กรมทางหลวง
สำนักวิเคราะห์วิจัยและพัฒนางานทาง
วิธีการทดลองหาค่าความแน่นของวัสดุในสนาม โดยใช้ทราย
(เทียบเท่า AASHTO T 191)

* * * * *

1. ขอบข่าย

วิธีการทดลองนี้เป็นการใช้ทรายแทนที่ (Sand Replacement หรือ Sand Cone Method) เพื่อหาความแน่นในสนาม (In-Place Density) ของวัสดุที่มีเม็ดผ่านตะแกรงขนาด 50.8 มิลลิเมตร (2 นิ้ว)

2. วิธีทำ

2.1 เครื่องมือ

เครื่องทดลองหาค่าความแน่น (แสดงในรายละเอียดในรูปที่ 1) ประกอบด้วย

2.1.1 ขวด (Jar) ลักษณะทรงกระบอก เป็นแก้วหรือพลาสติกที่โปร่งแสง และมีขนาดโดยประมาณดังนี้คือ ปริมาตร 3,780 มิลลิลิตร (1 แกลลอน) ตรงกลางขวดมีเส้นผ่านศูนย์กลาง 160 มิลลิเมตร ปากขวดมีเส้นผ่านศูนย์กลาง 80 มิลลิเมตร และมีเกลียวสำหรับต่อกับกรวย

2.1.2 กรวย (Metal Funnel) เป็นโลหะสูงประมาณ 210 มิลลิเมตร ตรงกลางมีลิ้น (Value) สำหรับปิดหรือเปิดรูทรงกระบอก (Orifice) เส้นผ่านศูนย์กลาง 12.7 มิลลิเมตร (1/2 นิ้ว) ยาว 28.6 มิลลิเมตร (1 1/8 นิ้ว) ปากกรวยบานออกมีเส้นผ่านศูนย์กลางภายใน 165.1 มิลลิเมตร (6 1/2 นิ้ว) เส้นผ่านศูนย์กลางภายนอก 171.5 มิลลิเมตร (6 3/4 นิ้ว) สูง 136.5 มิลลิเมตร (5 3/8 นิ้ว) ปลายอีกข้างหนึ่งมีเกลียวสำหรับต่อกับขวดขณะทำการทดลอง รอยต่อระหว่างขวดและกรวยต้องปิดสนิท ในกรณีที่มีช่องว่างหรือเคลื่อนตัวได้ต้องใส่แหวนยางหรือ Gasket

2.1.3 แผ่นฐาน (Base Plate) เป็นโลหะขนาด 304.8 มิลลิเมตร x 304.8 มิลลิเมตร (12 นิ้ว x 12 นิ้ว) ตรงกลางมีรูกลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 165.1 มิลลิเมตร (เท่ากับเส้นผ่านศูนย์กลางภายในของปากกรวย) มีร่องกว้างประมาณ 3.2 มิลลิเมตร (1/8 นิ้ว) สำหรับวางปากกรวยให้สนิท ขอบของแผ่นฐานยกสูงขึ้นเพื่อความสะดวกในการเก็บดินตัวอย่าง มีรูสำหรับตอกตะปูยึดแผ่นฐานไว้ทั้ง 4 มุม

หมายเหตุ เครื่องทดลองความแน่นนี้ใช้กับตัวอย่างประมาณ 2,800 มิลลิลิตร (0.10 ลูกบาศก์ฟุต) อาจดัดแปลงเครื่องมือให้เล็กลงหรือใหญ่ขึ้นได้ แล้วแต่ความเหมาะสมในการใช้งานแต่ละชนิด

2.1.4 ทราย เป็นทรายออตตาวา (Ottawa Sand) หรือทรายธรรมดาที่มีในธรรมชาติ หรือที่ทำขึ้น หรือวัสดุอื่นใด ที่ต้องมีความสะอาด แห้ง ไหลได้โดยอิสระ (Free Flowing) ไม่มีเชื้อประสาน

แข็ง กลม ไม่มีรอยแตก ไม่มีเหลี่ยมมุม ขนาดผ่านตะแกรงเบอร์ 20 (0.85 มิลลิเมตร) ค้างตะแกรงเบอร์ 40 (0.425 มิลลิเมตร) และมีความแน่น (Bulk Density) ที่เปลี่ยนแปลงได้ไม่เกิน 1 เปอร์เซ็นต์

2.1.5 เครื่องชั่งสนาม มีขีดความสามารถชั่งได้ไม่น้อยกว่า 16 กิโลกรัม อ่านได้ละเอียด 1.0 กรัม

2.1.6 เครื่องชั่งขนาด 1,000 กรัม อ่านได้ละเอียด 0.1 กรัม

2.1.7 เครื่องอบ (Drying Equipment) เป็นเตาอบไฟฟ้าหรือเตาเผา ซึ่งสามารถควบคุมอุณหภูมิให้คงที่ได้ประมาณ 110±5 องศาเซลเซียส หรือเครื่องมืออื่นใดที่สามารถทำให้ตัวอย่างแห้งเพื่อหาปริมาณน้ำในดิน

2.1.8 เครื่องมือประกอบอื่นๆ มีช้อนตักดิน กระป๋องเก็บตัวอย่าง ภาชนะใส่ดิน เกรียงสิ่ว ค้อน อีเตอร์ จอบ พลั่ว แปรงขน แปรงลวด เหล็กปาด ตะแกรงขนาด 19.0 มิลลิเมตร (3/4 นิ้ว) ตะแกรงเบอร์ 20 (0.85 มิลลิเมตร) ตะแกรงเบอร์ 40 (0.425 มิลลิเมตร) น้ำกลั่น และเทอร์โมมิเตอร์

2.2 วัสดุประกอบการทดลอง

-

2.3 แบบฟอร์ม

2.3.1 ใช้แบบฟอร์มที่ ว. 6 - 03 ก

2.3.2 สำหรับในกรณีที่วัสดุค้างตะแกรงขนาด 19.0 มิลลิเมตร มากกว่า 10% ให้ใช้แบบฟอร์มที่ ว. 6-03 ก. และ ว. 6-03 ข.

