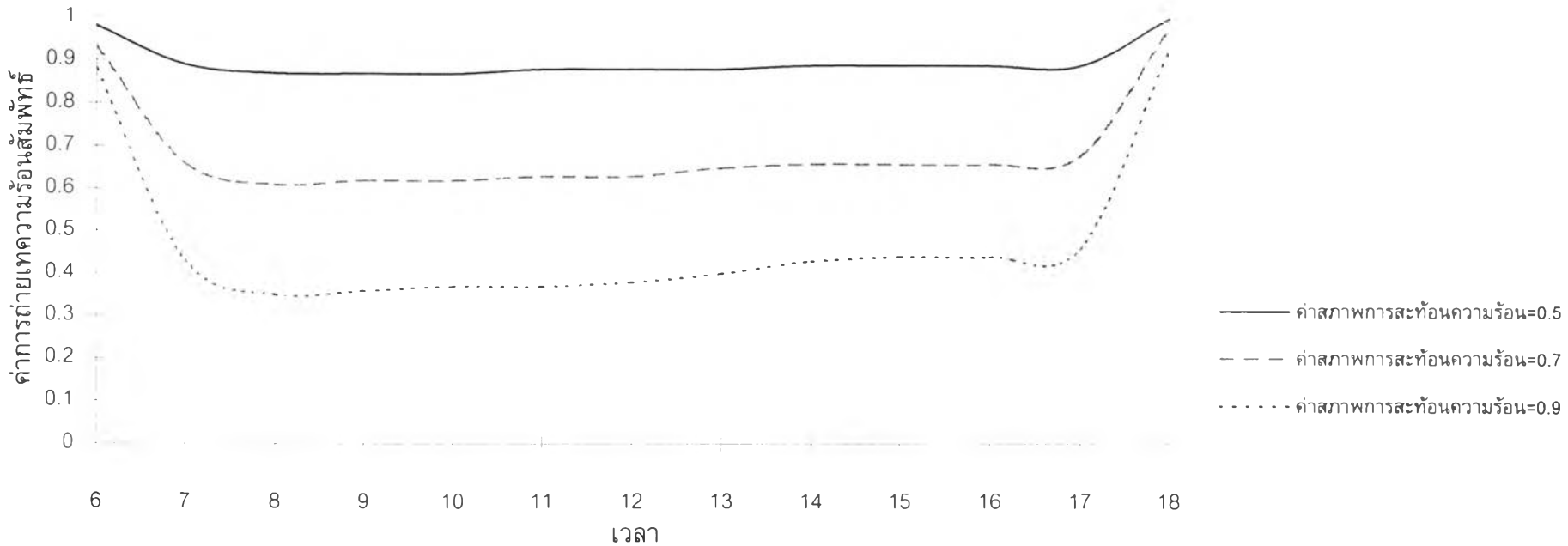
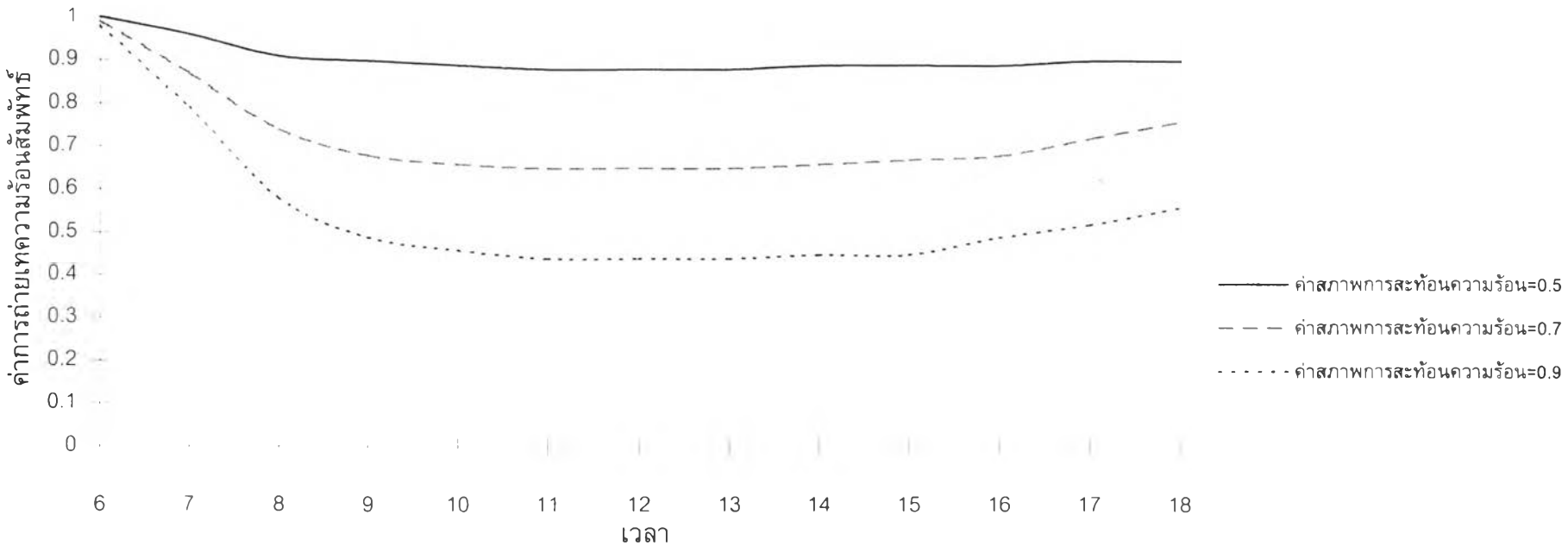
บทที่ 5
การอภิปรายผลการศึกษา สรุปผลและข้อเสนอแนะ

