

การทดสอบ

3.1 แผนการทดสอบ

ได้แบ่งการทดสอบออกเป็น 4 ส่วนดังนี้คือ

3.1.1 การทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพของปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์และตะกั่วจากเตาถลุงเหล็ก(Ground Granular Blast Furnace Slag) คุณสมบัติที่ทำการทดสอบได้แก่ ความละเอียด และความถ่วงจำเพาะ เครื่องมือที่ใช้ทดสอบแสดงอยู่ในภาพที่ 3.1; 3.2

3.1.2 หาอิทธิพลของสารเคลือบผิวคลอไรด์ โดยการทดสอบความชื้นเหลว ปกติ ระยะเวลาการก่อตัวของซีเมนต์เพสต์ที่มีส่วนผสมของปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์: ตะกั่วจากเตาถลุงเหล็กโดยน้ำหนักเท่ากับ 100:0, 90:10, 80:20, 70:30 และใส่สารเร่งการก่อตัวคลอไรด์ในอัตราส่วนร้อยละ 0 ถึง 3 โดยน้ำหนักของสารซีเมนต์ เครื่องมือที่ใช้ทดสอบแสดงอยู่ในภาพที่ 3.3; 3.4

3.1.3 การทดสอบกำลังรับแรงอัดที่อายุ 3 , 7 , 28 , และ 90 วัน ของบรีคท์ มอร์ตาร์ที่ทำจากปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ผสมตะกั่วจากเตาถลุงเหล็ก โดยน้ำหนักเท่ากับ 100:0, 90:10, 80:20, 70:30 และใส่สารเร่งการก่อตัวคลอไรด์ในอัตราส่วนร้อยละ 0 ถึง 3 โดยน้ำหนักของสารซีเมนต์ เครื่องมือที่ใช้ทดสอบแสดงอยู่ในภาพที่ 3.5; 3.6

3.1.4 การทดสอบกำลังรับแรงดึงที่อายุ 7 , 28 , และ 56 วัน ของลูกบาศก์ บรีคท์มอร์ตาร์ที่ทำจากปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ผสมตะกั่วจากเตาถลุงเหล็ก โดย น้ำหนักเท่ากับ 100 : 0, 90 : 10, 80 : 20, 70 : 30 และใส่สารเร่งการก่อตัวคลอไรด์ในอัตราส่วนร้อยละ 0 ถึง 3 โดยน้ำหนักของสารซีเมนต์ เครื่องมือที่ใช้ทดสอบแสดงอยู่ในภาพที่ 3.7

3.1.5 การทดสอบโมดูลัสความยืดหยุ่นของซีเมนต์เพสต์ที่มีส่วนผสมของปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ผสมตะกั่วจากเตาถลุงเหล็ก โดยน้ำหนักเท่ากับ 100 : 0



และ 70 : 30 นอกจากนั้นยังได้ทำการทดสอบหาโมดูลัสความยืดหยุ่นของมอร์ตาร์ที่ทำจากปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ผสมตะกรันจากเตาถลุงเหล็ก โดยน้ำหนักเท่ากับ 100 : 0; 90 : 10; 80 : 20 และ 70 : 30 เครื่องมือที่ใช้ทดสอบแสดงอยู่ในภาพที่ 3.8

3.2 วัสดุที่ใช้ในการทดสอบ

3.2.1 ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์

ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ที่ใช้ในการทดลองเป็นปูนปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1

3.2.2 ตะกรันจากเตาถลุงเหล็ก (Ground Granular Blast Furnace Slag)

ตะกรันจากเตาถลุงเหล็กเป็นของเหลือ (By-Product) ของขบวนการผลิตเหล็กโดยใช้เตาหลอมเมื่อปลดละเอียดจะมีขนาดใกล้เคียงกับปอร์ตแลนด์ซีเมนต์ และได้รับความอนุเคราะห์จากบริษัทเหล็กสยามจำกัด

