

**กรมทางหลวง**  
**สำนักวิเคราะห์วิจัยและพัฒนาทาง**  
**วิธีการทดลองหาค่า Liquid Limit (LL) ของดิน**  
**(เทียบเท่า AASHTO T 89)**

## 1. ขอบข่าย

Liquid Limit (LL) ของดินคือปริมาณของน้ำที่มีอยู่พอดีในดิน ซึ่งทำให้ดินเปลี่ยนจากภาวะ Plastic มาเป็นภาวะ Liquid คิดเทียบเป็นร้อยละของมวลดินอบแห้ง หาได้โดยนำดินที่ผ่านตะแกรงเบอร์ 40 (0.425 มิลลิเมตร) มาผสมกับน้ำ ค่า Liquid Limit คือ ปริมาณของน้ำคิดเป็นร้อยละที่ทำให้ดินในเครื่องมือทดลอง (Liquid limit Device) ไหลมาชนกันยาว 12.7 มิลลิเมตร (1/2 นิ้ว) เมื่อเคาะเครื่องมือทดลองซึ่งมีจุดตกกระทบสูง 10 มิลลิเมตร จำนวน 25 ครั้ง

วิธีการทดลองนี้ได้ปรับปรุงจาก ASTM D 423-66, Test Method No. Calif. 204-13 อธิบายถึงวิธีหาค่า Liquid Limit ของดินโดยวิธี Mechanical Method

## 2. วิธีทำ

### 2.1 เครื่องมือ

เครื่องมือทดลองประกอบด้วย

2.1.1 เครื่องแบ่งตัวอย่างดิน (Sample Splitter)

2.1.2 ตะแกรงเบอร์ 4 (4.75 มิลลิเมตร) และตะแกรงเบอร์ 40 (0.425 มิลลิเมตร)

2.1.3 เครื่องมือทดลอง Liquid Limit 1 ชุด (ดูรูปที่ 1)

2.1.4 เครื่องมือปาดร่องดิน (Grooving Tool) (ดูรูปที่ 1)

2.1.5 ถ้วยกระเบื้องเคลือบขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 115 มิลลิเมตร (4 1/2 นิ้ว)

หรือแผ่นกระจกสำหรับผสมดินขนาด 150 มิลลิเมตร x 150 มิลลิเมตร

2.1.6 Spatula ขนาดยาวประมาณ 75 มิลลิเมตร (3.0 นิ้ว) กว้าง 20 มิลลิเมตร (0.75 นิ้ว)

2.1.7 Pipette หรือเครื่องมือที่เหมาะสมสำหรับใส่น้ำ

2.1.8 กระจกอบดินขนาดเล็ก

2.1.9 เครื่องชั่งชนิดอ่านได้ละเอียดถึง 0.01 กรัม

2.1.10 เตอบที่สามารถควบคุมอุณหภูมิให้คงที่ได้ที่  $110 \pm 5$  องศาเซลเซียส

## 2.2. วัสดุที่ใช้ประกอบการทดลอง

น้ำสะอาดตามข้อ 5.6

## 2.3. แบบฟอร์ม

ใช้แบบฟอร์มที่ ว.2-02

## 2.4 การเตรียมตัวอย่าง

2.4.1 นำตัวอย่างตากแห้งหรืออบแห้งที่อุณหภูมิไม่เกิน 60 °ซ. มาผสมกันให้ทั่ว แล้วแบ่งด้วยเครื่องแบ่งตัวอย่างดิน หรือใช้วิธี Quartering โดยมากทำพร้อมกับทำ Sieve Analysis ใช้ตัวอย่างซึ่งคาดว่าจะมีส่วนที่ผ่านตะแกรงเบอร์ 40 (0.425 มิลลิเมตร) มีมวลประมาณ 300 กรัม

2.4.2 ถ้ามีตัวอย่างจับเกาะกันเป็นก้อน ให้ใช้เครื่องบดหรือค้อนยางค่อยๆ บด หรือทุบให้ก้อนดินแตกตัว แต่ต้องไม่ให้ส่วนที่เป็นเม็ดแข็งแตก

2.4.3 นำดินมาร้อนผ่านตะแกรงเบอร์ 40 (0.425 มิลลิเมตร) โดยใช้ตะแกรงเบอร์ 4 (4.75 มิลลิเมตร) ซ้อนข้างบนอีกชั้นหนึ่ง เพื่อป้องกันก้อนโตค้างตะแกรงเบอร์ 40 (0.425 มิลลิเมตร) ใช้เวลาร้อน ไม่น้อยกว่า 5 นาที

