

เส้นทางสู่ HBM & RTSM : วิวัฒนาการของการคำนวณ ภาระความร้อน



ตุลย์ มณีวัฒนา

ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

โทรศัพท์: 02-2186640, E-mail: tul.m@chula.ac.th

1. คำนำ

การคำนวณภาระความร้อน เป็นเรื่องตื้นๆ และเป็นเรื่องที่มีความสำคัญอย่างยิ่งยวดต่อการออกแบบระบบปรับอากาศ ขนาดของอุปกรณ์ต่างๆ อาทิเช่น เครื่องเป่าลมเย็น กล่อง VAV รวมไปถึงขนาดท่อส่งน้ำเย็น และขนาดท่อส่งลมเย็น ล้วนมีผลมาจากการคำนวณในขั้นตอนนี้ทั้งสิ้น ความผิดพลาดทั้งหมดที่เกิดขึ้นในขั้นตอนนี้มีเท่าใด การออกแบบในขั้นตอนต่อไป ก็จะได้รับผลกระทบไปตามสัดส่วน บทความนี้จะพยายามเล่าถึงความเป็นมาของวิวัฒนาการของวิธีการคำนวณนี้ และอาจทำให้ท่านผู้อ่าน เห็นภาพที่กระจ่างขึ้นว่าวิธีการคำนวณแบบต่างๆ ที่มีมาในอดีตนั้น วิธีการใด มีข้อบกพร่องที่สำคัญอะไรบ้าง และในปัจจุบัน ปัญหาต่างๆ เหล่านั้น ได้รับการแก้ไขไปบ้างแล้วหรือยัง และที่สำคัญที่สุดคือว่า ตั้งแต่นั้นต่อไป เราควรจะใช้วิธีใด เพื่อที่จะปฏิบัติวิชาชีพให้ได้คุณภาพ อย่างที่ควรจะเป็น และถูกต้อง

2. ก่อนยุค CLTD/CLF (ก่อนปี ค.ศ. 1979)

วิธี CLTD/CLF ถือได้ว่าเริ่มต้นอย่างเป็นทางการเมื่อ ASHRAE ได้จัดพิมพ์เอกสาร Cooling and Heating Load Calculation Manual (ASHRAE GRP 158) ขึ้นเผยแพร่ในปี ค.ศ. 1979 ในช่วงก่อนปีนั้น การคำนวณภาระความร้อนมักจะปฏิบัติกันตามวิธีการที่ปรากฏใน Carrier System Design Manual (1960) บ้าง หรือตามที่ปรากฏใน Trane Air Conditioning Manual (1965) บ้าง แล้วแต่ว่าผู้ใด มีความถนัดชอบ หรือเชื่อถือข้อมูลจากผู้ผลิตเครื่องปรับอากาศรายใดมากกว่ากัน กล่าวอีกนัยหนึ่งก็คือ วิธีการคำนวณจะเป็นวิธีการที่มาจากผู้ผลิตเครื่องปรับอากาศรายใหญ่ๆ ในโลก อาทิเช่น Carrier, Trane และ York เป็นต้น วิธีการคำนวณก็คล้ายคลึงกันกับ วิธี CLTD/CLF ของ ASHRAE มาก (จนแทบจะเรียกได้ว่าเหมือนกันก็ได้) เพียงแต่ว่ามีการใช้ชื่อเรียกสัมประสิทธิ์หรือตัวคูณในตารางต่างๆ ที่แตกต่างกัน อาทิเช่นการคำนวณหาภาระความร้อนจากแสงอาทิตย์ที่ปรากฏใน Carrier System Design Manual จะมีสูตรเป็น (เฉพาะส่วนที่เป็น Solar Heat Gain)

$$\begin{aligned} \text{Cooling Load, Btu/hr} &= [\text{Peak solar heat gain, Btu}/((\text{hr})(\text{Sq ft}))] \\ &\times [\text{Window area, Sq ft}] \\ &\times [\text{Shade factor, Haze factor, etc.}] \\ &\times [\text{Storage factor}] \end{aligned}$$

ซึ่งจะเห็นได้ว่ามีโครงสร้างเหมือนกันกับสูตรในวิธี CLTD/ CLF ของ ASHRAE ทุกประการ โดยที่ Storage factor ก็คือ CLF และ Peak solar heat gain ก็คือ Maximum Solar Heat Gain ในสูตรของ CLTD/CLF นั้นเอง ในความเห็นของผู้เขียนวิธีการคำนวณภาระความร้อนใน Part 1 เรื่อง Load Estimating ใน Carrier System Design Manual เป็นเอกสารที่มีคุณค่าทางวิชาชีพ และวิชาการเป็นอย่างมาก มีข้อมูลหลายอย่างที่ทำให้ไม่ได้แล้วใน Manual ที่สำคัญหลายเล่มในปัจจุบัน



