

**กรมทางหลวง**  
**สำนักวิเคราะห์วิจัยและพัฒนาทาง**  
**วิธีการทดลองหาค่า Unconfined Compressive Strength ของดิน**  
**(เทียบเท่า AASHTO T 208)**

\* \* \* \* \*

## 1. ขอบข่าย

Unconfined Compressive Strength คือ ค่าแรงอัด (Compressive Load) สูงสุดต่อหน่วยพื้นที่ ซึ่งแท่งตัวอย่างดินรูปทรงกระบอกหรือรูป Prismatic จะรับได้ ถ้าในกรณีนี้ที่ค่าแรงอัดต่อหน่วยพื้นที่ยังไม่ถึงค่าสูงสุดเมื่อความเครียด (Strain) ในแนวตั้งเกิน 20% ให้ใช้ค่าแรงอัดต่อหน่วยพื้นที่ที่ความเครียด 20% นั้นเป็นค่า Unconfined Compressive Strength

การทดลองนี้ได้ปรับปรุงจาก AASHTO T 208-70 อธิบายถึงการหาค่า Unconfined Compressive Strength ของดินในสภาพ Undisturbed และ Remolded อัตราการเพิ่มแรงอัดในระหว่างการทดลอง จะควบคุมโดยความเครียด (Strain) หรือควบคุมโดยความเค้น (Stress) ก็ได้

## 2. วิธีทำ

### 2.1 เครื่องมือ

เครื่องมือทดลองประกอบด้วย

2.1.1 เครื่องกด เป็นเครื่องใช้กดแท่งตัวอย่าง มีหลายแบบ เช่น ใช้ Deadweight หรือ Hydraulic เป็นแรงกด หรืออาจใช้เครื่องมือกดชนิดอื่นๆ ที่สามารถควบคุมอัตราเร็วของแรงกด และมีกำลังกดเพียงพอ สำหรับดินที่มีค่า Unconfined Compressive Strength น้อยกว่า 1 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร (0.1 นิวตันต่อตารางมิลลิเมตร) ต้องใช้เครื่องกดที่สามารถอ่านค่าได้ละเอียดถึง 0.01 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร (0.001 นิวตันต่อตารางมิลลิเมตร) และสำหรับดินที่มีค่า Unconfined Compressive Strength มากกว่า 1 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร (0.1 นิวตันต่อตารางมิลลิเมตร) เครื่องกดจะต้องอ่านค่าได้ละเอียดถึง 0.05 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร (0.005 นิวตันต่อตารางมิลลิเมตร)

2.1.2 เครื่องดันตัวอย่างดิน ใช้ดันแท่งตัวอย่างดินออกจากท่อบาง (Thin Wall Tube)

2.1.3 Dial Gauge ใช้วัดได้ละเอียดถึง 0.01 มิลลิเมตร หรือ 0.001 นิ้ว สามารถอ่านระยะทางเคลื่อนที่ได้ไม่น้อยกว่าร้อยละ 20 ของความยาวแท่งตัวอย่าง ที่จะใช้ทดลอง

2.1.4 Vernier Caliper ใช้วัดขนาดของแท่งตัวอย่าง โดยวัดได้ละเอียด ถึง 0.1 มิลลิเมตร หรือ 0.01 นิ้ว

2.1.5 นาฬิกาจับเวลา

2.1.6 เตอบที่สามารถควบคุมอุณหภูมิให้คงที่ได้ที่  $110 \pm 5$  องศาเซลเซียส

2.1.7 เครื่องชั่งชนิดอ่านได้ละเอียดถึง 0.01 กรัม ใช้สำหรับตัวอย่างดินที่มีมวลน้อยกว่า 100 กรัม สำหรับตัวอย่างดินที่มีมวลมากกว่า 100 กรัม ให้ใช้เครื่องชั่งชนิดอ่านได้ละเอียดถึง 0.1 กรัม

2.1.8 เครื่องมือเบ็ดเตล็ด เครื่องมืออื่นๆ ที่ต้องใช้ คือ เครื่องมือตัดและตกแต่งตัวอย่าง เครื่องทำตัวอย่าง Remolded และกระป๋องอบดิน

