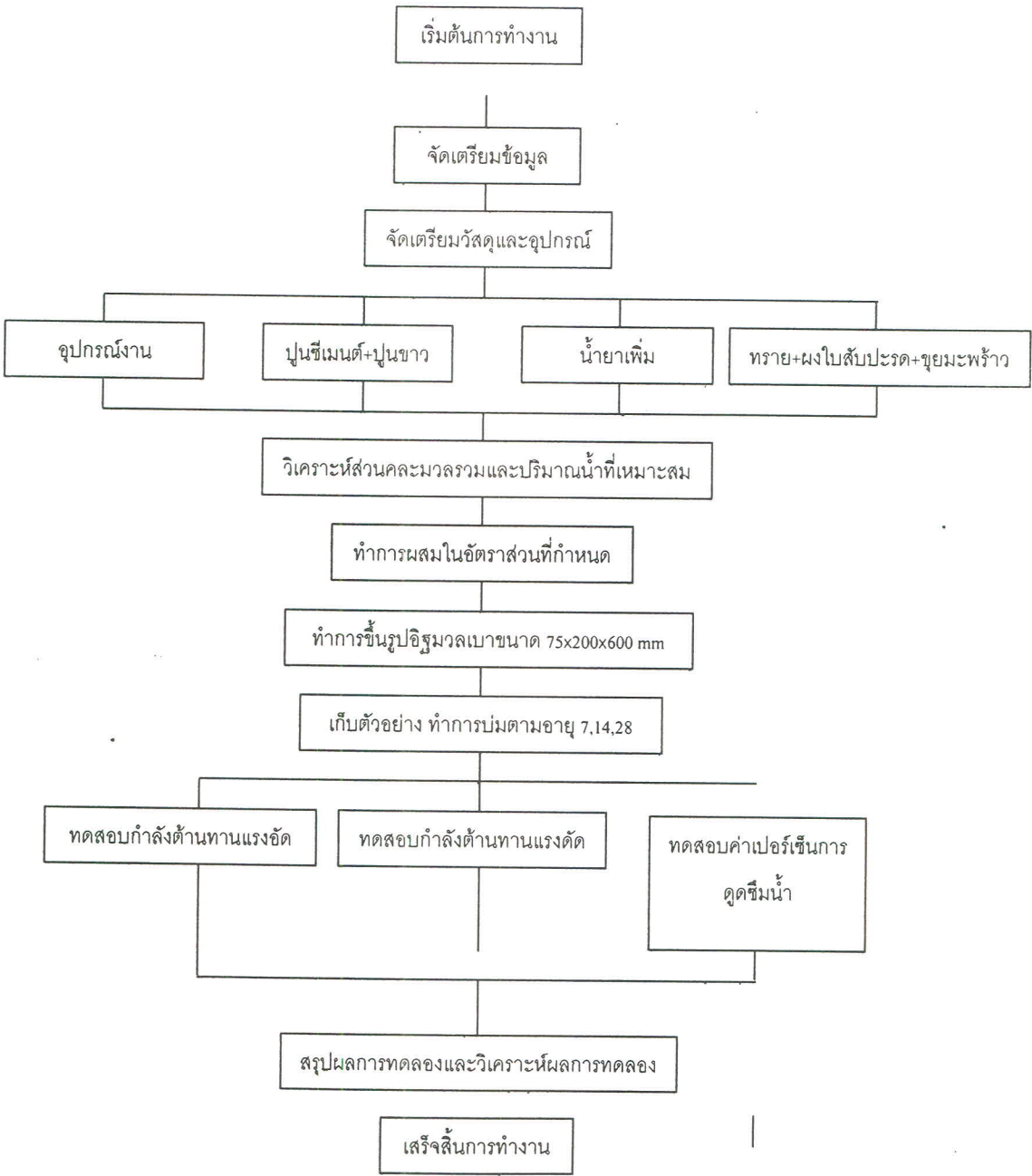


บทที่ 3

วิธีการทดลอง

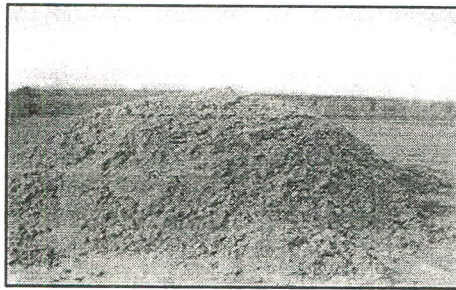
งานวิจัยนี้มุ่งศึกษาการนำวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรมาเป็นส่วนผสมของคอนกรีตมวลเบาโดยการศึกษาครอบคลุมตั้งแต่การจัดเตรียมวัสดุ การออกแบบส่วนผสมคอนกรีต การทดสอบกำลังอัด การทดสอบกำลังดัด และ การดูดซึมน้ำ โดยมีรายละเอียดและขั้นตอนการดำเนินงานดังนี้

