

## บทที่ 5

### การวิเคราะห์ผล

การวิเคราะห์ผล ของโปรแกรมคำนวณค่าการถ่ายเทความร้อนของกรอบอาคาร สามารถ  
จำแนกออกได้ 2 หัวข้อดังนี้

1. ลักษณะการใช้งานและความสามารถของโปรแกรม
2. ความแม่นยำในการคำนวณ

#### 5.1 ลักษณะการใช้งานและความสามารถของโปรแกรม

จากการศึกษาถึงลักษณะการทำงาน และการใช้งานของโปรแกรมทั้ง 4 โปรแกรม  
สามารถสรุปให้อยู่ในรูปของตาราง โดยประกอบด้วยหัวข้อที่พิจารณาดังนี้

1. ความต้องการพื้นฐานของโปรแกรม
2. ฐานข้อมูลประกอบการคำนวณ
  - ข้อมูลวัสดุ
  - ข้อมูล  $TD_{eq}$
  - ข้อมูล Correction Factor
  - ข้อมูล Solar Data
  - ข้อมูลความต้านทานฟิล์มอากาศ
  - ข้อมูลความต้านทานฟิล์มอากาศในช่องว่าง
3. ลักษณะของข้อมูลกรอบอาคาร
  - ความสัมพันธ์ระหว่างกรอบอาคารแต่ละด้าน
  - โครงสร้างวัสดุของกรอบอาคารที่มีลักษณะที่บ
  - โครงสร้างวัสดุของกรอบอาคารที่มีลักษณะโปร่งแสง
  - อุปกรณ์บังแดด

#### 4. การคำนวณ

- ชีตจำกัดของกรอบอาคาร
- ชีตจำกัดทิศทางของกรอบอาคาร
- ผลลัพธ์ที่ได้จากการคำนวณ

#### 5. การรายงานผลการคำนวณ

- รูปแบบข้อมูลในการรายงาน
- รูปแบบการรายงาน
- ลักษณะการรายงานแบบอื่นๆ

#### 6. การติดต่อระหว่างผู้ใช้และโปรแกรม

- ลักษณะการติดต่อ
- การจัดการข้อมูลกรอบอาคาร

#### 7. ความสามารถพิเศษ

ตารางที่ 5.1 ลักษณะการใช้งานและความสามารถของโปรแกรมทั้ง 4 โปรแกรม

	OTTV12	Q-Save	OTTVVEE	OTTV&RTTV Calculation
<b>ความต้องการพื้นฐานของโปรแกรม</b>				
โพรเซสเซอร์ (CPU)				
- Minimum	} IBM PC XT หรือ สูงกว่า }	} 486 หรือ สูงกว่า }	--	486 DX4-100
- Recommend			--	Pentium หรือ สูงกว่า
หน่วยความจำหลัก (RAM)	512 KB	4 MB	16 MB	32 MB (Minimum 16 MB )
หน่วยความจำสำรอง (Harddisk)	200 KB	15 MB	--	20 MB
ระบบปฏิบัติการ	Dos 3.3 หรือสูงกว่า	Windows 95	Windows 95	Windows 95
<b>ฐานข้อมูลประกอบการคำนวณ</b>				
ข้อมูลวัสดุ	} ผู้ใช้เป็นผู้ป้อนข้อมูล }	} จากข้อมูลที่มีอยู่ใน Library โดยผู้ใช้สามารถปรับเปลี่ยนข้อมูลต่างๆได้ตามต้องการ }	} จากข้อมูลที่มีอยู่ใน Library โดยผู้ใช้สามารถปรับเปลี่ยนข้อมูลต่างๆได้ตามต้องการ }	} จากข้อมูลที่มีอยู่ใน Library โดยผู้ใช้สามารถปรับเปลี่ยนข้อมูลต่างๆได้ตามต้องการ }
ข้อมูล $TD_{eq}$				
ข้อมูล Correction Factor				
ข้อมูลความต้านทานฟิล์มอากาศ				
ข้อมูล Solar Data				
ข้อมูลความต้านทานฟิล์มอากาศในช่องว่าง				

ตารางที่ 5.1 ลักษณะการใช้งานและความสามารถของโปรแกรมทั้ง 4 โปรแกรม (ต่อ)

