บทที่ 5

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

จากวัตถุประสงค์การวิจัย เพื่อศึกษาแนวทางการปรุงแต่งสภาวะน่าสบายโดยอาศัยอิทธิพลจากผิวสัมผัสดิน ได้แบ่งการศึกษาออกเป็น 2 ส่วน คือ

1. มวลสารดิน โดยเริ่มจากการศึกษาอิทธิพลของตัวแปรที่มีผลต่ออุณหภูมิดิน เพื่อเป็นแนวทางในการควบคุมอุณหภูมิดินให้คงที่และอยู่ใกล้สภาวะน่าสบายให้มากที่สุด และหาระดับความลึกและปริมาตรของดินสัมผัสผนังอาคารที่เหมาะสม โดยได้ทำการทดสอบตัวแปรที่มีผลต่ออุณหภูมิดินที่ระดับความลึกต่าง ๆ ได้แก่

   - ทดสอบความสัมพันธ์ระหว่างชนิดของดินกับความชื้นในดิน
   - ทดสอบความสัมพันธ์ระหว่างชนิดของดินกับสิ่งปกคลุมดิน
   - ทดสอบแนวทางการผสมผสานชนิดดินให้เหมาะสมกับระดับความลึก
   - หาความลึกและปริมาตรดินสัมผัสผิวอาคารที่เหมาะสม

2. วัสดุผิวอาคารสัมผัสดิน เป็นการศึกษาถึงวัสดุผิวอาคารที่สัมผัสดินที่เหมาะสม เพื่อเหนี่ยวนำอุณหภูมิดินซึ่งได้ปรุงแต่งแล้วเข้าสู่อาคาร หรือในทางกลับกัน จะถ่ายเทความร้อนภายในอาคารออกสู่ดิน (Heat Sink) ทางผิวสัมผัส ทั้งในสภาวะปกติหรือ ในสภาวะที่ภายในอาคารมีความร้อน
   - ทดสอบวัสดุโดยพิจารณาจากค่าความจุความร้อนจำเพาะ
   - ทดสอบคุณสมบัติการถ่ายเทความร้อนระหว่างผิววัสดุกับดิน
3. การนำไปประยุกต์ใช้ในอาคาร กรณีศึกษา อาคารจำลองโรงเรียนต้นแบบ

5.1 สรุปผลการวิจัย

5.1.1 ทดสอบความสัมพันธ์ระหว่างชนิดของดินกับความชื้นในดิน

เมื่อไม่มีสิ่งปกคลุม ชนิดของเนื้อดินเป็นตัวแปรที่มีอิทธิพลต่ออุณหภูมิของดินมาก ในสภาวะที่ดินแห้ง ทรายและดินเหนียวซึ่งมีค่าการนำความร้อนสูงกว่าดินร่วน เป็นผลให้อุณหภูมิดินเฉลี่ยสูงกว่า ในสภาวะที่ดินเปียก พบว่าความชื้นในดินมีผลต่อความแปรปรวนของอุณหภูมิดิน โดยทรายซึ่งมีความชื้นอยู่ในมวลสารน้อยที่สุด ประมาณ 7 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก จึงมีอุณหภูมิแปรปรวนที่สุด รองลงมาได้แก่ดินร่วน และดินเหนียวตามลำดับ

หากพิจารณาถึงความสัมพันธ์ของปริมาณความชื้นกับอุณหภูมิดิน พบว่าดินทุกชนิดเมื่ออยู่ในสภาวะเปียกจะมีอุณหภูมิต่ำกว่าในสภาวะแห้งตลอดเวลา ถึงแม้ว่าดินและทรายเมื่ออยู่ในสถานะเปียกจะมีค่าการดูดซับ (Absorption) มากกว่าในสภาวะแห้ง แต่อิทธิพลที่มีต่ออุณหภูมิดินมากกว่าค่าการดูดซับของผิวดินคือ ค่าการระเหยของน้ำที่สะสมอยู่ในเนื้อดิน เนื่องจากดินเปียก มีน้ำเป็นส่วนประกอบมาก เมื่อได้รับรังสีดวงอาทิตย์ น้ำที่เป็นส่วนประกอบมวลสารจะดึงพลังงานความร้อนจากรอบข้าง เพื่อเปลี่ยนสถานะเป็นไอน้ำ(Latent Heat) ดินเปียกจึงมีอุณหภูมิต่ำกว่า อีกทั้งยังมีความต่างของอุณหภูมิในรอบวัน (Temperature Swing) น้อยกว่า เพราะน้ำมีค่าความจุความร้อน (Specific Heat) สูง

