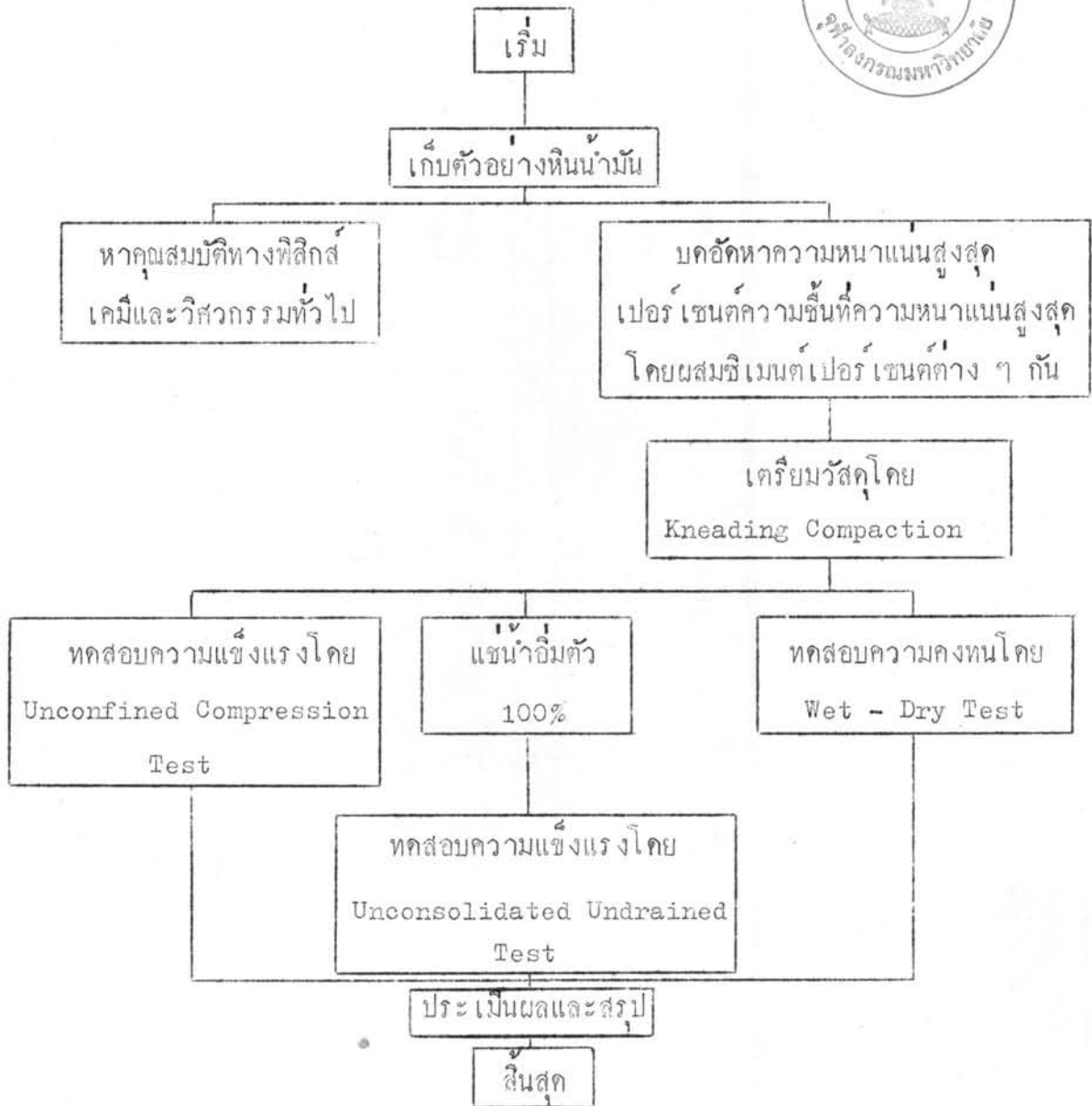


วิธีการวิจัย

แผนผังแสดงวิธีการวิจัยมีดังนี้



3.1 การเก็บตัวอย่างหินน้ำมัน

เก็บตัวอย่างหินน้ำมันจากแหล่งห้วยผาลาด อำเภอแม่สอด จังหวัดตาก โดยเก็บจากริมลำธารบริเวณที่หินน้ำมันไหลพ่นน้ำขึ้นมาและริมตลิ่ง วิธีการเก็บใช้ชะแฉะออกมา พยายามสูบให้ไ้หินน้ำมันที่มีลักษณะเฉลี่ยทั่ว ๆ ไป ไม่ได้เก็บตัวอย่างเฉพาะที่มีน้ำมันมากเท่านั้น

3.2 การเผาหินน้ำมัน

ย่อยหินน้ำมันให้มีขนาด 1-6 นิ้ว นำเข้าเตาเผาหินน้ำมันที่มีอยู่ให้หมดไป การเผาใช้เตาอนเริ่มเผาในตอนเช้าเวลาประมาณ 10.00 น. เมื่อหินน้ำมันติดไฟแล้วเริ่มทยอยใส่หินน้ำมันเพิ่มเติมเพื่อให้ลุกไหม้ต่อเนื่องกันไปเรื่อย ๆ ขณะเดียวกันก็ใช้พัดลมเป่าอากาศช่วยให้ไฟลุกแรงตลอดเวลา อุณหภูมิภายในเตาอยู่ระหว่าง 800 - 1,150 องศาเซลเซียส เมาต่อเนื่องไปเรื่อยจนเวลา 15.00 น. จึงปิดเตาเพื่อให้ดับเอง ทำการเก็บกากซีเด้าที่เย็นแล้วในตอนเช้าวันรุ่งขึ้น การเผาครั้งหนึ่ง ๆ จะได้กากซีเด้าออกมาประมาณ 0.30 ลบ.ม. กากหินน้ำมันที่เผาได้ทั้งหมดมีประมาณ 3.00 ลบ.ม.

เลือกกากหินน้ำมันที่ได้จากการเผาโดยพิจารณาพวกที่มีลักษณะภายนอกบ่งว่าน้ำมันถูกเผาไหม้ไปจนหมดแล้ว เช่นมีลักษณะเนื้อขาวนวล ขาวอมเหลืองหรืออมแดง ไม่มีคราบเขม่าติด ไม่มีจุด ก้อน หรือรอยเยิ้มเนื่องจากการละลาย นำมาทุบด้วยฆอนยาง ร่อนผ่านตะแกรงเบอร์ 10 (U.S. Standard Sieve) ซึ่งมักจะผ่านไปทั้งหมด นำเฉพาะกากที่ผ่านการร่อนแล้วไปใช้ในการทดลองต่อ ๆ ไป