2.3.3 ใช้แบบฟอร์มที่ ว. 6-07 สำหรับรายงานผล

2.4 การเตรียมตัวอย่าง

-

2.5 การทดลอง

2.5.1 การตรวจสอบความแน่นของทราย (Bulk Density of Sand) ให้ดำเนินการดังนี้

(1) หามวลของทรายเต็มขวด (M_1)

(1.1) หงายขวดเปล่าที่ประกอบเข้ากับกรวย ซึ่งได้ทำความสะอาดและชั่งเรียบร้อยแล้วลงบนพื้นที่มั่นคงได้ระดับ ปิดลิ้นแล้วเททรายใส่ในกรวยจนเต็ม

(1.2) เปิดลิ้นให้ทรายไหลลงในขวด และคอยเติมทรายให้เต็มกรวยอยู่ตลอดเวลา ต้องระวังไม่ให้ขวดทรายกระเทือน เนื่องจากแรงสั่นสะเทือนจะทำให้ค่าความแน่นของทรายผิดได้ เมื่อทรายล้นขวดแล้วจึงปิดลิ้น แล้วเททรายที่ล้นออกให้หมด

(1.3) ชั่งขวดทรายแล้วหามวลของทรายเต็มขวดโดยเอามวลของขวดเปล่าพร้อมกรวยไปหักออกจากมวลของขวดทราย

(1.4) ให้ทดลองอย่างน้อย 3 ครั้ง แล้วหาค่าเฉลี่ยมวลของทรายเต็มขวด เป็น M_1

(2) หาปริมาตรของขวด (L)

(2.1) ตั้งขวดเปล่าพร้อมกรวยบนพื้นที่มั่นคงได้ระดับ แล้วเปิดลิ้นไว้

(2.2) เติมน้ำกลั่นลงในขวดจนกระทั่งระดับน้ำขึ้นท่วมกรวยแล้วจึงปิดลิ้น และเทน้ำที่ล้นข้างบนออกให้หมด

(2.3) ถ้าเกลียวของขวดและกรวยปิดไม่สนิทจะมีน้ำซึมออกมาในขณะที่เติมน้ำ ให้ใช้พาราฟิน หรือเทป หรือขี้ผึ้ง ฉาบป้องกันน้ำซึม

(2.4) เช็ดน้ำที่ติดกรวยให้แห้ง แล้วนำขวดน้ำไปชั่ง หามวลของน้ำเต็มขวด โดยเอามวลของขวดเปล่าไปหักออกจากมวลของขวดน้ำ ให้หักมวลของวัสดุป้องกันน้ำรั่วออกด้วย

(2.5) วัดอุณหภูมิของน้ำในขวด

(2.6) ให้ทดลองอย่างน้อย 3 ครั้ง แล้วหาค่าเฉลี่ยมวลของน้ำเต็มขวดเป็น M_2 และอุณหภูมิของน้ำ เพื่อนำไปหาค่าปริมาตรของน้ำต่อหนึ่งหน่วยมวลเป็น T ตามตารางที่ 1

(2.7) คำนวณหาปริมาตรของขวดเป็น L

หมายเหตุ

1. ต้องทำเครื่องหมายไว้ว่าเกลียวของขวดและกรวยเคลื่อนตัวหรือไม่ เกลียวต้องไม่ขยับเขยื้อน เพื่อให้ปริมาตรของขวดมีค่าคงที่ตลอดเวลาที่ทดลอง

2. เมื่อได้ปริมาตรของขวดเรียบร้อยแล้ว ให้บันทึกปริมาตรที่ถูกต้องของขวดนั้นไว้เพื่อใช้ในการคำนวณต่อไป

2.5.2 การทดลองหาค่าความแน่นของดินที่มีเม็ดผ่านตะแกรงขนาด 19.0 มิลลิเมตร

(1) ตั้งเครื่องชั่งให้อยู่ในแนวระดับและปรับให้ได้ศูนย์

(1.1) ชั่งหามวลของกระป๋องเก็บตัวอย่างเป็น X_4

(1.2) ชั่งหามวลของภาชนะใส่ดินเป็น P_2

(1.3) เติมทรายลงในขวดซึ่งประกอบเข้ากับกรวยเรียบร้อยแล้วให้มีปริมาณเพียงพอสำหรับการใช้งาน ปิดลิ้นไว้ แล้วนำขวดทรายไปชั่ง ได้มวลครั้งที่หนึ่งเป็น M_1

(2) ปรับพื้นผิวทดลองให้เรียบและได้ระดับ วางแผ่นฐานให้สนิทกับพื้น แล้วตอกตะปูยึดให้แน่น ใช้แปรงขนปัดฝุ่นผิวหน้าดินและบนแผ่นฐานออกให้หมด