3.1 แผนผังการดำเนินการทำงาน



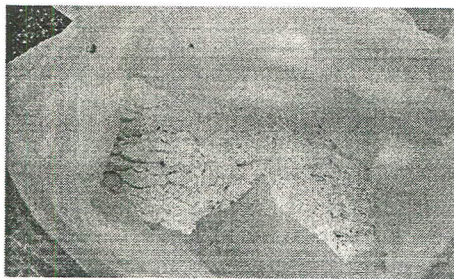
3.2 วัสดุอุปกรณ์และเครื่องมือเครื่องใช้

3.2.1 ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ธรรมดา (Ordinary Portland Cement) ใช้ในการทำคอนกรีตที่ไม่ต้องการคุณภาพพิเศษกว่าธรรมดา และสำหรับการก่อสร้างตามปกติทั่วไป ที่ไม่อยู่ในภาวะอากาศที่รุนแรง หรือในที่ที่มีอันตรายเป็นพิเศษ หรือความร้อนที่เกิดจากการรวมตัวกับน้ำจะไม่ทำให้อุณหภูมิเพิ่มขึ้นถึงขั้นอันตรายที่คอนกรีตจะแตกร้าวเสียหาย ได้แก่ ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ตราช้าง ตราพญานาคสีเขียว และตราเพชรเม็ดเดียว



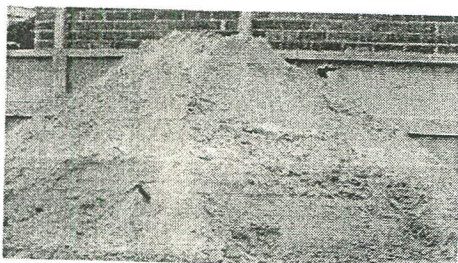
รูปที่ 3.1 ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1

3.2.2 ปูนซีเมนต์ขาว (White Cement) มีคุณภาพเช่นเดียวกับปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ทุกประการ แต่มีสีขาวสะอาด ราคาแพงกว่าปูนซีเมนต์ธรรมดา ใช้ทำหินขัด หินล้าง แต่งแนวกระเบื้องเคลือบที่กรุพื้น ผนัง ฯลฯ บรรจุถุงกระดาษ หนักถุงละ 40 กิโลกรัม



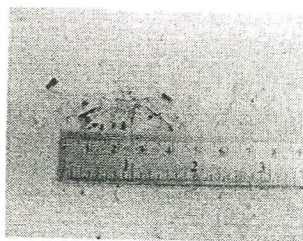
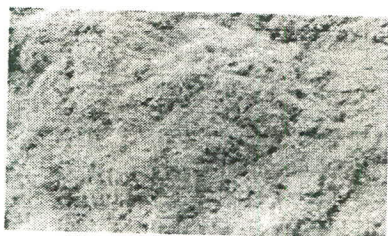
รูปที่ 3.2 ปูนขาว

3.2.3 ทรายละเอียด เป็นทรายที่มีขนาดเม็ดเล็กมาก เหมาะสำหรับงานปูนฉาบ ทำบัว



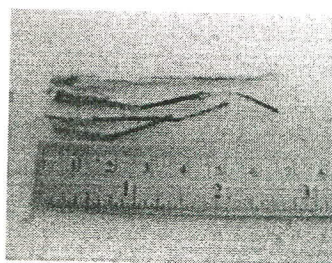
รูปที่ 3.3 ทรายละเอียด

3.2.4 ขุยมะพร้าว ได้จากกาบมะพร้าวซึ่งเป็นเปลือกของมะพร้าวแล้วนำไปเข้าเครื่องตีขุยมะพร้าวจะได้ขุยมะพร้าวออกมา



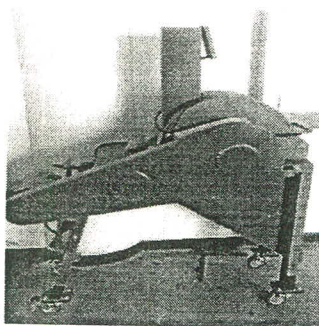
รูปที่ 3.4 ขุยมะพร้าว

3.2.5 ผงใบสับปะรด ได้จากการตากใบสับปะรดให้แห้ง แล้วนำไปเข้าเครื่องย่อยจึงได้ผงใบสับปะรดออกมา