5.1.2 ทดสอบความสัมพันธ์ระหว่างชนิดของดินกับสิ่งปกคลุมดิน

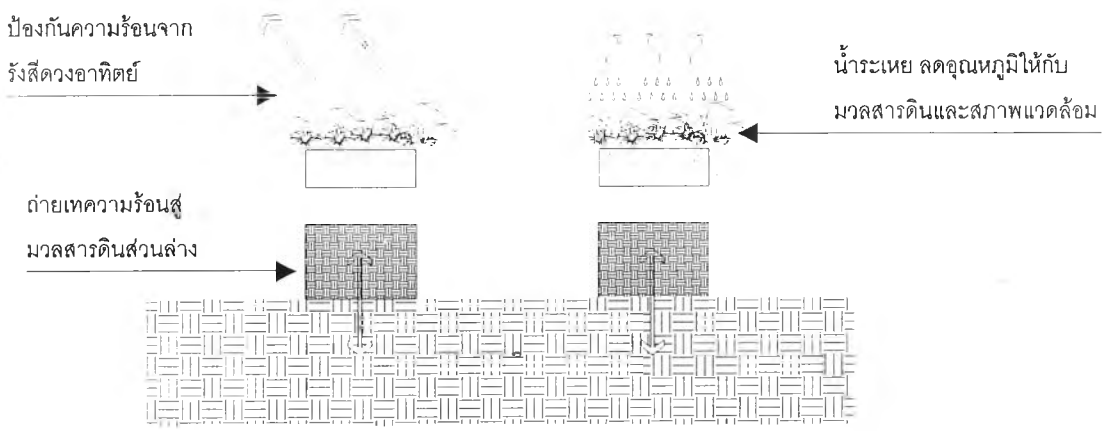
สิ่งปกคลุมดินเป็นตัวแปรที่มีอิทธิพลต่ออุณหภูมิดินที่ระดับบน (ระดับผิวดิน – ระดับลึก 0.30 ม.) มากกว่าดินที่ระดับลึกลงไป โดยในกรณีที่ไม่มีสิ่งปกคลุมดิน ช่วงเวลากลางวัน ผิวดินจะได้รับรังสีโดยตรงจากดวงอาทิตย์ ทำให้ดินมีอุณหภูมิสูงมาก แต่เมื่อมีหญ้าหรือพืชคลุมดิน พบว่าอุณหภูมิสูงสุดของดินที่ระดับ 0.10 ม. ลดลงประมาณ 8 – 10 องศาเซลเซียส เนื่องจากมี Shading ป้องกันรังสีจากดวงอาทิตย์ ไม่ให้กระทบผิวดินโดยตรง อีกทั้งหญ้าหรือพืชคลุมดินมีค่าการสะท้อนประมาณ 32 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่ดินแห้งและดินเปียกมีค่าการสะท้อนอยู่ที่ 10 – 25 เปอร์เซ็นต์ และ 8 – 9 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ หญ้าหรือพืชคลุมดินจึงเป็นการลดค่าการดูดซับ (Absorption) ความร้อนที่ผิวหน้าดินได้

อย่างมีประสิทธิภาพ นอกจากนั้น การคายน้ำของพืชคลุมดิน ยังเป็นปัจจัยที่ช่วยลดอุณหภูมิของดินที่ระดับบน ได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยพืชคลุมดินจะดูดน้ำจากใต้ดินมาใช้ในกระบวนการสังเคราะห์แสง ซึ่งจากอิทธิพลดังกล่าว ช่วยให้อากาศบริเวณใกล้ผิวดินเข้าใกล้อุณหภูมิกระเปาะเปียก (Wet Bulb) โดยทรายจะเป็นชนิดของดินซึ่งเอื้ออำนวยต่อการดูดน้ำของรากพืชมากที่สุด เนื่องจากมีแรงดึงน้ำ ต่ำกว่าดินร่วนและดินเหนียว

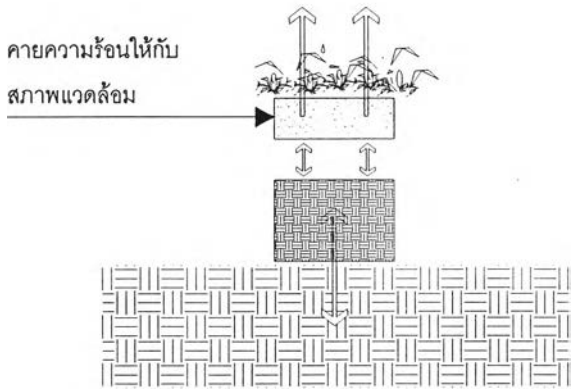
ในช่วงเวลากลางคืน พบว่า ดินที่ไม่มีสิ่งปกคลุมดินจะมีอุณหภูมิต่ำกว่าดินที่มีสิ่งปกคลุม เนื่องจากเมื่อไม่มีสิ่งปกคลุม ผิวดินจะสามารถคายความร้อนสู่อากาศที่มีอุณหภูมิต่ำกว่าได้อย่างมีประสิทธิภาพ ในขณะที่การปลูกหญ้าหรือพืชคลุมดิน จะเป็นตัวป้องกันมิให้ความร้อนในมวลสารดินคายสู่สภาพแวดล้อมได้โดยตรง อุณหภูมิของดินจึงมีค่าเฉลี่ยในช่วงเวลากลางคืนสูงกว่า แต่ความแปรปรวนน้อยกว่า

5.1.3 ทดสอบแนวทางเลือกชนิดของดินให้เหมาะสมกับลำดับชั้นดิน

เมื่อเลือกใช้พืชคลุมดินเป็นสิ่งปกคลุมดิน พบว่ามวลสารดินส่วนบน ควรเลือกใช้ทราย เนื่องจากเนื่องจากมีอุณหภูมิในช่วงเวลากลางคืนต่ำสุด เป็นผลให้ค่าเฉลี่ยในรอบวันต่ำกว่าดินชนิดอื่น ๆ ในขณะที่ดินเหนียวเหมาะสมเป็นมวลสารดินระดับล่าง เนื่องจากมีความสามารถในการกักเก็บน้ำได้มาก เป็นผลให้มีความแปรปรวนในรอบวันน้อย และถ่ายเทความร้อนกับมวลสารดินด้านล่างได้ดี



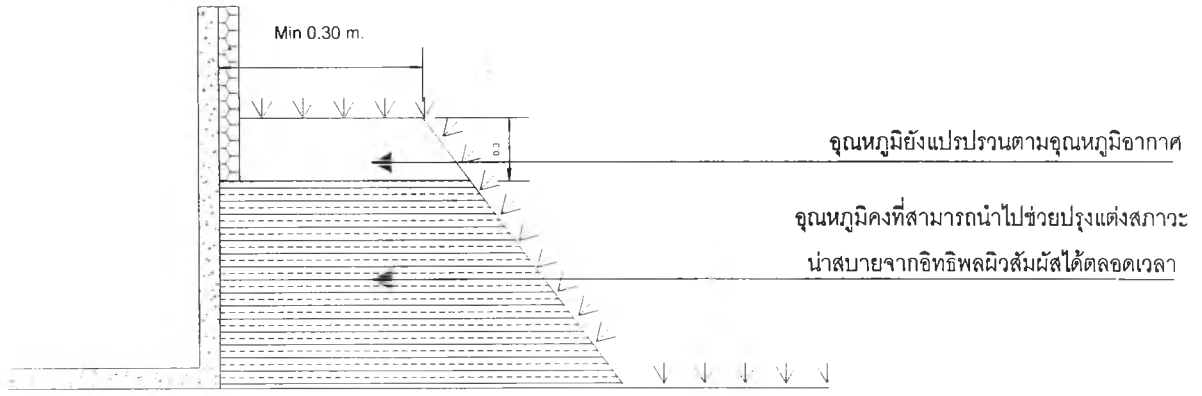
ภาพที่ 5 – 1 แสดงประโยชน์จากการปรุงแต่งอุณหภูมิดินด้วยวัสดุปกคลุมดินและการผสมผสานชนิดของดินให้เหมาะสมกับระดับความลึก ในช่วงเวลากลางวัน



ภาพที่ 5 – 2 แสดงประโยชน์จากการปรุงแต่งอุณหภูมิดินด้วยวัสดุปกคลุมดินและการผสมผสานชนิดของดินให้เหมาะสมกับระดับความลึก ในช่วงเวลากลางคืน

5.1.4 หาความลึกและปริมาตรดินสัมผัสผิวอาคารที่เหมาะสม

จากการทดลอง พบว่า ในสภาวะที่ดินเปียก เมื่อใช้พืชคลุมดินหรือหญ้าเป็นสิ่งปกคลุมดิน ที่ระดับความลึกตั้งแต่ 0.30 ม. จากผิวดิน อุณหภูมิของดินจะมีความแปรปรวนตามอุณหภูมิอากาศภายนอกต่ำ และมีค่าเฉลี่ยอยู่ใกล้สภาวะน่าสบาย จึงสามารถนำมาเป็นเกณฑ์ในการกำหนดปริมาตรของดินที่สัมผัสผนังอาคารที่น้อยที่สุด (Minimum) โดยควรมีความกว้าง * สูงไม่น้อยกว่า 0.30 ม. * 0.30 ม. เนื่องจากดินส่วนบน ในช่วงเวลากลางวันถึงแม้จะได้รับการปรุงแต่งเพื่อลดอุณหภูมิแล้ว ยังคงมีอุณหภูมิค่อนข้างแปรปรวน โดยมีอุณหภูมิสูงสุดประมาณ 32 องศาเซลเซียส ในช่วงเวลากลางวัน ซึ่งไม่เหมาะสมในการนำไปใช้ลดอุณหภูมิภายในอาคาร แต่ดินที่ระดับความลึกดังกล่าว สามารถช่วยสร้างสภาวะน่าสบายในเวลากลางคืนได้ เนื่องจากมีอุณหภูมิต่ำใกล้อุณหภูมิอากาศ ซึ่งต้องหาแนวทางในการประยุกต์ใช้ต่อไป



ภาพที่ 5 – 3 แสดงระดับความลึกของดิน ซึ่งสามารถนำอุณหภูมิเข้ามาใช้ปรุงแต่งสภาวะน่าสบายภายในอาคาร

5.1.5 ทดสอบชนิดของวัสดุผิวอาคารสัมผัสดินที่เหมาะสม

วัตถุประสงค์ในการเลือกวัสดุผิวอาคารส่วนสัมผัสดิน คือ ต้องมีอุณหภูมิเข้าใกล้อุณหภูมิดิน และมีความแปรปรวนตามอุณหภูมิในรอบวันต่ำ ค่าความจุความร้อนจำเพาะ (Specific Heat) ของวัสดุเป็นตัวแปรที่มีอิทธิพลต่อแนวทางการเลือกวัสดุดังกล่าว เนื่องจากวัสดุที่มีค่าความจุความร้อนสูง จะมีอุณหภูมิใกล้กับอุณหภูมิดินทั้งในช่วงเวลากลางวันและกลางคืน ในขณะที่วัสดุที่มีค่าความจุความร้อนต่ำ ในช่วงกลางคืนจะมีอุณหภูมิต่ำ แต่ในช่วงเวลากลางวันกลับมีอุณหภูมิสูงตามสภาพอากาศ ดังนั้นจึงสรุปได้ว่า การเลือกใช้วัสดุผิวอาคารส่วนสัมผัสดินควรเลือกที่มีค่าความจุความร้อนสูง

5.1.6 ทดสอบคุณสมบัติการถ่ายเทความร้อนระหว่างผิววัสดุกับดิน

ในสภาวะซึ่งไม่มีแหล่งความร้อนภายในอาคาร (Normal Condition) สภาพการนำความร้อน (Conductance) ของผิวอาคารที่ด้านนอกสัมผัสดิน เป็นตัวแปรที่มีอิทธิพลต่ออุณหภูมิผิวภายในน้อยมาก เนื่องจากผนังสัมผัสกับมวลสารดินตลอดเวลา ทำให้เกิดการแลกเปลี่ยนความร้อนกันตามหลัก กระบวนการถ่ายเทความร้อน (Heat Exchange) เป็นผลให้อุณหภูมิผนังอยู่ในสภาวะสมดุลใกล้เคียงกับอุณหภูมิดิน

ในสภาวะที่มีแหล่งความร้อนภายในอาคาร (Internal Heat Gain Condition) พบว่าสภาพการนำความร้อนมีผลต่ออุณหภูมิอากาศภายในอาคารและอุณหภูมิผิววัสดุส่วน

สัมผัสดิน จากการทดสอบที่เลือกผิวคอนกรีตเป็นวัสดุที่มีค่าการนำความร้อนสูง เปรียบเทียบกับผิวอิฐฉาบปูนซึ่งมีค่าการนำความร้อนต่ำกว่า พบว่า เมื่อภายในอาคารมีอุณหภูมิสูงกว่าดิน จะเกิดการแลกเปลี่ยนความร้อนกัน โดยผนังคอนกรีตมีความสามารถในการถ่ายเทความร้อนสู่มวลสารดินที่สัมผัสได้ดีกว่า ทำให้อุณหภูมิภายในและอุณหภูมิผิวของกล่องคอนกรีตมีอุณหภูมิต่ำกว่ากล่องผนังก่ออิฐฉาบปูน

5.1.7 การนำไปประยุกต์ใช้กับอาคาร

จากการทดสอบในอาคารจำลองโรงเรียนต้นแบบ เมื่อภายในอาคารมีแหล่งความร้อนในช่วงเวลา 08:00 – 16:00 น. พบว่า ในกรณีที่ไม่มีดินถมผนังอาคาร อุณหภูมิผิวผนังภายในอาคารสูงกว่าอุณหภูมิอากาศในอาคาร เนื่องจากผนังได้รับความร้อนจะถูกกักเก็บอยู่ ไม่สามารถถ่ายเทออกสู่ภายนอกได้ เป็นผลให้ผู้ใช้อาคารรู้สึกร้อนกว่าปกติ จากอิทธิพลของ MRT แต่ในกรณีที่มีดินถมผนังอาคาร ในช่วงเวลาเดียวกัน พบว่าผนังภายในมีอุณหภูมิต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศในอาคารเสมอ เนื่องจากสามารถถ่ายเทความร้อนที่ได้รับสู่มวลสารดิน ซึ่งมีอุณหภูมิต่ำกว่าได้โดยการนำความร้อน ทำให้ผู้ใช้อาคารรู้สึกเสมือนเย็นกว่าปกติ อันเนื่องมาจากอิทธิพลของ MRT

จากบทสรุปการวิจัย สามารถนำไปประยุกต์เพื่อปรุงแต่งสภาวะน่าสบายภายในอาคารที่มีผิวสัมผัสดิน ดังนี้

1. ควรทำให้ดินเปียกอยู่เสมอ เพราะดินเปียกมีอุณหภูมิเฉลี่ยต่ำกว่าดินแห้งตลอดเวลา เนื่องจากอิทธิพลจากการระเหยของน้ำที่ผิวดิน อีกทั้งยังมีความแปรปรวนของอุณหภูมิในรอบวันน้อยกว่า
2. เลือกใช้สิ่งปกคลุมดิน ที่สามารถให้ร่มเงาแก่ดินและเพิ่มการระเหยของน้ำบริเวณผิวดิน เช่น หญ้าหรือพืชคลุมดิน
3. เมื่อปกคลุมดินด้วยพืชคลุมดิน ชนิดของดินที่เหมาะสมกับมวลสารดินระดับบน ได้แก่ทรายเปียก เนื่องจากมีอุณหภูมิเฉลี่ยในรอบวันต่ำกว่าดินชนิดอื่น แต่ที่ความลึกตั้งแต่ 0.30 ม. ลงไป ดินเหนียวเปียกมีอุณหภูมิเฉลี่ยต่ำและมีความแปรปรวนน้อยที่สุด
4. เมื่อมีการปรุงแต่งดินที่เหมาะสม อุณหภูมิของดินจะเริ่มคงที่ และเข้าใกล้สภาวะน่าสบาย ที่ระดับความลึก 0.30 ม. เป็นต้นไป ดังนั้นสามารถกำหนดปริมาตรของดิน

สัมผัสอาคารขั้นต่ำ คือ 0.30 * 0.30 ม. แต่ในการออกแบบควรให้มีพื้นที่ผิวอาคารสัมผัสดินให้มากที่สุด เพื่อเพิ่มอิทธิพลจาก MRT ซึ่งเป็นผลให้ผู้ใช้อาคารรู้สึกเสมือนเย็นขึ้นได้

5. เลือกใช้วัสดุผิวอาคารส่วนสัมผัสดิน ที่มีค่าความจุความร้อนจำเพาะ (Specific Heat) สูง และค่าการนำความร้อนสูง (Conductance)

5.2 ข้อเสนอแนะ

1. ควรศึกษาเพิ่มเติม เกี่ยวกับพืชคลุมดินบางประเภท เช่นพืชตระกูลถั่ว ซึ่งในกลางวันมีใบที่ช่วยในการป้องกันความร้อนจากดวงอาทิตย์ แต่ใบหุบในช่วงเวลากลางคืน ซึ่งอาจทำให้ดินมีถ่ายเทความร้อนที่สะสมอยู่ในมวลสารออกสู่อากาศที่เย็นกว่าได้ดีกว่าพืชชนิดอื่น
2. ควรมีการเก็บข้อมูลอุณหภูมิดินในฤดูหนาวและฤดูฝนเพิ่มเติม เนื่องจากดินที่ระดับลึกลงไปจะมีอิทธิพลของระยะเวลาหน่วงความร้อนของฤดูกาล
3. ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิดินกับความชื้นในดินเพิ่มเติม
4. หาแนวทางการบำรุงรักษาและประยุกต์ใช้วัสดุที่มีค่าความจุความร้อนและค่าการนำความร้อนสูง เช่น เหล็ก ในอาคารจริง