

## TRNSYS 적용을 통한 RTS법의 검증

최 봉 수 , 홍 희 기<sup>†</sup>, 이 진 섭<sup>\*</sup>

경희대학교 대학원, <sup>†</sup>경희대학교 기계산업시스템공학부, <sup>\*</sup>(주)세익엠이씨

### Verification in RTS method by applying TRNSYS

Bong Su Choi, Hiki Hong<sup>†</sup>, Jin Sup Lee<sup>\*</sup>

Graduate School, KyungHee University, Yongin 449-701, Korea

<sup>†</sup>School of Mechanical and Industrial System Engineering, KyungHee University, Yongin 449-701, Korea

<sup>\*</sup>Se-ek MEC, Seoul 138-802, Korea

**ABSTRACT:** Lots of programs and methods for calculating the maximum and dynamic thermal load of building have been developed and used practically. In this paper we calculated heat load in RTS method and compared them with result using TRNSYS in the same test space.

**Key words:** TRNSYS, Dynamic load calculation(동적열부하계산), RTS method,

### 1. 서 론

RTS 법은 HB 법에서 파생된 설계 냉방부하를 단순하게 계산하기 위한 방법이다. RTS 법은 TFM, CLTD/CLF 법, TETD/TA 법과 같은 다른 모든 단순화된 방법을 효과적으로 대체 하였다.<sup>(1)</sup> 이 방법은 정밀하면서도 반복적인 계산을 요구하지 않고, 또한 각 구성요소가 전체 냉방부하에 미치는 영향을 정량화하기 위하여 개발되었다. RTS법은 최대 냉방부하 계산을 위해 적당하나 제한적인 가정으로 인해 연간 에너지 시뮬레이션에는 부적합하다. 개념이 간단하고 전산 스프레드시트 상에서 쉽게 실행될 수 있지만, 방대한 계산량으로 RTS법은 수계산을 통해 실용적으로 사용되기에는 무리이다.

RTS법과 비교 연구에 사용된 TRNSYS<sup>(2)</sup>는

동적 부하계산을 위한 비정상 에너지방정식 해석에 전달함수법을 사용하며 프로그램이 TYPE으로 불리는 독립적 구성요소(component)로 연결된 구조이다. DOE-2 와 더불어 건물에너지 시뮬레이션용으로 검증된 소프트웨어로써 본 연구에서는 RTS법의 검증을 위해 ASHRAE 핸드북의 예제를 대상으로 계산을 수행하였다.

### 2. 대상 공간 및 공조조건

ASHRAE에서 제시한 검증에는 건물 전체와 Fig. 1에서 보인 단일 공간이 있다. Handbook 상에서 RTS 법을 이용하여 이미 계산된 결과와 동일한 조건 하에서 TRNSYS를 통한 계산 값의 비교를 한다. 해석시 벽체조건, 창문조건 등은 Table 1에 정리하였다.

대상공간의 벽은 벽돌벽(brick Wall)과 삼각장식벽(spandrel wall)로 구성되어 있다. 각 벽의 물성치는 Table 2와 같으며 ASHRAE Fundamentals Ch. 30 Table 18을 참고하였다.

<sup>†</sup>Corresponding author

Tel.: +82-31-201-2925; fax: +82-31-202-2625

E-mail address: hhong@khu.ac.kr

Table 1 Test space

area	25.47 m <sup>2</sup>
location	USA Atlanta, Georgia
light	AM 7:00 ~ PM 7:00, whole room 440 W
equipment	AM 8:00 ~ PM 5:00, 10.76 W/m <sup>2</sup>
cooling condition	9 °C, 50 %

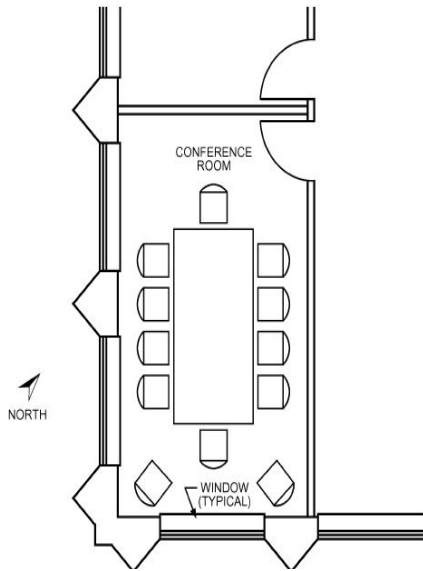


Fig. 1 The plan view of test space

창문은  $U=3.24 \text{ W/m}^2\text{K}$ 를 갖는 2중창으로 TRNSYS 16.0 IIsibat Library에서  $U$ 값 및 기타 조건이 가장 유사한 창문을 입력하였다. 벽체 조건 및 창문 등은 완벽하게 일치하는 조건의 모사에 다소 어려움이 따른다. 이에 ASHRAE 핸드북에 제시된 내용들 및 TRNSYS 매뉴얼을 참고하여 벽면 내부 및 외부 대류열전달계수로 각각  $3 \text{ W/m}^2\text{K}$  및  $17 \text{ W/m}^2\text{K}$ 를 입력하였으며, 벽면 내·외면 태양흡수율(absorptance)은 각각 0.35과 0.75를 입력하였다.

