บทที่ 3
ขั้นตอนการดำเนินโครงงานทางวิศวกรรม

3.1 อุปกรณ์ เครื่องมือ

3.1.1 อุปกรณ์ชุดทดสอบหาค่าความถ่วงจำเพาะและการดูดซึมของมวลรวม

3.1.2 อุปกรณ์ชุดทดสอบอินทรีย์สารที่ปนอยู่ในทราย

3.1.3 อุปกรณ์ชุดทดสอบการยุบตัวของคอนกรีต

3.1.4 อุปกรณ์ทดสอบหาส่วนขนาดคละของมวลรวม

3.1.5 อุปกรณ์ชุดผสม และหล่อคอนกรีตแบบมาตราฐาน

3.2 วิธีการดำเนินโครงงาน

วิธีการดำเนินโครงงาน สามารถลำดับขั้นตอนการดำเนินงานได้ดังนี้

3.2.1 การทดสอบหาค่าความถ่วงจำเพาะและการดูดซึมของมวลรวมภายใต้มาตราฐาน ASTM C 127 และ ASTM C 128 (ภาคผนวก (ก))

3.2.2 การทดสอบอินทรีย์สารที่ปนอยู่ในทราย ภายใต้มาตราฐาน ASTM C 40 - 79 (ภาคผนวก(ข))

3.2.3 การทดสอบการยุบตัวของคอนกรีต ภายใต้มาตราฐาน ASTM C 143 (ภาคผนวก(ค))

3.2.4 การออกแบบส่วนผสม

3.2.5 การทำส่วนผสมก้อนตัวอย่าง

3.2.6 การทดสอบการยุบตัวของคอนกรีต ภายใต้มาตราฐาน ASTM C 143 (ภาคผนวก(ค))

3.2.7 ทำการหล่อตัวอย่างและทำการบ่มคอนกรีต

3.2.8 การทดสอบหาค่ากำลังอัด ภายใต้มาตราฐาน ASTM C 192 (ภาคผนวก (ง))

3.2.9 การทดสอบหาค่ากำลังดึงแยกของคอนกรีตโดย Splitting test ภายใต้มาตรฐาน ASTM C 496 (ภาคผนวก (จ))

3.3 ขั้นตอนการออกแบบส่วนผสม

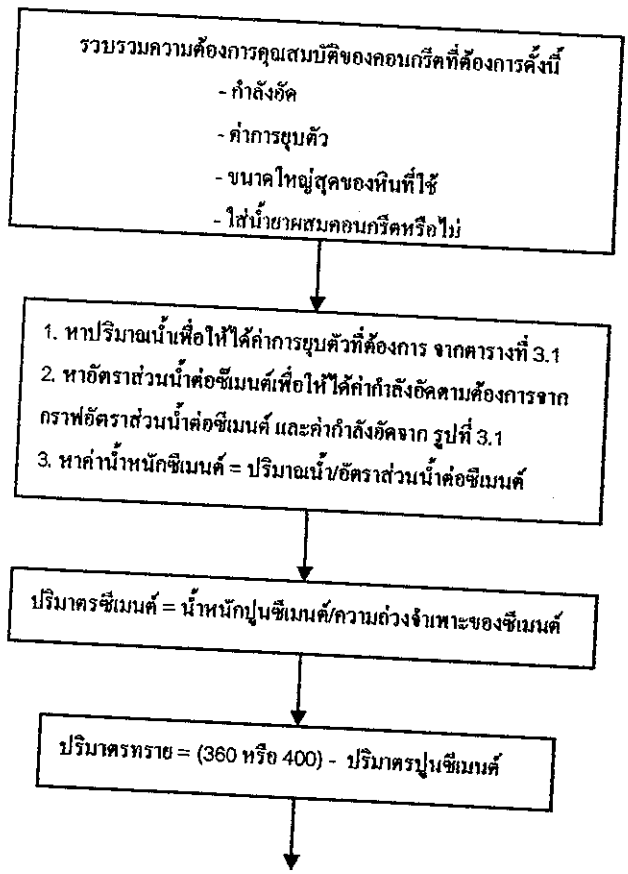
ขั้นตอนการออกแบบส่วนผสมสำหรับงานคอนกรีตทั่วไปนั้นอาจดำเนินงานเป็นขั้นตอนตามวิธีการนำเสนอนั้นมีหลายวิธี แต่ในโครงงานนี้ใช้ของวิธีการออกแบบส่วนผสมที่เหมาะสมสำหรับในประเทศไทย การออกแบบส่วนผสมคอนกรีตสำหรับประเทศไทยเป็นวิธีการออกแบบที่นำเอาการออกแบบออกแบบของประเทศอเมริกา และของงประเทศอังกฤษ มาประยุกต์เพื่อให้