3.2.3 สารผสมเพิ่มสารผสมเพิ่ม

สารผสมเพิ่มเลือกใช้สารคัดเชื่อมคลอไรด์ ซึ่งช่วยเร่งการก่อตัว

3.2.4 ทราย

ทรายที่ใช้ในการทดสอบเป็นทรายแม่น้ำมูลเขตอำเภอยุวมพวง ซึ่งในการใช้ผสมทำมอร์ตาร์ทดสอบกำลังรับแรงอัด จะทำการผสมให้ได้ขนาดคละดังนี้คือ ค้างแรง # 30 = 4%; ค้างแรง # 50 = 70% และค้างแรง # 100 = 26% ซึ่งเป็นไปตามมาตรฐาน ASTM C109-86 สำหรับทรายที่ใช้ผสมทำมอร์ตาร์ทดสอบกำลังรับแรงดึง จะใช้ทรายที่ร่อนผ่านแรง # 20 และค้างอยู่บนแรง # 30 ทั้ง 100% ซึ่งเป็นไปตามมาตรฐาน ASTM C190-85

3.2.5 น้ำ

น้ำที่ใช้ในการทดสอบใช้น้ำประปา

3.3 การทดสอบคุณสมบัติของวัสดุ

3.3.1 การทดสอบหาความถ่วงจำเพาะ

การทดสอบหาความถ่วงจำเพาะของปูนซีเมนต์และตะกรันจากเตาถลุงเหล็ก โดยใช้ขวดมาตรฐานเลอชาเตอลิเยร์ (Le Chatelier Flask) ตามมาตรฐาน ASTM C188-84 Standard Test Method for Density of Hydraulic Cement

ความถ่วงจำเพาะคำนวณได้จาก การหาความหนาแน่นของสารซีเมนต์ด้วยความหนาแน่นของน้ำที่อุณหภูมิ 4°C . ซึ่งมีค่าเท่ากับ 1 กรัม/ซม.³ ปริมาตรของสารซีเมนต์และตะกรันจากเตาถลุงเหล็กที่ใช้ในการคำนวณความหนาแน่น หาได้จาก ปริมาตรน้ำมันก๊าดที่ถูกสารซีเมนต์แทนที่

3.3.2 การทดสอบหาความละเอียด

ความละเอียดของปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์และตะกรันจากเตาถลุงเหล็ก ทดสอบโดยใช้เครื่องแอร์เพอร์มิออบิลิตีแบบของเบลน (Air Permeability Apparatus) วิธีการทดสอบทำตามมาตรฐาน ASTM C204-84 Standard Test Method for Fineness of Portland Cement by Air Permeability Apparatus โดยการวัดพื้นที่ผิวจำเพาะของสารซีเมนต์ที่มีน้ำหนัก 1 กรัม ค่าที่ได้มีหน่วยเป็น ซม.²/กรัม

3.4 การทดสอบกำลังรับแรงอัดของมอร์ตาร์

ก่อนตัวอย่างทดสอบกำลังรับแรงอัดของมอร์ตาร์ มีลักษณะเป็นทรงลูกบาศก์สี่เหลี่ยมจัตุรัสขนาดยาวด้านละ 50 มม. ส่วนผสมของมอร์ตาร์มีอัตราส่วนทราย : ซีเมนต์เท่ากับ 2.75 โดยน้ำหนักปริมาณน้ำที่ใช้ในส่วนผสมมีค่าเท่ากับมวลของมอร์ตาร์ที่มีค่าการไหลคงที่ 110 ± 5 % ซึ่งในการทดสอบนี้ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ จะถูกแทนที่ร้อยละ 0 , 10 , 20 และ 30 โดยน้ำหนักด้วยตะกรันจากเตาถลุงเหล็ก และ สารคลัสเซียมคลอไรด์ร้อยละ 0 , 1 , 2 และ 3 โดยน้ำหนักของสารซีเมนต์ ทดสอบกำลังรับแรงอัดเมื่อก่อนทดสอบมีอายุครบ 3 , 7 , 28 และ 90 วัน วิธีการผสมมอร์ตาร์ทำตามมาตรฐาน ASTM C305-86 Standard Test Method for Mechanical Mix of Hydraulic Cement Paste and Mortar of Plastic Consistency วิธีการทดสอบค่าการไหล แผลของมอร์ตาร์ การหล่อ การบ่มก่อนทดสอบและวิธีการทดสอบทำตามมาตรฐาน ASTM C109-86 Standard Test Method for Compressive Strength of Hydraulic Cement Mortars