5.1 การนำเสนอผลการศึกษา

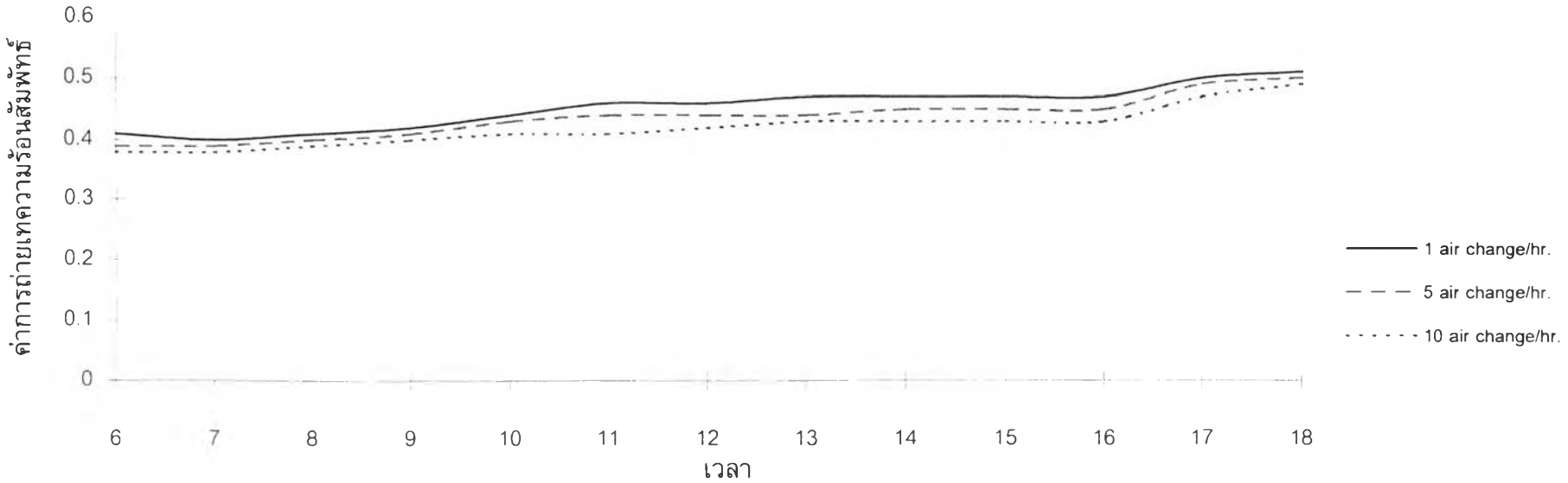
การอภิปรายการถ่ายเทความร้อนผ่านระบบหลังคาอาคาร เริ่มจากการกำหนดแบบจำลองหลังคาขึ้นมาเพื่อทำการศึกษาหาค่าการถ่ายเทความร้อนสัมพัทธ์ซึ่งเป็นอัตราส่วนของปริมาณความร้อนที่ถ่ายเทผ่านระบบหลังคาภายใต้มาตรการลดความร้อนต่อปริมาณความร้อนที่ถ่ายเทผ่านระบบหลังคาที่สภาวะทั่วไปของแบบจำลองหลังคาที่กำหนดขึ้น ระบบหลังคาที่ทำการศึกษามีรูปแบบเป็นหลังคาหน้าจั่วและหลังคาเรียบ มาตรการลดปริมาณความร้อนที่ทำการศึกษาได้แก่ การฉาบด้วยสารสะท้อนรังสีความร้อนที่ผิวด้านนอกของหลังคา การติดตั้งฝ้าเพดานแล้วระบายอากาศเหนือฝ้า การติดตั้งฝ้าเพดานแล้วปูด้วยฉนวนกันความร้อน และการติดตั้งฝ้าเพดานแล้วติดฉนวนกันความร้อนใต้พื้นผิวด้านในของหลังคา โดยการศึกษาเริ่มจากการกำหนดมาตราการลดปริมาณความร้อนทีละมาตราการแล้วพลอตกราฟแสดงผลในรูปของค่าการถ่ายเทความร้อนสัมพัทธ์กับเวลา เพื่อแสดงให้เห็นถึงประสิทธิภาพในการลดปริมาณความร้อนที่ถ่ายเทผ่านหลังคาในแต่ละช่วงเวลา หลังจากนั้นก็ทำการวิเคราะห์โดยรวมที่ละสองมาตราการ แล้วแสดงผลในรูปค่าการถ่ายเทความร้อนสัมพัทธ์กับค่าสภาพการสะท้อนรังสีความร้อน และค่าการถ่ายเทความร้อนสัมพัทธ์กับค่าปริมาณอากาศที่ใช้ระบายความร้อนในช่องฝ้า สำหรับรายละเอียดของแบบจำลองหลังคาและรายละเอียดมาตราการลดความร้อนแสดงไว้ในภาคผนวก ช. ในการศึกษานี้กำหนดให้อุณหภูมิภายในอาคารเป็น 23°C, 25°C และ 27°C ตามลำดับ อุณหภูมิภายในอาคารเป็น 23°C และ 27°C แสดงผลการวิเคราะห์ไว้ในภาคผนวก ฌ.



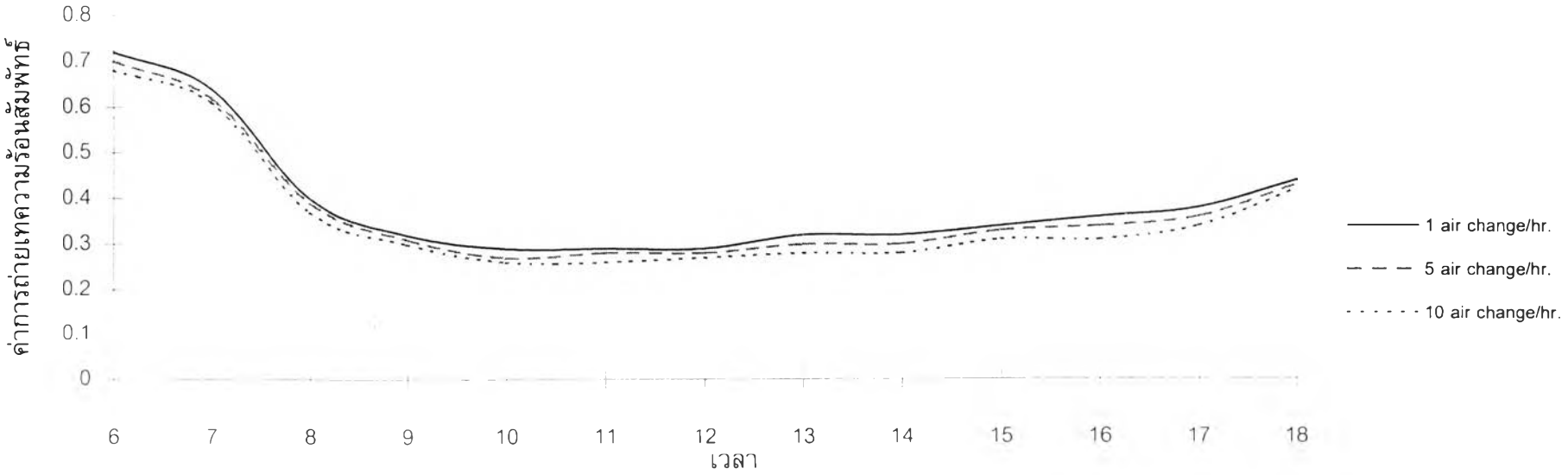
รูปที่ 5.1 แสดงค่าการถ่ายเทความร้อนสัมพัทธ์ของหลังคาหน้าจั่วที่ค่าสภาพการสะท้อนความร้อนต่างๆ ของผิวหลังคาด้านนอก ที่อุณหภูมิภายในอาคาร 25°C