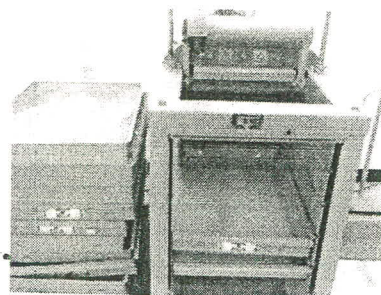
รูปที่ 3.5 ผงใบสับปะรด

3.2.6 เครื่องย่อยใบสับปะรด มีลักษณะเป็นฟันเหล็กซี่ๆไว้สำหรับฟันใบสับปะรดที่แห้ง



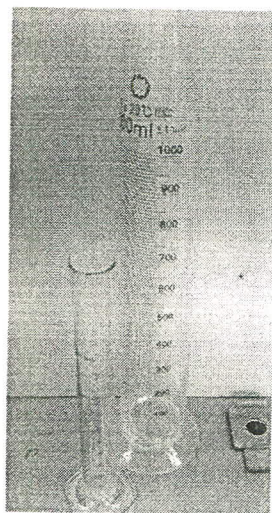
รูปที่ 3.6 เครื่องย่อยใบสับปะรด

3.2.7 ตะแกรงที่ใช้ร่อนทรายพร้อมถาดรอง และเครื่องเขย่าตะแกรงไว้สำหรับร่อนทรายให้ได้มีขนาดที่ต้องการ



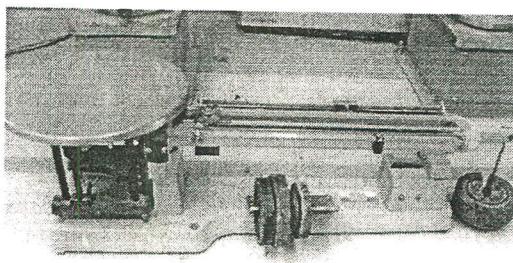
รูปที่ 3.7 เครื่องร่อนทราย

3.2.8 กระบอกตวงน้ำและตวงสารผสมเพิ่มมาตรฐาน ไว้สำหรับตวงน้ำและสารผสมเพิ่มมีความจุ 1,000 มิลลิลิตร และ 100 มิลลิลิตร



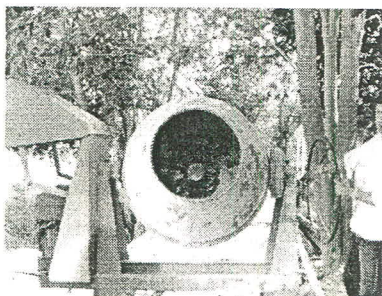
รูปที่ 3.8 กระบอกตวงน้ำ

3.2.9 เครื่องชั่งน้ำหนักมาตรฐาน ไว้สำหรับชั่งส่วนผสมต่างๆจนกระทั่งก้อนตัวอย่าง



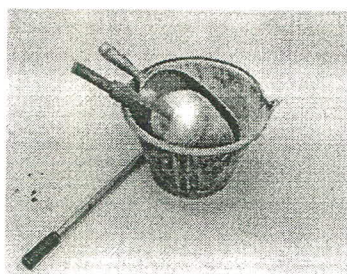
รูปที่ 3.9 เครื่องชั่งน้ำหนัก

3.2.10 เครื่องผสม ไม้สำหรับผสมส่วนผสมให้เข้ากัน



รูปที่ 3.10 แสดงเครื่องผสม

3.2.11 เครื่องมือในการลำเลียงส่วนผสมอิฐคอนกรีตที่ผสมเสร็จแล้วเพื่อนำไปเข้าแบบหล่อ เช่น ถังใส่ส่วนผสม เกรียง ช้อนตักส่วนผสม และเหล็กกะทุ้ง เป็นต้น



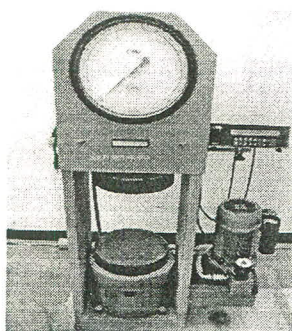
รูปที่ 3.11 เครื่องมือที่ใช้ในการลำเลียงส่วนผสม

