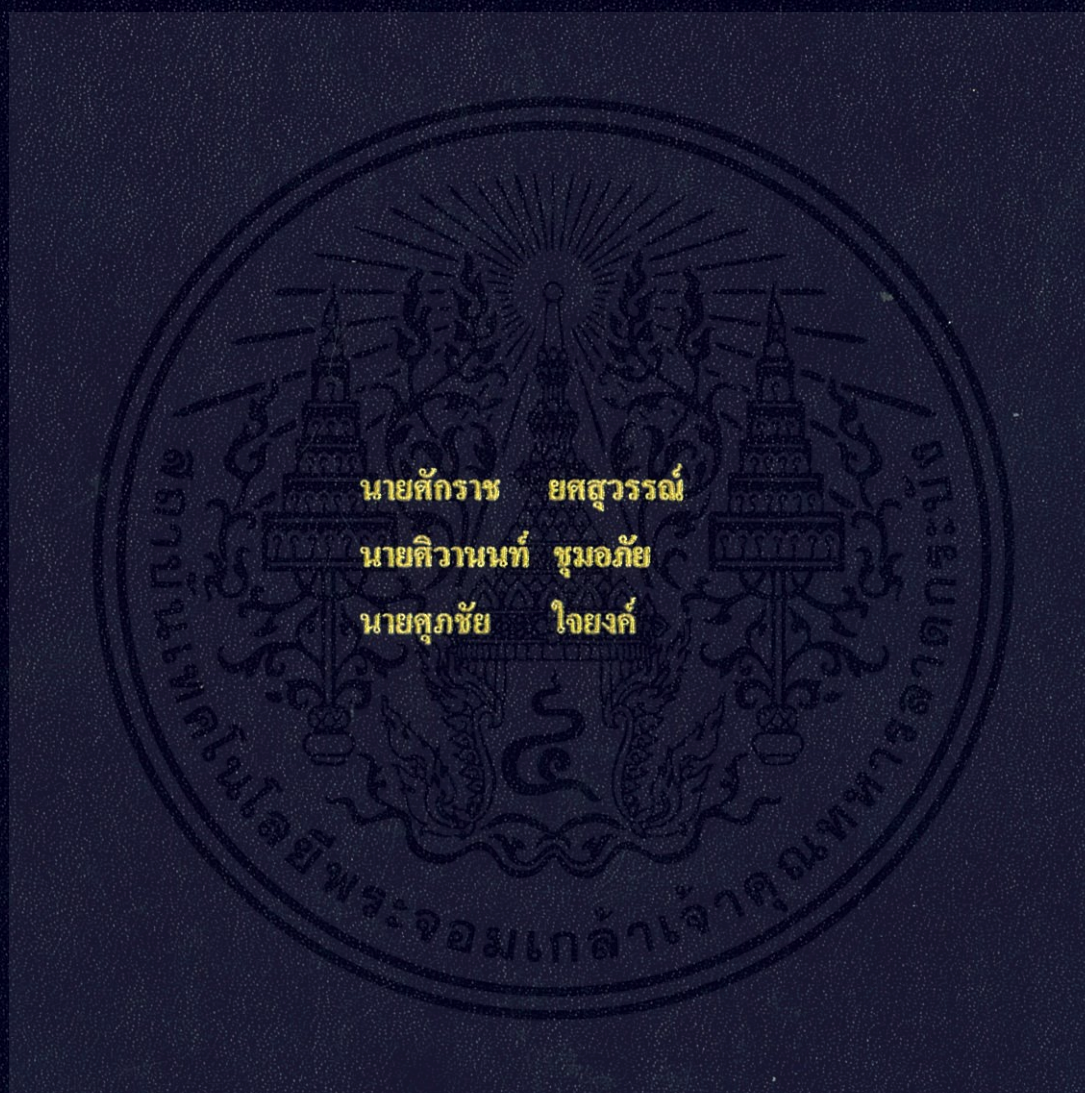


การศึกษาระบบกำแพงกันดินในชั้นทรายด้วยแบบจำลอง
A STUDY PHYSICAL MODELING OF RETAINING WALL
SYSTEM IN SANDBED



นายศักราช ยศสุวรรณ

นายคิวนนท์ ชุมอภัย

นายคุณชัย ไชยงค์

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาคามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2557

การศึกษาระบบกำแพงกันดินในชั้นทรายด้วยแบบจำลอง
A STUDY PHYSICAL MODELING OF RETAINING WALL
SYSTEM IN SANDBED



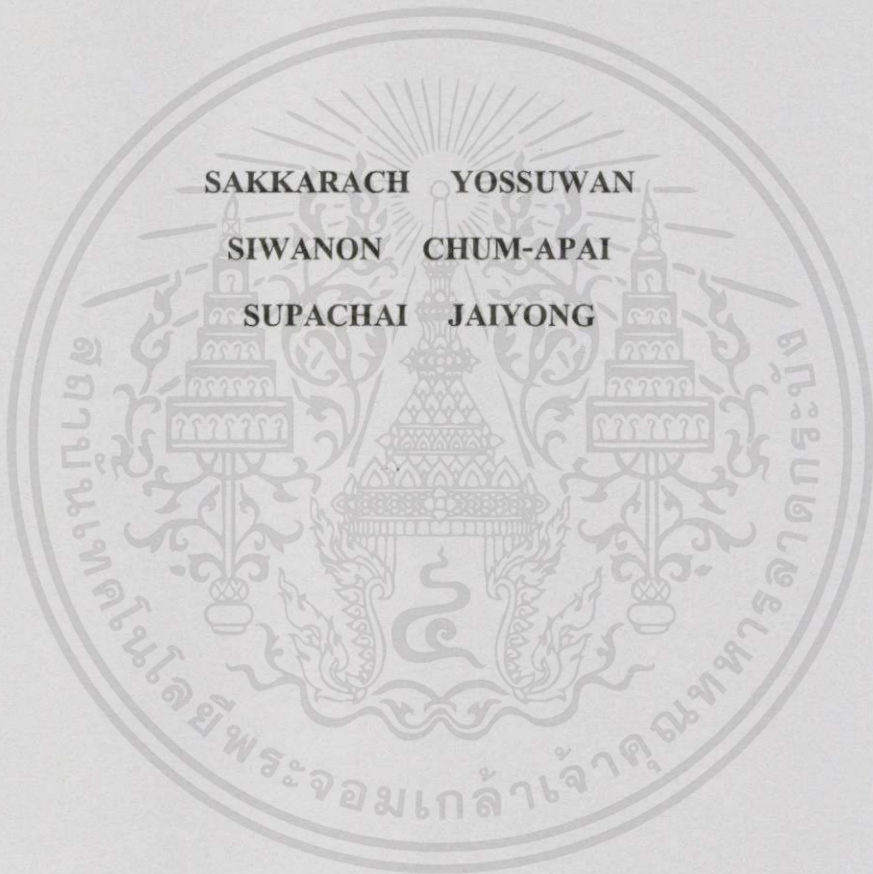
ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อี-สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ครั้งที่มีการนำไปใช้

ปีการศึกษา 2557

**A STUDY PHYSICAL MODELING OF RETAINING WALL
SYSTEM IN SANDBED**



**A SPECIAL PROJECT SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT
OF THE REQUIREMENTS FOR THE DEGREE
BACHELOR OF CIVIL ENGINEERING**

DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING, FACULTY OF ENGINEERING

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

2014

ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ใบรับรองโครงการพิเศษ

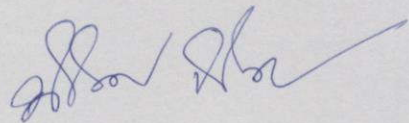
หัวข้อโครงการพิเศษ การศึกษาระบบกำแพงกันดินในชั้นทรายด้วยแบบจำลอง

A STUDY PHYSICAL MODELING OF RETAINING WALL SYSTEM
IN SANDBED

นักศึกษา	นายศักราช	ยศสุวรรณ	รหัสประจำตัว	54011264
	นายศิวานนท์	ชุมอภัย	รหัสประจำตัว	54011281
	นายศุภชัย	ใจงศ์	รหัสประจำตัว	54011285
หลักสูตร	วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต		สาขาวิชา	วิศวกรรมโยธา
ภาควิชา	วิศวกรรมโยธา			
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผศ.ดร.ธนาคล	คงสมบูรณ์		

คณะกรรมการสอบโครงการพิเศษ		ลายมือชื่อ	
ผศ.ดร.ธนาคล	คงสมบูรณ์		
รศ.สุพจน์	ศรีนิล		
ผศ.สมเกียรติ	ขวัญฤกษ์		
อ.อุบะ	ศิริแก้ว		

ภาควิชาวิศวกรรมโยธารับรองแล้ว



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาค้นคว้าเท่านั้น (ผศ.ดร.นันทวัฒน์ จรัสโรจน์ธนเดช)
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอยู่ภายใต้การควบคุมของภาควิชาวิศวกรรมโยธา
 วันที่ 25 เดือน พ.ค. พ.ศ. 2558

การศึกษาระบบกำแพงกันดินในชั้นทรายด้วยแบบจำลอง

นายศักราช	ยศสุวรรณธุ์	54011264
นายศิวานนท์	ชุมอภัย	54011281
นายสุภชัย	ใจยงค์	54011285
ผศ.ดร.ชนาคล	กงสมบุรณ์	อาจารย์ที่ปรึกษา

ปีการศึกษา 2557

บทคัดย่อ

วิธีการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดินมีหลายวิธี เช่น การเพิ่มความแข็งแรงของกำแพงกันดิน การตอกเสาเข็มแบบปูพรมเสาเข็มเพื่อช่วยกระจายแรงดันดินจากด้านข้างไปสู่แนวตั้ง รวมทั้งผลของการเพิ่มระยะฝังโครงสร้างกันดิน ทั้งนี้เพื่อที่จะได้โครงสร้างกันดินที่มีประสิทธิภาพ จึงได้ทำการศึกษาพฤติกรรมการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดิน และการพิบัติของดินบริเวณรอบข้างโครงสร้างกันดิน ด้วยแบบจำลองทางกายภาพ ความสัมพันธ์ระหว่างระยะฝังโครงสร้างกันดินกับความสูงชั้นทรายถมที่มีผลต่อการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดิน ซึ่งแต่ละวิธีมีประสิทธิภาพในการลดการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดินที่แตกต่างกันไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

A STUDY PHYSICAL MODELING OF RETAINING WALL SYSTEM IN SANDBED

Mr.Sakkarach	Yossuwan	54011264
Mr.Siwanon	Chum-Apai	54011281
Mr.Supachai	Jaiyong	54011285
Asst.Prof.Dr.Thanadol	Kongsomboon	Advisor

Academic Year 2014

ABSTRACT

There are several process to reduce retaining soil structures displacement. For example, increasing stiffness of the retaining soil structures, to use relieving platform for divide the lateral earth pressure to the vertical force. And increasing embedding length of the retaining soil structures. Therefore, method to select an efficiency retaining soil structures. The study behavior wall displacement of retaining soil structures and failure zone of soil around of the retaining soil structures by the physical model. Relationship between embedding length of retaining soil structures and height of backfill soil affect to wall displacement. Which each process have efficiency reduce wall displacement of the retaining soil structures are different.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญาานิพนธ์ฉบับนี้เป็นการศึกษาแบบจำลองกำแพงกันดิน เพื่อเปรียบเทียบพฤติกรรม การเคลื่อนตัว ชนิดกำแพง รวมไปถึงลักษณะการวิบัติของกำแพง ซึ่งไม่สามารถสำเร็จได้หากไม่ได้รับความอนุเคราะห์ ตลอดจนการให้คำแนะนำที่เป็นประโยชน์

บุคคลแรกที่เป็นส่วนสำคัญที่ทำให้ปริญญาานิพนธ์นี้สำเร็จลงคือ ผศ.ดร.ชนาคล คงสมบูรณ์ ซึ่งเป็นที่ปรึกษาปริญญาานิพนธ์ฉบับนี้ ที่ให้คำแนะนำ ช่วยเหลือตลอดจนสั่งสอนตักเตือนทั้งด้าน เนื้อหาความรู้ในทางทฤษฎีและการลงมือปฏิบัติ และขอขอบคุณผู้ที่เกี่ยวข้องทุกภาคส่วนใน ภาควิชาวิศวกรรมโยธา ที่ให้ร่างกายและแรงใจอุทิศเวลาอันมีค่า เพื่อช่วยเหลือการวิจัยในปริญญา นิพนธ์ให้สำเร็จลุล่วง

ท้ายสุดนี้ทางคณะผู้จัดทำหวังเป็นอย่างยิ่งว่า ปริญญาานิพนธ์ฉบับนี้จะให้ความรู้แก่ผู้ที่สนใจ นำไปศึกษาไม่มากนักน้อย คุณความดีของปริญญาานิพนธ์ฉบับนี้ ขอมอบแด่คุณบิดา มารดา กรูบา อาจารย์ ที่ทุกท่านได้ทำให้คณะผู้จัดทำ ได้ประสบผลสำเร็จตลอดจนทุกวันนี้

ศักราช	ยศสุวรรณ
ศิวานนท์	ชุมอกัย
ศุภชัย	ใจยงค์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	II
สารบัญ.....	IV
สารบัญตาราง.....	VI
สารบัญรูป.....	IX
บทที่ 1 บทนำ.....	1
ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
วัตถุประสงค์.....	1
1.3 ขอบเขตการศึกษา.....	1
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	2
บทที่ 2 เอกสารที่เกี่ยวข้อง.....	3
2.1 แรงดันดินด้านข้าง (Lateral Earth Pressure).....	3
2.2 โครงสร้างกันดิน (Retaining Structure).....	11
2.3 เทคนิคการเพิ่มประสิทธิภาพ โครงสร้างกันดิน.....	22
2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	28
บทที่ 3 วิธีการดำเนินการวิจัย.....	31
3.1 บทนำ.....	31
3.2 คุณสมบัติของดินตัวอย่างในแบบจำลอง.....	32
3.3 แบบจำลองที่ใช้ในการศึกษา.....	37
3.4 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย.....	40
3.5 ขั้นตอนการวิเคราะห์และเปรียบเทียบข้อมูล.....	44
บทที่ 4 วิธีการศึกษา.....	51
4.1 บทนำ.....	51

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ

สารบัญ(ต่อ)

	หน้า
4.2 ผลการทดสอบคุณสมบัติของทรายที่ใช้ในการศึกษา.....	51
4.3 ผลการศึกษาจากแบบจำลอง.....	53
4.4 ผลการเปรียบเทียบของผลการทดสอบแบบจำลอง.....	58
4.5 เปรียบเทียบพื้นที่ของดินที่มีอิทธิพลต่อการพิบัติ.....	62
4.6 เปรียบเทียบประสิทธิภาพของแต่ละรูปแบบ โดยใช้กราฟการเพิ่มของการเคลื่อนตัว และความสูงของดินถมเป็นเปอร์เซ็นต์.....	63
4.7 วิเคราะห์ผลการทดลอง.....	72
บทที่ 5 สรุปผลการทดลอง.....	78
5.1 บทนำ.....	78
5.2 สรุปผลการทดลอง.....	87
5.3 ข้อเสนอแนะ.....	88
เอกสารอ้างอิง.....	89
ภาคผนวก ก.....	90
ภาคผนวก ข.....	92
ภาคผนวก ค.....	96
ภาคผนวก ง.....	113
ภาคผนวก จ.....	124

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ภาคผนวก ฉ..... 134
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตาราง	หน้า
2.1 อัตราส่วนปลอดภัยที่ใช้ในการวิเคราะห์เสถียรภาพของกำแพงกันดินควรมีน้อยกว่าค่าที่แสดง.....	19
3.1 ขนาดของแบบจำลองโครงสร้างกันดิน.....	40
3.2 การหาจุดพิบัติของโครงสร้างกันดิน.....	46
4.1 ข้อมูลขนาดคละและชนิดของเม็ดดิน.....	51
4.2 ข้อมูลมุมเสียดทานภายในของทราย.....	52
4.3 ข้อมูลความถ่วงจำเพาะของทราย.....	52
4.4 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยพื้นที่การวิบัติของ โครงสร้างกันดินแบบ single wall และ relieving wall ระยะฝัง 2 เซนติเมตร.....	62
4.5 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยพื้นที่การวิบัติของ โครงสร้างกันดินแบบ single wall และ relieving wall ระยะฝัง 4 เซนติเมตร.....	62
4.6 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยพื้นที่การวิบัติของ โครงสร้างกันดินแบบ single wall และ relieving wall ระยะฝัง 6 เซนติเมตร.....	63
4.7 ค่าจุดวิบัติของแบบจำลอง โครงสร้างกันที่ได้จากการวิเคราะห์.....	68
4.8 ผลการทดลองจาก โครงสร้างกันดินแบบ single wall ที่ระยะฝังแตกต่างกัน.....	73
4.9 ผลการเปรียบเทียบพื้นที่การพิบัติที่ลดลง.....	80
ค.1 ผลการทดลองระยะการเคลื่อนตัวของ โครงสร้างกันดินแบบ single wall ระยะฝัง 2 เซนติเมตร.....	97
ค.2 ผลการทดลองระยะการเคลื่อนตัวของ โครงสร้างกันดินแบบ single wall ระยะฝัง 4 เซนติเมตร.....	98
ค.3 ผลการทดลองระยะการเคลื่อนตัวของ โครงสร้างกันดินแบบ single wall ระยะฝัง 6 เซนติเมตร.....	100
ค.4 ผลการทดลองระยะการเคลื่อนตัวของ โครงสร้างกันดินแบบ buttress wall ระยะฝัง 2 เซนติเมตร.....	102
ค.5 ผลการทดลองระยะการเคลื่อนตัวของ โครงสร้างกันดินแบบ buttress wall ระยะฝัง 4 เซนติเมตร.....	104

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง(ต่อ)

ตาราง	หน้า
ก.6 ผลการทดลองระยะการเคลื่อนตัวของ โครงสร้างกันดินแบบ buttress wall ระยะฝัง 6 เซนติเมตร.....	106
ก.7 ผลการทดลองระยะการเคลื่อนตัว โครงสร้างกันดินแบบ relieving platform ระยะฝัง 2 เซนติเมตร.....	108
ก.8 ผลการทดลองระยะการเคลื่อนตัว โครงสร้างกันดินแบบ relieving platform ระยะฝัง 4 เซนติเมตร.....	109
ก.9 ผลการทดลองระยะการเคลื่อนตัว โครงสร้างกันดินแบบ relieving platform ระยะฝัง 6 เซนติเมตร.....	111
จ.1 การเปรียบเทียบพื้นที่การวิบัติของ โครงสร้างกันดินแบบ single wall ระยะฝัง 2 เซนติเมตร.....	125
จ.2 การเปรียบเทียบพื้นที่การวิบัติของ โครงสร้างกันดินแบบ single wall ระยะฝัง 4 เซนติเมตร.....	126
จ.3 การเปรียบเทียบพื้นที่การวิบัติของ โครงสร้างกันดินแบบ single wall ระยะฝัง 6 เซนติเมตร.....	127
จ.4 การเปรียบเทียบพื้นที่การวิบัติของ โครงสร้างกันดินแบบ buttress wall ระยะฝัง 2 เซนติเมตร.....	128
จ.5 การเปรียบเทียบพื้นที่การวิบัติของ โครงสร้างกันดินแบบ buttress wall ระยะฝัง 4 เซนติเมตร.....	129
จ.6 การเปรียบเทียบพื้นที่การวิบัติของ โครงสร้างกันดินแบบ buttress wall ระยะฝัง 6 เซนติเมตร.....	130
จ.7 การเปรียบเทียบพื้นที่การวิบัติของ โครงสร้างกันดินแบบ relieving platform ระยะฝัง 2 เซนติเมตร.....	131
จ.8 การเปรียบเทียบพื้นที่การวิบัติของ โครงสร้างกันดินแบบ relieving platform ระยะฝัง 4 เซนติเมตร.....	132
จ.9 การเปรียบเทียบพื้นที่การวิบัติของ โครงสร้างกันดินแบบ relieving platform ระยะฝัง 6 เซนติเมตร.....	133

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง(ต่อ)

ตาราง	หน้า
ฉ.1 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของโครงสร้างกันดินแบบ single wall ระยะฝัง 2 เซนติเมตร โดยใช้กราฟการเพิ่มของการเคลื่อนตัวและความสูงของดินถมเป็นเปอร์เซ็นต์.....	134
ฉ.2 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของโครงสร้างกันดินแบบ buttress wall ระยะฝัง 2 เซนติเมตร โดยใช้กราฟการเพิ่มของการเคลื่อนตัวและความสูงของดินถมเป็นเปอร์เซ็นต์.....	135
ฉ.3 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของโครงสร้างกันดินแบบ relieving platform ระยะฝัง 2 เซนติเมตร โดยใช้กราฟการเพิ่มของการเคลื่อนตัวและความสูงของดินถมเป็นเปอร์เซ็นต์.....	135
ฉ.4 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของโครงสร้างกันดินแบบ single wall ระยะฝัง 4 เซนติเมตร โดยใช้กราฟการเพิ่มของการเคลื่อนตัวและความสูงของดินถมเป็นเปอร์เซ็นต์.....	136
ฉ.5 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของโครงสร้างกันดินแบบ buttress wall ระยะฝัง 4 เซนติเมตร โดยใช้กราฟการเพิ่มของการเคลื่อนตัวและความสูงของดินถมเป็นเปอร์เซ็นต์.....	136
ฉ.6 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของโครงสร้างกันดินแบบ relieving platform ระยะฝัง 4 เซนติเมตร โดยใช้กราฟการเพิ่มของการเคลื่อนตัวและความสูงของดินถมเป็นเปอร์เซ็นต์.....	137
ฉ.7 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของโครงสร้างกันดินแบบ single wall ระยะฝัง 6 เซนติเมตร โดยใช้กราฟการเพิ่มของการเคลื่อนตัวและความสูงของดินถมเป็นเปอร์เซ็นต์.....	138
ฉ.8 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของโครงสร้างกันดินแบบ buttress wall ระยะฝัง 6 เซนติเมตร โดยใช้กราฟการเพิ่มของการเคลื่อนตัวและความสูงของดินถมเป็นเปอร์เซ็นต์.....	139
ฉ.9 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของโครงสร้างกันดินแบบ relieving platform ระยะฝัง 6 เซนติเมตร โดยใช้กราฟการเพิ่มของการเคลื่อนตัวและความสูงของดินถมเป็นเปอร์เซ็นต์.....	139

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้ในการศึกษาค้นคว้าเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ หากมีให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูป	หน้า
2.1 แรงความดันดินด้านข้าง.....	3
2.2 ความดันดินที่ความลึก z	4
2.3 การกระจายความดันดินที่สภาวะอยู่นิ่งและความดันน้ำ.....	4
2.4 ระนาบการวิบัติที่ถูกสมมติขึ้นตามทฤษฎีของ Rankine.....	6
2.5 ความดันดินด้านข้างทฤษฎี Rankine.....	6
2.6 วงกลมมอร์สสถานะของความเค้นประสิทธิผลที่ 3 สภาวะ.....	7
2.7 วงกลมมอร์สสถานะของความเค้นประสิทธิผลที่ 3 สภาวะ.....	8
2.8 แผนภูมิแรงดัน.....	9
2.9 แบบจำลองทฤษฎีของcoulomb.....	10
2.10 แบบการใช้งาน โครงสร้างกันดิน.....	11
2.11 กำแพงกันดิน Gravity Wall.....	12
2.12 กำแพงกันดิน Piling Wall.....	12
2.13 กำแพงกันดิน Cantilever Wall.....	13
2.14 กำแพงกันดิน Anchored Wall.....	13
2.15 กำแพงกันดินขาดเสถียรภาพ.....	14
2.16 แรงที่กระทำต่อกำแพงกันดิน.....	15
2.17 การพิบัติของกำแพงกันดิน.....	15
2.18 แรงดันที่กระทำเนื่องจากด้านpassive.....	17
2.19 แรงที่กระทำใต้ฐานกำแพงกันดิน.....	18
2.20 การขาดเสถียรภาพภายนอกของเข็มพืดที่ตั้งอยู่ในชั้นดินเหนียวอ่อน.....	20
2.21 ความดันดินด้านข้างที่กระทำต่อ Cantilever sheet pile wall.....	20
2.22 พฤติกรรมที่กระทำต่อเข็มพืด.....	21
2.23 การกระจายของการเสียรูปและโมเมนต์ของ Anchored sheet pile wall.....	21
2.24 แรงที่กระทำต่อเข็มพืดเมื่อหาโมเมนต์.....	22

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้ในการเรียนการสอนเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่าการตีพิมพ์ซ้ำ อื่นๆ ให้ผู้พิมพ์และผู้เผยแพร่เอกสาร และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป(ต่อ)

รูป	หน้า
2.25 Geotextiles.....	24
2.26 Geogrid.....	24
2.27 Geonet.....	24
2.28 Geomembrane.....	24
2.29 Geosynthetic clay liners(GCLs).....	25
2.30 Geofom.....	25
2.31 Geocell.....	25
2.32 Geocomposites.....	25
2.33 ส่วนประกอบของสมอยึด.....	27
2.34 ลักษณะของคานยึดหัวกำแพงกันดิน.....	28
2.35 แบบจำลองโครงสร้างกันดิน.....	28
2.36 แบบจำลองโครงสร้างกันดิน.....	29
3.1 อุปกรณ์ในการหาค่าความถ่วงจำเพาะของดิน.....	33
3.2 เครื่องมือในการหามุมเสียดทานภายในด้วยแรงเฉือนโดยตรง.....	36
3.3 เครื่องมือในการหามุมเสียดทานภายในด้วยแรงเฉือนโดยตรง.....	36
3.4 แบบจำลอง single wall.....	37
3.5 แบบจำลอง buttress wall.....	38
3.6 พื้นที่การพิบัติที่ลดลงเนื่องจาก relieving platform.....	38
3.7 แบบจำลอง relieving wall.....	39
3.8 กล้องแบบจำลองสแตนเลส ขนาด = 53×24×40 เซนติเมตร.....	39
3.9 อุปกรณ์ปล่อยทราย(sand dropper) Ø _{ภายใน} 7.1 เซนติเมตร, ยาว 24.5 เซนติเมตร, ปริมาตร 930.41 ลูกบาศก์เซนติเมตร.....	39
3.10 กล้องแบบจำลองสแตนเลส.....	41
3.11 แท่งอะลูมิเนียม.....	41

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น มิอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามเผยแพร่หรือดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป(ต่อ)

รูป	หน้า
3.12 แท่งอะลูมิเนียม เพื่อใช้เป็นแบบจำลองเสาเข็ม.....	41
3.13 ดินตัวอย่าง.....	41
3.14 อุปกรณ์วัดการเคลื่อนตัว(dial gauge)	41
3.15 อุปกรณ์ปล่อยทราย (sand dropper).....	41
3.16 เททรายตัวอย่างลงในแบบจำลอง).....	42
3.17 ติดตั้งโครงสร้างกันดินพร้อมปรับระดับ โครงสร้างให้ได้แนวตั้ง.....	42
3.18 ทำการติดตั้งอุปกรณ์วัดการเคลื่อนตัวของ โครงสร้าง.....	43
3.19 ปล่อยทรายลงในแบบจำลอง.....	43
3.20 ภาพแปลนแบบจำลองโครงสร้างกันดินแบบ buttress wall.....	43
3.21 ภาพตัดแบบจำลอง โครงสร้างกันดินแบบ buttress wall.....	43
3.22 แบบจำลอง โครงสร้างกันดินแบบ relieving wall ก่อนปูพรม.....	44
3.23 แบบจำลอง โครงสร้างกันดินแบบ relieving wall หลังปูพรมบนหัวเสาเข็ม.....	44
3.24 ความสัมพันธ์ระหว่างความสูงของดินที่เพิ่มขึ้นกับการเคลื่อนตัวของ โครงสร้างกันดิน.....	45
3.25 โครงสร้างกันดินแบบ single wall.....	47
3.26 โครงสร้างกันดินแบบ buttress wall.....	47
3.27 การเปรียบเทียบพื้นที่การพิบัติ.....	49
3.28 การคำนวณเนื่องจากกระนาบการพิบัติ.....	49
3.29 ความสัมพันธ์ระหว่างความสูงของดินที่เพิ่มขึ้นกับการเคลื่อนตัวของ โครงสร้างกันดินแล้ว..	50
4.1 แบบจำลอง single wall.....	53
4.2 แบบจำลอง buttress wall.....	53
4.3 แบบจำลอง relieving wall.....	54
4.4 พื้นที่การพิบัติที่ลดลงเนื่องจาก relieving platform.....	54
4.5 ค่าความสัมพันธ์ระหว่างการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดินแบบ single wall กับความสูงดินถม ที่ระยะการฝัง 2 เซนติเมตร.....	54

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษารายงาน ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใด ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญญรูป(ต่อ)

รูป	หน้า
4.6 ค่าความสัมพันธ์ระหว่างการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดินแบบ single wall กับความสูงดินถม ที่ระยะการฝัง 4 เซนติเมตร.....	55
4.7 ค่าความสัมพันธ์ระหว่างการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดินแบบ single wall กับความสูงดินถม ที่ระยะการฝัง 6 เซนติเมตร.....	55
4.8 ค่าความสัมพันธ์ระหว่างการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดินแบบ buttress wall กับความสูงดินถม ที่ระยะการฝัง 2 เซนติเมตร.....	56
4.9 ค่าความสัมพันธ์ระหว่างการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดินแบบ buttress wall กับความสูงดินถม ที่ระยะการฝัง 4 เซนติเมตร.....	56
4.10 ค่าความสัมพันธ์ระหว่างการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดินแบบ buttress wall กับความสูงดินถม ที่ระยะการฝัง 6 เซนติเมตร.....	57
4.11 ค่าความสัมพันธ์ระหว่างการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดินแบบ relieving wall กับความสูงดินถม ที่ระยะการฝัง 2 เซนติเมตร.....	57
4.12 ความสัมพันธ์ระหว่างการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดินแบบ relieving wall กับความสูงดินถม ที่ระยะการฝัง 4 เซนติเมตร.....	58
4.13 ค่าความสัมพันธ์ระหว่างการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดินแบบ relieving wall กับความสูงดินถม ที่ระยะการฝัง 6 เซนติเมตร.....	58
4.14 ค่าการเคลื่อนตัวของ โครงสร้างกันดินแบบ single wall กับ โครงสร้างกันดินแบบ buttress wall.....	59
4.15 ค่าการเคลื่อนตัวของ โครงสร้างกันดินแบบ single wall กับ โครงสร้างกันดินแบบ relieving wall.....	59
4.16 ค่าการเคลื่อนตัวของ โครงสร้างกันดินแบบ single wall กับ โครงสร้างกันดินแบบ buttress wall.....	60
4.17 ค่าการเคลื่อนตัวของ โครงสร้างกันดินแบบ single wall กับ โครงสร้างกันดินแบบ relieving wall.....	60
4.18 ค่าการเคลื่อนตัวของ โครงสร้างกันดินแบบ single wall กับ โครงสร้างกันดินแบบ buttress wall.....	61
4.19 ค่าการเคลื่อนตัวของ โครงสร้างกันดินแบบ single wall กับ โครงสร้างกันดินแบบ relieving Wall.....	61

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่าการใดก็ตาม

สารบัญรูป(ต่อ)

รูป	หน้า
4.34 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของโครงสร้างกันดินแบบ single wall และโครงสร้างกันดินแบบ relieving wall ที่ระยะฝัง 6 เซนติเมตร.....	72
4.35 ค่าความสัมพันธ์ระหว่างการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดินแบบ single wall กับความสูงดินถมที่ระยะการฝัง 2 เซนติเมตร, 4 เซนติเมตร และ 6 เซนติเมตร.....	73
4.36 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของโครงสร้างกันดินแบบ single wall ที่ระยะฝังแตกต่างกัน...74	
4.37 การเปรียบเทียบค่าความสัมพันธ์ระหว่างการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดินและความสูงดินถมของแบบจำลอง single wall กับแบบจำลอง buttress wall ที่ระยะการฝัง 2 เซนติเมตร.....	75
4.38 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของโครงสร้างกันดินแบบ single wall และโครงสร้างกันดินแบบ buttress wall ที่ระยะฝัง 2 เซนติเมตร.....	76
4.39 การเปรียบเทียบค่าความสัมพันธ์ระหว่างการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดินและความสูงดินถมของแบบจำลอง single wall กับแบบจำลอง buttress wall ที่ระยะการฝัง 4 เซนติเมตร.....	77
4.40 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของโครงสร้างกันดินแบบ single wall และโครงสร้างกันดินแบบ buttress wall ที่ระยะฝัง 4 เซนติเมตร.....	77
4.41 การเปรียบเทียบค่าความสัมพันธ์ระหว่างการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดินและความสูงดินถม ของแบบจำลอง single wall กับแบบจำลอง buttress wall ที่ระยะการฝัง 6 เซนติเมตร.....	78
4.42 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของโครงสร้างกันดินแบบ single wall และโครงสร้างกันดินแบบ buttress wall ที่ระยะฝัง 6 เซนติเมตร.....	79
4.43 การเปรียบเทียบค่าความสัมพันธ์ระหว่างการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดินและความสูงดินถมของแบบจำลอง single wall กับแบบจำลอง relieving wall ที่ระยะการฝัง 2 เซนติเมตร.....	81
4.44 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของโครงสร้างกันดินแบบ single wall และโครงสร้างกันดินแบบ relieving wall ที่ระยะฝัง 4 เซนติเมตร.....	82
4.45 การเปรียบเทียบค่าความสัมพันธ์ระหว่างการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดินและความสูงดินถม ของแบบจำลอง single wall กับแบบจำลอง relieving wall ที่ระยะการฝัง 4 เซนติเมตร.....	83

สารบัญรูป(ต่อ)

รูป	หน้า
4.46 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของ โครงสร้างกันดินแบบ single wall และ โครงสร้างกันดินแบบ relieving wall ที่ระยะฝัง 4 เซนติเมตร.....	84
4.47 การเปรียบเทียบค่าความสัมพันธ์ระหว่างการเคลื่อนตัวของ โครงสร้างกันดินและความสูงดินถม ของแบบจำลอง single wall กับแบบจำลอง relieving wall ที่ระยะการฝัง เซนติเมตร.....	85
4.48 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของ โครงสร้างกันดินแบบ single wall และ โครงสร้างกันดินแบบ relieving wall ที่ระยะฝัง 6 เซนติเมตร.....	86
ข.1 มุมเสียดทานภายในของดินตัวอย่าง.....	92
ข.2 มุมเสียดทานภายในของดินตัวอย่าง.....	93
ข.3 ความถ่วงจำเพาะของดินตัวอย่าง.....	94
ข.4 ขนาดคละและชนิดของเม็ดดินตัวอย่าง.....	95
ง.1 การทดสอบ โครงสร้างกันดินแบบ single wall ที่ระยะการฝัง 2 เซนติเมตร ครั้งที่ 1.....	113
ง.2 การทดสอบ โครงสร้างกันดินแบบ single wall ที่ระยะการฝัง 2 เซนติเมตร ครั้งที่ 2.....	113
ง.3 การทดสอบ โครงสร้างกันดินแบบ single wall ที่ระยะการฝัง 2 เซนติเมตร ครั้งที่ 3.....	114
ง.4 การทดสอบ โครงสร้างกันดินแบบ single wall ที่ระยะการฝัง 4 เซนติเมตร ครั้งที่ 1.....	114
ง.5 การทดสอบ โครงสร้างกันดินแบบ Single Wall ที่ระยะการฝัง 4 เซนติเมตร ครั้งที่ 2.....	115
ง.6 การทดสอบ โครงสร้างกันดินแบบ single wall ที่ระยะการฝัง 4 เซนติเมตร ครั้งที่ 3.....	115
ง.7 การทดสอบ โครงสร้างกันดินแบบ single wall ที่ระยะการฝัง 6 เซนติเมตร ครั้งที่ 1.....	116
ง.8 การทดสอบ โครงสร้างกันดินแบบ single wall ที่ระยะการฝัง 6 เซนติเมตร ครั้งที่ 2.....	116
ง.9 การทดสอบ โครงสร้างกันดินแบบ single wall ที่ระยะการฝัง 6 เซนติเมตร ครั้งที่ 3.....	117
ง.10 การทดสอบ โครงสร้างกันดินแบบ buttress wall ที่ระยะการฝัง 2 เซนติเมตร ครั้งที่ 1.....	117
ง.11 การทดสอบ โครงสร้างกันดินแบบ buttress wall ที่ระยะการฝัง 2 เซนติเมตร ครั้งที่ 2.....	118
ง.12 การทดสอบ โครงสร้างกันดินแบบ buttress wall ที่ระยะการฝัง 4 เซนติเมตร ครั้งที่ 1.....	118
ง.13 การทดสอบ โครงสร้างกันดินแบบ buttress wall ที่ระยะการฝัง 4 เซนติเมตร ครั้งที่ 2.....	119
ง.14 การทดสอบ โครงสร้างกันดินแบบ buttress wall ที่ระยะการฝัง 6 เซนติเมตร ครั้งที่ 1.....	119
ง.15 การทดสอบ โครงสร้างกันดินแบบ buttress wall ที่ระยะการฝัง 6 เซนติเมตร ครั้งที่ 2.....	120
ง.16 การทดสอบ โครงสร้างกันดินแบบ relieving platform ที่ระยะการฝัง 2 เซนติเมตร ครั้งที่ 1.....	120
ง.17 การทดสอบ โครงสร้างกันดินแบบ relieving platform ที่ระยะการฝัง 2 เซนติเมตร ครั้งที่ 2.....	121

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับอาจารย์งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่จะนำไปใช้

สารบัญรูป(ต่อ)

รูป	หน้า
จ.18 การทดสอบโครงสร้างกันดินแบบ relieving platform ที่ระยะการฝัง4เซนติเมตร ครั้งที่1.....	121
จ.19 การทดสอบโครงสร้างกันดินแบบ relieving platform ที่ระยะการฝัง4เซนติเมตร ครั้งที่2.....	122
จ.20 การทดสอบโครงสร้างกันดินแบบ relieving platform ที่ระยะการฝัง6เซนติเมตร ครั้งที่1.....	122
จ.21 การทดสอบโครงสร้างกันดินแบบ relieving platform ที่ระยะการฝัง6เซนติเมตร ครั้งที่2.....	123
จ.1 พื้นที่ของดินที่มีอิทธิพลต่อการวิบัติของ โครงสร้างกันดินแบบ single wall ครั้งที่ 1.....	124
จ.2 พื้นที่ของดินที่มีอิทธิพลต่อการวิบัติของ โครงสร้างกันดินแบบ single wall ครั้งที่ 2.....	124
จ.3 พื้นที่ของดินที่มีอิทธิพลต่อการวิบัติของ โครงสร้างกันดินแบบ single wall ครั้งที่ 3.....	124
จ.4 พื้นที่ของดินที่มีอิทธิพลต่อการวิบัติของ โครงสร้างกันดินแบบ single wall ครั้งที่ 1.....	125
จ.5 พื้นที่ของดินที่มีอิทธิพลต่อการวิบัติของ โครงสร้างกันดินแบบ single wall ครั้งที่ 2.....	125
จ.6 พื้นที่ของดินที่มีอิทธิพลต่อการวิบัติของ โครงสร้างกันดินแบบ single wall ครั้งที่ 3.....	126
จ.7 พื้นที่ของดินที่มีอิทธิพลต่อการวิบัติของ โครงสร้างกันดินแบบ single wall ครั้งที่ 1.....	126
จ.8 พื้นที่ของดินที่มีอิทธิพลต่อการวิบัติของ โครงสร้างกันดินแบบ single wall ครั้งที่ 2.....	127
จ.9 พื้นที่ของดินที่มีอิทธิพลต่อการวิบัติของ โครงสร้างกันดินแบบ single wall ครั้งที่ 3.....	127
จ.10 พื้นที่ของดินที่มีอิทธิพลต่อการวิบัติของ โครงสร้างกันดินแบบ buttress wall ครั้งที่ 1.....	128
จ.11 พื้นที่ของดินที่มีอิทธิพลต่อการวิบัติของ โครงสร้างกันดินแบบ buttress wall ครั้งที่ 2.....	128
จ.12 พื้นที่ของดินที่มีอิทธิพลต่อการวิบัติของ โครงสร้างกันดินแบบ buttress wall ครั้งที่ 1.....	129
จ.13 พื้นที่ของดินที่มีอิทธิพลต่อการวิบัติของ โครงสร้างกันดินแบบ buttress wall ครั้งที่ 2.....	129
จ.14 พื้นที่ของดินที่มีอิทธิพลต่อการวิบัติของ โครงสร้างกันดินแบบ buttress wall ครั้งที่ 1.....	130
จ.15 พื้นที่ของดินที่มีอิทธิพลต่อการวิบัติของ โครงสร้างกันดินแบบ buttress wall ครั้งที่ 2.....	130
จ.16 พื้นที่ของดินที่มีอิทธิพลต่อการวิบัติของ โครงสร้างกันดินแบบrelieving platformครั้งที่ 1...	131
จ.17 พื้นที่ของดินที่มีอิทธิพลต่อการวิบัติของ โครงสร้างกันดินแบบrelieving platformครั้งที่ 2...	131
จ.18 พื้นที่ของดินที่มีอิทธิพลต่อการวิบัติของ โครงสร้างกันดินแบบrelieving platformครั้งที่ 1...	132
จ.19 พื้นที่ของดินที่มีอิทธิพลต่อการวิบัติของ โครงสร้างกันดินแบบrelieving platformครั้งที่ 2...	132
จ.20 พื้นที่ของดินที่มีอิทธิพลต่อการวิบัติของ โครงสร้างกันดินแบบrelieving platformครั้งที่ 1...	133
จ.21 พื้นที่ของดินที่มีอิทธิพลต่อการวิบัติของ โครงสร้างกันดินแบบrelieving platformครั้งที่ 2...	133

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อใช้ในการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้เพื่อวัตถุประสงค์ทางการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆก็ตาม อีกทั้งผู้รับให้คำปรึกษาขอสงวนสิทธิ์ในข้อมูลและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ในปัจจุบันการใช้แบบจำลองมีบทบาทสำคัญต่อการศึกษาทางวิศวกรรมธรณีเทคนิค ในการศึกษาและวิเคราะห์พฤติกรรม ซึ่งเป็นปัจจัยหนึ่งที่ใช้ในการออกแบบโครงสร้างกันดิน เนื่องจากการเคลื่อนตัว และการพิบัติของดินนั้น มีผลต่อการเคลื่อนตัวและพิบัติของโครงสร้างกันดิน ซึ่งเป็นปัญหาที่สำคัญ เนื่องจากดินเป็นวัสดุที่มีพฤติกรรมไม่แน่นอน การคำนวณเพื่อจะหาคำตอบว่าโครงสร้างกันดินจะมีการเคลื่อนตัวเท่าไรนั้นยังไม่สามารถคำนวณได้ผลที่แม่นยำ หรือยังไม่สามารถเข้าถึงถึงพฤติกรรมของการเคลื่อนตัว จึงต้องมีการติดตั้งเครื่องมือวัดการเคลื่อนตัวขณะทำการก่อสร้างและหลังจากก่อสร้าง การใช้แบบจำลองเพื่อศึกษาพฤติกรรมการพิบัติของดินจึงเป็นวิธีหนึ่ง ที่สามารถใช้วิเคราะห์ลักษณะการพิบัติของดินได้

การออกแบบให้ระบบป้องกันดินพังและให้ดินมีความมั่นคงคือ การลดการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดิน ซึ่งสามารถทำได้หลายวิธี เช่น การเพิ่มจำนวนเสาเข็ม การยึดโดยใช้สมอ การตอกเสาเข็มปูพรม เพื่อช่วยกระจายน้ำหนักจากด้านข้างไปสู่แนวตั้ง ซึ่งแต่ละวิธีมีประสิทธิภาพในการลดการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดินที่แตกต่างกัน งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาเชิงเปรียบเทียบการเคลื่อนตัวของกำแพงกันดิน ในรูปแบบระบบกันดินต่างๆ เพื่อให้เข้าใจถึงพฤติกรรมการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดินแต่ละรูปแบบ และประสิทธิภาพในการลดการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดิน เพื่อให้สามารถใช้เป็นข้อมูลในการวิเคราะห์และเลือกใช้รูปแบบที่มีความเหมาะสม

1.2 วัตถุประสงค์

- 1) ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างระยะฝังโครงสร้างกันดินกับความสูงชั้นทรายถม ที่มีผลต่อการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดิน
- 2) เพื่อศึกษาพฤติกรรมเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดิน และการพิบัติของดินบริเวณรอบข้างโครงสร้างกันดิน
- 3) เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการลดการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดินแต่ละรูปแบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.3 ขอบเขตการศึกษา

1) การศึกษาโดยใช้แบบจำลองขนาด 24x53x44 เซนติเมตร

2) ดินตัวอย่างเป็นทรายที่ผ่านการอบเพื่อกำจัดน้ำในเม็ดทรายและมีขนาดละเอียดอยู่ระหว่าง ตะแกรง เบอร์ 4 ถึง เบอร์ 200

2.1) ใช้วิธีร่อนผ่านตะแกรง (sieve analysis) หาขนาดละเอียดของทราย หาค่ามุมเสียดทาน ภายใน (ϕ) จากการทดสอบแรงเฉือนโดยตรง (direct shear test) และหาค่าความถ่วงจำเพาะของเม็ดทราย (specific gravity of soil)

2.2) ในการปล่อยทรายลงในแบบจำลองจะใช้อุปกรณ์ปล่อยทรายเพื่อให้ทรายตกอย่างอิสระและสม่ำเสมอตลอดหน้าตัด

1) ใช้แท่งอะลูมิเนียมเป็นแบบจำลอง โครงสร้างกันดินโดยอะลูมิเนียมมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 3/8 นิ้ว ยาว 30 เซนติเมตร

2) ใช้ dial gauge เป็นเครื่องมือวัดระยะการเคลื่อนตัวของ โครงสร้างกันดิน

3) ไม่ศึกษาผลของแรงค้ำน้ำ

4) ไม่ศึกษาการทรุดตัวของ โครงสร้างกันดินในแนวตั้ง

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1) เรียนรู้วิธีการสร้างแบบจำลองทางกายภาพ และการกำหนดตัวแปรที่มีผลต่อการเคลื่อนตัวของ โครงสร้างกันดิน

2) ได้ศึกษาและเข้าใจถึงพฤติกรรมของดิน ทฤษฎีแรงค้ำด้านข้าง และการพิบัติของ โครงสร้างกันได้

3) เข้าใจถึงรูปแบบ โครงสร้างกันดิน และวิธีการเสริมการรับแรงของ โครงสร้างกันดิน รวมทั้ง การลดแรงค้ำด้านข้าง

4) ฝึกฝนการวางแผนการทำงาน และการทำงานร่วมกันเป็นกลุ่ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

เอกสารที่เกี่ยวข้อง

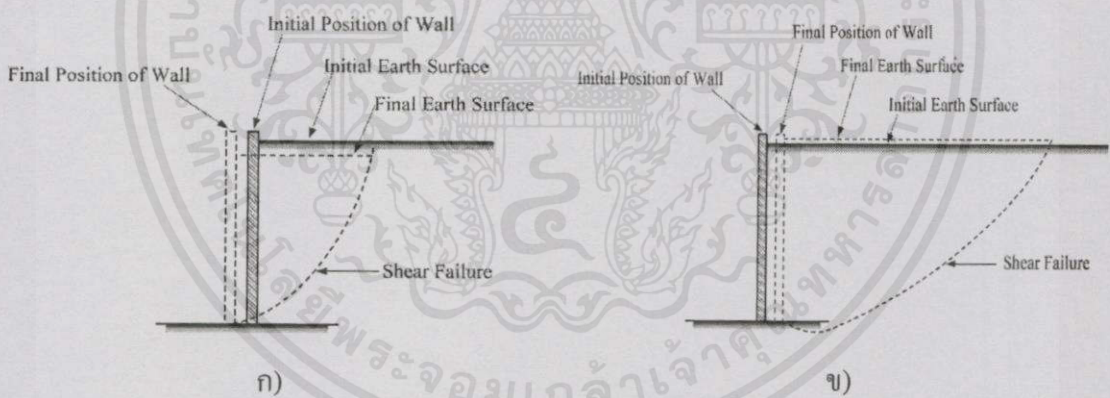
2.1 แรงดันดินด้านข้าง (Lateral Earth Pressure)

2.1.1 การวิเคราะห์และการหาค่าแรงดันด้านข้างของดิน

การวิเคราะห์และการหาค่าแรงดันด้านข้างของดินเป็นสิ่งจำเป็นสำหรับการออกแบบกำแพงกันดินที่รับแรงด้านข้างจากชั้นดิน เช่น ผนังชั้นใต้ดิน อ่างเก็บน้ำ เป็นต้น ดังนั้นขนาดและทิศทางของแรงดันด้านข้างเป็นข้อมูลที่จำเป็นสำหรับการใช้ออกแบบกำแพงกันดินหรือโครงสร้างกันดินต่างๆ ให้มีอัตราส่วนปลอดภัยมากเพียงพอ

ประเภทของแรงดันดินด้านข้างแบ่งออกได้ 3 ประเภท

- 1) ความดันดินที่สภาวะอยู่นิ่ง (at rest earth pressure)
- 2) ความดันดินที่สภาวะ active (active earth pressure)
- 3) ความดันดินที่สภาวะ passive (passive earth pressure)



รูป 2.1 แรงความดันดินด้านข้าง [รศ.ดร. สุขสันต์ หอพิบูลสุข ,2553]

ก) แรงความดันดินด้านข้างในสภาวะ active

ข) แรงความดันดินด้านข้างในสภาวะ passive

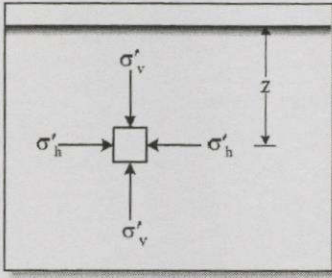
ความดันดินที่สภาวะอยู่นิ่ง หมายถึง ความดันด้านข้างที่กระทำต่อผนังโครงสร้างของดิน

โดยที่ผนังและมวลดินไม่มีการเคลื่อนตัว ความดันดินในกรณีเช่นนี้อาจเกิดขึ้นกับมวลดินถม

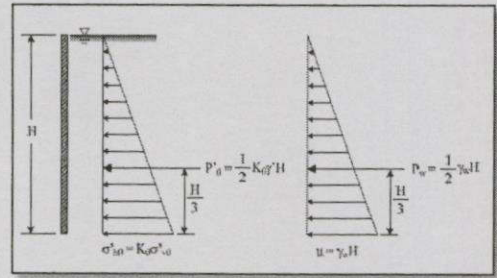
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น ผู้ใช้ต้องรับผิดชอบต่อการใช้งานและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กำแพงจะไม่เกิดความเครียดด้านข้าง ในกรณีเช่นนี้ ความดันดินด้านข้างจะมีขนาดอยู่ระหว่างความดันดินที่สภาวะ active และ passive



รูป 2.2 ความดันดินที่ความลึก z [รศ.ดร. สุขสันต์ หอพิบูลสุข ,2553]



รูป 2.3 การกระจายความดันดินที่สถานะอยู่นิ่งและความดันน้ำ [รศ.ดร. สุขสันต์ หอพิบูลสุข ,2553]