รูปที่ 1: Micro Computer Apple II

ในยุคอดีต โดยเฉพาะในช่วงก่อนปี ค.ศ. 1970 ลงไป วิทยาการโดยเฉพาะในส่วนที่เกี่ยวข้องกับคอมพิวเตอร์ยังล้าหลังอยู่มาก Micro Computer ที่เห็นในรูปที่ 1 เพิ่งจะเริ่มมีใช้กันอย่างแพร่หลายจริงๆ ในราวปี ค.ศ. 1977 เท่าที่ผู้เขียนจำความได้ เครื่อง Pocket Calculator ก็เพิ่งจะเริ่มมีใช้กันในเมืองไทยเมื่อราวปี พ.ศ. 2518 (ค.ศ. 1975) ดังนั้นการทำรายการคำนวณต่างๆ จึงต้องทำด้วยมือ หรือไม่ก็ใช้ Slide Rule ช่วยในการคูณและหารบ้าง การคำนวณภาระความร้อนก็เช่นกัน วิธีที่ Practical และนิยมใช้กันมากที่สุด ก็คือการกรอกข้อมูลตัวเลขลงใน Cooling Load Estimate Sheet ดังตัวอย่างที่แสดงอยู่ในรูปที่ 2 ในสมัยนั้นไม่มี Spread Sheet Software หรือโปรแกรมคอมพิวเตอร์ต่างๆ ให้ใช้เหมือนในสมัยนี้

DESIGN DATA		COOLING AND HEATING LOAD ESTIMATE SHEET	
ROOM NO.	101	DATE	SEP 19 1965
ROOM NAME	OFFICE	DESIGNED BY	J. H. ...
AREA	72.0	CHECKED BY	J. H. ...
PERIMETER	112.0	THE TRANE COMPANY	L. CRONIC, WISCONSIN
HEIGHT	10.0	TRADE NAME	...
TEMPERATURE	...	...	...
...
SUMMARY OF HEAT GAINS		HEAT LOSS	
1. SOLAR HEAT GAIN	23320	1. CONDUCTION LOSS	...
2. WINDOW HEAT GAIN	...	2. RADIATION LOSS	...
3. INfiltration HEAT GAIN	...	3. VENTILATION LOSS	...
4. EQUIPMENT HEAT GAIN	...	4. EXHAUST LOSS	...
5. INTERNAL HEAT GAIN	...	5. FLOOR LOSS	...
6. TOTAL HEAT GAIN	...	6. TOTAL HEAT LOSS	...
7. NET HEAT GAIN	...	...	...
8. COOLING LOAD ESTIMATE	...	...	...
9. HEATING LOAD ESTIMATE	...	...	...

รูปที่ 2: Example of Cooling and Heating Load Estimate Sheet (from Figure 3-P, TRANE Air Conditioning Manual, 1965)

ตั้งแต่ช่วงราวปี ค.ศ. 1930 เป็นต้นมา มีนักวิจัยหลายๆ ท่านได้ทำการศึกษเกี่ยวกับ Building Heat Transfer อยู่แล้ว วิธี Heat Balance Method ที่เข้าใจกันอยู่ในสมัยนี้ ก็เป็นวิธีที่เข้าใจกันอยู่ก่อนแล้ว ตั้งแต่ในสมัยนั้น เพียงแต่ว่าความสมบูรณ์อาจแตกต่างกันอยู่บ้าง อุปสรรคอันสำคัญยิ่งในสมัยนั้นคือเรื่องของ Computer ในสมัยนั้นวัตฒนาการทางการใช้คอมพิวเตอร์ มาช่วยคำนวณทางวิศวกรรมยังไม่มี กล่าวอีกนัยหนึ่งก็คือนักวิจัยในอดีตก็รู้จักวิธีการคำนวณภาระความร้อนด้วยวิธี Heat Balance Method อยู่แล้ว แต่ไม่มี Computer ใช้ จึงไม่สามารถ Solve สมการ Heat Balance ได้โดยตรง สิ่งที่ดีที่สุดที่นักวิชาการในอดีตจะทำได้ คือ การหาวิธีประมาณ (Approximation) วิธี TFM (Transfer Function Method) เป็นวิธีประมาณดังกล่าว และเป็นวิธีที่มีความแม่นยำมากที่สุดแล้วในสมัยนั้นสำหรับปัญหา Building Heat Transfer