3.3 การทดสอบคุณสมบัติทางฟิสิกส์ เคมีและวิศวกรรมทั่วไป

ทำการทดสอบคุณสมบัติทางฟิสิกส์ เคมีและวิศวกรรมต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

3.3.1 ความถ่วงจำเพาะของเนื้อกากหินน้ำมัน

ASTM STANDARD, 1961. D 854-85

3.3.2 การกระจายของเม็ดกากหินน้ำมัน (Gradation)

ASTM STANDARD, 1961. D 422-61T

3.3.3 Atterberg's Limit

ASTM STANDARD, 1961. D423-61T

3.3.4 ส่วนประกอบทางเคมี, PH, Organic Matter, Total Soluble Salt.

3.3.5 การจำแนกเนื้อดินทางด้านวิศวกรรม

3.4 การทดสอบคุณสมบัติทางด้านการบดอัด (Compaction) ของกากหินน้ำมัน

3.4.1 ทำการบดอัดกากหินน้ำมันล้วน ๆ เพื่อหาความหนาแน่นคืนแห้งสูงสุดเมื่อผสมด้วยน้ำปริมาณต่าง ๆ กัน โดยใช้เครื่องมือ Havard Miniature Compactor. ทุกครั้งใช้กากหินน้ำมันใหม่ ไม่มีการบดอัดซ้ำ

3.4.2 ทำการบดอัดกากหินน้ำมันผสมซีเมนต์ 3%, 6%, 9%, เพื่อหาความหนาแน่นสูงสุดเมื่อผสมด้วยน้ำปริมาณต่าง ๆ กัน โดยใช้เครื่องมือ Havard Miniature Compactor ทุกครั้งใช้กากหินน้ำมันใหม่ ไม่มีการบดอัดซ้ำ

3.5 การทดสอบความแข็งแรงโดย Unconfined Compression Test.