## 2.2 วัสดุที่ใช้ประกอบการทดลอง

ปูนปลาสเตอร์ หรือ Hydrostone หรือวัสดุอื่นที่มีคุณสมบัติคล้ายกัน

## 2.3 แบบฟอร์ม

ใช้แบบฟอร์มที่ ว. 2-19

## 2.4 การเตรียมตัวอย่าง

2.4.1 ขนาดแท่งตัวอย่าง แท่งตัวอย่างควรมีเส้นผ่านศูนย์กลางอย่างน้อย 33 มิลลิเมตร (1.3 นิ้ว) ขนาดที่ใหญ่ที่สุดของเม็ดวัสดุในตัวอย่างต้องไม่เกิน 1 ใน 10 ของเส้นผ่านศูนย์กลางของแท่งตัวอย่าง และสำหรับแท่งตัวอย่างที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางเท่ากับหรือมากกว่า 71 มิลลิเมตร (2.8 นิ้ว) ขนาดที่ใหญ่ที่สุดของเม็ดวัสดุต้องไม่เกิน 1 ใน 6 ของเส้นผ่านศูนย์กลางของแท่งตัวอย่าง ถ้าหากหลังจากเสร็จการทดลองแล้วพบว่า มีเม็ดวัสดุที่ใหญ่กว่าที่กำหนดไว้ก็ให้หมายเหตุไว้ในแบบฟอร์ม อัตราส่วนความสูงต่อเส้นผ่านศูนย์กลางของแท่งตัวอย่างจะมีค่าตั้งแต่ 2 ถึง 3 วัตความสูงและเส้นผ่านศูนย์กลางของแท่งตัวอย่างให้ได้ละเอียดถึง 0.1 มิลลิเมตร หรือ 0.01 นิ้ว โดยใช้ Vernier Caliper หรือเครื่องมือชนิดอื่นที่เหมาะสม

2.4.2 ตัวอย่าง Undisturbed เตรียมตัวอย่าง Undisturbed จากแท่งตัวอย่าง Undisturbed ขนาดใหญ่หรือจากดินที่ได้จากการเก็บตัวอย่างโดยใช้ท่อบาง แท่งตัวอย่างที่ได้จากท่อบางอาจจะทดลองได้เลยโดยไม่ต้องตกแต่ง แต่ต้องตัดปลายทั้งสองข้างของตัวอย่างให้เรียบและมีสัดส่วนดังที่ได้ระบุมาแล้ว ในการเตรียมตัวอย่างจะต้องระมัดระวังอย่าให้มีการเปลี่ยนรูปร่างและขนาดหน้าตัดเกิดขึ้นในระหว่างการดันตัวอย่างดินออกจากท่อบาง ถ้าหากเห็นว่าจะเกิดการอัดตัวอย่างดินหรือจะทำให้ตัวอย่างดินถูกรบกวนก็ให้ตัดแบ่งท่อบางตามความยาวออกเป็นส่วนๆ การเตรียมตัวอย่างทดลองถ้าหากเป็นไปได้ก็ควรเตรียมในห้องที่ควบคุมความชื้น เพื่อป้องกันการสูญเสียความชื้น แท่งตัวอย่างทดลองจะต้องมีหน้าตัดตั้งฉากกับแกนตามยาวของแท่งตัวอย่าง ในการตัดและแต่งปลายทั้งสองข้างของแท่งตัวอย่าง

ถ้าหากมีเม็ดวัสดุที่ทำให้ผิวหน้าไม่เรียบ ก็ให้ปิดผิวหน้าด้วยปูนปลาสเตอร์ โดยให้มีความหนาน้อยที่สุด หรือใช้ Hydrostone หรือวัสดุอื่นๆ ที่มีคุณสมบัติคล้ายกัน ให้ซึ่งหามวลของแท่งตัวอย่างก่อน และหลังการทดลองหาปริมาณน้ำในดินของแท่งตัวอย่าง โดยใช้ตัวอย่างทั้งแท่งหรือส่วนที่เป็นตัวแทนของแท่งตัวอย่าง