พิจารณาความเค้นบนชิ้นส่วนเล็กๆ ในชั้นดินที่ความลึก z ถ้ามวลดินอยู่ที่สถานะอยู่นิ่ง (at rest) แม้ว่ามวลดินนี้จะเกิดการทรุดตัวในแนวดิ่งเมื่อมีน้ำหนักกระทำ แต่จะไม่เกิดการเคลื่อนตัวในแนวนอน สภาพเช่นนี้เปรียบเสมือนดินที่อยู่ในสถานะสมดุลด้านหลังกำแพงกันดินที่หนาและเรียบ และไม่มีการเคลื่อนตัว ความดันดินประสิทธิผล (effective lateral earth pressure) ที่ฐานของกำแพงและแรงลัพธ์ ประสิทธิผลต่อความยาว 1 หน่วย สามารถหาได้จากสมการที่ (2.1) ,(2.2) และ(2.3)

$$\sigma'_h = K_o \sigma'_v \quad (2.1)$$

$$\sigma'_h = K_o \gamma' H \quad (2.2)$$

$$P'_0 = \frac{1}{2} K_o \gamma' H \quad (2.3)$$

เมื่อ σ'_h คือ ความดันประสิทธิผลที่ฐานของกำแพง

P_0 คือ แรงลัพธ์เนื่องจากความดันดินประสิทธิผล ที่สถานะอยู่นิ่งต่อความยาว 1 หน่วย

K_o คือ สัมประสิทธิ์ของความดันดินที่สถานะอยู่นิ่ง (coefficient of earth pressure at rest)

γ' คือ หน่วยน้ำหนักประสิทธิผล (submerged unit weight)

H คือ ความสูงของกำแพง

เอกสารนี้เป็นเอกสารความดันดินด้านข้างรวม (total lateral earth pressure, σ_H) ที่กระทำต่อกำแพงเท่ากับ การคำนวณผลรวมของความดันดินด้านข้างประสิทธิผล (effective lateral earth pressure, σ'_h) และความดันน้ำ (porepressure, u)

$$\sigma_h = \sigma'_h + u \quad (2.4)$$

ความเค้นรวมที่กระทำต่อกำแพงก็จะมีขนาดเพิ่มขึ้นตามความลึกเช่นเดียวกัน และแรงดันรวมที่กระทำต่อกำแพงก็จะเป็นผลรวมของแรงดันเนื่องจากแรงดันประสิทธิผลและแรงดันน้ำ

$$P_h = P'_o + P_w \quad (2.5)$$

เมื่อ P_h คือแรงดันดินด้านข้างรวมที่กระทำต่อกำแพง

P_w คือแรงดันน้ำ

ค่าสัมประสิทธิ์ของความดันดินที่สภาวะอยู่นิ่ง (K_o) คืออัตราส่วนระหว่างความดันดินด้านข้างต่อความดันดินในแนวตั้งในพจน์ของความเค้นประสิทธิผล โดยทั่วไป K_o จะมีค่าน้อยกว่า 1.0 สำหรับดินเหนียวอัดตัวปกติ ยกเว้นในกรณีของดินเหนียวอัดตัวมากกว่าปกติ ซึ่งค่า K_o อาจมีค่าสูงถึงประมาณ 3.0 สำหรับทราย K_o จะมีค่าอยู่ระหว่าง 0.4 สำหรับทรายแน่น และ 0.5 สำหรับทรายหลวม

การหาค่าสัมประสิทธิ์ความดันดินด้านข้างที่สภาวะอยู่นิ่งในสนามกระทำได้ยาก Jaky (1944) ได้เสนอสมการสำหรับหาค่า K_o ในดินเหนียวอัดตัวปกติ และดินทรายตามสมการที่ (2.6)

$$K_o = 1 - \sin \phi' \quad (2.6)$$

เมื่อ ϕ' คือมุมเสียดทานภายในของดิน

2.1.2 ทฤษฎีแรงดันดินด้านข้างของ Rankine (Rankine Earth Pressure)

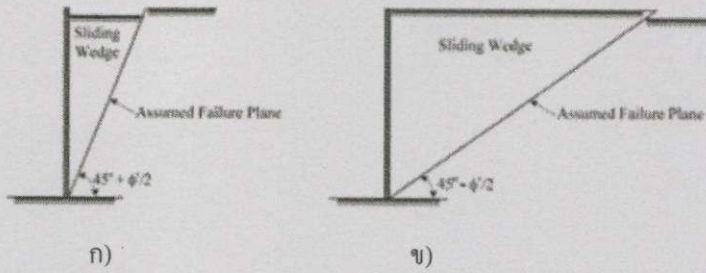
ทฤษฎีของ Rankine สำหรับหาความดันดินด้านข้างตั้งอยู่บนสมมติฐานหลักสามข้อ ดังนี้

1) ไม่มีแรงยึดเหนี่ยว (adhesion) หรือความเสียดทาน (friction) ระหว่างดินกับผนัง (ผนังเรียบ)

2) ความดันดินด้านข้าง ใช้ได้เฉพาะกับกำแพงที่ตั้งอยู่ในแนวตั้ง การพิบัติของดินถูกสมมติให้เป็นการไหลของลิ่มตลอดแนวระนาบพิบัติ ซึ่งอยู่ในรูปของมุมเสียดทานภายในของดิน

(internal friction angle, ϕ')

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

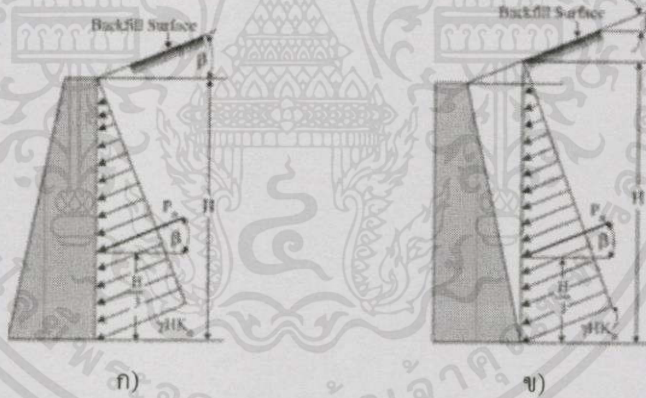


รูป 2.4 ระบายการพิบัติที่ถูกสมมติขึ้นตามทฤษฎีของ Rankine [รศ.ดร. สุขสันต์ หอพิบูลสุข ,2553]

ก) Rankine active state

ข) Rankine passive state

3) ความดันดินด้านข้างมีขนาดเพิ่มขึ้นเป็นฟังก์ชันเส้นตรงกับความลึก และแรงผลักร์เนื่องจากความดันดินด้านข้างถูกสมมติให้กระทำที่ระยะหนึ่งในสามของความสูง ซึ่งวัดจากฐานของกำแพงกันดินถึงระดับดินถม และทิศทางของแรงลัพธ์นี้ขนานกับผิวของดินถม



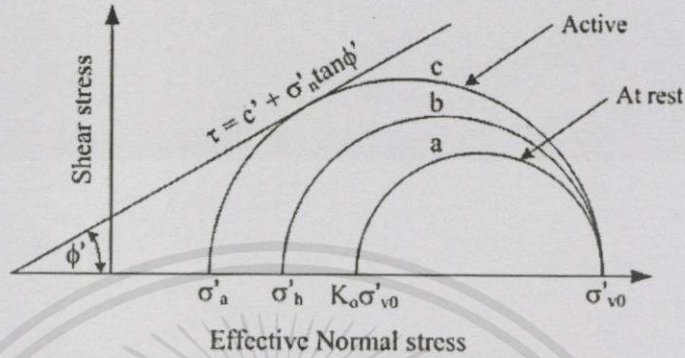
รูป 2.5 ความดันดินด้านข้างทฤษฎี Rankine [รศ.ดร. สุขสันต์ หอพิบูลสุข ,2553]

ก) back side vertical

ข) back side inclined

สำหรับดินเม็ดหยาบด้านหลังกำแพงกันดิน ที่สภาวะเริ่มต้น ดินจะอยู่ในสภาวะอยู่นิ่ง (at rest) สถานะของความเค้นประสิทธิผลแสดงได้ดังวงกลม a (รูป 2.6) เมื่อกำแพงกันดินเริ่มเคลื่อนตัวออกจากมวลดิน ความเค้นประสิทธิผลในแนวนอนจะมีค่าน้อยลง ขณะที่ ความเค้นประสิทธิผลในแนวตั้งมีค่าประมาณคงที่ ทำให้วงกลมมอร์มีขนาดใหญ่ขึ้นเรื่อยๆ ตามการเคลื่อนตัวของกำแพงกันดิน และสัมผัสเส้นขอบเขตความแข็งแรง (failure envelope) โดยมีค่าความดันดินด้านข้าง

ประสิทธิภาพเท่ากับ σ'_a ค่าความดันนี้ถูกนิยามว่าเป็นความดันประสิทธิผลที่สภาวะ active ของ Rankine (Rankine effective active pressure) ระบายพิบัติที่เกิดขึ้นในมวลดินจะทำมุม $45^\circ + \frac{\phi}{2}$ องศากับแนวนอน



รูป 2.6 วงกลมมอร์สถานะของความเค้นประสิทธิผลที่สภาวะ [รศ.ดร. สุขสันต์ หอพิบูลสุข, 2553]

ความสัมพันธ์ระหว่างความเค้นหลักใหญ่และความเค้นหลักเล็กประสิทธิผลที่จุดพิบัติคือ

$$\sigma'_a = \sigma'_v \tan^2 \left(45^\circ - \frac{\phi'}{2} \right) - 2c' \tan \left(45^\circ - \frac{\phi'}{2} \right) \quad (2.7)$$

ความเค้นหลักใหญ่ประสิทธิผล (σ'_1) เท่ากับ σ'_v และความเค้นหลักเล็กประสิทธิผล (σ'_3) เท่ากับ σ'_a

$$\sigma'_1 = \sigma'_3 \tan^2 \left(45^\circ + \frac{\phi'}{2} \right) + 2c' \tan \left(45^\circ + \frac{\phi'}{2} \right) \quad (2.8)$$

$$\sigma'_a = \sigma'_v K_a - 2c' \sqrt{K_a} \quad (2.9)$$

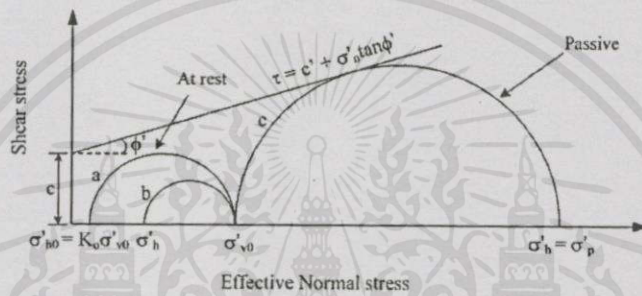
เมื่อ $K_a = \tan^2 \left(45^\circ - \frac{\phi}{2} \right)$ คือสัมประสิทธิ์ความดันดินประสิทธิผลที่สภาวะ active ของ Rankine

ถ้ากำแพงดินเคลื่อนที่เข้าหามวลดิน มวลดินจะเกิดการอัดตัวและมีค่าความดันในแนวนอนเพิ่มมากขึ้นจนกระทั่งเกิดสภาวะพลาสติก (plastic state) ที่สภาวะนี้ความดันดินด้านข้าง

ประสิทธิผลจะมีค่ามากที่สุดซึ่งเท่ากับความดันด้านข้างประสิทธิผลที่สภาวะ passive (σ'_p) ในขณะที่ความดันในแนวตั้งจะมีค่าประมาณคงที่

$$\sigma'_p = \sigma'_v K_p + 2c' \sqrt{K_p} \quad (2.10)$$

เมื่อ $K_p = \tan^2 \left(45^\circ + \frac{\phi}{2} \right)$ คือสัมประสิทธิ์ความดันดินประสิทธิผลที่สภาวะ passive ของ Rankine



รูป 2.7 วงกลมมอร์สถานะของความเค้นประสิทธิผลที่ 3 สภาวะ [รศ.ดร. สุขสันต์ หอพิบูลสุข ,2553]

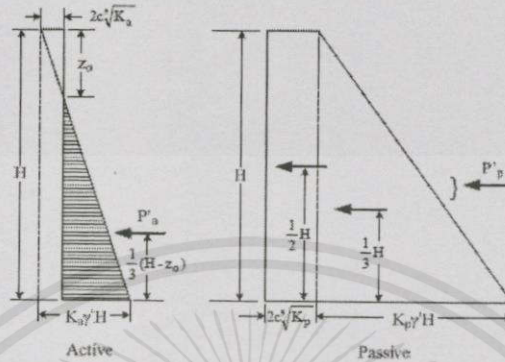
สำหรับกรณีของดินเหนียวอิ่มตัวในสภาวะไม่ระบายน้ำ ความดันด้านข้างรวม (total lateral earth pressure) สามารถคำนวณได้โดยอาศัยขอบเขตความแข็งแรงรวม ซึ่งมุมเสียดทานภายในมีค่าเท่ากับศูนย์ ($\phi = 0$) ดังนั้น ความดันดินด้านข้างรวมที่สภาวะ active และ passive สามารถคำนวณได้จาก

$$\sigma'_a = \sigma'_v - 2S_u \quad (2.11)$$

$$\sigma'_p = \sigma'_v + 2S_u \quad (2.12)$$

เห็นว่าความดันดินประสิทธิผลที่สภาวะ active และ passive มีค่าเพิ่มขึ้นตามความลึกในฟังก์ชันเส้นตรง (linear function) ถ้า $c' = 0$ การกระจายของความดันดินที่สภาวะ active จะมีรูปร่างเป็นสามเหลี่ยมที่มีจุดยอด ($\sigma'_a = 0$) อยู่ที่ผิวดิน แต่เมื่อ c' มีค่ามากกว่า 0 ค่าของ σ'_a จะมีค่าเป็นลบที่ผิวดินและมีค่าเพิ่มขึ้นจนกระทั่งเป็นศูนย์ที่ความลึก Z_0 ระยะจากผิวดินจนถึง Z_0 เรียกว่า โซนแรงดึง (tension zone) เมื่อ $\sigma'_a = 0$ จะได้

$$Z_0 = \frac{2c'}{\gamma' \sqrt{K_a}} \quad (2.13)$$



รูป 2.8 แผนภูมิแรงดัน [รศ.ดร. สุขสันต์ หอพิบูลสุข ,2553]

สำหรับดินถมที่เป็นดินเหนียวในสภาวะไม่ระบายน้ำ ($\phi = 0$) โชนแรงดึงสามารถเขียนในรูปของพารามิเตอร์กำลังรวมได้ดังนี้

$$Z_0 = \frac{2S_u}{\gamma} \quad (2.14)$$

สัมประสิทธิ์ความดันดินด้านข้างเมื่อผิวของดินถมทำมุม β กับแนวนอนสามารถหาได้ดังสมการต่อไปนี้

$$K_a = \cos \beta \frac{\cos \beta - \sqrt{\cos^2 \beta - \cos^2 \phi'}}{\cos \beta + \sqrt{\cos^2 \beta - \cos^2 \phi'}} \quad (2.15)$$

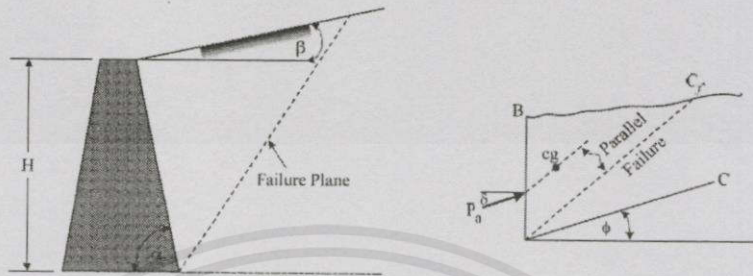
$$K_p = \cos \beta \frac{\cos \beta + \sqrt{\cos^2 \beta - \cos^2 \phi'}}{\cos \beta - \sqrt{\cos^2 \beta - \cos^2 \phi'}} \quad (2.16)$$

2.1.3 ทฤษฎีของ Coulomb

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ทฤษฎีของ Coulomb สำหรับการหาความดันดินด้านข้างได้ถูกพัฒนาขึ้นก่อนทฤษฎีของ Rankine ซึ่งสามารถใช้ได้กับกำแพงกันดินที่มีความเสียดทาน ระบายการพิบัติเริ่มจากฐานของกำแพงกันดิน ตำแหน่งของแรงลัพธ์เนื่องจากความดันดินที่สภาวะ active หาได้จากการลากเส้นตรง

จากจุดศูนย์กลางมวลของลิ่มขนานกับระนาบพิบัติ จุดตัดของเส้นตรงนี้กับผนังกำแพงกันดินคือตำแหน่งของแรงลัพธ์ ทิศทางของแรงลัพธ์ทำมุม δ กับเส้นซึ่งตั้งฉากกับด้านหลังของผนัง เมื่อ δ คือมุมเสียดทานระหว่างผนังกำแพงและดิน



รูป 2.9 แบบจำลองทฤษฎีของcoulomb [รศ.ดร. สุขสันติ หอพิบูลสุข ,2553]

สมการสำหรับการคำนวณความดันดินด้านข้างประสิทธิผลของ Coulomb มีดังต่อไปนี้

$$P'_a = \frac{1}{2} \gamma H^2 K_a \tag{2.17}$$

$$K_a = \frac{\sin(\alpha + \phi)}{\sin^2 \alpha \sin(\alpha - \beta) \left[1 + \frac{\sin(\phi + \delta) \sin(\phi - \beta)}{\sin(\alpha - \delta) \sin(\alpha + \beta)} \right]^2} \tag{2.18}$$

เมื่อ α คือมุมด้านหลังกำแพงกันดินที่กระทำกับแนวราบ

δ คือมุมเสียดทานระหว่างผนังกำแพงและดิน

β คือมุมระหว่างผิวของดินถมกับแนวราบ

$$P'_p = \frac{1}{2} \gamma' H^2 K_p \tag{2.19}$$

$$K_a = \frac{\sin(\alpha + \phi)}{\sin^2 \alpha \sin(\alpha + \beta) \left[1 - \frac{\sin(\phi + \delta) \sin(\phi + \beta)}{\sin(\alpha + \delta) \sin(\alpha + \beta)} \right]^2}$$

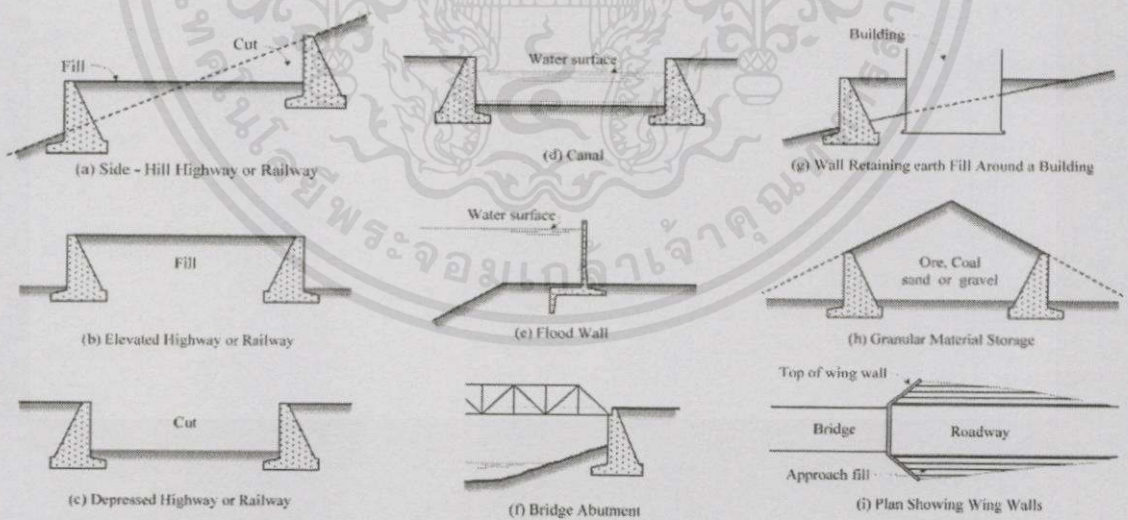
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับกร ใช้งานเพื่อการศึกษา การใช้ประโยชน์อื่นใดโดยไม่ได้รับอนุญาตถือว่าผิดกฎหมาย

เนื่องจากทฤษฎีของ Coulomb เป็นวิธีที่ใช้หาความดันดินด้านข้างโดยใช้สัมประสิทธิ์ความดันดินด้านข้าง ดังนั้น วิธีการนี้จึงไม่สามารถใช้กับดินถมที่มีน้ำหนักภายนอกกระทำ

ทฤษฎีของ Rankine และ Coulomb สมมติว่าระนาบพิบัติเป็นแนวเส้นตรง สมมติฐานนี้มิได้เป็นจริงเสมอไป ที่สภาวะ active ความดันดินที่คำนวณมีความแตกต่างจากความเป็นจริงไม่มากนัก แต่ที่สภาวะ passive ผลคำนวณมีความแตกต่างค่อนข้างสูง และให้ผลคำตอบที่ไม่ปลอดภัย (ผลคำนวณมีค่าสูงกว่าความเป็นจริงมาก) Terzaghi (1954) พบว่าที่สภาวะ active ระนาบพิบัติมีลักษณะเกือบเป็นแนวเส้นตรง ก็คือเมื่อมุมเสียดทานภายในระหว่างดินและกำแพงกันดิน (δ) มีค่าน้อยกว่า $\phi/3$ แต่อย่างไรก็ตาม ระนาบพิบัติที่สภาวะ passive จะมีความแตกต่างจากสมมติฐานของ Rankine และ Coulomb อย่างมาก เมื่อมุม δ มีค่ามากกว่า $\phi/3$

2.2 โครงสร้างกันดิน (Retaining Structure)

กำแพงกันดิน (retaining wall) คือ กำแพงที่ใช้ต้านทานแรงดันทางด้านข้าง ของดินหรือของไหล เช่น น้ำ และต้านทานแรงจากน้ำหนักกดทับจากผิวบน เช่น น้ำหนักของขดยานพาหนะ บางครั้งยังทำหน้าที่ป้องกันไม่ให้ น้ำได้ดินซึมเข้าสู่ชั้นใต้ดินของอาคาร การประยุกต์ใช้โครงสร้างกันดินในงานวิศวกรรมมีมากมาย อาทิเช่น งานดินถม งานดินขุดงานสะพาน และ โครงสร้างกันน้ำท่วม โครงสร้างกันดินส่วนมากจะเป็นกำแพงกันดินที่สร้างจากคอนกรีต



รูป 2.10 แบบการใช้งานโครงสร้างกันดิน [รศ.ดร. สุขสันต์ หอทิบุลสุข ,2553]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

2.2.1 รูปแบบกำแพงกันดิน

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทางสำนักพิมพ์ให้คำปรึกษาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
กำแพงกันดินมีหลากหลายลักษณะ แต่สามารถแบ่งประเภทตามลักษณะการก่อสร้างได้

ดังนี้

1) gravity wall เป็นต้นแบบ และรูปแบบมาตรฐานของกำแพงกันดิน โดยจะใช้น้ำหนักของตัวกำแพงในการต้านแรงดันของดิน ถือว่าเป็นรูปแบบของกำแพงกันดินที่เก่าแก่ที่สุด เหมาะสำหรับกันดินในงานจัดสวน กันดินริมตลิ่งหรือเชิงเขาเพื่อป้องกันดินถล่มหรือดินสไลด์



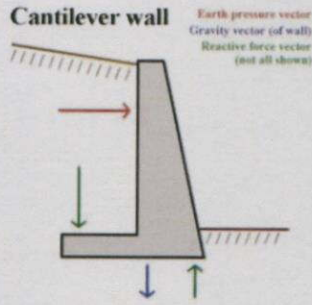
รูป 2.11 กำแพงกันดิน Gravity Wall [บรรณาธิการเว็บไซต์บ้านและสวน ,2557]

2) piling wall เป็นกำแพงกันดินที่ต้องใช้เสาเข็มยาวตอกลงไปเป็นระยะตามแนวกำแพงกันดิน และใช้แรงดันจากดินใต้ระดับดินด้านที่ต่ำกว่าทั้งสองฝั่งในการรับแรงดันจากดินด้านที่สูงกว่า เหมาะสำหรับสร้างกำแพงกันดินในกรณีที่มีการจำกัดพื้นที่สำหรับทำงาน ไม่สามารถเข้าไปทำการก่อสร้างบริเวณฝั่งตรงข้ามได้



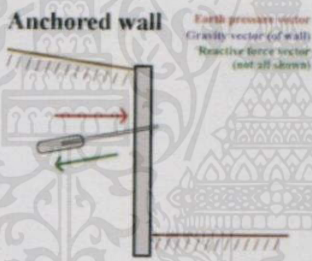
รูป 2.12 กำแพงกันดิน Piling Wall [บรรณาธิการเว็บไซต์บ้านและสวน ,2557]

3) cantilever wall เป็นรูปแบบที่พัฒนามาจากหลักการของกำแพงกันดินแบบ gravity wall แต่เพิ่มคานด้านข้างยื่นเข้าไปในดินฝั่งที่มีระดับสูงกว่า เพื่อให้สามารถรับแรงดันได้ดียิ่งขึ้น การคำนวณที่เหมาะสมสำหรับป้องกันดินริมตลิ่งหรือเชิงเขาที่ต้องการความมั่นคงสูง อย่างไรก็ตามทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูป 2.13 กำแพงกันดิน Cantilever Wall [บรรณาธิการเว็บไซต์บ้านและสวน ,2557]

4) anchored wall เป็นกำแพงกันดินที่ใช้สมอยึดกำแพงเพื่อเพิ่มแรงต้านให้กับกำแพงสามารถประยุกต์ไปใช้สำหรับช่วยเพิ่มแรงต้านให้กับกำแพงกันดินรูปแบบอื่นได้ เพื่อเพิ่มความสามารถในการรับแรงดันของกำแพงกันดินโดยเฉพาะกับกำแพงกันดินที่เราสร้างไว้แล้ว



รูป 2.14 กำแพงกันดิน Anchored Wall [บรรณาธิการเว็บไซต์บ้านและสวน ,2557]

5) relieving platform เป็นกำแพงกันดินที่มีลักษณะคล้ายกับกำแพงกันดินข้างต้น แต่มีโครงสร้างพื้นเพิ่มด้านใต้ดินเพื่อช่วยรับแรงจากน้ำหนักที่กระทำด้านบนกำแพงให้กระจายแรงลงสู่เสาเข็ม ช่วยให้กำแพงรูปแบบนี้มีความสามารถรับแรงได้มากแต่อาจมีค่าใช้จ่ายในการก่อสร้างสูง

2.2.2 เสถียรภาพของกำแพงกันดิน

เสถียรภาพของกำแพงกันดินชนิดนี้ขึ้นอยู่กับน้ำหนักของตัวเอง กำแพงกันดินชนิดนี้จึงถูกเรียกว่า Gravity wall ในกรณีที่กำแพงกันดินมีความสูงมาก แรงดันดินด้านข้างมีแนวโน้มที่จะทำให้เกิดกำแพงกันดินพลิกคว่ำ (overturning) เพื่อความประหยัด อาจเลือกใช้กำแพงกันดินชนิด cantilever wall ซึ่งมีส่วนฐานยื่นออกมาอยู่ใต้ดินถมน้ำหนักของดินถมที่อยู่เหนือฐานนี้จะช่วยป้องกันการพลิกคว่ำ

เมื่อมีการถมดินด้านหลังกำแพงกันดิน กำแพงกันดินจะเกิดการเคลื่อนตัว เพื่อป้องกันการพลิกคว่ำของกำแพงกันดิน โดยสร้างให้ด้านหน้าของกำแพงกันดินมีความชันเอียง ซึ่งความชันนี้เรียกว่า batter วัสดุที่ถมด้านหลังกำแพงกันดินเรียกว่า backfill จะต้องเป็นวัสดุเม็ดหยาบที่มีความซึมผ่านสูงเช่น ทราย กรวด หรือหินบด (broken stone)

1) การพิบัติของกำแพงกันดิน

การออกแบบกำแพงกันดินต้องคำนึงถึงสิ่งสำคัญสองประการดังนี้

1.1) กำแพงต้องมีเสถียรภาพภายนอก (external stability) ซึ่งหมายความว่ากำแพงกันดินต้องตั้งค้ำในตำแหน่งเดิม

1.2) กำแพงกันดินต้องมีเสถียรภาพภายใน โดยต้องความสามารถด้านความเค้นที่เกิดขึ้นภายในโครงสร้างโดยปราศจากการพังทลาย



รูป 2.15 กำแพงกันดินขาดเสถียรภาพ [รศ.ดร. สุขสันต์ หอพิบูลสุข ,2553]

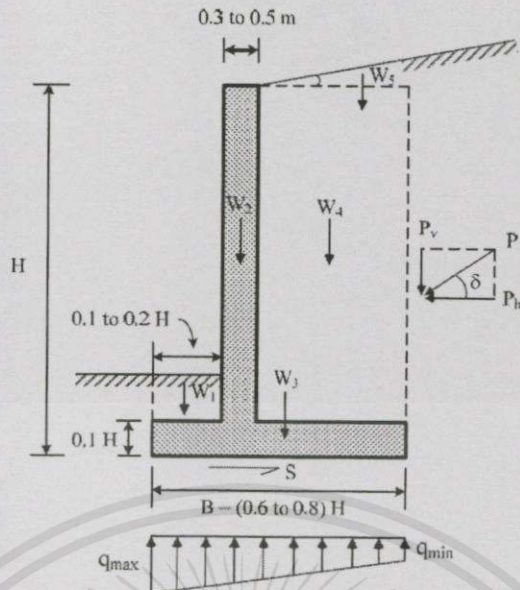
ก) กำแพงกันดินขาดเสถียรภาพภายนอก

ข) กำแพงกันดินขาดเสถียรภาพภายใน

2.2.2.1 การวิเคราะห์เสถียรภาพภายนอกของกำแพงกันดิน

วิธีการออกแบบกำแพงกันดินด้านการพิบัติภายนอก คือ การสมมติขนาดและรูปร่างของกำแพงกันดินดังรูป และทำการตรวจสอบเสถียรภาพของกำแพงถ้าพบว่าเสถียรภาพของกำแพงกันดินมีค่าต่ำหรือไม่เพียงพอ ก็ทำการเปลี่ยนแปลงขนาดและรูปร่างใหม่และทำการตรวจสอบอีกครั้ง ขั้นตอนนี้จะถูกทำซ้ำๆ จนกระทั่งพบว่ากำแพงกันดินที่ออกแบบมีเสถียรภาพเพียงพอต่อการใช้งาน

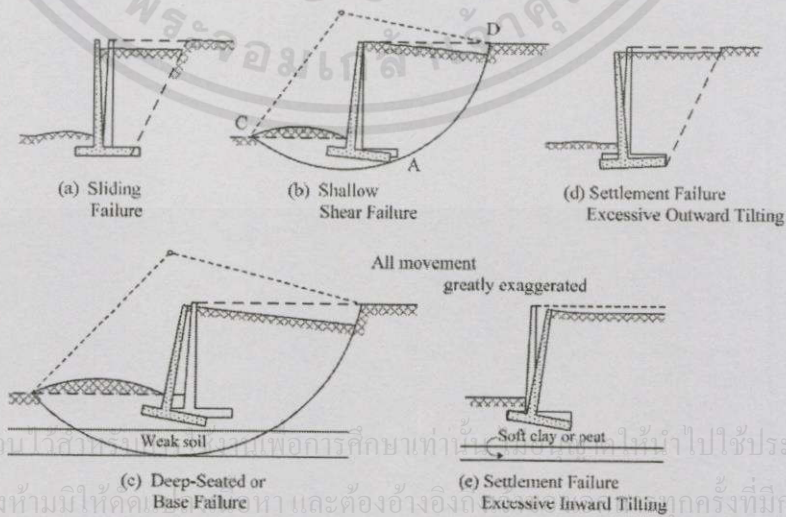
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูป 2.16 แรงที่กระทำต่อกำแพงกันดิน [รศ.ดร. สุขสันต์ หอพิบูลสุข ,2553]

กำแพงกันดินจะมีเสถียรภาพภายนอก เมื่อกำแพงกันดินไม่มีการเคลื่อนตัวในสามทิศทาง อันได้แก่ ในแนวนอน (การเลื่อนไถล) ในแนวตั้ง (การทรุดตัวที่มากกว่าปกติ และการพิบัติเนื่องจากแรงแบกทานของดินใต้ฐานราก) และการพลิกคว่ำ

การออกแบบเป็นการตรวจสอบเสถียรภาพของการเคลื่อนตัวในสามทิศทางนี้ เพื่อให้ได้อัตราส่วนปลอดภัยที่เหมาะสม การตรวจสอบการเคลื่อนตัวในแนวนอนและการพลิกคว่ำอาศัยหลักการความสถิตย์ (Law of statics) สำหรับการตรวจสอบการเคลื่อนตัวในแนวตั้งนั้นอาศัยทฤษฎีกำลังรับแรงแบกทานของดิน (bearing capacity theory)



รูป 2.17 การพิบัติของกำแพงกันดิน [รศ.ดร. สุขสันต์ หอพิบูลสุข ,2553]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่ให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอก และต้องอ้างอิงทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1) อัตราส่วนปลอดภัยด้านการลื่นไถล

อัตราส่วนปลอดภัยด้านการลื่นไถล คืออัตราส่วนระหว่างแรงต้านทานการลื่นไถล (sliding resistance force) ต่อแรงกระทำ (sliding force) แรงต้านทานการลื่นไถล คือผลคูณของแรงลัพธ์ในแนวตั้งที่กระทำต่อฐานของกำแพงกันดินกับสัมประสิทธิ์ความเสียดทาน (coefficient of friction) ระหว่างฐานของกำแพงกันดินและดินด้านใต้ฐาน ส่วนแรงที่กระทำให้เกิดการลื่นไถล ส่วนมากจะเป็นแรงในแนวนอนเนื่องจากแรงดันด้านข้างของดิน Backfill แรงต้านทานการลื่นไถล (S) สามารถคำนวณได้จากสมการดังนี้

$$\text{สำหรับฐานรากที่เป็นทราย} \quad s = \sum V \tan(0.67\phi') \quad (2.1)$$

$$\text{สำหรับฐานรากที่เป็นดินเหนียว} \quad s = \frac{2}{3} S_u B \quad (2.2)$$

เมื่อ $\sum V = W_1 + W_2 + \dots + W_i + P_v$

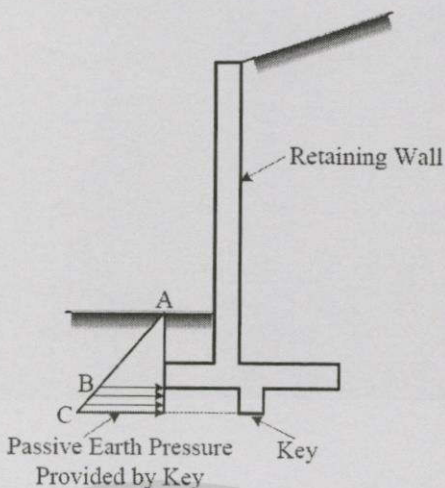
S คือแรงต้านทานการลื่นไถล

S_u คือกำลังต้านทานแรงเฉือนของดิน

B คือความกว้างของฐานราก

ถ้าในการออกแบบพบว่กำแพงกันดินแบบฐานเรียบ (flat-bottomed wall) มีอัตราส่วนปลอดภัยไม่เป็นไปตามที่ต้องการ อาจทำการสร้างตัวต้านทานการลื่นไถลที่เรียกว่า key ที่ฐานของกำแพงกันดิน ดินด้านหน้าของ key ทำหน้าที่ต้านทานการลื่นไถลในฐานะของความดันที่สถานะ passive ดังแสดงโดยโซน BC แต่อย่างไรก็ตาม ดินด้านหน้าของ key อาจจะหายไปเนื่องจากการกัดเซาะ ดังนั้น ตัว key นี้จะมีประสิทธิภาพอย่างมากถ้าถูกสร้างได้ดินแข็งหรือหิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูป 2.18 แรงดันที่กระทำเนื่องจากด้าน passive [รศ.ดร. สุขสันต์ หอพิบูลสุข ,2553]

2) อัตราส่วนปลอดภัยด้านการพลิกคว่ำ

อัตราส่วนปลอดภัยด้านการพลิกคว่ำหาได้จากอัตราส่วนระหว่างโมเมนต์ต้านทานการพลิกคว่ำทั้งหมด (total righting moment, M_r) ต่อ โมเมนต์ทั้งหมดที่ก่อให้เกิดการพลิกคว่ำ (total overturning moment, M_o) ที่สภาวะสมดุลและการพลิกคว่ำเริ่มเกิดพอดี แรงปฏิกิริยาระหว่างดินและกำแพงกันดินจะอยู่ที่จุด Toe พอดี ดังนั้น เพื่อความสะดวกในการคำนวณ (ไม่ต้องพิจารณาผลของแรงปฏิกิริยา) โมเมนต์ที่ก่อให้เกิดการพลิกคว่ำ และโมเมนต์ด้านการพลิกคว่ำทั้งหมดสามารถคำนวณได้จากสมการดังนี้

$$M_o = P_h \times \frac{H}{3} \tag{2.3}$$

$$\sum M_r = M_{r1} + M_{r2} + \dots + M_{r5} + (P_v \times B) \tag{2.4}$$

เมื่อ $M_{ri} = W_i x_i$

M_r คือ โมเมนต์ต้านทานการพลิกคว่ำ

M_o คือ โมเมนต์ที่ก่อให้เกิดการพลิกคว่ำ

P_h คือ แรงดันดินด้านข้างรวมที่กระทำต่อกำแพง

P_v คือ แรงกระทำแนวตั้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่เผยแพร่โดยมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี หากมีข้อผิดพลาดประการใดขออภัยเป็นอย่างสูง

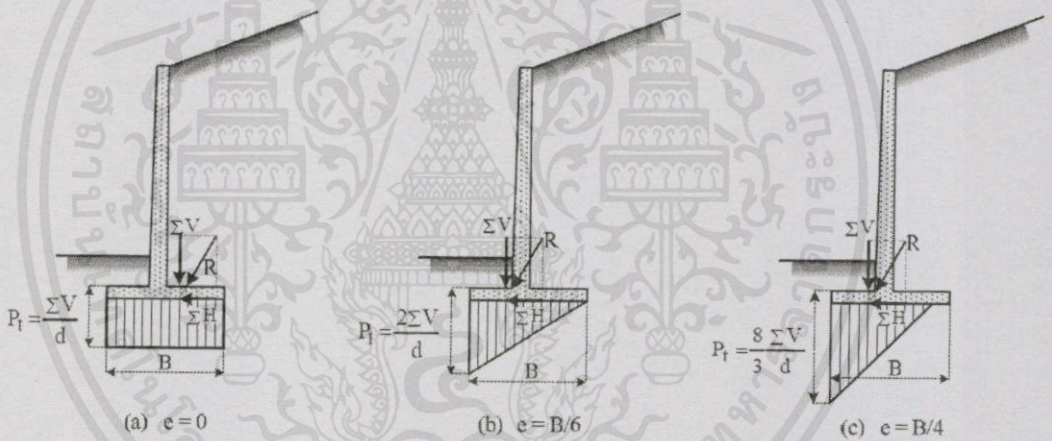
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่เผยแพร่โดยมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี หากมีข้อผิดพลาดประการใดขออภัยเป็นอย่างสูง

3) อัตราส่วนปลอดภัยด้านการพิบัติ

อัตราส่วนปลอดภัยด้านการพิบัติเนื่องจากแรงแบกทานของดิน หาได้จากอัตราส่วนระหว่างกำลังรับแรงแบกทานประลัย (ultimate bearing capacity) ต่อความดันที่มากที่สุดที่กระทำต่อฐานของกำแพงกันดิน (actual maximum contact pressure) แรงในแนวนอนอันเนื่องจากแรงดันด้านข้างของดินมักก่อให้เกิดโมเมนต์ในฐานรากของกำแพงกันดิน ซึ่งอาจส่งผลให้ความเค้นในดินใต้ฐานรากไม่สม่ำเสมอ

4) ระยะเยื้องศูนย์กลางและความดันดินใต้ฐานราก

ระยะเยื้องศูนย์กลาง (e) และความดันดินใต้ฐานราก สามารถคำนวณได้จากสมการ (2.5), (2.6) และ (2.7) จากประสบการณ์การออกแบบ ควรทำการตรวจสอบการเสถียรภาพเนื่องจากการพิบัติของดินฐานรากและระยะเยื้องศูนย์กลางก่อนการตรวจสอบเสถียรภาพด้านอื่น เนื่องจากเสถียรภาพด้านนี้จะเป็นตัววิกฤติที่สุด



รูป 2.19 แรงที่กระทำใต้ฐานกำแพงกันดิน [รศ.ดร. สุขสันต์ หอพิบูลสุข ,2553]

$$e = \frac{B}{2} \cdot \left(\frac{\sum M_r - M_o}{\sum V} \right) < \frac{B}{6} \tag{2.5}$$

$$q_{max} = \left(\frac{\sum V}{B} \right) \left(1 + \frac{6e}{B} \right) < q_{all} \tag{2.6}$$

$$q_{min} = \left(\frac{\sum V}{B} \right) \left(1 - \frac{6e}{B} \right) > 0 \tag{2.7}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ใช้เฉพาะในวงการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

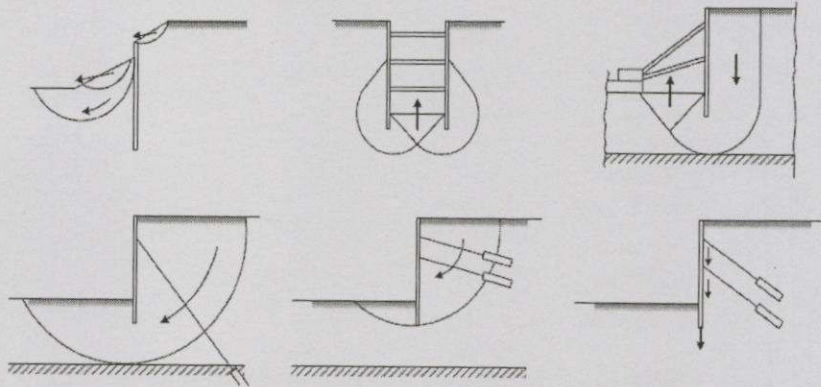
ตาราง 2.1 อัตราส่วนปลอดภัยที่ใช้ในการวิเคราะห์เสถียรภาพของกำแพงกันดินควรมีน้อยกว่าค่าที่แสดง

กรณี	อัตราส่วนความปลอดภัย	หมายเหตุ	อ้างอิง
การเลื่อนไถล	1.5	สำหรับกรณีที่ไม่พิจารณาความดินด้านข้างที่สภาวะ Passive ที่ด้านหน้าของกำแพงกันดิน	Goodman and Karol (1968)
	2.0	สำหรับกรณีที่พิจารณาความดินด้านข้างที่สภาวะ Passive ที่ด้านหน้าของกำแพงกันดิน	Goodman and Karol (1968)
การพลิกคว่ำ	1.5	สำหรับ Backfill ที่เป็นดินเม็ดหยาบ	Teng (1962)
	2.0	สำหรับ Backfill ที่เป็นดินเม็ดละเอียด	Teng (1962)
พิบัติแบบกำลังรักรแรงเสียดทาน	3.0		Teng (1962)

2.2.3 เสถียรภาพของเข็มพืด (Sheet Pile)

เข็มพืดเป็นแผ่นเหล็กยาวที่มีความกว้างประมาณ 30 เซนติเมตรถึง 50 เซนติเมตร เข็มพืดจะถูกนำมาต่อกันเป็นแนวยาวตามแนวดินเพื่อใช้เป็นโครงสร้างกันดินและน้ำ เข็มพืดยังสามารถใช้ร่วมกับระบบค้ำยัน (ซึ่งอาจเป็นไม้หรือเหล็ก) เป็นโครงสร้างชั่วคราวสำหรับงานก่อสร้างใต้ดิน เช่น งานวางท่อน้ำ โครงสร้างกันดิน และงานโครงสร้างใต้ดิน แต่ถึงแม้ว่าระบบค้ำยันจะมีความแข็งแรงเพียงใดก็ตาม เข็มพืดเป็นแผ่นเหล็กที่มีความหนาไม่มาก หากใช้เป็นโครงสร้างกันดินในงานดินชุดที่มีความลึกมาก หรือใช้เป็นโครงสร้างกันการเคลื่อนตัวของอาคารข้างเคียงที่มีขนาดใหญ่ อาจก่อให้เกิดการเสีรูปของเข็มพืดและส่งผลให้เกิดเคลื่อนตัวของดินอย่างมาก เพื่อหลีกเลี่ยงการเคลื่อนตัวที่มาก เราอาจใช้เสาเข็มเจาะหรือเสาเข็มดินซีเมนต์เป็น โครงสร้างกันดินได้

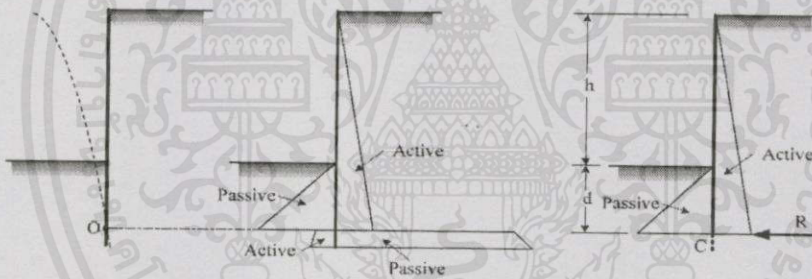
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีกรณีนำไปใช้



รูป 2.20 การขาดเสถียรภาพภายนอกของเข็มพืดที่ตั้งอยู่ในชั้นดินเหนียวอ่อน [รศ.ดร. สุขสันต์ หอพิบูลสุข ,2553]

2.2.3.1 Cantilever Sheet Pile Wall

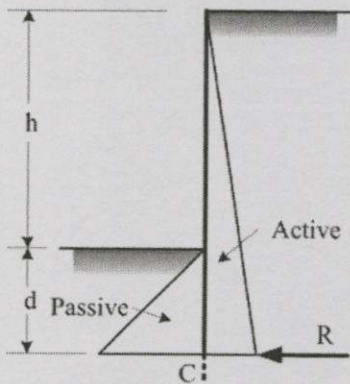
เข็มพืดมักถูกนำมาใช้เมื่อดินถมด้านหลังเข็มพืดมีความสูงไม่มากนัก เสถียรภาพของเข็มพืดชนิดนี้ขึ้นอยู่กับความต้านทานที่สภาวะ passive ของดินใต้ระดับผิวดิน (dredge line)



รูป 2.21 ความต้านทานด้านข้างที่กระทำต่อ Cantilever sheet pile wall [รศ.ดร. สุขสันต์ หอพิบูลสุข ,2553]

การออกแบบเข็มพืด โดยทั่วไปมักทำโดยวิธีที่เรียกว่า simplification ซึ่งแทนแรงลัพธ์ที่สภาวะ passive ได้จุด O ด้วยแรง R กระทำที่จุด C (อยู่ต่ำกว่าจุด O เล็กน้อย) ซึ่งจุด C นี้อยู่ที่ความลึก d ใต้ระดับดินขุด ความลึก d สามารถหาได้โดยอาศัยหลักสมดุลของโมเมนต์รอบจุด C โดยพิจารณาค่าแรงต้านทานด้านหน้าเข็มพืดเท่ากับแรงต้านทานที่สภาวะ passive (P_p) หากด้วยอัตราส่วนปลอดภัย ดังนั้นค่าระยะฝัง (depth of embedment) ของเข็มพืดที่ต้องการจึงควรมีค่าไม่น้อยกว่า $1.2d$ แรง R สามารถหาได้โดยอาศัยหลักสมดุลในแนวนอน

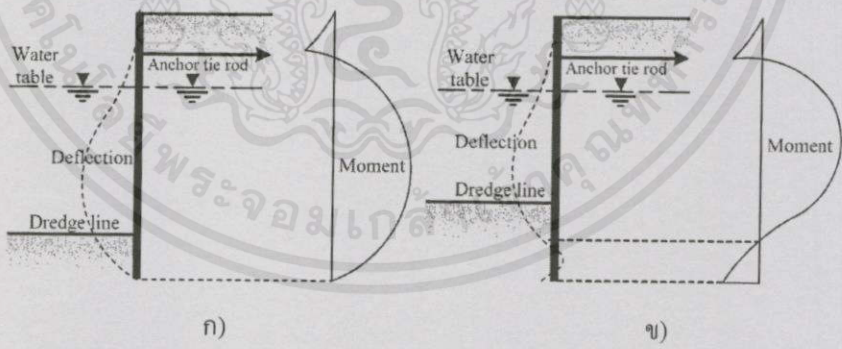
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูป 2.22 พฤติกรรมที่กระทำต่อเข็มพืด [รศ.ดร. สุขสันต์ หอพิบูลสุข ,2553]

2.2.3.2 Anchored Sheet Pile Wall

เมื่อ Backfill หลังกำแพงเข็มพืดมีความสูงมาก (เกินกว่า 6 เมตร) อาจมีการติดตั้งตัวเพิ่มความมั่นคงซึ่งเรียกว่าตัวค้ำ (tie-back or prop) ที่ด้านบนของเข็มพืดเป็นช่วงๆ การทำเช่นนี้จะเป็นการประหยัดกว่าการใช้ cantilever sheet pile wall กำแพงกันดินระบบนี้เรียกว่า anchored sheet pile wall วิธีการคำนวณหาเสถียรภาพของกำแพงกันดินชนิดนี้มีด้วยกัน 2 วิธีคือ Free earth support method และ fixed earth support method วิธี free earth support method จะเป็นวิธีที่หาระยะฝังที่น้อยที่สุดที่ไม่ทำให้เกิดการหมุนในตัวเข็มพืด ดังนั้น จุดรองรับที่ปลายเข็มพืดถูกพิจารณาเป็นแบบหมุด (pin)



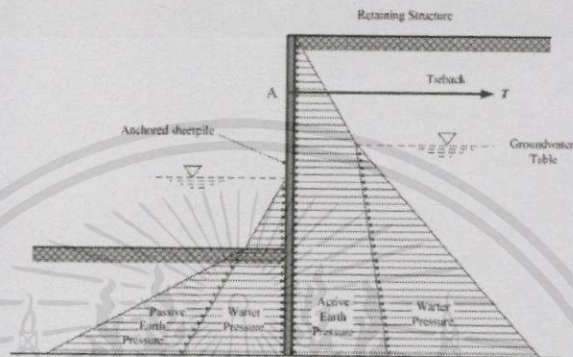
รูป 2.23 การกระจายของการเสียรูปและโมเมนต์ของ Anchored sheet pile wall [รศ.ดร. สุขสันต์ หอพิบูลสุข ,2553]

- ก) free earth support method
- ข) fixed earth support method

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.3.3 Free Earth Support Method

วิธีการนี้จะสมมติว่าความลึกของระยะฝังใต้ระดับการขุดออกของดิน (excavation level or Dredge line) ไม่มากเพียงพอที่จะทำให้เกิดสถานะอยู่กับที่ (fixity) ที่จุดปลายของเข็มพืด ดังนั้น เข็มพืดจะอิสระต่อการหมุนที่จุดปลาย ลักษณะการพิบัติจะเป็นการหมุนรอบจุดต่อของตัวค้ำ (tie) กับเข็มพืดที่จุด A



รูป 2.24 แรงที่กระทำต่อเข็มพืดเมื่อหาโมเมนต์ [รศ.ดร. สุขสันต์ หอพิบูลสุข ,2553]

สิ่งที่สำคัญที่สุดในการออกแบบคือ โมเมนต์ด้านการหมุนรอบจุด A ต้องมากกว่า โมเมนต์ที่ทำให้เกิดการหมุน ระยะฝังที่ต้องการ (d) สามารถหาได้โดยหลักการที่ว่าผลรวมของ โมเมนต์รอบจุด A ต้องเท่ากับศูนย์การวิเคราะห์ลักษณะนี้จะเกี่ยวข้องกับการแก้ปัญหาของตัวแปร ยกกำลังสอง หลังจากได้ค่า d แรงที่กระทำในตัวค้ำ (T) สามารถคำนวณได้โดยอาศัยหลักสมดุลของ แรงในแนวนอน (ผลรวมของแรงทั้งหมดในแนวนอนต้องเท่ากับศูนย์) และทำสูตรการออกแบบ หน้าตัดของเข็มพืดสามารถกระทำได้โดยอาศัยแผนภาพการกระจาย โมเมนต์ระยะฝังควรเป็นค่าที่ เพิ่มขึ้นจากระยะ d อีก 20 เปอร์เซ็นต์ เพื่อให้ได้ระยะฝังที่เพียงพอสำหรับสถานะอยู่กับที่ (fixity) ระยะฝังควรมีค่าไม่น้อยกว่า 1.2