	OTTV12	Q-Save	OTTVEE	OTTV&RTTV Calculation
<b>ข้อมูลกรอบอาคาร</b>				
ทิศทางของผนังแต่ละด้าน (Azimuth)	สัมพันธ์กับทิศเหนือ	สัมพันธ์กับทิศเหนือ	สัมพันธ์กับทิศเหนือ	สัมพันธ์กับด้านหน้าของอาคาร โดยมีทิศทางตามเข็มนาฬิกา
โครงสร้างวัสดุของกรอบอาคาร				
- กรอบอาคารที่มีลักษณะทึบ	ได้สูงสุด 6 Layer โดยผู้ใช้เป็นผู้ป้อนข้อมูล	ได้สูงสุด 12 Layer โดยผู้ใช้เป็นผู้ป้อนข้อมูล	ได้สูงสุด 10 Layer และ 15 แบบ โดยนำข้อมูลมาจาก Library ซึ่งผู้ใช้สามารถปรับเปลี่ยน ข้อมูลได้ตามต้องการ	ได้สูงสุด 9 Layer และไม่จำกัดจำนวนแบบ โดยนำข้อมูลมาจาก Library ซึ่งผู้ใช้สามารถปรับเปลี่ยน ข้อมูลได้ตามต้องการ
- กรอบอาคารที่มีลักษณะโปร่งแสง	ได้สูงสุด 3 Layer (2 layer of Glass, 1 layer of Air gap) โดยผู้ใช้เป็นผู้ป้อนข้อมูล	ได้สูงสุด 3 Layer (2 layer of Glass, 1 layer of Air gap) โดยผู้ใช้เป็นผู้ป้อนข้อมูล	ได้สูงสุด 6 Layer และ 10 แบบ โดยนำข้อมูลมาจาก Library ซึ่งผู้ใช้สามารถปรับเปลี่ยน ข้อมูลได้ตามต้องการ	ได้สูงสุด 4 Layer และไม่จำกัดจำนวนแบบ (2 layer of Glass, 1 layer of Air gap, 1 layer of Coating film) โดยนำข้อมูลมาจาก Library ซึ่งผู้ใช้สามารถปรับเปลี่ยน ข้อมูลได้ตามต้องการ
อุปกรณ์บังแดด	4 ลักษณะ โดยผู้ใช้เป็นผู้ป้อนข้อมูล	4 ลักษณะ โดยผู้ใช้เป็นผู้ป้อนข้อมูล	11 ลักษณะ โดยผู้ใช้เป็นผู้ป้อนข้อมูล	20 ลักษณะ โดยผู้ใช้เป็นผู้ป้อนข้อมูล หรือนำข้อมูลมาจาก Library ซึ่งผู้ใช้สามารถปรับเปลี่ยน ข้อมูลได้ตามต้องการ

ตารางที่ 5.1 ลักษณะการใช้งานและความสามารถของโปรแกรมทั้ง 4 โปรแกรม (ต่อ)

