หอสมุดกลาง จุฬาลงกรณมหาวิทยาลัย

เอกสารอ้างอิง

1. ประวิตร ปุษยนาวิน , "Typical Moisture - Density Curves ของ Silty Sand ในแถบภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย", กรมทางหลวง กระทรวงพัฒนาการแห่งชาติ

2. Anday, M.C. and C.S Hughes, "Compaction Control of Granular Base Course Materials By Use of Nuclear Device and a Control Strip Technique", Symposium on Compaction of Earth work and Granular Bases, Highway Research Board Record 177, pp.136 - 143, 1967

3. Hift, J.W., "A Rapid Method of Construction control for Embankments of Cohesive Soil", Conference on Soils for Engineering Purposes, ASTM. Special Technical Publication No.232, pp.123 - 158, 1957

4. Holin, J.G., "Ohio's Typical Moisture-Density Curves", Symposium on Application of Soil Testing in Highway Design and construction, ASTM. Special Technical Publication No.239, pp.111 - 118, 1959

5. National Cooperative Highway Research Program Report No.14", " Density and Moisture Content Measurement By Nuclear Method",Interim Report, 1965

6. Redus, J.F, "A Study of In-place Density Determination for Base Courses and Soils", Highway Research Board Bulletin 159, pp.24 - 40

7. Schonfeld, R., "The Constant Dry Weight Method : A No-weighing Field Compaction Test", Department of Highway of Ontario Report, No. RR 141, Downsview, Ontario, Canada, 1968

8. "Soil Mechanics for Engineers", "Compaction of Soil", Great Britain Road Research Laboratory, H.M.Stationary Office, London. pp.154 - 207, 1952

9. "The Statistical Approach to Quality Control in Highway Construction", U.S. Department of commerce, Bureau of Public Roads, 1965

10. Walpole, R.E., and R.H. MYERS, "Probability and Statistics for Engineers and Scientists", Macmillan, pp.228 - 279, 1972

ภาคผนวก ก.

การหาเปอร์เซนต์การบดอัดโดยวิธี Hift

วิธีการของ Hift เป็นการหาเปอร์เซนต์การบดอัดในสนาม โดยใช้ converted wet - density curve ตามสูตร เปอร์เซนต์การบดอัด $= \frac{\gamma_{D_f}}{\gamma_{D_m}} = \frac{\gamma_{D_f}(1 + w_f)}{\gamma_{D_m}(1 + w_f)}$

เทอม $\gamma_{D_f}(1 + w_f)$ คือ field wet density หาได้จากน้ำหนักของดินหารด้วยปริมาตรของดิน ส่วนเทอม $\gamma_{D_m}(1 + w_f)$ สมการหาได้จาก curve ของ converted wet density กับเปอร์เซนต์ของน้ำที่ใส่ลงไป

การทดลอง

1. หา field wet density ของดิน โดยเจาะเอาดินมาชั่งหาน้ำหนักของดินส่วนที่ถูกเจาะออก และหาปริมาตรของดินส่วนที่เราเจาะเอาออกมา ก็จะได้ค่า field wet density ซึ่งทำการทดลองเป็นขั้นๆ ดังต่อไปนี้

1.1 ตั้งเครื่องชั่งให้อยู่ในแนวระดับและปรับให้ได้ศูนย์

- ชั่งภาชนะใส่ดิน

- เติมทรายลงในขวดที่ประกอบเข้ากับกรวยเรียบร้อยแล้ว ให้มีปริมาณเพียงพอกับการใช้งาน ปิดลิ้นไว้ นำขวดทรายไปชั่ง

1.2 ปรับพื้นผิวทดลองให้เรียบและได้ระดับ วางแผ่นฐานให้สนิทกับพื้นแล้วตอกตะปูยึดให้แน่น ใช้แปรงขนปัดฝุ่นผิวหน้าดินและแผ่นฐานออกให้หมด

1.3 เจาะดินตรงกลางแผ่นฐานเป็นรูปทรงกระบอก เส้นผ่านศูนย์กลางเท่ารูกลางของแผ่นฐาน โดยขุดเป็นแนวตั้งฉากตลอดชั้นวัสดุที่ทดลองหรือลึกประมาณ 10-15 ซม. แล้วแต่ชนิดของงานแต่งหลุมให้เรียบ เพื่อให้ทรายแทนที่ได้สะดวก

- รวบรวมดินตัวอย่างที่ขุดทั้งหมดใส่ภาชนะแล้วนำไปชั่งได้น้ำหนักรวมของดินชื้นและภาชนะใส่ดิน นำน้ำหนักของภาชนะใส่ดินไปหักออกจะได้น้ำหนักของดินชื้นในหลุม

1.4 ควำขวดทรายให้ปากกรวยตรงกับร่องของแผ่นฐาน เปิดลิ้นให้ทรายไหลลงจนเต็มหลุมต้องไม่ให้ขวดทรายกระเทือน เมื่อทรายหยุดไหลแล้วจึงปิดลิ้น นำขวดทรายที่เหลือไปชั่งน้ำหนัก เก็บทรายสะอาดเพื่อใช้งานต่อไป น้ำหนักของทรายที่แทนที่ในหลุมและในกรวยคือน้ำหนักของทรายครั้งแรกลบออกจากน้ำหนักทรายครั้งหลัง นำน้ำหนักของทรายในกรวยไปหักออกจากน้ำหนักของทรายในหลุมและในกรวย จะได้น้ำหนักของทรายในหลุม

1.5 หาปริมาตรของหลุมที่เจาะได้ โดยเอาความแน่นของทรายไปหารน้ำหนักของทรายในหลุม

2. นำดินชื้นที่เจาะเอาจากหลุมมา 7.5 ปอนด์ ทุบเป็นก้อนเล็กๆ คลุกเคล้าจนเข้ากันดี ทำการบดอัด โดยแบ่งตัวอย่างใส่ลงในแบบ (mould) ซึ่งมีปลอก (collar) สวมเรียบร้อย ปริมาณดินที่ใส่แต่ละชั้นเมื่อบดทับแล้วมีความสูงประมาณ $\frac{1}{3}$ ของ 127 มิลลิเมตร (5 นิ้ว) ทำการบดอัดด้วยค้อนจำนวน 25 ครั้งต่อชั้น ดำเนินการบดอัดจนได้ตัวอย่างที่ทำการบดทับแล้วเป็นชั้นๆ จำนวน 3 ชั้น มีความสูงประมาณ 127 มิลลิเมตร (สูงกว่าแบบประมาณ 10 มิลลิเมตร) ถอดปลอก (collar) ออก ใช้เหล็กปาดแต่งหน้าให้เรียบเท่ากับระดับตอนบนของแบบ กรณีที่มีหลุมบนหน้าให้เติมดินตัวอย่างและใช้ค้อนทุบให้แน่นพอสมควร นำไปชั่งได้น้ำหนักของดินตัวอย่างและน้ำหนักของแบบ หักน้ำหนักของแบบออกจะได้น้ำหนักของดินชื้น {ในกรณีที่ทำการบดอัดชนิดสูงกว่ามาตรฐาน (modified compaction) ให้ดำเนินการบดอัดจนได้ตัวอย่างที่ทำการบดอัดแล้วเป็นชั้นๆ จำนวน 5 ชั้น โดยใช้ค้อนหนัก 4.537 กิโลกรัม (10.0 ปอนด์) ระยะปล่อยค้อนตก 457.2 มิลลิเมตร (18 นิ้ว)} เอาน้ำหนักของดินชื้นหารด้วยปริมาตรของแบบ (mould) ก็จะได้ค่า wet density ของดินที่เราใส่น้ำเพิ่มเข้าไป หักปริมาณน้ำที่เราเติมออกไปโดยหารด้วย (1 + % น้ำที่เติมลงไป) จะได้ค่า converted wet density plot ค่า converted wet density ลงบนเส้นในแนวดิ่งที่ตรงกับค่าเปอร์เซนต์ของน้ำที่เติมลงไป จะได้จุดที่ 1

3. เติมน้ำลงไปอีก 68 ซม.^{3} ทำเช่นเดียวกับข้อ 2 ก็จะได้จุดที่ 2

4. ถ้าจุดที่ 2 มีค่า converted wet density มากกว่าจุดที่ 1 ใส่น้ำลงไปอีก 68 ซม.^{3} แล้วทำเช่นเดียวกับข้อ 2 จะได้จุดที่ 3

5. ถ้าค่า converted wet density ของจุดที่ 3 มีค่าน้อยกว่าจุดที่ 2 เราสามารถเขียน curve ได้เลย แต่ถ้าค่า converted wet density ของจุดที่ 3 มีค่ามากกว่าจุดที่ 2 ก็ทำเช่นเดียวกันกับข้อ 3 จนกว่าจะได้ค่า converted wet density น้อยกว่าจุดถัดไป จึงจะสามารถเขียน curve ได้

6. ถ้าจุดที่ 2 มีค่า converted wet density น้อยกว่าจุดที่ 1 ให้ไล่น้ำออกจากดิน โดยไม่ให้เนื้อดินสูญหายไป แล้วเทียบค่าน้ำหนักของดินที่ชั่งได้ในตารางที่มีอยู่ใน data sheet จะรู้ว่าน้ำถูกไล่ออกไปกี่เปอร์เซนต์ของน้ำหนักของดินชื้น แล้วทำเช่นเดียวกับข้อ 2 จะได้ค่า converted wet - density ของจุดที่ 3

7. ถ้าจุดที่ 3 ที่ได้จากข้อ 6 มีค่า converted wet density มากกว่าจุดที่ 1 ให้ไล่น้ำออกจากดินอีกเช่นเดียวกับข้อ 6 จนกว่าจะได้ค่า converted wet density น้อยกว่าจุดถัดไป เราจะสามารถเขียน curve ได้

จุดสูงสุดของ converted wet density curve คือค่า $\gamma_{D_m}(1 + w_f)$ นำค่า field wet density ที่ได้จากข้อ 1 หารด้วย $\gamma_{D_m}(1 + w_f)$ ก็จะได้ค่าเปอร์เซนต์การบดอัด

$$\text{เปอร์เซนต์การบดอัด} = \frac{\gamma_{D_f}(1 + w_f)}{\gamma_{D_m}(1 + w_f)} = \frac{\gamma_{D_f}}{\gamma_{D_m}}$$

ตัวอย่าง data sheet ของวิธี Hift ได้แสดงไว้ในรูป 14 และ 15

Hifi Method

โครงการสาย พระยาสุเรนทร-บางเพลี-บางบ่อ

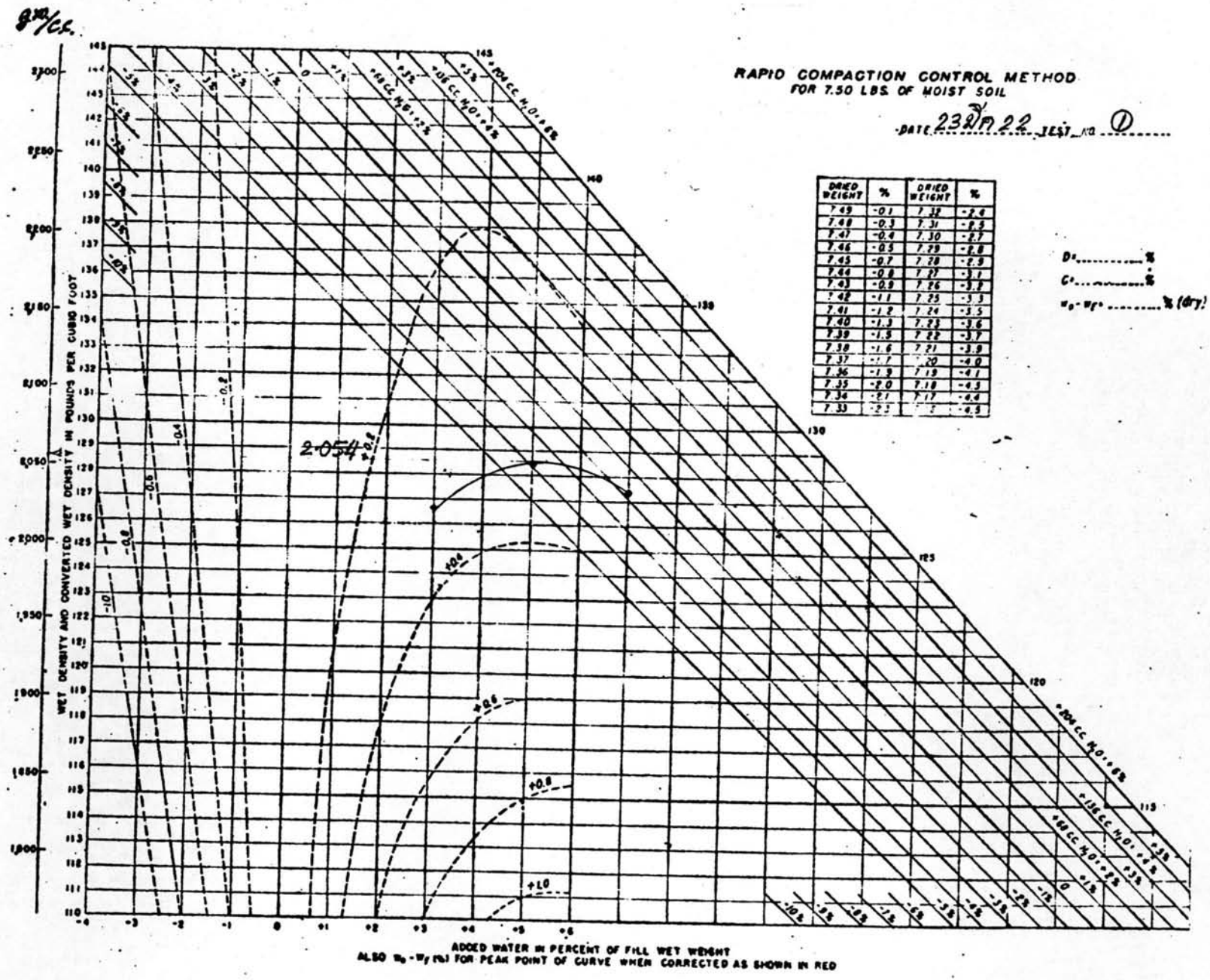
ชั้นดินชั้น Subgrade ชนิดของวัสดุ Silty Sand

