

การศึกษาการกระจายอุณหภูมิภายในห้องที่ใช้ระบบทำความเย็นแบบแผ่รังสีจากพื้น Temperature Distribution of Radiant floor Cooling System

อุรุพงษ์ ลัทธिसองเนิน, อุन्नัต พินโสภณ, จินดา เจริญพรพาณิชย์, จักรกริช จึงศิริวัฒนา
ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ถนนฉลองกรุง เขตลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร 10520
โทร 0-2326-4197 โทรสาร 0-2326-4198 E-mail: kchchind@kmitl.ac.th

Urupong Latthisoongnern, Unnat Pinsopol, Chinda Charoenphonphanich, Jakcrit Jungsiriwattana
Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering,
King Mongkut's University of Technology Ladkrabang Chalongsong Rd. Ladkrabang Bangkok 10520 Thailand
Tel: 0-2326-4197 Fax: 0-2326-4198 E-mail: kchchind@kmitl.ac.th

บทคัดย่อ

ภายในห้องปรับอากาศต้องการการกระจายอุณหภูมิอย่างทั่วถึงและเหมาะสม ทั้งนี้เพื่อให้เกิดความสบายแก่ผู้อยู่อาศัย ระบบการทำความเย็นแบบแผ่รังสีเป็นหลักการที่นำมาใช้สำหรับระบบปรับอากาศ โดยจะใช้การแผ่รังสีความร้อนจากผนัง พื้น หรือเพดาน ในการทำความเย็น โดยเฉพาะเมื่อทำการปรับอากาศด้วยระบบทำความเย็นแบบแผ่รังสี ซึ่งมีลักษณะเฉพาะของการทำงานของระบบที่สามารถทำให้เกิดการกระจายอุณหภูมิได้อย่างสม่ำเสมอ งานวิจัยนี้จะนำเสนอเกี่ยวกับผลการทดลองการกระจายอุณหภูมิทั้งอุณหภูมิอากาศและอุณหภูมิโอเปอเรทีฟภายในห้องทดสอบ ซึ่งใช้ระบบทำความเย็นแบบแผ่รังสีจากพื้น

Abstract

An appropriate temperature distribution in the air-conditioned room is required in order to provide thermal comfort to occupants. The radiant cooling system is used as air conditioning system which heat is absorbed to the walls, floor, or ceiling by radiation. The unique characteristic of radiant cooling system is a regular temperature distribution. The purpose of this paper is to analyze air temperature and operative temperature distribution in a radiant floor cooling room.

1. บทนำ

ปัจจุบันมีความต้องการการปรับอากาศเพิ่มมากขึ้น ดังนั้นพลังงานที่ต้องใช้เพื่อการปรับอากาศจึงเพิ่มขึ้นด้วย จึงเกิดการคิดค้นวิธีการ

ต่างๆเพื่อลดการใช้พลังงานลง เช่นการออกแบบอุปกรณ์ที่ประสิทธิภาพสูงขึ้นแต่สามารถประหยัดการใช้พลังงาน รวมทั้งหลักการของระบบปรับอากาศแบบใหม่เพื่อประหยัดพลังงาน ระบบปรับอากาศแบบแผ่รังสีจึงเป็นหลักการหนึ่งที่ได้รับค่านิยมใช้กันมากขึ้น เนื่องจากเหตุผลในด้านการอนุรักษ์พลังงาน และยังสามารถลดค่าใช้จ่ายในการทำงานเนื่องจากขนาดของอุปกรณ์ต่างๆที่ใช้เล็กลงเมื่อเทียบกับระบบปรับอากาศอื่นที่ภาระทำความเย็นเท่ากัน [1] รวมทั้งสามารถลดค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษาเนื่องจากลักษณะเฉพาะของระบบเป็นระบบปิด แต่เนื่องจากระบบแผ่รังสีนี้ไม่สามารถควบคุมความชื้นในอากาศหรือความร้อนแฝง (Latent Heat) ได้ ในการทำงานจึงต้องเป็นระบบผสม ที่จะทำงานร่วมกับระบบปรับอากาศที่ใช้การเป่าลมเย็นเพื่อการปรับอากาศ (Fan Coil Unit) ซึ่งจะใช้ในการควบคุมความชื้นภายในห้อง

