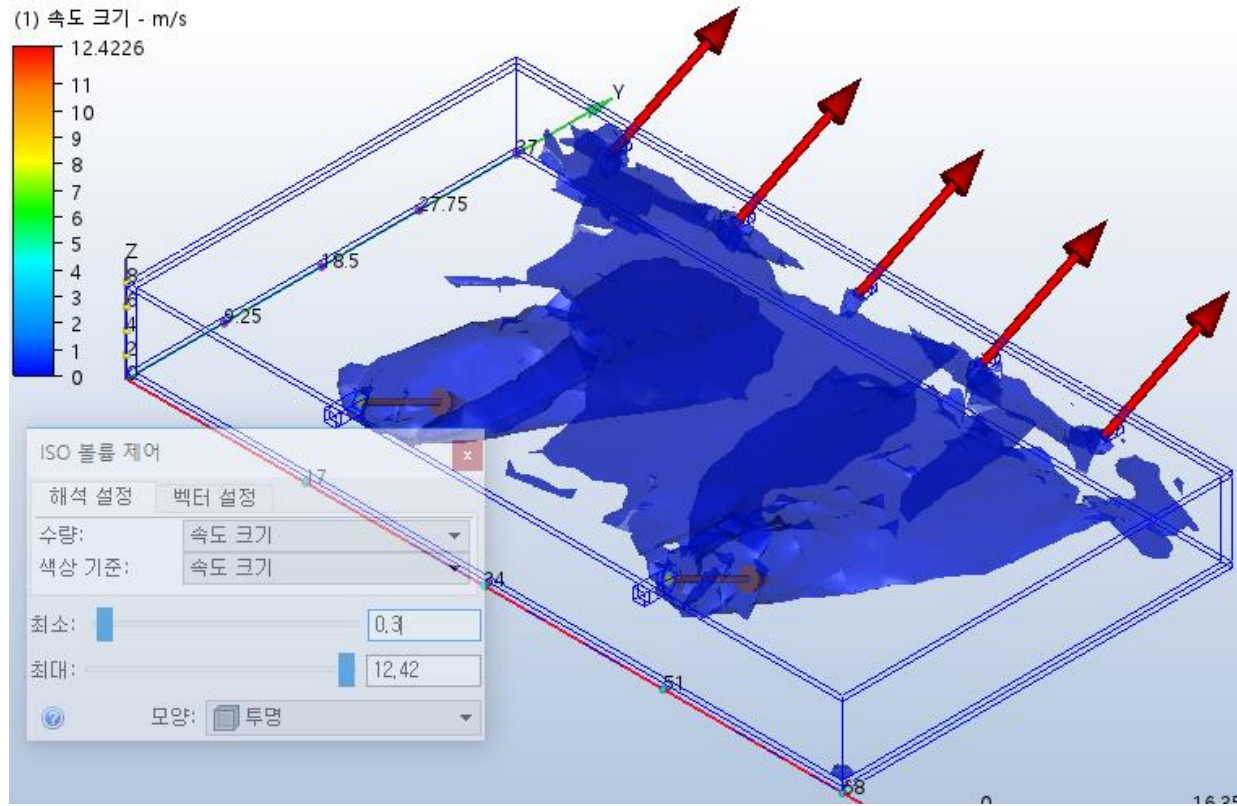
급기 : 12000CMH x 2EA = 24000CMH
(개구부 1080mm x 1080mm)

→ 설계목표인 22978CMH을 만족함.