รูปที่ 5.2 แสดงค่าการถ่ายเทความร้อนสัมพัทธ์ของหลังคาเรียบที่ค่าสภาพการสะท้อนความร้อนต่างๆ ของผิวหลังคาด้านนอก ที่อุณหภูมิภายในอาคาร 25°C

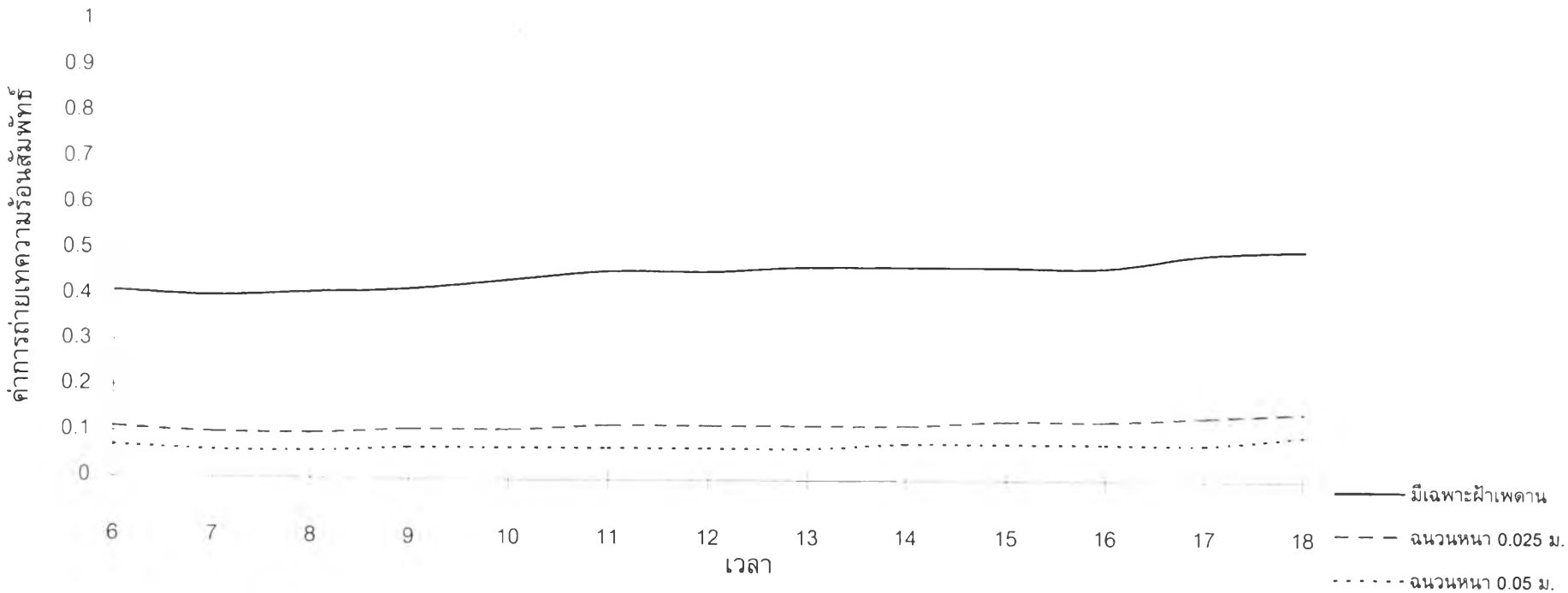


รูปที่ 5.3 แสดงค่าการถ่ายเทความร้อนสัมพัทธ์ของหลังคาหน้าจั่วที่ค่าการระบายอากาศต่างๆ ของช่องว่างภายในฝ้า ที่อุณหภูมิภายในอาคาร 25°C

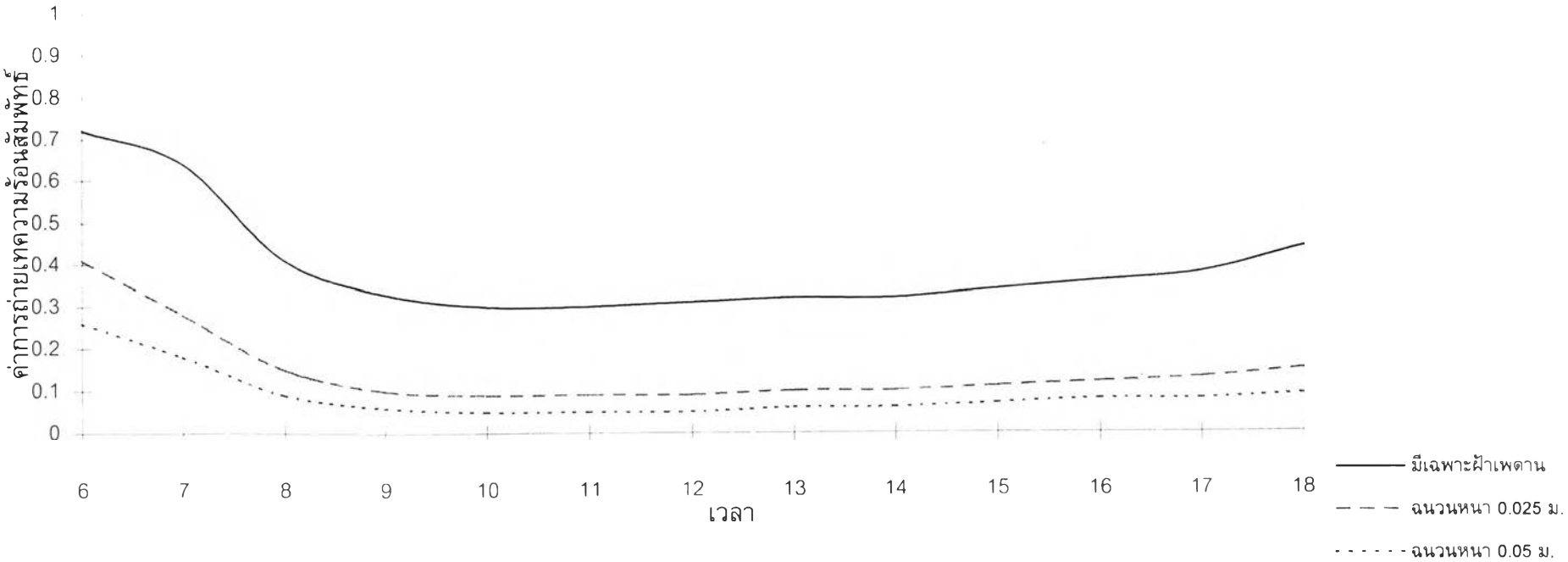


รูปที่ 5.4 แสดงค่าการถ่ายเทความร้อนสัมพัทธ์ของหลังคาเรียบที่ค่าการระบายอากาศต่างๆ ของช่องว่างภายในฝ้า ที่อุณหภูมิภายในอาคาร 25°C