3.5 การทดสอบคุณสมบัติของซีเมนต์เพสต์

ส่วนผสมที่จะนำไปทดสอบคุณสมบัติในหัวข้อนี้ ได้จากปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ที่ถูกแทนที่ร้อยละ 0 , 10 , 20 และ 30 โดยน้ำหนักด้วยตะกรันจากเตาถลุงเหล็ก และสารคลัสเซียมคลอไรด์ร้อยละ 0 , 1 , 2 และ 3 โดยน้ำหนักของสารซีเมนต์

ซึ่งก่อนที่จะนำไปใช้ในการทดสอบได้ทำการผสมตามอัตราส่วนที่กำหนดโดยน้ำหนัก ให้เข้ากันจนมีสีสม่ำเสมอ

3.5.1 ความชื้นเหลวปกติ

การทดสอบความชื้นเหลวปกติโดยใช้เครื่องมือทดสอบแบบไวแคต (Vicat Apparatus) วิธีการทดสอบความชื้นเหลวปกติทำตามมาตรฐาน ASTM C191-77 Standard Test Method for Time for Setting of Hydraulic Cement by Vicat Needle

3.5.2 ระยะเวลาก่อตัว

การทดสอบระยะเวลาก่อตัวจะทดสอบหาค่าการก่อตัวทั้งระยะต้นและระยะปลายของซีเมนต์เพสต์ โดยใช้เครื่องมือทดสอบแบบไวแคต ปริมาณน้ำที่ใช้ในส่วนผสมเท่ากับปริมาณน้ำที่ทำให้ส่วนผสมมีความชื้นเหลวปกติ วิธีการทดสอบทำตามมาตรฐาน ASTM C191-77 Standard Test Method for Time for Setting of Hydraulic Cement by Vicat Needle