2.3 เทคนิคการเพิ่มประสิทธิภาพโครงสร้างกันดิน

ดินทั่วไปมีคุณสมบัติต่างกันจึงได้มีการศึกษาเพื่อช่วยเสริมประสิทธิภาพให้กับดินในบริเวณที่เป็นดินอ่อนหรือดินที่มีเสถียรภาพต่ำสามารถแบ่งออกได้ดังนี้

2.3.1 geosynthetics

เอกสารนี้เป็นเอกสาร geosynthetics คือ วัสดุที่ประกอบด้วยสิ่งต่างๆที่มีมนุษย์คิดขึ้น เพื่อประโยชน์ในงานด้านการค้า geotechnical engineering รวมทั้งนำมาใช้ในงานที่เกี่ยวข้องกับโครงสร้างในงานดิน เช่น กำแพงกันดิน เขื่อนดิน เป็นต้น หรือใช้ในงานระบบระบายน้ำ และ งานกรองวัสดุ งานแยกชั้นวัสดุ งาน

ป้องกันการกัดเซาะของชายฝั่งทะเลหรือริมฝั่งแม่น้ำโดยส่วนมากแล้ววัสดุคิบบที่ใช้ในการผลิต geosynthetics จะเป็นวัสดุประเภท plastic เช่น polymer, rubber, fiberglass เป็นต้น

หน้าที่หลักๆของ geosynthetics สำหรับงานก่อสร้างมีดังนี้

1) การแยกชั้นวัสดุ (separation) ในระหว่างการก่อสร้างบริเวณที่เป็นดินอ่อนมักพบปัญหาวัสดุมจมลงไปในพื้นที่ดินอ่อน ทำให้จะต้องเพิ่มวัสดุมให้เพียงพอเพื่อทดแทนวัสดุมที่สูญเสียลงไปในพื้นที่ดินอ่อน การเลือกใช้วัสดุสังเคราะห์สำหรับการแยกชั้นวัสดุที่เหมาะสม จะทำหน้าที่แยกชั้นวัสดุระหว่างวัสดุมกับดินเดิมป้องกันไม่ให้วัสดุมจมลงไปปะปนรวมกับชั้นดินเดิมซึ่งเป็นดินอ่อน จึงช่วยลดปริมาณของวัสดุมและประหยัดค่าใช้จ่ายในการก่อสร้าง นอกเหนือจากนี้การแยกวัสดุมใหม่ที่มีคุณสมบัติออกจากดินเดิม ยังทำให้พฤติกรรมของวัสดุมทำงานเป็นลักษณะ platform ช่วยกระจายแรงอย่างสม่ำเสมอลงสู่ชั้นดินเดิม วัสดุสังเคราะห์สำหรับการแยกชั้นวัสดุที่มีประสิทธิภาพจะต้องไม่เกิดความเสียหายหรือถูกเจาะทะลุในระหว่างการถมดิน โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อวัสดุมมีขนาดใหญ่และแหลมคม

2) การเสริมกำลังดิน (reinforcement) การใช้วัสดุสังเคราะห์เพื่อเสริมกำลังดินมีลักษณะการนำไปใช้ได้หลากหลายลักษณะงาน เช่น การก่อสร้างกำแพงกันดิน คอสะพาน หรือการก่อสร้างคันดินสูงๆ ซึ่งมีน้ำหนักบรรทุกและ แรงดันจากน้ำหนักดินถมที่มากจนทำให้เกิด slip failure เนื่องจากความเครียดในแนวราบ (lateral strain) ที่เกิดขึ้น ด้วยการใส่แผ่นใยสังเคราะห์เสริมแรงเป็นชั้นๆระหว่างชั้นดินที่บดอัดแน่นเพื่อรับแรงในแนวราบที่เกิดขึ้นในโครงสร้างกำแพงกันดินจะทำให้คันดินมีเสถียรภาพดีขึ้น การแก้ไขลาดดินพังทลายและลาดดินที่มีความชันสูง ด้วยการใส่วัสดุเสริมกำลังดิน เข้าไปเสริมกำลังในชั้นดินที่พังทลายโดยทำการเสริมเป็นชั้นๆ แล้วบดอัดแน่น

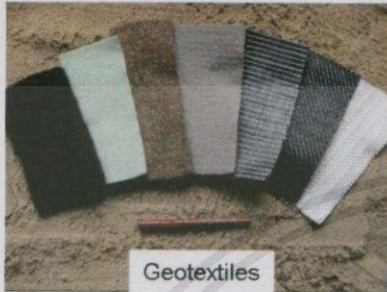
3) การระบายน้ำออกจากดิน (drainage) โดยมีความสามารถให้มีการไหลผ่านของน้ำในแนวแกนแผ่นได้สูง และมีความสามารถในการเป็นตัวกรองที่ดี ซึ่งโดยปกติแล้วระบบระบายน้ำของโครงสร้างงานดินต่างๆ มักใช้ท่อเจาะรูพูนร่วมกับชั้นระบายน้ำ แต่มักเกิดปัญหามีเศษดินรอบๆ หินระบายมาอุดตัน ทำให้ระบบไม่ทำงาน ส่งผลให้โครงสร้างมีความเสียหายจากแรงดันน้ำใต้ดินที่ไม่ระบายออก หรือเกิดน้ำเจ็มนองบนผิวดิน แต่การใช้แผ่นใยสังเคราะห์สำหรับการระบายน้ำระหว่างชั้นหินระบายน้ำกับชั้นดินถม จะช่วยป้องกันการอุดตัน รวมทั้งช่วยดูดน้ำจากเม็ดดิน โดยจะแยกกักกันอนุภาคเม็ดดิน ในขณะที่ยอมให้น้ำไหลผ่านได้ ซึ่งการใช้งานแผ่นใยสังเคราะห์สำหรับระบายน้ำจะมีประโยชน์กับการก่อสร้างร่องระบายน้ำขอบถนน การก่อสร้างชั้นระบายน้ำหลังกำแพงกันดิน การปูรองชั้นทรายระบายน้ำของแผ่นพื้นสำเร็จรูป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชนิดของ geosynthetics

1) geotextiles คือวัสดุสังเคราะห์ที่มีความสามารถในการซึมผ่านของน้ำที่สูง ใช้งานร่วมกับดินซึ่งมีความสามารถในการแยกชั้น การกรอง การเสริมกำลัง การป้องกันการชะของหน้าดินและการระบาย

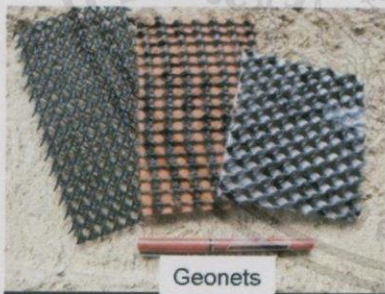


รูป 2.25 Geotextiles [Research475 ,2014]



รูป 2.26 Geogrid [Research475 ,2014]

2) geogrid คือวัสดุสังเคราะห์ที่ใช้สำหรับเสริมแรงในดินหรือในวัสดุที่ใกล้เคียงกัน วัสดุ geogrid ใช้งานทั่วไปสำหรับการเสริมแรงในกำแพงกันดิน ตลอดจนการเสริมแรงในชั้นทางหรือชั้นดินใต้ถนน ซึ่งดินบดอัดใต้ถนนจะเกิดหน่วยแรงดึงขึ้นเมื่อมีน้ำหนักจากยานพาหนะเข้ามากระทำ geogrid จะช่วยรับแรงดึงที่เกิดขึ้นซึ่ง geogrid เป็นวัสดุที่รับแรงดึงได้สูง



รูป 2.27 Geonet [Research475 ,2014]



รูป 2.28 Geomembrane [Research475 ,2014]

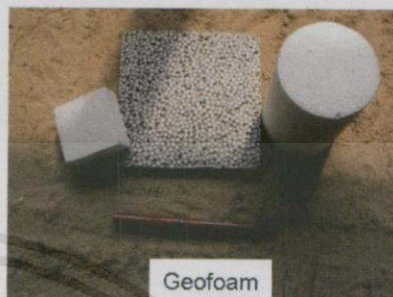
3) geonet คือวัสดุสังเคราะห์ที่ประกอบไปด้วยโครงตาข่ายที่เชื่อมต่อกันวางเป็นแนวเรียงกันที่มุมต่างๆ ใช้สำหรับสำหรับการระบายในแนวระนาบของของเหลวหรือแก๊ส วัสดุ geonet มักจะถูกเคลือบกับวัสดุ geotextiles บนพื้นผิวด้านหนึ่งหรือทั้งสองด้านซึ่งใช้ในการระบายน้ำอีกทั้งยังสามารถกรองวัสดุที่มีขนาดเล็กไปได้พร้อมๆกันซึ่งจะเรียกว่าวัสดุ geocomposites

4) geomembrane เป็นวัสดุสังเคราะห์ที่มีคุณสมบัติการซึมผ่านน้ำต่ำมาก ซึ่งส่วนมากใช้เป็นวัสดุที่ป้องกัน กักเก็บ ในทางด้านธรณีวิศวกรรม เช่น งานควบคุมของเหลว แก๊ส หรือสารเคมี

ที่เป็นอันตรายต่อมนุษย์และสิ่งแวดล้อม เป็นต้น วัสดุ geomembrane ทำขึ้นรูปจากแผ่นพอลิเมอร์ แต่ก็สามารถที่จะทำได้จากวัสดุ geotextiles แล้วทำให้ชุ่มด้วย asphalt, elastomer หรือ polymer sprays เป็นต้น



รูป 2.29 Geosynthetic clay liners(GCLs)
[Research475 ,2014]



รูป 2.30 Geofoam [Research475 ,2014]

5) geosynthetic clay liners (GCLs) คือ วัสดุ geocomposites ที่ประกอบไปด้วยชั้นดิน bentonite ซึ่งโดยทั่วไปจะอยู่ระหว่างวัสดุ geotextile หรือ geotextile bentonite โดยติดกับแผ่น geomembrane อีกชั้นหรือมีเพียงแค่วัสดุ geotextile ก็ได้ ซึ่ง GCLs มักจะถูกเย็บหรือใช้เข็มเจาะเย็บทะลุชั้น bentonite ตรงกลางเพื่อเพิ่มเสถียรภาพภายในเนื่องจากแรงเสียดทานของวัสดุ GCLs ซึ่งเมื่อวัสดุ GCLs ถูกน้ำจะทำให้ bentonite บวมตัวและเป็นกำแพงป้องกันสำหรับของเหลวหรือแก๊สและนิยมใช้ในงานก่อสร้างบ่อทิ้งขยะซึ่งมักใช้งานร่วมกับวัสดุ geocomposites

6) geofoam บล็อกหรือแผ่น geofoam สร้างขึ้นโดยการขยายตัวของ polystyrene foam ซึ่ง geofoam ใช้ในงานฉนวนกันความร้อน เป็นวัสดุที่มีน้ำหนักเบา นิยมใช้เป็นวัสดุ back fill ซึ่งในช่วยลดแรงดันดินที่กระทำต่อกำแพงกันดินได้



รูป 2.31 Geocell [Research475 ,2014]



รูป 2.32 Geocomposites [Research475 ,2014]

เอกสารนี้เป็นเอกสารสงวนลิขสิทธิ์ของภาควิชาการศึกษานานาชาติ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ไม่สามารถนำเนื้อหาไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7) geocell เป็นวัสดุที่ค่อนข้างหนา มีลักษณะการเชื่อมต่อเป็นแบบสามมิติ สร้างขึ้นจากแผ่น polymeric ซึ่งจะมีการเชื่อมแผ่น polymeric เข้าด้วยกันให้เป็นรูปแบบของเซลล์ที่เชื่อมต่อกัน มีช่องว่างสำหรับเติมดินลงไปในช่วงหรือบางที่อาจจะเป็นคอนกรีตซึ่งขึ้นอยู่กับการใช้งาน

8) geocomposites คือวัสดุสังเคราะห์ที่สร้างขึ้นจากการรวมกันของวัสดุสังเคราะห์สองชนิดขึ้นไป ตัวอย่างเช่น geotextile-geonet; geotextile-geogrid; geonet-geomembrane; หรือ geosynthetic clay liner (GCL) ซึ่ง Prefabricated geocomposite drains or prefabricated vertical drains (PVDs) ก็จัดได้ว่าเป็นวัสดุ geocomposites ซึ่ง PVDs ทำขึ้นจากการรวมกันของ ใยสังเคราะห์เป็นพลาสติกซึ่งทำหน้าที่เป็นรูระบายน้ำและวัสดุ geotextile ทำหน้าที่เป็นที่กรองซึ่งติดตั้งไว้รอบๆ ใยสังเคราะห์เป็นต้น

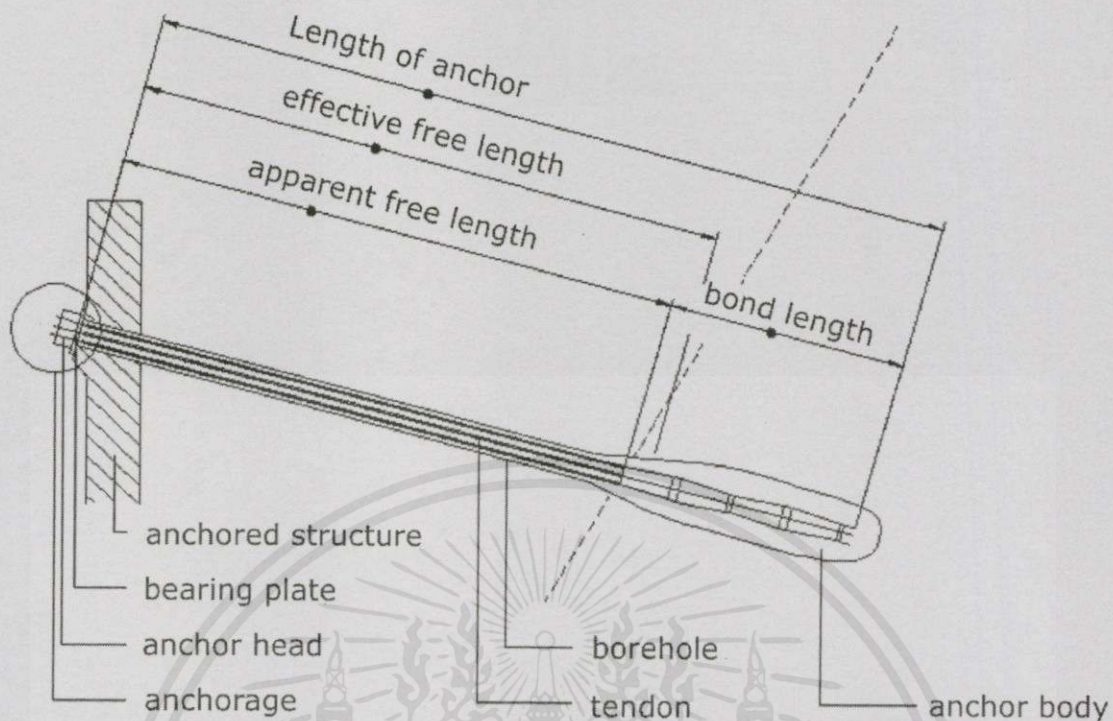
2.3.2 สมอยึดสำหรับกำแพงกันดิน

สมอยึดที่นิยมใช้งานโครงสร้างกันดินมีหลายชนิดแบ่งตามลักษณะการใช้งานของสมอยึด หรือตามรูปร่างของสมอยึดเช่น tie backs , anchor plate , vertical anchor piles และ anchor beam with batter piles นอกจากนี้ยังแบ่งตามลักษณะของแรงต้านทานที่เกิดขึ้นในสมอยึด คือสมอยึดแบบอาศัยแรงเสียดทานที่ผิว สมอยึดแบบอาศัยแรงต้านทานด้านหน้าแผ่นสมอยึด และสมอยึดแบบอาศัยทั้งแรงเสียดทานและแรงต้านทานร่วมกัน

2.3.2.1 tieback

ground anchor หรือบางครั้งเรียกว่า tieback เป็นระบบงานก่อสร้างด้านโครงสร้างแบบใหม่ ที่มีความสำคัญสามารถถ่ายแรงจากภายนอกผ่านส่วนประกอบของระบบไปสู่ดินชั้นที่ลึกลงไป โดยใช้ส่วนประกอบหลักคือ Anchor ซึ่งฝังแน่นอยู่ในดินคล้ายสมอยึดทำหน้าที่หลักในการถ่ายทอดแรงระหว่าง tieback กับดินโดยรอบ เบื้องต้น tieback ได้รับการพัฒนามาใช้กันอย่างกว้างขวางในกลุ่มผู้รับเหมาก่อสร้าง โดยนำมาใช้เป็นโครงสร้างชั่วคราวซึ่งมีอายุการใช้งานไม่เกิน 2 ปี เพื่อเป็นองค์ประกอบสำคัญของกำแพงกันดินในงานดินชนิดที่มีพื้นที่จำกัด และมีความลึกของการขุดตั้งแต่ปานกลางขึ้นไปจนถึงลึกมาก ผลสำเร็จจากการนำระบบงานก่อสร้างแบบ tieback มาใช้งานทำให้มีผู้ ประกอบการเกี่ยวกับงานก่อสร้างด้านอื่นๆ นำไปใช้งานอย่างกว้างขวาง พร้อมกับการพัฒนาเทคนิคในการก่อสร้างระบบ tieback ที่ได้เคยก่อสร้างมาแล้วให้เหมาะสมกับสภาพพื้นที่ของการก่อสร้าง และสะดวกแก่การใช้งานมากขึ้นจนกลายเป็นเทคนิคเฉพาะของตัวเอง จนเป็นที่ยอมรับโดยทั่วไปในปัจจุบัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูป 2.33 ส่วนประกอบของสมอยึด [Engineersdaily, 2014]

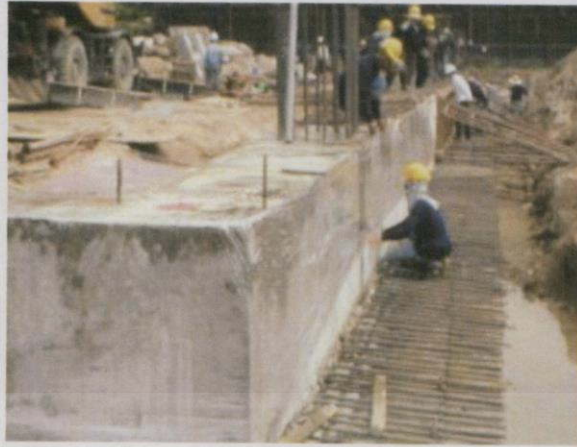
2.3.2.2 spacer

spacer ในระบบ tieback ในกรณีที่ต้องใช้งาน bar , wire หรือ strand จำนวนมากกว่า 1 เส้น ตัว spacer จะทำหน้าที่จัดระยะห่างระหว่าง bar , wire หรือ strand ให้มีระยะห่างเท่าๆกันและเพียงพอต่อการแทรกตัวของวัสดุ Grout เข้าไปโดยรอบ Bar , Wire หรือ Strand ช่วยให้เกิดการยึดเกาะที่ีระหว่าง bar , wire หรือ strand กับสาร grout ช่วยให้การถ่ายทอดแรงภายใน bar , wire หรือ strand เป็นไปอย่างถูกต้อง และไม่ก่อให้เกิดการสูญเสียแรงเนื่องจากการวางแนวของ bar , wire หรือ strand ผิดพลาดไปจากที่ได้ออกแบบไว้ แต่สำหรับ tieback บางประเภทอาจไม่จำเป็นต้องใช้ spacer ในการจัดเรียงแนวของ bar , wire หรือ strand

2.3.3 capping beam

capping beam หรือคานรัดหัวเสาเข็ม ทำหน้าที่ยึดเสาเข็มแต่ละต้นไว้ไม่ให้เกิดการเคลื่อนตัวออกจากกัน อันเนื่องมาจากแรงคั่นดินด้านข้าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

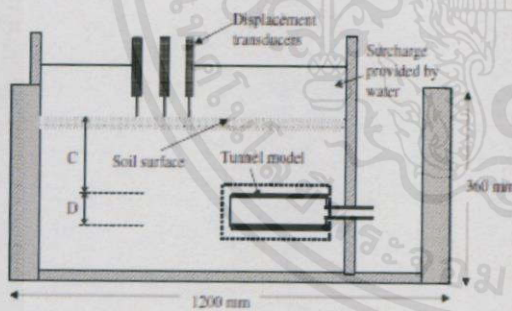


รูป 2.34 ลักษณะของคานยึดหัวกำแพงกันดิน [pps group ,2546- 2550]

2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.4.1 M.A. Meguid , O. Saada 1, M.A. Nunes 1, J. Mattar (2007)

M.A. Meguid , O. Saada 1, M.A. Nunes 1, J. Mattar (2007) ใช้แบบจำลองวิเคราะห์งานชุดเพื่อสร้างอุโมงค์ในชั้นดินอ่อน เพื่อทำเป็นข้อมูลทางสถิติเกี่ยวกับการเคลื่อนตัวของอุโมงค์และการบีบตัวของชั้นดินอ่อนบริเวณข้างเคียง โดยใช้ท่อเหล็กจำลองเป็นอุโมงค์ฝังไปในชั้นดินอ่อนและใช้น้ำหนักกดทับเพื่อศึกษาพฤติกรรมการทรุดตัวของอุโมงค์



ก)



ข)

รูป 2.35 แบบจำลองโครงสร้างกันดิน

ก) แบบจำลองของ Meguid and Saada ,2007

ข) แบบจำลองของ Anne , Morela , Garnier ,2009

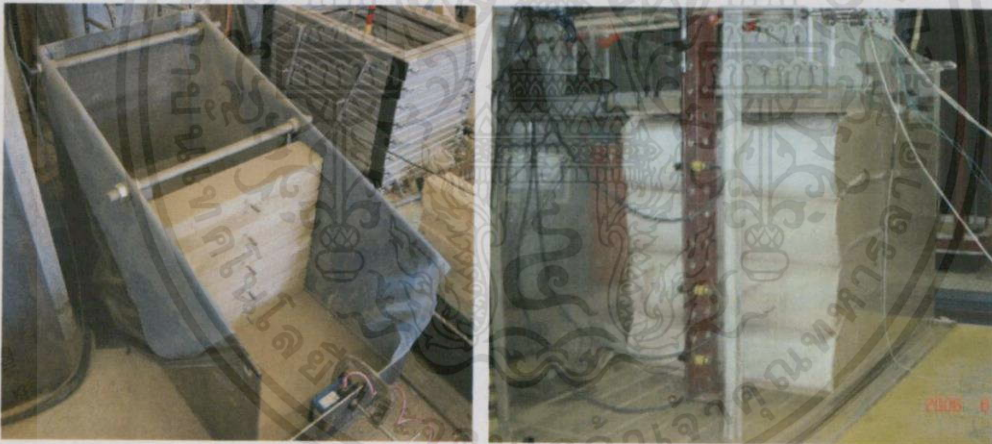
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.2 Anne-Sophie Colas a , Jean-Claude Morela , Denis Garnier(2009)

Anne-Sophie Colas a , Jean-Claude Morela , Denis Garnier(2009) ได้ทำการศึกษาพฤติกรรมการพังของดินทราย และลักษณะการพังของกำแพงกันดิน โดยใช้หินก่อสร้าง 2.5 เมตร ติดตั้งอุปกรณ์วัดการเคลื่อนตัวทุกๆ ความสูง 25 เซนติเมตร จากนั้นปล่อยทรายเข้าบริเวณกำแพง และวัดการเคลื่อนตัวจนกำแพงพัง พบว่าลักษณะการพังของกำแพง จะขึ้นกับกำลังรับแรงเฉือนของวัสดุ และความแข็งแรงของข้อต่อระหว่างกำแพง กับฐานรากของกำแพง ซึ่งจะทำให้เกิดมุมของการพังที่แตกต่างกัน

2.4.3 Mundell,c and Mccombe (2009)

Mundell,c and Mccombe (2009) ศึกษาและวิเคราะห์เสถียรภาพของโครงสร้างกันดิน โดยใช้แบบจำลอง และวัสดุ 2 ชนิดคือ ไม้และอิฐคอนกรีต ที่มีรูปทรงแตกต่างกันมาใช้ในแบบจำลอง นำผลที่ได้จากแบบจำลองไปวิเคราะห์โดยใช้สมการทางคณิตศาสตร์ เพื่อเป็นองค์ประกอบในการใช้ออกแบบงานงานวิจัยที่มีขนาดของโครงสร้างกันดินที่ใหญ่เท่าขนาดจริง ดังที่แสดงในรูป 2.36



ก)

ข)

รูป 2.36 แบบจำลองโครงสร้างกันดิน

ก) แบบจำลองของ Mundell and Mccombe ,2009

ข) แบบจำลองของ Murali and Madhavi ,2012

2.4.4 Murali Krishna, and G. Madhavi Latha (2012)

เอกสารนี้เป็นเอกสาร Murali Krishna, and G. Madhavi Latha (2012) ศึกษาแบบจำลองโครงสร้างกันดินบนด้านการค้าไม่ว่าการ โดยใช้แผ่นใยแก้วสังเคราะห์ (geotextile) เป็นตัวเสริมประสิทธิภาพการรับแรง และรับแรงด้านข้าง ใช้แทนโครงสร้างกันดิน จากนั้นวางแบบจำลองบนโต๊ะเขย่าเพื่อทำให้เกิดแรงสั่นสะเทือน ใช้อุปกรณ์ตรวจวัดการเคลื่อนตัว แรงดันด้านข้าง และความเร่งจากการสั่นสะเทือน พบว่า การเพิ่มความยาว

แผ่นใยแก้วสังเคราะห์ และระยการเสริม จะมีเสถียรภาพในการรับแรงเพิ่มขึ้น เมื่อมีความเร่งเพิ่มขึ้น ดังที่แสดงในรูป 2.36ข

2.4.5 B. Villemus, J.C. Morel, C. Boutin (2014)

B. Villemus, J.C. Morel, C. Boutin (2014) ได้สร้างแบบจำลองการพังของโครงสร้างกันดิน 5 แบบจำลอง โดยใช้หินซีสต์ และหินปูน สร้างแบบกำแพงโดยเปลี่ยนความสูงตั้งแต่ 2 เมตร ถึง 4 เมตร และมีการจัดเรียงต่างกัน เช่นการเรียงหินขนาดใหญ่ไว้ ด้านนอก และขนาดเล็กไว้ด้านใน รวมทั้งมุมลาดเอียงกำแพง และใช้กล้องวีดีโอถ่าย พร้อมกับใช้เซนเซอร์เป็นตัววัดค่าการเคลื่อนตัว ซึ่งพบว่า ผลที่ได้คือแต่ละแบบจำลองมีประสิทธิภาพที่แตกต่างกัน มีน้ำหนักกระทำที่กำแพงต่างกัน และมีมุมการพังที่แตกต่างกัน



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

วิธีการดำเนินการวิจัย

3.1 บทนำ

แบบจำลองโครงสร้างกันดิน เป็นการจำลองขั้นตอนเชิงวิศวกรรมศาสตร์ เพื่อแสดงให้เห็นถึงลักษณะการวิบัติของ โครงสร้างกันดิน เนื่องจากการก่อสร้างทางวิศวกรรมโยธาจำเป็นจะต้องคำนึงถึงความปลอดภัยของสิ่งก่อสร้างเป็นสำคัญ โดยศึกษาจากพฤติกรรมการเคลื่อนตัวของ โครงสร้างกันดิน รูปแบบของโครงสร้างกันดินและพฤติกรรมการวิบัติของโครงสร้างกันดิน ให้เข้าใจและถูกต้องแม่นยำ ทั้งนี้เพื่อให้ได้สิ่งก่อสร้างที่สามารถใช้งานได้มีประสิทธิภาพ ถูกต้องตามหลักวิศวกรรม

ในการศึกษาพฤติกรรมดินเป็นสิ่งที่ยังมองไม่เห็นด้วยตาเปล่าจนกว่าจะถึงจุดที่ดินเกิดการวิบัติ จึงจำเป็นต้องสร้างแบบจำลองที่เป็นวัสดุจริง แต่ย่อสัดส่วนวางลงบนกระดาษหรือวาดด้วยคอมพิวเตอร์ หรือจากการคำนวณเชิงตัวเลข (finite element method , FEM) เป็นเทคนิควิเคราะห์เชิงตัวเลขสำหรับการหาคำตอบ โดยประมาณ ของสมการเชิงอนุพันธ์ย่อยพร้อมๆกับสมการปริพันธ์ ผลลัพธ์ที่ได้จากระเบียบวิธีนี้มีพื้นฐานมาจากทั้งการกำจัดสมการเชิงอนุพันธ์อย่างสมบูรณ์ (สำหรับปัญหาที่อยู่ในสภาวะคงที่) หรือการปรับแก้สมการเชิงอนุพันธ์ให้กลายเป็นระบบ โดยประมาณของสมการเชิงอนุพันธ์สามัญซึ่งเป็นปริพันธ์ทางคณิตศาสตร์ด้วยการใช้เทคนิคมาตรฐานทางคณิตศาสตร์ ซึ่งสิ่งที่จำลองมาจากของจริงเรียกว่า แบบจำลอง (model) วิธีนี้ได้มาซึ่งแบบจำลองเรียกว่า การจำลองแบบจำลอง (modeling) การจำลองแบบเป็นการสร้างจินตนาการของภาพ เพื่อเลียนแบบพฤติกรรมดินที่เกิดขึ้นจริงที่พบตามธรรมชาติ โดยใช้วิธีที่ตั้งอยู่บนกฎการค้นพบทางวิศวกรรม

ชนิดของแบบจำลองสามารถแบ่งออกได้เป็น 5 ชนิด ได้แก่

- 1) แบบจำลองเชิงแนวคิด (conceptual model)
- 2) แบบจำลองเชิงกายภาพ (physical model)
- 3) แบบจำลองเชิงคณิตศาสตร์และสถิติ (mathematical and statistical model)
- 4) แบบจำลองเชิงภาพเคลื่อนไหว (visualization model)
- 5) แบบจำลองเชิงซิสเต็มไดนามิกส์ (system dynamics model)

ในการศึกษาครั้งนี้ เป็นการศึกษาโดยใช้แบบจำลองทางกายภาพ (physical model) ขนาด 1-g เพื่อศึกษาการพิบัติของ โครงสร้างกันดิน ซึ่งดินตัวอย่างที่ถูกนำมาใช้ คือ ดินทรายที่ผ่านการอบแห้ง เพื่อให้ง่ายต่อการทดลอง ดังนั้นก่อนทำการการศึกษาแบบจำลอง ต้องมีการทดสอบเพื่อหาคุณสมบัติของดินตัวอย่าง

3.2 คุณสมบัติของดินตัวอย่างในแบบจำลอง

ก่อนทำการทดลอง ได้มีการนำดินตัวอย่างที่ใช้ในแบบจำลองมาทำการทดสอบ หาขนาดคละของดินตัวอย่าง (grain size analysis) หน่วยน้ำหนักของดินตัวอย่าง และค่ามุมเสียดทานภายใน (internal friction angle, ϕ) เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการวิเคราะห์ผลการทดลองจากแบบจำลอง โดยมีรายละเอียดดังนี้

3.2.1 Grain Size Analysis :ขนาดคละของดินตัวอย่าง (มาตรฐานอ้างอิง: ASTM D 422 – 63)

มวลดินหนึ่งกิวบิตฟุตอาจประกอบด้วยเม็ดดินหลายขนาด เช่น 10 เซนติเมตร ลงมาจนกระทั่ง 0.0002 มิลลิเมตร ซึ่งไม่สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่า คุณสมบัติทางฟิสิกส์ของมวลดินจะขึ้นอยู่กับขนาดเม็ดดินอย่างมาก เช่น มวลดินที่มีเม็ดใหญ่กว่าตะแกรงเบอร์ 200 ส่วนมากจะไม่มีความเห็นียวหรือแรงยึดเกาะระหว่างเม็ดดิน ซึ่งเรียกว่าดินทราย (granular soil) ส่วนดินที่มีส่วนประกอบเป็นเม็ดเล็กมากก็จะเรียกว่าดินเหนียว (cohesive soil) นอกจากนั้นขนาดเม็ดดินยังมีอิทธิพลกับความซึมน้ำ (permeability), การรับแรง (strength), อัตราการทรุดตัว (rate of consolidation) และอื่นๆ อีกมาก

การหาขนาดและการกระจายของเม็ดดินอาจทำได้ด้วยกันหลายวิธี แต่ที่นิยมปฏิบัติกันแพร่หลายคือ วิธีร่อนผ่านตะแกรง (sieve analysis) ที่มีช่องขนาดต่างๆ กัน มักใช้กับดินที่มีขนาดใหญ่กว่า 0.075 มิลลิเมตร ขึ้นไปวิธีตกตะกอนโดยใช้ไฮโดรมิเตอร์ หรือหลอดดูด (pipette) วัดการตกตะกอนเหมาะสำหรับเม็ดดินขนาด 0.2 มิลลิเมตร ถึง 0.0002 มิลลิเมตร ทั้งสองวิธีดังกล่าวอาจใช้ร่วมกันในการวิเคราะห์ขนาดของตัวอย่างเดียวกันได้

อุปกรณ์

- 1) ถาดใส่ตัวอย่าง (mixing pan)
- 2) ตะแกรงร่อน (sieve) ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 20 เซนติเมตร
- 3) เครื่องเขย่าตะแกรง (sieve shaker)
- 4) เครื่องชั่ง ขนาด 2 กิโลกรัม อ่านละเอียด 0.1 กรัม
- 5) แปลงทำความสะอาดตะแกรง
- 6) ช้อนตักดิน (soil scoop)

วิธีการทดลอง

- 1) ชั่งตะแกรงต่างๆ ขนาดที่ใช้ โดยตาชั่งอ่านได้ถึง 0.1 กรัม โดยตะแกรงชุดหนึ่งไม่ควร

เกิน 7 ไร่ โดยมีขนาดละเอียดถึงเบอร์ 200 อยู่ด้วยทุกครั้ง

- 2) ในกรณีที่ตัวอย่างดินเกาะเป็นก้อนใหญ่ให้ทุบ แยกดินออกเป็นเม็ดอิสระด้วยค้อนอย่าง แต่ต้องระวังอย่าให้แรงมากจนเม็ดดินแตก

3) นำตัวอย่างดินที่อบชั่งน้ำหนักแล้วใส่ลงในตะแกรงที่เรียงลำดับจากหยาบไปหาละเอียด โดยมีฝาปิดด้าน บนและมีถาด (pan) รองด้านล่าง รวมเป็นถาดของตะแกรงนำไปเข้าเครื่องเขย่า (sieve shaker) เขย่านานอย่างน้อย 10 นาที

4) ชั่งทั้งดินที่ค้างอยู่ในแต่ละตะแกรงรวมทั้งน้ำหนักตะแกรง แล้วนำไปคำนวณหาค่า %F

วิธีการคำนวณ

$$1) \text{เปอร์เซ็นต์ของดินที่ค้างบนตะแกรง} = \frac{\text{น.น.ดินในแต่ละตะแกรง}}{\text{น.น.ดินทั้งหมด}} \times 100$$

2) เปอร์เซ็นต์การค้างสะสม = ผลบวกสะสมของเปอร์เซ็นต์ของดินที่ค้างบนตะแกรงที่หยาบกว่า

$$3) \text{เปอร์เซ็นต์ของดินที่ผ่านตะแกรง (\% finer)} = 100 - \text{เปอร์เซ็นต์ค้างสะสม}$$

3.2.2 Specific Gravity of Soil: ความถ่วงจำเพาะของเม็ดดิน (มาตรฐานอ้างอิง : ASTM D 854 - 00)

ความถ่วงจำเพาะ จะเป็นคุณสมบัติพื้นฐานสำคัญอีกค่าหนึ่ง ทำให้สามารถคำนวณหาปริมาตรช่องว่าง (void volume) ความอิ่มตัว (degree of saturation) ความพรุน (porosity) และอื่น ๆ ได้ ทั้งยังจะทำให้คาดได้ว่ามวลดินนั้นๆ ประกอบด้วยธาตุสารอะไรเป็นองค์ประกอบ



รูป 3.1 อุปกรณ์ในการหาค่าความถ่วงจำเพาะของดิน

อุปกรณ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

- 1) ขวดแก้วฟลาซกันแบน ขนาดความจุ 500 ลูกบาศก์เซนติเมตร
- 2) เตาบุนเต็น หรือ เตาแผ่นร้อน (hot plate)
- 3) สามขา (tripod) และแผ่นตะแกรงแอสเบสโตส (asbestos gauze) ใช้กับเตาบุนเต็น

- 4) ปรอท 0-100°C อ่านละเอียด 0.5-1.0°C
 - 5) แท่งแก้วคน ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 3 มิลลิเมตร ยาว 30 เซนติเมตร
 - 6) กรวย ขนาดปากประมาณ 10 เซนติเมตร แบบรูกว้าง
 - 7) ตู้อบ
 - 8) อ่างแก้วดูความร้อน
 - 9) เครื่องชั่งอ่านละเอียด
 - 10) ภาชนะ - ชั้นอลูมิเนียม
- วิธีการทดสอบ

ก) การหากราฟสำหรับหาน้ำหนักน้ำและขวดที่อุณหภูมิต่างๆ

เมื่อนำขวดหาความถ่วงจำเพาะใหม่มาใช้ หรือ เมื่อใช้ไปนานพอสมควร ควรจะต้องทำการหากราฟความสัมพันธ์ของน้ำหนักขวดมีน้ำเต็ม และ อุณหภูมิ โดยทำได้ดังนี้

- 1) ล้างขวด ความถ่วงจำเพาะ ให้สะอาดเติมน้ำกลั่นลงไปจนถึงขีดที่คอขวด (อ่านที่ระดับท้องน้ำ)
- 2) ต้มไล่ฟองอากาศหรือดูดโดยปั๊มสุญญากาศประมาณ 10 นาที จนฟองอากาศหมด
- 3) เติมน้ำปรับระดับน้ำจนเสมอระดับที่คอขวดพอดี เช็ดภายนอกขวดให้แห้ง แล้วนำไปชั่งน้ำหนัก
- 4) วัดอุณหภูมิของน้ำภายในขวดให้ละเอียด โดยวัดที่หลายระดับ ถ้าอุณหภูมิต่างกันมาก ให้ตะแคง ขวดแล้วกลิ้งไปมาเพื่อให้ผสมเข้ากันดีทำให้อุณหภูมิสม่ำเสมอแล้วจึงบันทึกอุณหภูมิที่ถูกต้อง
- 5) ทำเช่นเดียวกับข้อ 3 และ 4 โดยให้ความร้อนหรือทำให้เย็นลงในช่วงอุณหภูมิที่ใช้งาน (20 ถึง 40°C) ประมาณ 4-5 จุด เช่นที่ 20°C, 25°C, 30°C, 35°C และ 40°C เป็นต้น
- 6) เขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง น้ำหนักขวดที่มีน้ำเต็ม และอุณหภูมิ ดังแสดงในตัวอย่างรูป

ข) การทดลองหาความถ่วงจำเพาะของดิน

- 1) นำดินตัวอย่างที่แห้งประมาณ 50 กรัม (ถ้าเป็นดินชื้นต้องเผื่อน้ำหนักความชื้น) ผสมน้ำกลั่นแล้วควนให้เข้ากัน โดยใช้เครื่องปั่น (mixer machine) โดยให้ส่วนผสมไม่เกิน 200 ลูกบาศก์เซนติเมตร

- 2) เทส่วนผสมน้ำดินลงในขวดหา ความถ่วงจำเพาะ ขนาด 250 ลูกบาศก์เซนติเมตร แล้วใช้น้ำกลั่นล้างดินที่ติดในภาชนะผสมลงในขวด ความถ่วงจำเพาะให้หมดครว้งอย่าให้ระดับน้ำเกินขีดวัดปริมาตรที่คอขวด

- 3) ไล่ฟองอากาศโดยการต้มหรือดูดโดยปั๊มสุญญากาศประมาณ 10 นาที จนฟองอากาศหมด แล้วเติมน้ำกลั่นให้ถึงระดับขีดที่คอขวด แล้วปล่อยให้เย็นถึงอุณหภูมิห้องทดลอง

4) ถ้าระดับน้ำลดลงอีก ให้เติมให้เต็มถึงขีด แล้วนำไปชั่งให้ละเอียดถึง 0.1 กรัม แล้ววัดอุณหภูมิของน้ำดินในขวด

5) เทแล้วล้างส่วนผสมในขวด ความถ่วงจำเพาะ ลงในถาด นำไปอบให้แห้งเพื่อชั่งหาน้ำหนักดินที่แน่นอนอีกครั้ง

การคำนวณ

จากสมการดังนี้(เมื่อมีปริมาตรเท่ากัน)

$$G = \frac{W_s}{W_w(4^\circ\text{C})} \quad (3.1)$$

$$G = \frac{W_s}{[(W_s+W_2)-W_1] \cdot \frac{1}{G}} \quad (3.2)$$

$$G = \frac{W_s \cdot G_T}{[(W_s+W_2)-W_1]} \quad (3.3)$$

เมื่อ : W_s = น้ำหนักดินอบแห้ง, กรัม

W_2 = น้ำหนักขวดมีน้ำเต็มที่อุณหภูมิที่ทดลอง ($T^\circ\text{C}$), กรัม

W_1 = น้ำหนักขวดมีน้ำผสมดิน ที่อุณหภูมิที่ทดลอง ($T^\circ\text{C}$)

G_T = ค่าความถ่วงจำเพาะของน้ำที่อุณหภูมิที่ทดลอง ($T^\circ\text{C}$)

3.2.3 Direct Shear Test (มาตรฐานอ้างอิง: ASTM D 3080)

เนื่องจากดินตัวอย่างเป็นดินทราย จึงได้การทดสอบแรงเฉือน โดยตรง (direct shear) ในการหาค่ามุมเสียดทานภายใน (internal friction angle, ϕ)

วิธีการทดสอบ

ก) การเตรียมตัวอย่างดินทราย (granular soil)

1) จัด shear box ให้พร้อม โดยส่วน sliding ring ยึดติดกับ stationary base อาจจะยก shear box ออกจาก direct shear machine มาเตรียมข้างนอกเพื่อความสะดวกก็ได้

2) เตรียมทรายที่ต้องการทดสอบให้มากพอ ประมาณ 250 หรือ 300 กรัม ชั่งให้ทราบ

น้ำหนักแน่นอน แล้วนำไปเตรียมลงใน shear box ก็โดยใช้วิธีโรยแล้ว compact หรือ เขย่า ให้ได้

ไม่ว่ากร ความหนาแน่นตามต้องการ ัดดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3) วัดความสูงของตัวอย่างทราย และชั่งน้ำหนักทรายที่เหลือก็จะสามารถคำนวณหาความหนาแน่นได้ แล้วปฏิบัติเช่นเดียวกับข้อ 4 ของการเตรียมตัวอย่างดินเหนียว

ข) การเหือนตัวอย่าง (shearing)

1) กดตัวอย่างดินด้วยน้ำหนัก (normal load) ที่ต้องการแล้วรอให้การทรุดตัวทางแนวตั้งหยุด ซึ่งจะกินเวลาประมาณ 2 – 10 นาที

2) เริ่มแรงเหือนให้ตัวอย่าง โดยให้อัตราการเคลื่อนที่ตามแนวราบประมาณ 0.05 นิ้ว / นาที ถึง 0.10 นิ้ว / นาที โดยสม่ำเสมอ



รูป 3.2 เครื่องมือในการหามุมเสียดทานภายในด้วยแรงเหือนโดยตรง

3) อ่านค่าแรงเหือนจาก proving ring dial, ค่าการเคลื่อนที่แนวตั้ง จาก vertical dial gage ทุกๆ การเคลื่อนที่ตามแนวราบ 0.01 นิ้ว จนกระทั่งตัวอย่างดินไม่สามารถรับแรงเหือนได้อีก โดยค่าจาก proving ring dial จะลดลง



รูป 3.3 เครื่องมือในการหามุมเสียดทานภายในด้วยแรงเหือนโดยตรง

4) เตรียมตัวอย่างเหมือนกันอีก อย่างน้อย 3 ตัวอย่าง โดยใช้น้ำหนัก (normal load) แตกต่างกัน แล้วทำการทดลอง เหมือนข้อ 1 ถึงข้อ 4

ค) การคำนวณและรายงานผลการทดสอบ

$$1) \text{ คำนวณหา shearing stress, } \tau = \frac{P.R. \times K}{A}$$

P.R. = proving ring reading

K = proving ring constant

A = shearing area

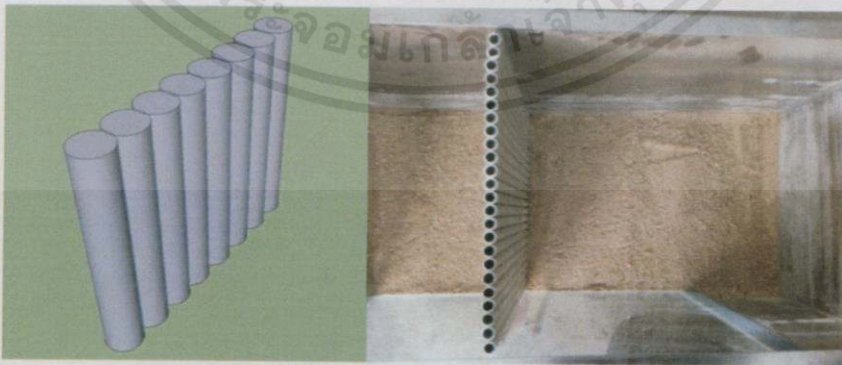
2) เขียนกราฟ แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง τ และ ΔH , ΔV และ ΔH ของทุกตัวอย่าง ในการทดสอบชุดเดียวกัน หาค่าสูงสุดของ τ จากกราฟ

3) เขียน Mohr's Diagram ระหว่าง σ และ τ_{max} ของทุกตัวอย่าง แล้วลากเส้นตรงผ่านจุดเหล่านั้น เส้นตรงนี้เรียกว่า "Mohr - Coulomb Failure Envelope" คือเส้นที่แทนความแข็งแรงหรือกำลังของดิน

3.3 แบบจำลองที่ใช้ในการศึกษา

รูปแบบของแบบจำลองในการศึกษานี้มีอยู่ 3 แบบจำลอง

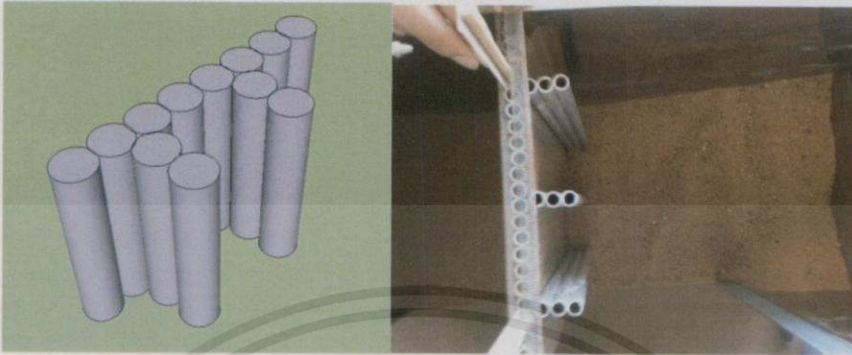
แบบจำลองที่ 1 โครงสร้างกันดินแบบ single wall เป็นการจำลองโครงสร้างกันดินที่สร้างจากเสาเข็มวางเรียงกันเป็นแถวเดียว เพื่อใช้ในการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดินกับระยะฝังโครงสร้างกันดิน มุมที่เกิดขึ้นจากระนาบการพิบัติ และใช้เป็นตัวเปรียบเทียบข้อมูลกับแบบจำลองอื่นๆ



รูป 3.4 แบบจำลอง single wall

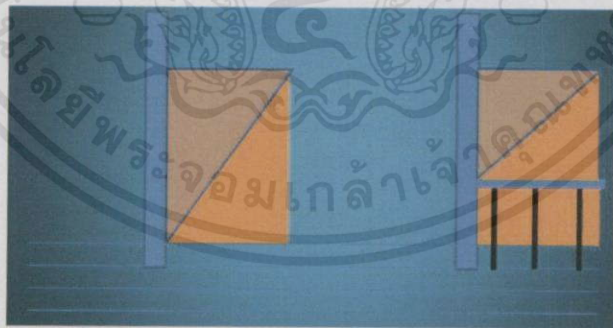
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับครู ใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
แบบจำลองที่ 2 โครงสร้างกันดินแบบ buttress wall เป็นการจำลองโครงสร้างกันดินที่สร้าง
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และข้อมูลผู้จัดทำของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
จากเสาเข็มวางเรียงกันเป็นแถวเดียวและเพิ่มครีมาค้ำยันขึ้นมาจำนวน 3 แถว แถวละ 3 แท่ง เพื่อใช้
ในการศึกษาการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดิน และมุมที่เกิดขึ้นจากระนาบการพิบัติ เมื่อความ

แข็งแรงของโครงสร้างกันดินเพิ่มขึ้น โดยการเปรียบเทียบข้อมูลกับแบบจำลองที่ ระหว่างเพิ่มความสูงของดินถม และที่จุดพิบัติ



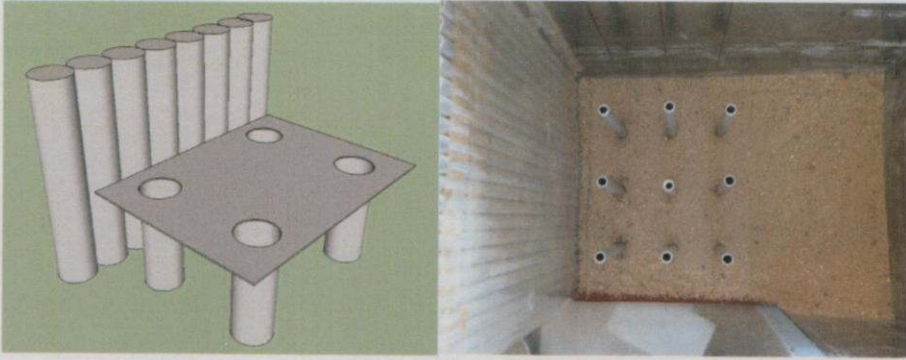
รูป 3.5 แบบจำลอง buttress wall

แบบจำลองที่ 3 โครงสร้างกันดินแบบ relieving wall เป็นการจำลองโครงสร้างกันดินที่สร้างจากเสาเข็มวางเรียงกันเป็นแถวเดียวและ platform และแท่งอะลูมิเนียมยาว 15 เซนติเมตรจำนวน 9 แท่ง จำลองเสมือนเป็นเสาเข็มรับน้ำหนักเพื่อกระจายน้ำหนักของดินถมลงสู่แนวค้ำมากขึ้น ส่งผลให้น้ำหนักที่กระทำต่อโครงสร้างกันดินลดลง ในแบบจำลองนี้มีการการศึกษาการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดิน และมุมที่เกิดขึ้นจากระนาบการพิบัติ เมื่อแรงที่กระทำด้านข้างลดน้อยลง โดยการเปรียบเทียบข้อมูลกับแบบจำลองที่ 1 ระหว่างเพิ่มความสูงของดินถม และที่จุดพิบัติ



รูป 3.6 พื้นที่การพิบัติที่ลดลงเนื่องจาก relieving platform

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูป 3.7 แบบจำลอง relieving wall

3.3.1 ขนาดของแบบจำลอง

เพื่อให้แบบจำลองมีความถูกต้องและเชื่อถือได้ในมาตรฐานเดียวกันทุกครั้งที่มีการทดลอง จึงต้องกำหนดลักษณะของตัวแบบจำลองและวัสดุที่ใช้ในการทดลองดังนี้



