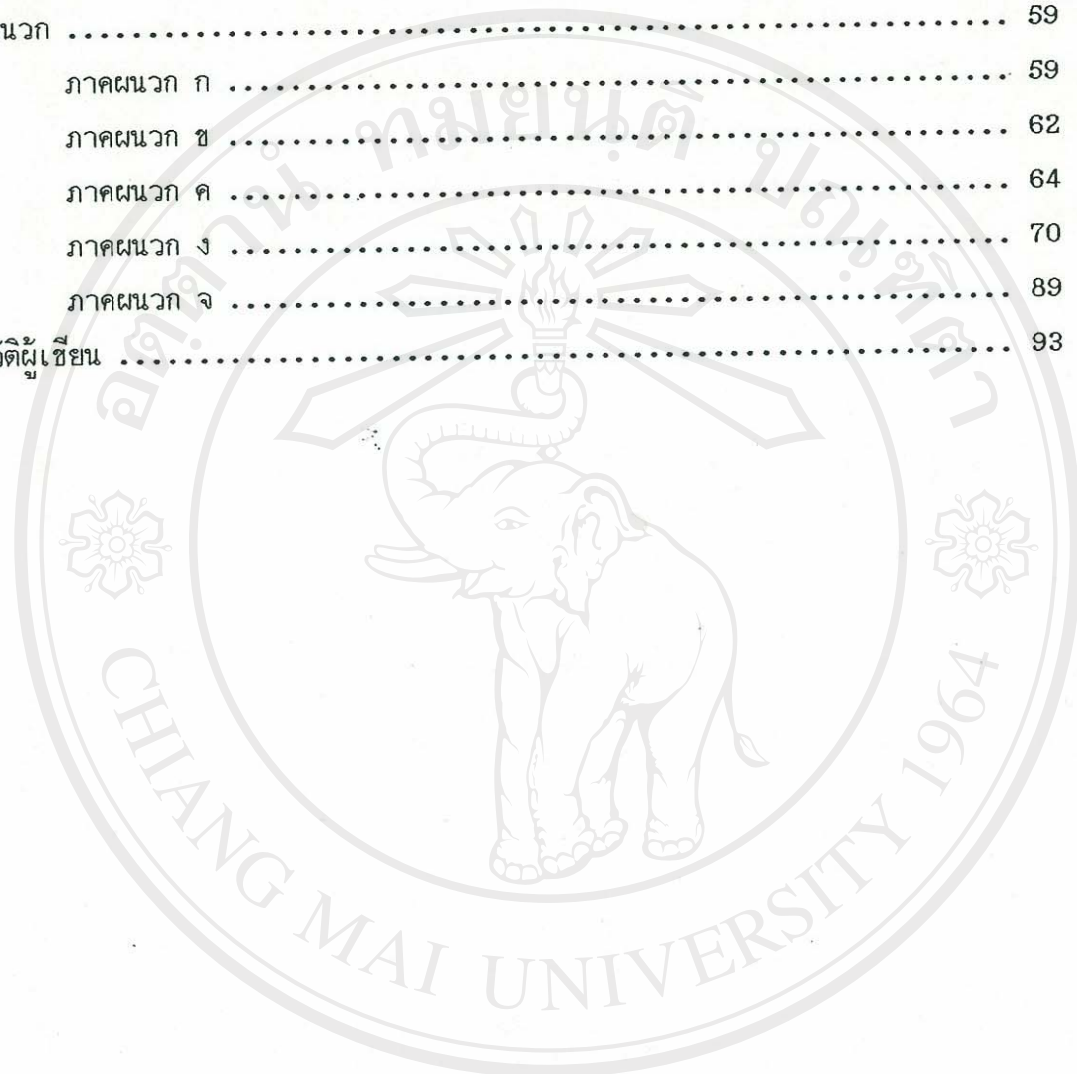


สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	ค
บทคัดย่อภาษาไทย	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	จ
สารบัญตารางประกอบ	ฉ
สารบัญภาพประกอบ	ญ
สัญลักษณ์	ฎ
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหาที่นำไปสู่การค้นคว้าวิจัย	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย	1
1.3 ขอบเขตการวิจัย	1
บทที่ 2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	2
2.1 การทดสอบอัดตัวระบายน้ำของดินเหนียว โดยวิธีบรรทุกน้ำหนักสากล (Standard increment loading)	2
2.1.1 วิธีทดสอบ	2
2.1.2 การแปลความ	2
2.1.3 อิทธิพลของตัวแปรต่างๆ	13
2.2 การทดสอบอัดตัวระบายน้ำภายใต้อัตราความเครียดคงที่ (Constant rate of strain consolidation)	14
2.2.1 วิธีทดสอบ	14
2.2.2 การแปลความ	15
2.2.3 อิทธิพลของตัวแปรต่างๆ	19
2.3 คุณลักษณะการอัดตัวได้ของดินเหนียวเชิงใหม่	20
บทที่ 3 วิธีดำเนินงานวิจัย	21
3.1 การเจาะเก็บตัวอย่าง	21
3.2 แผนการทดสอบ	21
3.2.1 ทดสอบหาคคุณสมบัติดัชนีของดิน (Index properties)	21
3.2.2 การทดสอบอัดตัวระบายน้ำภายใต้การบรรทุกน้ำหนักสากล	21
3.2.3 การทดสอบอัดตัวระบายน้ำภายใต้อัตราความเครียดคงที่	21

3.3	เครื่องมือทดสอบอัดตัวระบายน้ำภายใต้อัตราความเครียดคงที่	22
3.4	การทำให้ตัวอย่างกลับอึดตัว (Back pressure)	24
3.5	วิธีวิเคราะห์	28
บทที่ 4	ผลการค้นคว้าวิจัยและอภิปรายผล	29
4.1	คุณสมบัติดัชนีของตัวอย่าง	29
4.1.1	คุณสมบัติดัชนีของตัวอย่าง	29
4.1.2	ความแปรปรวนของตัวอย่าง	30
4.2	คุณลักษณะการอัดตัวระบายน้ำภายใต้การบรรทุกน้ำหนักสากล	32
4.2.1	ผลกระทบต่อเส้นโค้งการอัดตัวได้	32