3.5.1 กากหินน้ำมันล้วน ๆ ทำการบดอัดโดยเครื่องมือ Havard Miniature Compactor โดยแบ่งออกเป็น 4 กลุ่ม กลุ่มละ 7 ก้อน แต่ละก้อนผสมน้ำต่างกัน เก็บในถุงพลาสติกปิดมิดในอากาศห้องทดลอง ทำการทดสอบความแข็งแรงโดย Unconfined Compression Test เมื่อกลุ่มที่ 1 บ่มเป็นเวลา 3 วัน กลุ่มที่ 2 บ่มเป็นเวลา 7 วัน กลุ่มที่ 3 บ่มเป็นเวลา 14 วัน กลุ่มที่ 4 บ่มเป็นเวลา 28 วัน

3.5.2 กากหินน้ำมันผสมซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ทำการบดอัดโดยเครื่องมือ Havard Miniature Compactor มีส่วนผสมของซีเมนต์ต่างกันเป็น 3%, 6%, 9% ที่อัตราผสมซีเมนต์อย่างหนึ่ง แบ่งการบดอัดเป็น 4 กลุ่ม กลุ่มละ 7 ก้อน แต่ละก้อนผสมน้ำต่างกัน เก็บในถุงพลาสติกปิดมิดในอากาศห้องทดลอง ทำการทดสอบความแข็งแรงโดย Unconfined Compression Test เมื่อกลุ่มที่ 1 บ่มเป็นเวลา 3 วัน กลุ่มที่ 2 บ่มเป็นเวลา 7 วัน กลุ่มที่ 3 บ่มเป็นเวลา 14 วัน กลุ่มที่ 4 บ่มเป็นเวลา 28 วัน

3.6 การทดสอบความแข็งแรงโดย Unconsolidated Undrained Test เมื่อก่อนวัสดุอิ่มตัว

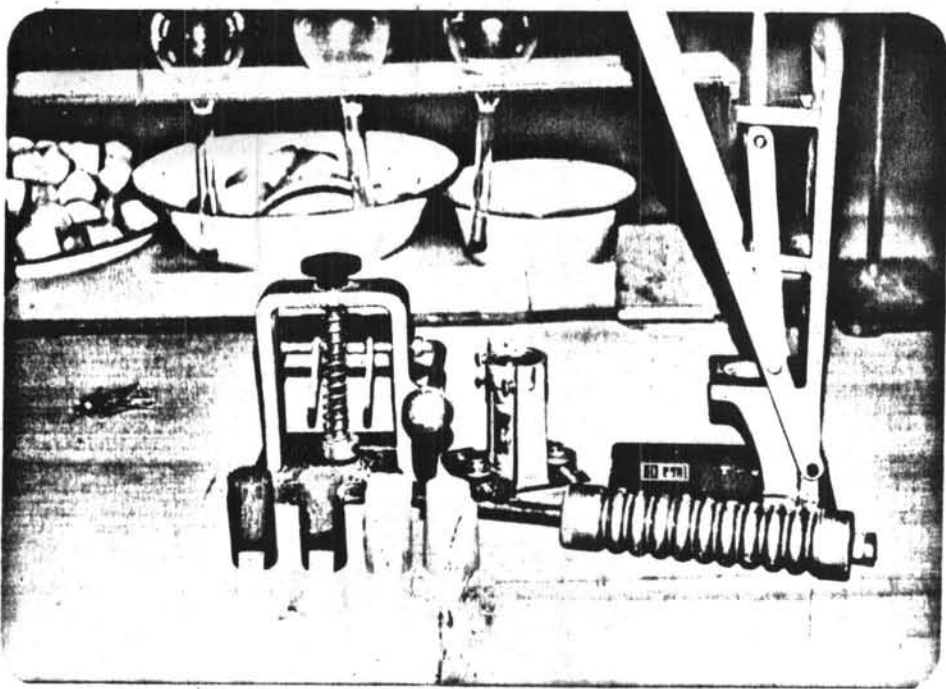
ทำการบดอัดก้อนวัสดุโดยผสมเปอร์เซ็นต์น้ำที่ให้ความหนาแน่นสูงสุด การทดลอง ทำที่อัตราผสมซีเมนต์ 0%, 3%, 6%, 9%

