

บทที่ 2

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

1.1 ดินเหนียว

ดินเหนียว คือ ดินที่มีลักษณะของเนื้อดินเป็นเม็ดละเอียดมากมีขนาดอยู่ระหว่าง 1 ถึง 10 มม. ถึง 0.002 มม. (เล็กกว่า 2 ไมครอน) ประกอบด้วยแร่คาลิไนท์ (Kaolinite) และผลึกเล็กๆ ของ Silica Tetrahedral Sheet และ Octahedral Sheet เป็นส่วนใหญ่ โดยแร่คาลิไนท์ที่พบในดินเหนียวจะมีผลึกที่ไม่สมบูรณ์และมีขนาดเล็ก นอกจากนี้ยังพบแร่ดินชนิดอื่นๆ อาทิ แร่อิลไลต์ (Illite) แร่มอนท์โมริลโลไนท์ (Montmorillonite) แร่ควอร์ทซ์ (quartz) แร่ไมกา (mica) แร่เหล็กออกไซด์ (iron oxide) ซึ่งการที่ดินเหนียวมีขนาดเล็กนั้นทำให้ดินเหนียวมีความเชื่อมแน่นสูงมากและมีแรงยึดเกาะระหว่างโมเลกุลสูง (ประมาณ 93%) น้ำซึมผ่านได้ยาก มีการเปลี่ยนแปลงขนาด รูปร่างและปริมาตรได้ง่าย ไม่ว่าจะมือน้ำหนักมากกระทำหรือไม่ องค์ประกอบที่มีผลต่อขนาดของเม็ดดินมีดังนี้

- Non crystalline mineral ได้แก่ พวก Ion ที่อยู่ในสารละลาย
- Amorphous Material เป็นสารที่ไม่มีรูปแบบ (ไม่มี Repoation Layer)
- Parent Material ได้จากการผุสลายทางเคมี
- Clay Mineral ซึ่งเป็นผลจากการผุพังของหิน

2. โครงสร้างการรวมตัวของอนุภาคดินเหนียว

โครงสร้างแบบเป็นระเบียบ (Dispersed Structures)

จะเกิดเมื่อผลรวมของแรงระหว่างอนุภาคดินเหนียวเป็นแรงผลัก แต่ละอนุภาคของดินเหนียวจะผลักกันและพยายามที่จะเคลื่อนที่แยกจากกันและมีการจัดเรียงอนุภาคให้ขนานซึ่งโดยปกติจะเป็นโครงสร้างของดินเหนียว ซึ่งเกิดจากการตกตะกอนในน้ำจืดที่เป็นการจัดเรียงตัวกันแบบ Face to Face ดังนั้น จะได้โครงสร้างที่เป็นระเบียบตามรูป

โครงสร้างแบบเป็นระเบียบ มีคุณสมบัติดังนี้

- 1) มีความหนาแน่นมาก
- 2) สัมประสิทธิ์ของการซึมผ่าน ในทิศทางตั้งฉากกับการเรียงตัวของอนุภาค มีค่าต่ำกว่าในทิศทางที่ขนานกับการเรียงตัวของอนุภาค
- 3) ความต้านทานแรงเฉือนในแนวขนานกับการเรียงตัวของอนุภาค มีค่าต่ำกว่าแรงเฉือนในทิศทางอื่น

4) ความสามารถยุบ ตัวได้น้อยเมื่อมีแรงกระทำ



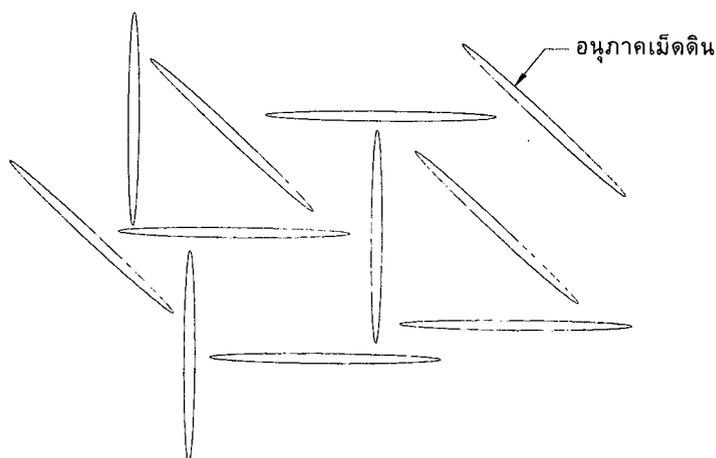
ภาพที่ 1 โครงสร้างการรวมตัวของอนุภาคดินเหนียวแบบเป็นระเบียบ

โครงสร้างแบบระเกะระกะ (Flocculated Structure)

จะเกิดเมื่อผลรวมของแรงแระหว่างอนุภาคดินเหนียวเป็นแรงดึงดูด แต่แต่ละอนุภาคจะเคลื่อนที่เข้าหากันอย่างไม่เป็นระเบียบได้โครงสร้างแบบระเกะระกะ (Flocculated Structure) ซึ่งโดยปกติจะเป็นโครงสร้างของดินเหนียวที่ตกตะกอนในทะเลและผลจากประจุไฟฟ้าของเม็ดดินทำให้เมื่อเม็ดดินตกตะกอนและทับถมกันแล้วเกิดการจัดเรียงตัวแบบ Edge to Face เม็ดดินจะยึดตัวกันด้วยแรงดึงดูดระหว่างผิวที่จะสัมผัสได้เป็นโครงสร้าง

โครงสร้างแบบระเกะระกะ มีคุณสมบัติดังนี้

- 1) มีความหนาแน่นน้อย
- 2) สัมประสิทธิ์ของการซึมผ่านสูงในทุกทิศทาง
- 3) ความต้านทานแรงเฉือนสูงในทุกทิศทาง
- 4) ความสามารถยุบตัวได้มากเมื่อมีแรงกระทำ



ภาพที่ 2 โครงสร้างการรวมตัวของอนุภาคดินเหนียวแบบระเกะระกะ (Flocculated Structure)

3. คุณสมบัติทางด้านวิศวกรรม

สมบัติทางด้านวิศวกรรมของดิน เป็นสิ่งสำคัญในการออกแบบในงานวิศวกรรม สมบัติทางด้านนี้ประกอบด้วยสมบัติทางด้านกำลังรับน้ำหนักหรือความแข็งแรงของดิน สมบัติทางการเคลื่อนตัวของดิน และสมบัติทางการไหลซึมของดิน

3.1. คุณสมบัติทางด้านกำลังรับน้ำหนักของดิน

คุณสมบัติทางด้านนี้บอกค่าความแข็งแรงของดินเพียงอย่างเดียวสมบัติทางด้านนี้ได้แก่

1) กำลังรับแรงเฉือนของดิน (Shear Strength) ซึ่งแบ่งออกเป็น 2 รูปแบบคือ

ก. กำลังรับแรงเฉือนแบบไม่ระบายน้ำ (Undrained Shear Strength) หมายความว่าถึงกำลังรับน้ำหนักหรือกำลังรับหน่วยแรงเฉือนของดินที่อิ่มตัวในลักษณะที่ดินถูกหน่วยแรงมากระทำจนเกิดการวิบัติในมวลดินในขณะที่ปริมาณความชื้นของดินไม่เปลี่ยนแปลงเมื่อความชื้น

ไม่เปลี่ยนแปลงด้วยผลของหน่วยแรงที่มากระทำจะทำให้ความดันน้ำในโพรง (void) ของดินเปลี่ยนแปลงกำลังรับแรงเฉือนชนิดนี้เป็นสมบัติที่สำคัญของดินเหนียวหรือดินที่มีแรงเชื่อมแน่น (Cohesive Soil) เพราะทันทีที่มีหน่วยแรงมากระทำดินดังกล่าว น้ำจะไหลออกจากดินได้ลำบาก เนื่องจากดินชนิดนี้เป็นดินเม็ดละเอียด การไหลซึมของน้ำเกิดขึ้นได้ช้ามาก

ข. กำลังรับแรงเฉือนแบบระบายน้ำ (Drained Shear Strength) ซึ่งหมายความว่าถึงกำลังรับน้ำหนักหรือกำลังรับหน่วยแรงเฉือนของดินในลักษณะที่เมื่อดินถูกหน่วยแรงมากระทำจนกระทั่งเกิดการวิบัติปริมาณความชื้นและปริมาตรของดินจะเปลี่ยนแปลง แต่ความดันน้ำในโพรงของดินจะมีค่าคงที่ กำลังรับแรงเฉือนชนิดนี้เป็นสมบัติของดินเม็ดหยาบหรือดินที่มีการไหลซึมของน้ำได้รวดเร็ว เป็นส่วนมาก ตลอดจนเป็นสมบัติของดินเม็ดละเอียดที่ได้รับหน่วยแรงเฉือนในอัตราที่ช้า

2) ค่า ϕ มุมด้านแรงเฉือนและค่า C ความเชื่อมแน่นที่ปรากฏของดิน ซึ่งเป็นสมบัติแสดงถึงหลักการที่กำหนดการวิบัติของดินของเบอร์และคูลอม (Mohr-Coulomb's Failure Criteria)

สมบัติที่ใช้งานมากที่สุด คือกำลังรับแรงเฉือนแบบไม่ระบายน้ำ (Undrained Shear Strength) และค่า ϕ และ C ในรูปของหน่วยแรงประสิทธิผล ค่าพารามิเตอร์ในการคาดคะเนความดันน้ำที่เปลี่ยนแปลงที่จุดวิบัติของดินอันเนื่องจากหน่วยแรงมากระทำต่อดินเหนียวในลักษณะไม่ระบายน้ำ ก็ถือว่าเป็นสมบัติทางด้านกำลังรับน้ำหนักของดิน และได้ถูกนำมาใช้งานเช่นกัน

3.2 คุณสมบัติทางการเคลื่อนตัวของดิน

ตารางที่ 1 แสดงสมบัติทางการเคลื่อนตัวของดิน เม็ดละเอียดและดินเม็ดหยาบ

ดินเม็ดละเอียด	ดินเม็ดหยาบ
1) โมดูลัสความยืดหยุ่น ในสภาพไม่ระบายน้ำ (Undrained Modulus of Elasticity) -Eu	1) โมดูลัสความยืดหยุ่น ในสภาพระบายน้ำ (Drained Modulus of Elasticity) E
2) - สัดส่วนการอัดตัว (Compression Ratio) C-R - สัดส่วนการอัดตัวซ้ำ (Recompression Ratio)-RR - หน่วยแรงประสิทธิผลสูงสุดในอดีต (Maximum Past Pressure หรือ Preconsolidation Pressure) - โมดูลัสความยืดหยุ่นในสภาพระบายน้ำ (Drained Modulus of Elasticity)-E' - อัตราของ Poisson. (Poisson's Ratio) -V'	- อัตราส่วนของ Poisson(Poisson's Ratio) V
3) - สัมประสิทธิ์ของการอัดตัวครั้งที่สอง (Coefficient of Secondary Compression.) -C α	

ในดินเม็ดละเอียดเมื่อถูกหน่วยแรงกระทำ ขบวนการเคลื่อนตัวของดินเกี่ยวข้องกับสภาพการไหลของน้ำในโพรง ส่วนเม็ดดินจะไม่ถูกอัดตัว เมื่อการเคลื่อนตัวอยู่ในลักษณะ 2 หรือ 3 มิติ ดินจะเคลื่อนตัวทันทีและจัดได้ว่าอยู่ในสภาพที่น้ำไม่สามารถระบายออกมาได้ ทำให้มีความดันน้ำในโพรงเพิ่มขึ้น เมื่อความดันน้ำในโพรง (Pore Pressure) เปลี่ยนไปเนื่องจากหน่วยแรงมากระทำ และจากดินที่ได้เกิดการเคลื่อนตัวในสภาพดังกล่าวแล้ว น้ำจะต้องไหลออกจากดินในเวลาต่อมาทำให้ปริมาตรของดินและช่องว่างระหว่างเม็ดดินเปลี่ยนแปลงไปกับเวลาตลอดจนมีการเปลี่ยนแปลงในหน่วยแรงประสิทธิผล ดินจึงเกิดการเคลื่อนตัวด้วยขนาดการอัดตัวคายน้ำ (Consolidation) หลังจากขบวนการอัดตัวคายน้ำเสร็จสิ้นแล้ว การเคลื่อนตัวที่เหลืออยู่ส่วนใหญ่จะเกิดจากการจัดเรียงตัวของเม็ดดินใหม่โดยที่ความดันน้ำในโพรงหลังจากที่กลับมาอยู่ในสภาพสมดุลเมื่อเสร็จสิ้นขบวนการอัดตัว

คายน้ำแล้วจะมีค่าไม่เปลี่ยนแปลงแต่ปริมาตรของดินและช่องว่างระหว่างเม็ดดินจะลดลง การเคลื่อนตัวลักษณะนี้เรียกว่า การอัดตัวครั้งที่ 2 (Secondary Compression)

ในดินเม็ดหยาบ เมื่อถูกหน่วยแรงกระทำดินจะเกิดการเคลื่อนตัวทันที (Immediate Settlement) และการเคลื่อนตัวเกิดจากการเปลี่ยนแปลงของปริมาตร ซึ่งเกิดจากการเปลี่ยนช่องว่างระหว่างเม็ดดินเนื่องจากน้ำและอากาศในโพรงสามารถระบายออกมาได้ และการเคลื่อนตัวแทบไม่ได้เกิดจากการอัดตัวของเม็ดดิน

ด้วยสาเหตุที่ดินเม็ดละเอียดมีขบวนการเคลื่อนตัวหลายรูปแบบ สมบัติการเคลื่อนตัวของดินชนิดนี้จึงมีมากกว่าในดินเม็ดหยาบ ดังที่ได้แสดงอยู่ในตารางที่ 2.1

3.3 การทดสอบกำลังต้านทานแรงอัดของก้อนอิฐดินดิบผสมใยต้นธูปฤาษี

กำลังต้านทานแรงอัดของก้อนดินปั้น (Crushing Strength: σ) หาได้จาก

$$\sigma = \frac{P_{max}}{A} \quad (1)$$

โดยที่ σ = กำลังต้านทานแรงอัดของก้อนดินปั้น (Crushing Strength หรือ Compressive Strength ของก้อนดิน), ksc

P_{max} = แรงอัดสูงสุด, kg.

