



서울대학교 28동, 무엇이 문제인가?

서울대학교 내 건물별 난방효율의 대기열역학적 분석

5조

이도현
이주현
이찬영
정지은

2014-2 대기열역학 최종발표

발표자 이찬영, 정지은

INDEX

1. 개요
2. 이론적 배경 및 아이디어
3. 연구 방법
4. 연구 결과 및 논의
5. 결론

01 Introduction

2014-2 대기열역학 최종발표

발표자 이찬영, 정지은



~~서울대학교 28동의 난방문제~~

~~외부 단열재 설치를 통한 난방 개선?~~

~~내부 인테리어 문제?~~

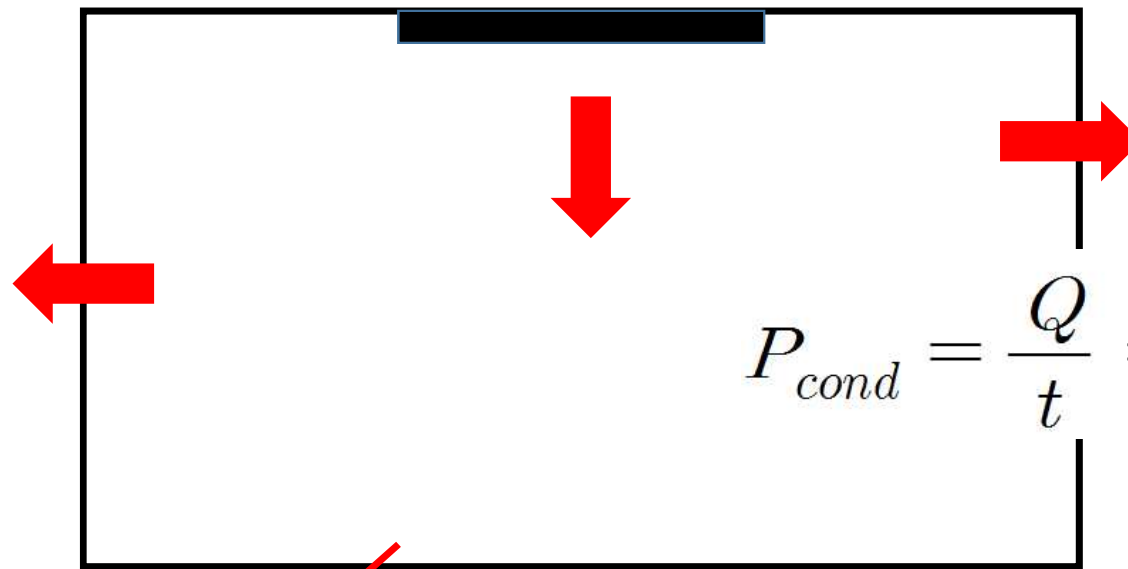
열역학적인 분석!

02 Idea & Theoretical background



S

$$dU + \delta W = \delta Q$$

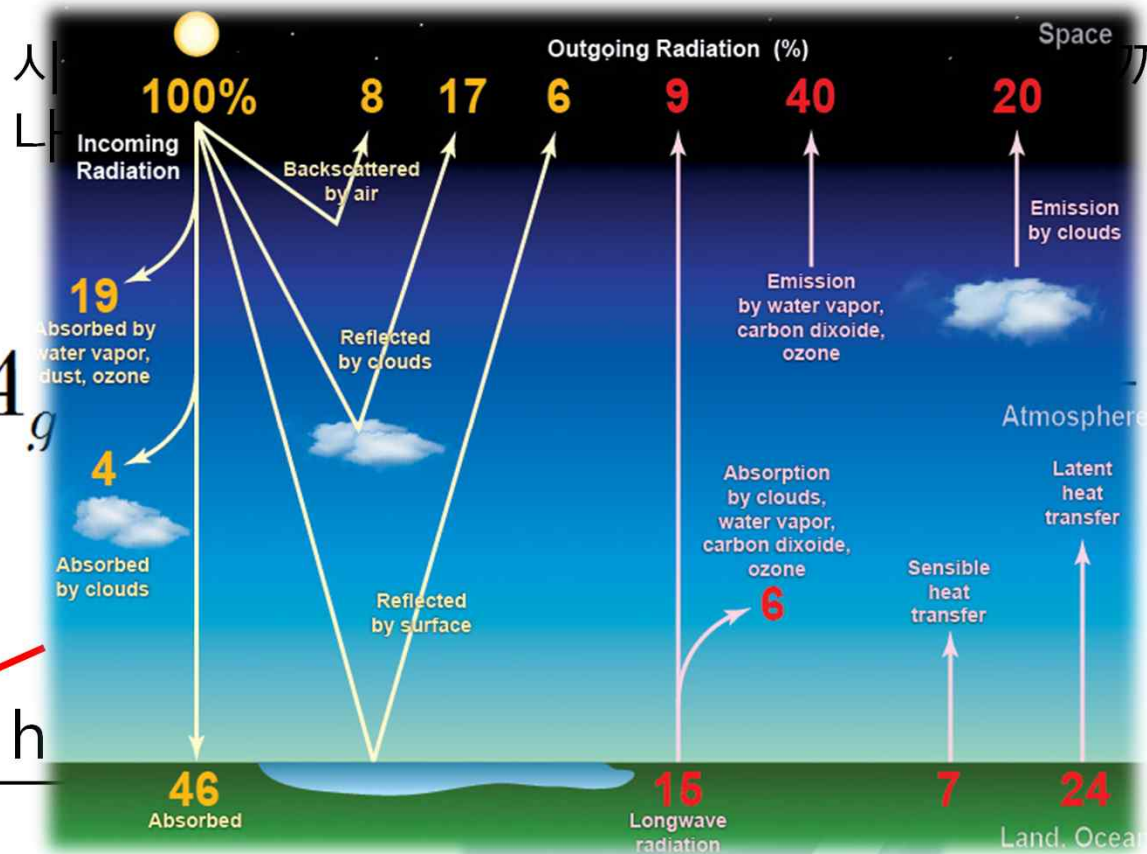
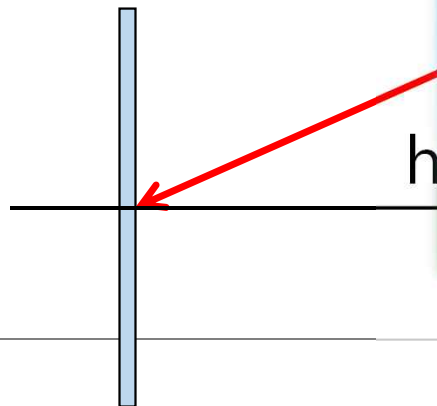