2.4.4 นำดินที่ค้างตะแกรงเบอร์ 40 (0.425 มิลลิเมตร) ทิ้งไป เทดินที่ผ่านตะแกรงเบอร์ 40 (0.425 มิลลิเมตร) ใส่ขวดหรือภาชนะใดๆ เขียนป้ายบอกแหล่งและหมายเลขทดลองของวัสดุ กำกับด้วยทุกครั้ง

## 2.5 การทดลอง

2.5.1 ให้ตรวจสอบเครื่องมือทดลอง Liquid Limit ดังนี้

- (1) เครื่องมือทดลองต้องอยู่ในสภาพดีและมีขนาดถูกต้อง (ตามรูปที่ 1)
- (2) สลักยึดด้วยกระแทจะต้องไม่สึกหรอจนด้วยกระแทเอียง
- (3) สกรูยึดด้วยกระแทจะต้องแน่น
- (4) แนวปาดดินในถ้วยกระแทจะต้องไม่สึกเป็นร่อง
- (5) ให้ตรวจสอบเครื่องมือปาดร่องดินบ่อยๆ เพื่อให้แน่ใจว่าความกว้างของเครื่องมือนี้ยังคงถูกต้องตามมาตรฐาน

(6) ให้ตรวจสอบความสูงของถ้วยกระที่จะยกขึ้น โดยใช้ด้ามของเครื่องมือ ปาดร่องดิน ซึ่งมีลักษณะหน้าตัดเป็นรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัสขนาด 10 มิลลิเมตร วัตถุประสงค์ของถ้วยกระที่จะให้ได้ 10 มิลลิเมตร ถ้าไม่ถูกต้องให้ปรับโดยคลายสกรูยึดถ้วยกระที่จะให้หลวมเสียก่อน ปลอຍให้ถ้วยกระที่จะขยับวางลงบนที่วัดแล้วจึงขันสกรูยึดให้แน่นดังเดิม หมุนที่หมุนถ้วยกระที่จะเร็วๆ หลายๆ ครั้ง ถ้าได้ยินเสียง “แก๊ก” เบาๆ แสดงว่าการตั้งถูกต้องแล้ว แต่ถ้าถ้วยกระที่จะยังคงสูงขึ้นไปอีกหรือไม่ได้ยินเสียง “แก๊ก” เลย จะต้องปรับเครื่องใหม่

2.5.2 นำตัวอย่างทั้งหมดที่เตรียมไว้มาเทบนแผ่นกระจก ผสมกันให้ทั่วแล้วแต่งเป็นรูปกรวย ใช้ Spatula กดยอดทรงกรวย แล้วหมุน Spatula จนครบรอบ เพื่อให้กึ่งวงวัสดุตัวอย่างแบนราบลง ใช้ Spatula แบ่งตัวอย่างเป็น 4 ส่วนด้วยวิธี Quartering นำส่วนตรงกันข้ามรวมกันเพื่อทดลอง ส่วนที่เหลือเก็บไว้ใช้ทดลองเพิ่มเติม ถ้าต้องการภายหลัง

2.5.3 นำตัวอย่างที่แบ่งมานี้ผสมกับน้ำในถ้วยกระเบื้องเคลือบ หรือบนแผ่นกระจก เติมน้ำลงไปประมาณ 15-20 มิลลิลิตร ใช้ Spatula ผสมไปมา และบีจันกระทั้งดินและน้ำผสมทั่วกันแล้ว เพิ่มน้ำอีกครั้งละประมาณ 1-3 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากันจนทั่ว ใช้เวลาในการผสมทั้งหมด 5-10 นาที

2.5.4 เมื่อผสมน้ำและคลุกจนทั่วแล้ว กะให้เคาะได้ประมาณ 40 ครั้ง นำตัวอย่างใส่ในถ้วยกระเบื้องเคลือบ ใช้แผ่นกระจกปิดข้างบน ตั้งทิ้งไว้ไม่น้อยกว่า 50 นาที และไม่เกิน 1 ชั่วโมง เพื่อให้ส่วนที่เป็นดินเหนียว (ถ้ามี) ดูดซึมน้ำจนทั่ว