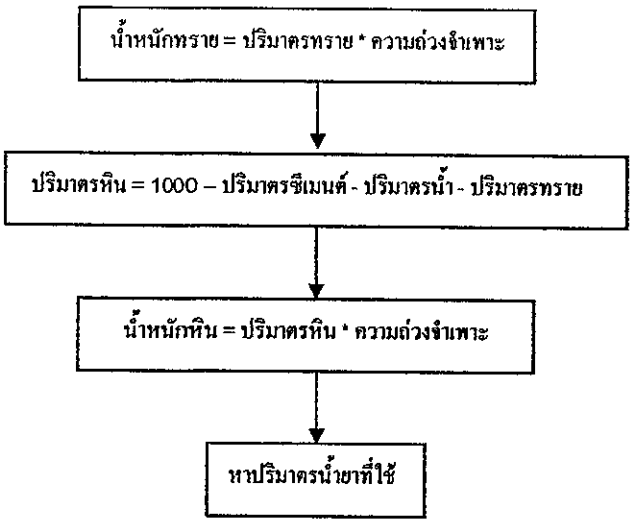
เหมาะสมกับสภาพวัตถุดิบที่มีในประเทศไทย ซึ่งการที่จะทำการออกแบบคอนกรีตนี้ได้นั้นต้องทราบคุณสมบัติต่างๆ ของวัสดุที่จะนำมาทำคอนกรีตเสียก่อน เช่น ค่าความถ่วงจำเพาะ ปริมาณส่วนละเอียดของวัสดุ ซึ่งขั้นตอน

การออกแบบมีดังนี้

1. รวบรวมความต้องการคุณสมบัติของคอนกรีตที่ต้องการดังนี้
   - กำลังอัด
   - ค่าการยุบตัว
   - ขนาดใหญ่สุดของหินที่ใช้
   - ใส่น้ำยาผสมคอนกรีตหรือไม่
2. หาปริมาณน้ำเพื่อให้ได้ค่าการยุบตัวที่ต้องการ จากตารางที่ 3.1
3. หาอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์เพื่อให้ได้ค่ากำลังอัดตามต้องการจากกราฟอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ และค่ากำลังอัดจาก รูปที่ 3.1
4. คำนวณปริมาณปูนซีเมนต์ที่ต้องใช้

ซึ่งการออกแบบคอนกรีตนี้สามารถปฏิบัติได้ตามขั้นตอนการออกแบบของแผนภูมิที่จะแสดงให้ดูต่อไปดังนี้





