

บทที่ 6

ผลการศึกษาและการวิเคราะห์ผล

6.1 บทนำ

จากการศึกษาที่ผ่านมาในบทที่ 3 เป็นการศึกษาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของการถ่ายเทความร้อนในชั้นหนากรณีวัสดุมีอุณหภูมิสม่ำเสมอ ซึ่งเป็นการวิเคราะห์โดยกำหนดให้วัสดุมีอุณหภูมิเท่ากันทั้งก้อน บทที่ 4 เป็นการศึกษาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของการถ่ายเทความร้อนในชั้นวัสดุหนากรณีวัสดุมีอุณหภูมิไม่สม่ำเสมอโดยการวิเคราะห์เชิงเลข เป็นการศึกษาการถ่ายเทความร้อนในชั้นวัสดุหนา โดยพิจารณาการกระจายอุณหภูมิภายในวัสดุด้วยและใช้การวิเคราะห์เชิงเลขในการหาผลเฉลย ส่วนบทที่ 5 เป็นการศึกษาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของการถ่ายเทความร้อนในชั้นวัสดุหนากรณีวัสดุมีอุณหภูมิไม่สม่ำเสมอโดยการวิเคราะห์เชิงคณิตศาสตร์ เพื่อเป็นการเปรียบเทียบว่าแบบจำลองใดให้ผลเฉลยที่มีความถูกต้องมากกว่า จึงได้จำลองสถานการณ์ในการคำนวณแล้วนำผลที่ได้จากแบบจำลองทั้งสามไปเปรียบเทียบกับผลการทดลองที่มีผู้ทำการทดลองไว้แล้ว

ดังที่ได้กล่าวมาแล้วในบทที่ 2 ว่าค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อนและค่าอัตราส่วนช่องว่างมีผลต่อการถ่ายเทความร้อนในชั้นวัสดุหนา แต่ค่าทั้งสองนี้เป็นค่าที่ได้จากการทดลองซึ่งมีผู้สนใจและศึกษาไว้หลายท่านดังที่ได้เสนอมาแล้วในบทที่ 2 ในบทนี้จะได้นำค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อนและค่าอัตราส่วนช่องว่างเหล่านั้นมาใช้ในการคำนวณแบบจำลองเพื่อเปรียบเทียบผลที่ได้จากค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อนและค่าอัตราส่วนช่องว่างต่างๆว่ามีผลต่อการคำนวณแบบจำลองทางคณิตศาสตร์อย่างไร

6.2 เปรียบเทียบผลการคำนวณแบบจำลองกับผลการทดลอง

ผลการทดลองที่นำมาใช้ในการเปรียบเทียบกับผลการคำนวณแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ คือ การทดลองของ Nutavut (1981)

จากการทดลองของ Nutavut ได้ทำการทดลองโดยใช้อากาศร้อนไหลผ่านชั้นของก้อนหินปูน (Limestone) ซึ่งมีคุณสมบัติดังนี้

เส้นผ่าศูนย์กลาง	0.043 m
ค่าอัตราส่วนช่องว่าง	0.496
ค่าความจุความร้อนจำเพาะ	0.736 kJ/kg °C
ความหนาแน่น	2517 kg/m ³
ความยาวของชั้นวัสดุหนา	0.45 m
ค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อน	2.94 J/s m °C
ความเร็วของอากาศ	0.15 m/s และ 0.0445 m/s

สำหรับคุณสมบัติทางความร้อนของอากาศสามารถหาได้จากสมการของ McGowan (1988) ดังนี้

ค่าความจุความร้อนจำเพาะ	$1005 - [(T+273.15) - 250]/50] \text{ kJ/kg } ^\circ\text{C}$
ความหนาแน่น	$352.98/(T+273.15) \text{ kg/m}^3$

โดยผลการคำนวณจากการจำลองสถานการณ์และผลการทดลองของ Natavut ได้แสดงไว้ในตารางที่ ก.1 และ ก.2 และจากผลที่ได้สามารถนำมาเขียนกราฟได้ดังนี้

รูปที่ 6.1 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิของอากาศที่ได้จากการคำนวณแบบจำลองทางคณิตศาสตร์กับผลที่ได้จากการทดลอง ที่ความเร็วของอากาศ 0.15 m/s ที่เวลา 1 ชั่วโมง ส่วนรูปที่ 6.3 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิของอากาศที่ได้จากการคำนวณแบบจำลองทางคณิตศาสตร์กับผลที่ได้จากการทดลอง ที่ความเร็วของอากาศ 0.0445 m/s ที่เวลา 1 ชั่วโมง จากรูปทั้งสองพบว่า อุณหภูมิของอากาศที่ได้จากการคำนวณแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของการถ่ายเทความร้อนในชั้นวัสดุหนากรณีวัสดุมีอุณหภูมิไม่สม่ำเสมอโดยการวิเคราะห์เชิงคณิตศาสตร์มีค่าใกล้เคียงกับผลการทดลองมากกว่าผลที่ได้จากการคำนวณแบบจำลองทางคณิตศาสตร์แบบอื่น โดยที่อุณหภูมิที่ได้จากการคำนวณแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของการถ่ายเทความร้อนในชั้นวัสดุหนากรณีวัสดุมีอุณหภูมิไม่สม่ำเสมอโดยการวิเคราะห์เชิงคณิตศาสตร์ เมื่อเทียบกับผลการทดลองมีความคลาดเคลื่อนสูงสุด 13.13 % สำหรับที่ความเร็วของอากาศ 0.15 m/s ที่ระยะห่างจากขอบชั้นหนา 0.35 m ส่วนที่ความเร็วของอากาศ 0.0445 m/s มีค่าความคลาดเคลื่อนสูงสุด 23.24 % ที่ระยะห่างจากขอบชั้นหนา 0.05 m . อุณหภูมิที่ได้จากการคำนวณแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของการถ่ายเทความร้อนในชั้นวัสดุหนากรณีวัสดุมีอุณหภูมิสม่ำเสมอเมื่อเทียบกับผลการทดลองมีความคลาดเคลื่อนสูงสุด 39.47 % สำหรับที่ความเร็วของอากาศ 0.15 m/s ที่ระยะห่างจากขอบชั้นหนา 0.45 m ส่วนที่ความเร็วของอากาศ 0.0445 m/s มีค่าความคลาดเคลื่อนสูงสุด 24.38 % ที่ระยะห่างจากขอบชั้นหนา 0.45 m และอุณหภูมิที่ได้จากการคำนวณแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของการถ่ายเทความร้อนในชั้นวัสดุหนากรณีวัสดุมีอุณหภูมิไม่สม่ำเสมอโดยการวิเคราะห์เชิงเลข

เมื่อเทียบกับผลการทดลองมีความคลาดเคลื่อนสูงสุด 37.90 % สำหรับที่ความเร็วของอากาศ 0.15 m/s ที่ระยะห่างจากขอบชั้นหนา 0.45 m ส่วนที่ความเร็วของอากาศ 0.0445 m/s มีค่าความคลาดเคลื่อนสูงสุด 23.88 % ที่ระยะห่างจากขอบชั้นหนา 0.45 m

รูปที่ 6.2 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิของอากาศที่ได้จากการคำนวณแบบจำลองทางคณิตศาสตร์กับผลที่ได้จากการทดลอง ที่ความเร็วของอากาศ 0.15 m/s ที่เวลา 4 ชั่วโมง และ รูปที่ 6.4 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิของอากาศที่ได้จากการคำนวณแบบจำลองทางคณิตศาสตร์กับผลที่ได้จากการทดลอง ที่ความเร็วของอากาศ 0.0445 m/s ที่เวลา 4 ชั่วโมง จากรูปทั้งสองจะพบว่าค่าอุณหภูมิของอากาศที่ได้จากการคำนวณแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ทั้งสามมีค่าที่ใกล้เคียงกันมากและมีค่าที่ใกล้เคียงกับผลการทดลองมากขึ้นกว่าที่เวลา 1 ชั่วโมง เนื่องจากการถ่ายเทความร้อนเริ่มเข้าสู่สภาวะสม่ำเสมอ โดยค่าความคลาดเคลื่อนสูงสุดคือ 2 % สำหรับที่ความเร็วของอากาศ 0.15 m/s ที่ระยะห่างจากขอบชั้นหนา 0.45 m และ 20.49 % สำหรับที่ความเร็วของอากาศ 0.0445 m/s ที่ระยะห่างจากขอบชั้นหนา 0.05 m