#### 2.4.3 ตัวอย่าง Remolded นำตัวอย่างดิน Undisturbed เดิม มาทำดังนี้

นำตัวอย่างดินมาห่อด้วยแผ่นยางบางๆ แล้วใช้นิ้วขยำยี้ เพื่อให้ดินถูก Remold อย่างทั่วถึง ในการทำต้องระวังอย่าให้มีฟองอากาศเข้าไปปนในดิน หลังจากนั้นก็อัดดินลงใน Mold ที่มีหน้าตัดเป็นรูปวงกลม และมีขนาดตามที่ได้ระบุไว้ในข้อ 2.4.1 เมื่อได้อัดดินใน Mold จนเต็มแล้วให้แต่งปลายแท่งตัวอย่างจนเรียบได้หน้าตัดตั้งฉากกับแกนตามยาวของแท่งตัวอย่าง แล้วดันแท่งตัวอย่างออกจาก Mold และซึ่งหามวลของแท่งตัวอย่าง ตัวอย่าง Remolded ที่ได้ จะต้องได้ดินเป็นเนื้อเดียวกัน มี Void Ratio และปริมาณน้ำในดินใกล้เคียงกับตัวอย่าง Undisturbed เดิม

### 2.5 การทดลอง

#### 2.5.1 โดยวิธีควบคุมความเครียด (Strain)

วางแท่งตัวอย่างไว้ตรงกลางแผ่นกลมอันล่างของเครื่องกดแล้วเลื่อนจนแผ่นกลมอันบนของเครื่องกดแตะกับผิวบนของแท่งตัวอย่าง หมุนหน้าปัดของ Dial Gauge ที่ใช้อ่านระยะทางของการกดให้เข็มชี้ที่ศูนย์ กดแท่งตัวอย่างด้วยอัตราเร็วคิดเป็นความเครียดในแนวตั้ง 0.5 ถึง 2 เปอร์เซ็นต์ ต่อนาที จุดแรงกด และระยะยุบตัวของแท่งตัวอย่างทุกๆ 30 วินาที ในการใช้อัตราเร็วของความเครียด ค่าใดจะต้องประมาณว่าระยะเวลาตั้งแต่เริ่มให้แรงกดจนถึงแรงกดสูงสุด จะต้องไม่เกิน 10 นาที (\*1) เพิ่มแรงกดต่อไปเรื่อยๆ จนกระทั่งแรงกดลดลงในขณะที่ความเครียดเพิ่มขึ้น หรือจนกระทั่งความเครียดมีค่า 20 เปอร์เซ็นต์ หาปริมาณน้ำในดินโดยนำแท่งตัวอย่างเข้าเตาอบ นอกจากกรณีที่ต้องเตรียมแท่งตัวอย่าง Remolded ก็ให้ใช้ส่วนของดินที่เป็นตัวแทนของแท่งตัวอย่างได้

เขียนรูปสภาพแท่งตัวอย่างที่ทดลองเสร็จแล้ว ถ้าตัวอย่างมีรอยแตกร้าววัดมุมของรอยแตกร้าวเทียบกับแกนนอน

#### 2.5.2 โดยวิธีควบคุมความเค้น (Stress)

ก่อนการทดลองให้ประมาณ ค่าแรงกดสูงสุดของแท่งตัวอย่าง (\*2) วางแท่งตัวอย่างไว้ตรงกลางแผ่นกลมแผ่นล่างของเครื่องกดเลื่อนจนแผ่นกลมอันบนแตะกับผิวบนของแท่งตัวอย่าง แล้วตั้งศูนย์บนหน้าปัดที่ใช้อ่านระยะยุบตัวของแท่งตัวอย่าง ใช้แรงกดเริ่มแรกบนแท่งตัวอย่างเท่ากับ  $1/15$  ถึง  $1/10$  ของแรงกดสูงสุดที่ได้ประมาณไว้แล้วทิ้งไว้ครู่หนึ่ง แล้วอ่านระยะยุบตัวของแท่งตัวอย่าง

เพิ่มแรงกดต่อไป เท่ากับแรงกดแรก แล้วทิ้งไว้ครู่หนึ่งเหมือนครั้งแรก ทำเช่นนี้ไปเรื่อยๆ จนกระทั่งได้แรงกดสูงสุด หรือจนกระทั่งความเครียดมีค่าเท่ากับ 20 เปอร์เซ็นต์ ในระหว่างการเพิ่มแรงกด ถ้าสังเกตว่าจะต้องใส่แรงกดมากกว่า 15 ครั้ง หรือน้อยกว่า 10 ครั้ง เพื่อให้ได้แรงกดสูงสุดแล้ว จะต้องปรับเปลี่ยนแรงกดแต่ละครั้งให้มากขึ้น หรือน้อยลงทันที ในการหาปริมาณน้ำในดินอาจหาจากดินทั้งแท่งที่ทดลองเสร็จแล้ว หรือส่วนของดินที่เป็นตัวแทนแท่งตัวอย่างก็ได้