$$P_{cond} = \frac{Q}{t} = kA \frac{T_H - T_C}{L}$$

$$E = A\sigma T^4 \quad (\sigma = 5.67 \times 10^{-8} \text{ W m}^{-2} \text{ K}^{-4})$$



$$S(1-0.54)(1-0.1)A_g$$



까지,

$-t)$

$$Q = \Delta U + W$$

$$Q = A\sigma T^4 + \sum_i k_i A_i \frac{T_H - T_C}{L_i}$$


$$- S (1-0.5) (1-0.1) A_g \sin\left(\frac{\pi}{2} - h\right) \sin t \sin\left(\phi + \frac{\pi}{2} - t\right)$$

Assumptions

1. 공기의 대류나 확산을 통한 열 전달은 무시한다.

$$m_1 c_{pd}(1 + 0.87q_1)(T - T_1) + m_2 c_{pd}(1 + 0.87q_2)(T - T_2) = 0$$

$$T = \frac{(m_1 T_1 + m_2 T_2) + 0.87(m_1 q_1 T_1 + m_2 q_2 T_2)}{m(1 + 0.87q)}$$


 $T \approx \frac{m_1 T_1 + m_2 T_2}{m}$
 $m_1 \gg m_2$
 $T \approx T_1$

2. 건물 내부는 균일한 온도를 가진다.

실제 상황을 고려하더라도 비교 측면에서는 문제가 없음.

3. 벽면은 균일한 재질로 이루어져 있다.

4. 가열과정에서의 공기의 팽창은 무시한다.

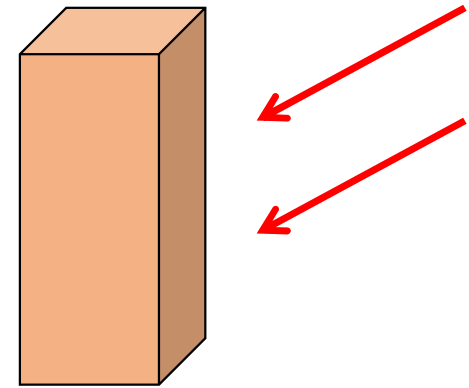
$$V = V_0(1 + \alpha\theta)$$

$$V - V_0 = \frac{1}{273^\circ\text{C}} \times 20^\circ\text{C} \times 10798.64\text{m}^3 = 791.11\text{m}^3$$

초기부피의 약 7%에 해당

5. 태양복사에너지를 통한 건물 외부의 가열은 무시한다.

$$\Delta U = Q = C_v (T_f - T_i)$$



$$T_f - T_i = \frac{Q}{mc} = \frac{1184.7 Jm^{-2}}{(1350 kg)(790 Jkg^{-1} K^{-1})} = 1.1 \times 10^{-3} K$$

28동의 난방 효율을 25-1동 및 500동의 난방 효율과 비교 !



