บทที่ 3
วัสดุและวิธีการดำเนินการ

การศึกษาเรื่อง Enhancing the Mechanical and Microstructural Properties of Bottom Ash Concrete with Natural Rubber Latex for Sustainable Rigid Pavements มีวิธีในการดำเนินการวิจัย ดังนี้

3.1 วิธีการวิจัย (Research Methodology)

แผนการดำเนินการจัดทำวิทยานิพนธ์ (เริ่มทำวิทยานิพนธ์ เดือนกุมภาพันธ์ ปี พ.ศ. 2565) กิจกรรม /ขั้นตอนการดำเนินการ

1. ทบทวนการศึกษา รวบรวมข้อมูลรวมทั้งสำรวจปริทัศน์วรรณกรรม และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง
2. วางแผนดำเนินงาน
3. หาวัสดุและเครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง
4. ออกแบบและขึ้นรูปชิ้นทดสอบ
5. ทดสอบชิ้นงานและส่งตรวจทางจุลภาค
6. รวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูล
7. สรุปผลการศึกษาและจัดทำข้อเสนอแนะ
8. จัดทำวิทยานิพนธ์
9. สอบวิทยานิพนธ์

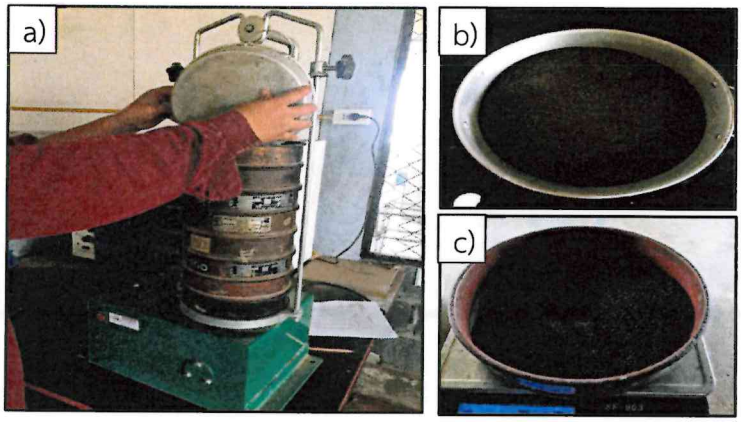
3.2 วิธีการดำเนินงานวิจัย นำวัสดุมาทดสอบคุณสมบัติมวลรวมด้านกายภาพและวิศวกรรม

3.2.1 นำวัสดุมาทดสอบมาตรฐานมวลรวมเฉพาะในงานคอนกรีต

การกระจายของขนาดวสดมวลรวม (Sieve Analysis of Fine and Coarse Aggregates) โดยใช้เครื่อง Sieve Shaker ตามมาตรฐาน

3.2.2 นำวัสดุมาทดสอบ American Society of Testing Materials ASTM

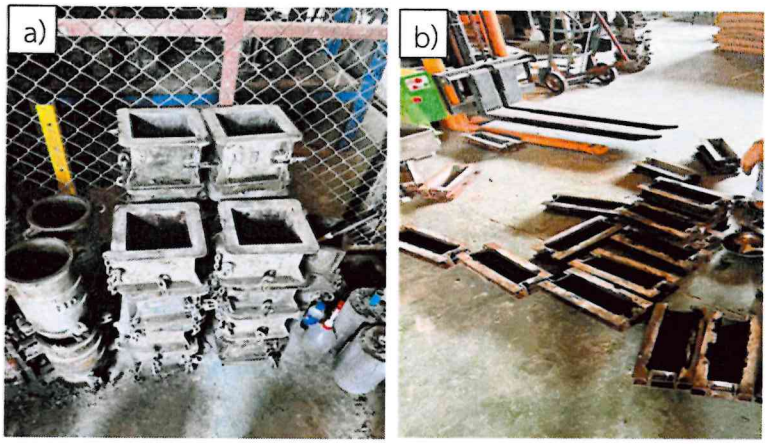
คือ Maximum size aggregate , Saturated surface dry specific gravity , Dry specific gravity , Dry density , Water absorption , Moisture content , Abrasion loss และ Fineness modulus