3.2.12 แบบหล่ออิฐมวลเบา ไว้สำหรับหล่ออิฐมวลเบา มีขนาด 75x200x600 มิลลิเมตร

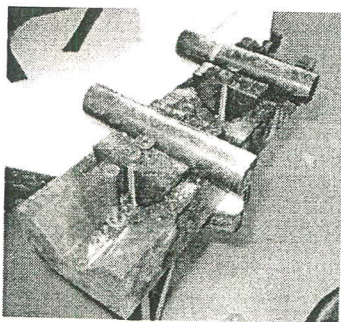


รูปที่ 3.12 แบบหล่ออิฐคอนกรีตมวลเบา

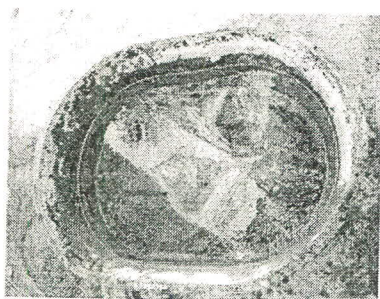
3.2.13 เครื่องทดสอบ



รูปที่ 3.13 เครื่องทดสอบกำลังต้านทานแรงอัดและแรงดัด



รูปที่ 3.14 ชุดทดสอบกำลังต้านทานแรงดัด



รูปที่ 3.15 ชุดทดสอบการดูดซึมน้ำ

3.3 ขั้นตอนการทำและการทดสอบคุณสมบัติอิฐคอนกรีตมวลเบา

3.3.1 การเตรียมข้อมูล

1. ศึกษาแหล่งข้อมูลจากตำรา วารสาร บทความ รายงานวิจัย วิทยานิพนธ์ และเอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2. ศึกษาคุณสมบัติของวัสดุที่จะนำมาเป็นส่วนผสมสำหรับอิฐคอนกรีตมวลเบา

1. ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1

2. ทรายละเอียด

3. ขุยมะพร้าวที่ได้จากธรรมชาติมีคุณสมบัติแข็งแรงและเหนียว

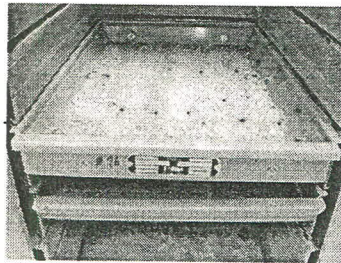
4. ผงใบสับปะรดที่ได้จากธรรมชาติ

3.3.2 ทดลองหาอัตราส่วนที่เหมาะสมของอิฐคอนกรีตเบามวลเบาที่มีส่วนผสมของปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ทราย ขุยมะพร้าว และใบสับปะรด มีลำดับขั้นตอนดังนี้

1. จัดเตรียมวัสดุทำการทดลองผสมส่วนผสมของอิฐคอนกรีตมวลเบาจะมีส่วนผสมระหว่างปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 ทราย ขุยมะพร้าว และใบสับปะรด โดยจะผลิตอิฐคอนกรีตมวลเบาขนาด 75x200x600 มิลลิเมตร โดยจะมีอัตราส่วนผสมที่จะใช้ในการทดสอบโดยขุยมะพร้าวและผงใบสับปะรดมาผสมใช้งานในงานคอนกรีต

1. ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1

2. นำทรายมาร้อนผ่านตะแกรงมาตรฐานเบอร์ 16 แล้วนำไปเก็บใส่ภาชนะเตรียมผสม



รูปที่ 3.16 เครื่องร่อนทรายผ่านตะแกรงมาตรฐานเบอร์ 16

3. นำใบสับปะรดมาเข้าเครื่องบดย่อยให้ละเอียด

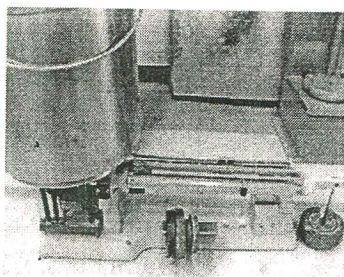


รูปที่ 3.17 แสดงการนำใบสับปะรดมาเข้าเครื่องย่อย

4. นำใบสับปะรดที่ย่อยแล้วมาย่อยอีก 1 ครั้ง เพื่อให้ได้ขนาดที่เล็กลงกว่าเดิม และให้นำใบสับปะรดที่ย่อยละเอียดแล้วไปเก็บเพื่อที่จะได้ใช้เป็นวัตถุดิบในการทดลองต่อไป

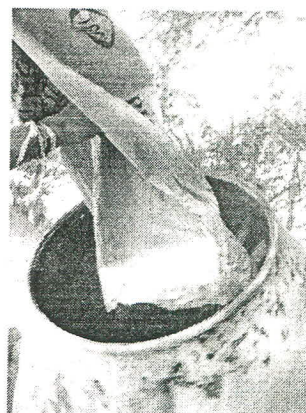
3.3.3 การขึ้นรูปของวัสดุผสมสำหรับอิฐคอนกรีตมวลเบา

1. ทำการชั่งปูนซีเมนต์ ปูนขาว ทราย ขุยมะพร้าว และผงใบสับปะรดตามอัตราส่วนผสมที่กำหนด



รูปที่ 3.18 นำส่วนผสมต่างๆ มาชั่งน้ำหนัก

2. นำปูนซีเมนต์ ปูนขาว และทรายเข้าเครื่องผสมอิฐคอนกรีตมวลเบา และผสมให้เข้ากันอย่างทั่วถึงด้วยเครื่องผสมคอนกรีต