รูปที่ 3: Carrier System Design Manual, 1960

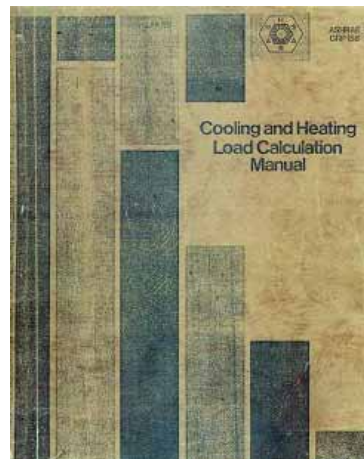
วิธี TFM นั้นถือได้ว่าเป็น Baseline Procedure ที่ทาง ASHRAE ใช้มาตลอดในอดีตสำหรับการคำนวณภาระความร้อน วิธีการดังกล่าวได้รับการพัฒนามาตั้งแต่ก่อนปี ค.ศ. 1967 และ ASHRAE ได้จัดพิมพ์รายละเอียดของวิธีการนี้ไว้ใน Fundamental Handbook ฉบับปี ค.ศ. 1972 และ 1977 วิธีการ CLTD/CLF และ TETD/TA ที่จะกล่าวถึงต่อไป ล้วนมีรากฐานมาจากการใช้วิธี TFM คำนวณผลลัพธ์มาให้แล้วก่อนทั้งสิ้น สาเหตุที่วิธี TFM ไม่แพร่หลายในหมู่วิศวกรผู้ปฏิบัติวิชาชีพในอดีต ก็เนื่องมาจากว่า วิธี TFM นั้นยุ่งยากมากและไม่เหมาะกับการคำนวณด้วยมือ ต้องอย่าลืมว่าในสมัยนั้นคอมพิวเตอร์ยังไม่มีใช้กันอย่างแพร่หลาย วิธีการคำนวณภาระความร้อนที่ Practical จึงต้องเป็นวิธีที่สามารถทำได้ด้วยมือ วิธี TETD/TA ก็เป็นวิธีการคำนวณด้วยมืออย่างง่ายอีกวิธีหนึ่งที่ ASHRAE ได้ประดิษฐ์ไว้ รายละเอียดของวิธีการดังกล่าวอาจหาอ่านได้จาก ASHRAE Handbook ฉบับ Fundamental ปี 1967 และ ปี 1972 วิธีดังกล่าวไม่ค่อยเป็นที่นิยมใช้กันมากนัก เนื่องจากในการใช้งาน ผู้ใช้จะต้องมีประสบการณ์ในการกำหนดค่า Time Averaging Period ทำให้วิธีการนี้ ยากต่อการใช้งานสำหรับผู้เริ่มฝึกหัด ล่าสุดในเอกสาร Cooling and Heating Load Calculation Manual ฉบับปี 1992 ก็ยังมีการนำเอารายละเอียดของวิธีการนี้ออกมาทบทวนอีกครั้ง แต่ดูเหมือนว่า ASHRAE จะหยุดการพัฒนารายละเอียดของวิธีการนี้ไปแล้ว ตั้งแต่นั้นมา



รูปที่ 4: Trane Air Conditioning Manual, 1965

3. ยุคของ CLTD/CLF (ปี ค.ศ. 1979 ถึงปี ค.ศ. 1997)

CLTD/CLF เป็น Simplified Approximation จาก TFM (Transfer Function Method) อีกทอดหนึ่ง ข้อดีของวิธีการดังกล่าวคือ วิศวกรสามารถนำไปใช้ได้โดยไม่ต้องใช้คอมพิวเตอร์ (Manual Calculation Method) และองค์ประกอบในส่วนต่างๆ ของภาระความร้อนรวมสามารถแยกออกเป็นส่วนย่อยๆ ที่สามารถแยกคำนวณและเข้าใจได้ง่าย เอกสารสำคัญ และถือได้ว่าเป็นจุดกำเนิดของวิธี CLTD/CLF คือ ASHRAE GRP 158 Cooling and Heating Load Calculation Manual (1979) เอกสารดังกล่าว เขียนได้ดีมาก มีคุณภาพสูง ไม่เหมือนคู่มือ Load Calculation ของ ASHRAE ในปีหลังๆ รายละเอียดที่มา ที่ไป ของวิธี CLTD/CLF นี้ สามารถหาดูได้จากบทความของ Rudoy และ Duran (1975)



รูปที่ 5: ASHRAE GRP 158, Cooling and Heating Load Calculation Manual, 1979

CLTD/CLF ถือได้ว่าเป็น Landmark ของวิธีการคำนวณภาระความร้อนด้วยมือที่ประสบความสำเร็จอย่างสูง ตลอดระยะเวลากว่า 30 ปีที่ผ่านมา มีผู้ปฏิบัติงานในวงการอุตสาหกรรมปรับอากาศใช้วิธี CLTD/CLF นี้ คำนวณค่าภาระความร้อนไปแล้วมากมาย บัจฉัยแห่งความสำเร็จนี้ ส่วนหนึ่ง ผู้เขียนมีความเห็นว่ามาจากการเขียนและการเรียบเรียง ซึ่งทำออกมาได้ดีมาก ผู้อ่านถึงแม้ว่าจะเป็นเพียงผู้ฝึกหัดการคำนวณ ก็จะสามารถเข้าใจ และทำตามวิธีการที่ได้ Formulate ไว้เป็นอย่างดีได้สะดวก และไม่สับสนในความเห็นของผู้เขียน Part 1 ของ Carrier System