ระบบทำความเย็นแบบแผ่รังสีจากพื้น (Radiant Floor Cooling, RFC) จะใช้การฝังท่อทำความเย็นไว้ในพื้นคอนกรีต โดยที่บริเวณพื้นซึ่งมีอุณหภูมิต่ำจะเกิดจากการแผ่รังสีความร้อนและจะเกิดขึ้นอย่างสม่ำเสมอทั่วทั้งพื้นผิวที่มีการฝังท่อทำความเย็น ซึ่งในประเทศไทยมีการใช้งานเป็นแห่งแรกที่สนามบินสุวรรณภูมิ โดยจะทำการฝังท่อทำความเย็นในโครงสร้างส่วนพื้นของอาคาร เพื่อให้ทำความเย็นไหลไปตามวงจรถอยหลัง ซึ่งจะเกิดการถ่ายเทความร้อนระหว่างพื้นและอากาศที่อยู่เหนือพื้นนั้นๆ และโดยเฉพาะกับพื้นที่ที่ต้องรับภาระจากแสงอาทิตย์โดยตรง ระบบทำความเย็นแบบแผ่รังสีความร้อนจากพื้นจะมีประสิทธิภาพสูงขึ้น กล่าวคือสามารถถ่ายเทความร้อนที่เกิดขึ้นด้วยการส่งผ่านความร้อนที่เกิดขึ้นไปกับน้ำซึ่งเป็นตัวกลางในการพาความร้อน โดยอาศัยสมบัติการพาความร้อนของน้ำที่สูงกว่าของอากาศจึงทำให้สามารถประหยัดพลังงานที่ใช้ในการทำความเย็นได้ และข้อดีอีกอย่างก็คือสามารถทำความเย็นได้สม่ำเสมอทั่วทั้งพื้นที่ที่มีการฝังท่อทำความเย็นไว้

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาการกระจายอุณหภูมิอากาศ และอุณหภูมิโอเปอเรทีฟ (Operative Temperature) ภายในห้องปรับอากาศที่ใช้ระบบทำความเย็นแบบแผ่รังสีจากพื้น เมื่อห้องทดสอบได้รับภาระจากแสงอาทิตย์โดยตรง ซึ่งมีผลต่ออุณหภูมิอากาศ อุณหภูมิพื้นและความชื้นภายในห้อง โดยจะนำค่าการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิต่างๆที่วัดได้จากห้องทดลองมาวิเคราะห์

2. หลักความสบาย

การปรับอากาศเพื่อความสบายมีจุดประสงค์เพื่อปรับภาวะอากาศให้ร่างกายมนุษย์สามารถถ่ายเทความร้อนออกจากร่างกายในปริมาณที่เหมาะสมกับกระบวนการทำงานภายในร่างกาย ทำให้ร่างกายสามารถควบคุมอุณหภูมิให้คงที่ที่ประมาณ 37 องศาเซลเซียส ได้โดยง่าย ซึ่งจะทำให้เกิดความสบายในที่สุด โดยที่การถ่ายเทความร้อนจะขึ้นกับความแตกต่างของอุณหภูมิ ครึ่งหนึ่งของความร้อนที่ออกจากร่างกายจะถูกปล่อยออกโดยการหายใจในรูปของความร้อนแฝง ขณะที่อีกครึ่งหนึ่งจะถูกปล่อยออกโดยการพาและการแผ่รังสีในรูปของความร้อนสัมผัส ถ้าเราพักผ่อนหรือทำงานในสำนักงานความร้อนส่วนใหญ่ จะถูกปล่อยออกมาในรูปของความร้อนสัมผัส แต่ถ้าเราทำงานหนักความร้อนส่วนใหญ่จะถูกปล่อยออกมาในรูปของความร้อนแฝง ร่างกายจะกำจัดความร้อนโดยให้เหงื่อออกมามากๆ ขณะที่เหงื่อเกิดการระเหย เหงื่อจะถ่ายเทความร้อนแฝงจากร่างกายและทำให้ร่างกายเย็นลง แต่การระบายความร้อนด้วยเหงื่อจะมีผลใดๆ ถ้าความชื้นสัมพัทธ์ของสภาวะแวดล้อมมีค่าใกล้เคียง 100% และปัจจัยสำคัญอีกประการที่มีผลต่อความรู้สึกสบายของคนคือการถ่ายเทความร้อนโดยการแผ่รังสีความร้อนระหว่างร่างกายกับพื้นผิวที่อยู่รอบๆ เช่นผนังและหน้าต่าง

