บทที่ 2
ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ตั้งแต่ปี พ.ศ.2510 สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี แห่งประเทศไทย(วว.)ได้ดำเนินการวิจัยและพัฒนาเพื่อทดแทนการใช้ไม้บล็อกประสานจึงเป็นทางเลือกใหม่เพื่อวัสดุก่อสร้างจนถึงปัจจุบันรวมเป็นระยะเวลากว่า 30 ปี ได้พัฒนาและเผยแพร่สู่สาธารณชนเพื่อนำไปใช้ก่อสร้างอาคารประเภทต่างๆ อย่างต่อเนื่อง จนกระทั่งเกิดอุตสาหกรรมการผลิตขึ้นภายในหมู่บ้านและชุมชน และช่วยลดปัญหาการตัดไม่ทำลายป่า

2.1 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ธนาธิป เจริญศิริ(2548) วัตถุประสงค์ของการศึกษาการทดสอบคุณสมบัติการรับแรงอัดของดินลูกรังซีเมนต์ผสมเส้นใยธรรมชาติ เพื่อศึกษาผลของปริมาณซีเมนต์และน้ำ ต่อคุณสมบัติเชิงกลของดินลูกรังซีเมนต์และดินลูกรังซีเมนต์ผสมเส้นใยธรรมชาติ เส้นใยธรรมชาติที่ใช้ในการศึกษาคือ เส้นใยมะพร้าว ซึ่งจะมีอัตราส่วนเส้นใยต่อน้ำหนักของมวลรวมเป็น 3 ค่าคือ 0.01, 0.02 และ 0.03 โดยจะศึกษาความยาวของเส้นใย 3 ค่า ดังนี้คือ 1.5 ซม., 2.5 ซม., และ 5.0 ซม. จากนั้นนำมาทดสอบหาคุณสมบัติเชิงกลซึ่งได้แก่ การทดสอบกำลังรับแรงอัด (Unconfined Compressive Strength) ค่าโมดูลัสความยืดหยุ่น (Modulus of Elasticity) และโมดูลัสความแกร่ง (Modulus of Toughness)

จากผลการศึกษาพบว่า พฤติกรรมและคุณสมบัติเชิงกลของดินลูกรังซีเมนต์เมื่อผสมเส้นใยมะพร้าวเปลี่ยนแปลงไปซึ่งมีทั้งในส่วนที่ให้คุณสมบัติต่ำลง และคุณสมบัติสูงขึ้น โดยความยาวของเส้น 5.0 ซม. จะสามารถรับแรงอัดได้มากที่สุด รองลงมาคือ 2.5 ซม. และ 1.5 ซม. อัตราส่วนผสม 1 %ของเส้นใย 5.0 ซม. จะมีค่าที่ใกล้เคียงกับดินลูกรัง ซีเมนต์ที่ไม่ผสมเส้นใยมะพร้าว ค่า Modulus of Elasticity มากที่สุดคือ ความยาวของเส้นใย 5.0 ซม. รองลงมาคือ 2.5ซม. และ1.5 ซม. ซึ่งสอดคล้องกับค่าของ Modulus of Toughness เห็นได้ว่า พฤติกรรมและคุณสมบัติการรับกำลังของดินลูกรังซีเมนต์เมื่อผสมเส้นใยมะพร้าวมีทั้งในส่วนที่คุณสมบัติต่ำลง และคุณสมบัติที่สูงขึ้นก็คือ คุณสมบัติการดูดซับพลังงานของวัสดุเพิ่มขึ้น ซึ่งจะทำให้วัสดุนั้นมีความแข็งแกร่งมากขึ้น กล่าวคือ

วัสดุนั้นจะไม่มีการเสียรูปแบบทันทีทันใด โดยมีอัตราส่วนผสมที่ดีที่สุดในการนำไปใช้งาน คือ อัตราส่วนผสม 85 : 15 ปริมาณน้ำ 17% โดยผสมเส้นใยยาว 5.0 ซม. ที่อัตราส่วนผสม 1% เนื่องจากให้กำลังอัดสูงสุดผ่านมาตรฐาน มอก.57-2530 ที่ 70 ksc. และคุณสมบัติความแกร่งของวัสดุอยู่เกณฑ์ค่อนข้างสูงมาก [1]

พิษณุ อินทร์สุข (2548) วัตถุประสงค์ของการศึกษาการทดสอบคุณสมบัติการรับแรงดัดของดินลูกรังซีเมนต์นี้เพื่อศึกษาผลของปริมาณซีเมนต์และน้ำ ต่อคุณสมบัติการรับแรงดัดของดินลูกรังซีเมนต์ และดินลูกรังซีเมนต์ผสมเส้นใยธรรมชาติ เส้นใยธรรมชาติที่ใช้ในการศึกษาคือ เส้นใยมะพร้าว ซึ่งจะมีอัตราส่วนเส้นใยต่อน้ำหนักของมวลรวมเป็น 3 ค่าคือ 0.01, 0.02 และ 0.03 โดยจะศึกษาความยาวของเส้นใย 3 ค่า ดังนี้คือ 1.5 ซม., 2.5 ซม. และ 5.0 ซม. จากนั้นนำมาทดสอบหาคุณสมบัติเชิงกลซึ่งได้แก่ การทดสอบการรับแรงดัด (Flexural Strength) ค่าโมดูลัสความยืดหยุ่น (Modulus of Elasticity) และโมดูลัสความแกร่ง (Modulus of Toughness)

จากผลการทดสอบพบว่า เมื่อผสมใยมะพร้าวในดินลูกรังซีเมนต์ที่มีความยาวเส้นใย 5.0 ซม. ให้ค่าแรงดัดสูงสุด รองลงมาคือ 2.5 ซม. และ 1.5 ซม. ส่วนค่า Modulus of Elasticity มากที่สุดคือ ความยาวของเส้นใย 5.0 ซม. รองลงมาคือ 2.5 ซม. และ 1.5 ซม. และค่า Modulus of Toughness จะเพิ่มขึ้นตามปริมาณการผสม และทุกตัวอย่างที่ผสมเส้นใยมะพร้าวให้ค่ามากกว่าดินลูกรังซีเมนต์ไม่ผสมเส้นใยมะพร้าว ยกเว้นที่อัตราการผสมที่ 3% ที่ความยาว 1.5 ซม. มีค่าใกล้เคียงกับที่ไม่ผสมเส้นใย อัตราส่วนผสมที่เหมาะสมกับการนำไปใช้งาน คือ ความยาวเส้นใยที่ 5.0 ซม. อัตราส่วนผสม 1% จะให้ค่ากำลังรับแรงดัดและค่า Modulus of Elasticity สูงสุด ส่วนค่าของ Modulus of Toughness ถึงแม้จะให้ค่าที่ต่ำกว่าความยาวเส้นใย 5.0 ซม. ที่อัตราส่วนผสม 3% แต่ก็ยังคงมีค่าสูงกว่ากรณีที่ไม่ผสมเส้นใยมะพร้าว เมื่อผสมเส้นใยมะพร้าวลงไปในดินลูกรังซีเมนต์จะทำให้คุณสมบัติการดูดซับพลังงานของวัสดุเพิ่มมากขึ้น คือ วัสดุนั้นจะไม่มีการเสียรูปแบบทันทีทันใด โดยการเสียรูปที่เกิดขึ้นจะเป็นแบบค่อยเป็นค่อยไป ทำให้สามารถยืดระยะเวลาในการรับแรงเพิ่มมากขึ้นซึ่งจะเป็นผลดีกับตัวโครงสร้างของหรือตัววัสดุในการนำไปประยุกต์ใช้งาน [2]

คะนึงนิจ อังกีรัตน์(2551)การศึกษาคุณสมบัติทางวิศวกรรมของบล็อกดินซีเมนต์ผสมใยไผ่ มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาและเปรียบเทียบคุณสมบัติทางวิศวกรรม โดยเน้นกำลังรับ แรงอัด (Compressive Strength) กำลังรับแรงดัด (Flexural Strength) และการดูดกลืนน้ำ (Water