Design Manual ในเรื่อง Load Estimating จะแพ้ ASHRAE GRP 158 ก็ที่ตรงนี้เท่านั้น แต่อย่างไรก็ตาม มีสาระสำคัญหลายเรื่องใน Carrier System Design Manual ที่ผู้เขียนคิดว่ายังคง Classic อยู่และอยากแนะนำให้ผู้เริ่มหัดคำนวณภาระความร้อน ลองหาอ่านดู

หลังจาก Oil Crisis ในปี ค.ศ. 1973 เป็นต้นมา U.S. Department of Energy ได้มีการสนับสนุนเงินทุนในการพัฒนา Program DOE-2 ขึ้น เพื่อคำนวณค่าการใช้พลังงานในอาคาร วิธีการ TFM ถูกนำมาใช้ในการพัฒนาโปรแกรมดังกล่าว และ ทำให้นักวิจัยมีเครื่องมือ และข้อมูล ที่สามารถนำมาตรวจสอบความถูกต้องของการคำนวณภาระความร้อนด้วยวิธี CLTD/CLF ได้สะดวก

ในช่วงปี ค.ศ. 1985 ถึงปี ค.ศ. 1988 มีงานวิจัยหลายชิ้นอาทิเช่น งานวิจัยของ Sowell และ Chiles (1985) ที่แสดงให้เห็นถึงข้อจำกัด และความไม่เพียงพอของวิธี CLTD อยู่หลายประการ อาทิเช่น

1) จำนวน Group ของ Wall และ Roof มีน้อยเกินไป ไม่ครอบคลุมชนิดต่างๆ ของผนัง และหลังคา ที่มีใช้กันอยู่ในงานจริง

2) การเลือกว่าผนังจริง ๆ หรือหลังคาจริง ๆ แบบใด ควรจะตรงกับ Group อะไรเป็นเรื่องที่ยุ่งยากในการพิจารณา และนำไปสู่ค่าตามอยู่เสมอ

3) ความไม่แม่นยำที่เกิดขึ้น เมื่อต้องมีการ Interpolate ค่าต่างๆ ไปใช้ที่ Latitude และ Design Month อื่นๆ ที่ไม่ใช่เดือน 7 และที่ 40°N Latitude

4) ค่า CLF ไม่ได้เป็น Function ของ Latitude และถูก Assume ว่าสามารถใช้ได้ดีกับทุกสถานที่บน North Latitude

5) การจำแนกชนิดของ Internal Zone Type มีน้อยเกินไปสำหรับ Heat Gain แต่ละประเภท ข้อจำกัดนี้ไม่พอเพียงต่อการพิจารณาการตอบสนองของอาคารจริงประเภทต่างๆ ต่อ Heat Gain แต่ละประเภทที่เกิดขึ้น และนำไปสู่ความไม่แม่นยำ ถ้าลักษณะของ Zone ที่กำลังคำนวณอยู่ไม่ตรงกับ Assumption ของ Zone ที่ใช้ในการ Derive ชุดข้อมูล CLF

สาเหตุหลักที่ทำให้จำนวน Group ของ Wall และ Roof มีน้อยเกินไปในยุคแรก ก็เนื่องมาจากว่า

จำนวนข้อมูลของ Weighting Factor ที่มีในเวลานั้น มีจำนวนจำกัด ASHRAE Research Project RP-359 (Sowell และ Chiles 1985) ทำให้เกิดความเข้าใจที่กระจ่างชดเกี่ยวกับเรื่องของ Zone Response ที่มีต่อ Cooling Load และนำไปสู่งานวิจัยขั้นถัดไป คือ ASHRAE Research Project RP-472 (Sowell 1988a, 1988b, 1988c, Harris และ McQuiston 1988) ซึ่งทำให้มีการวิเคราะห์ถึงอิทธิพลของ Zone Parameter ที่มีต่อ Zone Response (และส่งผลถึง Zone Cooling Load) อย่างกระจ่าง

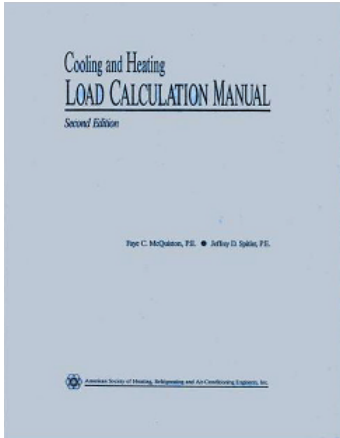
เอกสารจากงานวิจัยของ Sowell ทั้ง 3 ฉบับดังกล่าวข้างต้น ได้กล่าวถึงวิธีการแยกแยะ และ Grouping โซนประเภทต่างๆ จำนวน 200,640 โซน (ทั้งหมดที่สนใจในเวลานั้น) เข้าด้วยกันให้เป็นหมวดหมู่ และจัดให้มีการคำนวณ Weighting Factor ทั้งหมด โดยใช้ Modified Version ของ Program DOE 2.1C ผลลัพธ์ที่ได้ในเวลานั้นทำให้มีข้อมูลเป็นจำนวนมากสำหรับค่า CLTD และ CTF และนำไปสู่ปัญหาใหม่ คือ การนำไปใช้จริงในทางปฏิบัติว่าจะทำอย่างไรดี