เจ้าหน้าที่ทดลอง สุชาย จำรัส วันที่ทดลอง 28 มีนาคม 2522

Station 27+650

① Wt. of moist soil + container	= 5978.6 gm.
② Wt of container	= 1,329.4 gm.
③ Wt. of moist soil (① - ②)	= 4,649.2 gm.
④ Initial wt. of sand.	= 7,207.8 gm.
⑤ Final wt. of sand	= 2,556.7 gm.
⑥ Wt. of sand used (④ - ⑤)	= 4,651.1 gm.
⑦ Wt. of sand in cone	= 1,542.6 gm
⑧ Net wt. of sand	= 3108.5 gm.
⑨ Density of sand	= 1.38 gm/cc.
⑩ Volume of hole (⑧ ÷ ⑨)	= 2252.5 cc.
⑪ Wet density of moist soil (③ ÷ ⑩)	= 2.064 gm/cc.
⑫ The maximum wet density when used laboratory compactive effort $\gamma_D(1+w_f)$, reading from graph.	= 2.054 gm/cc
⑬ Percent compaction (⑪ ÷ ⑫)	= 100.5 %

รูปที่ 14 ตัวอย่างข้อมูลของวิธี Hift



DRIED WEIGHT	%	DRIED WEIGHT	%
7.49	-0.1	7.32	-2.4
7.48	-0.3	7.31	-2.5
7.47	-0.4	7.30	-2.7
7.46	-0.5	7.29	-2.8
7.45	-0.7	7.28	-2.9
7.44	-0.8	7.27	-3.1
7.43	-0.9	7.26	-3.2
7.42	-1.1	7.25	-3.3
7.41	-1.2	7.24	-3.5
7.40	-1.3	7.23	-3.6
7.39	-1.5	7.22	-3.7
7.38	-1.6	7.21	-3.9
7.37	-1.7	7.20	-4.0
7.36	-1.9	7.19	-4.1
7.35	-2.0	7.18	-4.3
7.34	-2.1	7.17	-4.4
7.33	-2.3	?	-4.5

รูปที่ 15 ตัวอย่างการเขียน Converted Wet Density Curve

ภาคผนวก ข.

การหาเปอร์เซนต์การบดอัดโดยวิธี Constant Dry Weight

วิธี Constant Dry Weight เป็นวิธีการหาเปอร์เซนต์การบดอัด โดยนำเอาปริมาตรของดินอันเดียวกันเมื่อถูกบดอัดในสนามเปรียบเทียบกับเมื่อถูกบดอัดโดยใช้ laboratory compactive - effort

$$\text{เปอร์เซนต์การบดอัด} = \frac{\gamma_{D_f}}{\gamma_{D_m}} = \frac{V_{min}(\text{ in mould})}{V_f}$$

2.1 วิธี Constant Dry Weight ซึ่งทดลองตามวิธีของ R. Schonfeld

1. เจาะดินส่วนที่ต้องการทดลองในสนามมาประมาณ 0.33 ฟุต^3 สำหรับการหาปริมาตรของดินที่เจาะออกมา ทำเป็นขั้นๆ ดังนี้

1.1 ตั้งตาชั่งให้อยู่ในแนวระดับและปรับให้ได้ศูนย์

- เติมทรายลงในขวด ซึ่งประกอบเข้ากับกรวยให้เรียบร้อยมีปริมาณเพียงพอสำหรับการใช้งาน ปิดลิ้นไว้ นำขวดทรายทั้งหมดไปชั่ง

1.2 ปรับพื้นผิวที่จะทดลองให้เรียบและได้ระดับ วางแผ่นฐานให้สนิทกับพื้นแล้วตอกตะปูยึดให้แน่น ใช้แปรงปัดฝุ่นผิวหน้าดินและแผ่นฐานออกให้หมด

1.3 เจาะดินตรงกลางแผ่นฐานเป็นรูปทรงกระบอก เส้นผ่านศูนย์กลางเท่ากับรูกลางของแผ่นฐาน โดยขุดเป็นแนวตั้งฉากลึกประมาณ 10-15 ซม. แล้วแต่ชนิดของงาน แต่งหลุมให้เรียบร้อยเพื่อให้ทรายแทนที่ได้สะดวก

1.4 คว่ำขวดทรายให้ตรงกับร่องแผ่นฐาน เปิดลิ้นให้ทรายไหลลงจนเต็มหลุม ต้องไม่ให้ขวดทรายกระเทือน เมื่อทรายหยุดไหลแล้วจึงปิดลิ้น นำขวดทรายที่เหลือไปชั่งน้ำหนัก เก็บทรายสะอาดเพื่อไปใช้งานต่อไป น้ำหนักของทรายที่แทนที่ในหลุมและในกรวย คือ น้ำหนักของทรายครั้งแรกลบออกจากน้ำหนักทรายครั้งหลัง นำน้ำหนักของทรายในกรวยไปหักออกจากน้ำหนักทรายในหลุมและในกรวยจะได้น้ำหนักของทรายในหลุม

1.5 หาปริมาตรของหลุมที่เจาะได้ โดยเอาความแน่นของทรายไปหารด้วยน้ำหนักของ

หอสมุดกลาง จุฬาลงกรณมหาวิทยาลัย

ทรายในหลุม

2. นำดินตัวอย่างที่เจาะมาจากหลุมทั้งหมดทุบเป็นก้อนเล็กๆ คลุกเคล้าจนเข้ากันดี ทำการบดอัดได้เลยโดยแบ่งตัวอย่างใส่ลงไปในแบบ (mould) ซึ่งมีปลอกสวมเรียบร้อย ดำเนินการบดอัดจนได้ตัวอย่างที่ทำการบดอัดแล้วเป็นชั้นๆ จำนวน 3 ชั้น โดยทำการบดอัดด้วยค้อน (Rammer) จำนวน 25 ครั้งต่อชั้น (ในกรณีที่เราเจาะดินมาได้ มีปริมาตรมากกว่าหรือน้อยกว่า 0.33 ฟุต^3 ให้เพิ่มหรือลดจำนวนครั้งต่อชั้น ตามด้านหลังของ calibrate dipstick ดังรูป 16)

3. ปริมาตรของดินตัวอย่างในแบบ (mould) สามารถอ่านได้โดยใช้ calibrated dipstick โดยอ่านตรงกลาง 1 จุด และรอบๆ ใกล้ขอบของแบบ (mould) อีก 4 จุด นำค่าทั้ง 5 จุด มาเฉลี่ยเป็นปริมาตรของดินตัวอย่าง

4. นำดินตัวอย่างมาใส่น้ำอีก แล้วทำเช่นเดียวกับข้อ 2 และข้อ 3 จนกว่าจะได้ปริมาตรที่น้อยที่สุด

5. ถ้าปริมาตรที่ได้จากข้อ 4 มากกว่าปริมาตรที่ได้จากข้อ 3 ให้เอาน้ำออกจากดินตัวอย่างโดยใช้เครื่องทำให้แห้ง (dryer) จนกว่าจะได้ปริมาตรน้อยที่สุด

$$\text{เปอร์เซนต์การบดอัด} = \frac{V_{min} \quad \text{(in mould)}}{V_f}$$

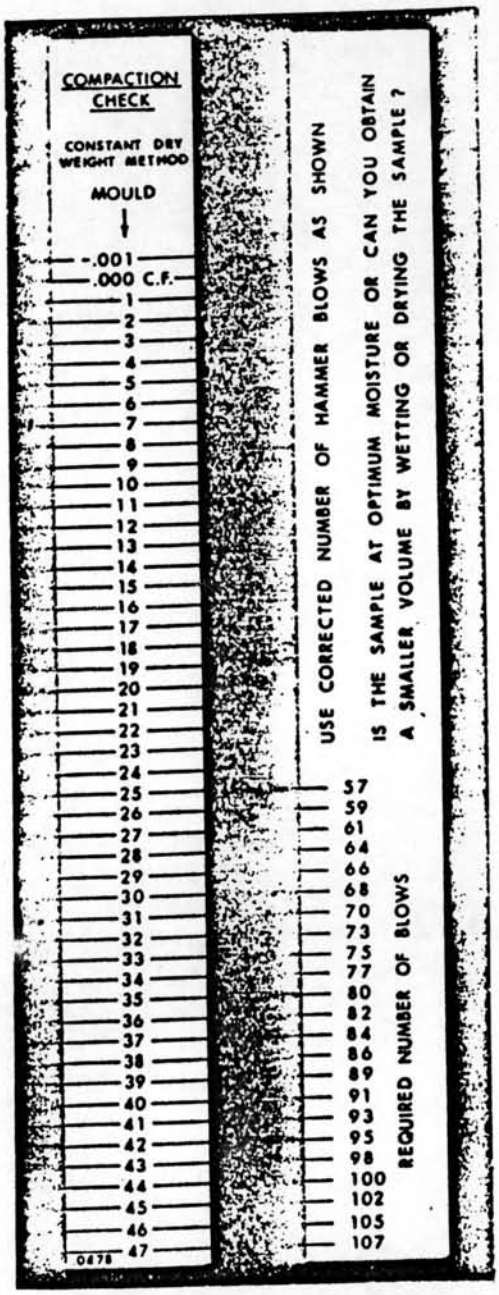
2.2 วิธี constant Dry Weight ที่ได้แก้ไขวิธีทดลองใหม่

1. เจาะดินส่วนที่ต้องการทดลองในสนามหาปริมาตรของดินส่วนที่เจาะออกมา โดยทำเป็นขั้นๆ ดังนี้

1.1 ตั้งตาชั่งให้อยู่ในแนวระดับและปรับให้ได้ศูนย์

- ชั่งภาชนะใส่ดิน

- เติมทรายลงในขวด ซึ่งประกอบเข้ากับกรวยเรียบร้อยแล้วมีปริมาณเพียงพอสำหรับการใช้งาน ปิดลิ้นไว้ นำขวดทรายทั้งหมดไปชั่ง



รูปที่ 16 Calibrated Dipstick

1.2 ปรับพื้นผิวที่จะทดลองให้เรียบและได้ระดับ วางแผ่นฐานให้สนิทกับพื้นตอกตะปูยึดให้แน่น ใช้แปรงปัดฝุ่นผิวหน้าดินและแผ่นฐานออกให้หมด

1.3 เจาะดินตรงกลางแผ่นฐานเป็นรูปทรงกระบอก เส้นผ่านศูนย์กลางเท่ากับรูกลางของแผ่นฐาน โดยขุดเป็นแนวตั้งฉากลึกประมาณ 10-15 ซม. แล้วแต่ชนิดของงานแต่งหลุมให้เรียบ เพื่อให้ทรายแทนที่ได้สะดวก รวบรวมดินตัวอย่างที่จุดได้ทั้งหมดใส่ภาชนะ นำไปชั่งได้น้ำหนักรวมของดินชื้นและภาชนะใส่ดิน เพื่อเอาน้ำหนักของภาชนะใส่ดินไปหักออกจะได้น้ำหนักดินชื้นในหลุม

1.4 ควำ่ขวดทรายให้ปากตรงกับร่องของแผ่นฐาน เปิดลิ้นให้ทรายไหลลงจนเต็มหลุม ต้องไม่ให้ขวดทรายกระเทือน เมื่อทรายหยุดไหลจึงปิดลิ้น นำขวดทรายที่เหลือไปชั่งน้ำหนัก เก็บทรายสะอาดเพื่อไปใช้งานต่อไป น้ำหนักของทรายที่แทนที่ในหลุมและในกรวย คือ น้ำหนักของทรายทั้งหมดลบออกจากน้ำหนักทรายครั้งหลัง นำน้ำหนักทรายในกรวยไปหักออกจากน้ำหนักทรายในหลุมและในกรวยจะได้น้ำหนักของทรายในหลุม

1.5 หาปริมาตรของหลุมที่เจาะได้ โดยเอาความแน่นของทรายไปหารน้ำหนักของทรายในหลุม

1.6 หาปริมาตรของดินชื้นหนัก 4 ปอนด์ (1,818.18 กรัม) โดยคำนวณจาก

$$\text{ปริมาตรของดินหนัก 4 ปอนด์} = \frac{\text{ปริมาตรของดินชื้น (c.c)} \times 1{,}818.18}{\text{น้ำหนักของดินชื้นทั้งหมด (gm)}}$$