ดังนั้นปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อความรู้สึกสบายของร่างกายของมนุษย์คือ เสื้อผ้าที่สวมใส่ ระดับของกิจกรรม อุณหภูมิอากาศ อุณหภูมิการแผ่รังสีเฉลี่ย ความชื้นสัมพัทธ์ และการเคลื่อนที่ของอากาศ อุณหภูมิอากาศภายในห้องจะเป็นเครื่องบ่งชี้ที่สำคัญที่สุดของความรู้สึกสบาย คนส่วนใหญ่จะรู้สึกสบายถ้าอุณหภูมิอากาศอยู่ระหว่าง 22-27 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์จะมีผลต่อปริมาณของความร้อนของร่างกายที่จะสามารถระบายออกได้โดยการระเหย ซึ่งค่าความชื้นสัมพัทธ์ที่เหมาะสมจะอยู่ในช่วง 30-70%RH การเคลื่อนที่ของอากาศก็มีความสำคัญต่อความรู้สึกที่สบายของคนเรา ทั้งนี้เนื่องจากการเคลื่อนที่ของอากาศเป็นการเพิ่มการคายความร้อนออกโดยกลไกทั้งการพาและการระเหย การเคลื่อนที่ของอากาศควรจะมีแรงพอที่จะกำจัดความร้อนและความชื้นออกจากบริเวณร่างกาย แต่ก็ไม่ควรที่จะรุนแรงเกินไป การเคลื่อนที่ของอากาศที่ความเร็วสูงมากเกินไป จะทำให้ร่างกายรู้สึกไม่สบาย ดังนั้นเพื่อความรู้สึกความเร็วของอากาศควรมีค่าประมาณ 0.1-0.3 เมตรต่อวินาที นอกจากนี้ปัจจัยสำคัญอื่นๆ ที่มีผลต่อความรู้สึกสบายของคนคืออุณหภูมิพื้นซึ่งไม่ควรสูงหรือต่ำจนเกินไป โดยตามมาตรฐานสากล (ASHRAE 1992; ISO 1994) ควรอยู่ในช่วง 18-19 องศาเซลเซียสซึ่งจะถือเป็นข้อจำกัดของระบบการทำความเย็นแบบแผ่รังสีจากพื้น [2]

เนื่องจากความสบายคือจุดมุ่งหมายของการปรับอากาศ ดังนั้นระบบทำความเย็นแบบแผ่รังสีจากพื้นจึงพยายามที่จะควบคุมสภาวะต่างๆให้ผู้อยู่อาศัยเกิดความรู้สึกสบายที่สุด โดยภายในห้องทดสอบจะควบคุมอุณหภูมิห้องที่ประมาณ 24 องศาเซลเซียส อุณหภูมิพื้นไม่ให้ต่ำกว่า 19 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ที่ประมาณ 55 %RH และความเร็วอากาศระหว่าง 0.1-0.3 เมตรต่อวินาที

3. ทฤษฎี

การใช้อุณหภูมิอากาศอย่างเดียวในการวัดความสบายของคนที่อยู่ในห้องปรับอากาศนั้นยังไม่ดีพอ เนื่องจากอุณหภูมิอากาศไม่ได้หมายถึงรวมถึงการสูญเสียความร้อนที่เกิดจากการแลกเปลี่ยนความร้อนโดยการแผ่รังสีกับผนัง หน้าต่างหรือระบบแผ่รังสีความร้อนต่างๆ และสำหรับอุณหภูมิการแผ่รังสีเฉลี่ยก็เช่นเดียวกัน ซึ่งไม่ได้รวมถึงผลกระทบที่เกิดจากอากาศที่แวดล้อม ดังนั้นอุณหภูมิโอเปอเรทีฟจึงเป็นสิ่งที่บ่งชี้ถึงความสบายได้ดีที่สุด