Harris และ McQuiston (1988) ได้นำชุดข้อมูลดังกล่าวมาจัดแบ่งผนังออกเป็น 2,600 ชนิด และหลังคาออกเป็น 500 ชนิด ภายหลังจากการพิจารณาค่า Thermal Response ของผนัง และหลังคาทั้งหมดแล้ว จึงได้จัดกลุ่มของผนังออกเป็น 41 กลุ่ม และหลังคาออกเป็น 42 กลุ่ม

เพื่อให้งานวิจัยที่ผ่านมาเกิดเป็นรูปธรรม ASHRAE จึงได้สนับสนุนให้มีการจัดทำ คอมพิวเตอร์ โปรแกรม และจัดพิมพ์ Revised Cooling Load Calculation Manual สำหรับวิธี CLTD/CLF ขึ้น ในปี ค.ศ. 1992 ความแตกต่างที่สำคัญระหว่าง Cooling Load Calculation Manual ฉบับเก่าและฉบับใหม่คือ

1. ค่า Cooling Load เนื่องจาก Solar Heat Gain มีการเปลี่ยนแปลง สูตร จาก $Q = SHGF_{max} \cdot SC \cdot CLF \cdot A$ ไปเป็น $Q = SCL \cdot SC \cdot A$ สาเหตุของการเปลี่ยนแปลงก็เนื่องมาจาก ผู้วิจัยเห็นว่า ไม่น่าจะต้องมาเสียเวลาทำการคูณตัวเลข $SHGF_{max}$ กับ CLF เข้าด้วยกัน จึงได้จัดทำค่าผลคูณดังกล่าวออกมาให้เลยในรูปของค่า SCL ซึ่งเป็นสาเหตุที่ทำให้ชื่อของวิธี CLTD/CLF เปลี่ยนมาเป็น CLTD/SCL/CLF

2. Zone Response ต่างๆ จะมีความละเอียดขึ้น แต่ก็ยังมีปัญหาในทางปฏิบัติอยู่ดี เพราะยังคงต้องใช้ วิจารณ์ญาณ ในการเลือกใช้ค่า CLTD/SCL Group ยกเว้นว่า ทุกครั้งก่อนที่จะทำการ Cooling Load จะต้องทำการสร้างชุดข้อมูล CLTD/SCL จาก Program Computer ที่ทาง ASHARE ให้มาเสียก่อน



รูปที่ 6: Cooling and Heating Load Calculation Manual, Second Edition, 1992

4. ยุคแห่งความสับสน

(ปี ค.ศ. 1990 ถึงปี ค.ศ. 1997)

ถึงแม้ว่า ASHRAE จะสนับสนุนให้มีการจัดทำ “Revised CLTD/CLF” Cooling Load Calculation Manual ขึ้นในปี ค.ศ. 1992 แล้วก็ตาม โดยมีวัตถุประสงค์หลักในขณะนั้นคือ

1) เพื่อเพิ่มความแม่นยำให้กับ CLTD/CLF Method เดิมโดยการใช้ประโยชน์จากผลลัพธ์ของ ASHRAE Research Project RP-472 และงานวิจัยอื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง

2) เพื่อให้วิศวกรนำเอาไปใช้ได้ โดยไม่ต้องใช้คอมพิวเตอร์

ทาง Technical Committee TC4.1 ซึ่งดูแลในเรื่อง Load Calculation อยู่ในเวลานั้น ก็ยังมีความรู้สึกไม่พอใจกับผลลัพธ์ที่ได้ออกมาในขณะนั้นอยู่เป็นอย่างมาก ความรู้สึกดังกล่าวมีมาตั้งแต่ก่อนที่ ASHRAE จะจัดพิมพ์เอกสาร Cooling and Heating Load Calculation Manual ฉบับปี ค.ศ. 1992 ออกมาเผยแพร่ด้วยซ้ำ (มีมาตั้งแต่ราวปี ค.ศ. 1990) สาเหตุหลักๆ มีอยู่ราว 6 ประการ คือ

1) ค่า CLTD/SCL ที่แม่นยำพอสมควร จำเป็นต้องใช้ Program Computer เป็นตัว Generate ออกมาอยู่ดี โดยไม่มีทางเลือกเลย หากจะจัดพิมพ์ข้อมูลทั้งหมดออกมาในรูปของตารางก็มีความหนาமாக

2) วิธีการประมาณอื่นๆ อาทิเช่น TFM ก็เป็นวิธีที่ยากต่อการเข้าใจ และผลลัพธ์ ก็เป็นเพียงค่าประมาณของวิธี Heat Balance Method เท่านั้น

