บทที่ 3
วิธีดำเนินงานวิจัย

งานวิจัยเริ่มจากการเจาะเก็บตัวอย่างดิน นำตัวอย่างดินมาทดสอบตามแผนที่วางไว้ แล้ววิเคราะห์ผลการทดสอบ

3.1 การเจาะเก็บตัวอย่าง

ตัวอย่างที่ศึกษานำมาจากบริเวณบ้านหนองป่าคลั่ง ใกล้โรงแรมปอยหลวง ซึ่งมีลักษณะธรณีสัณฐาน (Land From) เป็นบริเวณที่ราบน้ำท่วมถึง ใช้สว่านขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง100 มม. เจาะจำนวน 5 หลุม จนถึงชั้นความลึก 7.00 เมตร-7.80 เมตร จึงเก็บตัวอย่างดิน เก็บตัวอย่างดินคงสภาพ (Undisturbed Sample) โดยตอกกระบอกบางปลายเปิด (Open Tube Sample) มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางภายใน 7.2 มิลลิเมตร อัตราส่วนช่องว่างภายใน (Inside Clearance Ratio) 0 % และอัตราส่วนพื้นที่ (Area Ratio) 5.6 % ลงไป 40 เซนติเมตร หมุนกระบอกหลายๆรอบ แล้วถอนกระบอกขึ้นมา

3.2 แผนการทดสอบ

แผนการทดสอบประกอบด้วย การทดสอบคุณสมบัติดัชนี การทดสอบอัดตัวระบายน้ำภายใต้การบรรทุกน้ำหนักเป็นช่วงๆ (Increment Loading) ในที่นี้จะเรียกว่าการบรรทุกน้ำหนักสากล (Standard Loading) และ ทดสอบอัดตัวระบายน้ำภายใต้อัตราความเครียดคงที่ (Constant Strain Rate)

3.2.1 ทดสอบหาคุณสมบัติดัชนีของดิน (Index Properties)

ในการเลือกตัวอย่างทดสอบ ได้ควบคุมความแปรปรวนของตัวอย่างโดยใช้คุณสมบัติดัชนีได้แก่ เปอร์เซนต์น้ำธรรมชาติ (Water Content), พิกัดแอตเทอเบอร์ก (พิกัดเหลว, พิกัดปั้นได้, ดัชนีการปั้นได้), ความถ่วงจำเพาะ (Specific Gravity) และ การกระจายขนาดเม็ดดิน (Grain Size Distribution)

เปอร์เซนต์น้ำธรรมชาติ และ พิกัดแอตเทอเบอร์ก ใช้เป็นตัวบ่งชี้ความแปรปรวนของตัวอย่างในการคัดเลือกตัวอย่างสำหรับทดสอบการอัดตัวระบายน้ำ

3.2.2 การทดสอบอัดตัวระบายน้ำภายใต้การบรรทุกน้ำหนักสากล (Standard Increment Loading) ทำทดสอบดังต่อไปนี้

(1) ทดสอบตามมาตรฐานวิธีทดสอบวัสดุของอเมริกา ASTM (D 2435)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

โดยใช้ความดัน 200 กน/ม^2 อัดให้น้ำในดินตัวอย่างกลับอิ่มตัว แล้วทดสอบอัดตัวระบายน้ำภายใต้การบรรทุกน้ำหนักสากล เพิ่มน้ำหนักบรรทุกขึ้นเท่าตัว (อัตราส่วนการเพิ่มน้ำหนักบรรทุก = 1) เมื่อสิ้นสุดการอัดตัวระบายน้ำหลัก (End of Primary Consolidation, EOP)

(2) การทดสอบอัดตัวระบายน้ำภายใต้การบรรทุกน้ำหนักสากล อัดความดันกลับ แล้วบรรทุกน้ำหนักไว้ 24 ชั่วโมง

(3) การทดสอบอัดตัวระบายน้ำภายใต้การบรรทุกน้ำหนักสากล ไม่ใช้ความดันกลับ เพิ่มน้ำหนักบรรทุกขึ้นเท่าตัว เมื่อสิ้นสุดการอัดตัวระบายน้ำหลัก (End of Primary Consolidation, EOP)