อุณหภูมิโอเปอเรทีฟ (Operative Temperature) คือการรวมอุณหภูมิอากาศและอุณหภูมิการแผ่รังสีเข้าด้วยกัน ซึ่งนิยมใช้ในการวัดการตอบสนองของร่างกายในการแลกเปลี่ยนพลังงานความร้อนโดยการพาและการแผ่รังสีความร้อน ซึ่งในทางกายภาพจะหมายถึงอุณหภูมิที่มนุษย์รู้สึกได้จากสิ่งแวดล้อมรอบๆตัวที่มักกระทำเนื่องจากการพาและการแผ่รังสีความร้อน [4]

อุณหภูมิโอเปอเรทีฟ (T_{op}) สามารถคำนวณได้จากอุณหภูมิอากาศ (T_{air}) และอุณหภูมิการแผ่รังสีเฉลี่ย (Mean Radiant Temperature, T_{MRT}) ดังสมการที่ 1.

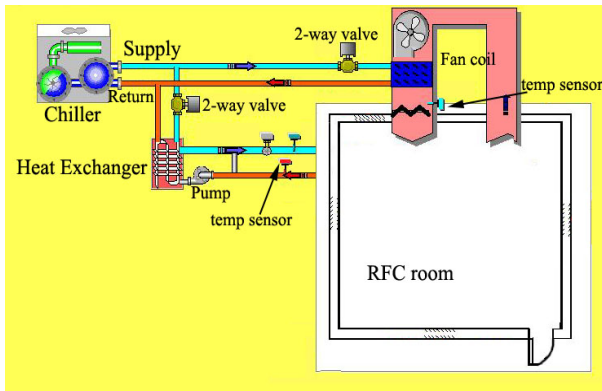
$$T_{op} = \frac{h_r T_{MRT} + h_c T_{air}}{h_r + h_c} \quad (1)$$

เมื่อ h_r และ h_c คือค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนโดยการแผ่รังสีและการพาความร้อน ตามลำดับ

อย่างไรก็ตาม ในกรณีที่ความเร็วของอากาศต่ำมาก (น้อยกว่า 0.4 เมตรต่อวินาที) และค่าอุณหภูมิการแผ่รังสีเฉลี่ยน้อยกว่า 50 องศาเซลเซียส อุณหภูมิโอเปอเรทีฟจะสามารถประมาณค่าได้จากค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิอากาศและอุณหภูมิการแผ่รังสีเฉลี่ย

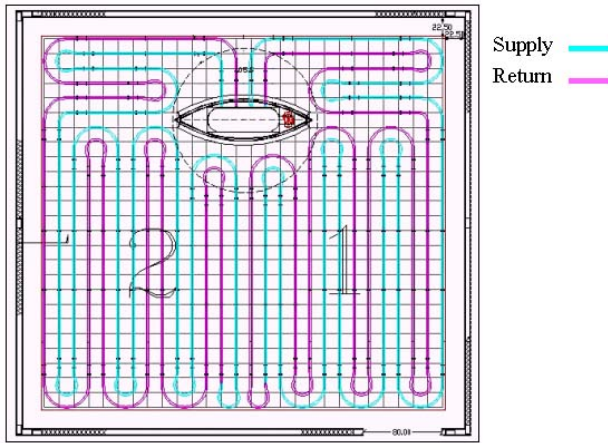
4. ห้องทดสอบ

ห้องทดสอบเป็นการจำลองระบบการทำความเย็นภายในอาคารขนาดใหญ่ซึ่งได้รับการออกแบบให้พื้นของห้องต้องรับภาระจากแสงอาทิตย์โดยตรง โดยมีขนาดความกว้างประมาณ 4.5 เมตร ยาว 4.3 เมตร และสูงประมาณ 2.7 เมตร มีพื้นที่ในการทำความเย็นประมาณ 19.8 ตารางเมตร ประกอบด้วยหลังคากระจก ท่อน้ำ 2 ชุด ความยาวชุดละ 120 เมตร(ดังรูปที่ 2)และชุดคอยล์เย็น รวมทั้งติดตั้งอุปกรณ์วัดอุณหภูมิและความชื้นภายในและภายนอกห้อง ในการจำลองการแผ่รังสีของดวงอาทิตย์จะใช้หลอดไฟที่ติดตั้งอยู่เหนือห้องทดสอบ