เขียนรูปสภาพแท่งตัวอย่างที่ทดลองเสร็จแล้ว ถ้าตัวอย่างมีรอยแตกกว้างให้วัดมุมของรอยแตกกว้างเทียบกับแกนนอน

(\*1) ดินที่อ่อนมากจะมีความเครียดไปจนถึงแรงกดสูงสุดมาก ดินชนิดนี้จึงต้องทดลองโดยใช้อัตราเร็วของความเครียดสูง ในทางตรงกันข้าม ดินที่แข็งหรือแตกง่ายซึ่งมีความเครียดไปจนถึงแรงกดสูงสุดน้อย ดินชนิดนี้จึงต้องทดลองด้วยอัตราเร็วของความเครียดที่ต่ำกว่า

(\*2) การประมาณค่านี้จะต้องมีประสบการณ์พอเพียง มิฉะนั้นจะต้องใช้เครื่องกดอย่างเล็ก (Penetrometer) กดลงบนส่วนของตัวอย่างที่ไม่ได้ใช้ดู เพื่อหาค่านี้โดยประมาณ

### 3. การคำนวณ

3.1 คำนวณหาความเครียดในแนวดิ่ง สำหรับแรงกดใดๆ ( $\epsilon$ ) ได้โดยใช้สูตร

$$\epsilon = \frac{\Delta L}{L_0}$$

เมื่อ  $\Delta L$  = ระยะยวบตัวของแท่งตัวอย่างที่แรงกดใดๆ โดยอ่านค่าจาก Dial Gauge

$L_0$  = ความยาวเดิมของแท่งตัวอย่าง

3.2 คำนวณหาพื้นที่หน้าตัดเฉลี่ยสำหรับแรงกดใดๆ ( $A$ ) ได้โดยใช้สูตร

$$A = \frac{A_0}{1 - \epsilon}$$

เมื่อ  $A_0$  = พื้นที่หน้าตัดเดิมของแท่งตัวอย่าง

$\epsilon$  = ความเครียดตามแนวดิ่งที่แรงกดนั้นๆ

3.3 คำนวณหาความเค้นสำหรับแรงกดใดๆ ( $\sigma_c$ ) ได้โดยใช้สูตร

$$\sigma_c = \frac{P}{A}$$

เมื่อ P = แรงกด

A = พื้นที่หน้าตัดเฉลี่ยที่แรงกดนั้นๆ

3.4 เขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง  $\sigma_c$  และ  $\epsilon$  โดยใช้  $\sigma_c$  เป็นแกนตั้งและ  $\epsilon$  เป็นแกนนอน จากกราฟสามารถหาค่าสูงสุดของ  $\sigma_c$  หรือค่า  $\sigma_c$  ที่  $\epsilon = 20\%$  ได้

ในกรณีที่ต้องการจะใช้กราฟอธิบายคุณสมบัติของดิน ก็ให้แนบแผ่นกราฟนี้รวมไว้ในรายงานผลการทดลองด้วย ตามข้อ 4.8

#### 4. การรายงาน

ให้รายงานผลการทดลองดังต่อไปนี้

4.1 ค่า Unconfined Compressive Strength

4.2 ชนิดและรูปร่างของแท่งตัวอย่าง เช่น

- Undisturbed
- Compacted
- Remolded
- Cylindrical
- Prismatic

4.3 อัตราส่วนความสูงต่อเส้นผ่านศูนย์กลางของแท่งตัวอย่าง

4.4 ลักษณะดินโดยทั่วไป เช่น ชื่อของดิน, สัญลักษณ์ เป็นต้น

4.5 Initial Density ปริมาณน้ำในดินและ Degree of Saturation (ถ้าตัวอย่างถูกทำให้ อิ่มตัวในห้องปฏิบัติการให้หมายเหตุ Degree of Saturation อีกค่าหนึ่งไว้ด้วย)

4.6 ค่าความเครียดที่ความเค้นสูงสุดเป็นร้อยละ (อ่านจากกราฟ)