A = พื้นที่หน้าตัดรับแรงอัด, cm^2

3.4 การทดสอบกำลังต้านทานแรงดัดของก้อนอิฐดินดิบผสมใยต้นธูปฤาษี

$$R = 3P_{max}L / 2bd^2 \quad (2)$$

เมื่อ P_{max} = น้ำหนักที่ทำให้อิฐตัวอย่างถึงจุดประลัย (กก.)

L = ความยาวของฐานรองรับ (ซม.)

b = ความกว้างของหน้าตัด (ซม.)

d = ความลึกของหน้าตัด (ซม.)

4. การทดสอบคุณสมบัติของดิน

4.1 การจำแนกชนิดของดินแบบเอกภาพ (Unified soil classification)

การจำแนกดินตามระบบเอกภาพแบ่งดินออกเป็นสามกลุ่มใหญ่ๆคือ ดินเม็ดหยาบ ดินเม็ดละเอียด และดินที่มีสารอินทรีย์มาก

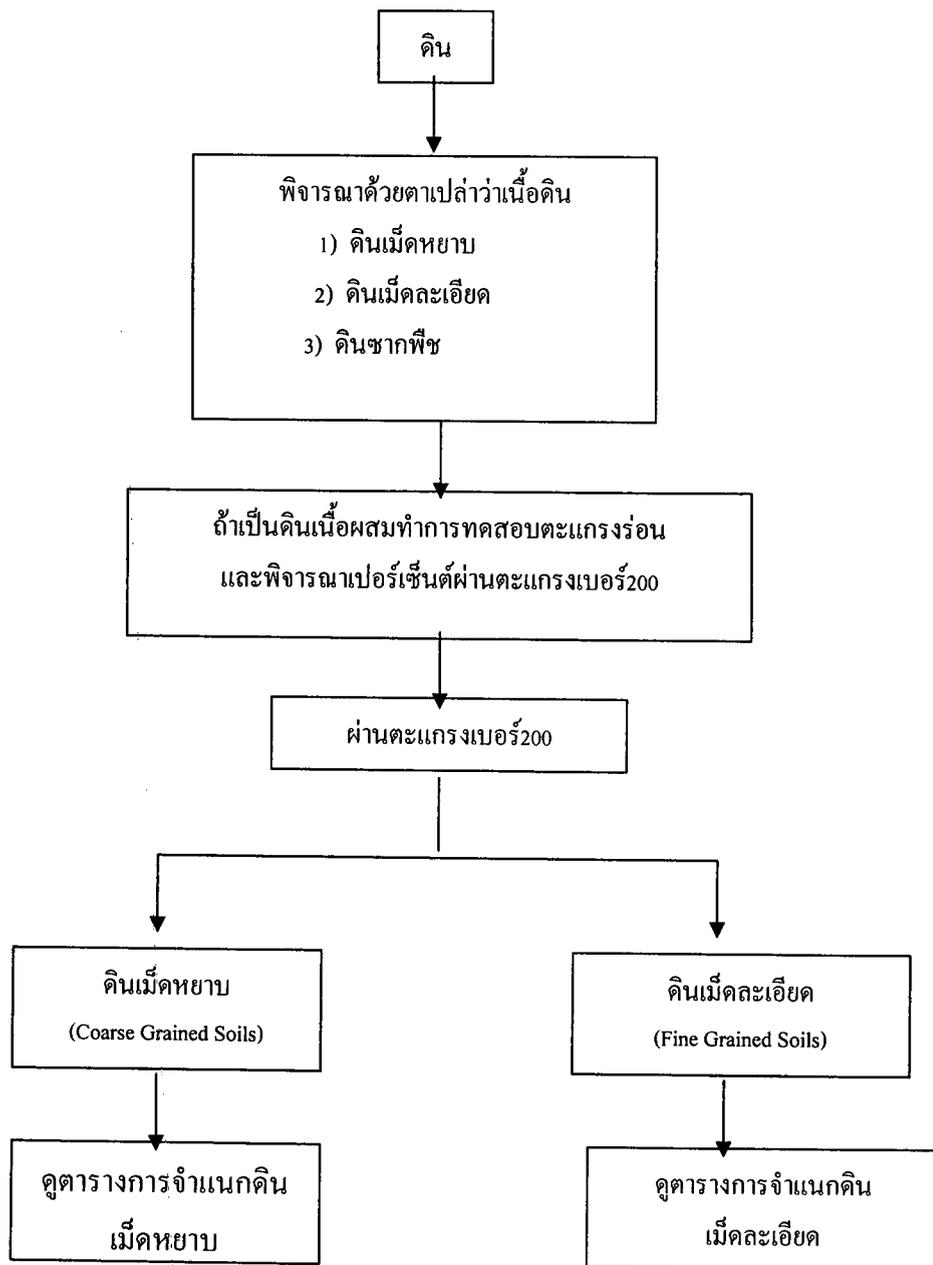
1) ดินเม็ดหยาบ ดินเม็ดหยาบในระบบการจำแนกนี้ คือดินซึ่งมีปริมาณดินที่ค้ำบนตะแกรงเบอร์ 200 มากกว่า 50 เปอร์เซ็นต์ ได้แก่ ดินทราย (Sand) ใช้สัญลักษณ์เป็น S สำหรับดินซึ่งโดยส่วนใหญ่ขนาดเล็กลงกว่าตะแกรงเบอร์ 4 และกรวด (Gravel) ใช้สัญลักษณ์เป็น G สำหรับดินซึ่งโดยส่วนใหญ่ขนาดโตกว่าตะแกรงเบอร์ 4 การแยกกลุ่มในรายละเอียดขึ้นกับลักษณะขนาดคละกันของดิน และปริมาณดินเม็ดละเอียดที่ปนอยู่ ได้แก่ดินที่มีขนาดคละกันดี (Well Grade) สัญลักษณ์เป็น W ลักษณะดินมีขนาดคละกันไม่ดี (Poorly Grade) สัญลักษณ์เป็น P ถ้ามีดินเหนียว (Clay) ปนอยู่มากก็ให้สัญลักษณ์เป็น C ถ้ามีดินตะกอน (Silt)ปนอยู่มากก็ให้สัญลักษณ์เป็น M เช่น GW หมายถึงกรวดที่มีขนาดเม็ดดินคละกันดี SC หมายถึงดินทรายที่มีดินเหนียวปนอยู่ เป็นต้น

2) ดินเม็ดละเอียด ดินเม็ดละเอียด คือดินที่ค้ำบนตะแกรงเบอร์ 200 น้อยกว่า 50 เปอร์เซ็นต์ ได้แก่ ดินเหนียว (Clay) ใช้สัญลักษณ์เป็น C ดินตะกอน (Silt) ใช้สัญลักษณ์เป็น M และดินเม็ดละเอียดที่มีสารอินทรีย์ (Organic Clay or Silt) กลุ่มของดินเม็ดละเอียดแยกตามลักษณะของความเหนียวโดยใช้ค่าดัชนีความเหนียว (Plasticity Index) และพิกัดความเหลว (Liquid Limit) ดินที่อยู่เหนือเส้นเอ (A-Line)ในแผนภูมิพลาสติกซิตี (Plasticity Chart)คือดินเหนียว (Clay) ใช้สัญลักษณ์เป็น C ส่วนดินที่อยู่ใต้เส้นเอ ในแผนภูมิพลาสติกซิตี คือดินตะกอน (Silt)ใช้สัญลักษณ์เป็น M การจำแนกออกเป็นกลุ่มย่อยจะอาศัยค่าพิกัดความเหลว คือสำหรับดินที่มีพิกัดความเหลวมากกว่า 50 เปอร์เซ็นต์ มีสัญลักษณ์เป็น L ตัวอย่างเช่น CH คือดินเหนียวที่มีความเหนียวต่ำ CL-ML เป็นดินที่อยู่ในโซนระบายสีในแผนภูมิพลาสติกซิตี คือดินที่มีความเหนียวต่ำและมีส่วนผสมทั้งดินเหนียวและดินตะกอน เป็นต้น

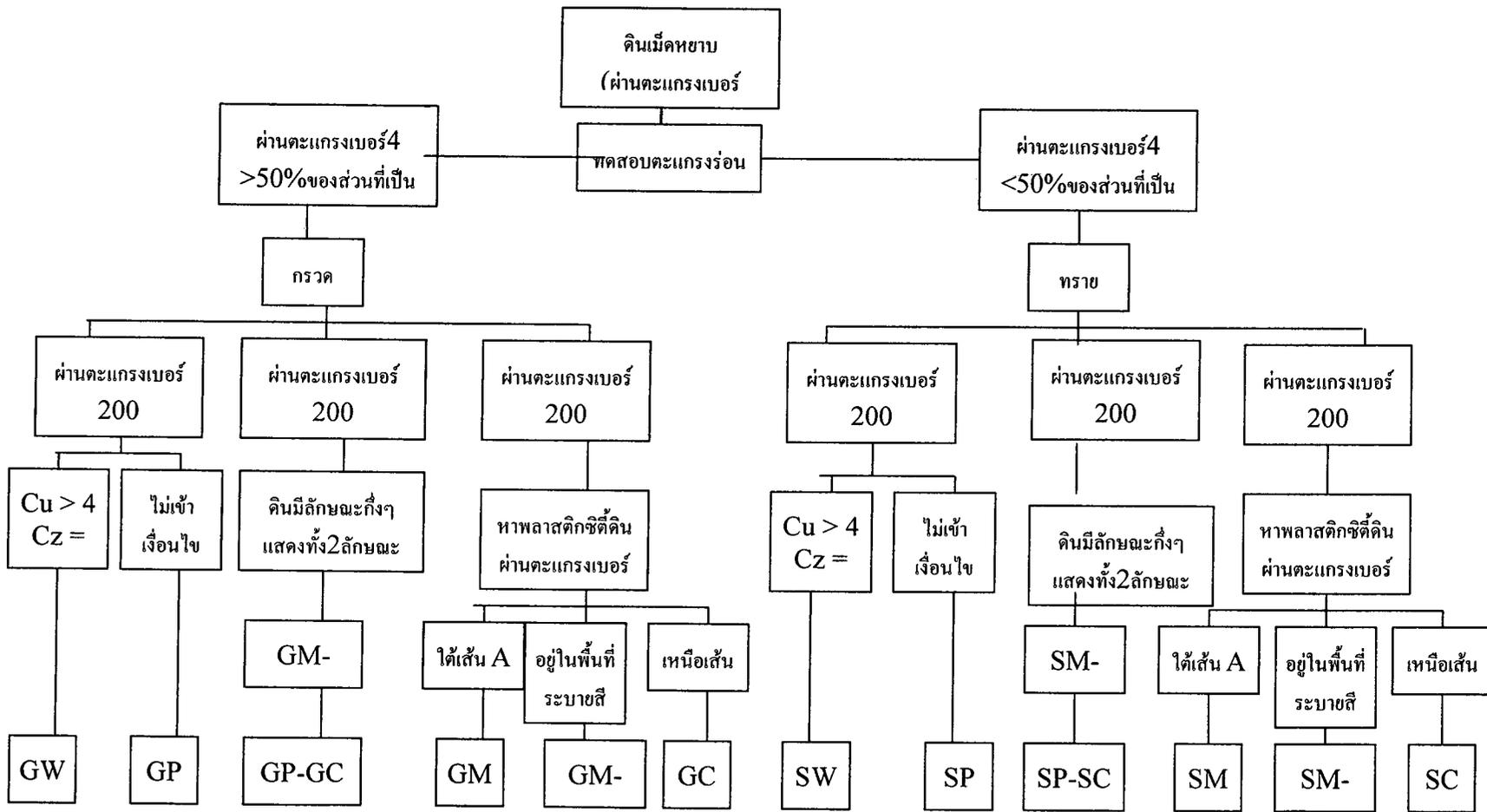
3) ดินที่มีสารอินทรีย์มาก โดยดูสีค่อนข้างดำ กลิ่นที่รุนแรงจากสารอินทรีย์ และตรวจสอบคุณสมบัติจากการทดสอบทางเคมีเพื่อยืนยัน (Visual-Manual Identification)ใช้สัญลักษณ์เป็น PT