Absorption) ของบล็อกดินซีเมนต์ที่มีส่วนผสมใยไผ่และไม่ผสมใยไผ่ การทดสอบกำลังรับแรงอัดและการดูดกลืนน้ำใช้บล็อกทดสอบขนาด 5×5×5 เซนติเมตร อัตราส่วนผสม ปูนซีเมนต์ : ดินลูกรัง : ใยไผ่ทั้งหมดจำนวน 12 ส่วนผสม คือใช้อัตราส่วนผสม ปูนซีเมนต์ : ดินลูกรัง = 1 : 6, 1 : 7, 1 : 8 ไม่ผสมใยไผ่ และผสมใยไผ่ยาว 1 เซนติเมตร ปริมาณผสม 0.1%, 0.2%, 0.3% การทดสอบกำลังรับแรงดัดใช้บล็อกทดสอบขนาด 4×4×16 เซนติเมตร อัตราส่วนผสม ปูนซีเมนต์ : ดินลูกรัง = 1 : 7 ไม่ผสมใยไผ่ และผสมใยไผ่ยาว 4 ขนาดคือ 1, 2.5, 5, 7.5 เซนติเมตร ปริมาณผสม 0.1%, 0.2%, 0.3% การทดสอบคุณสมบัติทางวิศวกรรมสำหรับกำลังรับแรงอัดที่อายุการบ่ม 3, 7, 14, 21, 28 วัน และสำหรับกำลังรับแรงดัดที่อายุการบ่ม 28 วัน

จากผลการศึกษาพบว่ากำลังรับแรงอัดของบล็อกดินซีเมนต์ผสมใยไผ่ ทุกส่วนผสมมีค่าไม่แตกต่างเมื่อเปรียบเทียบกับบล็อกดินซีเมนต์ที่ไม่ผสมใยไผ่ค่ากำลังรับแรงอัดสูงสุดที่อายุการบ่ม 3 วันคือ ส่วนผสม ปูนซีเมนต์ : ดินลูกรัง : ใยไผ่ = 1 : 6 : 0.1% มีค่าเท่ากับ 57.081 kg/cm^2 ค่ากำลังรับแรงอัดสูงสุดที่อายุการบ่ม 7 วันคือ ส่วนผสม ปูนซีเมนต์ : ดินลูกรัง : ใยไผ่ = 1 : 6 : 0% มีค่าเท่ากับ 61.175 kg/cm^2 ค่ากำลังรับแรงอัดสูงสุดที่อายุการบ่ม 14 วันคือ ส่วนผสม ปูนซีเมนต์ : ดินลูกรัง : ใยไผ่ = 1 : 8 : 0% มีค่าเท่ากับ 65.740 kg/cm^2ค่ากำลังรับแรงอัดสูงสุดที่อายุการบ่ม 21 วันคือ ส่วนผสม ปูนซีเมนต์ : ดินลูกรัง : ใยไผ่ = 1 : 8 : 0.1% มีค่าเท่ากับ 62.980 kg/cm^2 ค่ากำลังรับแรงอัดสูงสุดที่อายุการบ่ม 28 วันคือ ส่วนผสม ปูนซีเมนต์ : ดินลูกรัง : ใยไผ่ = 1 : 6 : 0.1% มีค่าเท่ากับ 63.386 kg/cm^2

กำลังแรงดัดของบล็อกดินซีเมนต์ ผสมใยไผ่ ส่วนผสม ปูนซีเมนต์ : ดินลูกรัง : ใยไผ่ = 1 : 7 : 0.1% ขนาดเส้นใยไผ่ยาว 5 เซนติเมตร มีกำลังรับแรงดัดสูงสุด ที่อายุการบ่ม 28 วัน เท่ากับ 25.44 kg/cm^2 และกำลังรับแรงดัดมีค่าเพิ่มขึ้น 27.16% เมื่อเปรียบเทียบกับกำลังแรงดัดของบล็อกดินซีเมนต์ที่ไม่ผสมใยไผ่

การดูดกลืนน้ำของบล็อกดินซีเมนต์ ส่วนผสม ปูนซีเมนต์ : ดินลูกรัง : ใยไผ่ = 1 : 7 : 0.1% มีค่าการดูดกลืนน้ำน้อยที่สุด เท่ากับ 255 kg/m^2 และมีค่าความหนาแน่นแห้ง เท่ากับ 1867 kg/m^3

สภาพการวิบัติของบล็อกดินซีเมนต์หลังการทดสอบ บล็อกดินซีเมนต์ผสมใยไผ่ทุกอัตราส่วน มีสภาพแตกหักเล็กน้อยแต่ยังคงสภาพบล็อกสำหรับการทดสอบกำลังอัดและยังคงสภาพบล็อกไม่มีการแตกหักสำหรับการทดสอบกำลังดัด บล็อกดินซีเมนต์ไม่ผสมใยไผ่ทุกอัตราส่วนมี

สภาพแตกหัก พังทลาย สำหรับการทดสอบกำลังอัด และหักเป็น 2 ท่อน สำหรับการทดสอบกำลังดัด [3]

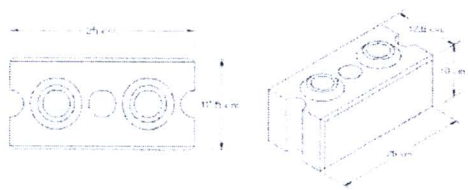
2.2 บล็อกประสาน

บล็อกประสานคือ วัสดุรับน้ำหนักที่ได้ทำการพัฒนารูปแบบให้มีรู และเดือยบนตัวบล็อก เพื่อให้สะดวกในการก่อสร้างโดนเน้นการใช้วัตถุดิบในพื้นที่ได้แก่ ดินลูกรัง หินฝุ่น ทราย หรือวัสดุเหลือทิ้งต่างๆที่มีความเหมาะสม อัดเป็นก้อนด้วยเครื่องอัดแล้วนำมาบ่ม ให้บล็อกแข้งตัวประมาณ 7 วัน จะได้คอนกรีตบล็อกที่มีความแข็งแกร่ง มีรูปลักษณะพิเศษ ที่สามารถใช้ในการก่อสร้างอาคารต่างๆ หรือก่อเป็นตัวถังเก็บน้ำได้อย่างรวดเร็ว สวยงาม และประหยัดกว่างานก่อสร้างทั่วไป[4]

2.2.1 รูปแบบบล็อกประสาน

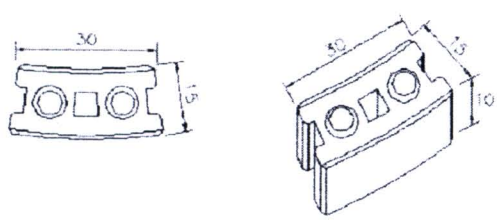
บล็อกประสานแบ่งการใช้งานเป็น 2 ประเภท เพื่อให้เหมาะสมกับการใช้งาน

1) บล็อกตรงหรือทรงสี่เหลี่ยมใช้สำหรับก่อสร้างอาคาร ดังแสดงในรูปที่ 2.1



รูปที่ 2.1 บล็อกตรงหรือทรงสี่เหลี่ยม [4]

2) บล็อกโค้งใช้สำหรับก่อสร้างถังเก็บน้ำ ดังแสดงในรูปที่ 2.2



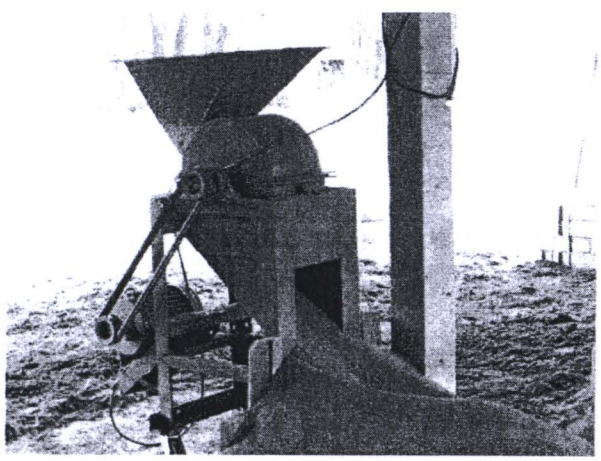
รูปที่ 2.2 บล็อกโค้ง [4]