รูปที่ 1 แผนผังการทำงานของระบบในห้องทดสอบ

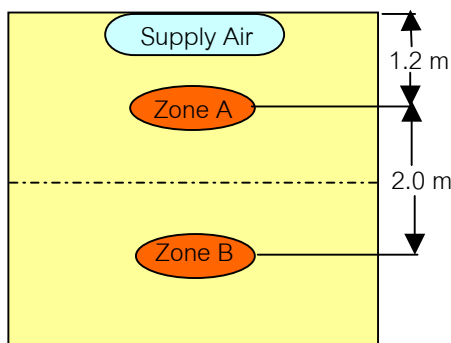
จากรูปที่ 1 จะแสดงถึงการทำงานของระบบ น้ำเย็นที่ได้จากเครื่องทำน้ำเย็นจะถูกแบ่งเป็น 2 ส่วนคือ ส่วนแรกจะถูกส่งไปที่คอยล์เย็น และน้ำเย็นอีกส่วนจะถูกส่งไปที่เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนเพื่อถ่ายเทความร้อนกับน้ำที่ไหลวนอยู่ในวงจรท่อที่ฝังไว้ในพื้นของห้อง โดยน้ำเย็นทั้งสองส่วนจะผ่านทวี่วาล์วซึ่งใช้ในการปรับอัตราการไหล



รูปที่ 2 แสดงลักษณะการวางท่อน้ำใต้พื้นห้องทดสอบ

5. การทดสอบและผลการทดสอบ

การทดสอบการกระจายอุณหภูมิภายในห้องทดสอบจะแบ่งเป็น 2 ส่วนคือ การกระจายอุณหภูมิอากาศและการกระจายอุณหภูมิโอเปอเรทีฟ ซึ่งในแต่ละส่วนจะทำการทดสอบใน 5 เงื่อนไขคือ กรณีที่ไม่มีภาระจากแสงอาทิตย์และกรณีที่รับภาระจากแสงอาทิตย์ 20, 30, 40 และ 50 วัตต์ต่อตารางเมตร โดยในการทดสอบจะแบ่งเป็น 2 โซน (ดังรูปที่ 3) ซึ่งในแต่ละโซนจะทำการวัดอุณหภูมิที่ระดับความสูงต่างกัน 3 ระดับ คือ 10, 110 และ 170 เซนติเมตร ซึ่งได้ผลการทดสอบดังนี้



รูปที่ 3 แสดงพื้นที่ในการวัดการกระจายอุณหภูมิ

ตารางที่ 1. ผลการทดสอบการกระจายอุณหภูมิกรณีไม่มีภาระจากแสงอาทิตย์

	Mean Radiant Temperature		Air Temperature		Operive Temperature	
	Zone A	Zone B	Zone A	Zone B	Zone A	Zone B
Level 3	25.6	26.0	25.7	25.7	25.7	25.8
Level 2	25.0	25.1	24.6	24.5	24.8	24.8
Level 1	24.1	24.1	22.5	23.0	23.3	23.6
Average	24.9	25.1	24.3	24.4	24.6	24.7

ตารางที่ 2. ผลการทดสอบการกระจายอุณหภูมิกรณีได้รับภาระจากแสงอาทิตย์ 20 วัตต์ต่อตารางเมตร

	Mean Radiant Temperature		Air Temperature		Operive Temperature	
	Zone A	Zone B	Zone A	Zone B	Zone A	Zone B
Level 3	28.7	28.4	26.4	26.6	27.6	27.5
Level 2	27.1	27.7	24.8	24.8	26.0	29.1
Level 1	24.6	25.2	22.4	23.3	23.5	26.0
Average	26.8	27.1	24.5	24.9	25.7	27.6

ตารางที่ 3. ผลการทดสอบการกระจายอุณหภูมิกรณีได้รับภาระจากแสงอาทิตย์ 30 วัตต์ต่อตารางเมตร