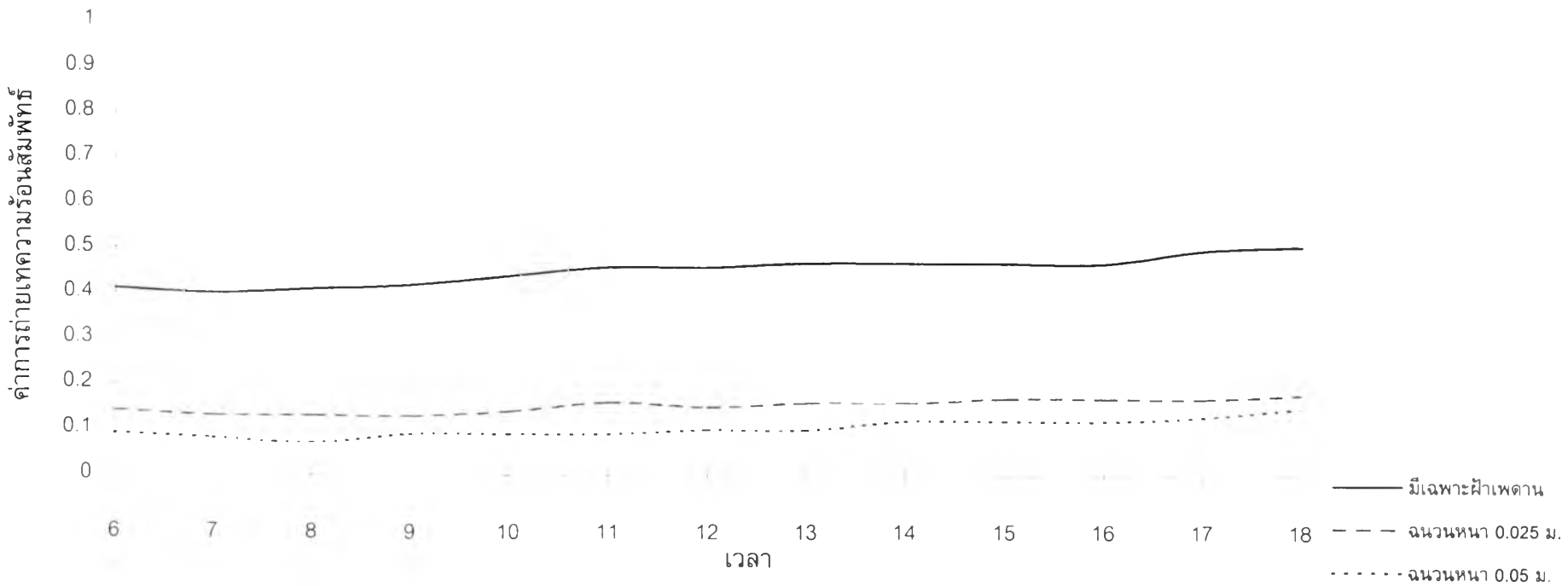
I 18614633



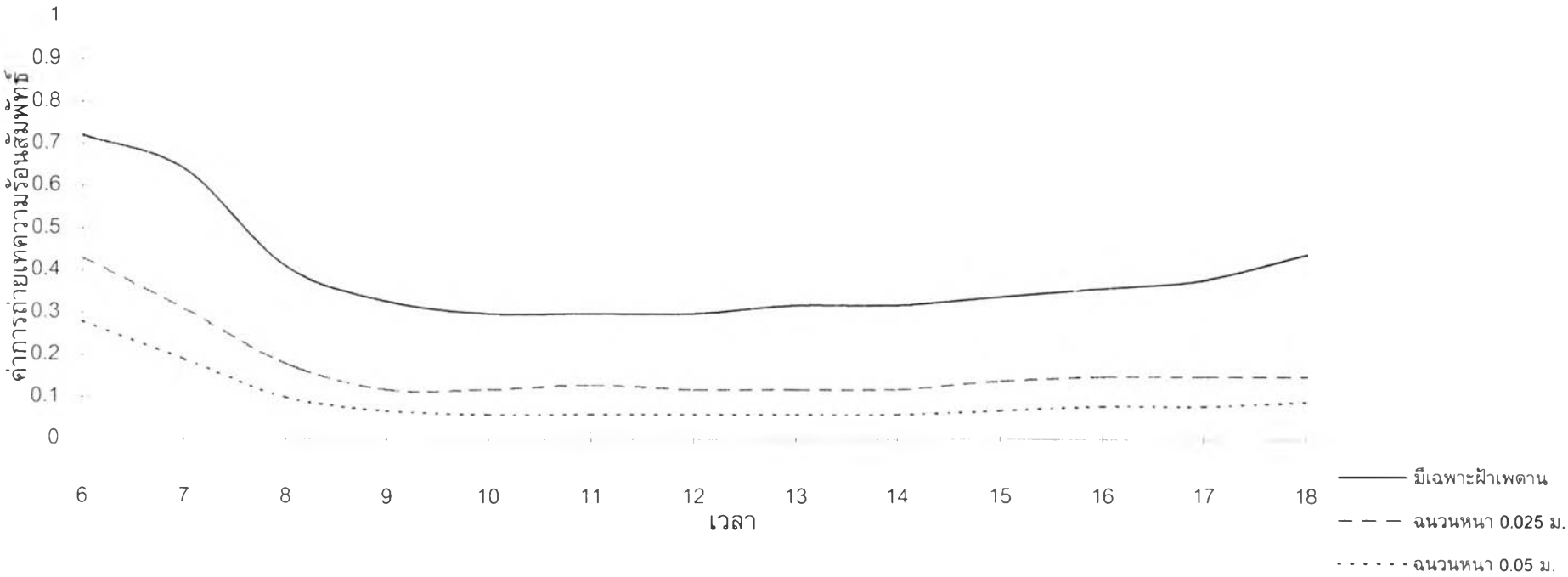
รูปที่ 5.5 แสดงค่าการถ่ายเทความร้อนสัมพัทธ์ของหลังคาหน้าจั่วที่ค่าความหนาฉนวนต่าง ๆ ที่อุณหภูมิภายในอาคาร 25°C ฉนวนติดตั้งเหนือฝ้า