2014-2 대기열역학 최종발표

발표자 이찬영, 정지은

03 Methods

2014-2 대기열역학 최종발표

발표자 이찬영, 정지은

Method

28동



외벽 재질 : 벽돌(88%) + 시멘트(10%) + 창문(2%)

| 벽돌 | 시멘트 | 창문 | 총 겉넓이 | 부피 |
|--------------|-------------|------------|--------------|---------------|
| 2079.4 m^2 | 231.1 m^2 | 44.7 m^2 | 2355.2 m^2 | 10798.4 m^3 |

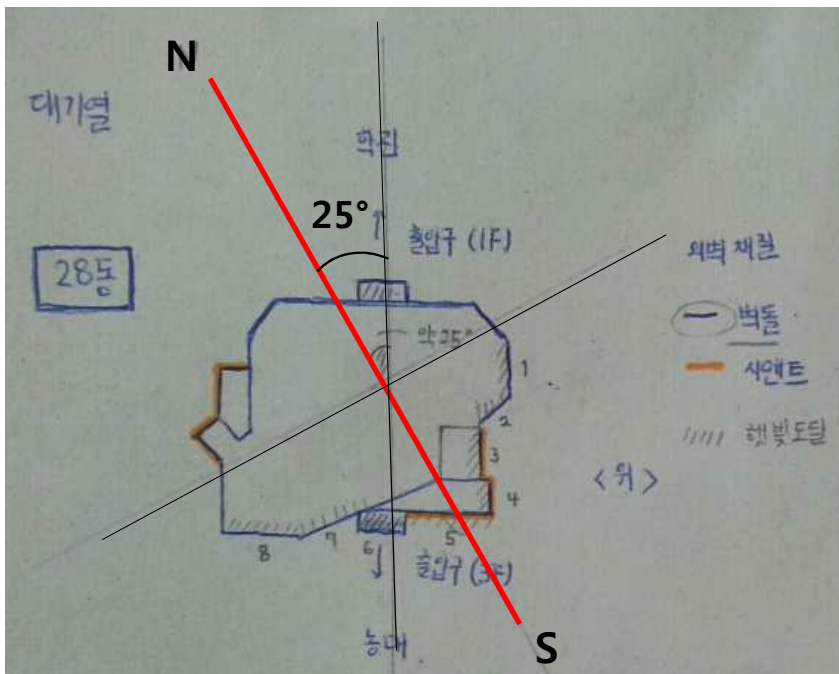
- 건물에 창문이 별로 없다.
- 주로 벽돌로 이루어져 있다.
- 전체적으로 낡고 오래되었다.
- 대형 강의동으로 강의실이 크고 복도의 비율이 적다.

<< 외벽에 창문을 거의 찾아볼 수 없다.

2014-2 대기열역학 최종발표

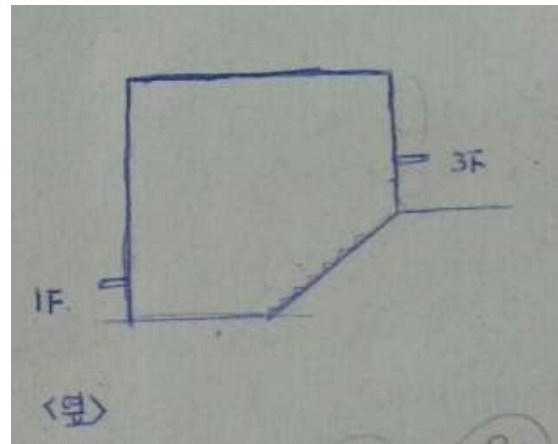
발표자 이찬영, 정지은

28동



↑ 위에서 내려다본 모습

| 창문 | 남쪽 방향에 위치한 창문 | 건물 방향 |
|---------------------|---------------------|-------|
| 44.7 m ² | 21.5 m ² | 25 NE |