	Mean Radiant Temperature		Air Temperature		Operive Temperature	
	Zone A	Zone B	Zone A	Zone B	Zone A	Zone B
Level 3	29.6	30.4	26.6	26.9	28.1	28.7
Level 2	27.9	28.7	24.9	24.9	26.4	29.1
Level 1	24.9	26.2	21.9	23.4	23.4	26.0
Average	27.5	28.4	24.5	25.1	26.0	27.9

ตารางที่ 4. ผลการทดสอบการกระจายอุณหภูมิกรณีได้รับภาระจากแสงอาทิตย์ 40 วัตต์ต่อตารางเมตร

	Mean Radiant Temperature		Air Temperature		Operive Temperature	
	Zone A	Zone B	Zone A	Zone B	Zone A	Zone B
Level 3	31.0	31.1	27.0	27.3	29.0	29.2
Level 2	28.8	29.3	25.0	25.0	26.9	29.1
Level 1	24.8	26.9	21.7	23.0	23.3	26.0
Average	28.2	29.1	24.6	25.1	26.4	28.1

ตารางที่ 5. ผลการทดสอบการกระจายอุณหภูมิกรณีได้รับภาระจากแสงอาทิตย์ 50 วัตต์ต่อตารางเมตร

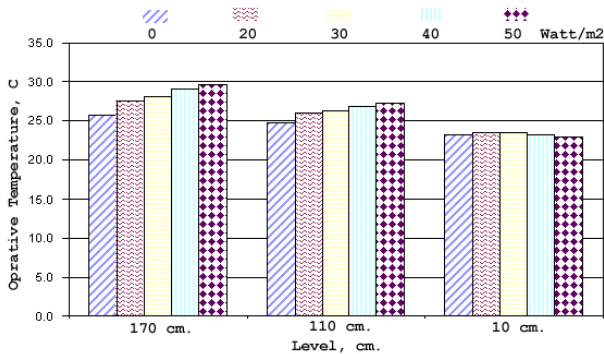
	Mean Radiant Temperature		Air Temperature		Operive Temperature	
	Zone A	Zone B	Zone A	Zone B	Zone A	Zone B
Level 3	31.8	32.2	27.6	27.9	29.7	30.1
Level 2	29.5	30.1	25.2	25.5	27.4	29.1
Level 1	25.0	27.0	21.0	23.1	23.0	26.0
Average	28.8	29.8	24.6	25.5	26.7	28.4

จากการทดสอบในทุกๆกรณี พบว่าการควบคุมอุณหภูมิห้องที่ประมาณ 24 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิพื้นที่ 19 องศาเซลเซียส ระบบสามารถทำได้ใกล้เคียง กล่าวคือจะมีอุณหภูมิห้องเฉลี่ยประมาณ 24.5 องศาเซลเซียสและอุณหภูมิพื้นมีค่าประมาณ 19.2 - 20.5 องศาเซลเซียส

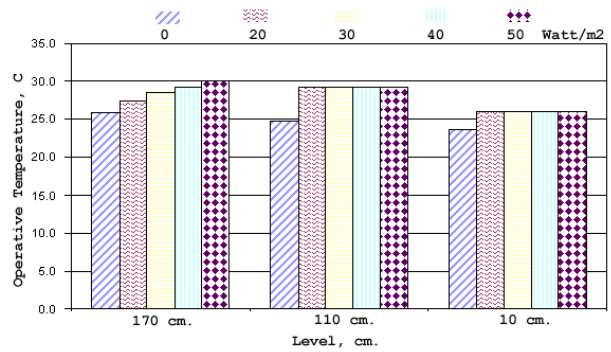
ในกรณีที่ไม่มีภาระจากการแผ่รังสีของดวงอาทิตย์ การกระจายอุณหภูมิอากาศและอุณหภูมิการแผ่รังสีเฉลี่ยจะมีค่าเท่ากันในทุกๆ ระดับความสูงของทั้งสองโซน รวมทั้งค่าอุณหภูมิโอเปอเรทีฟที่คำนวณได้จะมีค่าใกล้เคียงกันมากทั้งสองโซน โดยที่อุณหภูมิที่ระดับความสูงระดับเท้า(ระดับที่ 1)กับระดับศีรษะ(ระดับที่ 3) พบว่ามีค่าต่างกันประมาณ 2 องศาเซลเซียส