### 3. 계산결과 및 검증

Table 2 composition wall and properties

(a) Brick:  $U=0.45 \text{ W/m}^2\text{K}$

	thick-ness (mm)	thermal conductivity (W/m K)	density (kg/m <sup>3</sup> )	capa-city (J/kg K)
Light brown color face brick	102.0	0.72	1,920	0.78
Mineral fiber batt insulation	40.6	0.05	19	0.96
Light weight concrete brock	152.0	0.49	512	0.88
Gypsum wall board	16.0	0.16	800	1.09

(b) Spandrel wall:  $U=0.51 \text{ W/m}^2\text{K}$

	thick-ness (mm)	thermal conductivity (W/m K)	density (kg/m <sup>3</sup> )	capa-city (J/kg K)
Bronze tilted glass, Opaque		1.00	2.53	0.84
Air Space				
Rigid Mineral fiber insulation	25.4	0.03	43	1.21
Mineral fiber batt insulation	40.6	0.05	19	0.96
Gypsum wall board	16.0	0.16	800	1.09

(c) Roof:  $U=0.40 \text{ W/m}^2\text{K}$

	thick-ness (mm)	thermal conductivity (W/m K)	density (kg/m <sup>3</sup> )	capa-city (J/kg K)
Light brown color face brick	9.5	0.16	1,120	1.46
Mineral fiber batt insulation	12.7	0.07	400	1.30
Light weight concrete brock	50.8	0.03	43	1.21
Gypsum wall board	0.8	45.28	7,824	0.50

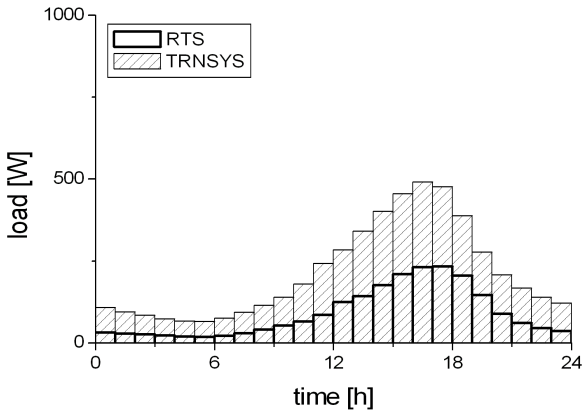


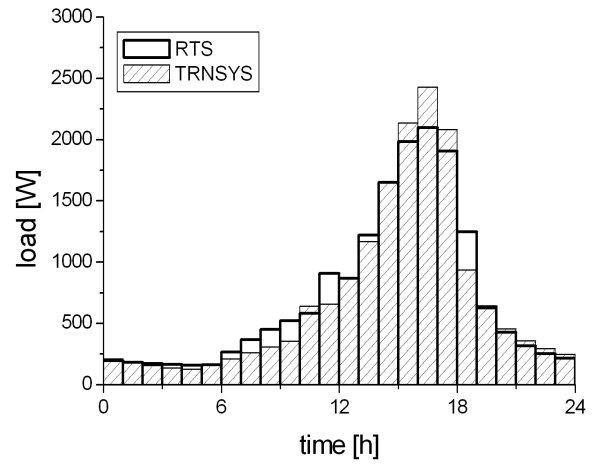
Fig. 2 Comparison north wall ignoring windows in RTS and TRNSYS

ASHRAE Fundamentals에서는 해석결과를 최대부하만을 나타내고 있어 TRNSYS 와 같이 동일한 조건에서 직접적인 비교에는 한계가 따른다. 마찬가지로 RTS법은 실내 발열 및 인체 부하가 벽면에 영향을 미치는 것으로 고려하지 않고 경험식을 바탕으로 이에 대한 적절한 가중치로 부하를 두고 있다. 이러한 영향을 고려하여 무부하시의 남쪽벽면 부하에 대해서만 24시간 해석 결과를 나타낸 ASHRAE Fundamentals 예제와 경향 비교 및 피크시간에서의 냉난방부하의 비교를 통해 TRNSYS의 해석이 적절하였는지를 가늠하도록 한다.