(3) คว่ำขวดทรายให้ปากกรวยตรงกับร่องของแผ่นฐาน เปิดลิ้นให้ทรายไหลลงจนล้นขึ้นมาเต็มกรวยโดยไม่ให้ขวดทรายกระเทือน เมื่อทรายหยุดไหลแล้วจึงปิดลิ้นนำขวดทรายที่เหลือไปชั่ง ได้มวลครั้งที่สองเป็น M_2 มวลที่หายไป $M_1 - M_2$ คือมวลของทราย ในกรวยเป็น M_5

หมายเหตุ การทดลองหาค่าความแน่นของตัวอย่างที่มีเม็ดผ่านตะแกรงเบอร์ 4 (4.75 มิลลิเมตร) ที่

ต้องการความรวดเร็วและค่าละเอียดไม่มากนัก ให้ใช้ค่าปริมาตรของกรวยเป็นค่าคงที่ ซึ่งหาค่าเฉลี่ยได้จากการทดลองอย่างน้อย 3 ครั้ง

(4) เก็บทรายบนแผ่นฐานและพื้นทดลองออกให้หมด ให้ผิวหน้าคงสภาพเดิมเหมือนก่อนเททราย สำหรับทรายที่สกปรกหรือชื้น ให้นำไปทำความสะอาด เพิ่มเติมทรายที่สะอาดลงในขวดมีปริมาณเพียงพอกับการใช้งาน ปิดลิ้นไว้ แล้วนำขวดทรายไปชั่งหามวลครั้งที่ 3 เป็น W_3

(5) เจาะดินตรงกลางแผ่นฐานเป็นรูปทรงกระบอก เส้นผ่านศูนย์กลางเท่ารูตรงกลางของแผ่นฐาน โดยขุดเป็นแนวตั้งฉากตลอดชั้นวัสดุที่ทดลอง หรือลึกประมาณ 100-150 มิลลิเมตร แล้วแต่ชนิดของงาน และขนาดของวัสดุตามตารางที่ 2 แต่งหลุมให้เรียบเพื่อให้ทรายแทนที่ได้สะดวก

(5.1) รวบรวมตัวอย่างที่ขุดทั้งหมดใส่ภาชนะแล้วนำไปชั่ง ได้มวลรวมของตัวอย่างชื้นและภาชนะใส่ตัวอย่างเป็น P_1

(5.2) นำมวลของภาชนะใส่ตัวอย่าง ไปหักออกจากมวลรวมของตัวอย่างชื้นและภาชนะใส่ตัวอย่างมวลที่คงเหลือ $P_1 - P_2$ คือมวลของดินชื้นในหลุมเป็น P_3

(6) คลุกดินที่เก็บจากหลุมให้ทั่ว แล้วเก็บใส่กระป๋องเก็บตัวอย่าง อย่างน้อย 100 กรัม หรือแล้วแต่ขนาดของวัสดุตามตารางที่ 2

(6.1) ปิดฝากระป๋องกันดินหล่นออก แล้วนำไปชั่งหามวลทันที ได้มวลรวมของดินชื้นและกระป๋องเก็บตัวอย่างเป็น X_1

(6.2) นำดินในกระป๋องที่เปิดฝาไปอบในเครื่องอบที่อุณหภูมิ 110±5° ซ. จนตัวอย่างแห้ง แล้วนำไปชั่งหามวลได้มวลรวมของดินแห้งและกระป๋องเก็บตัวอย่างเป็น X_2

(6.3) นำมวลรวมของดินแห้งและกระป๋องเก็บตัวอย่างไปหักออกจากมวลรวมดินชื้นและกระป๋องเก็บตัวอย่าง $X_1 - X_2$ ได้มวลของน้ำที่มีอยู่ในดินเป็น X_3

(6.4) นำมวลของกระป๋องเก็บตัวอย่างไปหักออกจากมวลรวมของดินแห้งและกระป๋องเก็บตัวอย่าง ได้มวลของดินแห้งเป็น X_5

(6.5) หาปริมาณน้ำในดิน w โดยคิดเทียบมวลของน้ำที่มีอยู่ในดินเป็นร้อยละของมวลของดินแห้ง ในหน่วยมวลเดียวกัน

(7) คว่ำขวดทรายให้ปากกรวยตรงกับร่องของแผ่นฐาน (การทดลองที่ต้องการความละเอียดและถูกต้องให้ทำเครื่องหมายไว้ที่ปากกรวยด้านนอก และที่ขอบรูกลางแผ่นฐานด้านบน ในขณะที่คว่ำขวดทรายลงบนแผ่นฐาน ต้องเลื่อนให้เครื่องหมายตรงกันทุกครั้ง) เปิดลิ้นให้ทรายไหลลงจนเต็มหลุม ต้องไม่ให้ขวดทรายกระเทือนเมื่อทรายหยุดไหลแล้วจึงปิดลิ้น นำขวดทรายที่เหลือไปชั่งหามวลครั้งที่สี่เป็น W_4 เก็บทรายสะอาดเพื่อใช้งานต่อไป ส่วนทรายที่ชื้นหรือสกปรกให้นำไปทำความสะอาด ความแตกต่างของมวลในการทดลองครั้งหลัง $W_3 - W_4$ คือมวลของทรายที่แทนที่ในหลุมและกรวยเป็น W_6

(8) นำมวลของทรายในกรวยไปหักออกจากมวลของทรายในหลุมและกรวย $W6 - W5$ คือมวลของทรายในหลุมเป็น W_7

(9) หาปริมาตรของหลุมเป็น V_1 โดยเอาความแน่นของทราย ρ_s ไปหารมวลของทรายในหลุม

2.5.3 การทดลองหาค่าความแน่นของดินที่มีเม็ดผ่านตะแกรงขนาด 50.8 มิลลิเมตร และมีส่วนที่เม็ดค้างตะแกรงขนาด 19.0 มิลลิเมตร น้อยกว่า 10% ของมวลรวม