4.2.1.1	อิทธิพลของช่วงเวลาบรรทุกน้ำหนัก (Load increment duration)	32
4.2.1.2	อิทธิพลของการอัดความดันกลับ	32
4.2.2	ผลกระทบต่อค่าสัมประสิทธิ์การอัดตัวระบายน้ำ	32
4.2.2.1	อิทธิพลของช่วงเวลาบรรทุกน้ำหนัก (Load increment duration)	32
4.2.2.2	อิทธิพลของการอัดความดันกลับ	33
4.3	คุณลักษณะการอัดตัวระบายน้ำภายใต้การเพิ่มอัตราความเครียดคงที่	40
4.3.1	เส้นโค้งการอัดตัวได้ (Compressibility curve)	40
4.3.2	ค่าสัมประสิทธิ์การอัดตัวระบายน้ำ (Coefficient of consolidation)	43
4.3.3	ความดันน้ำ (Pore water pressure)	44
4.4	เปรียบเทียบระหว่างการทดสอบบรรทุกน้ำหนักสากลกับการทดสอบภายใต้ อัตราความเครียดคงที่	45
4.4.1	เส้นโค้งการอัดตัวได้ (Compressibility curve)	45
4.4.2	ค่าสัมประสิทธิ์การอัดตัวระบายน้ำ (Coefficient of consolidation)	50
4.4.3	สรุป	50
บทที่ 5	สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ	53
5.1	บทสรุป	53
5.2	ข้อเสนอแนะ	54

เอกสารอ้างอิง	55
ภาคผนวก	59
ภาคผนวก ก	59
ภาคผนวก ข	62
ภาคผนวก ค	64
ภาคผนวก ง	70
ภาคผนวก จ	89
ประวัติผู้เขียน	93



ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

Copyright© by Chiang Mai University

All rights reserved

สารบัญตารางประกอบ

ตาราง	หน้า
1 ชุดการทดสอบน้ำหนักบรรทุกสากล	24
2 ชุดการทดสอบภายใต้อัตราความเครียดคงที่	25
3 แสดงคุณสมบัติดัชนีของตัวอย่าง	29
4 ความแปรปรวนของตัวอย่างสำหรับการทดสอบการอัดตัวระยะบายน้ำ ภายใต้การบรรทุกน้ำหนักสากล	30
5 ความแปรปรวนของตัวอย่างสำหรับการทดสอบการอัดตัวระยะบายน้ำ ภายใต้อัตราความเครียดคงที่	31
6 ค่าหน่วยแรงประสิทธิผลสูงสุดที่เคยกระทำต่อดิน	47