3) วิธีการประมาณอื่นๆ อาทิเช่น TETD/TA ก็มีได้ดีไปกว่า CLTD/SCL/CLF

4) วิธี CLTD/SCL และ TETD/TA ก็ยังคงเป็นวิธีที่ให้ค่าโดยประมาณอยู่ดี และยังคงต้องใช้วิจารณ์ญาณ ในการเลือกใช้ค่า CLTD/SCL Group หรือค่า Time Average อยู่ดี ทำให้เกิดความไม่แน่นอนในผลลัพธ์ อาทิเช่น วิศวกรคนที่ 1 กับ วิศวกรคนที่ 2 อาจคำนวณค่า Cooling Load ของห้องเดียวกันได้ต่างกัน เป็นต้น

5) วิธี Heat Balance Method สามารถ Solve ได้อย่างง่ายดายแล้วในขณะนั้นด้วย Personal Computer

6) ความพร้อมในเรื่องการนำเอาคอมพิวเตอร์ มาใช้ในทางวิศวกรรมในขณะนั้นมีสูงมากแล้ว ในประเทศสหรัฐอเมริกา

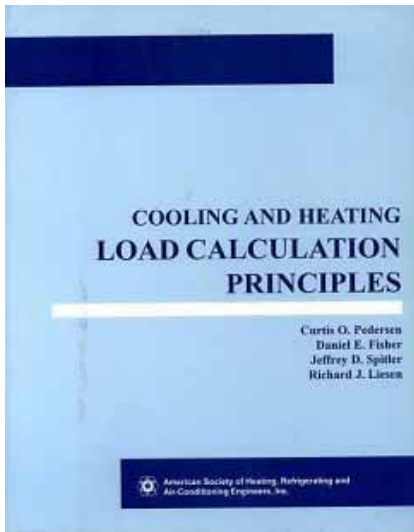
ด้วยเหตุผลดังกล่าวข้างต้น TC 4.1 ตั้งแต่ปี ค.ศ. 1992 เป็นต้นมา จึงได้หันมามุ่งเน้นแต่ที่วิธี Heat Balance Method เป็นหลัก วิธีการดังกล่าวเป็น “The most fundamental method” และให้ผลลัพธ์ที่มีความแม่นยำสูงสุด ด้วยเหตุนี้เองในปี ค.ศ. 1996 ASHRAE จึงได้สนับสนุนงานวิจัย (RP-875) ที่มุ่งเน้นที่จะนำเอา Heat Balance Method (HBM) และ Radiant Time Series Method (RTSM) มาใช้ทดแทนวิธี CLTD/SCL/CLF และวิธีประมาณอื่นๆ ทั้งหมด

5. ยุคของ HBM และ RTSM

(ตั้งแต่ปี ค.ศ. 1998 เป็นต้นมา)

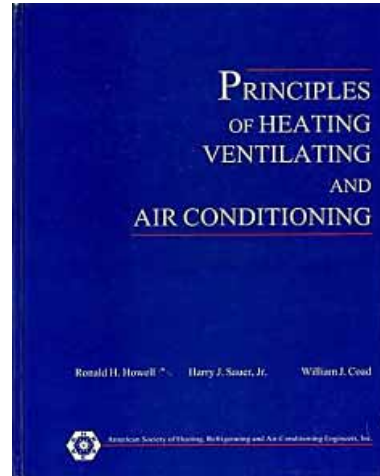
ในปี ค.ศ. 1998 ASHRAE จึงได้จัดพิมพ์เอกสาร Cooling and Heating Load Calculation Principles ฉบับใหม่ขึ้นมา และได้จัด Program ที่ใช้คำนวณ Cooling Load สำหรับ Single Zone ด้วยวิธี Heat Balance Method ให้มาด้วย Program ดังกล่าวมีชื่อว่า HB Fort ชื่อน่าสังเกตที่สำคัญในเอกสารฉบับนี้ ก็คือ

- 1) รายละเอียดของวิธี Radiant Time Series ไม่มีปรากฏอยู่ในเอกสารฉบับดังกล่าว
- 2) หากใครไม่เคยรู้เรื่องการคำนวณภาระความร้อนมาก่อน แล้วไปอ่านเอกสารฉบับนี้เข้าจะทำความเข้าใจได้ยากมาก
- 3) การเขียนและการเรียบเรียงวิธีการของวิธี Heat Balance Method ที่แสดงนั้นไม่สมบูรณ์