2. นำดินชื้นที่เจาะมาจากหลุมหนัก 4 ปอนด์ (1,818.18 กรัม) คลุกจนเข้ากันดี ทำการบดอัดได้เลยโดยแบ่งตัวอย่างใส่ลงในแบบ (mould) ซึ่งมีปลอก (collar) สวมเรียบร้อย ดำเนินการบดอัดจนได้ตัวอย่างที่ทำการบดอัดแล้วเป็นชั้นๆ จำนวน 3 ชั้น โดยการบดอัดด้วยค้อนจำนวน 15 ครั้งต่อชั้น (ในกรณีที่ทำการบดอัดชนิดสูงกว่ามาตรฐาน ให้ดำเนินการบดอัดจนได้ตัวอย่างที่ทำการบดอัดแล้วเป็นชั้นๆ จำนวน 5 ชั้น โดยใช้ค้อนหนัก 4.537 กิโลกรัม (10 ปอนด์) ระยะปล่อยค้อนตก 457.2 มิลลิเมตร)

- ชั่งน้ำหนักดินพร้อมแบบ (mould) และปลอก (collar)

- ใส่ทรายลงไปจนเสมอขอบบนของปลอก (collar) นำไปชั่งน้ำหนักดินพร้อมแบบ (mould) และปลอก (collar) ออก จะได้น้ำหนักทรายที่เติมลงไป

- หาปริมาตรของทรายที่เติมลงไปได้ โดยเอาน้ำหนักของทรายที่เติมลงไปหารด้วยความแน่นของทราย

- หาปริมาตรของดินที่อยู่ในแบบ (mould) ได้ โดยหักปริมาตรของทรายออกจากปริมาตรของแบบ (mould) เมื่อสวมปลอก (collar) อยู่ด้วย

3. นำดินตัวอย่างอันเดิมมาใส่น้ำอีกทีละ 36 ซม.^{3} ทำเช่นเดียวกับข้อ 2

4. ถ้าปริมาตรของดินที่ได้จากข้อ 3 มีปริมาตรลดลง ใส่น้ำลงไปอีก 36 ซม.^{3} ทำเช่นเดียวกับข้อ 3 จนกระทั่งได้ปริมาตรของดินเพิ่มขึ้นจากจุดถัดมา เขียน curve หาปริมาตรของดินที่เล็กที่สุดได้

5. ถ้าปริมาตรของดินที่ได้จากข้อ 3 มีปริมาตรเพิ่มขึ้น ให้เอาน้ำออกจากดินโดยใช้เครื่องทำให้แห้ง (dryer) ทำการบดอัดใหม่จนกระทั่งได้ปริมาตรของดินลดลง และเมื่อเอาน้ำออกอีกจนกระทั่งได้ปริมาตรของดินเพิ่มขึ้นจากจุดถัดไปจึงหยุด เราสามารถเขียน curve หาปริมาตรที่เล็กที่สุดของดินได้

$$\text{เปอร์เซนต์การบดอัด} = \frac{V_{min}(\text{in mould})}{V_f}$$

ตัวอย่างข้อมูลของวิธี Constant Dry Weight ได้แสดงไว้ในรูป 17 และ 18

ข้อแตกต่างของวิธีตามข้อ 2.1 กับข้อ 2.2 คือการหาปริมาตรของดินที่นำเอามาบดอัดในแบบ (mould) ตามวิธีข้อ 2.1 อ่านเป็นปริมาตรของดินออกมาเลย ส่วนวิธีตามข้อ 2.2 ใช้ทรายเข้าไปแทนที่ที่ว่างในแบบ (mould) ที่มีปลอก (collar) สวมอยู่ หาน้ำหนักของทรายที่เข้าไปแทนที่ได้ นำไปหาปริมาตรส่วนที่มันเข้าไปแทนที่ได้ ปริมาตรของดินหนัก 4 ปอนด์ ที่อยู่ในแบบ (mould) คือปริมาตรของแบบ (mould) ที่มีปลอก (collar) สวมอยู่หักออกด้วยปริมาตรของทรายที่เข้าไปแทนที่ที่ว่าง วิธีการตามข้อ 2.1 ถึงแม้ว่าจะอ่านค่าได้จาก calibrated dipstick เลย แต่ค่าที่ได้ไม่แน่นอนเพราะตรงใกล้ขอบของแบบ (mould) จะถูกบดอัดน้อยกว่าตรงกลาง ทำให้ตรงกลางต่ำกว่าแม้ว่าเราจะพยายามแต่งหน้าให้ค่อนข้างเรียบก็ยังอ่านค่าปริมาตรได้ต่างกันมาก และการแต่งหน้าดินในแบบ (mould) ให้เรียบเสียเวลามาก โดยเฉพาะดินตัวอย่างที่เป็นดินเหนียว ฉนั้นการหาปริมาตรของดินโดยใช้ทรายแทนที่จึงสะดวกรวดเร็วและถูกต้องกว่า

A Constant Dry Weight Method

โครงการสาย ---พระประแดง-บางพลี-บางบ่อ---

ลักษณะชั้น ---Subgrade--- ชนิดของวัสดุ ---Silty Sand---

เส้นนำที่ทดลอง ---สุขาย, สมพล--- วันที่ทดลอง ---9 มีนาคม 2522---

Station ---23+100---

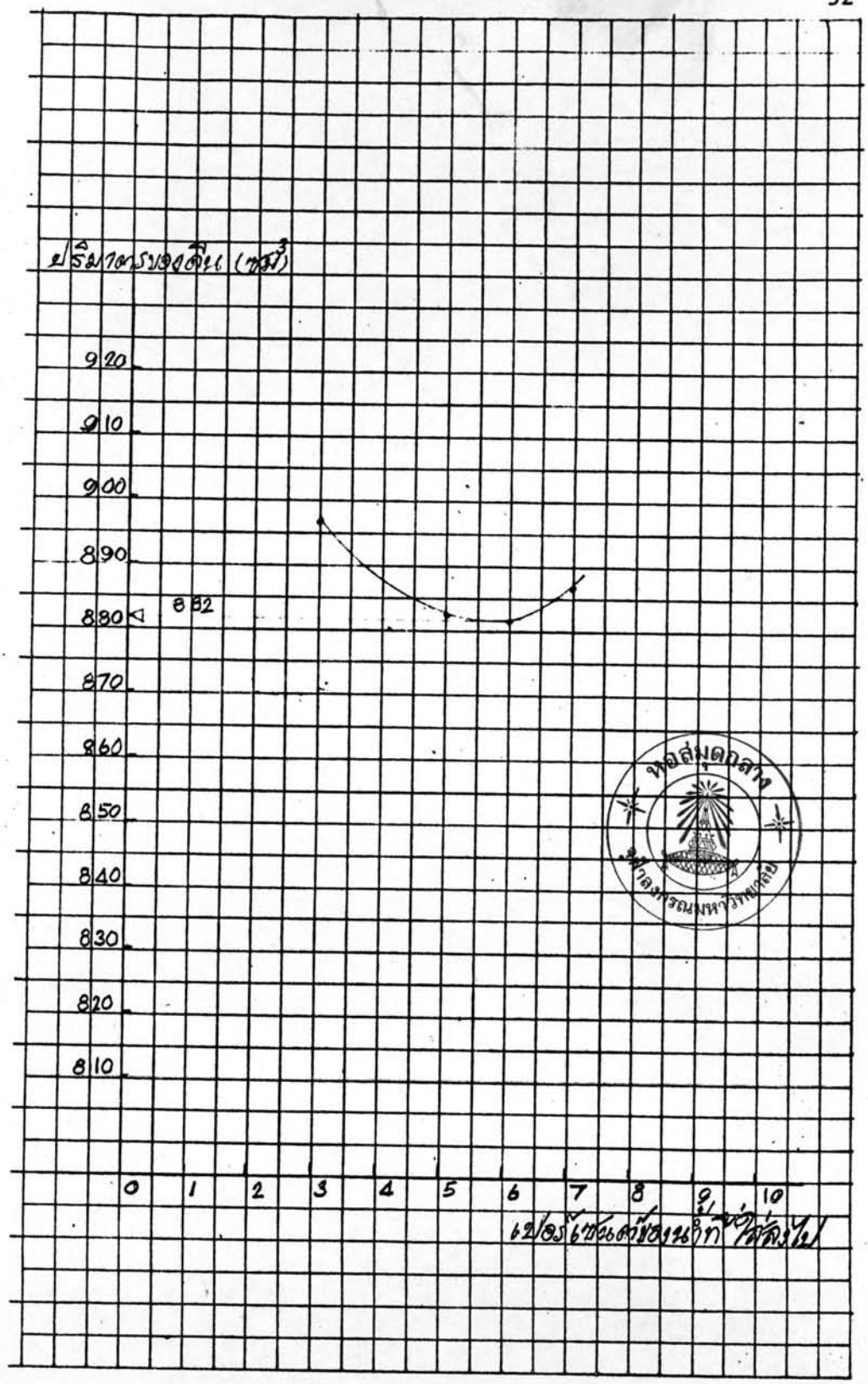
① Wt. of moist soil + container.	= 5571.8	gm.
② Wt. of container	= 1,345.2	gm.
③ Wt. of moist soil in the hole (① - ②)	= 4,226.6	gm
④ Initial wt. of sand	= 7,243.8	gm.
⑤ Final wt. of sand	= 2,791.7	gm.
⑥ Wt. of sand used (④ - ⑤)	= 4,452.1	gm.
⑦ Wt. of sand in cone.	= 1,647.9	gm
⑧ Net wt. of sand (⑥ - ⑦)	= 2,804.2	gm
⑨ Density of sand.	= 1.38	gm/cc.
⑩ Volume of hole (⑧ ÷ ⑨)	= 2,032.0	c.c.
⑪ Volume of moist soil 1,818.18 gm (4 lbs) wt. (1,818.18 · ⑩ ÷ ③)	= 874.1	c.c.
⑫ Minimum volume of moist soil for 1,818.18 gm (4 lbs) wt in proctor mould (from graph)	= 882	c.c.
⑬ Percent compaction (⑫ ÷ ⑪)	= 100.9	%

Remarks: 1 kg = 2.20 lbs.

4 lbs. = 1,818.18 gm.

รูปที่ 17 ตัวอย่างข้อมูลของวิธี Constant Dry Weight

% Water Added	Volume of Water Added	Total Weight of Soil
12.5	227.25	4.50
12.0	218.16	4.48
11.5	209.07	4.48
11.0	199.98	4.44
10.5	190.89	4.42
10.0	181.8	4.40
9.5	172.71	4.38
9.0	163.62	4.36
8.5	154.53	4.34
8.0	145.44	4.32
7.5	136.35	4.30
7.0	127.26	4.28
6.5	118.17	4.26
6.0	109.08	4.24
5.5	99.99	4.22
5.0	90.9	4.20
4.5	81.81	4.18
4.0	72.72	4.16
3.5	63.63	4.14
3.0	54.54	4.12
2.5	45.45	4.10
2.0	36.36	4.08
1.5	27.27	4.06
1.0	18.18	4.04
0.5	9.09	4.02
0.0	0.0	4.00
-0.5	-9.09	3.98
-1.0	-18.18	3.96
-1.5	-27.27	3.94
-2.0	-36.36	3.92
-2.5	-45.45	3.90
-3.0	-54.54	3.88
-3.5	-63.63	3.86
-4.0	-72.72	3.84
-4.5	-81.81	3.82
-5.0	-90.9	3.80
-5.5	-99.99	3.78
-6.0	-109.98	3.76



A CONSTANT DRY WEIGHT METHOD FOR 4 LBS. OF MOIST SOIL.

รูปที่ 18 ตัวอย่างการเขียน Curve หาปริมาตรเล็กที่สุดของดิน

ภาคผนวก ค.