(1) ปฏิบัติการทดลองตามข้อ 2.5.2 (1) ถึง (5)

(2) ใช้ตะแกรงขนาด 19.0 มิลลิเมตร แบ่งแยกดินที่เก็บจากหลุม ชั่งหามวลของดินที่มีเม็ดผ่านตะแกรงเป็น P_4

(3) ให้นำส่วนที่เม็ดค้างตะแกรงขนาด 19.0 มิลลิเมตร ใส่ลงในหลุมทดลอง

(4) ปฏิบัติการทดลองตามข้อ 2.5.2 (6) ถึง (8)

(5) หาปริมาตรของดินที่มีมีเม็ดผ่านตะแกรงขนาด 19.0 มิลลิเมตร เป็น V_2 โดยเอาความแน่นของทรายไปหารมวลของทรายในหลุม

2.5.4 การทดลองหาค่าความแน่นของวัสดุที่มีเม็ดผ่านตะแกรงขนาด 50.8 มิลลิเมตร และมีส่วนที่เม็ดค้างตะแกรงขนาด 19.0 มิลลิเมตร มากกว่าหรือเท่ากับ 10% ของมวลรวม หรือวัสดุพวก Grade A หรือ Grade B (มาตรฐานกรมทางหลวง)

(1) ปฏิบัติการทดลองตามข้อ 2.5.2 (1) ถึง (5)

(2) ใช้ตะแกรงขนาด 19.0 มิลลิเมตร แบ่งแยกดินที่เก็บจากหลุม

(2.1) ชั่งหามวลของดินที่มีเม็ดผ่านตะแกรงเป็น P_5

(2.2) ชั่งหามวลของส่วนที่เม็ดค้างตะแกรงเป็น P_6

(3) ส่วนที่เม็ดค้างตะแกรงขนาด 19.0 มิลลิเมตร หรือวัสดุพวก Grade A หรือ Grade B ไม่ต้องใส่ลงในหลุมทดลอง ให้คำนวณหาปริมาตรของส่วนที่เม็ดค้างตะแกรงเป็น V3 จากความถ่วงจำเพาะ G แบบ Bulk Saturated-Surface Dry Specific Gravity ตามวิธีทดลองที่ ทล.-ท. 207/2517 ที่ได้หาไว้แล้ว ถ้าหินมีลักษณะชื้นหรือแบบ Bulk Specific Gravity ถ้าหินมีลักษณะแห้ง

(4) ปฏิบัติการทดลองตามข้อ 2.5.2 (6) ถึง (8)

(5) หาปริมาตรของหลุมเป็น V_4 โดยเอาความแน่นของทรายไปหารมวลของทรายในหลุม และผลต่างของปริมาตรของทรายในหลุมกับปริมาตรของส่วนที่เม็ดค้างตะแกรง คือ ปริมาตรของดินที่มีเม็ดผ่านตะแกรงขนาด 19.0 มิลลิเมตร เป็น V_5

3. การคำนวณ

3.1 ความแน่นของทราย

3.1.1 ปริมาตรของขวด

$$L = M_2 T$$

เมื่อ L = ปริมาตรของขวด มีหน่วยเป็นมิลลิลิตร

M_2 = มวลของน้ำเต็มขวด มีหน่วยเป็นกรัม

T = ปริมาตรของน้ำ 1 กรัม ที่อุณหภูมิทดลองตามตารางที่ 1 มีหน่วยเป็นมิลลิลิตรต่อกรัม

3.1.2 ความแน่นของทราย

$$\rho_s = \frac{M1}{L}$$

เมื่อ ρ_s = ความแน่นของทราย มีหน่วยเป็นกรัมต่อมิลลิลิตร

M_1 = มวลของทรายเต็มขวด มีหน่วยเป็นกรัม

L = ปริมาตรของขวด มีหน่วยเป็นมิลลิลิตร

3.2 ปริมาณน้ำในดิน

3.2.1 มวลของน้ำที่มีอยู่ในดิน

$$X_3 = X_1 - X_2$$

เมื่อ X_3 = มวลของน้ำที่มีอยู่ในดิน มีหน่วยเป็นกรัม

X_1 = มวลของดินชื้นและกระป๋องเก็บตัวอย่าง มีหน่วยเป็นกรัม

X_2 = มวลของดินแห้งและกระป๋องเก็บตัวอย่าง มีหน่วยเป็นกรัม

3.2.2 มวลของดินแห้ง

$$X_5 = X_2 - X_4$$

เมื่อ X_5 = มวลของดินแห้ง มีหน่วยเป็นกรัม

X_2 = มวลของดินแห้งและกระป๋องเก็บตัวอย่าง มีหน่วยเป็นกรัม

X_4 = มวลกระป๋องเก็บตัวอย่าง มีหน่วยเป็นกรัม

3.2.3 ปริมาณน้ำในดิน

$$w = \frac{X_3}{X_5} \times 100$$

เมื่อ w = ปริมาณน้ำในดิน มีหน่วยเป็นร้อยละ

X_3 = มวลของน้ำที่มีอยู่ในดิน มีหน่วยเป็นกรัม

X_5 = มวลของดินแห้ง มีหน่วยเป็นกรัม

3.3 มวลของทรายในหลุม

3.3.1 มวลของทรายในกรวย

$$M_5 = M_1 - M_2$$

M_5 = มวลของทรายในกรวย มีหน่วยเป็นกรัม

M_1 = มวลครั้งที่หนึ่งของขวด กรวยและทรายมีหน่วยเป็นกรัม

M_2 = มวลครั้งที่สองของขวด กรวยและทรายมีหน่วยเป็นกรัม

3.3.2 มวลของทรายในหลุมและกรวย

$$M_6 = M_3 - M_4$$

M_6 = มวลของทรายในหลุมและกรวย มีหน่วยเป็นกรัม

M_3 = มวลครั้งที่สามของขวด กรวยและทราย มีหน่วยเป็นกรัม

M_4 = มวลครั้งที่สี่ของขวด กรวยและทราย มีหน่วยเป็นกรัม

3.3.3 มวลของทรายในหลุม

$$M_7 = M_6 - M_5$$

M_7 = มวลของทรายในหลุม มีหน่วยเป็นกรัม

M_6 = มวลของทรายในหลุมและกรวย มีหน่วยเป็นกรัม

M_5 = มวลของทรายในกรวย มีหน่วยเป็นกรัม

3.4 ความแน่นของดินที่มีเม็ดผ่านตะแกรงขนาด 19.0 มิลลิเมตร

3.4.1 ปริมาตรของหลุม

$$V_1 = \frac{M_7}{\rho_s}$$

เมื่อ V_1 = ปริมาตรของหลุม มีหน่วยเป็นมิลลิลิตร

M_7 = มวลของทรายในหลุม มีหน่วยเป็นกรัม

ρ_s = ความแน่นของทราย มีหน่วยเป็นกรัมต่อมิลลิลิตร

3.4.2 มวลของดินชื้นจากหลุม

$$P_3 = P_1 - P_2$$

เมื่อ P_3 = มวลของดินชื้นจากหลุม มีหน่วยเป็นกรัม

P_1 = มวลของดินชื้นและภาชนะใส่ดิน มีหน่วยเป็นกรัม

P_2 = มวลของภาชนะใส่ดิน มีหน่วยเป็นกรัม

3.4.3 ความแน่นของดินชื้น

$$\rho_w = \frac{P_3}{V_1}$$

เมื่อ ρ_w = ความแน่นของดินชื้น มีหน่วยเป็นกรัมต่อมิลลิลิตร

P_3 = มวลของดินชื้นจากหลุม มีหน่วยเป็นกรัม

V_1 = ปริมาตรของหลุม มีหน่วยเป็นมิลลิลิตร

3.4.4 ความแน่นของดินแห้ง

$$\rho_d = \frac{\rho_w}{\frac{1+w}{100}}$$

เมื่อ ρ_d = ความแน่นของดินแห้ง มีหน่วยเป็นกรัมต่อมิลลิลิตร

ρ_w = ความแน่นของดินชื้น มีหน่วยเป็นกรัมต่อมิลลิลิตร

w = ปริมาณน้ำในดิน มีหน่วยเป็นร้อยละ

3.5 ความแน่นของดินที่มีส่วนที่เม็ดค้างตะแกรงขนาด 19.0 มิลลิเมตร น้อยกว่า 10% ของมวลรวม

3.5.1 ปริมาตรที่มีเม็ดผ่านตะแกรงขนาด 19.0 มิลลิเมตร

$$V_2 = \frac{W_7}{\rho_s}$$

เมื่อ V_2 = ปริมาตรของดินที่มีเม็ดผ่านตะแกรงขนาด 19.0 มิลลิเมตร มีหน่วยเป็นมิลลิลิตร

M_7 = มวลของทรายในหลุม มีหน่วยเป็นกรัม

ρ_s = ความแน่นของทราย มีหน่วยเป็นกรัมต่อมิลลิลิตร

3.5.2 ความแน่นของดินชื้น

$$\rho_2 = \frac{P_4}{V_2}$$

เมื่อ ρ_2 = ความแน่นของดินชื้น มีหน่วยเป็นกรัมต่อมิลลิลิตร

P_4 = มวลของดินชื้นที่มีเม็ดผ่านตะแกรงขนาด 19.0 มิลลิเมตร มีหน่วยเป็นกรัม

V_2 = ปริมาตรของดินที่มีเม็ดผ่านตะแกรงขนาด 19.0 มิลลิเมตร มีหน่วยเป็นมิลลิลิตร

3.5.3 ความแน่นของดินแห้ง

$$\rho_d = \frac{\rho_2}{\frac{1+w}{100}}$$

เมื่อ ρ_d = ความแน่นของดินแห้ง มีหน่วยเป็นกรัมต่อมิลลิลิตร

ρ_2 = ความแน่นของดินชื้น มีหน่วยเป็นกรัมต่อมิลลิลิตร

w = ปริมาณน้ำในดิน มีหน่วยเป็นร้อยละ

3.6 ความแน่นของดินที่มีส่วนที่เม็ดค้างตะแกรงขนาด 19.0 มิลลิเมตร มากกว่า 10% ของมวลรวม หรือวัสดุ Grade A หรือ Grade B

3.6.1 ปริมาตรของดินที่เม็ดค้างตะแกรงขนาด 19.0 มิลลิเมตร

$$V_3 = \frac{P_6}{G.\rho_w}$$

เมื่อ V_3 = ปริมาตรของส่วนที่เม็ดค้างตะแกรงขนาด 19.0 มิลลิเมตร มีหน่วยเป็นมิลลิลิตร

P_6 = มวลของส่วนที่เม็ดค้างตะแกรงขนาด 19.0 มิลลิเมตร มีหน่วยเป็นกรัม

G = ความถ่วงจำเพาะของส่วนที่เม็ดค้างตะแกรงขนาด 19.0 มิลลิเมตร

ρ_w = ความหนาแน่นของน้ำ ใช้ 1 กรัมต่อมิลลิลิตร

3.6.2 ปริมาตรของดินที่มีเม็ดผ่านตะแกรงขนาด 19.0 มิลลิเมตร

$$V_5 = V_4 - V_3$$

เมื่อ V_5 = ปริมาตรของดินที่เม็ดผ่านตะแกรงขนาด 19.0 มิลลิเมตร มีหน่วยเป็นมิลลิลิตร

V_4 = ปริมาตรของหลุม มีหน่วยเป็นมิลลิลิตร

V_3 = ปริมาตรของดินที่มีเม็ดค้างตะแกรงขนาด 19.0 มิลลิเมตร มีหน่วยเป็นมิลลิลิตร

3.6.3 ความแน่นของดินชื้น

$$\rho_3 = \frac{P_5}{V_5}$$

เมื่อ ρ_3 = ความแน่นของดินชื้น มีหน่วยเป็นกรัมต่อมิลลิลิตร

P_5 = มวลของดินที่มีเม็ดผ่านตะแกรงขนาด 19.0 มิลลิเมตร มีหน่วยเป็นกรัม

V_5 = ปริมาตรของดินที่มีเม็ดผ่านตะแกรงขนาด 19.0 มิลลิเมตร มีหน่วยเป็นมิลลิลิตร

3.6.4 ความแน่นของดินแห้ง

$$\rho_d = \frac{\rho_3}{\frac{1+w}{100}}$$

เมื่อ ρ_d = ความแน่นของดินแห้ง มีหน่วยเป็นกรัมต่อมิลลิลิตร

ρ_3 = ความแน่นของดินชื้น มีหน่วยเป็นกรัมต่อมิลลิลิตร

w = ปริมาณน้ำในดิน มีหน่วยเป็นร้อยละ

3.7 เปอร์เซ็นต์การบดทับ

$$P_c = \frac{\rho_d}{\rho_m} \times 100$$

เมื่อ P_c = เปอร์เซ็นต์การบดทับ

ρ_d = ความแน่นของดินแห้ง มีหน่วยเป็นกรัมต่อมิลลิลิตร

ρ_m = ความแน่นสูงสุดของดินแห้ง ตามวิธีการทดลองที่ ทล.-ท. 107/2517 หรือ 108/2517 มีหน่วยเป็นกรัมต่อมิลลิลิตร

4. การรายงาน

ให้รายงานรายละเอียดต่างๆ ดังต่อไปนี้

4.1 รายงานชื่อโครงการ สายทาง ชั้นของวัสดุ ชนิดของวัสดุ เจ้าหน้าที่ทดลอง วัน เวลาที่ทดลอง ความแน่นของทรายที่หาได้ ตำแหน่งที่ทดลอง ความหนาของชั้นต่างๆ ตามสัญญาและความหนาจริงในการก่อสร้าง และรายละเอียดอื่นๆ

4.2 รายงานค่าต่างๆ ตามแบบฟอร์ม สำหรับค่าความแน่นของดินให้ใช้ทศนิยม 3 ตำแหน่ง และเปอร์เซ็นต์การบดทับให้ใช้ทศนิยม 1 ตำแหน่ง

5. ข้อควรระวัง

5.1 แผ่นฐานที่วางบนพื้นทดลองต้องไม่ให้เคลื่อนตัวได้

5.2 ต้องเก็บทรายที่เทครั้งแรกออกจากผิวหน้าทดลองให้หมด

5.3 ขณะทดลองต้องไม่ให้ขวดทรายกระเทือน

5.4 ต้องหาค่าความแน่นของทรายอย่างน้อยสัปดาห์ละ 1 ครั้ง

5.5 ทรายที่ใช้ทดลองต้องสะอาดและแห้ง

5.6 ต้องปิดลิ้นก่อนคว่ำขวดทรายทุกครั้ง

5.7 ในขณะที่เคลื่อนย้ายเครื่องมือ ให้อุ้มตัวขวดโดยตรงหรือทำที่หิ้วขวด เพราะกรวยมักจะขาดตรงบริเวณลิ้นถ้าจับหิ้วที่กรวย

5.8 ให้หาความถ่วงจำเพาะของหินที่ค้างตะแกรงขนาด 19.0 มิลลิเมตร ใหม่ทุกครั้งที่ชนิดของวัสดุเปลี่ยนแปลง ตามวิธีทดลองในข้อ 2.5.4 (3)

6. หนังสืออ้างอิง

6.1 The American Society of Testing and Materials. ASTM Standards, ASTM Designation : D 1556-64

6.2 The American Association of State Highway Official. Specifications for Highway Materials and Methods of Sampling and Testing, AASHTO Designation : T 191

* * * * * *

DH-T 603

ว. 6-03 ก.

สำนักวิเคราะห์วิจัยและพัฒนางานทาง กรมทางหลวง

FIELD DENSITY TEST

SAND REPLACEMENT METHOD

โครงการฯ สาย สุไหงโกลก-พรมแดน

วัสดุชั้น Base Course ชนิดของวัสดุ Lime Stone

เจ้าหน้าที่ทดลอง วินัย วันที่ทดลอง 26 ต.ค. 16

Density of sand (ρ_s) 1.506 gm./ml.