2.5.5 นำตัวอย่างใส่ลงตรงกลางถ้วยกระที่จะ ใช้ Spatula กดและปาดดินโดยพยายาม ปาดให้น้อยครั้งที่สุดและป้องกันไม่ให้มีฟองอากาศอยู่ข้างใน ให้ดินตรงกลางถ้วยกระที่จะหนา 10 มิลลิเมตร และมีรูปร่างดังรูปที่ 2 แล้วนำตัวอย่างที่เหลือกลับมาเก็บในถ้วยกระเบื้องเคลือบอย่างเดิม

2.5.6 จับยึดถ้วยกระที่จะให้แน่นใช้เครื่องมือปาดร่องดินปาดตัวอย่างให้เป็นร่องตรงกลาง ให้ได้ร่องที่สะอาดและเรียบร้อย

ในกรณีที่ตัวอย่างค่อนข้างแข็ง หรือมี Plasticity Index (PI) ต่ำ การกดเครื่องมือ ปาดร่องดินลงไปอาจจะทำให้ตัวอย่างทางด้านปลายฉีกหลุดหรือดินเคลื่อนออกจากกัน ดังนั้นให้ค่อยๆ ปาดจากหน้าไปหลังและหลังไปหน้า กลับไปกลับมาหลายๆ ครั้ง แต่ต้องไม่เกิน 6 ครั้ง และค่อยๆ ปาด เป็นร่องลึกลงไปเรื่อยๆ จนครั้งสุดท้ายแตะกันด้วยพอดี และได้ร่องดินที่สะอาดเรียบร้อย

2.5.7 หมุนเคาะถ้วยกระที่จะด้วยอัตรา 2 ครั้งต่อวินาที จนกระทั่งดินเคลื่อนที่เข้ามา สัมผัสกันเป็นระยะยาว 12.7 มิลลิเมตร (1/2 นิ้ว) ระยะเวลาที่ใช้ทดลองนับตั้งแต่ใส่ตัวอย่างลงในถ้วย กระที่จะจนกระทั่งเคาะเสร็จจะต้องไม่เกิน 3 นาที

2.5.8 ถ้าไม่แน่ใจว่าการทดลองในข้อ 2.5.7 ถูกต้อง ให้ทำการตรวจสอบ โดยรับนำตัวอย่างมาผสมกันใหม่โดยเร็ว แล้วนำกลับไปทดลองใหม่ ถ้าการเคาะในครั้งนี้นับจำนวนครั้งได้เท่าเดิมหรือต่างกันหนึ่งครั้ง ถือว่าการทดลองถูกต้อง แต่ถ้าผิดกันมากกว่านั้น จะต้องนำเอาตัวอย่างมาผสมกันใหม่เพื่อให้แน่ใจได้ผสมกับตัวอย่างจนทั่ว แล้วนำมาทดลองอีกครั้งหนึ่ง การตรวจสอบนี้จะมีความสำคัญมากในช่วงที่ใส่น้ำลงไปมากๆ และตัวอย่างมี PI สูงเพราะตัวอย่างดูดซึมน้ำยังไม่เต็มที่ขณะทำการทดลองและยังคงดูดซึมน้ำอยู่ตลอดเวลา จึงทำให้การทดลองมีค่าแตกต่างกัน

2.5.9 ทันทีที่เคาะจนตัวอย่างเคลื่อนที่มาสัมผัสกันยาว 12.7 มิลลิเมตร (1/2 นิ้ว) ให้ใช้ช้อนตักตัวอย่างผ่านตรงที่ตัวอย่างเคลื่อนที่มาสัมผัสกันตลอดแนวความกว้างของตัวอย่างที่ตั้งฉากกับร่องตัวอย่างเอาตัวอย่างใส่กระป๋องปิดฝาให้แน่น แล้วนำไปชั่งหามวล จดจำนวนครั้งที่เคาะไว้ด้วย

2.5.10 รวมตัวอย่างจากถ้วยกระเทาะมาใส่ในถ้วยกระเบื้องเคลือบตามเดิม (หรือบนแผ่นกระจกแล้วแต่กรณี) เติมน้ำลงไปแล้วผสมให้เข้ากัน แล้วดำเนินการทดลองตามข้อ 2.5.5 ถึง 2.5.9