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
 Copyright© by Chiang Mai University
 All rights reserved

สารบัญภาพประกอบ

แถม	หน้า
1 วิธีการหา t_{50} ของ Casagrand, A.	4
2 วิธีการหา t_{50} ของ Taylor, D.W.	5
3 ระดับการอัดตัวระบายน้ำและอัตราส่วนการอัดตัวระบายน้ำกับแฟคเตอร์เวลา ...	6
4 อัตราการอัดตัวระบายน้ำของ Terzaghi, K. และ ฝั่งความเร็วสำหรับการทดสอบ Oedometer	7
5 การทรุดตัว-ลากที่สองของเวลา	8
6 การทรุดตัว-ล็อกของเวลา	8
7 ความสัมพันธ์ตามสมการการอัดตัวระบายน้ำ ตามทฤษฎีของ Terzaghi, K.	9
8 การหา P_c' ตามวิธีของ Casagrande, A.	10
9 การสร้างเส้นโค้งโดย Burmister สำหรับหาค่า P_c'	11
10 การหา P_c' ตามวิธีการของ Schmertmann สำหรับหาค่า P_c'	12
11 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง $\log(1+e)$ กับ $\log C'$	12
12 ผลของอัตราส่วนเพิ่มน้ำหนักต่อรูปร่างกราฟความสัมพันธ์ระหว่างการทรุดตัว-เวลา	13
13 ผลกระทบของอัตราส่วนการเพิ่มน้ำหนักรวมของเส้นโค้ง อัตราส่วนช่องว่าง-ล็อกความดันประสิทธิผล	14
14 การเบี่ยงเบนของอัตราความเครียดจากเวลาเฉลี่ย C_u/rH^2 ด้วยฟังก์ชันของความลึก	17
15 เงื่อนไขขอบเขตสำหรับการทดสอบ	18
16 เครื่องทดสอบกดอัด (Classical Compression Machine) โมเดล WF10054	23
17 เครื่องมือ Hydraulically Pressurised Consolidation Cell (ปรับปรุง)	26
18 รายละเอียด Constant Strain Rate Oedometer	27
19 ผลกระทบอันเนื่องมาจากช่วงเวลาบรรทุกน้ำหนักของตัวอย่างอัดความดันกลับ	33
20 ผลกระทบอันเนื่องมาจากช่วงเวลาบรรทุกน้ำหนักของตัวอย่างไม่อัดความดันกลับ ...	34
22 ผลกระทบอันเนื่องจากการอัดความดันกลับ(ช่วงเวลาบรรทุกน้ำหนัก 24 ชั่วโมง).	34

23 ผลกระทบอันเนื่องจากการอัดความดันกลับ(ช่วงเวลาบรรจุหน้าหนัก EOP).....	35
24 ความสัมพันธ์เส้นโค้ง อัตราส่วนช่องว่าง-หน่วยแรงดันประสิทธิผล (ช่วงเวลาบรรจุหน้าหนัก 24 ชั่วโมง)	35
25 ความสัมพันธ์เส้นโค้ง อัตราส่วนช่องว่าง-หน่วยแรงดันประสิทธิผล (ช่วงเวลาบรรจุหน้าหนัก EOP)	36
26 ผลกระทบอันเนื่องมาจากช่วงเวลาบรรจุหน้าหนักของตัวอย่างอัดความดันกลับ (วิธี Casagrande, A. t_{50})	36
27 ผลกระทบอันเนื่องมาจากช่วงเวลาบรรจุหน้าหนักของตัวอย่างอัดความดันกลับ (วิธี Taylor, D.W. t_{90})	37
28 เปรียบเทียบ C_v โดยวิธีของ Casagrande, A. (t_{50}) กับ Taylor, D.W. (t_{90})	37
29 ผลกระทบอันเนื่องมาจากช่วงเวลาบรรจุหน้าหนักของตัวอย่างไม่อัดความดันกลับ (วิธี Casagrande, A. t_{50})	38
30 ผลกระทบอันเนื่องมาจากช่วงเวลาบรรจุหน้าหนักของตัวอย่างอัดความดันกลับ (วิธี Taylor, D.W. t_{90})	38
31 เปรียบเทียบ C_v โดยวิธีของ Casagrande, A. (t_{50}) กับ Taylor, D.W. (t_{90})	39
32 ความสัมพันธ์ระหว่าง การทรุดตัว-เวลา	39
33 ความสัมพันธ์ระหว่าง ความดันน้ำส่วนเกิน-การทรุดตัว	40
34 เส้นโค้งการอัดตัวได้ภายใต้การทดสอบแบบเพิ่มอัตราความเครียดคงที่	41
35 เส้นโค้งการอัดตัวได้ ภายใต้อัตราความเครียดเปลี่ยนแปลงตั้งแต่ 0.005 มิลลิเมตร ต่อ นาที ไปจนถึง 0.05 มิลลิเมตร ต่อ นาที	42
36 เส้นโค้งการอัดตัวได้ ภายใต้อัตราความเครียด 0.005 มิลลิเมตร ต่อ นาที และ 0.05 มิลลิเมตร ต่อ นาที	42
37 อิทธิพลของอัตราความเครียดต่อค่าสัมประสิทธิ์การอัดตัวระบายน้ำ	43
38 ความดันน้ำส่วนเกินภายใต้อัตราความเครียด 0.005 มิลลิเมตร ต่อ นาที ถึง 0.05 มิลลิเมตร ต่อ นาที	44
39 เปรอร์เซ็นต์ความดันน้ำส่วนเกิน ต่อ หน่วยแรงอัดทั้งหมด ภายใต้อัตราความเครียด 0.005 มิลลิเมตร ต่อ นาที ถึง 0.05 มิลลิเมตร ต่อ นาที	45
40 เปรียบเทียบเส้นโค้งการอัดตัวได้ จากการทดสอบบรรจุหน้าหนักสากล กับ	