4.7 ค่าอัตราเร็วเฉลี่ยของความเครียดเป็นร้อยละต่อนาที โดยคิดตั้งแต่เริ่มกดจนถึงแรงกดสูงสุด

4.8 ให้เขียนหมายเหตุในกรณีที่เกิดมีลักษณะผิดปกติในการทดลอง หรือ แนนรายละเอียดอื่นๆ ที่คิดว่ามีความจำเป็นต้องใช้อธิบายผลการทดลอง

## 5. ข้อควรระวัง

5.1 ในการดันตัวอย่างดินออกจากท่อบางเพื่อใช้ทดลอง จะต้องดันไปตามทิศทางเดียวกันกับที่ตัวอย่างเคลื่อนที่เข้าไปในกระบอกในระหว่างเก็บตัวอย่าง เพื่อลดการรบกวนตัวอย่างดิน

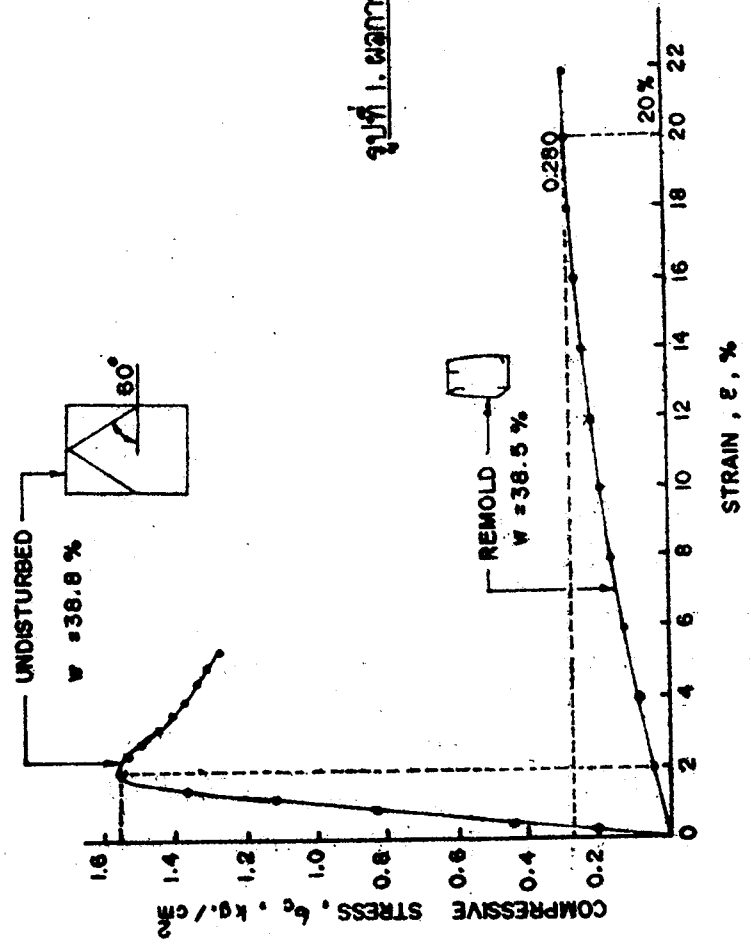
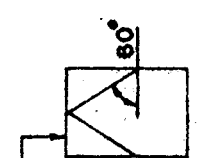
5.2 ในการทำตัวอย่าง Remolded ถ้าแท่งตัวอย่างหลังจากทำ Remolded แล้วได้ความแน่นแตกต่างจากก่อนทำ Remoldedให้นำมาดำเนินการใหม่

## 6. หนังสืออ้างอิง

The American Association of State Highway Officials. Standard Specifications for Highway Materials and Methods of Sampling and Testing, AASHTO Designations : T 207 and T 208

\* \* \* \* \*

หมาย Quinton Area A.  
 สถานที่ก่อสร้าง ๑๑.๖๖๖ กม. 2๖๖1๖๐  
 หมายเลข B-2 ความลึก 4.๐๐ ม.  
 วัสดุ UNDISTURBED ไม้ UNCONFINED COMPRESSIVE STRENGTH,  $Q_u$  ๑๑.๑๑๖ Kg/cm<sup>2</sup>  
 วัสดุ REMOLD ไม้ UNCONFINED COMPRESSIVE STRENGTH,  $Q_u$  ๐.๑๑๐ Kg/cm<sup>2</sup>  
 SENSITIVITY =  $Q_u / Q_u'$  = ๑.๑๖



รูปที่ 1. ผลการทดสอบ UNCONFINED COMPRESSIVE STRENGTH

วิศวกร สุวิทย์ สุทธิ 2๐1๖.29.  
 วันที่ ๑๖ ๔ ๖๐.๖๖

สำนักวิเคราะห์วิจัยและพัฒนาทาง

กรมทางหลวง

การทดลอง UNCONFINED COMPRESSION

แผ่นที่.....1/2.....