ผลการทดลองและค่าสถิติเบื้องต้นของผลการทดลอง

การทดลองโดยวิธี Hift

ก. ผลการทดลองโดยวิธี Hift สำหรับดินเหนียว

	วิธี Hift		วิธีมาตรฐาน	
station	x_i เปอร์เซนต์การบดอัด	$(x_i - \bar{x})^2$	x_i เปอร์เซนต์การบดอัด	$(x_i - \bar{x})^2$
16 + 300	106.1	0.49	105.8	0.25
	102.4	19.36	102.9	11.56
16 + 350	105.2	2.56	107.3	1.00
	107.5	0.49	106.5	0.04
16 + 500	104.7	4.41	104.3	4.00
	105.9	0.81	104.9	1.96
16 + 600	108.6	3.24	107.2	0.81
	106.4	0.16	105.7	0.36
16 + 750	105.4	1.96	104.7	2.96
	106.4	0.16	105.7	0.36
17 + 000	108.3	2.25	107.7	1.96
	107.8	1.00	106.5	0.04
17 + 300	108.1	1.69	107.6	1.21
	107.1	0.09	105.2	0.09
17 + 400	107.6	0.64	106.6	0.09
	104.5	5.29	108.2	3.61

	วิธี Hift		วิธีมาตรฐาน	
station	x_i เปอร์เซนต์การบดอัด	$(x_i - \bar{x})^2$	x_i เปอร์เซนต์การบดอัด	$(x_i - \bar{x})^2$
17 + 500	104.2	6.76	104.0	5.29
	103.3	12.25	102.0	11.56
18 + 050	109.4	6.76	108.1	3.24
	109.0	4.84	107.5	1.44
18 + 100	109.2	5.76	108.9	6.76
	109.4	6.76	107.9	2.56
18 + 200	110.4	12.96	108.2	3.61
	109.9	9.61	107.4	1.21
18 + 650	105.5	1.69	104.8	2.25
	104.3	6.25	105.3	1.00
21 + 400	106.0	0.64	104.8	2.25
	105.8	1.00	104.9	1.96
22 + 050	106.6	0.04	106.0	0.09
	106.6	0.04	107.4	1.21
22 + 300	106.4	0.16	108.1	3.24
	107.1	0.09	107.8	2.25
n = 32	Σx_i = 3,416.7	$\Sigma(x_i - \bar{x})^2$ = 121.49	Σx_i = 3,401.6	$\Sigma(x_i - \bar{x})^2$ = 81.5
	$\bar{x}$ = 106.8	S^2 = 3.80	$\bar{x}$ = 106.3	S^2 = 2.55
		S = 1.95		S = 1.60

	เปอร์เซนต์การบดอัด				ผลต่างของเปอร์เซนต์การบดอัดในพื้นที่ 1ตรางเมต			
					วิธี Hift		วิธีมาตรฐาน	
station	Hift 1	Hift 2	มาตรฐาน 1	มาตรฐาน 2	x_i	$(x_i-\bar{x})^2$	x_i	$(x_i-\bar{x})^2$
16 + 300	106.1	102.4	105.8	102.9	3.7	10.82	+2.9	6.71
16 + 350	105.2	107.5	107.3	106.5	-2.3	7.34	-0.8	1.23
16 + 500	104.7	105.9	104.3	104.9	-1.2	2.59	-0.6	0.83
16 + 600	108.6	108.0	107.2	106.5	-0.6	1.02	+0.7	0.15
16 + 750	105.4	106.4	104.7	105.7	-1.0	1.99	-1.0	1.72
17 + 000	108.3	107.8	107.7	106.5	+0.5	0.01	+1.2	0.79
17 + 300	108.1	107.1	107.6	105.2	+1.0	0.35	+2.4	4.37
17 + 400	107.6	104.5	106.6	108.2	+3.1	7.24	-1.6	3.65
17 + 500	104.2	103.3	104.0	102.9	+0.9	0.24	+1.1	0.62
18 + 050	109.4	109.0	108.1	107.5	+0.4	0.00	+0.6	0.08
18 + 100	109.2	109.4	108.9	107.9	-0.2	0.37	+1.0	0.48
18 + 200	110.4	109.9	108.2	107.4	+0.5	0.01	+0.8	0.24
18 + 650	105.5	104.3	104.8	105.3	+1.2	0.62	-0.5	0.66
21 + 400	106.0	105.8	104.8	104.9	+1.2	0.62	-0.1	0.17
22 + 050	106.6	106.6	106.0	104.4	0.0	0.17	-1.4	2.92
22 + 300	106.4	107.1	108.1	107.8	-0.7	1.23	+0.3	0.00
					$\Sigma x_i = 6.5$	$\Sigma = 34.62$	$\Sigma x_i = 5$	$\Sigma = 24.62$
					$\bar{x} = 0.41$	$S^2 = 2.16$	$\bar{x} = 0.31$	$S^2 = 1.54$
						$S = 1.47$		$S = 1.24$

station	เปอร์เซนต์การบดอัด		ผลต่างเปอร์เซนต์การบดอัด ระหว่างวิธี Hift กับวิธีมาตรฐาน	$(x_i - \bar{x})^2$
	วิธี Hift	วิธีมาตรฐาน		
16 + 300	106.1	105.8	+0.3	0.05
	102.4	102.9	-0.5	1.04
16 + 350	105.2	107.3	-2.1	6.86
	107.5	106.5	+1.0	0.23
16 + 500	104.7	104.3	+0.4	0.01
	105.9	104.9	+1.0	0.23
16 + 600	108.6	107.2	+1.4	0.77
	108.0	106.5	+1.5	0.96
16 + 750	105.4	104.7	+0.7	0.03
	106.4	105.7	+0.7	0.03
17 + 000	108.3	107.7	+0.6	0.01
	107.0	106.5	+1.3	0.61
17 + 300	108.1	107.6	+0.5	0.00
	107.1	105.2	+1.9	1.90
17 + 400	107.6	106.6	+1.0	0.23
	104.5	108.2	-3.7	17.81
17 + 500	104.2	104.0	+0.2	0.10
	103.3	102.9	+0.4	0.01
18 + 050	109.4	108.1	+1.3	0.61
	109.0	107.5	+1.5	0.96
18 + 100	109.2	108.9	+0.3	0.05
	109.4	107.9	+1.5	0.96
18 + 200	110.4	108.2	+2.2	2.82
	109.9	107.4	+2.5	3.92

station	เปอร์เซนต์การบดอัด		ผลต่างเปอร์เซนต์การบดอัด ระหว่างวิธี Hift กับวิธีมาตรฐาน	$(x_i - \bar{x})^2$
	วิธีของ Hift	วิธีมาตรฐาน		
18 + 650	105.5	104.8	+0.7	0.03
	104.3	105.3	-1.0	2.31
21 + 400	106.0	104.8	+1.2	0.46
	105.8	104.9	+2.3	3.17
22 + 050	106.6	106.0	+0.6	0.01
	106.6	107.4	-0.8	1.74
22 + 300	106.4	108.1	-1.7	4.93
	107.1	107.8	-0.7	1.49
n = 32			$\Sigma x_i = 16.5$ $\bar{x} = 0.52$	$\Sigma(x_i - \bar{x})^2 = 54.3$ $S^2 = 1.70$ $S = 1.3$

ข. ผลการทดลองโดยวิธี Hift สำหรับ Silty Sand

	วิธี Hift		วิธีมาตรฐาน	
station	x_i เปอร์เซนต์การบดอัด	$(x_i - \bar{x})^2$	x_i เปอร์เซนต์การบดอัด	$(x_i - \bar{x})^2$
27 + 500	100.6	1.69	100.2	1.44
	100.9	2.56	100.0	1.00
27 + 550	101.0	2.89	100.6	2.56
	101.5	4.84	100.9	3.61
27 + 600	100.5	1.44	99.9	0.81
	100.2	0.81	100.4	1.96
27 + 650	100.5	1.44	99.5	0.25
	98.5	0.64	98.7	0.09
27 + 700	99.7	0.16	99.3	0.09
	99.6	0.09	99.4	0.16
27 + 750	100.6	1.69	100.0	1.0
	100.2	0.81	100.0	1.0
27 + 800	100.6	1.69	99.3	0.09
	100.4	1.21	99.7	0.49
27 + 850	100.1	0.64	99.8	0.64
	99.6	0.09	99.8	0.64
27 + 900	100.1	0.64	99.6	0.36
	100.1	0.64	100.2	1.44
28 + 000	99.7	0.16	99.7	0.49
	100.2	0.81	100.2	1.44
28 + 100	100.0	0.49	100.1	1.21
	100.2	0.81	100.1	1.21

	วิธี Hift		วิธีมาตรฐาน	
station	x_i เปอร์เซนต์การบดอัด	$(x_i - \bar{x})^2$	x_i เปอร์เซนต์การบดอัด	$(x_i - \bar{x})^2$
28 + 150	100.4	1.21	99.9	0.81
	100.2	0.81	99.8	0.64
28 + 200	99.0	0.09	98.4	0.36
	99.8	0.25	99.0	0.00
29 + 050	96.6	7.29	96.2	7.84
	95.6	13.69	95.4	12.96
29 + 100	94.0	28.09	94.2	23.04
	95.9	11.56	95.9	9.61
29 + 200	99.4	0.01	99.2	0.04
	98.5	0.64	98.6	0.16
29 + 250	98.9	0.16	99.0	0.0
	98.4	0.81	98.4	0.36
29 + 350	98.3	1.00	98.0	1.00
	98.0	1.69	97.8	1.44
29 + 400	97.9	1.96	97.4	2.56
	98.3	1.00	97.3	2.89
	$\Sigma x_i = 3,774$	$\Sigma(x_i - \bar{x})^2 = 96.5$	$\Sigma x_i = 3,761.9$	$\Sigma(x_i - \bar{x})^2 = 85.78$
$n = 38$	$\bar{x} = 99.3$	$S^2 = 2.54$	$\bar{X} = 99.0$	$S^2 = 2.26$
		$S = 1.59$		$S = 1.50$

station	เปอร์เซนต์การบดอัด				ผลต่างของเปอร์เซนต์การบดอัดในพื้นที่ 1 ตารางเมตร			
					วิธี Hift		วิธีมาตรฐาน	
	Hift 1	Hift 2	มาตรฐาน 1	มาตรฐาน 2	x_i	$(x_i-\bar{x})^2$	x_i	$(x_i-\bar{x})^2$
27 + 550	100.6	100.9	100.2	100.2	-0.3	0.15	0.0	0.00
27 + 550	101.0	101.5	100.6	100.9	-0.5	0.35	-0.3	0.05
27 + 600	100.5	100.2	99.9	100.4	+0.3	0.04	-0.5	0.18
27 + 650	100.5	98.5	99.5	98.7	+2.0	3.65	+0.8	0.76
27 + 700	99.7	99.6	99.3	99.4	+0.1	0.00	-0.10	0.00
27 + 750	100.6	100.2	100.0	100.0	+0.4	0.10	0.0	0.00
27 + 800	100.6	100.4	99.3	99.7	+0.2	0.01	-0.4	0.11
27 + 850	100.1	99.6	99.8	99.8	+0.5	0.17	0.0	0.00
27 + 900	100.1	100.1	99.6	100.2	0.0	0.01	-0.6	0.28
28 + 000	99.7	100.2	99.7	100.2	-0.5	0.35	-0.5	0.18
28 + 100	100.0	100.2	100.1	100.1	-0.2	0.08	0.0	0.00
28 + 150	100.4	100.2	99.9	99.8	+0.2	0.01	0.1	0.03
28 + 200	99.0	99.8	98.4	99.0	-0.8	0.79	-0.6	0.28
29 + 050	96.6	95.6	96.2	95.4	+1.0	0.83	0.8	0.76
29 + 100	94.0	95.9	94.2	95.9	-1.9	3.96	-1.7	2.66
29 + 200	99.4	98.5	99.2	98.6	+0.9	0.66	0.6	0.45
29 + 250	98.9	98.4	99.0	98.4	+0.5	0.17	0.6	0.45
29 + 350	98.3	98.0	98.0	97.8	+0.3	0.04	0.3	0.14
29 + 400	97.9	98.3	97.4	97.3	-0.4	0.24	0.1	0.03
n = 19					Σx_i = 1.8	$\Sigma(x_i-\bar{x})^2$=11.61	Σx_i = -1.4	$\Sigma(x_i-\bar{x})^2$=6.63
					$\bar{x}$ = 0.09	S^2 = 0.61	$\bar{x}$ = -0.07	S^2=0.33
						S = 0.73		S =0.57

station	เปอร์เซนต์การบดอัด		ผลต่างเปอร์เซนต์การบดอัด ระหว่างวิธี Hift กับวิธีมาตรฐาน	$(x_i - \bar{x})^2$
	วิธี Hift	วิธีมาตรฐาน		
27 + 500	100.6	100.2	0.4	0.01
	100.9	100.0	0.9	0.36
27 + 550	101.0	100.6	0.4	0.01
	101.5	100.9	0.6	0.36
27 + 600	100.5	99.9	0.6	0.36
	100.2	100.4	-0.2	0.25
27 + 650	100.5	99.5	1.0	0.49
	98.5	98.7	-0.2	0.25
27 + 700	99.7	99.3	0.4	0.01
	99.6	99.4	0.2	0.01
27 + 750	100.6	100.0	0.6	0.09
	100.2	100.0	0.2	0.01
27 + 800	100.6	99.3	1.3	1.0
	100.4	99.7	0.7	0.16
27 + 850	100.1	99.8	0.3	0.00
	99.6	99.8	-0.2	0.25
27 + 900	100.1	99.6	0.5	0.04
	100.1	100.2	-0.1	0.16
28 + 000	99.7	99.7	0.0	0.09
	100.2	100.2	0.0	0.09
28 + 100	100.0	100.1	-0.1	0.16
	100.2	100.1	0.1	0.04
28 + 150	100.4	99.9	0.5	0.04
	100.2	99.8	0.4	0.01

station	เปอร์เซนต์การบดอัด		ผลต่างเปอร์เซนต์การบดอัด ระหว่างวิธี Hift กับวิธีมาตรฐาน	$(x_i - \bar{x})^2$
	วิธี Hift	วิธีมาตรฐาน		
28 + 200	99.0	98.4	0.6	0.09
	99.8	99.0	0.8	0.25
29 + 050	96.6	96.2	0.4	0.01
	95.6	95.4	0.2	0.01
29 + 100	94.0	94.2	-0.2	0.25
	95.9	95.9	0.0	0.09
29 + 200	99.4	99.2	0.2	0.01
	98.5	98.6	-0.1	0.16
29 + 250	98.9	99.0	-0.1	0.16
	98.4	98.4	0.0	0.09
29 + 350	98.3	98.0	0.3	0.00
	98.0	97.8	0.2	0.01
29 + 400	97.9	97.4	0.5	0.04
	98.3	97.3	1.0	0.49
$n = 38$			$\Sigma x_i = 12.1$ $\bar{x} = 0.3$	$\Sigma(x_i - \bar{x})^2 = 5.91$ $S^2 = 0.16$ $S = 0.4$