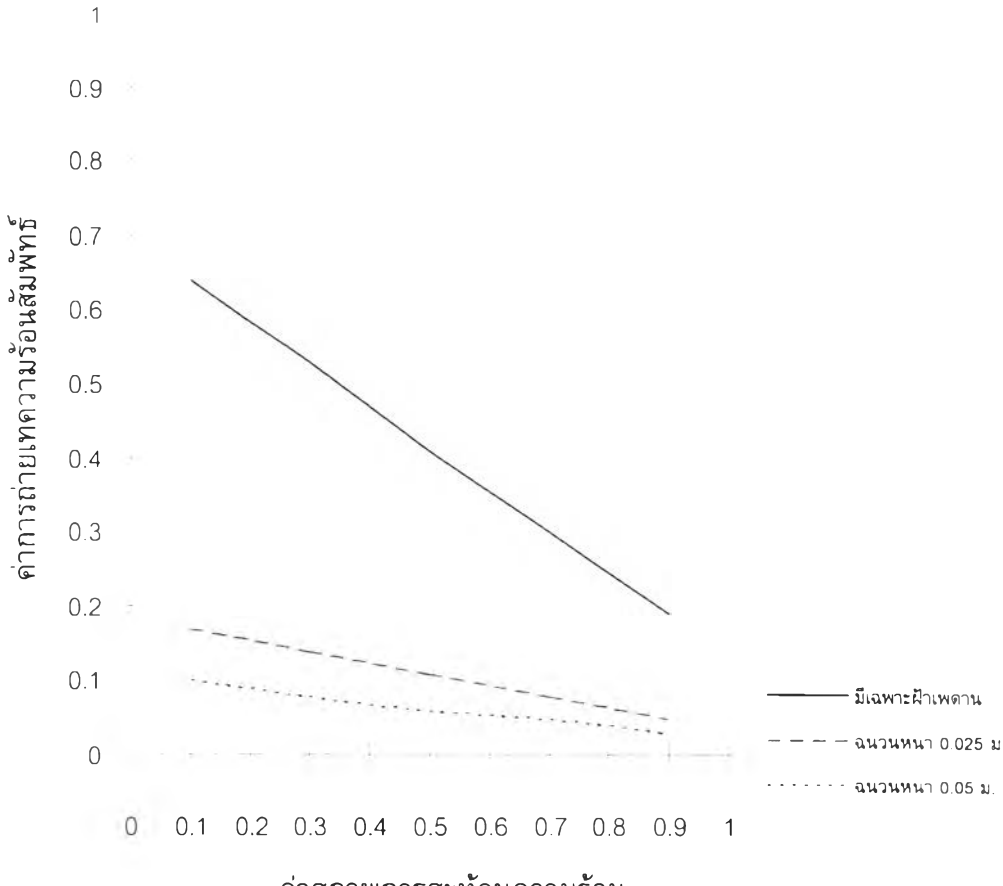
รูปที่ 5.6 แสดงค่าการถ่ายเทความร้อนสัมพัทธ์ของหลังคาเรียบที่ค่าความหนาฉนวนต่างๆ ที่อุณหภูมิภายในอาคาร 25°C ฉนวนติดตั้งเหนือฝ้า



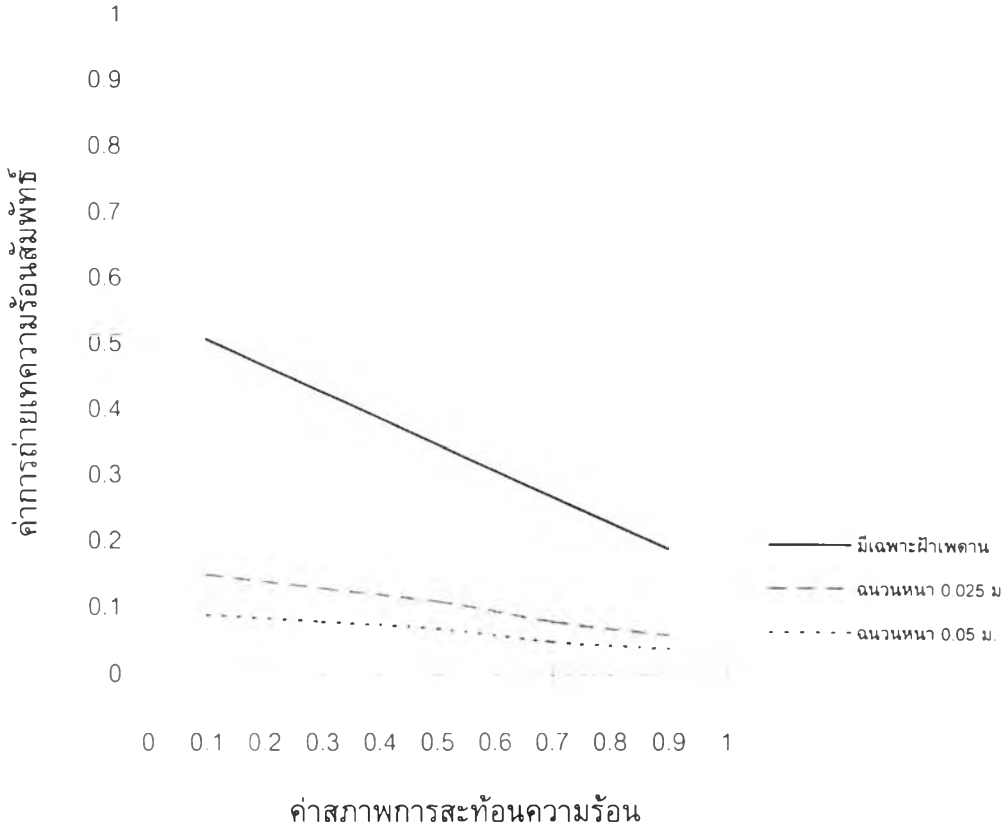
รูปที่ 5.7 แสดงค่าการถ่ายเทความร้อนสัมพัทธ์ของหลังคาหน้าจั่วที่ค่าความหนาฉนวนต่าง ๆ ที่อุณหภูมิภายในอาคาร 25°C ฉนวนติดใต้พื้นผิวด้านในของหลังคา