ตารางที่ 2 การจำแนกดินระบบเอกภาพ (Unified Soil Classification System, USCS)

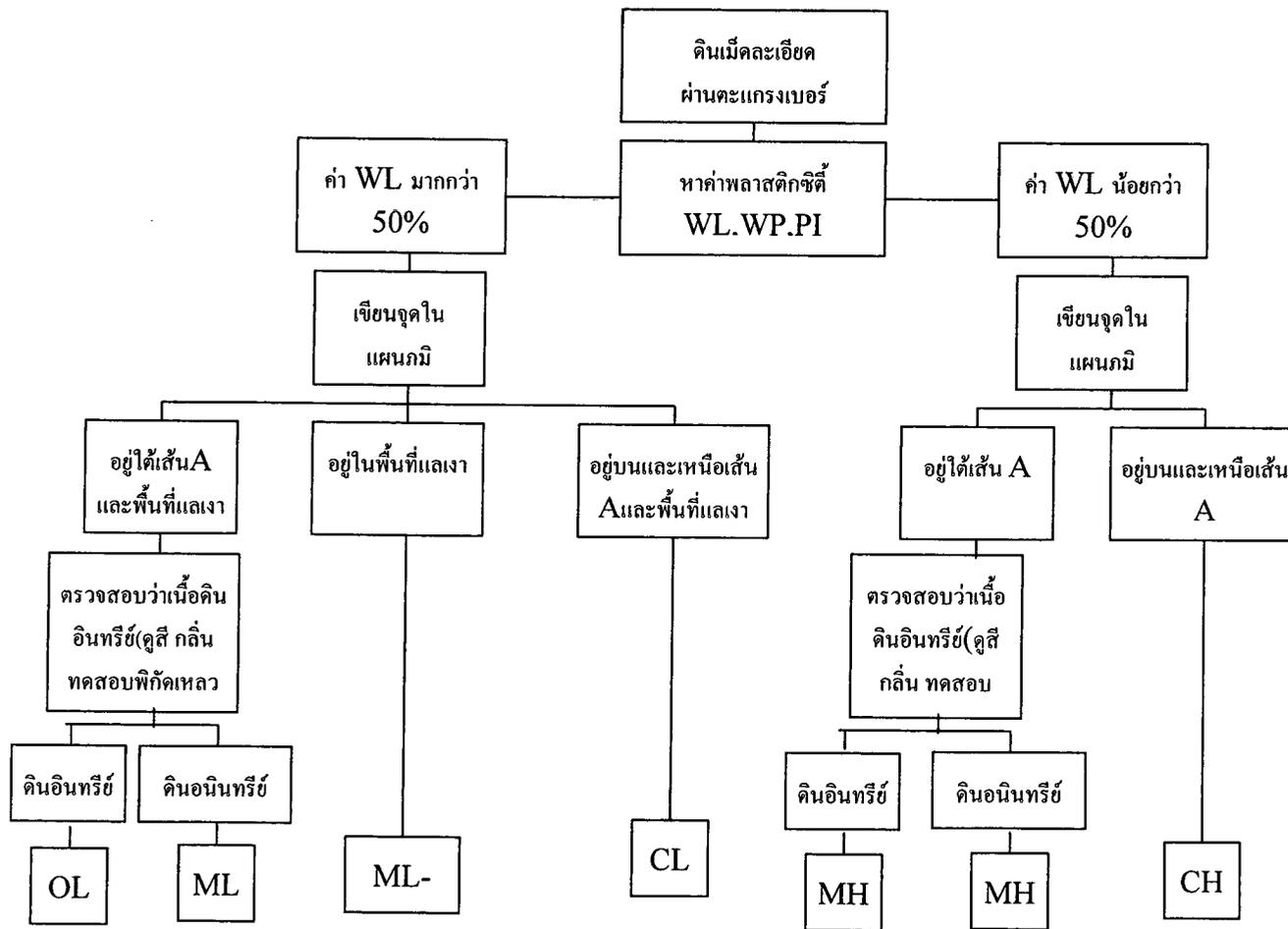
กลุ่มหลัก			สัญลักษณ์	ชื่อทั่วไป	เงื่อนไขการจำแนก		
ดินเม็ดทราย มากกว่า 50% ผ่านตะแกรงเบอร์ 200	กรวด	กรวดละเอียด มากกว่า 50% ของส่วนที่เป็นเม็ด	GW	กรวดที่มีขนาดคละกันดี	ผ่านตะแกรงเบอร์ 200 <50% - GW GP SW SP ผ่านตะแกรงเบอร์ 200 <50% - GM GC SM SC ผ่านตะแกรงเบอร์ 200 ระหว่าง 5%-12% - สัญลักษณ์รวม เช่น GW-GC	Cu > 4 Cz = 1 - 3	
			GP	กรวดที่มีขนาดคละกันไม่ดี		ไม่เข้าเงื่อนไขของขนาดคละกันดี	
		กรวดสทกปรก	GM	กรวดที่มีดินตะกอนปน		อยู่ใต้ A-Line	ถ้าอยู่ในโซนระบายสีใช้สัญลักษณ์รวม
			GC	กรวดที่มีดินเหนียวปน		อยู่เหนือ A-Line	สัญลักษณ์รวม
		ทรายละเอียด มากกว่า 50% ของส่วนที่เป็นเม็ด	SW	ทรายที่มีขนาดคละกันดี		Cu > 6 Cz = 1 - 3	ไม่เข้าเงื่อนไขของขนาดคละกันดี
			SP	ทรายที่มีขนาดคละกันไม่ดี		อยู่ใต้ A-Line	ถ้าอยู่ในโซนระบายสีใช้สัญลักษณ์รวม
	ทรายสทกปรก	SM	ทรายที่มีดินตะกอนปน	อยู่เหนือ A-Line	สัญลักษณ์รวม		
		SC	ทรายที่มีดินเหนียวปน	อยู่เหนือ A-Line	สัญลักษณ์รวม		
	ดินเม็ดละเอียด มากกว่าหรือเท่ากับ 50% ผ่านตะแกรงเบอร์ 200	พิกัดเหลวน้อยกว่าหรือเท่ากับ 50%	ML	ดินตะกอนหินฝุ่นหรือดินทรายละเอียดที่มีดินเหนียวหรือดินตะกอนปน			
			CL	ดินเหนียวที่มีความเหนียวต่ำ ดินเหนียวปนทรายปนกรวด หรือปนดินตะกอน			
			OL	ดินตะกอนอินทรีย์ หรือดินเหนียวปนดินตะกอนอินทรีย์ที่มีความเหนียวต่ำ			
		พิกัดเหลวมากกว่า 50%	MH	ดินตะกอนหรือดินทรายละเอียดปนไม่ก้ำ			
CH			ดินเหนียวที่มีความเหนียวสูง				
OH			ดินเหนียวอินทรีย์ที่มีความเหนียวปานกลางถึงสูง				
	PT	Peat หรือ Muck หรือดินอินทรีย์สูง	แยกโดยใช้สี กลิ่น และการตรวจสอบ				



ภาพที่ 3 Chart แสดงการจำแนกชนิดของดินแบบเอกภาพ
(Unified Soil Classification System, USCS)



ภาพที่ 4 แผนผังการจำแนกดินเหนียว ระบบเอกภาพ



WL OD / WL ND
 >0.75 เป็นดิน
 อินทรีย์
 OD = Oven Dry
 ND = Not Dry

ภาพที่ 5 แผนผังการจำแนกดินเม็ดละเอียด ระบบเอกภาพ

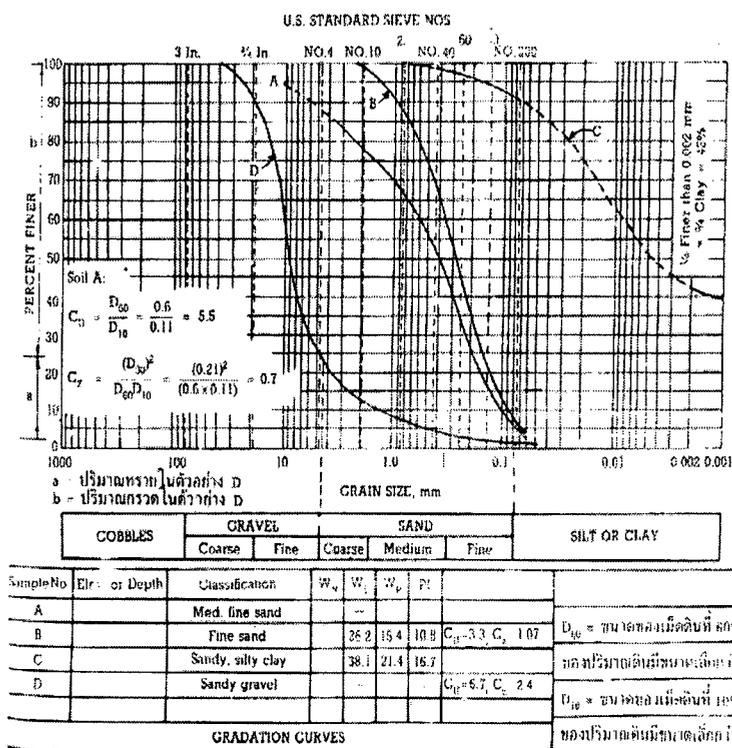
4.2 สมบัติทางด้านการกระจายของขนาดของเม็ดดิน (Grain Size Distribution)

ในดินเม็ดหยาบ (ขนาดตั้งแต่ 0.74 มม.ขึ้นไป) และดินที่ไม่มีแรงเชื่อมแน่น (Cohesionless Soil) กระจายและขนาดของเม็ดดินเป็นสมบัติที่สำคัญอันหนึ่ง สมบัติทางด้านนี้ใช้ในการจำแนกดินสำหรับดินเม็ดหยาบ ส่วนในดินเม็ดละเอียดสมบัตินี้มีความสำคัญน้อยกว่า

การทดสอบหาการกระจายของขนาดของเม็ดดินมีสองวิธีขึ้นอยู่กับขนาดของเม็ดดินวิธีดังกล่าวได้แก่

1) สำหรับดินเม็ดหยาบ การทดสอบทำโดยร่อนดินแห้งผ่านตะแกรงมาตรฐาน (Standard Sieve) โดยมีขนาดตะแกรงตั้งแต่ 4 นิ้ว จนกระทั่งถึง .074 มม. โดยเรียงตั้งแต่ขนาดใหญ่ไปจนกระทั่งถึงขนาดเล็กที่สุด (0.74 มม.) และหาปริมาณของดินที่ค้างอยู่ในตะแกรงต่างๆ และที่ผ่านตะแกรงเบอร์ที่เล็กที่สุด (No.200 ขนาดตะแกรงเท่ากับ .074 มม.) ด้วย เพื่อหาเปอร์เซ็นต์สะสมของดินที่ลอดตะแกรงขนาดต่างๆ และนำมาพล็อตกับขนาดช่องว่างของตะแกรงในกระดาษ semi-log

2) สำหรับดินเม็ดละเอียดที่มีขนาดเล็กกว่า 0.74 มม. ใช้วิธีทดลองไฮโดรมิเตอร์ (Hydrometer Test) ซึ่งใช้วัดความถ่วงจำเพาะ ของดินแห้งผสมน้ำในอัตราส่วนดินแห้งประมาณ 50 กรัมต่อน้ำ 1,000 ลบ.ซม. เมื่อทราบน้ำหนักของดินแห้งวัดหลังการทดลองเวลาและความถ่วงจำเพาะของดินดังกล่าวผสมน้ำที่เวลานั้น สามารถใช้ทฤษฎีของ Stoke (Stokes Law) ในการคำนวณขนาดของดินที่ตกตะกอน และ เปอร์เซ็นต์ของปริมาณดินสะสมที่มีขนาดเล็กกว่าขนาดของดินที่ตกตะกอน ปกติเม็ดดินละเอียดมักจะเกาะติดกันเป็นก้อนเนื่องจากประจุไฟฟ้าที่ผิวของเม็ดดิน ดังนั้น เพื่อแยกตัวก้อนดินในการทดสอบนี้จะใส่สารเคมีเพื่อช่วยกระจายเม็ดดิน (Dispersing Agent) ลงไปด้วย



ภาพที่ 6 แสดงข้อมูลจากการทดสอบการกระจายของขนาดของเม็ดดิน (Grain Size Distribution)

สำหรับดินเม็ดหยาบโดยใช้ตะแกรง (เส้น A, B และ D) และการกระจายของเม็ดดิน ซึ่งรวมถึงการกระจายของดินส่วนที่เป็นเม็ดละเอียด (เส้น C) โดยใช้ไฮโดรมิเตอร์ด้วย ดังที่ได้แสดงตัวอย่างในภาพที่ 6 การหาขนาดและการกระจายของเม็ดดินให้ข้อมูลดังต่อไปนี้