Station	Km.		1+325	1+416	1+502	1+629	1+716
	Off set	m.	1.5 Lt.	2.4 Rt.	1.8 Rt.	2.6 Lt.	2.0 Rt.
VOLUME DETERMINATION							
Mass **of Sand in funnel**							
initial Mass (M_1)		gm.	7,350	7,849	8,054	7,965	8,031
final Mass (M_2)		gm.	5,603	5,953	6,352	6,307	6,307
Mass of Sand used $M_5 = (M_1 - M_2)$		gm.	1,747	1,896	1,702	1,678	1,724
Mass **of Sand in hole and funnel**							
initial Mass (M_3)		gm.	8,008	8,167	7,840	7,940	7,971
final Mass (M_4)		gm.	2,926	3,267	3,221	3,312	3,448
Mass of Sand used $M_6 = (M_3 - M_4)$		gm.	5,082	4,900	4,619	4,628	4,523
Mass of Sand in hole $M_7 = (M_6 - M_5)$		gm.	3,335	3,004	2,917	2,950	2,799
Volume of hole $V_1 = (M_7 \div \rho_s)$ or $= V_2$		ml.	2,214.5	1,994.7	1,936.9	1,958.8	1,858.6
V_5 from ว. 6-03 ข.		ml.	1,937.1	1,725.8	1,684.78	1,740.3	1,614.9
WATER CONTENT DETERMINATION							
Can No.			20	F-80	F-2	75	81
Wet soil + can. (X_1)		gm.	254.3	274.0	285.2	292.6	254.6
Dry soil + can. (X_2)		gm.	245.3	268.2	276.0	283.0	245.2
Mass of water $X_3 = (X_1 - X_2)$		gm.	9.0	5.8	9.2	9.6	9.4
Mass of can. (X_4)		gm.	45.7	43.2	41.0	43.0	45.2
Mass of Dry soil $X_5 = (X_2 - X_4)$		gm.	199.6	225.0	235.0	240.0	200.0
Water content $[(X_3 \div X_5)\ 100] = \omega$		%	4.5	2.6	3.9	4.0	4.7
Mass **OF DENSITY SAMPLE**							
Wet soil + container (P_1)		gm.	4,809	4,142	4,152	4,333	4,083
Mass of container (P_2)		gm.	317	317	317	317	317
Mass of wet soil $P_3 = (P_1 - P_2)$ or $= P_4$ or $= P_5$		gm.	4,492	3,825	3,835	4,016	3,766
Wet density $\rho_u = (P_3 \div V_1)$ or $= (P_4 \div V_2)$ or $= (P_5 \div V_5)$		gm./ml.	2.319	2.216	2.276	2.308	2.332
Dry density $[\rho_\omega \div (1 + \frac{w}{100})] = \rho d$		gm./ml.	2.219	2.160	2.191	2.219	2.227
PERCENT COMPACTION DETERMINATION							
Max. density ρ_m		gm./ml.	2.254	2.254	2.254	2.254	2.254
% Compaction $P_c = [\rho_d \div \rho_m)\ 100]$			98.4	95.8	97.2	98.4	98.8
DEPTH OF COMPACTED MATERIAL							
Designed depth		cm.	40.0	40.0	40.0	40.0	40.0
Actual depth in field		cm.	38.0	35.0	40.0	37.0	40.0

(Soil-Aggregate ที่มี Gradation เข้า Specs. Grade A และ B ให้ใช้ Data ว. 6-03 ข. ทดลองด้วย)

FIELD DENSITY TEST

ใช้คู่กับ ว. 6-03 ก. ในกรณีที่วัสดุค้างตะแกรงขนาด 19.0 มิลลิเมตร มากกว่า 10%

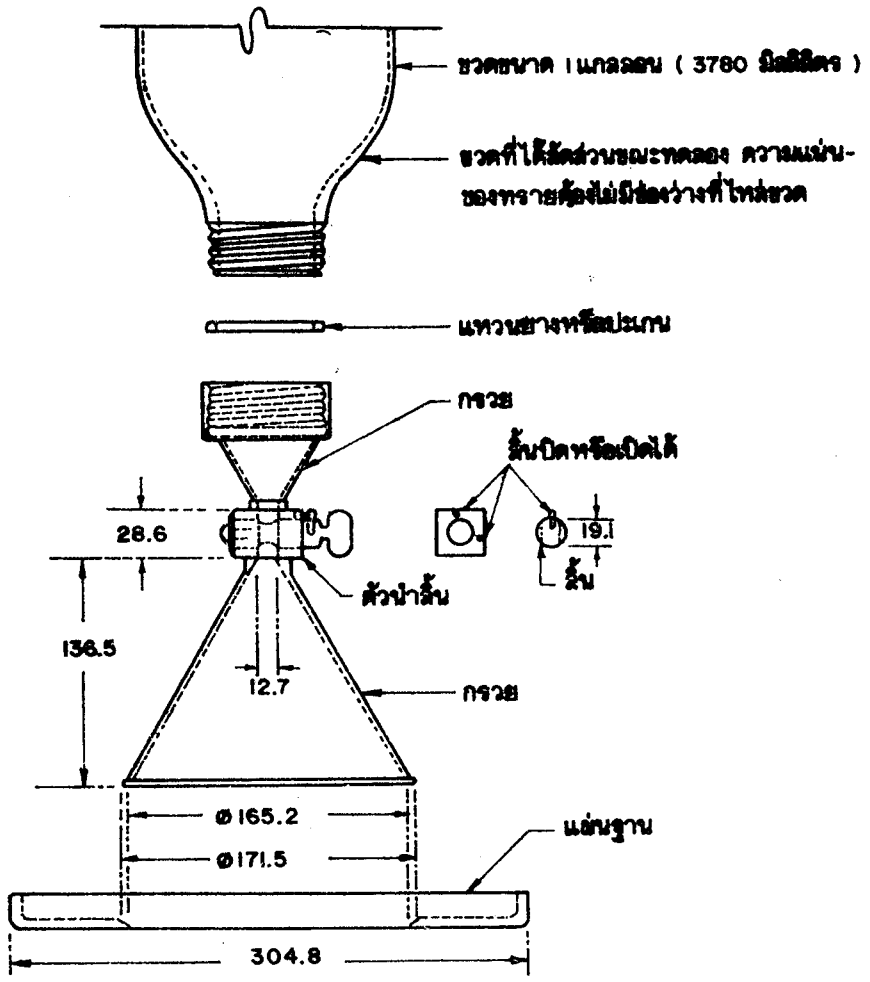
ในการทดลอง field density หินที่โตกว่า 19.0 มิลลิเมตร จะต้องเอากลับลงไปในหลุม ในขณะที่ทดลองหาปริมาตรของหลุม ถ้าหากมีหินขนาดนี้มากกว่า 10% ขึ้นไป จะทำให้ทรายไม่สามารถไหลถึงกันหลุมได้ จะทำให้เกิด error ในการทดลองหา field density