รูป 3.8 กล้องแบบจำลองสแตนเลส ขนาด =
53×24×40 เซนติเมตร




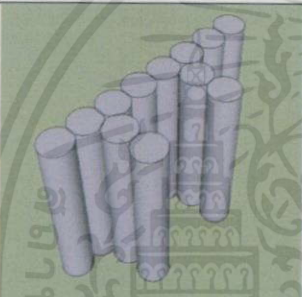
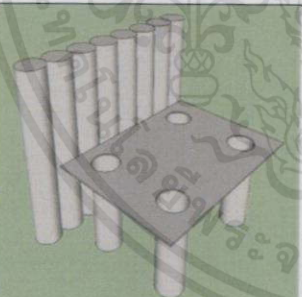
รูป 3.9 อุปกรณ์ปล่อยทราย(sand dropper)

Ø_{ภายใน} 7.1 เซนติเมตร, ยาว 24.5
เซนติเมตร, ปริมาตร 930.41 ลูกบาศก์
เซนติเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.2 โครงสร้างกันดิน

ตาราง 3.1 ขนาดของแบบจำลองโครงสร้างกันดิน

แบบจำลอง (model)	ขนาด (size)
 <p>แบบจำลอง 1</p>	<p>แท่งอะลูมิเนียม \varnothing 3/8 นิ้ว ยาว 30 เซนติเมตร จำนวน 24 แท่ง ขนาดแบบจำลอง 22.5×30 เซนติเมตร</p>
 <p>แบบจำลอง 2</p>	<p>แท่งอะลูมิเนียม \varnothing 3/8 นิ้ว ยาว 30 เซนติเมตร จำนวน 24 แท่ง ขนาดแบบจำลอง 22.5×30 เซนติเมตร พร้อมครีบบจำนวน 3 แถว แถวละ 3 แท่ง</p>
 <p>แบบจำลอง 3</p>	<p>แท่งอะลูมิเนียม \varnothing 3/8 นิ้ว ยาว 30 เซนติเมตร จำนวน 24 แท่ง ขนาดแบบจำลอง 22.5×30 เซนติเมตร กระดานปูพรม ขนาด 20×22.5 เซนติเมตร</p>

3.4 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย

3.4.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในแบบจำลอง

1) ก่อแบบจำลองสแตนเลส ขนาด 24×53×40 เซนติเมตร

2) แท่งอะลูมิเนียม ขนาด 3/8 นิ้ว ยาว 30 เซนติเมตร เพื่อใช้เป็นโครงสร้างกันดิน

3) แท่งอะลูมิเนียม ขนาด 3/8 นิ้ว ยาว 15 เซนติเมตร เพื่อใช้เป็นแบบจำลองเสาเข็ม

4) ดินตัวอย่าง

5) อุปกรณ์วัดการเคลื่อนตัว(dial gauge) 2 ตัว

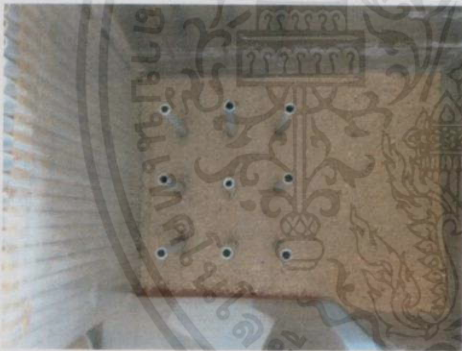
- 6) อุปกรณ์ปล่อยทราย(sand dropper)
- 7) ผงสีใช้โรยเพื่อสังเกตระนาบการพืด
- 8) แผ่นอะคริลิก ใช้แทนคานยึดตัวโครงสร้างกันดิน
- 9) แผ่นพลาสติกใส ใช้ติดด้านข้างเพื่อป้องกันดินตัวอย่างรั่ว และลดแรงเสียดทาน
- 10) ไม้บรรทัด



รูป 3.10 กล้องแบบจำลองสเตนเลส



รูป 3.11 แท่งอะลูมิเนียม



รูป 3.12 แท่งอะลูมิเนียม เพื่อใช้เป็นแบบจำลองเสาเข็ม



รูป 3.13 ดินตัวอย่าง



รูป 3.14 อุปกรณ์วัดการเคลื่อนตัว(dial gauge)



รูป 3.15 อุปกรณ์ปล่อยทราย (sand dropper)

3.4.2 วิธีเตรียมและติดตั้งอุปกรณ์การทดลองในแบบจำลอง

1) คำนวณค่า parameter ของทราย เช่น มุมเสียดทานภายใน(ϕ) ความถ่วงจำเพาะ(γ)แรงยึดเหนี่ยวระหว่างเม็ดดิน(ทราย $c=0$) และหาระยะของระนาบการพังทลายจากแรงดันดินแบบ active และ passive ที่เหมาะสมกับแบบจำลอง โครงสร้างพร้อมสมมติระยะฝั่งที่ต้องการศึกษา

2) เตรียมแบบจำลอง พร้อมอุปกรณ์ปล่อยทราย

3) เตรียมแท่งอะลูมิเนียมขนาด $3/8$ นิ้ว ยาว 30 เซนติเมตร เพื่อทำเป็นแบบจำลอง โครงสร้างกันดิน

4) เตรียมดินทรายตัวอย่าง โดยการนำไปอบเพื่อกำจัดความชื้น

5) นำทรายไปจำแนกขนาดให้อยู่ระหว่างตะแกรงเบอร์ 4 ถึงเบอร์ 200

3.4.3 วิธีทดลองแบบจำลองโครงสร้างกันดิน

ก) single wall

1) เททรายลงในแบบจำลองให้ได้ระดับดินตามที่กำหนดไว้

2) นำโครงสร้างกันดินแบบ single wall ไปติดตั้งลงในแบบจำลอง

3) ปรับ single wall ให้ได้ระดับในแนวตั้ง

4) ทำการถมดินเพื่อเป็นระยะฝั่งของโครงสร้างกันดิน

5) ติดตั้งอุปกรณ์วัดการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดิน

6) นำทรายใส่ลงในอุปกรณ์ปล่อยทราย

7) ปล่อยทรายโดยกำหนดระยะความสูง ให้ตกอย่างอิสระลงในแบบจำลองเป็นชั้น

8) บันทึกผลการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดินที่ระยะความสูงต่างๆ 1 เซนติเมตร ไร

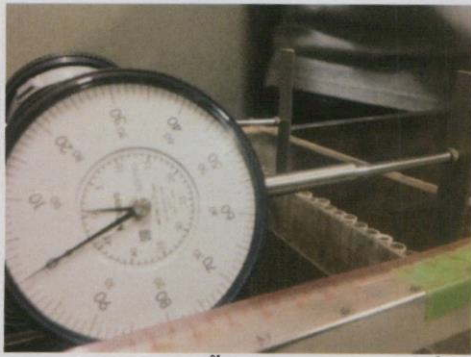
องศาเพื่อสังเกตลักษณะการพิบัติ

9) ทำการทดลองซ้ำข้อ 1-8 โดยทำการเปลี่ยนระยะฝั่งของโครงสร้างกันดินตามที่

ต้องการศึกษา



รูป 3.16 เททรายตัวอย่างลงในแบบจำลอง รูป 3.17 ติดตั้งโครงสร้างกันดินพร้อมปรับระดับโครงสร้างให้ได้แนวตั้ง



รูป 3.18 ทำการติดตั้งอุปกรณ์วัดการเคลื่อนตัวของโครงสร้าง



รูป 3.19 ปลดล้อยทรายลงในแบบจำลอง

ข) buttress wall

- 1) เททรายลงในแบบจำลองให้ได้ระดับดินเดิมตามที่คำนวณไว้
- 2) นำโครงสร้างกันดินแบบ buttress wall ไปติดตั้งลงในแบบจำลอง
- 3) ปรับ buttress wall ให้ได้ระดับในแนวตั้ง
- 4) ทำการถมดินเพื่อเป็นระยะฝั่งของ โครงสร้างกันดิน
- 5) ติดตั้งอุปกรณ์วัดการเคลื่อนตัวของ โครงสร้างกันดิน
- 6) นำทรายใส่ลงในอุปกรณ์ปลดล้อยทราย
- 7) ปลดล้อยทรายโดยกำหนดระยะความสูง ที่ตกอย่างอิสระลงในแบบจำลองเป็นชั้นๆ ตามที่ได้กำหนดไว้
- 8) บันทึกผลการเคลื่อนตัวของ โครงสร้างกันดินที่ระยะความสูงทุกๆ 1 เซนติเมตร และระนาบการพิบัติของดินตัวอย่าง
- 9) ทำการทดลองซ้ำข้อ 1-8 โดยทำการเปลี่ยนระยะฝั่งของ โครงสร้างกันดิน



รูป 3.20 ภาพแปลนแบบจำลองโครงสร้างกันดินแบบ buttress wall



รูป 3.21 ภาพตัดแบบจำลองโครงสร้างกันดินแบบ buttress wall

ค) relieving wall

- 1) เททรายลงในแบบจำลองให้ได้ระดับดินเดิมตามที่คำนวณไว้
- 2) นำโครงสร้างกันดินแบบ relieving wall ไปติดตั้งลงในแบบจำลอง
- 3) ปรับ relieving wall ให้ได้ระดับในแนวตั้ง
- 4) ทำการถมดินเพื่อเป็นระยะฝังของโครงสร้างกันดิน
- 5) ติดตั้งอุปกรณ์วัดการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดิน
- 6) นำทรายใส่ลงในอุปกรณ์ปล่อยทราย
- 7) ปล่อยทรายโดยกำหนดระยะความสูง ที่ตกอย่างอิสระลงในแบบจำลองเป็นชั้นๆ

ตามที่ได้กำหนดไว้

8) บันทึกผลการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดินที่ระยะความสูงทุกๆ 1 เซนติเมตร และโรตารีเพื่อให้ง่ายต่อการสังเกตระนาบการพิบัติ

9) ทำการทดลองซ้ำข้อ 1-8 โดยทำการเปลี่ยนระยะฝังของโครงสร้างกันดินตามที่ต้องการศึกษา



รูป 3.22 แบบจำลองโครงสร้างกันดินแบบ relieving wall ก่อนปูพรม



รูป 3.23 แบบจำลองโครงสร้างกันดินแบบ relieving wall หลังปูพรมบนหัวเสาเข็ม

3.5 ขั้นตอนการวิเคราะห์และเปรียบเทียบข้อมูล

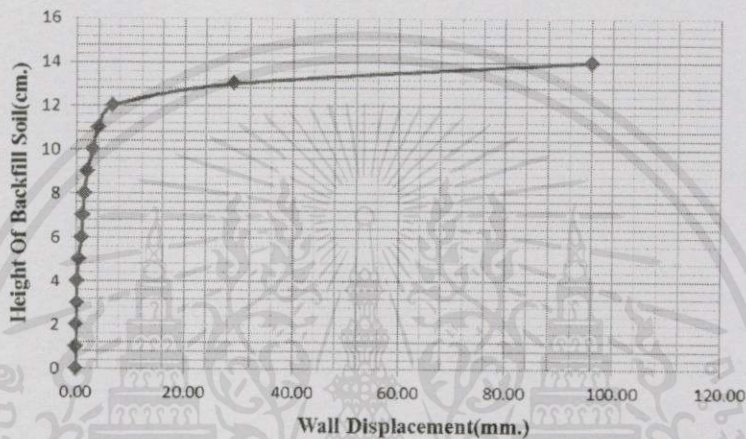
หลังจากทำการเก็บข้อมูลจากแบบจำลอง ผลการทดลองที่ได้คือระยะการเคลื่อนตัว เมื่อมีการเพิ่มความสูงของดินถม และคำนวณจากระนาบการพิบัติ

หลักการทางวิศวกรรมกำหนดให้ผลงานทางวิศวกรรมต้องมีความประหยัด (economic) และคำนึงถึงการใช้งานได้ (serviceability) อย่างปลอดภัย ฉะนั้นงานทาง วิศวกรรมจึงจำเป็นต้องมีอัตราส่วนของความปลอดภัย (factor of safety) หรือวิธีการสังเกตลักษณะการวิบัติ เพื่อให้ความ

มั่นใจ (assurance) ว่า มีความปลอดภัยต่อการใช้งาน ตลอดอายุ (service life) ที่ออกแบบไว้ของผลงาน ซึ่งในการวิจัยครั้งนี้ มีการวิเคราะห์พฤติกรรมโครงสร้างกันดินมี 6 ส่วนดังนี้

3.5.1 ความสัมพันธ์ระหว่างความสูงของดินถมกับระยะการเคลื่อนตัวของกำแพงกันดิน

ในการศึกษาครั้งนี้ ได้มีการหาความสัมพันธ์ระหว่างความสูงของดินที่เพิ่มขึ้นกับการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดิน โดยใช้กราฟในการแสดงข้อมูล ตั้งแต่ยังไม่มีการถมดิน จนถึงความสูงที่กำแพงกันดินเกิดการพิบัติ แกนนอน(แกนx) แสดงข้อมูลการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดิน ในหน่วยมิลลิเมตร และแกนตั้ง(แกนy) แสดงความสูงของชั้นดินถมในหน่วยเซนติเมตร



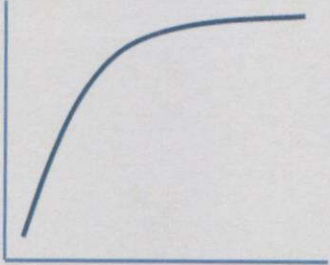
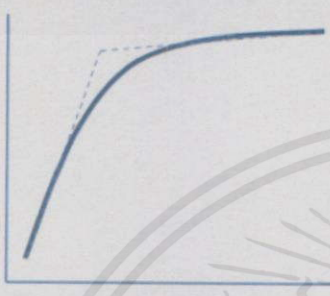
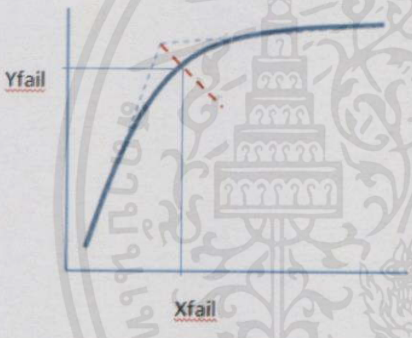
รูป 3.24 ความสัมพันธ์ระหว่างความสูงของดินที่เพิ่มขึ้นกับการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดิน

3.5.2 วิธีการหาจุดพิบัติของโครงสร้างกันดินจากกราฟด้วยวิธี graphical method

จากกราฟความสัมพันธ์ระหว่างความสูงของดินที่ถมกับการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดิน สามารถหาจุดพิบัติของโครงสร้างกันดินได้ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง 3.2 การหาจุดพิบัติของโครงสร้างกันดิน[Arthur Casagrande's graphical method, 1936]

	<p>1) นำข้อมูลจากการทดลอง มาสร้างกราฟ ความสัมพันธ์</p>
	<p>2) ลากเส้นสัมผัสกับเส้นกราฟส่วนล่างและ ส่วนบน โดยให้เส้นทั้งสองตัดกัน</p>
	<p>3) แบ่งครึ่งมุมที่เกิดจากจุดตัดลากเส้นจาก จุดตัดตามเส้นแบ่งมุมให้ตัดกับเส้นกราฟ จุดที่ได้จะเป็นจุดพิบัติของแบบจำลอง ค่าแกน x ที่ได้คือ การเคลื่อนตัวของกำแพงกันดินที่จุดพิบัติ ส่วนค่าแกน y คือความสูงของดินถมที่จุดพิบัติ</p>

3.5.3 เปรียบเทียบระยะฝังของโครงสร้างกันดินกับระยะการเคลื่อนตัว

ระยะในการฝังโครงสร้างกันดิน มีผลต่อความดันดินที่เพิ่มขึ้นทั้งในสภาวะ active และ passive ซึ่งมีผลต่อการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดิน ในการศึกษาครั้งนี้ได้มีการเปรียบเทียบการเคลื่อนตัวของกำแพงกันดินที่ 3 ระยะฝัง คือ 2 เซนติเมตร 4 เซนติเมตร และ 6 เซนติเมตร โดยใช้กราฟและเปรียบเทียบด้วยตารางที่จุดพิบัติ

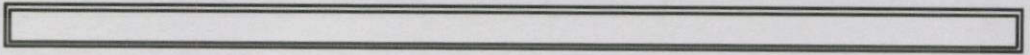
3.5.4 เปรียบเทียบการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดิน เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงค่า ค่าดัชนีประสิทธิผล (Effectiveness Index: E.I.)

ในงานวิจัยนี้จึงได้มีการเปรียบเทียบการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดินกันดิน เมื่อมีการเพิ่มความแข็งแรงของกำแพงกันดินโดยการเพิ่มครีบบ้ำยัน(buttrass)มีผลให้ค่า effectiveness index: E.I เพิ่มขึ้น ในการเปรียบเทียบจะใช้กราฟความสัมพันธ์ระหว่างระหว่างความสูงของดินที่ถมกับการเคลื่อนตัวของ โครงสร้างกันดินที่เฉลี่ยจะการทดลองที่ระยะฝังเดียวกัน ทั้ง 3 ครั้ง ดังนั้น การเปรียบเทียบนี้จะมีกราฟทั้งหมด 3 กราฟ ได้แก่ กราฟเปรียบเทียบการเคลื่อนตัวที่ระยะฝัง 2

เซนติเมตร, เซนติเมตร และ 6 เซนติเมตร ซึ่งในแต่ละกราฟจะมีเส้นข้อมูล 2 เส้น จากแบบจำลองที่ 1 และแบบจำลองที่ 3

จากนั้นหาจุดพิกัดจากกราฟแบบจำลองที่ 1 และแบบจำลองที่ 2 และนำมาเปรียบเทียบว่าทั้งสองแบบจำลองมีความสูงของดินถมและการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดินแตกต่างกันอย่างไร

ก) วิธีคำนวณค่า I ของโครงสร้างกันดินแบบ single wall



รูป 3.25 โครงสร้างกันดินแบบ single wall

$$I = \frac{bd^3}{12}$$

$$I_1 = \frac{23.088 \times 0.962^3}{12}$$

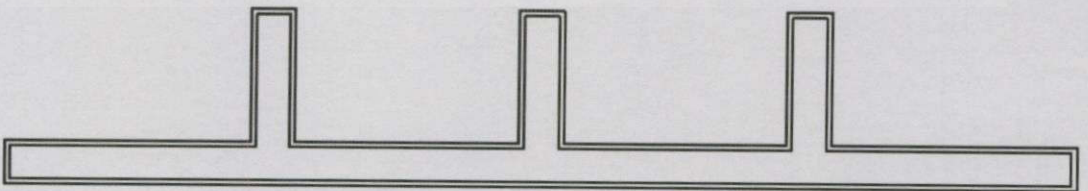
$$I_1 = 1.713 \text{ ซม.}^4$$

$$I_2 = \frac{22.858 \times 0.732^3}{12}$$

$$I_2 = 0.747 \text{ ซม.}^4$$

$$I_{รวม} = I_1 - I_2 = 0.966 \text{ ซม.}^4$$

ข) วิธีคำนวณค่า I ของโครงสร้างกันดินแบบ buttress wall



รูป 3.26 โครงสร้างกันดินแบบ buttress wall

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้ภายในห้องปฏิบัติการเท่านั้น ซึ่งอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$y = \frac{[(0.962 \times 2.886) \times (0.962 + \frac{2.886}{2})] \times 3 + [(0.962 \times 23.088) \times (\frac{0.962}{2})]}{[(0.962 \times 2.886) \times 3] + (0.962 \times 23.088)}$$

$$= 1.006 \text{ ซม.} = c_1, \quad c_2 = 2.842 \text{ ซม.}$$

$$I = \frac{bd^3}{12} + Ad^2$$

$$I_1 = \left[\frac{0.962 \times 2.886^3}{12} + (0.962 \times 2.886) \times \left(2.842 - \frac{2.886}{2} \right)^2 \right] \times 3$$

$$+ \left[\frac{23.088 \times 0.962^3}{12} + (23.088 \times 0.962) \times \left(1.006 - \frac{0.962}{2} \right)^2 \right]$$

$$I_1 = 29.917 \text{ ซม.}^4$$

$$y = \frac{\left[(0.732 \times 2.886) \times \left(0.962 + \frac{2.886}{2} \right) \right] \times 3 + \left[(0.732 \times 22.858) \times \left(\frac{0.732}{2} \right) \right]}{\left[(0.732 \times 2.886) \times 3 \right] + (0.732 \times 22.858)}$$

$$= 0.926 \text{ ซม.} = c_1, \quad c_2 = 2.692 \text{ ซม.}$$

$$I_2 = \left[\frac{0.732 \times 2.886^3}{12} + (0.732 \times 2.886) \times \left(2.692 - \frac{2.886}{2} \right)^2 \right] \times 3$$

$$+ \left[\frac{22.858 \times 0.732^3}{12} + (22.858 \times 0.732) \times \left(0.926 - \frac{0.732}{2} \right)^2 \right]$$

$$I_2 = 20.281 \text{ ซม.}^4$$

$$I_{\text{รวม}} = I_1 - I_2 = 9.636 \text{ ซม.}^4$$

3.5.5 เปรียบเทียบการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดิน เนื่องจากการแรงดันด้านข้างที่ลดลง

การเปรียบเทียบการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดิน เนื่องจากการแรงดันด้านข้างที่ลดลง เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น มิอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์อื่นใด จะใช้พื้นที่การพิบัติเป็นตัวเปรียบเทียบระหว่างแบบจำลองที่ 1 กับแบบจำลองที่ 3 ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

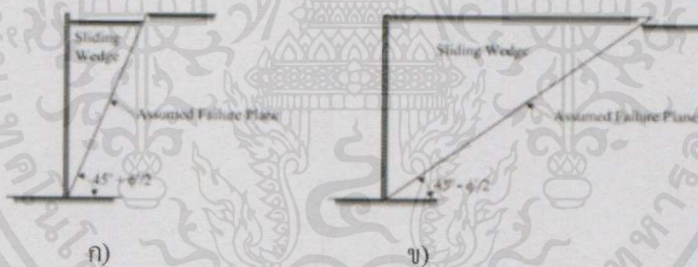


รูป 3.27 การเปรียบเทียบพื้นที่การพิบัติ

- ก) พื้นที่การพิบัติของแบบจำลองที่ 1
- ข) พื้นที่การพิบัติของแบบจำลองที่ 3

3.5.6 เปรียบเทียบมุมที่เกิดขึ้นที่จุดพิบัติกับมุมตามทฤษฎี

การเปรียบเทียบมุมที่เกิดจากระนาบการพิบัติ ในการศึกษาครั้งนี้จะใช้ทฤษฎีของ Rankine มุมระนาบการพิบัติที่ฝั่ง active ดังรูป 3.31ก และ passive ดังรูป 3.3ข โดยแสดงการเปรียบเทียบในรูปแบบตาราง ของทั้งสามแบบจำลอง



รูป 3.28 การคำนวณมุมเนื่องจากระนาบการพิบัติ [รศ.ดร. สุขสันต์ หอพิบูลสุข ,2553]

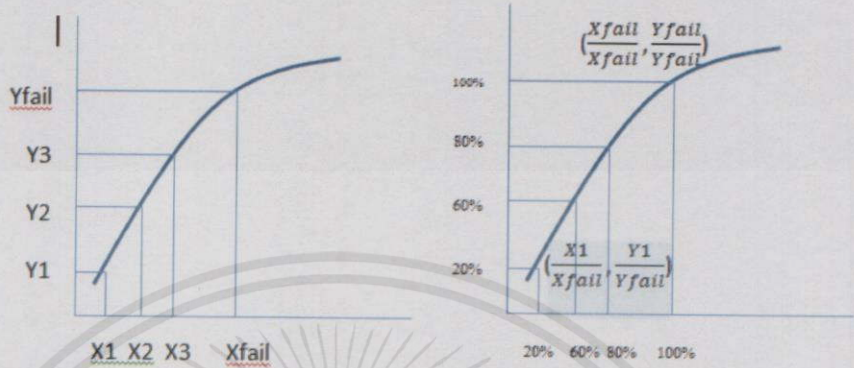
- ก) มุมระนาบการพิบัติที่ฝั่ง active
- ข) มุมระนาบการพิบัติที่ฝั่ง passive

3.5.7 เปรียบเทียบประสิทธิภาพของแต่ละรูปแบบโดยใช้กราฟการเพิ่มของการเคลื่อนตัวและความสูงของดินถมเป็นเปอร์เซ็นต์

เนื่องจากแต่ละแบบจำลองมีความสูงดินถมไม่เท่ากัน ดังนั้นการเทียบเป็นเปอร์เซ็นต์ที่จุดพิบัติจะทำให้สามารถเทียบผลการทดลองของทุกแบบจำลองได้

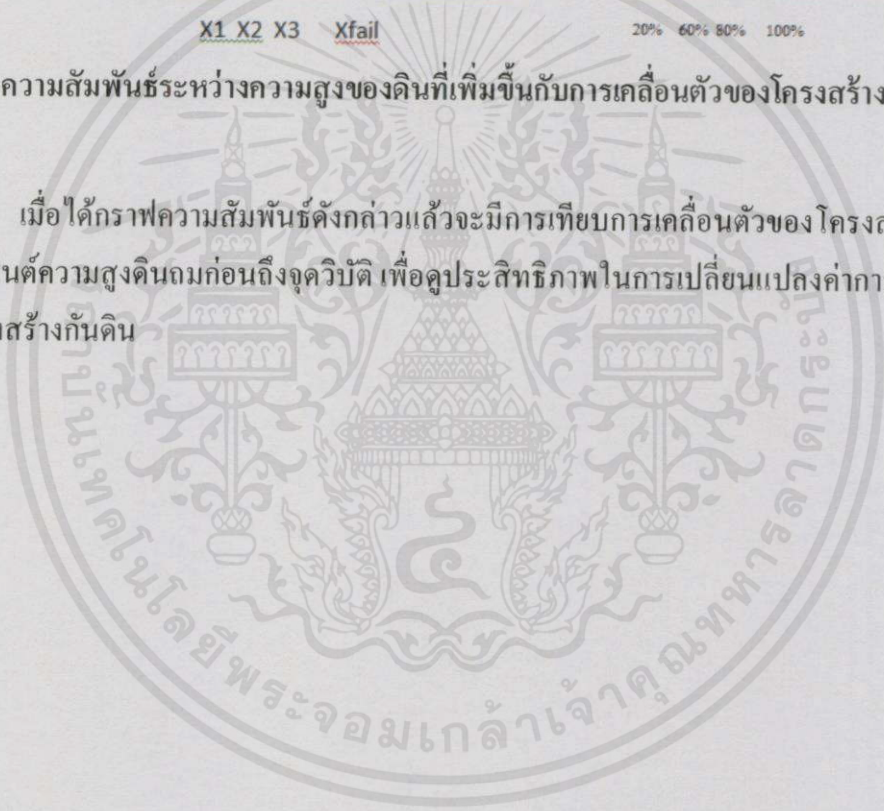
เมื่อได้จุดพิบัติกราฟความสัมพันธ์ระหว่างความสูงของดินที่เพิ่มขึ้นกับการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดินแล้ว เราจะสามารถรู้ค่าการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดิน และความสูงดินถมที่จุดพิบัติ เมื่อให้จุดดังกล่าวคือจุดที่ 100 เปอร์เซ็นต์ ดังนั้น เราจะสามารถนำค่าการเคลื่อนตัวของ

โครงสร้างกันดิน และความสูงของดินถมก่อนการพิบัติมาคิดเป็นเปอร์เซ็นต์เทียบกับที่จุดพิบัติ เพื่อให้ทุกแบบจำลองสามารถเทียบประสิทธิภาพกันได้



รูป 3.29 ความสัมพันธ์ระหว่างความสูงของดินที่เพิ่มขึ้นกับการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดินแล้ว

เมื่อได้กราฟความสัมพันธ์ดังกล่าวแล้วจะมีการเทียบการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดินที่เปอร์เซ็นต์ความสูงดินถมก่อนถึงจุดวิบัติ เพื่อดูประสิทธิภาพในการเปลี่ยนแปลงค่าการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดิน



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ผลการศึกษา

4.1 บทนำ

ในการศึกษาครั้งนี้เป็นการศึกษาเพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการลดการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดินด้วยการเพิ่มระยะฝัง การเพิ่มความแข็งแรงของโครงสร้างกันดิน และการกระจายแรงดันดินด้านข้างลงสู่แนวค้ำ ประสิทธิภาพจากระยะฝังศึกษาโดยใช้แบบจำลอง single wall ที่ระยะฝังโครงสร้างกันดิน 3 ระยะฝังคือ 2,4,6 เซนติเมตร สำหรับการเพิ่มความแข็งแรงของโครงสร้างกันดินศึกษาโดยการเพิ่มค่าโมเมนต์ความเฉื่อยของโครงสร้างกันดิน เรียกแบบจำลองนี้ว่า buttress wall โดยเปรียบเทียบการเคลื่อนตัวที่ได้กับ แบบจำลอง single wall เพื่อหาประสิทธิภาพในการลดการเคลื่อนตัว และวิธีสุดท้ายคือการกระจายแรงดันดินด้านข้างลงสู่แนวค้ำ โดยใช้เสาเข็มและแผ่นพื้น(platform) เพื่อลดพื้นที่การพิบัติของดิน เรียกแบบจำลองนี้ว่า relieving wall โดยนำผลการทดลองมาเปรียบเทียบกับ แบบจำลอง single wall ซึ่งแต่ละรูปแบบมีผลต่อการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดิน

นอกจากนี้ ในบทนี้มีการวิเคราะห์ผลที่ได้จากการทดลอง และการพิบัติของโครงสร้างกันดิน ซึ่งมีผลการศึกษา ดังนี้

4.2 ผลการทดสอบคุณสมบัติของทรายที่ใช้ในการศึกษา

4.2.1 ขนาดผลและชนิดของเม็ดดิน (grain size and soil classification)

จากผลการทดสอบพบว่าดินมีคุณสมบัติคือ SP

ตาราง 4.1 ข้อมูลขนาดผลและชนิดของเม็ดดิน

เบอร์ตะแกรง	ขนาดรูเปิด (mm)	มวลดินที่ค้าง (g)	เปอร์เซ็นต์ค้าง (%)	ผลรวมสะสม เปอร์เซ็นต์ค้าง	เปอร์เซ็นต์ผ่าน (%)
# 4	4.75	7.96	0.796	0.796	99.204
# 8	2.36	32.24	3.224	4.020	95.980
# 20	0.85	238.15	23.816	27.837	72.163
# 40	0.425	357.77	35.779	63.616	36.384
# 100	0.15	345.24	34.526	98.142	1.858

ตาราง 4.1(ต่อ) ข้อมูลขนาดคละและชนิดของเม็ดดิน

เบอร์ ตะแกรง	ขนาดรูเปิด (mm)	มวลดินที่ค้าง (g)	เปอร์เซ็นต์ค้าง (%)	ผลรวมสะสม เปอร์เซ็นต์ค้าง	เปอร์เซ็นต์ผ่าน (%)
# 200	0.075	15.27	1.527	99.669	0.331
Pan	-	3.31	0.331	100	0

4.2.2 มุมเสียดทานภายใน (internal friction angle)

จากผลการทดลองพบว่า ทราชมี่ค่ามุมเสียดทานภายใน (ϕ) = 28°

ตาราง 4.2 ข้อมูลมุมเสียดทานภายในของทราย

TEST NO.	Normal Stress (ksc)	Normal (kg)	Max. Shearing Stress (ksc)
1	6.37	2	3.96
2	12.73	4	6.39
3	19.10	6	8.22
4	25.46	8	12.07

4.2.3 ความถ่วงจำเพาะ (specific gravity)

จากผลการทดลองตัวอย่างทรายมีข้อมูลดังนี้

ตาราง 4.3 ข้อมูลความถ่วงจำเพาะของทราย

TEST NO.	1	2	3
1. TEMPERATURE(c)	27	27	27
2. FLASK+WATER	637.50	593.10	590.72
3. FLASK+WATER+SOIL	668.30	623.97	621.96
4. DRY SOIL+PAN	170.15	193.20	170.15
5. PAN	120.46	143.29	120.46
6. DRY SOIL, Ws	49.69	49.91	49.69
7. GT	1.00	1.00	1.00
8. Wbw	637.42	593.20	591.01
9. Wbws	668.30	623.97	621.96

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกไปเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาตจากเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง 4.3(ต่อ) ข้อมูลความถ่วงจำเพาะของทราย

10. GS	2.63	2.60	2.64
11. Average Specific gravity (g/cm^3)	2.62		

4.3 ผลการศึกษาจากแบบจำลอง

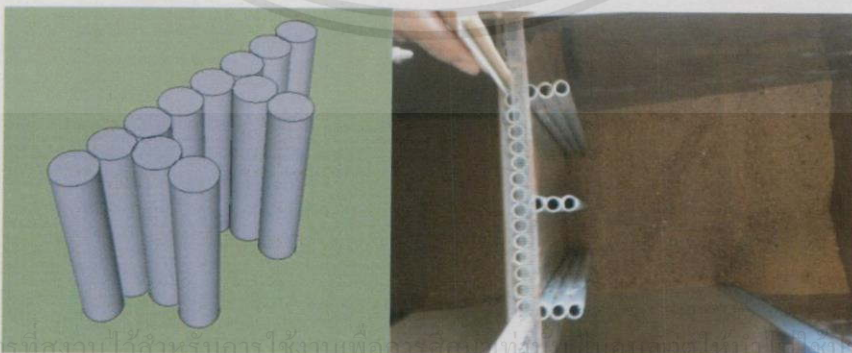
โครงสร้างกันดินที่เลือกมาใช้ในการศึกษาวิจัยครั้งนี้มี 3 แบบ ได้แก่

แบบจำลองที่ 1 โครงสร้างกันดินแบบ single ใช้ในการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดินกับระยะฝั่งโครงสร้างกันดิน มุมที่เกิดขึ้นจากระนาบการพิบัติ และใช้เป็นตัวเปรียบเทียบข้อมูลกับแบบจำลองอื่นๆ



รูป 4.1 แบบจำลอง single wall

แบบจำลองที่ 2 โครงสร้างกันดินแบบ buttress wall ใช้ในการศึกษาการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดิน และมุมที่เกิดขึ้นจากระนาบการพิบัติ เมื่อความแข็งแรงของโครงสร้างกันดินเพิ่มขึ้น โดยการเปรียบเทียบข้อมูลกับแบบจำลองที่ 1 ระหว่างเพิ่มความสูงของดินถม และที่จุดพิบัติ

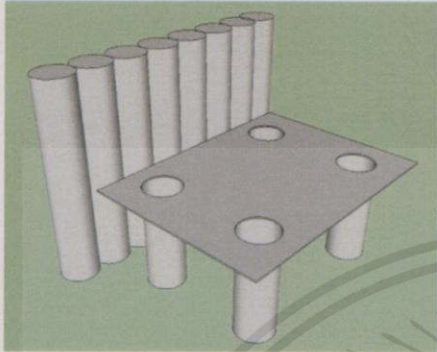


รูป 4.2 แบบจำลอง buttress wall

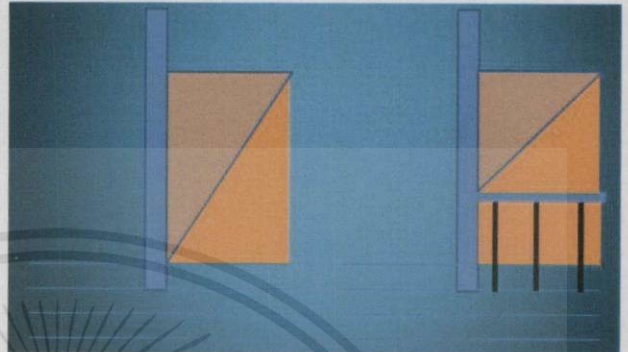
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่ควรเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาตจากเจ้าของลิขสิทธิ์

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบจำลองที่ 3 โครงสร้างกันดินแบบ relieving wall มีการการศึกษาการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดิน และมุมที่เกิดขึ้นจากระนาบการพิบัติ เมื่อแรงที่กระทำด้านข้างลดน้อยลง โดยการเปรียบเทียบข้อมูลกับแบบจำลองที่ 1 ระหว่างเพิ่มความสูงของดินถม และที่จุดพิบัติ



รูป 4.3 แบบจำลอง relieving wall

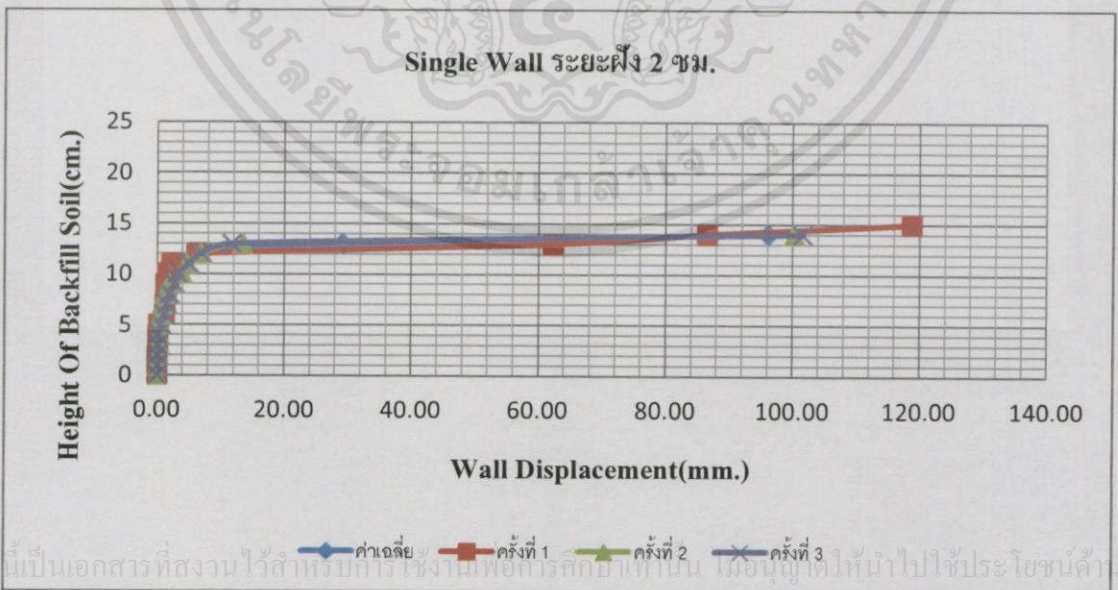


รูป 4.4 พื้นที่การพิบัติที่ลดลงเนื่องจาก relieving platform

โดยมีการวิเคราะห์ข้อมูลดังนี้

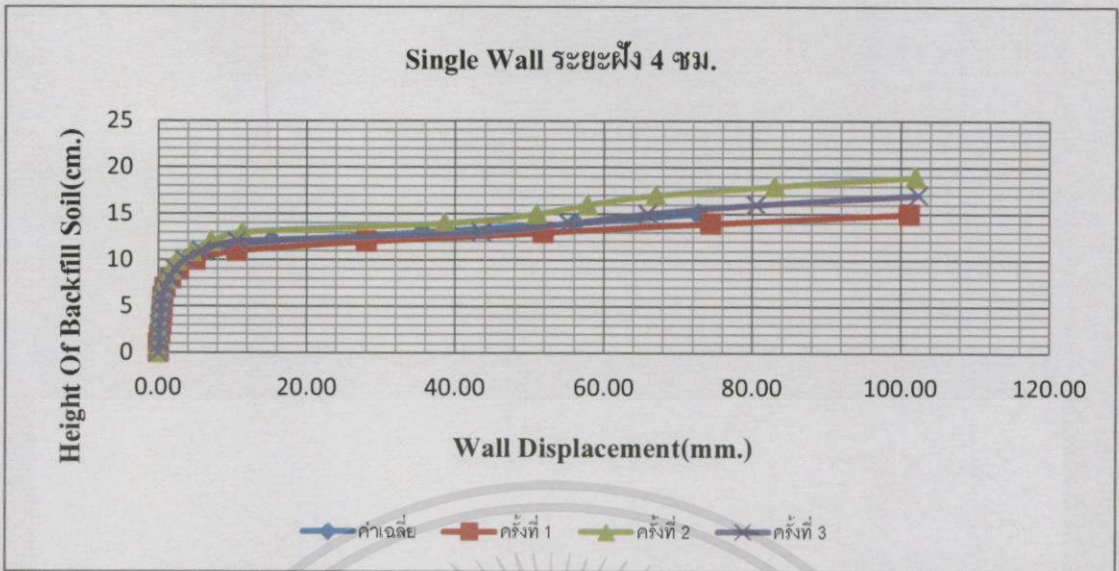
4.3.1 การวิเคราะห์เปรียบเทียบพฤติกรรมของโครงสร้างหลังเกิดการพิบัติ โดยกราฟความสัมพันธ์ระหว่างระยะการเคลื่อนกับความสูงของดินถม

4.3.1.1 ข้อมูลผลการทดลองโครงสร้างกันดินแบบ single wall

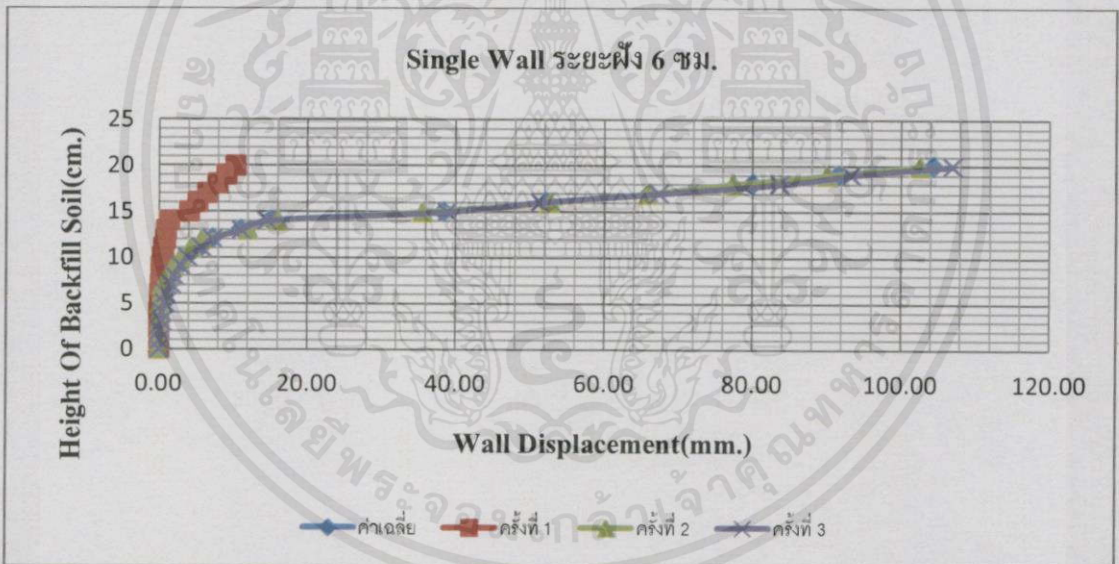


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการศึกษาเท่านั้น มิได้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

รูป 4.5 ค่าความสัมพันธ์ระหว่างการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดินแบบ single wall กับความสูงดินถม ที่ระยะการฝัง 2 เซนติเมตร



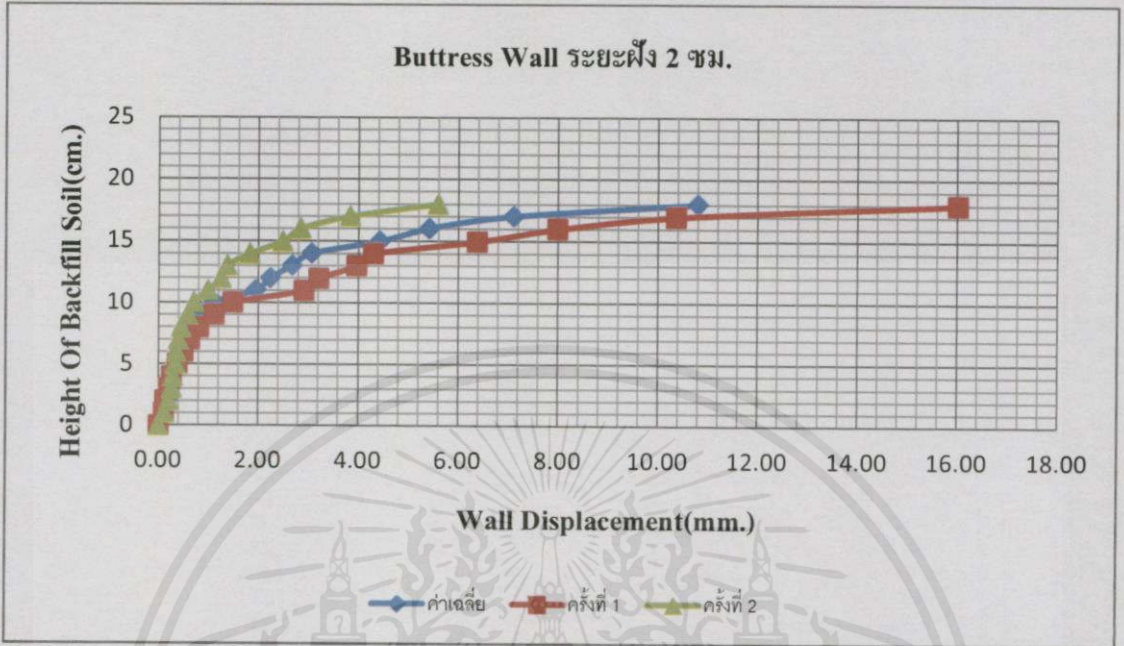
รูป 4.6 ค่าความสัมพันธ์ระหว่างการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดินแบบ single wall กับความสูงดินถม ที่ระยะการฝัง 4 เซนติเมตร



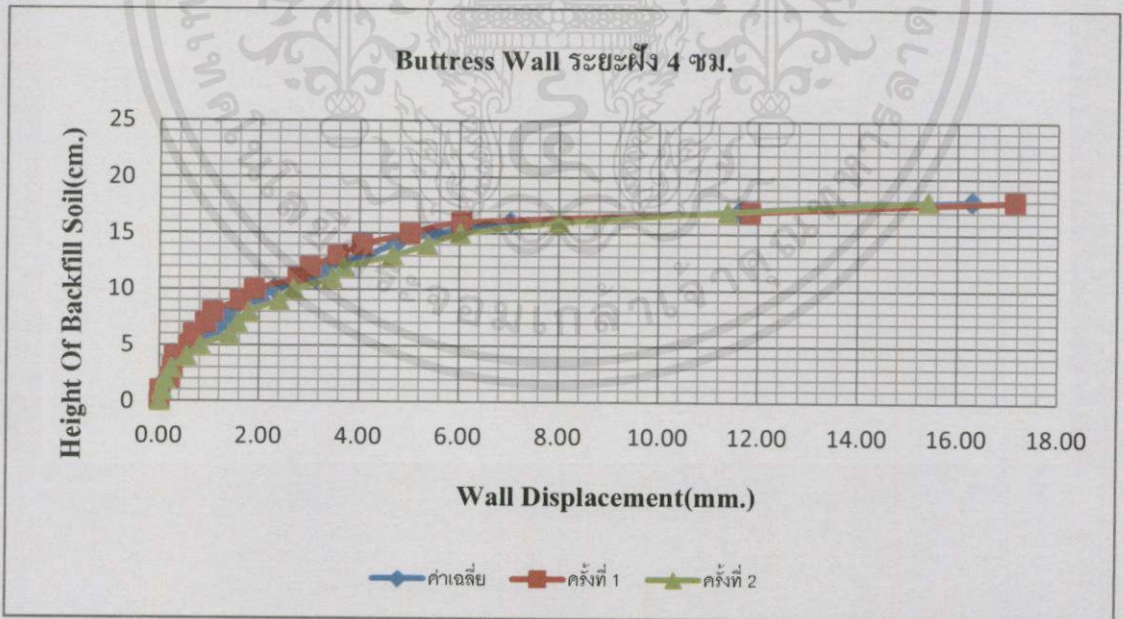
รูป 4.7 ค่าความสัมพันธ์ระหว่างการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดินแบบ single wall กับความสูงดินถม ที่ระยะการฝัง 6 เซนติเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3.1.2 ข้อมูลผลการทดลองโครงสร้างกันดินแบบ buttress wall

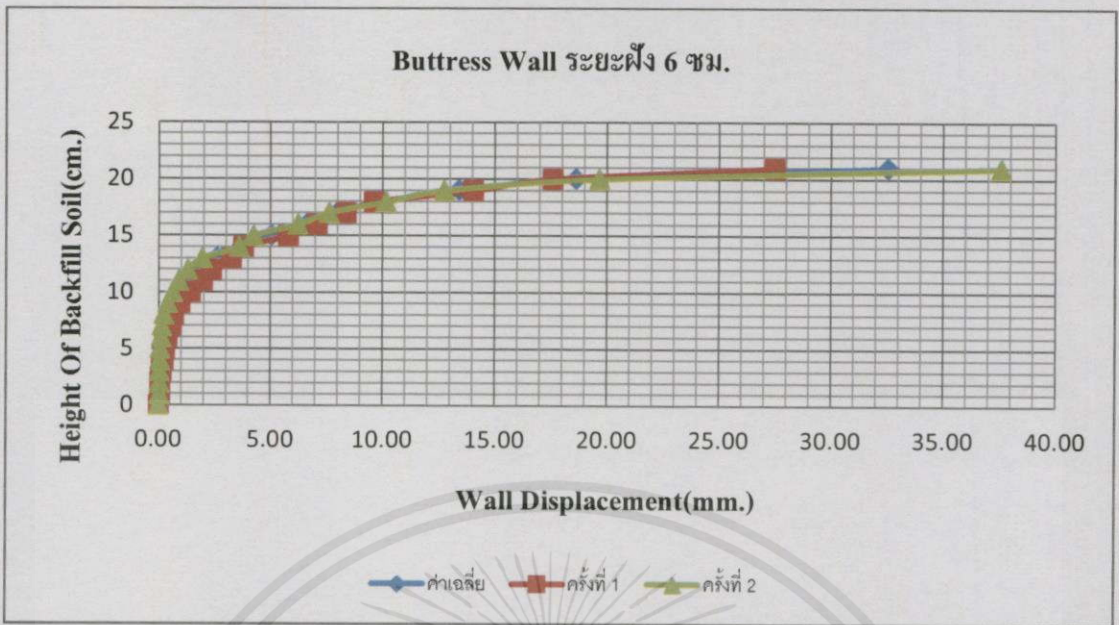


รูป 4.8 ค่าความสัมพันธ์ระหว่างการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดินแบบ buttress wall กับความสูงดินถม ที่ระยะการฝัง 2 เซนติเมตร



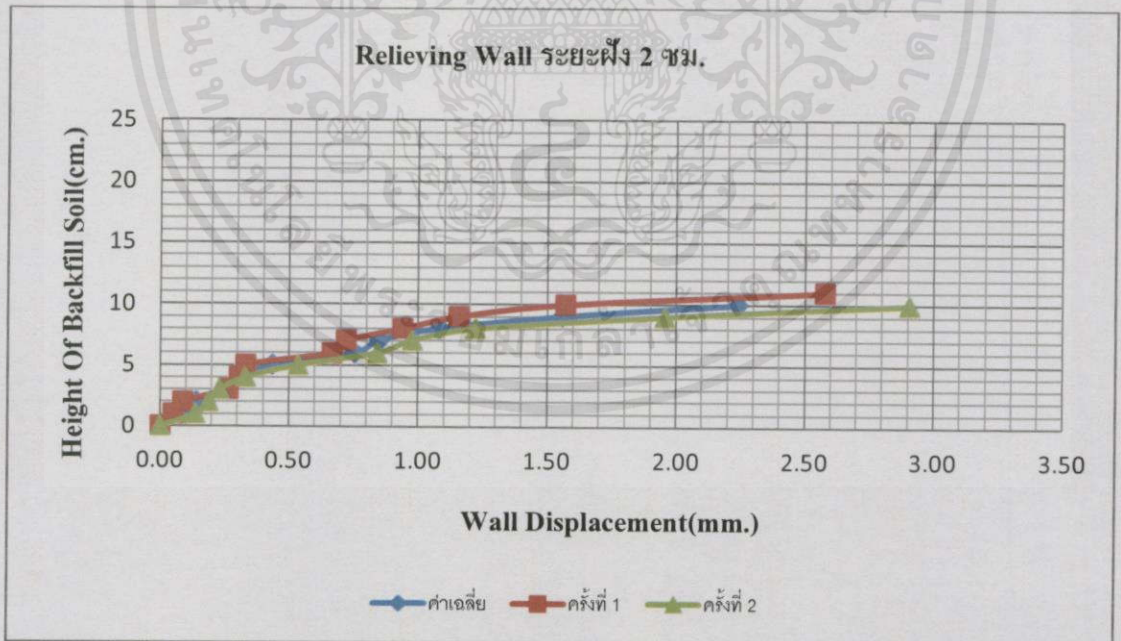
รูป 4.9 ค่าความสัมพันธ์ระหว่างการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดินแบบ buttress wall กับความสูงดินถม ที่ระยะการฝัง 4 เซนติเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่มอบไว้สำหรับการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูป 4.10 ค่าความสัมพันธ์ระหว่างการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดินแบบ buttress wall กับความสูงดินถม ที่ระยะการฝัง 6 เซนติเมตร

