



รายงานการวิจัย

การศึกษาการวิบัติขององค์อาคารในมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี (A STUDY OF BUILDING FAILURE AT SURANAREE UNIVERSITY OF TECHNOLOGY)

คณะผู้วิจัย

หัวหน้าโครงการ

อาจารย์ ชีรวัฒน์ ลินศิริ

สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา

สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ผู้ร่วมวิจัย

นางสาวธิดา นาคทั้ง

นางสาวจิราพร โพธิ์ชัย

นายวิศิฐศักดิ์ อนันต์พุดิกุล

นายสุรสิทธิ์ พลชู

นายสิทธิกร หมวกสกุล

นายสุเทพ บำรุงพล

ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ปีงบประมาณ พ.ศ. 2540

ผลงานวิจัยเป็นความรับผิดชอบของหัวหน้าโครงการวิจัยแต่เพียงผู้เดียว

ธันวาคม 2542

กิตติกรรมประกาศ

การดำเนินโครงการวิจัย เรื่อง “การศึกษาการวิบัติขององค์อาคารในมหาวิทยาลัยเทคโนโลยี-สุรนารี” ได้รับการสนับสนุนงบประมาณเป็นทุนอุดหนุนการวิจัยทั้งหมดจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยี-สุรนารี ประจำปีงบประมาณ 2541

สำหรับความสำเร็จของโครงการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้รับความร่วมมือและการสนับสนุนจาก

1. ผศ.ดร.วีระพันธ์ ศรีบุญลือ หัวหน้าสาขาวิชาวิศวกรรมโยธา สำนักวิชาเทคโนโลยี-อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี และคณาจารย์ประจำสาขาวิชาวิศวกรรมโยธาทุกท่าน ที่ให้คำแนะนำและปรึกษาทางด้านวิชาการมาตลอด
2. รศ.ดร. วรพจน์ ขำพิศ ผู้อำนวยการศูนย์เครื่องมือวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี และเจ้าหน้าที่ศูนย์เครื่องมือที่เกี่ยวข้องทุกท่าน ที่เอื้อเฟื้อสถานที่และอำนวยความสะดวกในการดำเนินงานวิจัย
3. ส่วนอาคารสถานที่ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ที่ให้ความอนุเคราะห์แบบก่อสร้างของอาคารต่างๆ ที่ใช้ในงานวิจัย
4. ฝ่ายซ่อมบำรุง มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ที่อำนวยความสะดวกในการทำวิจัย
5. นักศึกษาสาขาวิชาวิศวกรรมโยธาชั้นปีที่ 4 ผู้ร่วมวิจัยทั้ง 6 คน

1. นางสาวฉิรา นาคทั้ง
2. นางสาวจิราพร โพธิ์ชัย
3. นายวิสิฐศักดิ์ อนันต์พุดกุล
4. นายสุรสิทธิ์ พลชู
5. นายสิทธิกร หมวกสกุล
6. นายสุเทพ บำรุงพล

ผู้วิจัยจึงใคร่ขอแสดงความขอบคุณต่อสถาบัน บุคคลต่างๆ ที่ได้กล่าวมาข้างต้นและไม่ได้กล่าวไว้ ณ ที่นี้ ที่มีส่วนช่วยสนับสนุนให้โครงการวิจัยครั้งนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

ธีรวัฒน์ สิ้นศิริ

หัวหน้าโครงการวิจัย

ธันวาคม 2542

บทคัดย่อ

งานโครงการนี้ทำการศึกษาถึงสาเหตุของรอยร้าวที่เกิดขึ้นกับองค์อาคารภายในมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี โดยอาคารตัวอย่างที่เลือกทดสอบคืออาคารหอพักสุรนีเวศ 4 อาคารศูนย์เครื่องมือ 5 และอาคารสำนักงานหอพักสุรนีเวศ 7, 8, 9 โดยทำการศึกษาเกี่ยวกับการติดตามรอยร้าว โดยตรวจสอบการเคลื่อนตัวของรอยร้าว การทรุดตัวแตกต่างของฐานราก การทดสอบดินในสนามเพื่อหาค่าถังแบกทานของดิน พร้อมทั้งทดสอบคุณสมบัติของดินในห้องปฏิบัติการและการตรวจสอบการออกแบบโครงสร้างอาคาร

จากการดำเนินการในข้างต้น เราจะนำมาทำการวิเคราะห์ว่าสาเหตุหลักของการเกิดรอยร้าวของอาคารนั้นเกิดจากอะไร เพื่อเตรียมการหาวิธีปรับปรุงแก้ไขที่เหมาะสมต่อไป

ABSTRACTS

The objective of this study is to find the cause of the cracks which occurred at SUT. The building that are selected for the study are : Suranivet Dormitories no. 4 , The center for scientific and technological equipment building no.5 , Suranivet Dormitories Office no.7 and 9. The subjects of investigation are: behavior and propagation of the cracks, differential settlements of the foundation, field testing of the soil, and checking of the building design.

Finally, the main causes of the cracks are analyzed and procedures for repair and adjustment are recommended

สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	ก
บทคัดย่อภาษาไทย	ข
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญตาราง	จ
สารบัญภาพ	ฉ
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ความจำเป็นมา และความสำคัญของปัญหา.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ.....	1
1.3 สมมุติฐานการวิจัย.....	1
1.4 ขอบเขตของงานที่ศึกษา.....	1
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	2
บทที่ 2 หลักการ ทฤษฎี และข้อมูลที่เกี่ยวข้อง	
2.1 การวินิจฉัย.....	3
2.2 สาเหตุของการเกิดรอยร้าวในคอนกรีตเสริมเหล็ก.....	3
2.3 ประเภทของรอยร้าว.....	5
2.4 การทำระดับ.....	8
2.5 การทดสอบด้วยวงคั้นในห้องปฏิบัติการ.....	10
2.6 การทดสอบคั้นในสนาม.....	12
2.9 การออกแบบโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็กโดยวิธีอีลาสติก	
บทที่ 3 วิธีการดำเนินงานวิจัย	
3.1 แนวทางการวิจัย.....	15
บทที่ 4 ผลการวิจัย และอภิปรายผล.....	18
บทที่ 5 สรุปและข้อเสนอแนะ.....	33
บรรณานุกรม.....	36
ภาคผนวก	
ภาคผนวก ก.....	39
ภาคผนวก ข.....	41
ประวัติผู้วิจัย	44

สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 4.1 คุณสมบัติทางฟิสิกส์ของดินอาคารหอพักสุรนิวศ 4.....	18
ตารางที่ 4.2 คุณสมบัติทางฟิสิกส์ของดินอาคารศูนย์เครื่องมือ 5	19
ตารางที่ 4.3 คุณสมบัติทางฟิสิกส์ของดินอาคารหอพักสุรนิวศ 7-9	18
ตารางที่ 4.4 การทดลองการอัดตัวคายน้ำอาคารศูนย์เครื่องมือ 5(ตัวอย่างที่1).....	21
ตารางที่ 4.5 การทดลองการอัดตัวคายน้ำอาคารศูนย์เครื่องมือ 5(ตัวอย่างที่2).....	23
ตารางที่ 4.6 การทดสอบการพังทลายของดินอาคารศูนย์เครื่องมือ 5(ตัวอย่างที่3).....	25
ตารางที่ 4.7 การทดสอบการพังทลายของดินอาคารศูนย์เครื่องมือ 5(ตัวอย่างที่4).....	27
ตารางที่ 4.8 การทดสอบค่าดัชนีของดินประเภท Collapsible Soil	29

สารบัญภาพ

	หน้า
ภาพที่ 4.1 แสดงผลการทดลองการอัดตัวคายน้ำอาหารศูนย์เครื่องมือ 5 (ตัวอย่างที่ 1).....	22
ภาพที่ 4.2 แสดงผลการทดลองการอัดตัวคายน้ำอาหารศูนย์เครื่องมือ 5 (ตัวอย่างที่ 2).....	24
ภาพที่ 4.3 แสดงทดสอบการพังทลายของดินอาคารศูนย์เครื่องมือ 5(ตัวอย่างที่3).....	25
ภาพที่ 4.4 แสดงทดสอบการพังทลายของดินอาคารศูนย์เครื่องมือ 5(ตัวอย่างที่4).....	28
ภาพที่ 4.5 แสดงทดสอบ Plate Bearing อาคารศูนย์เครื่องมือ 5.....	30
ภาพที่ 4.6 แสดงทดสอบ Plate Bearing อาคารบริการ 7-9	31

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

เนื่องจากอาคารในมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารีที่ก่อสร้างส่วนใหญ่ มีการแตกร้าตามส่วนต่าง ๆ ของอาคาร เช่น ผนัง คาน และ พื้น เป็นต้น สาขาวิศวกรรมโยธาได้เล็งเห็นถึงความสำคัญของปัญหาดังกล่าว จึงได้จัดตั้งโครงการการศึกษาสาเหตุการแตกร้าขององค์อาคารในมหาวิทยาลัยสุรนารีขึ้น

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ

1. เพื่อศึกษาถึงสาเหตุของการเกิดรอยร้าวของอาคารในมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
2. เพื่อเสนอแนะวิธีการแก้ไข ซ่อมแซมอาคารที่เกิดรอยร้าว

1.3 สมมุติฐานการวิจัย

1. ดินถมบริเวณฐานรากมีการบดอัดไม่ดีพอ และเกิดการทรุดตัวยังไม่เสร็จสิ้น เมื่อเกิดการทรุดตัวอีกในภายหลังทำให้เกิดการแตกร้าตามส่วนต่างๆ ของอาคาร
2. ดินสามารถรับน้ำหนักบรรทุกได้เมื่ออยู่ในสภาพความชื้นปกติ เมื่อความชื้นเพิ่มขึ้นดินสามารถรับน้ำหนักบรรทุกได้น้อยลง
3. ดินมีการยุบตัวสูงขึ้นเมื่อความชื้นเพิ่มขึ้น
4. ดินมีศักยภาพในการพังทลายสูงเมื่อโดนน้ำ

1.4 ขอบเขตของงานที่ศึกษา

กำหนดขอบเขตของการศึกษา ดังนี้

1. การเกิดรอยร้าวของอาคารมีสาเหตุมาจาก
 - การทรุดตัวของดิน
 - ความผิดพลาดในขั้นตอนการก่อสร้าง
2. ลักษณะของรอยร้าวที่เกิดขึ้นกับองค์อาคาร แบ่งการพิจารณาเป็น 4 รูปแบบ คือ
 - รอยร้าวมีทิศทางในแนวราบ
 - รอยร้าวมีทิศทางในแนวตั้ง
 - รอยร้าวทำมุมกับแนวเหล็กเสริม
 - รอยร้าวกระจายไปทั่ว

1.5 ประโยชน์ที่จะได้รับจากการวิจัย

1. ทราบสาเหตุที่อาจทำให้อาคารเกิดการแตกร้าว
2. เป็นแนวทางในการป้องกันการแตกร้าวของอาคารที่จะสร้างใหม่ต่อไป
3. ทำให้ป้องกันและซ่อมแซมอาคารที่เกิดการแตกร้าวได้ถูกวิธีเมื่อทราบสาเหตุที่แท้จริง

บทที่ 2

หลักการ ทฤษฎี และข้อมูลที่เกี่ยวข้อง

2.1 การวิบัติ

การวิบัติ(Failure) หมายถึง การชำรุดของอาคารหรือส่วนหนึ่งส่วนใดของอาคารซึ่งมากจนอาคารนั้นไม่สามารถจะใช้งานตามวัตถุประสงค์ได้โดยปลอดภัย ดังนั้นการที่พบว่าผนังก่ออิฐมีรอยร้าวเล็ก ๆ ทั่วไป หรือมีอยู่รอยเดียวยาว ๆ มิได้หมายความว่าอาคารนั้นถึงแก่การวิบัติเสมอไป ซึ่งเป็นหน้าที่ของวิศวกรผู้เกี่ยวข้องจะเป็นผู้วินิจฉัยว่าเป็นการวิบัติที่จำเป็นต้องซ่อมแซม หรือเป็นเพียงการแตกร้าวธรรมดาที่ไม่ถูกถามขยายตัวและสามารถแก้ไขได้ โดยประเมินจาก

1. ผลในด้านกำลังรับน้ำหนัก จะพิจารณากำลังประลัยในด้านความมั่นคงแข็งแรงของโครงสร้าง เช่นกำลังอัด กำลังค้ำ กำลังเฉือน เป็นต้น และพิจารณากำลังประลัยทางด้านเสถียรภาพทางโครงสร้าง เช่น การค้ำของเสา การค้ำคานของคาน เป็นต้น โดยสามารถประเมินได้จากการวิเคราะห์หากำลังรับน้ำหนักของโครงสร้างที่เกิดความเสียหายจากข้อมูลที่มี หรือทำการทดสอบการรับน้ำหนักจริง เพื่อดูพฤติกรรมของโครงสร้างในขณะรับน้ำหนัก

2. ผลในด้านการบริการหรือการใช้งาน จะพิจารณาหาการแอ่นตัว ความกว้างรอยแตกร้าว การเสื่อมสภาพทางเคมี การยึดหดตัวของโครงสร้างหรือการเปลี่ยนแปลงรูปร่างจากพฤติกรรมกระทำซ้ำ ลักษณะปรากฏ ความคงทน เป็นต้น โดยพิจารณาจากวัตถุประสงค์การใช้งานของโครงสร้างนั้น เช่น เป็นส่วนที่ใช้แสดงภายนอกอาคาร ใช้ป้องกันสภาพแวดล้อมภายนอก หรือเปรียบเทียบกับพิกัดสูงสุดที่ยอมให้ของสภาพความเสียหาย

2.2 สาเหตุของการเกิดรอยร้าวในคอนกรีตเสริมเหล็ก

ความเสียหายของโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็กมักเกิดควบคู่กับรอยแตกร้าวและรอยแตกปริ แต่ควรตระหนักว่ารอยแตกร้าวไม่จำเป็นต้องซ่อม ไปด้วยเสียทั้งหมด

สิ่งสำคัญในการพิจารณาสาเหตุของรอยร้าวคือ ความกว้าง ตำแหน่ง และทิศทางของรอยร้าว ซึ่งจะช่วยให้การตัดสินใจตัดสินใจในการตัดสินใจซ่อมแซม

สาเหตุของรอยร้าวพิจารณาได้โดยการศึกษาอย่างรอบคอบเพียงอย่างเดียวเท่านั้น ส่วนความกว้าง ตำแหน่ง และทิศทางของรอยร้าวสามารถพิจารณาได้โดยง่าย ปัญหาที่ตามมาคือ ความกว้างที่ยอมรับได้ของรอยร้าวเป็นเท่าใด ถ้ารอยร้าวกว้างน้อยกว่าค่านี้อันแล้วไม่จำเป็นต้องซ่อมแซม

ข้อกำหนดตามมาตรฐานประเทศอังกฤษว่าด้วยการใช้คอนกรีตในงาน โครงสร้าง(British Standard Code of Practice,BS8110:Part2;The Structural Use of Concrete)กำหนดว่าในกรณีทั่วไป ความกว้างมากที่สุดของรอยร้าวเท่ากับ 0.3 มิลลิเมตร โดยการวัดความกว้างรอยร้าวให้วัดที่ผิว

คอนกรีต ตามสมมติฐานว่าความกว้างรอยร้าวจะลดลงอย่างค่อนข้างรวดเร็วที่ความลึกเข้าไปจากผิวคอนกรีต ซึ่งสมมติฐานดังกล่าวจะเป็นจริงเมื่อเป็นรอยร้าวที่เกิดจากแรงดึงในส่วนรับแรงดึงขององค์อาคาร แต่อาจไม่ถูกต้องนักสำหรับรอยร้าวที่เกิดจากคอนกรีตสัมผัสกับอุณหภูมิสูง และรอยร้าวที่เกิดจากการทรุดตัวขณะเป็นคอนกรีตสด ซึ่งเป็นการยากที่จะวัดความกว้างที่แท้จริงของรอยร้าวภายใต้เงื่อนไขการทำงานในการก่อสร้างจริง

