



이중창의 결로 방지를 위한 발열유리의 최적 제어 방식 연구

Research on the optimal control method of heating glass to prevent condensation in double-glazed windows

191744 문성원

191977 문경모

1. 프로젝트 선정 배경

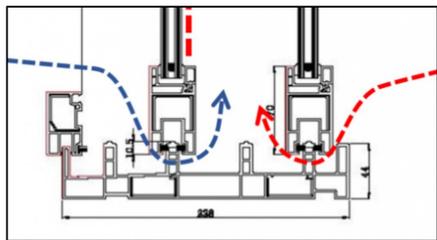


기본형



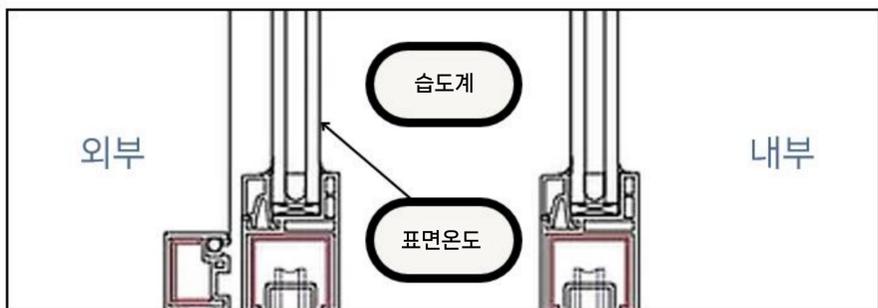
확장형

- 대한민국의 공동주택이 기본형에서 확장형으로 변함에 따라 기존의 외창과 내부 생활공간과의 사이에 존재 했던 공기층이 사라짐으로써 단열의 필요성이 증가함에 따라 이중창의 사용이 증가하고 있다.
- 이중창의 사용으로 내창으로 이어지는 결로는 줄었으나 여전히 외창에 결로가 발생하여 외창의 결로에 대한 민원도 증가하고 있다.



- 이는 이중창에 사용되는 슬라이딩 창호가 완전한 기밀의 구현이 불가능하여 발생함으로 이에 결로가 발생하는 외창을 발열유리로 교체하여 결로를 예방하고자 하였다.
- 발열유리를 사용하면서 결로를 위한 목적의 제어를 위해 기존 제어 방식의 문제점인 온도 기반이 아닌 시간대를 기준으로 작동시키는 방식의 전력량을 감소시키기 위해 최적 제어방식 연구를 진행하고자 하였다.

2. 목표 제어 방식

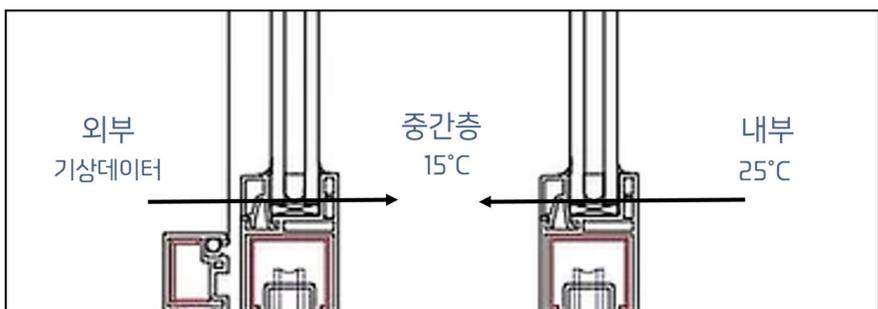


- 표면 상대 습도 95% 도달 시 발열을 작동 시킨 후 목표로 하는 상대 습도에 도달 시 발열이 정지 되는 방식

3. 시뮬레이션 실험 과정

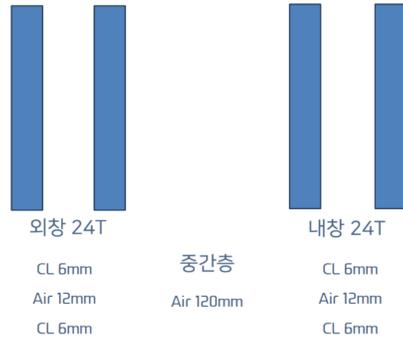
$$T_i^{n+1} = T_i^n + \frac{\alpha \Delta t}{\Delta x^2} (T_{i+1}^n - 2T_i^n + T_{i-1}^n) \quad \ln P_{\text{vap}} = \left(\frac{-\Delta H_{\text{vap}}}{R} \right) \frac{1}{T} + C$$

- python을 통해 1차 열방정식에 양해법을 사용하여 이중창 단면에 대한 온도를 파악
- 클라우지우스-클라페이롱 방정식을 사용하여 표면 접촉시 습도 변화를 계산
- Ansys를 이용하여 발열 유리의 전력 투입에 따른 발열량 및 온도 파악



[온습도 조건 설정]