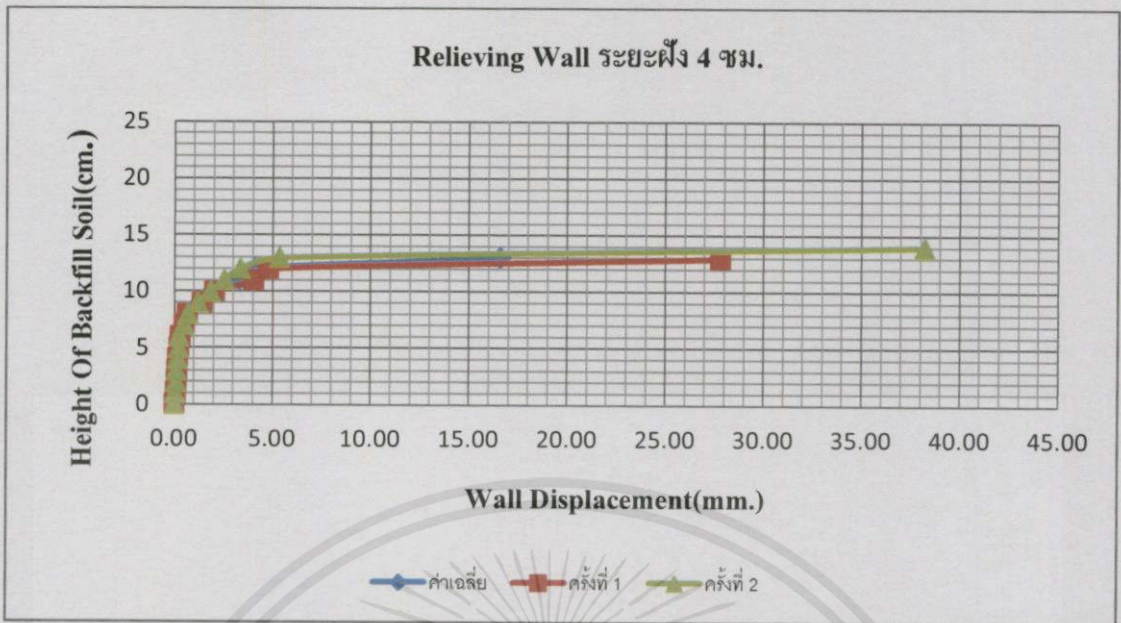
4.3.1.3 ข้อมูลผลการทดลองโครงสร้างกันดินแบบ relieving wall



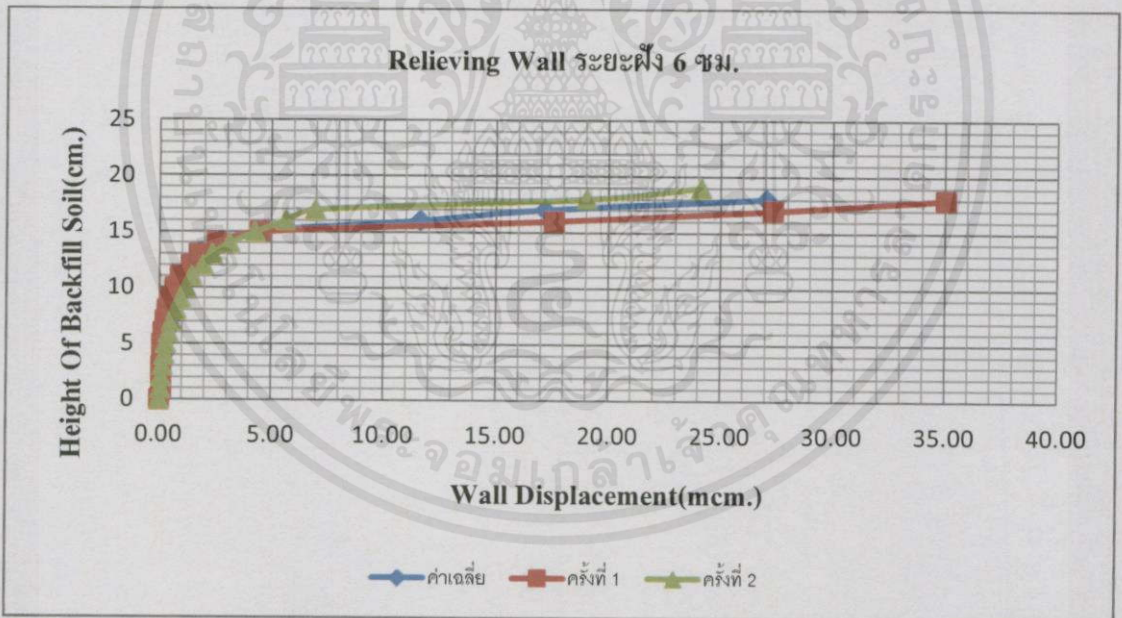
รูป 4.11 ค่าความสัมพันธ์ระหว่างการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดินแบบ relieving wall กับ

ความสูงดินถม ที่ระยะการฝัง 2 เซนติเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับอาจารย์และบุคลากรที่สอนวิชานั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูป 4.12 ความสัมพันธ์ระหว่างการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดินแบบ relieving wall กับ ความสูงดินถม ที่ระยะการฝัง 4 เซนติเมตร

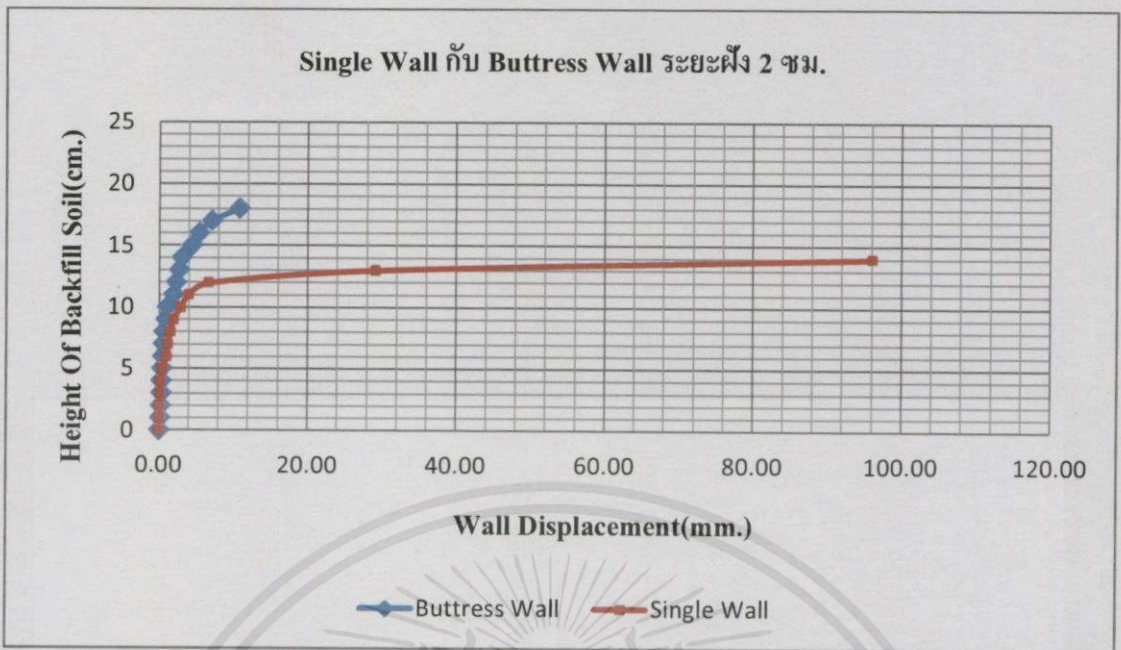


รูป 4.13 ค่าความสัมพันธ์ระหว่างการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดินแบบ relieving wall กับ ความสูงดินถม ที่ระยะการฝัง 6 เซนติเมตร

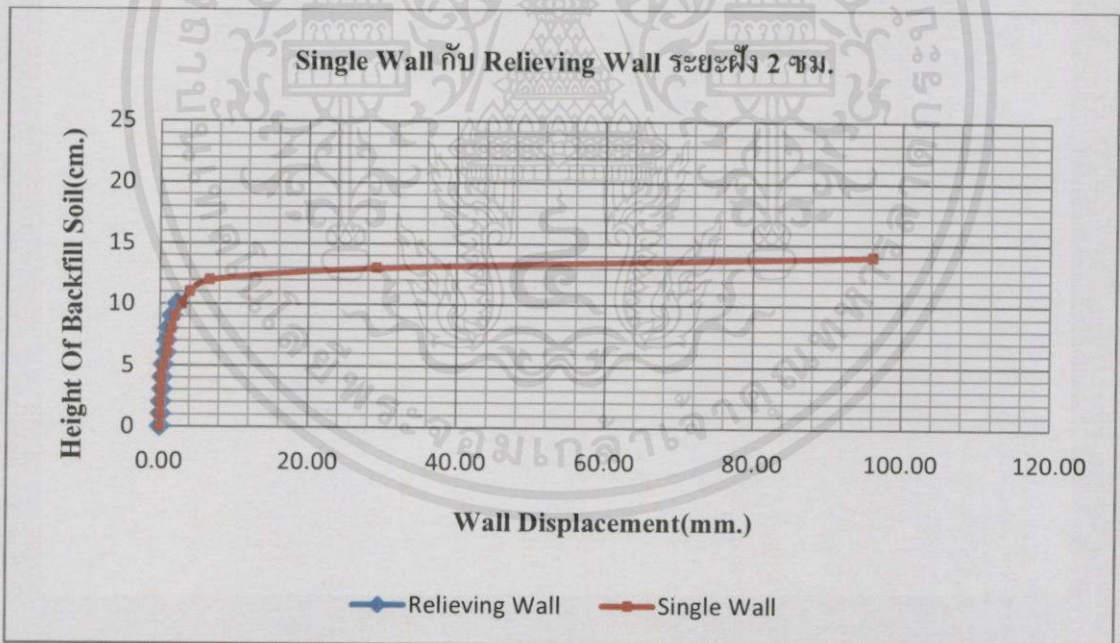
4.4 ผลการเปรียบเทียบของผลการทดสอบแบบจำลอง

ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

4.4.1 ที่ระยะการฝัง 2 เซนติเมตร เนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



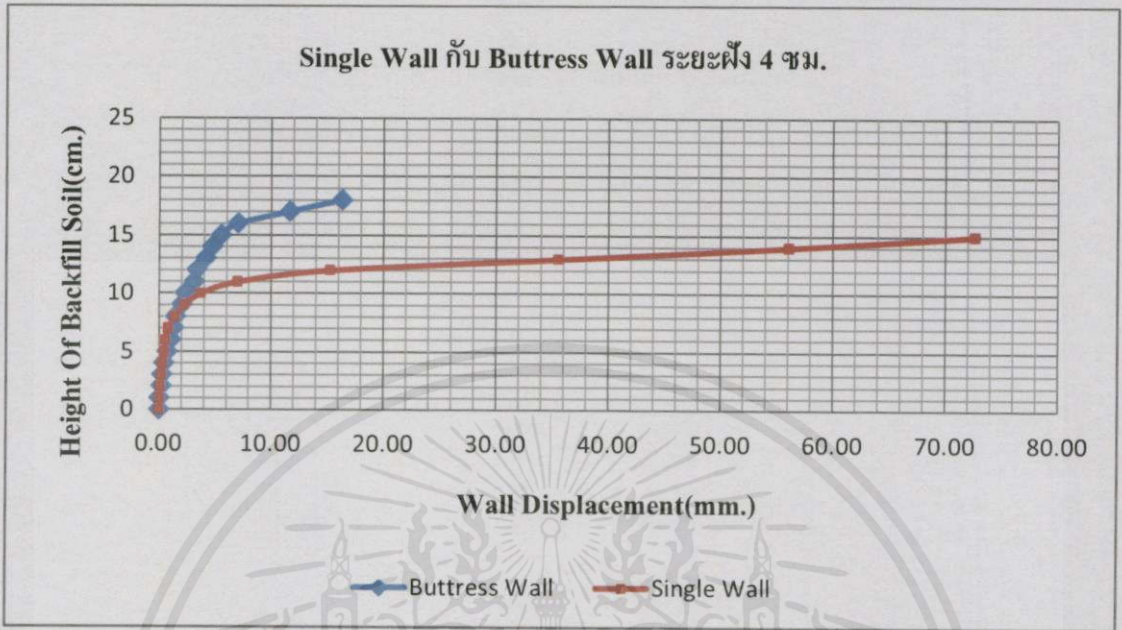
รูป 4.14 ค่าการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดินแบบ single wall กับโครงสร้างกันดินแบบ buttress wall



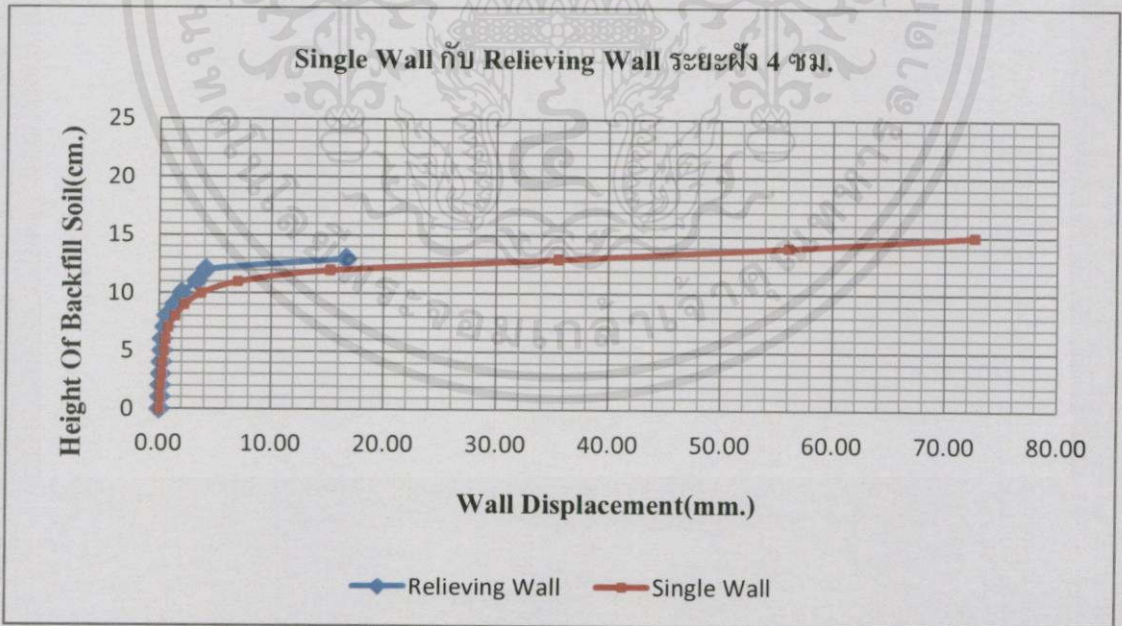
รูป 4.15 ค่าการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดินแบบ single wall กับโครงสร้างกันดินแบบ relieving wall

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4.2 ที่ระยะการฝัง 4 เซนติเมตร



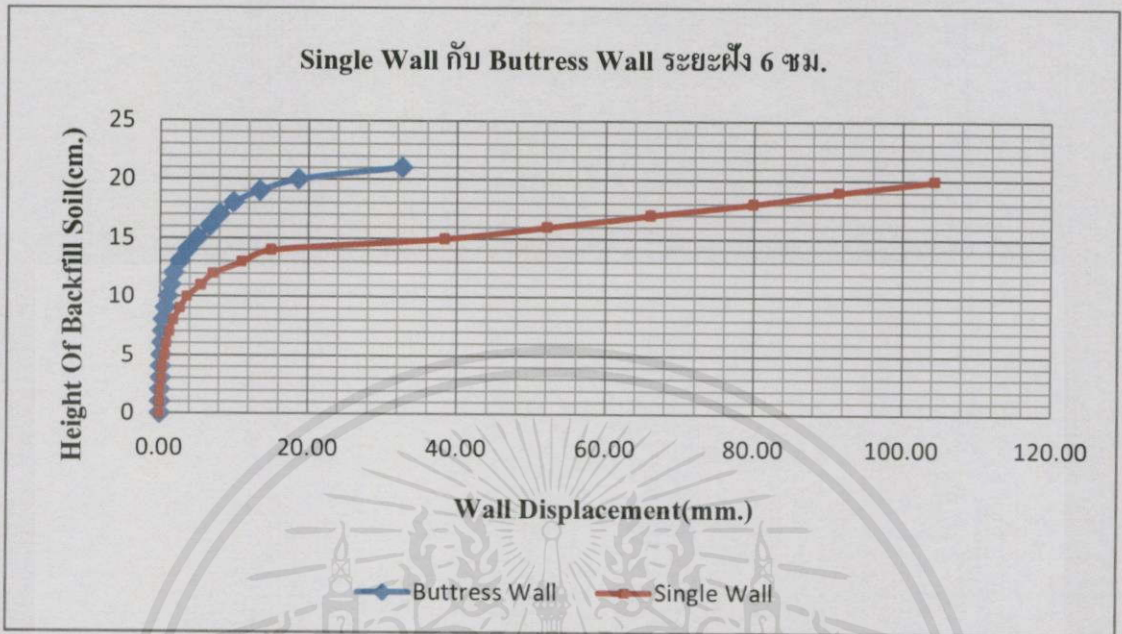
รูป 4.16 ค่าการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดินแบบ single wall กับโครงสร้างกันดินแบบ buttress wall



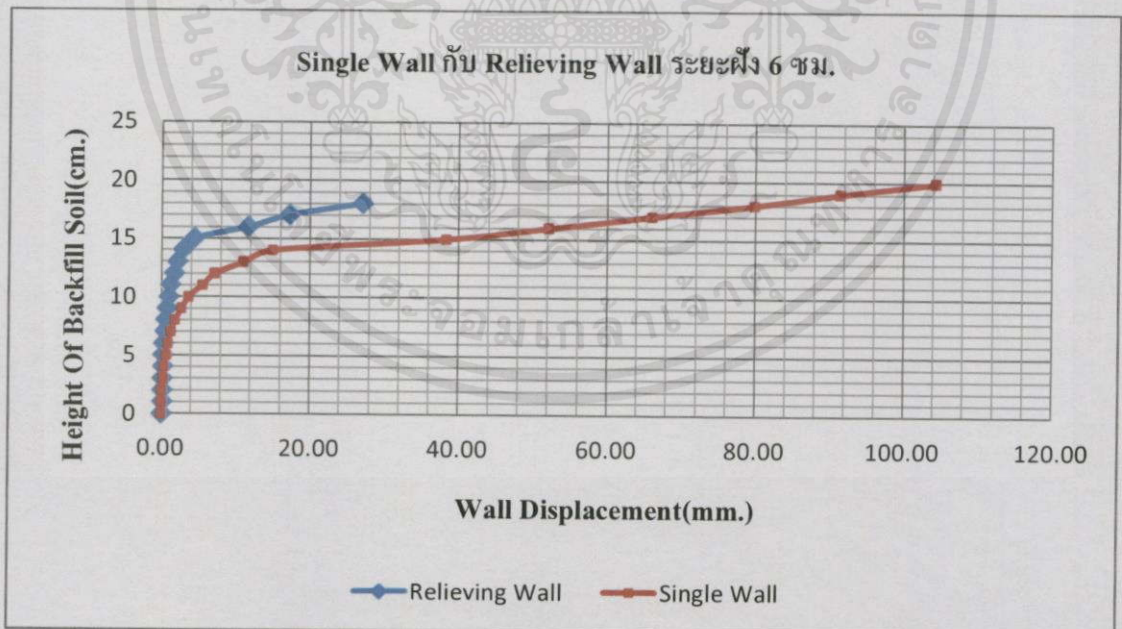
รูป 4.17 ค่าการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดินแบบ single wall กับโครงสร้างกันดินแบบ relieving wall

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4.3 ที่ระยะการฝัง 6 เซนติเมตร



รูป 4.18 ค่าการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดินแบบ single wall กับโครงสร้างกันดินแบบ buttress wall



รูป 4.19 ค่าการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดินแบบ single wall กับโครงสร้างกันดินแบบ relieving wall

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.5 เปรียบเทียบพื้นที่ของดินที่มีอิทธิพลต่อการวิบัติ

เมื่อแบบจำลองเกิดการวิบัติจะสังเกตเห็นพื้นที่การวิบัติ โดยแบ่งเป็น พื้นที่ฝั่งด้านหน้าของกำแพง (passive zone) พื้นที่หลังกำแพง (active zone) และสามารถหาค่ามุมที่เกิดการวิบัติตั้งรูปด้านล่าง เพื่อเปรียบเทียบพื้นที่การวิบัติในแต่ละแบบจำลอง

4.5.1 เปรียบเทียบโครงสร้างกันดินแบบ single wall และ relieving wall

4.5.1.1 ที่ระยะฝัง 2 เซนติเมตร

ตาราง 4.4 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยพื้นที่การวิบัติของโครงสร้างกันดินแบบ single wall และ relieving wall ระยะฝัง 2 เซนติเมตร

เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยพื้นที่การวิบัติของ โครงสร้างกันดินแบบ single wall และ relieving wall ระยะฝัง 2 เซนติเมตร			
แบบจำลอง	พื้นที่การวิบัติ (ซม. ²)		
	Active	Passive	รวม
single wall	31.014	6.849	37.863
relieving wall	4.034	6.807	10.841

$$\text{ประสิทธิภาพ active เพิ่มขึ้น} = \frac{31.014 - 4.034}{31.014} \times 100 = 86.993\%$$

$$\text{ประสิทธิภาพ passive เพิ่มขึ้น} = \frac{6.849 - 6.807}{6.849} \times 100 = 0.613\%$$

4.5.1.2 ที่ระยะฝัง 4 เซนติเมตร

ตาราง 4.5 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยพื้นที่การวิบัติของโครงสร้างกันดินแบบ single wall และ relieving wall ระยะฝัง 4 เซนติเมตร

เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยพื้นที่การวิบัติของ โครงสร้างกันดินแบบ single wall และ relieving wall ระยะฝัง 4 เซนติเมตร			
แบบจำลอง	พื้นที่การวิบัติ (cm ²)		
	Active	Passive	รวม
single wall	51.906	16.905	68.810
relieving wall	15.114	11.522	26.635

$$\text{ประสิทธิภาพ active เพิ่มขึ้น} \frac{51.906-15.114}{51.906} \times 100 = 70.882\%$$

$$\text{ประสิทธิภาพ passive เพิ่มขึ้น} \frac{16.905-11.522}{16.905} \times 100 = 31.843\%$$

4.5.1.3 ที่ระยะฝัง 6 เซนติเมตร

ตาราง 4.6 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยพื้นที่การวิบัติของโครงสร้างกันดินแบบ single wall และ relieving wall ระยะฝัง 6 เซนติเมตร

เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยพื้นที่การวิบัติของ โครงสร้างกันดินแบบ single wall และ relieving wall ระยะฝัง 6 เซนติเมตร			
แบบจำลอง	พื้นที่การวิบัติ (cm ²)		
	Active	Passive	รวม
single wall	72.763	26.097	98.860
relieving wall	33.308	24.757	58.064

$$\text{ประสิทธิภาพ active เพิ่มขึ้น} \frac{72.763-33.308}{72.763} \times 100 = 54.224\%$$

$$\text{ประสิทธิภาพ passive เพิ่มขึ้น} \frac{26.097-24.757}{26.097} \times 100 = 5.135\%$$

4.6 เปรียบเทียบประสิทธิภาพของแต่ละรูปแบบโดยใช้กราฟการเพิ่มของการเคลื่อนตัวและความสูงของดินถมเป็นเปอร์เซ็นต์

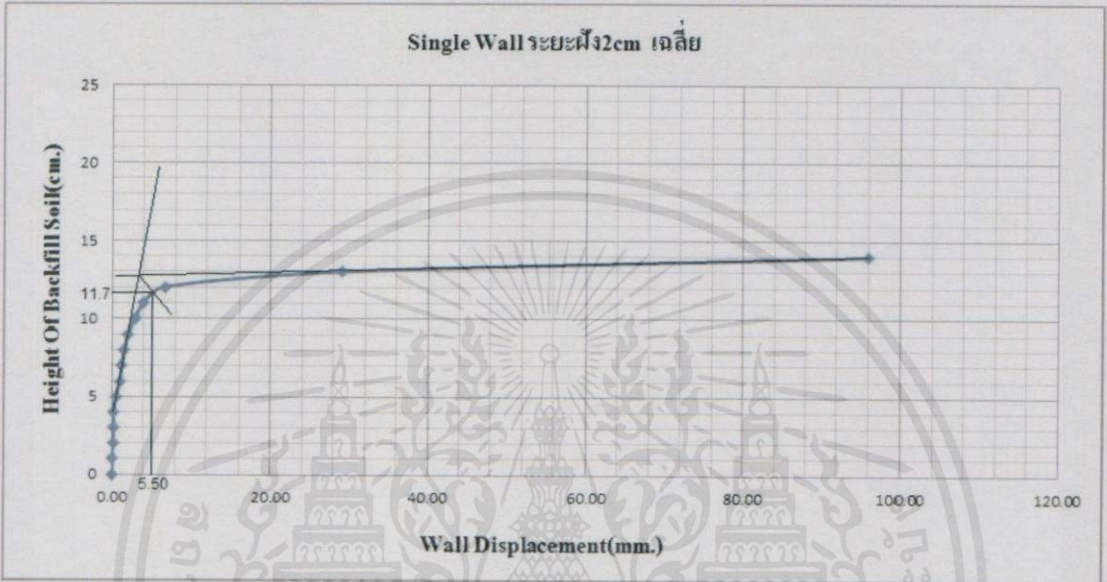
เมื่อได้จุดพิบัติกราฟความสัมพันธ์ระหว่างความสูงของดินที่เพิ่มขึ้นกับการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดินแล้ว เราจะสามารถรู้ค่าการเคลื่อนตัวของ โครงสร้างกันดิน และความสูงดินถมที่จุดพิบัติ โดยกำหนดให้จุดดังกล่าวคือจุดที่ 100 เปอร์เซ็นต์ และสามารถนำค่าการเคลื่อนตัวของ โครงสร้างกันดิน กับความสูงของดินถมก่อนการพิบัติมาคิดเป็นเปอร์เซ็นต์เทียบกับที่จุดพิบัติ โดยเปรียบเทียบระหว่างแบบจำลอง Single Wall กับ แบบจำลอง Buttress Wall และแบบจำลอง Single Wall กับแบบจำลอง Relieving Wall ซึ่งมีผลการวิเคราะห์ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์การเขียนเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.6.1 การหาค่าจุดพีคของโครงสร้างกันดินจากกราฟ

จากผลการทดลองเมื่อนำข้อมูลมาวิเคราะห์โดยการเขียนกราฟ ความสัมพันธ์ระหว่างความสูงของดินถมกับการเคลื่อนตัวโครงสร้างกันดินของแบบจำลอง เพื่อหาค่าจุดพีคของโครงสร้างกันดิน ซึ่งได้ผลการวิเคราะห์ดังนี้

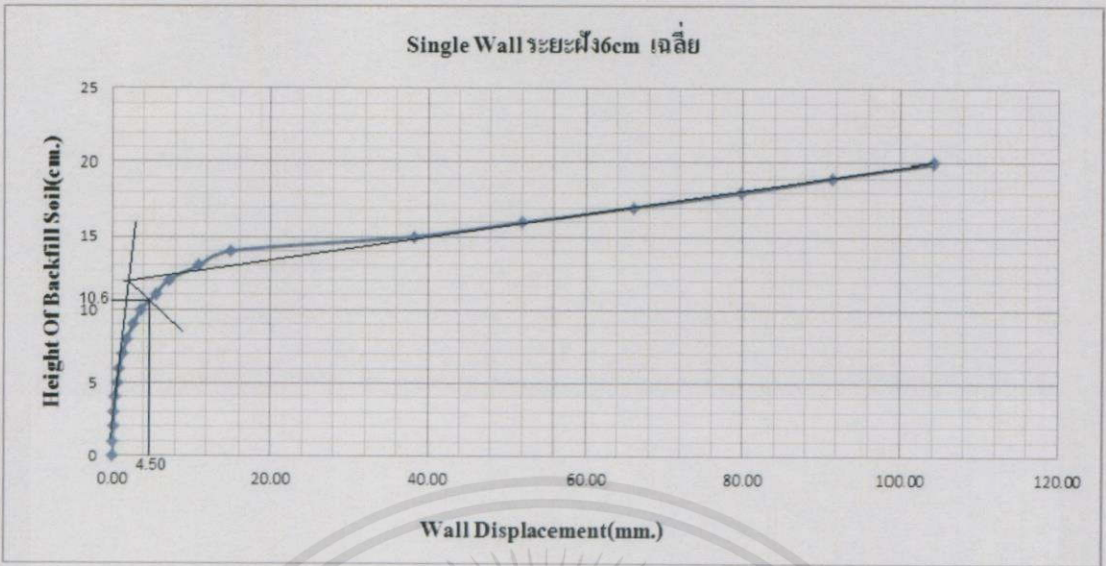


รูป 4.20 จุดพีคของความสัมพันธ์ระหว่างความสูงของดินถมกับการเคลื่อนตัวโครงสร้างกันดินของโครงสร้างกันดินแบบ single wall ระยะฝัง 2 เซนติเมตร

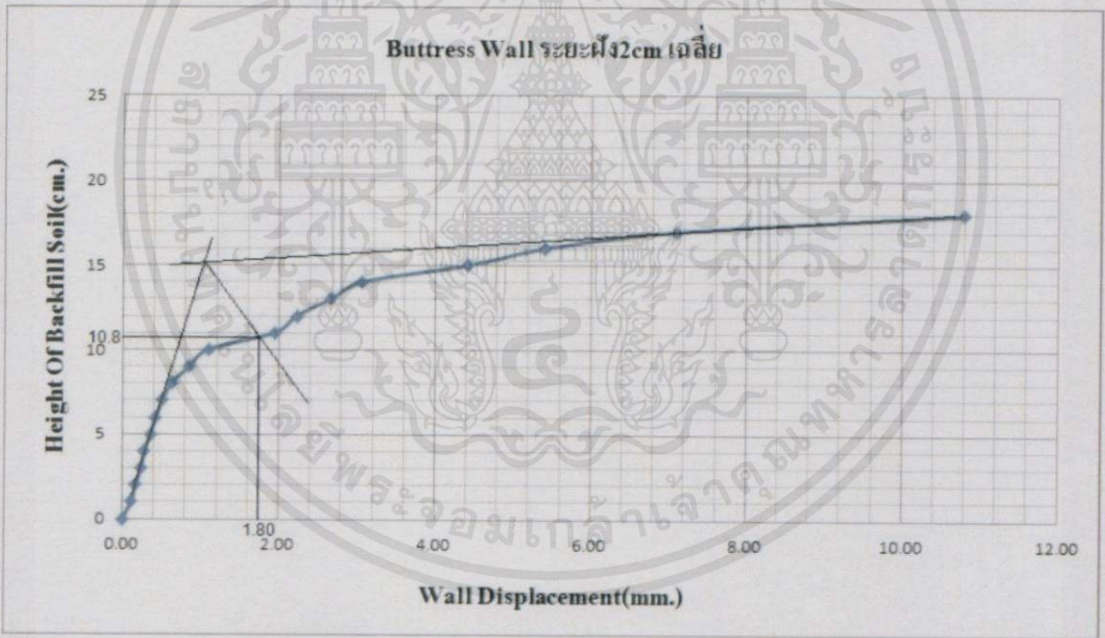


รูป 4.21 จุดพีคของความสัมพันธ์ระหว่างความสูงของดินถมกับการเคลื่อนตัวโครงสร้างกันดินของโครงสร้างกันดินแบบ single wall ระยะฝัง 4 เซนติเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่จัดทำขึ้นเพื่อใช้ในการศึกษาวิจัยเท่านั้น ไม่สามารถนำข้อมูลไปใช้ในการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น ขอสงวนสิทธิ์ในเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

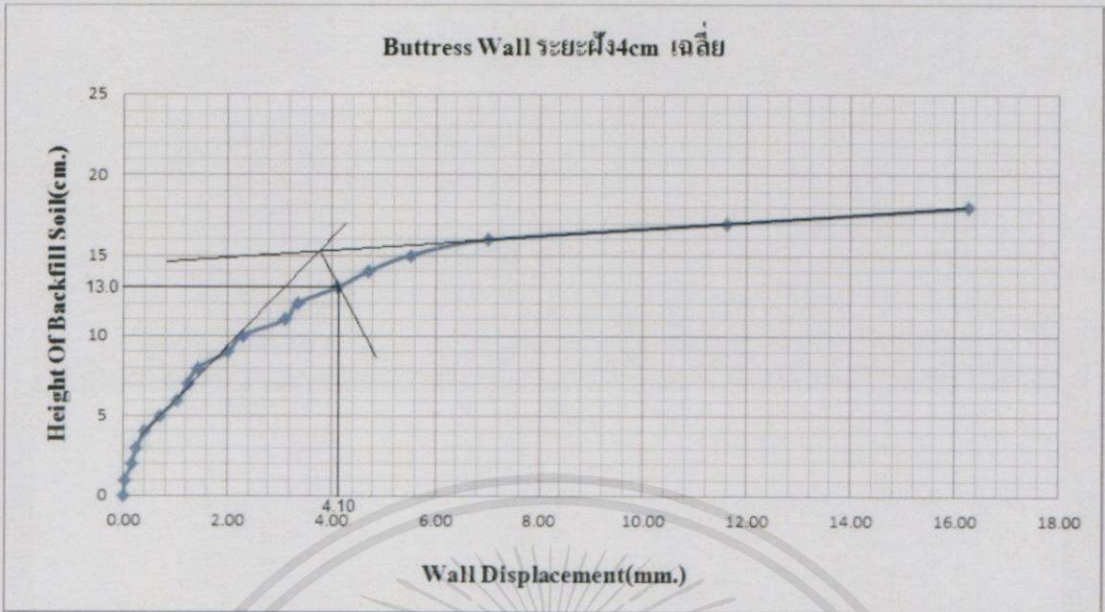


รูป 4.22 จุดวิบัติของความสัมพันธ์ระหว่างความสูงของดินถมกับการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดินของโครงสร้างกันดินแบบ single wall ระยะฝัง 6 เซนติเมตร

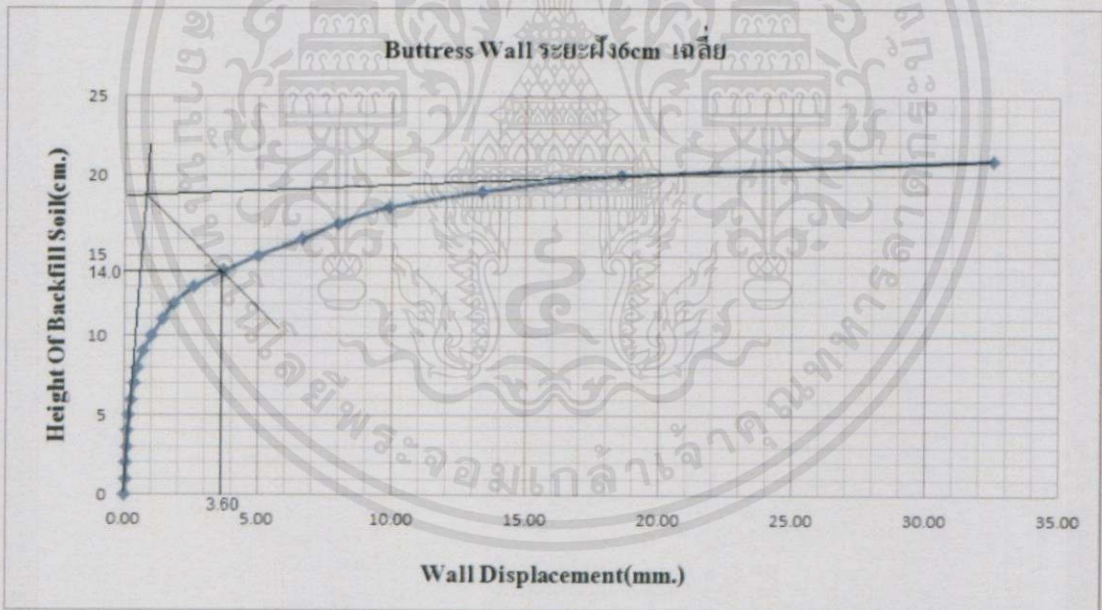


รูป 4.23 จุดวิบัติของความสัมพันธ์ระหว่างความสูงของดินถมกับการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดินของโครงสร้างกันดินแบบ buttress wall ระยะฝัง 2 เซนติเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

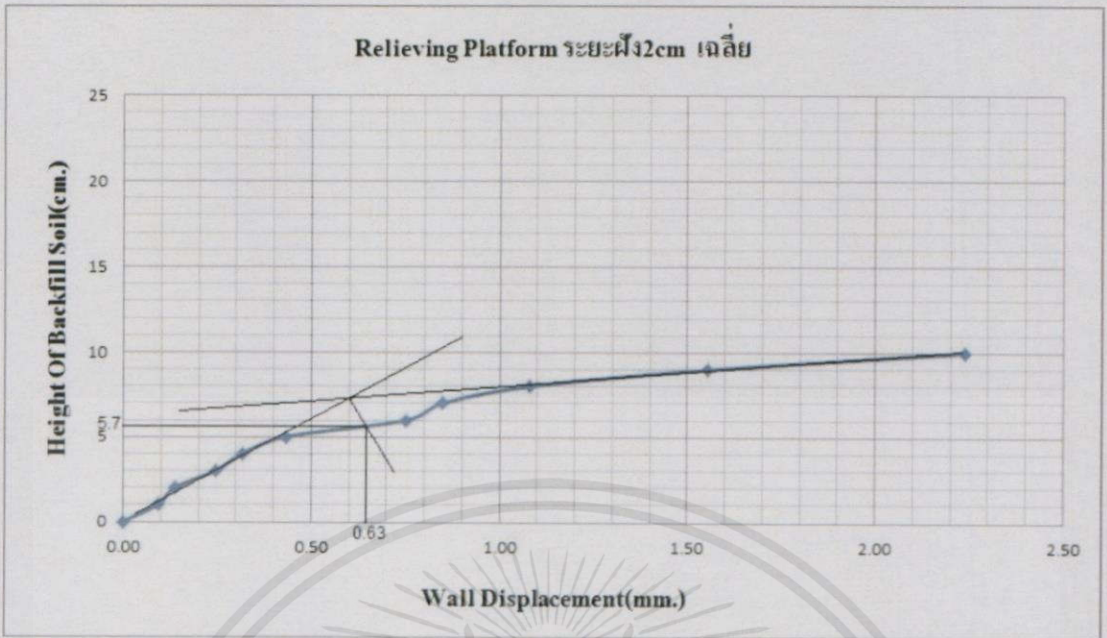


รูป 4.24 จุดวิกฤติของความสัมพันธ์ระหว่างความสูงของดินถมกับการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดินของโครงสร้างกันดินแบบ buttress wall ระยะฝั้ง 4 เซนติเมตร

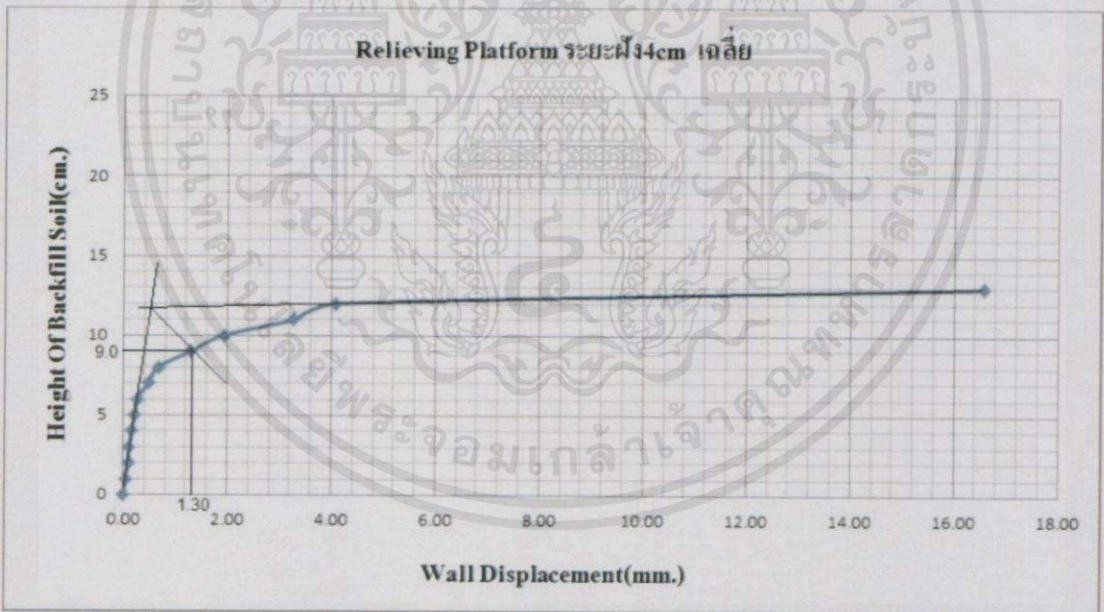


รูป 4.25 จุดวิกฤติของความสัมพันธ์ระหว่างความสูงของดินถมกับการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดินของโครงสร้างกันดินแบบ buttress wall ระยะฝั้ง 6 เซนติเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

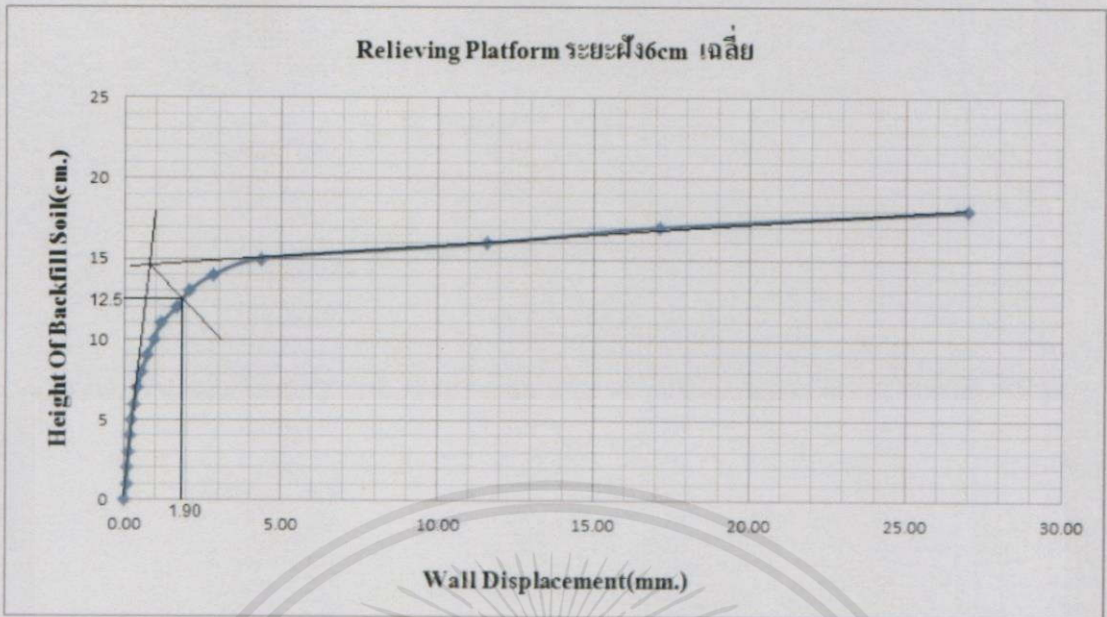


รูป 4.26 จุดวิกฤติของความสัมพันธ์ระหว่างความสูงของดินถมกับการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดินของโครงสร้างกันดินแบบ relieving wall ระยะฝัง 2 เซนติเมตร



รูป 4.27 จุดวิกฤติของความสัมพันธ์ระหว่างความสูงของดินถมกับการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดินของโครงสร้างกันดินแบบ relieving wall ระยะฝัง 4 เซนติเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูป 4.28 จุดวิบัติของความสัมพันธ์ระหว่างความสูงของดินถมกับการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดินของโครงสร้างกันดินแบบ relieving wall ระยะฝั่ง 6 เซนติเมตร

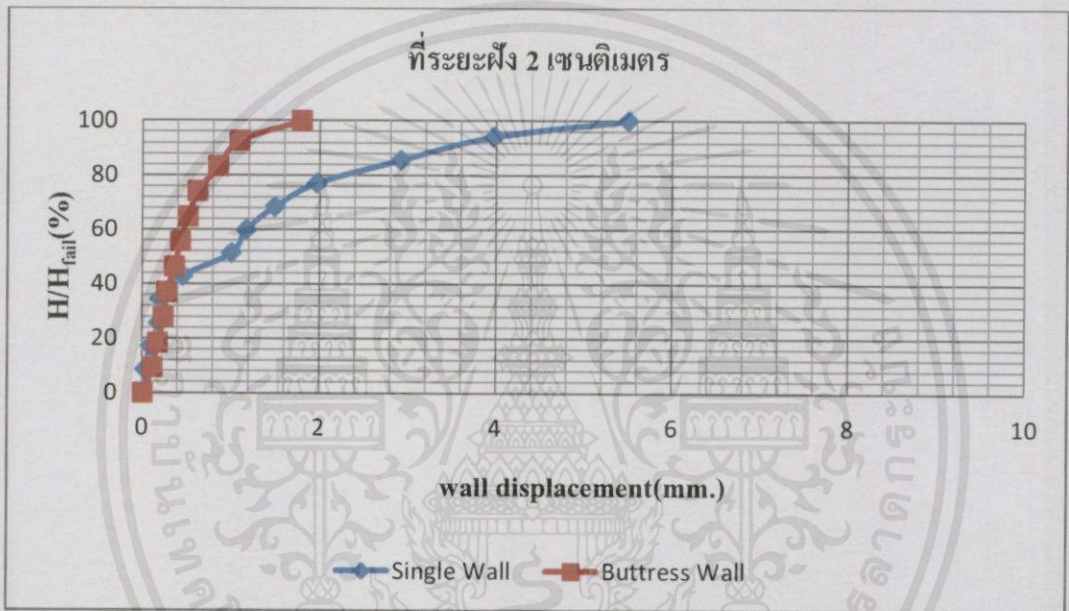
ตาราง 4.7 ค่าจุดวิบัติของแบบจำลองโครงสร้างกันที่ได้จากการวิเคราะห์

โครงสร้างกันดิน	จุดพิบัติ	
	Height of Backfill Soil (cm.)	Wall Displacement (mm.)
single wall เฉลี่ยที่ระยะฝั่ง 2 เซนติเมตร	11.70	5.50
single wall เฉลี่ยที่ระยะฝั่ง 4 เซนติเมตร	9.60	3.00
single wall เฉลี่ยที่ระยะฝั่ง 6 เซนติเมตร	10.60	4.50
buttress wall เฉลี่ยที่ระยะฝั่ง 2 เซนติเมตร	10.80	1.80
buttress wall เฉลี่ยที่ระยะฝั่ง 4 เซนติเมตร	13.00	4.10
buttress wall เฉลี่ยที่ระยะฝั่ง 6 เซนติเมตร	14.00	3.60
relieving wall เฉลี่ยที่ระยะฝั่ง 2 เซนติเมตร	5.70	0.63
relieving wall เฉลี่ยที่ระยะฝั่ง 4 เซนติเมตร	9.00	1.30
relieving wall เฉลี่ยที่ระยะฝั่ง 6 เซนติเมตร	12.50	1.90

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะครีดิททั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

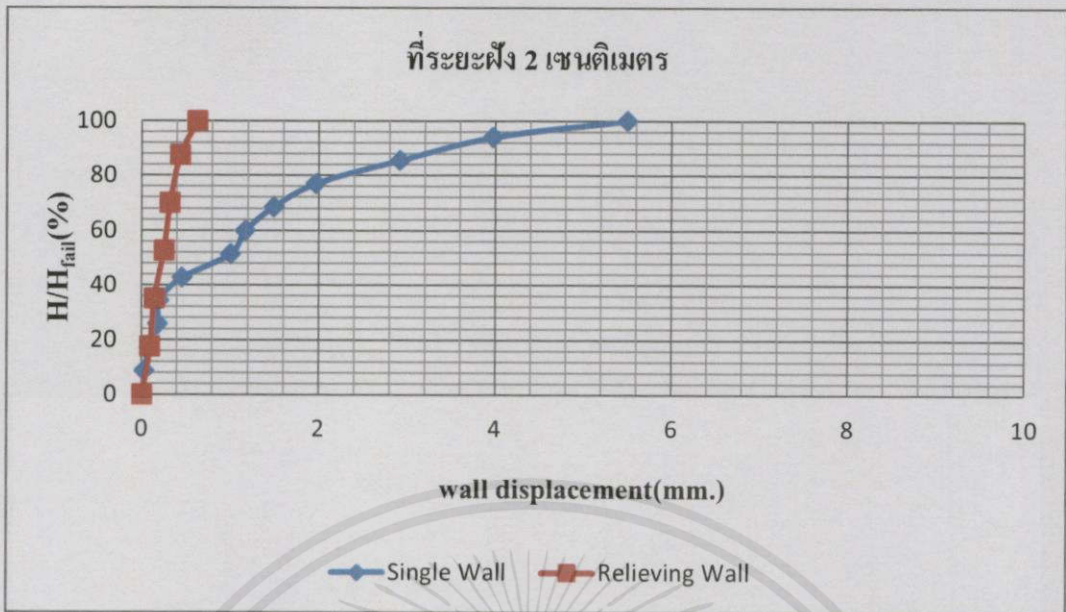
4.6.2 เปรียบเทียบประสิทธิภาพของแต่ละรูปแบบโดยใช้กราฟการเพิ่มของการเคลื่อนตัวและความสูงของดินถมเป็นเปอร์เซ็นต์

เมื่อได้จุดพิกัดกราฟความสัมพันธ์ระหว่างความสูงของดินที่เพิ่มขึ้นกับการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดินแล้ว เราจะสามารถรู้ค่าการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดิน และความสูงดินถมที่จุดพิบัติ เมื่อให้จุดดังกล่าวคือจุดที่ 100 เปอร์เซ็นต์ และสามารถนำค่าการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดิน กับความสูงของดินถมก่อนการพิบัติมาคิดเป็นเปอร์เซ็นต์เทียบกับที่จุดพิกัด ซึ่งมีผลการวิเคราะห์ดังนี้