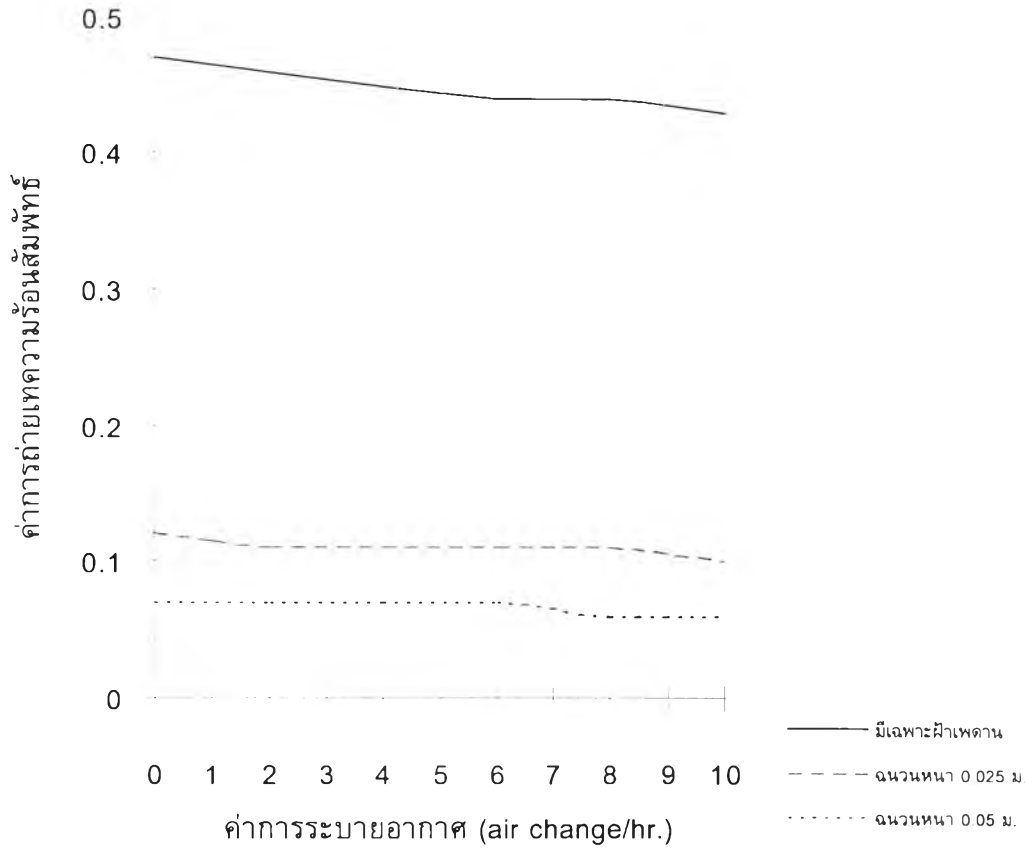
รูปที่ 5.8 แสดงค่าการถ่ายเทความร้อนสัมพัทธ์ของหลังคาเรียบที่ค่าความหนาฉนวนต่าง ๆ ที่อุณหภูมิภายในอาคาร 25°C ฉนวนติดใต้พื้นผิวด้านในของหลังคา



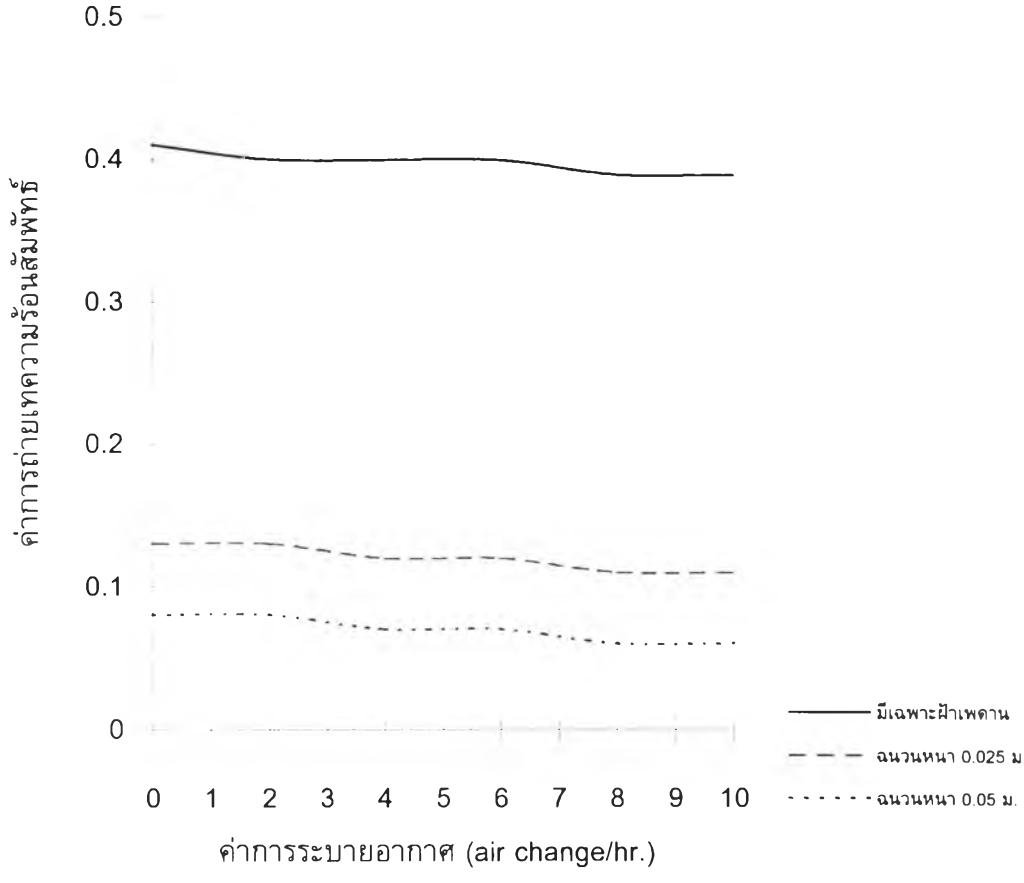
รูปที่ 5.9 แสดงค่าการถ่ายเทความร้อนสัมพัทธ์ที่ค่าสภาพการสะท้อนความร้อนต่างๆ ของผิวด้านนอกของหลังคาหน้าจั่ว ที่อุณหภูมิภายในอาคาร 25°C ฉนวนติดตั้งเหนือฝ้าเพดาน



รูปที่ 5.10 แสดงค่าการถ่ายเทความร้อนสัมพัทธ์
ที่ค่าสภาพการสะท้อนความร้อนต่างๆ
ของผิวด้านนอกของหลังคาเรียบ
ที่อุณหภูมิภายในอาคาร 25°C
ฉนวนติดตั้งเหนือฝ้าเพดาน



รูปที่ 5.11 แสดงค่าการถ่ายเทความร้อนสัมพัทธ์
ที่ค่าการระบายอากาศต่างๆ
ของช่องว่างในฝ้าของหลังคาหน้าจั่ว
ที่อุณหภูมิภายในอาคาร 25°C
ฉนวนติดตั้งเหนือฝ้าเพดาน



รูปที่ 5.12 แสดงค่าการถ่ายเทความร้อนสัมพัทธ์ที่ค่าการระบายอากาศต่างๆ ของช่องว่างในฝ้าของหลังคาเรียบ ที่อุณหภูมิภายในอาคาร 25°C ฉนวนติดตั้งเหนือฝ้าเพดาน