ปัญหาที่สำคัญในทางปฏิบัติคือการเปรียบเทียบความกว้างรอยร้าวที่วัดได้กับค่าที่ยอมรับได้ เพราะไม่รู้ว่ารอยร้าวที่วัดจะยังคงมีความกว้างเท่านี้ไปอีกนานเพียงใด เมื่อเวลาผ่านไปรอยร้าวมีแนวโน้มที่จะปิดเข้าหากันหรือกว้างแยกออกจากกัน ถ้ารอยร้าวเกิดจากการรับน้ำหนักบรรทุกชั่วคราวที่มีค่าสูงเกินไปแล้วรอยร้าวจะปิดเข้าหากันอีกครั้งเมื่อน้ำหนักบรรทุกที่เกินมานี้ลดลง อย่างไรก็ตามถ้ารอยร้าวเกิดจากสาเหตุอื่นถาวรแล้วรอยร้าวจะไม่ปิดเข้าหากัน และด้วยเงื่อนไขภายนอกต่าง ๆ จะทำให้รอยร้าวมีแนวโน้มที่จะกว้างขึ้นเมื่อเวลาผ่านไป

จากความกว้างของรอยร้าวนี้เอง ทำให้น้ำสามารถเข้าไปในรอยร้าวได้ ถึงแม้จะเป็นเพียงระยะทางสั้น ๆ แต่ถ้าหลังจากนั้นอุณหภูมิลดลงจนต่ำกว่า 0 องศาเซลเซียส น้ำส่วนนี้จะกลายเป็นน้ำแข็งและขยายตัว ทำให้เกิดการแตกปริของคอนกรีตตามขอบรอยร้าว รอยร้าวจึงกว้างขึ้นและน้ำอาจเข้าไปถึงเหล็กเสริมได้ ทำให้เหล็กเกิดการผุกร่อน ผลผลิตจากการผุกร่อน(สนิมเหล็ก)รอบเหล็กเสริมจะทำให้เหล็กมีพื้นที่รวมมากกว่าพื้นที่เหล็กเริ่มต้นและดันให้คอนกรีตเกิดการแตกร้าวและแตกปริเพิ่มขึ้น

ตัวแปรที่อาจมีผลทำให้รอยร้าวกว้างขึ้น ได้แก่

1. แรงอัดที่กระทำทางมุมด้านขวา เมื่อเทียบกับเส้นรอยร้าวซึ่งเกิดในเขตรับแรงอัดขององค์อาคาร
2. ปูนขาวถูกชะออกมาจากซีเมนต์เพสต์ เนื่องจากมีน้ำไหลผ่านคอนกรีตแล้วต่อมาเกิดปฏิกิริยาไฮเดรชันกับอนุภาคซีเมนต์
3. การขยายตัวของคอนกรีต เนื่องจากการเคลื่อนที่ของน้ำในตัวคอนกรีตเอง ตัวอย่างง่าย ๆ คือ ผนังและแผ่นพื้นของโครงสร้างกันน้ำ หลังจากใต้น้ำและเริ่มใช้งาน

จากงานวิจัยของประเทศต่าง ๆ เกี่ยวกับผลกระทบจากความกว้างของรอยร้าวเนื่องจากการผุกร่อนของเหล็กในคอนกรีต สรุปได้ว่าหลังจากก่อสร้างไปแล้ว 2 ปีความกว้างของรอยร้าว(ซึ่งได้จากการทดสอบบรรทุกน้ำหนักบนตัวอย่าง) จะมีผลกระทบถึงปริมาณการผุกร่อนของเหล็กเสริมที่ติดกับรอยร้าว อย่างไรก็ตามในระยะยาวประมาณ 10 ปีขึ้นไป ผลกระทบดังกล่าวนี้จะสามารถละลายได้ (Beeby, A.W., Cracking: What are crack width for?, 1987) แต่การศึกษาข้างต้นเป็นกรณีเฉพาะเมื่อการผุกร่อนของเหล็กเสริมเริ่มเกิดจากมีรอยร้าวติดกับเหล็กเสริม ถ้าการผุกร่อนเริ่มต้นจากสาเหตุอื่น

เช่น ปริมาณคลอรีนในคอนกรีต คาร์บอนชั้น และคอนกรีตพูน รอยร้าวจะเกิดจากแรงดันอันเนื่องมาจากการขยายตัวของผลิตภัณฑ์จากการสุกของเหล็ก(สนิมเหล็ก)

2.3 ประเภทของรอยร้าว

รอยร้าวในโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็กมีอยู่หลายประเภท ถ้าพิจารณาจากจุดประสงค์ในการใช้งานแล้ว สามารถแบ่งได้เป็น 2 ประเภทหลัก ๆ คือ

1. รอยร้าวที่เกิดกับโครงสร้าง

เกิดจากโครงสร้างหรือบางส่วนของโครงสร้างแสดงออกเมื่อถึงเวลาหนึ่ง ว่าไม่สามารถรับน้ำหนักบรรทุกที่กระทำอยู่ได้ มีสาเหตุมาจาก

1.1 ความผิดพลาดในการคำนวณออกแบบเนื่องจากความรู้เท่าไม่ถึงการณ์หรือสะเพร่า การผิดพลาดนี้มักเกิดกับงานที่เร่งด่วนมาก หรือเป็นโครงสร้างใหม่ที่ยังไม่เคยทำมาก่อน หรือยังขาดข้อมูลเกี่ยวกับทฤษฎีของโครงสร้างนั้น ๆ

1.2 บรรทุกน้ำหนักเกินอัตรา น้ำหนักบรรทุกจริงเกินกว่าค่าที่ใช้ออกแบบ แม้ว่าจะมีการเผื่อตัวประกอบความปลอดภัยไว้แล้ว ดังนั้นในการเลือกใช้น้ำหนักบรรทุกจร ควรคำนึงถึงประเภทของอาคาร และโอกาสที่ผู้ใช้อาคารจะเปลี่ยนแปลงการใช้งานในภายหลัง

1.3 การทรุดตัวแตกต่างของฐานราก เนื่องจากชั้นที่รองรับฐานรากเป็นดินอ่อน สภาพดินได้ฐานรากไม่สม่ำเสมอ ฐานรากวางตัวอยู่บนดินถม ฯลฯ ในชั้นแรกจะเกิดรอยร้าวเป็นเส้นทแยงมุมประมาณ 45 องศากับแนวราบที่ผนังก่ออิฐหรือผนังบล็อก หรือแม้แต่มัผนังคอนกรีตเสริมเหล็ก จากนั้นรอยร้าวจะกว้างขึ้นและยาวขึ้นเรื่อย ๆ จนในที่สุดจะเกิดการร้าวที่โครงสร้างตรงรอยเชื่อมระหว่างคานกับเสาและที่หัวเสา โครงสร้างอาจถึงกับวิบัติได้

1.4 ความเสียหายทางกายภาพ เนื่องจากการระเบิด การกระแทก ไฟไหม้ ฯลฯ

1.5 การสุกของเหล็กเสริม

2. รอยร้าวที่ไม่เกี่ยวข้องกับโครงสร้าง

เกิดจากสาเหตุต่าง ๆ ได้เช่นเดียวกับรอยร้าวที่เกิดกับโครงสร้าง โดยมักจะเกิดที่ผิวหน้าคอนกรีต แต่ถ้าเพิกเฉยต่อรอยร้าวประเภทนี้แล้ว อาจทำให้เหล็กเสริมเกิดการสุก และทำให้เกิดรอยร้าวที่สร้างความไม่ปลอดภัยแก่โครงสร้างได้ หรืออาจกล่าวได้ว่ารอยร้าวประเภทนี้เป็นรอยร้าวที่เกิดในโครงสร้างหรือบางส่วนของโครงสร้าง ซึ่งขณะที่ตรวจสอบพบยังสามารถยอมรับได้ตามตัวประกอบความปลอดภัย แต่ถ้าละเลยที่จะแก้ไขแล้วอาจมีผลทำให้เกิดผลกระทบกับโครงสร้างได้ รอยร้าวชนิดนี้เมื่อพิจารณาตามสาเหตุการเกิดสามารถแยกประเภทได้เป็น

2.1 รอยร้าวที่เกิดจากการหดตัวขณะเป็นคอนกรีตสด เกิดจากน้ำที่ผิวคอนกรีตระเหยอย่างรวดเร็ว ในขณะที่คอนกรีตยังคงอยู่ในสถานะพลาสติก มักเกิดที่ผิวคอนกรีตขณะกำลังก่อสร้าง เช่น พื้น

หรือถนนที่น้ำที่ผิวคอนกรีตระเหยออกไปเร็วมาก สาเหตุหลักของรอยร้าวประเภทนี้ เนื่องจากอัตราการระเหยของน้ำที่ผิวคอนกรีตสูงกว่าอัตราที่น้ำจะซึมสู่ผิวคอนกรีต(การซึม) ลักษณะรอยร้าวจะเป็นเส้นเล็ก ๆ ที่ค่อนข้างตรง มีความยาวประมาณ 60 – 70 มิลลิเมตรมักมีทิศในแนวขวาง และในบางกรณีอาจขนานกับเส้นรอยร้าวอื่น โดยมีระยะห่างประมาณ 50-90 มิลลิเมตร รอยร้าวมักจะตั้งมีความลึกอยู่ใต้เหล็กเสริมชั้นบน บางกรณีอาจลึกลงไปมากกว่านี้และอาจทะลุตลอดความหนาแผ่นพื้น

2.2 รอยร้าวที่เกิดจากการทรุดตัวขณะเป็นคอนกรีตสด มักเกิดหลังจากเทคอนกรีตเสร็จใหม่ ๆ โดยเฉพาะคอนกรีตที่เหลว เนื่องจากใช้น้ำมาก เนื่องจากน้ำในคอนกรีตพยายามจะหนีซึมขึ้นมาที่ผิว หิน-ทราย ซึ่งมีน้ำหนักมากกว่าจะทรุดตัวลงไปแทนที่ ทำให้เกิดรอยร้าวในแนวเดียวกับเหล็กเสริมหลัก ซึ่งเป็นสาเหตุที่ทำให้เหล็กเสริมเกิดสนิมในภายหลัง

สาเหตุอื่น ๆ ของการเกิดรอยร้าวประเภทนี้ ได้แก่ ความต้านทานของผิวไม้แบบที่ต่อการเคลื่อนตัวของคอนกรีตสดภายใต้การสั่นและแรงโน้มถ่วงของโลก ทำให้คอนกรีตสดเคลื่อนตัวลงได้ช้าลงจึงแข็งตัวและเกิดรอยร้าวขึ้นที่ผิวใกล้กับไม้แบบ โดยไม่เจาะเข้าไปในคอนกรีต จะมีความลึกประมาณ 20 – 25 มิลลิเมตรและมีความกว้างมากที่สุดที่ผิวคอนกรีต

อีกสาเหตุหนึ่ง คือคอนกรีตเกิดการเกาะตัวอยู่บนเหล็กเสริมหรือไม้แบบที่รองรับ(หรือทั้งสอง) รอยร้าวจะเกิดขึ้นเมื่อคอนกรีตแข็งตัว โดยมีความลึกอย่างน้อยที่สุดถึงเหล็กเสริมและมีความกว้างภายในคอนกรีตมากกว่าที่ผิวคอนกรีต

2.3 รอยร้าวที่เกิดจากการหดตัวของคอนกรีตที่แข็งตัวแล้ว ส่วนใหญ่มักเกิดจากการออกแบบส่วนผสมผิดพลาด ทำให้คอนกรีตมีคุณสมบัติที่เลวลง เนื่องจากการบ่มไม่เพียงพอ และการใช้แคลเซียมคลอไรด์เป็นสารผสมเพิ่มจะทำให้เกิด รอยร้าวเนื่องจากการหดตัวของคอนกรีตที่แข็งตัวแล้ว เพิ่มขึ้น

การออกแบบส่วนผสมไม่เหมาะสมมักมีน้ำในส่วนผสมมากเกินไป หรือใช้ขนาดมวลรวมละเอียดไม่เหมาะสม ทำให้ส่วนผสมละเอียดในคอนกรีตหรือมอร์ตาร์มีเปอร์เซ็นต์สูงขึ้น

การหดตัวของคอนกรีตและมอร์ตาร์ทั้งหมดมีแนวโน้มที่จะทำให้อายุการใช้งานของคอนกรีตสั้นลง (เช่น อุณหภูมิของคอนกรีต)กว้างขึ้น การหดตัวรวม แบ่งออกเป็นการหดตัวแบบย้อนกลับได้และแบบย้อนกลับไม่ได้ แต่หลังจากวัฏจักรของการเปียกและแห้งผ่านไปแล้ว การหดตัวเกือบทั้งหมดจะกลายเป็นแบบย้อนกลับได้ โดยความกว้างของรอยร้าวประเภทนี้สามารถควบคุมได้โดยการใช้เหล็กเสริม

2.4 รอยร้าวที่เกิดจากผลของปฏิกิริยาเคมี และจุลินทรีย์ ปฏิกิริยาเคมีที่ขอมให้เกิดขึ้นได้ในคอนกรีตคือ ปฏิกิริยาระหว่างน้ำกับปูนซีเมนต์เท่านั้น แต่หากมีปฏิกิริยาอื่น ๆเกิดขึ้น หรือคอนกรีตอยู่ในสภาพเปียก อับชื้นจนทำให้เกิดเชื้อรา จะทำให้คอนกรีตลดความคงทนลงมาก ปกติเมื่อคอนกรีตมีอายุมากขึ้นปฏิกิริยาระหว่างความชื้นในอากาศกับปูนซีเมนต์ในคอนกรีตจะสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

เรื่อย ๆ ทำให้คอนกรีตมีกำลังสูงขึ้น แต่หากคอนกรีตมีปฏิกิริยาแทรกซ้อน หรือขึ้นรา เนื้อคอนกรีตจะยุบเปื่อย ผุ หรือหลุดออก

2.5 รอยร้าวที่เกิดเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิ ในระหว่างกระบวนการการก่อตัวและการแข็งตัวเริ่มต้นของคอนกรีตจะเกิดความร้อนเนื่องจากปฏิกิริยาเคมีระหว่างน้ำและซีเมนต์ ทำให้คอนกรีตมีอุณหภูมิสูงขึ้น กระบวนการที่อุณหภูมิเพิ่มขึ้น ค่าอุณหภูมิสูงสุด และเวลาที่ใช้ในการเพิ่มขึ้นจนถึงอุณหภูมิสูงสุดแล้วลดลง ขึ้นอยู่กับตัวแปรที่สำคัญหลายอย่าง ได้แก่

- อุณหภูมิของอากาศ
 - อุณหภูมิของคอนกรีตขณะเท
 - ชนิดของไม้แบบที่ใช้(เป็นไม้ พลาสติก หรือเหล็ก) และระยะเวลาในการคงไม้แบบไว้
 - อัตราส่วนของพื้นผิวที่สัมผัสอากาศภายนอก(เช่นพื้นที่ที่ไม่ถูกปิดไว้โดยไม้แบบ)
- ต่อปริมาตรคอนกรีต
- ความหนาของแบบหล่อ
 - ชนิดของปูนซีเมนต์ที่ใช้ และปริมาณในส่วนผสม
 - วิธีการใด ๆ ในการป้องกันความร้อนที่จะเกิดกับคอนกรีตหลังจากถอดไม้แบบแล้ว
 - วิธีการบ่ม