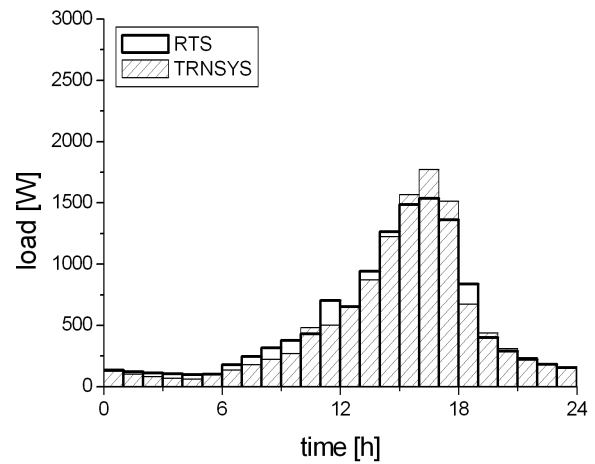
### 3.1 벽면 부하 계산

Fig. 2는 TRNSYS를 이용하여 해석한 벽면 총 부하열량과 RTS를 이용하여 남측 벽면의 부하량을 해석한 결과를 나타낸 것이다. TRNSYS의 경우 대상 공간 전체를 입력해주어야 벽면을 해석하여 결과를 도출할 수 있는 구조이기 때문에 부득이 RTS처럼 남측 벽면만을 따로 고려한 결과의 도출이 어렵다. 해석결과 RTS는 남측 벽면만을 고려하여 절대적인 크기 자체는 작지만, 경향은 일치함을 확인할 수 있다. TRNSYS의 경우 내부 발열원(인체부하 등)이 존재할 경우 그에 의한 영향이 바로 벽면에 작용하기 때문에 본 비교 해석에서는 TRNSYS의 경우 내부 발열은 없는 것으로 하여 해석하였다.

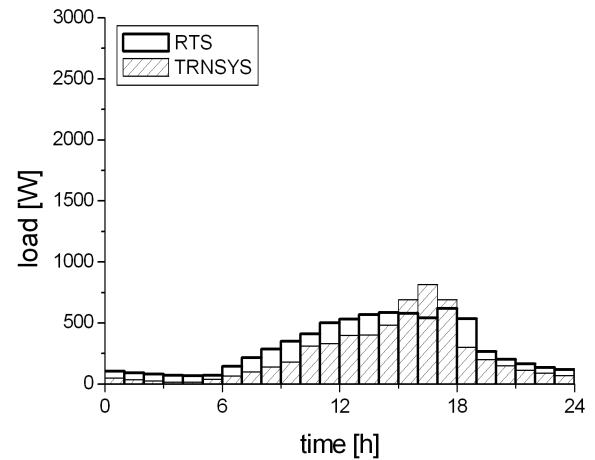
### 3.2 창문부하의 계산



(a) No blinds and overhang

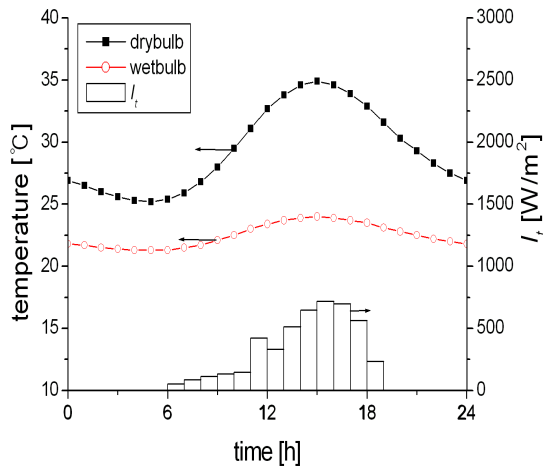


(b) Blinds only

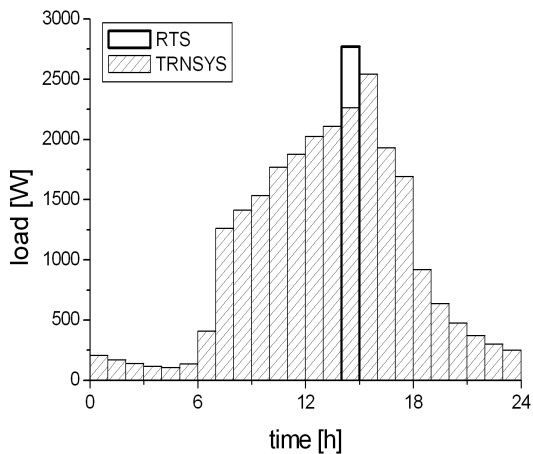


(c) Blinds and overhang

Fig. 3 Cooling load in north window



(a) External condition



(b) Sensible comparison

Fig. 4 Comparison in heat Load in RTS and TRNSYS

RTS 해석에서는 남쪽 벽면에 대해서만 블라인드 및 차양(overhang) 구조가 없는 경우, 블라인드만 존재하는 경우, 둘 모두 존재하는 경우에 제시되어 있으며, 이미 TRNSYS의 계산 값과 비교를 수행하였다. Fig. 3은 해석 결과를 나타낸 것으로 각각의 조건에 대해 비교적 잘 일치함을 확인할 수 있다.