ในกรณีมีวัสดุโตกว่า 19.0 มิลลิเมตร มากกว่า 10% ไม่ต้องเอาวัสดุเหล่านี้ลงในหลุมและให้ดำเนินการทดลองดังนี้ โดยใช้ Data ควบกับ ว. 6-03 ก.

Bulk saturated-surface-dry specific gravity (G) = 2.70
(ของวัสดุที่ขนาดโตกว่า 19.0 มิลลิเมตร)

Station	Km.		1+325	1+416	1+502	1+629	1+716
	Off. set.	m.	1.5 Lt.	2.4 Rt.	1.8 Rt.	2.6 Lt.	2.0 Rt.
Volume of 19.0 mm. retained-aggregate							
Wt. of + 19.0 mm. aggregate (p_6)		gm.	749	726	681	590	658
Volume of + 19.0 mm. aggregate $V_3 = (p_6 \div G)$		cc.	277.4	268.9	252.2	218.5	243.7
Total Volume of hole V_1 from ว. 6-03 ก. = (V_4)		cc.	2,214.5	1,994.7	1,936.9	1,958.8	1,858.6
Volume of 19.0 mm. passing-aggregate (V_5) or Volume of hole = ($V_4 - V_3$) (ใช้ Volume of hole ค่านี้ไปหา wet density ใน ว. 6-03 ก. ต่อไป)		cc.	1,937.1	1,725.8	1,684.7	1,740.3	1,614.9

หมายเหตุ Soil-Aggregate ที่มี Gradation เข้า Specs. grade A และ B ให้ใช้วิธีการทดลองนี้ทุกครั้ง



หมายเหตุ—
ขนาดทั้งหมดเป็น มิลลิเมตร

รูปที่ 1 เครื่องมือทดลองหาความแน่น

เรียน สมศักดิ์ ชื่นชิง 13กย.29.

ตรวจ 22/9/89

สำนักวิเคราะห์วิจัยและพัฒนางานทาง

ว. -6-07

Field Density Test Report

Project : สุไหงโกลก-พรมแดน

Section : - Date 18 ต.ค. 16 Tested by วินัย

No.	Station	Depth cm.	Material to be used as	Laboratory Test		In-Place Test		Percent Compaction	Minimum Compaction Required	Acceptance	Remarks
				opt. Moist. %	Density gm/ml.	Moist--ure %	Density gm/ml.				
1	1+325 1.5 Lt.	23.8	Subbase	6.8	2.254	4.5	2.219	98.4	95.0	ใช้ได้	
2	1+416 2.4 Rt.	23.5	Subbase	6.8	2.254	2.6	2.160	95.8	95.0	ใช้ได้	
3	1+502 1.8 Rt.	24.0	Subbase	6.8	2.254	3.9	2.191	97.2	95.0	ใช้ได้	
4	1+629 2.6 Lt.	23.7	Subbase	6.8	2.254	4.0	2.219	98.4	95.0	ใช้ได้	
5	1+716 2.0 Rt.	24.0	Subbase	6.8	2.254	4.7	2.227	98.8	95.0	ใช้ได้	

วินัย .....Material Engineer.

ตารางที่ 1
แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิและปริมาตรของน้ำต่อหนึ่งหน่วยมวล

อุณหภูมิ		ปริมาตรของน้ำต่อหนึ่งหน่วยมวล
องศาเซลเซียส	องศาฟาเรนไฮต์	มิลลิลิตรต่อกรัม (T)
12	53.6	1.000 48
14	57.2	1.000 73
16	60.8	1.001 03
18	64.4	1.001 38
20	68.8	1.001 77
22	71.6	1.002 21
24	75.2	1.002 68
26	78.8	1.003 20
28	82.4	1.003 75
30	86.0	1.004 35
32	89.6	1.004 97

ตารางที่ 2
แสดงความสัมพันธ์ระหว่างขนาดวัสดุ ปริมาตรหลุมและมวลที่ใช้หาความชื้น

ขนาดใหญ่สุดของวัสดุ		ปริมาตรต่ำสุดของหลุม (มิลลิลิตร)	มวลต่ำสุดของวัสดุที่ใช้หาความชื้น (กรัม)
มิลลิเมตร	ขนาดตะแกรง		
5.75	เบอร์ 4	700	100
12.5	1/2 นิ้ว	1,400	250
25.0	1 นิ้ว	2,100	500