หมายเหตุ คอนกรีต 1ลบ.ม. มีปริมาตร 1000 ลิตร

ปริมาตรน้ำ = น้ำหนักน้ำ

ตารางที่ 3.1 ปริมาตรน้ำและค่าการยุบตัวแบบไม่ใส่น้ำยา

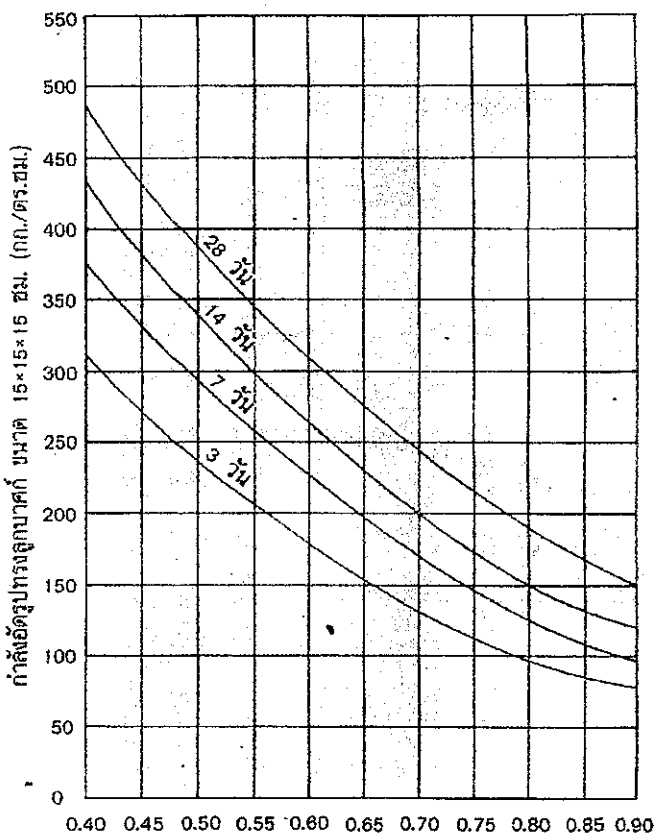
ค่าการยุบตัว (ซม.)	ปริมาณน้ำต่อ 1 ลบ.ม. คอนกรีต	
	หินย่อยขนาด	หินย่อยขนาด
	1 " - # 4	3/4 " - # 4
7.5 ± 2.5	180	190
10.0 ± 2.5	190	200
12.5 ± 2.5	200	210

ตารางที่ 3.2 ปริมาตรน้ำและค่าการยุบตัวแบบใส่น้ำยา

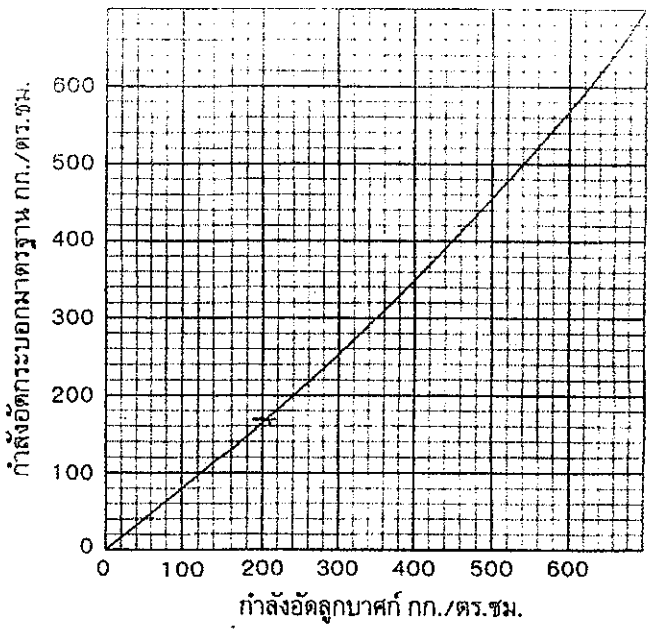
ค่าการยุบตัว (ซม.)	ปริมาณน้ำต่อ 1 ลบ.ม. คอนกรีต	
	หินย่อยขนาด	หินย่อยขนาด
	1 " - # 4	3/4 " - # 4
7.5 ± 2.5	170	180
10.0 ± 2.5	180	190
12.5 ± 2.5	190	200

ตารางที่ 3.3 ปริมาตรส่วนละเอียด

ขนาดหิน	ปริมาตรปูนซีเมนต์ + ปริมาตรทราย
1 " - # 4	38 %โดยปริมาตร หรือ 380 ลิตร
3/4 " - # 4	40 %โดยปริมาตร หรือ 400 ลิตร



รูปที่ 3.1 อัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์และค่ากำลังอัดคอนกรีต