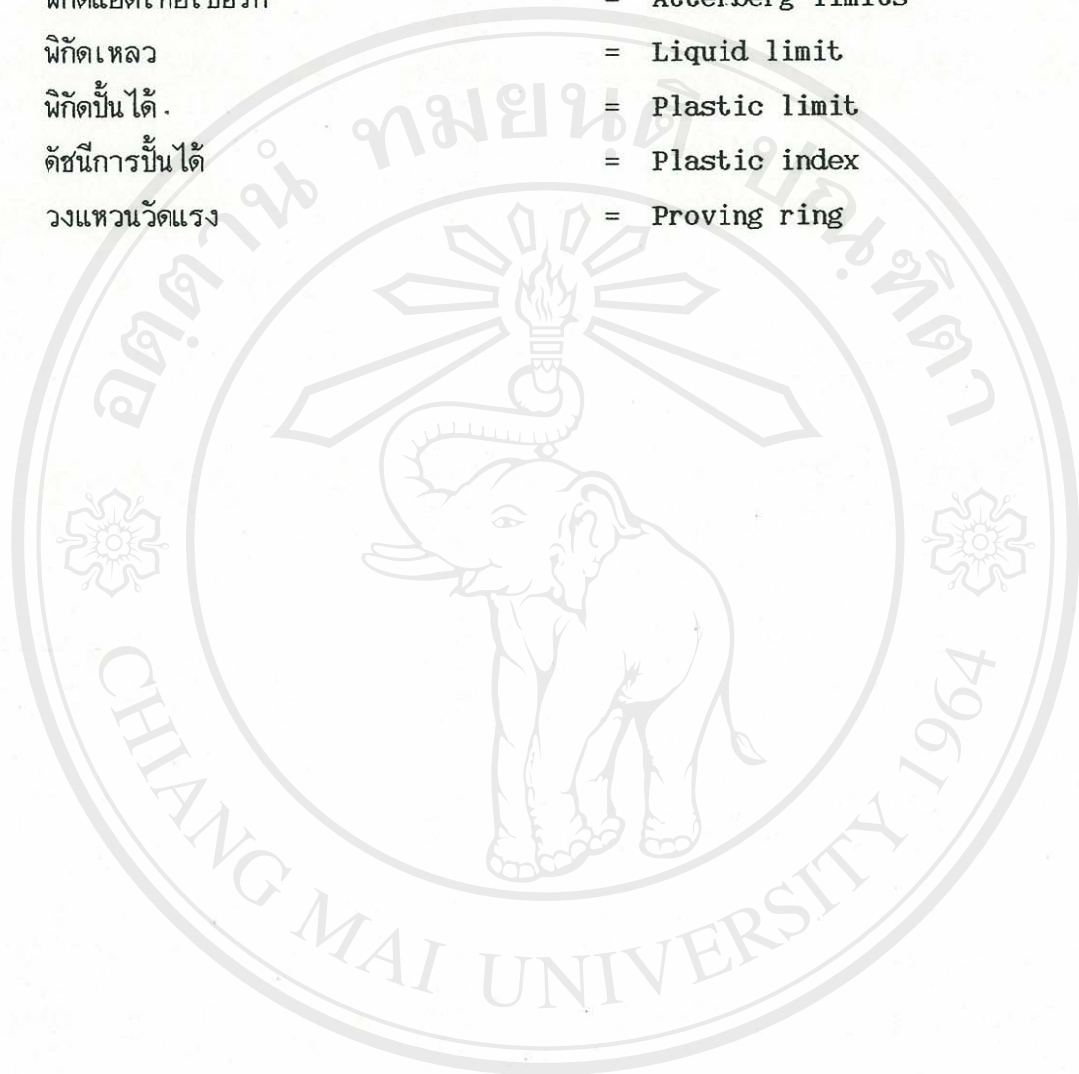
การทดสอบภายใต้อัตราความเครียดคงที่ 0.015 มิลลิเมตร ต่อ นาที	47
41 เปรียบเทียบเส้นโค้งการอัดตัวได้ จากการทดสอบบรทุกน้ำหนักสากล กับ การทดสอบภายใต้อัตราความเครียดคงที่ 0.015 มิลลิเมตร ต่อ นาที	47
42 เปรียบเทียบเส้นโค้งการอัดตัวได้ จากการทดสอบบรทุกน้ำหนักสากล กับ การทดสอบภายใต้อัตราความเครียดคงที่ 0.015 มิลลิเมตร ต่อ นาที	48
43 หน่วยแรงประสิทธิผลสูงสุดที่เคยกระทำต่อดิน โดยวิธี Casagrande, A. จากการบรทุกน้ำหนักสากล	48
44 หน่วยแรงประสิทธิผลสูงสุดที่เคยกระทำต่อดิน โดยวิธี Sridharam, A. จากการบรทุกน้ำหนักสากล	49
45 หน่วยแรงประสิทธิผลสูงสุดที่เคยกระทำต่อดิน โดยวิธี Casagrande, A. จากการทดสอบภายใต้อัตราความเครียดคงที่	49
46 หน่วยแรงประสิทธิผลสูงสุดที่เคยกระทำต่อดิน โดยวิธี Sridharam, A. จากการทดสอบภายใต้อัตราความเครียดคงที่	50
47 เปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์การอัดตัวระบายน้ำระหว่างวิธี ทดสอบบรทุกน้ำหนักสากล กับ การทดสอบภายใต้อัตราความเครียดคงที่	51
48 เปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์การอัดตัวระบายน้ำระหว่างวิธี ทดสอบบรทุกน้ำหนักสากล กับ การทดสอบภายใต้อัตราความเครียดคงที่	51
48 เปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์การอัดตัวระบายน้ำระหว่างวิธี ทดสอบบรทุกน้ำหนักสากล กับ การทดสอบภายใต้อัตราความเครียดคงที่	52
50 เปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์การอัดตัวระบายน้ำระหว่างวิธี ทดสอบบรทุกน้ำหนักสากล กับ การทดสอบภายใต้อัตราความเครียดคงที่	52