↑ 옆에서 바라본 모습

2014-2 대기열역학 최종발표

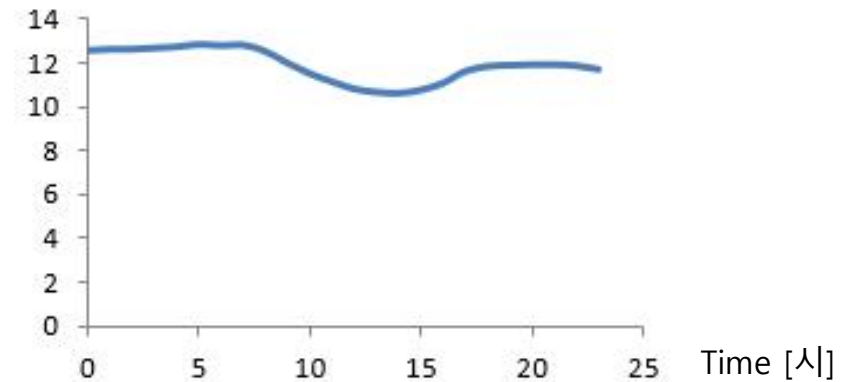
발표자 이찬영, 정지은

서울대학교 내 건물별 난방효율의 열역학적 분석

28동

| 28동 | 시간 | 기온 | 기온(K) | 시간에 대한 각 | 복사량 | 전도 창문 | 암석섬유 | 시멘트 | 태 |
|-----|----|------|-------|----------|---------|----------|--------|---------|-------------|
| | 0 | -7.2 | 265.8 | | 51460.7 | 82869.33 | 1169.6 | 201.824 | |
| | 1 | -7.4 | 265.6 | | 51460.7 | 83478.67 | 1178.2 | 203.308 | |
| | 2 | -7.4 | 265.6 | | 51460.7 | 83478.67 | 1178.2 | 203.308 | |
| | 3 | -7.6 | 265.4 | | 51460.7 | 84088 | 1186.8 | 204.792 | |
| | 4 | -7.8 | 265.2 | | 51460.7 | 84697.33 | 1195.4 | 206.276 | |
| | 5 | -8.2 | 264.8 | | 51460.7 | 85916 | 1212.6 | 209.244 | |
| | 6 | -8 | 265 | | 51460.7 | 85306.67 | 1204 | 207.76 | |
| | 7 | -8.1 | 264.9 | 0 | 51460.7 | 85611.33 | 1208.3 | 208.502 | |
| | 8 | -8.2 | 264.8 | 0.314 | 51460.7 | 85916 | 1212.6 | 209.244 | 3 |
| | 9 | -7.3 | 265.7 | 0.628 | 51460.7 | 83174 | 1173.9 | 202.566 | 67 |
| | 10 | -6.4 | 266.6 | 0.942 | 51460.7 | 80432 | 1135.2 | 195.888 | 92 |
| | 11 | -5.6 | 267.4 | 1.256 | 51460.7 | 77994.67 | 1100.8 | 189.952 | 10 |
| | 12 | -4.6 | 268.4 | 1.57 | 51460.7 | 74948 | 1057.8 | 182.532 | 11458.67 |
| | 13 | -3.9 | 269.1 | 1.884 | 51460.7 | 72815.33 | 1027.7 | 177.338 | 116190.3553 |
| | 14 | -3.2 | 269.8 | 2.198 | 51460.7 | 70682.67 | 997.6 | 172.144 | 0.837115 |
| | 15 | -2.9 | 270.1 | 2.512 | 51460.7 | 69768.67 | 984.7 | 169.918 | 10.75972115 |
| | 16 | -3 | 270 | 2.826 | 51460.7 | 70073.33 | 989 | 170.66 | 0.825512 |
| | 17 | -3.8 | 269.2 | 3.14 | 51460.7 | 72510.67 | 1023.4 | 176.596 | 0.821589 |
| | 18 | -4.6 | 268.4 | | 51460.7 | 74948 | 1057.8 | 182.532 | 0.833128 |
| | 19 | -4.8 | 268.2 | | 51460.7 | 75557.33 | 1066.4 | 184.016 | 10.70847202 |
| | 20 | -4.9 | 268.1 | | 51460.7 | 75862 | 1070.7 | 184.758 | 11.03260664 |
| | 21 | -4.9 | 268.1 | | 51460.7 | 75862 | 1070.7 | 184.758 | 0.919671 |
| | 22 | -4.7 | 268.3 | | 51460.7 | 75252.67 | 1062.1 | 183.274 | 11.82084312 |
| | 23 | -4.1 | 268.9 | | 51460.7 | 73424.67 | 1036.3 | 178.822 | 0.924134 |

단위부피당
필요한 열 $[J/m^3/s]$



2014-2 대기열역학 최종발표

발표자 이찬영, 정지은

Method

25-1동



균일한 간격으로 창문과 외벽이 교대로 나타난다. >>



외벽 재질 : 벽돌(41%) + 금속(20%) + 창문(39%)

| 벽돌 | 금속 | 창문 | 총 겉넓이 | 부피 |
|------------|--------------|--------------|--------------|-------------|
| 2015 m^2 | 1007.5 m^2 | 1904.9 m^2 | 4927.4 m^2 | 30475 m^3 |