4. 설계 대안 | 시뮬레이션 : CASE 2

- CASE 2. 대공간순환식 냉·난방기 사용
 - 결과 시각화

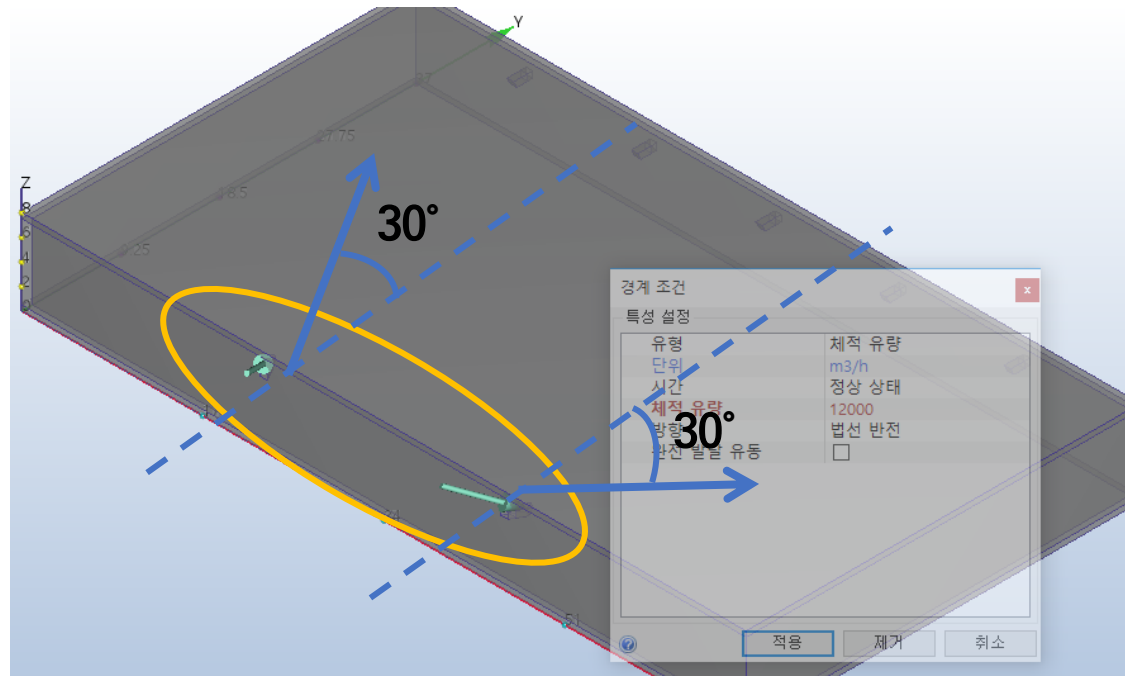
0.3m/s ~ 12.42m/s 까지의 기류 분포



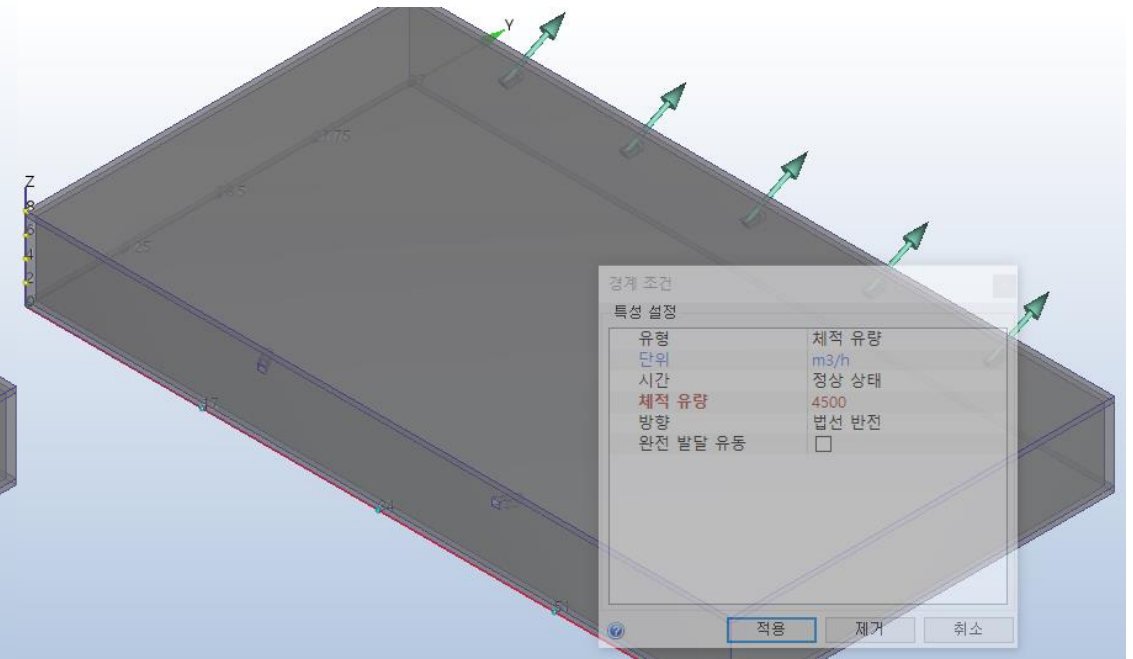
기류가 부채꼴 모양으로 퍼져 나감.
그러나 실 전체에 분포하지 않음.