ค. ผลการทดลองโดยวิธี Hift สำหรับลูกรัง

	วิธี Hift		วิธีมาตรฐาน	
station	x_i เปอร์เซนต์การบดอัด	$(x_i - \bar{x})^2$	x_i เปอร์เซนต์การบดอัด	$(x_i - \bar{x})^2$
14 + 050	103.8	9.0	103.7	12.25
	103.0	4.84	102.9	7.29
14 + 100	105.6	23.04	104.7	20.25
	103.5	7.29	103.4	10.24
15 + 000	97.7	9.61	99.0	1.44
	97.1	13.69	99.5	0.49
15 + 100	100.8	0.0	102.0	3.24
	101.6	0.64	101.2	1.0
15 + 200	100.0	0.64	101.9	2.89
	100.2	0.36	101.7	2.25
15 + 300	100.6	0.04	100.2	0.0
	99.4	1.96	100.1	0.01
15 + 600	95.2	31.36	96.2	16.0
	96.3	20.25	96.6	12.96
16 + 650	101.2	0.16	98.5	2.89
	100.8	0.0	98.1	4.41
16 + 700	99.5	1.69	97.6	6.76
	99.6	1.44	97.7	6.25
17 + 000	101.1	0.09	100.1	0.01
	104.6	14.44	102.3	4.41
17 + 050	102.3	2.25	100.3	0.01
	103.9	9.61	102.9	7.29

	วิธี Hift		วิธีมาตรฐาน	
station	x_i เปอร์เซนต์การบดอัด	$(x_i - \bar{x})^2$	x_i เปอร์เซนต์การบดอัด	$(x_i - \bar{x})^2$
17 + 100	99.7	1.21	98.8	1.96
	102.0	1.44	100.1	0.01
17 + 150	100.7	0.01	99.5	0.49
	100.3	0.25	99.5	0.49
17 + 200	104.0	10.24	102.5	5.29
	101.7	0.81	101.0	0.64
17 + 300	101.8	1.0	101.4	1.44
	101.5	0.49	100.7	0.25
17 + 400	100.1	0.49	99.6	0.36
	101.1	0.09	100.4	0.04
19 + 500	99.0	3.24	96.4	14.44
	99.8	0.01	98.2	4.0
19 + 550	99.1	2.89	98.3	3.61
	98.0	7.84	96.2	16.0
19 + 575	100.4	0.16	100.7	0.25
	99.5	1.69	99.9	0.09
19 + 600	101.8	1.0	100.1	0.01
	102.4	2.56	100.8	0.36
19 + 625	104.4	12.96	102.5	5.29
	102.3	2.25	101.2	1.0
19 + 650	99.3	2.25	99.0	1.44
	99.5	1.69	99.8	0.09
	Σx_i = 4,436.2	$\Sigma(x_i - \bar{x})^2$ = 211.97	Σx_i = 4,407.3	$\Sigma(x_i - \bar{x})^2$ = 183.89
n = 44	$\bar{x}$ = 100.8	S^2 = 4.82	$\bar{x}$ = 100.2	S^2 = 4.18
		S = 2.2		S = 2.04

หอสมุดกลาง จุฬาลงกรณมหาวิทยาลัย

ผลต่างของเปอร์เซนต์การบดอัดในพื้นที่ 1 ตารางเมตร

	เปอร์เซนต์การบดอัด				วิธี Hift		วิธีมาตรฐาน	
station	Hift 1	Hift 2	มาตรฐาน 1	มาตรฐาน 2	x_i	$(x_i-\bar{x})^2$	x_i	$(x_i-\bar{x})^2$
14 + 050	103.8	103.0	103.7	102.9	0.8	0.64	0.8	0.76
14 + 100	105.6	103.5	104.7	103.4	2.1	4.41	1.3	1.88
15 + 000	97.7	97.1	99.0	99.5	0.6	0.36	-0.5	0.18
15 + 100	100.8	101.6	102.0	101.2	-0.8	0.64	0.8	0.76
15 + 200	100.0	100.2	101.9	101.7	-0.2	0.04	-0.2	0.02
15 + 300	100.6	99.4	100.2	100.1	1.2	1.44	0.1	0.03
15 + 600	95.2	96.3	96.2	96.6	-1.1	1.21	-0.4	0.11
16 + 650	101.2	100.8	98.5	98.1	0.4	0.16	0.4	0.22
16 + 700	99.5	99.6	97.6	97.7	-0.1	0.01	-0.1	0.00
17 + 000	101.1	104.6	100.1	102.3	-3.5	12.25	-2.2	4.54
17 + 050	102.3	103.9	100.3	102.9	-1.6	2.56	-2.6	6.40
17 + 100	99.7	102.0	98.8	100.1	-2.3	5.29	-1.3	1.88
17 + 150	100.7	100.3	99.5	99.5	0.4	0.16	0.0	0.00
17 + 200	104.0	101.7	102.5	101.0	2.3	5.29	1.5	2.46
17 + 300	101.8	101.5	101.4	100.7	0.3	0.09	0.7	0.59
17 + 400	100.1	101.1	99.6	100.4	-1.0	1.0	-0.8	0.53
19 + 500	99.0	99.8	96.4	98.2	-0.8	0.64	-1.8	2.99
19 + 550	99.1	98.0	98.3	96.2	1.1	1.21	2.1	4.71
19 + 575	100.4	99.5	100.7	99.9	0.9	0.81	0.8	0.76
19 + 600	101.8	102.4	100.1	100.8	-0.6	0.36	-0.7	0.40
19 + 625	104.4	102.3	102.5	101.2	2.1	4.41	1.3	1.88
19 + 650	99.3	99.5	99.0	99.8	-0.2	0.04	-0.8	0.53
					Σx_i = 0,00	Σ = 43,02	Σx_i = -1.6	Σ = 31,63
n = 22					$\bar{x}$ = 0.00	S^2 = 1.96	$\bar{x}$ = -0.07	S^2 = 1,44
						S = 1.4		S = 1.20

station	เปอร์เซนต์การบดอัด		ผลต่างเปอร์เซนต์การบดอัด	
	วิธี Hift	วิธีมาตรฐาน	ระหว่างวิธี Hift กับวิธีมาตรฐาน	$(x_i - \bar{x})^2$
14 + 050	103.8	103.7	0.1	0.36
	103.0	102.9	0.1	0.36
14 + 100	105.6	104.7	0.9	0.04
	103.5	103.4	0.1	0.36
15 + 000	97.7	99.0	-1.3	4.00
	97.1	99.5	-2.4	9.61
15 + 100	100.8	102.0	-1.2	3.61
	101.6	101.2	0.4	0.09
15 + 200	100.0	101.9	-1.9	7.84
	100.2	101.7	-1.5	4.84
15 + 300	100.6	100.2	0.4	0.09
	99.4	100.1	-0.7	1.96
15 + 600	95.2	96.2	-1.0	2.89
	96.3	96.6	-0.3	1.00
16 + 650	101.2	98.5	2.7	4.00
	100.8	98.1	2.7	4.00
16 + 700	99.5	97.6	1.9	1.44
	99.6	97.7	1.9	1.44
17 + 000	101.1	100.1	1.0	0.09
	104.6	102.3	2.3	2.56
17 + 050	102.3	100.3	2.0	1.69
	103.9	102.9	1.0	0.09
17 + 100	99.7	98.8	0.9	0.04
	102.0	100.1	1.9	0.04

station	เปอร์เซนต์การบดอัด		ผลต่างเปอร์เซนต์การบดอัด	
	วิธี Hift	วิธีมาตรฐาน	ระหว่างวิธี Hift กับวิธีมาตรฐาน	$(x_i - \bar{x})^2$
17 + 150	100.7	99.5	1.2	0.25
	100.3	99.5	0.8	0.01
17 + 200	104.0	102.5	1.5	0.64
	101.7	101.0	0.7	0.00
17 + 300	101.8	101.4	0.4	0.09
	101.5	100.7	0.8	0.01
17 + 400	101.1	99.6	0.5	0.04
	101.1	100.4	0.7	0.00
19 + 500	99.0	96.4	2.6	3.61
	99.8	98.2	1.6	0.81
19 + 550	99.1	98.3	0.8	0.01
	98.0	96.2	1.8	0.01
19 + 575	100.4	100.7	-0.3	1.00
	99.5	99.9	-0.4	1.21
19 + 600	101.8	100.1	1.7	1.00
	102.4	100.8	1.6	0.81
19 + 625	104.4	102.5	1.9	1.44
	102.3	101.2	1.1	0.16
19 + 650	99.3	99.0	0.3	0.16
	99.5	99.0	0.5	0.04
$n = 44$			$\Sigma x_i = 29.8$ $\bar{x} = 0.7$	$\Sigma(x_i - \bar{x})^2 = 63.74$ $S^2 = 1.45$ $S = 1.2$

ผลการทดลองโดยวิธี Constant Dry Weight

ก. ผลการทดลองโดยวิธี Constant Dry Weight

	วิธี Constant Dry Weight		วิธีมาตรฐาน	
station	x_i เปอร์เซนต์การบดอัด	$(x_i - \bar{x})^2$	x_i เปอร์เซนต์การบดอัด	$(x_i - \bar{x})^2$
16 + 200	103.9	1.21	108.4	7.84
	104.5	0.25	107.4	3.24
16 + 400	103.2	3.24	105.2	0.16
	102.2	7.84	104.2	1.96
16 + 450	103.7	1.69	105.1	0.25
	102.4	6.76	103.3	5.29
16 + 700	105.9	0.81	105.6	0.00
	108.1	9.61	108.0	1.96
16 + 800	102.8	4.84	103.3	5.29
	104.3	0.49	104.9	0.49
16 + 900	105.6	0.36	107.3	2.89
	104.7	0.09	106.1	0.25
17 + 100	106.6	2.56	105.1	0.25
	106.4	1.96	104.8	0.64
17 + 300	105.0	0.00	105.6	0.00
	106.2	1.44	105.2	0.16
17 + 400	105.8	0.64	103.5	4.41
	105.8	0.64	104.7	0.81
17 + 550	104.4	0.36	103.3	5.29
	105.1	0.01	103.0	6.76

	วิธี Constant Dry Weight		วิธีมาตรฐาน	
station	x_i เปอร์เซนต์การบดอัด	$(x_i - \bar{x})^2$	x_i เปอร์เซนต์การบดอัด	$(x_i - \bar{x})^2$
18 + 000	103.8	1.44	104.3	1.69
	103.4	2.56	104.5	1.21
18 + 150	105.3	0.09	104.5	1.21
	104.9	0.01	105.9	0.09
18 + 250	106.6	2.56	104.9	0.49
	106.9	0.81	106.7	1.21
19 + 000	107.5	6.25	103.0	5.76
	107.1	4.41	109.5	15.21
19 + 800	104.2	0.64	106.3	0.49
	105.1	0.01	107.1	2.25
20 + 000	103.5	2.25	106.7	1.21
	104.4	0.36	107.0	1.96
20 + 800	105.8	0.64	105.1	0.25
	105.1	0.01	104.0	2.56
22 + 000	104.7	0.09	105.2	0.16
	106.5	2.25	106.3	0.49
n = 36	Σx_i = 3,731.4 $\bar{x}$ = 105.9	$\Sigma(x_i-\bar{x})^2$ = 69.18 S^2 = 1.92 S = 1.39	Σx_i = 3,800 $\bar{x}$ = 105.6	$\Sigma(x_i-\bar{x})^2$ = 84.18 S^2 = 2.34 S = 1.53