### 3.3 총 부하 비교

RTS에서는 피크 부하만이 표시되어 있어 하루 전체에 대한 비교는 불가능하다. 이에 본 해석결과 비교에서는 TRNSYS를 이용한 결과와 이에

Table 3 Peak loads in RTS and TRNSYS

		RTS	TRNSYS
peak time		PM 3	PM 4
Sensible load	human [W]	831	828
	light [W]	329	352
	equipment [W]	265	265
	wall [W]	1,346	1,098
	ventilating [W]	-	-
total sensible load [W]		2,771	2,543
total latent load [W]		706	704

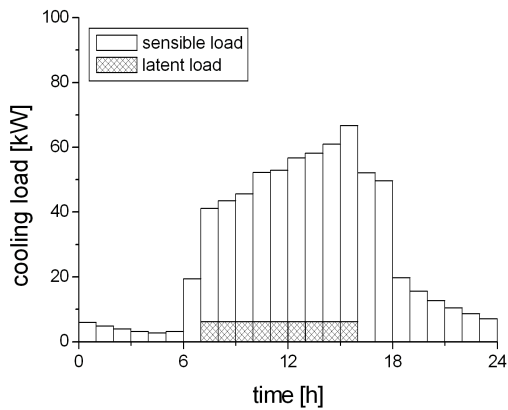
Table 4 Heat load in RTS and TRNSYS

	RTS	TRNSYS
sensible heat in wall [W]	1,787	1,641
sensible heat in ventilating [W]	704	683
total heat load [W]	2,491	2,324

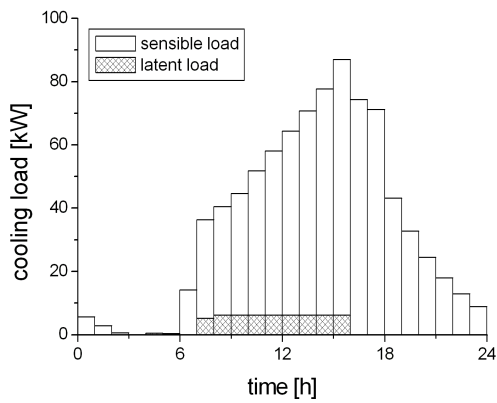
대한 RTS의 최대 부하점을 Fig. 4에 나타내어 결과가 타당한지를 비교한다. Fig. 4에서 확인할 수 있는 바와 같이 하루 전체에 대한 비교가 가능한 남측 벽면 및 창문에 의한 부하 영향을 비교한 결과 두 방법 간에 상당히 일치함을 확인할 수 있다. 다만 이는 RTS의 최대부하 시간과 TRNSYS에서 나타난 최대부하의 시간대가 다르기 때문에 그 크기만을 비하면 Table 3과 같다. 난방부하의 경우 RTS 예제와 동일하게 외기온도  $-7.3\text{ }^{\circ}\text{C}$  조건으로 실내온도  $22.2\text{ }^{\circ}\text{C}$  로 설정하여 해석하였고, 해석결과는 Table 4에 나타내었다.

### 3.4 Whole building 비교

ASHRAE의 예제 whole building 을 대상으로 TRNSYS로 계산한 난방부하를 Fig. 5에 정리하였다. 원래 주어진 건물 조건에 내부의 벽 등을 무시하여 단순화 시켜 제안한 결과로써 ASHRAE handbook에 수록된 최대부하와의 직



(a) 1st floor



(b) 2nd floor

Fig. 5 Whole building load

접적인 비교는 무의미하므로, 최신으로 개발된 RTS load로 제안된 결과와 비교할 예정이다.

#### 4. 결론

ASHRAE handbook의 single room에 대해 동일한 조건에서 비교한 결과는 비교적 좋은 일치를 보이나 벽면을 통과하는 현열의 예측에서 약 20% 크게 평가하는 것으로 나타났다. 이로 인해 8% 큰 최대 부하 값을 보이는 경향이나, 장비 설계용이므로 허용될 수 있는 오차범위로 판단된다.

#### 참고문헌

1. ASHRAE handbook.
2. Solar Energy Lab. 1994, TRNSYS reference manual, University of Wisconsin at Madison.