2.2.2 การผลิตบล็อกประสาน

1) เครื่องมือ

- เครื่องบดร่อนวัตถุดิบ

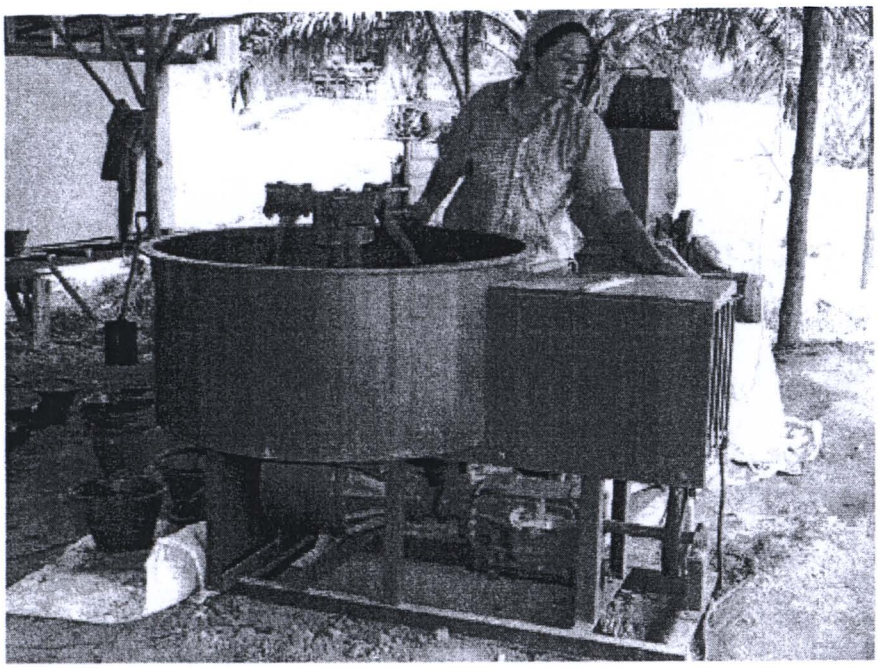
เครื่องบดร่อนวัตถุดิบ ใช้สำหรับบดร่อนวัตถุดิบที่มีเนื้อกรวดหินมาก หรือก้อนดินเกาะกันเป็นก้อนใหญ่ ถ้าวัตถุดิบที่ใช้มีเนื้อละเอียดเล็กเป็นส่วนใหญ่ ไม่เป็นฝุ่น อาจใช้ตะแกรงร่อน ขนาดตะแกรง 3-4 มิลลิเมตร ร่อนเอาหินขนาดใหญ่ออกก็ได้ ในปัจจุบันเครื่องบดร่อนมี 2 รูปแบบหลัก คือ แบบช่องดินออก 1 ทาง และช่องดินออก 2 ทาง แบบ 2 ทางมีข้อเสียคือ อัตราส่วนผสมของทั้ง 2 ช่องทางไม่เหมือนกัน ทำให้คุณภาพไม่แน่นอน ดังแสดงในรูปที่ 2.3 [5]



รูปที่ 2.3 เครื่องบดร่อนวัตถุดิบ [5]

- เครื่องผสม

เครื่องผสม เป็นเครื่องมือหลักในการผลิตที่ต้องใช้ส่วนผสมมาก การใช้เครื่องผสมจะช่วยลดค่าแรงงาน และเพิ่มผลผลิตต่อแรงงานต่อวันได้มากกว่าการใช้แรงงานผสม ในการผสมทำให้การผสมส่วนผสมเป็นไปได้อย่างทั่วถึงกว่าการผสมด้วยแรงงานคน ดังแสดงในรูปที่ 2.4 [2]

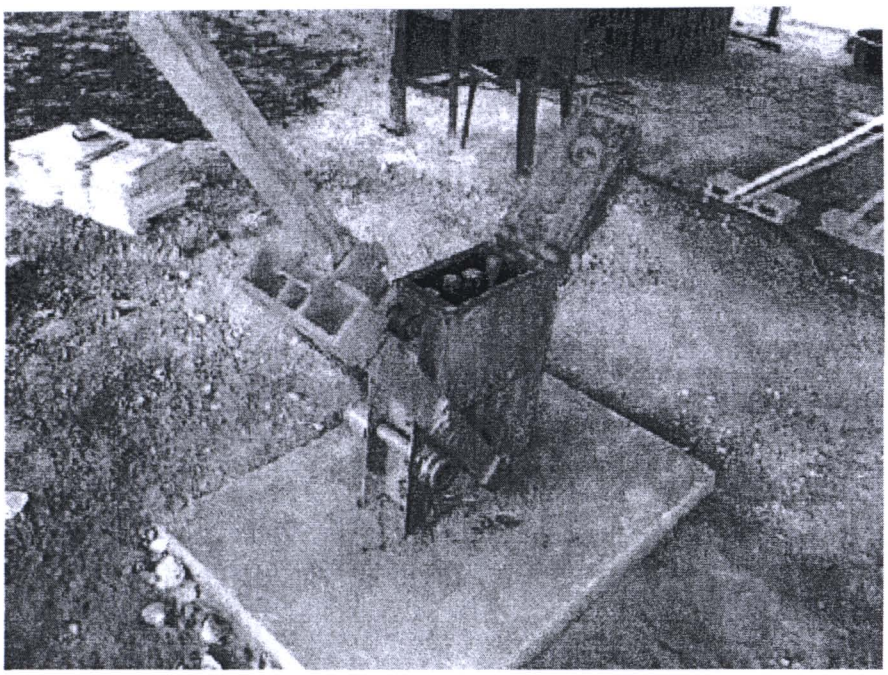


รูปที่ 2.4 เครื่องผสม [5]

- เครื่องอัดบล็อกตรง และบล็อกโค้ง

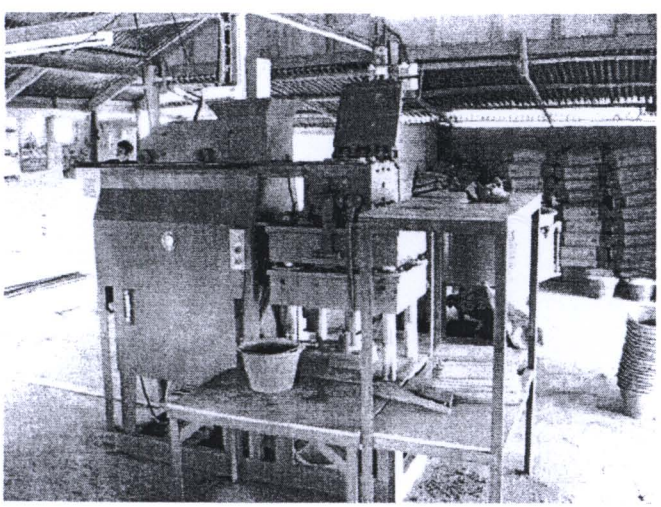
เครื่องอัดบล็อกมี 2 ประเภทคือใช้แรงงานคน (แบบมือโยก) และเครื่องอัดไฮดรอลิก การเลือกใช้ขึ้นอยู่กับทุนที่มีอยู่มากกว่าปริมาณการขาย เพราะต้นทุนการผลิตต่อก้อนด้วยเครื่องไฮดรอลิกถูกกว่าเล็กน้อย

เครื่องอัดด้วยแรงคน เป็นเครื่องอัดด้วยแรงคนแบบมือโยก ใช้การทดแรงแบบคานงัดคานดีด สามารถผลิตบล็อกได้หลายรูปแบบ ขึ้นกับลักษณะดอกและร่องในเครื่องอัดบล็อก เครื่องอัดบล็อกมีหลายขนาด ขึ้นอยู่กับขนาดบล็อกที่ต้องการ สามารถผลิตได้ครั้งละ 1 ก้อน กำลังการผลิตประมาณ 400-800 ก้อน/เครื่อง ขึ้นอยู่กับความชำนาญ ดังแสดงในรูปที่ 2.5 [5]



รูปที่ 2.5 เครื่องอัดด้วยแรงคน [5]

เครื่องอัดไฮดรอลิก เป็นเครื่องอัดแบบอุตสาหกรรมขนาดย่อม จนถึงขนาดใหญ่ใช้มอเตอร์เป็นตัวขับน้ำมันสร้างแรงดัน ในระบบไฮดรอลิก ผลิตได้ครั้งละ 2-4 ก้อน กำลังการผลิตได้วันละประมาณ 1000-2600 ก้อน/เครื่อง ขึ้นอยู่กับความชำนาญ ดังแสดงในรูปที่ 2.6



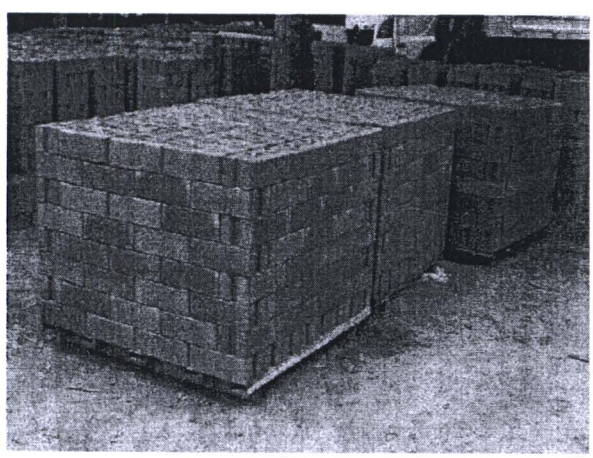
รูปที่ 2.6 เครื่องอัดไฮดรอลิก [4]

- ชั้นวางบล็อกสด

ชั้นวางบล็อกสด ใช้วางก้อนบล็อกประสานให้เป็นระเบียบเรียบร้อย ประยัดที่วางก้อนบล็อก ให้ความชื้นในการบ่มได้ง่าย ชั้นวางควรมีความแข็งแรงสูง สามารถวางก้อนบล็อกได้สะดวกจากทุกๆ ทิศทาง ไม่เป็นสนิมง่าย ทนทาน และถ้าเคลื่อนย้ายได้ง่ายก็จะสะดวกมากขึ้น จำนวนของชั้นวางขึ้นอยู่กับกำลังการผลิต ดังแสดงในรูปที่2.7

รูปที่ 2.7 ชั้นวางบล็อกสด [4]

ชั้นวางบล็อกสำหรับการขนส่ง หรือพาเล็ท ใช้ในกรณีที่รถยก หรือ รถลากไฮดรอลิก จะช่วยให้ขนส่งได้สะดวก ประหยัดค่าแรงในระยะยาว ดังแสดงในรูปที่ 2.8



รูปที่ 2.8 ชั้นวางบล็อกสำหรับการขนส่ง [5]

- ตาชั่ง และอุปกรณ์ตวงวัดส่วนผสม

ตาชั่งต้องมีความเที่ยงตรง และสามารถรับน้ำหนักได้มากพอที่จะชั่งวัสดุ แต่ไม่มากจนเกินไป เพราะจะทำให้ค่าที่ได้ไม่ละเอียดพอ อุปกรณ์การตวงวัดส่วนผสมต่างๆ ควรใช้อุปกรณ์ที่หาได้ง่ายตามท้องถิ่นไม่จำเป็นต้องมีราคาแพง ในการตวงวัสดุถ้าใช้อุปกรณ์ตวงก็ควรใช้ตัวเดิม เพื่อลดความแตกต่างจากอุปกรณ์

2) วัตถุดิบที่ใช้ในการผลิต

- ดิน

ดินลูกรัง ซึ่งเป็นดินปนทรายชนิดหนึ่ง มีส่วนละเอียดน้อย เช่นมีดินเหนียวไม่เกิน 10 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนัก ไม่มีเศษหญ้า รากไม้ มีทรายหยาบและทรายละเอียดปน มีอยู่ทั่วไปทุกภาคของประเทศไทย โดยเฉพาะภาคตะวันออกเฉียงเหนือ นำมาผสมกับปูนซีเมนต์และน้ำคลุกเคล้าเป็นเนื้อเดียวกัน ตามอัตราที่กำหนดภายใต้ความชื้นพอเหมาะ ดินที่นำมาทำบล็อกประสานแล้วผ่านการทดสอบจนเป็นที่ยอมรับนั้นคือ ดินลูกรัง หินชนวนผุ ศิลาแลงสลายตัวและหินฝุ่น นำมาบดร่อนผ่านตะแกรงรูกว้าง 4 มิลลิเมตร [5]

คุณสมบัติทางเคมีของดินประกอบด้วย

- ซิลิกา 75-85 %
- เหล็กอ๊อกไซน์ 1.5-3.5 %
- อะลูมินา 8-12 %
- การสูญเสียน้ำหนักสำหรับการเผา $\leq$ 5 %

คุณสมบัติทางกายภาพของดินประกอบด้วย

- ความชื้น 1.5-2.0 % (เมื่อตัวอย่างดินเผาผ่านการอบแห้งที่อุณหภูมิ 110 บวกลบ 5 องศาเซลเซียส)
- ปริมาณความชื้น 4.0-6.0 % (เมื่อตัวอย่างดินเผาผ่านการตากแห้งในอากาศ) การหดตัวทางความยาวน้อยกว่าหรือติดลบ 1 %
- ค่าดรรชนีพิกัดความยืดหยุ่น non-plastic

- ปูนซีเมนต์

การผลิตบล็อกประสาน ใช้ปูนซีเมนต์ประเภท 1 หรือปูนก่อฉาบ เช่น ปูนตราช้างแดง, TPI แดง สามารถผลิตบล็อกให้ได้กำลังมาตรฐาน สามารถหาได้ทุกที่ทั่วประเทศไทย การใช้ทำให้ก้อนบล็อกดินซีเมนต์มีความแข็งแกร่ง ทนการกัดกร่อนของน้ำได้ดี ที่นิยมใช้ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภท 1 เนื่องจาก ต้นทุนต่อก้อนต่ำกว่า กำลังบล็อกมีคุณภาพสูงกว่า ทนการกัดกร่อนของน้ำได้ดี ลักษณะของปูนซีเมนต์ที่ควรใช้จะเป็นปูนใหม่ สด หีบห่อไม้แตกร้าว เมื่อแกะออกมาปูนยังเป็นผงดี ไม่จับตัวเป็นก้อนแข็ง ไม่ควรใช้ปูนที่ผลิตมานานมาก เพราะปูนอาจเสื่อมสภาพได้

- น้ำสะอาด

น้ำที่ใช้ในการผสมดินกับซีเมนต์นั้นต้องเป็นน้ำสะอาด ปราศจากสารเจือปนหรือสารอินทรีย์ต่างๆ ไม่มีความเป็นกรดหรือด่าง หรือคราบน้ำมัน เพราะว่าน้ำจะเป็นตัวเข้าไปทำปฏิกิริยากับซีเมนต์โดยตรง ดังนั้นถ้าในน้ำมีสารอินทรีย์ หรือมีสภาพเป็นกรด ด่าง ก็จะทำให้ปฏิกิริยาเกิดได้ไม่เต็มที่

- ทรายละเอียด หินฝุ่น

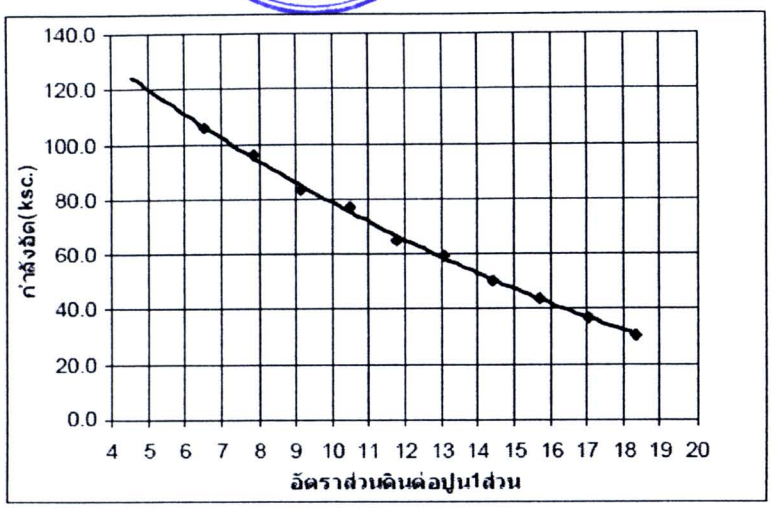
จะใช้กรณีที่ดินมีสภาพไม่เหมาะสมต้องมีการปรับปรุงคุณภาพดินก่อนนำมาผลิต เพื่อปรับสัดส่วนขนาดคละใหม่ให้มีความเหมาะสม นิยมใช้ทรายละเอียดและหินฝุ่น ดินที่มีขนาดคละดีคือจะมีสัดส่วนของดินขนาดเม็ดใหญ่และขนาดเม็ดเล็ก ปนกันอยู่อย่างเหมาะสมเม็ดดินที่มีขนาดเล็กก็จะเข้าไปแทรกตัวอยู่ระหว่างเม็ดใหญ่ทำให้เกิดความแน่น และความแข็งแรงตามมา

3) อัตราส่วนผสมของวัตถุดิบกับกำลังบล็อกประสาน

- อัตราส่วนปูนซีเมนต์ต่อวัตถุดิบของบล็อกประสานกับกำลัง

อัตราส่วนผสมของวัตถุดิบในการผลิตบล็อกประสาน จากการทดลองในห้องปฏิบัติการส่วนใหญ่แนะนำให้ผลิตที่อัตราส่วนผสมระหว่างปูนซีเมนต์ต่อมวลนวมประมาณ 1:6 ถึง 1:7 โดยน้ำหนัก ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับคุณภาพของมวลรวมเป็นหลัก แต่อาจปรับส่วนด้วยตนเองได้ โดยการผสมปูนซีเมนต์กับวัตถุดิบในอัตราส่วนที่แตกต่างกันไปเช่น ผลิตบล็อกด้วยอัตราส่วน 1:6, 1:7, 1:8 และ 1:9 จำนวนสูตรละ 3 ก้อน แล้วส่งตัวอย่างมาทดสอบความต้านทานแรงอัด เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนปูนซีเมนต์ที่ใช้ และความต้านทานแรงอัดที่ได้ ดังแสดงในรูปที่ 2.9

สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ห้องสมุดงานวิจัย



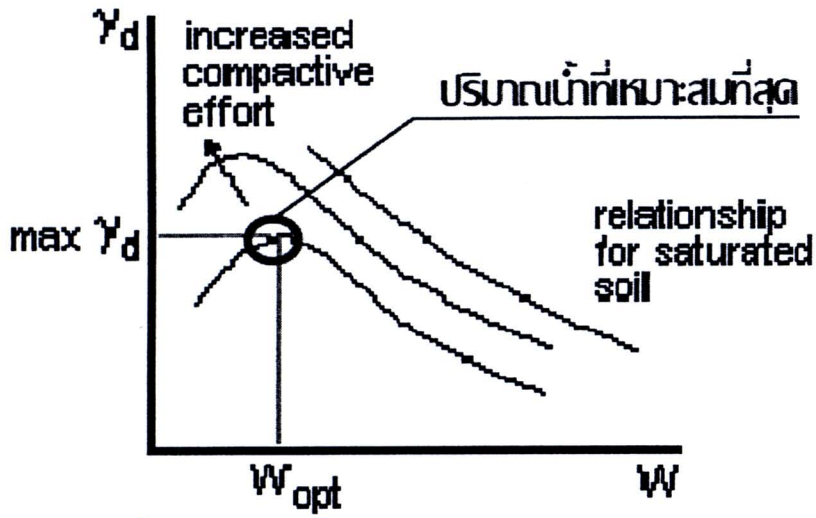
รูปที่ 2.9 กราฟแสดงกำลังอัดกับอัตราส่วนดินต่อปูน [5]

จากรูปที่ 2.9 ในแกนตั้งเป็นกำลังอัด แกนนอนเป็นอัตราส่วนของดินที่ผสม ต่อซีเมนต์ 1 ส่วนโดยกำลัง ตามมาตรฐานกำลังอัดของบล็อก จะอยู่ประมาณ 70 ksc. (กก./ตร.ซม.) ที่ซีเมนต์ 1 ส่วนต่อดิน 9 ส่วนจะได้กำลังอัดตามมาตรฐาน อัตราส่วนดินที่แนะนำจึงอย่ในช่วงประมาณ ซีเมนต์ 1 ส่วน ต่อดิน 6-8 ส่วน โดยอัตราส่วนที่น้อยกว่านี้ถึงแม้กำลังจะดีขึ้นแต่ในแง่การลงทุนไม่คุ้มเนื่องจากต้องเปลืองปริมาณซีเมนต์เพิ่มขึ้นมากด้วย และ ในอัตราส่วนดินที่มากเกินไปก็อาจจะทำให้กำลังไม่ได้ตามมาตรฐาน กำลังแรงดัดของบล็อกประสาน ตามมาตรฐานของ ASTM C 78 เกินกว่า (1.961-2.625) $\sqrt{f'c}$ หรือมีค่าเกินกว่า 21.96 ksc

- ปริมาณที่เหมาะสมและการผสมน้ำ

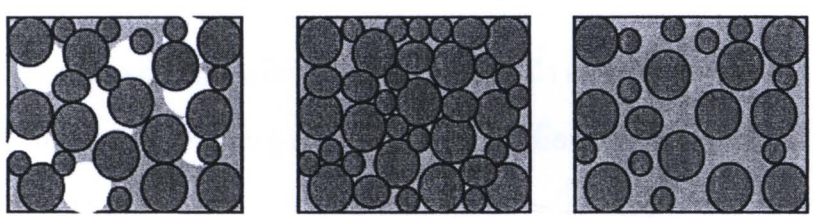
  การผลิตบล็อกประสาน นิยมใช้ปริมาณน้ำ 9-10 % โดยปริมาตรของส่วนผสม

สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ
ห้องสมุดงานวิจัย
วันที่ 01 ต.ค. 2555
เลขทะเบียน 247393
เลขเรียกหนังสือ



รูปที่ 2.10 แสดงปริมาณน้ำที่เหมาะสมที่สุด [5]

น้ำที่ใช้ผสมมีหน้าที่หลัก คือ เป็นตัวทำให้เกิดปฏิกิริยาทางเคมีกับปูนซีเมนต์ นอกจากนั้นหน้าที่หลักที่สำคัญอีกอย่างหนึ่งคือ น้ำจะเป็นเสมือนสารหล่อลื่นทำให้แรงเสียดทานระหว่างเม็ดดินลดลง ทำให้การบดอัดดินลงในเครื่องอัดทำได้ง่ายขึ้น ดังแสดงในรูปที่ 2.10 แสดงให้เห็นถึงจุดที่มีปริมาณน้ำที่เหมาะสมที่สุด โดยในแกนตั้งจะเป็นความหนาแน่นของดิน และแกนนอนเป็นปริมาณน้ำ ปริมาณน้ำดีที่สุดคือ จุดที่โค้งขึ้นเปลี่ยนกลับเป็นโค้งลงคือมีน้ำหนักมากที่สุด ซึ่งก็คือดินมีความหนาแน่นมากที่สุดผลที่ได้คือกำลังก็จะสูงสุดด้วย



รูปที่ 2.11 แสดงปริมาณน้ำกับช่องว่างของบล็อก [5]

จากรูปที่ 2.11 ด้านบนรูปซ้ายมือสุดคือ ปริมาณน้ำที่น้อยเกินไปก่อนที่จะถึงจุดที่เป็นปริมาณน้ำที่เหมาะสม การเรียงตัวของเม็ดดินในกรณีนี้จะได้ไม่แน่นมาก เพราะแรงเสียดทาน

ระหว่างเม็ดดินมีมาก ทำให้การบดอัดดินทำได้ยาก เมื่อทำได้ยากทำให้ช่องระหว่างเม็ดดินมาก เมื่อบดอัดลงในเครื่องอัดทำให้บล็อกที่ผลิตได้มีช่องว่างมากทำให้กำลังต่ำลง

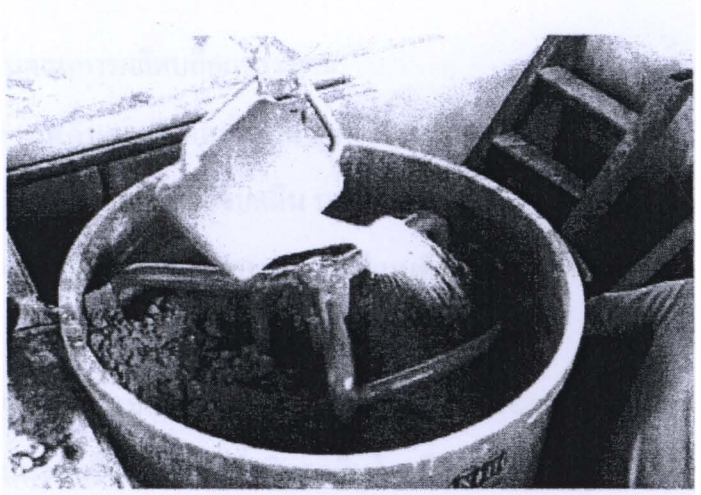
รูปที่สองเป็นกรณีที่มีน้ำพอดีคือ มีปริมาณน้ำคลุกเคล้าในวัตถุดิบอย่างทั่วถึงทำให้การบดอัดดินทำได้ง่าย เพราะมีแรงเสียดทานต่ำในกรณีช่องว่างทั้งหมดจะถูกแทนที่ด้วยน้ำ ซึ่งถือว่าเป็นกรณีที่การบดอัดทำได้แน่นมากที่สุด ทำให้บล็อกที่ผลิตได้มีช่องว่างน้อยที่สุดจึงมีความแข็งแรงมาก

รูปที่สามเป็นกรณีที่มีปริมาณน้ำมากเกินพอดี เมื่อมีน้ำมากเกินทำให้น้ำเข้าไปแทรกตัวอยู่ระหว่างเม็ดดินทำให้เม็ดดินแยกตัวออกจากัน เมื่อบดอัดดินลงในเครื่องอัดทำให้น้ำที่แทรกตัวอยู่ระหว่างเม็ดดินถูกบีบออกมา เมื่ออัดก้อนบล็อกทำให้น้ำส่วนเกินถูกบีบออกมาจึงมีน้ำเยิ้มออกมาเมื่ออัดก้อนบล็อก และบล็อกจะมีความแข็งแรงต่ำจึงมองเห็นก้อนบล็อกอ่อนตัวเมื่อยกออกมาจากเครื่องอัด

การหาปริมาณน้ำที่เหมาะสมทำให้สามารถอัดบล็อกได้ความหนานแน่นสูงขึ้นโดยใช้แรงอัดเท่าเดิม ทำให้ความแข็งแรงของก้อนเพิ่มมากขึ้น ในส่วนนี้หากทำรวมกับการหาสัดส่วนปูนซีเมนต์ จะทำให้สามารถลดปริมาณการใช้ปูนซีเมนต์หรือลดต้นทุนได้สูงสุดถึงก้อนละ 50 สตางค์ โดยในที่นี้จะแนะนำวิธีการเติมน้ำ 2 วิธีคือ

- การผสมน้ำโดยใช้ถังบัวรดน้ำ

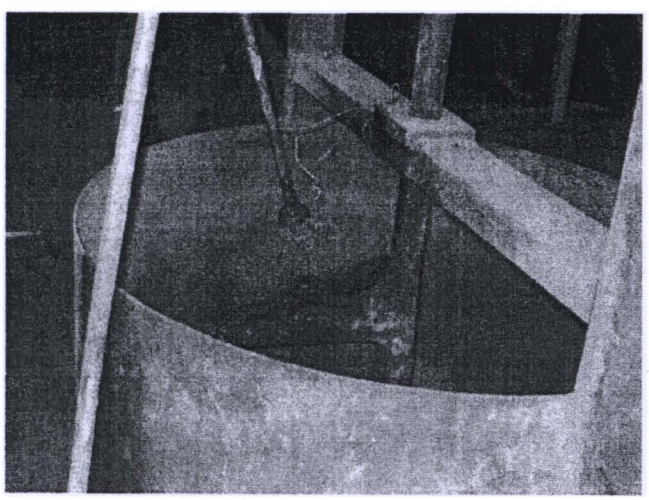
เติมน้ำให้เกือบเต็มถังบัวรดน้ำ ชั่งน้ำหนักบันทึกผล เติมน้ำลงในส่วนผสมจนส่วนผสมเริ่มมีความชื้น นำส่วนผสมไปอัดบล็อก พร้อมกับหาน้ำหนักก้อนที่มากที่สุดที่สามารถอัดได้โดยไม่ใช้แรงมากเกินไป บันทึกผล น้ำหนักถังบัวรดน้ำ และน้ำหนักบล็อกสูงสุด ทำซ้ำโดยการเติมน้ำเพิ่ม และหาน้ำหนักก้อนสูงสุด ทำซ้ำจนกระทั่งเมื่ออัดบล็อกแล้วจะมีน้ำถูกบีบออกมาจากก้อนซึ่งจะเป็นจุดที่มีปริมาณน้ำในก้อนมากเกินพอดี ที่จุดนี้ก้อนบล็อกที่อัดได้จะเสียรูปขณะที่ยกออกมาจากเครื่องอัด หรือเกิดการแอ่นตัวอย่างเห็นได้ชัด เมื่อได้จุดที่มีปริมาณน้ำมากเกินพอดีให้บันทึกค่าไว้ ส่วนปริมาณน้ำที่เหมาะสมที่ใช้ในการผลิตคือ ปริมาณน้ำก่อนถึงจุดที่บล็อกจะมีน้ำถูกบีบออกมาจากก้อนโดยใช้น้ำหนักต่อก้อนเท่ากับน้ำหนักที่ได้จากการทดสอบ ดังแสดงในรูปที่ 2.12



รูปที่ 2.12 การผสมโดยใช้ถังบัวรดน้ำ [5]

- การผสมน้ำโดยใช้สายยางต่อหัวฉีดฝอย

เป็นการเติมน้ำโดยอาศัยประสบการณ์ โดยอาศัยการจดจำความเย็น และความชื้นในส่วนผสม การใช้หัวฉีดฝอยจะมีข้อดีคือ สะดวกรวดเร็ว ความชื้นกระจายทั่วถึง ถ้าขาดความชำนาญ คุณภาพจะไม่แน่นอน ดังแสดงในรูปที่ 2.13



รูปที่ 2.13 การผสมน้ำโดยใช้สายยางต่อหัวฉีดฝอย [5]

4) ขั้นตอนการผลิตบล็อกประสาน

- บดดินลูกรังที่แห้งไม่เปียกชื้นให้ละเอียดใช้ตะแกรงลวด 4 มิลลิเมตร โดยประมาณ ร่อน 2 ครั้ง หรือใช้เครื่องบดดิน บดแล้วใช้ได้เลย
- ใช้ปริมาณดิน 7 ส่วน ต่อ ปูนซีเมนต์ 1 ส่วน คลุกให้เข้ากัน (เช่น ใช้กระป๋องสีตวงดิน 7 กระป๋อง ต่อ ปูนซีเมนต์ 1 กระป๋อง)
- ค่อยๆพรมน้ำและคลุกต่อจนดินชื้น (อย่าใส่น้ำจนดินแฉะเป็นโคลน) ทดลองกำดินในมือ บีบให้แน่นจนแข็งเป็นก้อน ทิ้งดินลงพื้นโดยมีความสูงระดับไหล่ สังเกต ถ้าดินแตกเป็นก้อน 2-3 ก้อน แสดงว่าใช้ได้แล้ว
- ตักใส่เครื่องอัดดินให้พูนเล็กน้อยแล้วปาดให้เสมอขอบเครื่อง โดยใช้กระป๋องหรือภาชนะตวง เพื่อให้ปริมาณดินเท่ากันทุกก้อน
- ปิดฝาเครื่อง โยกคานลงจนสุด แล้วโยกคานกลับเปิดฝา ดันก้นดินขึ้นจากเครื่อง หากก้อนดินไม่สมบูรณ์แบบก็สามารถนำไปอัดใหม่ได้
- ยกก้อนดินออกมาวางเรียงกันบนพื้นที่เรียบและร่ม ทิ้งไว้ 1 วัน จึงนำไปวางเรียงซ้อนกัน ทิ้งไว้ประมาณ 3 วัน สามารถนำไปใช้งานได้

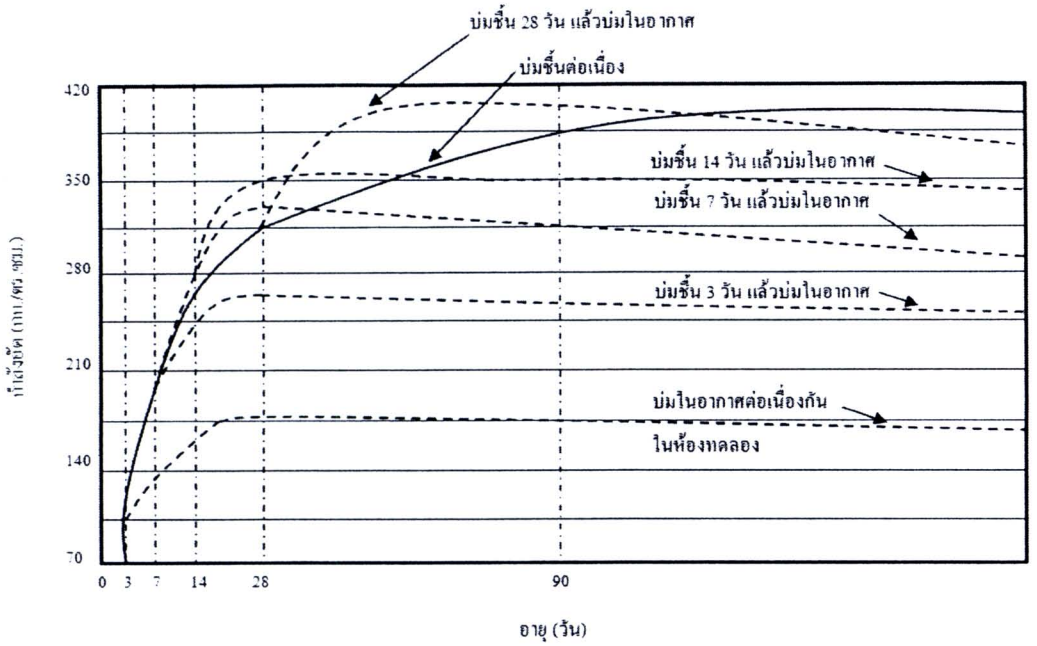
5) การบ่ม

- การบ่มกับกำลังอัดของซีเมนต์เพสต์

เนื่องจากกำลังอัดของบล็อกซีเมนเพสต์เกิดจากปฏิกิริยาไฮเดรชั่น กำลังสูงสุดของบล็อกประสานเกิดจากปฏิกิริยาไฮเดรชั่นสมบูรณ์

วัตถุประสงค์ที่สำคัญของการบ่ม คือ

- เพื่อให้ได้คอนกรีตที่มีกำลังและความทนทาน
- เพื่อป้องกันการแตกร้าว โดยรักษาระดับอุณหภูมิให้เหมาะสม และลดการระเหยของน้ำให้น้อยที่สุด



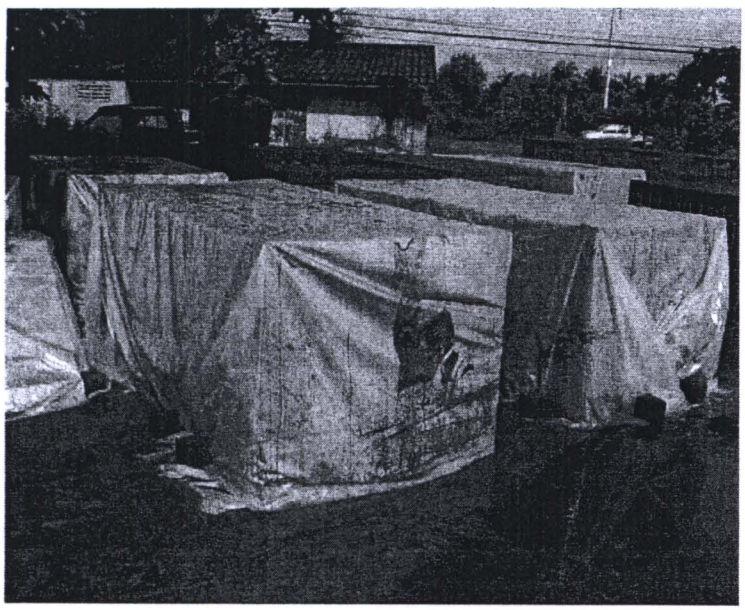
รูปที่ 2.14 ผลของการบ่มที่มีต่อกำลังอัดของซีเมนต์เพสต์ [6]

จากรูปที่ 2.14 จะเห็นว่าการบ่มซีเมนต์เพสต์นานที่สุดเท่าที่จะทำได้ นั่นคือ บ่มจนกว่าคอนกรีตมีกำลังสูงตามที่ต้องการ ในทางปฏิบัติมักไม่สามารถบ่มซีเมนต์เพสต์ได้มากนัก ทั้งนี้ก็เพราะข้อจำกัดในเรื่องกำหนดการก่อสร้างและค่าใช้จ่าย จากรูปที่ 2.14 แสดงให้เห็นว่า การบ่มชื้นถึง 7 วัน ทำให้เราสามารถได้กำลังของซีเมนต์เพสต์สูงทัดเทียมกับกำลังคอนกรีตที่บ่มและทดสอบในสภาพชื้นถึง 28 วัน ตามมาตรฐานอเมริกาแนะนำให้ใช้ เวลาบ่มชื้น 7 วันสำหรับซีเมนต์เพสต์ทั่วไป หรือเวลาที่จำเป็นเพื่อให้ได้กำลัง 70 % ของกำลังอัดหรือกำลังดัดที่กำหนดแล้วแต่ว่าเวลาไหนน้อยกว่ากัน

- การบ่มบล็อกประสาน

หลังจากนำบล็อกออกจากเครื่องอัดแล้ว บ่มในที่ร่มจนมีอายุครบ 1 วัน ไม่ควรตากแดด เพราะน้ำจะระเหยเร็ว ทำให้ปูนซีเมนต์ขาดน้ำส่งผลทำให้ปฏิกิริยาเกิดไม่เต็มที่ บล็อกที่ได้จะไม่แข็งแรงตามที่ต้องการ หรืออาจเกิดรอยแตกร้าวที่ผิวจากการแห้งเร็ว เมื่อบ่มจนครบ 1 วัน นำมาจัดเรียงแล้วคลุมด้วยผ้าพลาสติกไม่ให้ไอน้ำระเหยออก บ่มด้วยความชื้นทิ้งไว้อีก 7 วัน บล็อกประสานจะมีความแข็งแรงพร้อมส่งออกจำหน่ายหรือใช้งานได้ ไม่ควรขนส่งก่อนกำหนดเพราะจะ

ทำให้ก่อนบิ่น หรือเกิดการแตกร้าวได้ง่าย ในดินบางประเภทการรดน้ำในช่วง 1-3 วันแรกน้ำอาจละลายเกลือ หรือด่างต่างๆในปูนที่ใช้ผสมกับดินให้ไหลออกมาจนเกิดคราบสีขาวแข็งติดผิวจนบล็อกไม่สวย จึงควรพิจารณารดน้ำตามความเหมาะสม โดยให้มีความชื้นอยู่ตลอดเวลาแต่อย่าให้น้ำมากจนชุ่มโชก