รูปที่ 3.2 การแปลงกำลังอัดรูปทรงลูกบาศก์และรูปทรงกระบอก

3.4 วิธีการบ่มคอนกรีต

การบ่มคอนกรีต (Curing) เป็นวิธีการที่ช่วยให้ปฏิกิริยาไฮเดชั่นของซีเมนต์ เกิดขึ้นได้อย่างสมบรูณ์ซึ่งจะเป็นผลทำให้การพัฒนากกำลังอัดของคอนกรีตเป็นไปได้อย่างสม่ำเสมอต่อเนื่อง ซึ่งสามารถทำได้โดยให้น้ำแก่คอนกรีตที่แข็งตัวแล้ว

3.4.1 ความสำคัญของการบ่มคอนกรีตมีด้วยกัน 2 ประการคือ

1. ป้องกันการสูญเสียความชื้นจากเนื้อคอนกรีตเพื่อให้ได้คอนกรีตที่มีกำลังและความทนทาน

2. รักษาระดับอุณหภูมิให้อยู่ในสภาพที่เหมาะสมเพื่อป้องกันการแตกร้าวของคอนกรีต

3.4.2 การบ่มคอนกรีตแบ่งออกเป็น 2 ชนิดตามสภาพอุณหภูมิที่ใช้บ่มคือ การบ่มที่อุณหภูมิปกติ และ การบ่มที่อุณหภูมิ และความกดดัน

3.4.2.1 การบ่มที่อุณหภูมิปกติ

การบ่มที่อุณหภูมิปกติสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 กลุ่ม คือการเพิ่มความชื้น และวิธีป้องกันการเสียความชื้น

1. การเพิ่มความชื้น คือวิธีการทีให้ความชื้นต่อผิวหน้าคอนกรีตโดยตรงในระยะที่คอนกรีตแข็งตัว วิธีนี้นอกจากจะเป็นวิธีการบ่มคอนกรีตที่ดีที่สุดแล้ว ยังสามารถช่วยลดอุณหภูมิที่ผิวของคอนกรีตลงด้วยจึงเหมาะกับคอนกรีตที่เทในอากาศร้อน การป้องกันความชื้นวิธีนี้ได้แก่ การขังน้ำโดยการฉีดน้ำหรือพรมน้ำ และโดยการใช้วัสดุเปียกชื้นคลุม เป็นต้น

2. วิธีการป้องกันการเสียน้ำจากเนื้อคอนกรีต คือวิธีที่เป็นการป้องกันความชื้นจากผิวคอนกรีตไม่ให้ระเหยออกมาสู่ภายนอก การป้องกันความชื้นด้วยวิธีนี้ได้แก่ การใช้กระดาษกันน้ำ ผ้าพลาสติก หรือ สารเคมี เป็นต้น

3.4.2.2. การบ่มที่อุณหภูมิสูง

การบ่มคอนกรีตด้วยอุณหภูมิที่สูงสามารถเร่งอัตรากำลังได้อย่างรวดเร็ว ดังนั้นจึงเป็นที่นิยมการผลิตคอนกรีตสำเร็จรูป ลักษณะการบ่มคอนกรีตมีดังนี้

- การบ่มด้วยไอน้ำที่กดดันต่ำ (Low Pressure Steam Curing)