	OTTV12	Q-Save	OTTVEE	OTTV&RTTV Calculation
<b>การคำนวณ</b>				
ขีดจำกัดของกรอบอาคาร	ไม่จำกัด	ไม่จำกัด	ไม่จำกัด	ไม่จำกัด
ขีดจำกัดทิศทางของกรอบอาคาร (Limit Azimuth)	คำนวณได้เพียงบางมุม	คำนวณได้เฉพาะทิศหลัก 8 ทิศ	คำนวณได้เฉพาะทิศหลัก 16 ทิศ	คำนวณได้ทุกมุมตั้งแต่ 0 – 360°
ผลลัพธ์ที่ได้จากการคำนวณ	OTTV , RTTV ของอาคาร และค่า U ,A , TD <sub>eq</sub> , ΔT , SC <sub>1</sub> , SC <sub>2</sub> , SF , Heat Gain ของผนังแต่ละด้าน	OTTV , RTTV ของอาคาร และค่า U ,A , TD <sub>eq</sub> , ΔT , SC <sub>1</sub> , SC <sub>2</sub> , SF , Heat Gain ของผนังแต่ละด้าน	OTTV , RTTV ของอาคาร และค่า U ,A , TD <sub>eq</sub> , ΔT , SC <sub>1</sub> , SC <sub>2</sub> , SF , Heat Gain ของผนังแต่ละด้าน	OTTV , RTTV , WWR ,SRR ของอาคาร และค่า U , A , TD <sub>eq</sub> , ΔT , SC <sub>1</sub> , SC <sub>2</sub> , SF , Heat Gain ของผนังแต่ละด้าน . Heat Gain ที่ผ่านผนังทึบทั้งหมด . Heat Gain ที่ผ่านผนังโปร่งแสงทั้งหมด . พื้นที่รวมของผนังโปร่งแสง , พื้นที่รวมของผนังทึบ
<b>การรายงานผลการคำนวณ</b>				
รูปแบบของข้อมูลในการรายงาน	แบ่งออกตามลักษณะของผนัง (OTTV & RTTV) โดยสามารถรายงานได้เฉพาะผลลัพธ์จากการคำนวณเท่านั้น	แบ่งออกตาม ปริมาณของข้อมูล (All Data & Summary) และ ลักษณะของผนัง (OTTV & RTTV) โดยสามารถรายงานได้ทั้ง ผลลัพธ์จากการคำนวณ และข้อมูลกรอบอาคาร	มีเพียงรูปแบบเดียวคือ Summary โดยสามารถรายงานได้เฉพาะผลลัพธ์จากการคำนวณเท่านั้น	แบ่งออกตาม ปริมาณของข้อมูล (All Data & Summary) , ลักษณะของผนัง (OTTV & RTTV) ประเภทของข้อมูล (Input & Output) โดยสามารถรายงานได้ทั้ง ผลลัพธ์จากการคำนวณ และข้อมูลกรอบอาคาร

ตารางที่ 5.1 ลักษณะการใช้งานและความสามารถของโปรแกรมทั้ง 4 โปรแกรม (ต่อ)

	OTTV12	Q-Save	OTTVVEE	OTTV&RTTV Calculation
การรายงานผลการคำนวณ (ต่อ)				
รูปแบบของการรายงาน				
- รายงานผลทางเครื่องพิมพ์	ขึ้นอยู่กับรูปแบบของข้อมูลที่ใช้ต้องการ	ขึ้นอยู่กับรูปแบบของข้อมูลที่ใช้ต้องการ	ขึ้นอยู่กับรูปแบบของข้อมูลที่ใช้ต้องการ	ขึ้นอยู่กับรูปแบบของข้อมูลที่ใช้ต้องการ
- รายงานผลทางไฟล์		รูปแบบของไฟล์ ที่สามารถรายงานได้ Text File โดยสามารถรายงานในรูปแบบ Summary และ All Data	รูปแบบของไฟล์ ที่สามารถรายงานได้ Text File โดยสามารถรายงานในรูปแบบ Summary	รูปแบบของไฟล์ ที่สามารถรายงานได้ Text File , Database File , Spreadsheet File , Word File
- การตรวจสอบก่อนการพิมพ์	ตรวจสอบค่า SC <sub>2</sub> และผลการคำนวณแบบ Summary ได้	ตรวจสอบได้เฉพาะผนังที่ใช้ต้องการ ตรวจสอบเท่านั้นเพียงอย่างเดียว	ตรวจสอบผลการคำนวณแบบ Summary ได้	สามารถตรวจสอบได้ทุกรูปแบบที่ใช้ต้องการ ตรวจสอบ
ลักษณะการรายงานแบบอื่นๆ	--	--	--	รายงานผลการคำนวณทุกรูปแบบของข้อมูล ทาง E-Mail
การติดต่อระหว่างผู้ใช้งานและโปรแกรม				
ลักษณะของการติดต่อ	มีการโต้ตอบระหว่างผู้ใช้และโปรแกรม ด้วยกรอบโต้ตอบที่ง่ายต่อการทำความเข้าใจ	มีการโต้ตอบระหว่างผู้ใช้และโปรแกรม ด้วยกรอบโต้ตอบที่ง่ายต่อการแก้ไขและ ง่ายการทำความเข้าใจ พร้อมทั้งมีการนำ ฐานข้อมูล และค่าเริ่มต้นมาใช้ เพื่อ อำนวยความสะดวกในการทำงาน	มีการโต้ตอบระหว่างผู้ใช้และโปรแกรม ด้วยกรอบโต้ตอบที่ง่ายต่อการแก้ไขและ ง่ายการทำความเข้าใจ พร้อมทั้งมีการนำ ฐานข้อมูล และค่าเริ่มต้นมาใช้ เพื่อ อำนวยความสะดวกในการทำงาน	มีการโต้ตอบระหว่างผู้ใช้และโปรแกรม ด้วย กรอบโต้ตอบที่ง่ายต่อการแก้ไขและง่ายการทำ ความเข้าใจ พร้อมทั้งมีการนำฐานข้อมูล และค่า เริ่มต้นมาใช้ เพื่ออำนวยความสะดวกในการใช้ งาน และมีลักษณะการทำงานเป็นแบบ Real Time (ผู้ใช้สามารถเห็นการเปลี่ยนแปลงได้ทันที ที่มีการเปลี่ยนแปลงค่าต่างๆของกรอบอาคาร)