รูปที่ 3-1 a) การหาขนาดคละ bottom ash และ b) ,c) วัสดุมวลรวม ในเครื่อง Sieve Shake

3.2.3 ทำการผสมคอนกรีตตามอัตราส่วนจำนวน 9 สูตรตัวอย่าง

ตามที่ได้ออกแบบไว้โดยใช้แบบหล่อคอนกรีตทรงลูกบาศก์ ขนาด 15x15x15 cm. (Concrete Cube Mold) แบบหล่อคอนกรีตคานทรงสี่เหลี่อมฝืนผ้า ขนาด 7.5x7.5x30 cm. (Concrete rectangle Mold)



รูปที่ 3-2 a) และ b) เตรียมแบบหล่อคอนกรีตตามมาตรฐาน

3.3 การออกแบบส่วนผสมคอนกรีต (Mix Design)

Mixing Proportions of BA-NRL Concrete (fc' = 300 ksc.) slump = 5 cm.

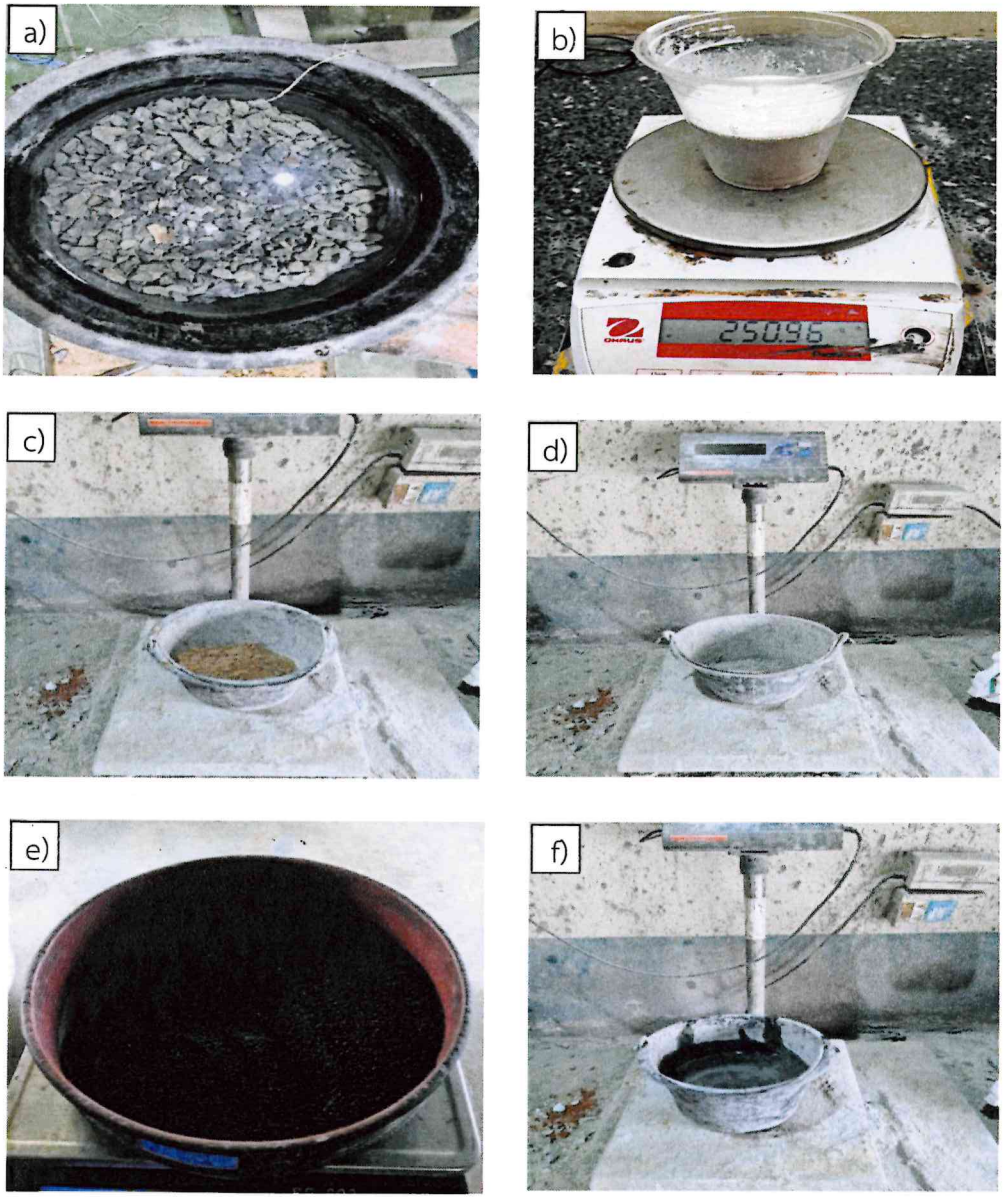
Specimen ID	w/c	Portland	Coarse Aggregate	Fine Aggregate		NRL		Water
		Cement (kg/m^3)	Limestone (kg/m^3)	Sand (kg/m^3)	BA (kg/m^3)	r/c ratio (%)	Solid (kg/m^3)	(kg/m^3)
Normal Concrete (control mix)	0.5	370	1018	814	-	0	-	185
10%BA+0.0%NRL	0.5	370	1018	732.6	81.4	0	-	185
10%BA+1.0%NRL	0.5	370	1018	732.6	81.4	1.0	7.12	181.58
10%BA+1.5%NRL	0.5	370	1018	732.6	81.4	1.5	10.67	179.88
10%BA+2.0%NRL	0.5	370	1018	732.6	81.4	2.0	14.23	178.17
20%BA+0.0%NRL	0.5	370	1018	651.2	162.8	0	-	185
20%BA+1.0%NRL	0.5	370	1018	651.2	162.8	1.0	7.12	181.58
20%BA+1.5%NRL	0.5	370	1018	651.2	162.8	1.5	10.67	179.88
20%BA+2.0%NRL	0.5	370	1018	651.2	162.8	2.0	14.23	178.17