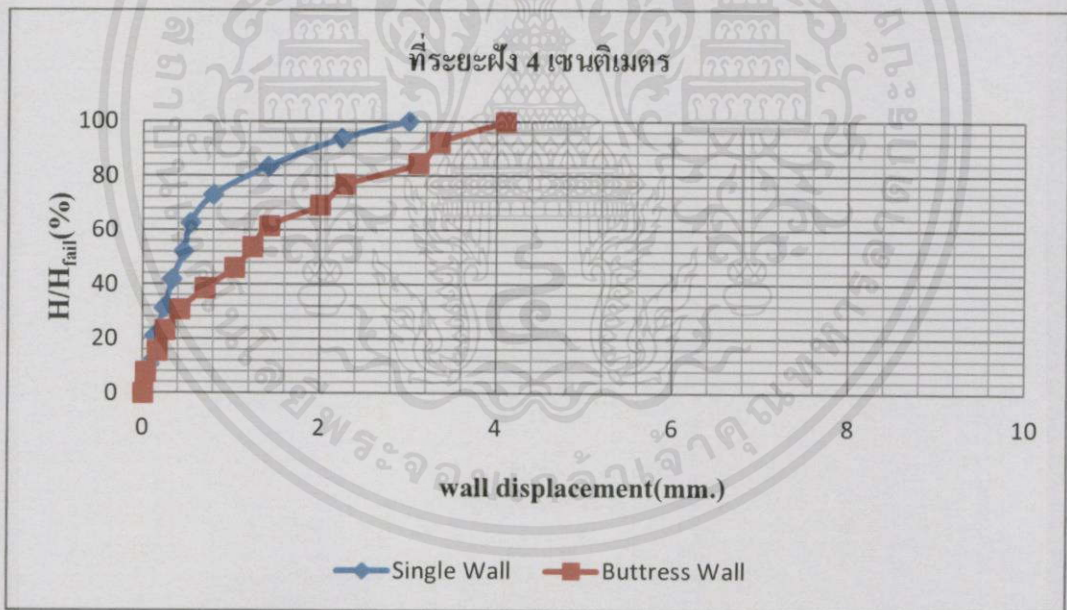


รูป 4.29 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของโครงสร้างกันดินแบบ single wall และโครงสร้างกันดินแบบ buttress wall ที่ระยะฝัง 2 เซนติเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

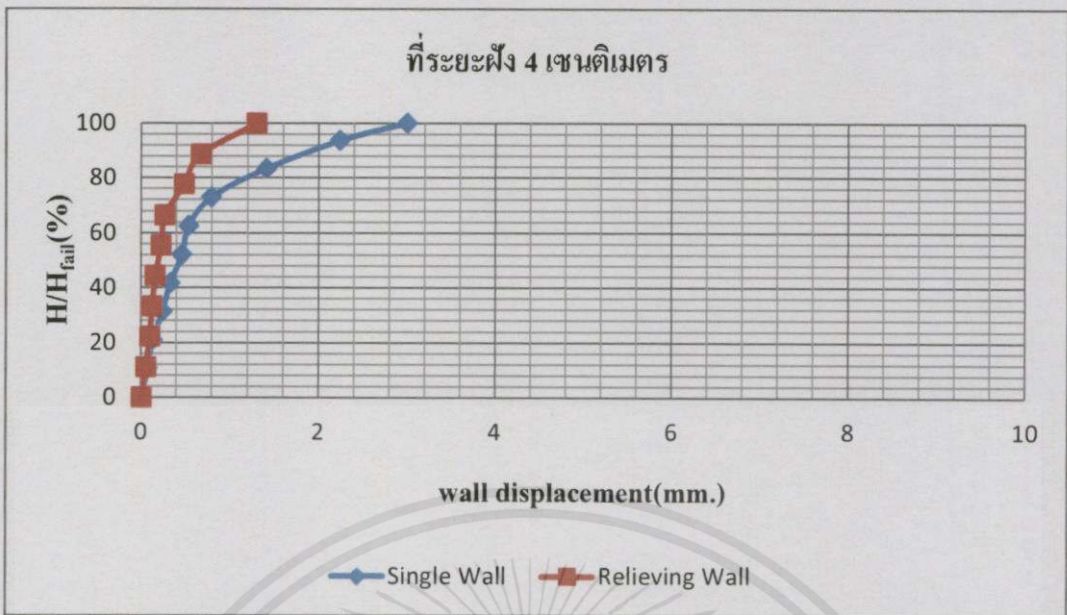


รูป 4.30 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของโครงสร้างกันดินแบบ single wall และโครงสร้างกันดินแบบ relieving wall ที่ระยะฝัง 2 เซนติเมตร

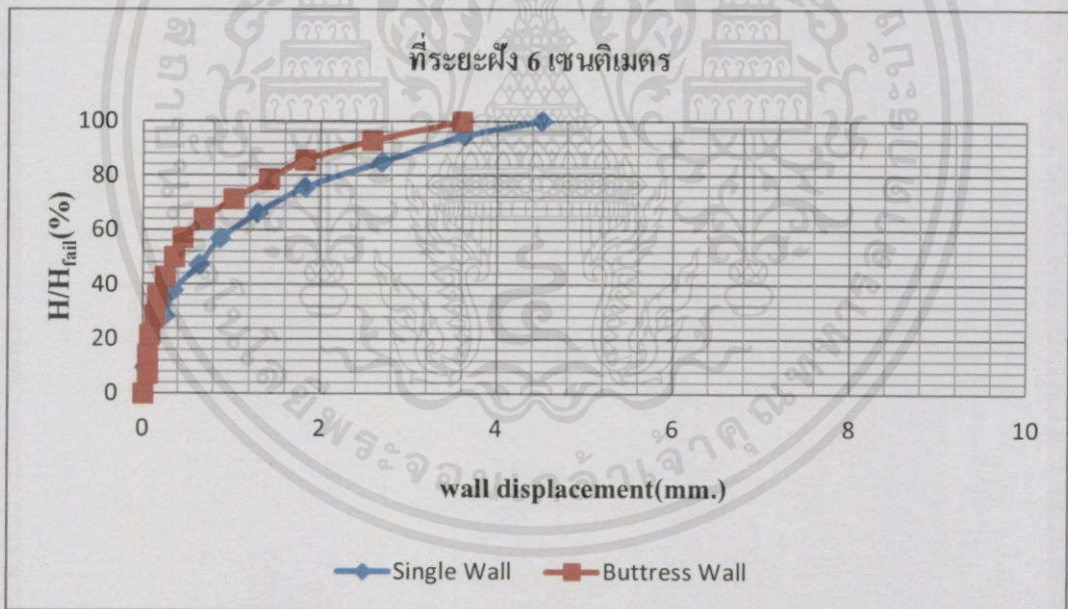


รูป 4.31 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของโครงสร้างกันดินแบบ single wall และโครงสร้างกันดินแบบ butress wall ที่ระยะฝัง 4 เซนติเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

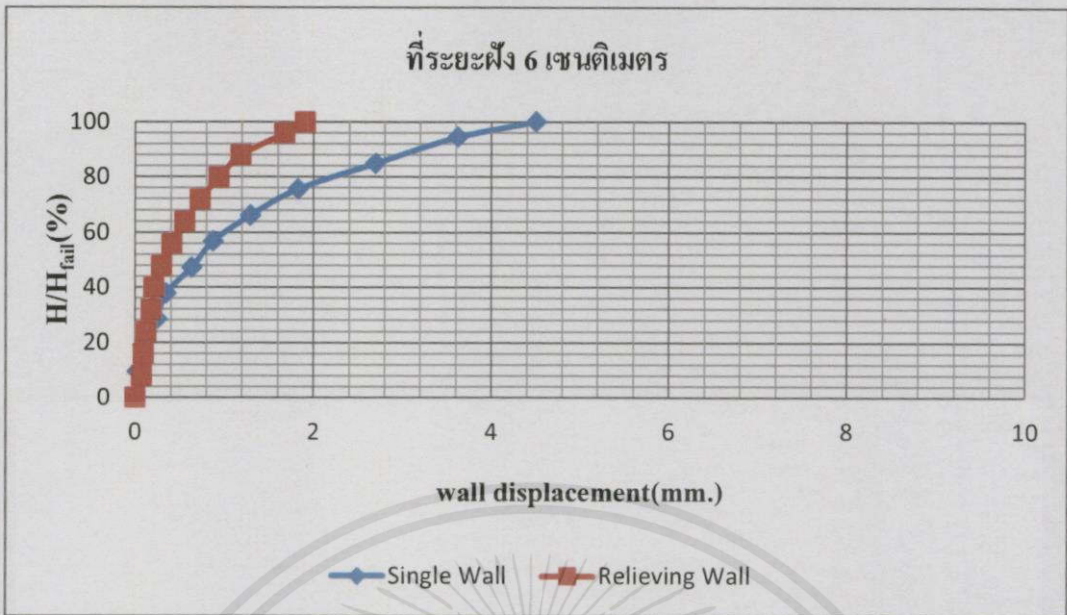


รูป 4.32 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของโครงสร้างกันดินแบบ single wall และโครงสร้างกันดินแบบ relieving wall ที่ระยะฝัง 4 เซนติเมตร



รูป 4.33 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของโครงสร้างกันดินแบบ single wall และโครงสร้างกันดินแบบ buttress wall ที่ระยะฝัง 6 เซนติเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูป 4.34 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของโครงสร้างกันดินแบบ single wall และโครงสร้างกันดินแบบ relieving wall ที่ระยะฝัง 6 เซนติเมตร

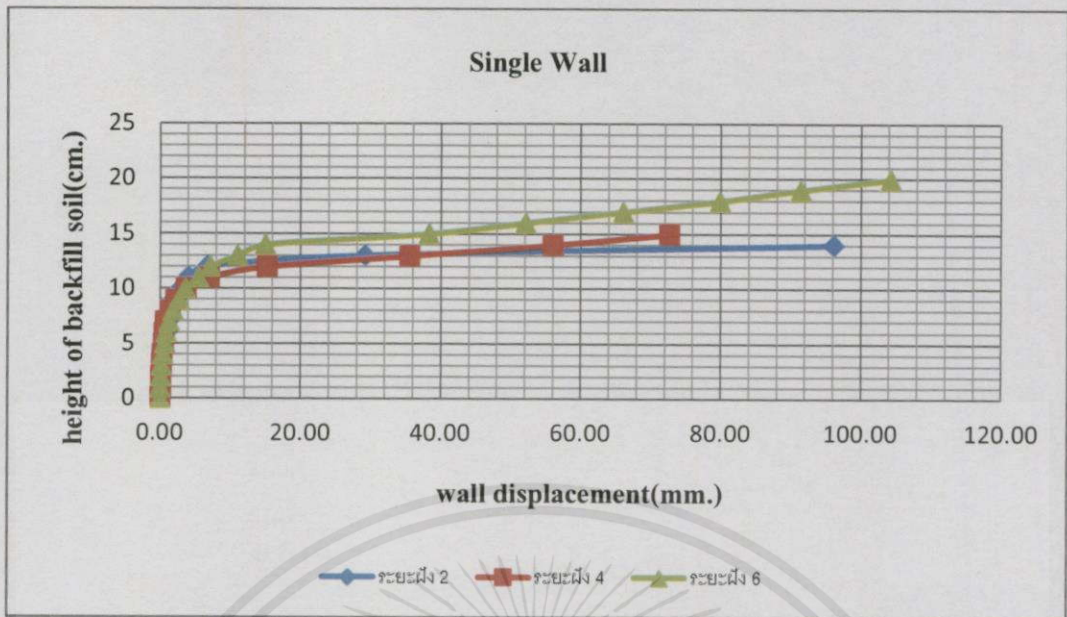
4.7 วิเคราะห์ผลการทดลอง

ในส่วนการวิเคราะห์ผลการทดลองเป็นการนำผลการทดลองจากมาวิเคราะห์ประสิทธิภาพในการลดการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดินเนื่องจากการเพิ่มระยะฝังโครงสร้างกันดิน การเพิ่มความแข็งแรงของโครงสร้างกันดิน และการกระจายแรงดันดินด้านข้างไปสู่แนวตั้ง

4.7.1 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพเนื่องจากระยะฝังโครงสร้างกันดินที่แตกต่างกัน

ในการศึกษาประสิทธิภาพเนื่องจากระยะฝัง ใช้แบบจำลอง single wall เปรียบเทียบกับระยะฝัง 2,4,6 เซนติเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



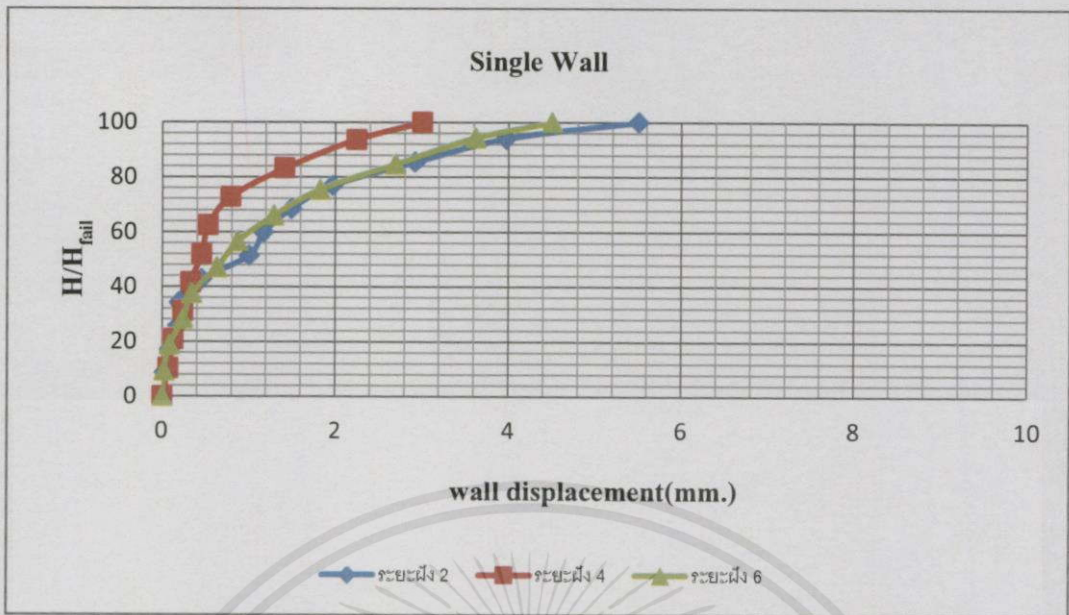
รูป 4.35 ค่าความสัมพันธ์ระหว่างการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดินแบบ single wall กับความสูงดินถมที่ระยะการฝัง 2 เซนติเมตร, 4 เซนติเมตร และ 6 เซนติเมตร

จากผลการทดลองของแบบ single wall ที่ระยะฝังแตกต่างกัน พบว่าในช่วงก่อนที่ความสูงของดินถมจะถึง 10 เซนติเมตร ผลการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดินมีความใกล้เคียงกันมาก เนื่องจากผลของแรงดันด้านข้างฝั่งที่มีพฤติกรรมแบบ active มีค่าใกล้เคียงกับฝั่งที่มีพฤติกรรมแบบ passive เป็นสาเหตุให้การเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดินมีค่าต่ำเมื่อเทียบกับความสูงของดินถมที่มากกว่า 10 เซนติเมตร

เนื่องจากแบบจำลอง single wall ที่ระยะฝังแตกต่างกัน ความสูงของดินถมที่จุดพิบัติไม่เท่ากัน ดังแสดงในตาราง 4.8 ดังนั้นจึงมีการแปลงค่าความสูงของดินถมเป็นอัตราส่วนเทียบกับที่จุดพิบัติตามที่อธิบายไว้ในหัวข้อ 3.5.7 เพื่อให้แต่ละแบบจำลองสามารถเปรียบเทียบประสิทธิภาพกันได้ ดังแสดงในรูป 4.36

ตาราง 4.8 ผลการทดลองจากโครงสร้างกันดินแบบ single wall ที่ระยะฝังแตกต่างกัน

โครงสร้างกันดิน	จุดพิบัติ(จากตาราง 3.2)	
	height of backfill soil (cm.)	wall displacement (mm.)
single wall เฉลี่ยที่ระยะฝัง 2 เซนติเมตร	11.70	5.50
single wall เฉลี่ยที่ระยะฝัง 4 เซนติเมตร	9.60	4.10
single wall เฉลี่ยที่ระยะฝัง 6 เซนติเมตร	10.60	4.50



รูป 4.36 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของโครงสร้างกันดินแบบ single wall ที่ระยะฝังแตกต่างกัน

จากกราฟจะเห็นได้ว่าที่เปอร์เซ็นต์ความสูงของดินถมเท่ากัน เมื่อระยะฝังเพื่อขึ้นจาก 2 เซนติเมตร เป็น 4 เซนติเมตร สามารถลดการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดินได้ เมื่อลองเปรียบเทียบที่ความสูงดินถม 80 เปอร์เซ็นต์ การเคลื่อนตัวที่ระยะฝัง 2 เซนติเมตร เท่ากับ 2 มิลลิเมตร ส่วนที่ระยะฝัง 4 เซนติเมตร โครงสร้างกันดินเคลื่อนตัว 1 มิลลิเมตร ขณะที่ระยะฝัง 6 เซนติเมตร มีการเคลื่อนตัวใกล้เคียงกับ ระยะฝัง 2 เซนติเมตร อาจมีสาเหตุจากพื้นที่การพิบัติด้าน active มีค่ามากกว่าด้าน passive เมื่อเทียบกับแบบจำลองระยะฝังที่ 2 เซนติเมตร และ 4 เซนติเมตร

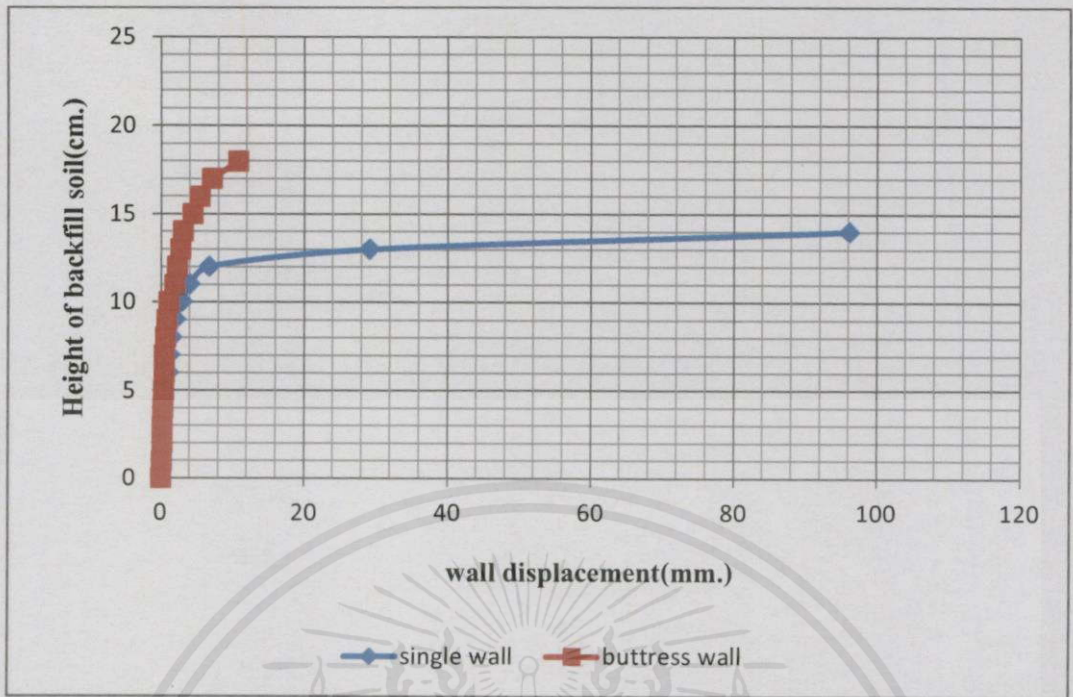
4.7.2 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพเมื่อมีการเพิ่มความแข็งแรงของโครงสร้างกันดิน

ในหัวข้อนี้เป็นการเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการลดการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดินเมื่อเพื่อเพิ่มความแข็งแรงของโครงสร้างกันดิน

4.7.2.1 เปรียบเทียบที่ระยะฝัง 2 เซนติเมตร

เมื่อพิจารณาที่ระยะฝัง 2 เซนติเมตร กราฟเปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างความสูงของดินถมกับการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดินระหว่างโครงสร้างกันดินแบบ single wall และโครงสร้างกันดินแบบ buttress wall ดังแสดงในรูป 4.37 พบว่าโครงสร้างกันดินแบบ buttress wall สามารถเพิ่มความสูงของดินถมที่จุดพิบัติได้และที่ความสูงดินถมเท่ากัน โครงสร้างกันดินแบบ buttress wall มีการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดินที่น้อยกว่า

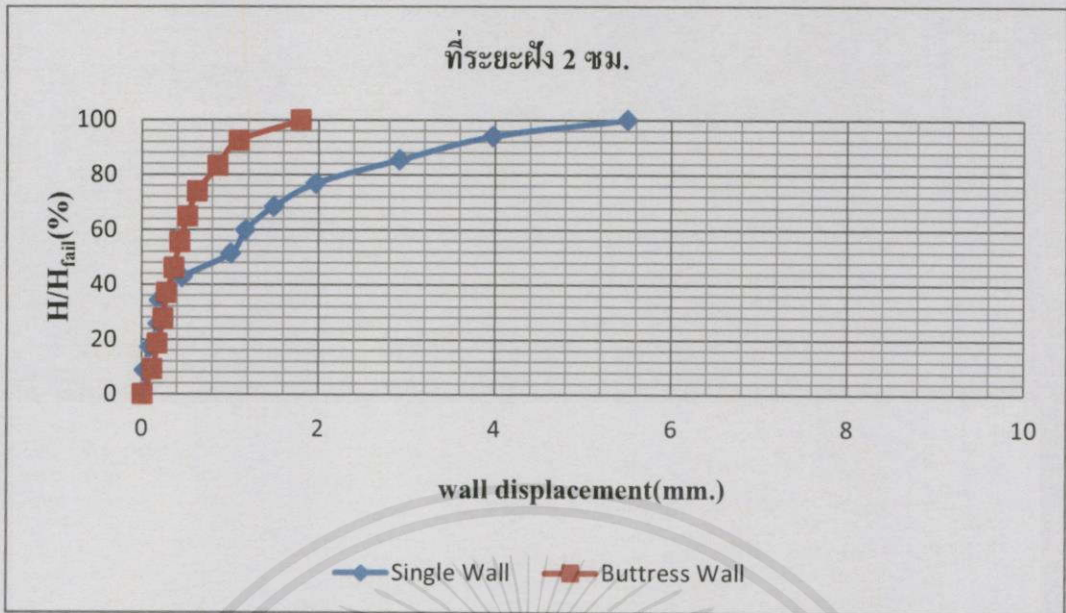
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูป 4.37 การเปรียบเทียบค่าความสัมพันธ์ระหว่างการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดินและความสูงดินถมของแบบจำลอง single wall กับแบบจำลอง buttress wall ที่ระยะการฝัง 2 เซนติเมตร

เนื่องจากแบบจำลองทั้งสอง มีความสูงของดินถมที่จุดพิบัติไม่เท่ากัน จึงต้องมีการแปลงค่าความสูงดินถมเป็นอัตราส่วนเทียบกันที่จุดพิบัติเพื่อให้สามารถเปรียบเทียบกันเป็นเปอร์เซ็นต์เพื่อความเข้าใจที่ง่ายขึ้น ดังแสดงในรูป 4.38

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



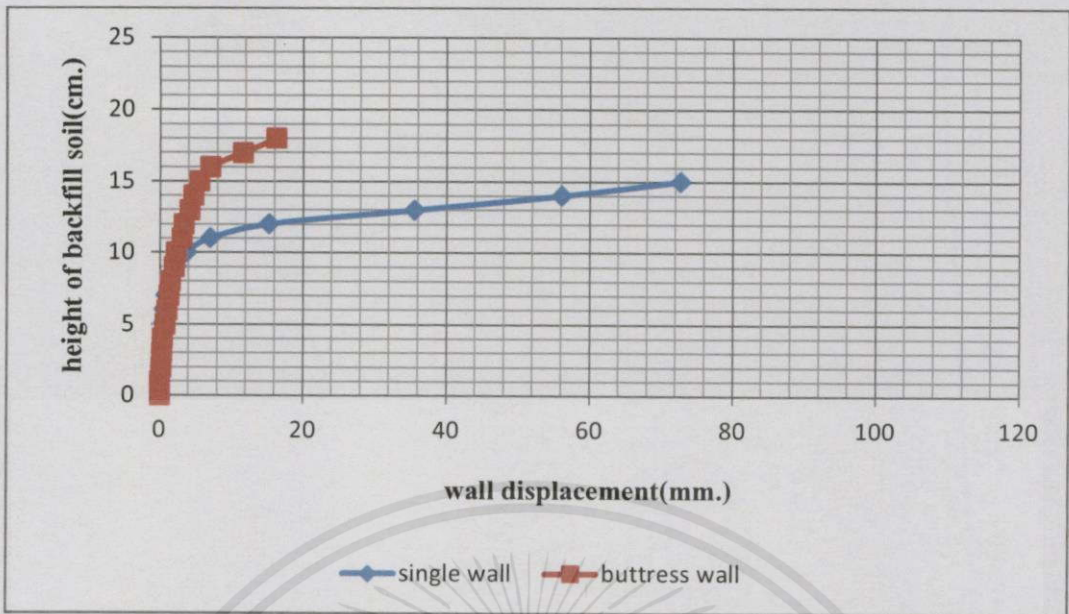
รูป 4.38 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของโครงสร้างกันดินแบบ single wall และโครงสร้างกันดินแบบ buttrass wall ที่ระยะฝั่ง 2 เซนติเมตร

จากกราฟดังกล่าว พบว่าเมื่อโครงสร้างกันดินมีความแข็งแรงมากขึ้นจะสามารถลดการเคลื่อนตัวลงได้ เมื่อลองเปรียบเทียบที่ความสูงดินถม 80 เปอร์เซ็นต์ การเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดินแบบ single wall เท่ากับ 2.2 มิลลิเมตร ส่วนโครงสร้างกันดินแบบ buttrass wall มีค่าเท่ากับ 0.8 มิลลิเมตร ซึ่งโครงสร้างกันดินแบบ buttrass wall สามารถลดการเคลื่อนตัวลงได้ 64 เปอร์เซ็นต์

4.7.2.2 เปรียบเทียบที่ระยะฝั่ง 4 เซนติเมตร

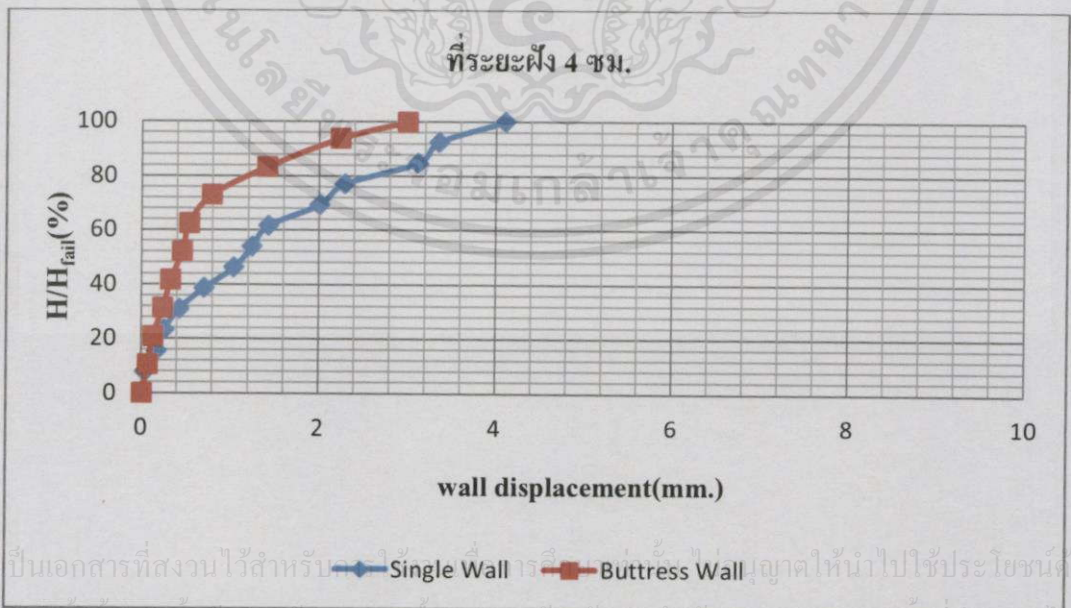
เมื่อพิจารณาที่ระยะฝั่ง 4 เซนติเมตร รูปเปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างความสูงของดินถมกับการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดินระหว่างโครงสร้างกันดินแบบ single wall และโครงสร้างกันดินแบบ buttrass wall ดังแสดงในรูป 4.39 พบว่าโครงสร้างกันดินแบบ buttrass wall สามารถเพิ่มความสูงของดินถมที่จุดพิบัติได้และที่ความสูงดินถมเท่ากัน โครงสร้างกันดินแบบ buttrass wall มีการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดินที่น้อยกว่า โดยที่ความสูงดินถมตั้งแต่ 0 ถึง 10 เซนติเมตรการเคลื่อนตัวของทั้งสองแบบจำลองมีค่าใกล้เคียงกันมาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูป 4.39 การเปรียบเทียบค่าความสัมพันธ์ระหว่างการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดินและความสูงดินถมของแบบจำลอง single wall กับแบบจำลอง buttress wall ที่ระยะการฝัง 4 เซนติเมตร

เนื่องจากแบบจำลองทั้งสอง มีความสูงของดินถมที่จุดพิบัติไม่เท่ากัน จึงต้องมีการแปลงค่าความสูงดินถมเป็นอัตราส่วนเทียบกับที่จุดพิบัติเพื่อให้สามารถเปรียบเทียบกันเป็นเปอร์เซ็นต์เพื่อความเข้าใจที่ง่ายขึ้น ดังแสดงในรูป 4.40

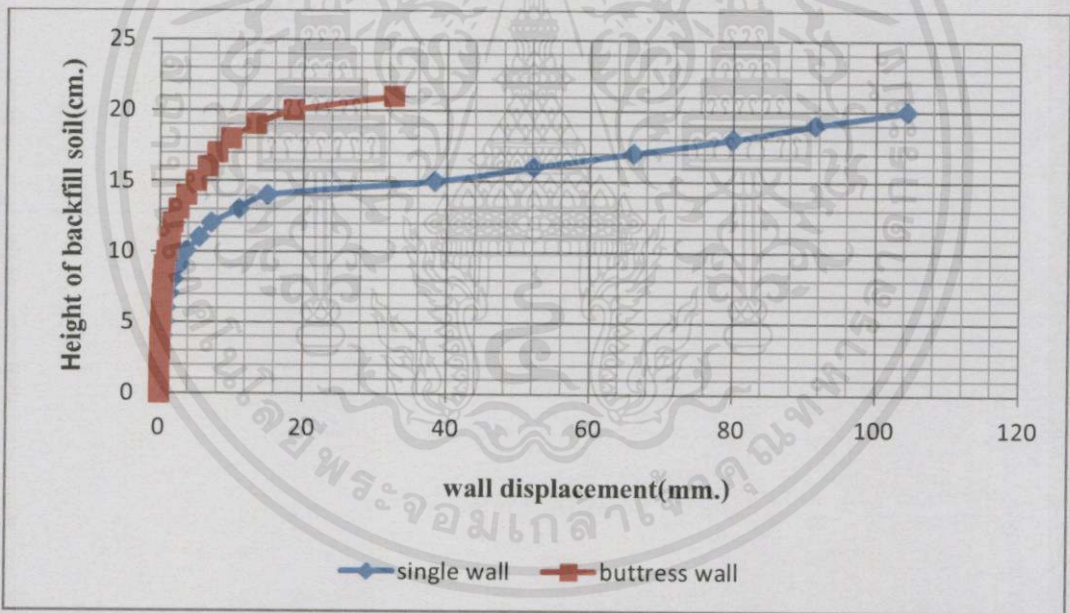


รูป 4.40 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของโครงสร้างกันดินแบบ single wall และโครงสร้างกันดินแบบ buttress wall ที่ระยะฝัง 4 เซนติเมตร

จากรูปดังกล่าว พบว่าเมื่อโครงสร้างกันดินมีความแข็งแรงมากขึ้นจะสามารถลดการเคลื่อนตัวลงได้ เมื่อลองเปรียบเทียบที่ความสูงดินถม 80 เปอร์เซ็นต์ การเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดินแบบ single wall เท่ากับ 2.6 มิลลิเมตร ส่วนโครงสร้างกันดินแบบ buttress wall มีค่าเท่ากับ 1.2 มิลลิเมตร ซึ่งโครงสร้างกันดินแบบ buttress wall สามารถลดการเคลื่อนตัวลงได้ 54 เปอร์เซ็นต์

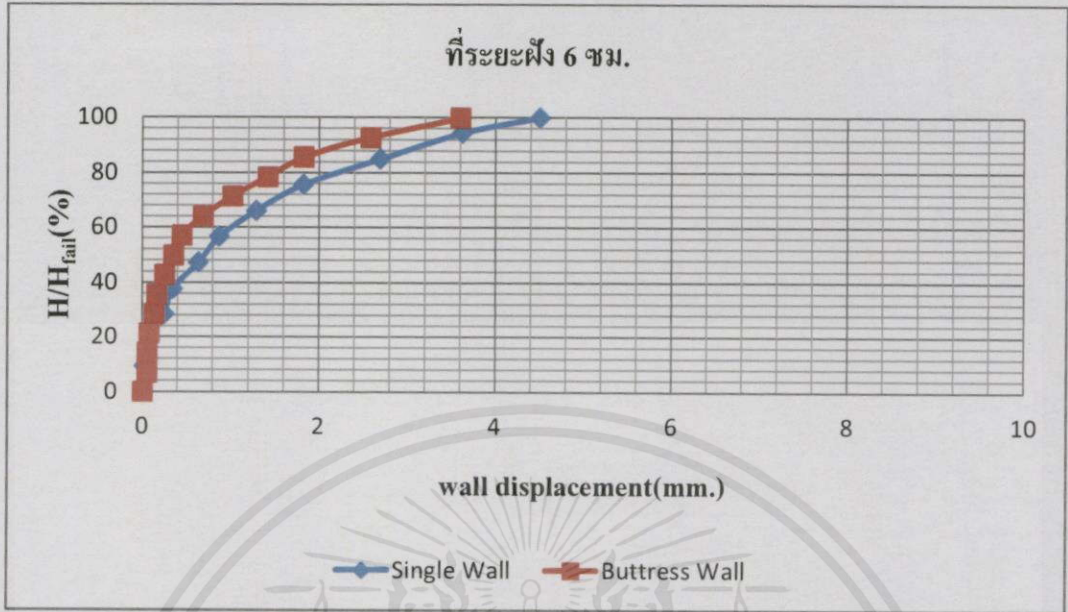
4.7.2.3 เปรียบเทียบที่ระยะฝัง 6 เซนติเมตร

เมื่อพิจารณาที่ระยะฝัง 6 เซนติเมตร กราฟเปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างความสูงของดินถมกับการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดินระหว่างโครงสร้างกันดินแบบ single wall และโครงสร้างกันดินแบบ buttress wall ดังแสดงในรูป 4.41 พบว่าโครงสร้างกันดินแบบ buttress wall สามารถเพิ่มความสูงของดินถมที่จุดพิบัติได้และที่ความสูงดินถมเท่ากัน โครงสร้างกันดินแบบ buttress wall มีการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดินที่น้อยกว่า โดยที่ความสูงดินถมตั้งแต่ 0 ถึง 10 เซนติเมตรการเคลื่อนตัวของทั้งสองแบบจำลองมีค่าใกล้เคียงกันมาก



รูป 4.41 การเปรียบเทียบค่าความสัมพันธ์ระหว่างการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดินและความสูงดินถม ของแบบจำลอง single wall กับแบบจำลอง buttress wall ที่ระยะการฝัง 6 เซนติเมตร

เนื่องจากแบบจำลองทั้งสอง มีความสูงของดินถมที่จุดพิบัติไม่เท่ากัน จึงต้องมีการแปลงค่าความสูงดินถมเป็นอัตราส่วนเทียบกันที่จุดพิบัติเพื่อให้สามารถเปรียบเทียบกันเป็นเปอร์เซ็นต์เพื่อความเข้าใจที่ง่ายขึ้น ดังแสดงในรูป 4.42



รูป 4.42 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของโครงสร้างกันดินแบบ single wall และโครงสร้างกันดินแบบ buttress wall ที่ระยะฝั่ง 6 เซนติเมตร

จากรูปดังกล่าว พบว่าเมื่อโครงสร้างกันดินมีความแข็งแรงมากขึ้นจะสามารถลดการเคลื่อนตัวลงได้ เมื่อลองเปรียบเทียบที่ความสูงดินถม 80 เปอร์เซ็นต์ การเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดินแบบ single wall เท่ากับ 2.2 มิลลิเมตร ส่วนโครงสร้างกันดินแบบ buttress wall มีค่าเท่ากับ 1.6 มิลลิเมตร ซึ่งโครงสร้างกันดินแบบ buttress wall สามารถลดการเคลื่อนตัวลงได้ 27 เปอร์เซ็นต์

4.7.3 ความสัมพันธ์เมื่อแรงดันด้านข้างลดลง

ในหัวข้อนี้เป็นการเปรียบเทียบประสิทธิภาพการลดการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดินโดยการกระจายแรงดันดินด้านข้างเป็นแรงดันในแนวตั้ง ด้วยการใส่เสาเข็มและrelieving wall แรงดันดินที่ลดลงนั้นเปรียบเทียบจากพื้นที่การพิบัติที่ลดลง ดังแสดงในตาราง 4.9

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง 4.9 ผลการเปรียบเทียบพื้นที่การพิบัติที่ลดลง

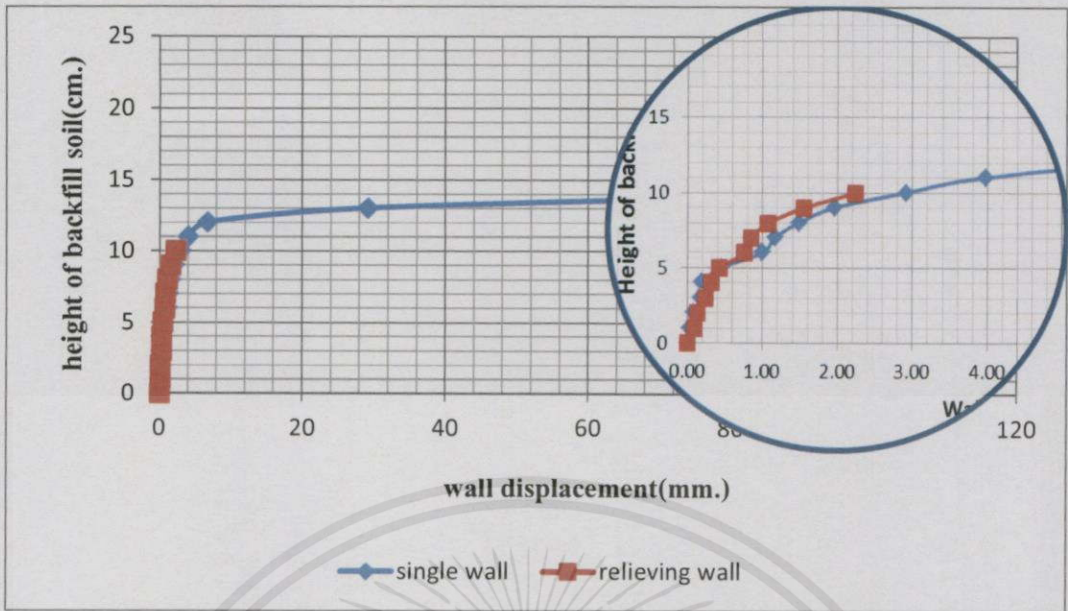
ระยะฝัง cm	พื้นที่การพิบัติ(ตารางเซนติเมตร)	
	โครงสร้างกันดินแบบ single wall	โครงสร้างกันดินแบบ relieving wall
2	31.014	4.034
4	51.906	15.114
6	72.763	33.308

จากผลในตารางแสดงให้เห็นว่าการใช้ relieving wall สามารถลดแรงดันด้านข้างลงได้ ที่ระยะฝัง 2 เซนติเมตร สามารถลดพื้นที่การพิบัติจาก 31.014 ตารางเซนติเมตร เหลือ 4.034 ตารางเซนติเมตร คิดเป็น 87 เปอร์เซ็นต์ ที่ระยะฝัง 4 เซนติเมตร สามารถลดพื้นที่การพิบัติจาก 51.906 ตารางเซนติเมตร เหลือ 15.114 ตารางเซนติเมตร คิดเป็น 71 เปอร์เซ็นต์ และที่ระยะฝัง 6 เซนติเมตร สามารถลดพื้นที่การพิบัติจาก 72.763 ตารางเซนติเมตร เหลือ 33.308 ตารางเซนติเมตร คิดเป็น 54 เปอร์เซ็นต์

4.7.3.1 เปรียบเทียบที่ระยะฝัง 2 เซนติเมตร

เมื่อพิจารณาโครงสร้างกันดินแบบ single wall และ โครงสร้างกันดินแบบ relieving wall ที่ระยะฝัง 2 เซนติเมตร โดยนำผลการทดลองมาสร้างกราฟเปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างความสูงของดินถมและการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดิน ดังแสดงในรูป 4.43

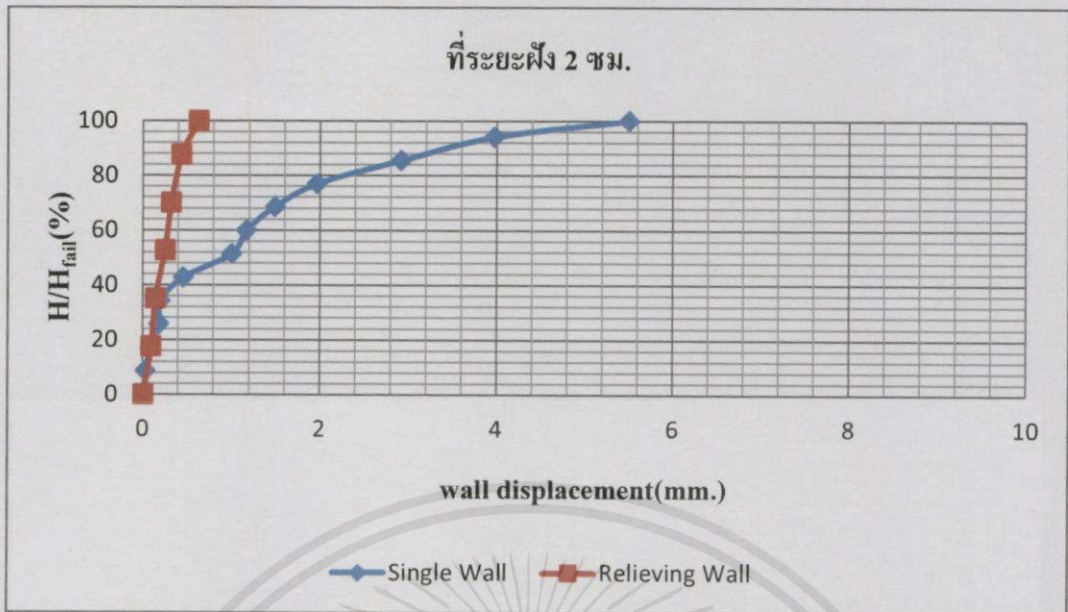
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูป 4.43 การเปรียบเทียบค่าความสัมพันธ์ระหว่างการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดินและความสูงดินถมของแบบจำลอง single wall กับแบบจำลอง relieving wall ที่ระยะการฝัง 2 เซนติเมตร

จากรูปดังกล่าว พบว่า ผลที่ได้จากการทดลองมีค่าใกล้เคียงกัน เมื่อลองขยายกราฟพบว่า เส้นความสัมพันธ์ของโครงสร้างกันดินแบบ relieving wall มีการเคลื่อนตัวที่น้อยกว่าโครงสร้างกันดินแบบ single wall ที่ความสูงดินถมเท่ากัน แสดงให้เห็นว่าโครงสร้างกันดินแบบ relieving wall สามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการลดการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดินได้

เนื่องจากจุดพิบัติของทั้งสองแบบจำลองมีระดับความสูงดินถมไม่เท่ากัน จึงมีการแปลงผลความสูงดินถมเป็นอัตราส่วนเทียบกับจุดพิบัติของแต่ละแบบจำลอง เพื่อให้สามารถเทียบประสิทธิภาพเป็นเปอร์เซ็นต์ได้ ดังแสดงในรูป 4.44

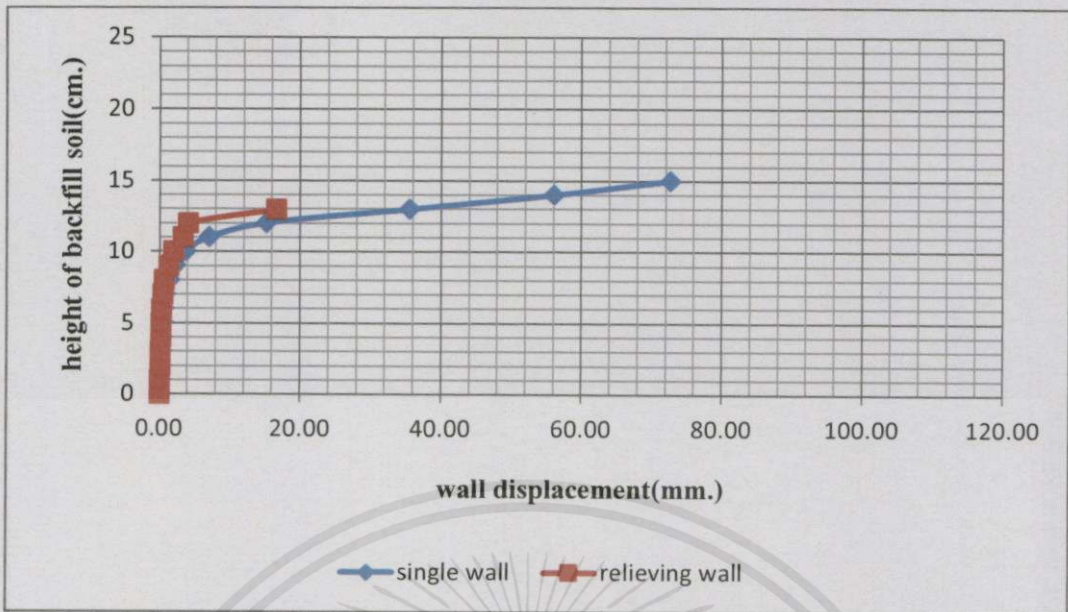


รูป 4.44 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของโครงสร้างกันดินแบบ single wall และโครงสร้างกันดินแบบ relieving wall ที่ระยะฝัง 4 เซนติเมตร

จากรูปดังกล่าว พบว่าเมื่อโครงสร้างกันดินรับแรงดันด้านข้างน้อยลง จะสามารถลดการเคลื่อนตัวลงได้ เมื่อลองเปรียบเทียบที่ความสูงดินถม 80 เปอร์เซ็นต์ การเคลื่อนตัวของ โครงสร้างกันดินแบบ single wall เท่ากับ 2.4 มิลลิเมตร ส่วน โครงสร้างกันดินแบบ relieving wall มีค่าเท่ากับ 0.4 มิลลิเมตร ซึ่งการใช้โครงสร้างกันดินแบบ relieving wall จะสามารถลดการเคลื่อนตัวลงได้ 83 เปอร์เซ็นต์

4.7.3.2 เปรียบเทียบที่ระยะฝัง 4 เซนติเมตร

เมื่อพิจารณาโครงสร้างกันดินแบบ single wall และโครงสร้างกันดินแบบ relieving wall ที่ระยะฝัง 4 เซนติเมตร โดยนำผลการทดลองมาสร้างกราฟเปรียบเทียบ ความสัมพันธ์ระหว่างความสูงของดินถมและการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดิน ดังแสดงในรูป 4.45

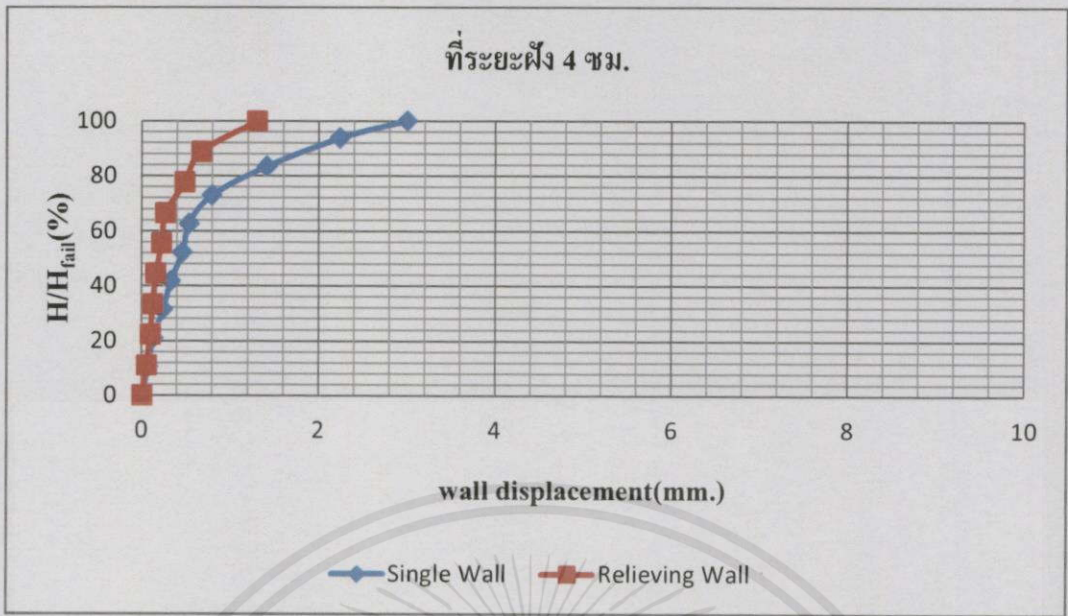


รูป 4.45 การเปรียบเทียบค่าความสัมพันธ์ระหว่างการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดินและความสูงดินถม ของแบบจำลอง single wall กับแบบจำลอง relieving wall ที่ระยะการฝัง 4 เซนติเมตร

จากรูปดังกล่าว พบว่า ผลที่ได้จากการทดลองมีค่าใกล้เคียงกัน ในช่วงความสูงดินถม 0 - 10 เซนติเมตร หลังจากนั้นเส้นความสัมพันธ์ของ โครงสร้างกันดินแบบ relieving wall มีการเคลื่อนตัวที่น้อยกว่าโครงสร้างกันดินแบบ single wall ที่ความสูงดินถมเท่ากัน แสดงให้เห็นว่าโครงสร้างกันดินแบบ relieving wall สามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการลดการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดินได้

เนื่องจากจุดพิบัติของทั้งสองแบบจำลองมีระดับความสูงดินถมไม่เท่ากัน จึงมีการแปลงผลความสูงดินถมเป็นอัตราส่วนเทียบกับจุดพิบัติของแต่ละแบบจำลอง เพื่อให้สามารถเทียบประสิทธิภาพเป็นเปอร์เซ็นต์ได้ ดังแสดงในรูป 4.46