เมื่ออุณหภูมิของคอนกรีตเพิ่มขึ้นคอนกรีตจะขยายตัว และเมื่ออุณหภูมิลดลงคอนกรีตจะหดตัวโดยสัมประสิทธิ์การขยายตัวและหดตัวเนื่องจากอุณหภูมิจะขึ้นอยู่กับชนิดของมวลรวมที่ใช้และอัตราส่วนผสม

ถ้าขนาดพื้นที่หน้าตัดไม่ถูกควบคุมอย่างสมบูรณ์แล้วเมื่อคอนกรีตมีการหดตัวเนื่องจากอุณหภูมิลดลงแล้วหน่วยแรงเนื่องจากอุณหภูมิจะไม่เกิดขึ้น ถ้ายังควบคุมมาก หน่วยแรงของการหดตัวเนื่องจากอุณหภูมียังมีค่าสูงขึ้น หน่วยแรงนี้มักเป็นแรงดึง แต่มีบางส่วนของโครงสร้างที่เป็นแรงอัด หน่วยแรงดึงนี้มักจะมีค่าเกินกำลังรับแรงดึงของคอนกรีตและกำลังร่วมระหว่างคอนกรีตและเหล็กเสริม ทำให้จึงมีรอยร้าวเกิดขึ้น

รอยร้าวจากการหดตัวของคอนกรีตเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิมักมีทิศทางขวางกับแนวเหล็กและยาวไปตลอดคองค้ำอาคาร รอยร้าวประเภทนี้สามารถวัดขนาดได้ง่าย และจะเกิดอยู่อย่างถาวร บนระนาบที่อ่อนแอตลอดคองค้ำอาคาร ถ้าไม่ได้รับการซ่อมแซมที่เหมาะสม การหดตัวของคอนกรีตเมื่อแห้งมีแนวโน้มที่จะทำให้รอยร้าวประเภทนี้กว้างขึ้นกว่าตอนที่เริ่มเกิด และมักจะละเอียดขึ้น โดยกว้างขึ้นไม่เกิน 0.1 มิลลิเมตร

2.6 รอยร้าวขนานตามแนวเหล็กเมื่อคอนกรีตแข็งตัวแล้ว สาเหตุหลักมักเกิดจากเหล็กเป็นสนิม ซึ่งถ้าทิ้งไว้คอนกรีตจะแตกร้าว หลุดร่อน และพังทลายในที่สุด

2.7 รอยร้าวที่เกิดจากฝีมือการก่อสร้างไม่ดี มีหลายแนวทางที่การทำงานโดยขาดความเอาใจใส่สามารถทำให้เกิดรอยร้าวในคอนกรีตขณะเทเสร็จใหม่ ๆ และเมื่อยังไม่แข็งตัว เช่น การขาดความเอาใจใส่ในการถอดไม้แบบออกจากคาน เสา และแผ่นพื้น ในคานและเสาจะเกิดความเสียหายประเภทนี้ได้ง่าย

2.8 รอยร้าวที่เกิดจากปฏิกิริยาระหว่างอัลคาไลและมวลรวม เกิดจากคอนกรีตมีส่วนผสมของมวลรวม หรือหินบางชนิดที่ขยายตัวในสภาพที่เป็นด่าง มักเกิดภายหลังจากสร้างโครงสร้างไปแล้วหลายปี มีหลายรูปแบบแต่ส่วนใหญ่เป็นการกระจายแบบสุ่มหรือแตกกระจายไปทั่วโดยส่วนใหญ่แล้วรอยร้าวประเภทนี้มักสัมพันธ์กับค่าความชื้นเกิน

2.4 การทำระดับ

เป็นการสำรวจเพื่อหาระดับ หรือความแตกต่างของระดับระหว่างจุดต่าง ๆ ที่อยู่ห่างกัน ในการทำระดับควรทราบนิยามของคำต่าง ๆ ดังนี้

1. Datum เนื่องจากการทำระดับนั้นเป็นการหาค่าระดับของจุดต่าง ๆ ให้สัมพันธ์กัน เพราะฉะนั้นจึงจำเป็นที่จะต้องกำหนดพื้นฐานค่าระดับขึ้นมาระนาบหนึ่ง เพื่อให้ความสูงของทุกจุดได้วัดเทียบจากพื้นฐานอันเดียวกันนี้ พื้นฐานค่าระดับนี้เรียกว่า Datum line หรือ Datum surface ในการหาค่าระดับจึงกำหนดให้ระดับน้ำทะเลปานกลาง(Mean Sea Level, MSL) ซึ่งทำการวัดมาประมาณ 19 ปี เป็นค่าระดับพื้นฐาน สำหรับในประเทศไทย กรมแผนที่ทหารจะเป็นผู้ดำเนินการ

2. Level line เป็นเส้นระดับที่มีค่าคงที่จาก MSL หรือ Datum เนื่องจากว่าโลกกลมเพราะฉะนั้น Datum line จะโค้งไปด้วย และเส้นระดับนี้ก็จะโค้งขนานไปกับ Datum line เส้นระดับถ้าอยู่ในลักษณะที่เป็นพื้นเราเรียกว่า Level Surface หรือพื้นระดับ และพื้นระดับหรือเส้นระดับนี้จะตั้งได้ฉากกับทิศทางของแรงดึงดูดของโลกดังรูป 2.9

3. Horizontal line หรือเส้นในแนวราบ ซึ่งเป็นอีกแนวหนึ่งที่ตั้งได้ฉากกับแนวแรงดึงดูดของโลก แนวแรงดึงดูดของโลกเราเรียกว่า Vertical line (แนวตั้งของกล้องเราเรียกว่า Standing line) แนวราบเส้นนี้จะสัมผัสกับ Level line และถ้าหากว่าตั้งกล้องไว้ระดับจริง ๆ แล้ว แนวตั้งจะทับกับเส้น Horizontal line นี้พอดี ส่วนเส้น Level line จะค่อย ๆ โค้งลง ข้อสังเกตคือเวลาเราอ่าน Staff เราอ่านตามเส้น Horizontal line ไปตัดกับ Staff แต่ว่าระดับที่ต้องการเป็นระดับบนเส้น Level line เพราะฉะนั้นค่า Staff จะต้องแก้ความโค้งของโลก

4. ค่าระดับ(Elevation หรือ EL) หมายถึง ค่าระดับที่นับเนื่องจาก Datum มายังเส้นระดับนั้น จุดต่าง ๆ ที่มีระดับไม่เท่ากันจะมี Level line ที่มีค่าต่างกันของใครของมัน แต่จุดที่มีค่าระดับเท่ากัน แสดงว่าจุดเหล่านั้นมี Level line หรือ Level surface อันเดียวกัน

5. หมุดหลักฐานการระดับ(Bench Mark หรือ BM) หรือหมุดหลักฐาน เป็นหมุดที่ใช้อ้างอิง หรือเป็นหมุดที่ใช้แทนความสูงของ Level line ที่มีค่าความสูงจาก Datum ซึ่งค่าของหมุดนั้นได้จากการหาโดยวิธีการของการทำระดับ เรียกว่า ค่าระดับ หมุดมี 2 ชนิดคือ หมุดถาวร(Permanent Bench Mark) ในประเทศไทย กรมแผนที่ทหารจะเป็นผู้จัดสร้างทั่วประเทศ หมุดอีกชนิดหนึ่งคือ หมุด BM ชั่วคราว(Temporary Bench Mark) ใช้เมื่อต้องการนำค่าระดับไปไว้ใกล้ ๆ Site

หลักการในการทำระดับ

หลักการเบื้องต้นที่จะต้องเข้าใจก่อนคือ เมื่อตั้งกล้องตั้งระดับกล้องแล้ว แนวตั้งของกล้อง (Collimation line) และแนวราบ(Horizontal line) จะเป็นเส้นตรงเส้นเดียวกัน ในกรณีที่กล้องไม่มีความผิดพลาด

ความสูงของ Collimation line จะนับเนื่องจาก Datum ในกรณีที่จะคำนวณหาค่าระดับของจุดตั้ง Staff และความสูงนี้บางทีเรียกว่า Height of Instrument (HI)

Turning Point (TP) หมายถึง จุดตั้ง Staff ที่เราต้องตอกหมุด TP หรือตั้ง Ground Plate เพื่อการย้ายกล้อง เพื่อถ่ายระดับต่อเนื่องกันไป ใช้ในการส่อง Back Sight (BS) หรือ Staff หลัง ละส่อง Fore Sight (FS) หรือ Staff หน้า

Back Sight (BS) หมายถึง ค่า Staff ที่อ่านได้ครั้งแรกหลังจากที่ตั้งกล้องตั้งระดับเสร็จแล้ว

Fore Sight (FS) หมายถึง ค่า Staff ที่อ่านได้เป็นครั้งสุดท้ายหลังจากที่จะย้ายกล้อง

วิธีการคำนวณระดับ

การคำนวณค่าระดับ(Elev.)จาก HI ทำได้โดย

$$HPC_1 = H_A + BS_1 = BM + BS_2$$

$$H_B = (H_A + BS_1) - FS_1$$

$$HPC_2 = H_B + BS_2$$

$$H_C = (H_B + BS_2) - FS_1$$

$$\text{หรือ General form Elev.} = HI - FS$$

2.5 การทดสอบตัวอย่างดินในห้องปฏิบัติการ

กรณีตัวอย่างดินเป็นตัวอย่างแบบแปลงสภาพ การทดสอบในห้องปฏิบัติการที่จำเป็นเพื่อนำผลไปใช้ในการวิเคราะห์การวิบัติของอาคารและ โครงสร้างอาคาร มีดังนี้

1. การสอบหาค่าความชื้นตามธรรมชาติ

ความชื้นของดินตามธรรมชาติคือ น้ำหนักของปริมาณน้ำในดินต่อน้ำหนักดินแห้งคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ การทดสอบนี้เป็นการทดสอบพื้นฐานที่จะให้ข้อมูลเกี่ยวกับสภาพดิน เช่น แรงเฉือน อัตราส่วนช่องว่างในดิน การทรุดตัวของดิน เป็นต้น

2. การทดสอบหาพิคต์อัตรเบิร์ต

ใช้ทดสอบดินที่มีขนาดเม็ดดินเล็กกว่าตะแกรงเบอร์ 40(ขนาด 0.420 มิลลิเมตร) และดินส่วนใหญ่เป็นดินเหนียว ถ้าพิจารณาแบบจำลองของดินที่ประกอบด้วยเม็ดดินและน้ำ ในขณะที่ดินมีน้ำอยู่มากดินจะมีสภาพเป็นของเหลว เมื่อความชื้นลดลงปริมาตรของดินจะลดลงตามสัดส่วนของน้ำที่ลดลง ดินจะเริ่มมีความแข็งและอยู่ตัว ถ้าลดความชื้นลงไปอีก ดินจะอยู่ในสถานะกึ่งของแข็ง และสภาพอยู่ตัว จากสถานะต่างๆของความชื้นในดินนี้เอง A. Atterberg ได้กำหนดเป็นขีดจำกัดระหว่างสถานะต่าง ๆ ของดินไว้คือ ขีดจำกัดระหว่างของเหลวจะเป็นสถานะอยู่ตัว เรียกว่า พิกต์เหลว(Liquid Limit) จากสถานะอยู่ตัวไปสู่สถานะกึ่งของแข็ง เรียกว่า พิกต์พลาสติก(Plastic Limit) ซึ่งมีวิธีการทดสอบตามมาตรฐาน ASTM D 423 (อ้างอิงASTM D 423-66, ASTM D 424-59, ASTM D 427-61)

3. การทดสอบหาน้ำหนักต่อหน่วยปริมาตร

หน่วยน้ำหนักของดินคือ น้ำหนักมวลทั้งหมดของมวลดินตัวอย่างต่อหนึ่งหน่วยปริมาตรของมวลดินนั้น โดยเป็นค่าที่มีความสำคัญเป็นพื้นฐานในการคำนวณค่าหน่วยแรงกดทับของชั้นดินตามธรรมชาติที่ความลึกต่าง ๆ เป็นตัวแปรในสูตรการการคำนวณค่าน้ำหนักบรรทุกของฐานรากและการทรุดตัวของดิน

ทดลองได้ด้วยวิธีวงแหวนตัวอย่าง(Sample Ring Method) ใช้กับดินเหนียวที่สามารถตั้งรูปทรงได้ วิธีวัดปริมาตรดินในกระบอกใช้กับดินที่แข็งไม่สามารถดันออกจากกระบอกได้ วิธีแทนที่น้ำใช้กับดินที่มีค่าสัมประสิทธิ์การซึมผ่านต่ำมาก และวิธีแทนที่ปรอทใช้กับดินที่แห้งหรือแตกง่าย จะเห็นได้ว่าแต่ละวิธีมีความเหมาะสมกับดินต่างชนิดกันไปโดยมีข้อดี-ข้อเสียที่แตกต่างกัน ดังนั้นการเลือกใช้วิธีทดสอบจึงขึ้นอยู่กับพิจารณาของผู้ทำการทดสอบ

4. การทดสอบหาความถ่วงจำเพาะของเม็ดดิน

ในมวลดินจะประกอบด้วยธาตุสารหลายอย่าง ดังนั้นความถ่วงจำเพาะในมวลดินคือ ค่าเฉลี่ยของความถ่วงจำเพาะของธาตุสารเหล่านั้น จะเห็นได้ว่าค่าความถ่วงจำเพาะของเม็ดดินจึงมีความสำคัญมากในการคำนวณค่าต่างๆ ในสถานะความสัมพันธ์ขององค์ประกอบดินเช่น ความพรุน อัตราส่วนช่องว่างในดิน ความอิมตัว ความหนาแน่น ค่าความถ่วงจำเพาะของเม็ดดินมีวิธีการทดสอบตามมาตรฐาน ASTM D 854-58

5. การทดสอบหาขนาดและการกระจายตัวของเม็ดดิน

เนื่องความคละของเม็ดดินมีผลอย่างมากต่อคุณสมบัติของดิน การพิจารณาและจำแนกความคละของดินเม็ดหยาบเพื่อข้อมูลทางด้านวิศวกรรมใช้การแยกด้วยตะแกรงร้อนขนาดต่าง ๆ แล้วคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ผ่านแต่ละขนาดตะแกรง ส่วนดินเม็ดละเอียดใช้วิธีการวิเคราะห์ด้วยไฮโดรมิเตอร์ ในกรณีดินเม็ดหยาบปนเม็ดละเอียดจะทำการร่อนแบบเปียก คือ ร่อนดินด้วยการล้างน้ำ ครั้งแรกทำการล้างดินผ่านตะแกรงเบอร์ 200 จนน้ำใส ส่วนที่ค้างตะแกรงนำไปอบแห้งแล้วนำมาร่อนผ่าน

ตะแกรงขนาดต่าง ๆ แบบร่อนแห้ง ส่วนที่ผ่านตะแกรงเบอร์ 200 นำไปทดสอบวิเคราะห์ด้วยไฮโดรมิเตอร์ต่อไป รายละเอียดการทดสอบอ้างอิงตามมาตรฐาน ASTM D 422

6. การจำแนกดินตามวิธีเอกภาพ

เป็นวิธีการจำแนกดินที่นิยมแพร่หลายมากที่สุดและเหมาะกับงานวิศวกรรมทั่ว ๆ ไป เช่นงานดินถม งานฐานราก เป็นต้น โดยแบ่งดินออกเป็นกลุ่ม ๆ ใช้อักษรภาษาอังกฤษเป็นสัญลักษณ์แทนชื่อกลุ่มของดิน แต่ละกลุ่มจะมีอักษรอย่างน้อย 2 ตัว ตัวแรกจะเป็นกลุ่มหลัก ได้แก่ G(กรวด) S(ทราย) M(ดินตะกอน) C(ดินเหนียว) และ O(ดินอินทรีย์) ส่วนตัวที่สองจะเป็นกลุ่มย่อยลงไป ได้แก่ W (ขนาดคละกันดี) P(ขนาดสม่ำเสมอ) L(พิกัดเหลวต่ำกว่า 50%) H(พิกัดเหลวสูงกว่า 50%)