รูปที่ 3.19 แสดงการนำปูนซีเมนต์ ปูนขาว และทราย

3. นำขุยมะพร้าวและผงใบสับปะรดที่เตรียมไว้ (ขุยมะพร้าวและผงใบสับปะรดต้องนำไปแช่น้ำเพื่อให้ชุ่มน้ำไว้ก่อนการนำไปผสมกับส่วนผสมอื่นๆ) ผสมลงในเครื่องผสมอิฐคอนกรีตมวลเบา โดยใช้ขุยมะพร้าวและผงใบสับปะรดไปตามอัตราส่วนผสมที่ได้ออกแบบไว้คลุกเคล้าให้เข้ากัน

โดยยังไม่ใส่น้ำประมาณ 1-2 นาที หรือดูว่าวัสดุภายในเครื่องผสมอิฐคอนกรีตมวลเบาคลุกเคล้าให้เข้ากันดีเสียก่อน

4. ใส่น้ำสะอาดและสารกักกระจายฟองอากาศตามอัตราส่วนที่กำหนดไว้ลงในเครื่องผสมอิฐคอนกรีตมวลเบา



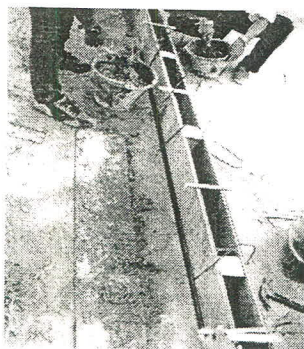
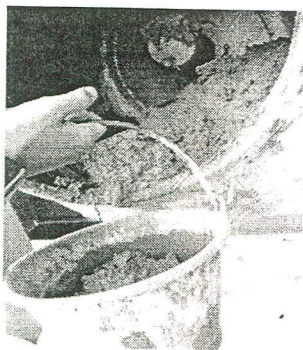
รูปที่ 3.20 แสดงการใส่น้ำสะอาด และสารกักกระจายฟองอากาศ

5. ทำการผสมคลุกเคล้าให้เข้ากันประมาณ 2-3 นาที แล้วจึงนำเทลงในภาชนะที่เตรียมไว้เพื่อทำการลำเลียงส่วนผสมอิฐคอนกรีตมวลเบาเข้าแบบหล่อ



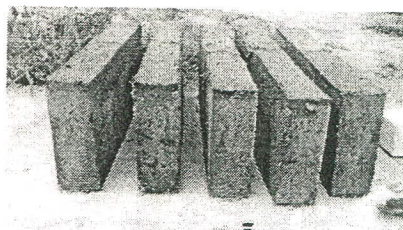
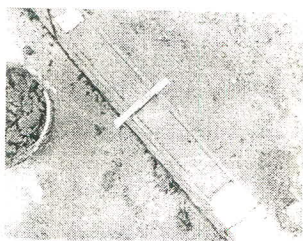
รูปที่ 3.21 แสดงการผสมของส่วนผสมในเครื่องผสม

6. นำส่วนผสมอิฐคอนกรีตมวลเบาที่ผสมเสร็จแล้วไปเทลงในแบบหล่ออิฐคอนกรีตมวลเบาที่ได้เตรียมไว้ (คอนกรีตเมื่อผสมเสร็จแล้วต้องใช้อยู่ภายใน 30 นาที)



รูปที่ 3.22 การลำเลียงส่วนผสมที่ผสมเสร็จแล้วเข้าแบบหล่อ

7. ตั้งทิ้งไว้ประมาณ 24 ชั่วโมง เพื่อให้อิฐคอนกรีตมวลเบาจับตัวเป็นก้อน แล้วจึงทำการถอดแบบหล่อออก โดยจะต้องทำเครื่องหมายที่คอนกรีตไว้ทุกก้อนของแต่ละสูตรอัตราส่วนผสม แล้วนำก้อนอิฐคอนกรีตมวลเบาที่ได้นำไปบ่มไว้ตามระยะเวลาที่กำหนด คือ 7, 14 และ 28 วัน ซึ่งในการบ่มอิฐคอนกรีตมวลเบาจะบ่มโดยใช้วิธีบ่มด้วยอากาศ



รูปที่ 3.23 แสดงการบ่มในแบบหล่อ และบ่มด้วยอากาศ

3.3.4 ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบ มีขั้นตอนการตรวจสอบดังต่อไปนี้ (มอก. 59-2516)