4. 설계 대안 | 시뮬레이션 : CASE 3

- CASE 3. 대공간순환식 냉·난방기 사용(취출 각도 변경)
 - 경계조건 설정



배기(CASE 모두 동일) : 시로코 팬, 4500CMH x 5EA
(개구부 600mm x 600mm)

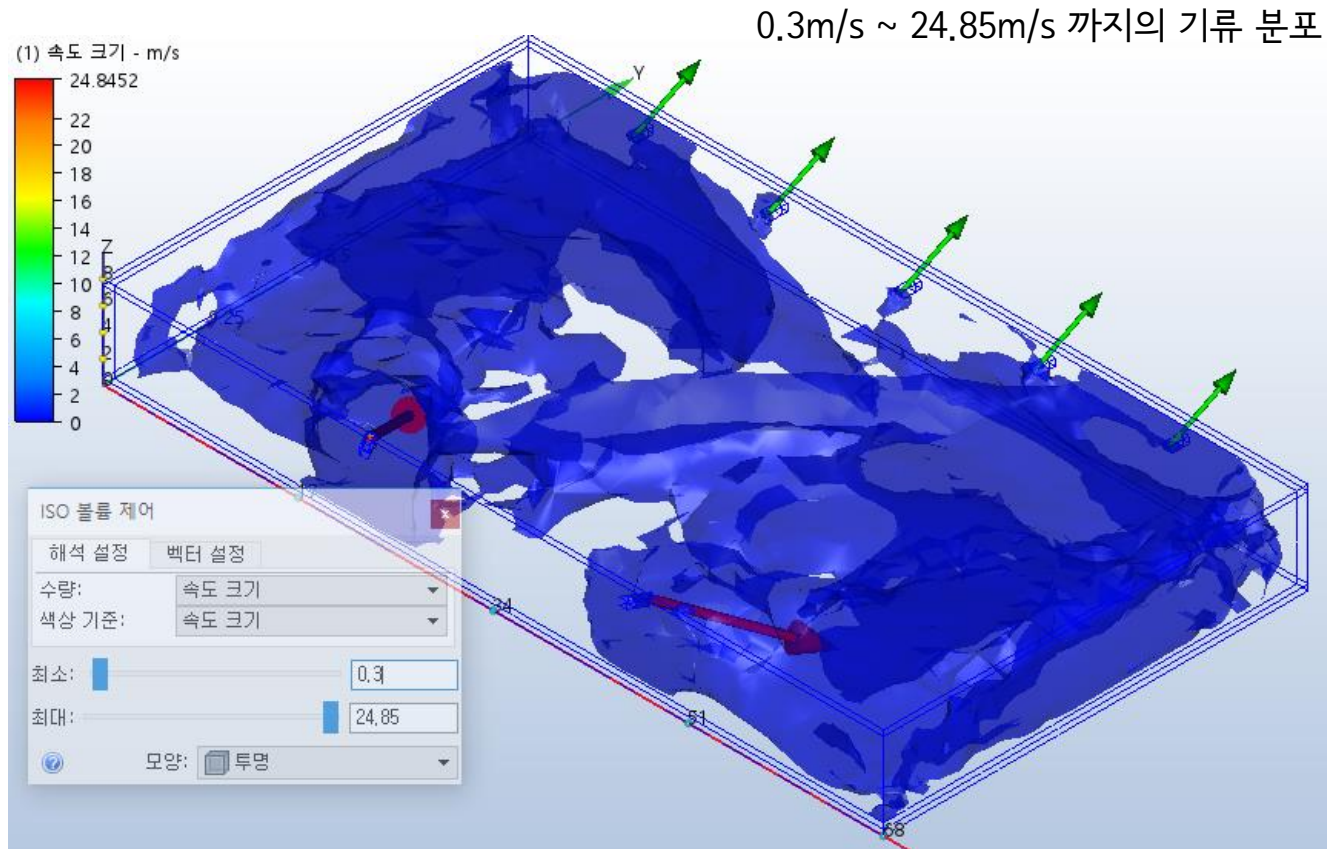


급기 : $12000\text{CMH} \times 2\text{EA} = \underline{24000\text{CMH}}$
(개구부 1080mm x 1080mm)