รูปที่ 7: Cooling and Heating Load Calculation Principles, 1998

ก่อนที่จะก้าวต่อไปข้างหน้า อยากที่จะขอกล่าวถึงสถานภาพของวิธี CLTD/SCL/CLF ว่า ณ ที่เวลานั้น (ปี ค.ศ. 1998) เป็นอย่างไรบ้าง ในประเทศสหรัฐอเมริกา ในปีเดียวกันนั่นเอง (ปี ค.ศ. 1998) ASHRAE ได้จัดพิมพ์หนังสือขึ้นมาเล่มหนึ่งชื่อว่า Principle of Heating, Ventilating and Air Conditioning ซึ่งเป็นหนังสือที่ ASHRAE จัดทำขึ้นเพื่อให้นักศึกษาในประเทศสหรัฐอเมริกาใช้เป็น Text Book ในบทที่ 5 ของหนังสือฉบับดังกล่าวในเรื่อง Load Estimating Fundamentals ทางคณะผู้เขียนก็ยังใช้วิธีการของ CLTD/SCL/CLF อยู่ สิ่งนี้สะท้อนให้เห็นว่าจนถึงปี ค.ศ. 1998 ทาง Professional Engineers ในประเทศสหรัฐอเมริกาก็ยังใช้วิธี CLTD/SCL/CLF อยู่ อย่างไรก็ตามก็ตีหนังสือฉบับนี้ ซึ่งได้มีการ Revised และจัดพิมพ์ออกมาใหม่แล้วในปี ค.ศ. 2005 ก็ได้เปลี่ยนวิธีการในเรื่องการ Cooling Load ไปเป็น HBM และ RTSM หมดแล้ว



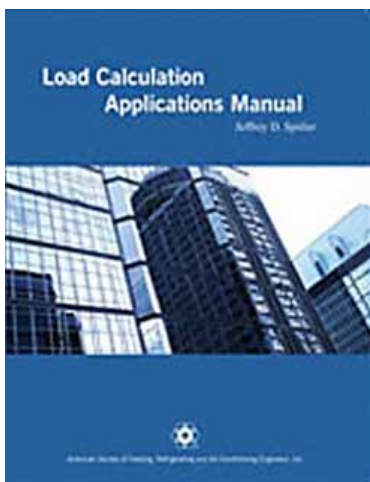
รูปที่ 8: Principles of Heating Ventilating and Air Conditioning, 1998

ตั้งแต่ปี ค.ศ. 2001 เป็นต้นมา ASHRAE Handbook ฉบับ Fundamentals ก็จะกล่าวถึงเฉพาะแต่วิธีการคำนวณภาระความร้อน ด้วยวิธี Heat Balance (HBM) และวิธี Radiant Time Series (RTSM) เท่านั้น ถึงแม้ว่ารายละเอียดของวิธีการที่ได้จัดพิมพ์ไว้ในบทที่ 29 ของ ASHRAE Handbook 2001 จะมีความไม่ครบถ้วนสมบูรณ์อยู่บ้างก็ตาม

ในปี ค.ศ. 2005 ASHRAE Handbook ฉบับ Fundamentals ก็ได้มีการปรับปรุงรายละเอียดในส่วนที่กล่าวถึง HBM และ RTSM ให้ดีขึ้นเป็นอย่างมาก โดยเฉพาะในส่วนตัวอย่างที่แสดงถึง RTSM โดยละเอียดเนื้อหาต่างๆ ใน ASHRAE Handbook 2005 ในส่วนที่กล่าวถึง HBM และ RTSM นั้น ถึงแม้ว่าจะดีขึ้นกว่าในสมัยปี ค.ศ. 2001 เป็นอย่างมากก็ตาม แต่ก็ยังมีข้อบกพร่องอยู่พอควร

ในปี ค.ศ. 2008 ASHRAE ได้จัดพิมพ์หนังสือขึ้นมาอีกเล่มหนึ่งมีชื่อว่า Load Calculation Applications Manual เอกสารฉบับนี้กล่าวถึงข้อมูลล่าสุดทั้งหมดเกี่ยวกับ Load Calculations ด้วย HBM และ RTSM และมี Spread Sheet Program สำหรับใช้คำนวณ Cooling Load ด้วย RTSM แถมมาให้ด้วย วิธี RTSM นั้น ถูกสร้างขึ้นมาเพื่อตอบสนองความต้องการของ ASHRAE ในการที่จะมีไว้ซึ่งวิธีการที่ผู้ใช้สามารถทำความเข้าใจได้ง่ายกว่า HBM และมีการใช้งานคอมพิวเตอร์น้อยกว่า HBM และทำให้ผู้ใช้งานเห็นถึงกลไกการถ่ายเทความร้อนเข้าสู่อาคาร