ที่อัตราผสมซีเมนต์อื่นหนึ่ง การบดอัดแบ่งออกเป็น 4 กลุ่ม กลุ่มละ 4 ก้อน เก็บในถุงพลาสติกบ่มในอากาศห้องทดลอง กลุ่มที่ 1 บ่ม 3 วัน กลุ่มที่ 2 บ่ม 7 วัน กลุ่มที่ 3 บ่ม 14 วัน กลุ่มที่ 4 บ่ม 28 วัน

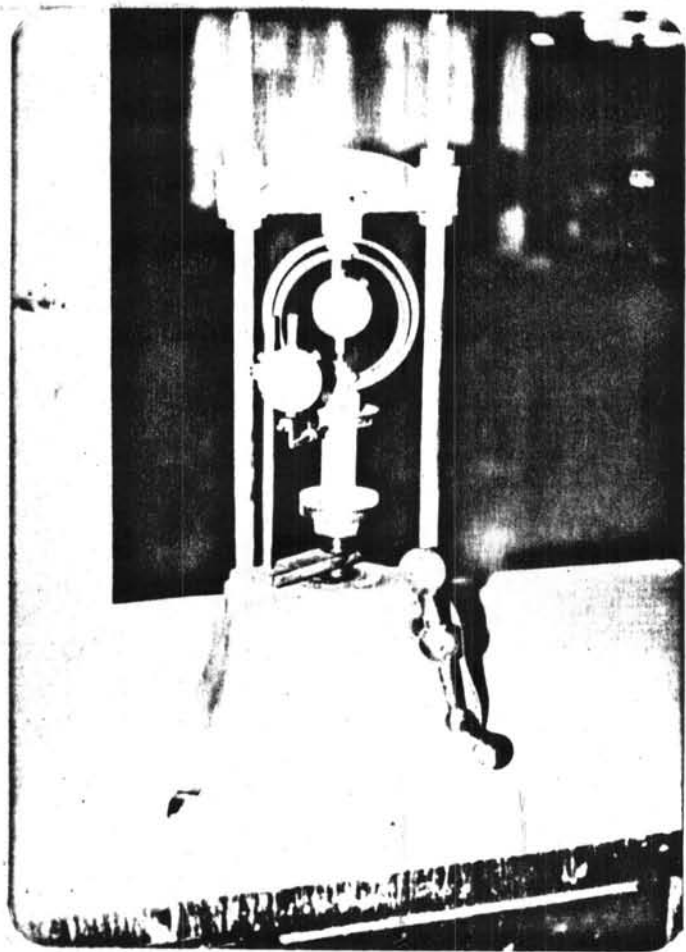
เพื่อให้ก้อนกากหินน้ำมันอิ่มตัวด้วยน้ำ 100 % ก่อนครบกำหนดบ่ม 2 วัน ทำการ Back Pressure ก้อนกากหินน้ำมัน (ตามรายละเอียดหัวข้อที่ 3.8.3) จนมีความอิ่มตัว 98-100% เมื่อครบกำหนดบ่มจึงทำการทดสอบความแข็งแรงโดย Unconsolidated Undrained Test ในเครื่อง Triaxial Test