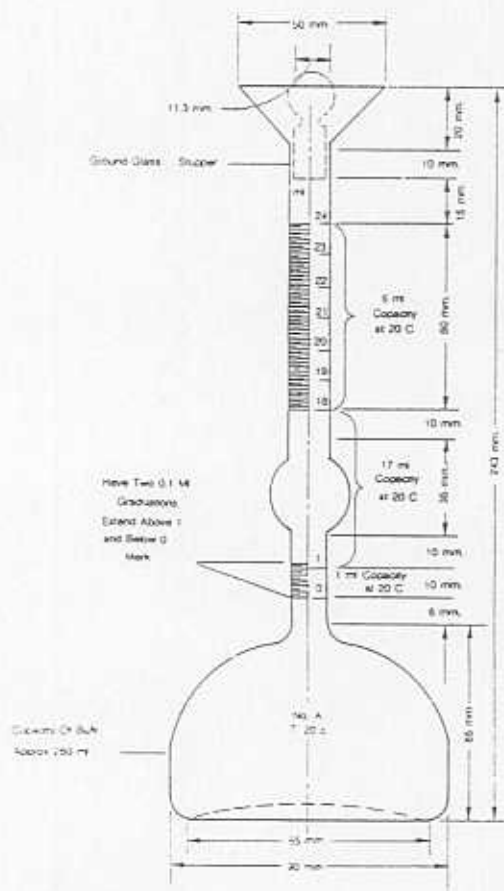
3.6 การทดสอบกำลังรับแรงดึง

ก้อนตัวอย่างที่ใช้ทดสอบกำลังรับแรงดึงเป็นแท่งทดสอบรูปบรีกเก็ต (Briquet) ทำจากมอร์ตาร์ที่มีส่วนผสมทรายต่อสารซีเมนต์เท่ากับ 3 : 1 ปริมาณน้ำที่ใช้ในส่วนผสมพิจารณาจากปริมาณน้ำที่ทำให้ส่วนผสมมีความชื้นเหลวปกติ วิธีการผสม การหล่อ การบ่มก้อนทดสอบ และวิธีทดสอบ ทำตามมาตรฐาน ASTM C190-85 Standard Test Method for Tensile Strength of Hydraulic Cement Mortars ก้อนทดสอบจะถูกถอดออกจากแบบเมื่ออายุครบ 24 ชม. และบ่มในน้ำที่จนถึงเวลาทดสอบกำลังรับแรงดึงเมื่อก้อนทดสอบมีอายุครบ 7 , 28 และ 56 วัน