- 1) ปริมาณของชนิดของดิน (Cobble กรวด หรือทราย) ว่ามีปริมาณเท่าใด ทำให้สามารถจำแนกชนิดของดิน
- 2) ขนาดของเม็ดดินที่ใหญ่ที่สุด
- 3) บอกถึงลักษณะของการกระจายของเม็ดดินที่ได้จากค่า C_u (Uniformity Coefficient) และ C_z (Coefficient of Concavity) ซึ่งใช้ได้เมื่อดินมีปริมาณดินที่ผ่านตะแกรงเบอร์ 200 น้อยกว่า 12%

$$C_u = D_{60} / D_{10} \quad C_z = (D_{30})^2 / D_{60} D_{10} \quad (3)$$

ค่า D_{60} , D_{30} และ D_{10} แทนขนาดของเม็ดดินที่ผ่านตะแกรงคิดเป็นร้อยละโดยน้ำหนักที่จุด 60%, 30% และ 10% ตามลำดับ

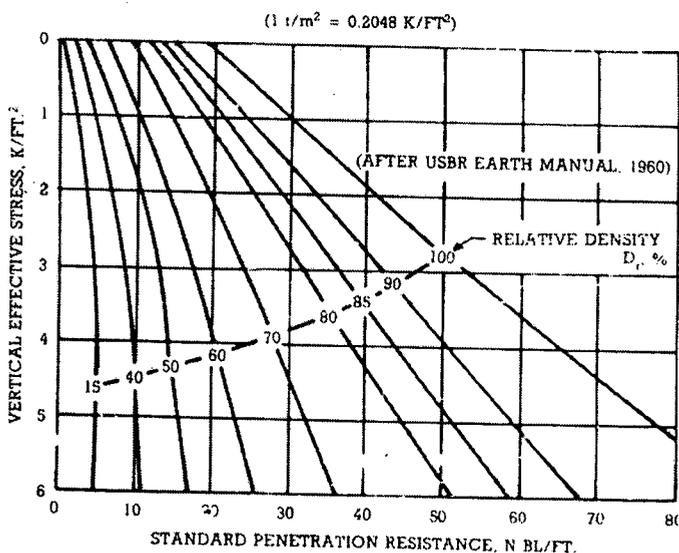
ถ้าค่าสัมประสิทธิ์ภาวะเอกรูป (C_u) มีค่า 4-6 แสดงว่าดินมีขนาดคละกัณฑ์ ถ้า $C_u < 4$ แสดงว่าดินอาจมีขนาดเดียวกันเป็นส่วนใหญ่

ดินที่มีคละกัณฑ์ ควรมีค่า C_z ประมาณ 1-3 เท่านั้น ถ้าน้อยหรือมากกว่านั้นถือว่าการกระจายของดินอยู่ในลักษณะที่ไม่ดี

ข้อมูลที่สำคัญจากการทดสอบโดยใช้ตะแกรง คือ ปริมาณของดินที่ผ่านตะแกรงเบอร์ 200 ค่า C_u และ C_z ส่วนข้อมูลจากการทดสอบไฮโดรมิเตอร์นั้นให้ผลระโยชน์น้อยมากเพียงให้ปริมาณของดินที่มีขนาดเป็นดินเหนียว (clay size) ซึ่งไม่ได้บ่งชี้ถึงสมบัติทางด้านพลาสติกชี้ได้แน่นอนเหมือนขีดเหลว และขีดพลาสติก

4.3 สภาวะความแน่นของดินเม็ดหยาบ

สภาวะความแน่นเป็นสมบัติขั้นพื้นฐานของดินเม็ดหยาบและดินชนิดที่ไม่มีแรงเชื่อมแน่น (Cohesionless Soil) และมีความสำคัญเนื่องจากมีความสัมพันธ์กับสมบัติทางด้านวิศวกรรม เช่นเดียวกับสมบัติทางการกระจายและขนาดของเม็ดดิน



ภาพที่ 7 ความสัมพันธ์ระหว่าง D_r กับ N และหน่วยแรงประสิทธิผลในสนามของ Gibbs และ Holtz (1957)

$$D_r = \frac{e_{\max} - e}{e_{\max} - e_{\min}} \times 100\% \quad (4)$$

สภาวะความแน่นของดินชนิดนี้แสดงออกโดยค่าความหนาแน่นสัมพัทธ์ (Relative Density, D_r) ซึ่งหาได้จาก

e_{\max} คืออัตราส่วนช่องว่างสูงสุดของดิน e_{\min} คืออัตราส่วนช่องว่างต่ำสุดของดินและค่า e คือ อัตราส่วนช่องว่างในธรรมชาติ เมื่อดินมีค่า e เท่ากับ e_{\max} หมายถึงดินอยู่ในสภาพที่หลวมที่สุด และมีความหนาแน่นมากที่สุดเมื่อมีค่า e เท่ากับ e_{\min} การหาค่า e_{\max} และ e_{\min} ทำได้ตามมาตรฐานของ ASTM ค่า e_{\min} เป็นค่าที่หาลำบากและเปลี่ยนแปลงมากกับวิธีการทดลอง

ปัญหาที่เกิดขึ้นในการหาความหนาแน่นสัมพัทธ์ ส่วนใหญ่จะเกิดจากการหาค่าอัตราส่วนของช่องว่างในธรรมชาติ เนื่องจากการยกที่จะเก็บตัวอย่างดินที่ไม่มีแรงเชื่อมแน่นในสภาพที่ไม่ถูกรบกวนได้ ในภาคปฏิบัติวิธีการหาค่า D_r มักจะเอามาจากค่า N ซึ่งได้จากการทดสอบการทะลวงแบบมาตรฐาน (Standard Penetration Test) ซึ่งเป็นค่าความสัมพันธ์ที่ไม่แน่นอนขึ้นอยู่กับชนิดของดิน ขนาดและการกระจายของเม็ดดิน ความสัมพันธ์ที่นิยมใช้กันมากที่สุด คือ ของ Gibbs and Holtz (1957) ซึ่งแสดงในภาพที่ 7 ค่า D_r หาได้เมื่อทราบค่า N และหน่วยแรงประสิทธิผลในสนาม

4.4 ความชื้นเหลวของดิน

1) พิกัดความชื้นเหลวของดิน

อิตเตอร์เบอร์กและแคสซาแกรนด์เป็นผู้เสนอคุณสมบัตินี้ โดยเป็นดัชนีชี้สภาวะความชื้นเหลวของดินเม็ดละเอียด พบว่าปริมาณความชื้นในดินเป็นส่วนสำคัญต่อสภาวะหรือสถานะของดินเม็ดละเอียด โดยแบ่งได้เป็น สภาวะของแข็ง สภาวะกึ่งแข็ง และสภาวะเหลว และมีการแบ่งจุดระหว่างสภาวะ คือพิกัดหดตัว พิกัดพลาสติกหรือพิกัดความเหนียว และพิกัดความเหลว สภาวะของดินนี้นิยมเรียกว่าความชื้นเหลว

2) พิกัดความเหลว (liquid limit, LL)

พิกัดความเหลว หมายถึงปริมาณความชื้นในดิน ณ จุดเปลี่ยนสภาวะจากของเหลวเป็นสภาวะพลาสติก หรือจากสภาวะพลาสติกเป็นของเหลว หาได้โดยการทดลองสำหรับการหาค่าพิกัดความเหลวของดิน ปริมาณความชื้นที่พิกัดเหลว คือปริมาณความชื้นของดินในถ้วยเคาะมาตรฐาน ซึ่งได้รับการบากด้วยมีดปาดร่อง (Grooving Tool) และยกถ้วยเคาะ 25 ครั้ง ด้วยอัตราครั้งที่ 2 ครั้งต่อวินาที แล้วรอยบากเคลื่อนมาติดกัน 1 เซนติเมตรพอดี การยกถ้วยเคาะทำโดยอาศัยการหมุนที่ก้านหมุนซึ่งออกแบบมาให้สามารถยกถ้วยเคาะขึ้นสูงได้ 1 เซนติเมตร แคสซาแกรนด์กล่าวว่า ดิน ณ จุดนี้

มีกำลังรับน้ำหนักเพียง 0.25 ตันต่อตารางเมตรเท่านั้น โดยเปรียบเทียบการเคาะแต่ละครั้งในการทดลอง มีหน่วยแรงเฉือนกระทำต่อดินเท่ากับ 0.1 ตันต่อตารางเมตร

ในทางปฏิบัติแล้วการทดลองหาปริมาณความชื้นสำหรับการเคาะ 25 ครั้งพอดีนั้นทำได้ยากมาก จึงทำการทดลองเปลี่ยนปริมาณความชื้นในดินประมาณ 4 – 5 ค่า โดยทดลองเคาะและหาจำนวนครั้งในการเคาะที่ทำให้รอยบากเคลื่อนมาติดกัน 1 เซนติเมตร แล้วนำมาพล็อตบนกระดาษกราฟ และหาค่าพิกัดความเหลว

3) พิกัดพลาสติก (Plastic Limit, PL)

พิกัดพลาสติก หมายถึงปริมาณความชื้นในดิน ณ จุดเปลี่ยนสภาวะกึ่งของแข็ง หรือจากสภาวะกึ่งของแข็งเป็นสภาพพลาสติก หาได้โดยการทดลองบ้นดินให้เป็นแท่งกลมยาว ดินที่มีปริมาณความชื้นเท่ากับพิกัดพลาสติกจะมีรอยปริแตกเมื่อบ้นได้ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางเท่ากับ 1/8 นิ้ว

4) ดัชนีความเหนียว (Plasticity Index, PI)

ดัชนีความเหนียวหรือดัชนีพลาสติกซิตี คือดัชนีชี้ความเป็นพลาสติกของดิน โดยหาได้จากผลต่างระหว่างพิกัดความเหลวและพิกัดพลาสติก

$$\text{ดัชนีความเหนียว} = \text{พิกัดความเหลว} - \text{พิกัดพลาสติก}$$

4.5 ปริมาณความชื้น หรือ ปริมาณน้ำ (Water Content, w)

ความชื้น คืออัตราส่วนน้ำหนักของน้ำต่อน้ำหนักของเมื่อดิน $\times 100$ เปอร์เซ็นต์

การหาค่าความชื้นทดสอบโดยนำตัวอย่างดินปริมาณพอเหมาะตามขนาดเมื่อดินที่ทดสอบไปใส่ตู้อบที่อุณหภูมิ 100 ± 5 องศาเซลเซียสเป็นระยะเวลาประมาณ 24 ชั่วโมง ซึ่งดินจะแห้ง ผลต่างของน้ำหนักดินก่อนและหลังอบคือน้ำหนักของน้ำที่ระเหยไป

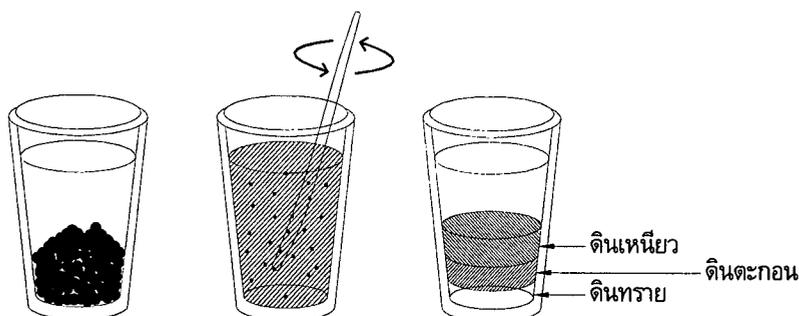
$$\text{ปริมาณความชื้น} \quad , \quad W = (W_w/W_s) \times 100 \text{ เปอร์เซ็นต์} \quad (5)$$

$$\text{เมื่อ} \quad W_w = \text{น้ำหนักของน้ำ}$$

$$W_s = \text{น้ำหนักของเมื่อดิน}$$

4.6 วิธีการทดสอบคุณภาพของดินที่เหมาะสมจะนำมาใช้ทำก้อนอิฐดินดิบ

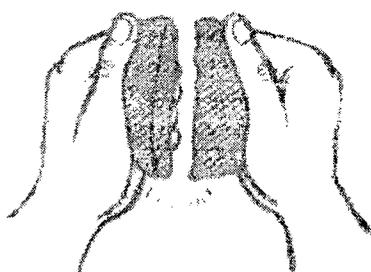
ดินที่เหมาะสมสำหรับการนำมาสร้างบ้านควรจะมีส่วนผสมของดินเหนียวอยู่ประมาณร้อยละ 20-50 โดยธรรมชาติแล้ว ดินเหนียวจะเหลวเมื่อโดนน้ำ เมื่อแห้งจะแข็ง ดินเหนียวจะทำหน้าที่เป็นตัวยึดส่วนผสมอื่น ๆ เข้าด้วยกันโดยปกติแล้วดินส่วนใหญ่ จะมีส่วนผสมของดินทรายดินเหนียว ดินร่วน และกรวดหินต่าง ๆ ผสมอยู่รวมกัน เราสามารถทดสอบดูปริมาณของดินเหนียวที่ผสมอยู่ได้โดยนำดินเหนียวที่ต้องการทดสอบบดให้ละเอียดใส่ไว้ในแก้วน้ำ หรือขวดใสในปริมาณ 1 ใน 3 ของแก้ว ใส่น้ำให้เต็ม แล้วเขย่าหรือคนให้ดินละลาย ทิ้งไว้ให้ตกตะกอน อาจเติมเกลือเพื่อช่วยเร่งการตกตะกอน ส่วนผสมที่มีขนาดใหญ่จะตกตะกอนก่อน เช่น กรวดเล็ก ๆ ตามด้วยทรายและดินเหนียวจะเป็นดินที่มีอนุภาคละเอียดที่สุด และตกตะกอนที่หลังสุด ดัง ภาพที่ 9