→ 설계목표인 22978CMH를 만족함.

4. 설계 대안 | 시뮬레이션 : CASE 3

- CASE 3. 대공간순환식 냉·난방기 사용(취출 각도 변경)
 - 결과 시각화

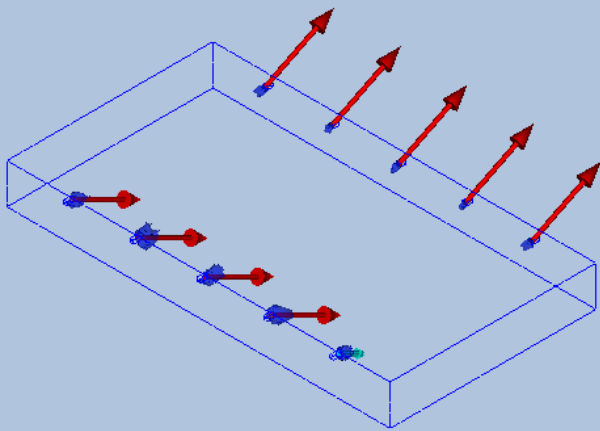


기류가 전체적으로 실내에 분포함.

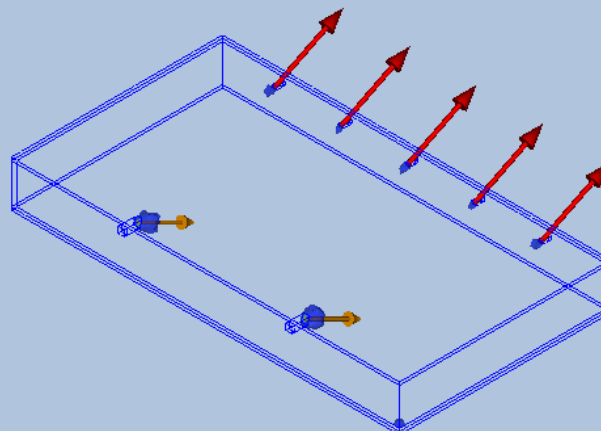
4. 설계 대안 | CASE 별 비교

- 시뮬레이션 영상

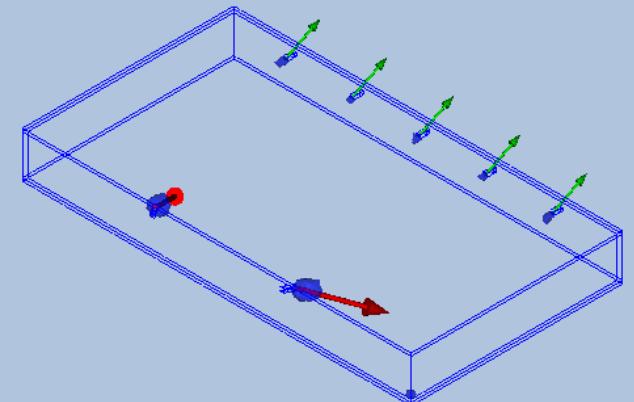
CASE 1



CASE 2



CASE 3



사례 1 : 환경부(2011), 실내 공기질 개선 사례집

사례 2 : 환경부(2018), 다중이용시설 실내 미세먼지 (pm2.5) 발생원 및 기여도 조사

실내공기질 유지기준 : 국가법령정보센터(2016), [별표 2] 실내공기질 유지기준(제3조 관련)

해당 지역 PM-10 농도 그래프 : kweather.co.kr

미세먼지 발생 농도 보도자료 : <http://news.kbs.co.kr>



THANK YOU!