	เปอร์เซนต์การบดอัด				ผลต่างเปอร์เซนต์การบดอัดในพื้นที่ 1 ตารางเมตร			
					วิธี CDW		วิธีมาตรฐาน	
station	CDW 1	CDW 2	มาตรฐาน 1	มาตรฐาน 2	x_i	$(x_i-\bar{x})^2$	x_i	$(x_i-\bar{x})^2$
16 + 200	103.9	104.5	108.4	107.4	-0.6	0.10	1.0	1.66
16 + 400	103.2	102.2	105.2	104.2	1.0	1.64	1.0	1.66
16 + 450	103.7	102.4	105.1	103.3	1.3	2.50	1.8	4.37
16 + 700	105.9	108.1	105.6	108.0	-2.2	6.15	-2.4	4.45
16 + 800	102.8	104.3	103.3	104.9	-1.5	3.17	-1.6	3.57
16 + 900	105.6	104.7	107.3	106.1	0.9	0.38	1.2	2.22
17 + 100	106.6	106.4	105.1	104.8	0.2	0.01	0.3	0.35
17 + 300	105.0	106.2	105.6	105.2	-1.2	0.85	0.4	0.48
17 + 400	105.8	105.8	103.5	104.7	0.0	0.08	-1.2	0.83
17 + 550	104.4	105.1	103.3	103.0	-0.7	0.18	0.3	0.35
18 + 000	103.8	103.4	104.3	104.5	0.5	0.46	-0.2	0.01
18 + 150	105.3	104.9	104.5	105.9	0.4	0.46	-1.4	1.23
18 + 250	106.6	106.9	104.9	106.7	-0.3	0.00	-1.8	2.28
19 + 000	107.5	107.1	108.0	109.5	0.4	0.46	-1.5	1.46
19 + 800	104.2	105.1	106.3	107.1	-0.9	0.38	-0.8	0.26
20 + 000	103.5	104.4	106.7	107.0	-0.9	0.38	-0.3	0.00
20 + 800	105.8	105.1	105.1	104.0	0.7	0.96	1.1	1.93
22 + 000	104.7	106.5	105.2	106.3	-1.8	2.31	-0.9	0.37
n = 18					Σx_i = -4,8 $\bar{x}$ = -0,28	Σ = 20,47 S^2 = 1,2 S = 1,1	Σx_i = -5,0 $\bar{x}$ = -0,29	Σ = 27,48 S^2 = 1,62 S = 1,27

station	เปอร์เซนต์การบดอัด		ผลต่างเปอร์เซนต์การบดอัด ระหว่างวิธี CDW กับวิธีมาตรฐาน	$(x_i - \bar{x})^2$
	วิธี CDW	วิธีมาตรฐาน		
16 + 200	103.9	108.4	-4.5	16.0
	104.5	107.4	-2.9	5.76
16 + 400	103.2	105.2	-2.0	2.25
	102.2	104.2	-2.0	2.25
16 + 450	103.7	105.1	-1.4	0.81
	102.4	103.3	-0.9	0.16
16 + 700	105.9	105.6	0.3	0.64
	108.1	108.0	0.1	0.36
16 + 800	102.8	103.3	-0.5	0.00
	104.3	104.9	-0.6	0.01
16 + 900	105.6	107.3	-1.7	1.44
	104.7	106.1	-1.4	0.81
17 + 100	106.6	105.1	1.5	4.00
	106.4	104.8	1.6	4.41
17 + 300	105.0	105.6	-0.6	0.01
	106.2	105.2	1.0	2.25
17 + 400	105.8	103.5	2.3	7.84
	105.8	104.7	1.1	2.56
17 + 550	104.4	103.3	1.1	2.56
	105.1	103.0	2.1	6.76
18 + 000	103.8	104.3	-0.5	0.00
	103.4	104.5	-0.9	0.16
18 + 150	105.3	104.5	0.8	1.69
	104.9	105.9	-1.0	0.25

station	เปอร์เซนต์การบดอัด		ผลต่างเปอร์เซนต์การบดอัด ระหว่างวิธี CDW กับวิธีมาตรฐาน	$(x_i - \bar{x})^2$
	วิธี CDW	วิธีมาตรฐาน		
18 + 250	106.6	104.9	1.7	4.84
	106.9	106.7	0.7	0.64
19 + 000	107.5	108.0	-0.5	0.00
	107.1	109.5	-2.4	3.61
19 + 800	104.2	106.3	-2.1	2.56
	105.1	107.1	-2.0	2.25
20 + 000	103.5	106.7	-3.2	7.29
	104.4	107.0	-2.6	4.41
20 + 800	105.8	105.1	0.7	1.44
	105.1	104.0	1.1	2.56
22 + 000	104.7	105.2	-0.5	0.00
	106.5	106.3	0.2	0.49
n = 36			$\Sigma x_i = -18.3$ $\bar{x} = -0.5$	$\Sigma(x_i - \bar{x})^2 = 93.07$ $S^2 = 2.59$ $S = 1.61$

ข. ผลการทดลองโดยวิธี Constant Dry Weight สำหรับ Silty Sand

	วิธี Constant Dry Weight		วิธีมาตรฐาน	
satation	x_i เปอร์เซนต์การบดอัด	$(x_i - \bar{x})^2$	x_i เปอร์เซนต์การบดอัด	$(x_i - \bar{x})^2$
27 + 500	99.6	0.16	100.0	2.56
	100.0	0.64	99.2	0.64
27 + 550	101.0	3.24	100.5	4.41
	100.2	1.00	100.1	2.89
17 + 600	100.2	1.00	99.3	0.81
	100.3	1.21	99.8	1.96
27 + 650	100.5	1.69	99.4	1.0
	100.2	1.00	99.1	0.49
27 + 700	101.7	6.25	99.5	1.21
	100.7	2.25	99.2	0.64
27 + 750	99.2	0.00	99.7	1.69
	101.7	6.25	99.5	1.21
27 + 800	101.8	6.76	99.2	0.64
	101.4	4.84	99.0	0.36
27 + 850	100.4	1.44	99.3	0.81
	101.2	4.00	99.4	1.0
27 + 900	100.3	1.21	99.6	1.44
	99.0	0.04	99.6	1.44
28 + 000	100.0	0.64	99.3	0.81
	100.0	0.64	99.7	1.69
28 + 100	100.5	1.69	99.6	1.44
	100.9	2.89	100.0	2.56

	วิธี Constant Dry Weight		วิธีมาตรฐาน	
satation	x_i เปอร์เซนต์การบดอัด	$(x_i - \bar{x})^2$	x_i เปอร์เซนต์การบดอัด	$(x_i - \bar{x})^2$
28 + 150	101.2	4.00	99.9	2.25
	101.1	3.61	99.3	0.81
23 + 200	98.1	1.21	98.5	0.01
	98.0	1.44	98.1	0.09
29 + 050	93.0	38.44	93.2	27.04
	93.8	29.16	93.7	22.09
29 + 100	93.9	28.09	93.7	22.09
	93.4	33.64	93.5	24.01
29 + 200	99.3	0.01	93.8	21.16
	98.9	0.09	98.5	0.01
29 + 250	99.2	0.00	99.1	0.49
	98.0	1.44	98.5	0.01
29 + 300	97.6	2.56	97.7	0.49
	97.9	1.69	97.6	0.64
29 + 400	97.3	3.61	97.2	1.44
	97.4	3.24	97.2	1.44
	Σx_i = 3,768.9	$\Sigma(x_i-\bar{x})^2$ = 201.07	Σx_i = 3,739.5	$\Sigma(x_i-\bar{x})^2$ = 155.77
n = 38	$\bar{x}$ = 99.2	S^2 = 5.29	$\bar{x}$ = 98.4	S^2 = 4.1
		S = 2.3		S = 2.0

	เปอร์เซนต์การบดอัด				ผลต่างเปอร์เซนต์การบดอัดในพื้นที่ 1 ตารางเมตร			
					วิธี CDW		วิธีมาตรฐาน	
station	CDW 1	CDW 2	มาตรฐาน 1	มาตรฐาน 2	x_i	$(x_i-\bar{x})^2$	x_i	$(x_i-\bar{x})^2$
27 + 500	99.6	100.0	100.0	99.2	-0.4	0.13	0.8	0.49
27 + 550	101.0	100.2	100.5	100.1	0.8	0.71	0.4	0.09
27 + 600	100.2	100.3	99.3	99.8	-0.1	0.00	-0.5	0.36
27 + 650	100.5	100.2	99.4	99.1	0.3	0.12	0.3	0.04
27 + 700	101.7	100.7	99.5	99.2	1.0	1.08	0.3	0.04
27 + 750	99.2	101.7	99.7	99.5	-2.5	6.05	0.2	0.01
27 + 800	101.8	101.4	99.2	99.0	0.4	0.19	0.2	0.01
27 + 850	100.4	101.2	99.3	99.4	-0.8	0.58	-0.1	0.04
27 + 900	100.3	99.0	99.6	99.6	1.3	1.80	0.0	0.01
28 + 100	100.0	100.0	99.3	99.7	0.0	0.00	-0.4	0.25
28 + 100	100.5	100.9	99.6	100.0	-0.4	0.13	-0.4	0.25
28 + 150	101.2	101.1	99.9	99.3	0.1	0.02	0.6	0.25
28 + 200	98.1	98.0	98.5	98.1	0.1	0.02	0.4	0.09
29 + 050	93.0	93.8	93.2	93.7	-0.8	0.58	-0.5	0.36
29 + 100	93.9	93.4	93.7	93.5	0.5	0.29	0.2	0.01
29 + 200	99.3	98.9	93.8	98.5	0.4	0.19	-0.3	0.16
29 + 250	99.2	98.0	99.1	98.5	1.2	1.54	0.6	0.25
29 + 300	97.6	97.9	97.7	97.6	-0.3	0.07	0.1	0.00
29 + 400	97.3	97.4	97.2	97.2	-0.1	0.00	0.0	0.01
					Σx_i = -0.7	Σ = 13.5	Σx_i = 1.9	Σ = 2.72
					$\bar{x}$ = -0.04	s^2 = 0.71	$\bar{x}$ = 0.10	s^2 = 0.14
n = 19						s = 0.84		s = 0.38

station	เปอร์เซนต์การบดอัด		ผลต่างเปอร์เซนต์การบดอัด ระหว่างวิธี CDW กับวิธีมาตรฐาน	$(x_i - \bar{x})^2$
	วิธี CDW	วิธีมาตรฐาน		
27 + 500	99.6	100.0	-0.4	1.04
	100.0	99.2	0.8	0.03
27 + 550	101.0	100.5	0.5	0.01
	100.2	100.1	0.1	0.27
27 + 600	100.2	99.3	0.9	0.08
	100.3	99.8	0.5	0.01
27 + 650	100.5	99.4	1.1	0.23
	100.2	99.1	1.1	0.23
27 + 700	101.7	99.5	2.2	2.50
	100.7	99.2	1.5	0.77
27 + 750	99.2	99.7	-0.5	1.25
	101.7	99.5	2.2	2.50
27 + 800	101.8	99.2	2.6	3.92
	101.4	99.0	2.4	3.17
27 + 850	100.4	99.3	1.1	0.23
	101.2	99.4	1.8	1.39
27 + 900	100.3	99.6	0.7	0.01
	99.0	99.6	-0.6	1.49
28 + 000	100.0	99.3	0.7	0.01
	100.0	99.7	0.3	0.10
28 + 100	100.5	99.6	0.9	0.08
	100.9	100.0	0.9	0.08
28 + 150	101.2	99.9	1.3	0.46
	101.1	99.3	1.8	1.39

station	เปอร์เซนต์การบดอัด		ผลต่างเปอร์เซนต์การบดอัด	
	วิธี CDW	วิธีมาตรฐาน	ระหว่างวิธี CDW กับวิธีมาตรฐาน	$(x_i - \bar{x})^2$
28 + 200	98.1	98.5	-0.4	1.04
	98.0	98.1	-0.1	0.52
29 + 050	93.0	93.2	-0.2	0.67
	93.8	93.7	0.1	0.27
29 + 100	93.9	93.7	0.2	0.18
	93.4	93.5	-0.1	0.52
29 + 200	99.3	93.8	-0.5	1.25
	98.9	98.5	0.4	0.05
29 + 250	99.2	99.1	0.1	0.27
	98.0	98.5	-0.5	1.25
29 + 300	97.6	97.7	-0.1	0.52
	97.9	97.6	0.3	0.10
29 + 400	97.3	97.2	0.1	0.27
	97.4	97.2	0.2	0.18
$n = 38$			$\Sigma x_i = 23.4$ $\bar{x} = 0.62$	$\Sigma(x_i - \bar{x})^2 = 28.34$ $s^2 = 0.75$ $s = 0.87$

ค. ผลการทดลองโดยวิธี Constant Dry Weight สำหรับลูกรัง

	วิธี Constant Dry Weight		วิธีมาตรฐาน	
station	x_i เปอร์เซนต์การบดอัด	$(x_i - \bar{x})^2$	x_i เปอร์เซนต์การบดอัด	$(x_i - \bar{x})^2$
14 + 050	105.3	12.96	103.6	7.29
	105.1	11.56	104.0	9.61
14 + 100	105.0	10.89	104.6	13.69
	102.7	1.00	103.5	6.76
15 + 000	101.4	0.09	101.9	1.00
	102.1	0.16	102.6	2.89
15 + 100	101.5	0.04	100.5	0.16
	103.2	2.25	101.8	0.81
15 + 200	104.1	5.76	102.7	3.24
	102.4	0.49	101.3	0.16
15 + 300	101.7	0.00	101.9	1.00
	101.6	0.01	101.5	0.36
15 + 600	102.1	0.16	101.8	0.81
	102.7	1.00	101.1	0.04
16 + 650	101.9	0.04	101.3	0.16
	101.8	0.01	101.7	0.64
16 + 700	97.5	17.64	96.4	20.25
	101.4	0.09	99.6	1.69
17 + 000	101.8	0.01	101.7	0.64
	100.1	2.56	99.0	3.61
17 + 050	100.8	0.81	99.9	1.00
	100.8	0.81	100.1	0.64

	วิธี Constant Dry Weight		วิธีมาตรฐาน	
station	x_i เปอร์เซนต์การบดอัด	$(x_i - \bar{x})^2$	x_i เปอร์เซนต์การบดอัด	$(x_i - \bar{x})^2$
17 + 100	99.7	4.0	98.5	5.76
	101.2	0.25	100.1	0.64
17 + 150	99.7	4.0	99.5	1.96
	103.4	2.89	102.9	4.0
17 + 200	100.7	1.0	100.9	0.00
	102.1	0.16	101.1	0.04
17 + 300	101.1	0.36	100.8	0.01
	102.7	1.0	101.6	0.49
17 + 400	101.0	0.49	100.3	0.36
	100.7	1.0	100.0	0.81
19 + 500	100.2	2.25	98.5	5.76
	101.7	0.0	98.3	6.76
19 + 550	101.2	0.25	98.5	5.76
	99.4	5.29	98.1	7.84
19 + 575	99.7	4.0	99.8	1.21
	101.0	0.49	100.3	0.36
19 + 600	104.3	6.76	102.9	4.00
	101.9	0.04	100.9	0.00
19 + 625	100.9	0.64	100.2	0.49
	101.8	0.01	101.7	0.64
19 + 650	100.9	0.64	101.2	0.09
	101.7	0.0	100.3	0.36
n = 44	Σx_i = 4,474.0	$\Sigma(x_i - \bar{x})^2$ = 103.86	Σx_i = 4,438.9	$\Sigma(x_i - \bar{x})^2$ = 123.79
	$\bar{x}$ = 101.7	S^2 = 2.36	$\bar{x}$ = 100.9	S^2 = 2.81
		S = 1.54		S = 1.68