2.5.11 ทำการทดลอง 4 จุด แต่ละจุดให้การเคาะต่างกันประมาณ 5-7 ครั้ง และจุดต่างๆ ควรอยู่ระหว่างช่วงดังต่อไปนี้

จุดที่ 1 ช่วงการเคาะ 35-40 ครั้ง

จุดที่ 2 ช่วงการเคาะ 25-35 ครั้ง

จุดที่ 3 ช่วงการเคาะ 20-30 ครั้ง

จุดที่ 4 ช่วงการเคาะ 15-25 ครั้ง

การทดลองที่เคาะนอกช่วง 15-40 ใช้ไม่ได้

2.5.12 ถ้าหากตัวอย่างเปียกเพราะเติมน้ำมากเกินไป แล้วต้องการให้ตัวอย่างแห้งขึ้น ให้เกลี่ยตัวอย่างบางๆ บนแผ่นกระจกหรือในถ้วยกระเบื้องเคลือบ ผึ่งลมไว้ชั่วคราว แล้วทำการคลุกผสมกันใหม่ทำเช่นนี้หลายๆ ครั้ง จนกว่าตัวอย่างจะแห้งตามที่ต้องการ แต่อย่าผึ่งตัวอย่างทิ้งไว้จนผิวหน้าแข็งเป็นคราบขึ้นที่ผิวหน้า ห้ามใช้วิธีเอาตัวอย่างใหม่ผสมเพิ่มลงไปเพื่อให้ตัวอย่างแห้งขึ้น

2.5.13 ตัวอย่างที่ใส่กระป๋อง หลังจากชั่งหามวลแล้ว (ให้ชั่งละเอียดถึง 0.01 กรัม) นำเข้าเตาอบที่อุณหภูมิ 105-115 °ซ. อบจนแห้งและมีน้ำหนักคงที่แล้วนำออกจากเตาอบทิ้งไว้จนเย็นแล้วชั่งหามวลอบแห้ง คำนวณหาปริมาณน้ำในดิน (Water Content) ของตัวอย่างแต่ละจุด

### 3. การคำนวณ

คำนวณหาปริมาณน้ำในดินได้จากสูตร

$$w = \frac{\text{มวลของน้ำในดิน (กรัม)} \times 100}{\text{มวลของดินอบแห้ง (กรัม)}}$$

เมื่อ  $w$  = ปริมาณน้ำในดิน มีหน่วยเป็นร้อยละ

### 4. การรายงาน

ให้ดำเนินการดังนี้

4.1 เขียน Flow Curve ลงใน Semilogarithmic Graph ซึ่งอยู่ในแบบฟอร์มที่ ว.2-02 จากปริมาณน้ำในดินและจำนวนครั้งที่เคาะ (Number of Blows) เป็นเส้นตรงให้ผ่านหรือใกล้เคียงอย่างน้อย 3 จุด

4.2 Liquid Limit คือ ปริมาณน้ำในดินเป็นร้อยละที่ได้จากการลากเส้นตรงจากจำนวนที่เคาะ 25 ครั้ง ตัดกับ Flow Curve

ให้รายงานค่า LL ในแบบฟอร์มที่ ว.2-02 โดยใช้ทศนิยม 1 ตำแหน่ง

### 5. ข้อควรระวัง

5.1 ดินตัวอย่างที่มี PI ต่ำ เช่น Silty Clay หรือ Sandy Clay ขณะที่ปริมาณน้ำในดินน้อย การเคลื่อนที่ของตัวอย่างเข้าติดกันในร่อง อาจจะไม่ใช่การเคลื่อนที่ (Flow) เข้าสัมผัสกันอย่างแท้จริง แต่เกิดจากปริมาณน้ำในดินน้อยเกินไปตัวอย่างจึงไม่ยึดเกาะพื้นด้วยกระดาษ ที่ปรากฏให้เห็นเคลื่อนที่เข้าติดกันนั้น อาจเป็นเพราะตัวอย่างเลื่อนไถล (Slip) มาชนกัน ให้ตรวจสอบโดยใช้ Spatula ถ่างดูตรงที่ตัวอย่างชนกัน ถ้าปรากฏว่าตัวอย่าง “ชนกัน” เฉยๆ ไม่ “ติดเป็นเนื้อเดียว” แสดงว่าเกิดการ Slip ขึ้น ให้เพิ่มน้ำแล้วทดลองใหม่