Note: r = dry rubber latex (solid content)

ตารางที่ 3-1 การออกแบบส่วนผสมคอนกรีต fc' = 300 ksc. slump = 5 cm.

3.4 เตรียมวัสดุเพื่อทำการผสมคอนกรีตตามอัตราส่วนผสมที่ออกแบบ

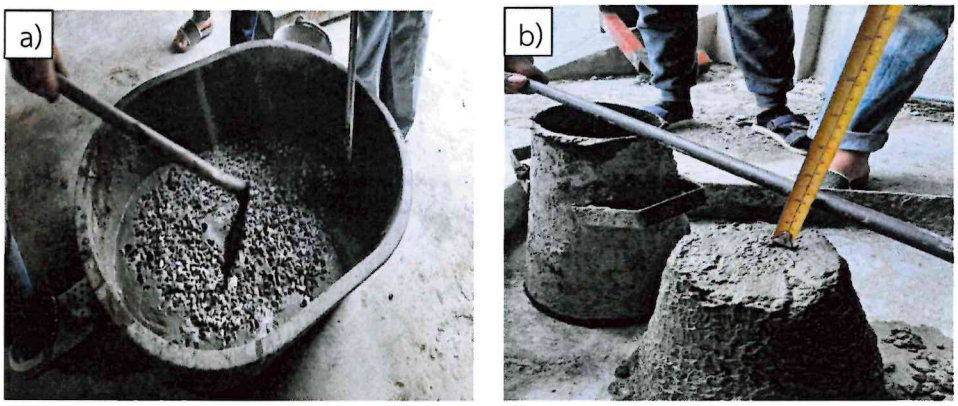
1. ปูนซีเมนส์ปอตแลนท์ประเภทที่ 1
2. ทรายหยาบ (Coarse Sand)
3. หิน (Limestone)
5. เถ้าก้นเตา (bottom ash)
6. น้ำยางพารา (Natural rubber latex)
7. Slump Test
8. น้ำ (Water)



รูปที่ 3-3 a), b) ,c) ,d) ,e) ,c) และ f) จัดเตรียมอุปกรณ์และวัสดุตามอัตราส่วนผสมที่ออกแบบตามตารางที่ 3-1

3.5 การผสมส่วนผสม (Mixing of Concrete Mix Design)