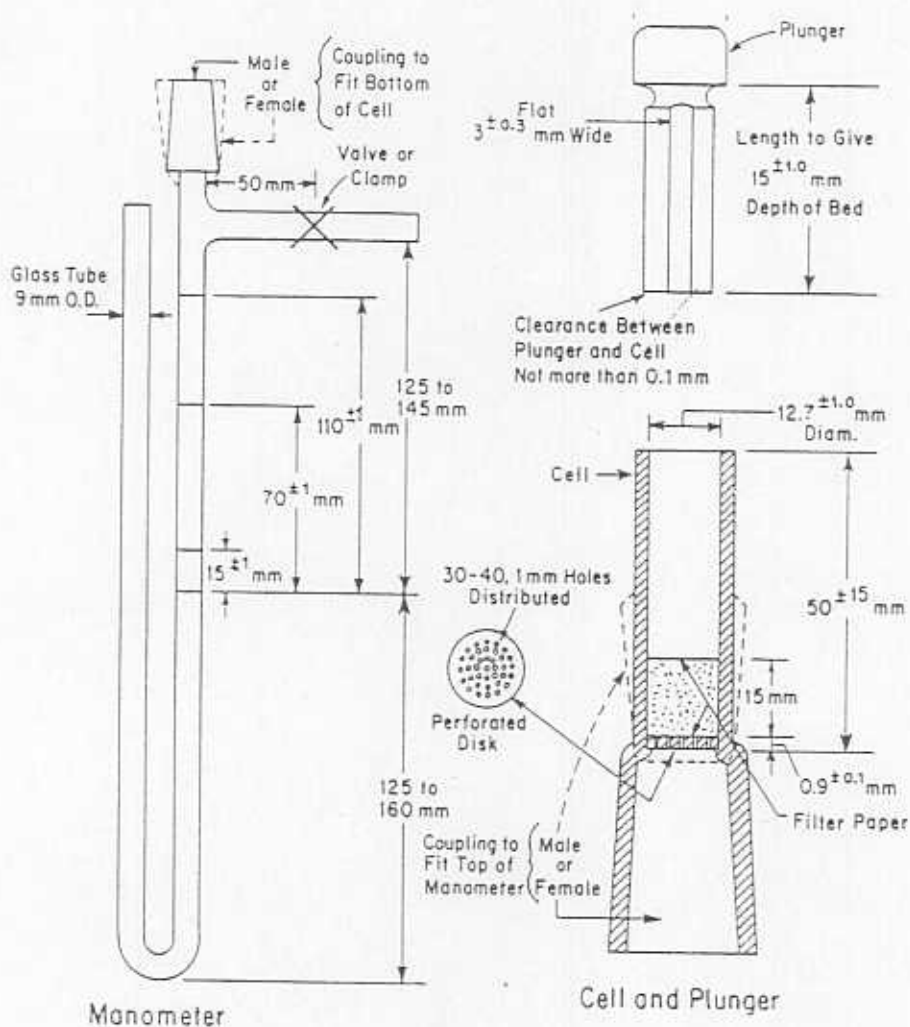
3.7 การทดสอบโมดูลัสความยืดหยุ่น

การทดสอบหาโมดูลัสความยืดหยุ่นของซีเมนต์เพสต์และมอร์ตาร์ แท่งตัวอย่างที่ใช้ทดสอบเป็นรูปทรงกระบอกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 6 นิ้ว สูง 12 นิ้ว โดยซีเมนต์เพสต์ที่ใช้ในการทดสอบมีอัตราส่วนผสมของปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ : ทรายจากเตาถลุงเหล็กเท่ากับ 100 : 0; 70 : 30 อัตราส่วนน้ำ : ทรายซีเมนต์เท่ากับ 0.66 และมอร์ตาร์ที่ใช้ในการทดสอบมีอัตราส่วนผสมของปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ : ทราย

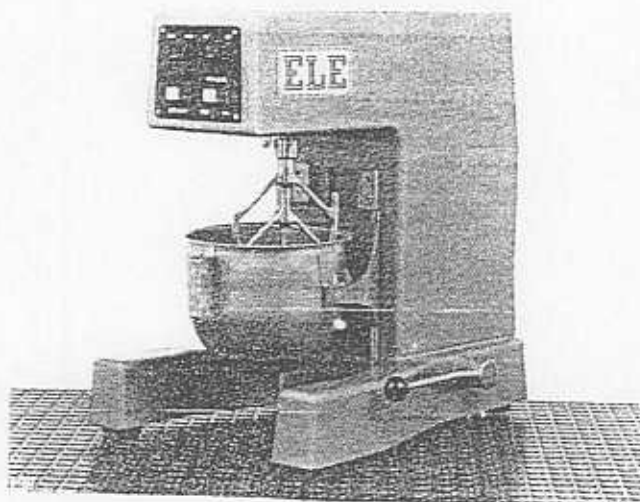
จากตารางหลักเท่ากับ 100 : 0; 90 : 10; 80 : 20; และ 70 : 30 อัตราส่วนน้ำ : สาร
ซีเมนต์เท่ากับ 0.66 ทดสอบโดยใช้เครื่องมือคอมเพรสโซมิเตอร์ (Compressometer)
วัดค่าการหดตัวของคอนกรีตเมื่อรับแรงอัด ตามมาตรฐาน ASTM C469-87
Standard Test Method for Determination of the Modulus of Elasticity โม
ดูลัสความยืดหยุ่นคำนวณได้จากการหารกำลังรับแรงอัดที่ยังอยู่ในช่วงอีลาสติคด้วย
ความเครียดที่เกิดขึ้น



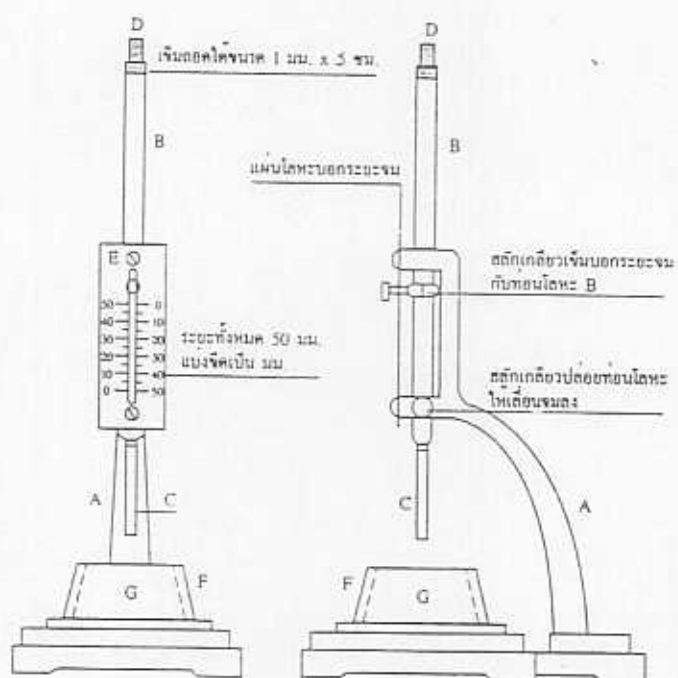
ภาพที่ 3.1 แสดงรายละเอียดของเครื่องใช้สำหรับทดสอบความถ่วง
จำเพาะของปูนซีเมนต์