5.2 ในการเตรียมตัวอย่างทดลอง จะต้องแน่ใจว่า Sand Grains และ Clay Lumps ต่างๆ แยกออกจากกันจนสามารถผ่านตะแกรงเบอร์ 40 (0.425 มิลลิเมตร) ได้ อย่างอบตัวอย่างที่อุณหภูมิเกิน 60° ซ. เพราะจะทำให้ค่า PI และ LL ของวัสดุบางชนิดลดลง และ Organic Matters อาจจะถูกเผาไหม้

5.3 ให้เก็บตัวอย่างทันทีเมื่อตัวอย่างเคลื่อนที่เข้ามาติดกันยาว 12.7 มิลลิเมตร (1/2 นิ้ว) แล้วรีบชั่งหามวล เนื่องจากปริมาณน้ำในดินมีจำนวนน้อยอยู่แล้ว การเก็บรอไว้จะทำให้น้ำระเหยออกไป โดยเฉพาะอย่างยิ่งในห้องทำงานหรือห้องดินที่มีอากาศร้อน การระเหยของน้ำจะมีมากขึ้น

5.4 ห้ามผสมตัวอย่างกับน้ำในถ้วยกระทะของเครื่องมือทดลอง แต่ให้ผสมตัวอย่างในถ้วยกระเบื้องเคลือบหรือบนแผ่นกระจก

5.5 ให้วางเครื่องมือทดลองกับพื้นราบทุกครั้งในขณะที่หมุนเครื่อง ห้ามใช้มืออุ้มเครื่องขึ้น เพื่อหมุนทดลอง

5.6 น้ำที่ใช้ทดลองจะต้องเป็นน้ำสะอาด เช่น น้ำกลั่น น้ำฝน หรือน้ำประปา

## 6. หนังสืออ้างอิง

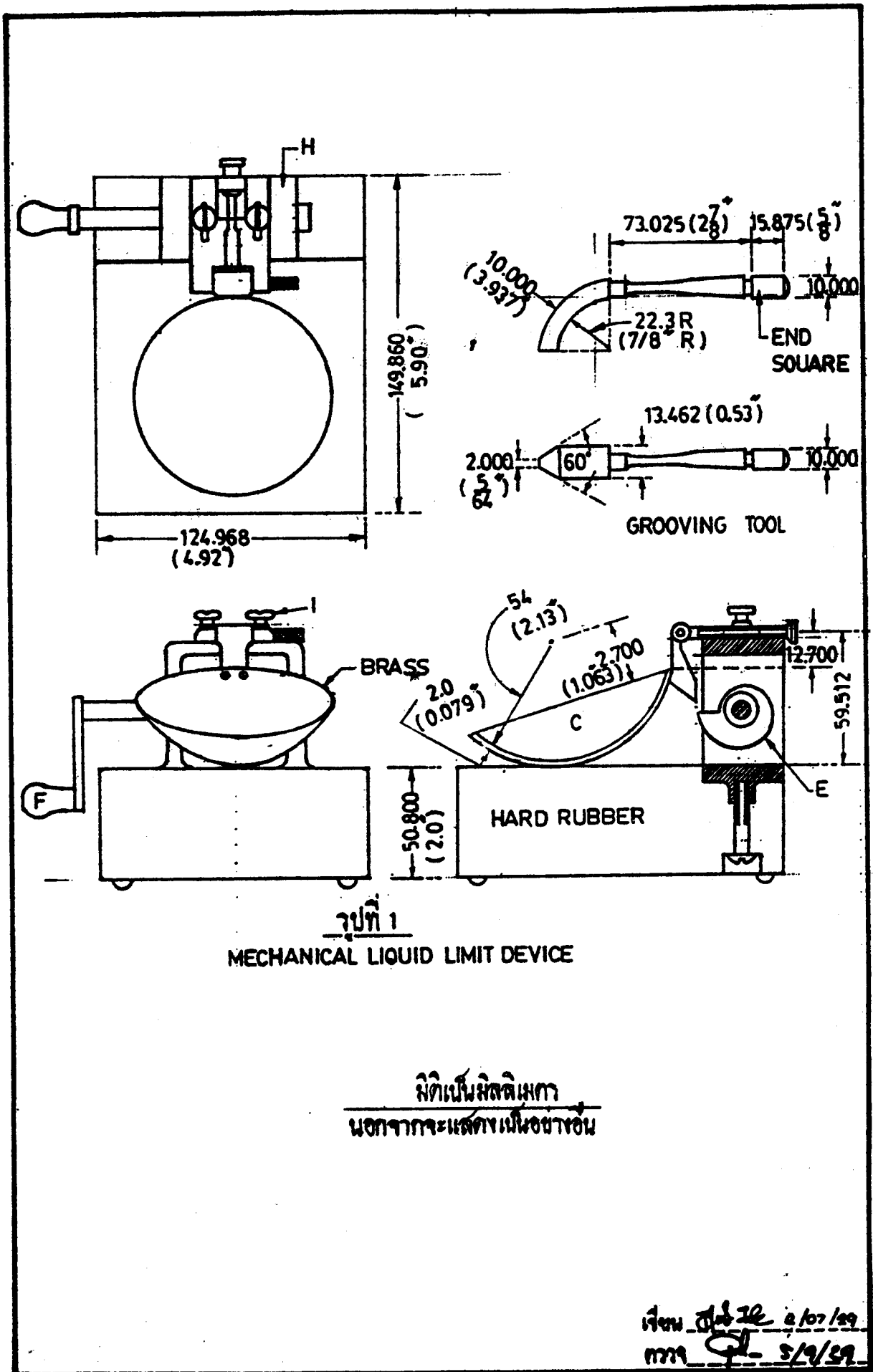
6.1 American Society for Testing and Materials (1968). ASTM Standards, Part II, ASTM Designation : D 423-66.