สำหรับกรณีที่ห้องได้รับการทำความร้อนจากการแผ่รังสีของดวงอาทิตย์ 20 วัตต์ต่อตารางเมตร พบว่าอุณหภูมิห้องเฉลี่ยจะมีค่าประมาณ 24.5 องศาเซลเซียส ในขณะที่พื้นมีอุณหภูมิประมาณ 19.4 องศาเซลเซียส และเมื่อทำการวัดอุณหภูมิการแผ่รังสีเฉลี่ยจะได้ค่าที่สูงขึ้น ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับกรณีที่ไม่มีภาระจากแสงอาทิตย์ จะพบว่าที่ระดับความสูงเท่าๆกัน จะมีค่าอุณหภูมิที่ต่างกันประมาณ 2-3 องศาเซลเซียส ทั้งนี้เกิดจากอิทธิพลของการแผ่รังสีความร้อนจากดวงอาทิตย์นั่นเอง ดังนั้นเมื่อทำการคำนวณค่าอุณหภูมิโอเปอเรทีฟ พบว่าค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิโอเปอเรทีฟของห้องมีค่าประมาณ 26.6 องศาเซลเซียส และเมื่อพิจารณาที่ระดับความสูงที่ต่างกัน (ระดับเท้ากับศีรษะ) จะมีค่าอุณหภูมิโอเปอเรทีฟที่ต่างกันเฉลี่ยประมาณ 3 องศาเซลเซียส ในขณะที่เมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิทั้งสองโซน พบว่าโซน B จะมีอุณหภูมิสูงกว่าโซน A ในทุกๆอุณหภูมิและทุกๆระดับความสูง แต่จะมีค่าความต่างไม่เกิน 1 องศาเซลเซียส อันเกิดจากความแตกต่างของระยะทางระหว่างหัวจ่ายลมเย็นกับจุดที่ทำการวัดอุณหภูมิจุดต่างๆ

ดังนั้นเมื่อพิจารณากรณีที่ห้องได้รับการทำความร้อนจากการแผ่รังสีของดวงอาทิตย์ 20, 30, 40 และ 50 วัตต์ต่อตารางเมตร พบว่าผลของภาระความร้อนจากการแผ่รังสีของดวงอาทิตย์มีอิทธิพลต่ออุณหภูมิต่างๆภายในห้องทดสอบ โดยเฉพาะอย่างยิ่งกับอุณหภูมิการแผ่รังสีเฉลี่ยจะมีค่าสูงขึ้นมาก ซึ่งจะทำให้ค่าอุณหภูมิโอเปอเรทีฟที่คำนวณได้มีค่าสูงขึ้นมากด้วย ดังเห็นได้จากกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิโอเปอเรทีฟกับภาระความร้อนจากการแผ่รังสีของดวงอาทิตย์ในแต่ละโซนที่ระดับความสูงต่างๆกัน (ดังรูปที่ 4.และ 5.) พบว่าทุกๆภาระความร้อนที่ให้กับห้องทดสอบ อุณหภูมิอากาศภายในห้องจะมีค่าอยู่ประมาณ 24.5-25 องศาเซลเซียส ในขณะที่อุณหภูมิการแผ่รังสีเฉลี่ยมีค่าสูงขึ้นมาก ซึ่งทำให้ค่าอุณหภูมิโอเปอเรทีฟที่คำนวณได้มีค่าสูงขึ้น และเมื่อพิจารณาที่ระดับความสูงต่างกัน พบว่าอุณหภูมิโอเปอเรทีฟมีค่าสูงขึ้นตามระดับความสูงที่มากขึ้น



รูปที่ 4. กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิโอเปอเรทีฟกับภาระความร้อนจากการแผ่รังสีของดวงอาทิตย์บริเวณโซน A ที่ระดับความสูงต่างๆกัน



รูปที่ 5. กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิโอเปอเรทีฟกับภาระความร้อนจากการแผ่รังสีของดวงอาทิตย์บริเวณโซน B ที่ระดับความสูงต่างๆกัน