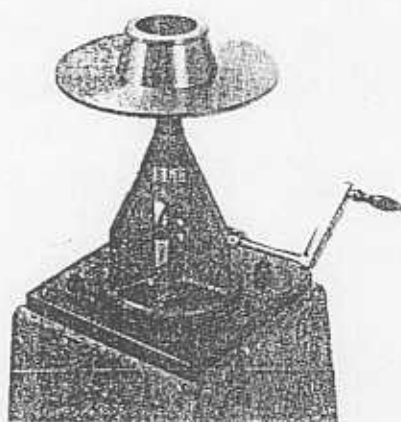
ภาพที่ 3.2 แสดงรายละเอียดเครื่องมือหาความละเอียดของซีเมนต์
(Blaine Air Permeability Apparatus)



ภาพที่ 3.3 เครื่องผสมซีเมนต์เพสต์และมอร์ตาร์



ภาพที่ 3.4 รายละเอียดชุดทดสอบไวแกต (Vicat Apparatus)



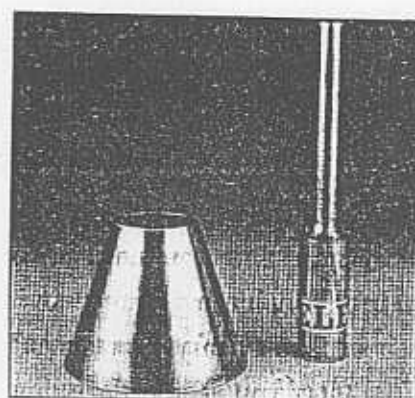
โต๊ะการไหลและแบบหล่อรูปกรวย
(Flow Table And Flow Mold)



แบบหล่อก้อนทดสอบ
(Cement Cube Mold 2x2x2 Inch.)

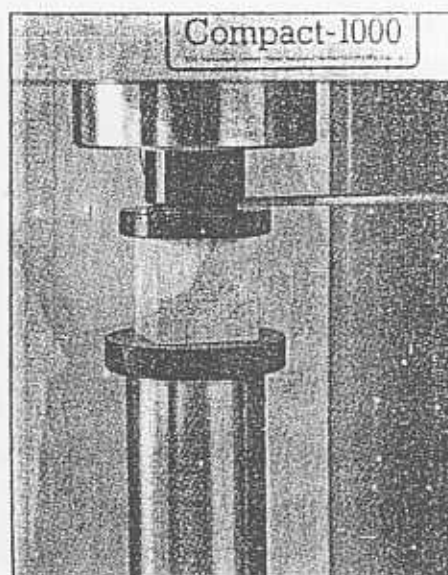
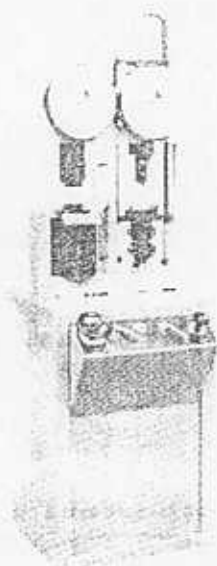


ตะแกรงเบอร์ 100, 50, 30 และ 16
(Seive No. 100, 50, 30, And 16)