5.2 การอภิปรายผลการศึกษา

ค่าการถ่ายเทความร้อนสัมพัทธ์ที่แสดงในกราฟเป็นค่าของอัตราส่วนของปริมาณความร้อนที่ถ่ายเทผ่านระบบหลังคาภายใต้มาตราการลดความร้อนต่อปริมาณความร้อนที่ถ่ายเทผ่านระบบหลังคาที่สภาวะทั่วไปของแบบจำลองหลังคาที่กำหนดขึ้น หากค่าการถ่ายเทความร้อนสัมพัทธ์มีค่าน้อยแสดงว่ามาตรการลดความร้อนมีประสิทธิภาพสูง หากค่าการถ่ายเทความร้อนสัมพัทธ์มีค่ามากแสดงว่ามาตรการลดความร้อนมีประสิทธิภาพต่ำ ส่วนเวลาที่ทำการศึกษาอยู่ในช่วง 6.00-18.00 นาฬิกา ทั้งนี้เนื่องจากการวิจัยมีจุดมุ่งหมายที่จะลดปริมาณความร้อนที่ถ่ายเทผ่านระบบหลังคาอาคารที่มีผลมาจากแสงแดดเป็นหลัก โดยค่าความเข้มของรังสีความร้อนจากแสงแดดที่ใช้คำนวณในโปรแกรมคอมพิวเตอร์เป็นข้อมูลจากกรมอุตุนิยมวิทยา สำหรับตัวอย่างสารที่ใช้ฉาบเพื่อสะท้อนรังสีความร้อนได้แก่ สีสะท้อนแสงสีขาวมีค่าสภาพการสะท้อนรังสีความร้อนเท่ากับ 0.64 สีสะท้อนแสงสีเงินมีค่าสภาพการสะท้อนรังสีความร้อนเท่ากับ 0.82 เป็นต้น

รูปที่ 5.1 แสดงค่าการถ่ายเทความร้อนสัมพัทธ์ของหลังคาหน้าจั่วที่ค่าสภาพการสะท้อนรังสีความร้อนต่างๆของหลังคาด้านนอก ที่อุณหภูมิภายในอาคาร 25°C พบว่าการลดการถ่ายเทความร้อนผ่านหลังคาหน้าจั่วด้วยการฉาบสารสะท้อนรังสีความร้อนที่ผิวด้านนอกของหลังคาจะได้ผลดีในช่วงเวลา 8.00-17.00 นาฬิกา โดยผิวหลังคาที่มีค่าสภาพการสะท้อนรังสีความร้อนสูงจะช่วยลดการถ่ายเทความร้อนได้ดีกว่าผิวหลังคาที่มีค่าสภาพการสะท้อนรังสีความร้อนต่ำ และมีค่าเฉลี่ยการถ่ายเทความร้อนสัมพัทธ์ที่ค่าสภาพการสะท้อนรังสีความร้อนเท่ากับ 0.9 มีค่าเท่ากับ 0.48

รูปที่ 5.2 แสดงค่าการถ่ายเทความร้อนสัมพัทธ์ของหลังคาเรียบที่ค่าสภาพการสะท้อนรังสีความร้อนต่างๆของหลังคาด้านนอก ที่อุณหภูมิภายในอาคาร 25°C พบว่าการลดการถ่ายเทความร้อนผ่านหลังคาเรียบด้วยการฉาบสารสะท้อนรังสีความร้อนที่ผิวด้านนอกของหลังคาจะได้ผลดีในช่วงเวลา 8.00-18.00 นาฬิกา โดยค่าการถ่ายเทความร้อนสัมพัทธ์ที่เวลา 18.00 นาฬิกา ควรลู่เข้าหาค่า 1 เนื่องจากความร้อนจากแสงแดดมีค่าเกือบเป็นศูนย์ แต่ปรากฏว่ายังคงมีค่าคงที่ ทั้งนี้เนื่องจากมวลของหลังคาเรียบมีค่ามาก ค่าการสะสมความร้อนจึงมีค่ามาก ทำให้ในช่วงเวลา 18.00 นาฬิกา มีการถ่ายเทความร้อนจากความร้อนที่สะสมทำให้ค่าการถ่ายเทความร้อนสัมพัทธ์ไม่ลู่เข้าสู่ค่า 1 และมีค่าเฉลี่ยการถ่ายเทความร้อนสัมพัทธ์ที่ค่าสภาพการสะท้อนรังสีความร้อนเท่ากับ 0.9 มีค่าเท่ากับ 0.58

รูปที่ 5.3 แสดงค่าการถ่ายเทความร้อนสัมพัทธ์ของหลังคาหน้าจั่วที่ค่าการระบายอากาศต่างๆของช่องว่างภายในฝ้า ที่อุณหภูมิภายในอาคาร 25°C พบว่าค่าการถ่ายเทความร้อนสัมพัทธ์ของหลังคาหน้าจั่วที่ค่าการระบายอากาศต่างๆมีค่าค่อนข้างคงที่ไม่ขึ้นกับเวลา และมีค่าเฉลี่ยการถ่ายเทความร้อนสัมพัทธ์ที่ค่าการระบายอากาศเท่ากับ 10 air change/hr. มีค่าเท่ากับ 0.42

รูปที่ 5.4 แสดงค่าการถ่ายเทความร้อนสัมพัทธ์ของหลังคาเรียบที่ค่าการระบายอากาศต่างๆของช่องว่างภายในฝ้า ที่อุณหภูมิภายในอาคาร 25°C พบว่าการลดการถ่ายเทความร้อนผ่านหลังคาเรียบด้วยการระบายอากาศได้ผลดีในช่วงเวลา 8.00-18.00 นาฬิกาโดยในช่วงเวลา 6.00-8.00 นาฬิกา การลดการถ่ายเทความร้อนผ่านหลังคาเรียบด้วยการระบายอากาศได้ผลน้อย เนื่องจากหลังคาเรียบมีมวลมากจึงเกิดการสะสมความร้อนมากในช่วงเริ่มแรกค่าการถ่ายเทความร้อนสัมพัทธ์จึงมีค่าสูง และมีค่าเฉลี่ยการถ่ายเทความร้อนสัมพัทธ์ที่ค่าการระบายอากาศเท่ากับ 10 air change/hr. มีค่าเท่ากับ 0.37

รูปที่ 5.5 แสดงค่าการถ่ายเทความร้อนสัมพัทธ์ของหลังคาหน้าจั่วที่ค่าความหนาฉนวนต่างๆ ที่อุณหภูมิภายในอาคาร 25°C ฉนวนติดตั้งเหนือฝ้า พบว่าการลดการถ่ายเทความร้อนด้วยการติดตั้งฉนวนกันความร้อนเหนือฝ้าทำให้ค่าการถ่ายเทความร้อนสัมพัทธ์ของหลังคาหน้าจั่วมีค่าค่อนข้างคงที่ไม่ขึ้นกับเวลา และมีค่าเฉลี่ยการถ่ายเทความร้อนสัมพัทธ์ที่ค่าฉนวนหนาเท่ากับ 0.05 ม. มีค่าเท่ากับ 0.08

รูปที่ 5.6 แสดงค่าการถ่ายเทความร้อนสัมพัทธ์ของหลังคาเรียบที่ค่าความหนาฉนวนต่างๆ ที่อุณหภูมิภายในอาคาร 25°C ฉนวนติดตั้งเหนือฝ้า พบว่าการลดการถ่ายเทความร้อนด้วยการติดตั้งฉนวนกันความร้อนเหนือฝ้าได้ผลดีในช่วงเวลา 8.00-18.00 นาฬิกา โดยในช่วงเวลา 6.00-8.00 นาฬิกา การลดการถ่ายเทความร้อนด้วยการติดตั้งฉนวนกันความร้อนได้ผลน้อย เนื่องจากหลังคาเรียบมีมวลมากจึงเกิดการสะสมความร้อนมากในช่วงเริ่มแรกค่าการถ่ายเทความร้อนสัมพัทธ์จึงมีค่าสูง และมีค่าเฉลี่ยการถ่ายเทความร้อนสัมพัทธ์ที่ค่าฉนวนหนาเท่ากับ 0.05 ม. มีค่าเท่ากับ 0.11

รูปที่ 5.7 แสดงค่าการถ่ายเทความร้อนสัมพัทธ์ของหลังคาหน้าจั่วที่ค่าความหนาฉนวนต่างๆ ที่อุณหภูมิภายในอาคาร 25°C ฉนวนติดใต้พื้นผิวด้านในของหลังคา พบว่าการลดการถ่ายเทความร้อนด้วยการติดตั้งฉนวนกันความร้อนใต้พื้นผิวด้านในของหลังคา ทำให้ค่าการถ่ายเทความร้อนสัมพัทธ์ของหลังคาหน้าจั่วมีค่าค่อนข้างคงที่ไม่ขึ้นกับเวลา และมีค่าเฉลี่ยการถ่ายเทความร้อนสัมพัทธ์ที่ค่าฉนวนหนาเท่ากับ 0.05 ม. มีค่าเท่ากับ 0.10

รูปที่ 5.8 แสดงค่าการถ่ายเทความร้อนสัมพัทธ์ของหลังคาเรียบที่ค่าความหนาฉนวนต่างๆ ที่อุณหภูมิภายในอาคาร 25°C ฉนวนติดใต้พื้นผิวด้านในของหลังคา พบว่าการลดการถ่ายเทความร้อนด้วยการติดตั้งฉนวนกันความร้อนใต้พื้นผิวด้านในของหลังคาได้ผลดีในช่วงเวลา 8.00-18.00 นาฬิกา โดยในช่วงเวลา 6.00-8.00 นาฬิกา การลดการถ่ายเทความร้อนด้วยการติดตั้งฉนวนกันความร้อนใต้พื้นผิวด้านในของหลังคาได้ผลน้อย เนื่องจากหลังคาเรียบมีมวลมากจึงเกิดการสะสมความร้อนมากในช่วงเริ่มแรกค่าการถ่ายเทความร้อนสัมพัทธ์จึงมีค่าสูง และมีค่าเฉลี่ยการถ่ายเทความร้อนสัมพัทธ์ที่ค่าฉนวนหนาเท่ากับ 0.05 ม. มีค่าเท่ากับ 0.12

รูปที่ 5.9-5.10 แสดงค่าการถ่ายเทความร้อนสัมพัทธ์ที่ค่าสภาพการสะท้อนความร้อนต่างๆของผิวด้านนอกของหลังคาหน้าจั่วและหลังคาเรียบที่อุณหภูมิภายในอาคาร 25°C และฉนวนติดตั้งเหนือฝ้าเพดาน พบว่าค่าการถ่ายเทความร้อนสัมพัทธ์ของหลังคาแปรผกผันเชิง

เส้นกับค่าสภาพการสะท้อนความร้อนของผิวหลังคาด้านนอกและค่าความหนาของฉนวน การฉาบสารเพิ่มสภาพการสะท้อนรังสีความร้อนได้ผลดีในกรณีที่ไม่มีฉนวนเหนือฝ้าเพดาน

รูปที่ 5.11-5.12 แสดงค่าการถ่ายเทความร้อนสัมพัทธ์ที่ค่าการระบายอากาศต่างๆของช่องว่างภายในฝ้าของหลังคาหน้าจั่วและหลังคาเรียบที่อุณหภูมิภายในอาคาร $25^{\circ}C$ และฉนวนติดตั้งเหนือฝ้าเพดาน พบว่าค่าการถ่ายเทความร้อนสัมพัทธ์ของหลังคาที่ค่าการระบายอากาศต่างๆ มีค่าค่อนข้างคงที่ การเปลี่ยนแปลงค่าปริมาณอากาศที่ใช้ระบายความร้อนมีผลต่อค่าการถ่ายเทความร้อนสัมพัทธ์น้อย เนื่องจากค่ามวลของอากาศใช้ในการคำนวณเพียงสมการเดียวในระบบสมการทั้งหมดและการกำหนดให้อุณหภูมิของอากาศภายในช่องว่างมีค่าสม่ำเสมอเพียงค่าเดียว ดังนั้นการเปลี่ยนแปลงค่าของมวลอากาศที่ใช้ระบายความร้อนจึงมีผลน้อยกับผลลัพธ์ของระบบสมการรวม

5.3 สรุปผลการศึกษา

มาตราการลดความร้อนในหัวข้อที่ทำการศึกษาที่ได้ผลดีที่สุดคือ การติดตั้งฝ้าเพดานแล้วปูด้วยฉนวนกันความร้อนเหนือฝ้า รองลงมาคือการติดตั้งฝ้าเพดานแล้วติดฉนวนกันความร้อนใต้พื้นผิวด้านในของหลังคา การติดตั้งฝ้าเพดานแล้วระบายอากาศเหนือฝ้า และการฉาบสารสะท้อนรังสีความร้อนที่ผิวด้านนอกของหลังคา ตามลำดับ

5.4 ข้อเสนอแนะ

ข้อเสนอแนะที่จะช่วยให้งานวิจัยสมบูรณ์ยิ่งขึ้นมีดังนี้

1. ทำการทดลองโดยสร้างแบบจำลองและทำการวัดค่าอุณหภูมิและปริมาณการถ่ายเทความร้อนที่เกิดขึ้นจริงแล้วเปรียบเทียบค่าที่ได้จากการทดลองกับค่าที่คำนวณได้จากโปรแกรมคอมพิวเตอร์
2. จัดทำโปรแกรมคอมพิวเตอร์เพิ่มเติมในส่วนผนังอาคารเพื่อให้โปรแกรมครอบคลุมทั้งส่วนที่เป็นหลังคาและผนังอาคาร
3. ทำการวิเคราะห์เพิ่มเติม โดยเพิ่มชนิดของฉนวนที่ทำการศึกษาให้มากชนิดยิ่งขึ้น