สัญลักษณ์

- A = พื้นที่หน้าตัดของตัวอย่าง
 CRS = การทดสอบอัดตัวระบายน้ำภายใต้อัตราความเครียดคงที่ (Constant rate of strain consolidation)
 CV = สัมประสิทธิ์ความแปรปรวน (Coefficient of variation)
 C_v = สัมประสิทธิ์การอัดตัวระบายน้ำ (Coefficient of consolidation)
 e = อัตราส่วนช่องว่าง (Void ratio)
 e_0 = อัตราส่วนช่องว่างเริ่มต้น (Initial void ratio)
 EOP = สิ้นสุดการระบายน้ำหลัก (End of primary)
 H = ระยะทางไกลสุดที่น้ำซึมออกสู่ผิวระบาย
 k = สัมประสิทธิ์ความซึมได้ (Coefficient of permeability)
 m = เลขเต็มหน่วย
 m_v = สัมประสิทธิ์การยุบตัวของปริมาตร
 Pc' = หน่วยแรงประสิทธิผลสูงสุดที่เคยกระทำต่อดิน (Maximum effective preconsolidation)
 R = อัตราความเครียด (Strain rate)
 S = ระดับการอิ่มตัวเริ่มต้น (Initial degree of saturation)
 SSE_x = Sum of square of error of x
 SSE_{xy} = Sum of square of error of x and y
 MSE_y' = Experimental error mean square of y
 MST_{ry}' = Mean square for treatments
 t = เวลาที่เกิดการอัดตัวระบายน้ำ
 u = ความดันน้ำส่วนเกิน (Excess pore-water pressure)
 U_{av} = อัตราส่วนระยะทรุดตัวที่ตัวประกอบเวลา T_v กับระยะทรุดตัวเนื่องจากการอัดตัวระบายน้ำทั้งหมด
 u_p = ความดันน้ำส่วนเกินที่ฐานของตัวอย่าง
 w_n = เปอร์เซ็นต์น้ำธรรมชาติ (Moisture content)
 z = พิกัดในแนวตั้งของจุดที่พิจารณา
 γ_s = หน่วยน้ำหนักทั้งหมด (Total unit weight)

γ_d	= หน่วยน้ำหนักแห้ง (Dry unit weight)
σ	= ความดันรวม (Total pressure)
σ'	= ความดันประสิทธิผล (Effective pressure)
ϵ	= ความเครียดในแนวตั้ง (Vertical strain)
การซึมได้	= Permeability
การทรุดตัวต่างระดับ	= Differential settlement
การอัดตัวระบายน้ำ	= Consolidation
การอัดตัวระบายน้ำหลัก	= Primary consolidation
การอัดตัวระบายน้ำรอง	= Secondary consolidation
การอัดตัวได้	= Compressibility
การอัดตัวระบายน้ำบรรทุกน้ำหนักสากล	= Standard increment loading consolidation
การอัดตัวระบายน้ำภายใต้อัตรา	= Constant rate of strain consolidation
ความเครียดคงที่	= Back pressure
การอัดความดันกลับ	= Swell
การพองตัว	= Analysis of covariance
การวิเคราะห์ความแปรปรวน	= Excess pore-water pressure
ความดันน้ำส่วนเกิน	= Coefficient of consolidation
ค่าสัมประสิทธิ์การอัดตัวระบายน้ำ	= Index properties
คุณสมบัติดัชนี	= Recompression
ช่วงที่อัดตัวมาก่อนในอดีต	= Virgin compression
ช่วงที่ไม่เคยอัดตัวมาก่อนในอดีต	= Primary consolidation
สิ้นสุดการอัดตัวระบายน้ำหลัก	= Secondary consolidation
สิ้นสุดการอัดตัวระบายน้ำรอง	= Compression curve
เส้นโค้งการอัดตัวได้	= Maximum effective preconsolidation
หน่วยแรงประสิทธิผลสูงสุดที่เคยกระทำต่อดิน	= Time factor
ตัวประกอบเวลา	= Steady state
ภาวะคงที่	= Transient state
ภาวะการเปลี่ยนแปลง	

ธรณีสัณฐาน	= Land form
พิกัดแอตเทอเบอร์ก	= Atterberg limits
พิกัดเหลว	= Liquid limit
พิกัดปั้นได้	= Plastic limit
ดัชนีการปั้นได้	= Plastic index
วงแหวนวัดแรง	= Proving ring



ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
 Copyright© by Chiang Mai University
 All rights reserved