รูปที่ 2.15 การบ่มบล็อกด้วยพลาสติก [6]

2.3 ปาล์มน้ำมัน

2.3.1 ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ของปาล์มน้ำมันมัน

ปาล์มน้ำมันเป็นพืชในวงศ์ปาล์ม(palmae) มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า Elafis Quineensis Jacq มีลักษณะทางพฤกษาศสาสตร์ดังนี้

1) ราก เป็นระบบรากฝอย (fibrous root system) แผ่กระจายอยู่บริเวณใกล้ๆผิวดิน

2) ลำต้นเป็นลำต้นเดี่ยว ตั้งตรง ปกคลุมด้วยทางใบเป็นเกลียวโดยรอบ ไม่มีกิ่งก้านสาขา ไม่มีเนื้อเยื่อเจริญ มีจุดเจริญจุดเดียวคือ ตายอด (terminal bud) เช่นเดียวกับมะพร้าว ความสูงของต้นแตกต่างกันขึ้นอยู่กับสภาพแวดล้อม ปาล์มน้ำมันที่ขึ้นตามป่าเขา อาจมีลำต้นสูงถึง 20-30 เมตร แต่การปลูกในสวนที่มีระยะปลูกเหมาะสมจะสูงประมาณ 15-20 เมตร การเจริญเติบโตของลำต้นในระยะ2-3 ปีจะเจริญทางด้านข้างก่อน โดยขยายตัวตามความกว้างของลำต้น แต่หลังจากปีที่ 6 แล้ว มีการเจริญเติบโตทางความสูงต่อไป

การพัฒนาของลำต้น ลำต้นปาล์มน้ำมันจะเจริญจากตายอด(terminal bud) ในระยะแรกเป็นการเจริญทางด้านกว้างใช้เวลาประมาณ 3 ปีทำให้ลำต้นส่วนโคนมีขนาดใหญ่เต็มที่ ลักษณะเป็นรูปกรวนคว่ำเรียกว่า bole จากนั้นเป็นการเจริญทางด้านความสูง เป็นลำต้นเหนือดิน เรียกว่า trunk ต้นปาล์มน้ำมันที่เจริญเต็มที่แล้วจะพบส่วนเนื้อเยื่อเจริญขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 10-12 เซนติเมตร ยาว 2.4-4.0 เซนติเมตรอยู่ที่ส่วนกลางของปลายยอด (crown) โดยมีส่วนของจุดกำเนิดใบ (Leaf primordia) ใบอ่อนและฐานของใบหุ้มอยู่ อัตราการยืดตัวของลำต้นขึ้นอยู่สภาพแวดล้อมและพันธุกรรม ในสภาพอัตราปลูกปกติ จะมีการเพิ่มความสูงประมาณ 35 – 60 เซนติเมตรต่อปี ปาล์มน้ำมันที่ปลูกเป็นการค้ามีความสูงไม่เกิน 15 – 18 เมตรและเก็บผลผลิตถึงอายุ 25 ปีเท่านั้น

3) ใบ มีสีเขียวเข้ม ผิวใบเคลือบคิวทิน (Cuticle) หนา เป็นใบประกอบแบบขนนก (pinnate) ประกอบด้วยแกนกลาง (rach) และใบย่อย (leaflet) ทางใบปาล์มน้ำมันจะผลิตออกจากส่วนยอดของลำต้นตรงตายอดเดือนละ2-3ทางอัตราการผลิตทางใบปาล์มน้ำมันขึ้นอยู่กับภูมิอากาศ ความสมบูรณ์ของพื้นดิน การบำรุงรักษา พันธุกรรม และอายุของปาล์มน้ำมัน

ทางใบปาล์มน้ำมันมีลักษณะแตกต่างจากมะพร้าวตรงที่ทางใบปาล์มน้ำมันจะยังคงติดอยู่ที่ต้นเป็นเวลานานหลายปี มักจะค่อยหลุดออกจากต้นถึงแม้ว่าจะมีอายุมาก ส่วนใหญ่โดยเฉลี่ยแล้วปาล์มน้ำมันที่มีอายุมากจะมีใบย่อยอยู่ระหว่าง 150-250 คู่ต่อ 1 ทางใบ และใบย่อยตรงส่วนกลางของก้านทางใบจะเป็นใบย่อยคู่ที่ยาวที่สุด [7]

การตัดแต่งทางใบ ทำการตัดแต่งทางใบในขณะเก็บเกี่ยวผลผลิต หรือตัดแต่งประจำปี ซึ่งการจัดการทางใบแตกต่างกันตามอายุของปาล์มน้ำมัน ดังนี้

- อายุระหว่าง 1 - 3 ปี หลังปลูก ควรให้ต้นปาล์มน้ำมันมีทางใบมากที่สุด ตัดแต่งทางใบออกเท่าที่จำเป็น เช่น ทางใบที่แห้ง ทางใบที่มีโรคหรือแมลงทำลายเป็นต้น
- อายุระหว่าง 4 - 7 ปี ต้นปาล์มควรเหลือทางใบ 3 รอบนับจากทะลายที่อยู่ล่างสุด
- อายุระหว่าง 7 - 12 ปี ต้นปาล์มควรเหลือทางใบ 2 รอบนับจากทะลายล่างสุด
- อายุมากกว่า 12 ปี ต้นปาล์มควรเหลือทางใบ 1 รอบนับจากทะลายล่างสุด [7]

4) ดอก และช่อดอก ปาล์มน้ำมันจะเริ่มออกดอกเมื่ออายุประมาณ 2-3 ปี หลังจากปลูกลงในแปลง ช่อดอกเกิดจากจุดแกนกลางของโคนทางใบ ช่อดอกเป็นแบบแยกเพศอยู่ร่วมต้น

(monoecious) ดอกเพศผู้และดอกเพศเมียจะแยกกันอยู่คนละช่อดอกในต้นเดียวกัน แต่ส่วนน้อยที่ดอกเพศผู้และดอกเพศเมียจะอยู่ร่วมช่อเดียวกัน ซึ่งมักปรากฏในปาล์มน้ำมันอายุน้อย เมื่อปาล์มน้ำมันมีอายุมากขึ้น จะสามารถผลิตทางใบเฉลี่ย 24 ใบต่อปี ซึ่งจะผลิตช่อดอกได้ 24 ช่อดอกต่อปี ต้นที่ความสมบูรณ์ทางลำต้นและใบ จะมีโอกาสผลิตช่อเพศเมียภายในต้นเดียวกันในอัตราสูงกว่าต้นที่ไม่สมบูรณ์

5) ผล หลังจากดอกเพศเมียได้รับการผสมแล้วประมาณ 5 เดือนครึ่งขึ้นไป ผลจะสุก การสุกของผลจะเร็วหรือช้าขึ้นอยู่กับสภาพแวดล้อมที่สำคัญได้แก่ ปริมาณฝน หรือความชื้นในอากาศ ในช่วงการเพาะปลูกที่ฝนตกดีสม่ำเสมอ ผลจะสุกเร็วกว่าสภาพแห้งแล้ง เมื่อผลเริ่มสุก สีผลจะค่อยๆเปลี่ยนสีม่วงดำเป็นสีเหลืองส้ม และเมื่อแก่เต็มที่จะมีบางส่วนร่วง ผลปาล์มน้ำมันเป็นแบบผลเมล็ดเดียวแข็ง (drupe) เช่นเดียวกับมะพร้าว

2.2.2 แหล่งผลิตปาล์มน้ำมันที่สำคัญของไทย

เนื้อที่ให้ผลปาล์มน้ำมันของไทยระหว่างปี พ.ศ.2532-2541 มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นโดยตลอดจาก 56,800 ไร่ เป็น 1,129,000 ไร่ มีผลผลิตประมาณ 1,098-2,688 พันตัน ผลผลิตเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 1,933-2,628 กิโลกรัมต่อไร่ ราคาที่เกษตรขายได้อยู่ระหว่าง 1.70-3.37 บาทต่อกิโลกรัม และมีมูลค่าผลผลิตเพิ่มขึ้น จาก 2,031.3 ล้านบาท เป็น 8,307.1 ล้านบาท [8]