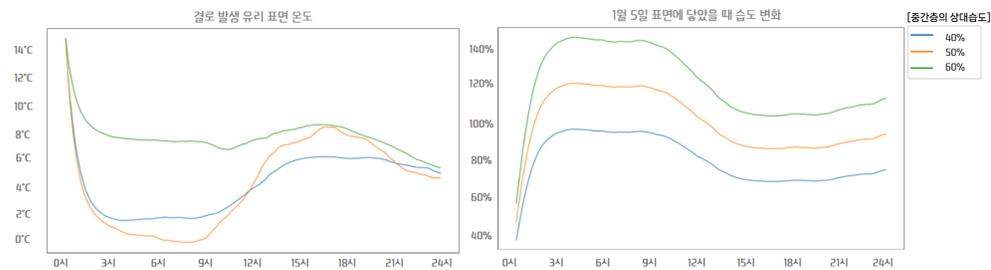
- 실외: 광주광역시 22년도 1월 5일, 15일, 25일의 기상데이터
- 실내: 25°C 고정
- 중공층(창과 창 사이): 초기온도 15°C
- 습도: 15°C 기준 상대습도 40~60%로 설정



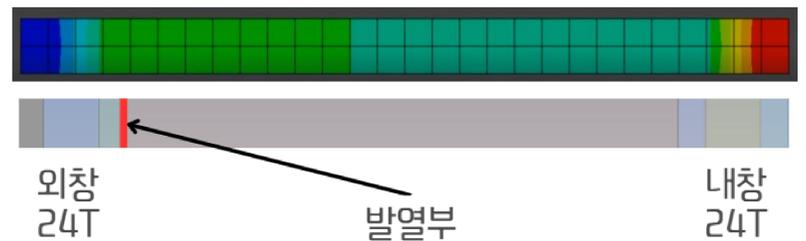
물성	유리(CL)	공기(Air)
열전도율 [W/mK]	1.2	0.024
밀도 [kg/m³]	2500	1.225
비열 [J/kgK]	840	1012
물성	공기(Air)	
대류열전달계수 [W/m²·K]	10	

[물성조건 및 단면 조건]

- CL6-Air12-CL6으로 이루어진 24T 외창과 내창을 중공층 양쪽에 배치 후 물성을 표와 같이 설정



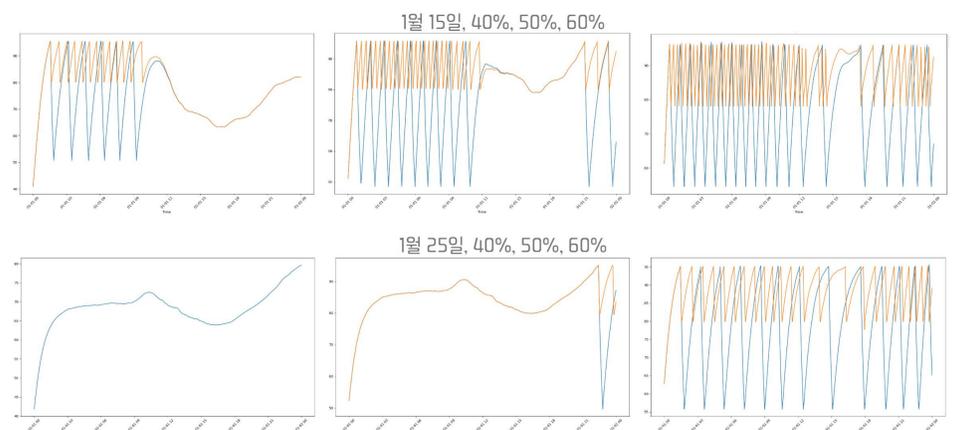
- python을 통해 각 상대습도에서 결로 발생 유리 표면 온도와 습도 값을 출력



- Ansys를 통해 발열량을 파악 하고 설정한 조건에 맞게 발열을 진행하여 전력량 출력

$$\eta = 1 - \frac{Q_{\text{out}}^{\text{on}} - Q_{\text{out}}^{\text{off}}}{P}$$

4. 결론 및 기대효과와 한계점



1월 5일				1월 15일			
초기조건	단위(Wh)			초기조건	단위(Wh)		
목표조건	초기 40%	초기50%	초기60%	목표조건	초기 40%	초기50%	초기60%
목표 50%	153.05	475.02	1071.01	목표 50%	279.94	747.46	1202.91
목표 80%	38.8	371.52	634.34	목표 80%	181.72	464.14	869.78

1월 25일			
초기조건	단위(Wh)		
목표조건	초기 40%	초기50%	초기60%
목표 50%	발열 X	73.34	915.85
목표 80%	발열 X	32.91	463.51

[결론]

- 목표 상대습도를 높게 잡아 더 자주 제어하는 것이 더 적은 전력량을 사용함 확인

[기대효과]

- 더 적은 전력을 사용하여 결로로 인한 문제 예방 및 결로 발생 시간대 확인

[한계점]

- 다른 지역 또는 시간대에 대한 많은 케이스 고려 필요성