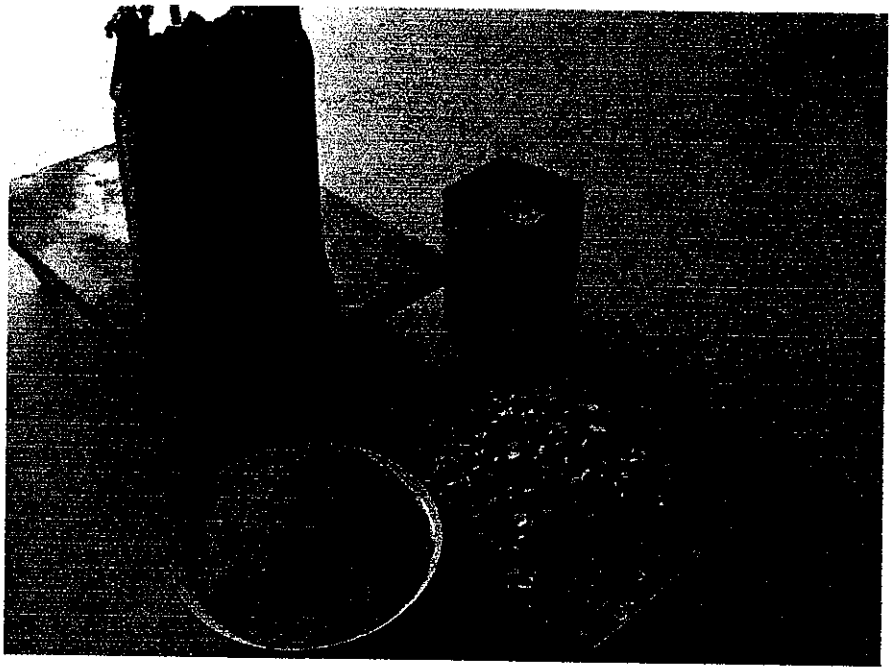
การบ่มชนิดนี้อุณหภูมิที่ใช้อยู่ระหว่าง 40 -100 องศาเซลเซียส การเลือกอุณหภูมิที่ใช้ขึ้นอยู่กับอัตราการเพิ่มกำลังและกำลังสูงสุดที่ต้องการ อุณหภูมิสูงจะทำให้ได้กำลังสูงขึ้นอย่างรวดเร็วและกำลังประลัยสูงสุดจะมีค่าต่ำ

- การบ่มด้วยไอน้ำที่ความกดดันสูง (High Pressure Steam Curing) หากต้องการที่จะบ่มคอนกรีตที่อุณหภูมิเกิน 100 องศาเซลเซียส เราต้องให้ความกดดันสูงขึ้นและบ่มคอนกรีตในภาชนะที่ปิดสนิท ซึ่งจะทำให้อุณหภูมิอยู่มน ช่วง 160 - 210 องศาเซลเซียส ที่ความดัน 6 - 20 atm ซึ่งจะทำให้คอนกรีตมีผลดังนี้

- สามารถใช้คอนกรีตได้ภายใน 24 ชั่วโมง
- มีการหดตัวและการล้าลดลงมาก
- มีความชื้นต่ำภายหลังจากการบ่ม