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

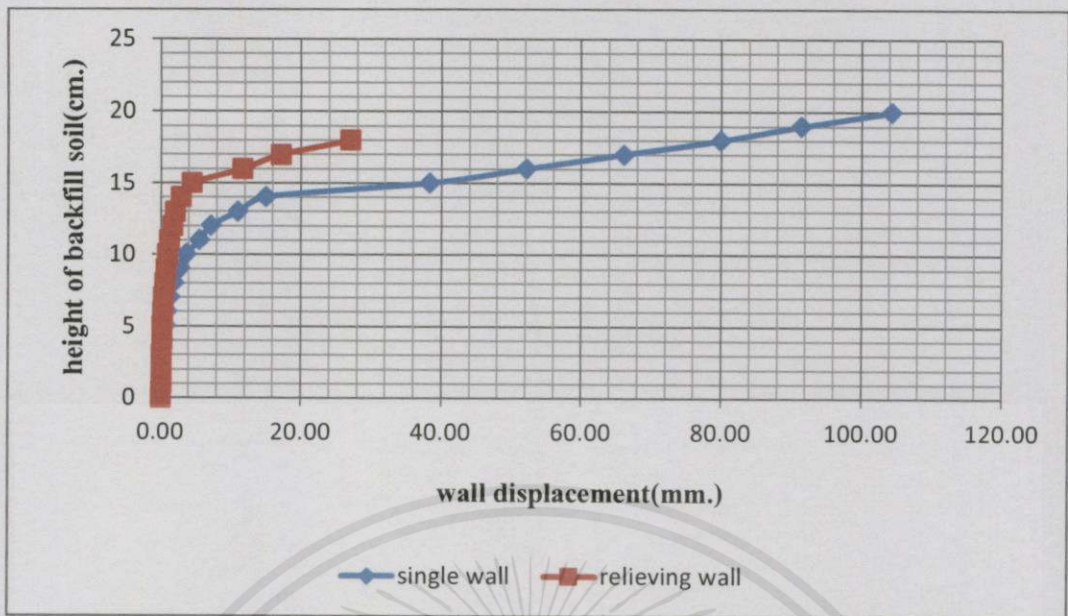


รูป 4.46 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของโครงสร้างกันดินแบบ single wall และโครงสร้างกันดินแบบ relieving wall ที่ระยะฝัง 4 เซนติเมตร

จากรูปดังกล่าว พบว่าเมื่อ โครงสร้างกันดินรับแรงดันด้านข้างน้อยลง จะสามารถลดการเคลื่อนตัวลงได้ เมื่อลองเปรียบเทียบที่ความสูงดินถม 80 เปอร์เซ็นต์ การเคลื่อนตัวของ โครงสร้างกันดินแบบ single wall เท่ากับ 1.2 มิลลิเมตร ส่วน โครงสร้างกันดินแบบ relieving wall มีค่าเท่ากับ 0.5 มิลลิเมตร ซึ่งการใช้โครงสร้างกันดินแบบ relieving wall จะสามารถลดการเคลื่อนตัวลงได้ 58 เปอร์เซ็นต์

4.7.3.3 เปรียบเทียบที่ระยะฝัง 6 เซนติเมตร

เมื่อพิจารณาโครงสร้างกันดินแบบ single wall และโครงสร้างกันดินแบบ relieving wall ที่ระยะฝัง 6 เซนติเมตร โดยนำผลการทดลองมาสร้างกราฟเปรียบเทียบ ความสัมพันธ์ระหว่างความสูงของดินถมและการเคลื่อนตัวของ โครงสร้างกันดิน ดังแสดงในรูป 4.47

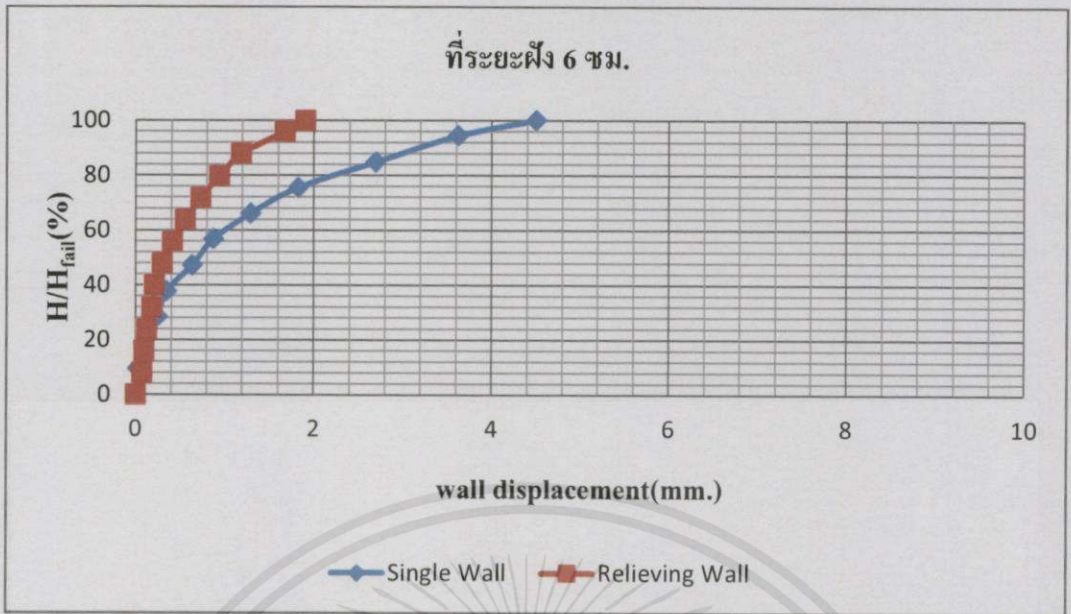


รูป 4.47 การเปรียบเทียบค่าความสัมพันธ์ระหว่างการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดินและความสูงดินถม ของแบบจำลอง single wall กับแบบจำลอง relieving wall ที่ระยะการฝังเซนติเมตร

จากรูปดังกล่าว พบว่า ผลที่ได้จากการทดลองมีค่าใกล้เคียงกัน ในช่วงความสูงดินถม 0 - 10 เซนติเมตร หลังจากนั้นเส้นความสัมพันธ์ของโครงสร้างกันดินแบบ relieving wall มีการเคลื่อนตัวที่น้อยกว่าโครงสร้างกันดินแบบ single wall ที่ความสูงดินถมเท่ากัน แสดงให้เห็นว่าโครงสร้างกันดินแบบ relieving wall สามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการลดการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดินได้

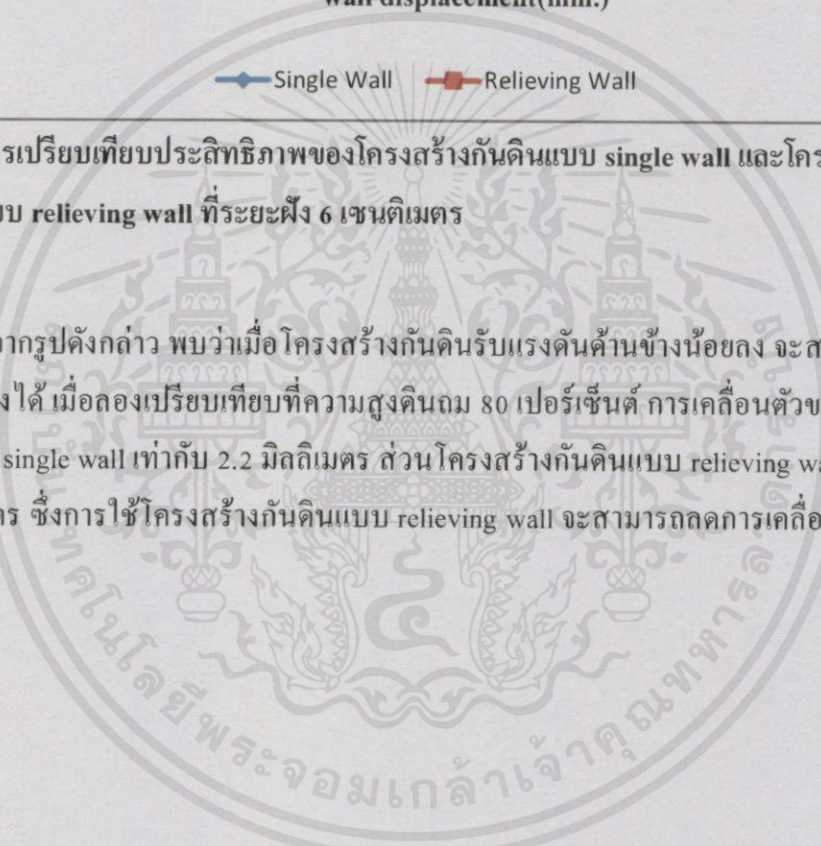
เนื่องจากจุดพิบัติของทั้งสองแบบจำลองมีระดับความสูงดินถมไม่เท่ากัน จึงมีการแปลงผลความสูงดินถมเป็นอัตราส่วนเทียบกับจุดพิบัติของแต่ละแบบจำลอง เพื่อให้สามารถเปรียบเทียบประสิทธิภาพเป็นเปอร์เซ็นต์ได้ ดังแสดงในรูป 4.48

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูป 4.48 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของโครงสร้างกันดินแบบ single wall และโครงสร้างกันดินแบบ relieving wall ที่ระยะฝั่ง 6 เซนติเมตร

จากรูปดังกล่าว พบว่าเมื่อ โครงสร้างกันดินรับแรงดันด้านข้างน้อยลง จะสามารถลดการเคลื่อนตัวลงได้ เมื่อลองเปรียบเทียบที่ความสูงดินถม 80 เปอร์เซ็นต์ การเคลื่อนตัวของ โครงสร้างกันดินแบบ single wall เท่ากับ 2.2 มิลลิเมตร ส่วนโครงสร้างกันดินแบบ relieving wall มีค่าเท่ากับ 0.9 มิลลิเมตร ซึ่งการใช้โครงสร้างกันดินแบบ relieving wall จะสามารถลดการเคลื่อนตัวลงได้ 59 เปอร์เซ็นต์



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปผลการทดลอง

5.1 บทนำ

ผลการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดินและระดับความสูงของดินถม สามารถศึกษาได้ด้วยแบบจำลองทางกายภาพได้อย่างชัดเจน จากกราฟความสัมพันธ์ระหว่างการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดินและความสูงของดินถม รูปภาพผลที่ได้จากแบบจำลองเมื่อถึงจุดพิบัติ รวมทั้งกราฟเปรียบเทียบการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดินที่ระยะฝังต่างๆ และที่รูปแบบของโครงสร้างกันดินทั้ง 3 รูปแบบ

ในบทนี้จะเป็นการนำผลการทดลองจากบทที่ 4 มาสรุปผลการทดลอง โดยการเปรียบเทียบประสิทธิภาพเนื่องจากระยะฝังที่เพิ่มขึ้น โดยพิจารณาที่แบบจำลองsingle wall ความแข็งแรงของโครงสร้างกันดินที่เพิ่มขึ้นพิจารณาเปรียบเทียบระหว่างแบบจำลองsingle wall และbuttress wall และแรงดันดินด้านข้างที่ลดลงพิจารณาเปรียบเทียบระหว่างแบบจำลองsingle wall และ relieving wall

5.2 สรุปผลการทดลอง

เมื่อพิจารณาประสิทธิภาพของโครงสร้างกันดินทั้ง 3 รูปแบบ คือมีแบบจำลองsingle wall, buttress wall และ relieving wall เนื่องจากระยะฝังโครงสร้างกันดินแตกต่างกัน ที่ 2, 4, 6 เซนติเมตร พบว่าในช่วงก่อนที่ความสูงของดินถมไม่ถึง 10 เซนติเมตร ผลการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดินไม่มีความแตกต่างกันอย่างเห็นได้ชัดเนื่องจากความสูงดินถมมีค่าน้อย ทำให้แรงดันดิน ด้านข้างที่พิบัติแบบค้ำกำแพง(active) มีค่าใกล้เคียงกับแรงดันเนื่องจากกำแพงดิน (passive) เป็นสาเหตุให้การเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดินมีค่าน้อยเมื่อเทียบกับความสูงของดินถมที่มากกว่า 10 เซนติเมตร

การเปรียบเทียบประสิทธิภาพเมื่อมีการเพิ่มความแข็งแรงของโครงสร้างกันดิน โดยเปรียบเทียบผลการทดลองระหว่างแบบจำลองsingle wall และแบบจำลอง buttress wall ที่มีค้ำรับค้ำยันสามารถเพิ่มค่าโมเมนต์ความเฉื่อย(moment of inertia) จาก 0.966 เซนติเมตร⁴ เป็น 9.636 เซนติเมตร⁴ ประสิทธิภาพ ความแข็งแรงของโครงสร้างกันดินที่เพิ่มขึ้นจะส่งผลต่อการเคลื่อนตัวที่ลดลงของโครงสร้างกันดิน ที่แบบจำลองระยะฝัง 2, 4 และ 6 เซนติเมตร แบบจำลอง buttress wall การค้ำไม่ว่ากรณีใดมีประสิทธิภาพในการลดการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดินได้สูงสุดถึง 67, 27 และ 20 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ

การเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการลดการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดิน โดยหลักการกระจายแรงดันดินด้านข้างลงสู่แนวค้ำ ด้วยการใส่เสาเข็มและ กระจายแรงด้วยแผ่น relieving platform ซึ่งสามารถลดพื้นที่การพิบัติ(active zone) ได้ 87 เปอร์เซ็นต์ที่ระยะฝัง 2 เซนติเมตร 71 เปอร์เซ็นต์ที่ระยะฝัง 4 เซนติเมตร และ 54 เปอร์เซ็นต์ที่ระยะฝัง 6 เซนติเมตร

การกระจายแรงดันดินด้านข้างลงสู่แนวค้ำ จะส่งผลกระทบต่อพฤติกรรมเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดินที่ลดลง ประสิทธิภาพการลดการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดินแบบจำลองsingle wall กับ relieving wall จากผลการทดลองพบว่า แบบจำลอง relieving wall ที่ระยะฝัง 2, 4 และ 6 เซนติเมตร มีประสิทธิภาพในการลดการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดินจากแบบจำลอง single wall ได้สูงสุดถึง 89, 68 และ 58 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าการกระจายแรงดันดินด้านข้างลงสู่แนวค้ำมีประสิทธิภาพในการลดการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดินสูงที่สุด

5.3 ข้อเสนอแนะ

ในการศึกษาครั้งนี้มีระยะเวลาการทำงาน ตั้งแต่ เดือนสิงหาคม 2557 ถึง เดือนเมษายน 2558 เป็นระยะเวลา 9 เดือน หากมีระยะเวลาในการทำการศึกษามากขึ้น สามารถเพิ่มแบบจำลองในการศึกษาได้ ดังต่อไปนี้

- 1) เพิ่มกรณีศึกษาจากพิธีการลดการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดิน หรือลดพื้นที่การพิบัติของดิน เช่น การใช้สมอยึดด้านหลังโครงสร้างกันดิน การใช้ค้ำยัน เป็นต้น
- 2) เพิ่มจำนวนระยะฝัง ที่ใช้ศึกษาในแบบจำลองในแบบจำลอง เพื่อเปรียบเทียบความแตกต่าง
- 3) ในแบบจำลองrelieving wall มีการวางระดับของplatform ที่ระดับดินถม 5 เซนติเมตร อาจมีการเพิ่มจำนวนระดับความสูงหลายๆค่า เพื่อใช้เปรียบเทียบความแตกต่าง
- 4) เพิ่มจำนวนครั้งในการทำแบบจำลอง แต่ละกรณีศึกษา
- 5) เปลี่ยนชนิดของดินตัวอย่าง และชนิดของวัสดุที่ใช้ทำโครงสร้างกันดิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

จิระยุทธ สืบสุข, 2554. แรงดันดินด้านข้าง.[Online].

Available : www.ce.rmuti.ac.th/ggg/.../Lecture9_lateral%20earth%20pressure.pdf

บรรณาธิการเว็บไซต์บ้านและสวน, 2557. กำแพงกันดิน.[Online].

Available : <http://www.real-parenting.com/Article.aspx?ArticleID=4578>

สิทธิชัย, 2555. กำแพงกันดิน,ดี ทิว คอนสตรัคชั่น กรุ๊ป.[Online].

Available : <http://embankmentsoil.blogspot.com/p/blog-page.html>

สุขสันต์ หอพิบูลสุข, 2553, มิถุนายน. Foundation Engineering.

<URL: <http://eng.sut.ac.th/ce/oldce/Suksun/Chapter5.pdf>>

Anne Sophie Colas, Denis Garnier, Jean Claude MOREL, 2009. **Assessing the two-dimensional behaviour of drystone retaining walls by full-scale experiments and yield design simulation**. [Online]. Available : <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-00942625/document>

B.Villemus, J.C.Morel, C.Boutin, 2014. **Experimental assessment of dry stone retaining wall stability on a rigid foundation**. [Online]. Available : https://hal.archives-ouvertes.fr/file/index/docid/941189/filename/Experimental_assessment_of_dry_stone_retaining_wall_stability_on_a_rigid_foundation.pdf

Research475, 2014.**Geosynthetics**. [Online].

Available : <http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Geo2.jpg>

M.A.Meguid, O.Saada, M.A.Nunes, J.Mattar, 2007. **Physical modeling of tunnels in soft**

ground: A review. [Online]. Available : <http://www.researchgate.net/profile/Mohamed>

[Meguid/publication/222025612_Physical_modeling_of_tunnels_in_soft_ground_A_review](http://www.researchgate.net/publication/222025612_Physical_modeling_of_tunnels_in_soft_ground_A_review)

[/links/0c96052588d69020b9000000.pdf](http://www.researchgate.net/links/0c96052588d69020b9000000.pdf)

ภาคผนวก ก

สัญลักษณ์

B	=	ความกว้างของฐานราก
d	=	ระยะฝังเหล็กพืดที่ต้องการ
e	=	ระยะเอียงศูนย์
G_T	=	ค่าความถ่วงจำเพาะของน้ำที่อุณหภูมิที่ทดลอง ($T^\circ\text{C}$)
H	=	ความสูงของกำแพง
H_{fail}	=	ความสูงของดินถมที่เกิดการพิบัติ
Δ_{fail}	=	ระยะการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดินเกิดการพิบัติ
K_a	=	สัมประสิทธิ์ของความดันดินที่สภาวะ active
K_o	=	สัมประสิทธิ์ของความดันดินที่สภาวะอยู่นิ่ง (coefficient of earth pressure at rest)
K_p	=	สัมประสิทธิ์ของความดันดินที่สภาวะ passive
M_o	=	โมเมนต์ที่ก่อให้เกิดการพลิกคว่ำ
M_r	=	โมเมนต์ต้านทานการพลิกคว่ำ
P_h	=	แรงดันดินด้านข้างรวมทั้งกระทำต่อกำแพง
P_o	=	แรงลัพธ์เนื่องจากความดันดินประสิทธิผล ที่สภาวะอยู่นิ่งต่อความยาว 1 หน่วย
P_v	=	แรงกระทำแนวตั้ง
P_w	=	แรงดันน้ำ
S	=	แรงต้านทานการเลื่อนไถล
S_u	=	กำลังต้านทานแรงเฉือนของดิน
u	=	ความดันน้ำ pore pressure
W_s	=	น้ำหนักดินอบแห้ง, กรัม
W_1	=	น้ำหนักขวดมีน้ำผสมดิน ที่อุณหภูมิที่ทดลอง ($T^\circ\text{C}$)
W_2	=	น้ำหนักขวดมีน้ำเต็มที่อุณหภูมิที่ทดลอง ($T^\circ\text{C}$), กรัม
x_i	=	ระยะในแนวนอนที่วัดจากจุด Toe จนถึง W_i
α	=	มุมด้านหลังกำแพงกันดินที่กระทำกับแนวราบ
β	=	มุมระหว่างผิวของดินถมกับแนวราบ
γ'	=	หน่วยน้ำหนักประสิทธิผล (submerged unit weight)
δ	=	มุมเสียดทานระหว่างผนังกำแพงและดิน
σ'_1	=	ความเค้นหลักใหญ่ประสิทธิผลเท่ากับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่จัดทำขึ้นเพื่อใช้ในการเรียนการสอนเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น ขอสงวนสิทธิ์ในสิ่งที่ปรากฏ ไม่รับผิดชอบต่อเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้


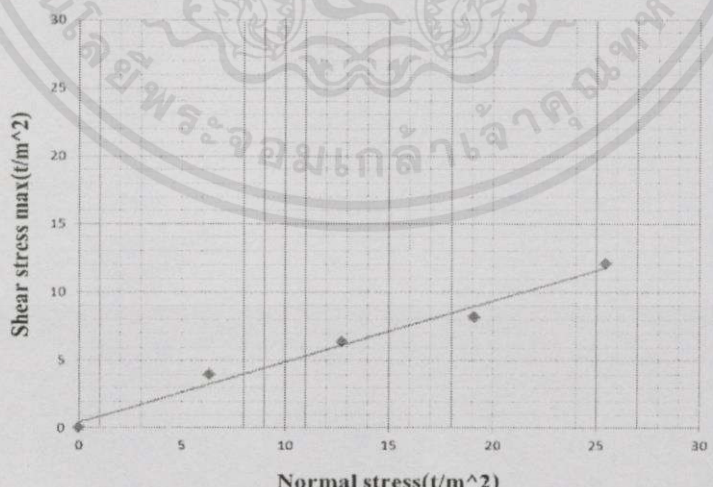
- σ'_3 = ความเค้นหลักเล็กประสิทธิผล
 σ_h = ความดันดินด้านข้างที่กระทำต่อกำแพง
 σ'_h = ความดันดินด้านข้างประสิทธิผลที่ฐานของกำแพง
 σ'_p = ความดันดินด้านข้างประสิทธิผลที่สภาวะ passive
 \emptyset = มุมเสียดทานภายในของดิน



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข
เกี่ยวกับภาคผนวก

ข.1 มุมเสียดทานภายใน (Internal Friction Angle)

	<p>DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING FACULTY OF ENGINEERING KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG</p>		
<p>DIRECT SHEAR TEST</p>			
PROJECT	OWNER		
SOIL DESCRIPTION	BORING NO.		
LOCATION	SAMPLE DEPTH		
TEST NO.	SAMPLE NO.		
TEST BY	DATE		
TEST NO.	Normal Stress (ksc)	Normal (kg)	Max. Shearing Stress (ksc)
1	6.37	2	3.96
2	12.73	4	6.39
3	19.10	6	8.22
4	25.46	8	12.07
<p>Mohr's Diagram from Direct Shear Test</p>			
			
<p>COHESION = 0.446 ksc</p>		<p>ANGLE = 28 DEGREE</p>	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่จัดทำขึ้นเพื่อการเรียนการสอนเท่านั้น ไม่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ในการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้รูป ข.1 มุมเสียดทานภายในของดินตัวอย่าง สารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



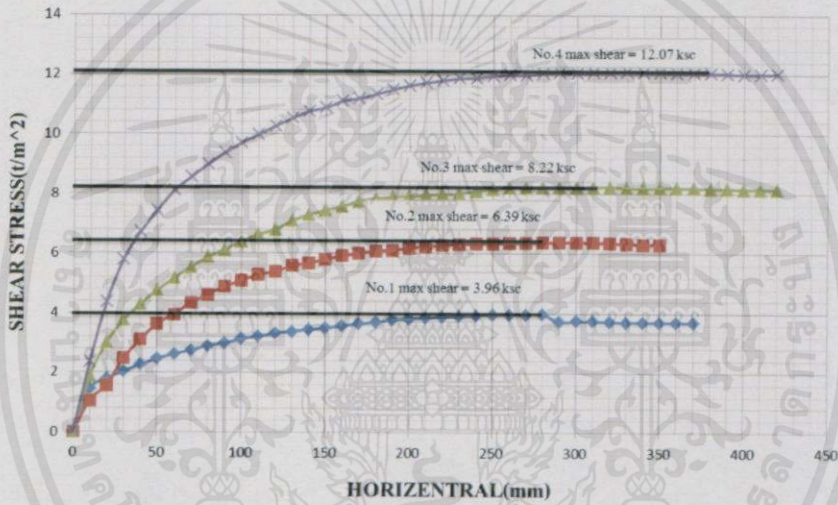
DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING

FACULTY OF ENGINEERING

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

DIRECT SHEAR TEST

PROJECT	.....	OWNER	.....
SOIL DESCRIPTION	.....	BORING NO.	.....
LOCATION	.....	SAMPLE DEPTH	.....
TEST NO.	.....	SAMPLE NO.	.....
TEST BY	.....	DATE	.....


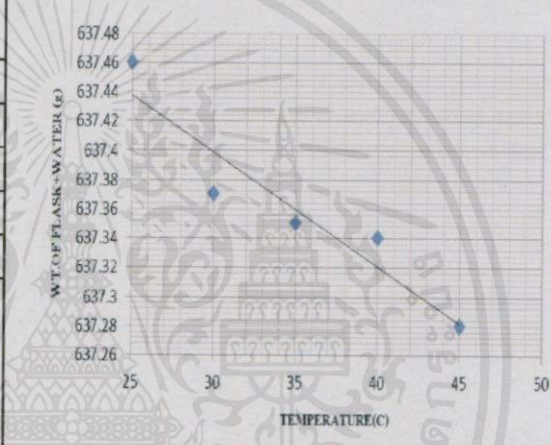


◆	SAMPLE NO. 1 NORMAL LOAD =	2,000	kg	NORMAL STRESS =	6.37
■	SAMPLE NO. 2 NORMAL LOAD =	4,000	kg	NORMAL STRESS =	12.73
▲	SAMPLE NO. 3 NORMAL LOAD =	6,000	kg	NORMAL STRESS =	19.10
⊠	SAMPLE NO. 4 NORMAL LOAD =	8,000	kg	NORMAL STRESS =	25.46

รูป ข.2 มุมเสียดทานภายในของดินตัวอย่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข.2 ความถ่วงจำเพาะ (Specific Gravity)

 DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING FACULTY OF ENGINEERING KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG					
SPECIFIC GRAVITY TEST					
PROJECT	LOCATION		OWNER		
TEST	DATE		BORING NO.		
PYCHOMETER CALIBRATION					
No.	Flask+water (g)			temperature (°c)	
	1	2	3		
1	637.28	593.09	590.66	45	
2	637.34	593.11	590.75	40	
3	637.35	593.14	590.8	35	
4	637.37	593.15	590.99	30	
5	637.46	593.25	591.05	25	
SPECIFIC GRAVITY DETERMINITION					
TEST NO.	1	2	3		
1. TEMPERATURE(c.)	27	27	27		
2. FLASK+WATER	637.50	593.10	590.72		
3. FLASK+WATER+SOIL	668.30	623.97	621.96		
4. DRY SOIL+PAN	170.15	193.20	170.15		
5. PAN	120.46	143.29	120.46		
6. DRY SOIL, W _s	49.69	49.91	49.69		
7. GT	1.00	1.00	1.00		
8. W _{bw}	637.42	593.20	591.01		
9. W _{bws}	668.30	623.97	621.96		
10. GS	2.63	2.60	2.64		
11. Average Specific gravity	2.62				

รูป ข.3 ความถ่วงจำเพาะของดินตัวอย่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น มิอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข.3 ขนาดละเอียดและชนิดของเม็ดดิน (Grain Size and soil classification)



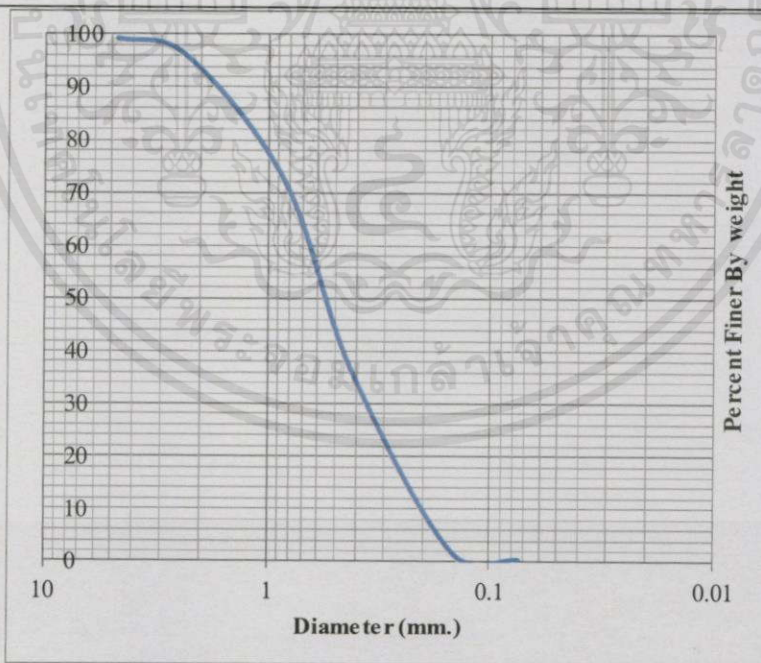
DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING

FACULTY OF ENGINEERING

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

Sieve Analysis (ASTM C136) for Coarse Grain Soil

เบอร์ ตะแกรง	ขนาดรูเปิด (mm)	มวลดินที่ค้าง (g)	เปอร์เซ็นต์ค้าง (%)	ผลรวมสะสม เปอร์เซ็นต์ค้าง	เปอร์เซ็นต์ผ่าน (%)
# 4	4.75	7.96	0.796	0.796	99.204
# 8	2.36	32.24	3.224	4.020	95.980
# 20	0.85	238.15	23.816	27.837	72.163
# 40	0.425	357.77	35.779	63.616	36.384
# 100	0.15	345.24	34.526	98.142	1.858
# 200	0.075	15.27	1.527	99.669	0.331
Pna	-	3.31	0.331	100	0



รูป ข.4 ขนาดละเอียดและชนิดของเม็ดดินตัวอย่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค
เกี่ยวกับภาคผนวก

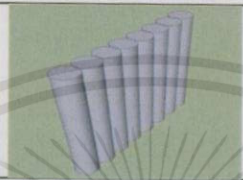
ค.1 ข้อมูลผลการทดลองจากแบบจำลอง

โครงสร้างกันดินที่เลือกมาใช้ในการศึกษาวิจัยครั้งนี้มี 3 แบบเพื่อให้ง่ายและความสะดวกในการทดสอบคือ 1) โครงสร้างกันดินแบบ single wall , 2) โครงสร้างกันดินแบบ buttress wall , 3) โครงสร้างกันดินแบบ relieving platform



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง ก.1 ผลการทดลองระยะการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดินแบบ single wall ระยะฝัง 2 เซนติเมตร



	ครั้งที่ 1			ครั้งที่ 2			ครั้งที่ 3			$\Delta_{\text{เฉลี่ย}}$ (มม.)	$\Delta_{\text{เฉลี่ย}}$ (ซม.)
	Δ (มม.)		$\Delta_{\text{เฉลี่ย}}$ (ซม.)	Δ (มม.)		$\Delta_{\text{เฉลี่ย}}$ (ซม.)	Δ (มม.)		$\Delta_{\text{เฉลี่ย}}$ (ซม.)		
0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.10	0.04	0.01	0.02	0.00
2	0.02	0.04	0.00	0.16	0.14	0.02	0.10	0.04	0.01	0.08	0.01
3	0.06	0.08	0.01	0.42	0.24	0.03	0.12	0.16	0.01	0.18	0.02
4	0.06	0.10	0.01	0.42	0.28	0.04	0.16	0.12	0.01	0.19	0.02
5	0.22	0.20	0.02	0.58	0.54	0.06	0.52	0.64	0.06	0.45	0.05
6	1.10	1.08	0.11	0.72	0.76	0.07	0.84	1.50	0.12	1.00	0.10
7	1.16	1.20	0.12	0.76	0.86	0.08	1.52	1.50	0.15	1.17	0.12
8	1.22	1.34	0.13	1.16	1.30	0.12	2.10	1.82	0.20	1.49	0.15
9	1.24	1.34	0.13	1.74	2.06	0.19	2.72	2.70	0.27	1.97	0.20
10	1.42	1.88	0.17	3.68	4.00	0.38	3.48	3.04	0.33	2.92	0.29
11	1.68	2.88	0.23	4.30	5.00	0.47	5.18	4.78	0.50	3.97	0.40

ตาราง ค.1(ต่อ) ผลการทดลองระยะการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดินแบบ single wall ระยะฝัง 2 เซนติเมตร

	ครั้งที่ 1			ครั้งที่ 2			ครั้งที่ 3			$\Delta_{\text{เฉลี่ย}}$ (มม.)	$\Delta_{\text{เฉลี่ย}}$ (ซม.)
	Δ (มม.)	$\Delta_{\text{เฉลี่ย}}$ (ซม.)	Δ (มม.)	$\Delta_{\text{เฉลี่ย}}$ (ซม.)	Δ (มม.)	$\Delta_{\text{เฉลี่ย}}$ (ซม.)					
12	6.16	6.14	0.62	6.62	7.18	0.69	7.06	6.80	0.69	6.66	0.67
13	62.12	62.24	6.22	13.34	13.60	1.35	12.54	10.84	1.17	29.11	2.91
14	86.40	86.62	8.65	100.42	99.98	10.02	102.42	100.64	10.15	96.08	9.61
15	119.62	117.88	11.88								
มุม	75°	20°		56°	25°		53°	24°			

ตาราง ค.2 ผลการทดลองระยะการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดินแบบ single wall ระยะฝัง 4 เซนติเมตร

	ครั้งที่ 1			ครั้งที่ 2			ครั้งที่ 3			$\Delta_{\text{เฉลี่ย}}$ (มม.)	$\Delta_{\text{เฉลี่ย}}$ (ซม.)
	Δ (มม.)	$\Delta_{\text{เฉลี่ย}}$ (ซม.)	Δ (มม.)	$\Delta_{\text{เฉลี่ย}}$ (ซม.)	Δ (มม.)	$\Delta_{\text{เฉลี่ย}}$ (ซม.)					
0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.06	0.00	0.10	0.24	0.02	0.07	0.01
2	0.16	0.16	0.02	0.10	0.14	0.01	0.10	0.08	0.01	0.12	0.01

ตาราง ค.2(ต่อ) ผลการทดลองระยะการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดินแบบ single wall ระยะฝัง 4 เซนติเมตร

	ครั้งที่ 1			ครั้งที่ 2			ครั้งที่ 3			$\Delta_{\text{เฉลี่ย}}$ (มม.)	$\Delta_{\text{เฉลี่ย}}$ (ซม.)
	Δ (มม.)		$\Delta_{\text{เฉลี่ย}}$ (ซม.)	Δ (มม.)		$\Delta_{\text{เฉลี่ย}}$ (ซม.)	Δ (มม.)		$\Delta_{\text{เฉลี่ย}}$ (ซม.)		
3	0.32	0.42	0.04	0.10	0.22	0.02	0.12	0.22	0.02	0.23	0.02
4	0.38	0.44	0.04	0.18	0.22	0.02	0.30	0.42	0.04	0.32	0.03
5	0.48	0.52	0.05	0.40	0.34	0.04	0.38	0.60	0.05	0.45	0.05
6	0.60	0.64	0.06	0.44	0.38	0.04	0.52	0.60	0.06	0.53	0.05
7	0.88	0.92	0.09	0.58	0.50	0.05	0.80	1.06	0.09	0.79	0.08
8	1.48	1.84	0.17	1.12	0.98	0.11	1.40	1.64	0.15	1.41	0.14
9	2.84	2.60	0.27	1.78	1.62	0.17	2.16	2.44	0.23	2.24	0.22
10	4.88	5.08	0.50	2.14	2.94	0.25	3.34	3.84	0.36	3.70	0.37
11	10.44	10.72	1.06	4.58	4.52	0.46	5.62	5.96	0.58	6.97	0.70
12	27.98	28.06	2.80	7.08	7.00	0.70	10.40	10.64	1.05	15.19	1.52
13	51.60	51.94	5.18	11.28	11.28	1.13	43.38	43.54	4.35	35.50	3.55
14	73.78	74.92	7.44	38.24	38.84	3.85	55.02	55.46	5.52	56.04	5.60
15	103.64	98.64	10.11	49.90	51.92	5.09	65.74	65.94	6.58	72.63	7.26
16				57.7	57.74	5.77	79.08	81.92	8.05		
17				67.06	66.8	6.69	102.28	102.46	10.24		

ตาราง ก.2(ต่อ) ผลการทดลองระยะการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดินแบบ single wall ระยะฝัง 4 เซนติเมตร

	ครั้งที่ 1		ครั้งที่ 2			ครั้งที่ 3		$\Delta_{เฉลี่ย}$ (มม.)	$\Delta_{เฉลี่ย}$ (ซม.)
	Δ (มม.)	$\Delta_{เฉลี่ย}$ (ซม.)	Δ (มม.)	$\Delta_{เฉลี่ย}$ (ซม.)	Δ (มม.)	$\Delta_{เฉลี่ย}$ (ซม.)			
18			83.1	82.76	8.29				
19			102.2	101.74	10.20				
มุม	40°	17°	34°	15°		37°	19°		

ตาราง ก.3 ผลการทดลองระยะการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดินแบบ single wall ระยะฝัง 6 เซนติเมตร

	ครั้งที่ 1			ครั้งที่ 2			ครั้งที่ 3			$\Delta_{เฉลี่ย}$ (มม.)	$\Delta_{เฉลี่ย}$ (ซม.)
	Δ (มม.)	$\Delta_{เฉลี่ย}$ (ซม.)	Δ (มม.)	$\Delta_{เฉลี่ย}$ (ซม.)	Δ (มม.)	$\Delta_{เฉลี่ย}$ (ซม.)					
0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.10	0.01	0.02	0.00
2	0.08	0.14	0.01	0.00	0.00	0.00	0.06	0.22	0.01	0.08	0.01
3	0.14	0.36	0.03	0.02	0.24	0.01	0.32	0.36	0.03	0.24	0.02
4	0.36	0.64	0.05	0.06	0.24	0.02	0.36	0.38	0.04	0.34	0.03


ตาราง ค.3(ต่อ) ผลการทดลองระยะการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดินแบบ single wall ระยะฝัง 6 เซนติเมตร

	ครั้งที่ 1			ครั้งที่ 2			ครั้งที่ 3			$\Delta_{\text{เฉลี่ย}}$ (มม.)	$\Delta_{\text{เฉลี่ย}}$ (ซม.)
	Δ (มม.)	$\Delta_{\text{เฉลี่ย}}$ (ซม.)	Δ (มม.)	$\Delta_{\text{เฉลี่ย}}$ (ซม.)	Δ (มม.)	$\Delta_{\text{เฉลี่ย}}$ (ซม.)					
5	0.88	1.04	0.10	0.12	0.30	0.02	0.66	0.78	0.07	0.63	0.06
6	1.10	1.68	0.14	0.32	0.32	0.03	0.80	0.98	0.09	0.87	0.09
7	1.66	1.88	0.18	0.34	0.58	0.05	1.50	1.76	0.16	1.29	0.13
8	2.24	2.44	0.23	1.04	1.26	0.12	1.82	2.12	0.20	1.82	0.18
9	2.94	3.38	0.32	1.78	2.10	0.19	2.80	3.14	0.30	2.69	0.27
10	3.78	4.48	0.41	2.70	3.14	0.29	3.72	3.88	0.38	3.62	0.36
11	6.28	6.62	0.65	4.10	4.44	0.43	5.64	5.80	0.57	5.48	0.55
12	8.08	8.72	0.84	5.60	5.96	0.58	7.14	7.32	0.72	7.14	0.71
13	9.54	10.12	0.98	11.86	12.18	1.20	11.02	11.18	1.11	10.98	1.10
14	13.90	14.60	1.43	15.88	16.20	1.60	14.26	14.86	1.46	14.95	1.50
15	39.68	41.18	4.04	35.30	35.76	3.55	38.70	38.98	3.88	38.27	3.83
16	51.54	53.08	5.23	52.16	53.14	5.27	51	51.48	5.12	52.07	5.21
17	64.12	65.82	6.50	65.1	66.54	6.58	67	67.58	6.73	66.03	6.60
18	77.8	79.58	7.87	76.5	78.02	7.73	83.3	83.92	8.36	79.85	7.99
19	90.06	91.8	9.09	89	91	9.00	92.86	93.64	9.33	91.39	9.14

ตาราง ค.3(ต่อ) ผลการทดลองระยะการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดินแบบ single wall ระยะฝัง 6 เซนติเมตร

	ครั้งที่ 1			ครั้งที่ 2			ครั้งที่ 3			$\Delta_{\text{เฉลี่ย}}$ (มม.)	$\Delta_{\text{เฉลี่ย}}$ (ซม.)
	Δ (มม.)		$\Delta_{\text{เฉลี่ย}}$ (ซม.)	Δ (มม.)		$\Delta_{\text{เฉลี่ย}}$ (ซม.)	Δ (มม.)		$\Delta_{\text{เฉลี่ย}}$ (ซม.)		
20	102.42	103.96	10.32	102	103.16	10.26	106.7	107.14	10.69	104.23	10.42
มุม	53°	16°		52°	13°		51°	18°			


ตาราง ค.4 ผลการทดลองระยะการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดินแบบ buttress wall ระยะฝัง 2 เซนติเมตร

							$\Delta_{\text{เฉลี่ย}}$ (มม.)	$\Delta_{\text{เฉลี่ย}}$ (ซม.)
	ครั้งที่ 1			ครั้งที่ 2				
	Δ (มม.)		$\Delta_{\text{เฉลี่ย}}$ (ซม.)	Δ (มม.)		$\Delta_{\text{เฉลี่ย}}$ (ซม.)		
0	0	0	0.00	0	0	0.00	0.00	0.00
1	0.07	0.16	0.01	0.04	0.19	0.01	0.11	0.01
2	0.08	0.19	0.01	0.04	0.38	0.02	0.17	0.02
3	0.16	0.26	0.02	0.07	0.46	0.03	0.24	0.02
4	0.22	0.30	0.03	0.08	0.50	0.03	0.27	0.03

ตาราง ค.4(ต่อ) ผลการทดลองระยะการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดินแบบ buttress wall ระยะฝัง 2 เซนติเมตร

	ครั้งที่ 1			ครั้งที่ 2			$\Delta_{\text{เฉลี่ย}}$ (มม.)	$\Delta_{\text{เฉลี่ย}}$ (ซม.)
	Δ (มม.)		$\Delta_{\text{เฉลี่ย}}$ (ซม.)	Δ (มม.)		$\Delta_{\text{เฉลี่ย}}$ (ซม.)		
5	0.30	0.46	0.04	0.10	0.57	0.03	0.36	0.04
6	0.41	0.58	0.05	0.13	0.58	0.04	0.42	0.04
7	0.53	0.71	0.06	0.16	0.64	0.04	0.51	0.05
8	0.67	0.92	0.08	0.23	0.67	0.05	0.62	0.06
9	1.01	1.22	0.11	0.36	0.82	0.06	0.85	0.09
10	1.38	1.58	0.15	0.47	0.94	0.07	1.09	0.11
11	2.83	2.98	0.29	0.75	1.22	0.10	1.94	0.19
12	3.07	3.35	0.32	0.95	1.55	0.13	2.23	0.22
13	3.83	4.10	0.40	1.03	1.71	0.14	2.67	0.27
14	4.21	4.38	0.43	1.54	2.12	0.18	3.06	0.31
15	6.22	6.51	0.64	2.30	2.67	0.25	4.42	0.44
16	7.85	8.1	0.80	2.58	3.11	0.28	5.41	0.54
17	10.23	10.49	1.04	3.62	4.04	0.38	7.09	0.71
18	16.31	15.69	1.60	5.34	5.83	0.56	10.79	1.08
มุม	79°	23°		72°	11°			

ตาราง ค.5 ผลการทดลองระยะการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดินแบบ buttress wall ระยะฝัง 4 เซนติเมตร

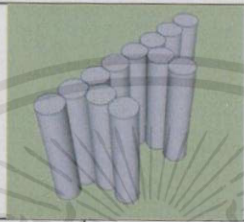


	ครั้งที่ 1		ครั้งที่ 2				$\Delta_{\text{เฉลี่ย}}$ (มม.)	$\Delta_{\text{เฉลี่ย}}$ (ซม.)
	Δ (มม.)	$\Delta_{\text{เฉลี่ย}}$ (ซม.)	Δ (มม.)	$\Delta_{\text{เฉลี่ย}}$ (ซม.)	Δ (มม.)	$\Delta_{\text{เฉลี่ย}}$ (ซม.)		
0	0	0	0.00	0	0	0.00	0.00	0.00
1	0.02	0.02	0.00	0.08	0.02	0.00	0.03	0.00
2	0.28	0.14	0.02	0.10	0.13	0.01	0.16	0.02
3	0.34	0.17	0.03	0.25	0.23	0.02	0.25	0.02
4	0.37	0.22	0.03	0.55	0.53	0.05	0.42	0.04
5	0.68	0.48	0.06	0.77	0.86	0.08	0.70	0.07
6	0.71	0.62	0.07	1.38	1.43	0.14	1.03	0.10
7	0.99	0.85	0.09	1.41	1.72	0.16	1.24	0.12
8	1.14	0.98	0.11	1.70	1.88	0.18	1.42	0.14
9	1.72	1.51	0.16	2.35	2.43	0.24	2.00	0.20
10	1.97	1.82	0.19	2.66	2.70	0.27	2.29	0.23

ตาราง ก.5(ต่อ) ผลการทดลองระยะการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดินแบบ buttress wall ระยะฝัง 4 เซนติเมตร

	ครั้งที่ 1		ครั้งที่ 2			$\Delta_{\text{เฉลี่ย}}$ (มม.)	$\Delta_{\text{เฉลี่ย}}$ (ซม.)	
	Δ (มม.)	$\Delta_{\text{เฉลี่ย}}$ (ซม.)	Δ (มม.)	$\Delta_{\text{เฉลี่ย}}$ (ซม.)	$\Delta_{\text{เฉลี่ย}}$ (ซม.)			
11	2.81	2.72	0.28	3.46	3.45	0.35	3.11	0.31
12	3.12	2.90	0.30	3.69	3.70	0.37	3.35	0.34
13	3.59	3.53	0.36	4.71	4.61	0.47	4.11	0.41
14	4.11	4.00	0.41	5.26	5.46	0.54	4.71	0.47
15	5.12	4.89	0.50	6.03	6.00	0.60	5.51	0.55
16	6.005	6.07	0.60	7.95	8.02	0.80	7.01	0.70
17	11.53	12.13	1.18	11.35	11.39	1.14	11.60	1.16
18	17.21	17.07	1.71	15.45	15.35	1.54	16.27	1.63
รวม	59°	9°		61°	21°			

ตาราง ก.6 ผลการทดลองระยะการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดินแบบ buttress wall ระยะฝัง 6 เซนติเมตร

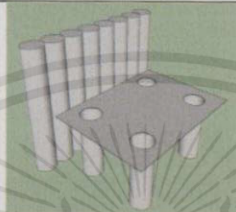


	ครั้งที่ 1		ครั้งที่ 2			$\Delta_{\text{เฉลี่ย}}$ (มม.)	$\Delta_{\text{เฉลี่ย}}$ (ซม.)	
	Δ (มม.)	$\Delta_{\text{เฉลี่ย}}$ (ซม.)	Δ (มม.)	$\Delta_{\text{เฉลี่ย}}$ (ซม.)	$\Delta_{\text{เฉลี่ย}}$ (ซม.)			
0	0	0	0.00	0	0.00	0.00	0.00	
1	0.08	0.06	0.01	0.03	0.03	0.00	0.05	0.01
2	0.08	0.07	0.01	0.03	0.04	0.00	0.06	0.01
3	0.16	0.07	0.01	0.03	0.05	0.00	0.08	0.01
4	0.35	0.07	0.02	0.05	0.05	0.01	0.13	0.01
5	0.43	0.08	0.03	0.09	0.05	0.01	0.16	0.02
6	0.68	0.09	0.04	0.13	0.10	0.01	0.25	0.02
7	0.93	0.17	0.06	0.19	0.11	0.01	0.35	0.03
8	1.09	0.21	0.07	0.38	0.11	0.02	0.45	0.04
9	1.28	0.62	0.10	0.56	0.27	0.04	0.68	0.07
10	1.81	1.02	0.14	0.69	0.55	0.06	1.02	0.10

ตาราง ค.6(ต่อ) ผลการทดลองระยะการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดินแบบ buttress wall ระยะฝัง 6 เซนติเมตร

	ครั้งที่ 1			ครั้งที่ 2			$\Delta_{\text{เฉลี่ย}}$ (มม.)	$\Delta_{\text{เฉลี่ย}}$ (ซม.)
	Δ (มม.)		$\Delta_{\text{เฉลี่ย}}$ (ซม.)	Δ (มม.)		$\Delta_{\text{เฉลี่ย}}$ (ซม.)		
11	2.31	1.57	0.19	0.98	0.81	0.09	1.42	0.14
12	2.80	1.91	0.24	1.40	1.21	0.13	1.83	0.18
13	3.05	3.42	0.32	2.05	1.82	0.19	2.58	0.26
14	3.69	3.86	0.38	3.50	3.69	0.36	3.69	0.37
15	5.19	6.39	0.58	4.33	4.13	0.42	5.01	0.50
16	7.19	6.92	0.71	6.40	6.03	0.62	6.64	0.66
17	8.415	8.29	0.84	7.70	7.49	0.76	7.97	0.80
18	9.16	10.04	0.96	10.21	10.05	1.01	9.87	0.99
19	14.07	13.98	1.40	12.92	12.53	1.27	13.38	1.34
20	17.51	17.59	1.76	19.84	19.43	1.96	18.59	1.86
21	27.95	27.02	2.75	37.54	37.62	3.76	32.53	3.25
มุม	60°	18°		63°	17°			

ตาราง ก.7 ผลการทดลองระยะการเคลื่อนตัวโครงสร้างกันดินแบบ relieving platform ระยะฝัง 2 เซนติเมตร



	ครั้งที่ 1		ครั้งที่ 2			$\Delta_{เฉลี่ย}$ (มม.)	$\Delta_{เฉลี่ย}$ (ซม.)
	Δ (มม.)	$\Delta_{เฉลี่ย}$ (ซม.)	Δ (มม.)	$\Delta_{เฉลี่ย}$ (ซม.)	$\Delta_{เฉลี่ย}$ (ซม.)		
0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1	0.04	0.06	0.01	0.07	0.20	0.01	0.09
2	0.09	0.09	0.01	0.10	0.28	0.02	0.14
3	0.18	0.35	0.03	0.11	0.35	0.02	0.25
4	0.23	0.38	0.03	0.20	0.46	0.03	0.32
5	0.26	0.40	0.03	0.42	0.65	0.05	0.43
6	0.59	0.74	0.07	0.71	0.97	0.08	0.75
7	0.61	0.83	0.07	0.84	1.11	0.10	0.85
8	0.77	1.11	0.09	1.05	1.39	0.12	1.08
9	1.00	1.31	0.12	1.79	2.12	0.20	1.56

ตาราง ก.7(ต่อ) ผลการทดลองระยะการเคลื่อนตัวโครงสร้างกันดินแบบ relieving platform ระยะฝัง 2 เซนติเมตร

	ครั้งที่ 1		ครั้งที่ 2		$\Delta_{\text{เฉลี่ย}}$ (มม.)	$\Delta_{\text{เฉลี่ย}}$ (ซม.)		
	Δ (มม.)		Δ (มม.)					
10	1.43	1.71	0.16	2.76	3.05	0.29	2.24	0.22
11	2.42	2.74	0.26					
มุม	75°	10°		63°	16°			

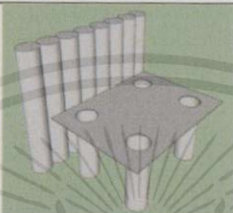
ตาราง ก.8 ผลการทดลองระยะการเคลื่อนตัวโครงสร้างกันดินแบบ relieving platform ระยะฝัง 4 เซนติเมตร

	ครั้งที่ 1		ครั้งที่ 2		$\Delta_{\text{เฉลี่ย}}$ (มม.)	$\Delta_{\text{เฉลี่ย}}$ (ซม.)		
	Δ (มม.)		Δ (มม.)					
0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
1	0.04	0.07	0.01	0.02	0.08	0.00	0.05	0.01
2	0.05	0.13	0.01	0.06	0.14	0.01	0.10	0.01
3	0.08	0.17	0.01	0.06	0.16	0.01	0.12	0.01

ตาราง ก.8(ต่อ) ผลการทดลองระยะการเคลื่อนตัวโครงสร้างกันดินแบบ relieving platform ระยะฝัง 4 เซนติเมตร