ทางสาย.....ในบริเวณ Area A..... หมายเลขทางหลวง ..... -  
 สถานที่เก็บตัวอย่าง คอสะพาน กม. 23 + 150 การทดลองที่ ..... U-17  
 หลุมเจาะที่ B-2 วันที่ทดลอง ..... 6 ต.ค. 15  
 ตัวอย่างที่ GA-3-26 เจ้าหน้าที่ทดลอง ..... WCS  
 ลักษณะตัวอย่าง Silty Clay, Very Soft เจ้าหน้าที่ตรวจ ..... SPO  
 ความถ่วงจำเพาะ,  $G_s$  2.75 ความลึกตัวอย่าง ..... 9.00 ม.  
 WATER CONTENT หมายเลข Proving Ring ..... 92  
 Calibration Factor ..... 1 ช่อง (0.0001) = 0.227 kg

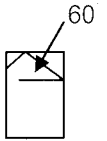
SPECIMEN LOCATION	Full sample	Top.	Mid.	Bot.
CONTAINER.NO.	-	E-11	E-15	E-8
M.CONT.WET SOIL.gm.	-	17.306	17.504	17.279
M.CONT.DRY SOIL.gm.	-	14.666	14.704	14.561
M.WATER.gm.	-	2.640	2.800	2.718
M.CONT., gm.	-	7.835	7.503	7.553
M.DRY SOIL.gm.	-	4.831	7.201	7.008
WATER CONTENT.%	-	38.6	38.9	38.8

SPECIMEN MEASUREMENT

CIRCUMERENCE ..... 11.48 cm.  
 INITIAL DIAMETER ..... 3.65 cm.  
 INITIAL AREA ..... 10.50 cm.<sup>2</sup>  
 INITIAL HEIGHT ..... 8.89 cm. (3.50")  
 HEIGHT/DIAMETER ..... 2.44  
 INITIAL WEIGHT ..... 160.9 gm.  
 FINAL WEIGHT ..... 160.2 gm.

FAILURE CONDITIONS

รอยแยกเห็นได้ชัด  
 2 รอยตามรูป



ชนิดของตัวอย่าง Undisturbed อัตราความเร็วของ Strain ..... 0.717% ต่อนาที

ELAPSED TIME MIN	STRAIN DIAL (0.001 in.)	STRAIN (%)	CORRECTED AREA, A (cm <sup>2</sup> )	PROVING RING DIAL (0.001 inch)	AXIAL LOAD, P (kg.)	AXIAL STRESS, P/A (kg/cm <sup>2</sup> )
0	0	0	10.50	0	0	0
	10	0.3	10.53	9.0	2.08	0.194
	20	0.6	10.56	21.0	4.77	0.452
	30	0.9	10.60	38.0	8.63	0.814
	40	1.1	10.62	53.2	12.08	1.137
	50	1.4	10.65	64.5	14.64	1.375
	60	1.7	10.68	71.2	16.16	1.513
	70	2.0	10.71	73.3	16.64	1.554
	80	2.3	10.75	73.5	16.68	1.552
	90	2.6	10.78	71.6	16.25	1.507
	100	2.9	10.81	70.1	15.91	1.472
	110	3.1	10.84	62.0	15.66	1.445
	120	3.4	10.87	67.9	15.41	1.418
	130	3.7	10.90	66.9	15.19	1.394
	140	4.0	10.94	65.8	14.94	1.366
6.0	150	4.3	10.97	65.0	14.76	1.345

หมายเหตุ ค่าธรรมเนียมการทดลองเป็นเงิน.....บาท  
 ผลการทดลองนี้รับรองเฉพาะตัวอย่างที่กองวิเคราะห์และวิจัยได้รับเท่านั้น