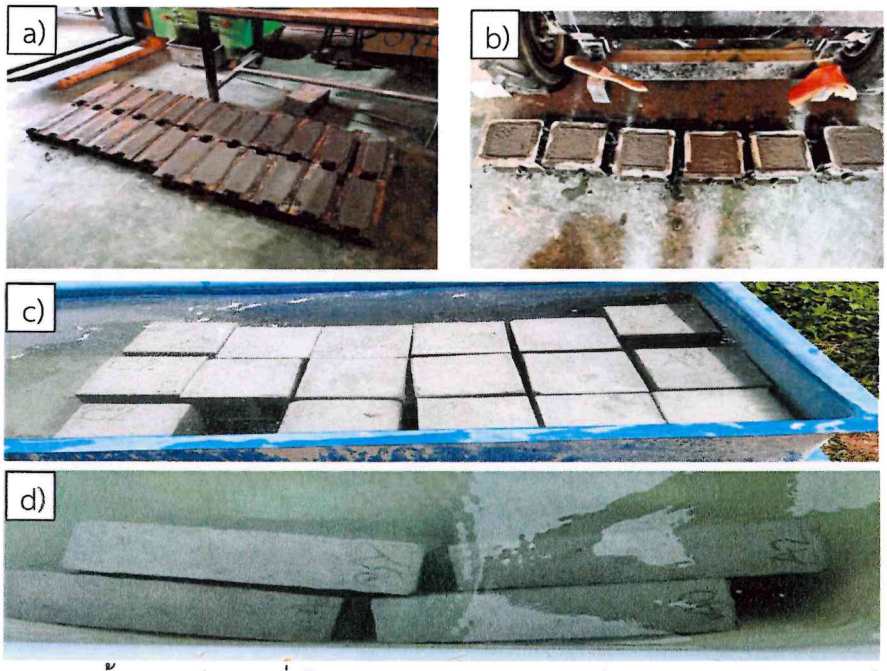
ผสมคอนกรีตให้เข้ากันและทำการตรวจสอบการยุบตัวให้ได้ตามาตรที่ออกแบบ slump = 5 Cm.



รูปที่ 3-4 a) การผสมส่วนผสมคอนกรีต และ b) การควบคุมการยุบตัว slump test เท่ากับ 5

3.6 ทำการหล่อเข้าแบบและทำการบ่มคอนกรีต การบ่มคอนกรีต (CONCRETE CURING)

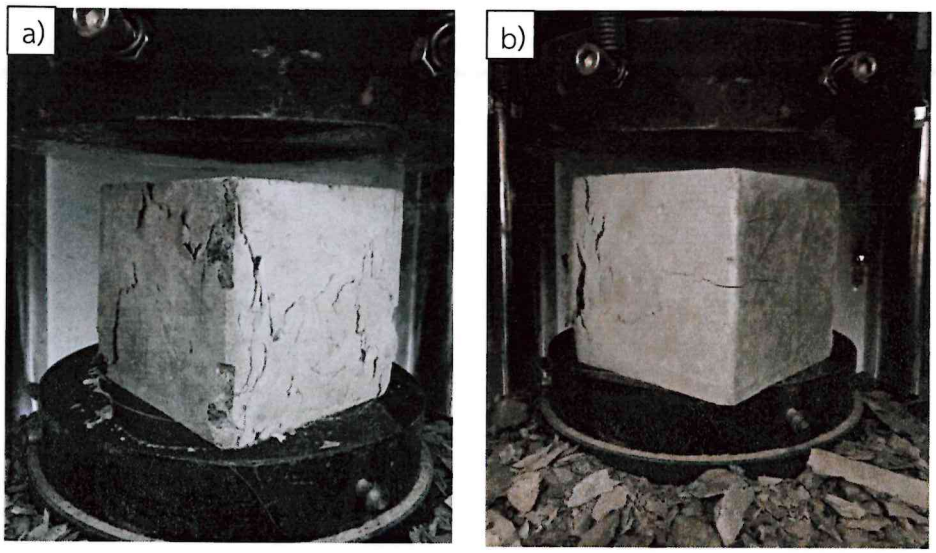
แบบหล่อคอนกรีตทรงลูกบาศก์ ขนาด 15x15x15 cm (Concrete Cube Mold) และ แบบหล่อคอนกรีตคานทรงสี่เหลี่อมฝืนผ้า (Concrete rectangle Mold) ขนาดด 7.5x7.5x30 cm แล้วทำการทิ้งไว้ให้แห้ง 24 ชั่วโมงแล้วมาแกะแบบเพื่อการบ่มน้ำ(CONCRETE CURING) คอนกรีตที่ 7, 28 วัน และ 60 ตามมาตรฐาน