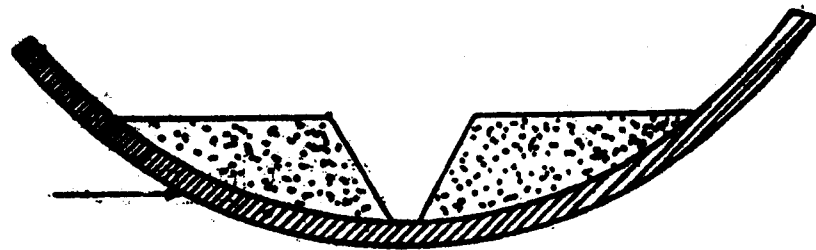
6.2 State of California, Department of Public Works, Division of Highways (1965) Materials Manual of Testing and Control Procedures, Vol. I, Test Method No. Calif. 204-B.

6.3 The American Association of State Highway Officials. Standard Specifications for Highway Materials and Method of Sampling and Testing, Part II, AASHTO Designation : T 89.

6.4 Lambe, T.W. (1959). Soil Testing for Engineers, John Wiley & Sons, New York.

\*\*\*\*\*





DIVIDED SOIL CAKE BEFORE TEST



SOIL CAKE AFTER TEST

รูปที่ 2 แสดงภาพตัดขวางการทดลองหาค่า LIQUID LIMIT  
(อ้างอิง : AASHO T 89-68, 10 TH EDITION 1971, FIG.6)

เขียน Oct 26 20.11.29.  
ตรวจ SI-5/1/29  
20.



สำนักวิเคราะห์วิจัยและพัฒนางานทาง

อันดับทดลองที่ C-443 วันที่รับตัวอย่าง วันที่ทดลอง 26/4/43

เจ้าของตัวอย่าง หนังสือที่

ทางสาย พระประแดง-บางขุนเทียน ตอน 3 เจ้าหน้าที่ทดลอง ชัยฤทธิ์

ATTERBERG LIMITS

Sample : Weathering Rock No. Of

Source : km. 43+150-43+295 Frontage Rd., Rt

TEST	LIQUID LIMIT				PLASTIC LIMIT	
	1	2	3	4	1	2
Trial						
Can No.	10	5	13	22	16	19
No. of blows	16	24	30	37	-	-
Wet. soil+can gm.	37.90	38.11	37.37	35.05	31.40	31.27
Dry. soil+can gm.	33.82	34.17	33.66	31.70	29.47	29.26
Wt. of water gm.	4.08	3.94	3.71	3.35	1.93	2.01
Wt. of can gm.	20.96	20.70	20.11	18.79	19.93	19.53
Wt. of dry soil gm.	12.86	13.47	13.55	12.91	9.54	9.73
Water content %	31.72	29.23	27.37	25.97	20.28	20.66
L.L = 28.80 %					P.L. 20.47 %	
P.I. = L.L-P.L. 28.80-20.47=8.33						

Flow Curve