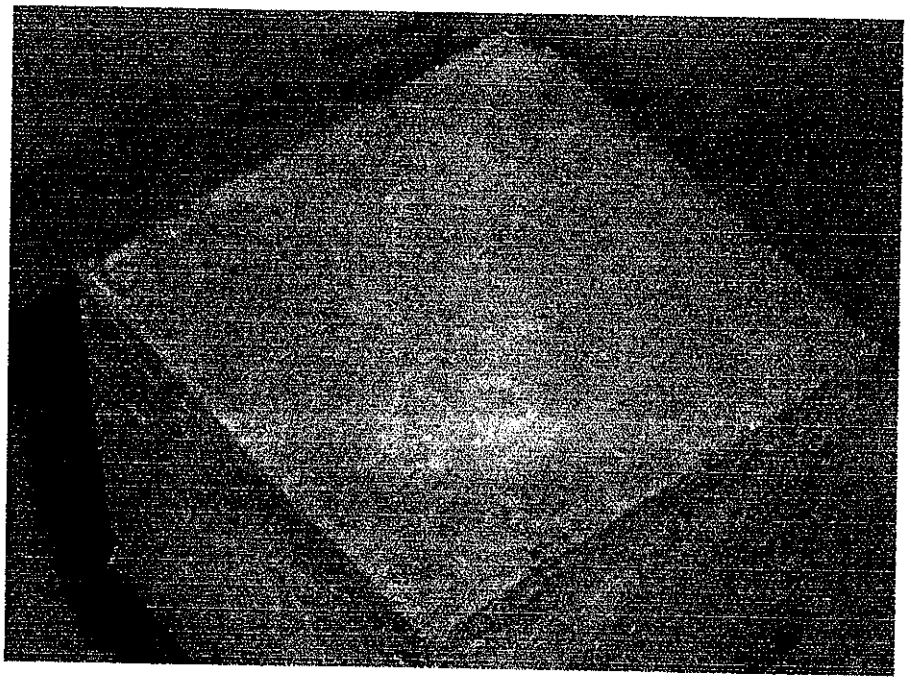
3.5 ระยะเวลาการบ่ม

การบ่มคอนกรีตนั้นเป็นการบ่มเพื่อให้คอนกรีตมีกำลังอัดที่สูงขึ้น ส่วนระยะเวลาการบ่มนั้นจะขึ้นอยู่กับองค์ประกอบหลายๆ ประการ อาทิเช่น ชนิดของปูนซีเมนต์ อัตราส่วนผสมของคอนกรีต อุณหภูมิที่ใช้บ่ม ฯลฯ ซึ่งองค์ประกอบเหล่านี้มีผลกับคอนกรีตมาก สำหรับการบ่มนั้นอาจใช้เวลาถึง 1 เดือน สำหรับงานเขื่อน หรือเพียง 3 วัน สำหรับคอนกรีตที่มีปูนซีเมนต์สูง