(ในแต่ละ Component) ได้อย่างชัดเจน กล่าวอีกนัยหนึ่งคือ วิศวกร หรือผู้ใช้งาน จะต้องสามารถเข้าใจ และเห็นภาพของการที่ Heat Input ในแต่ละ Component ถูกแปลงไปเป็น Cooling Load ได้อย่างชัดเจน (ให้เหมือน หรือ ดีกว่าที่ผู้ใช้เคยเห็น หรือ เคยเข้าใจ จากวิธี CLTD/CLF) การคำนวณด้วยวิธี Heat Balance นั้นผู้คำนวณจะไม่เห็นอะไรเลย เพราะทุกอย่างถูกกระทำไปพร้อมๆ กันหมด ทุกอย่างเกิดขึ้นใน Computer ไม่มีการคำนวณค่า Overall Heat Transfer Coefficient (U) และไม่มี In-between Process ให้เห็น ข้อเสียข้อนี้เป็นจุดอ่อนเรื่องใหญ่ของ HBM ยกเว้นเสียแต่ว่า วิศวกรผู้นั้นมีความเข้าใจเรื่องของ Building Heat Transfer Process ในระดับ Advance มาก่อน ด้วยเหตุนี้เองทาง ASHRAE จึงสร้าง RTSM ให้คู่กันมากับ HBM



รูปที่ 9: Load Calculation Applications Manual, 2008

6. สรุป

การ Cooling Load ต่อไปในอนาคตจะต้องเน้นที่การทำด้วย Heat Balance Method เป็นหลัก เนื่องจากจะเป็นวิธีที่ให้ความแม่นยำสูงสุด และเป็นวิธีที่ทำให้ไม่มีข้อจำกัดใดๆ หลงเหลืออยู่ งานวิจัยของ ASHRAE หลายๆ อัน แสดงให้เห็นว่า Heat Balance Method ทำนาย Peak Load ได้ใกล้เคียงกับผลจากการทดลองวัดจริงมาก วิธี RTSM โดยส่วนมากจะ Over Estimate Peak Design Load ไปเล็กน้อย โดยเฉพาะในกรณีที่มี Zone นั้นมีกระจกมาก โดยปกติวิธี RTSM จะมีความแม่นยำสูงกว่าวิธี CLTD/SCL/CLF อยู่พอสมควร และมีความเหมาะสมต่อไปที่จะใช้ฝึกหัด

การคำนวณภาระความร้อน จากประสบการณ์ของผู้เขียน พบว่า RTSM นั้นค่อนข้างจะยุ่งยากเกินไปกว่าที่จะเรียกว่า “Spread Sheet Method” เพราะมีหลาย Operation ในการคำนวณที่จำเป็นต้องเขียน Program ประกอบ อย่างไรก็ตามหากท่านผู้อ่านมีความประสงค์ที่จะทำการคำนวณภาระความร้อนด้วยวิธีนี้ สามารถที่จะ Download Program ที่ใช้สำหรับการเรียนการสอนและวิจัยในเรื่องได้จาก www.pioneer.chula.ac.th/~mtul/ ส่วนวิธีการคำนวณภาระความร้อนในทางปฏิบัติด้วยวิธี HBM นั้น สามารถดูรายละเอียดได้จากเอกสารสัมมนาวิชาการกลางปี 2552 ของสมาคมวิศวกรรมปรับอากาศแห่งประเทศไทย.

7. เอกสารอ้างอิง

ASHRAE Handbook, Fundamentals. 1967, 1972, 1977, 2001, 2005. Atlanta, GA: American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers.

ASHRAE. 1998. Principles of Heating Ventilating and Air Conditioning. Atlanta, GA: American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers.

CARRIER. 1960. Carrier System Design Manual. Syracuse, NY: CARRIER AIR CONDITIONING COMPANY.

Harris, S.M., and F.C. McQuiston. 1988. A Study to Categorize Walls and Roofs on the Basis of Thermal Response. ASHRAE Transactions 94 (2): 688-715.

MacQuiston, F.C., and Spittler, J.D. 1992. Cooling and Heating Load Calculation Manual, Second Edition. Atlanta, GA: American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers.

Pedersen, C.O., Fisher, D.E., Spittler, J.D., Liesen, R.J. 1998. Cooling and Heating Load Calculation Principles. Atlanta, GA: American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers.

Rudoy, W., and F. Duran. 1975. Development of an Improved Cooling Load Calculation Method. ASHRAE Transactions 81(2): 19-69.

Rudoy, W., and Cuba, J. F. 1979. Cooling and Heating Load Calculation Manual, GRP 158. Atlanta, GA: American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers.

Sowell, E.F., and D.C. Chiles. 1985. Characterization of Zone Dynamic Response for CLF/CLTD Tables. ASHRAE Transactions 91(2A): 163-178.

Sowell, E.F., 1988a. Load Calculations for 200,640 Zones. ASHRAE Transactions 94(2): 716-736.

Sowell, E.F., 1988b. Load Cross-check and Modification of the DOE-2 program for Calculation of Zone Weighting Factors. ASHRAE Transactions 94(2): 737-753.

Sowell, E.F., 1988c. Classification of 200,640 Parametric Zones for Cooling Load Calculations. ASHRAE Transactions 94(2): 754-777.

Spitler, J.D. 2008. Load Calculation Applications Manual. Atlanta, GA: American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers.

TRANE. 1965. Trane Air Conditioning Manual. La Crosse, Wisconsin: THE TRANE COMPANY.