3.7 การทดสอบความคงทนโดยวิธี เปียก - แห้ง

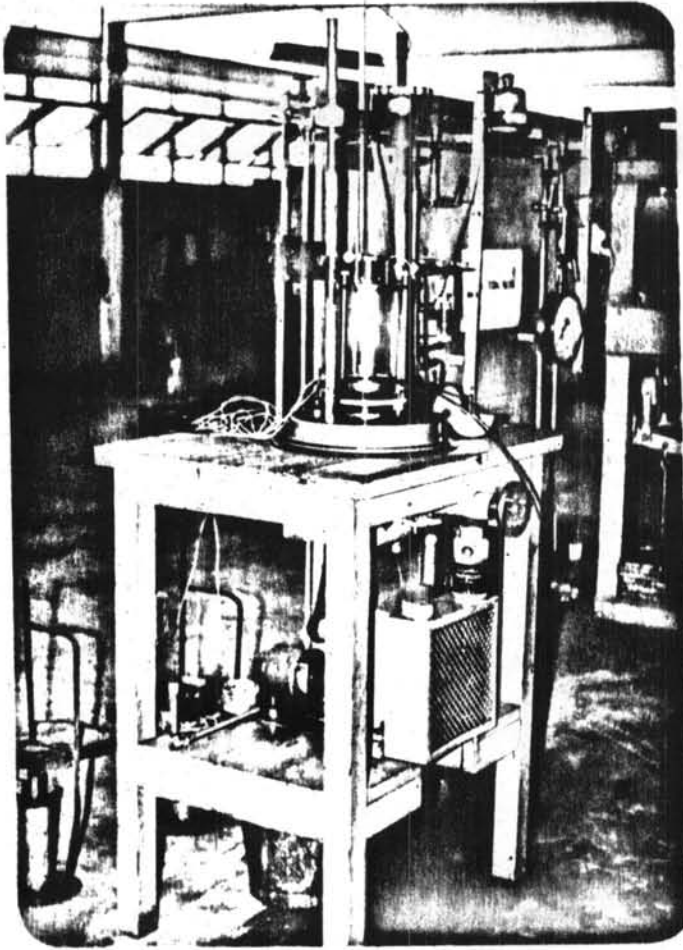
กากหินน้ำมันล้วน ๆ และกากหินน้ำมันผสมซีเมนต์ 3%, 6%, 9% บดอัดโดย เครื่องมือ Havard Miniature Compactor ที่เปอร์เซ็นต์น้ำที่ให้ความหนาแน่นสูงสุด เตรียมก้อนกากหินน้ำมันอย่างละ 2 ก้อนใส่ในถุงพลาสติก บ่มในอากาศห้องทดลอง 7 วัน จึงทดสอบ Wet-Dry Test ตาม ASTM STANDARD, 1967. Part 15 โดยแบ่งการทดลอง เป็น 2 กลุ่ม กลุ่มแรกทดสอบ Wet-Dry โดยชั่งก้อนกากหินน้ำมันด้วยปรอทเหลว อีกกลุ่มหนึ่งใช้น้ำมีอุณหภูมิสูงเกิดจากผิวออกไป เมื่อทดลองครบ 10 รอบ ทิ้งไว้ในอากาศห้องทดลอง 5 ชม. จึงทดสอบความแข็งแรงโดย Unconfined Compression Test