รูปที่ 3-5 a) , b) ทิ้งคอนกรีต 24 ชั่วโมง ทำการแกะแบบคอนกรีตและ c) , d) บ่มคอนกรีต (CONCRETE CURING) จำนวน 7, 28 และ 60 วัน

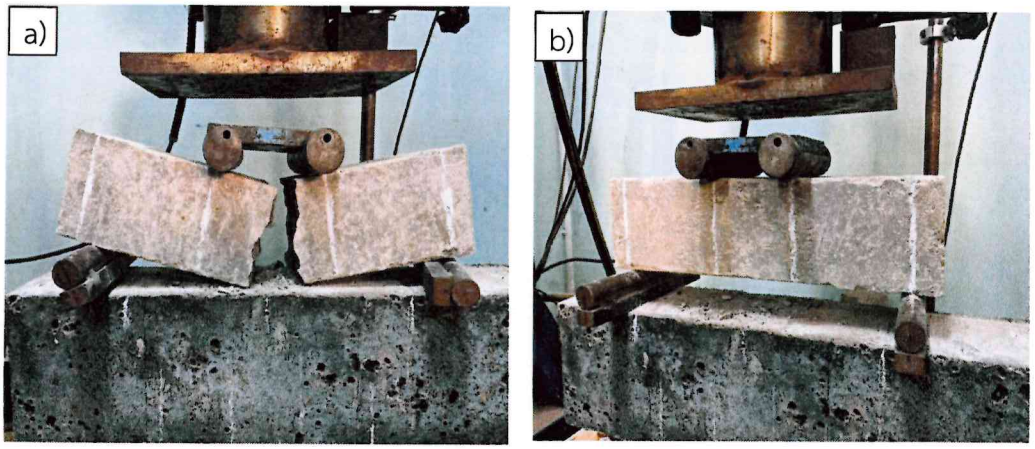
3.7 นำคอนกรีตที่หล่อตามแบบมาตรฐานมาทำการทดสอบ (compressive strength & Flexural Strength)

3.7.1 กำลังอัดของคอนกรีต (compressive strength) จากชิ้นตัวอย่างที่ 7, 28 และ 60 วัน ตามได้ทำการ CONCRETE CURING ไว้ข้างต้นและทำการจดบันทึกค่าแล้วนำไปคำนวณ



รูปที่ 3-6 a) และ b) การทดสอบกำลังอัดของคอนกรีต (compressive strength)

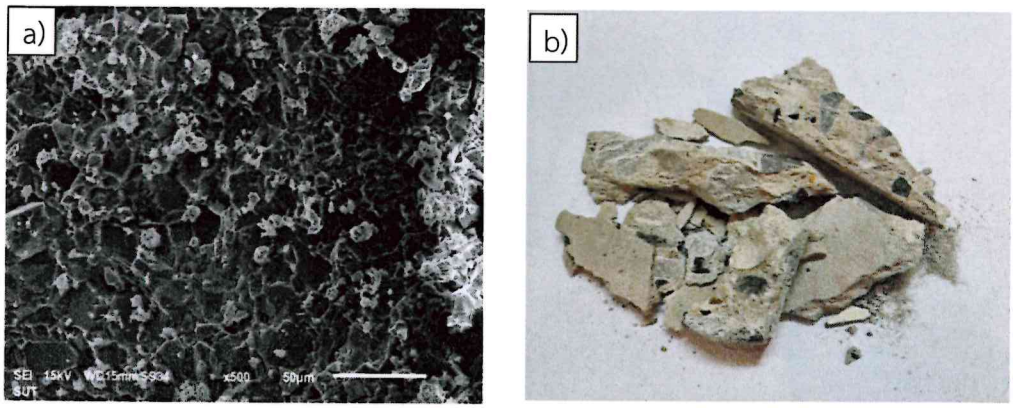
3.7.2 การรับแรงดัดของคอนกรีต (Flexural Strength) จากชิ้นตัวอย่างที่ 7, 28 และ 60 วัน ตามได้ทำการ CONCRETE CURING วิธีใช้แรงกดคาน 2 จุด โดยให้ตำแหน่งของจุดทั้งสองเป็นตำแหน่งที่แบ่งคาออกเป็น 3 ส่วนเท่า ๆ กัน (THIRD-POINT LOADING) ทำการจดบันทึกค่าแล้วนำไปคำนวณ