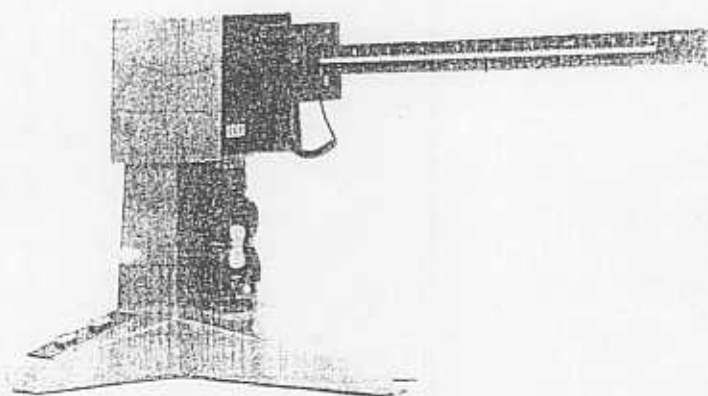


แท่งกระทุ้งทำด้วยยางแข็ง
(Tamper)

ภาพที่ 3.5 เครื่องมือทดสอบค่าการไหลแผ่ (Flow Table and Flow Mold)



ภาพที่ 3.6 เครื่องทดสอบกำลังอัดของซีเมนต์มอร์ตาร์

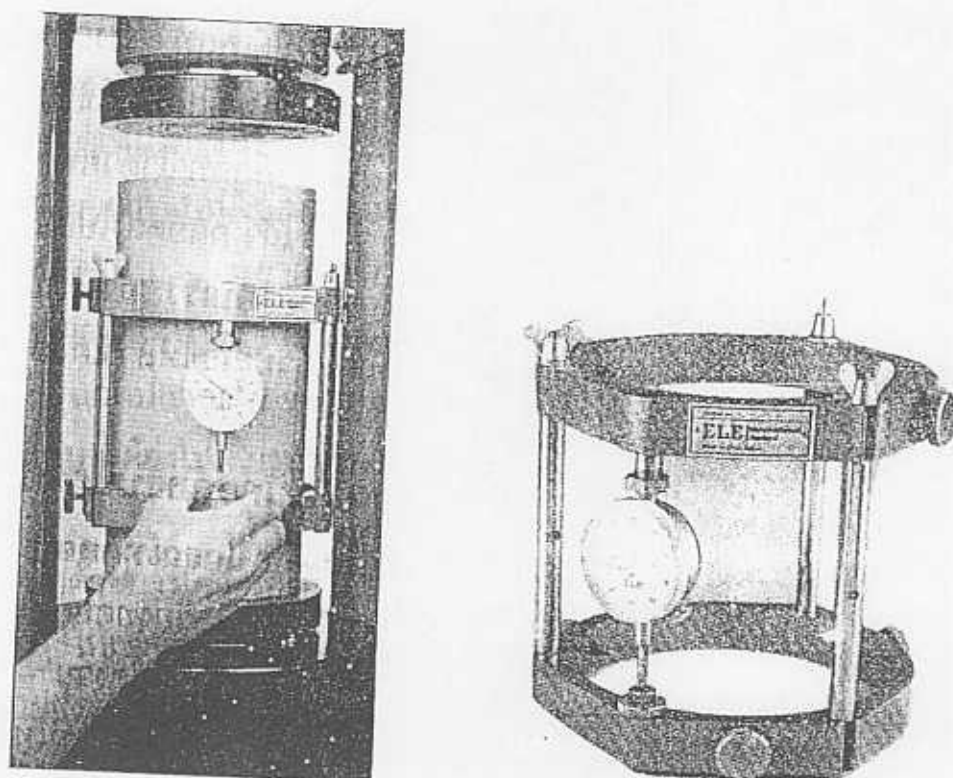


เครื่องทดสอบแรงดึงของซีเมนต์มอร์ตาร์



แบบหล่อบริเคต์ (Briquet Molds)

ภาพที่ 3.7 เครื่องมือทดสอบกำลังรับแรงดึงซีเมนต์มอร์ตาร์ และแบบหล่อบริเคต์



ภาพที่ 3.8 เครื่องที่ใช้วัดค่าการหดตัวของคอนกรีตเมื่อรับกำลังอัด
(Compressometer)