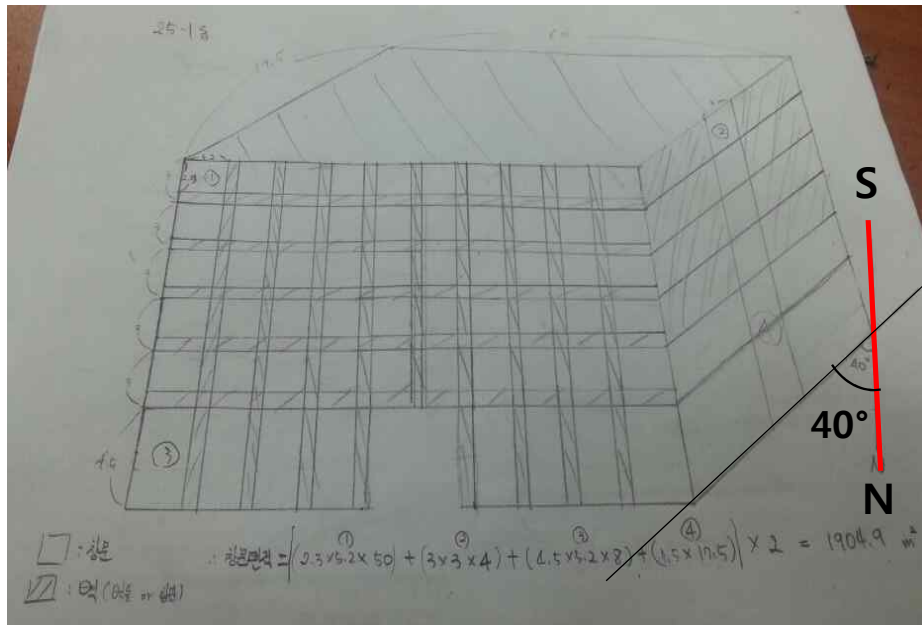
- 창문과 벽돌이 거의 같은 비율로 존재한다.
- 건물에 창문과 벽돌이 교대로 나타난다.
- 건물의 아래쪽 중앙이 뚫려 있다.

2014-2 대기열역학 최종발표

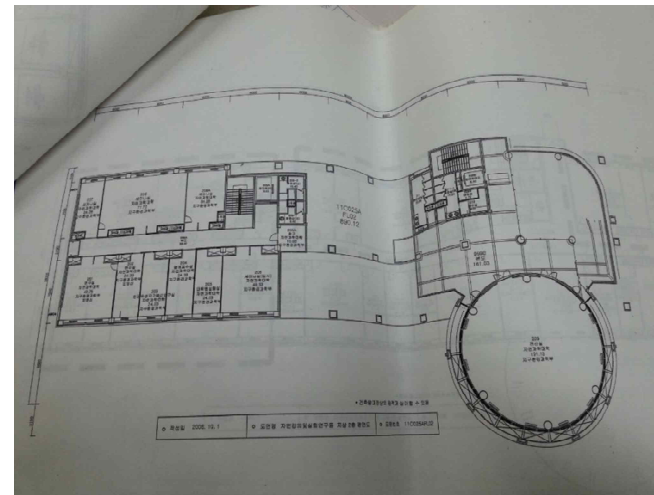
발표자 이찬영, 정지은

서울대학교 내 건물별 난방효율의 열역학적 분석

25-1동



| 창문 | 남쪽 방향에 위치한 창문 | 건물 방향 |
|-----------------------|-----------------------|-------|
| 1904.9 m ² | 952.45 m ² | 40 NE |