	ครั้งที่ 1		ครั้งที่ 2			$\Delta_{เฉลี่ย}$ (มม.)	$\Delta_{เฉลี่ย}$ (ซม.)	
	Δ (มม.)		$\Delta_{เฉลี่ย}$ (ซม.)	Δ (มม.)	$\Delta_{เฉลี่ย}$ (ซม.)			
4	0.10	0.22	0.02	0.12	0.19	0.02	0.16	0.02
5	0.18	0.27	0.02	0.18	0.26	0.02	0.22	0.02
6	0.26	0.32	0.03	0.18	0.30	0.02	0.27	0.03
7	0.43	0.53	0.05	0.35	0.62	0.05	0.48	0.05
8	0.53	0.76	0.06	0.57	0.81	0.07	0.67	0.07
9	1.12	1.67	0.14	1.19	1.22	0.12	1.30	0.13
10	2.00	2.04	0.20	1.76	1.94	0.19	1.94	0.19
11	3.94	4.11	0.40	2.52	2.54	0.25	3.28	0.33
12	4.775	4.81	0.48	3.32	3.4	0.34	4.08	0.41
13	27.81	27.81	2.78	5.4	5.27	0.53	16.57	1.66
14				37.99	38.42	3.82		
มุม	56°	10°		50°	12°			

ตาราง ก.9 ผลการทดลองระยะการเคลื่อนตัวโครงสร้างกันดินแบบ relieving platform ระยะฝัง 6 เซนติเมตร



	ครั้งที่ 1		ครั้งที่ 2			$\Delta_{\text{เฉลี่ย}}$ (มม.)	$\Delta_{\text{เฉลี่ย}}$ (ซม.)
	Δ (มม.)	$\Delta_{\text{เฉลี่ย}}$ (ซม.)	Δ (มม.)	$\Delta_{\text{เฉลี่ย}}$ (ซม.)	$\Delta_{\text{เฉลี่ย}}$ (ซม.)		
0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1	0.06	0.10	0.01	0.09	0.04	0.01	0.01
2	0.06	0.12	0.01	0.12	0.06	0.01	0.01
3	0.06	0.15	0.01	0.17	0.11	0.01	0.01
4	0.06	0.17	0.01	0.26	0.22	0.02	0.02
5	0.07	0.17	0.01	0.32	0.26	0.03	0.02
6	0.17	0.20	0.02	0.44	0.38	0.04	0.03
7	0.29	0.26	0.03	0.55	0.54	0.05	0.04
8	0.38	0.32	0.04	0.83	0.69	0.08	0.06
9	0.55	0.43	0.05	0.98	0.94	0.10	0.07
10	0.79	0.58	0.07	1.35	1.03	0.12	0.09

ตาราง ก.9(ต่อ) ผลการทดลองระยะการเคลื่อนตัวโครงสร้างกันดินแบบ relieving platform ระยะฝัง 6 เซนติเมตร

11	1.00	0.84	0.09	1.58	1.31	0.14	1.18	0.12
12	1.49	1.32	0.14	2.05	1.83	0.19	1.67	0.17
13	1.955	1.57	0.18	2.42	2.3	0.24	2.06	0.21
14	2.63	2.48	0.26	3.19	3.05	0.31	2.84	0.28
15	4.56	4.38	0.45	4.265	4.26	0.43	4.37	0.44
16	17.83	17.31	1.76	5.19	6.03	0.56	11.59	1.16
17	27.05	27.63	2.73	6.55	7.31	0.69	17.14	1.71
18	35.85	34.21	3.50	18.075	19.9	1.90	27.01	2.70
				24.12	24.11	2.41		
มุม	52°	13°		55°	12°			

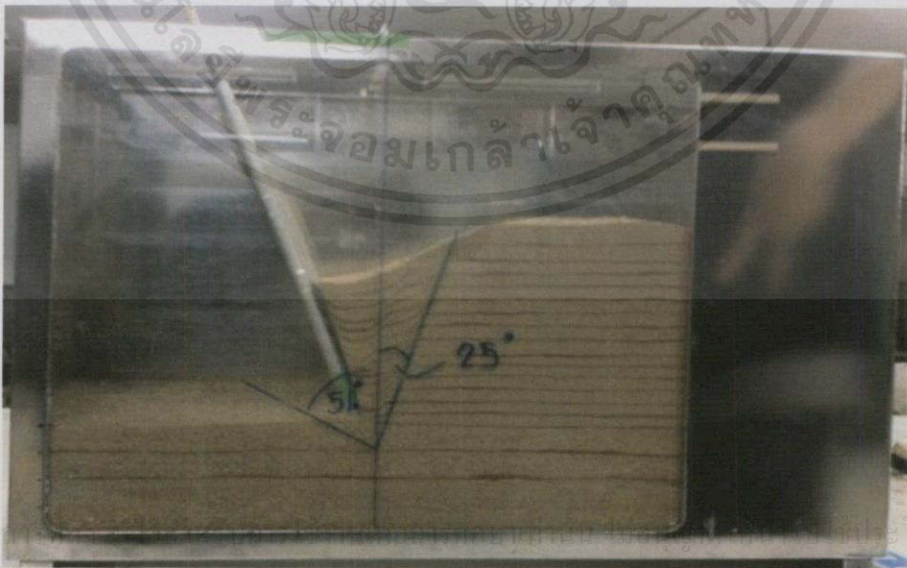
ภาคผนวก ง
เกี่ยวกับภาคผนวก

ง.1 รูปแบบจำลองหลังเกิดการพิบัติ

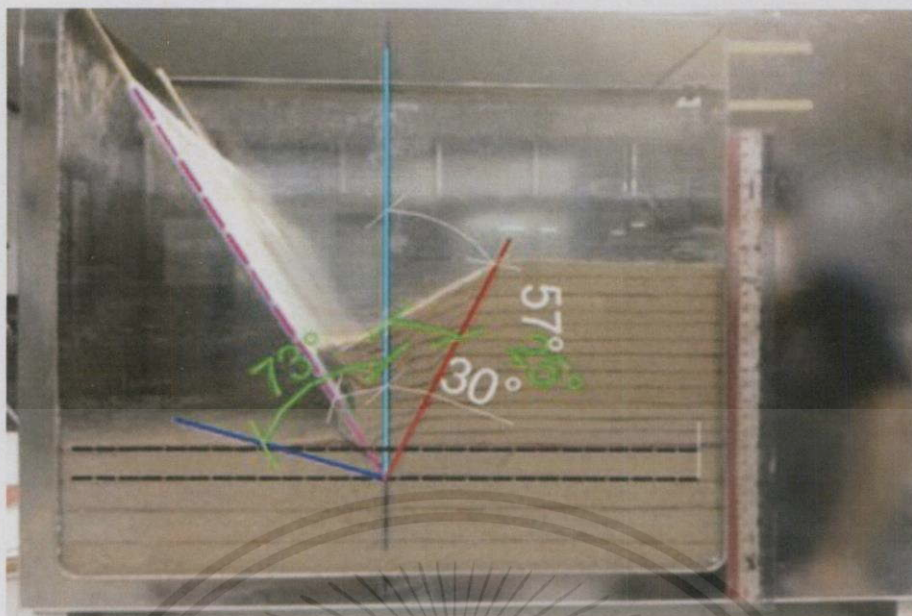
ง.1.1 โครงสร้างกันดินแบบ single wall



รูป ง.1 การทดสอบโครงสร้างกันดินแบบ single wall ที่ระยะการฝัง 2 เซนติเมตร ครั้งที่ 1



รูป ง.2 การทดสอบโครงสร้างกันดินแบบ single wall ที่ระยะการฝัง 2 เซนติเมตร ครั้งที่ 2

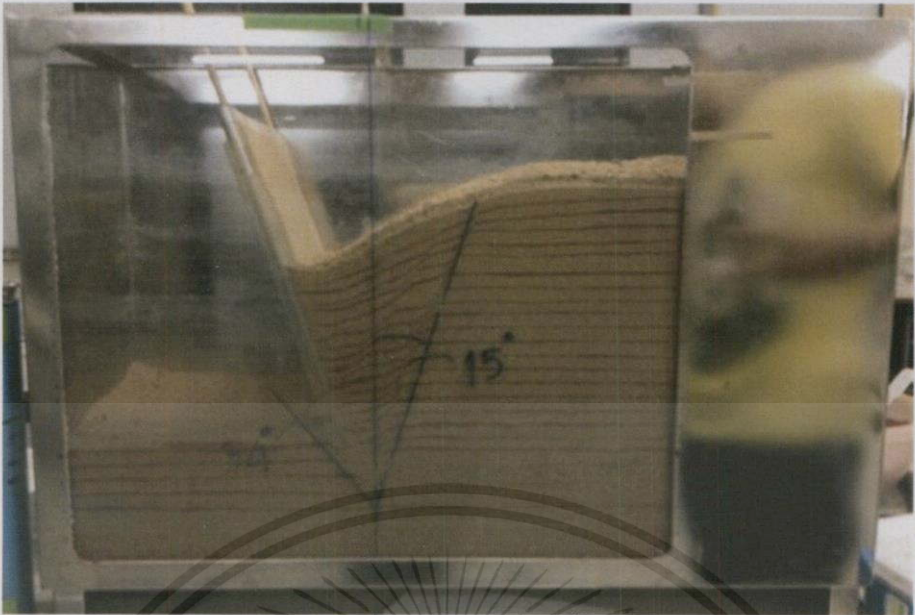


รูป ง.3 การทดสอบโครงสร้างกันดินแบบ single wall ที่ระยะการฝัง 2 เซนติเมตร ครั้งที่ 3



รูป ง.4 การทดสอบโครงสร้างกันดินแบบ single wall ที่ระยะการฝัง 4 เซนติเมตร ครั้งที่ 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

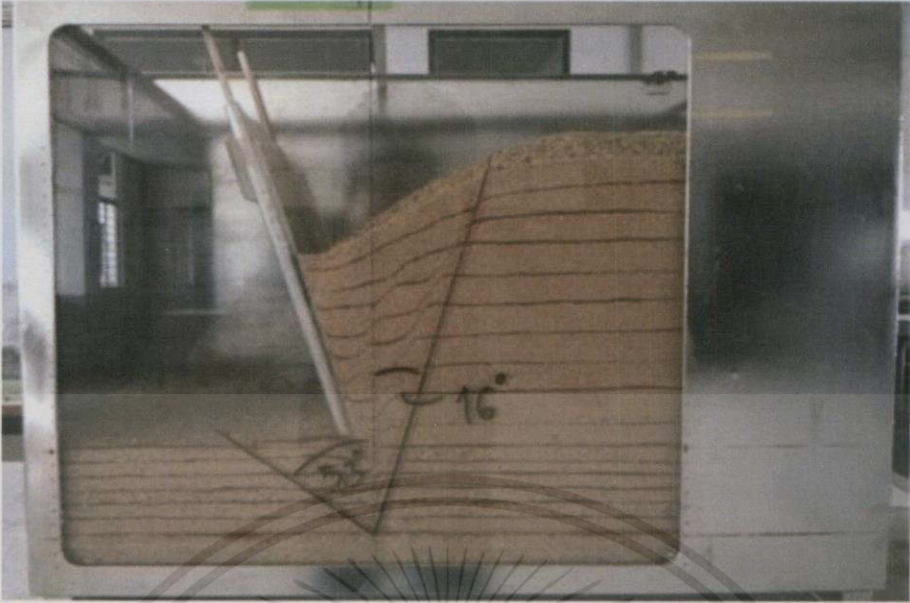


รูป ง.5 การทดสอบโครงสร้างกันดินแบบ Single Wall ที่ระยะการฝัง 4 เซนติเมตร ครั้งที่ 2



รูป ง.6 การทดสอบโครงสร้างกันดินแบบ single wall ที่ระยะการฝัง 4 เซนติเมตร ครั้งที่ 3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

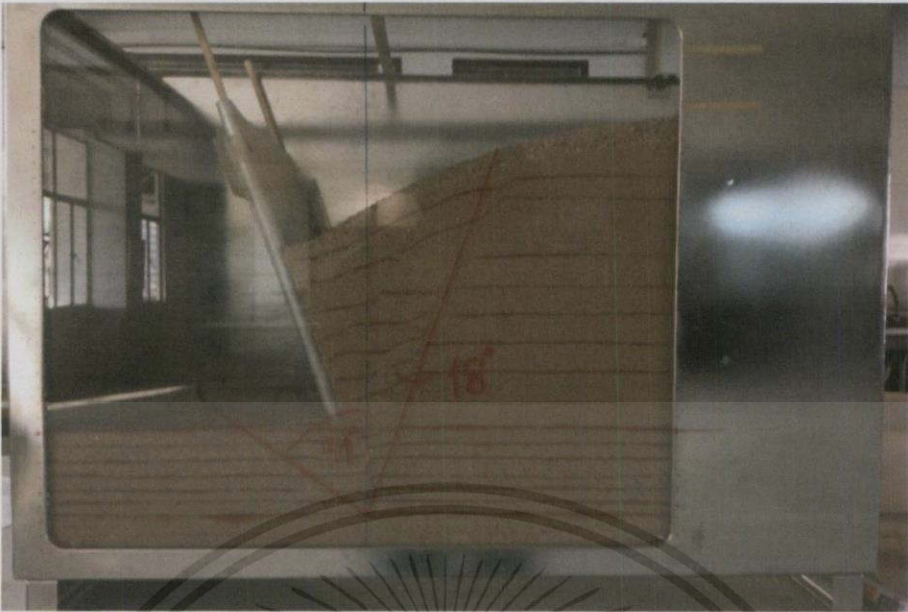


รูป ง.7 การทดสอบโครงสร้างกันดินแบบ single wall ที่ระยะการฝัง 6 เซนติเมตร ครั้งที่ 1



รูป ง.8 การทดสอบโครงสร้างกันดินแบบ single wall ที่ระยะการฝัง 6 เซนติเมตร ครั้งที่ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูป ง.9 การทดสอบโครงสร้างกันดินแบบ single wall ที่ระยะการฝัง 6 เซนติเมตร ครั้งที่ 3

ง.1.2 โครงสร้างกันดินแบบ buttress wall



รูป ง.10 การทดสอบโครงสร้างกันดินแบบ buttress wall ที่ระยะการฝัง 2 เซนติเมตร ครั้งที่ 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

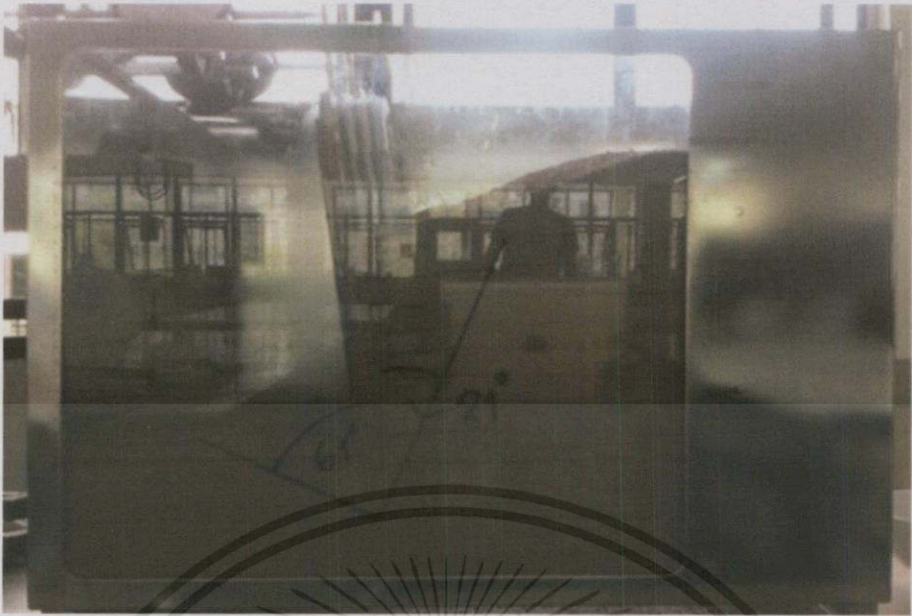


รูป ง.11 การทดสอบโครงสร้างกันดินแบบ buttress wall ที่ระยะการฝัง 2 เซนติเมตร ครั้งที่ 2



รูป ง.12 การทดสอบโครงสร้างกันดินแบบ buttress wall ที่ระยะการฝัง 4 เซนติเมตร ครั้งที่ 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูป ง.13 การทดสอบโครงสร้างกันดินแบบ buttress wall ที่ระยะการฝัง 4 เซนติเมตร ครั้งที่ 2



รูป ง.14 การทดสอบโครงสร้างกันดินแบบ buttress wall ที่ระยะการฝัง 6 เซนติเมตร ครั้งที่ 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



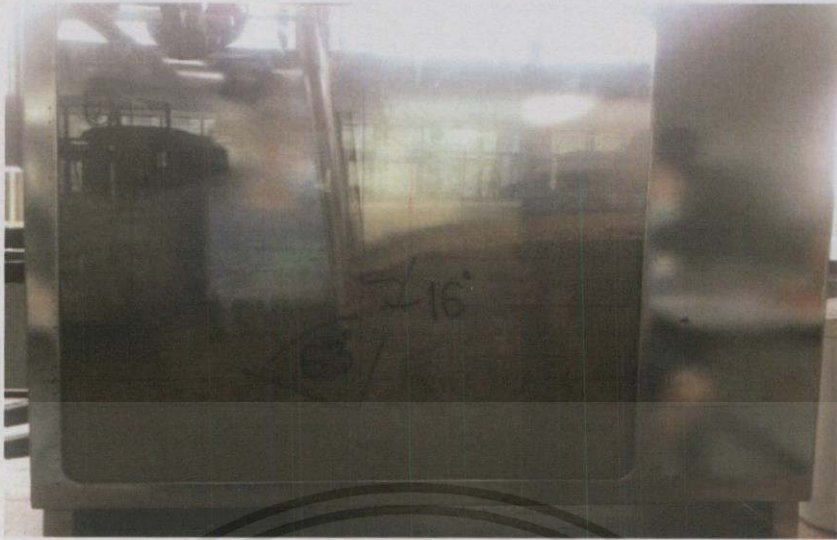
รูป ง.15 การทดสอบโครงสร้างกันดินแบบ buttress wall ที่ระยะการฝัง 6 เซนติเมตร ครั้งที่ 2

ง.2.3 โครงสร้างกันดินแบบ relieving platform



รูป ง.16 การทดสอบโครงสร้างกันดินแบบ relieving platform ที่ระยะการฝัง 2 เซนติเมตร ครั้งที่ 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

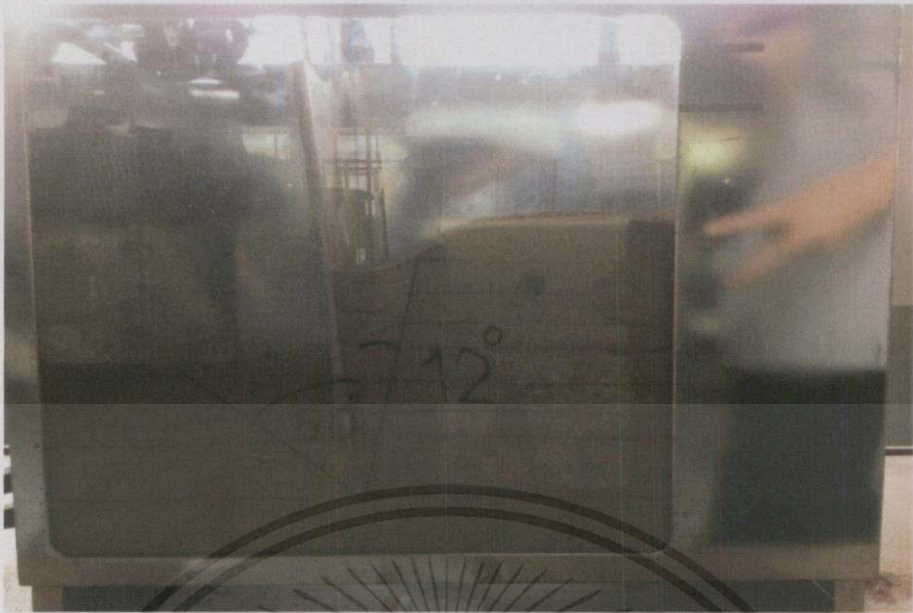


รูป ง.17 การทดสอบโครงสร้างกันดินแบบ relieving platform ที่ระยะการฝัง2เซนติเมตร ครั้งที่2



รูป ง.18 การทดสอบโครงสร้างกันดินแบบ relieving platform ที่ระยะการฝัง4เซนติเมตร ครั้งที่1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูป ง.19 การทดสอบโครงสร้างกันดินแบบ relieving platform ที่ระยะการฝัง4เซนติเมตร ครั้งที่2



รูป ง.20 การทดสอบโครงสร้างกันดินแบบ relieving platform ที่ระยะการฝัง6เซนติเมตร ครั้งที่1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูป ง.21 การทดสอบโครงสร้างกันดินแบบ relieving platform ที่ระยะการฝัง 6 เซนติเมตร ครั้งที่ 2



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก จ
เกี่ยวกับภาคผนวก

จ.1 พื้นที่ของดินที่มีอิทธิพลต่อการวิบัติ

จ.1.1 โครงสร้างกันดินแบบ single wall ระยะฝัง 2 เซนติเมตร



รูป จ.1 พื้นที่ของดินที่มีอิทธิพลต่อการวิบัติของโครงสร้างกันดินแบบ single wall ครั้งที่ 1



รูป จ.2 พื้นที่ของดินที่มีอิทธิพลต่อการวิบัติของโครงสร้างกันดินแบบ single wall ครั้งที่ 2



รูป จ.3 พื้นที่ของดินที่มีอิทธิพลต่อการวิบัติของโครงสร้างกันดินแบบ single wall ครั้งที่ 3

เอกสารนี้เป็นเอกสารสงวนลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ห้ามเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาต

ไม่ว่ากรณีใดๆ กรุณาแจ้งหน่วยงานต้นสังกัดของท่านก่อนนำเอกสารนี้ไปใช้

ตาราง จ.1 การเปรียบเทียบพื้นที่การวัดของโครงสร้างกันดินแบบ single wall ระยะฝัง 2 เซนติเมตร

ครั้งที่	พื้นที่การวัด (ตารางเซนติเมตร)		
	Active	Passive	รวม
1	24.200	7.464	31.664
2	28.376	6.542	34.918
3	40.466	6.542	47.008
เฉลี่ย	31.014	6.849	37.863

จ.1.2 โครงสร้างกันดินแบบ single wall ระยะฝัง 4 เซนติเมตร

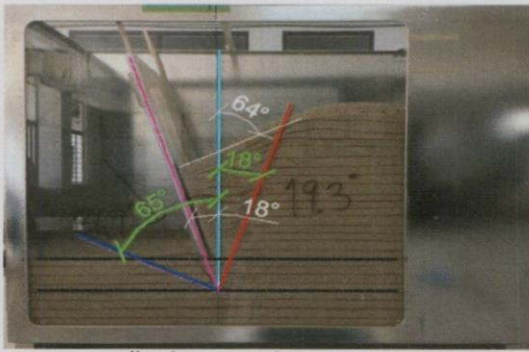


รูป จ.4 พื้นที่ของดินที่มีอิทธิพลต่อการวัดของโครงสร้างกันดินแบบ single wall ครั้งที่ 1



รูป จ.5 พื้นที่ของดินที่มีอิทธิพลต่อการวัดของโครงสร้างกันดินแบบ single wall ครั้งที่ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

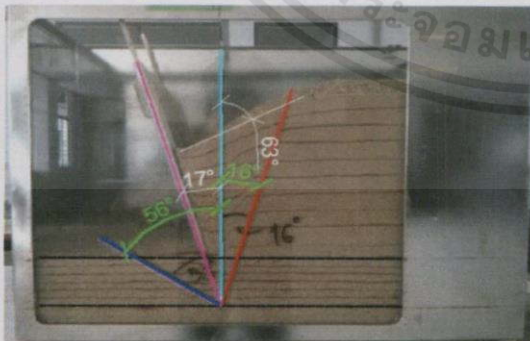


รูป จ.6 พื้นที่ของดินที่มีอิทธิพลต่อการวิบัติของโครงสร้างกันดินแบบ single wall ครั้งที่ 3

ตาราง จ.2 การเปรียบเทียบพื้นที่การวิบัติของโครงสร้างกันดินแบบ single wall ระยะฝัง 4 เซนติเมตร

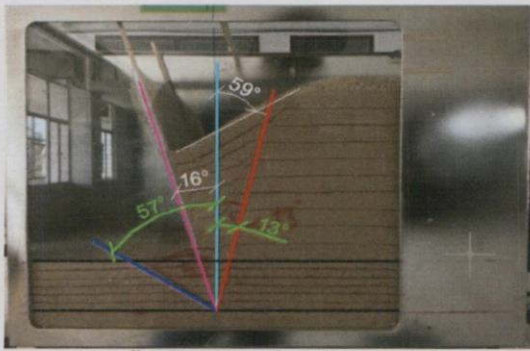
เปรียบเทียบพื้นที่การวิบัติของโครงสร้างกันดินแบบ single wall ระยะฝัง 4 เซนติเมตร			
ครั้งที่	พื้นที่การวิบัติ (ตารางเซนติเมตร)		
	Active	Passive	รวม
1	44.649	17.156	61.805
2	61.646	16.402	78.048
3	49.422	17.156	66.578
เฉลี่ย	51.906	16.905	68.810

จ.1.3 โครงสร้างกันดินแบบ single wall ระยะฝัง 6 เซนติเมตร

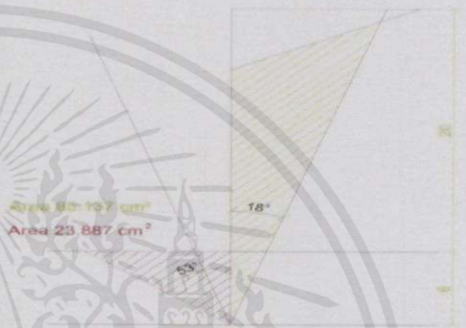
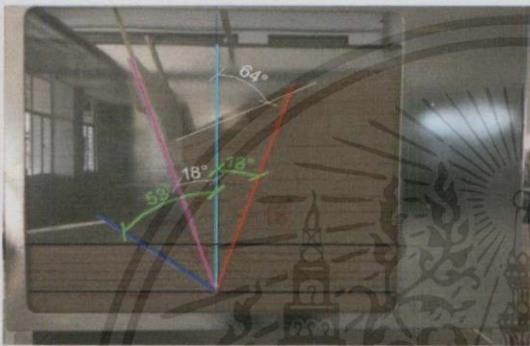


รูป จ.7 พื้นที่ของดินที่มีอิทธิพลต่อการวิบัติของโครงสร้างกันดินแบบ single wall ครั้งที่ 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูป จ.8 พื้นที่ของดินที่มีอิทธิพลต่อการวิบัติของโครงสร้างกันดินแบบ single wall ครั้งที่ 2



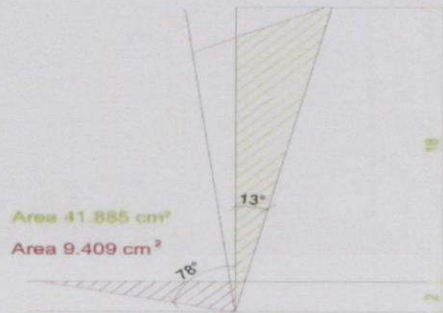
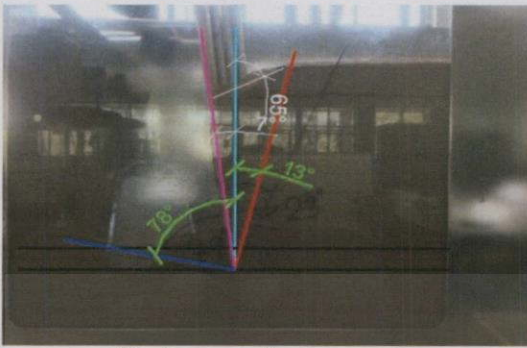
รูป จ.9 พื้นที่ของดินที่มีอิทธิพลต่อการวิบัติของโครงสร้างกันดินแบบ single wall ครั้งที่ 3

ตาราง จ.3 การเปรียบเทียบพื้นที่การวิบัติของโครงสร้างกันดินแบบ single wall ระยะฝัง 6 เซนติเมตร

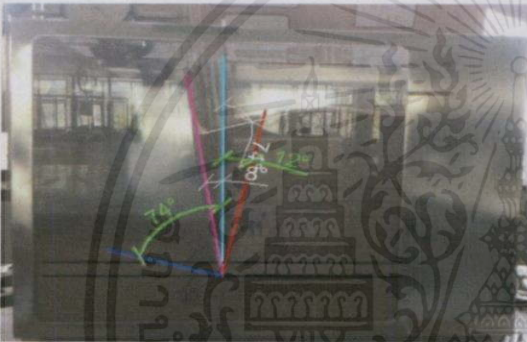
เปรียบเทียบพื้นที่การวิบัติของโครงสร้างกันดินแบบ single wall ระยะฝัง 6 เซนติเมตร			
ครั้งที่	พื้นที่การวิบัติ (ตารางเซนติเมตร)		
	Active	Passive	รวม
1	74.046	26.686	100.732
2	59.106	27.718	86.824
3	85.137	23.887	109.024
เฉลี่ย	72.763	26.097	98.860

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จ.1.4 โครงสร้างกันดินแบบ buttress wall ระยะฝั่ง 2 เซนติเมตร



รูป จ.10 พื้นที่ของดินที่มีอิทธิพลต่อการวิบัติของโครงสร้างกันดินแบบ buttress wall ครั้งที่ 1



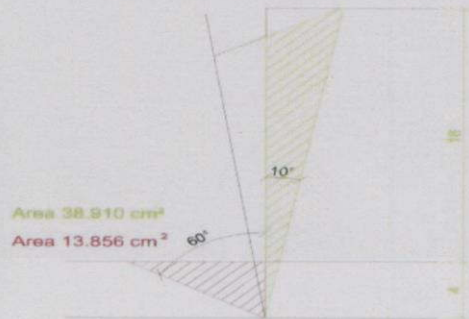
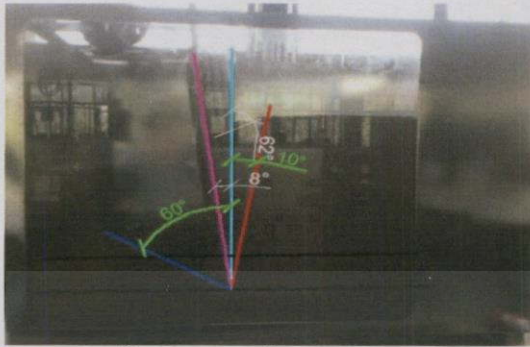
รูป จ.11 พื้นที่ของดินที่มีอิทธิพลต่อการวิบัติของโครงสร้างกันดินแบบ buttress wall ครั้งที่ 2

ตาราง จ.4 การเปรียบเทียบพื้นที่การวิบัติของโครงสร้างกันดินแบบ buttress wall ระยะฝั่ง 2 เซนติเมตร

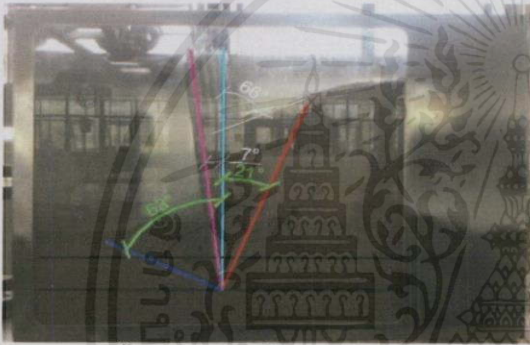
เปรียบเทียบพื้นที่การวิบัติของ โครงสร้างกันดินแบบ buttress wall ระยะฝั่ง 2 เซนติเมตร			
ครั้งที่	พื้นที่การวิบัติ (ตารางเซนติเมตร)		
	Active	Passive	รวม
1	41.885	9.409	51.294
2	36.669	6.975	43.644
เฉลี่ย	39.277	8.192	47.469

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จ.1.5 โครงสร้างกันดินแบบ buttress wall ชม.ระยะฝัง 4 เซนติเมตร



รูป จ.12 พื้นที่ของดินที่มีอิทธิพลต่อการวิบัติของโครงสร้างกันดินแบบ buttress wall ครั้งที่ 1



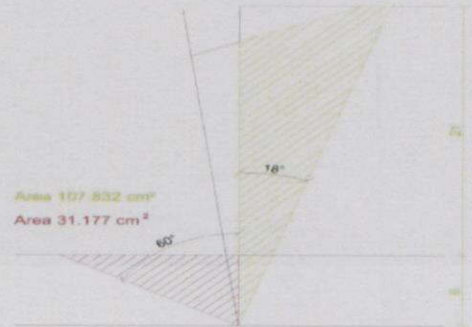
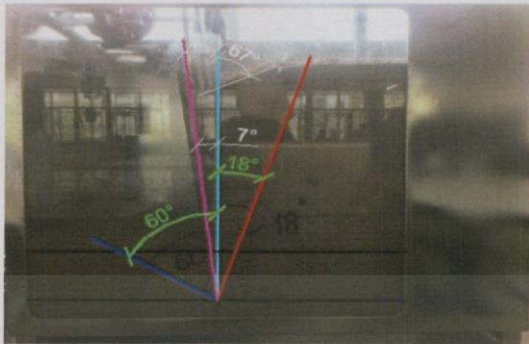
รูป จ.13 พื้นที่ของดินที่มีอิทธิพลต่อการวิบัติของโครงสร้างกันดินแบบ buttress wall ครั้งที่ 2

ตาราง จ.5 การเปรียบเทียบพื้นที่การวิบัติของโครงสร้างกันดินแบบ buttress wall ระยะฝัง 4 เซนติเมตร

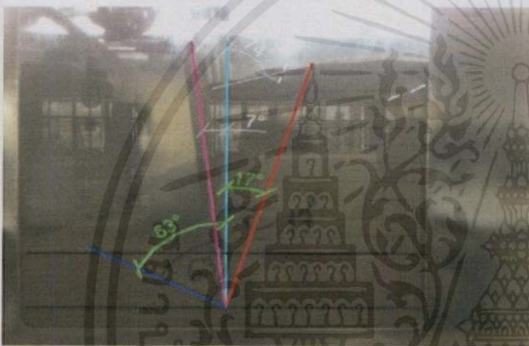
เปรียบเทียบพื้นที่การวิบัติของโครงสร้างกันดินแบบ buttress wall ระยะฝัง 4 เซนติเมตร			
ครั้งที่	พื้นที่การวิบัติ (ตารางเซนติเมตร)		
	Active	Passive	รวม
1	38.910	13.856	52.766
2	88.403	15.701	104.104
เฉลี่ย	63.657	14.779	78.435

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับกรใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จ.1.6 โครงสร้างกันดินแบบ buttress wall ระยะฝั่ง 6 เซนติเมตร



รูป จ.14 พื้นที่ของดินที่มีอิทธิพลต่อการวิบัติของโครงสร้างกันดินแบบ buttress wall ครั้งที่ 1



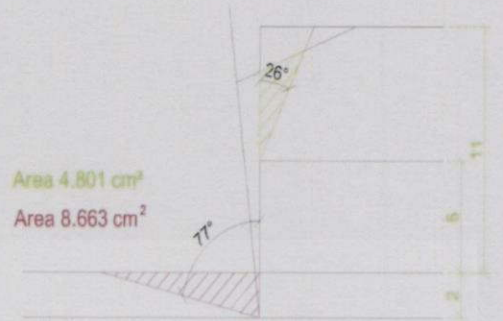
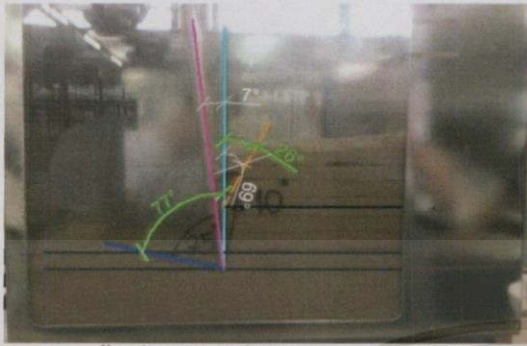
รูป จ.15 พื้นที่ของดินที่มีอิทธิพลต่อการวิบัติของโครงสร้างกันดินแบบ buttress wall ครั้งที่ 2

ตาราง จ.6 การเปรียบเทียบพื้นที่การวิบัติของโครงสร้างกันดินแบบ buttress wall ระยะฝั่ง 6 เซนติเมตร

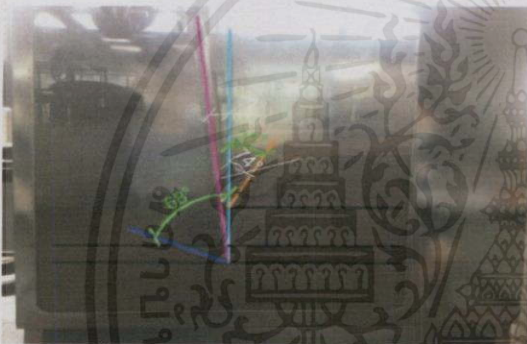
เปรียบเทียบพื้นที่การวิบัติของ โครงสร้างกันดินแบบ buttress wall ระยะฝั่ง 6 เซนติเมตร			
ครั้งที่	พื้นที่การวิบัติ (ตารางเซนติเมตร)		
	Active	Passive	รวม
1	107.832	31.177	139.009
2	96.511	35.327	131.838
เฉลี่ย	102.172	33.252	135.424

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จ.1.7 โครงสร้างกันดินแบบ relieving platform ระยะฝั่ง 2 เซนติเมตร



รูป จ.16 พื้นที่ของดินที่มีอิทธิพลต่อการวิบัติของโครงสร้างกันดินแบบrelieving platformครั้งที่ 1



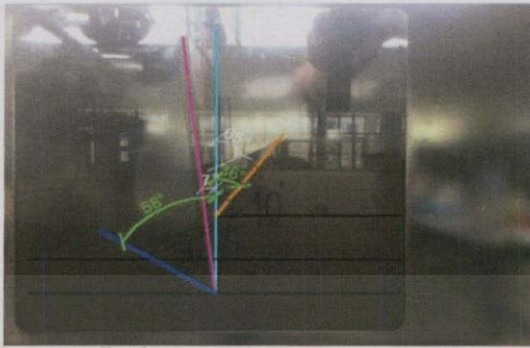
รูป จ.17 พื้นที่ของดินที่มีอิทธิพลต่อการวิบัติของโครงสร้างกันดินแบบrelieving platformครั้งที่ 2

ตาราง จ.7 การเปรียบเทียบพื้นที่การวิบัติของโครงสร้างกันดินแบบ relieving platform ระยะฝั่ง 2 เซนติเมตร

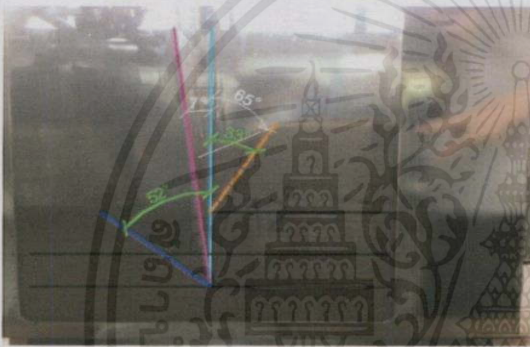
เปรียบเทียบพื้นที่การวิบัติของโครงสร้างกันดินแบบ relieving platform ระยะฝั่ง 2 เซนติเมตร			
ครั้งที่	พื้นที่การวิบัติ (ตารางเซนติเมตร)		
	Active	Passive	รวม
1	4.801	8.663	13.464
2	3.267	4.950	8.217
เฉลี่ย	4.034	6.807	10.841

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะวิธีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จ.1.8 โครงสร้างกันดินแบบ relieving platform ระยะฝั่ง 4 เซนติเมตร



รูป จ.18 พื้นที่ของดินที่มีอิทธิพลต่อการวิบัติของโครงสร้างกันดินแบบrelieving platform ครั้งที่ 1



รูป จ.19 พื้นที่ของดินที่มีอิทธิพลต่อการวิบัติของโครงสร้างกันดินแบบrelieving platform ครั้งที่ 2

ตาราง จ.8 การเปรียบเทียบพื้นที่การวิบัติของโครงสร้างกันดินแบบ relieving platform ระยะฝั่ง 4 เซนติเมตร

เปรียบเทียบพื้นที่การวิบัติของ โครงสร้างกันดินแบบ relieving platform ระยะฝั่ง 4 เซนติเมตร			
ครั้งที่	พื้นที่การวิบัติ (ตารางเซนติเมตร)		
	Active	Passive	รวม
1	13.735	12.803	26.538
2	16.492	10.240	26.732
เฉลี่ย	15.114	11.522	26.635

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จ.1.9 โครงสร้างกันดินแบบ relieving platform ระยะฝั่ง 6 เซนติเมตร



รูป จ.20 พื้นที่ของดินที่มีอิทธิพลต่อการวิบัติของโครงสร้างกันดินแบบrelieving platform ครึ่งที่ 1



รูป จ.21 พื้นที่ของดินที่มีอิทธิพลต่อการวิบัติของโครงสร้างกันดินแบบrelieving platform ครึ่งที่ 2

ตาราง จ.9 การเปรียบเทียบพื้นที่การวิบัติของโครงสร้างกันดินแบบ relieving platform ระยะฝั่ง 6 เซนติเมตร

เปรียบเทียบพื้นที่การวิบัติของ โครงสร้างกันดินแบบ relieving platform ระยะฝั่ง 6 เซนติเมตร			
ครึ่งที่	พื้นที่การวิบัติ (ตารางเซนติเมตร)		
	Active	Passive	รวม
1	26.197	20.707	46.904
2	40.418	28.806	69.224
เฉลี่ย	33.308	24.757	58.064

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ฉ

เกี่ยวกับภาคผนวก

ฉ.1 เปรียบเทียบประสิทธิภาพแต่ละรูปแบบของโครงสร้างกันดิน

เมื่อได้จุดพิบัติกราฟความสัมพันธ์ระหว่างความสูงของดินที่เพิ่มขึ้นกับการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดินแล้ว เราจะสามารถรู้ค่าการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดิน และความสูงดินถมที่จุดพิบัติ เมื่อให้จุดดังกล่าวคือจุดที่ 100 เปอร์เซ็นต์ และสามารถนำค่าการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดิน กับความสูงของดินถมก่อนการพิบัติมาคิดเป็นเปอร์เซ็นต์เทียบกับที่จุดพิบัติ ซึ่งมีผลการวิเคราะห์ดังนี้

ตาราง ฉ.1 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของโครงสร้างกันดินแบบ single wall ระยะฝัง 2 เซนติเมตร โดยใช้กราฟการเพิ่มของการเคลื่อนตัวและความสูงของดินถมเป็นเปอร์เซ็นต์

โครงสร้างกันดินแบบ single wall เฝียที่ระยะฝัง 2 เซนติเมตร				
H_{fail} (cm)	H (cm)	Δ_{fail} (mm)	Δ (mm)	H/ H_{fail} (%)
11.7	0	5.5	0.00	0.00
	1		0.02	8.55
	2		0.08	17.09
	3		0.18	25.64
	4		0.19	34.19
	5		0.45	42.74
	6		1.00	51.28
	7		1.17	59.83
	8		1.49	68.38
	9		1.97	76.92
	10		2.92	85.47
	11		3.97	94.02
	11.7		5.50	100.00

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับกรใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้ไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งยังมีลิขสิทธิ์เป็นของตนเองและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง จ.2 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของโครงสร้างกันดินแบบ buttress wall ระยะฝั่ง 2 เซนติเมตร โดยใช้กราฟการเพิ่มของการเคลื่อนตัวและความสูงของดินถมเป็นเปอร์เซ็นต์

โครงสร้างกันดินแบบ Buttress Wall เฉลี่ยที่ระยะฝั่ง 2 เซนติเมตร				
$H_{fail}(cm)$	H(cm)	$\Delta_{fail}(mm)$	$\Delta(mm)$	H/ H_{fail} (%)
10.8	0	1.8	0.00	0.00
	1		0.11	9.26
	2		0.17	18.52
	3		0.24	27.78
	4		0.27	37.04
	5		0.36	46.30
	6		0.42	55.56
	7		0.51	64.81
	8		0.62	74.07
	9		0.85	83.33
	10		1.09	92.59
	10.8		1.80	100.00

ตาราง จ.3 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของโครงสร้างกันดินแบบ relieving platform ระยะฝั่ง 2 เซนติเมตร โดยใช้กราฟการเพิ่มของการเคลื่อนตัวและความสูงของดินถมเป็นเปอร์เซ็นต์

โครงสร้างกันดินแบบ Relieving Platform เฉลี่ยที่ระยะฝั่ง 2 เซนติเมตร				
$H_{fail}(cm)$	H(cm)	$\Delta_{fail}(mm)$	$\Delta(mm)$	H/ H_{fail} (%)
5.7	0	0.63	0.00	0.00
	1		0.09	17.54
	2		0.14	35.09
	3		0.25	52.63
	4		0.32	70.18
	5		0.43	87.72
	5.7		0.63	100.00

ตาราง น.4 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของโครงสร้างกันดินแบบ single wall ระยะฝัง 4 เซนติเมตร โดยใช้กราฟการเพิ่มของการเคลื่อนตัวและความสูงของดินถมเป็นเปอร์เซ็นต์

โครงสร้างกันดินแบบ single wall เฉลี่ยที่ระยะฝัง 4 เซนติเมตร				
H_{fail} (cm)	H(cm)	Δ_{fail} (mm)	Δ (mm)	H/ H_{fail} (%)
9.6	0	3	0.00	0.00
	1		0.07	10.42
	2		0.12	20.83
	3		0.23	31.25
	4		0.32	41.67
	5		0.45	52.08
	6		0.53	62.50
	7		0.79	72.92
	8		1.41	83.33
	9		2.24	93.75
	9.6		3.00	100.00

ตาราง น.5 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของโครงสร้างกันดินแบบ buttress wall ระยะฝัง 4 เซนติเมตร โดยใช้กราฟการเพิ่มของการเคลื่อนตัวและความสูงของดินถมเป็นเปอร์เซ็นต์

โครงสร้างกันดินแบบ buttress wall เฉลี่ยที่ระยะฝัง 4 เซนติเมตร				
H_{fail} (cm)	H(cm)	Δ_{fail} (mm)	Δ (mm)	H/ H_{fail} (%)
13	0	4.1	0.00	0.00
	1		0.03	7.69
	2		0.16	15.38
	3		0.25	23.08
	4		0.42	30.77
	5		0.70	38.46

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่ควรนำไปใช้เพื่อการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีโอกาสนำไปใช้

ตาราง น.5(ต่อ) การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของโครงสร้างกันดินแบบ buttress wall ระยะฝัง 4 เซนติเมตร โดยใช้กราฟการเพิ่มของการเคลื่อนตัวและความสูงของดินถมเป็นเปอร์เซ็นต์

โครงสร้างกันดินแบบ buttress wall เฉลี่ยที่ระยะฝัง 4 เซนติเมตร				
$H_{fail}(cm)$	H(cm)	$\Delta_{fail}(mm)$	$\Delta(mm)$	H/ H_{fail} (%)
13	6	4.1	1.03	46.15
	7		1.24	53.85
	8		1.42	61.54
	9		2.00	69.23
	10		2.29	76.92
	11		3.11	84.62
	12		3.35	92.31
	13		4.10	100.00

ตาราง น.6 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของโครงสร้างกันดินแบบ relieving platform ระยะฝัง 4 เซนติเมตร โดยใช้กราฟการเพิ่มของการเคลื่อนตัวและความสูงของดินถมเป็นเปอร์เซ็นต์

โครงสร้างกันดินแบบ relieving platform เฉลี่ยที่ระยะฝัง 4 เซนติเมตร				
$H_{fail}(cm)$	H(cm)	$\Delta_{fail}(mm)$	$\Delta(mm)$	H/ H_{fail} (%)
9	0	1.3	0.00	0.00
	1		0.05	11.11
	2		0.10	22.22
	3		0.12	33.33
	4		0.16	44.44
	5		0.22	55.56
	6		0.27	66.67

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งยังมีให้ตีพิมพ์เนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงชื่อของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง น.6(ต่อ) การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของโครงสร้างกันดินแบบ relieving platform
ระยะฝัง 4 เซนติเมตร โดยใช้กราฟการเพิ่มของการเคลื่อนตัวและความสูงของดิน
ถมเป็นเปอร์เซ็นต์

โครงสร้างกันดินแบบ relieving platform เฉลี่ยที่ระยะฝัง 4 เซนติเมตร				
$H_{fail}(cm)$	H(cm)	$\Delta_{fail}(mm)$	$\Delta(mm)$	H/ H_{fail} (%)
9	7	1.3	0.48	77.78
	8		0.67	88.89
	9		1.30	100.00

ตาราง น.7 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของโครงสร้างกันดินแบบ single wall ระยะฝัง 6
เซนติเมตร โดยใช้กราฟการเพิ่มของการเคลื่อนตัวและความสูงของดินถมเป็น
เปอร์เซ็นต์

โครงสร้างกันดินแบบ single wall เฉลี่ยที่ระยะฝัง 6 เซนติเมตร				
$H_{fail}(cm)$	H(cm)	$\Delta_{fail}(mm)$	$\Delta(mm)$	H/ H_{fail} (%)
10.6	0	4.5	0.00	0.00
	1		0.02	9.43
	2		0.08	18.87
	3		0.24	28.30
	4		0.34	37.74
	5		0.63	47.17
	6		0.87	56.60
	7		1.29	66.04
	8		1.82	75.47
	9		2.69	84.91
	10		3.62	94.34
	10.6		4.50	100.00

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง น.8 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของโครงสร้างกันดินแบบ buttress wall ระยะฝั่ง 6 เซนติเมตร โดยใช้กราฟการเพิ่มของการเคลื่อนตัวและความสูงของดินถมเป็นเปอร์เซ็นต์

โครงสร้างกันดินแบบ buttress wall เฉลี่ยที่ระยะฝั่ง 6 เซนติเมตร				
H_{fail} (cm)	H(cm)	Δ_{fail} (mm)	Δ (mm)	H/ H_{fail} (%)
14	0	3.6	0.00	0.00
	1		0.05	7.14
	2		0.06	14.29
	3		0.08	21.43
	4		0.13	28.57
	5		0.16	35.71
	6		0.25	42.86
	7		0.35	50.00
	8		0.45	57.14
	9		0.68	64.29
	10		1.02	71.43
	11		1.42	78.57
	12		1.83	85.71
	13		2.58	92.86
	14		3.60	100.00

ตาราง น.9 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของโครงสร้างกันดินแบบ relieving platform ระยะฝั่ง 6 เซนติเมตร โดยใช้กราฟการเพิ่มของการเคลื่อนตัวและความสูงของดินถมเป็นเปอร์เซ็นต์

โครงสร้างกันดินแบบ Relieving Platform เฉลี่ยที่ระยะฝั่ง 6 เซนติเมตร				
H_{fail} (cm)	H(cm)	Δ_{fail} (mm)	Δ (mm)	H/ H_{fail} (%)
12.5	0	1.9	0.00	0.00
	0.07		0.07	8.00
	0.09		0.09	16.00

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับบริการใช้งานเพื่อ 1.9 ศึกษาเท่านั้น ไม่ 0.07 ญาติให้นำไปใช้ 8.00 หนดด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิ 2 คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้า 0.09 ออกสารทุกครั้ง 16.00 นำไปใช้

ตาราง น.9(ต่อ) การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของโครงสร้างกันดินแบบ relieving platform
ระยะฝัง 6 เซนติเมตร โดยใช้กราฟการเพิ่มของการเคลื่อนตัวและความสูงของดิน
ถมเป็นเปอร์เซ็นต์

โครงสร้างกันดินแบบ relieving platform เฉลี่ยที่ระยะฝัง 6 เซนติเมตร				
H_{fail} (cm)	H(cm)	Δ_{fail} (mm)	Δ (mm)	H/ H_{fail} (%)
12.5	3	1.9	0.12	24.00
	4		0.18	32.00
	5		0.20	40.00
	6		0.30	48.00
	7		0.41	56.00
	8		0.55	64.00
	9		0.72	72.00
	10		0.94	80.00
	11		1.18	88.00
	12		1.67	96.00
	12.5		1.90	100.00

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้