รูปที่ 3-7 a) และ b) การทดสอบการรับแรงดัดของคอนกรีต (Flexural Strength)

3.8 นำตัวอย่างคอนกรีตมาทดสอบวิเคราะห์โครงสร้างจุลภาค (Microstructural Analysis)

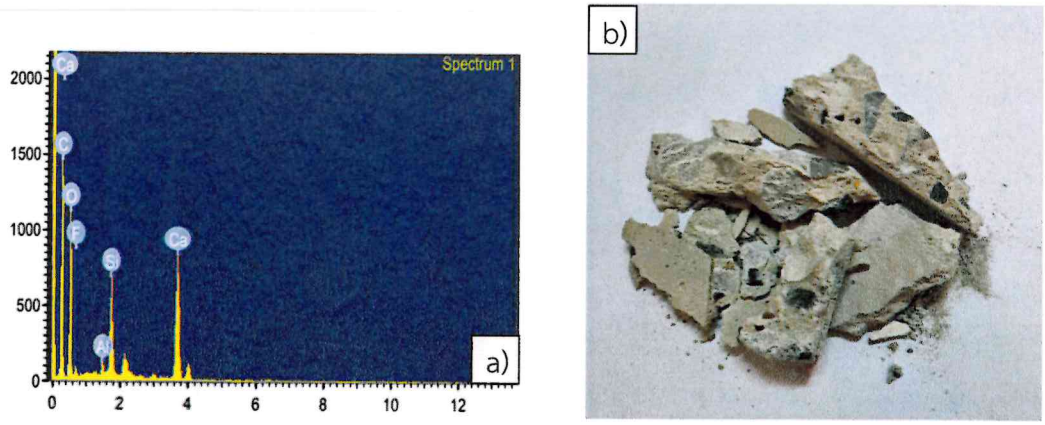
การนำชิ้นส่วนคอนกรีตโครงสร้างจุลภาคกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (Scanning Electron Microscope; SEM) ที่ศูนย์เครื่องมือเพื่อศึกษาและวิเคราะห์สภาพพื้นผิวของตัวอย่างทั้งทางชีวภาพและกายภาพ กำลังขยายx500 และ กำลังขยายx2,000 และนำข้อมูลดังกล่าวไปวิเคราะห์ต่อไป



รูปที่ 3-8 a) รูปการศึกษาโครงสร้างผลึกและ b) ชิ้นตัวอย่างโดยใช้ Scanning Electron Microscope กำลังขยาย x 500 และ กำลังขยาย x 2,000

นำตัวอย่างคอนกรีตทดสอบวิเคราะห์แร่วิทยา (Mineralogical Analysis)

นำตัวอย่างมาเข้าเครื่อง X-Ray Diffractometer (XRD) เทคนิคเอกซเรย์ดิฟแฟรกชัน หรือมาใช้วิเคราะห์และระบุชนิดสารประกอบ โครงสร้างผลึกของสารประกอบที่มีอยู่ในสารตัวอย่าง ทั้งในเชิงคุณภาพ (Qualitative) และเชิงปริมาณ (Quantitative) และนำข้อมูลดังกล่าวไปวิเคราะห์ต่อไป



รูปที่ 3-9 a) รูปการศึกษาการวิเคราะห์ธาตุและ b) ชิ้นคอนกรีตตัวอย่างโดยการใช้ X-Ray Diffractometer (XRD)