หลักการจำแนก ดินเม็ดหยาบจะจำแนกตามลักษณะการกระจายตัวของเม็ดดิน และดินเม็ดละเอียดจะจำแนกตามค่าพิกัดอัตราบีร์ก

7. การทดสอบหาค่าแรงเฉือนแบบโดยตรง

การทดสอบแรงเฉือนแบบโดยตรง เป็นวิธีการทดสอบหาแรงเฉือนของวัสดุ ทั้งทรายและดินเหนียว รวมทั้งหินผุบางชนิด วิธีการทดสอบเป็นวิธีที่ปฏิบัติได้ง่าย ลักษณะเครื่องมือเป็นกล่องบรรจุตัวอย่างที่บังคับแนววิถี ไร้ลวดหน้า ซึ่งในความเป็นจริงการวิบัติเช่นนี้จะไม่เกิดขึ้นยกเว้นบางกรณี ในปัจจุบันการทดสอบแรงเฉือนแบบโดยตรงนี้ยังนิยมปฏิบัติกันทั่วไป เพราะสามารถกระทำแรงเฉือนกลับทิศทาง (Reverse Shear) ได้เมื่อเทียบกับเครื่องมือทดสอบแรงเฉือนแบบไม่ถูกจำกัด และยังสามารถหาค่ากำลังคงเหลือได้อีกด้วย (Residual Strength) ค่าหน่วยแรงตั้งฉากและหน่วยแรงเฉือนสูงสุดของแต่ละตัวอย่างดิน สามารถนำมาเขียนกราฟ Mohr's Envelope เพื่อหาค่าองค์ประกอบกำลังของดิน (c, ϕ) ได้โดยตรง ซึ่งมีความสำคัญในการคำนวณค่าความสามารถในการรับน้ำหนักบรรทุกทุกเบกทาน (Bearing Capacity) ของดินต่อไป

8. การทดสอบการอัดตัวคายน้ำ

สมมติฐานการอัดตัวคายน้ำของดิน (Soil Consolidation)

- ดินอิ่มตัวด้วยน้ำ (Saturation)
- น้ำและเม็ดดินไม่ยุบตัว (Incompressible)
- ปริมาตรที่เปลี่ยนแปลงเกิดจากการคายน้ำออกจากช่องว่าง ในดิน
- พฤติกรรมการไหลของน้ำเป็นไปตามกฎ DARCY
- พิจารณาการอัดตัวเพียง ทิศทางเดียว (1-D) ในแนวตั้งในทิศทางของความดันกระทำเป็นพื้นฐาน
- ค่าสัมประสิทธิ์การซึมผ่าน (k) มีค่าคงที่ระหว่างการอัดตัว

9. ความหนาแน่นธรรมชาติ

ความหนาแน่นธรรมชาติของดินเม็ดละเอียด ในสภาวะความชื้นธรรมชาติ ที่มีค่าน้อยกว่าปกติ (น้อยกว่า หรือ เท่ากับ 1.40 g/cm^3) จะเป็นดินประเภท Collapsible Soil ความหนาแน่น กับ ค่า W_L (Liquid Limit) โดยใช้หลักเกณฑ์ของ Zur and Wiseman (1973)

$$D_0/D_{LL} < 1.1, \text{ Soil prone to collapse}$$

$$D_0/D_{LL} > 1.3, \text{ Soil prone to swell}$$

เมื่อ D_0 = ความหนาแน่นแห้งของดินในที่

D_{LL} = ความหนาแน่นแห้งของดินที่อิ่มตัวด้วยน้ำ และ ความชื้นที่ W_L (Liquid Limit)

2.6 ทดสอบดินในสนาม

การทดสอบก้นน้ำหนักรด้วยแผ่นเหล็ก

การทดสอบก้นน้ำหนักรด้วยแผ่นเหล็ก มีการใช้แพร่หลายในอดีต เนื่องจากให้ค่าน้ำหนักบรรทุกของดินได้โดยตรง แต่ในปัจจุบันเนื่องจากมีวิธีการทดสอบอื่นๆ ที่ให้ผลการทดสอบที่ถูกต้อง และมีความเหมาะสมกว่า เช่น การเจาะสำรวจด้วยหลุมเจาะ (Soil Boring) การเจาะหยั่ง (Dutch Cone) เป็นต้น ในประเทศที่เจริญแล้ว การใช้การทดสอบก้นน้ำหนักรด้วยแผ่นเหล็กจึงมีความนิยมลดน้อยลงไป และได้มีการคิดแปลงวิธีการทดสอบให้มีประโยชน์มากขึ้น เช่นการทำการทดสอบลึกลงไปหลุมเจาะ และการทดสอบแบบ Screw Plate Test เป็นต้น อย่างไรก็ตามการทดสอบก้นน้ำหนักรด้วยแผ่นเหล็กก็ยังเป็นการทดสอบที่มีความสำคัญอยู่พอควร ซึ่งมีวัตถุประสงค์หลักในการทดสอบอยู่ 2 ประการ คือ

- 1.) เพื่อหาค่าน้ำหนักบรรทุกของดิน สำหรับออกแบบฐานแผ่ การทดสอบใช้แผ่นเหล็กขนาดอย่างต่ำ 30 ซม.
- 2.) เพื่อหาค่าคุณสมบัติค่าทรุดตัวของดิน เช่น การหาค่า k สำหรับการออกแบบถนน การทดสอบใช้แผ่นเหล็กขนาดอย่างต่ำ 76 ซม.

การก้นน้ำหนักรทดสอบ

เพื่อที่จะให้ได้ค่าทดสอบอย่างน้อย 6-7 ค่า จนกระทั่งดินวิบัติ สำหรับการพล็อตผลจึงต้องประมาณค่าน้ำหนักที่จะกดแต่ละชั้นให้พอเหมาะ ซึ่งอาจจะแยกวิธีการคำนวณได้ 2 กรณี คือ

1. เมื่อพิจารณาจุดดินแล้วว่าการทดสอบน้ำหนักรจะสามารถกดดินได้ถึงจุดวิบัติ จากน้ำหนักรกดทับ (Kent ledge) หรือกำลังสว่านสมอที่ใช้ยึดที่มีอยู่ จากนั้นประมาณค่าน้ำหนักรบรรทุกวิบัติ ของดินด้วยประสบการณ์ แล้วจึงแบ่งค่าน้ำหนักรบรรทุกวิบัติออกเป็นชั้นๆ ประมาณ 5-6 ชั้น (เพื่อไว้ 1-2 ชั้น กรณีดินไม่ถึงจุดวิบัติ) จากน้ำหนักรบรรทุกที่ประมาณไว้ นำไปคิดค่าน้ำหนักรกดแต่ละชั้น (คูณ

ด้วยพื้นที่หน้าตัดของขนาดแผ่นเหล็กที่ใช้) ปรับให้เป็นค่าคงตัวเพื่อสะดวกในการควบคุมและการอ่าน

2. เมื่อทดสอบในชั้นดินที่ไม่สามารถทดสอบให้ถึงจุดวิกฤติได้ เช่นชั้นดินแข็งมาก ดินลูกรัง เป็นต้น ในกรณีนี้ประมาณค่าน้ำหนักบรรทุกที่จะกดสูงสุด เป็นจำนวนเท่าของค่าน้ำหนักบรรทุกที่จะใช้ออกแบบฐานราก เช่น 3 เท่าของค่าน้ำหนักบรรทุกใช้ออกแบบฐานราก $10 \text{ ตัน/ม}^2 = 3 \times 10 = 30 \text{ ตัน/ม}^2$ เป็นต้น จากค่าน้ำหนักบรรทุกสูงสุดนี้นำมาแบ่งออกเป็น 6-7 ชั้นการกดน้ำหนัก แล้วจึงนำไปกีดค่าน้ำหนักกดตามลำดับ ค่าน้ำหนักกดแต่ละชั้นควรมีไม่เกิน 10 ตัน/ม^2

ระยะเวลาที่กดทดสอบแต่ละชั้น

มาตรฐาน ASTM D 1194 กำหนดให้กดน้ำหนักไว้ไม่ต่ำกว่า 15 นาที หรือจนกระทั่งค่าทรุดตัวมีค่าคงที่ เมื่อเลือกระยะเวลาใดๆแล้ว ควรใช้ระยะเวลาทดสอบเท่ากันทุกชั้นน้ำหนัก การอ่านค่าคืนตัว (ลดน้ำหนัก) ก็ทำเช่นเดียวกัน

การเลือกเครื่องมือให้เหมาะสมกับการทดสอบ

1. การเตรียมน้ำหนักกดทับแรงปฏิกิริยา

การทดสอบกีดน้ำหนักจำเป็นต้องเตรียมน้ำหนักกดทับจนมากพอ น้ำหนักกดทับที่จะเตรียมขึ้นอยู่กับความสามารถในการรับน้ำหนักบรรทุกของดิน และขนาดของแผ่นเหล็กที่ใช้ (น้ำหนักกดทับจะเพิ่มขึ้นเป็นสัดส่วนกำลังสองของขนาดแผ่นเหล็กที่เพิ่มขึ้น) ข้อแก้ไขที่จะทำได้คือ กำหนดค่าน้ำหนักบรรทุกที่จะทดสอบในกรณีที่ไม่สามารถกดให้วิกฤติได้ (เช่น 3 เท่า ค่าที่ใช้ออกแบบ) และเลือกใช้ขนาดแผ่นเหล็กที่พอเหมาะ (อย่างต่ำขนาด 30 ซม.)

ส่วนน้ำหนักกดทับแรงปฏิกิริยา อาจออกแบบการใช้วิธียึดส่วนสมอแทนการใช้น้ำหนักบรรทุก การใช้ส่วนสมอในดินที่สามารถลงส่วนได้ จะมีประสิทธิภาพมากกว่าการใช้น้ำหนักกดทับ ส่วนการทดสอบในดินที่ไม่สามารถลงส่วนได้ เช่น ดินดานแข็ง ทรายร่วน ดินถมใหม่ เป็นต้น อาจออกแบบแฉงบรรทุกน้ำหนักขนาดพอเหมาะแบบสามารถและประกอบได้ในที่ และขนย้ายด้วยรถบรรทุกเล็ก สามารถบรรทุกถูงทรายหรือถุงปูนซีเมนต์ได้ 50-60 ถูก หรือใช้แท่งน้ำหนักบรรทุกน้ำ

2. การออกแบบเครื่องมือให้เหมาะสม

- ชุดเสาต่อ มีความจำเป็นมากในการติดตั้งเครื่องมือทดสอบ ควรออกแบบให้ใช้งาน ได้สะดวก ติดตั้งได้รวดเร็ว สามารถปรับความยาวได้ต่อเนื่องตลอดความลึกหลุมทดสอบ ติดตั้งแล้วปรับตั้งแนวตั้งได้ง่าย

- ชุดยึดมาตรฐานปัด การทดสอบในหลุมเจาะต้องออกแบบที่ยึดมาตรฐานปัดแบบที่สามารถติดตั้งในหลุมทดสอบได้สะดวก การใช้ฐานแม่เหล็กจะสั้นไปและไม่สะดวกในการติดตั้งจะเสียเวลา

ควรออกแบบที่ยืดมาตรฐานแบบสามารถปรับยัดได้ตามความลึก และเลือกความยาวแขนยืดมากได้ตามความต้องการ

3. ระยะเวลาการทดสอบ

ควรพิจารณาความเหมาะสมของระยะเวลาที่ใช้ทดสอบ ไม่ควรทดสอบจนข้ามคืน เพราะจะสิ้นเปลืองค่าใช้จ่าย และเสี่ยงต่อการที่จะถูกรบกวนค่าอ่านมาตรฐานหน้าปัด เช่น ฝนตก คานอ้างอิงถูกกระทบ จะทำให้การทดสอบไม่คุ้มค่า

ถ้าชั้นดินมีลักษณะดีซึ่งส่วนใหญ่ดินที่จะทดสอบ ควรจะอยู่ในข่ายที่จะใช้ฐานแผ่ได้อยู่แล้ว จึงมีคุณสมบัติค่อนข้างดี การทดสอบจึงควรสังเกตจากอัตราการทรุดตัว ถ้าอัตราการทรุดตัวมีค่าน้อยควรเพิ่มน้ำหนักขั้นต่อไป การทดสอบแบบเร็ว กทดสอบช่วงละ 15 นาที (ข้อกำหนดล่าสุดของ ASTM D 1194) จะทำให้สามารถทดสอบได้เร็วขึ้น (วันละ 1-2 หลุม)

บทที่ 3

วิธีการดำเนินการวิจัย

3.1 แนวทางการวิจัย

1. รวบรวมข้อมูลในเชิงQualitative

1.1 รวบรวมเอกสารในเชิงทฤษฎีของการออกแบบอาคารและการเกิดรอยร้าว

1.2 รวบรวมข้อมูลทั้งหมดเกี่ยวกับอาคาร

- ข้อมูลการออกแบบ และรายการคำนวณ

- แบบของอาคาร

1.3 รวบรวมผลสำรวจชั้นดิน

- ผลการทดสอบดิน

- ผลการทดสอบวัสดุ

1.4 ประเมินปัญหาที่เกิดกับอาคารในระยะแรก

- พบความผิดปกติ เช่น รอยร้าว การเอียง ที่เกิดขึ้นกับอาคาร

- ประวัติการถูกซ่อม และผลการซ่อม

1.5 รวบรวมทฤษฎีการออกแบบคอนกรีตเสริมเหล็ก และข้อกำหนดที่ใช้ในการออกแบบ

ในเชิงทฤษฎีอีลาสติก และทฤษฎีกำลังประลัย

2. คาดการณ์ผลที่จะได้รับ

2.1 วัดความผิดปกติขององค์อาคารและโครงสร้าง เช่น การทรุดตัวของฐานราก การแตกร้าว การแตกปริ

2.2 วิเคราะห์ข้อมูลทั้งหมด

2.3 ตั้งสมมติฐานของสาเหตุการเกิดรอยร้าวจาก

- การสังเกตด้วยสายตา

- ปรึกษาผู้มีประสบการณ์

2.4 เลือกสมมติฐานที่เป็นไปได้ 2 กรณี แล้วหาข้อมูลเพื่อวิเคราะห์แต่ละกรณี โดยการ

- ทดสอบตัวอย่างดินในห้องปฏิบัติการ

- ทดสอบดินในสนาม

2.5 เลือกกรณีที่น่าจะเป็นไปได้มากที่สุด แล้วหาสาเหตุทั้งหมดของกรณี que เลือกศึกษา

2.6 สรุปประเด็นโดยวิเคราะห์และทดสอบเพื่อหาสาเหตุที่แท้จริง และเสนอแนะวิธีการแก้ไข

3. รายละเอียดการวิจัยของโครงการ

1. ทำการศึกษา รวบรวม และสรุปทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง เพื่อใช้เป็นพื้นฐานประกอบการพิจารณา ศึกษาการเกิดรอยร้าวขององค์อาคาร ได้แก่

1.1 ทฤษฎีการเกิดรอยร้าวขององค์อาคาร

- ประเภทของรอยร้าว
- สาเหตุของการเกิดรอยร้าวในคอนกรีตเสริมเหล็ก

1.2 วิธีการศึกษาความเสียหายที่เกิดกับ โครงสร้าง

- ประเภทของข้อมูลที่ต้องรวบรวมก่อนทำการศึกษารอยร้าว
- ขั้นตอนการศึกษาการเกิดรอยร้าวของโครงสร้าง