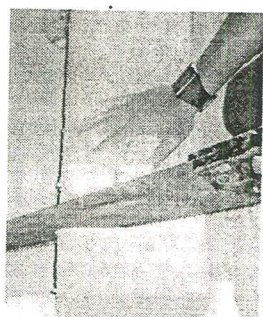
1. อิฐคอนกรีตมวลเบาทุกก้อนต้องแข็งแรง ปราศจากรอยแตกร้าว หรือส่วนเสียอื่นใด ที่ก่อให้เกิดการเสื่งกำลังหรือความคงทนถาวร รอยร้าวเล็กน้อยที่มักเกิดขึ้นในกรรมวิธีการผลิตตามปกติหรือรอยปริเล็กน้อยเนื่องจากวิธีการเคลื่อนย้ายหรือขนส่งอย่างธรรมดา จะต้องไม่เป็นสาเหตุอ้างในการยอมรับ

2. อิฐคอนกรีตมวลเบา ซึ่งต้องการฉาบปูนหรือแต่งปูนต้องมีผิวหน้าหยาบพอสมควรแก่การจับยึดของปูน

3. อิฐคอนกรีตมวลเบา ซึ่งต้องการก่อแบบผิวเผย ด้านผิวเผยจะต้องไม่มีรอยบิ่น รอยร้าว หรือรอยตำหนิอื่นๆ ถ้าในการสังเคราะห์หนึ่งมีก้อนอิฐซึ่งมีรอยบิ่นเล็กน้อยที่ยาวมากกว่า 25 มิลลิเมตร เป็นจำนวนไม่มากกว่าร้อยละ 5 จะต้องไม่ถือเป็นสาเหตุในการไม่ยอมรับ

3.3.5 การทดสอบคุณสมบัติอิฐคอนกรีตมวลเบา

การทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพของอิฐคอนกรีตมวลเบา เพื่อตรวจสอบหาความหนาแน่น ค่าการดูดซึมน้ำ กำลังต้านทานแรงอัด และกำลังต้านทานแรงดัด ซึ่งในการทดสอบคุณสมบัติต่างๆ จะใช้ตัวอย่างที่มีขนาด 75x100x200 มิลลิเมตร ทดสอบโดยการตัดออกจากอิฐคอนกรีตมวลเบาขนาดมาตรฐานตามแบบหล่อหรือขนาด 75x200x600 มิลลิเมตร



รูปที่ 3.24 แสดงการตัดก้อนตัวอย่างทดสอบ และขนาดของก้อนตัวอย่างทดสอบ

3.3.6 วิธีทดสอบ

1. ตำแหน่งทดสอบ จะต้องทำการทดสอบก้อนตัวอย่างโดยให้ศูนย์เนื้อที่ของผิวธารทั้งสองหน้าอยู่ในแนวตั้งกับศูนย์แรงกดจากแท่นธารในบ่าทรงกลมของเครื่องกด นอกจากการทดสอบก้อนซึ่งมีลักษณะพิเศษที่ประสงค์จะใช้ในลักษณะที่รูกอยู่ตามแนวระดับแล้ว การทดสอบคอนกรีตบล็อกจะต้องทดสอบโดยให้ตั้งอยู่ในแนวตั้งสำหรับก้อนวัสดุก่อซึ่งตันร้อยละ 100 และก้อนกลวงซึ่งมีลักษณะพิเศษ ประสงค์จะใช้ในลักษณะที่รูกอยู่ตามแนวระดับ อาจทำการทดสอบตามลักษณะการใช้งาน

2. ความเร็วที่ใช้ในการทดสอบ บรรทุกน้ำหนักครึ่งหนึ่งของน้ำหนักสูงสุดที่คาดว่าจะทดสอบด้วยอัตราเร็วตามสะดวก หลังจากนั้นจะต้องคุมเครื่องทดสอบโดยปรับให้หัวกดเคลื่อนที่ใน

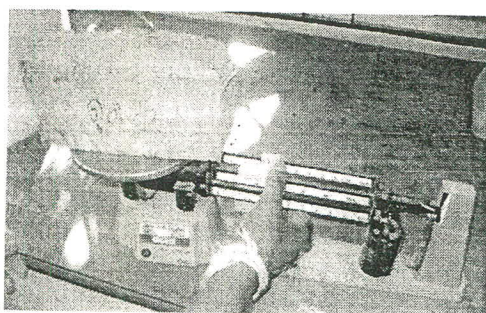
อัตราสม่ำเสมอ จนทำให้น้ำหนักบรรทุกทุกส่วนที่เหลือ บรรทุกได้ในเวลาไม่เร็วกว่า 1 นาที แต่ไม่เกิน 2 นาที

3.3.7 วิธีคำนวณและการรายงานผล

1. กำลังต้านทานแรงอัดของก้อนวัสดุก่อคอนกรีต คำนวณได้จากแรงสูงสุดหน่วนเป็น กิโลกรัมหารด้วยพื้นที่ภาคตัดในแนวตั้งฉากกับทิศทางของน้ำหนักบรรทุก วัดเป็นตารางเซนติเมตร
2. การรายงานผล ให้รายงานผลการทดสอบละเอียดถึง 0.5 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร

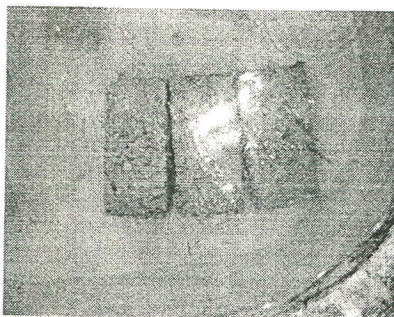
3.3.8 วิธีการทดสอบหาความหนาแน่น และการดูดซึมน้ำ (Absorption Test)

1. คัดเลือกอิฐคอนกรีตมวลเบาจากแหล่งเดียวกับการทำการทดสอบกำลังต้านทานแรงอัดและแรงดัด โดยคัดเลือกคอนกรีตบล็อกจำนวน 3 ก้อน โดยพยายามไม่ให้ชิ้นทดสอบได้รับความชื้นนอกจากความชื้นในอากาศ
2. ชั่งน้ำหนักชิ้นทดสอบแต่ละก้อน ซึ่งถือว่าเป็นน้ำหนักอิฐคอนกรีตมวลเบาแห้ง (Dry Weight) ทำการบันทึกค่า



รูปที่ 3.25 แสดงการชั่งน้ำหนักตัวอย่างทดสอบก่อนทำการทดสอบ

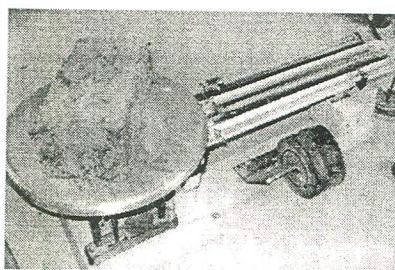
3. แช่ชิ้นทดสอบในน้ำสะอาด ให้ผิวน้ำท่วมชิ้นทดสอบจนมิดเป็นเวลา 24 ชั่วโมง เพื่อให้อิฐคอนกรีตมวลเบาอิมตัว



รูปที่ 3.26 การทดสอบการดูดซึมน้ำ

4. หลังจากแช่น้ำชิ้นทดสอบครบ 24 ชั่วโมง แล้วนำชิ้นทดสอบขึ้นจากน้ำแล้วเช็ดให้ผิวของชิ้นทดสอบปราศจากน้ำ

5. ชั่งน้ำหนักชิ้นทดสอบจากข้อ 4 ซึ่งถือว่าเป็นน้ำหนักอิฐ, เปียก (Wet Weight) ทำการบันทึกค่า โดยการชั่งนี้ต้องกระทำในเวลา 5 นาที หลังจากนำชิ้นจากน้ำ ทั้งนี้เพื่อมิให้เกิดการสูญเสียความชื้นแก่อากาศ แล้วนำค่าที่ได้ไปคำนวณ



รูปที่ 3.27 การชั่งน้ำหนักตัวอย่างทดสอบหลังทำการทดสอบ

3.3.9 วิธีการทดสอบกำลังต้านทานแรงอัด (Compression Test)

1. นำตัวอย่างอิฐคอนกรีตมวลเบาจำนวน 6 ก้อน โดยแบ่งการทดสอบเป็น 2 ครั้งๆ ละ 3 ก้อน โดยครั้งแรกทดสอบในด้านแนวนอนและครั้งที่สองในด้านแนวตั้ง แล้วจึงหาค่าเฉลี่ยของทั้งหมดเป็นเกณฑ์

2. นำอิฐคอนกรีตมวลเบาวางบนที่รองรับ เริ่มให้น้ำหนักกดในอัตราสม่ำเสมอ โดยกำหนดให้ไม่เกิน 1,000 กิโลกรัมต่อนาที หรืออัตราหักกดไม่เกิน 0.05 นิวตันต่อนาที จนกระทั่งขึ้นทดสอบวิบัติ อ่านค่ากำลังที่ทำให้ขึ้นทดสอบวิบัติ บันทึกค่าเพื่อนำไปทำการคำนวณ