(4) การทดสอบอัดตัวระบายน้ำภายใต้การบรรทุกน้ำหนักสากล ไม่ใช้ความดันกลับ แล้วบรรทุกน้ำหนักไว้ 24 ชั่วโมง รายละเอียดของแผนการทดสอบอยู่ใน ตารางที่ 3.1 แผนการทดสอบนี้ใช้ศึกษาอิทธิพลของการอัดความดันกลับ และ ช่วงเวลาบรรทุกน้ำหนักที่มีต่อคุณลักษณะการอัดตัวระบายน้ำภายใต้การบรรทุกน้ำหนักสากล

3.2.3 ทดสอบอัดตัวระบายน้ำภายใต้อัตราความเครียดคงที่ (Constant Strain Rate Consolidation) ใช้ความดันกลับ 200 กน/ม^2 อัดให้น้ำในตัวอย่างดินกลับอิ่มตัว แล้วอัดตัวอย่างด้วยความเร็วคงที่ ตั้งแต่ 0.005 มม./นาที ไปจนถึง 0.050 มม./นาที พร้อมกับวัดความดันน้ำส่วนเกินที่ฐานตลอดช่วงทดสอบ รายละเอียดของแผนการทดสอบอยู่ใน ตารางที่ 3.2 แผนการทดสอบนี้ใช้ศึกษาอิทธิพลของอัตราความเครียดที่มีต่อคุณลักษณะของการอัดตัวระบายน้ำ

3.3 เครื่องมือทดสอบอัดตัวระบายน้ำภายใต้ความเครียดคงที่

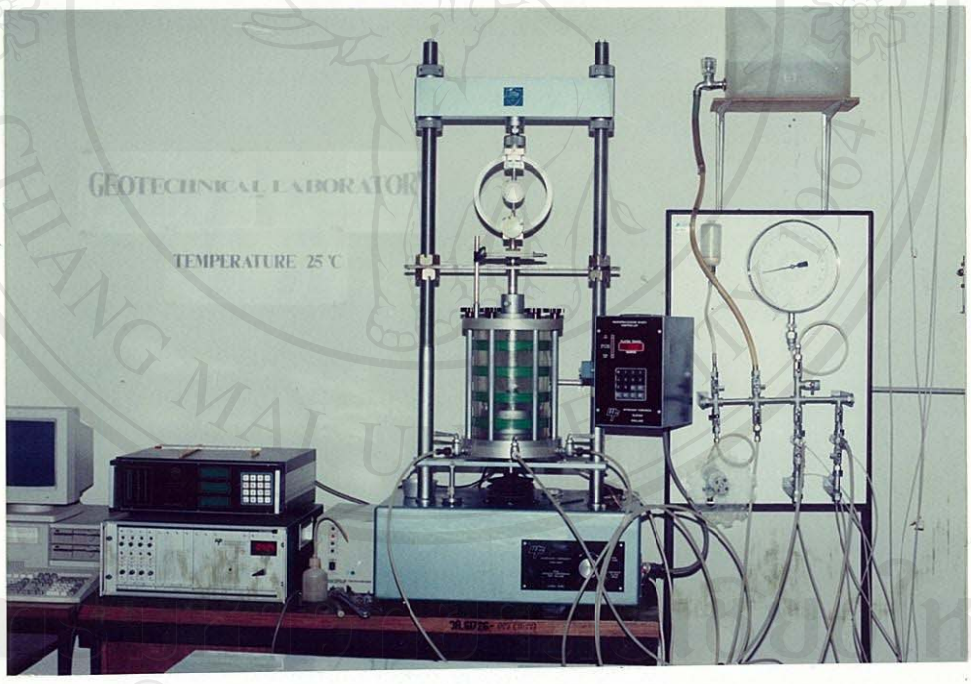
เครื่องมือทดสอบอัดตัวระบายน้ำภายใต้ความเครียดคงที่ ประกอบด้วยส่วนสำคัญหลัก 2 ส่วนคือ ตัวเซลสำหรับใส่ดินตัวอย่าง และเครื่องอัดตัวอย่างด้วยความเร็วคงที่