ตารางที่ 5.1 ลักษณะการใช้งานและความสามารถของโปรแกรมทั้ง 4 โปรแกรม (ต่อ)

	OTTV12	Q-Save	OTTVVEE	OTTV&RTTV Calculation
การติดต่อระหว่างผู้ใช้งานและโปรแกรม (ต่อ)				
การจัดการข้อมูลของกรอบอาคาร	ใช้โปรแกรม Text Editor ทั่วไปในการเพิ่ม , ลบ , แก้ไข และ คัดลอก ข้อมูลของผนังแต่ละด้าน โดยภายในตัวโปรแกรม OTTV12 สามารถจัดการกับข้อมูลผนังแต่ละด้านได้เฉพาะการเพิ่มข้อมูล	ใช้กรอบโต้ตอบที่มีอยู่ในโปรแกรมในการเพิ่ม , ลบ , แก้ไข และ คัดลอก ข้อมูลของผนังแต่ละด้าน โดยในส่วนของ การคัดลอกข้อมูลผนัง ผู้ใช้สามารถคัดลอกได้ 8 ทิศทางหลัก (Azimuth)	ใช้กรอบโต้ตอบที่มีอยู่ในโปรแกรมในการเพิ่ม , ลบ , แก้ไข และ คัดลอก ข้อมูลของผนังแต่ละด้าน	ใช้กรอบโต้ตอบที่มีอยู่ในโปรแกรมในการเพิ่ม , ลบ , แก้ไข และ คัดลอก ข้อมูลของผนังแต่ละด้าน โดยในส่วนของ การคัดลอกข้อมูลผนัง ผู้ใช้สามารถคัดลอกได้ 16 ทิศทางหลัก (Azimuth) และ 1 ทิศทาง ที่ผู้ใช้สามารถกำหนดค่าได้ตามต้องการ พร้อมทั้งสามารถเปลี่ยนแปลงชื่อผนังที่ได้ขณะทำการคัดลอก
ความสามารถพิเศษ	--	--	--	เครื่องมือคำนวณพื้นที่ผนังทึบ โดยมีรูปแบบการคำนวณอยู่ 2 ลักษณะ คือ หาพื้นที่ผนังทึบด้วยการรวมพื้นที่ย่อยเข้าด้วยกัน และหาพื้นที่ผนังทึบจากการลบพื้นที่หลักด้วยผลรวมของพื้นที่ย่อย

ตารางที่ 5.1 ลักษณะการใช้งานและความสามารถของโปรแกรมทั้ง 4 โปรแกรม (ต่อ)

	OTTV12	Q-Save	OTTVEE	OTTV&RTTV Calculation
ความสามารถพิเศษ (ต่อ)	--	--	--	สามารถเปลี่ยนแปลงทิศทางของอาคาร (มุมที่เกิดขึ้นระหว่างด้านหน้าของอาคารและทิศเหนือโดยมีทิศทางตามเข็มนาฬิกา) เพื่อทำการศึกษากการเปลี่ยนแปลงของค่าที่คำนวณได้กับทิศทางของอาคารที่เปลี่ยนแปลงไปหรือนาทิศทางของอาคารที่เหมาะสมสามารถหมุนอาคารด้วยทิศทางที่แตกต่างกัน 5 รูปแบบ และทำการคำนวณหาทิศทางที่มีค่า OTTV , RTTV และค่า Heat Gain ที่ผ่านเข้าสู่อาคารทั้งหมด ที่มีค่าสูงสุดและต่ำสุด โดยแสดงอยู่ในรูปของกราฟ และตารางสามารถเปิดข้อมูลกรอบอาคารได้หลายอาคารพร้อมๆกัน