รูปที่ 6.5 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิของวัสดุที่ได้จากการคำนวณแบบจำลองทางคณิตศาสตร์กับผลที่ได้จากการทดลอง ที่ความเร็วของอากาศ 0.15 m/s ที่เวลา 1 ชั่วโมง และรูปที่ 6.7 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิของวัสดุที่ได้จากการคำนวณแบบจำลองทางคณิตศาสตร์กับผลที่ได้จากการทดลอง ที่ความเร็วของอากาศ 0.0445 m/s ที่เวลา 1 ชั่วโมง เนื่องจากการทดลองของ Natavut กำหนดให้อุณหภูมิของวัสดุเท่ากันทั้งก่อนในการวัดอุณหภูมิของวัสดุจึงวัดที่จุดเดียวคือที่ผิวของวัสดุ ดังนั้นในการเปรียบเทียบกับค่าอุณหภูมิที่ได้การคำนวณแบบจำลองจึงใช้อุณหภูมิที่ผิวในการเปรียบเทียบ อุณหภูมิของวัสดุที่ได้จากการคำนวณแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของการถ่ายเทความร้อนในชั้นวัสดุหนากรณีวัสดุมีอุณหภูมิไม่สม่ำเสมอโดยการวิเคราะห์เชิงคณิตศาสตร์มีค่าใกล้เคียงกับผลการทดลองมากกว่าแบบจำลองทางคณิตศาสตร์แบบอื่น โดยที่อุณหภูมิที่ได้จากการคำนวณแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของการถ่ายเทความร้อนในชั้นวัสดุหนากรณีวัสดุมีอุณหภูมิไม่สม่ำเสมอโดยการวิเคราะห์เชิงคณิตศาสตร์ เมื่อเทียบกับผลการทดลองมีความคลาดเคลื่อนสูงสุด 12.96 % สำหรับที่ความเร็วของอากาศ 0.15 m/s ที่ระยะห่างจากขอบชั้นหนา 0.35 m ส่วนที่ความเร็วของอากาศ 0.0445 m/s มีค่าความคลาดเคลื่อนสูงสุด 14.65 % ที่ระยะห่างจากขอบชั้นหนา 0.05 m อุณหภูมิที่ได้จากการคำนวณแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของการถ่ายเทความร้อนในชั้นวัสดุหนากรณีวัสดุมีอุณหภูมิสม่ำเสมอ เมื่อเทียบกับผลการทดลองมีความคลาดเคลื่อนสูงสุด 31.58 % สำหรับที่ความเร็วของอากาศ 0.15 m/s ที่ระยะห่างจากขอบชั้นหนา 0.45 m ส่วนที่ความเร็วของอากาศ 0.0445 m/s มีค่าความคลาดเคลื่อนสูงสุด 13.94 %

ที่ระยะห่างจากขอบชั้นหนา 0.45 m และอุณหภูมิที่ได้จากการคำนวณแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของการถ่ายเทความร้อนในชั้นวัสดุหนากรณีวัสดุมีอุณหภูมิไม่สม่ำเสมอโดยการวิเคราะห์เชิงเลข เมื่อเทียบกับผลการทดลองมีความคลาดเคลื่อนสูงสุด 28.30 % สำหรับที่ความเร็วของอากาศ 0.15 m/s ที่ระยะห่างจากขอบชั้นหนา 0.45 m ส่วนที่ความเร็วของอากาศ 0.0445 m/s มีค่าความคลาดเคลื่อนสูงสุด 13.04 % ที่ระยะห่างจากขอบชั้นหนา 0.45 m

รูปที่ 6.6 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิของวัสดุที่ได้จากการคำนวณแบบจำลองทางคณิตศาสตร์กับผลที่ได้จากการทดลอง ที่ความเร็วของอากาศ 0.15 m/s ที่เวลา 4 ชั่วโมง และ รูปที่ 6.8 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิของวัสดุที่ได้จากการคำนวณแบบจำลองทางคณิตศาสตร์กับผลที่ได้จากการทดลอง ที่ความเร็วของอากาศ 0.0445 m/s ที่เวลา 4 ชั่วโมง ซึ่งจะพบว่ากราฟที่ได้เป็นเช่นเดียวกับกราฟอุณหภูมิของอากาศคือ อุณหภูมิที่ได้จากการคำนวณแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ทั้งสามมีค่าที่ใกล้เคียงกันมากและมีค่าที่ใกล้เคียงกับผลการทดลองมากกว่าที่เวลา 1 ชั่วโมง

6.3 ผลของค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อนที่มีผลต่อการคำนวณแบบจำลอง

ดังที่ได้กล่าวมาแล้วในบทที่ 2 ว่าค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อนเป็นค่าที่คำนวณหาได้ค่อนข้างยากและสมการที่ได้นอกจากจะมีความซับซ้อนแล้วยังขาดความแม่นยำด้วย ดังนั้นจึงมีนำเสนอค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อนที่ได้จากการทดลองไว้ค่อนข้างมาก ดังนั้นในหัวข้อนี้จะได้นำเสนอสมการค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อนที่มีผู้เสนอไว้มาใช้ในการคำนวณแบบจำลองทางคณิตศาสตร์เพื่อทดสอบว่าค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อนมีผลต่อความแม่นยำในการคำนวณแบบจำลองทางคณิตศาสตร์เพียงใด โดยใช้การทดลองของ Nattavut ที่ความเร็วของอากาศ 0.15 m/s ในการเปรียบเทียบ ผลการคำนวณที่ได้จากการจำลองสถานะการณ์แสดงไว้ในตาราง ก3-ก6

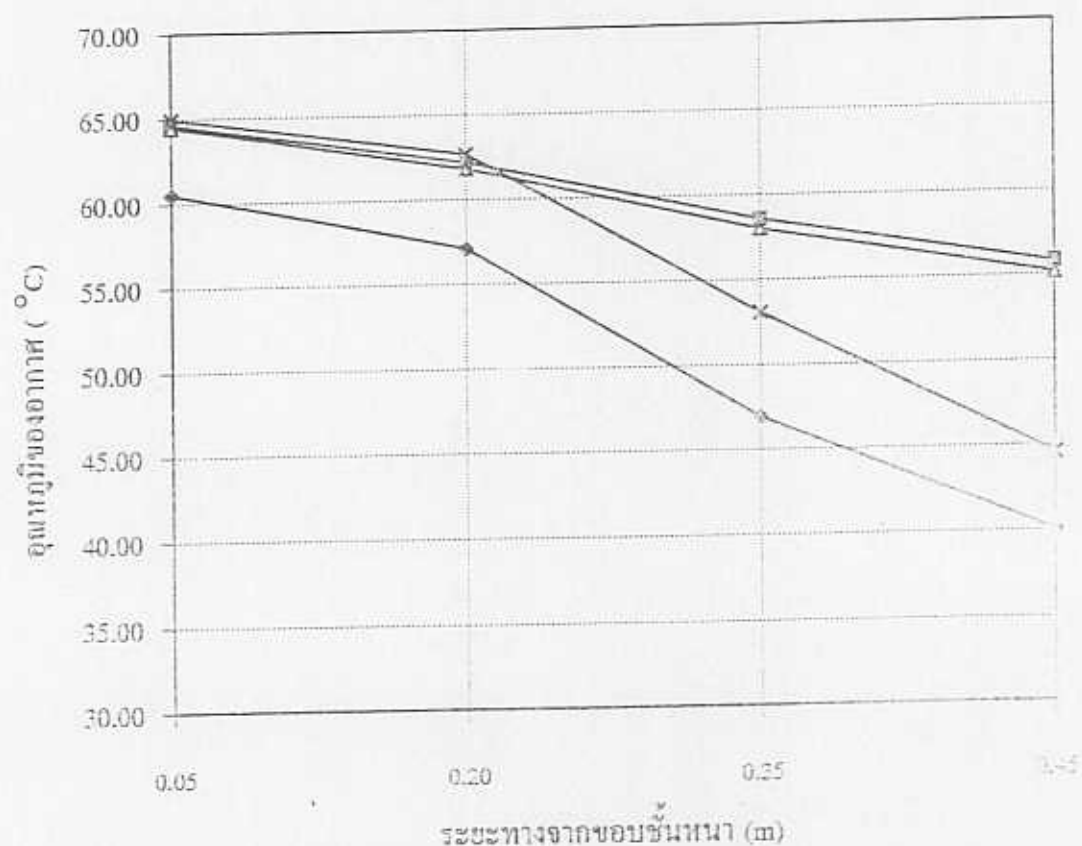
รูปที่ 6.9 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิของอากาศที่ได้จากการคำนวณแบบจำลองทางคณิตศาสตร์กับผลที่ได้จากการทดลองของ Nattavut ที่ความเร็วของอากาศ 0.15 m/s ที่เวลา 1 ชั่วโมง และ รูปที่ 6.10 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิของวัสดุที่ได้จากการคำนวณแบบจำลองทางคณิตศาสตร์กับผลที่ได้จากการทดลองของ Nattavut ที่ความเร็วของอากาศ 0.15 m/s ที่เวลา 1 ชั่วโมง จากการกราฟที่ได้พบว่าค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อนจะมีผลอย่างมากต่อการคำนวณแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ จากรูปที่ 6.9 ค่าอุณหภูมิของอากาศที่ได้จากการคำนวณแบบจำลองโดยใช้ค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อนจากสมการของ Funas และค่าอุณหภูมิที่ได้จากการคำนวณแบบจำลองโดยใช้ค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อนจากสมการของ Colburn จะมีค่าใกล้เคียงกับ

ผลการทดลองมากกว่าค่าอุณหภูมิที่ได้จากการคำนวณโดยใช้ค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อนจากสมการของผู้อื่น เมื่อพิจารณาค่าความคลาดเคลื่อนของอุณหภูมิที่ได้จากการคำนวณแบบจำลองเมื่อเทียบกับผลการทดลองพบว่า ค่าอุณหภูมิที่ได้จากการคำนวณแบบจำลองโดยใช้ค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อนจากสมการของ Funas มีค่าความคลาดเคลื่อนสูงสุด 5.5 % ที่ระยะห่างจากขอบชั้นหนา 0.05 m และค่าอุณหภูมิที่ได้จากการคำนวณแบบจำลองโดยใช้ค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อนจากสมการของ Colburn มีค่าความคลาดเคลื่อนสูงสุด 5.9 % แต่เมื่อมาพิจารณารูปที่ 6.10 ค่าอุณหภูมิของวัสดุที่ได้จากการคำนวณแบบจำลอง โดยใช้ค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อนจากสมการของ Funas และค่าอุณหภูมิของวัสดุที่ได้จากการคำนวณแบบจำลองโดยใช้ค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อนจากสมการของ Colburn ที่ค่าความคลาดเคลื่อนจากผลการทดลองมากคือ ค่าอุณหภูมิที่ได้จากการคำนวณแบบจำลองโดยใช้ค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อนจากสมการของ Funas มีค่าความคลาดเคลื่อนสูงสุด 33.90 % ที่ระยะห่างจากขอบชั้นหนา 0.05 m และค่าอุณหภูมิที่ได้จากการคำนวณแบบจำลองโดยใช้ค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อนจากสมการของ Colburn มีค่าความคลาดเคลื่อนสูงสุด 38.57 % ที่ระยะห่างจากขอบชั้นหนา 0.05 m ในขณะที่ค่าอุณหภูมิของวัสดุที่ได้จากการคำนวณแบบจำลองโดยใช้ค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อนจากสมการของ Lof มีค่าความคลาดเคลื่อนสูงสุดเพียง 12.96 % ที่ระยะห่างจากขอบชั้นหนา 0.35 m และเมื่อพิจารณาค่าอุณหภูมิของอากาศที่ได้จากการคำนวณแบบจำลองโดยใช้ค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อนจากสมการของ Lof ในรูปที่ 6.9 มีค่าความคลาดเคลื่อนสูงสุด 13.13 % ที่ระยะห่างจากขอบชั้นหนา 0.35 m ดังนั้นค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อนจากสมการของ Lof จะให้ค่าอุณหภูมิของอากาศและวัสดุที่ใกล้เคียงกับผลการทดลองของ Nativut มากที่สุด ซึ่งอาจเป็นผลมาจากสถานะที่ใช้ในการทดลองของ Nativut กับสถานะที่ใช้ในการทดลองหาค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อนของ Lof มีความใกล้เคียงกันทั้งขนาดของวัสดุที่ใช้และค่าความเร็วของอากาศคือในการทดลองของ Lof ใช้วัสดุขนาด 0.0127-0.0381 m มีอัตราการไหล 0.0612-0.336 m/s ในการทดลองของ Nativut ใช้วัสดุขนาดเล็ก 0.0432 m และอัตราการไหลที่ใช้ในการเปรียบเทียบ 0.15 m/s ส่วนค่าอุณหภูมิของอากาศและอุณหภูมิของวัสดุที่ได้จากการคำนวณแบบจำลองโดยใช้ค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อนจากสมการของ Williams และ Gamson พบว่ามีความคลาดเคลื่อนจากผลการทดลองมาก เนื่องจากในการทดลองหาค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อนจากสมการของ Williams และ Gamson ใช้วัสดุที่เป็นทรงกลมที่มีขนาดเท่ากันทั้งชั้นหนาและมีการจัดเรียงอย่างเป็นระเบียบซึ่งต่างจากการทดลองของ Nativut ที่ใช้วัสดุที่ไม่เป็นทรงกลมจริงและมีการจัดวางที่ไม่เป็นระเบียบ

6.4 ผลของค่าอัตราส่วนช่องว่างที่มีผลต่อการคำนวณแบบจำลอง

ค่าอัตราส่วนช่องว่างเป็นตัวแปรหนึ่งที่มีผลต่อการความแม่นยำในการคำนวณแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ ดังนั้นในหัวข้อนี้จะได้นำสมการค่าอัตราส่วนช่องว่างที่มีผู้เสนอไว้มาใช้ในการคำนวณแบบจำลองทางคณิตศาสตร์เพื่อทดสอบว่าค่าอัตราส่วนช่องว่างมีผลต่อการคำนวณแบบจำลองทางคณิตศาสตร์เพียงใด โดยใช้การทดลองของ Natavut ที่ความเร็วของอากาศ 0.15 m/s ในการเปรียบเทียบ ผลการคำนวณที่ได้จากการจำลองสถานะการณ์แสดงไว้ในตาราง ก7-ก9

รูปที่ 6.11 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิของอากาศที่ได้จากการคำนวณแบบจำลองทางคณิตศาสตร์กับผลที่ได้จากการทดลองของ Natavut ที่ความเร็วของอากาศ 0.15 m/s ที่เวลา 1 ชั่วโมง และ รูปที่ 6.12 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิของวัสดุที่ได้จากการคำนวณแบบจำลองทางคณิตศาสตร์กับผลที่ได้จากการทดลองของ Natavut ที่ความเร็วของอากาศ 0.15 m/s ที่เวลา 1 ชั่วโมง จากกราฟที่ได้พบว่าค่าอัตราส่วนช่องว่างจะมีผลค่าการคำนวณแบบจำลองทางคณิตศาสตร์น้อยกว่าค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อน พิจารณากราฟที่เปรียบเทียบอุณหภูมิของอากาศและอุณหภูมิของวัสดุที่ได้จากการคำนวณแบบจำลองทางคณิตศาสตร์กับผลการทดลองของ Natavut จะพบว่าค่าอุณหภูมิที่ได้การคำนวณแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ โดยใช้ค่าอัตราส่วนช่องว่างจากสมการของ John โดยสมมุติวัสดุมีผิวเรียบ ให้ใกล้เคียงกับผลการทดลองของ Natavut มากที่สุด โดยอุณหภูมิของอากาศมีค่าความคลาดเคลื่อนสูงสุด 7.12% ที่ระยะห่างจากขอบชั้นหนา 0.05 m และอุณหภูมิของวัสดุมีค่าความคลาดเคลื่อนสูงสุด 7.85% ที่ระยะห่างจากขอบชั้นหนา 0.45 m



—◆— Ta1 อุณหภูมิอากาศจากการทดลองของ Natahut

—■— Ta2

อุณหภูมิอากาศที่ได้จากการคำนวณแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของการถ่ายเทความร้อนในชั้นวัสดุหนากรณีการกระจายอุณหภูมิในวัสดุสม่ำเสมอ

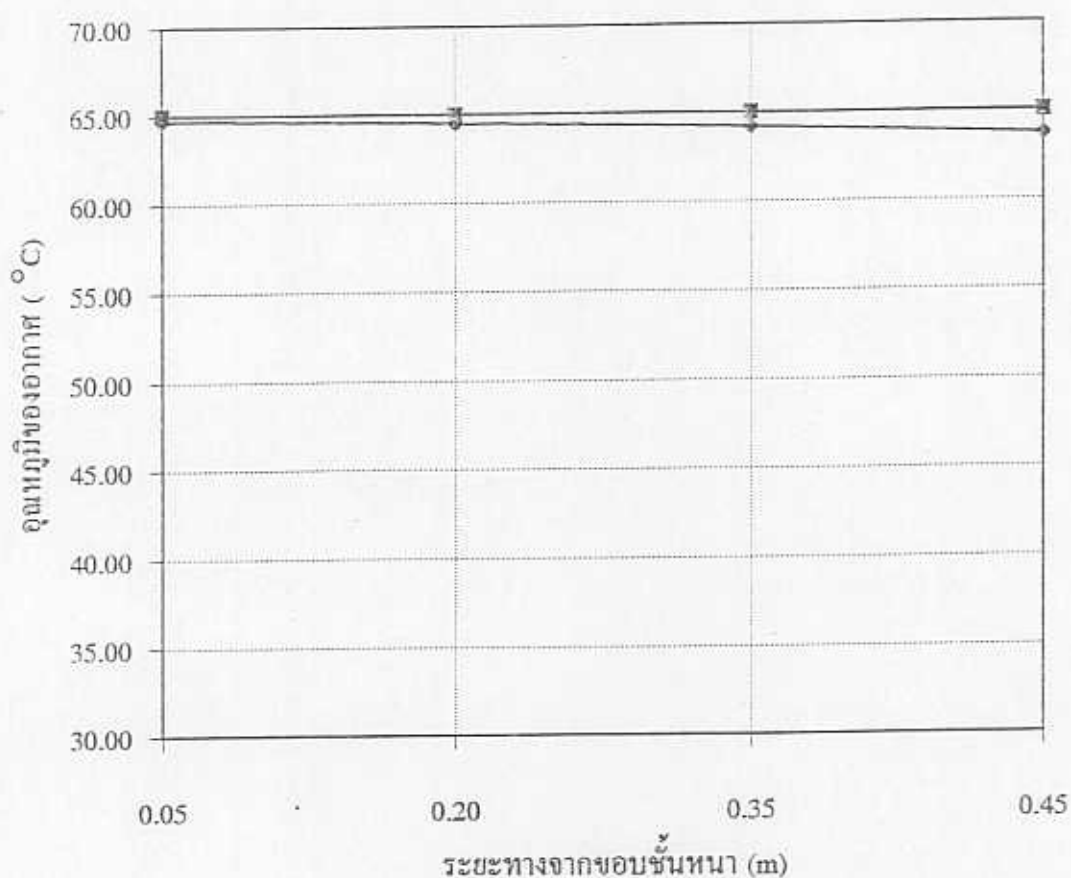
—▲— Ta3

อุณหภูมิอากาศที่ได้จากการคำนวณแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของการถ่ายเทความร้อนในชั้นวัสดุหนากรณีการกระจายอุณหภูมิในวัสดุไม่สม่ำเสมอโดยการวิเคราะห์เชิงเลข

—×— Ta4

อุณหภูมิอากาศที่ได้จากการคำนวณแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของการถ่ายเทความร้อนในชั้นวัสดุหนากรณีการกระจายอุณหภูมิในวัสดุไม่สม่ำเสมอโดยการวิเคราะห์เชิงคณิตศาสตร์

รูปที่ 6.1 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิของอากาศที่ได้จากการคำนวณแบบจำลองทางคณิตศาสตร์กับผลที่ได้จากการทดลองของ Natahut ที่ความเร็วของของไหล 0.15 m/s ที่เวลา 1 ชั่วโมง



◆ Ta1 อุณหภูมิอากาศจากการทดลองของ Natavut

■ Ta2

อุณหภูมิอากาศที่ได้จากการคำนวณแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของการถ่ายเทความร้อนในชั้นวัสดุหนากรณีการกระจายอุณหภูมิในวัสดุสม่ำเสมอ

▲ Ta3

อุณหภูมิอากาศที่ได้จากการคำนวณแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของการถ่ายเทความร้อนในชั้นวัสดุหนากรณีการกระจายอุณหภูมิในวัสดุไม่สม่ำเสมอโดยการวิเคราะห์เชิงเลข

✕ Ta4

อุณหภูมิอากาศที่ได้จากการคำนวณแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของการถ่ายเทความร้อนในชั้นวัสดุหนากรณีการกระจายอุณหภูมิในวัสดุไม่สม่ำเสมอโดยการวิเคราะห์เชิงคณิตศาสตร์

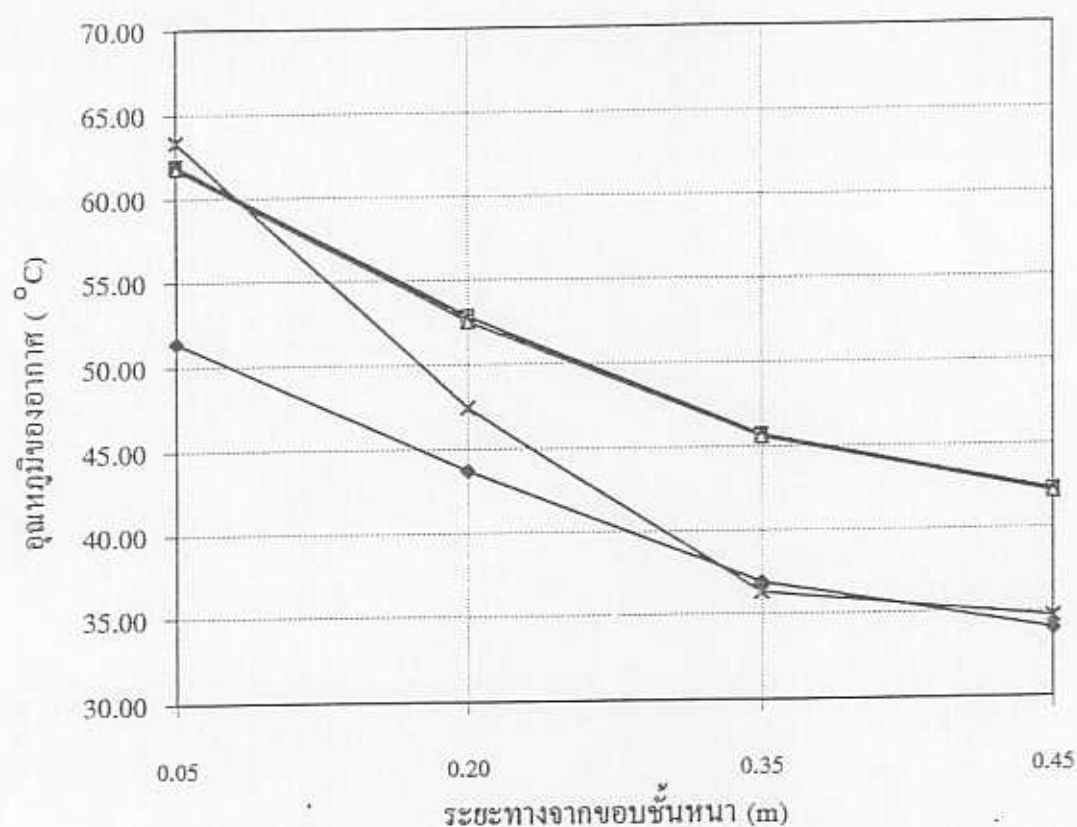
(เนื่องจากเมื่อเวลาผ่านไปเวลา 4 ชั่วโมง การถ่ายเทความร้อนจะเข้าสู่สภาวะคงที่ ดังนั้นค่า

อุณหภูมิที่คำนวณ ได้จากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ทั้งสามจึงมีค่าเท่ากัน)

รูปที่ 6.2 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิของอากาศที่ได้จากการคำนวณแบบจำลองทาง

คณิตศาสตร์กับผลที่ได้จากการทดลองของ Natavut ที่ความเร็วของของไหล 0.15 m/s

ที่เวลา 4 ชั่วโมง



—◆— Ta1 อุณหภูมิอากาศจากการทดลองของ Natahut

—■— Ta2

อุณหภูมิอากาศที่ได้จากการคำนวณแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของการถ่ายเทความร้อนในชั้นวัสดุหนากรณีการกระจายอุณหภูมิในวัสดุสม่ำเสมอ

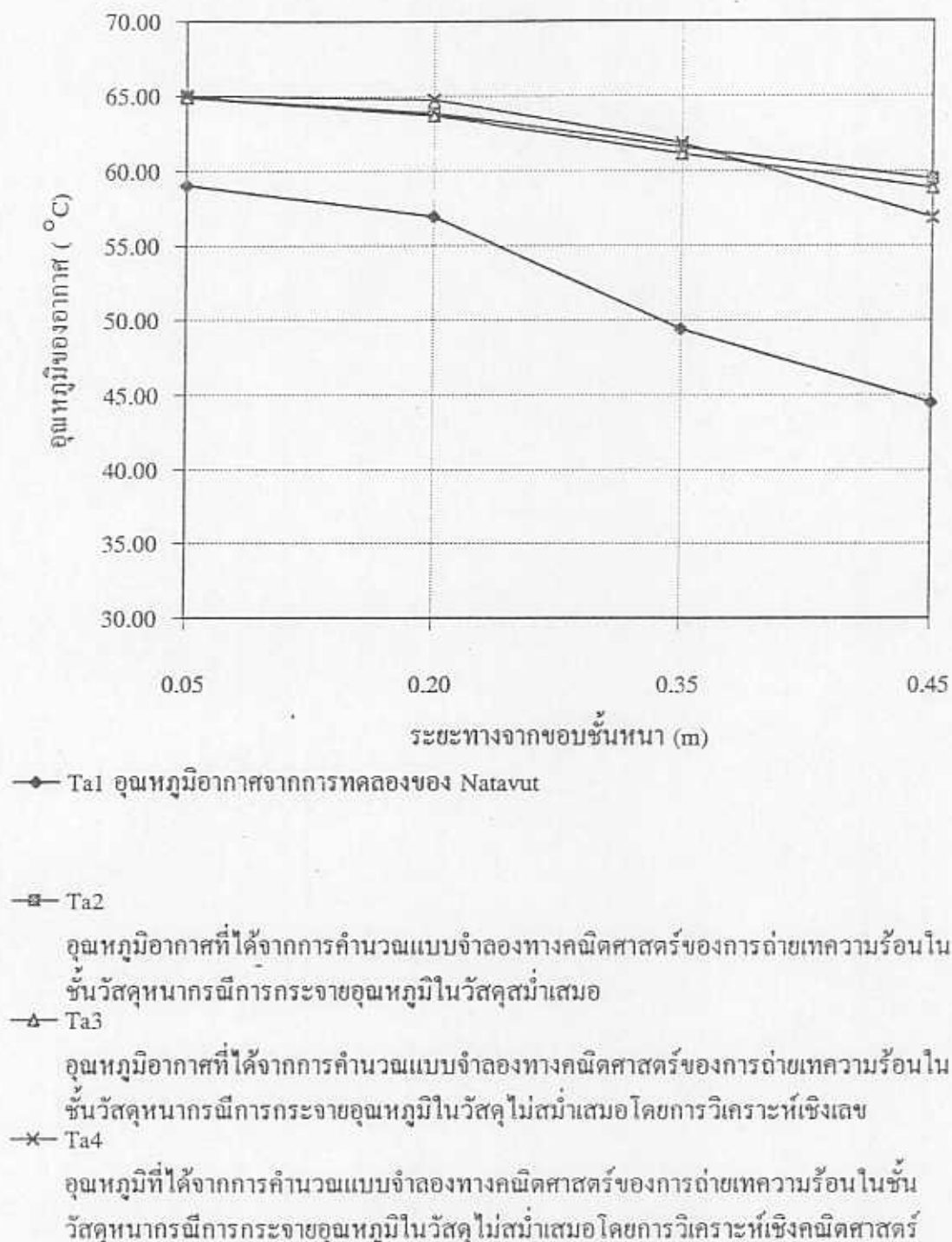
—▲— Ta3

อุณหภูมิอากาศที่ได้จากการคำนวณแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของการถ่ายเทความร้อนในชั้นวัสดุหนากรณีการกระจายอุณหภูมิในวัสดุไม่สม่ำเสมอโดยการวิเคราะห์เชิงเลข

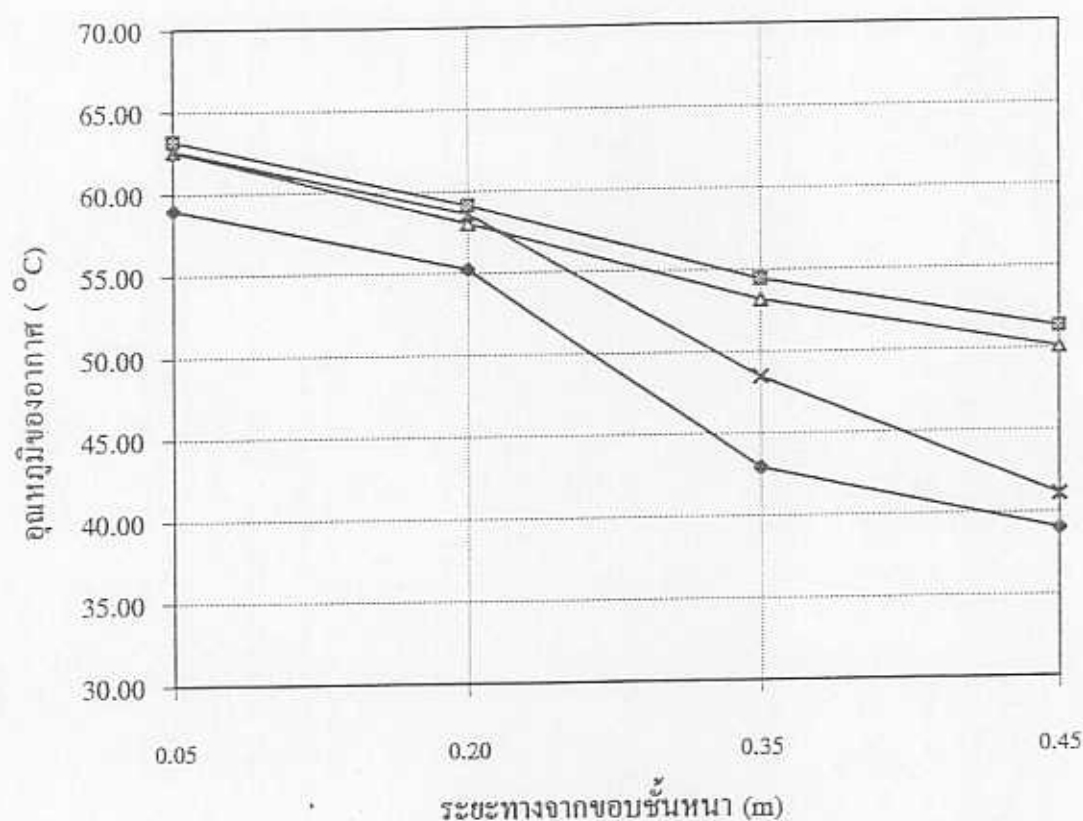
—×— Ta4

อุณหภูมิอากาศที่ได้จากการคำนวณแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของการถ่ายเทความร้อนในชั้นวัสดุหนากรณีการกระจายอุณหภูมิในวัสดุไม่สม่ำเสมอโดยการวิเคราะห์เชิงคณิตศาสตร์

รูปที่ 6.3 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิของอากาศที่ได้จากการคำนวณแบบจำลองทางคณิตศาสตร์กับผลที่ได้จากการทดลองของ Natahut ที่ความเร็วของของไหล 0.0445 m/s ที่เวลา 1 ชั่วโมง



รูปที่ 6.4 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิของอากาศที่ได้จากการคำนวณแบบจำลองทางคณิตศาสตร์กับผลที่ได้จากการทดลองของ Natavut ที่ความเร็วของของไหล 0.0445 m/s ที่เวลา 4 ชั่วโมง



◆ Tb1 อุณหภูมิวัสดุจากการทดลองของ Nativut

■ Tb2

อุณหภูมิวัสดุที่ได้จากการคำนวณแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของการถ่ายเทความร้อนในชั้นวัสดุหนากรณีการกระจายอุณหภูมิในวัสดุสม่ำเสมอ

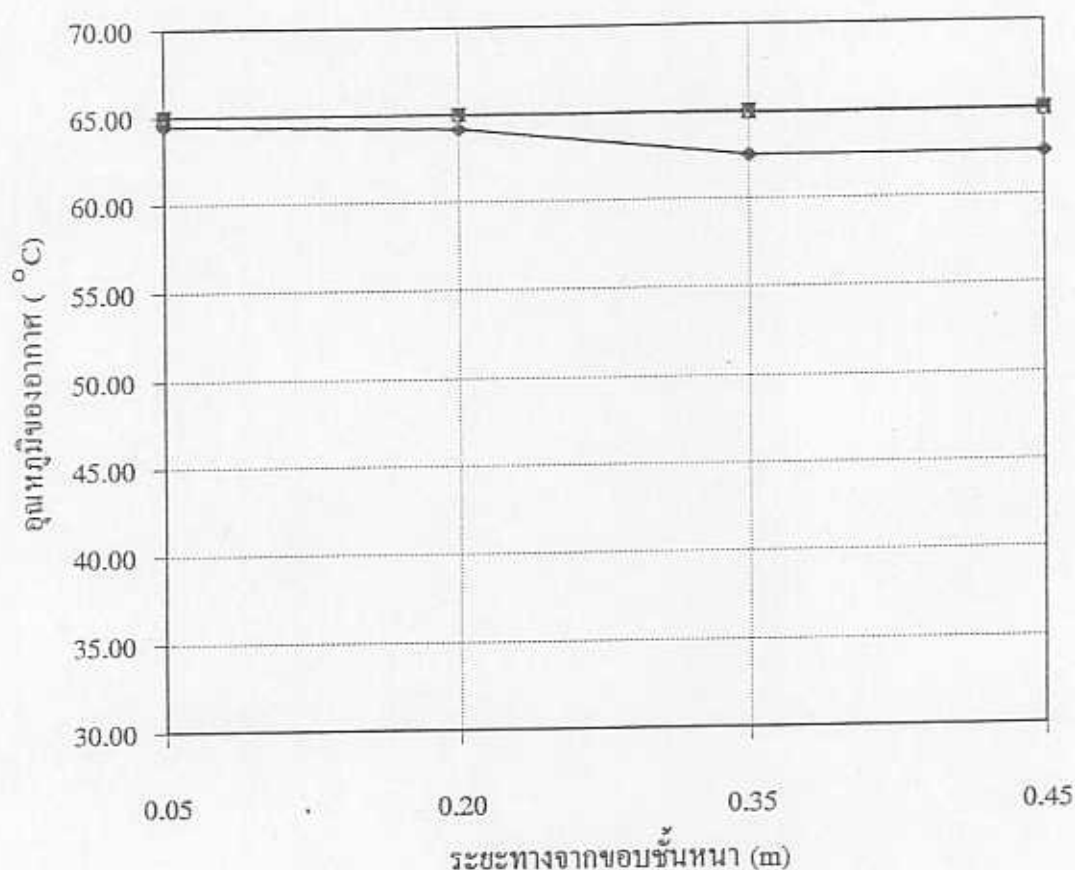
▲ Tb3

อุณหภูมิวัสดุที่ได้จากการคำนวณแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของการถ่ายเทความร้อนในชั้นวัสดุหนากรณีการกระจายอุณหภูมิในวัสดุไม่สม่ำเสมอโดยการวิเคราะห์เชิงเลข

✕ Tb4

อุณหภูมิวัสดุที่ได้จากการคำนวณแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของการถ่ายเทความร้อนในชั้นวัสดุหนากรณีการกระจายอุณหภูมิในวัสดุไม่สม่ำเสมอโดยการวิเคราะห์เชิงคณิตศาสตร์

รูปที่ 6.5 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิของวัสดุที่ได้จากการคำนวณแบบจำลองทางคณิตศาสตร์กับผลที่ได้จากการทดลองของ Nativut ที่ความเร็วของของไหล 0.15 m/s. ที่เวลา 1 ชั่วโมง



—◆— Tb1 อุณหภูมิวัสดุจากการทดลองของ Natavut

—■— Tb2

อุณหภูมิวัสดุที่ได้จากการคำนวณแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของการถ่ายเทความร้อนในชั้นวัสดุหนากรณีการกระจายอุณหภูมิในวัสดุสม่ำเสมอ

—▲— Tb3

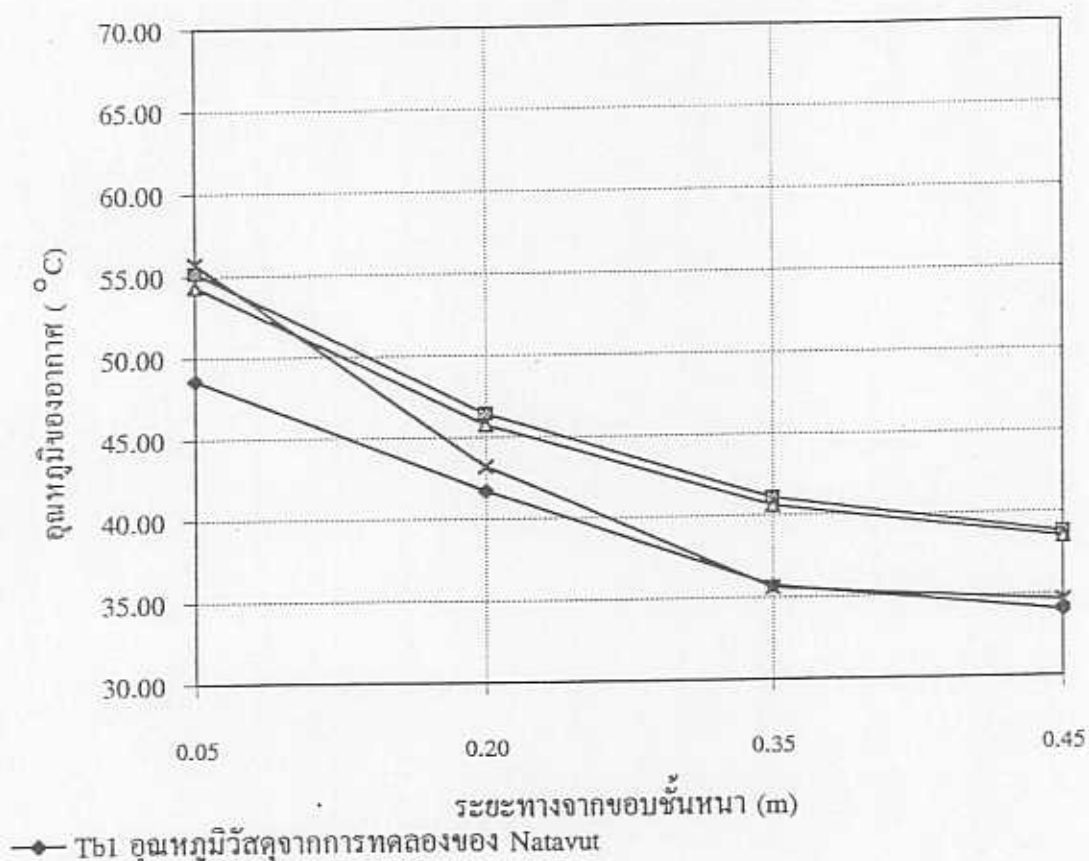
อุณหภูมิวัสดุที่ได้จากการคำนวณแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของการถ่ายเทความร้อนในชั้นวัสดุหนากรณีการกระจายอุณหภูมิในวัสดุไม่สม่ำเสมอโดยการวิเคราะห์เชิงเลข

—×— Tb4

อุณหภูมิวัสดุที่ได้จากการคำนวณแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของการถ่ายเทความร้อนในชั้นวัสดุหนากรณีการกระจายอุณหภูมิในวัสดุไม่สม่ำเสมอโดยการวิเคราะห์เชิงคณิตศาสตร์

(เนื่องจากเมื่อเวลาผ่านไปเวลา 4 ชั่วโมง การถ่ายเทความร้อนจะเข้าสู่สภาวะคงที่ ดังนั้นค่าอุณหภูมิที่คำนวณได้จากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ทั้งสามจึงมีค่าเท่ากัน)

รูปที่ 6.6 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิของวัสดุที่ได้จากการคำนวณแบบจำลองทางคณิตศาสตร์กับผลที่ได้จากการทดลองของ Natavut ที่ความเร็วของของไหล 0.15 m/s ที่เวลา 4 ชั่วโมง



—◆— Tb1 อุณหภูมิวัดจากการทดลองของ Natavut

—■— Tb2

อุณหภูมิวัดที่ได้จากการคำนวณแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของการถ่ายเทความร้อนในชั้นวัสดุหนากรณีการกระจายอุณหภูมิในวัสดุสม่ำเสมอ

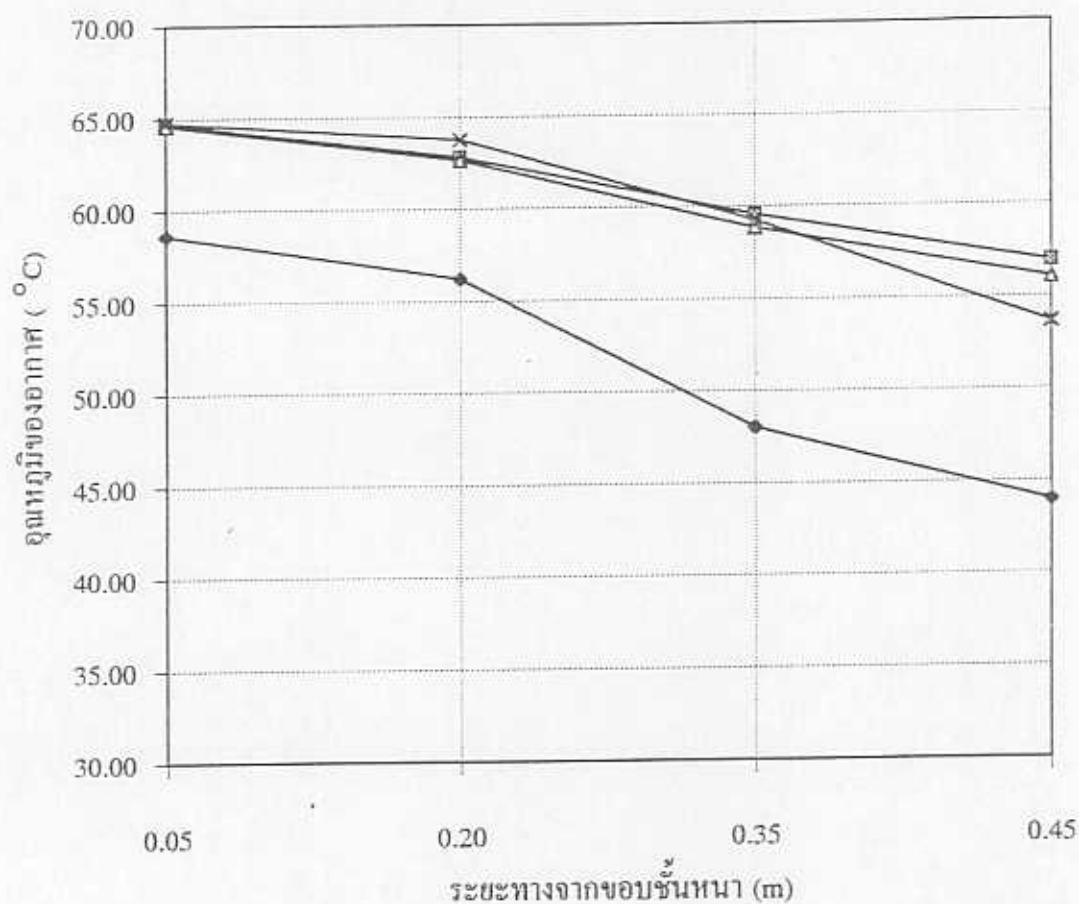
—▲— Tb3

อุณหภูมิวัดที่ได้จากการคำนวณแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของการถ่ายเทความร้อนในชั้นวัสดุหนากรณีการกระจายอุณหภูมิในวัสดุไม่สม่ำเสมอโดยการวิเคราะห์เชิงเลข

—×— Tb4

อุณหภูมิวัดที่ได้จากการคำนวณแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของการถ่ายเทความร้อนในชั้นวัสดุหนากรณีการกระจายอุณหภูมิในวัสดุไม่สม่ำเสมอโดยการวิเคราะห์เชิงคณิตศาสตร์

รูปที่ 6.7 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิของวัสดุที่ได้จากการคำนวณแบบจำลองทางคณิตศาสตร์กับผลที่ได้จากการทดลองของ Natavut ที่ความเร็วของของไหล 0.0445 m/s ที่เวลา 1 ชั่วโมง



—●— Tb1 อุณหภูมิวัสดุจากการทดลองของ Natavut

—■— Tb2

อุณหภูมิวัสดุที่ได้จากการคำนวณแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของการถ่ายเทความร้อนในชั้นวัสดุหนากรณีการกระจายอุณหภูมิในวัสดุสม่ำเสมอ

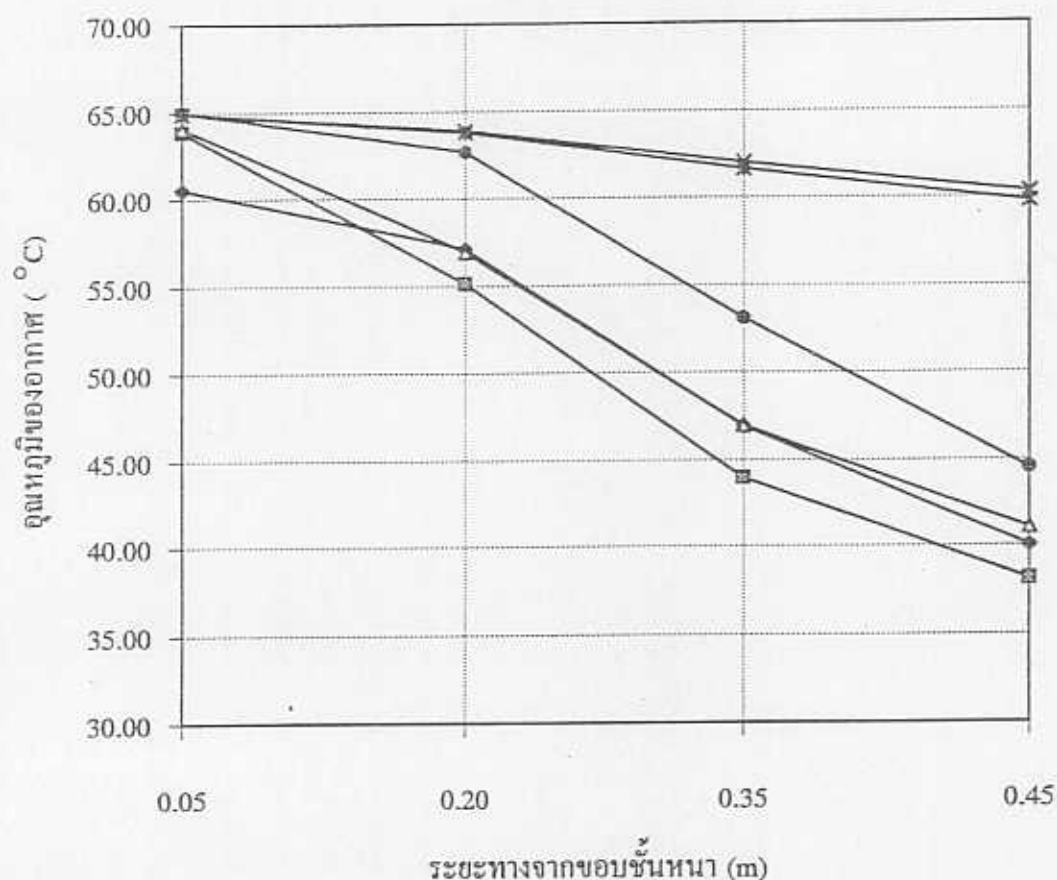
—▲— Tb3

อุณหภูมิวัสดุที่ได้จากการคำนวณแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของการถ่ายเทความร้อนในชั้นวัสดุหนากรณีการกระจายอุณหภูมิในวัสดุไม่สม่ำเสมอโดยการวิเคราะห์เชิงเลข

—×— Tb4

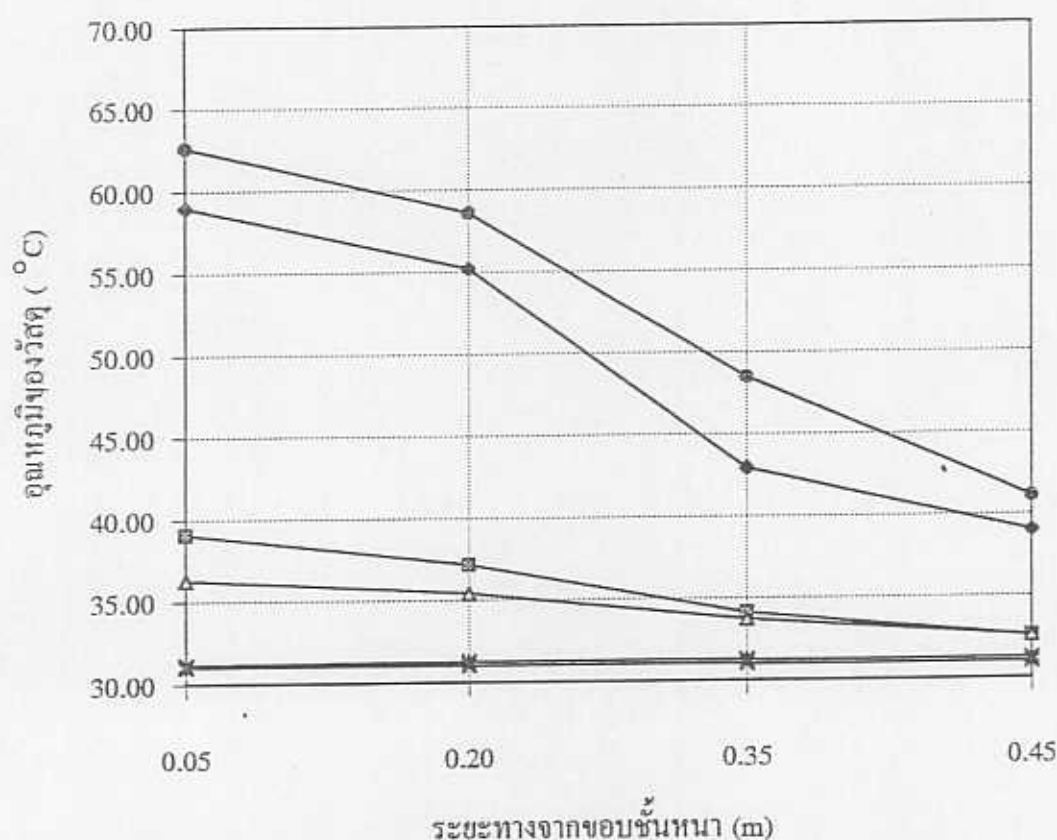
อุณหภูมิวัสดุที่ได้จากการคำนวณแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของการถ่ายเทความร้อนในชั้นวัสดุหนากรณีการกระจายอุณหภูมิในวัสดุไม่สม่ำเสมอโดยการวิเคราะห์เชิงคณิตศาสตร์

รูปที่ 6.8 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิของวัสดุที่ได้จากการคำนวณแบบจำลองทางคณิตศาสตร์กับผลที่ได้จากการทดลองของ Natavut ที่ความเร็วของของไหล 0.0445 m/s ที่เวลา 4 ชั่วโมง



- Ta1 อุณหภูมิอากาศจากการทดลองของ Natavut
- Ta2 อุณหภูมิอากาศจากผลเฉลยเชิงวิเคราะห์โดยใช้ h_v จากสมการของ Funas
- ▲— Ta3 อุณหภูมิอากาศจากผลเฉลยเชิงวิเคราะห์โดยใช้ h_v จากสมการของ Colburn
- ×— Ta4 อุณหภูมิอากาศจากผลเฉลยเชิงวิเคราะห์โดยใช้ h_v จากสมการของ Williams
- *— Ta5 อุณหภูมิอากาศจากผลเฉลยเชิงวิเคราะห์โดยใช้ h_v จากสมการของ Gamson
- Ta6 อุณหภูมิอากาศจากผลเฉลยเชิงวิเคราะห์โดยใช้ h_v จากสมการของ Lof