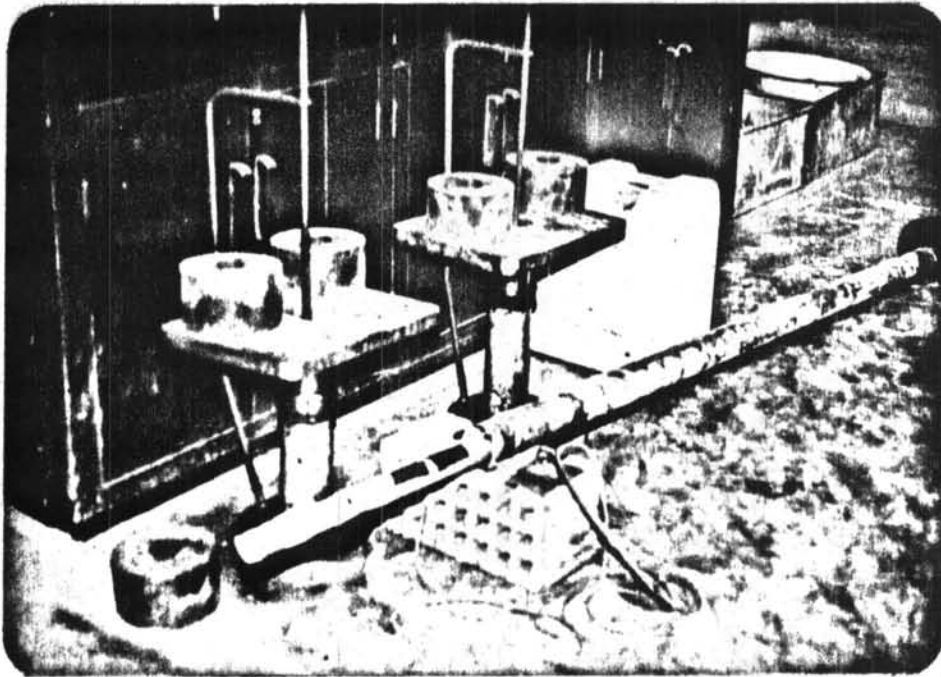
รูปที่ 5 เครื่องมือ Havard
Miniature Compactor.



รูปที่ 6 เครื่องมือ Unconfined
Compression Test.



รูปที่ 7 เครื่องมือ Triaxial Test.



รูปที่ 8 กระบอกความดันสำหรับ Back Pressure.

3.8 รายละเอียดการทดลองต่าง ๆ ที่ถือเป็นมาตรฐานของการวิจัยนี้

3.8.1 การบดอัดโดย Havard Miniature Compactor

ASTM STANDARD, D-18, 1958 By WILSON

1. ออบกากหินน้ำมันที่ร้อนผ่านตะแกรงเบอร์ 10 เป็นเวลา 12 ชม. เพื่อให้แห้งสนิท เก็บในถุงพลาสติกทนความร้อนถ่วงละ 250 กรัม ซึ่งสามารถบดอัดได้จำนวน 3 ก้อน
2. สำหรับกากหินน้ำมันล้วน ๆ ตวงน้ำหนักตามปริมาณที่คำนวณไว้ ผสมกับกากหินน้ำมันตามข้อ 1 ในภาชนะปากกว้าง คลุกเคล้าด้วยมือ 5 นาที เพื่อทำลายกลุ่มวัสดุจนแตกเป็นเนื้อเดียวกัน แบ่งออกเป็นสามส่วน ส่วนละประมาณ 120 กรัม บรรจุลงพลาสติกเก็บในอากาศห้องทดลอง 12 ชม. เพื่อให้เหนียวเป็นเนื้อเดียวกัน จึงทำการบดอัดตามหัวข้อที่ 5 ต่อไป
3. สำหรับกากหินน้ำมันผสมซีเมนต์ ทำการผสมกากหินน้ำมันที่เตรียมไว้ในข้อที่ 1 กับน้ำปริมาณครึ่งหนึ่งของที่คำนวณไว้ คลุกเคล้าด้วยมือจนเข้ากันดีจึงบรรจุลงพลาสติกเก็บไว้ในอากาศห้องทดลอง 12 ชม. เพื่อให้เหนียวเป็นเนื้อเดียวกัน
4. ผสมซีเมนต์ตามเปอร์เซ็นต์ที่ระบุพร้อมด้วยน้ำส่วนที่เหลืออีกครึ่งหนึ่ง คลุกเคล้าเป็นเวลา 5 นาทีจนเป็นเนื้อเดียวกัน แบ่งออกเป็น 3 ส่วน ส่วนละประมาณ 120 กรัม นำส่วนที่ 1 ไปบดอัดตามหัวข้อที่ 5 ทันที เวลาที่ใช้ในการบดอัดทั้งสามก้อนไม่เกิน 20 นาที
5. นำส่วนผสมที่แบ่งใส่ถุงไว้มาแบ่งเป็น 5 ส่วนเท่ากันโดยน้ำหนัก ส่วนละ 25 กรัม เพื่อการบดอัด 5 ชั้น
6. บดอัดตาม ASTM STANDARD ระบุ คือบดอัด 5 ชั้น แต่ละชั้นกดด้วยแรง 40 ปอนด์ 25 ครั้ง โดยแบ่งหน้าตัดกระบอกอัดเป็น 4 ส่วน กดทางคานขวามือซ้ายมือ ข้างบน ข้างล่างและตรงกลางตามลำดับ ครบ 5 ครั้งเป็น 1 รอบ ทำทั้งหมด 5 รอบ คือ 1 ชั้น

7. เมื่อคั่นก้อนวัสดุออกจากกระบอก นำส่วนที่เหลือจากการตัดตกแต่ง ไปหาค่าความชื้นขณะบดอัด โดยใช้เครื่องชั่งละเอียด 0.01 กรัม

8. เก็บก้อนวัสดุในถุงพลาสติกและบ่มในอากาศห้องทดลองตามเวลาที่ระบุ

3.8.2 การทดสอบความแข็งแรงโดย Unconfined Compression Test
ASTM STANDARD, D-2166-66, 1967

1. ชั่งน้ำหนัก วัดขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางและส่วนสูงของก้อนวัสดุที่บ่มครบ กำหนด

2. ทดสอบความแข็งแรง โดยเครื่อง Unconfined Compression Test (แสดงในรูปที่ 7) ด้วยการควบคุมอัตราการยุบตัว การแตกทำลายเสร็จสิ้นใน 1-1.5 นาที จดค่าแรงแนวแกนและอัตราการยุบตัวของก้อนวัสดุ

3. หาค่าความชื้นก้อนวัสดุหลังการทดลอง

3.8.3 ทดสอบความแข็งแรงของก้อนวัสดุอิมมัวด้วยน้ำโดย U.U. Test

1. ก่อนถึงเวลาจรมกำหนดบ่ม 2 วันนำก้อนกากหินน้ำมันมาชั่งน้ำหนัก และวัดขนาด แลวนำมาทำให้อิมมัวด้วยน้ำดังนี้

2. Back Pressure ก้อนวัสดุ

(ก) ก่อนกากหินน้ำมันล้วน ทำการ Back Pressure โดยการเพิ่มความดันภายใน Cell และความดันภายในตัวอย่างที่ละน้อย โดยมีค่าแตกต่างของแรงดันทั้งสอง $\sigma_0 = 0.4 \text{ กก./ซม.}^2$ (ASTM STANDARD, 1958) ตลอดเวลาจนกระทั่งแรงดันภายใน Cell สูงสุดที่ 2.4 กก./ซม.^2 จึงหยุด ทำการเปิดวาล์วเป็นจังหวะเพื่อไล่ฟองอากาศจากตอนบนของตัวอย่าง แล้วรักษาความดันน้ำภายในตัวอย่าง Pore Pressure (u) = 2.0 กก./ซม.^2 และ Cell Pressure (σ_3) = 2.4 กก./ซม.^2 เป็นเวลา 48 ชั่วโมง จึงทำการทดสอบค่า B Parameter โดยการปิดวาล์ว Bull Indicator ปรับไม้ให้น้ำไหลออกจากก้อนกากหินน้ำมัน เพิ่มความดัน Cell Pressure (σ_3) ไปที่ 4.0 กก./ซม.^2 ตลอดเวลา

ที่เพิ่มค่า Cell Pressure ค่า Pore Pressure (u) ที่อ่านได้จากเกจจะเพิ่มเป็นสัดส่วน โดยมีความแตกต่างความดัน (σ_c) เท่าเดิมคือ 0.4 กก./ cm^2 ซึ่งจะให้ค่า Parameter B เป็น 0.98-1.00 แสดงว่าอิมิตัว จึงทดสอบความแข็งแรงตามหัวข้อที่ 3 ต่อไป

(ข) ก่อนกากหินน้ำมันผสมซีเมนต์ นำก้อนวัสดุตัวอย่างไปแช่ในหลอดความดันน้ำ (รูปที่ 8) ความดันในหลอด 2.0 กก./ cm^2 เป็นเวลา 48 ชม. จึงนำมาติดตั้งบนเครื่อง Triaxial Test ทำการ Back Pressure เป็นลำดับเหมือนข้อ (ก) แต่ใช้เวลาแค่ 20 นาที แทนที่จะเป็น 48 ชม. ทดสอบค่า Parameter B ได้ 0.98-1.00 จึงทดสอบความแข็งแรงตามหัวข้อที่ 3 ต่อไป

3. ทดสอบความแข็งแรงโดยควบคุมอัตราการยุบตัว ใช้ Cell Pressure (σ_3) ต่าง ๆ กัน เป็น 2.4, 3.0, 3.4, 4.0 กก./ cm^2 สำหรับการทดลอง 1 กลุ่ม 4 ก้อน ในขณะทดลอง ปีกาล์วระบายน้ำทั้งหมด และวาล์วของ Null Indicator เพื่อให้ไม่ให้มีการเปลี่ยนแปลงปริมาตรน้ำในขณะทดสอบ จดค่าแรงแนวแกน (ΔP_1) อัตราการยุบตัว Pore Pressure (u), Cell Pressure (σ_3) ขณะทดลองจนก่อนกากหินน้ำมันแตกทำลาย

4. ลดความดันของ Cell Pressure (σ_3) และ Pore Pressure (u) โดยรักษาความแตกต่างความดัน (σ_c) ไว้ที่ 0.4 กก./ cm^2 จนความดันที่อ่านได้จากเกจทั้งสองเป็นศูนย์ทั้งคู่ จึงปลดก้อนวัสดุไปหากำค่าความชื้นอิมิตัวหลังการทดลอง

3.8.4 การทดสอบความคงทน (Wet-Dry Test)

ASTM STANDARD, 1967, Part 11

1. เตรียมก้อนวัสดุผสมซีเมนต์ 0%, 3%, 6% และ 9% อย่างละ 2 ก้อน บดอัดที่เปอร์เซ็นต์น้ำที่ให้ค่าความหนาแน่นดินแห้งสูงสุด บ่มในอากาศห้องทดลอง 7 วัน
2. ชั่งน้ำหนักและหาขนาดปริมาตรก้อนวัสดุเมื่อบ่มครบกำหนด แล้วทำการแช่ในน้ำกลั่นที่อุณหภูมิห้อง 5 ชม. (ASTM STANDARD, 1967, Part 11) จึงนำมาชั่งน้ำหนักและวัดขนาดอีกครั้ง

3. นำก้อนวัสดุไปอบในเตาอบ รักษาอุณหภูมิที่ 71 องศาเซนติเกรด เป็นเวลา 42 ชม. จึงนำไปชั่งและวัดขนาด เป็นการครบรอบที่ 1

4. ก่อนเริ่มรอบที่ 2 แบ่งตัวอย่างออกเป็น 2 กลุ่ม คือตัวอย่างกลุ่มที่ 1 มี 4 ก้อน แต่ละก้อนมีอัตราซีเมนต์ต่างกัน และตัวอย่างกลุ่มที่ 2 ตัวอย่างกลุ่มที่ 1 ใช้น้ำมือลูบเอาส่วนที่ปริแตกหรือสะเก็ดออกให้หมด ตัวอย่างกลุ่มที่ 2 ไขแปลงทองเหลืองครูด (HARDY AND DAVISION, 1961) โดยการบีคตัวอย่างให้แน่น ครูดตามยาว 20 ครั้ง ปลายบนและปลายล่างอย่างละ 4 ครั้ง กดด้วยแรง 3 ปอนด์

5. นำก้อนวัสดุไปแช่น้ำเป็นการเริ่มรอบที่ 2 ทำทั้งหมด 10 รอบ จึงนำไปหาค่าความเค้นแรงอัดสูงสุดโดย Unconfined Compression Test และหาค่าความชื้นหลังการทดลอง