จากตาราง 5.1 เห็นได้ว่าโปรแกรมคำนวณค่าการถ่ายเทความร้อนของกรอบอาคารที่พัฒนาขึ้นมีความสามารถมากกว่าโปรแกรมเดิมในทุกๆด้าน นอกจากนี้ยังมีความสามารถในด้านอื่นๆซึ่งโปรแกรมเดิมไม่มี โดยเฉพาะอย่างยิ่งความสามารถในการหมุนอาคาร จะเป็นสิ่งที่มีประโยชน์อย่างมากต่อผู้ใช้งาน ซึ่งสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการออกแบบอาคารได้

## 5.2 ความสามารถในการคำนวณ

จากการทดสอบโปรแกรมคำนวณค่าการถ่ายเทความร้อนของกรอบอาคาร ในบทที่ 4 ความคลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้นจากการคำนวณ เมื่อใช้โปรแกรม OTTV12 เป็นโปรแกรมหลักในการเปรียบเทียบ มีค่าความคลาดเคลื่อนโดยเฉลี่ย 2 % และมีค่าความคลาดเคลื่อนสูงสุดประมาณ 6 % ในขณะที่เดียวกันเห็นได้ว่า โปรแกรม Q-SAVE, OTTVEE และ OTTV & RTTV Calculation มีความแตกต่างกันในการคำนวณค่าน้อยมาก โดยมีความคลาดเคลื่อนโดยเฉลี่ย 0.1 % โดยมีค่าความคลาดเคลื่อนสูงสุดประมาณ 0.2 %

จากการใช้งานโปรแกรม และการตรวจสอบผลการคำนวณแต่ละโปรแกรม พบว่าสาเหตุหลักๆที่ก่อให้เกิดความคลาดเคลื่อนในการคำนวณ แบ่งออกตามโปรแกรมได้ดังนี้

### 1. OTTV12 สาเหตุหลักที่ทำให้เกิดความคลาดเคลื่อนมีรายการดังนี้

- การคำนวณค่า  $SC_2$  มีความไม่ถูกต้องในการคำนวณบางกรณี เมื่อเทียบกับการคำนวณด้วยมือ
- Significant Digit พบว่า ใช้ทศนิยมเพียง 1 ตำแหน่งเท่านั้น ในการคำนวณค่าต่างๆ ทำให้เกิดความคลาดเคลื่อนอย่างมาก

2. Q-SAVE พบว่าไม่มีความคลาดเคลื่อนที่เกิดจากการคำนวณ และการแสดงผลลัพธ์การคำนวณ แต่พบว่า ในการป้อนข้อมูลกรอบอาคารที่มีลักษณะโปร่งแสง มีการใช้ทศนิยมเพียง 1 ตำแหน่งเท่านั้น ซึ่งก่อให้เกิดความคลาดเคลื่อนได้ เนื่องจากปริมาณความร้อนส่วนใหญ่ที่ผ่านเข้าสู่กรอบอาคารมาจากกรอบอาคารที่มีลักษณะโปร่งแสง แต่ความคลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้นมีเพียงเล็กน้อยเท่านั้น

3. OTTVEE และ OTTV & RTTV Calculation พบว่าไม่มีความคลาดเคลื่อนที่เกิดจากการป้อนข้อมูล และการคำนวณ แต่มีความคลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้นจากแสดงผลพัทธ์การคำนวณอยู่บ้างเล็กน้อย ซึ่งเห็นได้ว้ระหว่างโปรแกรม OTTVEE และ OTTV & RTTV Calculation มีความแตกต่างกันของผลลัพธ์การคำนวณน้อยมาก

สำหรับความคลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้นจากโปรแกรมคำนวณค่าการถ่ายเทความร้อนของกรอบอาคารทั้ง 4 โปรแกรม โดยใช้โปรแกรม OTTV12 เป็นโปรแกรมหลักในการเปรียบเทียบนั้น เป็นความคลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้นจากการทดสอบการคำนวณค่าการถ่ายเทความร้อนของกรอบอาคาร กับอาคารตัวอย่างจำนวน 3 อาคารเท่านั้น