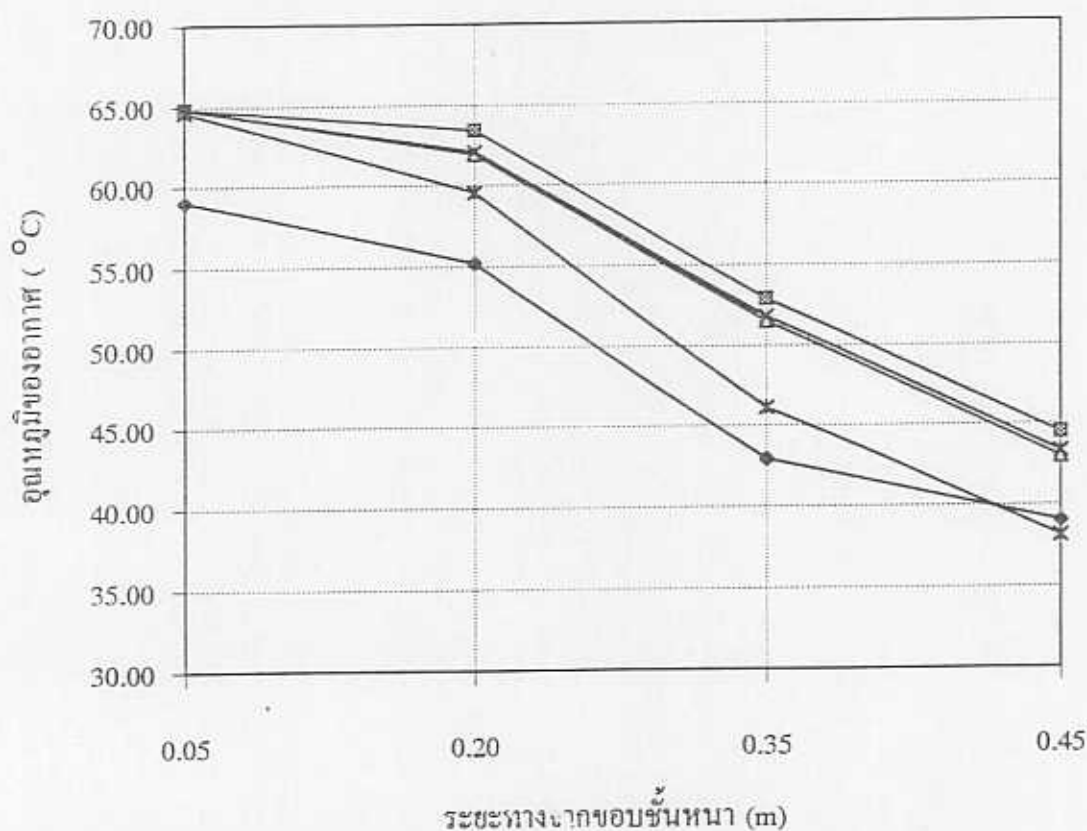
รูปที่ 6.9 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิของอากาศที่ได้จากการคำนวณแบบจำลองทางคณิตศาสตร์กับผลที่ได้จากการทดลองของ Natavut ที่ความเร็วของของไหล 0.15 m/s ที่เวลา 1 ชั่วโมง โดยเปลี่ยนค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อน



- ◆— Tb1 อุณหภูมิวัสดุจากการทดลองของ Natahut
- Tb2 อุณหภูมิวัสดุจากผลเฉลยเชิงวิเคราะห์โดยใช้ $h\nu$ จากสมการของ Funas
- ▲— Tb3 อุณหภูมิวัสดุจากผลเฉลยเชิงวิเคราะห์โดยใช้ $h\nu$ จากสมการของ Colburn
- ×— Tb4 อุณหภูมิวัสดุจากผลเฉลยเชิงวิเคราะห์โดยใช้ $h\nu$ จากสมการของ Williams
- *— Tb5 อุณหภูมิวัสดุจากผลเฉลยเชิงวิเคราะห์โดยใช้ $h\nu$ จากสมการของ Gamson
- Tb6 อุณหภูมิวัสดุจากผลเฉลยเชิงวิเคราะห์โดยใช้ $h\nu$ จากสมการของ Lof

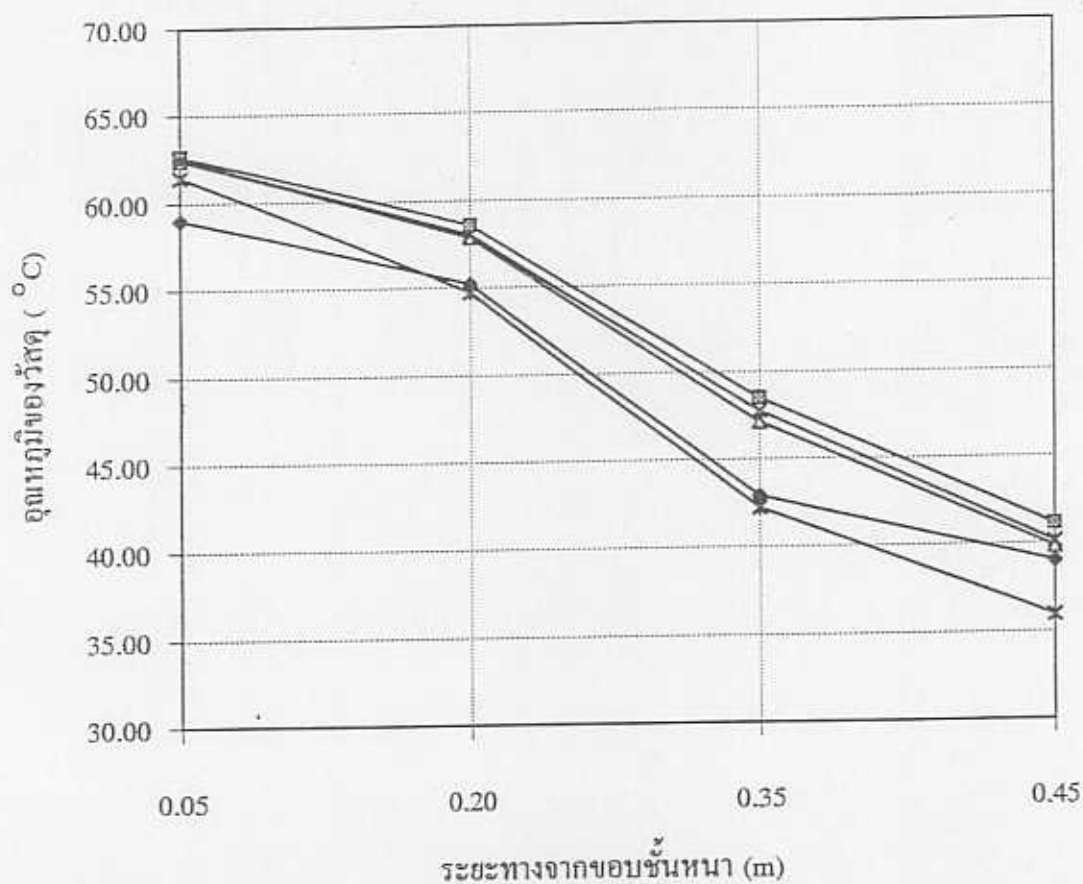
รูปที่ 6.10 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิของวัสดุที่ได้จากการคำนวณแบบจำลองทาง

คณิตศาสตร์กับผลที่ได้จากการทดลองของ Natahut ที่ความเร็วของของไหล 0.15 m/s ที่เวลา 1 ชั่วโมง โดยเปลี่ยนค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อน



- ◆— Ta1 อุณหภูมิอากาศจากการทดลองของ Nutavut
- Ta2 อุณหภูมิอากาศจากผลเฉลยเชิงวิเคราะห์ที่ใช้อัตราส่วนช่องว่างจากการทดลองของ Nutav
- △— Ta3 อุณหภูมิอากาศจากผลเฉลยเชิงวิเคราะห์ที่ใช้ค่าอัตราส่วนช่องว่างของ Ogawa
- ×— Ta4 อุณหภูมิอากาศจากผลเฉลยเชิงวิเคราะห์ที่ใช้อัตราส่วนช่องว่างของ John สมมติว่าวัสดุมีผิวขรุขระ
- *— Ta5 อุณหภูมิอากาศจากผลเฉลยเชิงวิเคราะห์ที่ใช้อัตราส่วนช่องว่างของ John สมมติว่าวัสดุมีผิวเรียบ

รูปที่ 6.11 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิของอากาศที่ได้จากการคำนวณแบบจำลองทางคณิตศาสตร์กับผลที่ได้จากการทดลองของ Nutavut ที่ความเร็วของของไหล 0.15 m/s ที่เวลา 1 ชั่วโมง โดยเปลี่ยนค่าอัตราส่วนช่องว่าง



- ◆— Tb1 อุณหภูมิวัสดุจากการทดลองของ Nutavut
- Tb2 อุณหภูมิวัสดุจากผลเฉลยเชิงวิเคราะห์ใช้อัตราส่วนช่องว่างจากการทดลองของ Nutavut
- ▲— Tb3 อุณหภูมิวัสดุจากผลเฉลยเชิงวิเคราะห์ใช้อัตราส่วนช่องว่างของ Ogawa
- ×— Tb4 อุณหภูมิวัสดุจากผลเฉลยเชิงวิเคราะห์ใช้อัตราส่วนช่องว่างของ John สมมติว่าวัสดุมีผิวขรุขระ
- *— Tb5 อุณหภูมิวัสดุจากผลเฉลยเชิงวิเคราะห์ใช้อัตราส่วนช่องว่างของ John สมมติว่าวัสดุมีผิวเรียบ

รูปที่ 6.12 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิของวัสดุที่ได้จากการคำนวณแบบจำลองทางคณิตศาสตร์กับผลที่ได้จากการทดลองของ Nutavut ที่ความเร็วของของไหล 0.15 m/s ที่เวลา 1 ชั่วโมง โดยเปลี่ยนค่าอัตราส่วนช่องว่าง