1.3 การสำรวจ

- การสร้างหมุดหลักฐาน สำหรับการสำรวจ
- วิธีการสำรวจ

1.4 การทดสอบตัวอย่างดินในที่และในห้องปฏิบัติการ

1.5 การทดสอบดินในสนาม

- การทดสอบความสามารถในการรับน้ำหนักบรรทุกของดินที่ระดับฐานราก

2. ทำการสำรวจเลือกอาคารที่จะทำการศึกษาการเกิดรอยร้าว โดยพิจารณาจากจำนวน ความกว้าง และตำแหน่งของรอยร้าว จากการสำรวจอาคารทั้งหมดในมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี อาคารที่เลือกศึกษามีทั้งสิ้น 3 อาคาร ได้แก่ อาคารหอพักสุรนารี 4 อาคารศูนย์เครื่องมือ 5 และ อาคารสำนักงานหอพัก 7-9 เนื่องจากมีรอยร้าวขนาดใหญ่เป็นจำนวนมาก และส่วนใหญ่เป็นรอยร้าวที่เกิดขึ้นกับโครงสร้าง

3. ตัดกระจกพร้อมขนาด $20 \times 50 \times 2$ มิลลิเมตร และ $30 \times 70 \times 2$ มิลลิเมตร คร่อมขวางรอยร้าว เพื่อติดตามการเคลื่อนตัวของรอยร้าว โดยใช้อิพอกซีเป็นตัวยึดเหนี่ยวระหว่างกระจกและองค์อาคาร คอนกรีต เนื่องจากอิพอกซีเป็นสารซึ่งมีความยืดหยุ่นตัวต่ำมาก ดังนั้นหากรอยร้าวยังคงมีการเคลื่อนตัวคือความกว้างของรอยร้าวเพิ่มขึ้นแล้ว กระจกที่ติดไว้จะแตกทันที

4. รวบรวมข้อมูลทางการออกแบบ การก่อสร้าง และการใช้งาน โดยขอความร่วมมือจาก ส่วนอาคารและสถานที่ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี เพื่อขอข้อมูลดังนี้

- แบบก่อสร้าง
- ผลการทดสอบวัสดุ
- รายงานความก้าวหน้างานก่อสร้าง

โดยได้รับข้อมูลทั้งสิ้น 2 รายการ ดังนี้

- แบบก่อสร้างงาน โครงสร้างและงานสถาปัตยกรรม

- ข้อกำหนดรายการก่อสร้าง

5. ดิฐฐานรองไม้ระดั้บ โดยใช้เหล็กฉาก 2"x 5/32" ยาว 10 เซนติเมตร ติดที่โคนเสาทั้งภายในและภายนอกอาคาร เพื่อใช้วางไม้ระดั้บ สำหรับการทำระดั้บ วัตถุประสงค์แตกต่างของฐานรากอาคารที่ทำการติดเหล็กฉากคือ อาคารศูนย์เครื่องมือ 5 และอาคารหอพักสุรนิเวศ 4 โดยเลือกให้ตำแหน่งเสาที่ติดเหล็กฉากมีระยะห่างเท่า ๆ กันและครอบคลุมพื้นที่อาคารทั้งหมด

6. ทำหุมุระดั้บอ้างอิง ที่อาคารตัวอย่าง อาคารละ 1 หลุม ตามมาตรฐานที่กล่าวไว้ในทฤษฎี โดยจะทำการบดอัดดินภายในหลุมที่จะวางหุมุระดั้บอ้างอิงก่อน แล้วทำการปรับปรุงฐานที่จะวางโดยใส่ทรายหยาบและหิน แล้วเทคอนกรีตหยาบทับ หลังจากนั้นวางหุมุระดั้บอ้างอิงลงในหลุม เทคอนกรีตรอบ ๆ หุมุระดั้บอ้างอิงให้สูงจากระดับฐานของหุมุระดั้บอ้างอิง ประมาณ 15 เซนติเมตร เพื่อให้ หุมุระดั้บอ้างอิง อยู่ในตำแหน่งที่แน่นอน

7. ทำการเก็บตัวอย่างดิน โดยเก็บแบบแปลงสภาพ ที่ระดั้บ 0 เมตร, 2 เมตร และ 3 เมตร จากผิวดิน ณ อาคารตัวอย่าง ระดั้บละประมาณ 200 กิโลกรัม

8. เตรียมตัวอย่างดิน เพื่อนำไปทำการทดสอบในห้องปฏิบัติการปฐพีกลศาสตร์ โดยนำตัวอย่างดินที่ได้ไปตากให้แห้ง หลังจากนั้นทำการร่อนผ่านตะแกรงขนาดต่าง ๆ ตามข้อกำหนดของแต่ละการทดสอบ

9. ทดสอบดินในห้องปฏิบัติการ จำนวนตัวอย่างดินทั้งหมด 12 ตัวอย่าง โดยทำการทดสอบทั้งหมด 6 ปฏิบัติการ ดังนี้

- การหาค่าความชื้นธรรมชาติ (Natural Water Content) และ Atterberg 's Limit
- การทดสอบหาค่าความถ่วงจำเพาะของดิน (Specific Gravity)
- การทดสอบหาขนาดของเม็ดดิน (Grain size Analysis)
- การทดสอบหาขนาดของเม็ดดินด้วยการวิเคราะห์ไฮโดรมิเตอร์(Hydrometer)
- การทดสอบการอัดตัวคายน้ำ (Consolidation Test)
- การทดสอบแบบเฉือน โดยตรง (Direct Shear Test)
- การทดสอบการยุบตัวของดินเมื่อโดนน้ำ (Collapsible Soil)

10. ตรวจสอบระดั้บของอาคารตัวอย่าง โดยทำการวัดระดั้บ ตามเสาที่ได้ติดเหล็กฉากไว้ ทุก 2 สัปดาห์

11. การทดสอบความสามารถในการรับน้ำหนักบรรทุกของดินที่ระดั้บฐานราก (Plate Bearing Test)

บทที่ 4

ผลการวิจัย และการอภิปรายผล

ตารางที่ 4.1 คุณสมบัติทางฟิสิกส์ของดินอาคารหอพักสุรนิวาส 4

	ความลึก		
	0.00 - 0.50 m	2.00 - 2.50 m	3.00 - 3.50 m
<u>Grain Size Distribution</u>			
Gravel > 4.75 mm, %	4.00	15.16	2.25
Sand 4.750-0.075 mm, %	20.78	23.73	14.64
Silt 0.075-0.005 mm, %	49.08	26.14	44.09
Clay <0.005 mm, %	15.00	34.97	39.02
<u>Specific Gravity</u>			
G _s	2.749	2.728	2.773
<u>Atterberg's Limit</u>			
Liquid Limit (L.L.) %	51.33	53.56	52.29
Plastic Limit (P.L.) %	29.78	31.37	14.61
Plasticity Index (P.I.) %	21.55	22.19	37.68

ตารางที่ 4.2 คุณสมบัติทางฟิสิกส์ของดินอาคารศูนย์เครื่องมือ 5

			ความลึก		
			0.00 – 0.50 m	2.00 - 2.50 m	3.00 - 3.50 m
<u>Grain Size Distribution</u>					
Gravel	> 4.75	mm, %	2.07	4.71	8.54
Sand	4.750-0.075	mm, %	26.30	13.76	15.10
Silt	0.075-0.005	mm, %	6.67	12.93	7.86
Clay	<0.005	mm, %	64.96	68.60	68.50
<u>Specific Gravity</u>					
G_s			2.710	2.768	2.748
<u>Atterberg's Limit</u>					
Liquid Limit (L.L.)		%	51.45	53.43	47.86
Plastic Limit (P.L.)		%	32.4	32.56	26.17
Plasticity Index (P.I.)		%	19.05	20.78	21.69

ตารางที่ 4.3 คุณสมบัติทางฟิสิกส์ของดินอาคารบริการหอพักสุรนิวาส 7-9

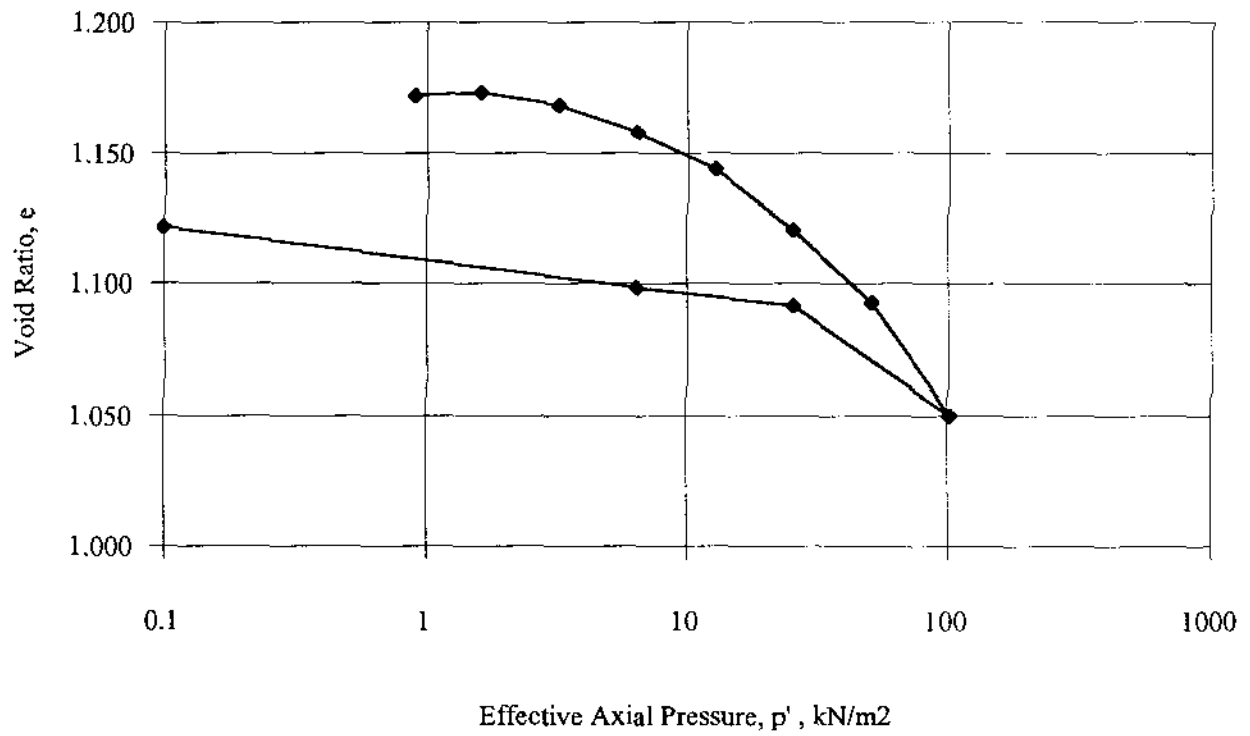
	ความลึก		
	0.00 - 0.50 m	2.00 - 2.50 m	3.00 - 3.50 m
<u>Grain Size Distribution</u>			
Gravel > 4.75 mm, %	2.08	20.73	29.85
Sand 4.750-0.075 mm, %	50.49	47.74	41.43
Silt 0.075-0.005 mm, %	1.35	5.73	2.58
Clay <0.005 mm, %	46.08	25.80	26.14
<u>Specific Gravity</u>			
G_s	2.704	2.675	2.663
<u>Atterberg's Limit</u>			
Liquid Limit (L.L.) %	22.52	27.10	24.96
Plastic Limit (P.L.) %	12.89	19.03	19.05
Plasticity Index (P.I.) %	9.63	8.07	5.91

ตารางที่ 4.4 การทดลองการอัดตัวคาน้ำอาคารศูนย์เครื่องมือ 5(ตัวอย่างที่ 1)

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี					
ห้องทดลองปฐพีกลศาสตร์					
การทดลอง การอัดตัวคาน้ำ(Cosolidation Test)					
Project :	ศึกษาการวิบัติของอาคารใน มทส.		Location:	อาคารศูนย์เครื่องมือ 5	
Boring No.	2		Sample No.	1	
Depth :	3 m.		Specific Gravity, G_s	2.748	
Soil Description :	CL				

Pressure	Final Dial	Accum.	Sample		
t/m^2	Reading	ial Chang	Height	oid Heigh	Void Ratio
	(x .002 mm)	(mm)	(cm)	(cm.)	e
0	971.0	-0.058	2.0742	1.1192	1.172
0.900	977.0	-0.046	2.0754	1.1204	1.173
1.605	954.0	-0.092	2.0708	1.1158	1.168
3.211	904.0	-0.192	2.0608	1.1058	1.158
6.422	837.0	-0.326	2.0474	1.0924	1.144
12.845	725.0	-0.5500	2.0250	1.0700	1.120
25.690	593.0	-0.8140	1.9986	1.0436	1.093
51.380	388.0	-1.2240	1.9576	1.0026	1.050
102.761	587.0	-0.8260	1.9974	1.0424	1.091
25.690	620.0	-0.7600	2.0040	1.0490	1.098
6.422	730.0	-0.5400	2.0260	1.0710	1.121
0	1630.0	1.3180	2.2060	1.3263	1.508

ภาพที่ 4.1 แสดงผลการทดลองการอัดตัวคายน้ำอาคารศูนย์เครื่องมือ 5 (ตัวอย่างที่ 1)

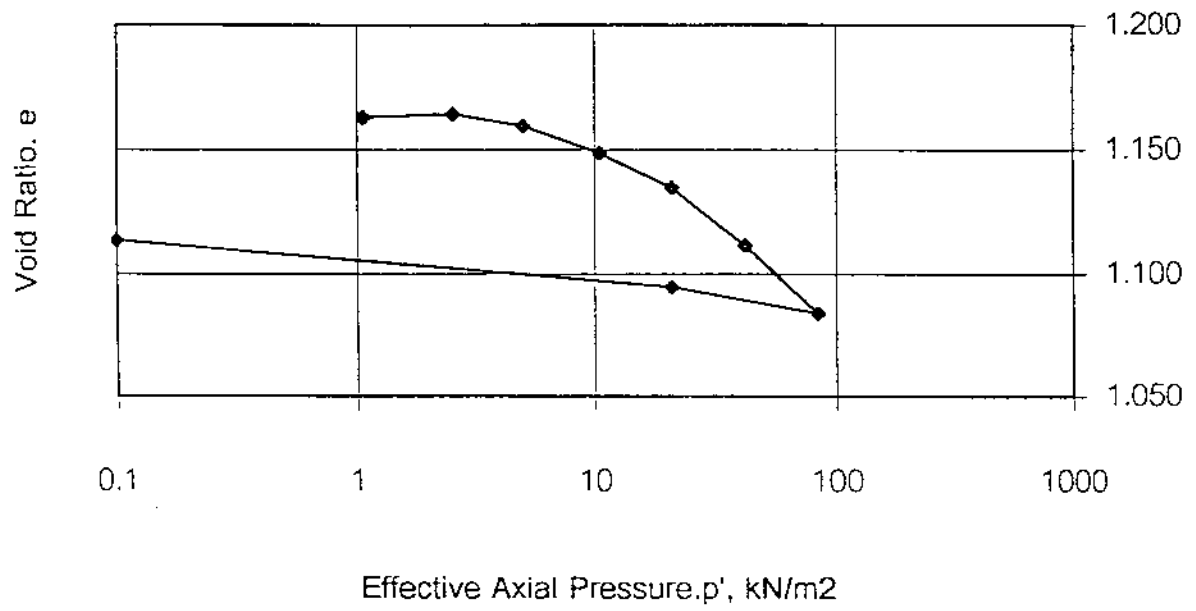


ตารางที่ 4.5 การทดลองการอัดตัวคายน้ำอาคารศูนย์เครื่องมือ 5(ตัวอย่างที่ 2)

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี					
ห้องทดลองปฐพีกลศาสตร์					
การทดลอง การอัดตัวคายน้ำ(Cosolidation Test)					
Project :		ศึกษาการวิบัติของอาคารใน มทส.		Location: อาคารศูนย์เครื่องมือ 5	
Boring N		2		Sample No. 2	
Depth :		3 m.		Specific Gravity, G_s 2.748	
Soil Description :		CL			

Pressure t / m^2	Final Dial Reading x .002 mm	Accum. ial Chang (mm)	Sample Height (cm)	Void Height (cm.)	Void Ratio e
1.066	1999.0	-0.002	2.0742	1.1152	1.163
2.515	2029.0	0.058	2.0754	1.1164	1.164
5.030	2018.0	0.036	2.0708	1.1118	1.159
10.600	1992.0	-0.016	2.0606	1.1016	1.149
21.200	1953.0	-0.094	2.0474	1.0884	1.135
42.400	1881.0	-0.2380	2.0250	1.0660	1.112
84.800	1779.0	-0.4420	1.9986	1.0396	1.084
21.200	1854.0	-0.2920	2.0090	1.0500	1.095
0.000	1927.0	-0.1460	2.0270	1.0680	1.114

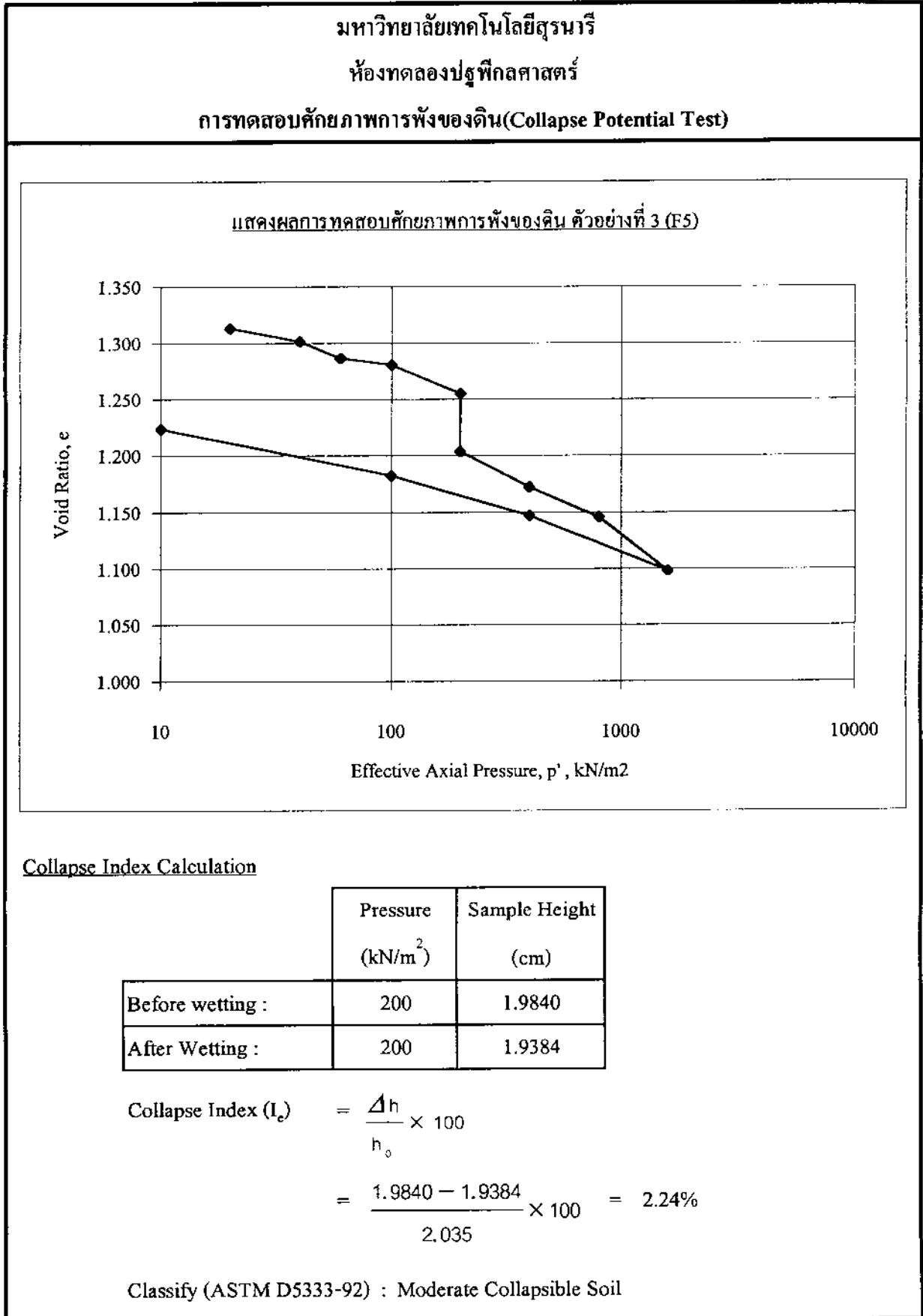
ภาพที่ 4.2 แสดงผลการทดสอบการอัดตัวภายน้ำตัวอย่างที่ 2 (F5)



ตารางที่ 4.6 การทดสอบศักยภาพการพังของดินอาคารศูนย์เครื่องมือ 5 (ตัวอย่างที่ 3)

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี					
ห้องทดลองปฐพีกลศาสตร์					
การทดสอบศักยภาพการพังของดิน(Collapse Potential Test)					
Project :	ศึกษาการวิบัติของอาคารใน มทส.		Location:	อาคารศูนย์เครื่องมือ 5	
Boring No.	2		Sample No.	3	
Depth :	3 m.		Specific Gravity, G_s	2.748	
Soil Description :	CL				
BEFORE WETTING					
Pressure kN / m^2	Final Dial Reading (x .002 mm)	ccumulate ial Chang (mm)	Sample Height (cm)	oid Heigh (cm.)	Void Ratio e
19.9	2026.0	0	2.0350	1.1553	1.313
39.9	1974.0	-0.104	2.0246	1.1449	1.301
59.9	1908.0	-0.236	2.0114	1.1317	1.286
100	1882.0	-0.288	2.0062	1.1265	1.280
200	1771.0	-0.51	1.9840	1.1043	1.255
AFTER WETTING					
Pressure kN / m^2	Final Dial Reading (x .002 mm)	Accum. ial Chang (mm)	Sample Height (cm)	oid Heigh (cm.)	Void Ratio e
200	1543.0	-0.9660	1.9384	1.0587	1.203
400	1405.0	-1.2420	1.9108	1.0311	1.172
800	1289.0	-1.4740	1.8876	1.0079	1.146
1600	1080.0	-1.8920	1.8458	0.9661	1.098
400	1295.0	-1.4620	1.8888	1.0091	1.147
100	1450.0	-1.1520	1.9198	1.0401	1.182
0	1630.0	-0.7920	1.9558	1.0761	1.223

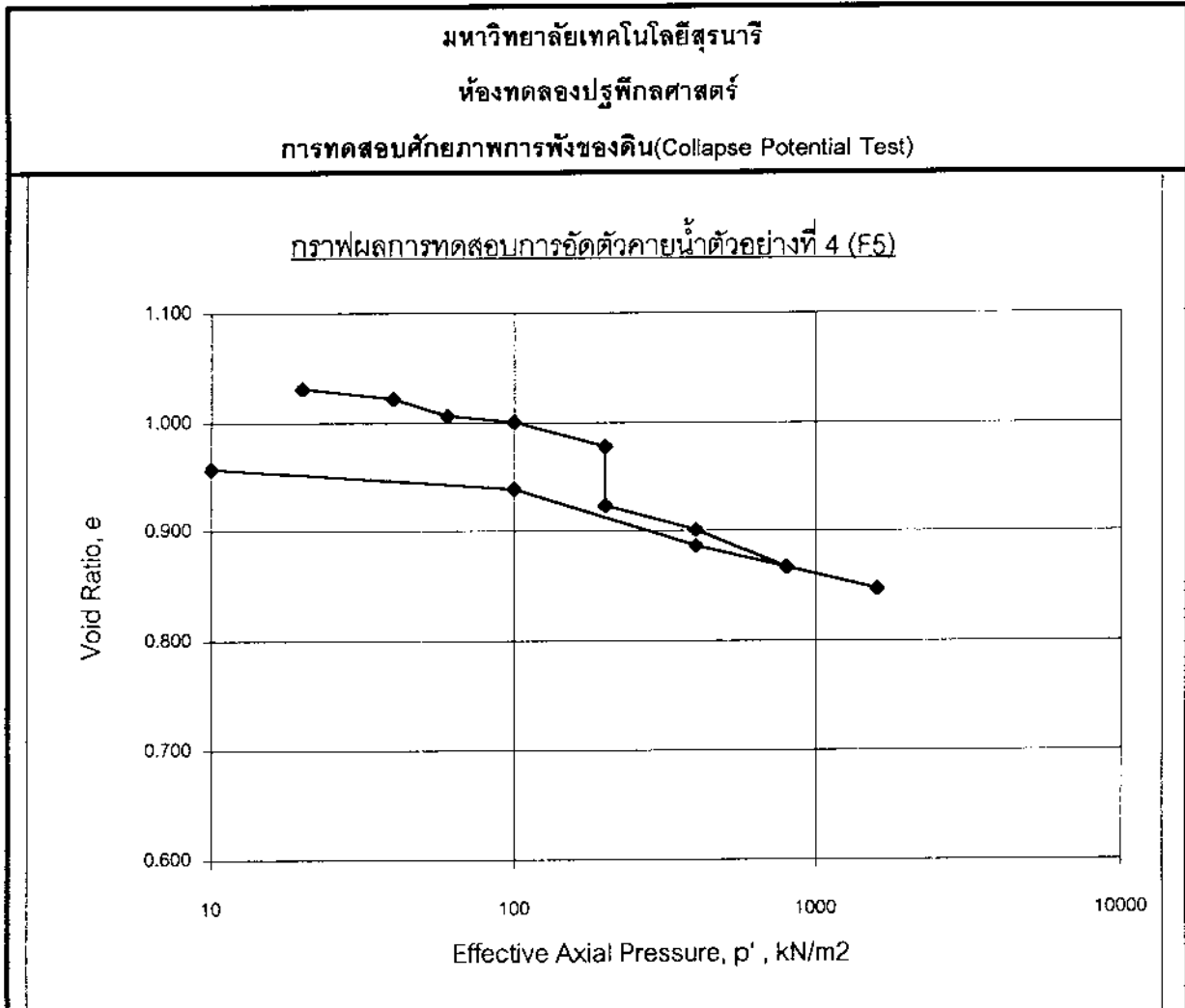
ภาพที่ 4.3 แสดงผลทดสอบศักยภาพการพังของดินอาคารศูนย์เครื่องมือ5(ตัวอย่างที่ 3)



ตารางที่ 4.7 การทดสอบศักยภาพของดินอาคารศูนย์เครื่องมือ 5 (ตัวอย่างที่ 4)

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ห้องทดลองปฐพีกลศาสตร์ การทดสอบศักยภาพการพังของดิน(Collapse Potential Test)					
Project :	ศึกษาการวิบัติของอาคารใน มทส.		Location:	อาคารศูนย์เครื่องมือ 5	
Boring No.	2		Sample No.	4	
Depth :	3 m.		Specific Gravity, G_s	2.748	
Soil Description :	CL				
BEFORE WETTING					
Pressure kN / m^2	Final Dial Reading (x .002 mm)	ccumulate ial Chang (mm)	Sample Height (cm)	oid Heigh (cm.)	Void Ratio e
19.9	1947.0	0	1.9750	1.0025	1.031
39.9	1902.0	-0.09	1.9660	0.9935	1.022
59.9	1827.0	-0.24	1.9510	0.9785	1.006
100	1798.0	-0.298	1.9452	0.9727	1.000
200	1690.0	-0.514	1.9236	0.9511	0.978
AFTER WETTING					
Pressure kN / m^2	Final Dial Reading (x .002 mm)	ccumulate ial Chang (mm)	Sample Height (cm)	oid Heigh (cm.)	Void Ratio e
200	1423.0	-1.0480	1.8702	0.8977	0.923
400	1315.0	-1.2640	1.8486	0.8761	0.901
800	1147.0	-1.6000	1.8150	0.8425	0.866
1600	1051.0	-1.7920	1.7958	0.8233	0.847
400	1242.0	-1.4100	1.8340	0.8615	0.886
100	1497.0	-0.9000	1.8850	0.9125	0.938
0	1589.0	-0.7160	1.9034	0.9309	0.957

ภาพที่ 4.4 แสดงผลการทดสอบการอัดตัวคายน้ำอาคารศูนย์เครื่องมือ 5(ตัวอย่างที่ 4)



Collapse Index Calculation

	Pressure (kN/m ²)	Sample Height (cm)
Before wetting :	200	1.9236
After Wetting :	200	1.8702

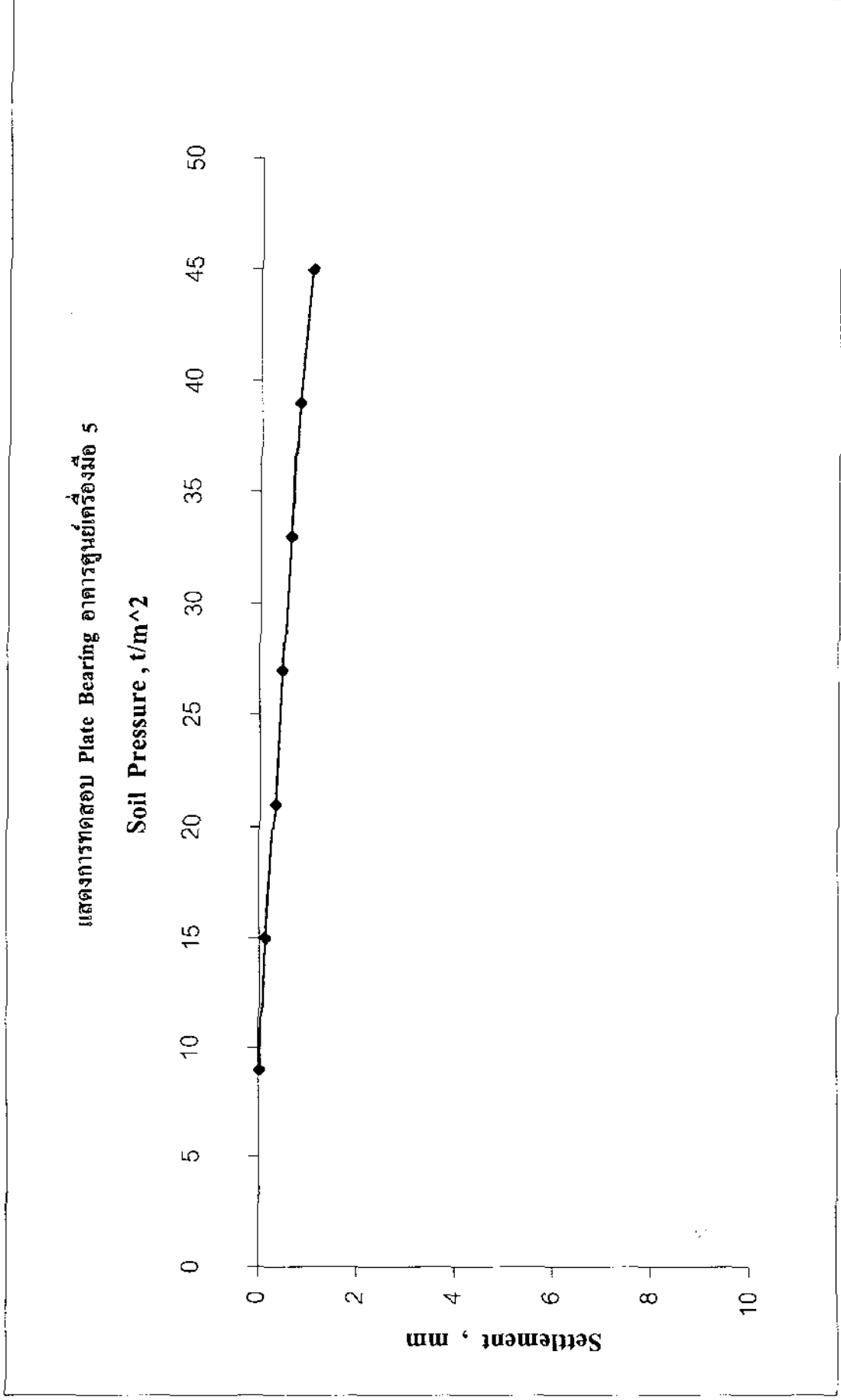
$$\begin{aligned}
 \text{Collapse Index } (I_c) &= \frac{\Delta h}{h_o} \times 100 \\
 &= \frac{1.9236 - 1.8702}{1.975} \times 100 = 2.70\%
 \end{aligned}$$

Classify (ASTM D5333-92) : Moderate Collapsible Soil

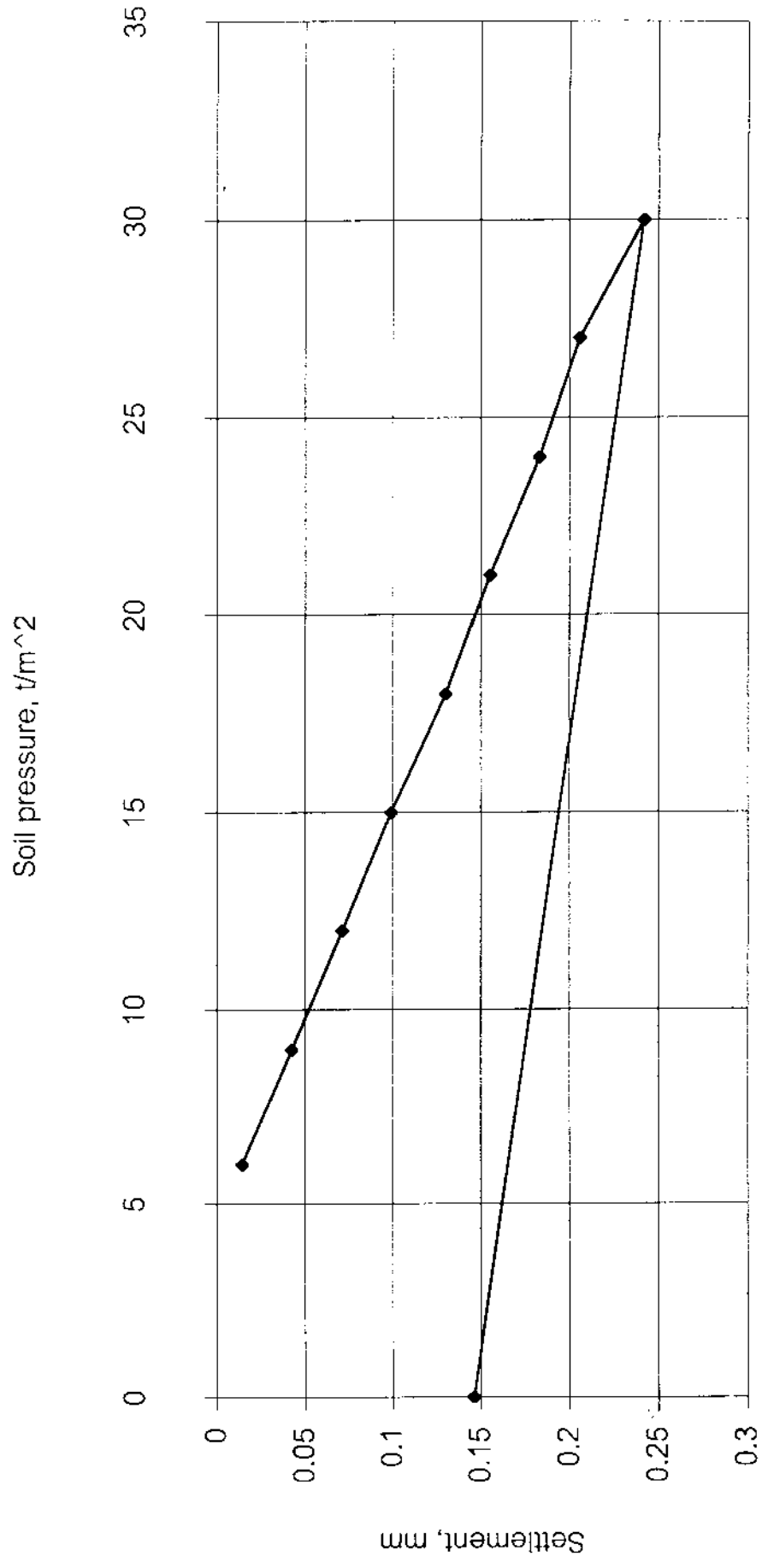
ตารางที่ 4.8 การทดสอบค่าดัชนีของดินประเภท Collapsible Soil

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี							
ปฏิบัติการปฐพีกลศาสตร์							
การทดสอบค่าดัชนีของดินประเภท Collapsible Soil							
	Sample 1		Sample 2		Sample 3		
	D _o	D _{LL}	D _o	D _{LL}	D _o	D _{LL}	
Weight of Wet Soil+Container	g	151.02	33.05	77.29	31.63	105.32	35.75
Weight of Dry Soil+Container	g	276.36	73.54	201.87	89.52	234.93	71.62
Weight of Water	g	253.17	59.98	176.68	70.29	210.22	59.67
Weight of Container	g	102.15	26.93	99.39	38.66	104.9	23.92
Weight of Dry Soil	g	23.19	13.56	25.19	19.23	24.71	11.95
Water Content, w	%	22.70	50.35	25.34	49.74	23.56	49.96
Diameter of Container	cm	6.28	3.45	6.33	3.45	6.31	3.45
Hight of Container	cm	2.03	1.55	1.92	1.55	1.95	1.55
Volume of Container	cm ³	62.86	14.49	60.49	14.49	60.98	14.49
Weight of Wet Soil	g	125.34	24.21	124.58	24.53	122.23	24.21
Total Unit Weight	g/cm ³	1.994	1.671	2.060	1.693	2.004	1.671
Dry Unit Weight	g/cm ³	1.625	1.859	1.643	2.668	1.720	1.651
D _o /D _{LL} ratio		0.874		0.616		1.042	

ภาพที่ 4.5 แสดงการทดสอบ Plate Bearing อาคารศูนย์เครื่องมือ 5



ภาพที่ 4.6 ผลการทดสอบ Plate Bearing อาคารบริการ 7-9



อภิปรายผลการทดลอง

4.1 ดินมีการทรุดตัวน้อยเมื่อมีความชื้นเพิ่มขึ้น จากกราฟแสดงผลการทดสอบ Consolidation test

4.2 ดินมีศักยภาพในการพังทลายเมื่อโดนน้ำ(Collapsible soil) ปานกลาง (2.4-2.7%) จากกราฟ Collapsible Potential test

4.2 ผลการทดสอบความสามารถในการรับน้ำหนักบรรทุกของดิน(Plate bearing test) ที่ความชื้นใกล้ค่าอิ่มตัวของดิน (Saturation) ดินสามารถรับน้ำหนักบรรทุกปลอดภัยได้ จากกราฟการทดสอบการรับน้ำหนักบรรทุกของดิน(Plate bearing test) ทั้งสองตัวอย่างยังไม่มีการ failure ของดินเกิดขึ้น

4.4 ในระหว่างการศึกษา ฐานราก ไม่มีการทรุดเพิ่มขึ้น จากการตรวจสอบระดับเป็นเวลาประมาณ 1 ปี

5.2. อาการศูนย์เครื่องมือ 5

ผลจากการทดสอบการยุบตัวของดินเมื่อโดนน้ำ ดินเป็นชนิดยุบตัวเมื่อโดนน้ำชนิดไม่รุนแรง แสดงว่าดินมีการยุบตัวบ้างเมื่อโดนน้ำ หรือเมื่อมีความชื้นเปลี่ยนไปจากสภาพความชื้นปกติของดิน อาจเปลี่ยนไปตามฤดูกาลเช่น ฤดูฝน สภาพมีน้ำซึมขังจากปัจจัยอื่นๆ เช่น ท่อน้ำประปาแตก เป็นต้น

ผลทดสอบความสามารถในการรับน้ำหนักบรรทุกของดินที่ระดับฐานราก ที่ความชื้นยังไม่ถึงจุดอิ่มตัวของดิน ดินไม่มีการวิบัติที่น้ำหนักบรรทุกทดสอบ 45 ตัน/ตารางเมตร ซึ่งมากกว่าน้ำหนักอาคารที่ถ่ายลงสู่ฐานรากซึ่งมีค่า 15 ตันต่อตารางเมตร

จากผลการทดสอบทั้งหมด แสดงว่าสภาพของดินอาจเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้อาคารเกิดการแตกร้าวได้จากคุณสมบัติยุบตัวเมื่อโดนน้ำ ประกอบกับการบดอัดดินถมที่อาจไม่ดีพอเมื่อมีการปรับพื้นที่ในการก่อสร้าง ดินยังไม่มีการทรุดตัวเสร็จสิ้นในระหว่างการก่อสร้าง เมื่อถูกน้ำหนักจากพื้นและคานคอดินกดทับ เมื่อเวลาผ่านไป ความชื้นเปลี่ยนไป ดินมีการทรุดตัวเกิดขึ้น เมื่ออยู่ในสภาวะใช้งานพื้นและคานคอดินต้องรับน้ำหนักบรรทุกอีกครั้งหนึ่ง คานมีการแอ่นตัวและไม่มีสิ่งรองรับทำให้เกิดการแตกร้าวเป็นแนวยาวบริเวณคานคอดิน โดยเฉพาะคานคอดินที่ต้องรับน้ำหนักของผนัง

ส่วนรอยร้าวที่เกิดขึ้นบริเวณผนังด้านบน อาจเกิดขึ้นเนื่องจาก โครงหลังคาซึ่งเป็นโครงเหล็กที่วางอยู่บนหัวเสา โดยที่ปล่อยให้อิสระด้านหนึ่งและยึดแน่นไว้ด้านหนึ่ง ซึ่งก็ถูกต้องตามหลักวิชาการ แต่การกระทำเช่นนี้จะต้องคิดถึงแรงผลึกที่จะเกิดขึ้นที่หัวเสา เนื่องจากความฝืดระหว่างแผ่นเหล็กด้วย เพราะอาจมากพอที่จะทำให้เสาเบนออกจากตำแหน่งเดิม ทำให้ผนังเกิดการแตกร้าวได้

ข้อเสนอแนะและแนวทางการแก้ไข

การทดสอบการรับน้ำหนักบรรทุกของดินที่ระดับฐานราก จำลองสภาพอิ่มตัวด้วยน้ำ โดยการแช่น้ำในหลุมเพียง 1 วัน ดินอาจไม่อิ่มตัวด้วยน้ำ หากต้องการสภาพอิ่มตัวด้วยน้ำควรแช่น้ำหลายวัน

การทดสอบการรับน้ำหนักบรรทุกของดินที่ระดับฐานราก ควรทำการทดสอบที่ระดับความลึกต่างๆจนถึงที่ความลึกสองเท่าของขนาดฐานรากจากระดับฐานราก เพื่อตรวจสอบการรับน้ำหนักบรรทุกของดินได้ระดับฐานราก

ในการก่อสร้างอาคารในที่ที่ดินเป็นดินยุบตัวเมื่อโดนน้ำควรทำทางระบายน้ำรอบอาคาร เพื่อป้องกันน้ำขังที่ฐานราก หรือใช้เสาเข็มแทน และในการปรับระดับพื้นควรทำการบดอัดให้ดี

การซ่อมแซม

ควรสร้างทางระบายน้ำรอบอาคารให้ลึกเพียงพอ เพื่อป้องกันน้ำใต้ดินหรือน้ำผิวดินไม่ให้ไหลเข้ามาในบริเวณอาคาร สร้างระบบระบายน้ำภายในอาคารไม่ให้น้ำไหลลงใต้ฐานรากอาคาร

ในกรณีที่รอยร้าวของผนังที่เกิดจากแรงผลึกเนื่องจากโครงหลังคา ควรยึดโครงหลังคาด้วยเหล็กรับแรงดึง ระหว่างเสาที่รองรับโครงหลังคา เพื่อป้องกันแรงผลึกเนื่องจากโครงหลังคา

เสริมฐานรากแก้ความเสียหาย(Remedial Underpinning)เพื่อป้องกันการทรุดตัวของฐานราก

5.3. อาคารบริการหอพักสุรนิเวศ 7-9

จากการตรวจสอบการทรุดตัวของฐานราก พบว่าไม่มีการทรุดตัวเกิดขึ้น อาจสังเกตได้โดยไม่มี การแตกร้าวระหว่างรอยต่อของพื้นชั้นล่างและเสา ในด้านปัญหาการรับน้ำหนักของดินที่ระดับ ฐานราก ซึ่งเป็นดินเหนียวแข็งปนกรวด โดยทำการทดสอบการรับน้ำหนักบรรทุกของดินโดยใช้ แผ่นเหล็กมาตรฐาน ในสภาพธรรมชาติที่ดินมีน้ำซึมขังตลอดเวลา ผลการทดสอบปรากฏว่าดิน สามารถรับน้ำหนักบรรทุกได้มากกว่า 30 ตันต่อตารางเมตร ซึ่งน้ำหนักอาคารที่ถ่ายลงฐานรากมีค่า เพียง 12 ตันต่อตารางเมตร ดังนั้นรอยแตกร้าวที่เกิดขึ้นไม่น่าจะเกิดมาจากความสามารถในการรับ น้ำหนักบรรทุกของดิน จากการสังเกตลักษณะของรอยร้าว พบว่ารอยร้าวที่ขึ้นน่าจะมีผลมาจาก

1. คานมีความยาวมากอาจเกิดการแอ่นตัวกดทับผนังทำให้ผนังเกิดการแตกร้าว
2. ในการก่อสร้างก่ออิฐชนได้ห้องคานไม่เผื่อการแอ่นตัวของคานเมื่อคานเกิดการแอ่นตัว

ข้อเสนอแนะวิธีการแก้ไข

ในการก่อสร้างอาคารไม่ควรมีการออกแบบให้คานมีความยาวมากเกินไป หรือในการก่อสร้าง อาคารที่มีการออกแบบคานยาวและค่าการแอ่นตัวมาก ๆ การก่ออิฐควรก่ออย่าให้ถึงห้องคานที่ เดียว แต่ให้เว้นไว้พอสมควร เมื่อคานนั้นได้แอ่นลงมาเต็มที่แล้วจึงค่อยก่ออิฐแบบทแยงให้เต็มช่องว่างนั้น หรือพิจารณาใช้วัสดุที่มีความยืดหยุ่นสูงบริเวณรอยต่อของคานและกำแพง วัสดุดังกล่าวจะ ช่วยลดปัญหาการแตกร้าวของกำแพงเนื่องจากน้ำหนักกดของการแอ่นตัวของคานได้

การซ่อมแซม

เนื่องจากการแตกร้าวของผนัง จากการศึกษาเกิดเนื่องจากการแอ่นตัวของคาน ดังนั้นรอยร้าวจะ ไม่มีผลต่อโครงสร้างมากนัก ในการซ่อมแซมใช้วัสดุอุดรอยร้าว วัสดุที่ใช้ควรมีคุณสมบัติใกล้เคียง กับวัสดุที่ใช้ทำองค์อาคาร แต่ควรมีคุณสมบัติพิเศษคือ ไม่หดตัวเมื่อแห้งเช่น มอร์ต้า ชนิดที่ผสมด้วย สารเช่น ผงเหล็กและตัวยาป้องกันการหดตัว แต่ผงเหล็กจะเป็นสนิมเมื่อถูกความชื้นในอากาศ เมื่ออุด รอยร้าวแล้ว ควรฉาบทับด้วยมอร์ต้าผสมทรายละเอียดชั้นหนึ่ง วัสดุชนิดนี้ใช้กับผนังก่อ อิฐที่ร้าวได้ดี นอกจากนี้ในห้องคานยังมีวัสดุหลายชนิดที่ผลิตขึ้นมาสำหรับอุดรอยร้าวโดยเฉพาะ ส่วนมากจะเป็นEpoxyถ้าเป็นรอยร้าวที่ลึกและแคบ ไม่สามารถจะสกัดได้หมด ก็อาจใช้วิธีอัดวัสดุที่ ใช้ยาเหล่านี้ด้วยความดัน ซึ่งสามารถจะแทรกซึมเข้าไปอัดเต็มช่องว่างของรอยร้าวได้อย่างทั่วถึง

ในการอุดรอยร้าวโดยทั่วไป จะต้องสกัดรอยร้าวให้กว้างขึ้นและลึกพอควร ถ้าสามารถทำได้ ควรสกัดจนสุดความลึกของรอยร้าวและร่องที่สกัดควรตัดฉากลงไปหรือสกัดให้ด้านในผายออกเล็กน้อย ทั้งนี้เพื่อที่จะอัดวัสดุอุดรอยร้าวได้แน่นเต็มที่ การสกัดควรทำด้วยความระมัดระวัง ให้กระทบ กระเทือนต่อองค์อาคารนั้นๆและข้างเคียงให้น้อยที่สุด การซ่อมวิธีอื่นก็มี เช่น ใช้หมุดเหล็กรูปตัวยู ตอกคร่อมรอยร้าวให้หมุดตั้งฉากกับแนวรอยร้าว และตำแหน่งหมุดแต่ละตัวให้เอียงกัน วิธีนี้มักใช้ กับผนังก่ออิฐ

บรรณานุกรม

- ศิริเขต ราชธา . การกำหนดระดับหมวดหลักฐานแบบครบวงจร . คู่มืองานรังวัดสำรวจเบื้องต้น มหาวิทยาลัยขอนแก่น , หน้า 45 – 49
- จิรพัฒน์ โชติกไกร, ประทีป ดวงเดือน และวรากร ไม้เรียง . 2525 ปฏิภนศาสตร์ ทฤษฎีและปฏิบัติ การ . ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, หน้า 21-45
- ชชาติศย์ วัฒนวิทย์กิจ . 2539 คุณสมบัติของคอนกรีตที่แข็งแล้ว . เอกสารการสอนวัสดุก่อสร้าง มหาวิทยาลัยขอนแก่น, หน้า 85 – 88
- ชัยสวัสดิ์ ศรีรัตนรัฐ . 2539 Crack Repair . เอกสารประกอบการสัมมนา Repair and Rehabilitation of Reinforced Concrete Structures (1) , หน้า 40 – 56
- นิพนธ์ สุวรรณสุขโรจน์ และประเสริฐ คำรงค์ชัย . 2537 การวางแผนการก่อสร้าง .การจัดการงานก่อสร้าง คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น, หน้า 3-1 ถึง 3-5
- บริษัท คอสโม เทคโนโลยีคอล คอนซัลแตนท์ จำกัด, รายงานการเจาะสำรวจดินโครงการอาคารสูง 4 ชั้น ถนนรัตนวิเศษ แคลาย นนทบุรี, รายงานนำเสนอต่อห้างสรรพสินค้านิวเวิลด์
- บริษัท ที่ปรึกษาไทยกรุ๊ป จำกัด และบริษัทนชนันแนล เอ็นจิเนียริง คอนซัลแตนท์ จำกัด, รายละเอียดประกอบแบบก่อสร้าง เถม 1 งานสถาปัตยกรรมและโครงสร้าง ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี อ.เมือง จ.นครราชสีมา
- บุญไชย สถิตย์มั่นในธรรม. การซ่อมแซม บำบัด และเสริมกำลังของโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก เอกสารประกอบการวิจัย คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, หน้า 73 – 78
- มีชัย เอื้อรุ่งเรือง, ศิริชัย ห่วงจริง และ สุรชาติ สืบวัฒนพงษ์กุล. 2536 การศึกษาการวิบัติของอาคารใน มหาวิทยาลัยขอนแก่น . รายงานการวิจัย วิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต มหาวิทยาลัยขอนแก่น, 102 หน้า
- ยรรยง ทรัพย์สุขอำนวย . 2537 การทำระดับ . การสำรวจเพื่อการก่อสร้าง, หน้า 59 –61
- วินิต ช่อวิเชียร และสนั่น เจริญเผ่า . 2537 การออกแบบทฤษฎีอิฐลาด. คอนกรีตเสริมเหล็ก, หน้า 22 – 28
- สถาพร คูวิจิตจาร์ . 2540 การทดสอบดินในห้องปฏิบัติการ. คู่มือการทดสอบดิน, หน้า 49 –81 และ หน้า 127 – 167
- สถาพร คูวิจิตจาร์ . 2541 การบดอัดดิน,ปรับปรุงดินและน้ำใต้ดิน. ปฏิภนศาสตร์, หน้า 5-41 ถึง 5-44 และ 6-3 ถึง 6-46
- สถาพร คูวิจิตจาร์. 2539 การทดสอบการเจาะทะลวงแบบมาตรฐาน (SPT) . การเจาะสำรวจและทดสอบดินในสนาม , หน้า 7 – 45

- อรุณ ชัยเสรี, การวิบัติของอาคาร สาเหตุและการแก้ไข, พิมพ์ครั้งที่ 2, วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย, 2534
- เอกสิทธิ์ ลิ้มสุวรรณ . 2539 Theoretical Background on Repairing Works . เอกสารประกอบการสัมมนา Repair and Rehabilitation of Reinforced Concrete Structures (1), หน้า 1 – 14
- Geoff Mays. 1992. Durability of Concrete Structures Investigation, Repair, Protection , 1st edition , Chapman & Hall , London
- Philip S. Perkin. 1986. Repair Protection and Water Proofing of Concrete Structures, Chapman & Hall, London

ภาคผนวก
ข้อมูลการทดสอบในสนาม

ตารางผนวก ก. ข้อมูลทดสอบการรับน้ำหนักของดินอาคารเครื่องมือ 5

ห้องปฏิบัติการปฐพีกลศาสตร์

ศูนย์เครื่องมือวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

การทดลองความสามารถการรับน้ำหนักบรรทุกได้ของดิน PLATE BEARING TEST

โครงการ : Special Problem in Civil Engineer วันรับตัวอย่าง : 2 เมษายน 2542

สถานที่ : อาคารเครื่องมือ 5 วันทดสอบ : 2 เมษายน 2542

หลุมทดสอบที่ : 1 ลึก 1.50 เมตร ผู้ตรวจสอบ : วิสิฐศักดิ์, สุเทพ, สุรสิทธิ์, วิชา, สิทธิกร

มาตรฐาน : ASTM D 1194-94

Plate Diameter : 30 cm.

Hydraulic Jack: POWER TEAM 25 tons No. C256C

Dead Weight : 32.09 kg.

Load Gauge : 3.5 tons

Load Increment No.	Load			Elapsed Time		Settlement			
	Load Gauge (lbf)	Force (kg)	Soil Press (t/m^2)	Time	(min)	Dial Reading (0.01 mm.)			
						Dial 1	Dial 2	Dial 3	Dial avg.(2,3)
1	542	636	9	16.54	0	0	1	2.5	1.75
				16.56	2	0	1	2.5	1.75
				16.59	5	0	1	3.5	2.25
				17.04	10	0	1	3.5	2.25
				17.14	20	1	3	5	4
				17.24	30	1	3	5	4
2	904	1060	15	17.25	0	1	12	13.5	12.75
				17.27	2	1	13	14	13.25
				17.30	5	1	14	14	14
				17.35	10	1	14	14	14
				17.45	20	1	14	14	14
3	1265	1484	21	17.46	0	2	31.5	27	29.25
				17.48	2	2	34	28	31
				17.51	5	2	35.5	28	31.75
				17.56	10	2	37	28	32.5
				18.06	20	2	37	28	32.5
4	1627	1908	27	18.07	0	8	49	39	44
				18.09	2	8	53	40	46.5
				18.12	5	8	54	40	47
				18.17	10	8	55	40	47.5
				18.22	15	8	55	40	47.5

Load Increment No.	Load			Elapsed Time		Settlement			
	Load Gauge (lbf)	Force (kg)	Soil Press (t/m ²)	Time	(min)	Dial Reading (0.01 mm.)			
						Dial 1	Dial 2	Dial 3	Dial avg.(2,3)
5	1988	2332	33	18.23	0	14	65	50	57.5
				18.25	2	16	69	52	60.5
				18.28	5	17	73	54	63.5
				18.33	10	17	73	54	63.5
				18.38	15	17	73	54	63.5
6	2350	3756	39	18.39	0	28	85	65	75
				18.41	2	28	88	67	77.5
				18.44	5	29	88	67	77.5
				18.49	10	30	90	68	79
				18.54	15	30	90	68	79
7	3695	4334	45	18.55	0	-10	101	105	103
				18.57	2	-5	102	106	104
				19.00	5	-3	102	107	104.5
				19.05	10	0	103	109	106
				19.10	15	0	103	109	106

ตารางผนวก ข. ข้อมูลการทดสอบการรับน้ำหนักของดินอาคารบริการ 7-9

ห้องปฏิบัติการปฐพีกลศาสตร์

ศูนย์เครื่องมือวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

การทดสอบความสามารถการรับน้ำหนักบรรทุกได้ของดิน (PLATE BEARING TEST)

โครงการ : Special Problem in Civil Engineering วันรับตัวอย่าง : 5 มีนาคม 2542

สถานที่ : อาคารบริการ 7-9 วันทดสอบ : 5 มีนาคม 2542

หลุมทดสอบที่ : 1 ลึก 1.50 เมตร ผู้ตรวจสอบ : วิจิรัฐศักดิ์, สุเทพ, สุรสิทธิ์, วิชา, สิทธิ

มาตรฐาน : ASTM D 1194-94

Plate Diameter : 30 cm.

Hydraulic Jack: POWER TEAM 25 tons No.C256

Dead Weight : 32.09 kg.

Load Gauge : 3.5 tons

Load Increment No.	Load			Elapsed Time		Settlement			
	Load Gauge (lbf)	Force (kg)	Soil Press. (t/m^2)	Time	(min)	Dial Reading (0.01 mm.)			
						Dial 1	Dial 2	Dial 3	Dial avg.(1,3)
1	361.5	424	6	15.03	0	8	5	9	8.5
				15.05	2	11	7	11	11
				15.08	5	12	7	12	12
				15.13	10	14	8	12	13
				15.23	20	14	9	12	13
				15.33	30	17	9	12	14.5
				15.43	40	17	9	12	14.5
2	542	636	9	15.45	0	37	15	30	33.5
				15.47	2	40	17	31	35.5
				15.50	5	48	18	37	42.5
				15.55	10	48	18	37	42.5
				16.05	20	48	18	37	42.5
3	723	848	12	16.06	0	64	23	56	60
				16.08	2	68	25	57	62.5
				16.11	5	70	26	59	64.5
				16.16	10	73	26	63	68
				16.26	20	75	27	65	70
				16.36	30	77	28	66	71.5
				16.46	40	77	28	66	71.5

Load Increment No.	Load			Elapsed Time		Settlement			
	Load Gauge (lbf)	Force (kg)	Soil Press. (t/m^2)	Time	(min)	Dial Reading (0.01 mm.)			
						Dial 1	Dial 2	Dial 3	Dial avg.(1,3)
4	904	1060	15	16.48	0	93	33	81	87
				16.50	2	98	34	85	91.5
				16.53	5	101	35	88	94.5
				16.58	10	102	36	89	95.5
				17.08	20	106	37	92	99
				17.18	30	106	37	92	99
5	1085	1272	18	17.19	0	120	42	106	113
				17.21	2	125	43	111	118
				17.24	5	129	44	113	121
				17.29	10	132	45	116	124
				17.39	20	135	46	117	126
				17.49	30	137	46	120	128.5
6	1265	1484	21	18.10	0	151	51	136	143.5
				18.12	2	154	52	139	146.5
				18.15	5	157	53	141	149
				18.20	10	160	54	144	152
				18.30	20	164	55	147	155.5
				18.40	30	164	55	147	155.5
7	1446	1696	24	18.42	0	172	59	158	165
				18.44	2	177	60	163	170
				18.47	5	182	61	166	174
				18.52	10	185	62	169	177
				19.02	20	188	63	173	180.5
				19.12	30	192	65	175	183.5
				19.22	40	192	65	175	183.5

Load Increment No.	Load			Elapased Time		Settlement			
	Load Gauge (lbf)	Force (kg)	Soil Press. (t/m ²)	Time	(min)	Dial Reading (0.01 mm.)			
						Dial 1	Dial 2	Dial 3	Dial avg.(1,3)
8	1627	1908	27	19.28	0	198	68	183	190.5
				19.30	2	204	69	187	195.5
				19.33	5	207	69	189	198
				19.43	10	210	70	192	201
				19.53	20	212	71	193	202.5
				20.03	30	216	72	193	204.5
				20.13	40	219	73	193	206
9	1808	2120	30	20.14	0	226	75	211	218.5
				20.16	2	228	77	216	222
				20.19	5	230	78	220	225
				20.24	10	237	79	223	230
				20.34	20	239	80	229	234
				20.44	30	244	81	232	238
				20.54	40	245	83	238	241.5
21.04	50	245	83	239	242				
10 (Rebound)	0	0	0	21.10	0	200	67	190	195
				21.12	2	181	50	164	172.5
				21.15	5	171	46	158	164.5
				21.25	10	164	44	152	158
				21.35	20	153	40	140	146.5

ประวัติผู้วิจัย**นาย ธีรวัฒน์ สิ้นศิริ**

Mr.Theerawat Sinsiri M.eng.(Str.eng)

*AGE : Twenty-nine years***EDUCATION**

Master in Structural Engineering (1995), Khonkaen University, Khonkaen, Thailand

B.Eng. in Civil Engineering (1992), Khonkaen University, Khonkaen, Thailand

ACADEMIC AND PROFESSIONAL BACKGROUNDS

-1998 to present : Lecturer in the Suranaree University of Technology

111 University Avenue. Maung Distric. Nakhon Ratchasima 30000

-1997-1998: Structural Engineering, Ceda Co.,Ltd. Bangkok

-1996-1997: Structural Engineering, Quality Team Consultant Co.,Ltd. Bangkok

-1995-1996: Site Engineering ,KKU. Group Co.,Ltd. Khonkaen.

-1994-1995: Site Engineering ,Navagit Civil Design Co.,Ltd. Khonkaen.

TECHICAL REPORTS AND PUBLICATION

- 1.Theerawat Sinsiri,1995, study of compressive strength of roller compacted concrete containing rice hush ash and fly ash,Khonkaen University ,Thailand.