ตัวเซลสำหรับใส่ดินตัวอย่างดัดแปลงจากเซลสำหรับทดสอบการอัดตัวระบายน้ำ โดยใช้ความดันน้ำ (Hydraulically Pressurised Consolidation Cell) กดอัดตัวอย่างดิน โมเดล WF24500 ผลิตโดยบริษัท Wykeham Farrance Engineering Limited ดัดแปลงโดยเปลี่ยนระบบการใช้ความดันน้ำอัดตัวอย่าง มาเป็นการอัดตัวอย่างผ่านก้านโลหะตั้งอยู่บนแผ่นทองเหลือง ใต้แผ่นทองเหลืองเป็นหินพรุน (Porous Stone) วางทับอยู่บนกระดาษกรองด้านบนของตัวอย่าง ดังรูปที่ 3.3 ดินตัวอย่างจะอยู่ในวงแหวนขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 6.33 มม. หนา 19.2 มม. ทั้งวงแหวนและดินวางอยู่บนแผ่นกระดาษกรองด้านหน้าแผ่นหินพรุนตัวล่าง ซึ่งติดตั้งอยู่กับแผ่นฐานของเซล ใต้แผ่นหินพรุนนี้มีทางให้น้ำไหลซึมเข้าสู่ตัวอย่างได้ 2 ทาง ทางหนึ่งจะต่อเข้ากับเครื่องวัดความดันซึ่งใช้วัดความดันน้ำตรงฐานตัวอย่างขณะทดลอง อีกทางหนึ่งต่อเข้ากับ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ระบบควบคุมความดันน้ำโดยใช้ระบบหม้อปรอทของ Bishop,A.W. ทางนี้จะใช้ในการอัดความดันน้ำให้ดินตัวอย่างกลับอิ่มตัว ที่ฐานเซลมีทางให้น้ำไหลเข้าสู่ภายในแยกต่างหากอีกทางหนึ่ง ซึ่งใช้เป็นทางในการอัดความดันน้ำให้ดินตัวอย่างกลับอิ่มตัวทางด้านบน ใช้ระบบการควบคุมความดันน้ำโดยระบบหม้อปรอทของ Bishop,A.W. เช่นเดียวกัน

ส่วนที่สองคือเครื่องมือใช้กดดินตัวอย่างเป็นเครื่องทดสอบกดอัด (Classical Compression Machine) โมเดล WF10054 ผลิตโดยบริษัท Wykeham Farrance Engineering Limited ซึ่งใช้ระบบการเคลื่อนฐานขึ้นลง ด้านบนของก้านโลหะที่ใช้กดดินตัวอย่างดันกับวงแหวนวัดแรง (Proving Ring) ซึ่งยึดแน่นอยู่กับที่ ดังรูปที่ 3.1 (รายละเอียดการติดตั้งตัวอย่างในภาคผนวก ค)



ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

รูปที่ 3.1 เครื่องทดสอบกดอัด (Classical Compression Machine) โมเดล WF10054

3.4 การทำให้ตัวอย่างกลับอิ่มตัว

เพิ่มความดันในเซล (Cell Pressure) และความดันน้ำใต้ฐานตัวอย่างขึ้นพร้อมๆกัน ในอัตรา 20 กน./ม^2 ต่อนาที เพื่อให้ความดันในช่องว่างของดินตัวอย่างกระจายไปได้ทั่วเท่าๆ กัน (Equalization of Pore Pressure) จนถึงความดัน 200 กน./ม^2 อัดความดัน 200 กน./ม^2 ไว้เป็นเวลา 1วัน ตรวจสอบการอิ่มตัวโดยปิดทางระบายน้ำออกจากใต้ฐานตัวอย่างแล้ว เพิ่มความดันในเซลขึ้น 20 กน./ม^2 วัดความดันใต้ฐานตัวอย่าง คำนวณตัวแปรความดันในช่องว่าง (Pore Pressure Parameter) C ของ Lambe,T.W. ถ้าได้ค่า C ตั้งแต่ 0.95 ขึ้นไป ถือว่าดินอิ่มตัว