ภาพที่ 8 การทดสอบการตกตะกอนของดินเหนียวโดยการปล่อยดินเหนียวแช่ทิ้งไว้ในแก้วน้ำสะอาด

ดินบางชนิดที่มีลักษณะคล้ายดินเหนียว คือ สีน และมีความเหนียวเหมือนกัน แต่เมื่อแห้งจะร้อนเป็นแผ่น การทดสอบดินเหนียวที่จะนำมาใช้สำหรับการก่อสร้างสามารถทำได้ด้วยวิธีง่ายๆคือ

1) ปั้นดินที่ชุ่มน้ำให้เป็นเส้นขนาดประมาณนิ้วโป้ง จับด้านหนึ่งไว้ แล้วปล่อยอีกด้านหนึ่งลงมาตามแนวตั้ง ถ้าดินขาดออกจากกัน แสดงว่ามีดินเหนียวไม่เพียงพอ



ภาพที่ 9 การทดสอบคุณสมบัติความแข็งแรงของก้อนดินเหนียวดินด้วยวิธีการแบบชาวบ้าน

2) นำดินที่ชุ่มน้ำมาปั้นเป็นก้อนแบนๆ คล้ายคุกกี้ ตากแดดให้แห้ง แล้วทดลองหักเพื่อทดสอบความแข็งแรง (ภาพที่ 9)

- ถ้าหักง่ายแสดงว่ามีส่วนผสมของทรายมากเกินไป ต้องเพิ่มดินเหนียว
- ถ้าหักยากมาก แสดงว่ามีดินเหนียวมาก เมื่อแห้งจะแข็งแรง และอาจมีการแตกร้าว ดินเหนียวมากเกินไปจะทำให้ย่ำดินได้ยาก การเติมทรายจะช่วยให้ความเหนียวลดลงและช่วยให้ไม่เกิดรอยร้าว

5. คุณสมบัติของต้นธูปฤาษี

ธูปฤาษี เป็นวัชพืชน้ำที่แพร่ระบาดและขยายพันธุ์ได้อย่างรวดเร็วตาม หนอง คลอง บึง และอ่างเก็บน้ำ พบได้ทั้งในเขตร้อน และ เขตอบอุ่น สามารถทนความเป็นกรดเป็นด่างและความเค็มได้ มีน้ำหนัก มีความสามารถในการดูดซับธาตุอาหาร และโลหะหนักได้ในปริมาณสูง และจากการทดลองที่กรมพัฒนาที่ดินในปี พ.ศ. 2539 พบว่าธูปฤาษีมีน้ำหนักผลผลิตเฉลี่ย 56.6 ตัน/เฮกตาร์/ปี น้ำหนักผลผลิตส่วนเหนือดินและใต้ดินจะอยู่ในระหว่าง 3.8-52.7 และ 1.6-48.7 ตัน/เฮกตาร์/ปีตามลำดับ ธูปฤาษีสามารถดูดซับธาตุไนโตรเจนและ ฟอสฟอรัสเฉลี่ย 760 และ 60 กก./เฮกตาร์ ตามลำดับ และจากการศึกษาเปรียบเทียบ ปริมาณธาตุอาหารในส่วนต่าง ๆ ของธูปฤาษีใบกว้าง (*Typha latifolia*) และธูปฤาษีใบแคบ (*Typha angustifolia*) พบว่าปริมาณธาตุอาหารในส่วนต่าง ๆ ของธูปฤาษีแต่ละชนิดแตกต่างกัน ปริมาณ N, P, K, Ca, Mg, Na, Mn, Zn, Cu ในทุกส่วนของธูปฤาษีใบกว้างสูงกว่าธูปฤาษีใบแคบ และ ปริมาณธาตุอาหาร ที่มีปริมาณสูงสุดในส่วนที่อยู่เหนือดินคือ N, K, Ca, Mg, และ Mn, และ ธาตุอาหารที่มีปริมาณสูงสุดของส่วนที่อยู่ใต้ดินคือ Na, Zn, และ Cu ปริมาณ N สูงที่สุดในธูปฤาษีทั้ง 2 ชนิด อยู่ในช่วง 2.5-2.9% รวมทั้งมีความสามารถดูดซับธาตุโลหะหนักได้ค่อนข้างมาก การเปลี่ยนแปลงของฤดูกาลมีผลต่อ ปริมาณธาตุอาหาร และน้ำหนักผลผลิตของธูปฤาษี ปริมาณธาตุอาหาร N, P, K ของส่วนเหนือดินของธูปฤาษีใบกว้าง และใบแคบ สูงสุด ในช่วงฤดูร้อน ส่วนใต้ดินจะสูงสุดในช่วงปลายฤดูใบไม้ร่วง น้ำหนักผลผลิตส่วนเหนือดินของธูปฤาษีใบกว้าง และใบแคบ จะสูงสุดในช่วงฤดูร้อน และน้ำหนักผลผลิตของธูปฤาษีใบกว้างมากกว่าใบแคบ แต่น้ำหนักผลผลิตส่วนใต้ดินจะสูงสุดในช่วง ฤดูหนาว



ภาพที่ 10 ต้นธูปฤาษี

5.1 การสืบพันธุ์ของธูปฤาษี

อาศัยเมล็ดขนาดเล็ก เมล็ดมีเอนโดสเปิร์ม (albuminous) ต้นอ่อนตรง และมีลักษณะเป็นเส้นขนหลายเส้น เบา สามารถปลิวไปตามลม และติดไปกับสิ่งของ คน หรือสัตว์ได้ง่าย หรืออาจใช้เหง้าในการกระจายพันธุ์ไปยังที่มีผลต่อการแพร่กระจายของธูปฤาษีคือ

- 1) ลม เป็นตัวพาให้ธูปฤาษีแพร่กระจายไปได้ไกล โดยพัดพาสปอร์และเมล็ดของธูปฤาษีซึ่งมี

ลักษณะเบา หรือมีส่วนที่ช่วยพยุงให้เมล็ดลอยไปตามลมได้ วัชพืชเหล่านี้จึงแพร่กระจายได้รวดเร็ว เช่น สปอร์ ของเฟิร์นบางชนิด หล้าคา รุกฤาษี เล้า เป็นต้น

2) น้ำ สามารถพัดพาเมล็ดของรุกฤาษีไปตามกระแสน้ำ ทำให้รุกฤาษีแพร่กระจายไปยังที่ต่างๆ ซึ่งอาจถูกพัดพาโดยน้ำฝนที่ไหลบ่าไป นอกจากนี้ น้ำยังเป็นปัจจัยที่สำคัญต่อการงอกของเมล็ดรุกฤาษีด้วย

3) สัตว์ เป็นพาหะที่นำพาเมล็ดรุกฤาษีไปยังที่ต่างๆ ได้ ทั้งทางตรงและทางอ้อม เช่น เมล็ดรุกฤาษีอาจติดไปกับร่างกายของสัตว์เอง จากที่หนึ่งไปตกยังอีกที่หนึ่ง หรือสัตว์กินพืชเป็นอาหาร แล้วถ่ายมูลออกมาโดยที่เมล็ดรุกฤาษีไม่ถูกย่อย ก็จะสามารถเจริญเติบโตงอกงามได้

4) มนุษย์ สามารถนำพารุกฤาษีไปได้เป็นระยะทางไกล อาจจะทำด้วยความตั้งใจหรือไม่ตั้งใจก็ตาม โดยการติดไปกับเสื้อผ้าที่สวมใส่ หรือเกิดจากการรู้เท่าไม่ถึงการณ์

5) การแพร่กระจายทางเครื่องมือ อุปกรณ์ และสิ่งอื่นๆ ที่ใช้ในการเกษตรจากที่หนึ่งนำไปใช้อีกสถานที่หนึ่ง อาจมีเมล็ดรุกฤาษีติดไปด้วย หรือการขนย้ายดิน หรือแม้แต่ในเมล็ดพันธุ์พืชซึ่งซื้อ มาปลูกก็อาจมีเมล็ดรุกฤาษีปะปนมาได้



ภาพที่ 11 ลักษณะต้นอ่อนของต้นรุกฤาษี

5.2 ประโยชน์จากรุกฤาษี

แม้ว่ารุกฤาษีจะก่อให้เกิดโทษอย่างมากมายมหาศาล แต่ก็ยังมีประโยชน์อยู่บ้างซึ่งหลายคนอาจมองข้ามไป

- 1) รุกฤาษีช่วยป้องกันการพังทลายของดิน เนื่องจากรุกฤาษีมีระบบรากที่ดี
- 2) รุกฤาษีอาจช่วยทำให้ วัฏจักรของแร่ธาตุอาหารในดินสมบูรณ์ขึ้นซึ่งเป็นที่ทราบกันดีแล้วว่าในองค์ประกอบของส่วนต่างๆ ของรุกฤาษีจะมีแร่ธาตุอาหารชนิดต่างๆ ที่เกิดจากการดูดซึมเข้าไปเพื่อใช้ในการเจริญเติบโต และเมื่อรุกฤาษีตายลง หรืออาจแก่ตายหรือเกิดจากการกำจัดก็ตาม ก็จะมีการย่อยสลาย (decomposition) จะทำให้แร่ธาตุอาหารกลับสู่ดิน ทำให้สามารถเพาะปลูกได้

3) ฐูปะถาศีช่วยเพิ่มอินทรีย์วัตถุในดิน องค์ประกอบของฐูปะถาศีนอกจากจะมีแร่ธาตุอาหารหลายชนิดแล้ว องค์ประกอบอื่นๆ สามารถให้ประโยชน์แก่ดินในแง่ของอินทรีย์วัตถุ (organic matter) ได้ การไถกลบเศษซากฐูปะถาศี หรือการที่วัชพืชถูกกำจัดโดยเกษตรกรในช่วงแรกของการแก่งแย่งแข่งขันในพืชปลูก ก็เท่ากับเป็นการเพิ่มอินทรีย์วัตถุลงในดิน ซึ่งจะเป็นประโยชน์แก่พืชปลูกโดยตรง ประโยชน์ของฐูปะถาศีในแง่ของการเพิ่มอินทรีย์วัตถุในดินนี้ก็เป็นกระบวนการเหมือนการทำปุ๋ยเหมือนกับการทำปุ๋ยพืชสด (green manure) โดยการไถกลบดิน

4) ซากของฐูปะถาศี สามารถนำมาใช้เป็นวัสดุคลุมผิวดิน (mulching) เพื่อลดการสูญเสียน้ำ ความชื้นออกจากผิวดิน หรือลดการปะทะของน้ำฝนที่ตกลงมาก วิธีเป็นการปฏิบัติในแปลงปลูกพืชยืนต้น พวกไม้ผลชนิดต่างๆ

- 5) ฐูปะถาศีที่ขึ้นตามธรรมชาติ อาจนำมาใช้เลี้ยงสัตว์ได้
- 6) ใช้ฐูปะถาศีเป็นวัสดุเชื้อเพลิง
- 7) ใช้เป็นวัตถุดิบในการทำเครื่องใช้ต่าง เช่น นำมาบุหลังคาบ้าน ทำฝาบ้าน การสานชนิดต่างๆ ในทางหัตถกรรมพื้นบ้าน อุตสาหกรรมครัวเรือน
- 8) ใช้ทำเยื่อกระดาษ
- 9) ใช้เป็นปุ๋ยพืชสด หรือทำปุ๋ยหมักบำรุงดินได้
- 10) ใช้เป็นอาหารเลี้ยงสัตว์เคี้ยวเอื้อง

5.3 ผลเสียหายอันเกิดจากฐูปะถาศี

วัชพืชเป็นสิ่งมีชีวิตที่นับได้ว่ามีความสัมพันธ์กับมนุษย์ค่อนข้างมาก โดยที่ไม่ใช่เฉพาะการมีความเกี่ยวข้องกับการเกษตรเท่านั้น วัชพืชยังเป็นตัวการสำคัญที่ทำให้เกิดความเสียหายแก่มนุษย์ทั้งทางตรง และทางอ้อมมากมาย

1) เมื่อต้นฐูปะถาศีเจริญขึ้นในแหล่งน้ำตื้นอยากมากมาย และตายลงทำให้เกิดน้ำเสียในแหล่งน้ำต่างๆ ส่งกลิ่นเหม็นไปรอบๆ สร้างความรำคาญแก่ผู้สัญจร และผู้อยู่อาศัยบริเวณนั้น

2) เป็นที่อยู่ของสัตว์มีพิษ เนื่องจากฐูปะถาศีเป็นต้นที่มีลักษณะสูงเรียวยาว และมักขึ้นอย่างหนาแน่นปกคลุมเนื้อที่ได้หลายๆ ไร่ ทำให้มีลักษณะเป็นที่ที่รกรุงรัง และสกปรกทำให้สัตว์มีพิษเข้าไปอาศัยอยู่ได้

3) เกิดปัญหาการใช้สอยที่ดินทำกิน เนื่องจากฐูปะถาศีสามารถเจริญเติบโตและแพร่พันธุ์ได้รวดเร็วอย่างน่าเหลือเชื่อ กินพื้นที่ได้กว้างในเวลาเพียงไม่กี่เดือน และแย่งธาตุอาหารที่จำเป็นในดินไปทำให้ไม่สามารถเพาะปลูกได้ดีเท่าที่ควร

4) การเดินทางสัญจรลำบากเพราะบริเวณที่มีฐูปะถาศีเจริญอยู่มักจะมีแหล่งน้ำขังและรก ไม่สามารถสัญจรไปมาได้สะดวก

- 5) สิ้นเปลืองงบประมาณในการถางทำลายเป็นอย่างมาก ในการกำจัดวัชพืชชนิดนี้นั้นไม่สามารถกำจัดได้อย่างถาวรเพราะเมล็ดของธูปเทียนมีขนาดเล็กมากและมีมากมายมหาศาล และที่สำคัญสามารถปลิวกระจัดกระจายไปตามที่ต่างๆ อย่างรวดเร็ว
- 6) ในป่าไม้อาจจะประสบปัญหาไฟป่าได้ทำให้ได้รับความเสียหายอย่างมาก
- 7) วัชพืชที่ขึ้นอย่างรกรงรังอาจเป็นแหล่งหลบซ่อนอาศัยของโรค แมลง และศัตรูพืช
- 8) แย่งน้ำและอาหารจากพืชปลูก ซึ่งควรจะได้รับมากขึ้นหากไม่มีธูปเทียนอยู่ในพื้นที่นั้นๆ
- 9) เป็นปัญหาต่อการพัฒนาที่ดินทำกินของประเทศ

6.การก่อสร้างด้วยอิฐดินดิบ (Adobe)

การก่อสร้างด้วยอิฐดินดิบเป็นโครงสร้างระบบผนังรับน้ำหนัก จึงไม่จำเป็นต้องมีเสา แต่การทำช่องเปิดที่มีขนาดกว้างๆ จำเป็นต้องใช้การก่ออิฐให้มีลักษณะเป็นโดมโค้ง หรือ โดมยอดแหลมเพื่อรับน้ำหนัก หรือ ใช้ไม้ (ใช้ได้ทั้งไม้ท่อน และไม้แผ่น) ทำเป็นคานทับหลังเพื่อรับน้ำหนักอิฐที่อยู่ด้านบน บ้านดินส่วนใหญ่ที่ทำในประเทศไทยมักจะใช้วิธีนี้ในการก่อสร้าง

ข้อดีของการสร้างด้วยอิฐดินดิบ คือ สามารถค่อย ๆ ทอยยทำอิฐเก็บรวบรวมไว้ได้ เมื่อถึงเวลาที่จะเริ่มสร้างหรือมีจำนวนอิฐดินดิบที่เพียงพอแล้ว จะสามารถสร้างได้เร็ว ผนังแห้งเร็วเมื่อก่อสร้างแล้วสามารถฉาบได้ทันที

ส่วนข้อเสียของการสร้างด้วยอิฐดินดิบ คือ ทำผนังที่มีความโค้งมาก ๆ ได้ยาก ในการทำอิฐจำเป็นต้องมีสถานที่ในการตากอิฐและเก็บอิฐพอสมควร

6.1 วิธีการก่อสร้างบ้านดินด้วยเทคนิคการก่อก้อนดินปั้น

การก่อสร้างบ้านดินด้วยเทคนิคการก่อก้อนดินปั้น จะเป็นการสร้างก้อนดินปั้นที่มีลักษณะเหมือนกับอิฐมอญแต่มีขนาดที่ใหญ่กว่านำมาก่อในลักษณะเดียวกับการก่อผนังอิฐมอญทุกๆ ไป โดยที่ตัวบ้านดินนั้นจะไม่มีเสารับน้ำหนัก แต่ตัวบ้านดินจะใช้ผนังในการรับน้ำหนักจากพื้นชั้นที่สองหรือโครงหลังคาแทน ซึ่งรายละเอียดในการก่อสร้างบ้านดินด้วยเทคนิคการก่อก้อนดินปั้นมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1) การออกแบบบ้านดิน

ในการออกแบบบ้านดินนั้นจะมีลักษณะการออกแบบเหมือนกับบ้านพักอาศัยโดย ทั่วๆ ไป ซึ่งการออกแบบนั้นก็ขึ้นอยู่กับความพึงพอใจของเจ้าของบ้านเป็นหลักสำคัญ

2) การจัดวางตำแหน่งบ้านดิน

การจัดวางตำแหน่งบ้านดินนั้น ควรจะทำการจัดวางตัวบ้านให้อยู่เหนือบริเวณที่มีน้ำท่วมขังหรือทางน้ำไหล เพราะวัสดุที่ใช้ทำบ้านนั้นเป็นก้อนดินที่ไม่ได้ทำการเผา เมื่อก้อนดินโดนน้ำแล้วจะทำให้รูปร่างและความแข็งแรงของบ้านเสียไป จึงควรทำการยกพื้นบ้านให้สูงกว่าระดับดินเดิม เพื่อป้องกันอันตรายจากน้ำท่วมขังและการไหลเซาะของน้ำเมื่อเกิดฝนตก และในการวางตำแหน่งบ้านดิน

นั้นก็ควรให้ตำแหน่งของบ้านนั้นอยู่ใกล้กับบ่อดินที่ขุดมาทำก้อนดินปั้น เพื่อประหยัดเวลาในการขนย้ายวัสดุ

3) การก่อสร้างฐานราก

ในการก่อสร้างฐานรากนั้นควรพิจารณาความแข็งแรงของดินที่รองรับตัวบ้านดินเป็นสิ่งสำคัญ หากดินที่รองรับมีความแข็งแรงเพียงพอก็อาจจะทำกรก่อสร้างบ้านดินได้เลย แต่ถ้าหากดินที่รองรับไม่มีความแข็งแรง เมื่อทำการก่อสร้างแล้วจะเกิดการทรุดตัวทำให้ตัวบ้านดินได้รับความเสียหายได้ จึงควรทำการก่อสร้างฐานรากรองรับตัวบ้าน โดยการก่อสร้างฐานรากของบ้านดินนั้นมีลักษณะเดียวกันกับการก่อสร้างฐานรากของบ้านพักอาศัยโดยทั่วไป ซึ่งจะมีการตอกเสาเข็มและทำคานคอดินคอนกรีตรองรับตัวบ้านดิน เพื่อป้องกันการทรุดตัวของบ้านดิน

4) การก่อก่อนดินปั้น

บ้านดินนั้นจะไม่มีเสารับน้ำหนักแต่จะใช้เสาในการรับน้ำหนักแทน ซึ่งการก่อก่อนบ้านดินนั้นจะมีลักษณะเดียวกันกับการก่อก่อนอิฐมอญ โดยจะทำการก่อสร้างสลับแนว ซึ่งวัสดุที่ใช้ประสานก้อนดินปั้นนั้นจะใช้ดินที่ใช้ในการสร้างก้อนดินปั้นแต่จะมีความเหลวมากกว่า การก่อก่อนดินปั้นนั้นจะทำการเทดินประสานแล้ววางก้อนดินปั้นให้แนบสนิทเลย ไม่ต้องทำการเว้นแนวการก่อเหมือนกับการก่ออิฐมอญ การก่อจะต้องทำการก่อให้ได้แนวตั้งเพราะถ้าผนังเกิดการเอียงเวลารับน้ำหนักจะทำให้ผนังเกิดการพังทลายได้

5) การติดตั้งประตู หน้าต่าง

การติดตั้งวงกบประตูหน้าต่าง จะทำโดยการติดตั้งวงกบประตูหน้าต่างไว้ก่อนหน้าการก่อก่อนดินปั้น เมื่อทำการติดตั้งวงกบประตูหน้าต่างเสร็จแล้วจึงทำการก่อก่อนดินปั้นทับวงกบประตูหน้าต่าง โดยที่ตัววงกบประตูหน้าต่างจะทำการตอกตะปูไว้โดยรอบ เพื่อเพิ่มความแข็งแรงในการยึดเกาะของตัววงกบประตูหน้าต่างและตัวผนังบ้านดิน

6) การทำพื้นบ้าน

การทำพื้นบ้านดินนั้นจะขึ้นอยู่กับความพึงพอใจของเจ้าของบ้านในการเลือกวัสดุในการทำพื้นบ้าน การทำพื้นบ้านดินมีอยู่ด้วยกันสองลักษณะดังนี้

- การทำพื้นชั้นล่าง การทำพื้นบ้านในลักษณะนี้จะทำการเทพื้นบ้านดินด้วยดินที่มีส่วนผสมเดียวกันกับส่วนผสมดินที่ใช้ทำก้อนดินปั้นแต่จะมีความเหลวมากกว่าเพื่อความสะดวกในการเท เมื่อเทดินเสร็จแล้วและเห็นว่าดินที่เทเริ่มแห้งก็ทำการบดอัดพื้นดินเพื่อให้พื้นดินมีความแน่นขึ้นและไม่เป็นฝุ่นเวลาที่แห้งแล้ว หรืออาจจะใช้วัสดุปูพื้นอื่นๆเช่น กระเบื้องเคลือบ กระเบื้องโมเสก หรือแผ่นไม้บางๆในการทำพื้นบ้าน โดยการนทำนั้นจะมีลักษณะเหมือนกับการปูพื้นกระเบื้องทั่วไป แต่วัสดุที่ใช้ยึดประสานจะใช้ดินที่ผสมน้ำแทน โดยดินที่ผสมนั้นจะต้องมีความละเอียดเพื่อความสะดวกในการปูกระเบื้อง ส่วนการยาแนวกระเบื้องนั้นจะใช้ดินผสมน้ำเช่นเดียวกันกับดินผสมน้ำที่ใช้ในการปู

กระเบื้อง ไม่ควรทำการยาแนวด้วยปูนยาแนวเพราะจะทำให้ดินข้างล่างเกิดความชื้นและขึ้นรา ทำให้พื้นเกิดช่องว่างและเสียหายได้

- การทำพื้นบ้านชั้นที่สอง การทำพื้นบ้านชั้นที่สองนั้นจะทำโดยการพาดไม้ให้ชิดกันเต็มความกว้างของชั้นที่สอง จากนั้นก็เทดินที่ไ้เทพื้นลงไป อาจทำการตกแต่งพื้นด้วยวัสดุปูพื้นชนิดอื่นเพื่อความสวยงาม การทำพื้นชั้นที่สองอาจจะทำเป็นพื้นไม้ก็ได้ โดยวางคานพาดระหว่างผนังบ้านดินแล้วทำการวางตงและแผ่นพื้นต่อไป ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความพึงพอใจและงบประมาณของเจ้าของบ้าน การที่จะทำพื้นชั้นที่สองนั้นจะต้องทำการก่อผนังชั้นล่างให้มีความหนามากกว่าปกติหรืออาจจะทำการก่อผนังบางส่วนให้มีลักษณะเหมือนกับเสาขึ้นมารับน้ำหนักของพื้นชั้นที่สองและการทำผนังบ้านดินชั้นที่สองอาจจะใช้เทคนิคการก่ออื่นๆ เช่นเทคนิคดินปั้นหรือใช้ผนังไม้ก็ได้ เนื่องจากถ้าใช้เทคนิคการก่อก่อดินปั้นในการทำผนังชั้นที่สองจะทำให้ชั้นที่สองมีน้ำหนักมากเกินไป จึงต้องใช้ผนังแบบอื่นที่มีน้ำหนักเบากว่าในการก่อสร้าง

7) การทำหลังคา

การทำหลังคาบ้านดินนั้นก็มึลักษณะเหมือนกับการทำหลังคาของบ้านโดย ทั่วๆไป โดยโครงสร้างที่ใช้ทำหลังคาของบ้านดินส่วนใหญ่แล้วก็จะใช้ไม้ในการทำโครงหลังคา ส่วนรูปแบบโครงหลังคาและวัสดุที่ใช้มุงนั้นก็ขึ้นอยู่กับความพึงพอใจและงบประมาณเจ้าของบ้าน แต่วัสดุที่ใช้มุงหลังคานั้นควรคำนึงถึงน้ำหนักของวัสดุเป็นหลักในการพิจารณาเลือกใช้ ควรเลือกใช้วัสดุมุงหลังคาที่มีน้ำหนักเบาเพื่อลดภาระการแบกรับน้ำหนักของผนังบ้านดิน เพื่อป้องกันการพังทลายของผนังบ้านดิน

ลักษณะการวางโครงหลังคาของบ้านดินนั้นจะแตกต่างจากบ้านทั่วไปคือบ้านดินนั้นจะไม่มีเสารับน้ำหนัก แต่จะใช้ผนังในการรับน้ำหนักแทน ดังนั้นโครงสร้างที่ต้องยึดติดกับเสาในบ้านทั่วไปก็จะต้องยึดกับแนวผนังของบ้านดิน การยึดโครงหลังคากับผนังบ้านดินนั้นมีหลายวิธีเช่น ทำการพอกดินปิดระหว่างโครงหลังคากับผนังบ้านดิน หรือการเจาะผนังบ้านดินเพื่อร้อยเชือกมัดระหว่างผนังบ้านดินและโครงหลังคาเป็นต้น

นอกจากนี้ยังมีการทำโครงหลังคาในลักษณะอื่นอีกเช่น การทำหลังคาโดยการวางโครงไม้ไผ่แล้วทาสวนผสมดินทับด้านบนเหมือนกับการทำพื้นชั้นที่สอง แต่จะทำการปลุกหญ้าไว้ด้วยเพื่อป้องกันการชะล้างของน้ำฝน หรืออีกวิธีหนึ่งเป็นการก่อก่อดินปั้นขึ้นไปเป็นหลังคาโดยจะก่อคั้งครอบทับตัวบ้าน แต่การทำโครงหลังคาทั้งสองลักษณะนี้ไม่ค่อยเป็นที่นิยมในประเทศไทย เพราะประเทศไทยมีฝนตกชุกซึ่งอาจทำให้หลังคาทั้งสองลักษณะนี้เกิดการพังทลายเพราะน้ำฝนกัดเซาะได้

8) การฉาบผนังบ้านดิน

การฉาบผนังบ้านดินนั้นมีจุดประสงค์เพื่อทำให้ผนังบ้านดินมีความเรียบและสะดวกในการฉาบครั้งที่สองหรือการทาสีบ้านด้วยน้ำดิน วัสดุที่ใช้ในการฉาบบ้านดินนั้นจะใช้ดินที่มีส่วนผสมเดียวกับส่วนผสมที่ใช้ทำก่อดินปั้นแต่จะมีการผสมวัสดุที่ให้ความเหนียวเช่น แป้งเปียก กาวลาเทกซ์

มูลโค เพื่อช่วยให้การยึดเกาะระหว่างดินฉาบและผนังบ้านดีขึ้นทำให้การฉาบน้ำง่ายขึ้น ขั้นตอนการฉาบน้ำนั้นมีลักษณะเดียวกันกับการฉาบปูนฉาบ โดยจะทำการพรมน้ำที่ตัวผนังบ้านให้ทั่ว แล้วทำการฉาบดินให้ติดกับผนังบ้านดินจากด้านบนลงมาด้านล่าง เมื่อดินเริ่มแห้งหมาดๆจึงทำการฉาบให้เรียบอีกครั้งหนึ่ง

การฉาบผนังบ้านดินนั้นอาจจะทำการปั้นดินให้เป็นรูปทรงต่างๆเพื่อความสวยงามของผนังบ้าน หรืออาจจะฝังขวดแก้วหรือหินสวยงามไว้ที่ผนังบ้านดินเพื่อเพิ่มความสวยงามให้กับผนังบ้านดินก็ได้

9) การทาสีบ้านดิน

การทาสีบ้านดินหรือการฉาบครั้งที่สองนั้น จะทำการผสมดินที่มีความละเอียดมากกับน้ำ โดยดินที่ใช้จะเป็นดินที่มีสีตามธรรมชาติเช่นสีแดงจากดินลูกรังเป็นต้น ในการฉาบน้ำนั้นส่วนใหญ่จะใช้มือหรือแปรงทาสีในการฉาบซึ่งจะทำการฉาบดินสี 2 - 3 ครั้งเพื่อให้ดินสีติดทนนานขึ้น

6.2 สิ่งที่ต้องเตรียมในการทำอิฐดิน

1) ดินเหนียว ธรรมชาติของดินเหนียวคือ เมื่อแห้งจะหดตัว ถ้าอิฐดินดิบที่ทดลองทำมีการแตกร้าวแสดงว่าส่วนผสมที่ใช้มีดินเหนียวมากเกินไป ต้องเพิ่มส่วนผสมอื่นเพื่อลดการแตกร้าว

2) ทราย เป็นส่วนผสมที่จะช่วยลดการหดตัวของดินเหนียวและลดการแตกร้าว ทรายจะช่วยให้อิฐมีความแกร่ง แต่ถ้าผสมทรายมากเกินไปจะทำให้ถูกฝนชะดินออกได้ง่าย

3) ดินรูปภาชีเป็นพืชที่มีความชื้นสูงและเป็นเส้นยาวแต่มีเส้นใยมาก จึงต้องนำมาย่อยและผึ่งแดดให้แห้ง ส่วนผสมที่เป็นเส้นใยนี้จะช่วยยึดดินเข้าด้วยกัน ลดการแตกร้าว และป้องกันการชะล้างของน้ำฝน

4) ส่วนของเส้นใยสำหรับการทำอิฐดินดิบไม่นิยมใช้วัสดุที่เป็นเส้นยาวเพราะย้ายยาก และทำให้เกิดปัญหาเวลาแยกพิมพ์

5) อัตราส่วนของวัสดุที่ใช้ผสมโดยประมาณ คือ ดินเหนียว 1 ส่วน ทราย 1-2 ส่วน และ ดินรูปภาชี แกลบ หรือ ฟางเส้นสั้น (วัสดุเส้นใย) 1.5 ส่วน ธรรมดาแล้วส่วนผสมจะขึ้นอยู่กับสภาพของดินที่มีอยู่ในพื้นที่ ก่อนการทำอิฐจึงควรทดลองโดยใช้ดินที่มีผสมกับวัสดุเส้นใยทำอิฐแล้วทิ้งไว้ให้แห้ง ถ้าอิฐมีปัญหาเรื่องการหดตัวแสดงว่าต้องเพิ่มทราย หรือวัสดุเส้นใย ถ้าหากว่าอิฐมีการหดตัวแตกร้าวมากต้องเพิ่มทราย

6) ไม้แบบสำหรับทำพิมพ์ โดยใช้ไม้แผ่นหน้ากว้าง 10 ซม. ไม้หน้าไม่ให้เรียบ ตีเป็นแบบขนาดเท่า อิฐที่เราจะทำ คือ กว้าง 15 ซม. ยาว 30 ซม. หน้า 10 ซม.

7) ขนาดของอิฐจะใหญ่หรือเล็กเท่าไรก็ได้ ขึ้นอยู่กับความสามารถในการยกอิฐ แต่ควรจะให้ผนังที่ก่อหน้าอย่างน้อย 20 ซม. (สำหรับบ้านชั้นเดียว) อิฐยังมีขนาดใหญ่จะช่วยให้ก่อได้เร็วและประหยัดดินก่อมากขึ้นถ้าอาคารที่ต้องการสร้างมีโครงสร้างเป็นระบบเสาคานอยู่แล้วและผนังอิฐดิน

เหนียวนั้นไม่ได้รับน้ำหนัก ก็สามารถที่จะทำอิฐขนาดเล็กกว่านี้ได้ แต่ต้องระมัดระวังในการก่อมากขึ้น เพราะอิฐยิ่งแคบยิ่งทำให้ผนังล้มได้ง่าย

8) ก่อนการใช้งานไม้แบบควรแช่น้ำซึมน้ำเข้าไปในเนื้อไม้ จะช่วยทำให้ดินไม่ติดไม้แบบ

9) สถานที่สำหรับตากอิฐควรจะมีผิวหน้าที่เรียบจะช่วยให้อิฐเรียบทำให้ก่อง่ายและเร็วขึ้น สถานที่ตากอิฐควรอยู่กลางแจ้ง ถ้าพื้นที่สำหรับตากอิฐเป็นดิน ควรโรยเกลือไว้บ้าง เพื่อป้องกันไม่ให้ดินติดก้อนอิฐเมื่ออิฐแห้ง

10) โรงเก็บอิฐ สำหรับเก็บอิฐที่แห้งแล้ว เตรียมไว้สำหรับการก่อ อาจมีผนังล้อมรอบ หรือใช้ผ้าใบ กันโดยรอบเพื่อกันฝนก็ได้ และทำพื้นยกระดับเพื่อกันไม่ให้ความชื้นจากพื้นดินซึมเข้าสู่อิฐ

6.3 ขั้นตอนในการทำอิฐดิน

1) เตรียมบ่อหรือกระบะสำหรับย่ำดินโดยขุดหลุมลึกประมาณ 30 ซม. หรืออาจจะใช้กระบะ หรือผ้ายามาปูรองในบ่อย่ำ การใช้ผ้าใบจะช่วยให้ง่ายขึ้น เพราะสามารถดึงผ้าใบให้ดินที่กองอยู่ตามขอบบ่อผสมกันได้ดีขึ้น ขนาดความกว้างของหลุมขึ้นอยู่กับจำนวนคนย่ำ การทำบ่อให้กว้างแต่ตื้นจะช่วยทำให้เหนียวน้อยกว่าการทำบ่อที่ลึกแต่แคบ

2) เติมน้ำในกระบะก่อนแล้วจึงใส่ดินเหนียวเพราะโดยปกติแล้วดินเหนียวมีความหนาแน่นมาก ถ้าใส่ดินลงไปก่อนจะทำให้ น้ำซึมลงไปข้างล่างได้ยาก ถ้าดินที่ใช้มีความแข็งหรือมีส่วนผสมของดินเหนียวมาก ต้องแช่ดินทิ้งไว้ข้ามคืนเพื่อให้ น้ำซึมเข้าไปได้เต็มที่ จะทำให้ดินง่ายขึ้น

3) ย่ำให้ดินที่เป็นก้อนแตกออก พยายามให้ดินที่ติดอยู่กับพื้นขึ้นมาโดยใช้เท้าแตะดินหรือใช้การดึงผ้าใบให้ดินที่ติดอยู่ข้างล่างพลิกขึ้นมา

4) ทหอยใส่ทราย (ถ้าจำเป็นต้องใส่เพิ่ม) โดยโปรยให้ทั่วสลับกับการย่ำให้ดินเหนียวกับทรายผสมกันดีเมื่อใส่ทรายครบตามอัตราส่วนแล้วค่อยใส่ รูปภาซีตากแห้งโดยใช้วิธีการเดียวกันการใส่น้ำในขั้นตอนแรกควรใส่เผื่อไว้จำนวนหนึ่งเพราะทรายและต้นรูปภาซีที่ใส่จะดูดน้ำไว้ทำให้ดินแห้งลงอย่างจนเมื่อยกเท้าขึ้นมาแล้วดินไม่ยุบลงมากลบรอยเท้า นั้นถือว่าใช้ได้ ถ้าดินยังเหลวให้ใส่ทรายหรือต้นรูปภาซีเพิ่ม ถ้าเกิดยังใส่ทรายหรือต้นรูปภาซีไม่ครบตามปริมาณ แต่ดินเริ่มแห้งเกินไปให้ใส่น้ำเพิ่ม

5) นำไม้แบบที่แช่น้ำทิ้งไว้ มาวางตรงพื้นที่ตากอิฐ การโรยเกลือบ้างไว้ที่พื้นจะช่วยป้องกันไม่ให้ตัวอิฐดินติดกับดินซึ่งจะทำให้กลับอิฐได้ยากดินเทใส่แบบแล้วใช้มือกดดินบริเวณตามมาและขอบลงไปให้แน่นปาดหน้าให้เรียบพอประมาณแล้วยกพิมพ์ออกทันทีโดยไม่ต้องรอให้ดินแห้งถ้าดินไม่คงรูปแสดงว่าดินเหลวเกินไปต้องใส่ทรายหรือต้นรูปภาซีเพิ่ม หรือทิ้งไว้ให้น้ำระเหยออก

6) ใช้ผ้าชุบน้ำมาเช็ดไม้แบบ ก่อนการทำอิฐชุดต่อไปทุกครั้ง จะช่วยให้ดินไม่ติดกับไม้แบบ

7) ตากแดดทิ้งไว้จนอิฐแข็ง พอที่จะสามารถพลิกได้ (ประมาณ 2-3 วัน) พลิกก้อนอิฐให้ตั้งขึ้นเพื่อให้ลมสามารถพัดผ่านได้เมื่อแข็งแล้วจึงนำมาตั้งรวมกันในร่ม วางอิฐตั้งสลับกันขึ้นไปจะช่วยให้ลมสามารถพัดผ่านได้ดีลดความชื้นที่จะเกิดขึ้นได้

7. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

7.1 การเพิ่มความสามารถในการป้องกันน้ำของการก่อสร้างบ้านดิน

นายวรุณ เหล่าโกเมนย์ ได้มีการศึกษาการพัฒนาสมบัติการป้องกันน้ำของการก่อสร้างบ้านดินที่ก่อสร้างด้วยระบบอิฐดินเหนียวดิบ (Adobe) โดยมีแนวทางในการใช้วัสดุที่หาได้จากธรรมชาติ และไม่ก่อให้เกิดมลพิษต่อสภาพแวดล้อมโดยนำมาเป็นส่วนผสมเพื่อช่วยให้อิฐดินเหนียวดิบ (Adobe) ที่เป็นโครงสร้างหลักของบ้านดิน มีสมบัติป้องกันการกัดเซาะน้ำได้ดียิ่งขึ้นโดยงานวิจัยนี้ได้เลือกใช้ยางพาราสังเคราะห์ ซึ่งได้พัฒนาให้มีคุณสมบัติเหมือนกาว เพื่อช่วยในการยึดเกาะกับอนุภาคของวัสดุ การทำการศึกษาจะมุ่งเน้นไปในส่วนของการทำการทดลอง คุณสมบัติทางกายภาพและเชิงกลของอิฐดินเหนียวดิบ ที่ได้รับการพัฒนาคุณภาพด้วยการผสม ยางพาราสังเคราะห์ เช่น ความสามารถในการรับน้ำหนัก ความสามารถในการป้องกันการกัดเซาะของน้ำ เป็นต้น

ในการทดลองนี้มีการใช้ยางพาราสังเคราะห์ 3 ชนิด C45 C58 C58 (โซเดียมซิลิเกต) ในการทดลองหาส่วนผสมที่เหมาะสมในการขึ้นรูปอิฐดินเหนียวดิบ โดยที่ C45 เป็นยางพาราสังเคราะห์ที่มีส่วนผสมของยางพาราดิบร้อยละ 45 C58 เป็นยางพาราสังเคราะห์ผสมที่มีส่วนผสมของยางพาราดิบร้อยละ 58 C58(โซเดียมซิลิเกต) เป็นยางพาราสังเคราะห์ที่มีส่วนผสมของยางพาราดิบร้อยละ 58 และมีการใส่สารโซเดียมซิลิเกต เพื่อเพิ่มความเหนียวในการยึดเกาะวัสดุ โดยส่วนผสมของยางพาราสังเคราะห์ที่ใช้เทียบเป็นร้อยละ 5 โดยจำนวนเปอร์เซ็นต์ที่เทียบจากน้ำหนัก รวมทั้งหมดของส่วนผสม

จากการทดสอบหาสัดส่วนที่เหมาะสมในการนำวัสดุป้องกันน้ำได้ข้อสรุปดังนี้

1) การใช้ส่วนผสมจากยางพาราสังเคราะห์ C45 มีความสามารถในการประสานเป็นเนื้อเดียวกันได้เป็นอย่างดี แต่ความสามารถในการรับแรง และประสิทธิภาพในการป้องกันน้ำของอิฐทำได้น้อย

2) การใช้ส่วนผสมจากยางพาราสังเคราะห์ C58 มีความสามารถในการประสานเป็นเนื้อเดียวกันกับผงดินเหนียวดิบได้ปานกลาง แต่ความสามารถในการรับแรง และประสิทธิภาพในการป้องกันน้ำของอิฐทำได้ดี โดยประสิทธิภาพในการป้องกันน้ำนั้นดีที่สุดในทุกส่วนผสมที่ทำการทดลอง

3) การใช้ส่วนผสมจากยางพาราสังเคราะห์ C58 (โซเดียมซิลิเกต) มีความสามารถในการประสานเป็นเนื้อเดียวกันกับผงดินเหนียวดิบได้ดีปานกลาง แต่ความสามารถในการรับแรง และ

ประสิทธิภาพในการป้องกันน้ำของอิฐทำได้ดี โดยประสิทธิภาพในการป้องกันน้ำนั้นดีที่สุดในทุก ส่วนผสมที่ทำการทดลอง

ดังนั้นแนวทางในการทดสอบที่ได้คือ ควรมีการใช้ส่วนผสมของโซเดียมซิลิเกต เติมลงใน ยางพาราสังเคราะห์ที่มีความเข้มข้นน้อยเพื่อให้ยางพาราสังเคราะห์สามารถผสมกับผงดินดิบได้ดีและ เป็นการช่วยประหยัดงบประมาณในการใช้น้ำยางพารา

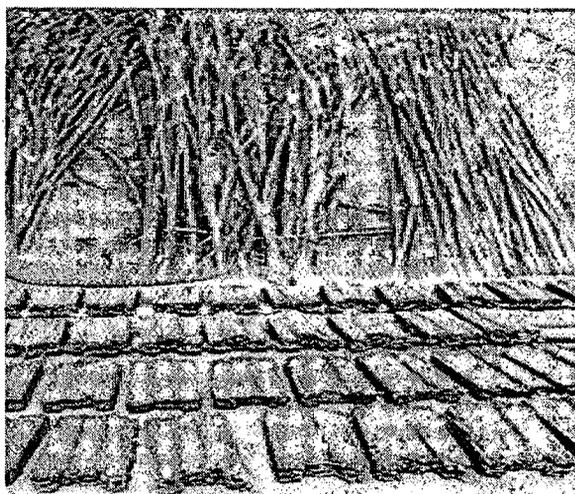
7.2 การศึกษาก่อนหญาแผกดินเหนียวสำเร็จรูป เพื่อการก่อสร้างบ้านต้นทุนต่ำ

ตามแนวทางเศรษฐกิจพอเพียง

ดร.ธรรมนูน เฮงชฎีกุล และ รศ.ดร. พิชัย นิमितยงสกุล ภาควิชา วิศวกรรมโครงสร้าง สำนักวิชาวิศวกรรมและเทคโนโลยี สถาบันเทคโนโลยีแห่งเอเชีย

ผลการวิจัยและการวิเคราะห์พบว่า ก้อนหญาแผกดินเหนียวสำเร็จรูปมีลักษณะคล้ายอิฐเผา แต่มีขนาดใหญ่กว่าและเบากว่า ด้วยรูปทรงเรขาคณิตของก้อนหญาแผกดินเหนียวสำเร็จรูปที่ทำการ ทดสอบพบว่า มีความแข็งแรง เนื้อแน่น และมีการยึดเกาะกันได้ดี แห้งตัวได้เร็ว ผลิตได้ง่ายด้วย แรงงานคน และสามารถควบคุมคุณภาพได้ ในการก่อสร้างสามารถเชื่อมต่อระหว่างก้อนได้ดีและมั่นคง เนื่องจากได้ออกแบบครีปและเดือยเพื่อให้อาจยึดเกาะกันได้อย่างแข็งแรงทั้งในแนวนอนและแนวตั้ง ตามลำดับ การออกแบบช่องระบายอากาศและน้ำดินเหนียวส่วนเกิน ทำให้ลดการยุบตัวในก้อน สำเร็จรูป ก้อนหญาแผกดินเหนียวสำเร็จรูปสามารถใช้เป็นผนังรับน้ำหนักสำหรับการก่อสร้างบ้านและ ยุงฉาง อีกทั้งยังนำมาใช้งานได้ง่าย ป้องกันเสียง ไร้สารพิษ และก่อเป็นผนังได้ในระยะเวลาอันสั้น

ด้านการผลิตก้อนหญาแผกดินเหนียวสำเร็จรูป ผลการทดลองพบว่าเชื้อราอาจเจริญเติบโตได้ ถ้าการตากก้อนหญาแผกดินเหนียวไม่แห้งสมบูรณ์น้ำที่มากเกินไปในดินเหนียวส่งผลให้หญาแผกเน่า เปื่อยในขณะที่น้ำน้อยเกินไปจะทำให้น้ำในดินเหนียวชั้นจนเกินไปทำให้หญาแผกไม่ซึมผ่านกับหญาแผก อย่างทั้งถึงนอกจากนั้นดินเหนียวที่มีความชื้นสูงหรือดินเหนียวเปียกจะทำให้ก้อนสำเร็จรูปแห้งไม่ทั่วถึงโดยเฉพาะด้านในสุด ดังนั้นเชื้อราเจริญเติบโตได้ง่าย และทำให้หญาแผกดินเหนียวผุกร่อนได้ จากการศึกษาศาสตร์สามารถแก้ไขได้โดยการใช้ตูเปาลมร้อนแบบเคลื่อนที่ภายใต้อุณหภูมิที่ควบคุมหรือเติม สารยับยั้งการเกิดเชื้อรา



ภาพที่ 12 ก้อนหญ้าแฝกดินเหนียว สำเร็จรูป

ก้อนหญ้าแฝกดินเหนียวสำเร็จรูปถือเป็นการพัฒนาวัสดุก่อสร้างประเภทใหม่ในประเทศไทย ด้วยเทคนิคการผลิตที่เรียบง่ายเหมาะสม ไม่ซับซ้อนสามารถถ่ายทอดสู่ชุมชนพื้นที่ห่างไกลการนำเทคโนโลยีที่กำหนดนำมาซึ่งประสิทธิผลแต่ก่อให้เกิดต้นทุน และการลงทุนสูง ลดการใช้แรงงานคน และเกิดปัญหาการว่างงานซึ่งอาจไม่เหมาะแก่ประเทศไทย ซึ่งเป็นประเทศเกษตรกรรมและมีแรงงานคนเป็นจำนวนมาก

ก้อนหญ้าแฝกดินเหนียวสำเร็จรูปเป็นวัสดุที่มีความเป็นฉนวน ไม่เป็นตัวนำความร้อน บ้านที่สร้างด้วยวัสดุก่อสร้างประเภทนี้จึงเย็นสบายและประหยัดพลังงานซึ่งจะช่วยเหลือประเทศที่กำลังเผชิญหน้ากับภาวะวิกฤตพลังงาน ก้อนหญ้าแฝกดินเหนียวสำเร็จรูปที่เหมาะสมคือ ด้วยขนาดที่ใช้ในการศึกษานี้ ทำให้ก้อนหญ้าแฝกแห้งได้ทั่วถึงและไม่เกิดการทรุดตัว อีกทั้งการมีครีบและเดือยช่วยให้ก้อนสำเร็จรูปยึดเกาะกันได้มั่นคงทั้งในแนวราบและแนวตั้ง การตากแห้งโดยใช้ตู้อบลมร้อนจะช่วยเร่งการแห้งและป้องกันการเกิดเชื้อรา กระบวนการผลิตที่ไม่ซับซ้อนและประหยัดนี้ สามารถนำมาปรับใช้ได้

7.3 การปรับปรุงคุณสมบัติของอิฐดินดิบด้วยน้ำยางธรรมชาติ

กิตติพงษ์ สุวีโร ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับการปรับปรุงคุณสมบัติของอิฐดินดิบด้วยน้ำยางธรรมชาติโดยการใช้น้ำยางธรรมชาติรักษาสภาพด้วยแอมโมเนียร้อยละ 2.5 เป็นการผสมเพิ่มโดยได้อัตราส่วนผสมที่ตีระหว่าง ดินเหนียว : แกลบ : ทราบ : น้ำ เท่ากับ 6 : 0.72 : 2 : 2 ส่วนโดยน้ำหนัก แล้วจึงนำมาผสมน้ำยางธรรมชาติคิดเป็นปริมาณน้ำยางต่ออิฐดินดิบ 1 ก้อน ที่ 0.05, 0.10, 0.15, 0.20 และ 0.25 กิโลกรัม ตามลำดับ และนำไปทดสอบ กำลังรับแรงอัด กำลังรับแรงดัด และทดสอบการชะล้างที่อายุ 21 และ 28 วัน

จากผลการทดสอบทั้งหมดของอิฐดินดิบที่มีการผสมน้ำยางธรรมชาติ สามารถสรุปโดยรวมได้ว่า การใช้น้ำยางธรรมชาติเป็นส่วนผสมในอิฐดินดิบสำหรับก่อสร้างบ้านดินนั้น สามารถช่วยเพิ่มสมบัติในด้านต่างๆที่ประชาชนทั่วไปเกิดความกังวลได้ เช่น การเพิ่มสมบัติด้านกำลังอัดรวมทั้งสามารถเพิ่มสมบัติด้านกำลังตัดได้เป็นอย่างดีอันเป็นผลมาจากการแทรกตัวของแผ่นฟิล์มที่เกิดขึ้นตามช่องว่างระหว่างอนุภาคของอิฐดินดิบ และเมื่อพิจารณาถึงอัตราส่วนของการผสมน้ำยางธรรมชาติในอิฐดินดิบพบว่า อัตราส่วนที่ดีที่สุดสำหรับการเพิ่มหรือพัฒนาสมบัติด้านการ น้ำ สมบัติด้านกำลังอัด และสมบัติด้านกำลังตัด คือ อัตราส่วนของเนื้อยาง : ดินเหนียว : แกลบ : ทราย : น้ำ : น้ำยางธรรมชาติ เท่ากับ 0.25 : 6.0 : 0.72 : 2.0 : 1.492 : 0.758 อย่างไรก็ตามอัตราส่วนดังกล่าวอาจยังไม่ใช่อัตราส่วนที่ดีที่สุด เนื่องจากยังสามารถทำการปรับปรุงและพัฒนาอัตราส่วนให้ดีขึ้นได้ต่อไป