6. สรุป

จากผลการทดสอบพบว่า ในกรณีที่ไม่มีภาระจากแสงอาทิตย์ ค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิอากาศและอุณหภูมิการแผ่รังสีเฉลี่ยทั่วทั้งห้องมีค่าใกล้เคียงกัน ซึ่งทำให้คำนวณค่าอุณหภูมิโอเปอเรทีฟได้ใกล้เคียงกันด้วย และมีค่าเฉลี่ยประมาณ 24.5 องศาเซลเซียส แต่เมื่อพิจารณาที่ระดับความสูงระดับต่างๆกันจะมีค่าต่างกัน 1-2 องศาเซลเซียส ในขณะที่อุณหภูมิของทั้งสองโซนมีค่าใกล้เคียงกัน จึงถือได้ว่าการกระจายอุณหภูมิที่เหมาะสมซึ่งสามารถทำให้คนที่อาศัยอยู่ในห้องเกิดความรู้สึกสบาย สำหรับกรณีที่มีการแผ่รังสีของดวงอาทิตย์ จะทำให้อุณหภูมิต่างๆมีค่าสูงขึ้นแต่ก็ยังใกล้เคียงกัน กล่าวคือมีค่าความต่างกันระหว่างโซนประมาณ 2-3 องศาเซลเซียส ทั้งนี้เกิดจากระยะห่างจากหัวจ่ายลมเย็น รวมทั้งอุณหภูมิโอเปอเรทีฟที่มีค่าสูงขึ้น และเมื่อพิจารณาที่ระดับความสูงต่างกัน พบว่าที่ระดับความสูงที่สูงมากขึ้นจะมีอุณหภูมิสูงกว่าระดับที่ต่ำกว่า อันเกิดจากผลกระทบของการแผ่รังสีจากดวงอาทิตย์ที่ตกกระทบโดยตรงนั่นเอง

ดังนั้นภายในห้องปรับอากาศที่ใช้ระบบทำความเย็นแบบแผ่รังสีจากพื้นสามารถทำให้เกิดระดับความสบายแก่คนที่อาศัยอยู่ในห้องได้ดีกว่าและยังสามารถประหยัดพลังงานที่ใช้ในการทำความเย็นได้มากกว่าเมื่อเทียบกับระบบปรับอากาศทั่วไปที่ต้องรับภาระทำความเย็นเท่าๆกัน ทั้งนี้เนื่องจากการกระจายอุณหภูมิที่เกิดขึ้นอย่างสม่ำเสมอทั่วทั้งพื้นที่ที่มีการฝังท่อเอาไว้ ซึ่งจะทำให้พื้นที่นั้นๆเย็นสม่ำเสมอทั่วทั้งบริเวณ และสามารถทำให้อุณหภูมิอากาศที่อยู่เหนือพื้นที่ดังกล่าวในระดับต่างๆกันมีค่าใกล้เคียงกัน ซึ่งแสดงว่าสามารถควบคุมให้เกิดการกระจายตัวของอากาศได้อย่างสม่ำเสมอ รวมทั้งยังสามารถทำให้เกิดการแบ่งชั้นของอุณหภูมิได้ ซึ่งจะทำให้สามารถประหยัดพลังงานในการทำความเย็นได้ ด้วยการเลือกปรับอากาศเฉพาะพื้นที่ที่ใช้งานหรือระดับความสูงที่ต้องการได้ โดยที่ไม่ต้องใช้พลังงานในการปรับอากาศทั่วทั้งห้องเหมือนระบบปรับอากาศที่ใช้การเป่าลมเย็นเพียงอย่างเดียว

เอกสารอ้างอิง

- [1] Helmut Feustel. "Hydronic Radiant Cooling Systems", CBS Newsletter, 1994, pg.4
- [2] Olesen, B.W. "Possibility and limitations of Radiant Floor Cooling", ASHRAE Transactions, 1997, pp.103

- [3] Olesen, B.W. and Michel E. "Heat Exchange Coefficient Between Floor Surface and Space by Floor Cooling Theory or a Question of Definition" ASHRAE Transaction, 2000, pp.684
- [4] Richard D. Watson and Kirby S. Chapman, "Radiant Heating&Cooling Handbook", McGrawHill, 2002
- [5] Thomas H. Kuehn, James W. Ramsey and James L. Threlkeld, "Thermal Environmental Engineering 3rd", Prentice Hall, 1998