ตาราง 3.1 ชุดการทดสอบน้ำหนักบรรทุกสากล

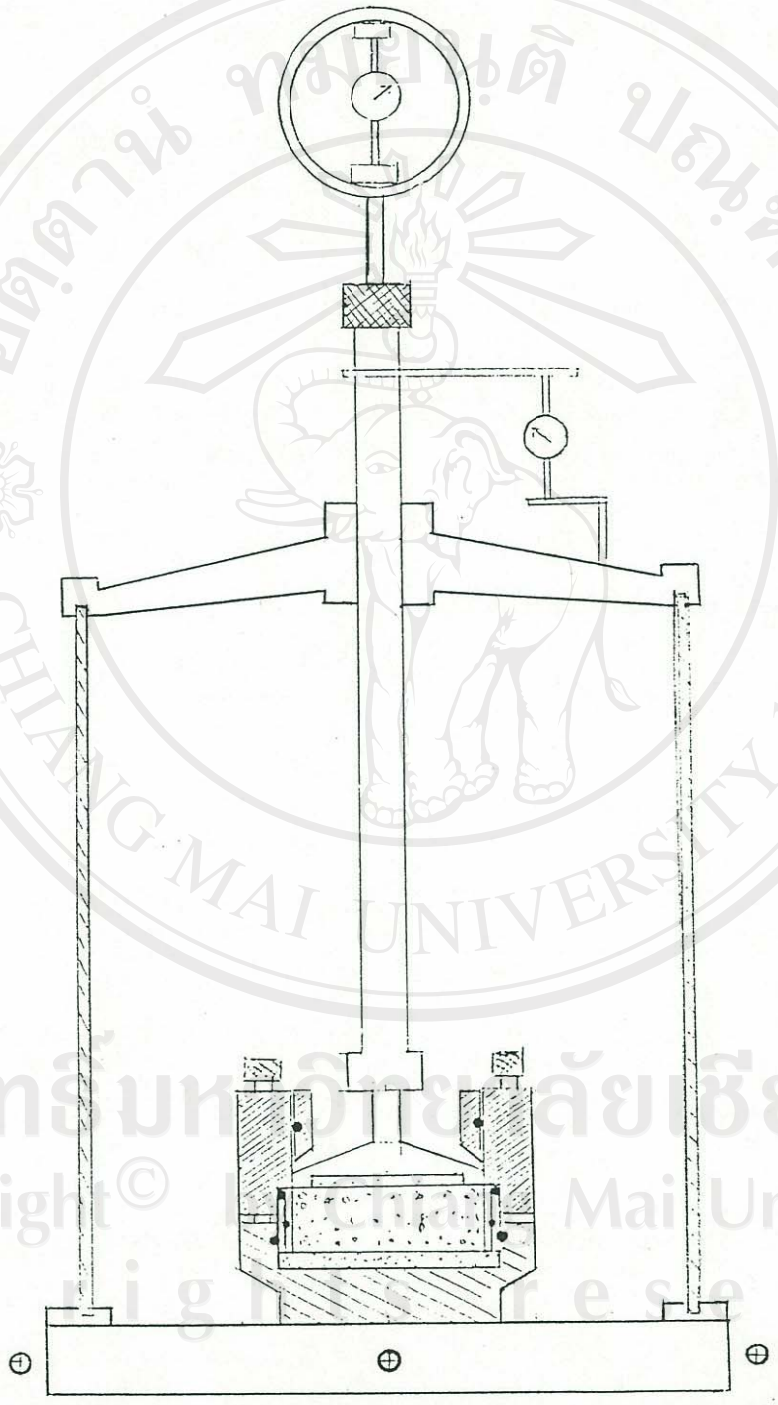
ชุดการทดสอบ	รายละเอียดการทดสอบ
SL - BP - EP(No 1) SL - BP - EP(No 2) SL - BP - EP(No 3) SL - BP - EP(No 4) SL - BP - OD(No 1) SL - BP - OD(No 2) SL - BP - OD(No 3) SL - BP - OD(No 4) SL - NB - EP(No 1) SL - NB - EP(No 2) SL - NB - OD(No 1) SL - NB - OD(No 2) SL - NB - OD(No 3#)	SL หมายถึง การบรรทุกน้ำหนักสากล BP หมายถึง อัดความดันกลับ (Back Pressure) NB หมายถึง ไม่มีการอัดความดันกลับ EP หมายถึง ช่วงเวลาบรรทุกน้ำหนักจนสิ้นสุดการอัดตัวระบายน้ำหลัก(EOP) OD หมายถึง ช่วงเวลาบรรทุกน้ำหนัก 24 ชั่วโมง No 1 หมายถึง ตัวอย่างที่ 1 No 2 หมายถึง ตัวอย่างที่ 2 No 3 หมายถึง ตัวอย่างที่ 3 No 4 หมายถึง ตัวอย่างที่ 4 # หมายถึง ใช้ความหนาตัวอย่างเท่ากับตัวอย่างที่อัดความดันกลับ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 3.2 ชุดการทดสอบภายใต้อัตราความเครียดคงที่ (Constant Rate of Strain)