↑ 위에서 내려다본 모습

2014-2 대기열역학 최종발표

발표자 이찬영, 정지은

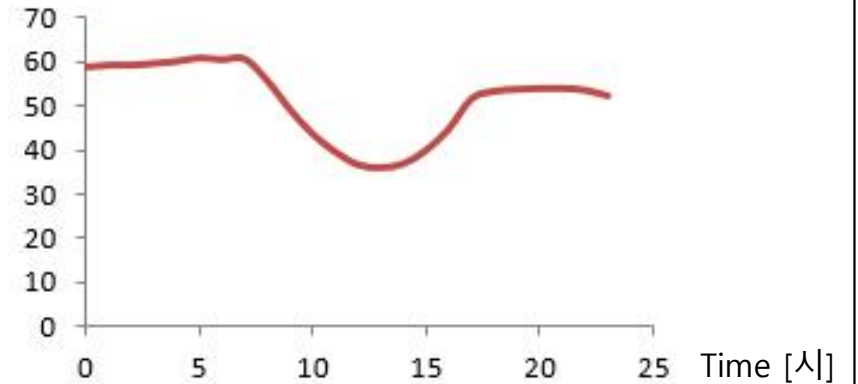
서울대학교 내 건물별 난방효율의 열역학적 분석

25-1동

| 25-1동 | 시간 | 기온 | 기온(K) | 시간에 대한 각 | 복사량 | 전도 | 창문 | 암석섬유 | 시멘 |
|-------|----|------|-------|----------|---------|---------|----------|----------|----------|
| | 0 | -7.2 | 265.8 | | 51460.7 | 1727109 | 4713.488 | 2904 | |
| | 1 | -7.4 | 265.6 | | 51460.7 | 1739809 | 4748.146 | 2926 | |
| | 2 | -7.4 | 265.6 | | 51460.7 | 1739809 | 4748.146 | 2926 | |
| | 3 | -7.6 | 265.4 | | 51460.7 | 1752508 | 4782.804 | 2947 | |
| | 4 | -7.8 | 265.2 | | 51460.7 | 1765207 | 4817.462 | 2968 | |
| | 5 | -8.2 | 264.8 | | 51460.7 | 1790606 | 4886.778 | 3011 | |
| | 6 | -8 | 265 | | 51460.7 | 1777907 | 4852.12 | 299 | |
| | 7 | -8.1 | 264.9 | 0 | 51460.7 | 1784256 | 4869.449 | 300 | |
| | 8 | -8.2 | 264.8 | 0.314 | 51460.7 | 1790606 | 4886.778 | 3011 | |
| | 9 | -7.3 | 265.7 | 0.628 | 51460.7 | 1733459 | 4730.817 | 2915 | |
| | 10 | -6.4 | 266.6 | 0.942 | 51460.7 | 1676312 | 4574.856 | 2819.388 | 410530.1 |
| | 11 | -5.6 | 267.4 | 1.256 | 51460.7 | 1625515 | 4436.224 | 2733.952 | 482674.7 |
| | 12 | -4.6 | 268.4 | 1.57 | 51460.7 | 1562018 | 4262.934 | 2627.157 | 507619.3 |
| | 13 | -3.9 | 269.1 | 1.884 | 51460.7 | 1517570 | 4141.631 | 2552.401 | 482924.4 |
| | 14 | -3.2 | 269.8 | 2.198 | 51460.7 | 1473123 | 4020.328 | 2477.644 | 411005.1 |
| | 15 | -2.9 | 270.1 | 2.512 | 51460.7 | 1454074 | 3968.341 | 2445.606 | 298894.2 |
| | 16 | -3 | 270 | 2.826 | 51460.7 | 1460423 | 3985.67 | 2456.285 | 157554.9 |
| | 17 | -3.8 | 269.2 | 3.14 | 51460.7 | 1511221 | 4124.302 | 2541.721 | 808.4616 |
| | 18 | -4.6 | 268.4 | | 51460.7 | 1562018 | 4262.934 | 2627.157 | 0 |
| | 19 | -4.8 | 268.2 | | 51460.7 | 1574717 | 4297.592 | 2648.516 | 0 |
| | 20 | -4.9 | 268.1 | | 51460.7 | 1581067 | 4314.921 | 2659.196 | 0 |
| | 21 | -4.9 | 268.1 | | 51460.7 | 1581067 | 4314.921 | 2659.196 | 0 |
| | 22 | -4.7 | 268.3 | | 51460.7 | 1568368 | 4280.263 | 2637.837 | 0 |
| | 23 | -4.1 | 268.9 | | 51460.7 | 1530270 | 4176.289 | 2573.76 | 0 |

[J/s]

단위부피당
필요한 열 $[J/m^3/s]$



2014-2 대기열역학 최종발표

발표자 이찬영, 정지은

Method

500동



외벽 재질 : 벽돌(50%) + 금속(8%) + 창문(42%)

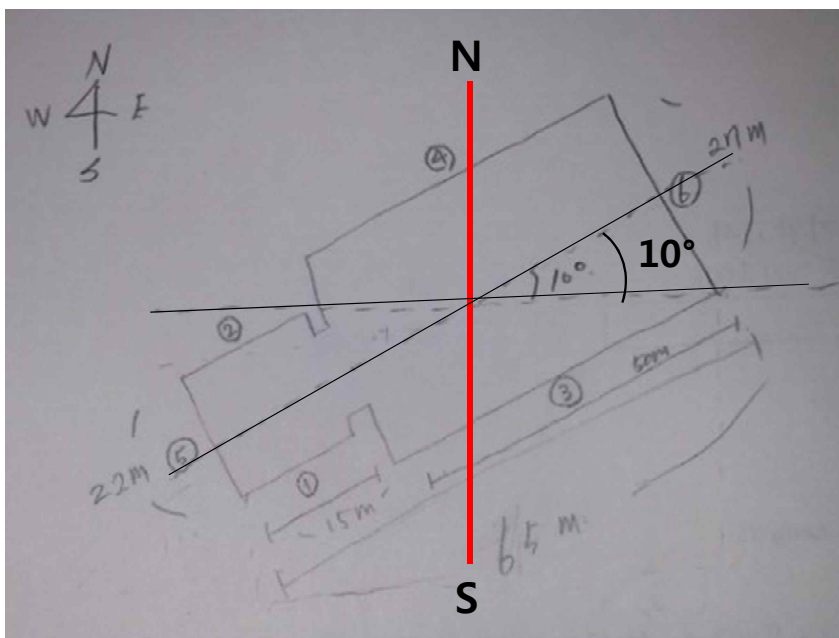
| 벽돌 | 금속 | 창문 | 총 겉넓이 | 부피 |
|--------------|-------------|--------------|---------------|--------------|
| 6715.8 m^2 | 996.3 m^2 | 5498.1 m^2 | 13210.2 m^2 | 129519 m^3 |

- 상대적으로 남쪽에 위치한 창문의 비율이 높다.
(28동 44%, 25-1동 50%, 500동 59%)
- 건물에 창문과 벽돌이 교대로 나타난다.
- 비슷한 세 건물이 이어져 있는 형태이다.
- 부피가 가장 크다.

2014-2 대기열역학 최종발표

발표자 이찬영, 정지은

500동



| 창문 | 남쪽 방향에 위치한 창문 | 건물 방향 |
|--------------|---------------|-------|
| 5498.1 m^2 | 3235.05 m^2 | 80 NE |

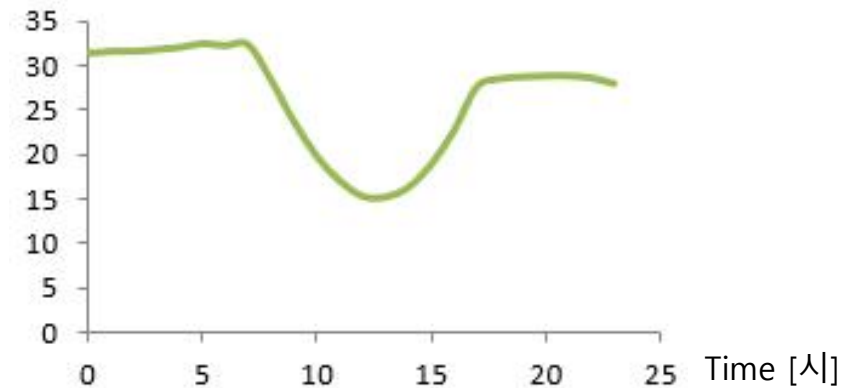
서울대학교 내 건물별 난방효율의 열역학적 분석

500동

| 500동 | 시간 | 기온 | 기온(K) | 시간에 대한 각 | 복사량 | 전도 | 암석석유 | 시멘트 | 단위부피당 필요한 열 [J/m ³ /s] |
|------|----|------|-------|----------|----------|---------|---------|----------|--------------------------------------|
| | 0 | -7.2 | 265.8 | | 154382.1 | 3896944 | 3896944 | 287 | |
| | 1 | -7.4 | 265.6 | | 154382.1 | 3925598 | 3925598 | 289 | |
| | 2 | -7.4 | 265.6 | | 154382.1 | 3925598 | 3925598 | 289 | |
| | 3 | -7.6 | 265.4 | | 154382.1 | 3954252 | 3954252 | 291 | |
| | 4 | -7.8 | 265.2 | | 154382.1 | 3982906 | 3982906 | 293 | |
| | 5 | -8.2 | 264.8 | | 154382.1 | 4040214 | 4040214 | 29 | |
| | 6 | -8 | 265 | | 154382.1 | 4011560 | 4011560 | 295 | |
| | 7 | -8.1 | 264.9 | 0 | 154382.1 | 4025887 | 4025887 | 296 | |
| | 8 | -8.2 | 264.8 | 0.314 | 154382.1 | 4040214 | 4040214 | 29 | |
| | 9 | -7.3 | 265.7 | 0.628 | 154382.1 | 3911271 | 3911271 | 288 | |
| | 10 | -6.4 | 266.6 | 0.942 | 154382.1 | 3782328 | 3782328 | 278 | |
| | 11 | -5.6 | 267.4 | 1.256 | 154382.1 | 3667712 | 3667712 | 27 | |
| | 12 | -4.6 | 268.4 | 1.57 | 154382.1 | 3524442 | 3524442 | 2597.952 | 574719.1 |
| | 13 | -3.9 | 269.1 | 1.884 | 154382.1 | 3424153 | 3424153 | 2524.026 | 546760 |
| | 14 | -3.2 | 269.8 | 2.198 | 154382.1 | 3323864 | 3323864 | 2450.101 | 465334 |
| | 15 | -2.9 | 270.1 | 2.512 | 154382.1 | 3280883 | 3280883 | 2418.419 | 338403.7 |
| | 16 | -3 | 270 | 2.826 | 154382.1 | 3295210 | 3295210 | 2428.979 | 178381.3 |
| | 17 | -3.8 | 269.2 | 3.14 | 154382.1 | 3409826 | 3409826 | 2513.466 | 915.3284 |
| | 18 | -4.6 | 268.4 | | 154382.1 | 3524442 | 3524442 | 2597.952 | 0 |
| | 19 | -4.8 | 268.2 | | 154382.1 | 3553096 | 3553096 | 2619.073 | 0 |
| | 20 | -4.9 | 268.1 | | 154382.1 | 3567423 | 3567423 | 2629.634 | 0 |
| | 21 | -4.9 | 268.1 | | 154382.1 | 3567423 | 3567423 | 2629.634 | 0 |
| | 22 | -4.7 | 268.3 | | 154382.1 | 3538769 | 3538769 | 2608.513 | 0 |
| | 23 | -4.1 | 268.9 | | 154382.1 | 3452807 | 3452807 | 2545.148 | 0 |

[J/s]

단위부피당
필요한 열 [J/m³/s]



2014-2 대기열역학 최종발표

발표자 이찬영, 정지은

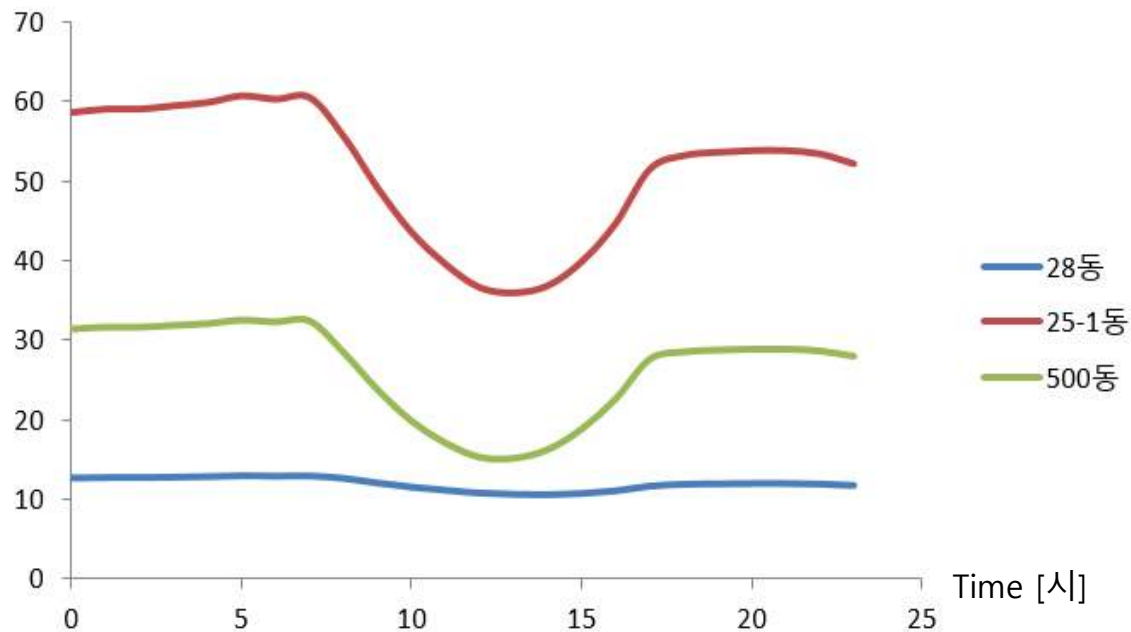
04 Results & Discussions

2014-2 대기열역학 최종발표

발표자 이찬영, 정지은

Result

단위부피당
필요한 열 [$J/m^3/s$]



하룻동안 20℃를 유지하기 위한 단위 부피 당 필요한 열

25-1동 > 500동 > 28동

하룻동안 온도유지를 위해 필요한 열의 변화 폭

25-1동 > 500동 > 28동

∴ 난방효율
28동 > 500동 > 25-1동

2014-2 대기열역학 최종발표

발표자 이찬영, 정지은

Discussion

난방효율의 차이 >> 외벽재질 열전도도 차이 >> 창문의 면적

| | 28동 | 25-1동 | 500동 |
|--------------|-------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|
| 창문 면적 | 44.7 m^2 | 1904.9 m^2 | 5498.1 m^2 |
| 창문이 차지하는 비율 | 2 % | 39 % | 42 % |
| 남쪽 방향 창문 비율 | 44 % | 50 % | 59 % |
| 단위 부피당 창문 면적 | 4.14 * 10 ⁻³ m^2 | 62.51 * 10 ⁻³ m^2 | 42.45 * 10 ⁻³ m^2 |

** 500동이 부피가 크므로 단위 부피당 표면적이 작아서 열 손실이 상대적으로 적다.

∴ 난방효율 : 28동 > 500동 > 25-1동

실제 난방효율 : 28동 > 500동 > 25-1동

체감 난방효율 : 25-1동 \approx 500동 $\gg \gg$ 28동



원인 분석

1) 넓은 강의실, 낙후된 난방시설

: 강의실을 덥히는데 오랜 시간 소요

2) 상대적으로 큰 열용량

: 벽면이 대부분 벽돌과 시멘트, 강의실 바닥 암석

>> 역시 강의실을 덥히는데 오랜 시간 소요

3) 적은 창문의 면적

: 들어오는 햇볕의 양 적다, 난방기구 이외에 가열요인 없음

05 Conclusion

2014-2 대기열역학 최종발표

발표자 이찬영, 정지은

Conclusion

28동이 다른 건물에 비해 추운 이유는

난방효율이 나빠서가 아니라

**공간이 넓고,
제대로 된 난방설비가 없기 때문**

Conclusion

해결방안 제시

- 1) 28동의 강의는 되도록 **연강**으로 붙여 **지속적으로 난방**이 이루어지도록
- 2) 다른 곳보다 강의 전 조금 더 빨리 난방가동
- 3) 난방시설의 정비 & 확충, 리모델링

Any Questions? Q&A

?

Q&A

Thank you