	เปอร์เซนต์การบดอัด				ผลต่างเปอร์เซนต์การบดอัดในพื้นที่ 1 ตารางเมตร			
					วิธี		วิธีมาตรฐาน	
station	CDW 1	CDW 2	มาตรฐาน 1	มาตรฐาน 2	x_i	$(x_i-\bar{x})^2$	x_i	$(x_i-\bar{x})^2$
14 + 050	105.3	105.1	103.6	104.0	0.2	0.37	-0.4	0.03
14 + 100	105.0	102.7	104.6	103.5	2.3	7.34	1.1	1.77
15 + 000	101.4	102.1	101.9	102.6	0.3	0.50	-0.7	0.22
15 + 100	101.5	103.2	100.5	101.8	-1.7	1.66	-1.3	1.14
15 + 200	104.1	102.4	102.7	101.3	1.7	4.45	1.4	2.66
15 + 300	101.7	101.6	101.9	101.5	0.1	0.26	0.4	0.40
15 + 600	102.1	102.7	101.8	101.1	-0.6	0.04	0.7	0.86
16 + 650	101.9	101.8	101.3	101.7	0.1	0.26	-0.4	0.03
16 + 700	97.5	101.4	96.4	99.6	-3.9	12.18	-3.2	8.82
17 + 000	101.8	100.1	101.7	99.0	0.7	1.23	2.7	8.58
17 + 050	100.8	100.8	99.9	100.1	0.0	0.17	-0.2	0.00
17 + 100	99.7	101.2	98.5	100.1	-1.5	1.19	-1.6	1.88
17 + 150	99.7	103.4	99.5	102.9	-3.7	10.82	-3.4	10.05
17 + 200	100.7	102.1	100.9	101.1	-1.4	0.98	-1.2	0.94
17 + 300	101.1	102.7	100.8	101.6	-1.6	1.42	-0.8	0.32
17 + 400	101.0	100.7	100.3	100.0	0.3	0.50	0.3	0.28
19 + 500	100.2	101.7	98.5	98.3	-1.5	1.19	0.2	0.18
19 + 550	101.2	99.4	98.5	98.1	1.8	4.88	0.4	0.40
19 + 575	99.7	101.0	99.8	100.3	-1.3	0.79	-0.5	0.07
19 + 600	104.3	101.9	102.9	100.9	2.4	7.90	2.0	4.97
19 + 625	100.9	101.8	100.2	101.7	-0.9	0.24	-1.5	1.61
19 + 650	100.9	101.7	101.2	100.3	-0.8	0.15	0.9	1.28
n = 22					Σx_i = -9.0 $\bar{x}$ = -0.4	Σ = 58.5 S^2 = 2.66 S = 1.63	Σx_i = -5.1 $\bar{x}$ = -0.23	Σ = 46.5 S^2 = 2.11 S = 1.45

station	เปอร์เซนต์การบดอัด		ผลต่างเปอร์เซนต์การบดอัด	
	วิธี CDW	วิธีมาตรฐาน	ระหว่างวิธี CDW กับวิธีมาตรฐาน	$(x_i - \bar{x})^2$
14 + 050	105.3	103.6	1.7	0.81
	105.1	104.0	1.1	0.09
14 + 100	105.0	104.6	0.4	0.16
	102.7	103.5	-0.8	2.56
15 + 000	101.4	101.9	-0.5	1.69
	102.1	102.6	-0.5	1.69
15 + 100	101.5	100.5	1.0	0.04
	103.2	101.8	1.4	0.36
15 + 200	103.1	102.7	1.4	0.36
	102.4	101.3	1.1	0.09
15 + 300	101.7	101.9	-0.2	1.00
	101.6	101.5	0.1	0.49
15 + 600	102.1	101.8	0.3	0.25
	102.7	101.1	1.6	0.64
16 + 650	101.9	101.3	0.6	0.04
	101.8	101.7	0.1	0.49
16 + 700	97.5	96.4	1.1	0.09
	101.4	99.6	1.8	1.00
17 + 000	101.8	101.7	0.1	0.49
	100.1	99.0	1.1	0.49
17 + 050	100.8	99.9	0.9	0.01
	100.8	100.1	0.7	0.01
17 + 100	99.7	98.5	1.2	0.16
	101.2	100.1	1.1	0.09

station	เปอร์เซนต์การบดอัด		ผลต่างเปอร์เซนต์การบดอัด	$(x_i - \bar{x})^2$
	วิธี CDW	วิธีมาตรฐาน	ระหว่างวิธี CDW กับวิธีมาตรฐาน	
17 + 150	99.7	99.5	0.2	0.36
	103.4	102.9	0.5	0.09
17 + 200	100.7	100.9	-0.2	1.00
	102.1	101.1	1.0	0.04
17 + 300	101.1	100.8	0.3	0.25
	102.7	101.6	1.1	0.09
17 + 400	101.0	100.3	0.7	0.01
	100.7	100.3	0.7	0.01
19 + 500	100.2	98.5	1.7	0.81
	101.7	98.3	3.4	6.76
19 + 550	101.2	98.5	2.7	3.61
	99.4	98.1	1.3	0.25
19 + 575	99.7	99.8	-0.1	0.81
	101.0	100.3	0.7	0.01
19 + 600	104.3	102.9	1.4	0.36
	101.9	100.9	1.0	0.04
19 + 625	100.9	100.2	0.7	0.01
	101.8	101.7	0.1	0.49
19 + 650	100.9	101.2	-0.3	0.01
	101.7	100.3	1.4	0.36
$n = 44$			$\Sigma x_i = 35.2$ $\bar{x} = 0.80$	$\Sigma(x_i - \bar{x})^2 = 28.07$ $S^2 = 0.64$ $S = 0.80$

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติโดยการทำ Hypothesis Test

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติโดยการทำ Hypothesis Test โดยวิธี Hift

ก. ดินเหนียว

ให้ σ_1^2 และ σ_2^2 เป็นค่าความแปรปรวนเปอร์เซนต์การบดอัดของประชากรโดยวิธี Hift และวิธีมาตรฐานตามลำดับ

$$H_o : \sigma_1^2 = \sigma_2^2$$

$$H_1 : \sigma_1^2 \neq \sigma_2^2$$

$$\alpha = 0.10$$

$$\alpha = 0.05$$

ขอบเขตวิกฤต : $f_{1-\alpha}(\nu_1, \nu_2) > F > f_{\alpha/2}(\nu_1, \nu_2)$ เมื่อ $F = \frac{s_1^2}{s_2^2}$ มี $\nu_1 = n_1-1$ และ $\nu_2 = n_2-1$ ถ้า $\alpha/2 = 0.05$ $\nu_1 = 32-1 = 31$ และ $\nu_2 = 32-1 = 31$ จะได้ขอบเขตวิกฤตเมื่อ

$$\frac{1}{1.834} > F > 1.834$$

$$0.545 > F > 1.834$$

การคำนวณ : $s_1^2 = 3.80$ $s_2^2 = 2.55$

$$F = \frac{s_1^2}{s_2^2} = \frac{3.80}{2.55} = 1.49$$

สรุป : ยอมรับ Null Hypothesis H_o ที่ระดับนัยสำคัญ 0.10 และสรุปได้ว่าทั้งสองวิธีมีค่าความแปรปรวนเปอร์เซนต์การบดอัดของประชากรไม่ต่างกัน

ให้ μ_1 และ μ_2 เป็นค่าเฉลี่ยเปอร์เซนต์การบดอัดของประชากรโดยวิธี Hift และวิธีมาตรฐานตามลำดับ

$$H_o : \mu_1 = \mu_2 \quad \text{หรือ} \quad \mu_1 - \mu_2 = 0$$

$$H_1 : \mu_1 \neq \mu_2 \quad \text{หรือ} \quad \mu_1 - \mu_2 \neq 0$$

$$\alpha = 0.10$$

$$\alpha/2 = 0.05$$

ขอบเขตวิกฤต : $-1.645 > T > 1.645$ เมื่อ $T = \dfrac{(\bar{x}_1 - \bar{x}_2) - d_o}{S_p\sqrt{1/n_1 + 1/n_2}}$ และ

$S_p = \dfrac{(n_1 - 1)\, S_1^2 + (n_2 - 1)\, S_2^2}{n_1 + n_2 - 2}$ มี degree of freedom $(\nu) = n_1 + n_2 - 2$

$= 32 + 32 - 2 = 62$

การคำนวณ : $\bar{x}_1 = 106.8 \quad S_1^2 = 3.80 \quad n_1 = 32$ และ $\bar{x}_2 = 106.3$

$S_2^2 = 2.55 \quad n_2 = 32$

$$S_p^2 = \frac{(32 - 1)\ 3.80 + (32 - 1)\ 2.55}{32 + 32 - 2}$$

$$= 3.175$$

$$S_p = 1.782$$

$$t = \frac{(106.8 - 106.3) - 0}{1.782\ \sqrt{1/32 + 1/32}}$$

$$= 0.673$$

สรุป : ยอมรับ Null Hypothesis H_o ที่ระดับนัยสำคัญ 0.10 และสรุปว่าทั้งสองวิธีมีค่าเฉลี่ยเปอร์เซนต์การบดอัดของประชากรไม่แตกต่างกัน

ข. Silty Sand

ให้ σ_1^2 และ σ_2^2 เป็นค่าความแปรปรวนเปอร์เซนต์การบดอัดของประชากรโดยวิธี Hift และวิธีมาตรฐานตามลำดับ

$$H_o : \sigma_1^2 = \sigma_2^2$$

$$H_1 : \sigma_1^2 \neq \sigma_2^2$$

$\alpha = 0.10$

$\alpha = 0.05$

ขอบเขตวิกฤต : $f_{1-\alpha/2\ (\nu_1,\ \nu_2)} > F > f_{\alpha/2\ (\nu_1,\ \nu_2)}$ เมื่อ $F = \frac{S_1^2}{S_2^2}$

มี $\nu_1 = n_1-1$ และ $\nu_2 = n_2-1$ ถ้า $\alpha/2 = 0.05$ $\nu_1 = 38 - 1 = 37$ และ $\nu_2 = 38 - 1 = 37$ จะได้ขอบเขตวิกฤต

$$\frac{1}{1.735} > F > 1.735$$

$$0.576 > F > 1.735$$

การคำนวณ : $S_1^2 = 2.54$ $S_2^2 = 2.26$

$$F = \frac{2.54}{2.26} = 1.124$$

สรุป : ยอมรับ Null Hypothesis H_o ที่ระดับนัยสำคัญ 0.10 และสรุปได้ว่าค่าความแปรปรวนเปอร์เซนต์การบดอัดโดยวิธี Hift และวิธีมาตรฐานไม่แตกต่างกัน

ให้ μ_1 และ μ_2 เป็นค่าเฉลี่ยเปอร์เซนต์การบดอัดโดยวิธี Hift และวิธีมาตรฐานตามลำดับ

H_o : $\mu_1 = \mu_2$ หรือ $\mu_1 - \mu_2 = 0$

H_1 : $\mu_1 \neq \mu_2$ หรือ $\mu_1 - \mu_2 \neq 0$

$\alpha = 0.10$

$\alpha/2 = 0.05$

ขอบเขตวิกฤต : $-1.645 > T > 1.645$ เมื่อ $T = \frac{(\bar{x}_1 - \bar{x}_2) - d_o}{S_p\sqrt{1/n_1 + 1/n_2}}$ และ $S_p^2 = \frac{(n_1-1)\ S_1^2 + (n_2-1)\ S_2^2}{n_1 + n_2 -2}$ มี degree of freedom (ν) $= n_1 + n_2 -2 = 38 + 38 -2 = 74$

การคำนวณ : $\bar{x}_1 = 99.3$ $S_1^2 = 2.54$ $n_1 = 38$ และ $\bar{x}_2 = 99.0$ $S_2^2 = 2.26$ $n_2 = 38$

$$S_p^2 = \frac{(38 - 1)\ 2.54 + (38 - 1)\ 2.26}{38 + 38 - 2}$$

$$= 2.4$$

$$S_p = 1.549$$

$$t = \frac{(99.3 - 99.0) - 0}{1.549\sqrt{1/38 + 1/38}}$$

$$= 0.844$$

สรุป : ยอมรับ Null Hypothesis H_o ที่ระดับนับสำคัญ 0.10 และสรุปได้ว่าทั้งสองวิธีมีค่าเฉลี่ยเปอร์เซนต์การบดอัดของประชากรไม่แตกต่างกัน

ค. ลูกรัง

ให้ σ_1^2 และ σ_2^2 เป็นค่าความแปรปรวนเปอร์เซนต์การบดอัดของประชากรโดยวิธี Hift และวิธีมาตรฐานตามลำดับ

$$H_o : \sigma_1^2 = \sigma_2^2$$

$$H_1 : \sigma_2^2 \neq \sigma_2^2$$

$$\alpha = 0.10$$

$$\alpha/2 = 0.05$$

ขอบเขตวิกฤต : $f_{1-\alpha/2\ (\nu_1,\ \nu_2)} > F > f_{\alpha/2\ (\nu_1,\ \nu_2)}$ เมื่อ $F = \frac{S_1^2}{S_2^2}$

มี $\nu_2 = n_1 - 1$ และ $\nu_2 = n_2 - 1$ ถ้า $\alpha/2 = 0.05$ $\nu_1 = 44 - 1 = 43$

$\nu_2 = 44 - 1 = 43$ จะได้ขอบเขตวิกฤตเมื่อ

$$\frac{1}{1.667} > F > 1.667$$

$$0.60 > F > 1.667$$

การคำนวณ : $S_1^2 = 4.82$ $S_2^2 = 4.36$

$$F = \frac{4.82}{4.36} = 1.106$$

สรุป : ยอมรับ Null Hypothesis H_o ที่ระดับนัยสำคัญ 0.10 และสรุปได้ว่าทั้งสองวิธีมีความแปรปรวนเปอร์เซนต์การบดอัดของประชากรไม่แตกต่างกัน

ให้ μ_1 และ μ_2 เป็นค่าเฉลี่ยเปอร์เซนต์การบดอัดโดยวิธี CDW และวิธีมาตรฐานตามลำดับ

$$H_o : \mu_1 = \mu_1 \text{ หรือ } \mu_1 - \mu_2 = 0$$

$$H_1 : \mu_1 \neq \mu_2 \text{ หรือ } \mu_1 - \mu_2 \neq 0$$

$$\alpha = 0.10$$

$$\alpha/2 = 0.05$$

ขอบเขตวิกฤต : $-1.645 > T > 1.645$ เมื่อ $T = \dfrac{(\bar{x}_1 - \bar{x}_2) - d_o}{S_p\sqrt{1/n_1 + 1/n_2}}$ และ

$S_p^2 = \dfrac{(n_1 - 1)\, S_1^2 + (n_2 - 1)\, S_2^2}{n_1 + n_2 - 2}$ มี drgree of freedom $= n_1 + n_2 - 2$

$= 44 + 44 - 2 = 86$

การคำนวณ : $\bar{x}_1 = 100.8$ $S_1^2 = 4.82$ $n_1 = 44$ และ $\bar{x}_2 = 100.2$

$S_2^2 = 4.36$ $n_2 = 44$

$$S_p^2 = (44 - 1)\, 4.82 + (44 - 1)\, 4.36$$

$$= 4.59$$

$$S_p = 2.142$$

$$t = \frac{(100.8 - 100.2) - 0}{2.142\sqrt{1/44 + 1/44}}$$

$$= 1.314$$

สรุป : ยอมรับ Null Hypothesis H_o ที่ระดับนัยสำคัญ 0.10 และสรุปได้ว่าทั้งสองวิธีมีค่าเฉลี่ยเปอร์เซนต์การบดอัดของประชากรไม่แตกต่างกัน

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติโดยการทำ Hypothesis Test โดยวิธี Constant Dry Weight (CDW)

ก. ดินเหนียว

ให้ σ_1^2 และ σ_2^2 เป็นค่าความแปรปรวนเปอร์เซนต์การบดอัดของประชากรโดยวิธี CDW กับวิธีมาตรฐานตามลำดับ

$$H_o : \sigma_1^2 = \sigma_2^2$$

$$H_1 : \sigma_2^2 \neq \sigma_2^2$$

$$\alpha = 0.10$$

$$\alpha/2 = 0.05$$

ขอบเขตวิกฤต : $f_{1-\alpha/2\ (\nu_1,\ \nu_2)} > F > f_{\alpha/2\ (\nu_1,\ \nu_2)}$ เมื่อ $F = \frac{S_1^2}{S_2^2}$ มี $\nu_1 = n_1 - 1$ และ $\nu_2 = n_2 - 1$ ถ้า $\alpha/2 = 0.05$ $\nu_1 = 36 - 1 = 35$ $\nu_2 = 36 - 1 = 35$ จะได้ขอบเขตวิกฤตเมื่อ

$$\frac{1}{1.765} > F > 1.765$$

$$0.567 > F > 1.765$$

การคำนวณ : $S_1^2 = 1.92$ $S_2^2 = 2.34$

$$F = \frac{1.92}{2.34} = 0.82$$

สรุป : ยอมรับ Null Hypothesis H_o ที่ระดับนัยสำคัญ 0.10 และสรุปได้ว่าทั้งสองวิธีมีค่าความแปรปรวนเปอร์เซนต์การบดอัดของประชากรไม่แตกต่างกัน

ให้ μ_1 และ μ_2 เป็นค่าเฉลี่ยเปอร์เซนต์การบดอัดของประชากรโดยวิธี CDW กับวิธีมาตรฐานตามลำดับ

$$H_o : \mu_1 = \mu_2 \text{ หรือ } \mu_1 - \mu_2 = 0$$

$$H_1 : \mu_1 \neq \mu_2 \text{ หรือ } \mu_1 - \mu_2 \neq 0$$

$$\alpha = 0.05$$

$$\alpha/2 = 0.025$$

ขอบเขตวิกฤต : $-1.96 > T > 1.96$ เมื่อ $T = \dfrac{(\bar{x}_1 - \bar{x}_2) - d_o}{S_p\sqrt{1/n_1 + 1/n_2}}$ และ

$S_p^2 = \dfrac{(n_1 - 1)\, S_1^2 + (n_2 - 1)\, S_2^2}{(n_1 + n_2 - 2)}$ มี drgree of freedom (ν) = $n_1 + n_2 - 2$

$= 36 + 36 - 2 = 70$

การคำนวณ : $\bar{x}_1 = 105.0$ $S_1^2 = 1.92$ $n_1 = 36$ และ $\bar{x}_2 = 105.6$

$S_2^2 = 2.34$ $n_2 = 36$

$$S_p^2 = \frac{(36 - 1)\ 1.92 + (36 - 1)\ 2.34}{(36 + 36 - 2)}$$

$$= 2.13$$

$$S_p = 1.459$$

$$t = \frac{(105.0 - 105.6) - 0}{1.459\sqrt{1/36 + 1/36}}$$

$$= -1.745$$

สรุป : ยอมรับ Null Hypothesis H_o ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 และสรุปได้ว่าทั้งสองวิธีมีค่าเฉลี่ยเปอร์เซนต์การบดอัดของประชากรไม่แตกต่างกัน

ข. Silty Sand

ให้ σ_1^2 และ σ_2^2 เป็นค่าเฉลี่ยเปอร์เซนต์การบดอัดของประชากรโดยวิธี CDW กับวิธีมาตรฐานตามลำดับ

$$H_o : \sigma_1^2 = \sigma_2^2$$

$$H_1 : \sigma_2^2 \neq \sigma_2^2$$

$$\alpha = 0.10$$

$$\alpha/2 = 0.05$$

ขอบเขตวิกฤต : $f_{1-\alpha/2\ (\nu_1,\ \nu_2)} > F > f_{\alpha/2\ (\nu_1,\ \nu_2)}$ เมื่อ $F = \frac{S_1^2}{S_2^2}$

มี $\nu_1 = n_1 - 1$ และ $\nu_2 = n_2 - 1$ ถ้า $\alpha/2 = 0.05$ $\nu_1 = 38 - 1 = 37$

$\nu_2 = 38 - 1 = 37$ จะได้ขอบเขตวิกฤตเมื่อ

$$\frac{1}{1.735} > F > 1.735$$

$$0.576 > F > 1.735$$

การคำนวณ : $S_1^2 = 5.20$ $S_2^2 = 4.10$

$$F = \frac{5.20}{4.10} = 1.268$$

สรุป : ยอมรับ Null Hypothesis H_o ที่ระดับนัยสำคัญ 0.10 และสรุปได้ว่าทั้งสองวิธีมีค่าความแปรปรวนเปอร์เซนต์การบดอัดของประชากรไม่แตกต่างกัน

ให้ μ_1 และ μ_2 เป็นค่าเฉลี่ยเปอร์เซนต์การบดอัดของประชากรโดยวิธี CDW กับวิธีมาตรฐานตามลำดับ

H_o : $\mu_1 = \mu_2$ หรือ $\mu_1 - \mu_2 = 0$

H_1 : $\mu_1 \neq \mu_2$ หรือ $\mu_1 - \mu_2 \neq 0$

$\alpha = 0.10$

$\alpha/2 = 0.05$

ขอบเขตวิกฤต : $-1.645 > T > 1.645$ เมื่อ $T = \frac{(\bar{x}_1 - \bar{x}_2) - d_o}{S_p\sqrt{1/n_1 + 1/n_2}}$ และ

$S_p^2 = \frac{(n_1 - 1)\ S_1^2 + (n_2 - 1)\ S_2^2}{n_1 + n_2 - 2}$ มี degree of freedom $= n_1 + n_2 - 2$

$= 38 + 38 - 2 = 74$

การคำนวณ : $\bar{x}_1 = 99.2$ $S_1^2 = 5.20$ $n_1 = 38$ และ $\bar{x}_2 = 98.4$

$S_2^2 = 4.10$ $n_2 = 38$

$$S_p^2 = \frac{(38 - 1)\ 5.20 + (38 - 1)\ 4.10}{(38 + 38 - 2)}$$

$$= 4.65$$

$$S_p = 2.156$$

$$t = \frac{(99.2 - 98.4) - 0}{2.156\sqrt{1/38 + 1/38}}$$

$$= 1.617$$

สรุป : ยอมรับ Null Hypothesis H_o ที่ระดับนัยสำคัญ 0.10 และสรุปได้ว่าทั้งสองวิธีมีค่าเฉลี่ยเปอร์เซนต์การบดอัดไม่แตกต่างกัน

ค. ลูกรัง

ให้ σ_1^2 และ σ_2^2 เป็นค่าความแปรปรวนเปอร์เซนต์การบดอัดของประชากรโดยวิธี CDW กับวิธีมาตรฐานตามลำดับ

$$H_o : \sigma_1^2 = \sigma_2^2$$

$$H_1 : \sigma_1^2 \neq \sigma_2^2$$

$$\alpha = 0.10$$

$$\alpha/2 = 0.05$$

ขอบเขตวิกฤต : $f_{1-\alpha/2}(\nu_1, \nu_2) > F > f_{\alpha/2}(\nu_1, \nu_2)$ เมื่อ $F = \frac{S_1^2}{S_2^2}$ มี $\nu_1 = n_1 - 1$ และ $\nu_2 = n_2 - 1$ ถ้า $\alpha/2 = 0.05$ $\nu_1 = 44 - 1 = 43$ $\nu_2 = 44 - 1 = 43$ จะได้ขอบเขตวิกฤตเมื่อ

$$\frac{1}{1.667} > F > 1.667$$

$$0.60 > F > 1.667$$

การคำนวณ : $S_1^2 = 2.36$ $S_2^2 = 2.81$

$$F = \frac{2.36}{2.81} = 0.84$$

สรุป : ยอมรับ Null Hypothesis ที่ระดับนัยสำคัญ 0.10 และสรุปได้ว่าทั้งสองวิธีมีค่าความแปรปรวนเปอร์เซนต์การบดอัดของประชากรไม่แตกต่างกัน

ให้ μ_1 และ μ_2 เป็นค่าเฉลี่ยเปอร์เซนต์การบดอัดโดยวิธี CDW กับวิธีมาตรฐานตามลำดับ

$$H_o : \mu_1 = \mu_2 \text{ หรือ } \mu_1 - \mu_2 = 0$$

$$H_1 : \mu_1 \neq \mu_1 \text{ หรือ } \mu_1 - \mu_2 \neq 0$$

$$\alpha = 0.02$$

$$\alpha/2 = 0.01$$

ขอบเขตวิกฤต : $-2.33 > T > 2.33$ เมื่อ $T = \dfrac{(\bar{x}_1 - \bar{x}_2) - d_o}{S_p \sqrt{1/n_1 + 1/n_2}}$ และ

$S_p^2 = \dfrac{(n_1 - 1)\, S_1^2 + (n_2 - 1)\, S_2^2}{n_1 + n_2 - 2}$ มี degree of freedom $= n_1 + n_2 - 2$

$= 44 + 44 - 2 = 86$

การคำนวณ : $\bar{x}_1 = 101.7$ $S_1^2 = 2.36$ $n_1 = 44$ และ $\bar{x}_2 = 100.9$

$S_2^2 = 2.81$ $n_2 = 44$

$$S_p^2 = \frac{(44 - 1)\, 2.86 + (44 - 1)\, 2.81}{(44 + 44 - 2)}$$

$$= 2.585$$

$$S_p = 1.608$$

$$t = \frac{(101.7 - 100.9) - 0}{1.608 \sqrt{1/44 + 1/44}}$$

$$= 2.33$$

สรุป : ยอมรับ Null Hypothesis H_o ที่ระดับนัยสำคัญ 0.02 และสรุปได้ว่าทั้งสองวิธีมีค่าเฉลี่ยเปอร์เซนต์การบดอัดไม่แตกต่างกัน

ประวัติ

นายสุชาย ลำชำ สำเร็จการศึกษาวิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต สาขาวิศวกรรมโยธา จาก มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ในเดือนมีนาคม พ.ศ. ๒๕๑๙