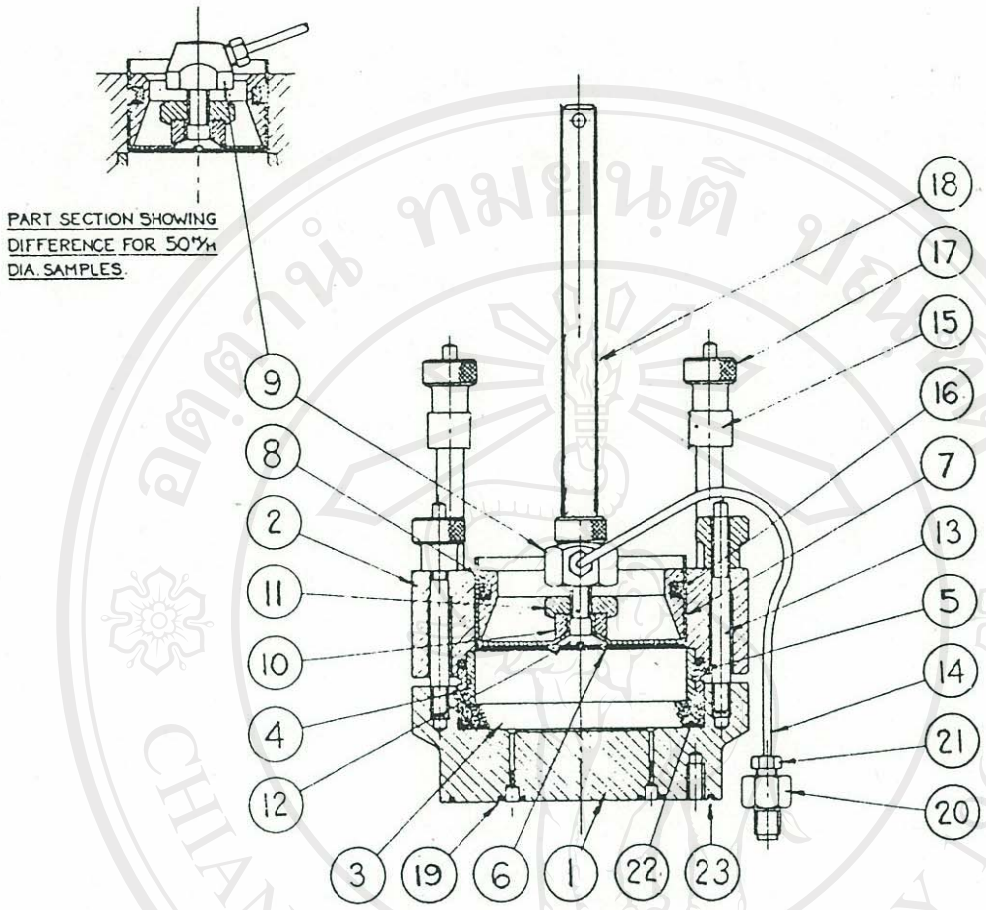
ชุดการทดสอบ	รายละเอียดการทดสอบ
CRS - 1 - a (No 1) CRS - 1 - b (No 1) CRS - 1 - b (No 2) CRS - 1 - b (No 3) CRS - 1 - b (No 4) CRS - 1 - c (No 1) CRS - 1 - c (No 2) CRS - 1 - c (No 3) CRS - 1 - c (No 4) CRS - 1 - d (No 1) CRS - 1 - d (No 2) CRS - 1 - d (No 3) CRS - 1 - d (No 4) CRS - 1 - e (No 1) CRS - 1 - e (No 2) CRS - 1 - e (No 3) CRS - 1 - e (No 4) CRS - 1 - f (No 1)	CRS หมายถึง การทดสอบภายใต้ความเครียดคงที่ (Constant Rate of Strain) 1 หมายถึง ดินเหนียวที่ชั้นความลึก 7.00 เมตร-7.80 เมตร a หมายถึง อัตราความเครียด = 0.005 ม.ม/นาที b หมายถึง อัตราความเครียด = 0.010 ม.ม/นาที c หมายถึง อัตราความเครียด = 0.015 ม.ม/นาที d หมายถึง อัตราความเครียด = 0.020 ม.ม/นาที e หมายถึง อัตราความเครียด = 0.030 ม.ม/นาที f หมายถึง อัตราความเครียด = 0.050 ม.ม/นาที No 1 หมายถึง ตัวอย่างที่ 1 No 2 หมายถึง ตัวอย่างที่ 2 No 3 หมายถึง ตัวอย่างที่ 3 No 4 หมายถึง ตัวอย่างที่ 4