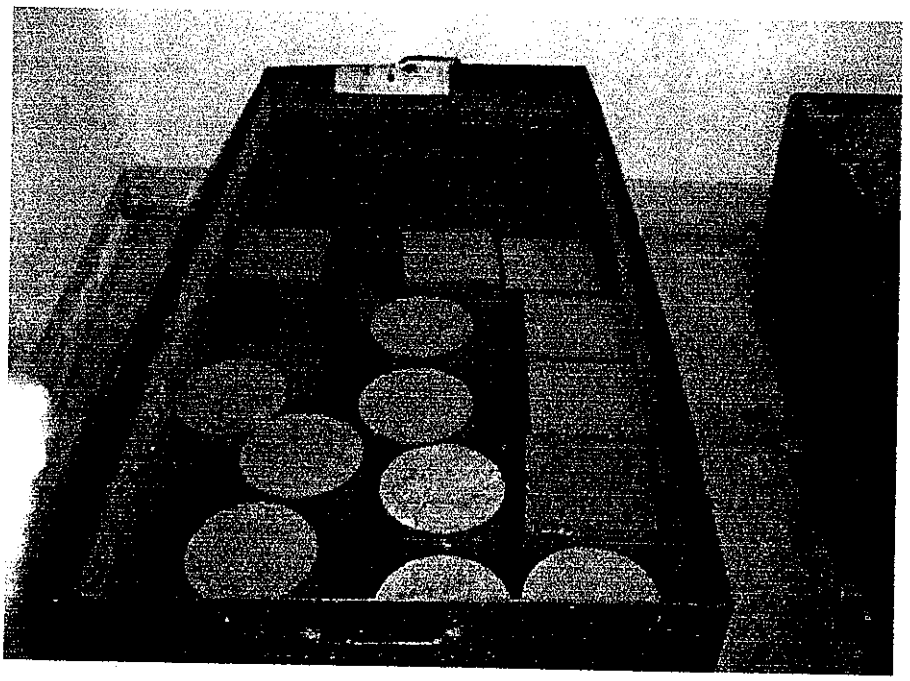


รูปที่ 3.3 แสดงการจัดเตรียมส่วนผสมคอนกรีต

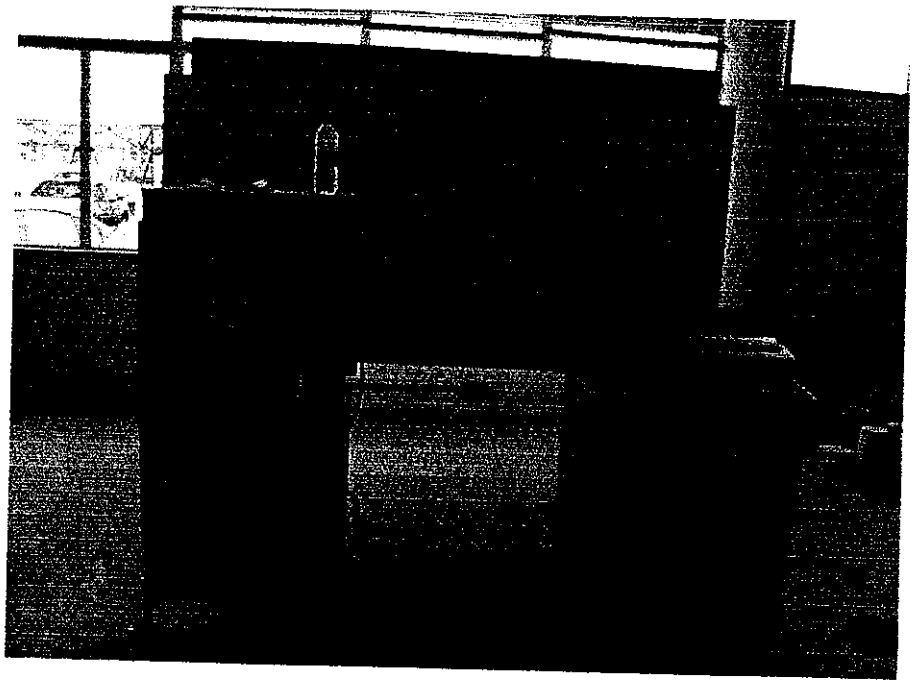
รูปที่ 3.4 แสดงการผสมคอนกรีต



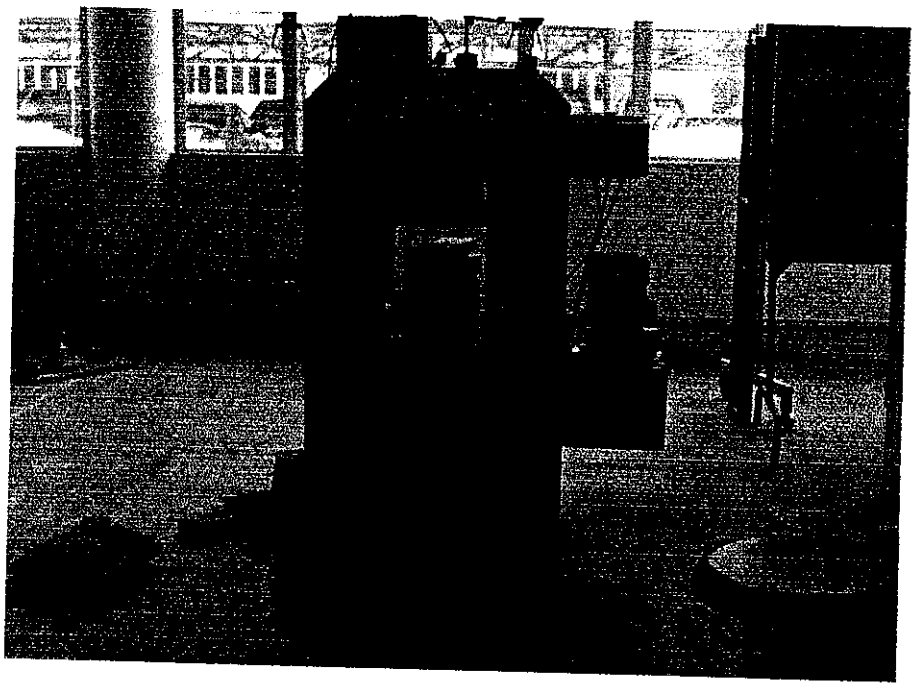
รูปที่ 3.5 ก้อนตัวอย่างที่ใช้ในการทดสอบ



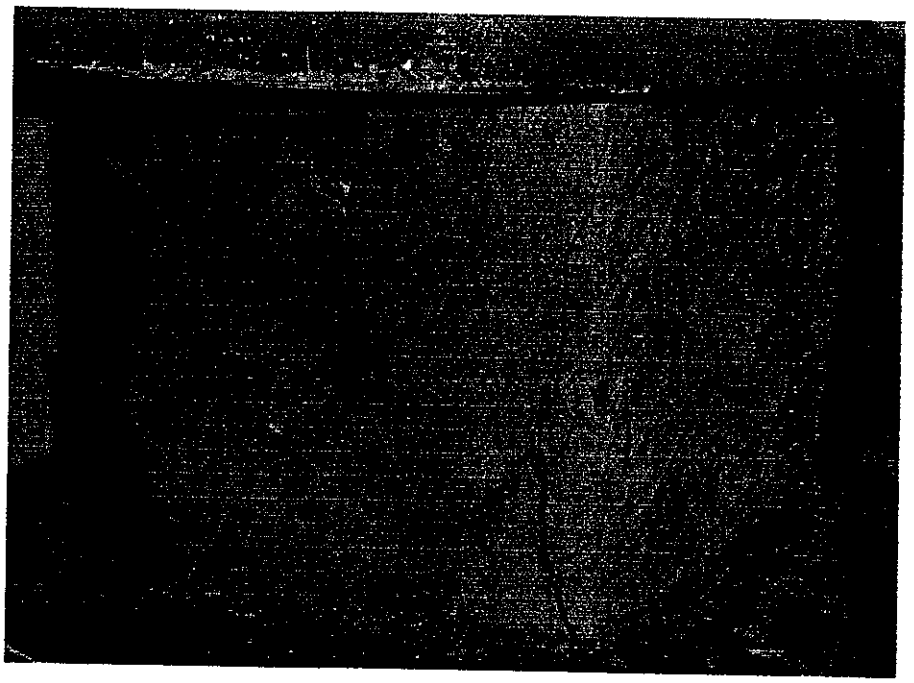
รูปที่ 3.6 แสดงการบ่มคอนกรีต



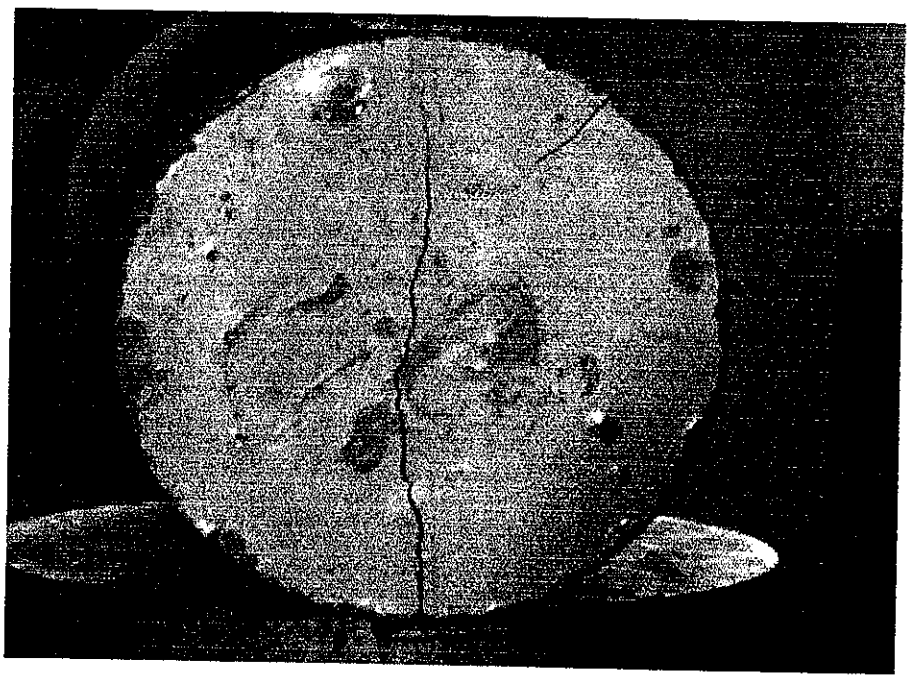
รูปที่ 3.7 เครื่องทดสอบ



รูปที่ 3.8 เครื่องทดสอบ



รูปที่ 3.9 ลักษณะการวิบัติของคอนกรีต



รูปที่ 3.10 ลักษณะการวิบัติของคอนกรีต