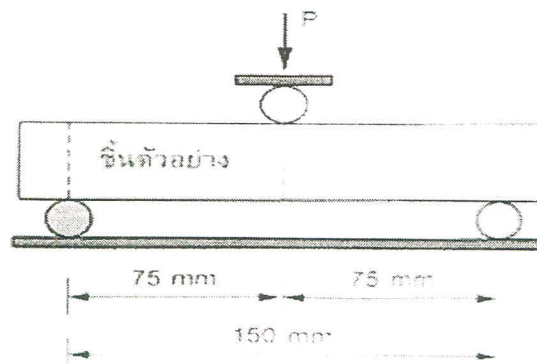


รูปที่ 3.28 การทดสอบกำลังต้านทานแรงอัด

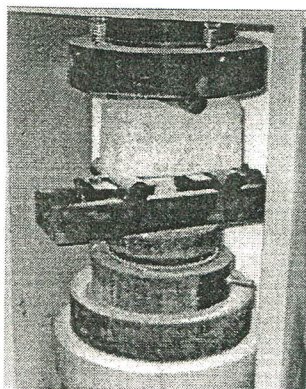
3.3.10 วิธีการทดสอบกำลังต้านทานแรงดัด (Flexural Test)

1. นำตัวอย่างอิฐคอนกรีตมวลเบาจำนวน 6 ก้อน โดยแบ่งการทดสอบเป็น 2 ครั้งๆ ละ 3 ก้อน โดยครั้งแรกทดสอบในด้านแนวนอนและครั้งที่สองในด้านแนวตั้ง แล้วจึงหาค่าเฉลี่ยของทั้งหมดเป็นเกณฑ์

2. นำอิฐคอนกรีตมวลเบาวางบนที่รองรับ (มีลักษณะเป็นจตุรกรับแบบคาน) เริ่มให้น้ำหนักกดในอัตราสม่ำเสมอ โดยกำหนดให้ไม่เกิน 10 กิโลกรัมต่อนาที หรืออัตราหักกดไม่เกิน 1.27 มิลลิเมตรต่อนาที จนกระทั่งขึ้นทดสอบวิบัติ อ่านค่ากำลังที่ทำให้ขึ้นทดสอบวิบัติ บันทึกค่าเพื่อนำไปทำการคำนวณ



รูปที่ 3.29 แสดงระยะและตำแหน่งในการทดสอบกำลังต้านทานแรงดัด (ที่มา : การทดสอบที่ 6 แรงดัดและแรงอัดของอิฐเรียงเรียงโดย รศ.ดำเนินกร คงพาลา และ ผศ.สรกานต์ ศรีทองอ่อน)



รูปที่ 3.30 การทดสอบกำลังต้านทานแรงดัด

3.3.11 วิเคราะห์ข้อมูล

1. วิเคราะห์หาความหนาแน่น และเปอร์เซ็นต์การดูดซึมน้ำ โดยใช้สมการ

$$\rho = M / V$$

โดยที่ ρ หมายถึง ความหนาแน่นของวัสดุมีหน่วยเป็นกรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร (g/cm^3)

M , W_1 หมายถึง มวล (Mass) หรือน้ำหนักที่แห้ง มีหน่วยเป็นกรัม (g)

V หมายถึง ปริมาตร (Volume) มีหน่วยเป็นลูกบาศก์เซนติเมตร (cm^3)

เปอร์เซ็นต์การดูดซึมน้ำ = $(W_2 - W_1) / W_1 \times 100 \%$

เมื่อ เปอร์เซ็นต์การดูดซึมน้ำ แทน ค่าร้อยละของการดูดซึมน้ำ (% Absorption)

W_1 แทน น้ำหนักอิฐที่แห้ง, กรัม (g) =

W_2 แทน น้ำหนักอิฐที่ดูดซึมน้ำ, กรัม (g)

- 3.3.12 วิเคราะห์ข้อมูลคุณลักษณะที่ต้องการด้านลักษณะทั่วไป และความต้านทานแรงอัด
ใช้สถิติในการหาความต้านทานแรงอัดเฉลี่ย โดยใช้สูตร

$$b_c = P/A$$

เมื่อ b_c แทน ความต้านทานแรงอัด, กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร

P แทน แรงอัดที่ทำให้ชิ้นทดสอบวิบัติ, กิโลกรัมนิวตัน

A แทน พื้นที่รับแรงอัด, ตารางเซนติเมตร

3.3.13 วิเคราะห์ข้อมูลคุณลักษณะที่ต้องการด้านลักษณะทั่วไป และความต้านทานแรงดัด
ใช้สถิติในการหาความต้านทานแรงดัดเฉลี่ย โดยใช้สูตร

$$R = PL/bd^2$$

เมื่อ R แทน โมเมนต์การแตกร้าว (Middle one of Span), กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร

P แทน แรงดัดที่ทำให้ขึ้นทดสอบวิบัติ, กิโลกรัมวินตัน

L แทน ความยาวอิฐ (Span Length), เซนติเมตร

b แทน ความกว้างเฉลี่ยของอิฐ, เซนติเมตร

d แทน ความลึกเฉลี่ยของอิฐ, เซนติเมตร