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



รูปที่ 3.2 เครื่องมือ Hydraulically Pressurised Consolidation Cell (ปรับปรุง)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



รูปที่ 3.3 รายละเอียด Constant Strain Rate Oedometer

1. Base
2. Guide Cylinder
3. Porous Stone
4. Simple Cylindrical Sample Ring
5. Spacer Ring
6. Porous Stone
7. Moulded Flexible Neoprene Piston
8. Tapered Internal Ring
9. Nut
10. Nut
11. Nut
12. Metal Mushroom
13. Screw
14. Tube
15. Rod
16. O-Ring
17. Knurled Nut
18. Piston
19. O-Ring
20. Perspex Rod
21. Brass Gland Nut
22. O-Ring
23. O-Ring

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

3.5 วิธีวิเคราะห์

นำการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วม (Analysis of Covariance) มาวิเคราะห์หาความแตกต่างของเส้นโค้งการอัดตัวได้ ที่ได้จากการทดสอบการอัดตัวระบายน้ำภายใต้อัตราความเครียดคงที่ และการทดสอบสากล โดยตั้งสมมุติฐานว่าเส้นโค้งการอัดตัวได้มีความสัมพันธ์กันแบบเชิงเส้น หรือไม่เชิงเส้น แล้วตรวจสอบสมมุติจากการทดสอบ F-Test ถ้าทดสอบแล้วมีนัยสำคัญจึงจะทำการทดสอบโดยวิธี Least Significant Difference (L.S.D) ของ Scheffe[1] ต่อไปรายละเอียดอยู่ในภาคผนวก ง

ตั้งสมมุติฐาน

(1) น้ำหนักบรรทุก(X) และเปอร์เซนต์การทรุดตัว(Y) ไม่มีความสัมพันธ์กัน

(2) ค่าเฉลี่ยของชุดเส้นโค้งการอัดตัว(ทรีทเมนต์) ไม่แตกต่างกัน

การทดสอบสมมุติฐาน

การทดสอบสมมุติฐานแบ่งเป็นขั้นตอนดังนี้

(1) การทดสอบ H_o : X และ Y ไม่มีความสัมพันธ์กัน ด้วยการทดสอบ F-Test

สูตร

$$F_{cal} = \frac{(SSE_{xy})^2 / SSE_x}{MSE_y'}$$

(2) การทดสอบ H_o : ค่าเฉลี่ยทรีทเมนต์ไม่แตกต่างกัน ด้วยการทดสอบ (L.S.D.) ของ Scheffe

สูตร

$$F_{cal} = \frac{MST_{ry}'}{MSE_y'}$$

โดยที่

SSE_{xy} คือ Sum of Square of Error of x and y

SSE_x คือ Sum of Square of Error of x

MSE_y' คือ Experimental Error Mean Square of y

MST_{ry}' คือ Mean Square for Treatments

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved