

การศึกษาระบบโครงสร้างกันดินในชั้นทรายด้วย
แบบจำลองทางกายภาพและแบบจำลองทางคณิตศาสตร์

A STUDY ON PHYSICAL AND NUMERICAL MODELS OF RETAINING
STRUCTURE SYSTEMS IN SANDBED



วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2560

KMITL-2017-EN-M-093-062

การศึกษาระบบโครงสร้างกันดินในชั้นทรายด้วย
แบบจำลองทางกายภาพและแบบจำลองทางคณิตศาสตร์

A STUDY ON PHYSICAL AND NUMERICAL MODELS OF RETAINING
STRUCTURE SYSTEMS IN SANDBED



ศักราช ยศสุวรรณ
SAKKARACH YOSSUWAN

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
พ.ศ.2560

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้ KMUTL-2017-EN-M-093-062 เมื่ออนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

A STUDY ON PHYSICAL AND NUMERICAL MODELS OF RETAINING
STRUCTURE SYSTEM IN SANDBED



A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT
OF THE REQUIREMENTS FOR THE DEGREE OF
MASTER OF ENGINEERING IN CIVIL ENGINEERING
FACULTY OF ENGINEERING
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG
2017

KMITL-2017-EN-M-093-062

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



COPYRIGHT 2017

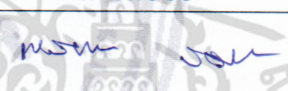

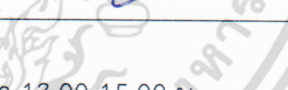
FACULTY OF ENGINEERING

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ใบรับรองวิทยานิพนธ์

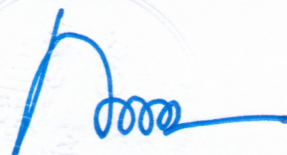
หัวข้อวิทยานิพนธ์ การศึกษาระบบโครงสร้างกันดินในชั้นทรายด้วยแบบจำลองทางกายภาพและแบบจำลองทางคณิตศาสตร์
Thesis Title A Study on Physical and Numerical Models of Retaining Structure System in Sandbed
นักศึกษา นายศักราช ยศสุวรรณ
รหัสประจำตัว 58601292
ปริญญา วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา วิศวกรรมโยธา
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ผศ.ดร.ธนาตล คงสมบูรณ์
หมายเลขวิทยานิพนธ์ KMITL-2017-EN-M-093-062

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์		ลายมือชื่อ
รศ.ดร.พรเกษม	จงประดิษฐ์	
ผศ.ดร.วุฒิชัย	ชาติพัฒนานันท์	
ดร.อัญฐวิทย์	สุจิริตพงศ์	
รศ.สุวัฒน์	ศิริเศรษฐ์	
ผศ.ดร.ธนาตล	คงสมบูรณ์	

วัน / เดือน / ปี ที่สอบ วันอังคารที่ 11 กรกฎาคม พ.ศ. 2560 เวลา 13.00-15.00 น.
สถานที่สอบ ณ อาคาร A ชั้น 5 ห้องประชุม 3

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

คณะวิศวกรรมศาสตร์ รับรองแล้ว



(รองศาสตราจารย์ ดร. คมสัน มาลีสี)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ฉบับนี้ คณะวิศวกรรมศาสตร์
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้นฉบับข้างต้นของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
วันที่ 11 กรกฎาคม พ.ศ. 2560

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การศึกษาระบบโครงสร้างกันดินในชั้นทรายด้วยแบบจำลองทางกายภาพและแบบจำลองทางคณิตศาสตร์
นักศึกษา	นายศักราช ยศสุวรรณ
รหัสประจำตัวนักศึกษา	58601292
ปริญญา	วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา	วิศวกรรมโยธา
พ.ศ.	2560
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์	ผศ.ดร. ธนาตล คงสมบูรณ์

บทคัดย่อ

โครงสร้างกันดินเป็นสิ่งก่อสร้างที่ถูกนำมาใช้สำหรับงานขุดดินและงานถมดินในบริเวณที่มีข้อจำกัดด้านพื้นที่การออกแบบโครงสร้างกันดินในปัจจุบันผู้ออกแบบจะพิจารณารูปแบบของระบบกำแพงกันดินในการต้านแรงดันดินเพื่อลดการเคลื่อนตัวของกำแพงให้น้อยที่สุดซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญในการเลือกระบบกำแพงกันดิน ในการศึกษาครั้งนี้จึงได้ทำการเลือกรูปแบบกำแพงกันดินแบบ Single wall, Buttress wall และ Relieving Platform มาศึกษาประสิทธิภาพในการต้านทานการเคลื่อนตัว โดยทำการศึกษารูปแบบของแบบจำลองในห้องปฏิบัติการด้วยแบบจำลองทางกายภาพในสภาวะ 1-G(Gravity) และเลือกรูปแบบที่มีประสิทธิภาพสูงที่สุดจากสามแบบจำลองตั้งที่กล่าวข้างต้นนำมาทำการศึกษาต่อเนื่องโดยใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ด้วยโปรแกรม Finite element เพื่อทำการศึกษาประสิทธิภาพของรูปแบบระบบกำแพงกันดินเพิ่มเติมในรูปแบบที่หลากหลายมากขึ้นและเปรียบเทียบประสิทธิภาพข้อได้เปรียบของระบบโครงสร้างกันดินนี้ในการลดการเคลื่อนตัวของมวลดินที่แตกต่างกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Title	A Study on Physical and Numerical Models of Retaining Structure System in Sandbed
Student	Mr.Sakkarach Yossuwan
Student ID.	58601292
Degree	Master of Engineering
Program	Civil Engineering
Year	2017
Thesis Advisor	Asst.Prof.Dr. Thanadol Kongsomboon

ABSTRACT

Retaining structure system for excavated and backfill soil in limited area problem. In recently Engineer, design Retaining wall, select Retaining structure system that can reduce wall displacement lowest. In this thesis the important factor for retaining wall type selection is wall displacement resistance efficiency. There are several processes 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 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, Numerical model and Comparison with empirical formula, 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.

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์นี้เป็นการศึกษาแบบจำลองกำแพงกันดิน เพื่อเปรียบเทียบพฤติกรรมการเคลื่อนตัวของดินกำแพง รวมไปถึงลักษณะการวิบัติของกำแพง ซึ่งไม่สามารถสำเร็จได้หากไม่ได้รับความอนุเคราะห์ตลอดจนการให้คำแนะนำที่เป็นประโยชน์

บุคคลแรกที่เป็นส่วนสำคัญที่ทำให้วิทยานิพนธ์นี้สำเร็จลงคือ ผศ.ดร.ธนาตลคงสมบุญ ซึ่งเป็นที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ที่ให้คำแนะนำ ช่วยเหลือตลอดจนสั่งสอนตักเตือนทั้งด้านเนื้อหาความรู้ในทางทฤษฎีและการลงมือปฏิบัติ และขอขอบคุณผู้ที่เกี่ยวข้องทุกภาคส่วนในภาควิชาวิศวกรรมโยธา ที่ให้ร่างกายและแรงใจอุทิศเวลาอันมีค่า เพื่อช่วยเหลือการวิจัยในวิทยานิพนธ์ให้สำเร็จลุล่วง

อีกท่านหนึ่งที่มีส่วนช่วยในการให้คำแนะนำด้านการใช้โปรแกรม Plaxis ได้แก่ อาจารย์ศลิษา ไชยพุทธ

ท้ายสุดนี้ทางคณะผู้จัดทำหวังเป็นอย่างยิ่งว่า วิทยานิพนธ์ฉบับนี้จะให้ความรู้แก่ผู้ที่สนใจ นำไปศึกษาไม่มากก็น้อย คุณความดีของวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ขอมอบแด่คุณบิดา มารดา ครูบาอาจารย์ ที่ทุกท่านได้ทำให้คณะผู้จัดทำ ได้ประสบผลสำเร็จตลอดจนทุกวันนี้

ศักราช ยศสุวรรณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ.....	IV
สารบัญตาราง.....	VII
สารบัญรูปภาพ.....	IX
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 กล่าวนำ	1
1.2 ที่มาและความสำคัญ	1
1.3 วัตถุประสงค์.....	2
1.4 ขอบเขตการศึกษา.....	2
1.5 ข้อมูลที่ใช้ในการศึกษา	3
1.6 วิธีการศึกษา.....	3
1.7 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	4
บทที่ 2 เอกสารที่เกี่ยวข้อง	5
2.1 บทนำ.....	5
2.2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	5
2.2.1 แรงดันดินด้านข้าง(Lateral Earth Pressure).....	5
2.2.2 การเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดิน	11
2.2.3 พฤติกรรมการพิบัติของดินถม	12
2.3 รูปแบบโครงสร้างกันดินและวิธีการเคลื่อนตัว	12
2.3.1 รูปของโครงสร้างกันดิน.....	12
2.3.2 เสถียรภาพของกำแพงกันดิน.....	14
2.3.3 เสถียรภาพของเข็มพืด(Sheet Pile).....	19
2.3.4 วิธีการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดิน	22
2.4 แบบจำลอง	25
2.4.1แบบจำลองทางกายภาพ(Physical model)	25
2.4.2แบบจำลองทางคณิตศาสตร์(Numerical model)	26
2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	27
บทที่ 3 วิธีการศึกษา	30
3.1 บทนำ.....	30
3.2 การกำหนดขนาดและวัสดุในแบบจำลอง	31
3.2.1 แบบจำลองทางกายภาพ	31
3.2.2 แบบจำลองทางคณิตศาสตร์.....	35

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้อง IV งอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

	หน้า
3.3 แบบจำลองโครงสร้างกันดิน	35
3.3.1 แบบจำลองทางกายภาพ	35
3.3.2 แบบจำลองทางคณิตศาสตร์	39
3.4 ขั้นตอนการดำเนินการศึกษาด้วยแบบจำลองทางกายภาพ	40
3.4.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในแบบจำลองกายภาพ.....	40
3.4.2 วิธีเตรียมและติดตั้งอุปกรณ์การทดลองในแบบจำลอง	42
3.4.3 วิธีทดลองแบบจำลองโครงสร้างกันดิน	42
3.4.4 การเก็บข้อมูลจากแบบจำลองทางกายภาพ	45
3.5 ขั้นตอนการดำเนินการศึกษาด้วยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์	46
3.5.1 การสร้างแบบจำลอง	46
3.5.2 กำหนดค่าคุณสมบัติของดินและโครงสร้างกันดิน	46
3.5.3 การกำหนดขั้นตอนการวิเคราะห์.....	47
3.6 การวิเคราะห์และเปรียบเทียบข้อมูล.....	48
3.6.1 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของโครงสร้างกันดิน	49
3.6.2 การวิเคราะห์ตำแหน่งการติดตั้งและความยาวRelieving platform ที่เหมาะสม .	52
3.6.3 เปรียบเทียบข้อมูลกับสมการเชิงประสพการณ์(Empirical formula).....	52
บทที่ 4 ผลการศึกษา.....	54
4.1 บทนำ.....	54
4.2 ผลการทดสอบคุณสมบัติของทรายที่ใช้ในการศึกษา	55
4.3 ผลการศึกษาจากแบบจำลองทางกายภาพ.....	56
4.3.1 ผลการศึกษาโครงสร้างกันดินแบบSingle wall.....	56
4.3.2 ผลการทดลองโครงสร้างกันดินแบบButtress wall.....	63
4.3.3 ผลการทดลองโครงสร้างกันดินแบบRelieving wall	66
4.3.4 เปรียบเทียบผลการศึกษาจากแบบจำลองทางกายภาพ	70
4.3.5 เปรียบเทียบพื้นที่พิบัติของดินถล่ม	71
4.3.6 ข้อจำกัดของแบบจำลองทางกายภาพ	73
4.4 ผลเปรียบเทียบข้อมูลกับสมการเชิงประสพการณ์(Empirical formula)	74
4.5 การใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์วิเคราะห์พฤติกรรมของโครงสร้างกันดิน	75
4.5.1 การสอบเทียบความน่าเชื่อถือแบบจำลองทางคณิตศาสตร์สำหรับSingle wall	76
4.5.2 การสอบเทียบความน่าเชื่อถือแบบจำลองทางคณิตศาสตร์สำหรับButtress wall	77
4.5.3 การสอบเทียบความน่าเชื่อถือแบบจำลองทางคณิตศาสตร์สำหรับRelieving wall.....	79
4.6 การศึกษาการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดินด้วยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์	77
4.6.1 ผลการศึกษาแบบจำลองคณิตศาสตร์เมื่อเปลี่ยนระดับการติดตั้งแผ่นPlatform.....	78
4.6.2 ผลการศึกษาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์เมื่อเปลี่ยนความยาวแผ่นPlatform.....	88

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

	หน้า
4.7 วิเคราะห์ผลการทดลองจากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์	94
4.7.1 การวิเคราะห์ระดับการติดตั้ง Relieving platform	97
4.7.2 การวิเคราะห์ความยาว Relieving platform	115
บทที่ 5 สรุปผลการศึกษา	132
5.1 บทนำ	132
5.2 สรุปผลการศึกษาจากแบบจำลองทางกายภาพ	132
5.3 สรุปผลการศึกษาจากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์	133
เอกสารอ้างอิง	135
ภาคผนวก ก	137
ภาคผนวก ข	138
ภาคผนวก ค	142
ภาคผนวก ง	178
ภาคผนวก จ	189
ประวัติผู้เขียน	199

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 การเคลื่อนตัวของกำแพงกันดินเนื่องจากพฤติกรรมของดินแบบ Active และ Passive.....	12
2.2 อัตราส่วนปลอดภัยที่ใช้ในการวิเคราะห์เสถียรภาพของกำแพงกันดิน	19
2.3 Typical values of Young's modulus for granular material (MPa)	30
2.4 Typical values of Young's modulus for cohesive material (MPa)	30
3.1 คุณสมบัติของดินตัวอย่าง	34
3.2 คุณสมบัติของโครงสร้างกันดินในแบบจำลองคณิตศาสตร์	35
3.3 คุณสมบัติของดินถมในแบบจำลองคณิตศาสตร์	35
3.4 ลักษณะและขนาดของแบบจำลองโครงสร้างกันดิน	36
3.5 รายการคำนวณค่า Moment of Inertia ของแบบจำลองโครงสร้างกันดิน	37
3.6 เปรียบเทียบค่า Moment of inertia ระหว่าง Single wall กับButtress wall	38
3.7 การหาจุดพิบัติของกราฟความสัมพันธ์ระหว่างความสูงดินถมกับการเคลื่อนตัว	51
3.8 การเคลื่อนตัวของกำแพงกันดินเนื่องจากพฤติกรรมของดินแบบ Active และ Passive.....	53
4.1 คุณสมบัติของดินตัวอย่าง	55
4.2 จุดพิบัติของเส้นกราฟความสัมพันธ์แบบSingle wall เมื่อศึกษาด้วยแบบจำลองทางกายภาพ. 59	
4.3 อัตราส่วนการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดินต่อความสูงดินถมที่ 3 เซนติเมตร.....	60
4.4 อัตราส่วนการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดินต่อความสูงดินถมที่ 6เซนติเมตร	60
4.5 อัตราส่วนการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดินต่อความสูงดินถมที่ 9 เซนติเมตร.....	60
4.6 อัตราส่วนการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดินต่อความสูงดินถมที่ 12 เซนติเมตร.....	61
4.7 อัตราส่วนการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดินต่อความสูงดินถมที่ 15 เซนติเมตร.....	61
4.8 เปรียบเทียบประสิทธิภาพในการลดการเคลื่อนตัวเมื่อระยะฝังโครงสร้างกันดินต่างกัน	64
4.9 อัตราส่วนการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดินต่อความสูงดินถมที่ 3,6,9,12,15 เซนติเมตร.....	65
4.10 เปรียบเทียบประสิทธิภาพในการลดการเคลื่อนตัวเมื่อเพิ่มความแข็งแรงของโครงสร้างกันดิน66	
4.11 ค่าอัตราส่วนการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดินต่อความสูงดินถมที่ 3,6,9,12,15 เซนติเมตร 68	
4.12 ประสิทธิภาพในการลดการเคลื่อนตัวเมื่อเสริมPlatform เพื่อช่วยกระจายแรงดันดินด้านข้าง69	
4.13 ประสิทธิภาพของโครงสร้างกันดินที่เพิ่มขึ้นระหว่างButtress wall กับ Relieving wall.....	71
4.14 คุณสมบัติของโครงสร้างกันดินในแบบจำลองคณิตศาสตร์	80
4.15 คุณสมบัติของดินถมในแบบจำลองคณิตศาสตร์	80
4.16 จุดพิบัติของกราฟความสัมพันธ์(hf) ที่ได้จากการวิเคราะห์ด้วยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ 103	
4.17 ความสูงของดินถมที่สามารถถมได้บนRelieving platform	103
4.18 ค่าอัตราส่วนการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดินต่อความสูงดินถมที่ 3 เซนติเมตร	107
4.19 ค่าอัตราส่วนการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดินต่อความสูงดินถมที่ 6 เซนติเมตร	107
4.20 ค่าอัตราส่วนการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดินต่อความสูงดินถมที่ 9 เซนติเมตร	108
4.21 ค่าอัตราส่วนการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดินต่อความสูงดินถมที่ 12 เซนติเมตร	108
4.22 ค่าอัตราส่วนการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดินต่อความสูงดินถมที่ 15 เซนติเมตร	108

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้อง VII ถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง(ต่อ)

ตารางที่	หน้า
4.23	หาค่า h_2 จากจุดเปลี่ยนโค้งของเส้นกราฟความสัมพันธ์ระหว่างการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดินกับอัตราส่วนระดับการติดตั้งRelieving platform ต่อความสูงดินถมเหนือRelieving platform ที่ระดับการติดตั้งRelieving platformแตกต่างกัน..... 113
4.24	เปรียบเทียบประสิทธิภาพในการลดการเคลื่อนตัวเมื่อความสูงดินถม 6 เซนติเมตร 113
4.25	เปรียบเทียบประสิทธิภาพในการลดการเคลื่อนตัวเมื่อความสูงดินถม 9 เซนติเมตร 113
4.26	เปรียบเทียบประสิทธิภาพในการลดการเคลื่อนตัวเมื่อความสูงดินถม 12 เซนติเมตร..... 114
4.27	เปรียบเทียบประสิทธิภาพในการลดการเคลื่อนตัวเมื่อความสูงดินถม 15 เซนติเมตร..... 114
4.28	จุดพีคของกราฟความสัมพันธ์จากการวิเคราะห์ศึกษาผลของความยาวPlatform 122
4.29	ค่าอัตราส่วนการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดินต่อความสูงดินถมที่ 3 เซนติเมตร 123
4.30	ค่าอัตราส่วนการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดินต่อความสูงดินถมที่ 6 เซนติเมตร 123
4.31	ค่าอัตราส่วนการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดินต่อความสูงดินถมที่ 9 เซนติเมตร 124
4.32	ค่าอัตราส่วนการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดินต่อความสูงดินถมที่ 12 เซนติเมตร 124
4.33	ค่าอัตราส่วนการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดินต่อความสูงดินถมที่ 15 เซนติเมตร 125
4.34	ประสิทธิภาพเมื่อเสริมความยาวplatform แตกต่างกัน ความสูงดินถม 6 เซนติเมตร 127
4.35	ประสิทธิภาพเมื่อเสริมความยาวplatform แตกต่างกัน ความสูงดินถม 9 เซนติเมตร 127
4.36	ประสิทธิภาพเมื่อเสริมความยาวplatform แตกต่างกัน ความสูงดินถม 12 เซนติเมตร 127
4.37	ประสิทธิภาพเมื่อเสริมความยาวplatform แตกต่างกัน ความสูงดินถม 15 เซนติเมตร 128

สารบัญรูปภาพ

รูปที่	หน้า
2.1 ความดันดินด้านข้างในสภาวะ Active-Passive	5
2.2 ความดันดินที่ความลึก,z	6
2.3 การกระจายความดันดินที่สภาวะอยู่นิ่งและความดันน้ำ.....	6
2.4 ความดันดินด้านข้างทฤษฎี Rankine.....	7
2.5 วงกลมมอร์สสถานะของความเค้นประสิทธิผลที่ 3 สภาวะ.....	8
2.6 วงกลมมอร์สสถานะของความเค้นประสิทธิผลที่ 3 สภาวะ.....	9
2.7 Pressure diagram.....	9
2.8 แบบจำลองทฤษฎีของCoulomb	10
2.9 แสดงการคำนวณมุมเนื่องจากระนาบการพิบัติ	12
2.10 ภาพตัดขวางลักษณะของโครงสร้างกันดินแบบ Tangent Pile Wall.....	12
2.11 กำแพงกันดิน Gravity Wall	13
2.12 กำแพงกันดิน Piling Wall	13
2.13 กำแพงกันดินCantilever Wall.....	14
2.14 กำแพงกันดินAnchored Wall.....	14
2.15 กำแพงกันดินขาดเสถียรภาพ.....	15
2.16 แรงที่กระทำต่อกำแพงกันดิน	16
2.17 การพิบัติของกำแพงกันดิน	16
2.18 แรงต้านที่กระทำเนื่องจากด้าน Passive	17
2.19 แรงที่กระทำใต้ฐานกำแพงกันดิน.....	19
2.20 การขาดเสถียรภาพภายนอกของเข็มพิตที่ตั้งอยู่ในชั้นดินเหนียวอ่อน.....	20
2.21 ความดันดินด้านข้างที่กระทำต่อ Cantilever sheet pile wall.....	20
2.22 พฤติกรรมที่กระทำต่อเข็มพิต	21
2.23 การกระจายของการเสียรูปและโมเมนต์ของ Anchored sheet pile wall	21
2.24 แรงที่กระทำต่อเข็มพิตเมื่อหาโมเมนต์	22
2.25 ส่วนประกอบของสมอยึด	23
2.26 ลักษณะของคานยึดหัวกำแพงกันดิน	24
2.27 รูปแบบการใช้ Relieving Platform	24
2.28 ลักษณะโดยทั่วไปของ Relieving Platform	25
2.30 แบบจำลอง Meguid and Saada.....	28
2.31 แบบจำลอง Anne, Morela,Garnier.....	28
2.32 แบบจำลอง Mundell and McCombie	29
2.33 แบบจำลอง Murali and Madhavi	29
3.1 กระบวนการในการศึกษาประสิทธิภาพในการลดการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดิน	30
3.2 ขนาดและลักษณะของกล่องแบบจำลองทางกายภาพ.....	32

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้อง IX อิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพ(ต่อ)

รูปที่	หน้า
3.3 ลักษณะของโครงสร้างกันดินแบบ Secant pile wall.....	32
3.4 ลักษณะการเรียงแท่งอะลูมิเนียมเป็นแบบจำลองโครงสร้างกันดิน	32
3.5 Capping beam ยึดแท่งอะลูมิเนียม	33
3.6 แผ่นพลาสติกทากาจารบีเพื่อป้องกันดินตัวอย่างรั่วไหลและลดแรงเสียดทานระหว่างโครงสร้างกันดิน กับกล่องแบบจำลอง	34
3.7 ลักษณะของแบบจำลอง Single wall	36
3.8 ลักษณะของแบบจำลอง Buttress wall.....	37
3.9 พื้นที่การพิบัติของดินถมที่ลดลงเนื่องจากการเสริม Relieving platform	39
3.10 ลักษณะของแบบจำลอง Relieving wall	39
3.11 แบบจำลองจากโปรแกรม PLAXIS ศึกษาปัจจัยเพิ่มเติมจาก Relieving wall	40
3.12 ตัวอย่างแบบจำลองจากโปรแกรม PLAXIS ศึกษาปัจจัยเพิ่มเติมจาก Relieving wall	40
3.13 กล่องแบบจำลองสแตนเลส	41
3.14 แท่งอะลูมิเนียมสำหรับโครงสร้างกันดิน	41
3.15 แท่งอะลูมิเนียม สำหรับเสาเข็ม	41
3.16 ดินตัวอย่าง	41
3.17 อุปกรณ์วัดการเคลื่อนตัว (Dial gauge).....	42
3.18 อุปกรณ์ปล่อยทราย (Sand dropper).....	42
3.19 ผงสีใช้โรยเพื่อสังเกตระนาบการพิบัติ	42
3.20 แผ่นอะคริลิก ใช้จำลองเป็นคานายึด ส่วนบนของโครงสร้างกันดิน	42
3.21 เททรายตัวอย่างลงในแบบจำลอง	43
3.22 ติดตั้งโครงสร้างกันดินพร้อมปรับระดับโครงสร้างให้ได้แนวตั้ง	43
3.23 ทำการติดตั้งอุปกรณ์วัดการเคลื่อนตัวของโครงสร้าง	43
3.24 ปล่อยทรายลงในแบบจำลอง	43
3.25 แพลนแบบจำลองโครงสร้างกันดินแบบ Buttress wall	44
3.26 ภาพตัดแบบจำลองโครงสร้างกันดินแบบ Buttress wall.....	44
3.27 แบบจำลองโครงสร้างกันดินแบบ Relieving wall ก่อนปูพรม	44
3.28 แบบจำลองโครงสร้างกันดินแบบ relieving wall หลังปูพรมบนหัวเสาเข็ม	45
3.29 การเก็บข้อมูลใช้วิเคราะห์ประสิทธิภาพการลดการเคลื่อนตัวของแบบจำลองทางกายภาพ	45
3.30 แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ในโปรแกรม PLAXIS	46
3.31 แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ในโปรแกรม PLAXIS	47
3.32 การแบ่งชั้นดินเป็นอิลิเมนต์ย่อยสำหรับแบบจำลองทางคณิตศาสตร์.....	47
3.33 ผลการวิเคราะห์การเคลื่อนตัวของแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ในโปรแกรม PLAXIS	48
3.34 แผนผังแสดงการเปรียบเทียบข้อมูลและประสิทธิภาพของแต่ละแบบจำลอง	49
3.35 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความสูงของดินที่เพิ่มขึ้นกับการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดิน ...	50
3.36 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความสูงของดินที่เพิ่มขึ้นกับการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดิน ...	50

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพ(ต่อ)

รูปที่	หน้า
3.37 ตำแหน่งตัวแปรในแบบจำลองใช้วิเคราะห์ตำแหน่งRelieving platform ที่เหมาะสม.....	52
3.38 มุมเนื่องจากระนาบการพิบัติ	53
4.1 ลักษณะของแบบจำลอง Single wall	54
4.2 ลักษณะของแบบจำลอง Buttress wall.....	54
4.3 ลักษณะของแบบจำลอง Relieving wall	55
4.4 เปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดินแบบ single wall กับความสูงดินถม ที่ระยะการฝัง 2,4,6 เซนติเมตร	56
4.5 จุดพิบัติของโครงสร้างกันดินแบบ Single wallระยะฝัง 2 เซนติเมตร	57
4.6 จุดพิบัติของโครงสร้างกันดินแบบ Single wallระยะฝัง 4 เซนติเมตร	58
4.7 จุดพิบัติของโครงสร้างกันดินแบบ Single wallระยะฝัง 6 เซนติเมตร	58
4.8 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความสูงดินถมกับอัตราส่วนการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดินต่อความสูงดินถม(δ/h) เมื่อระยะฝังโครงสร้างกันดินแตกต่างกัน	62
4.9 ค่าความสัมพันธ์ระหว่างการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดินแบบ Buttress wall กับความสูงดินถม ที่ระยะการฝัง 6 เซนติเมตร.....	63
4.10 เปรียบเทียบค่าการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดินแบบ Single wall กับโครงสร้างกันดินแบบ Buttress wall.....	64
4.11 เปรียบเทียบกราฟความสัมพันธ์ระหว่างความสูงดินถมกับอัตราส่วนการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดินต่อความสูงดินถม(d/h) เมื่อความแข็งแรงของโครงสร้างกันดินต่างกัน	65
4.12 ค่าความสัมพันธ์ระหว่างการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดินแบบ Relieving wall กับความสูงดินถม ที่ระยะการฝัง 6 เซนติเมตร.....	67
4.13 ค่าการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดินแบบ Single wall กับโครงสร้างกันดินแบบ Relieving wall.....	67
4.14 เปรียบเทียบกราฟความสัมพันธ์ระหว่างความสูงดินถมกับอัตราส่วนการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดินต่อความสูงดินถม(d/h) ในกรณีที่เหมาะสมและไม่เหมาะสมPlatform.....	69
4.15 เปรียบเทียบกราฟความสัมพันธ์ระหว่างความสูงดินถมกับอัตราส่วนการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดินต่อความสูงดินถม(d/h)ของโครงสร้างกันดิน 3 แบบ จากผลการศึกษาด้วยแบบจำลองทางกายภาพ.....	70
4.16 ลักษณะของพื้นที่การพิบัติของโครงสร้างกันดินแบบ Single wall	72
4.17 ลักษณะของพื้นที่การพิบัติของโครงสร้างกันดินแบบ Buttress wall.....	72
4.18 ลักษณะของพื้นที่การพิบัติของโครงสร้างกันดินแบบ Relieving wall	73
4.19 ข้อจำกัดของแบบจำลองทางกายภาพ	73
4.20 เปรียบเทียบการเคลื่อนตัวของกำแพงกันดินจากแบบจำลองกับสมการเชิงประสพการณ์.....	74
4.21 เปรียบเทียบระนาบการพิบัติของแบบจำลองกับระนาบการพิบัติตามทฤษฎีของ Coulomb. 75	
4.22 การเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์จากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์กับแบบจำลองทางกายภาพสำหรับโครงสร้างกันดินแบบ Single wall	77

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้อง XING ถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพ(ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.23 การวิเคราะห์ด้วยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์สำหรับแบบจำลอง Single wall.....	77
4.24 การเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์จากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์กับแบบจำลองทางกายภาพ สำหรับโครงสร้างกันดินแบบButtress wall.....	78
4.25 การวิเคราะห์ด้วยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์สำหรับแบบจำลอง Buttress wall.....	78
4.26 การเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์จากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์กับแบบจำลองทางกายภาพ สำหรับโครงสร้างกันดินแบบRelieving wall	79
4.27 การวิเคราะห์ด้วยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์สำหรับแบบจำลองRelieving wall	80
4.28 ระดับการติดตั้งRelieving platform สำหรับการศึกษาการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดินด้วย แบบจำลองทางคณิตศาสตร์	81
4.29 ผลการศึกษาด้วยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์เมื่อติดตั้งแผ่นRelieving platform ที่ 5 เซนติเมตร	82
4.30 แบบจำลองทางคณิตศาสตร์เมื่อติดตั้งแผ่นRelieving platform ที่ 5 เซนติเมตร.....	82
4.31 ผลการศึกษาด้วยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์เมื่อติดตั้งแผ่นRelieving platform ที่ 7.5 เซนติเมตร	83
4.32 แบบจำลองทางคณิตศาสตร์เมื่อติดตั้งแผ่นRelieving platform ที่ 7.5 เซนติเมตร.....	84
4.33 ผลการศึกษาด้วยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์เมื่อติดตั้งแผ่นRelieving platform ที่ 10 เซนติเมตร	85
4.34 แบบจำลองทางคณิตศาสตร์เมื่อติดตั้งแผ่นRelieving platform ที่ 10 เซนติเมตร	85
4.35 ผลการศึกษาด้วยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์เมื่อติดตั้งแผ่นRelieving platform ที่ 12.5 เซนติเมตร	86
4.36 แบบจำลองทางคณิตศาสตร์เมื่อติดตั้งแผ่นRelieving platform ที่ 12.5 เซนติเมตร	87
4.37 ผลการศึกษาด้วยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์เมื่อติดตั้งแผ่นRelieving platform ที่ 15 เซนติเมตร	88
4.38 แบบจำลองทางคณิตศาสตร์เมื่อติดตั้งแผ่นRelieving platform ที่ 15 เซนติเมตร	88
4.39 ผลการศึกษาด้วยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์เมื่อความยาวแผ่นRelieving platform เท่ากับ 5 เซนติเมตร.....	89
4.40 แบบจำลองทางคณิตศาสตร์เมื่อความยาวแผ่นRelieving platform เท่ากับ 5 เซนติเมตร ...	90
4.41 ผลการศึกษาด้วยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์เมื่อความยาวแผ่นRelieving platform เท่ากับ 10 เซนติเมตร	91
4.42 แบบจำลองทางคณิตศาสตร์เมื่อความยาวแผ่นRelieving platform เท่ากับ 10 เซนติเมตร .	91
4.43 ผลการศึกษาด้วยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์เมื่อความยาวแผ่นRelieving platform เท่ากับ 15 เซนติเมตร	92
4.44 ผลการศึกษาด้วยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์เมื่อความยาวแผ่นRelieving platform เท่ากับ 15 เซนติเมตร	92

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องXIIอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพ(ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.45 ผลการศึกษาด้วยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์เมื่อความยาวแผ่นRelieving platform เท่ากับ 20 เซนติเมตร	93
4.46 ผลการศึกษาด้วยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์เมื่อความยาวแผ่นRelieving platform เท่ากับ 20 เซนติเมตร	93
4.47 ผลการศึกษาด้วยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์เมื่อความยาวแผ่นRelieving platform เท่ากับ 25 เซนติเมตร	94
4.48 ผลการศึกษาด้วยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์เมื่อความยาวแผ่นRelieving platform เท่ากับ 25 เซนติเมตร	95
4.49 ผลการศึกษาด้วยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์เมื่อความยาวแผ่นRelieving platform เท่ากับ 30 เซนติเมตร	96
4.50 ผลการศึกษาด้วยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์เมื่อความยาวแผ่นRelieving platform เท่ากับ 30 เซนติเมตร	96
4.51 ระดับการติดตั้งRelieving platform สำหรับการศึกษากการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดินด้วยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์	97
4.52 ตำแหน่งของตัวแปรในแบบจำลองทางคณิตศาสตร์สำหรับใช้วิเคราะห์ตำแหน่งการติดตั้ง Relieving platform ที่เหมาะสม	98
4.53 การเปรียบเทียบผลการศึกษาการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดินจากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ในกรณีที่มีการเปลี่ยนระดับการติดตั้ง Relieving platform.....	82
4.54 การเปรียบเทียบผลการศึกษาการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดินจากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ช่วงที่การถล่มดินต่ำกว่าระดับPlatformในกรณีที่ระดับการติดตั้งRelieving platformแตกต่างกัน100	
4.55 การเปรียบเทียบผลการศึกษาการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดินจากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ช่วงที่ถล่มดินบนPlatform ในกรณีที่ระดับการติดตั้ง Relieving platformแตกต่างกัน	101
4.56 ผลการหาจุดพิบัติของกราฟความสัมพันธ์จากผลการศึกษาด้วยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ เมื่อติดตั้งแผ่นRelieving platform ที่ 5 เซนติเมตร.....	103
4.57 ผลการหาจุดพิบัติของกราฟความสัมพันธ์จากผลการศึกษาด้วยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ เมื่อติดตั้งแผ่นRelieving platform ที่ 5 เซนติเมตร.....	104
4.58 ผลการหาจุดพิบัติของกราฟความสัมพันธ์จากผลการศึกษาด้วยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ เมื่อติดตั้งแผ่นRelieving platform ที่ 5 เซนติเมตร.....	104
4.59 ผลการหาจุดพิบัติของกราฟความสัมพันธ์จากผลการศึกษาด้วยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ เมื่อติดตั้งแผ่นRelieving platform ที่ 5 เซนติเมตร.....	105
4.60 ผลการหาจุดพิบัติของกราฟความสัมพันธ์จากผลการศึกษาด้วยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ เมื่อติดตั้งแผ่นRelieving platform ที่ 5 เซนติเมตร.....	105
4.61 แนวโน้มระดับความสูงของดินถมเหนือระดับติดตั้งRelieving platform เมื่อเปลี่ยนแปลงระดับการติดตั้งRelieving platform.....	107
4.62 พื้นที่การพิบัติของดินถมที่ลดลงเนื่องจากการเสริม Relieving platform	109

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต่อ XIII อิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพ(ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.63 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความสูงดินถม(h) กับอัตราส่วนการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดินต่อความสูงดินถม(d/h) เมื่อระดับการติดตั้งRelieving platform แตกต่างกัน	113
4.64 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดินกับอัตราส่วนระดับการติดตั้งRelieving platform ต่อความสูงดินถมเหนือRelieving platform ที่ระดับการติดตั้งRelieving platform แตกต่างกัน	115
4.65 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดินที่ลดลงเนื่องจากการเสริมRelieving platform กับระดับการติดตั้งRELIEVING PLATFORM(h1) เมื่อระดับความสูงของดินถมที่ แตกต่างกัน	118
4.66 ความยาว Relieving platform สำหรับการศึกษารเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดินด้วยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์	119
4.67 ตำแหน่งของตัวแปรในแบบจำลองทางคณิตศาสตร์สำหรับใช้วิเคราะห์ความยาวRelieving platform ที่เหมาะสม	119
4.68 การเปรียบเทียบผลการศึกษาดูด้วยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์เมื่อเปลี่ยนความยาวแผ่น Relieving platform	120
4.69 การหาค่าการพิบัติสมมติในสภาวะที่มีแรงดันดินกระทำแบบ Active โดยใช้ทฤษฎีของ Coulomb	121
4.70 ผลการหาจุดพิบัติของโครงสร้างกันดินผลการศึกษาด้วยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์เมื่อความยาวแผ่นRelieving platform เท่ากับ 5 เซนติเมตร	122
4.71 ผลการหาจุดพิบัติของโครงสร้างกันดินผลการศึกษาด้วยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์เมื่อความยาวแผ่นRelieving platform เท่ากับ 10 เซนติเมตร	122
4.72 ผลการหาจุดพิบัติของโครงสร้างกันดินผลการศึกษาด้วยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์เมื่อความยาวแผ่นRelieving platform เท่ากับ 15 เซนติเมตร	123
4.73 ผลการหาจุดพิบัติของโครงสร้างกันดินผลการศึกษาด้วยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์เมื่อความยาวแผ่นRelieving platform เท่ากับ 20 เซนติเมตร	123
4.74 ผลการหาจุดพิบัติของโครงสร้างกันดินผลการศึกษาด้วยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์เมื่อความยาวแผ่นRelieving platform เท่ากับ 25 เซนติเมตร	123
4.75 ผลการหาจุดพิบัติของโครงสร้างกันดินผลการศึกษาด้วยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์เมื่อความยาวแผ่นRelieving platform เท่ากับ 30 เซนติเมตร	124
4.76 เปรียบเทียบประสิทธิภาพในการเคลื่อนการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดินด้วยค่าอัตราการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดินต่อส่วนความสูงดินถม เมื่อความยาวแตกต่างกัน	129

บทที่ 1

บทนำ

1.1 กล่าวนำ

โครงสร้างกันดินเป็นสิ่งก่อสร้างที่ถูกนำมาใช้สำหรับงานขุดดินและงานถมดินในบริเวณที่มีข้อจำกัดด้านพื้นที่การออกแบบโครงสร้างกันดินในปัจจุบันผู้ออกแบบจะพิจารณารูปแบบของระบบกำแพงกันดินในการต้านแรงดันดินเพื่อลดการเคลื่อนตัวของกำแพงให้น้อยที่สุดซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญในการเลือกระบบกำแพงกันดิน การศึกษานี้จึงได้เลือกรูปแบบของกำแพงกันดินแบบ Single wall, Buttress wall และ Relieving Platform มาศึกษาประสิทธิภาพในการต้านทานการเคลื่อนตัว โดยทำการศึกษารูปแบบของแบบจำลองในห้องทดลองและเลือกรูปแบบที่ดีที่สุดจากสามแบบดังกล่าวข้างต้นนำมาทำการศึกษาต่อเนื่องโดยใช้แบบจำลอง Finite element เพื่อทำการศึกษาประสิทธิภาพของรูปแบบของระบบกำแพงกันดินได้หลากหลายรูปแบบ ทำเปรียบเทียบประสิทธิภาพข้อได้เปรียบของระบบกันดินนี้ในการลดการเคลื่อนตัวของมวลดินที่แตกต่างกัน

1.2 ที่มาและความสำคัญ

ดินเป็นวัสดุชนิดหนึ่งที่มีพฤติกรรมความสัมพันธ์ด้าน ความเค้น ความเครียด ไม่เป็นเส้นตรง คุณสมบัติไม่แน่นอนตามปริมาณช่องว่างและความชื้นวิศวกรรมจำเป็นต้องทำความเข้าใจถึงพฤติกรรมของโครงสร้างกันดินอย่างละเอียด การศึกษาพฤติกรรมของโครงสร้างกันดินนี้จึงจำเป็นที่จะต้องศึกษาไม่ว่าด้วยแบบจำลองทางกายภาพและแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ โดยจำลองการก่อสร้างจริงในแบบจำลอง และศึกษาทำความเข้าใจพฤติกรรมที่มีความซับซ้อนของโครงสร้างกันดินและลักษณะการพิบัติของสิ่งก่อสร้างที่เกี่ยวข้องกับงานทางวิศวกรรมธรณีเทคนิคเพื่อให้วิศวกรมั่นใจในการออกแบบและรู้ปัญหาที่เกี่ยวข้องกับปัจจัยแวดล้อมในงานขุดและถมดิน

แรงดันดิน(Earth Pressure) เป็นปัจจัยหนึ่งที่ถูกนำมาใช้วิเคราะห์เสถียรภาพของโครงสร้างกันดินซึ่งลักษณะการกระจายตัวของแรงดันดินนั้นขึ้นอยู่กับ การเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดิน(G.X. Mei ,L.H. Song, and J.M.Zai. 2009)[1] ดังนั้นการเคลื่อนตัวของกำแพงกันดินจึงเป็นอีกหนึ่งปัจจัยที่สำคัญต่อเสถียรภาพของงานขุดและงานถมดิน แต่การคำนวณเพื่อจะหาคำตอบว่าโครงสร้างกันดินจะมีการเคลื่อนตัวเท่าไรนั้นยังไม่สามารถคำนวณได้ผลที่แม่นยำ หรือยังไม่สามารถเข้าใจถึงพฤติกรรมของการเคลื่อนตัว การใช้แบบจำลองเพื่อศึกษาพฤติกรรมการพิบัติของดินจึงเป็นวิธีหนึ่งที่สามารถใช้วิเคราะห์ลักษณะการพิบัติของดินได้

การลดการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดิน เป็นการเสริมเสถียรภาพของโครงสร้างกันดินให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้น ซึ่งหลักการลดการเคลื่อนตัวของกำแพงกันดินนั้นมีอยู่หลายหลักการ ตัวอย่างเช่น การเพิ่มความแข็งแรงของกำแพงกันดินด้วยการเพิ่มจำนวนเสาเข็ม การยึดโดยใช้สมอ การตอกเสาเข็มปูพรมเพื่อช่วยกระจายน้ำหนักจากแรงดันด้านข้างไปสู่แรงกระทำลงแนวตั้ง เป็นต้น ซึ่งแต่ละวิธีมีประสิทธิภาพในการลดการเคลื่อนตัวของกำแพงกันดินที่แตกต่างกัน

ในการศึกษาครั้งนี้เป็นการศึกษาเชิงเปรียบเทียบ โดยการวิเคราะห์การเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดินด้วยแบบจำลองทางกายภาพในกล่องทดสอบภายใต้สภาวะ 1-G(Gravity) และเสริมความเข้าใจไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ให้ละเอียดขึ้นของรูปแบบกำแพงกันดินนั้นด้วยการจำลองด้วยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ด้วยโปรแกรมไฟไนต์เอลิเมนต์ โดยศึกษาปัจจัยที่ส่งผลต่อการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดิน 3 ปัจจัย ประกอบด้วย ระยะฝังโครงสร้างกันดิน การเพิ่มความแข็งแรงของโครงสร้างกันดิน และการลดแรงดันดินด้านข้างด้วยแผ่นพื้นเสาเข็ม(Relieving Platform) จากนั้นจึงนำค่าการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดินมาเปรียบเทียบกับเพื่อหาประสิทธิภาพในการลดการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดิน นอกจากนี้ยังมีการนำผลที่ได้จากแบบจำลองสองส่วนหลักมาเปรียบเทียบกับสมการเชิงประสบการณ์(Empirical Formula) ส่วนแรกเป็นสมการสำหรับทำนายการเคลื่อนตัวของกำแพงกันดิน และอีกส่วนเป็นสมการที่สะท้อนถึงอิทธิพลของมุมบริเวณหน้าการพิบัติ

การศึกษาครั้งนี้เป็นการศึกษาเชิงเปรียบเทียบการเคลื่อนตัวของกำแพงกันดินในรูปแบบระบบกันดินต่างๆเพื่อให้เข้าใจถึงหลักการเพิ่มเสถียรภาพของกำแพงกันดินแต่ละรูปแบบ และสามารถใช้เป็นแนวทางในการเลือกใช้รูปแบบที่เหมาะสม

1.3 วัตถุประสงค์

1.3.1 เพื่อศึกษาการสร้างแบบจำลองทางกายภาพ สำหรับการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของระบบกำแพงกันดิน

1.3.2 เพื่อศึกษาพฤติกรรมเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดินและการพิบัติของดินบริเวณรอบข้างโครงสร้างกันดิน

1.3.3 เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการลดการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดินรูปแบบ Single wall, Buttress wall และ Relieving Platform

1.3.4 ใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์มาช่วยศึกษาการวิเคราะห์ประสิทธิภาพของรูปแบบกำแพงกันดิน

1.4 ขอบเขตการศึกษา

1.4.1 ทำการศึกษาด้วยแบบจำลองทางกายภาพที่ใช้ในการศึกษาการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดินขนาด 24x53x44 เซนติเมตร โดยใช้ขนาดเดียวกันทุกแบบจำลอง

1.4.2 การศึกษานี้เป็นการศึกษาการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดินรูปแบบ single wall, Buttress wall และ Relieving Platform โดยเปรียบเทียบการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดิน เมื่อเพิ่มระยะฝังโครงสร้างกันดิน เพิ่มความแข็งแรงของโครงสร้างกันดิน และการลดแรงดันดินที่กระทำต่อโครงสร้างกันดิน

1.4.3 ดินถมในแบบจำลองทางกายภาพเป็นทรายแห้งที่มีขนาดละเอียดอยู่ระหว่างตะแกรง เบอร์ 4 ถึง เบอร์ 200 และผ่านการอบเพื่อกำจัดความชื้นในเม็ดทราย

1.4.4 ใช้แท่งอะลูมิเนียมเป็นแบบจำลองโครงสร้างกันดินในแบบจำลองทางกายภาพ โดยอะลูมิเนียมมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 3/8 นิ้ว ยาว 30 เซนติเมตร

1.4.5 การวิเคราะห์ด้วยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ โดยใช้โปรแกรม PLAXIS โดยการใช้คุณสมบัติของโครงสร้างกันดินและดินถม จากการสอบเทียบความน่าเชื่อถือกับแบบจำลองทางกายภาพ

1.5 ข้อมูลที่ใช้ในการศึกษา

- คุณสมบัติของดินตัวอย่าง เช่น มุมเสียดทานภายใน หน่วยน้ำหนัก เป็นต้น
- คุณสมบัติของวัสดุที่ใช้จำลองเป็นโครงสร้างกันดิน
- ค่าการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดิน
- ความสูงของดินถม
- มุมของเส้นระนาบการพิบัติ
- พื้นที่ดินถมที่เกิดการพิบัติ
- ระยะฝังโครงสร้างกันดิน
- ภาพถ่ายผลการศึกษาจากแบบจำลองกายภาพ

1.6 วิธีการศึกษา

ในการศึกษาครั้งนี้สามารถแบ่งการศึกษออกเป็น 3 ส่วน ประกอบด้วย

1.6.1 การศึกษาการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดินด้วยแบบจำลองทางกายภาพ

การศึกษากการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดินด้วยแบบจำลองทางกายภาพเป็นการศึกษารูปแบบของโครงสร้างกันดิน 3 รูปแบบ ซึ่งประกอบด้วย โครงสร้างกันดินแบบSingle wall, Buttress wall และ Relieving Platformซึ่งแต่ละรูปแบบเป็นโครงสร้างกันดินสำหรับการศึกษาปัจจัยที่ส่งผลต่อการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดิน 3 ปัจจัย ได้แก่ ระยะฝังโครงสร้างกันดิน (Single wall) ความแข็งแรงของโครงสร้างกันดิน (Buttress wall) และการกระจายแรงดันดินด้านข้างด้วยการเสริมPlatform (Relieving wall)

ในการศึกษาด้วยแบบจำลองทางกายภาพจะต้องมีการเก็บข้อมูล ค่าการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดินเมื่อความสูงของดินถมเพิ่มขึ้นทุกๆ 1 เซนติเมตร และมุมของระนาบการพิบัติที่เกิดขึ้นเมื่อโครงสร้างกันดินเกิดการพิบัติ เพื่อใช้ในการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของแต่ละปัจจัยในการลดการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดิน

1.6.2 การศึกษาการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดินด้วยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์

การศึกษากการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดินด้วยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ คือการสร้างแบบจำลองในโปรแกรมPLAXIS โดยนำโครงสร้างกันดินแบบRelieving wall มาศึกษาเพิ่มเติมเนื่องจากเป็นแบบจำลองที่มีประสิทธิภาพในการลดการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดินสูงที่สุดจากการศึกษาด้วยแบบจำลองทางกายภาพ

ขั้นตอนแรกในการวิเคราะห์ด้วยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ คือการกำหนดคุณสมบัติของดินและโครงสร้างกันดินและสอบเทียบความน่าเชื่อถือของแบบจำลอง โดยให้ค่าการเคลื่อนตัวสอดคล้องกับผลที่ได้จากแบบจำลองทางกายภาพ เมื่อได้คุณสมบัติของดินและโครงสร้างกันดินที่เหมาะสมแล้วจึงทำการวิเคราะห์โดยปรับระดับการติดตั้งPlatform และความยาวของPlatform ซึ่งจะกล่าวโดยละเอียดในบทที่ 3

1.6.3 การวิเคราะห์ประสิทธิภาพการลดการเคลื่อนตัว

ในการศึกษาครั้งนี้มีปัจจัยที่ส่งผลต่อการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดินหลายปัจจัย ดังนั้นจึงต้องมีการเปรียบเทียบเชิงประสิทธิภาพในการลดการเคลื่อนตัวของกำแพงกันดิน ซึ่งการวิเคราะห์ประสิทธิภาพเป็นการนำผลการศึกษาจากแบบจำลองมาจัดทำเป็นรูปแบบข้อมูลที่สามารถนำมาเปรียบเทียบกันได้ดังต่อไปนี้

- กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความสูงดินถมกับการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดิน
- จุดพิบัติของกราฟความสัมพันธ์
- ค่าอัตราส่วนการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดินต่อความสูงดินถม(δ/h)
- เปอร์เซ็นต์การเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดินที่ลดลง
- ลักษณะพื้นที่การพิบัติของดินถม

ข้อมูลที่ได้จะถูกวิเคราะห์เพื่อหารูปแบบของโครงสร้างกันดินที่มีประสิทธิภาพสูงที่สุดในการลดการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดิน ซึ่งจะมีการกล่าววิธีการวิเคราะห์โดยละเอียดในบทที่ 3 และผลการวิเคราะห์ในบทที่ 4

1.7 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

- 1.7.1 เรียนรู้วิธีการสร้างแบบจำลองทางกายภาพและแบบจำลองทางคณิตศาสตร์
- 1.7.2 เข้าใจถึงปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อ การเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดิน
- 1.7.3 ศึกษาและเข้าใจถึงพฤติกรรมของดินถม ทฤษฎีแรงดันดินด้านข้าง และลักษณะการพิบัติของโครงสร้างกันได้
- 1.7.4 เข้าใจถึงรูปแบบโครงสร้างกันดิน และพฤติกรรมการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดิน
- 1.7.5 เข้าใจถึงการสอบเทียบความน่าเชื่อถือของแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ด้วยผลการศึกษาจากแบบจำลองทางกายภาพ

บทที่ 2

เอกสารที่เกี่ยวข้อง

2.1 บทนำ

ในบทนี้เป็นกรกล่าวถึงทฤษฎี เอกสารอ้างอิง และงานวิจัยที่มีความเกี่ยวข้องกับการศึกษาใน ครั้งนี้ ซึ่งจะต้องถูกนำมาใช้ประกอบการวิเคราะห์ผลการศึกษา และใช้เป็นหลักฐานในการยืนยัน ความน่าเชื่อถือของข้อมูล รวมทั้งนำมาใช้เป็นแนวทางในการศึกษาแบบจำลองทางกายภาพและ แบบจำลองทางคณิตศาสตร์

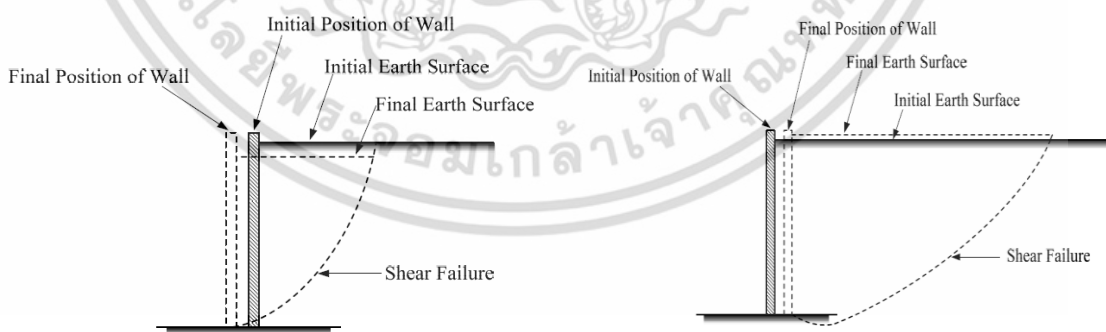
2.2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.2.1 แรงดันดินด้านข้าง (Lateral Earth Pressure)

2.2.1.1 ทฤษฎีของ Rankine

การวิเคราะห์และการหาค่าแรงดันด้านข้างของดินเป็นสิ่งจำเป็นสำหรับการออกแบบ กำแพงกันดินที่รับแรงด้านข้างจากชั้นดิน เช่น ผนังชั้นใต้ดิน อ่างเก็บน้ำ เป็นต้น ดังนั้นขนาด และทิศทางของแรงดันด้านข้างเป็นข้อมูลที่จำเป็นสำหรับการใช้ออกแบบกำแพงกันดินหรือ โครงสร้างกันดินต่างๆ ให้มีอัตราส่วนปลอดภัยเพียงพอประเภทของแรงดันดินด้านข้างแบ่ง ออกได้ 3 ประเภท

- 1) ความดันดินที่สภาวะอยู่นิ่ง (At rest earth pressure)
- 2) ความดันดินที่สภาวะ Active (Active earth pressure)
- 3) ความดันดินที่สภาวะ Passive (Passive earth pressure)

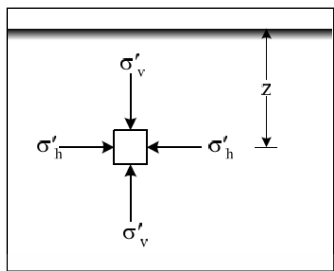


รูปที่ 2.1(a) ความดันดินด้านข้างในสภาวะActive รูปที่ 2.1(b) ความดันดินด้านข้างในสภาวะPassive

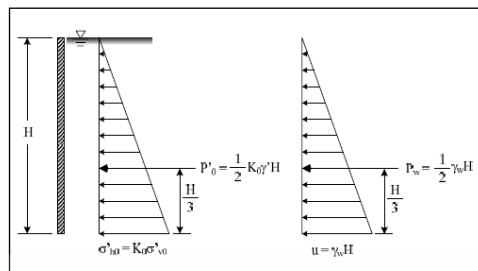
ความดันดินที่สภาวะอยู่นิ่ง หมายถึง ความดันด้านข้างที่กระทำต่อผนังโครงสร้างของดิน โดยที่ผนังและมวลดินไม่มีการเคลื่อนตัว ความดันดินในกรณีเช่นนี้อาจเกิดขึ้นกับมวลดินถม ด้านหลังกำแพงดินที่มีความหนาแน่นมากและแทบจะไม่เกิดการเคลื่อนตัวของกำแพง ดินที่สัมผัส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กับกำแพงจะไม่เกิดความเครียดด้านข้าง ในกรณีเช่นนี้ ความดันดินด้านข้างจะมีขนาดอยู่ระหว่างความดันดินที่สภาวะ Active และ Passive



รูปที่ 2.2 ความดันดินที่ความลึก, z



รูปที่ 2.3 การกระจายความดันดินที่สภาวะอยู่นิ่งและความดันน้ำ

พิจารณาความเค้นบนชิ้นส่วนเล็กๆ ในชั้นดินที่ความลึก, z ถ้ามวลดินอยู่ที่สภาวะอยู่นิ่ง (At rest) แม้ว่ามวลดินนี้จะเกิดการทรุดตัวในแนวดิ่งเมื่อมีน้ำหนักกระทำ แต่จะไม่เกิดการเคลื่อนตัวในแนวนอน สภาพเช่นนี้เปรียบเสมือนดินที่อยู่ในสภาวะสมดุลด้านหลังกำแพงกันดินที่หนาและเรียบและไม่มีการเคลื่อนตัว ความดันดินประสิทธิผล (Effective lateral earth pressure) ที่ฐานของกำแพงและแรงลัพธ์ประสิทธิผลต่อความยาว 1 หน่วย สามารถหาได้ดังนี้

$$\sigma'_h = K_0 \sigma'_v \quad (2.1)$$

$$\sigma'_h = K_0 \gamma' H \quad (2.2)$$

$$P'_0 = \frac{1}{2} K_0 \gamma' H \quad (2.3)$$

เมื่อ σ'_h คือ ความดันประสิทธิผลที่ฐานของกำแพง P'_0 คือ แรงลัพธ์เนื่องจากความดันดินประสิทธิผล ที่สภาวะอยู่นิ่งต่อความยาว 1 หน่วย K_0 คือสัมประสิทธิ์ของความดันดินที่สภาวะอยู่นิ่ง (Coefficient of earth pressure at rest) γ' คือหน่วยน้ำหนักประสิทธิผล (Submerged unit weight) และ H คือ ความสูงของกำแพง

ความดันดินด้านข้างรวม (Total lateral earth pressure, σ_h) ที่กระทำต่อกำแพง เท่ากับผลรวมของความดันดินด้านข้างประสิทธิผล (Effective lateral earth pressure, σ'_h) และความดันน้ำ (Pore pressure, u)

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

ความเค้นรวมที่กระทำต่อกำแพงก็จะมีขนาดเพิ่มขึ้นตามความลึกเช่นเดียวกัน และแรงดันรวมที่กระทำต่อกำแพงก็จะเป็นผลรวมของแรงดันเนื่องจากแรงดันประสิทธิผลและแรงดันน้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$P_h = P'_0 + P_w \quad (2.5)$$

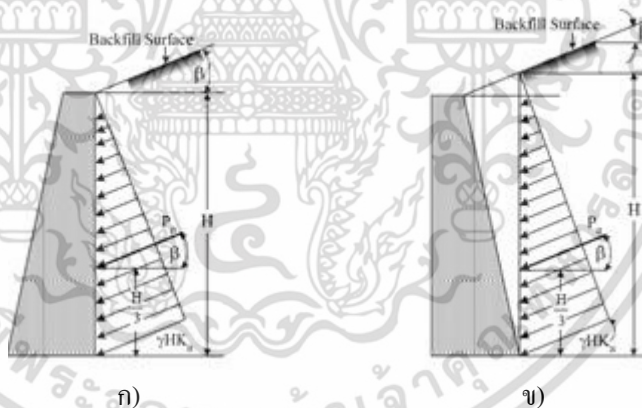
เมื่อ P_h คือแรงดันดินด้านข้างรวมทั้งกระทำต่อกำแพง และ P_w คือแรงดันน้ำ

ค่าสัมประสิทธิ์ของความดันดินที่สภาวะอยู่นิ่ง (K_0) คืออัตราส่วนระหว่างความดันดินด้านข้างต่อความดันดินในแนวตั้งในพจน์ของความเค้นประสิทธิผล โดยทั่วไป K_0 จะมีค่าน้อยกว่า 1.0 สำหรับดินเหนียวอัดตัวปกติ ยกเว้นในกรณีของดินเหนียวอัดตัวมากกว่าปกติ ซึ่งค่า K_0 อาจมีค่าสูงถึงประมาณ 3.0 สำหรับทราย จะมีค่าอยู่ระหว่าง 0.4 สำหรับทรายแน่น และ 0.5 สำหรับทรายหลวม

การหาค่าสัมประสิทธิ์ความดันดินด้านข้างที่สภาวะอยู่นิ่งในสนามกระทำได้ยาก Jaky (1944)[2] ได้เสนอสมการสำหรับหาค่า K_0 ในดินเหนียวอัดตัวปกติ และดินทรายดังนี้

$$K_0 = 1 - \sin \phi' \quad (2.6)$$

ความดันดินด้านข้างมีขนาดเพิ่มขึ้นเป็นฟังก์ชันเส้นตรงกับความลึกและแรงผลักร์ เนื่องจากความดันดินด้านข้างถูกสมมติให้กระทำที่ระยะหนึ่งในสามของความสูงซึ่งวัดจากฐานของกำแพงกันดินถึงระดับดินถมและทิศทางของแรงลัพธ์นี้ขนานกับผิวของดินถม



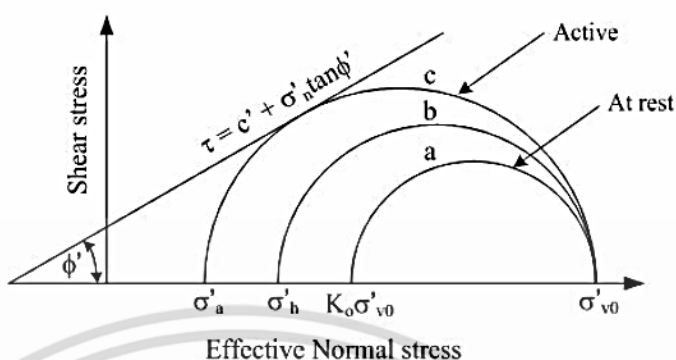
รูปที่ 2.4 ความดันดินด้านข้างทฤษฎี Rankine (รศ.ดร. สุขสันต์ ทอพิบูลสุข, 2553)[3]

ก) back side vertical

ข) back side inclined

สำหรับดินเม็ดหยาบด้านหลังกำแพงกันดินที่สภาวะเริ่มต้นดินจะอยู่ในสภาวะอยู่นิ่ง (at rest) สถานะของความเค้นประสิทธิผลแสดงได้ดังวงกลม a (รูปที่ 2.5) เมื่อกำแพงกันดินเริ่มเคลื่อนตัวออกจากมวลดินความเค้นประสิทธิผลในแนวนอนจะมีค่าน้อยลงขณะที่ความเค้นประสิทธิผลในแนวตั้งมีค่าประมาณคงที่ทำให้วงกลมมอร์มีขนาดใหญ่ขึ้นเรื่อยๆ ตามการเคลื่อนตัวของกำแพงกันดินและสัมผัสเส้นขอบเขตความแข็งแรง (failure envelope) โดยมีค่าความดันดินด้านข้างประสิทธิผลเท่ากับ σ_a ค่าความดันนี้ถูกนิยามว่าเป็นความดันประสิทธิผลที่สภาวะเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

active ของRankine (Rankine effective active pressure) ระบายพิบัติที่เกิดขึ้นในมวลดิน จะทำมุม $45^\circ + \frac{\phi}{2}$ องศา กับแนวนอน



รูปที่ 2.5 วงกลมมอร์สถานะของความเค้นประสิทธิผลที่ 3 สถานะ (รศ.ดร. สุขสันต์ หอพิบูลสุข ,2553)[3]

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_a และความเค้นหลักเล็กประสิทธิผล (σ_3) เท่ากับ σ_a

$$\sigma_1 = \sigma_3 \tan^2 \left(45^\circ + \frac{\phi}{2} \right) + 2c \tan \left(45^\circ + \frac{\phi}{2} \right) \quad (2.8)$$

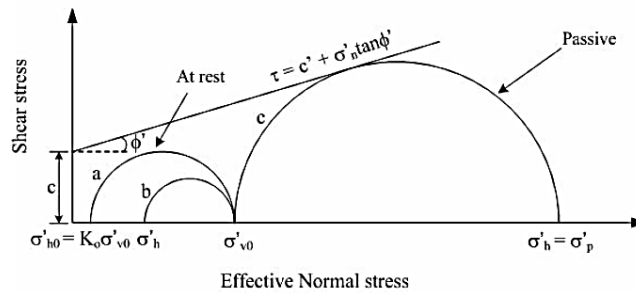
$$\sigma_a = \sigma_v K_a - 2c \sqrt{K_a} \quad (2.9)$$

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

ถ้ากำแพงดินเคลื่อนที่เข้าหามวลดินมวลดินจะเกิดการอัดตัวและมีค่าความดันในแนวนอนเพิ่มมากขึ้นจนกระทั่งเกิดสภาวะพลาสติก (Plastic state) ที่สภาวะนี้ความดันดินด้านข้างประสิทธิผลจะมีค่ามากที่สุดซึ่งเท่ากับความดันด้านข้างประสิทธิผลที่สภาวะ passive (σ_p) ในขณะที่ความดันในแนวดิ่งจะมีค่าประมาณคงที่

$$\sigma_p = \sigma_v K_p + 2c \sqrt{K_p} \quad (2.10)$$

เมื่อ $K_p = \tan^2 \left(45^\circ + \frac{\phi}{2} \right)$ คือสัมประสิทธิ์ความดันดินประสิทธิผลที่สภาวะ Passive ของ Rankine เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.6 วงกลมมอร์สถานะของความเค้นประสิทธิผลที่3สถานะ (รศ.ดร. สุขสันต์ หอพิบูลสุข, 2553)[3]

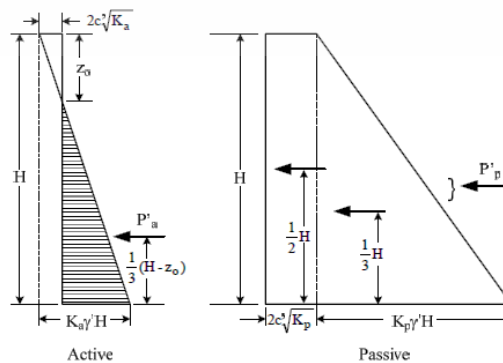
สำหรับกรณีของดินเหนียวอิ่มตัวในสภาวะไม่ระบายน้ำความดันด้านข้างรวม (Total lateral earth pressure) สามารถคำนวณได้โดยอาศัยขอบเขตความแข็งแรงรวมซึ่งมุมเสียดทานภายในมีค่าเท่ากับศูนย์ ($\phi = 0$) ดังนั้นความดันดินด้านข้างรวมที่สภาวะ active และ passive สามารถคำนวณได้จาก

$$\sigma_a = \sigma_v - 2S_u \tag{2.11}$$

$$\sigma_p = \sigma_v + 2S_u \tag{2.12}$$

เห็นว่าความดันดินประสิทธิผลที่สภาวะ Active และ Passive มีค่าเพิ่มขึ้นตามความลึกในฟังก์ชันเส้นตรง (linear function) ถ้า $c' = 0$ การกระจายของความดันดินที่สภาวะ active จะมีรูปร่างเป็นสามเหลี่ยมที่มีจุดยอด ($\sigma_a = 0$) อยู่ที่ผิวดินแต่เมื่อ c มีค่ามากกว่า 0 ค่าของ σ_a จะมีค่าเป็นลบที่ผิวดินและมีค่าเพิ่มขึ้นจนกระทั่งเป็นศูนย์ที่ความลึก Z_0 ระยะจากผิวดินจนถึง Z_0 เรียกว่าโซนแรงดึง (tension zone) เมื่อ $\sigma_a = 0$ จะได้

$$Z_0 = \frac{2c}{\gamma \sqrt{K_a}} \tag{2.13}$$



รูปที่ 2.7 Pressure diagram (รศ.ดร. สุขสันต์ หอพิบูลสุข, 2553)[3]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้สำหรับใช้เพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่ออยู่ภายใต้เงื่อนไขข้อบังคับของการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับดินถมที่เป็นดินเหนียวในสภาวะไม่ระบายน้ำ ($\phi = 0$) โชนแรงดึงสามารถเขียนในรูปของพารามิเตอร์กำลังรวมได้ดังนี้

$$\sigma_0 = \frac{2\sigma_v}{\sigma} \quad (2.14)$$

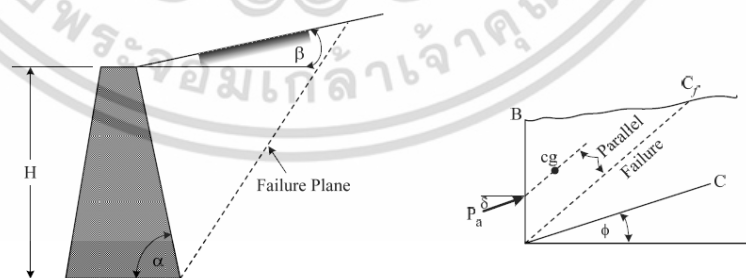
สัมประสิทธิ์ความดันดินด้านข้างเมื่อผิวของดินถมทำมุม β กับแนวนอนสามารถหาได้ดังสมการต่อไปนี้

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

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

2.2.1.2 ทฤษฎีของ Coulomb

ทฤษฎีของ Coulomb สำหรับการหาความดันดินด้านข้างได้ถูกพัฒนาขึ้นก่อนทฤษฎีของ Rankine ซึ่งสามารถใช้ได้กับกำแพงกันดินที่มีความเสียดทานระนาบการพิบัติเริ่มจากฐานของกำแพงกันดินตำแหน่งของแรงลัพธ์เนื่องจากความดันดินที่สภาวะ active หาได้จากการลากเส้นตรงจากจุดศูนย์กลางมวลของลิ่มขนานกับระนาบพิบัติจุดตัดของเส้นตรงนี้กับผนังกำแพงกันดินคือตำแหน่งของแรงลัพธ์ทิศทางของแรงลัพธ์ทำมุม δ กับเส้นซึ่งตั้งฉากกับด้านหลังของผนังเมื่อ δ คือมุมเสียดทานระหว่างผนังกำแพงและดิน



รูปที่ 2.8 แบบจำลองทฤษฎีของ Coulomb (รศ.ดร. สุขสันต์ หอพิบูลสุข, 2553) [3]

สมการสำหรับการคำนวณความดันดินด้านข้างประสิทธิผลของ Coulomb มีดังต่อไปนี้

$$P_a = \frac{1}{2} \gamma H^2 K_a \quad (2.17)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

เมื่อ α คือมุมด้านหลังกำแพงกันดินที่กระทำกับแนวราบ
 δ คือมุมเสียดทานระหว่างผนังกำแพงและดิน
 β คือมุมระหว่างผิวของดินถมกับแนวราบ

$$P_p = \frac{1}{2} \gamma H^2 K_p \quad (2.19)$$

$$K_a = \frac{\sin(\alpha + \phi)}{\sin^2 \alpha \sin(\alpha + \beta) \left[1 - \sqrt{\frac{\sin(\phi + \delta) \sin(\phi + \beta)}{\sin(\alpha + \delta) \sin(\alpha + \beta)}} \right]^2} \quad (2.20)$$

เนื่องจากทฤษฎีของ Coulomb เป็นวิธีที่ใช้หาความดันดินด้านข้างโดยใช้สัมประสิทธิ์ความดันดินด้านข้างดังนั้นวิธีการนี้จึงไม่สามารถใช้กับดินถมที่มีน้ำหนักภายนอกกระทำ

ทฤษฎีของ Rankine และ Coulomb สมมติว่าระนาบพิบัติเป็นแนวเส้นตรงสมมติฐานนี้มีได้เป็นจริงเสมอไปที่สภาวะ active ความดันดินที่คำนวณมีความแตกต่างจากความเป็นจริงไม่มากนักแต่ที่สภาวะ passive ผลคำนวณมีความแตกต่างค่อนข้างสูงและให้ผลคำตอบที่ไม่ปลอดภัย(ผลคำนวณมีค่าสูงกว่าความเป็นจริงมาก) ที่สภาวะ active ระนาบพิบัติมีลักษณะเกือบเป็นแนวเส้นตรงก็ต่อเมื่อมุมเสียดทานภายในระหว่างดินและกำแพงกันดิน (ϕ) มีค่าน้อยกว่า $\phi/3$ แต่อย่างไรก็ตามระนาบพิบัติที่สภาวะ Passive จะมีความแตกต่างจากสมมติฐานของ Rankine และ Coulomb อย่างมากเมื่อมุม δ มีค่ามากกว่า $\phi/3$

2.2.2 การเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดิน

ผลที่ได้จากแบบจำลองทางกายภาพประกอบด้วย ความสูงดินถม การเคลื่อนตัวของกำแพงกันดิน และมุมของระนาบการพิบัติ ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

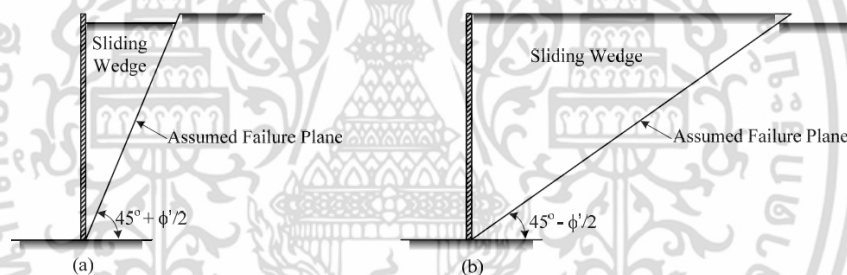
จากมาตรฐานของ AASHTO ระบุสมการทำนายการเคลื่อนตัวของกำแพงกันดิน ดังตารางที่ 6 ซึ่งเป็นค่าอัตราส่วนระหว่างการเคลื่อนตัวของกำแพงกันดินกับความสูงของดินถม โดยแตกต่างกันไปตามชนิดของดินถมและพฤติกรรมการพิบัติของกำแพงกันดิน

ตารางที่ 2.1 ความสัมพันธ์ระหว่างชนิดดินกับการเคลื่อนตัวของกำแพงกันดินเนื่องจากพฤติกรรมของดินแบบ Active และ Passive (CGS,1992)[5]

ชนิดดิน	การเคลื่อนตัวของกำแพงกันดิน, (δ_{max})	
	Active	Passive
ดินทรายแน่น (Dense Cohesionless)	0.001H	0.020H
ดินทรายเป็นหลวม (Loose Cohesionless)	0.004H	0.060H

2.2.3 พฤติกรรมการพิบัติของดิน

สำหรับทฤษฎีที่เกี่ยวข้องมุมที่เกิดจากระนาบการพิบัติคือทฤษฎีของ Coulomb ซึ่งระบุว่า ระนาบการพิบัติที่เกิดขึ้นเมื่อยึดฐานของกำแพงกันดินจะทำมุม $45^\circ + \frac{\theta}{2}$ กับแนวราบ (Coulomb, C.A, 1776) [4] ดังรูปที่ 2.9 โดยนำค่าดังกล่าวมาเปรียบเทียบกับมุมของระนาบการพิบัติที่วัดได้จากแบบจำลองกายภาพ

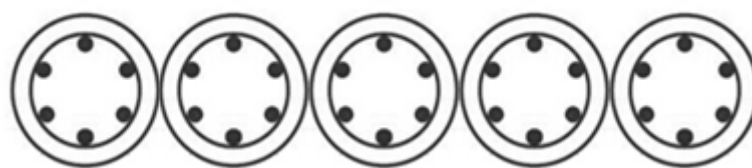


รูปที่ 2.9 แสดงการคำนวณมุมเนื่องจากระนาบการพิบัติ

2.3 รูปแบบโครงสร้างกันดินและวิธีลดการเคลื่อนตัว

2.3.1 รูปของโครงสร้างกันดิน

รูปแบบของโครงสร้างกันดินที่นำมาศึกษาเป็นรูปแบบโครงสร้างกันดินที่เรียกว่า Tangent Pile Wall ซึ่งเป็นโครงสร้างกันดินที่สร้างจากเสาเข็มเจาะโดยเจาะเสาเข็มเรียงต่อกันเป็นแนวยาว ดังแสดงในรูปที่ 2.10 ซึ่งเป็นโครงสร้างกันดินที่มีความยืดหยุ่นและสามารถก่อสร้างได้ง่าย แต่ไม่เหมาะกับพื้นที่ที่มีระดับน้ำใต้ดินสูง

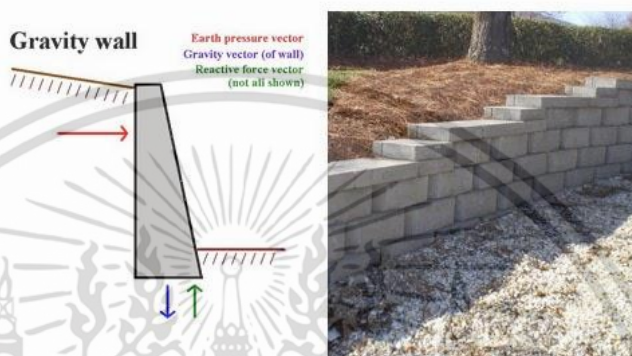


รูปที่ 2.10 ภาพตัดขวางลักษณะของโครงสร้างกันดินแบบ Tangent Pile Wall

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

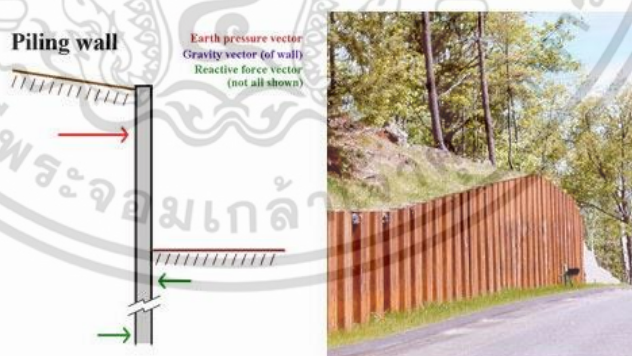
นอกจากนี้ยังมีกำแพงกันดินอีกหลากหลายลักษณะ ซึ่งสามารถแบ่งประเภทตามลักษณะการก่อสร้างได้ดังนี้

1) Gravity wall เป็นต้นแบบ และรูปแบบมาตรฐานของกำแพงกันดิน โดยจะใช้น้ำหนักของตัวกำแพงในการต้านแรงดันของดิน ถือว่าเป็นรูปแบบของกำแพงกันดินที่เก่าแก่ที่สุด เหมาะสำหรับกันดินในงานจัดสวน กันดินริมตลิ่งหรือเชิงเขาเพื่อป้องกันดินถล่มหรือดินสไลด์



รูปที่ 2.11 กำแพงกันดินGravity Wall (บรรณาธิการเว็บไซต์บ้านและสวน, 2557)[6]

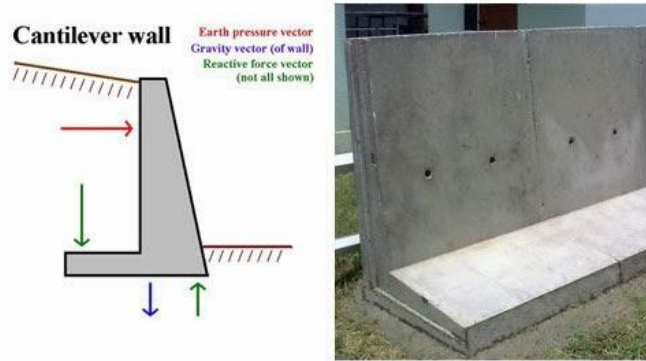
2) Piling wall เป็นกำแพงกันดินที่ต้องใช้เสาเข็มยาวตกลงไปเป็นระยะตามแนวกำแพงกันดิน และใช้แรงดันจากดินใต้ระดับดินด้านที่ต่ำกว่าทั้งสองฝั่งในการรับแรงดันจากดินด้านที่สูงกว่า เหมาะสำหรับสร้างกำแพงกันดินในกรณีที่มีการจำกัดพื้นที่สำหรับทำงาน ไม่สามารถเข้าไปทำการก่อสร้างบริเวณฝั่งตรงข้ามได้



รูปที่ 2.12 กำแพงกันดินPiling Wall (บรรณาธิการเว็บไซต์บ้านและสวน, 2557)[6]

3) Cantilever wall เป็นรูปแบบที่พัฒนามาจากหลักการของกำแพงกันดินแบบ gravity wall แต่เพิ่มคานด้านล่างยื่นเข้าไปในดินฝั่งที่มีระดับสูงกว่า เพื่อให้สามารถรับแรงดันได้ดียิ่งขึ้น เหมาะสำหรับป้องกันดินริมตลิ่งหรือเชิงเขาที่ต้องการความมั่นคงสูง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.13 กำแพงกันดิน Cantilever Wall (บรรณาธิการเว็บไซต์บ้านและสวน, 2557)[6]

4) Anchored wall เป็นกำแพงกันดินที่ใช้สมอยึดกำแพงเพื่อเพิ่มแรงต้านให้กับกำแพงสามารถประยุกต์ไปใช้สำหรับช่วยเพิ่มแรงต้านให้กับกำแพงกันดินรูปแบบอื่นได้ เพื่อเพิ่มความสามารถในการรับแรงดันของกำแพงกันดินโดยเฉพาะกับกำแพงกันดินที่เราสร้างไว้แล้ว



รูปที่ 2.14 กำแพงกันดิน Anchored Wall (บรรณาธิการเว็บไซต์บ้านและสวน, 2557)[6]

5) Relieving platform เป็นกำแพงกันดินที่มีลักษณะคล้ายกับกำแพงกันดินข้างต้น แต่มีโครงสร้างพื้นเพิ่มด้านใต้ดินเพื่อช่วยรับแรงจากน้ำหนักที่กระทำด้านบนกำแพงให้กระจายแรงลงสู่เสาเข็ม ช่วยให้กำแพงรูปแบบนี้มีความสามารถรับแรงได้มากแต่อาจมีค่าใช้จ่ายในการก่อสร้างสูง

2.3.2 เสถียรภาพของกำแพงกันดิน

เสถียรภาพของกำแพงกันดินชนิดนี้ขึ้นอยู่กับน้ำหนักของตัวมันเองกำแพงกันดินชนิดนี้จึงถูกเรียกว่า Gravity wall ในกรณีที่กำแพงกันดินมีความสูงมากแรงดันดินด้านข้างมีแนวโน้มที่จะทำให้กำแพงกันดินพลิกคว่ำ (Overturning) เพื่อความประหยัดอาจเลือกใช้กำแพงกันดินชนิด cantilever wall ซึ่งมีส่วนฐานยื่นออกมาอยู่ใต้ดินถมน้ำหนักของดินถมที่อยู่เหนือฐานนี้จะช่วยป้องกันการพลิกคว่ำ

เมื่อมีการถมดินด้านหลังกำแพงกันดินกำแพงกันดินจะเกิดการเคลื่อนตัวเพื่อป้องกันการพลิกคว่ำของกำแพงกันดินโดยสร้างให้ด้านหน้าของกำแพงกันดินมีความชันเอียงซึ่งความชันนี้เรียกว่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Batter วัสดุที่ใช้ถมด้านหลังกำแพงกันดินเรียกว่า Backfill จะต้องเป็นวัสดุเม็ดหยาบที่มีความซึมผ่านสูงเช่นทรายกรวดหรือหินบด (Broken stone)

2.3.2.1 การพิบัติของกำแพงกันดิน

การออกแบบกำแพงกันดินต้องคำนึงถึงสิ่งสำคัญสองประการดังนี้

- 1) กำแพงต้องมีเสถียรภาพภายนอก (External stability) ซึ่งหมายความว่ากำแพงกันดินต้องตั้งตั้งในตำแหน่งเดิม
- 2) กำแพงกันดินต้องมีเสถียรภาพภายในโดยต้องความสามารถต้านความเค้นที่เกิดขึ้นภายในโครงสร้างโดยปราศจากการพังทลาย

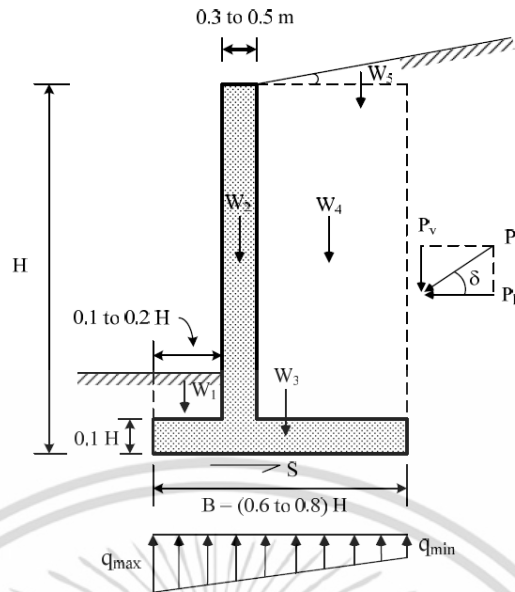


รูปที่ 2.15 กำแพงกันดินขาดเสถียรภาพ (รศ.ดร. สุขสันต์ หอพิบูลสุข, 2553) [3]

- ก) กำแพงกันดินขาดเสถียรภาพภายนอก
- ข) กำแพงกันดินขาดเสถียรภาพภายใน

2.3.2.2 การวิเคราะห์เสถียรภาพภายนอกของกำแพงกันดิน

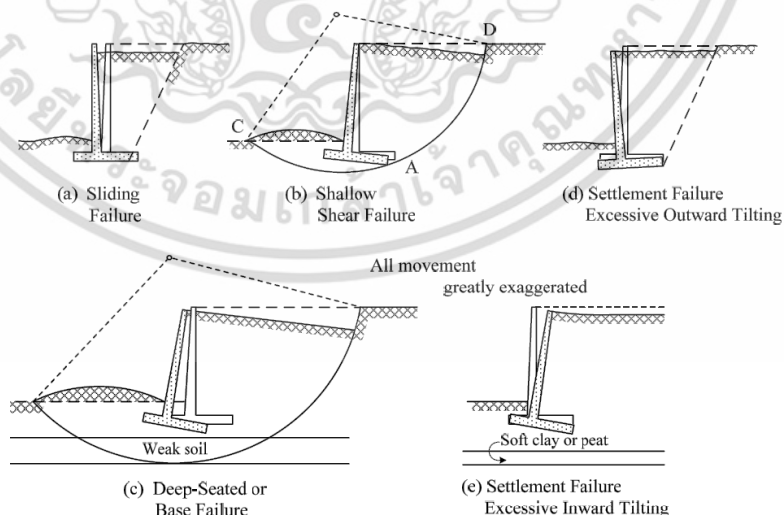
วิธีการออกแบบกำแพงกันดินด้านการพิบัติภายนอกคือการสมมติขนาดและรูปร่างของกำแพงกันดินตั้งรูป และทำการตรวจสอบเสถียรภาพของกำแพงถ้าพบว่าเสถียรภาพของกำแพงกันดินมีค่าต่ำหรือไม่เพียงพอก็ทำการเปลี่ยนแปลงขนาดและรูปร่างใหม่และทำการตรวจสอบอีกครั้งขั้นตอนนี้จะถูกทำซ้ำๆจนกระทั่งพบว่ากำแพงกันดินที่ออกแบบมีเสถียรภาพเพียงพอต่อการใช้งาน



รูปที่ 2.16 แรงที่กระทำต่อกำแพงกันดิน (รศ.ดร. สุขสันต์ หอพิบูลสุข, 2553) [3]

กำแพงกันดินจะมีเสถียรภาพภายนอกเมื่อกำแพงกันดินไม่มีการเคลื่อนตัวในสามทิศทาง อันได้แก่ในแนวนอน (การลื่นไถล) ในแนวตั้ง (การทรุดตัวที่มากกว่าปกติและการพิบัติเนื่องจากแรงแบกทานของดินใต้ฐานราก) และการพลิกคว่ำ

การออกแบบเป็นการตรวจสอบเสถียรภาพของการเคลื่อนตัวในสามทิศทางนี้เพื่อให้ได้อัตราส่วนปลอดภัยที่เหมาะสมการตรวจสอบการเคลื่อนตัวในแนวนอนและการพลิกคว่ำอาศัยหลักการความสถิตย์ (Law of statics) สำหรับการตรวจสอบการเคลื่อนตัวในแนวตั้งนั้นอาศัยทฤษฎีกำลังรับแรงแบกทานของดิน (bearing capacity theory)



รูปที่ 2.17 การพิบัติของกำแพงกันดิน(รศ.ดร. สุขสันต์ หอพิบูลสุข, 2553)[3]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1) อัตราส่วนปลอดภัยด้านการลื่นไถล

อัตราส่วนปลอดภัยด้านการลื่นไถลคืออัตราส่วนระหว่างแรงต้านทานการลื่นไถล(Sliding resistance force) ต่อแรงกระทำ (sliding force) แรงต้านทานการลื่นไถลคือผลคูณของแรงเสียดทานในแนวตั้งที่กระทำต่อฐานของกำแพงกันดินกับสัมประสิทธิ์ความเสียดทาน (coefficient of friction) ระหว่างฐานของกำแพงกันดินและดินด้านใต้ฐาน ส่วนแรงที่กระทำให้เกิดการลื่นไถลส่วนมากจะเป็นแรงในแนวนอนเนื่องจากแรงดันด้านข้างของดิน Backfill แรงต้านทานการลื่นไถล (S) สามารถคำนวณได้จากสมการดังนี้

$$\text{สำหรับฐานรากที่เป็นทราย} \quad s = \sum V \tan(0.67\phi) \quad (2.21)$$

$$\text{สำหรับฐานรากที่เป็นดินเหนียว} \quad s = \frac{2}{3} S_u B \quad (2.22)$$

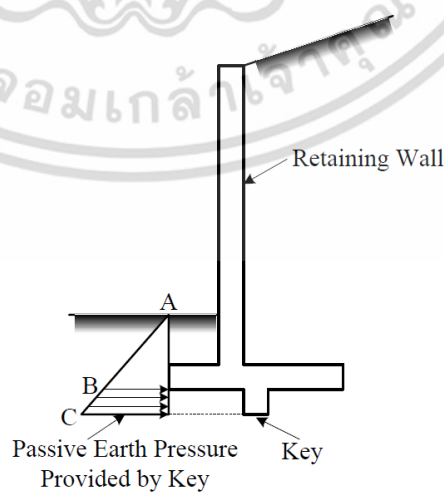
$$\text{เมื่อ } \sum V = W_1 + W_2 + \dots + W_i + P_v$$

S คือแรงต้านทานการลื่นไถล

S_u คือกำลังต้านทานแรงเฉือนของดิน

B คือความกว้างของฐานราก

ถ้าในการออกแบบพบว่ามีกำแพงกันดินแบบฐานเรียบ(Flat-bottomed wall) มีอัตราส่วนปลอดภัยไม่เป็นไปตามที่ต้องการอาจทำการสร้างตัวต้านทานการลื่นไถลที่เรียกว่าkey ที่ฐานของกำแพงกันดินด้านหน้าของkey ทำหน้าที่ต้านทานการลื่นไถลในสถานะของความดันที่สภาวะpassive ดังแสดงโดยโซน BC แต่อย่างไรก็ตามดินด้านหน้าของkey อาจจะหายไปเนื่องจากการกัดเซาะดังนั้นตัวkey นี้จะมีประสิทธิภาพอย่างมากถ้าถูกสร้างใต้ดินแข็งหรือหิน



รูปที่ 2.18 แรงดันที่กระทำเนื่องจากด้านPassive (รศ.ดร. สุขสันต์ห่อพิบูลสุข, 2553) [3]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2) อัตราส่วนปลอดภัยด้านการพลิกคว่ำ

อัตราส่วนปลอดภัยด้านการพลิกคว่ำหาได้จากอัตราส่วนระหว่างโมเมนต์ต้านทานการพลิกคว่ำทั้งหมด (Total righting moment, M_r) ต่อโมเมนต์ทั้งหมดที่ก่อให้เกิดการพลิกคว่ำ (Total overturning moment, M_o) ที่สภาวะสมดุลและการพลิกคว่ำเริ่มเกิดพอดีแรงปฏิกิริยาระหว่างดินและกำแพงกันดินจะอยู่ที่จุด Toe พอติดตั้งนั้นเพื่อความสะดวกในการคำนวณ (ไม่ต้องพิจารณาผลของแรงปฏิกิริยา) โมเมนต์ที่ก่อให้เกิดการพลิกคว่ำและโมเมนต์ต้านทานการพลิกคว่ำทั้งหมดสามารถคำนวณได้จากสมการดังนี้

$$M_o = P_h \times \frac{H}{3} \quad (2.23)$$

$$\sum M_r = M_{r1} + M_{r2} + \dots + M_{r5} + (P_v \times B) \quad (2.24)$$

เมื่อ $M_{ri} = W_i x_i$

M_r คือโมเมนต์ต้านทานการพลิกคว่ำ

M_o คือโมเมนต์ที่ก่อให้เกิดการพลิกคว่ำ

P_h คือแรงดันดินด้านข้างรวมที่กระทำต่อกำแพง

P_v คือแรงกระทำแนวตั้ง

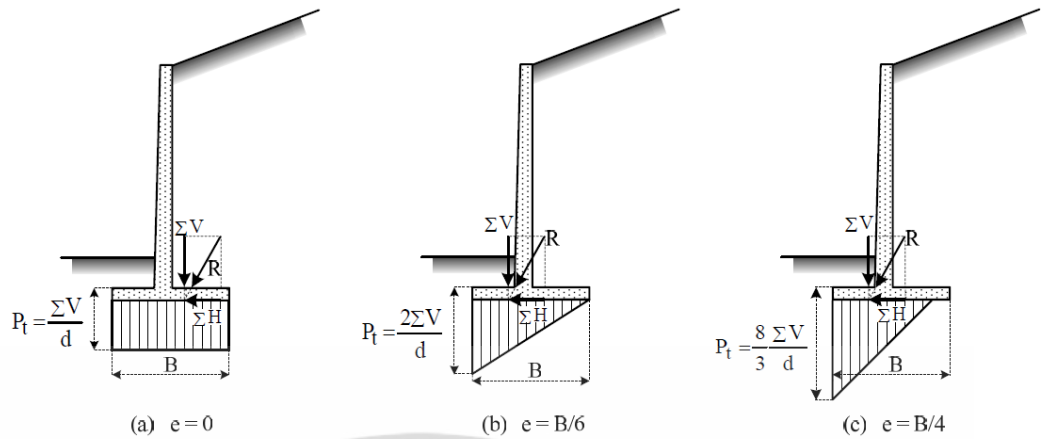
x_i คือระยะในแนวนอนที่วัดจากจุด Toe จนถึง W_i

3) อัตราส่วนปลอดภัยด้านการพิบัติ

อัตราส่วนปลอดภัยด้านการพิบัติเนื่องจากแรงแบกทานของดินหาได้จากอัตราส่วนระหว่างกำลังรับแรงแบกทานประลัย (Ultimate bearing capacity) ต่อความดันที่มากที่สุดที่กระทำต่อฐานของกำแพงกันดิน (Actual maximum contact pressure) แรงในแนวนอนอันเนื่องมาจากแรงดันด้านข้างของดินมักก่อให้เกิดโมเมนต์ในฐานรากของกำแพงกันดินซึ่งอาจส่งผลให้ความเค้นในดินใต้ฐานรากไม่สม่ำเสมอ

4) ระยะเยื้องศูนย์กลางและความดันดินใต้ฐานราก

ระยะเยื้องศูนย์กลาง (e) และความดันดินใต้ฐานรากสามารถคำนวณได้จากสมการ (2.25), (2.26) และ (2.27) จากประสบการณ์การออกแบบควรทำการตรวจสอบการเสถียรภาพเนื่องจากการพิบัติของดินฐานรากและระยะเยื้องศูนย์กลางก่อนการตรวจสอบเสถียรภาพด้านอื่น เนื่องจากเสถียรภาพด้านนี้จะเป็นตัววิกฤติที่สุด



รูปที่ 2.19 แรงที่กระทำใต้ฐานกำแพงกันดิน (รศ.ดร. สุขสันต์ห่อพิบูลสุข, 2553)[3]

$$e = \frac{B}{2} - \left(\frac{\sum M_r - M_o}{\sum V} \right) < \frac{B}{6} \tag{2.25}$$

$$q_{max} = \left(\frac{\sum V}{B} \right) \left(1 + \frac{6e}{B} \right) < q_{all} \tag{2.26}$$

$$q_{min} = \left(\frac{\sum V}{B} \right) \left(1 - \frac{6e}{B} \right) > 0 \tag{2.27}$$

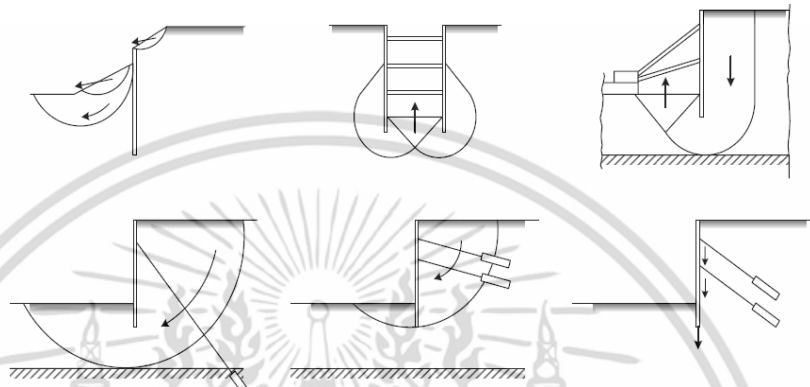
ตารางที่ 2.2 อัตราส่วนปลอดภัยที่ใช้ในการวิเคราะห์เสถียรภาพของกำแพงกันดิน

กรณี	อัตราส่วนความปลอดภัย	หมายเหตุ	อ้างอิง
การลื่นไถล	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)
พิบัติแบบกำลังรั้งแรงเสียดทาน	3.0		Teng (1962)

2.3.3 เสถียรภาพของเข็มพืด (Sheet Pile)

เข็มพืดเป็นแผ่นเหล็กยาวที่มีความกว้างประมาณ 30 เซนติเมตรถึง 50 เซนติเมตรเข็มพืดจะถูกนำมาต่อกันเป็นแนวยาวตามแนวดินเพื่อใช้เป็นโครงสร้างกันดินและน้ำเข็มพืดยังสามารถใช้ร่วมกับเอกสารถึงหรือเสาเข็มสำหรับกรณีการขุดลอกเพื่อการรักษาระดับน้ำในคูน้ำ เมื่อขุดลอกได้ระดับน้ำในคูน้ำต่ำกว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

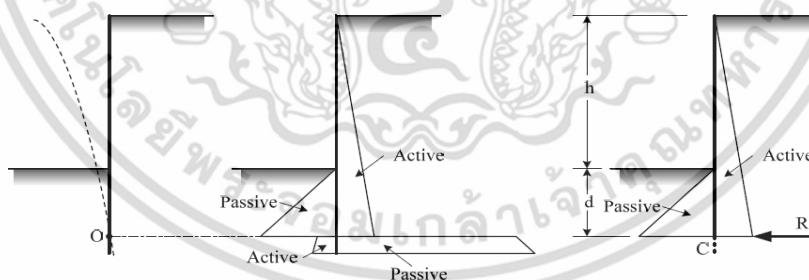
ระบบค้ำยัน (ซึ่งอาจเป็นไม้หรือเหล็ก) เป็นโครงสร้างชั่วคราวสำหรับงานก่อสร้างใต้ดินเช่นงานวางท่อน้ำ โครงสร้างกันดินและงานโครงสร้างใต้ดินแต่ถึงแม้ว่าระบบค้ำยันจะมีความแข็งแรงเพียงใดก็ตาม เข็มพืดเป็นแผ่นเหล็กที่มีความหนาไม่มากหากใช้เป็นโครงสร้างกันดินในงานดินขุดที่มีความลึกมาก หรือใช้เป็นโครงสร้างกันการเคลื่อนตัวของอาคารข้างเคียงที่มีขนาดใหญ่อาจก่อให้เกิดการเสียรูปของเข็มพืดและส่งผลให้เกิดเคลื่อนตัวของดินอย่างมากเพื่อหลีกเลี่ยงการเคลื่อนตัวที่มากเราอาจใช้เสาเข็มเจาะหรือเสาเข็มดินซีเมนต์เป็นโครงสร้างกันดินได้



รูปที่ 2.20 การขาดเสถียรภาพภายนอกของเข็มพืดที่ตั้งอยู่ในชั้นดินเหนียวอ่อน (รศ.ดร. สุขสันต์ หอพิบูลสุข, 2553) [3]

2.2.3.1 Cantilever Sheet Pile Wall

เข็มพืดมักถูกนำมาใช้เมื่อดินถมด้านหลังเข็มพืดมีความสูงไม่มากนักเสถียรภาพของเข็มพืดชนิดนี้ขึ้นอยู่กับความต้านทานที่สถานะ Passive ของดินใต้ระดับผิวดิน (dredge line)

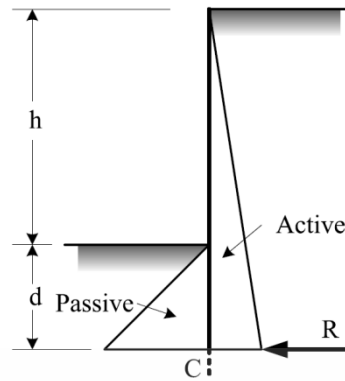


รูปที่ 2.21 ความดันดินด้านข้างที่กระทำต่อ Cantilever sheet pile wall (รศ.ดร. สุขสันต์ หอพิบูลสุข, 2553)[3]

การออกแบบเข็มพืดโดยทั่วไปมักทำโดยวิธีที่เรียกว่า Simplification ซึ่งแทนแรงลัพธ์ที่สถานะ passive ได้จุด O ด้วยแรง R กระทำที่จุด C (อยู่ต่ำกว่าจุด O เล็กน้อย) ซึ่งจุด C นี้อยู่ที่ความลึก d ใต้ระดับดินขุดความลึก d สามารถหาได้โดยอาศัยหลักสมดุลของโมเมนต์รอบจุด C โดยพิจารณาค่าแรงต้านทานด้านหน้าเข็มพืดเท่ากับแรงต้านทานที่สถานะ passive (P_p) ทหารด้วยอัตราส่วนปลอดภัย ดังนั้นค่าระยะฝัง (depth of embedment) ของเข็มพืดที่ต้องการจึงควรมีค่าไม่น้อยกว่า $1.2d$ แรง R

สามารถหาได้โดยอาศัยหลักสมดุลในแนวนอน

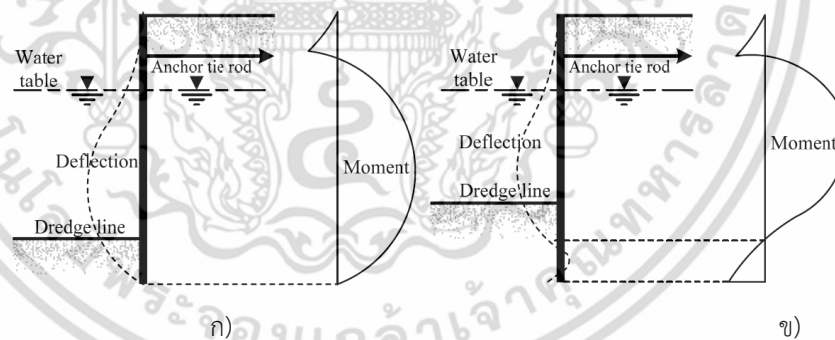
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.22 พฤติกรรมที่กระทำต่อเข็มพืด (รศ.ดร. สุขสันต์ หอพิบูลสุข, 2553)[3]

2.3.3.2 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 ดังนั้นจุดรองรับที่ปลายเข็มพืดถูกพิจารณาเป็นแบบหมุด (pin)



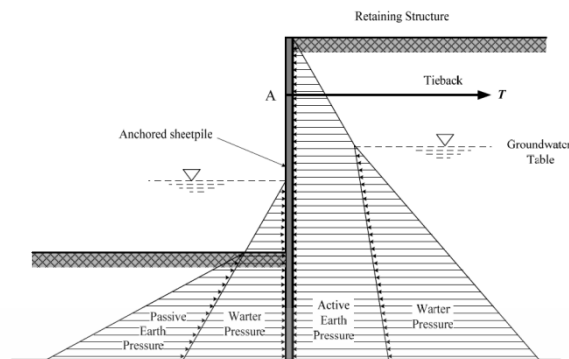
รูปที่ 2.23 การกระจายของการเสียรูปและโมเมนต์ของ Anchored sheet pile wall (รศ.ดร. สุขสันต์ หอพิบูลสุข, 2553) [3]

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

2.3.3.3 Free Earth Support Method

วิธีการนี้จะสมมติว่าความลึกของระยะฝังใต้ระดับการขุดออกของดิน (Excavation level or Dredge line) ไม่มากเพียงพอที่จะทำให้เกิดสถานะอยู่กับที่ (fixity) ที่จุดปลายของเข็มพืด ดังนั้นเข็มพืดจะอิสระต่อการหมุนที่จุดปลาย ลักษณะการพิบัติจะเป็นการหมุนรอบจุดต่อของตัวค้ำ (tie) กับเข็มพืดที่จุด A

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สวอนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.24 แรงที่กระทำต่อเข็มพืดเมื่อหาโมเมนต์ (รศ.ดร. สุขสันต์หือพิบูลสุข, 2553) [3]

สิ่งที่สำคัญที่สุดในการออกแบบคือโมเมนต์ต้านการหมุนรอบจุด A ต้องมากกว่าโมเมนต์ที่ทำให้เกิดการหมุนระยะฝังที่ต้องการ(d)สามารถหาได้โดยหลักการที่ว่าผลรวมของโมเมนต์รอบจุด A ต้องเท่ากับศูนย์การวิเคราะห์ลักษณะนี้จะเกี่ยวข้องกับการแก้ปัญหาของตัวแปรยกกำลังสองหลังจากได้ค่า d แรงที่กระทำในตัวค้ำ (T)สามารถคำนวณได้โดยอาศัยหลักสมดุลของแรงในแนวนอน (ผลรวมของแรงทั้งหมดในแนวนอนต้องเท่ากับศูนย์) และท้ายสุดการออกแบบหน้าตัดของเข็มพืดสามารถกระทำได้โดยอาศัยแผนภาพการกระจายโมเมนต์ระยะฝังควรเป็นค่าที่เพิ่มขึ้นจากระยะ d อีก 20 เปอร์เซ็นต์เพื่อให้ได้ระยะฝังที่เพียงพอสำหรับสภาวะอยู่กับที่ (fixity) ระยะฝังควรมีค่าไม่น้อยกว่า 1.2

2.3.4 วิธีลดการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดิน

ดินทั่วไปมีคุณสมบัติต่างกันจึงได้มีการศึกษาเพื่อช่วยเสริมประสิทธิภาพให้กับดินในบริเวณที่เป็นดินอ่อนหรือดินที่มีเสถียรภาพต่ำสามารถแบ่งออกได้ดังนี้

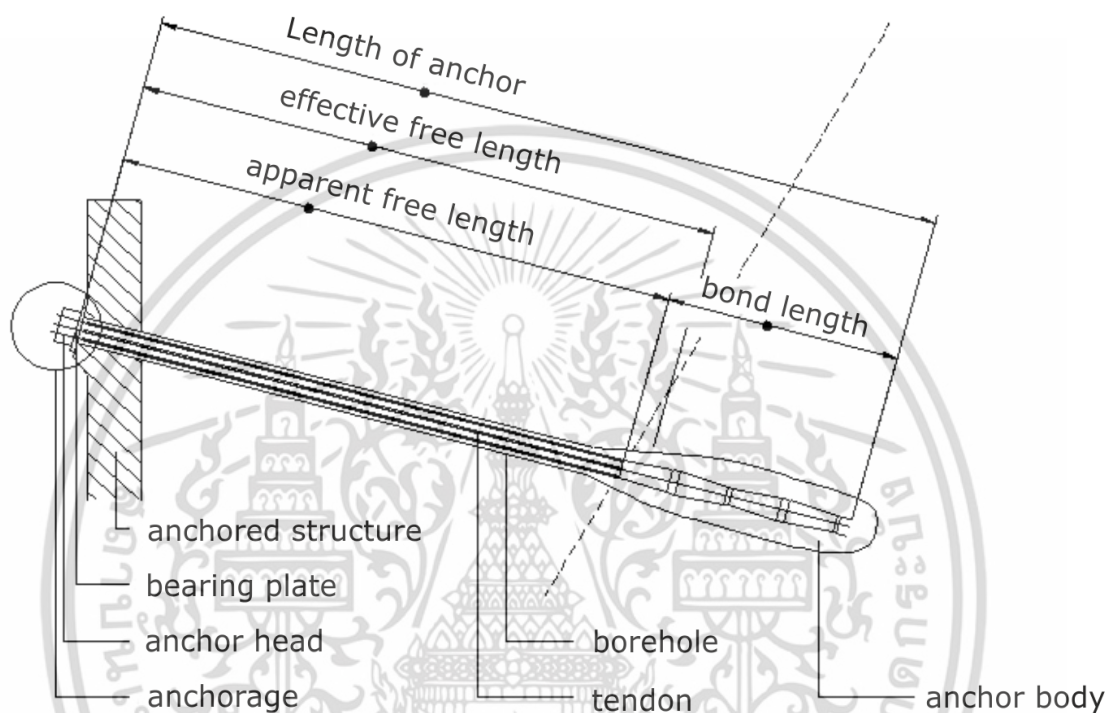
2.3.4.1 สมอยึดสำหรับกำแพงกันดิน

สมอยึดที่นิยมใช้งานโครงสร้างกันดินมีหลายชนิดแบ่งตามลักษณะการใช้งานของสมอยึดหรือตามรูปร่างของสมอยึดเช่น tie backs , anchor plate , vertical anchor piles และ anchor beam with batter piles นอกจากนี้ยังแบ่งตามลักษณะของแรงต้านทานที่เกิดขึ้นในสมอยึดคือสมอยึดแบบอาศัยแรงเสียดทานที่ผิวสมอยึดแบบอาศัยแรงต้านทานด้านหน้าแผ่นสมอยึดและสมอยึดแบบอาศัยทั้งแรงเสียดทานและแรงต้านทานร่วมกัน

2.3.4.2 tie-back

ground anchor หรือบางครั้งเรียกว่าtieback เป็นระบบงานก่อสร้างด้านโครงสร้างแบบใหม่ที่มีความสำคัญสามารถถ่ายแรงจากภายนอกผ่านส่วนประกอบของระบบไปสู่ดินชั้นที่ลึกลงไปโดยใช้ส่วนประกอบหลักคือAnchor ซึ่งฝังแน่นอยู่ในดินคล้ายสมอยึดทำหน้าที่หลักในการถ่ายทอดแรงระหว่างtieback กับดินโดยรอบเบื้องต้นtieback ได้รับการพัฒนามาใช้งานอย่างกว้างขวางในกลุ่มผู้รับเหมาก่อสร้างโดยนำมาใช้เป็นโครงสร้างชั่วคราวซึ่งมีอายุการใช้งานไม่เกิน 2 ปีเพื่อเป็นองค์ประกอบสำคัญของกำแพงกันดินในงานดินชนิดที่มีพื้นที่จำกัดและมี

ความลึกของการขุดตั้งแต่ปานกลางขึ้นไปจนถึงลึกมากผลสำเร็จจากการนำระบบงานก่อสร้างแบบ tieback มาใช้งานทำให้มีผู้ ประกอบการเกี่ยวกับงานก่อสร้างด้านอื่นๆนำไปใช้งานอย่างกว้างขวางพร้อมกับการพัฒนาเทคนิคในการก่อสร้างระบบ tieback ที่ได้เคยก่อสร้างมาแล้วให้เหมาะสมกับสภาพพื้นที่ของการก่อสร้างและสะดวกแก่การใช้งานมากขึ้นจนกลายเป็นเทคนิคเฉพาะของตัวเองจนเป็นที่ยอมรับโดยทั่วไปในปัจจุบัน



รูปที่ 2.25 ส่วนประกอบของสมอยึด

2.3.4.3 Spacer

spacer ในระบบtieback ในกรณีที่ต้องใช้งานbar , wire หรือstrand จำนวนมากกว่า 1 เส้นตัวspacer จะทำหน้าที่จัดระยะห่างระหว่างbar , wire หรือstrand ให้มีระยะห่างเท่าๆกัน และเพียงพอต่อการแทรกตัวของวัสดุ Grout เข้าไปโดยรอบ Bar , Wire หรือ Strand ช่วยให้ เกิดการยึดเกาะที่ดีระหว่างbar , wire หรือstrand กับสาร grout ช่วยให้การถ่ายทอดแรง ภายในbar ,wire หรือ strand เป็นไปอย่างถูกต้องและไม่ก่อให้เกิดการสูญเสียแรงเนื่องจากการวางแนวของbar , wire หรือ strand ผิดพลาดไปจากที่ได้ออกแบบไว้แต่สำหรับtieback บางประเภทอาจไม่จำเป็นต้องใช้spacer ในการจัดเรียงแนวของbar , wire หรือ strand

2.3.4.4 Capping beam

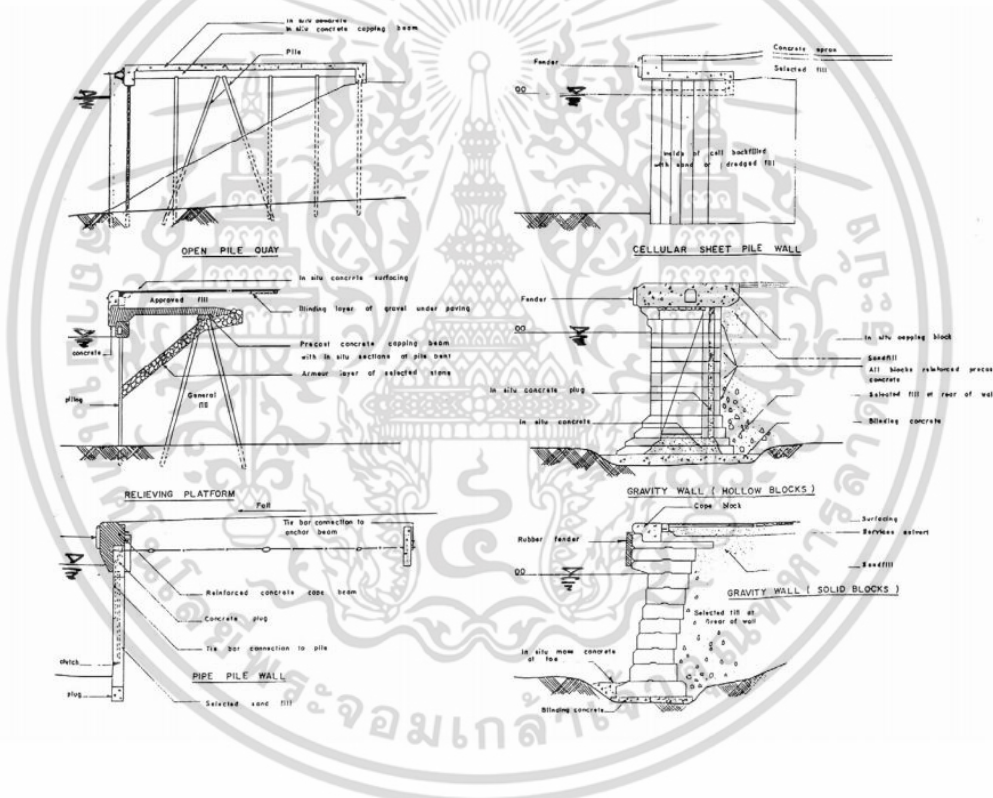
Capping beam หรือคานรัดหัวเสาเข็ม ทำหน้าที่ยึดเสาเข็มแต่ละต้นไว้ไม่ให้เกิดการเคลื่อนตัวออกจากกัน อันเนื่องมาจากแรงดันดินด้านข้าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



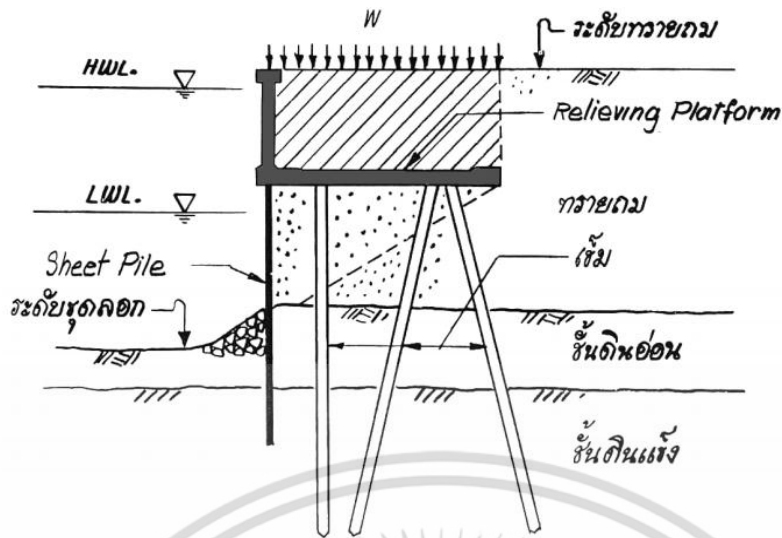
รูปที่ 2.26 ลักษณะของคานยึดหัวกำแพงกันดิน

การเสริม Relieving Platform



รูปที่ 2.27 รูปแบบของการใช้ Relieving Platform

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.28 ลักษณะโดยทั่วไปของ Relieving platform

ข้อได้เปรียบของ Relieving Platform ที่เห็นได้ชัดเจน คือ

1. ทำให้ลดแรงดันดินด้านข้างที่กระทำต่อโครงสร้างกันดิน โดอนที่ดินบางส่วนบน Platform จะไม่ทำให้เกิดแรงดันดินด้านข้างหรือเกิดขึ้นน้อยลง
2. ลดระดับจุดกระทำของแรงดันดินด้านข้างให้ต่ำลง ในขณะที่เพิ่มน้ำหนักดินเนื่องจากดินและน้ำหนักบรรทุกที่อยู่เหนือ Platform ขึ้นไปทำให้โอกาสในการพลิกคว่ำ (Overturning) น้อยลงมาก
3. มีเข็มเป็นฐานรากที่รับน้ำหนักในแนวตั้งได้ดี จึงสามารถรับน้ำหนักบรรทุกที่อยู่บนดินถม

2.4 แบบจำลอง

2.4.1 แบบจำลองทางกายภาพ (Physical model)

แบบจำลองทางกายภาพ มักเรียกกันโดยทั่วไปว่าแบบจำลอง (Model) แต่ต้องแยกให้ออกจากแบบจำลองที่เป็นแบบจำลองเชิงแนวคิด (Conceptual model) เป็นเสมือนการคัดลอก (Copy) กายภาพของวัตถุนั้นซึ่งอาจจะมีขนาดเล็ก (เช่น อะตอม) หรืออาจจะมีขนาดใหญ่ (เช่น ระบบสุริยะ) ก็ได้ ในกรณีที่สเกลเป็นคุณสมบัติที่สำคัญ ขนาดของแบบจำลองและวัตถุจริงนั้น มักจะมีการปรับสเกลใหม่ (Rescaling) เกิดขึ้น อย่างไรก็ตาม ในหลายๆ กรณีความคล้ายคลึงระหว่างแบบจำลองกับวัตถุจริงอาจเป็นแค่การประมาณหรืออาจเกิดจากการจงใจทำให้ผิดเพี้ยนก็เป็นได้ ซึ่งบางครั้งการทำให้ผิดเพี้ยนก็เป็นหนึ่งในระบบที่ดำเนินการในการสร้างแบบจำลองทางกายภาพ คล้ายๆ กับการ Fix สเกลในแนวนอนและ Fix สเกลในแนวตั้งให้ใหญ่กว่า เมื่อต้องการสร้างแผนที่สำหรับพื้นที่ที่มีขนาดใหญ่ (ซึ่งแตกต่างจากการสร้างแบบจำลองภูเขาที่ต้องมีการ Fix ทั้งสองแกน เพื่อให้เกิดความชันที่แท้จริงแบบจำลองทางกายภาพสามารถมองเห็นได้ จากการแสดงแบบจำลองที่ต้องการสื่อข้อมูลต่างๆ นั้นเอง แบบจำลองสามารถเป็นได้ทั้ง วัตถุเชิงกายภาพ (Physical object)

เช่น แบบจำลองสถาปัตยกรรมของตึก ซึ่งแบบจำลองดังกล่าวแสดงให้เห็นถึงความสัมพันธ์ภายในไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระหว่างส่วนประกอบต่างๆ พร้อมกับโครงสร้างหรือความสัมพันธ์ภายนอกของโครงสร้างกับสิ่งแวดล้อม

แบบจำลองทางกายภาพเป็นหนทางที่มีประสิทธิภาพที่สุดในการตรวจสอบ (หรือค้นหา) การไหลของของไหลต่างๆ ในโครงสร้างที่เป็นแบบไฮดรอลิก แบบจำลองดังกล่าว มีสเกลทั้งด้านเรขาคณิตและแรงต่างๆ ที่สำคัญ ตัวอย่างเช่น การใช้สเกลแบบ Froude number หรือ Reynolds number เป็นต้นแบบจำลองทางกายภาพของสิ่งที่มีขนาดใหญ่จะทำให้เล็กลง และบางสิ่ง (ในโลกจริง) ที่เล็กอยู่แล้วก็มักสร้างแบบจำลองให้ใหญ่ขึ้น บางแบบจำลองสามารถเคลื่อนที่ได้เหมือนกับยานพาหนะหรือเครื่องจักร หรืออาจจะไม่สามารถเคลื่อนที่ได้เลยก็ได้ หรืออาจจะมีส่วนที่สามารถเคลื่อนที่ได้ก็เป็นได้ โดยทั่วไปแล้วแบบจำลองทางกายภาพมักจะแสดงส่วนประกอบภายในที่ไม่สามารถเห็นได้ตามปกติ จุดมุ่งหมายของแบบจำลองทางกายภาพที่มีขนาดสเกลเล็กก็เพื่อทำให้เห็นภาพรวมของสิ่งนั้นได้ขึ้นกว่าเดิม เช่น ของเล่นที่จำลองมาจากวัตถุจริงแบบต่างๆ เป็นต้น และจุดมุ่งหมายของแบบจำลองทางกายภาพที่มีขนาดสเกลใหญ่ก็เพื่อแสดงให้เห็นโครงสร้างของสิ่งต่างๆ ที่ปกติแล้วไม่สามารถเห็นได้โดยง่าย (อาจเพราะมีขนาดเล็กจนเกินไป หรือไม่สามารถมองด้วยตาเปล่าได้) เช่น แบบจำลองของแมลงต่างๆ หรือแบบจำลองของโมเลกุล

แบบจำลองทางกายภาพของสัตว์เป็นสิ่งที่แสดงให้เห็นการรวมกันของส่วนประกอบต่างๆ ทางกายภาพโดยที่สัตว์เหล่านั้นไม่ได้เดินหรือบินหนีไปและปราศจากอันตราย

2.4.2 แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ (Numerical model)

แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ (Numerical model) ถูกสร้างในโปรแกรม PLAXIS 2D ซึ่งเป็นโปรแกรมสำหรับงานวิศวกรรมธรณีเทคนิค (Geotechnical Engineering) โดยเฉพาะ ซึ่งวิเคราะห์ด้วย Finite Element Method แบบ 2 มิติ สำหรับการวิเคราะห์การเปลี่ยนรูป (Deformation) และเสถียรภาพ ของงานธรณีเทคนิค

โปรแกรม PLAXIS 2D เป็นโปรแกรมด้านธรณีเทคนิคที่เป็นที่นิยมใช้กันมากที่สุดในโลก เพราะสามารถวิเคราะห์ได้แม่นยำ สามารถใส่ค่าตัวแปรของดิน (Parameters) แต่ละประเภทได้เอง โดยสามารถทำเป็นฐานข้อมูลดินไว้ได้ (Soil Database) สามารถวิเคราะห์แรงกระทำระหว่างตัวอาคารและดินได้ สามารถโมเดลการวิเคราะห์ขั้นสูงแบบ Non-Linear, time dependent and anisotropic พฤติกรรมของดิน และหิน โดยกำหนดวัสดุหลายๆเฟสได้ (multi phase material) สามารถที่จะกำหนดแรงดันของน้ำในดิน โดยการกำหนดหรือสร้างโมเดลเป็นกราฟิกเพื่อให้ง่ายในการเข้าใจ

ค่าโมดูลัสความยืดหยุ่นของยัง (Young's modulus, E) คือคุณสมบัติความยืดหยุ่นของดิน และแสดงถึงความแข็งแรงของดิน โดยหาได้จากอัตราส่วนระหว่าง ความเค้น (Stress) ตามแนวแกนกับความเครียด (Strain) ตามแนวแกน ในช่วงที่ดินมีพฤติกรรมแบบอีลาสติคนอกจากนี้ค่าโมดูลัสยืดหยุ่นยังถูกนำมาใช้ประมาณค่าการทรุดตัวและวิเคราะห์การเปลี่ยนรูปของดิน

โมดูลัสความยืดหยุ่นสามารถประมาณได้จากการทดสอบในห้องปฏิบัติการ เช่น การทดสอบ Triaxial การทดสอบในสนาม เช่น การตอกทดสอบ (Standard Penetration Test) การทดสอบ Cone Penetration test และการปรับแก้ค่าจากคุณสมบัติอื่นของดินตัวอย่าง

Typical values of soil Young's modulus for different soils according to USC

In general, the soil stiffness and elastic modulus depends on the consistency and packing (density) of the soil. Typical values of soil Young's modulus are given below as guideline.

ตารางที่ 2.3 Typical values of Young's modulus for granular material (MPa) (based on Obrzud & Truty 2012[7] compiled from Kezdi 1974[8] and Prat et al. 1995[9])

USCS	Description	Loose	Medium	Dense
GW, SW	Gravels/Sand well-graded	30-80	80-160	160-320
SP	Sand, uniform	10-30	30-50	50-80
GM, SM	Sand/Gravel silty	7-12	12-20	20-30

ตารางที่ 2.4 Typical values of Young's modulus for cohesive material (MPa) (based on Obrzud & Truty 2012[7] compiled from Kezdi 1974[8] and Prat et al. 1995[9])

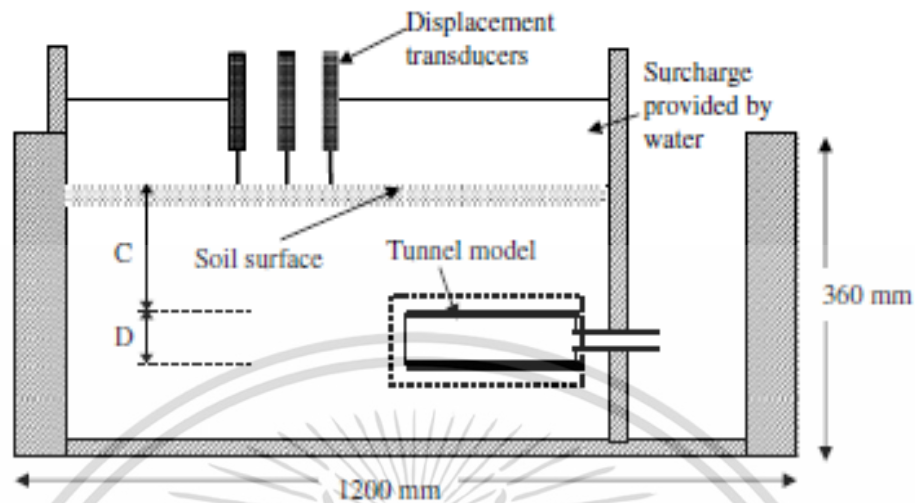
USCS	Description	Very soft to soft	Medium	Stiff to very stiff	Hard
ML	Silts with slight plasticity	2.5 - 8	10 - 15	15 - 40	40 - 80
ML, CL	Silts with low plasticity	1.5 - 6	6 - 10	10 - 30	30 - 60
CL	Clays with low-medium plasticity	0.5 - 5	5 - 8	8 - 30	30 - 70
CH	Clays with high plasticity	0.35 - 4	4 - 7	7 - 20	20 - 32
OL	Organic silts	-	0.5 - 5	-	-

2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

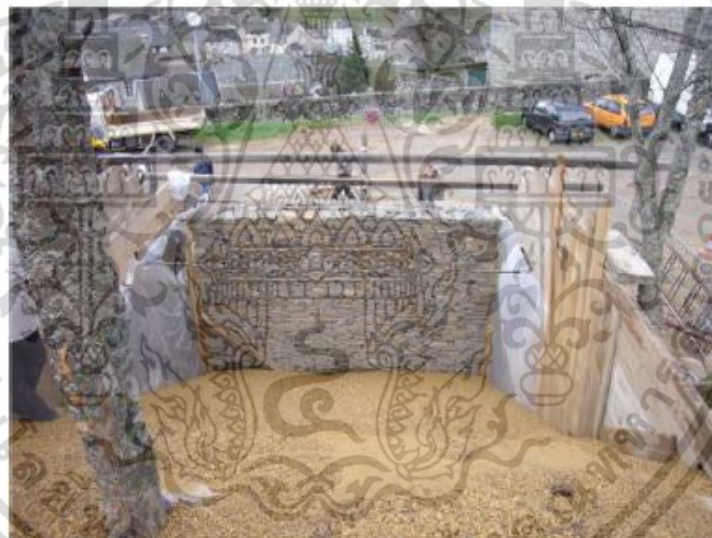
1. M.A. Meguid, O. Saada, M.A. Nunes, J. Mattar (2007) [10] ใช้แบบจำลองวิเคราะห์งานชุดเพื่อสร้างอุโมงค์ในชั้นดินอ่อน เพื่อทำเป็นข้อมูลทางสถิติเกี่ยวกับการเคลื่อนตัวของ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อุโมงค์และการพิบัติของชั้นดินอ่อนบริเวณข้างเคียง โดยใช้ท่อเหล็กจำลองเป็นอุโมงค์ ฝังไปในชั้นดินอ่อนและใช้น้ำหนักกดทับเพื่อศึกษาพฤติกรรมการทรุดตัวของอุโมงค์



รูปที่ 2.30 แบบจำลองของ Meguid and Saada



รูปที่ 2.31 แบบจำลองของ Anne, Morela, Garnier

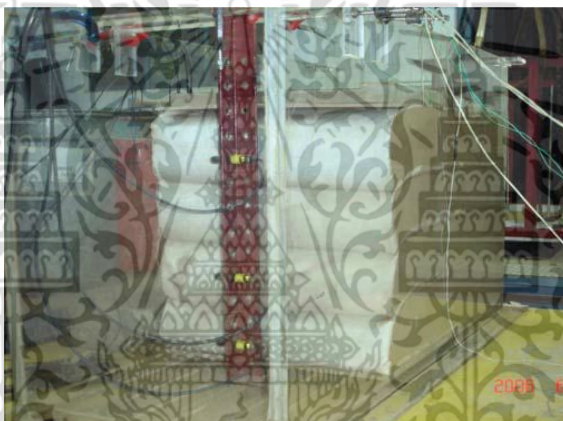
2. Anne-Sophie Colas a,1, Jean-Claude Morela, , Denis Garnier(2009)[11] ได้ทำการศึกษาพฤติกรรมการพังของดินทราย และลักษณะการพังของกำแพงกันดิน โดยใช้หินก่อสูง 2.5 เมตร ติดตั้งอุปกรณ์วัดการเคลื่อนตัวต่างๆ ความสูง 25 เซนติเมตร จากนั้นปล่อยทรายเข้าบริเวณกำแพงและวัดการเคลื่อนตัวจนกำแพงพัง พบว่าลักษณะการพังของกำแพง จะขึ้นกับกำลังรับแรงเฉือนของวัสดุ และความแข็งแรงของข้อต่อระหว่างกำแพง กับฐานรากของกำแพง ซึ่งจะทำให้เกิดมุมของการพังที่แตกต่างกัน

3. Mundell,c and McCombie (2009) [12] ศึกษาและวิเคราะห์เสถียรภาพของโครงสร้างกันดินโดยใช้แบบจำลอง และวัสดุ 2 ชนิดคือไม้และอิฐคอนกรีต ที่มีรูปทรงแตกต่างกันมาใช้ในแบบจำลอง นำผลที่ได้จากแบบจำลองไปวิเคราะห์โดยใช้สมการทางคณิตศาสตร์ เพื่อเป็นเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อใช้ในการศึกษาวิจัยเท่านั้น ไม่สามารถนำผลไปใช้ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

องค์ประกอบในการใช้ออกแบบงานงานวิจัยที่มีขนาดของโครงสร้างกันดินที่ใหญ่เท่าขนาดจริง ดังที่แสดงในรูปที่ 2.37



รูปที่ 2.32 แบบจำลองของ Mundell and Mccombie



รูปที่ 2.33 แบบจำลองของ Murali and Madhavi

4. Murali Krishna, and G. Madhavi Latha (2012) [13] ศึกษาแบบจำลองโครงสร้างกันดิน โดยใช้แผ่นใยแก้วสังเคราะห์(Geotextile) เป็นตัวเสริมประสิทธิภาพการรับแรง และรับแรงด้านข้างแทนโครงสร้างกันดิน จากนั้นวางแบบจำลองบนโต๊ะเขย่าเพื่อทำให้เกิดแรงสั่นสะเทือน ใช้อุปกรณ์ตรวจวัดการเคลื่อนตัว แรงดันด้านข้าง และความเร่งจากการสั่นสะเทือน พบว่า การเพิ่มความยาวแผ่นใยแก้วสังเคราะห์ และระยะการเสริม จะมีเสถียรภาพในการรับแรงเพิ่มขึ้น เมื่อมีความเร่งเพิ่มขึ้น ดังที่แสดงในรูปที่ 2.38

5. B. Villemus, J.C. Morel, C. Boutin (2014) [14] ได้สร้างแบบจำลองการพังของโครงสร้างกันดิน 5 แบบจำลอง โดยใช้หินซีสต์ และหินปูน สร้างแบบกำแพงโดยเปลี่ยนความสูงตั้งแต่ 2 เมตร ถึง 4 เมตร และมีการจัดเรียงต่างกัน เช่นการเรียงหินขนาดใหญ่ไว้ ด้านนอก และขนาดเล็กไว้ ด้านใน รวมทั้งมุมลาดเอียงกำแพง และใช้กล้องวีดีโอถ่าย พร้อมกับใช้เซนเซอร์เป็นตัววัดค่าการเคลื่อนตัว ซึ่งพบว่า ผลที่ได้คือแต่ละแบบจำลองมีประสิทธิภาพที่แตกต่างกัน มีน้ำหนักกระทำที่กำแพงต่างกันและ มีมุมการพังที่แตกต่างกัน

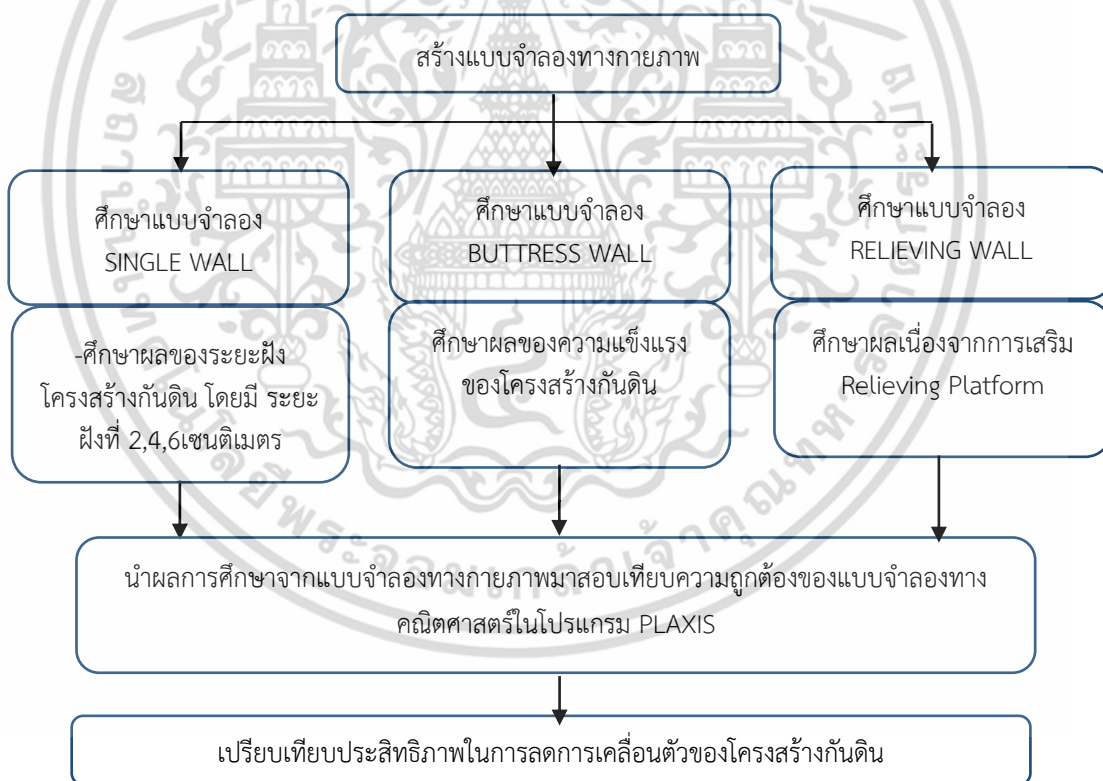
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

วิธีดำเนินงานวิจัย

3.1 บทนำ

ในการศึกษาครั้งนี้เป็นการศึกษาเชิงเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการลดการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดินที่จำลองการถมดินที่ส่งผลต่อการเคลื่อนตัวของกำแพงกันดิน โดยศึกษาด้วยแบบจำลองทางกายภาพ (Physical Model) ในสภาวะ 1-G และทำการสอบเทียบเพื่อใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ (Numerical Model) โดยใช้โปรแกรม PLAXIS ศึกษาพฤติกรรมที่ซับซ้อนและหลากหลายมากขึ้น ซึ่งผลที่ได้จากทั้งสองแบบจำลองทางกายภาพ (Physical Model) จะถูกนำมาเลือกแบบรูปแบบกำแพงกันดินที่มีประสิทธิภาพ และนำมาศึกษาต่อเนื่องด้วยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ (Numerical Model) เพื่อใช้ในการวิเคราะห์หารูปแบบของการจัดวางกำแพงกันดินที่มีประสิทธิภาพในการลดการเคลื่อนตัวได้สูงสุด โดยกระบวนการในการศึกษาครั้งนี้สามารถนำเขียนเป็นแผนผังได้ ดังแสดงในรูปที่ 3.1



รูปที่ 3.1 กระบวนการในการศึกษาประสิทธิภาพในการลดการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 การกำหนดขนาดและวัสดุในแบบจำลอง

3.2.1 แบบจำลองทางกายภาพ

ในการศึกษาครั้งนี้แบบจำลองทางกายภาพถูกย่อขนาดโดยใช้ขนาดของโครงสร้างกันดินแบบ Secant pile wall ที่มีใช้อยู่จริงอ้างอิงจากงานวิจัยของ ณรงค์ ทัศนนิพันธ์, กมล สิงโตแก้ว และชาญชัย ทรัพย์มณีวงศ์ (2550) [15] และงานวิจัยของวันชัย เทพรักษ์ (2557) [16] ซึ่งมีการศึกษาทาง Secant pile wall โดยมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.00 เมตร และยาว 30 เมตร เมื่อย่อขนาดลง 100 เท่าจะได้ขนาดของโครงสร้างกันดินที่ใช้ในแบบจำลองทางกายภาพคือเส้นผ่านศูนย์กลาง 3/8 นิ้ว (ประมาณ 1 เซนติเมตร) และยาว 30 เซนติเมตร ดังนั้นแบบจำลองที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้จึงมีขนาดที่เล็กกว่าขนาดจริง 100 เท่า

การเตรียมแบบจำลองทางกายภาพในสภาวะ 1 G เป็นขั้นตอนในการเลือกวัสดุที่มีคุณสมบัติเหมาะสมสำหรับการสร้างแบบจำลองทางกายภาพขนาดเล็ก และกำหนดขนาดของส่วนประกอบต่างๆ ในแบบจำลองให้สามารถแสดงพฤติกรรมการพิบัติได้อย่างชัดเจน

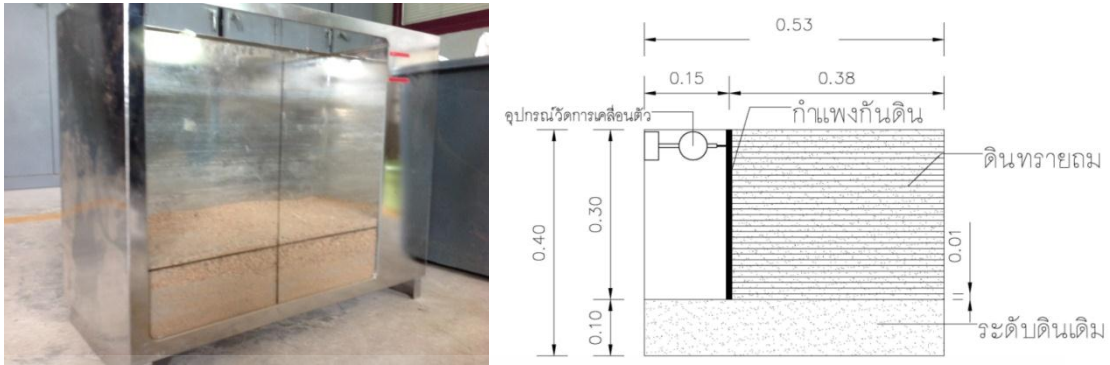
สำหรับการศึกษานี้มีการทดสอบแบบจำลองเบื้องต้นก่อนการศึกษา เพื่อเลือกวัสดุสำหรับจำลองแทนโครงสร้างกันดิน ขนาดและตำแหน่งในการติดตั้งโครงสร้างกันดิน ชนิดของดินตัวอย่าง และความสูงในการถมดิน เป็นต้น ส่วนประกอบที่สำคัญในแบบจำลองทางกายภาพ ประกอบด้วย 3 ส่วนดังต่อไปนี้

3.2.1.1 ก่อแบบจำลองกายภาพ

แบบจำลองทางกายภาพมีลักษณะเป็นกล่องสี่เหลี่ยมทำจากวัสดุสแตนเลส(Stainless) ที่มีความแข็งแรง เพื่อป้องกันการโก่งตัวเมื่อบรรจุดินตัวอย่างลงในกล่องแบบจำลองทางกายภาพ

ขนาดของกล่องแบบจำลองกายภาพถูกกำหนดจากเส้นระนาบการพิบัติ(Slip surface) ของดินถมโดยแบบจำลองจะต้องสามารถจำลองการพิบัติได้อย่างเต็มที่ และสามารถสังเกตเห็นระนาบการพิบัติได้อย่างชัดเจน เนื่องจากระนาบการพิบัติของดินถมเป็นปัจจัยหนึ่งที่ใช้สำหรับการวิเคราะห์ประสิทธิภาพในการลดการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดิน

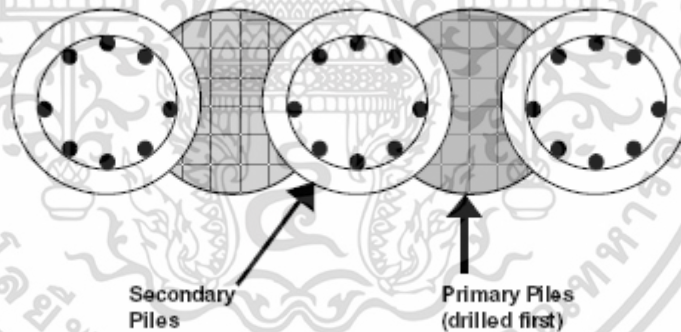
ขนาดความกว้างและความสูงของกล่องแบบจำลองถูกพิจารณาจากเส้นระนาบการพิบัติที่ถูกประมาณจากทฤษฎีของ Coulomb ซึ่งกล่าวไว้ในหัวข้อที่ 2.2.3.1 เส้นระนาบการพิบัติที่เกิดขึ้นจะทำมุม $45 \pm \frac{\theta}{2}$ กับแนวระนาบที่ปลายกำแพงกันดิน จากนั้นจึงทำการทดลองเบื้องต้นเพื่อสังเกตแนวโน้มของระนาบการพิบัติที่เกิดขึ้นจริง ดังนั้นในการศึกษาครั้งนี้จึงเลือกใช้กล่องที่มีอยู่แล้วในห้องปฏิบัติการที่มีขนาดความสูง 0.40 เมตร ยาว 0.53 เมตร และกว้าง 0.24 เมตร ดังแสดงในรูปที่ 3.2



รูปที่ 3.2 ขนาดและลักษณะของกล่องแบบจำลองทางกายภาพ

3.2.1.2 โครงสร้างกันดิน

โครงสร้างกันดินจำลองในการศึกษานี้เป็นการจำลองโครงสร้างกันดินแบบ Secant Pile Walls ดังแสดงในรูปที่ 3.3 ซึ่งเป็นโครงสร้างกันดินที่ใช้เสาเข็มเจาะเรียงกันเป็นแนวยาว และเสาเข็มแต่ละต้นไม่สามารถเคลื่อนตัวแยกกันได้ Secant Pile Wall จะถูกออกแบบให้ใช้สำหรับรับแรงดันดินคล้ายการออกแบบ Diaphragm Wall ในขั้นต้นทุกประการ โดยในแบบจำลองทางกายภาพได้จำลองเสาเข็มด้วยแท่งอะลูมิเนียมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 3/8 นิ้ว (ประมาณ 0.952 เซนติเมตร) และมีความยาว 30 เซนติเมตร ดังแสดงในรูปที่ 3.4



รูปที่ 3.3 ลักษณะของโครงสร้างกันดินแบบSecant pile wall



รูปที่ 3.4 ลักษณะการเรียงแท่งอะลูมิเนียมเป็นแบบจำลองโครงสร้างกันดิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

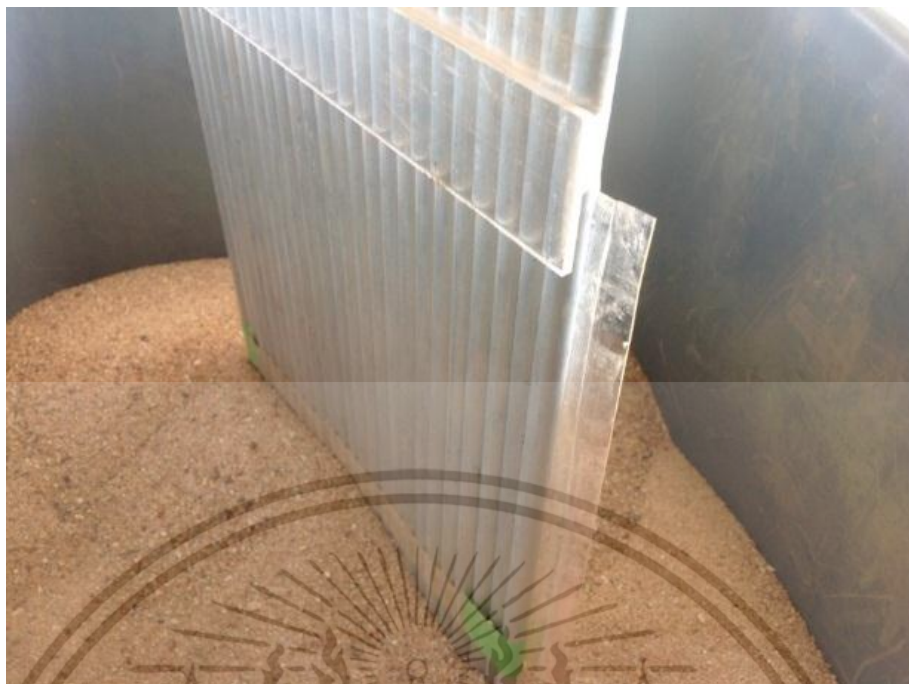
ความกว้างของการเรียงแท่งอะลูมิเนียมถูกกำหนดจากความเหมาะสมของขนาดแบบจำลอง เพื่อให้มีช่องว่างระหว่างผนังกล่องแบบจำลองกับโครงสร้างกันดินน้อยที่สุดสำหรับความยาวกำหนดให้มีความเหมาะสมกับความสูงของกล่องแบบจำลองและความสูงของดินถม รวมถึงตำแหน่งที่ติดตั้งอุปกรณ์วัดการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดิน

ตำแหน่งติดตั้งโครงสร้างกันดินจะถูกติดตั้งห่างจากด้านซ้ายของกล่องแบบจำลอง 0.15 เมตร ดังรูปที่ 3.2 ซึ่งเป็นตำแหน่งที่เหมาะสมที่สามารถเห็นระนาบการพิบัติของดินถมด้าน Passive ได้อย่างชัดเจน

บริเวณปลายด้านบนของแท่งอะลูมิเนียมเรียงกันดิน มีการยึดด้วยแผ่นอะคริลิก เพื่อจำลองเป็น Capping beam เพื่อไม่ให้แท่งอะลูมิเนียมแยกกัน ดังแสดงในรูปที่ 3.5 และด้านข้างของโครงสร้างกันดินจำลองที่ติดกับกล่องแบบจำลองนี้มีการติดแผ่นพลาสติกทากาจารปีเพื่อป้องกันดินตัวอย่างร่วนไหล และลดแรงเสียดทานระหว่างโครงสร้างกันดินกับกล่องแบบจำลอง ดังแสดงในรูปที่ 3.6



รูปที่ 3.5 Capping beam ยึดแท่งอะลูมิเนียม



รูปที่ 3.6 แผ่นพลาสติกทาจารบีเพื่อป้องกันดินตัวอย่างรั่วไหลและลดแรงเสียดทานระหว่างโครงสร้างกับดินกับกล่องแบบจำลอง

3.2.1.3 ดินตัวอย่าง

ในงานวิจัยนี้ทำการศึกษาโดยใช้แบบจำลองทางกายภาพ(Physical model) ซึ่งดินตัวอย่างที่ใช้เป็นดินทรายเพื่อให้สะดวกในการเตรียมตัวอย่างดินทราย และไม่มีค่าความยึดเหนี่ยวภายใน (Cohesion) ซึ่งมีทดสอบคุณสมบัติของดินตัวอย่างดังต่อไปนี้

- 1.ทดสอบ Grain Size Analysis เพื่อหาขนาดคละของดินตัวอย่าง (มาตรฐานอ้างอิง: ASTM D 422 – 63)
- 2.ทดสอบ Specific Gravity of Soil เพื่อหาความถ่วงจำเพาะของเม็ดดิน (มาตรฐานอ้างอิง: ASTM D 854 – 00)
- 3.ทดสอบ Direct Shear Test เพื่อหาค่ามุมเสียดทานภายในของดินตัวอย่าง (มาตรฐานอ้างอิง: ASTM D 3080) ซึ่งผลการทดสอบคุณสมบัติของดินตัวอย่างได้ผลดังแสดงในตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 คุณสมบัติของดินตัวอย่าง

ชนิดของดิน	ความถ่วงจำเพาะ, Gs	มุมเสียดทานภายใน, ϕ (ดีกรี)
SP	2.62	28

สาเหตุที่เลือกดินทรายมาใช้เป็นดินตัวอย่างในการศึกษาด้วยแบบจำลอง

- 1.ดินทรายเป็นดินที่สามารถเปลี่ยนรูปไปตามลักษณะของแบบจำลองได้ดี ซึ่งทำให้สามารถเตรียมตัวอย่างทรายใส่ในแบบจำลองได้สะดวกและไม่เกิดช่องว่างในมวลดิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.เมื่อทำการศึกษาซ้ำใหม่หลายครั้งสามารถทำการจำลองซ้ำได้เหมือนเดิมได้ง่ายกว่าการใช้ดินเหนียว การเตรียมตัวอย่างด้วยวิธี Sand Rain โดยการกำหนดความสูงในการปล่อยทรายคงที่ และการกำหนดขนาดของเม็ดดินให้ใกล้เคียงกัน ซึ่งจะทำให้ดินทรายมีความแน่นเหมือนเดิมทุกครั้งที่ทำทดลอง

3.สามารถตรวจสอบระนาบการพิบัติได้อย่างชัดเจน

4.ระหว่างทำการทดสอบจะเกิดฝุ่นขึ้นซึ่งเป็นอุปสรรคในการทำการศึกษา การไม่เลือกใช้ดินทรายที่มีขนาดเล็กกว่าตะแกรง เบอร์ 200 ทำให้เกิดฝุ่นน้อยลง

3.2.2 แบบจำลองทางคณิตศาสตร์

แบบจำลองทางคณิตศาสตร์เป็นการจำลองพฤติกรรมการผกผันดินที่ใช้โครงสร้างกันดินและดินถมจากแบบจำลองทางกายภาพด้วยโปรแกรมไฟไนท์อีลิเมนต์(Finite Element) ซึ่งในการศึกษานี้เลือกใช้โปรแกรม PLAXIS

การเลือกใช้ค่าคุณสมบัติของดินถมและโครงสร้างกันดินสำหรับสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ และทำการสอบเทียบความถูกต้องจากผลการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดินจากแบบจำลองทางกายภาพในสภาวะ 1 G โดยกำหนดขนาดของแบบจำลองในโปรแกรม PLAXIS ซึ่งได้ใช้ค่าคุณสมบัติของโครงสร้างกันดินดังแสดงในตารางที่ 3.2 และคุณสมบัติของดินตัวอย่าง ดังแสดงในตารางที่ 3.3

ตารางที่ 3.2 คุณสมบัติของโครงสร้างกันดินในแบบจำลองคณิตศาสตร์

โมเมนต์ความเฉื่อย, I ,(kN/m)	มอดูลัสยืดหยุ่น, E (kN/m)	อัตราส่วนปัวซอง,ν	พื้นที่, A,(m ²)
6.2×10^{-9}	2×10^6	0.334	6.9×10^{-4}

ตารางที่ 3.3.คุณสมบัติของดินถมในแบบจำลองคณิตศาสตร์

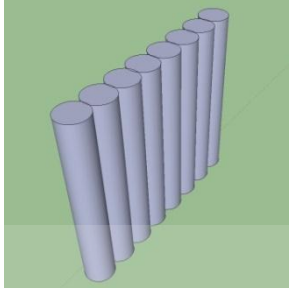
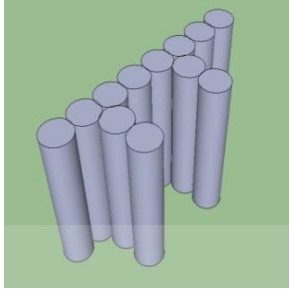
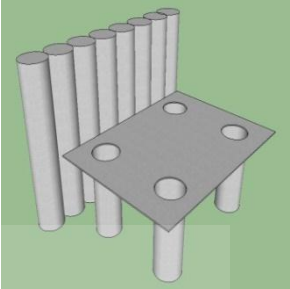
ชนิดดิน	ความถ่วงจำเพาะ, γ(kN/m)	มอดูลัสยืดหยุ่นเฉลี่ย, Eavg(kN/m)	อัตราส่วนปัวซอง,ν	มุมเสียดทาน, Ø(ดีกรี)
ทราย	18	1×10^4	0.300	28

3.3 แบบจำลองโครงสร้างกันดิน

3.3.1 แบบจำลองทางกายภาพ

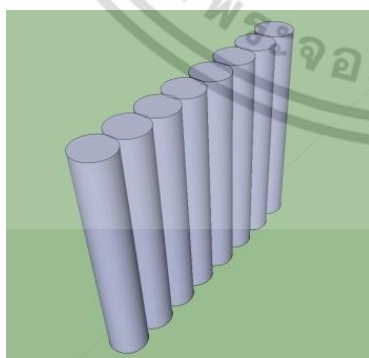
สำหรับการศึกษาดูด้วยแบบจำลองทางกายภาพเป็นการศึกษาการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดิน ซึ่งรูปแบบของแบบจำลองทางกายภาพในการศึกษานี้ประกอบด้วย 3 แบบจำลอง ดังตารางที่ 3.4

ตารางที่ 3.4 ลักษณะและขนาดของแบบจำลองโครงสร้างกันดิน

<p>แบบจำลอง กำแพงกันดิน (Wall Model)</p>	 <p>แบบจำลอง Single wall</p>	 <p>แบบจำลอง Buttress wall</p>	 <p>แบบจำลอง Relieving wall</p>
<p>ขนาด (Size)</p>	<p>แท่งอะลูมิเนียม \varnothing 3/8 นิ้ว ยาว 30 ซม. จำนวน 24 แท่ง ขนาดแบบจำลอง 22.5x30 cm.</p>	<p>แท่งอะลูมิเนียม \varnothing 3/8 นิ้ว ยาว 30 ซม. จำนวน 24 แท่ง ขนาดแบบจำลอง 22.5x30 cm. พร้อมครีบกจำนวน 3 แถว แถวละ 3 แท่ง</p>	<p>แท่งอะลูมิเนียม \varnothing 3/8 นิ้ว ยาว 30 ซม. จำนวน 24 แท่ง ขนาดแบบจำลอง 22.5x30 cm. พื้นกระดานขนาด 20x22.5 cm.</p>

3.3.1.1 แบบจำลองศึกษาผลของระยะฝังโครงสร้างกันดินในแบบจำลองกายภาพ

แบบจำลองศึกษาผลของระยะฝังโครงสร้างกันดินในแบบจำลองกายภาพหรือ Single Wall เป็นการจำลองโครงสร้างกันดินที่สร้างจากแท่งอะลูมิเนียมวางเรียงกันเป็นแถวเดียว ดังแสดงในรูปที่ 3.5 เพื่อศึกษาพฤติกรรมและการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดินที่เปลี่ยนไป และ มุมที่เกิดขึ้นจากระนาบการพิบัติ เมื่อเพิ่มระยะฝังโครงสร้างกันดิน เพื่อใช้ในการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่าง นอกจากนี้แบบจำลองนี้ยังใช้เป็นตัวเปรียบเทียบประสิทธิภาพกับแบบจำลองอื่น

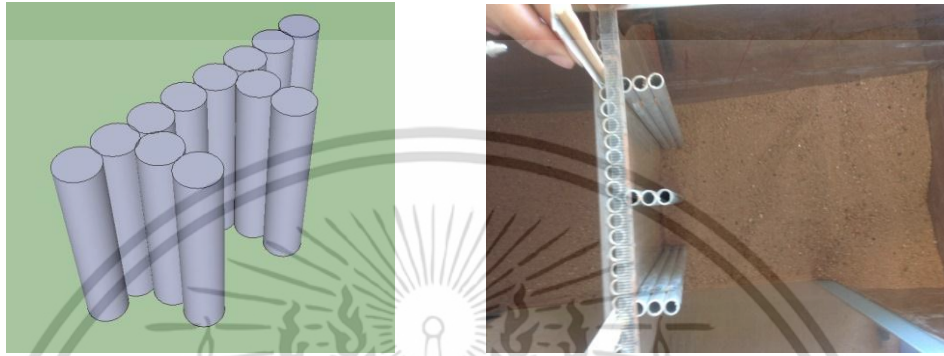


รูปที่ 3.7 ลักษณะของแบบจำลอง Single wall

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.1.2 แบบจำลองศึกษาผลของความแข็งแรงของโครงสร้างกันดิน


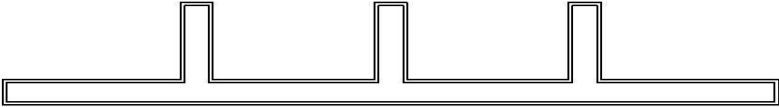
แบบจำลองที่ 2 Buttress wall เป็นการจำลองโครงสร้างกันดินที่สร้างจากแท่งอลูมิเนียมวางเรียงกันเป็นแถวเดียวและเพิ่มครีบก้ำยัน (Buttress) จำนวน 3 แถว แถวละ 3 แท่ง ดัง แสดงในรูปที่ 3.8 เพื่อศึกษาการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดิน และมุมที่เกิดขึ้นจากระนาบการพิบัติ เมื่อความแข็งแรงของโครงสร้างกันดินเพิ่มขึ้น โดยเปรียบเทียบข้อมูลกับแบบจำลอง Single wall



รูปที่ 3.8 ลักษณะของแบบจำลอง Buttress wall

สำหรับตัวแปรของกำแพงกันดินแบบ Single wall และแบบจำลองกำแพงกันดินแบบ Buttress wall ที่นำมาใช้เปรียบเทียบประสิทธิภาพการป้องกันการเคลื่อนตัวในการขุดดินในแบบจำลองคือค่าโมเมนต์ความเฉื่อย (Moment of inertia) ที่แตกต่างกันของแบบจำลองกำแพงกันดินทั้งสอง ซึ่งมีวิธีที่ใช้ในการคำนวณดังต่อไปนี้

ตารางที่ 3.5 รายการคำนวณค่า Moment of Inertia ของแบบจำลองโครงสร้างกันดิน

ค่า Moment of Inertia ของ โครงสร้างกันดิน แบบ Single Wall	 $I = \frac{bd^3}{12}$ $I_1 = \frac{23.088 \times 0.962^3}{12}$ $I_1 = 1.713 \text{ ซม.}^4$ $I_2 = \frac{22.858 \times 0.732^3}{12}$ $I_2 = 0.747 \text{ ซม.}^4$ $I_{\text{รวม}} = I_1 - I_2 = 0.966 \text{ ซม.}^4$
ค่า Moment of Inertia ของ โครงสร้างกันดิน แบบ Buttress	 $I_y = \left[(0.962 \times 2.886) \times \left(0.962 + \frac{2.886}{2} \right) \right] \times 3 + \left[(0.962 \times 23.088) \times \left(\frac{0.962}{2} \right) \right]$ $I_y = \left[(0.962 \times 2.886) \times 3 \right] + (0.962 \times 23.088)$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์สำหรับการใช้งาน [(0.962 × 2.886) × 3] + (0.962 × 23.088) ที่ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Wall	$= 1.006 \text{ ซม.} = c_1, c_2 = 2.842 \text{ ซม.}$ $I = \frac{bd^3}{12} + Ad^2$ $I_1 = \left[\frac{0.962 \times 2.886^3}{12} + (0.962 \times 2.886) \times \left(2.842 - \frac{2.886}{2} \right)^2 \right] \times 3$ $+ \left[\frac{23.088 \times 0.962^3}{12} + (23.088 \times 0.962) \times \left(1.006 - \frac{0.962}{2} \right)^2 \right]$ $I_1 = 29.917 \text{ ซม.}^4$ $y = \frac{[(0.732 \times 2.886) \times (0.962 + \frac{2.886}{2})] \times 3 + [(0.732 \times 22.858) \times (\frac{0.732}{2})]}{[(0.732 \times 2.886) \times 3] + (0.732 \times 22.858)}$ $= 0.926 \text{ ซม.} = c_1, c_2 = 2.692 \text{ ซม.}$ $I_2 = \left[\frac{0.732 \times 2.886^3}{12} + (0.732 \times 2.886) \times \left(2.692 - \frac{2.886}{2} \right)^2 \right] \times 3$ $+ \left[\frac{22.858 \times 0.732^3}{12} + (22.858 \times 0.732) \times \left(0.926 - \frac{0.732}{2} \right)^2 \right]$ $I_2 = 20.281 \text{ ซม.}^4$ $I_{\text{รวม}} = I_1 - I_2 = 9.636 \text{ ซม.}^4$
------	---

จากการคำนวณพบว่า การเพิ่มครีบก้อนทำให้ค่าโมเมนต์ความเฉื่อย (Moment of inertia) ของโครงสร้างกันดินมีค่าเพิ่มขึ้น เมื่อเปรียบเทียบกับแบบจำลอง Single wall ดังแสดงในตารางที่ 3.6 โดยมีค่าเพิ่มขึ้นประมาณ 10 เท่า

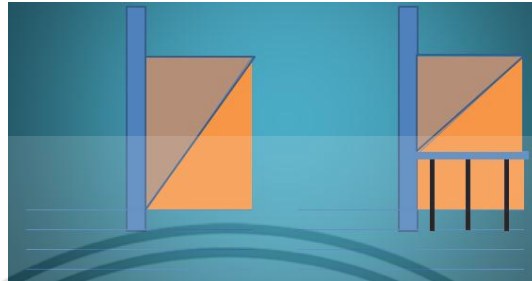
ตารางที่ 3.6 เปรียบเทียบค่า Moment of inertia ระหว่าง แบบจำลอง Single wall กับ แบบจำลองButtress wall

แบบจำลอง	ค่าโมเมนต์ความเฉื่อย (เซนติเมตร ⁴)
Single wall	0.966
Buttress wall	9.636

3.3.1.3 แบบจำลองศึกษาผลของการลดแรงดันดินด้านข้างโดยใช้ Relieving platform

แบบจำลองที่ 3 Relieving wall เป็นการจำลองโครงสร้างกันดินที่สร้างจากแท่งอลูมิเนียมวางเรียงกันเป็นแถวเดียวและเพิ่มพื้น platform บนแท่งอลูมิเนียมยาว 15 เซนติเมตรจำนวน 9 แท่ง จำลองเสมือนเป็นเสาเข็มรับน้ำหนักพื้น platform เพื่อกระจายเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

น้ำหนักของดินถมสูงแนวตั้งมากขึ้น ส่งผลให้แรงดันดินด้านข้างที่กระทำต่อโครงสร้างกันดินลดลง ในแบบจำลองนี้มีการการศึกษาการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดิน และมุมที่เกิดขึ้นจากระนาบการพิบัติ เมื่อแรงที่กระทำด้านข้างลดน้อยลง โดยการเปรียบเทียบข้อมูลกับแบบจำลอง Single wall ระหว่างเพิ่มความสูงของดินถม และที่จุดพิบัติ



รูปที่ 3.9 พื้นที่การพิบัติของดินถมที่ลดลงเนื่องจากการเสริม Relieving platform



รูปที่ 3.10 ลักษณะของแบบจำลอง Relieving wall

3.3.2 แบบจำลองทางคณิตศาสตร์

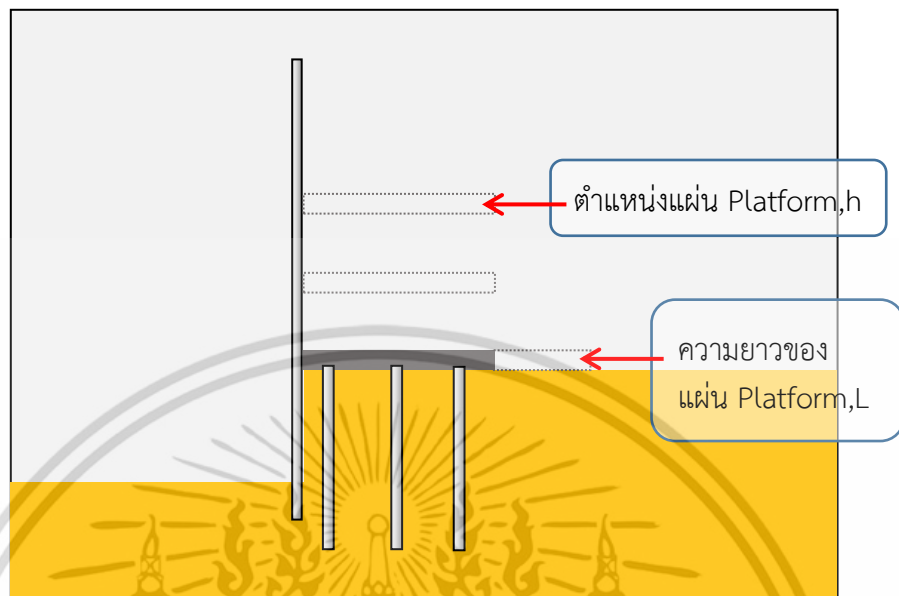
การศึกษาการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดินด้วยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ ได้เลือกทำการศึกษาประสิทธิภาพในการลดการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดินวิธี Relieving Platform นำมาศึกษาการจัดรูปแบบของพื้น Platform ต่างๆกัน เพื่อขยายความเข้าใจของรูปแบบกำแพงกันดินวิธีนี้ ที่มีแผ่นพื้น Platform เป็นการลดแรงดันดินด้านข้างด้วย และเป็นแบบจำลองที่มีประสิทธิภาพสูงที่สุดใน การลดการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดินภายหลังจากวิเคราะห์จากผลการศึกษาดูด้วยแบบจำลองทางกายภาพเป็นเบื้องต้นแล้ว

ในการวิเคราะห์การเคลื่อนตัวด้วยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์แบ่งออกเป็น 2 ส่วน ได้แก่ การเปลี่ยนขนาดของแผ่น Platform และการเปลี่ยนตำแหน่งของแผ่น Platform ดังแสดงในรูปที่ 3.11

ขนาดและตำแหน่งของแผ่น Relieving platform เป็นปัจจัยหนึ่งที่สำคัญและมีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงของแรงดันดินด้านข้างและเปลี่ยนเป็นแรงกระทำแนวตั้งลงบน Platform (In-Jong Moon, Byoung-Il Kim, Wan-Kyu Yoo and Yong-seok Park, 2013) [17]

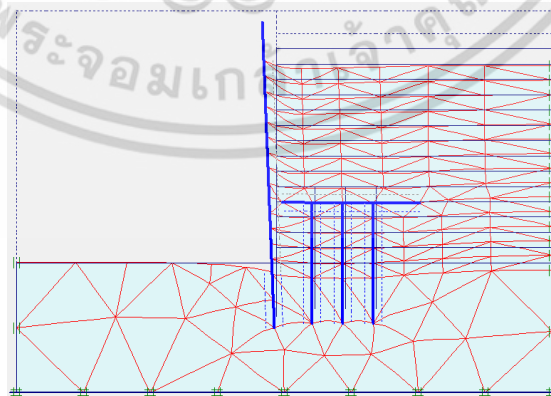
การศึกษาผลกระทบต่อ การเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดิน เนื่องจากตำแหน่งการติดตั้ง Relieving platform ได้แบ่งการวิเคราะห์เป็น 6 ระดับความสูง ประกอบด้วย ความสูง 5 เซนติเมตร จากระดับดินเดิมด้านหน้ากำแพง ซึ่งเป็นระดับการติดตั้งที่ศึกษาในแบบจำลองทางกายภาพ และอีกเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5 ตำแหน่งได้แก่ 7.5, 10, 12.5, 15 และ 17.5 เซนติเมตรจากระดับดินเดิมด้านหน้ากำแพงโดยกำหนดระดับของปลายเสาเข็มอยู่ที่ระดับเดียวกันทุกแบบจำลอง



รูปที่ 3.11 ตัวอย่างแบบจำลองจากโปรแกรม PLAXIS ศึกษาปัจจัยเพิ่มเติมจากแบบจำลอง Relieving wall

ความยาวของแผ่น Platform, L ในแบบจำลองทางกายภาพมีขนาดยาว 20 เซนติเมตรจากตัวกำแพง ซึ่งในแบบจำลองทางคณิตศาสตร์จะทำการศึกษาการเคลื่อนตัวของกำแพงกันดินเมื่อเปลี่ยนขนาดความยาวของ Platform เพิ่มเติมอีก 4 ขนาดคือที่ 10, 15, 25 และ 30 เซนติเมตรจากแนวโครงสร้างกันดิน สำหรับตำแหน่งและความยาวของแผ่น Relieving Platform แสดงรายละเอียดในรูปที่ 3.11 และตัวอย่างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่วิเคราะห์ตำแหน่งความยาวของแผ่น Platform แสดงในรูปที่ 3.12



รูปที่ 3.12 ตัวอย่างแบบจำลองจากโปรแกรม PLAXIS ศึกษาปัจจัยเพิ่มเติมจากแบบจำลอง Relieving wall

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4 ขั้นตอนการดำเนินการศึกษาด้วยแบบจำลองทางกายภาพ

3.4.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในแบบจำลองกายภาพ

1. กล้องแบบจำลองสแตนเลส ขนาด 24×53×40 เซนติเมตร ดังรูปที่ 3.13
2. แท่งอะลูมิเนียม ขนาด 3/8 นิ้ว ยาว 30 เซนติเมตร ใช้สำหรับโครงสร้างกันดิน ดังรูปที่ 3.14
3. แท่งอะลูมิเนียม ขนาด 3/8 นิ้ว ยาว 15 เซนติเมตร ใช้สำหรับแบบจำลองเสาเข็มดังรูปที่ 3.15
4. ดินตัวอย่างดังรูปที่ 3.16
5. อุปกรณ์วัดการเคลื่อนตัว(Dial gauge) 2 ตัว ดังรูปที่ 3.17
6. อุปกรณ์ปล่อยทราย (Sand dropper) ทำจากท่อพีวีซีเจาะรู ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายใน เท่ากับ 7.10 เซนติเมตร ยาว 24.50 เซนติเมตรดังรูปที่ 3.18
7. ผงสีซีโรยเพื่อสังเกตระนาบการพิบัติ ดังรูปที่ 3.19
8. แผ่นอะคริลิก ใช้จำลองเป็นคานยึดตัวแท่งอะลูมิเนียมเอาไว้ด้วยกัน เพื่อจำลองเป็นโครงสร้างกันดินดังรูปที่ 3.20
9. แผ่นพลาสติกใส
10. ไม้บรรทัด



รูปที่ 3.13 กล้องแบบจำลองสแตนเลส



รูปที่ 3.14 แท่งอะลูมิเนียมสำหรับโครงสร้างกันดิน

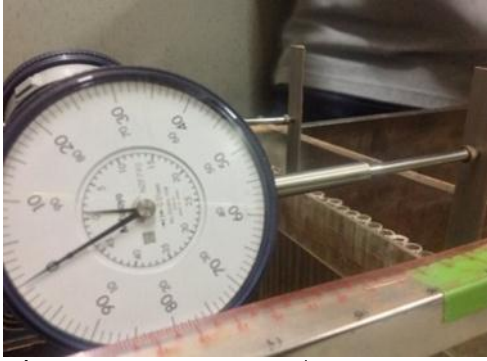


รูปที่ 3.15 แท่งอะลูมิเนียม สำหรับเสาเข็ม



รูปที่ 3.16 ดินตัวอย่าง

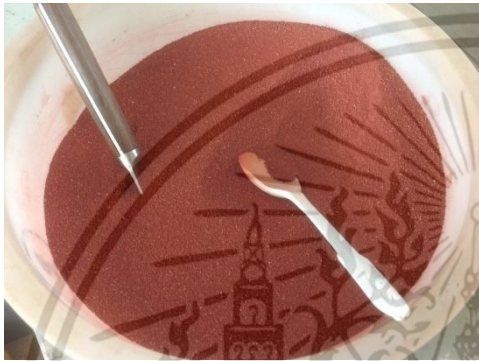
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.17 อุปกรณ์วัดการเคลื่อนตัว(Dial gauge)



รูปที่ 3.18 อุปกรณ์ปล่อยทราย(Sand dropper)



รูปที่ 3.19 ผงสีใช้โรยเพื่อสังเกตระนาบการพิบัติ



รูปที่ 3.20 แผ่นอะคลีลิก ใช้จำลองเป็นคานยึด ส่วนบนของโครงสร้างกันดิน

3.4.2. วิธีเตรียมและติดตั้งอุปกรณ์การทดลองในแบบจำลอง

1. คำนวณหาค่าคุณสมบัติของทราย เช่น มุมเสียดทานภายใน(ϕ) ความถ่วงจำเพาะ(γ) แรงยึดเหนี่ยวระหว่างเม็ดดิน(ทราย $c=0$) และหาระยะของระนาบการพังทลายจากแรงดันดินแบบ Active และ Passive ที่เหมาะสมกับแบบจำลองโครงสร้างพร้อมสมมติระยะฝังที่ต้องการศึกษา
2. เตรียมแบบจำลอง พร้อมอุปกรณ์ปล่อยทราย
3. เตรียมแท่งอะลูมิเนียมขนาด 3/8 นิ้ว ยาว 30 เซนติเมตร เพื่อทำเป็นแบบจำลองโครงสร้างกันดิน
4. เตรียมดินทรายตัวอย่างโดยการนำไปอบเพื่อกำจัดความชื้น
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. ทำการถมดินเพื่อเป็นระยะฝังของโครงสร้างกันดิน
5. ติดตั้งอุปกรณ์วัดการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6. นำทรายใส่ลงในอุปกรณ์ปล่อยทราย
7. ปล่อยทรายโดยกำหนดระยะความสูง ให้ตกอย่างอิสระให้ความสูงของการโรยทรายคงที่ลงในแบบจำลองเป็นชั้น เพื่อควบคุมความแน่นของทรายให้คงที่
8. บันทึกผลการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดินที่ระยะความสูงทุกๆ 1 เซนติเมตร โรยผงสีเพื่อสังเกตลักษณะการพิบัติ
9. ทำการทดลองซ้ำข้อ 1-8 โดยทำการเปลี่ยนระยะฝั่งของโครงสร้างกันดินตามที่ต้องการศึกษา



รูปที่ 3.21 เททรายตัวอย่างลงในแบบจำลอง



รูปที่ 3.22 ติดตั้งโครงสร้างกันดินพร้อมปรับระดับโครงสร้างให้ได้แนวตั้ง



รูปที่ 3.23 ทำการติดตั้งอุปกรณ์วัดการเคลื่อนตัวของโครงสร้าง



รูปที่ 3.24 ปล่อยทรายลงในแบบจำลอง

ข. Buttress Wall

1. เททรายลงในแบบจำลองให้ได้ระดับดินเดิมตามที่คำนวณไว้
2. นำโครงสร้างกันดินแบบ Buttress wall ไปติดตั้งลงในแบบจำลอง
3. ปรับ Buttress wall ให้ได้ระดับในแนวตั้ง
4. ทำการถมดินเพื่อเป็นระยะฝั่งของโครงสร้างกันดิน
5. ติดตั้งอุปกรณ์วัดการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดิน
6. นำทรายใส่ลงในอุปกรณ์ปล่อยทราย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7.ปล่อยทรายโดยกำหนดระยะความสูง ที่ตกอย่างอิสระลงในแบบจำลองเป็นชั้นๆตามที่ได้กำหนดไว้

8.บันทึกผลการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดินที่ระยะความสูงทุกๆ 1 เซนติเมตร และระนาบการพิบัติของดินตัวอย่าง

9.ทำการทดลองซ้ำข้อ1-8 โดยทำการเปลี่ยนระยะฝังของโครงสร้างกันดิน



รูปที่ 3.25 แพลนแบบจำลองโครงสร้างกันดินแบบbuttress wall



รูปที่ 3.26 ภาพตัดแบบจำลองโครงสร้างกันดินแบบbuttress wall

ค. Relieving Wall

- 1.เททรายลงในแบบจำลองให้ได้ระดับดินเดิมตามที่คำนวณไว้
- 2.นำโครงสร้างกันดินแบบ Relieving wall ไปติดตั้งลงในแบบจำลอง
- 3.ปรับ Relieving wall ให้ได้ระดับในแนวตั้ง
- 4.ทำการถมดินเพื่อเป็นระยะฝังของโครงสร้างกันดิน
- 5.ติดตั้งอุปกรณ์วัดการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดิน
- 6.นำทรายใส่ลงในอุปกรณ์ปล่อยทราย
- 7.ปล่อยทรายโดยกำหนดระยะความสูง ที่ตกอย่างอิสระลงในแบบจำลองเป็นชั้นๆตามที่ได้กำหนดไว้
- 8.บันทึกผลการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดินที่ระยะความสูงทุกๆ 1 เซนติเมตร และรอยสีเพื่อให้ง่ายต่อการสังเกตระนาบการพิบัติ
- 9.ทำการทดลองซ้ำข้อ1-8 โดยทำการเปลี่ยนระยะฝังของโครงสร้างกันดินตามที่ต้องการศึกษา



รูปที่ 3.27 แบบจำลองโครงสร้างกันดินแบบ Relieving wall ก่อนปูพรม

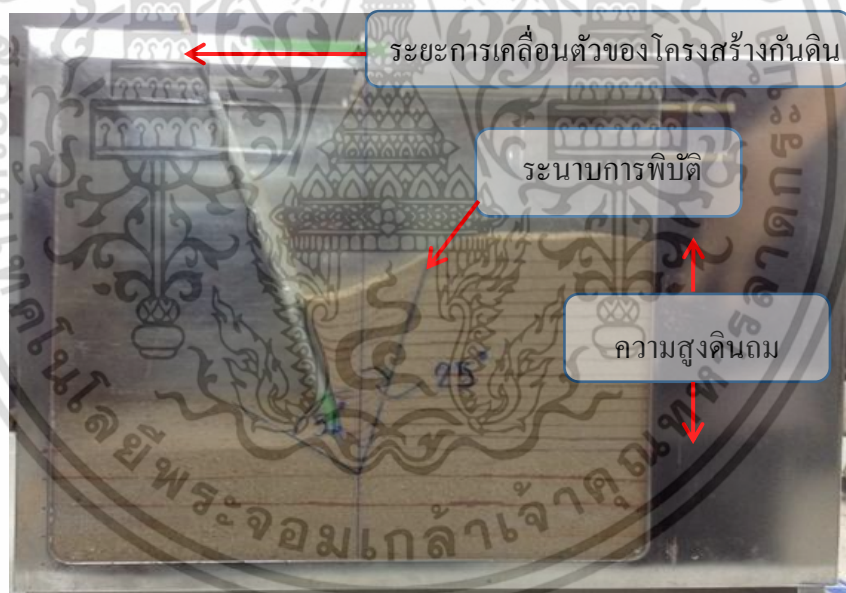
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่... ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.28 แบบจำลองโครงสร้างกันดินแบบRelieving wall หลังปูพรมบนหัวเสาเข็ม

3.4.4 การเก็บข้อมูลจากแบบจำลองทางกายภาพ

ข้อมูลที่ได้จากแบบจำลองทางกายภาพประกอบด้วย ระยะการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดิน (Wall displacement) ความสูงของดินถม (Height of backfill soil) และมุมจากระนาบการพิบัติ (Angle of slip surface) โดยแสดงในรูปที่ 3.28



รูปที่ 3.29 การเก็บข้อมูลที่ใช้วิเคราะห์ประสิทธิภาพในการลดการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดินจากแบบจำลองทางกายภาพ

ระยะการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดินจะถูกวัดค่าและบันทึกผลไว้ เมื่อเพิ่มความสูงดินถมทุกๆ 1 เซนติเมตร เมื่อความสูงเพิ่มขึ้นจนโครงสร้างกันดินเกิดการพิบัติบริเวณดินถมจะมีระนาบการพิบัติปรากฏขึ้น จึงสามารถวัดมุมจากระนาบการพิบัติได้

ข้อมูลทั้งหมดจะถูกนำมาวิเคราะห์และเปรียบเทียบเชิงประสิทธิภาพกันในแต่ละแบบจำลอง ซึ่งจะกล่าวถึงรายละเอียดในหัวข้อที่ 3.6

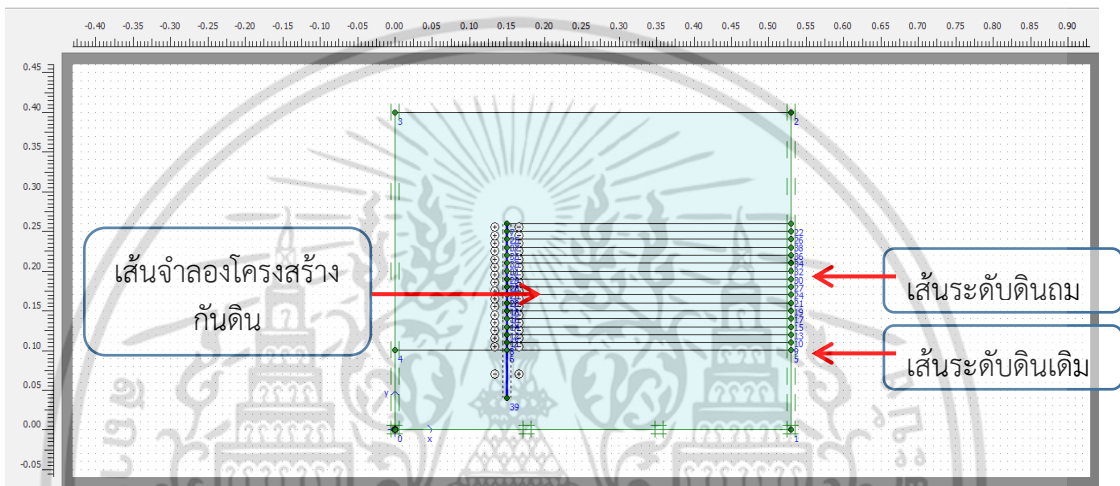
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5 ขั้นตอนการดำเนินการศึกษาด้วยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์

ขั้นตอนในการศึกษาพฤติกรรมของโครงสร้างกันดินและดินถมด้วยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ด้วยโปรแกรม PLAXIS ประกอบด้วย 3 ขั้นตอนดังนี้

3.5.1 การสร้างแบบจำลอง

การสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ในโปรแกรม PLAXIS เริ่มต้นด้วยการกำหนดพิกัดในระบบแกน X และแกน Y (XY Coordination) ซึ่งเป็นระบบแบบจำลองสองมิติ (Two Dimensional Model) โดยอ้างอิงขนาดจากแบบจำลองทางกายภาพ ซึ่งมีค่าเท่ากับ 0.53×0.40 เมตร จากนั้นจึงใส่เส้นระดับดินเดิม เส้นจำลองโครงสร้างกันดินและเส้นระดับดินถม ดังแสดงในรูปที่ 3.30

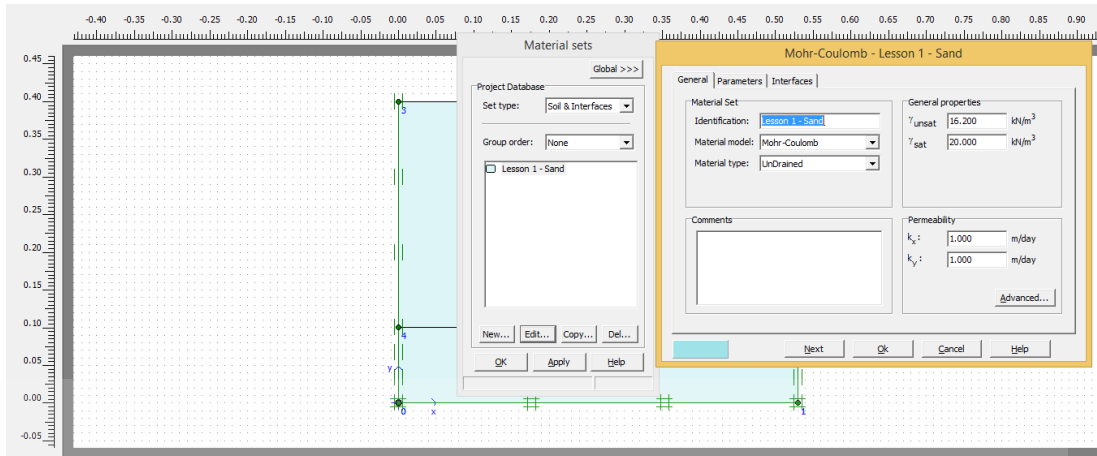


รูปที่ 3.30 แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ในโปรแกรม PLAXIS

3.5.2 กำหนดค่าคุณสมบัติของดินและโครงสร้างกันดิน

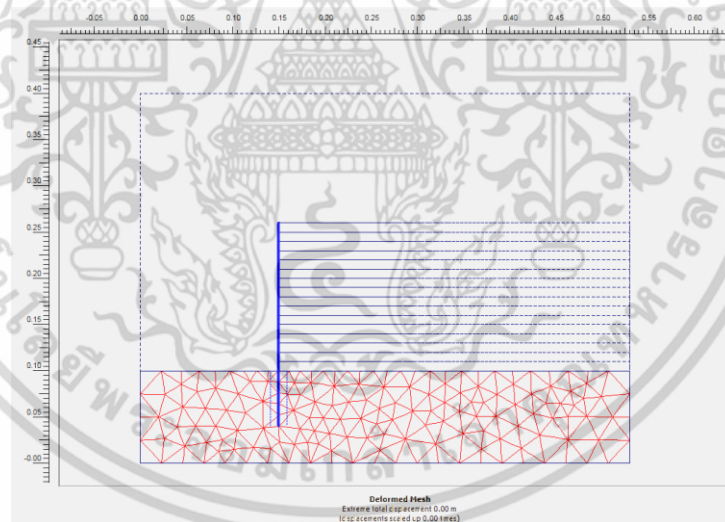
ข้อมูลคุณสมบัติของดินตัวอย่างสำหรับแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ ได้จากการทดสอบในห้องปฏิบัติการและการวิเคราะห์สอเทียบเท่ากับพฤติกรรมที่เกิดขึ้นจริงในแบบจำลองทางกายภาพ แสดงข้อมูลดินตัวอย่างในหัวข้อที่ 3.2.1.3 โดยรูปแบบของแบบจำลองดินตัวอย่างในการวิเคราะห์แบบจำลองคณิตศาสตร์ได้แก่ แบบจำลองดินแบบมอร์คูลอมบ์ (Mohr-Coulomb Model) เนื่องจากเมื่อมีน้ำหนักกระทำและมีความเค้นความเครียดเกิดขึ้นจนถึงจุดพิบัติ พฤติกรรมของดินจะเป็นลักษณะของวัสดุยืดหยุ่น (Elastic) ในช่วงเริ่มการถมดิน และเมื่อกราฟความเค้นความเครียดผ่านจุดพิบัติไปและนำน้ำหนักที่กระทำออก ก็จะทำให้เกิดการเสียรูปแบบถาวรปริมาณหนึ่งที่ไม่สามารถคืนสถานะเดิมได้ (Plastic)

สำหรับข้อมูลคุณสมบัติของโครงสร้างกันดินเป็นค่าที่ได้จากตารางค่าแนะนำคุณสมบัติของอะลูมิเนียมและจากคำนวณตามขนาดของแบบจำลองโครงสร้างกันดินที่ใช้จริงในแบบจำลองทางกายภาพ โดยแสดงในตารางที่ 3.3



รูปที่ 3.31 แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ในโปรแกรม PLAXIS

การแบ่งชั้นดินเป็นอีลิเมนต์ย่อยๆ (Mesh generation) ได้ทำการกำหนดบริเวณที่ให้ความสนใจเป็นพิเศษมีอีลิเมนต์ขนาดเล็กเพื่อความละเอียดในการวิเคราะห์ ส่วนบริเวณที่ไม่ต้องการรายละเอียดมากนักควรกำหนดขนาดอีลิเมนต์ให้ใหญ่กว่าเพื่อความรวดเร็วในการคำนวณของคอมพิวเตอร์ โดยการแบ่งชั้นดินเป็นอีลิเมนต์ย่อยสำหรับแบบจำลองทางคณิตศาสตร์แสดงในรูปที่ 3.32

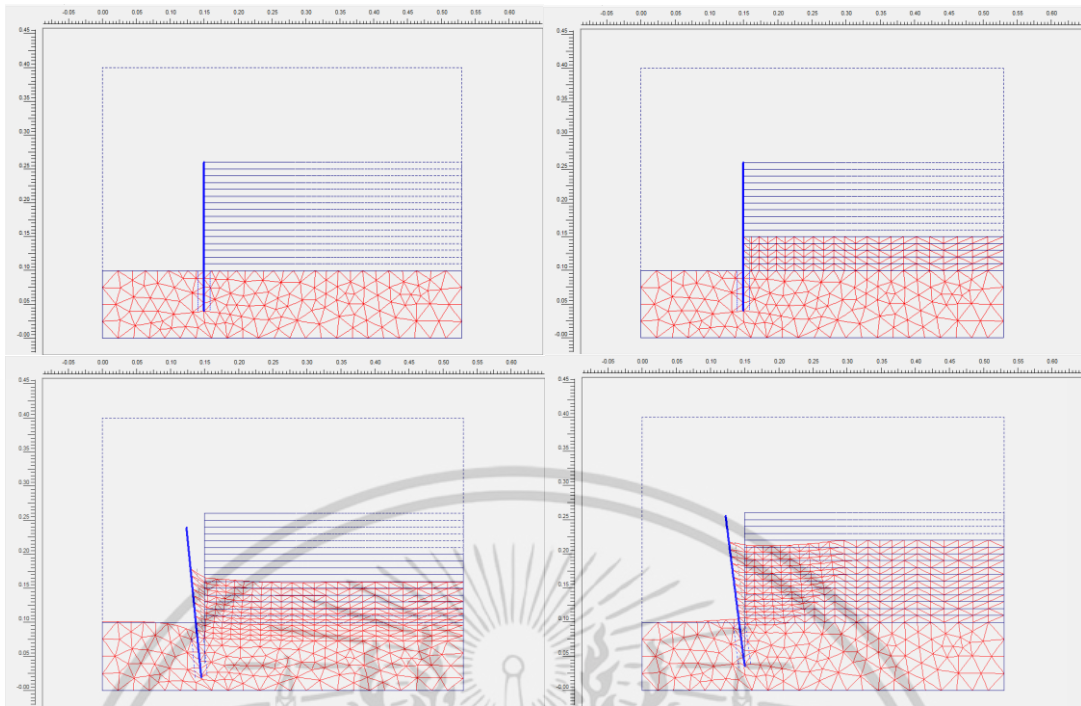


รูปที่ 3.32 การแบ่งชั้นดินเป็นอีลิเมนต์ย่อยสำหรับแบบจำลองทางคณิตศาสตร์

3.5.3 การกำหนดขั้นตอนการวิเคราะห์

หลังจากการกำหนดคุณสมบัติของดินและโครงสร้างกันดิน ขั้นตอนต่อไปเป็นการกำหนดรูปแบบการคำนวณ(Calculation Type) และขั้นตอนในการวิเคราะห์การเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดินในแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ให้เหมือนกับการวิเคราะห์ในแบบจำลองทางกายภาพ โดยแบ่งขั้นตอนตามความสูงของดินถมที่เพิ่มขึ้นทุกๆ 1 เซนติเมตร ดังแสดงตัวอย่างในรูปที่ 3.33 สำหรับรูปแบบในการวิถัมนดิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



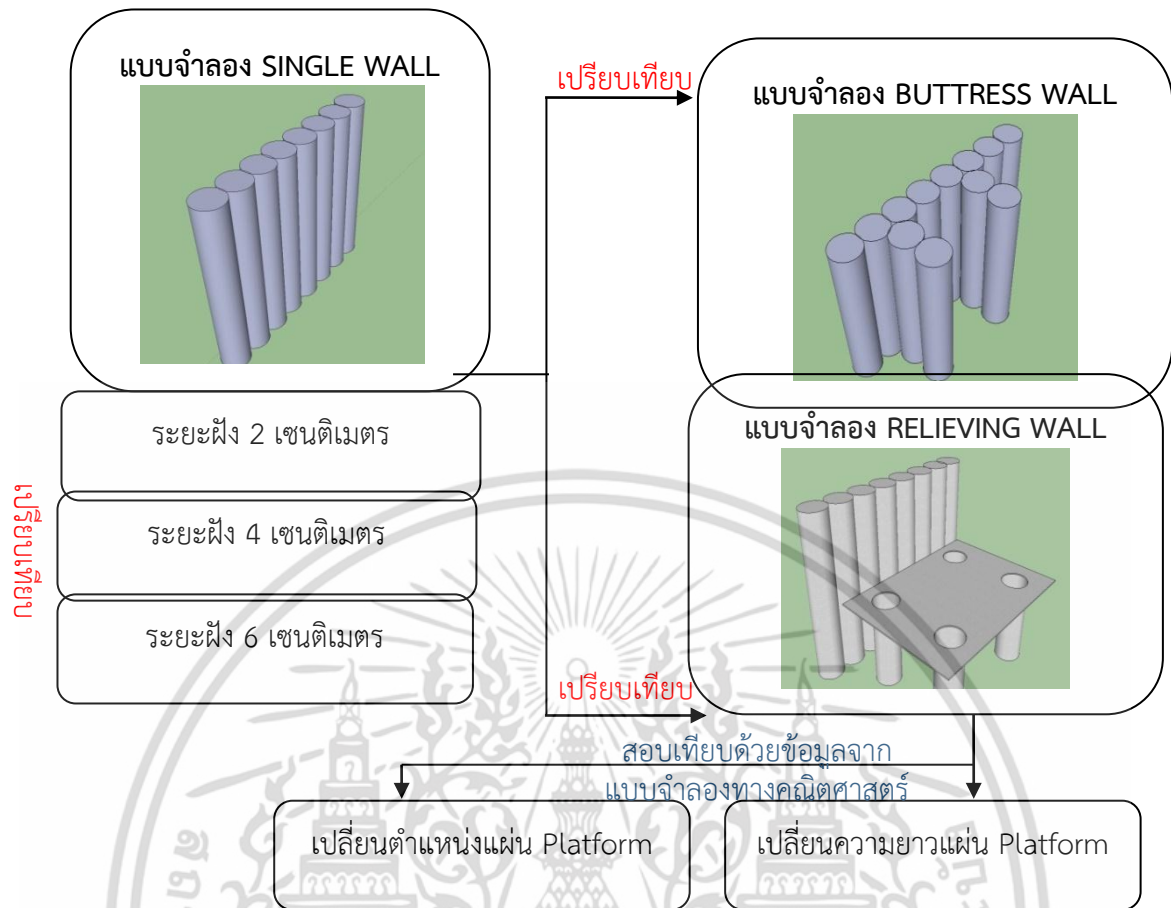
รูปที่ 3.33 ตัวอย่างผลการวิเคราะห์การเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดินจากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ในโปรแกรม PLAXIS

3.6 การวิเคราะห์และเปรียบเทียบข้อมูล

ในหัวข้อนี้เป็นการกล่าวถึงวิธีการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อใช้ในการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของโครงสร้างกันดิน และการเปรียบเทียบข้อมูลที่ได้จากแบบจำลองกับสมการเชิงประสพการณ์

การเปรียบเทียบข้อมูลและประสิทธิภาพของแต่ละแบบจำลองในการศึกษาครั้งนี้ แสดงในรูปที่ 3.34 ซึ่งจะเห็นได้ว่าในแบบจำลอง Single wall มีการเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการลดการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดิน ที่ระยะฝังโครงสร้างกันดิน 2,4,6 เซนติเมตร จากนั้นจึงใช้ข้อมูลจากแบบจำลอง Single wall สำหรับเปรียบเทียบประสิทธิภาพกับแบบจำลอง Buttress wall และ Relieving wall ซึ่งทั้งหมดเปรียบเทียบโดยใช้ค่าการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดินและความสูงดินถมจากแบบจำลองทางกายภาพ

ในส่วนของแบบจำลองทางคณิตศาสตร์มีการศึกษาปัจจัยเพิ่มเติมในแบบจำลอง Relieving wall ด้วยการเปลี่ยนตำแหน่งและความยาวของแผ่น Platform ดังนั้นจึงต้องมีการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของโครงสร้างกันดินเพิ่มเติมในส่วนนี้โดยใช้ค่าการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดินและความสูงดินถมจากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์



รูปที่ 3.34 แผนผังแสดงการเปรียบเทียบข้อมูลและประสิทธิภาพของแต่ละแบบจำลอง

3.6.1 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของโครงสร้างกันดิน

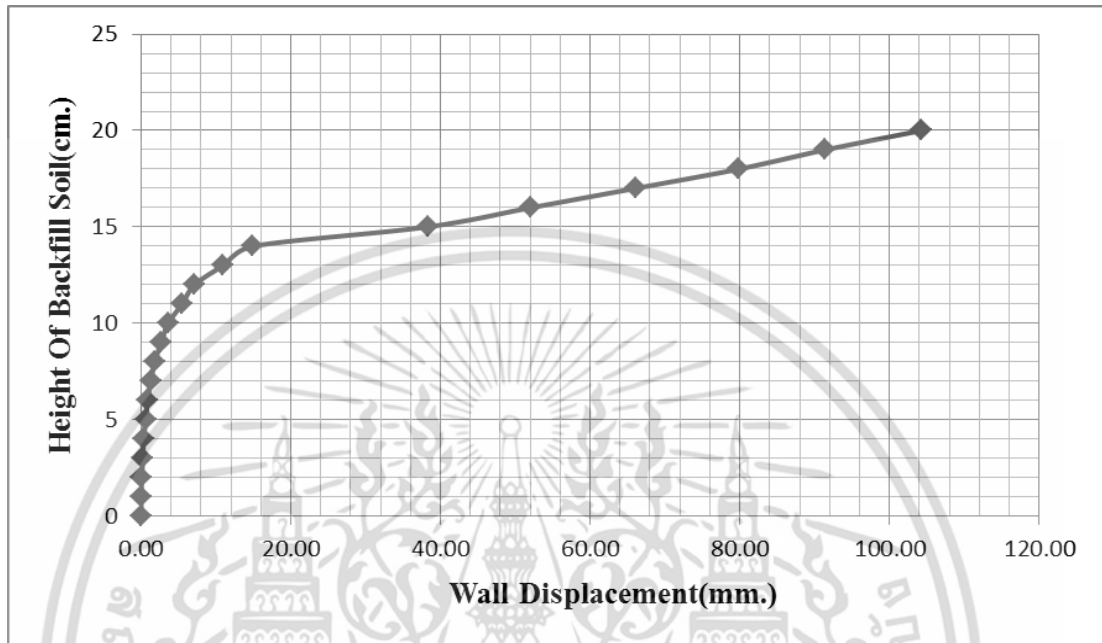
การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของโครงสร้างกันดินสามารถเปรียบเทียบกันดิน 3 วิธี ประกอบด้วย การเปรียบเทียบด้วยกราฟความสัมพันธ์ระหว่างความสูงดินถมกับการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดิน การเปรียบเทียบจุดพิบัติของโครงสร้างกันดิน และค่าอัตราส่วนการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดินต่อความสูงดินถมที่จุดพิบัติ โดยมีรายละเอียดในการศึกษาดังต่อไปนี้

3.6.1.1 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความสูงดินถมกับการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดิน

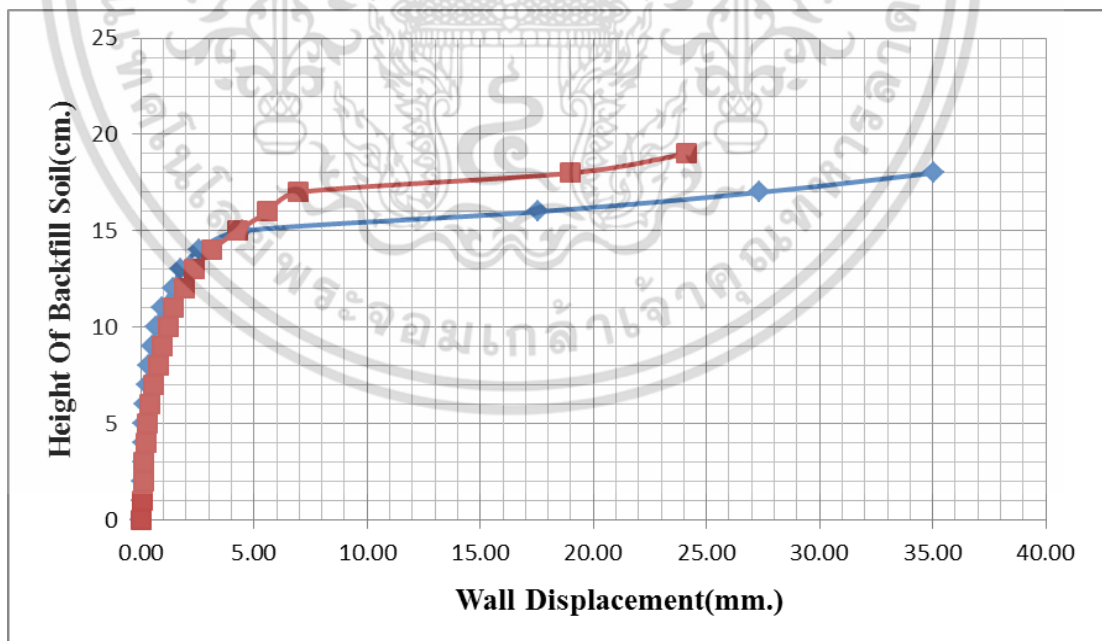
กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความสูงของดินถมกับการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดิน เป็นกราฟที่ได้จากผลการศึกษาจากแบบจำลองทางกายภาพและแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ แกนราบ (แกน x) แสดงข้อมูลการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดินและแกนตั้ง (แกน y) แสดงความสูงของชั้นดินถมในดังแสดงในรูปที่ 3.35

กราฟความสัมพันธ์ดังกล่าวจะถูกนำมาใช้ในการเปรียบเทียบความแตกต่างของผลการศึกษาที่ได้จากแบบจำลองที่ต้องการเปรียบเทียบกัน เช่น การเปรียบเทียบผลการศึกษาจากแบบจำลอง Single wall กับแบบจำลอง Relieving wall ดังแสดงในรูปที่ 3.36 ซึ่งทำให้เห็นแนวโน้มของเส้นความสัมพันธ์ระหว่างความสูงของดินถมกับการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดินที่แตกต่างกัน สามารถใช้เปรียบเทียบประสิทธิภาพได้เบื้องต้น เช่น ความแตกต่างของ

การเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดินเมื่อถมดินสูงเท่ากัน และความแตกต่างของความสูงดินถมเมื่อการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดินมีค่าเท่ากัน แต่วิธีนี้ยังไม่สามารถใช้เปรียบเทียบประสิทธิภาพโดยรวมได้ชัดเจน และไม่สามารถบอกได้ว่าการเคลื่อนตัวลดลงกี่เปอร์เซ็นต์ ทำให้การสรุปผลทำได้ยาก



รูปที่ 3.35 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความสูงของดินที่เพิ่มขึ้นกับการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดิน



รูปที่ 3.36 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความสูงของดินที่เพิ่มขึ้นกับการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดิน


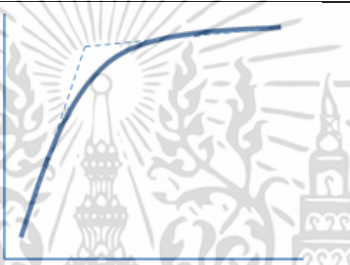
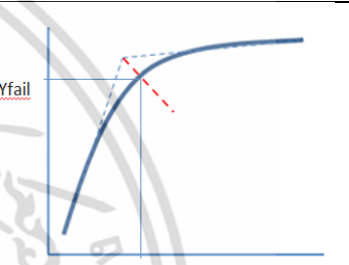
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.6.1.2 จุดพิบัติของกราฟความสัมพันธ์

จุดพิบัติของกราฟความสัมพันธ์ คือจุดที่สามารถสังเกตอัตราการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดินมีค่าเพิ่มขึ้นทันทีได้อย่างชัดเจน และเมื่อนำมาสร้างกราฟความสัมพันธ์ระหว่างความสูงของดินถมกับการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดินจะพบว่าเส้นความสัมพันธ์จะเปลี่ยนแปลงความชันอย่างชัดเจนบริเวณจุดดังกล่าว

จุดพิบัติจะช่วยให้การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของโครงสร้างกันดิน ซึ่งสามารถทำได้ง่ายและเห็นภาพชัดเจนขึ้น ซึ่งวิธีการหาจุดพิบัติของกราฟความสัมพันธ์สามารถหาได้จากกราฟความสัมพันธ์ด้วยวิธี Casagrande's graphical method (Arther Casagrande.1936) [18] โดยมีขั้นตอนดังแสดงในตาราง 3.7

ตารางที่ 3.7 ขั้นตอนในการหาจุดพิบัติของโครงสร้างกันดินจากกราฟความสัมพันธ์ระหว่างความสูงดินถมกับการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดิน

		
<p>1. นำข้อมูลจากการทดลอง มาสร้างกราฟความสัมพันธ์</p>	<p>2. ลากเส้นสัมผัสกับเส้นกราฟ ส่วนล่างและ ส่วนบน โดยให้เส้นทั้งสองตัดกัน</p>	<p>3. แบ่งครึ่งมุมที่เกิดจากจุดตัดลากเส้นจากจุดตัดตามเส้นแบ่งมุมให้ตัดกับเส้นกราฟ จุดที่ได้จะเป็นจุดพิบัติของแบบจำลอง ค่าแกน x ที่ได้คือ การเคลื่อนตัวของกำแพงกันดินที่จุดพิบัติ ส่วนค่าแกน y คือความสูงของดินถมที่จุดพิบัติ</p>

3.6.1.3 ค่าอัตราส่วนการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดินต่อความสูงดินถม

การเปรียบเทียบประสิทธิภาพโดยใช้ค่า “อัตราส่วนการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดินต่อความสูงดินถม” เป็นการนำค่าการเคลื่อนตัวหารด้วยความสูงดินถม (δ/H) ซึ่งค่าดังกล่าวจะสามารถบอกได้ว่าที่ความสูง 1 หน่วย จะเกิดการเคลื่อนตัวเท่าไร ดังนั้นถ้าค่ายิ่งมากแสดงว่ากำแพงกันดินมีประสิทธิภาพน้อย

เนื่องจากข้อมูลที่ได้จากการศึกษาแบบจำลอง ประกอบด้วย ความสูงของดินถมกับระยะการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดิน ซึ่งทั้งสองข้อมูลสามารถบอกถึงประสิทธิภาพของโครงสร้างกันดินได้ ตัวอย่างเช่น เมื่อถมดินด้านหลังโครงสร้างกันดิน 2 อัน มีระดับความสูงดินถมเท่ากัน โครงสร้างกันดินที่มีการเคลื่อนตัวน้อยกว่าถือว่าเป็นโครงสร้างกันดินที่มีประสิทธิภาพสูงกว่า โครงสร้างกันดินที่มีการเคลื่อนตัวมากกว่า หรือในกรณีโครงสร้างกันดิน 2 อัน มีระดับความสูง

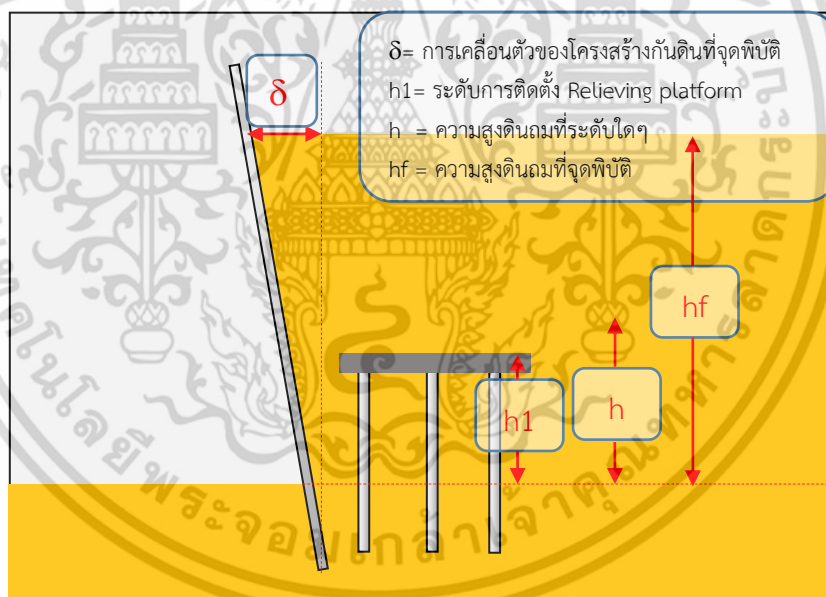
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดินถมแตกต่างกัน แต่มีการเคลื่อนตัวเท่ากัน โครงสร้างกันดินที่มีระดับความสูงดินถมสูงกว่า ถือได้ว่าเป็นโครงสร้างกันดินที่มีประสิทธิภาพสูงกว่าโครงสร้างกันดินที่มีระดับความสูงดินถมต่ำกว่า ดังนั้นการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของโครงสร้างกันดินจึงต้องเลือกใช้ปัจจัยที่มีความเกี่ยวข้องกับระดับความสูงดินถมและการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดิน ซึ่งในการศึกษานี้มีการเปรียบเทียบประสิทธิภาพ โดยใช้ค่าอัตราส่วนการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดินต่อความสูงดินถมที่จุดพิบัติ

3.6.2 การวิเคราะห์ตำแหน่งการติดตั้งและความยาว Relieving platform ที่เหมาะสม

เมื่อวิเคราะห์ข้อมูลทั้งหมดแล้ว ขั้นตอนต่อไปเป็นการวิเคราะห์ระดับการติดตั้งและความยาวของ Relieving platform ที่เหมาะสมโดยพิจารณาจากค่าอัตราส่วนการเคลื่อนตัวต่อความสูงดินถม (Hany Farouk. 2015) [19]

การหาตำแหน่งการติดตั้งความยาว Relieving platform ที่เหมาะสม แบ่งการพิจารณาออกเป็น 2 ส่วน ประกอบด้วย การพิจารณาประสิทธิภาพในการลดการเคลื่อนตัว และการพิจารณาการกระจายโมเมนต์ตัดที่โครงสร้างกันดิน โดยแสดงตำแหน่งของตัวแปรในแบบจำลองสำหรับใช้วิเคราะห์ในรูปที่ 3.37



รูปที่ 3.37 ตำแหน่งของตัวแปรในแบบจำลองสำหรับใช้วิเคราะห์ตำแหน่งการติดตั้ง Relieving platform ที่เหมาะสม

3.6.3 เปรียบเทียบข้อมูลกับสมการเชิงประสพการณ์ (Empirical formula)

ผลที่ได้จากแบบจำลองทางกายภาพประกอบด้วย ความสูงดินถม การเคลื่อนตัวของกำแพงกันดิน และมุมของระนาบการพิบัติ ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.6.3.1 การเคลื่อนตัวของกำแพงกันดิน

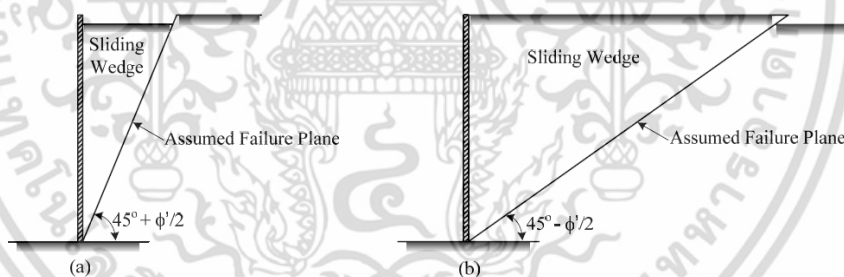
จากมาตรฐานของ AASHTO ระบุสมการทำนายการเคลื่อนตัวของกำแพงกันดิน ดังตารางที่ 3.8 ซึ่งเป็นค่าอัตราส่วนระหว่างการเคลื่อนตัวของกำแพงกันดินกับความสูงของดินถม โดยแตกต่างกันไปตามชนิดของดินถมและพฤติกรรมการพิบัติของกำแพงกันดิน

ตารางที่ 3.8 ความสัมพันธ์ระหว่างชนิดดินถมกับการเคลื่อนตัวของกำแพงกันดินเนื่องจากพฤติกรรมของดินแบบ Active และ Passive (CGS, 1992) [5]

ชนิดดินถม	การเคลื่อนตัวของกำแพงกันดิน, (δ_{max})	
	Active	Passive
ดินทรายแน่น (Dense Cohesionless)	0.001H	0.020H
ดินทรายหลวม (Loose Cohesionless)	0.004H	0.060H

3.6.3.2 มุมของระนาบการพิบัติ

สำหรับทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับมุมที่เกิดจากระนาบการพิบัติคือทฤษฎีของ Coulomb ซึ่งระบุว่า ระนาบการพิบัติที่เกิดขึ้นเมื่อยึดฐานของกำแพงกันดินจะทำมุม $45^\circ + \frac{\phi}{2}$ กับแนวราบ (Coulomb, A . 1776) [4] ดังรูปที่ 3.38 โดยนำค่าดังกล่าวมาเปรียบเทียบกับมุมของระนาบการพิบัติที่วัดได้จากแบบจำลองกายภาพ



รูปที่ 3.38 มุมเนื่องจากระนาบการพิบัติ

บทที่ 4 ผลการศึกษา

4.1 บทนำ

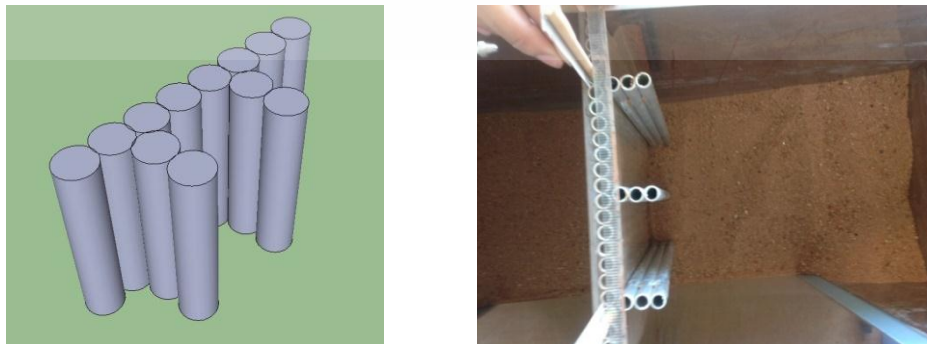
การศึกษาในครั้งนี้เป็นการศึกษาประสิทธิภาพในการลดการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดินทำด้วยแบบจำลองทางกายภาพและแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ เพื่อวิเคราะห์ปัจจัยที่ส่งผลต่อการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดิน 3 แบบจำลองดังนี้

1.แบบจำลอง Single wall เป็นแบบจำลองโครงสร้างกันดินแบบกำแพงเดี่ยว ดังแสดงในรูปที่ 4.1 ซึ่งทำการศึกษาโดยใช้แบบจำลองทางกายภาพเพื่อวิเคราะห์การเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดินเมื่อมีการเพิ่มระยะฝังโครงสร้างกันดิน ดังที่กล่าวไว้ในหัวข้อที่ 3.3.1.1 และใช้สอบเทียบความน่าเชื่อถือของแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ ดังที่ได้กล่าวไว้ในหัวข้อที่ 3.2.2



รูปที่ 4.1 ลักษณะของแบบจำลอง Single wall

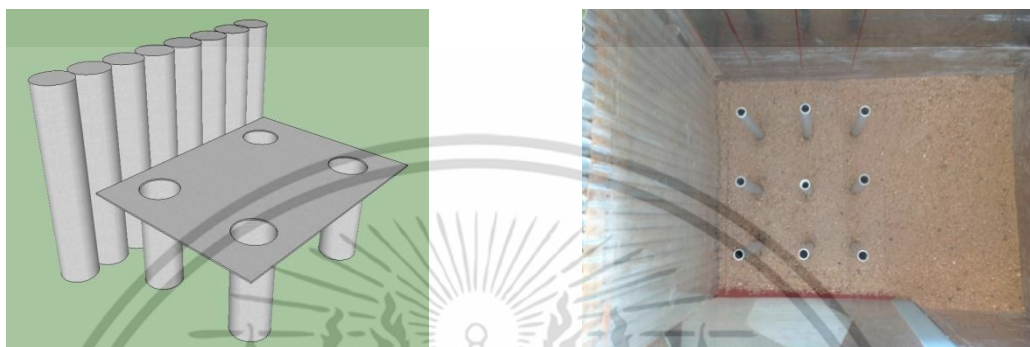
2.แบบจำลอง Buttress wall เป็นแบบจำลองโครงสร้างกันดินแบบกำแพงมีครีบก้ำยัน ดังแสดงในรูปที่ 4.2 โดยเลือกระยะของโครงสร้างกันดินจากผลการทดลองของโครงสร้างกันดินแบบ Single wall ในการศึกษาด้วยโครงสร้างกันดินแบบ Buttress wall เป็นการศึกษาผลของการเพิ่มความแข็งแรงของโครงสร้างกันดินที่ส่งผลต่อการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดิน ดังที่กล่าวไว้ในหัวข้อที่ 3.3.1.2 และนำผลการศึกษาที่ได้มาเพื่อสอบเทียบความน่าเชื่อถือของแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ ดังที่ได้กล่าวไว้ในหัวข้อที่ 3.2.2



รูปที่ 4.2 ลักษณะของแบบจำลอง Buttress wall

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่ออนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.แบบจำลอง Relieving wall เป็นแบบจำลองกำแพงกันดินมีPlatform กระจายแรงดันดิน ด้านข้างลงสู่แนวตั้งด้วยเสาเข็มและ Relieving platform ดังแสดงในรูปที่ 4.3 โดยใช้ทำการศึกษา ในแบบจำลองทางกายภาพดังที่กล่าวไว้ในหัวข้อที่ 3.3.1.3 และใช้สอบเทียบความถูกต้องของ แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ ดังที่ได้กล่าวไว้ในหัวข้อที่ 3.2.2 นอกจากนี้ยังมีการศึกษาการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดินด้วยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์โดยการเปลี่ยนความยาวและการตำแหน่งของ แผ่นPlatform ดังที่ได้กล่าวไว้ในหัวข้อที่ 3.3.2



รูปที่ 4.3 ลักษณะของแบบจำลองRelieving wall

ผลที่ได้จากแบบจำลองทั้งหมดจะถูกนำมาวิเคราะห์และเปรียบเทียบกันเพื่อศึกษาประสิทธิภาพในการลดการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดินนอกจากนี้ยังมีการนำผลที่ได้จากแบบจำลองมาเปรียบเทียบกับทฤษฎีและสมการเชิงประสภการณ์ที่ได้จากผู้ทำการศึกษามาก่อน เช่น สมการการทำนายการเคลื่อนของโครงสร้างกันดิน(CGS,1992)

4.2 ผลการทดสอบคุณสมบัติของทรายที่ใช้ในแบบจำลอง

ในงานวิจัยนี้ทำการศึกษาโดยใช้แบบจำลองทางกายภาพและแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ ซึ่งดินตัวอย่างที่ใช้เป็นดินทรายเพื่อให้สะดวกในการเตรียมตัวอย่างดินทราย และไม่มีค่าความยึดเหนี่ยวภายใน (Cohesion) ซึ่งมีทดสอบคุณสมบัติของดินตัวอย่างดังต่อไปนี้

- 1.ทดสอบ Grain Size Analysis เพื่อหาขนาดคละของดินตัวอย่าง (มาตรฐานอ้างอิง: ASTM D 422 – 63)
- 2.ทดสอบ Specific Gravity of Soil เพื่อหาความถ่วงจำเพาะของเม็ดดิน (มาตรฐานอ้างอิง : ASTM D 854 – 00)
- 3.ทดสอบ Direct Shear Test เพื่อหาค่ามุมเสียดทานภายในของดินตัวอย่าง (มาตรฐานอ้างอิง: ASTM D 3080) ซึ่งผลการทดสอบคุณสมบัติของดินตัวอย่างได้ผลดังแสดงในตารางที่ 3.1

ตารางที่ 4.1 คุณสมบัติของดินตัวอย่าง

ชนิดของดิน	ความถ่วงจำเพาะ, Gs	มุมเสียดทานภายใน, ϕ (ดีกรี)
SP	2.62	28

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 ผลการศึกษาจากแบบจำลองทางกายภาพ

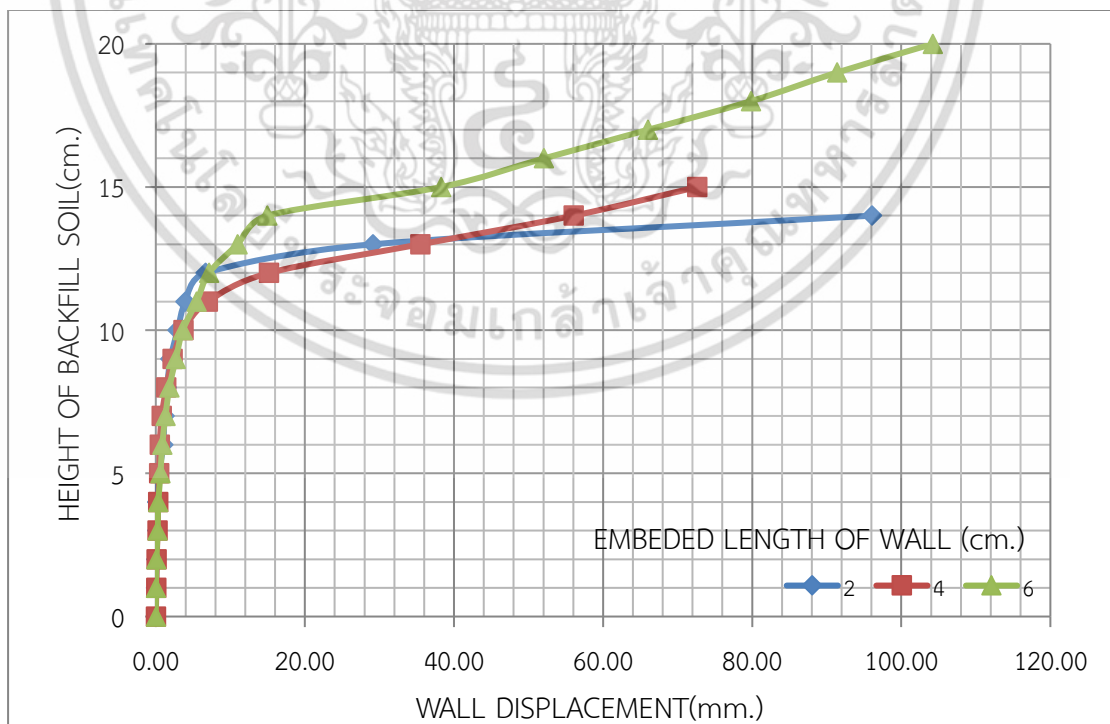
ในการศึกษาการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดินด้วยแบบจำลองทางกายภาพ เป็นการศึกษาค่าการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดินจากแบบจำลองโครงสร้างกันดินที่แตกต่างกัน 3 แบบจำลอง ประกอบด้วย แบบจำลองSingle wall แบบจำลองButtress wall และแบบจำลองRelieving wall โดยมีผลการศึกษาดังต่อไปนี้การเพิ่มระยะฝังของโครงสร้างกันดิน การเพิ่มความแข็งแรงของโครงสร้างกันดินด้วยการเสริมครีบก้ำยัน และการกระจายแรงดันดินด้านข้างด้วยการเสริมRelieving platfrom ดังนั้นในการศึกษาด้วยแบบจำลองทางกายภาพ

4.3.1 ผลการศึกษาโครงสร้างกันดินแบบSingle wall

โครงสร้างกันดินแบบSingle wall เป็นแบบจำลองโครงสร้างกันดินแบบกำแพงเดี่ยว ดังแสดงในรูปที่ 4.1 ซึ่งใช้ศึกษาการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดินที่แตกต่างกัน เมื่อเปลี่ยนแปลงระยะฝังของโครงสร้างกันดินที่ 2 เซนติเมตร 4 เซนติเมตรและ 6 เซนติเมตร

นอกจากนั้นแบบจำลองSingle wall ยังเป็นแบบจำลองที่ใช้สำหรับเปรียบเทียบผลการศึกษา กับแบบจำลองButtress wall และแบบจำลองRelieving wall เพื่อวิเคราะห์แบบจำลองที่ประสิทธิภาพในการลดการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดินดีที่สุด

ผลการศึกษาจากแบบจำลองทางกายภาพประกอบด้วยค่าการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดิน และความสูงของดินถม โดยผลการศึกษาจากแบบจำลองจะถูกนำเสนอในรูปแบบกราฟความสัมพันธ์ระหว่างการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดินกับความสูงของดินถม ที่ระยะฝัง 2,4 และ 6 เซนติเมตร ซึ่งเป็นผลจากการนำค่าเฉลี่ยจากการทดลอง 3 ครั้งจากของแต่ละระยะฝัง มาเปรียบเทียบกันจะได้ผลดังแสดงในรูปที่ 4.4



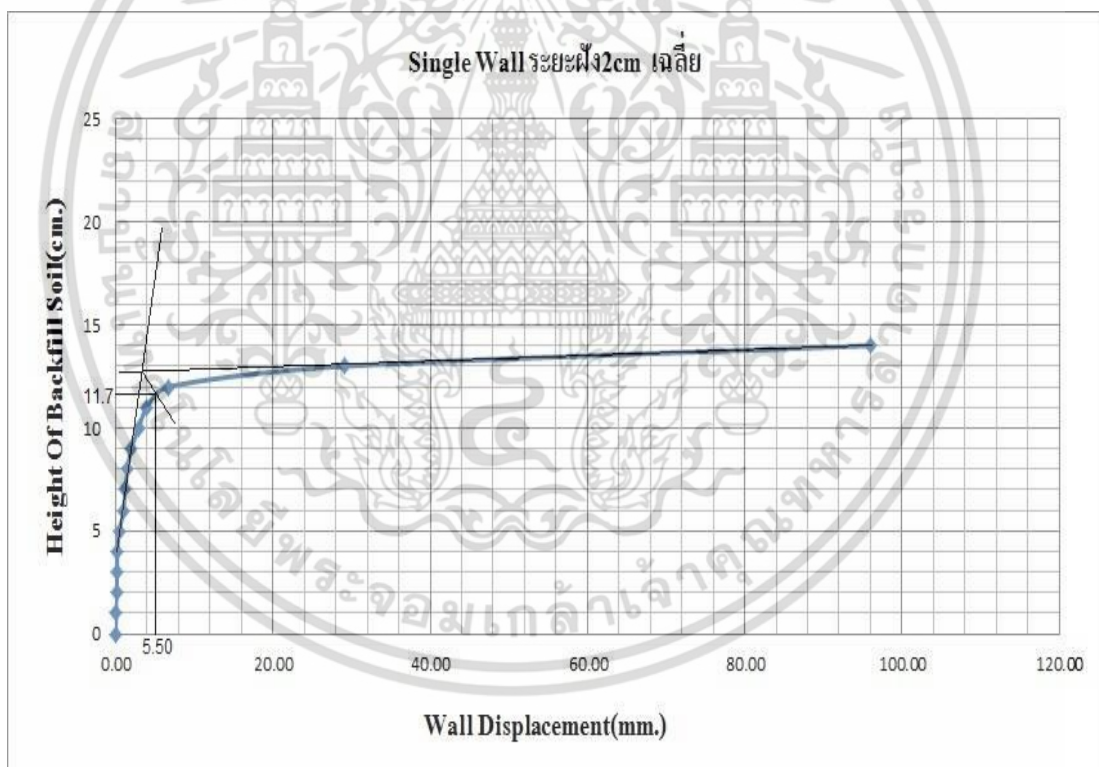
รูปที่ 4.4 เปรียบเทียบกราฟความสัมพันธ์ระหว่างการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดินแบบ single wall กับความสูงดินถม ที่ระยะการฝัง 2,4,6 เซนติเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

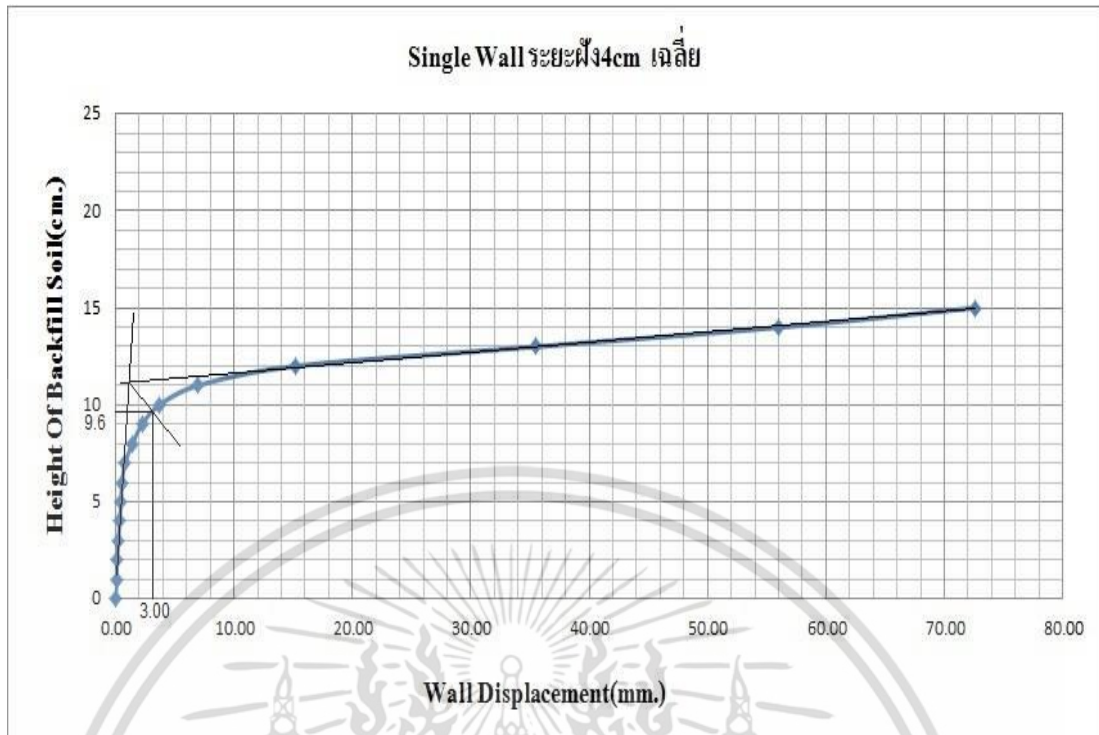
จากรูปที่ 4.4 พบว่าในช่วงความสูงดินถมไม่เกิน 10 เซนติเมตร ค่าการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดินจากทั้ง 3 แบบจำลองมีค่าใกล้เคียงกัน เนื่องจากแบบจำลองทางกายภาพเป็นแบบจำลองในสถานะ 1-G ทำให้ในช่วงความสูงดินถมไม่เกิน 10 เซนติเมตร มีค่าแรงดันดินด้านข้างต่ำส่งผลให้โครงสร้างกันดินมีเสถียรภาพ

เมื่อความสูงดินถมมากขึ้นจะเห็นได้ว่าค่าการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดินจะเพิ่มสูงขึ้น ทำให้เส้นกราฟความสัมพันธ์เกิดจุดเปลี่ยนโค้ง ซึ่งแต่ละแบบจำลองจะมีจุดเปลี่ยนโค้งที่แตกต่างกันโดยใช้วิธีในการหาจุดดังกล่าวสามารถทำได้โดยใช้วิธีของ Casagrande's Graphical method (Arthur Casagrande, 1936) ดังที่ได้กล่าวไว้ในหัวข้อที่ 3.6.1.2 โดยจุดเปลี่ยนโค้งของเส้นกราฟความสัมพันธ์จะทำให้ทราบถึงความสูงของดินถมที่เป็นจุดพิบัติของกราฟความสัมพันธ์ ซึ่งหมายความว่าความสูงของดินถมที่จุดดังกล่าว คือระดับความสูงดินถมสูงสุดที่โครงสร้างกันดินจะไม่เกิดการเคลื่อนตัวมากเกินไป

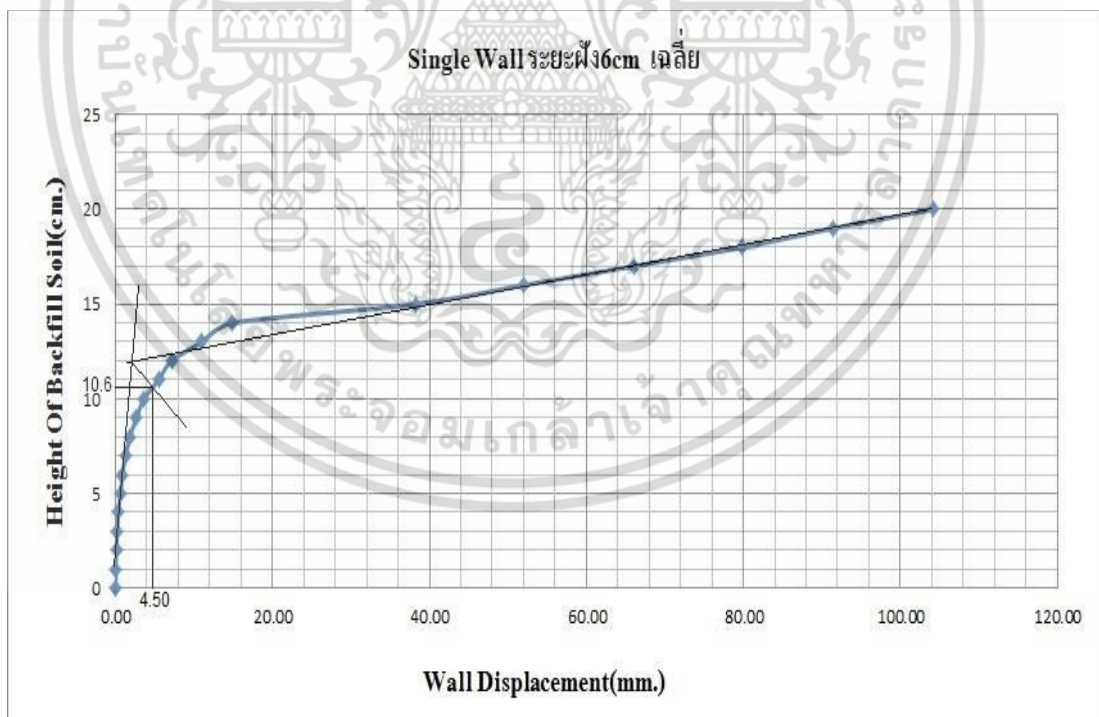
จากกราฟความสัมพันธ์ระหว่างความสูงดินถมและการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดินสำหรับโครงสร้างกันดินแบบ Single wall จากการศึกษาด้วยแบบจำลองทางกายภาพสามารถนำมาใช้หาจุดพิบัติของกราฟความสัมพันธ์ได้ ดังแสดงในรูปที่ 4.5-4.7



รูปที่ 4.5 จุดพิบัติของเส้นกราฟความสัมพันธ์สำหรับโครงสร้างกันดินแบบ Single wall ที่ระยะฝัง 2 เซนติเมตร



รูปที่ 4.6 จุดพับตัวของเส้นกราฟความสัมพันธ์สำหรับโครงสร้างกันดินแบบ Single wall ที่ระยะฝัง 4 เซนติเมตร



รูปที่ 4.7 จุดพับตัวของเส้นกราฟความสัมพันธ์สำหรับโครงสร้างกันดินแบบ Single wall ที่ระยะฝัง 6 เซนติเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 4.5-4.7 สามารถนำจุดพิบัติจากทั้ง 3 แบบจำลองมาเปรียบเทียบกัน ดังแสดงในตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 จุดพิบัติของเส้นกราฟความสัมพันธ์ระหว่างความสูงดินถมกับการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดินแบบSingle wall เมื่อศึกษาด้วยแบบจำลองทางกายภาพ

โครงสร้างกันดิน	จุดพิบัติของเส้นกราฟความสัมพันธ์	
	HEIGHT OF BACKFILL SOIL (cm.)	WALL DISPLACEMENT (mm.)
Single wall ที่ระยะฝัง 2 เซนติเมตร	11.70	5.50
Single wall ที่ระยะฝัง 4 เซนติเมตร	9.60	3.00
Single wall ที่ระยะฝัง 6 เซนติเมตร	10.60	4.50

จากตารางที่ 4.2 พบว่าจุดพิบัติของเส้นกราฟความสัมพันธ์ระหว่างความสูงดินถมกับการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดินมีค่าแตกต่างกัน เมื่อระยะฝังแตกต่างกัน ซึ่งบางแบบจำลองสามารถถมดินได้สูงกว่าอีกแบบจำลองแต่ก็มีเคลื่อนตัวสูงกว่า ขณะที่บางแบบจำลองสามารถถมดินน้อยกว่าแต่มีการเคลื่อนตัวที่น้อยกว่าเช่นกัน ดังนั้นในการเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการลดการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดินจึงควรจะนำความสูงดินถมมาเปรียบเทียบกันโดยเปรียบเทียบกันด้วยค่าอัตราส่วนการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดินต่อความสูงดินถม

การเปรียบเทียบประสิทธิภาพโดยใช้ค่า “อัตราส่วนการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดินต่อความสูงดินถม” เป็นการนำค่าการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดินหารด้วยความสูงดินถม(δ/h) ซึ่งค่าดังกล่าวจะสามารถบอกได้ว่าที่ความสูง 1 หน่วย จะเกิดการเคลื่อนตัวเท่าไร ดังนั้นถ้าค่าอัตราส่วนการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดินต่อความสูงดินถมมีค่าต่ำแสดงว่าโครงสร้างกันดินกันดินมีประสิทธิภาพสูง ดังที่ได้กล่าวไว้ในหัวข้อที่ 3.6.1.3

ในการวิเคราะห์ประสิทธิภาพในการลดการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดินด้วยค่า δ/h เป็นการวิเคราะห์ค่าอัตราส่วนการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดินต่อความสูงดินถม(δ/h) ที่ความสูงเดียวกัน โดยใช้ความสูงดินถมที่สามารถเปรียบเทียบกันได้ทุกแบบจำลองจำนวน 5 ค่า ได้แก่ 3,6,9,12 และ 15 เซนติเมตร ซึ่งจากการศึกษาและวิเคราะห์การเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดินโดยการเพิ่มระยะฝังของโครงสร้างกันดินพบว่าค่าอัตราส่วนการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดินต่อความสูงดินถมที่ความสูงเดียวกันมีค่าดังแสดงในตารางที่ 4.3-4.7

ตารางที่ 4.3 ค่าอัตราส่วนการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดินต่อความสูงดินถมที่ 3 เซนติเมตร ของโครงสร้างกันแบบSingle wall ที่ได้จากการวิเคราะห์ด้วยแบบจำลองทางกายภาพ

แบบจำลองโครงสร้างกันดิน		ความสูงดินถม,h (mm.)	การเคลื่อนตัว, δ (mm.)	ค่าอัตราส่วนการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดินต่อความสูงดินถม, (δ/h)
แบบจำลองศึกษาผลของระยะฝังโครงสร้างกันดิน	2 เซนติเมตร	30	0.2400	0.00800
	4 เซนติเมตร	30	0.2333	0.00777
	6 เซนติเมตร	30	0.1800	0.00600

ตารางที่ 4.4 ค่าอัตราส่วนการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดินต่อความสูงดินถมที่ 6 เซนติเมตร ของโครงสร้างกันแบบSingle wall ที่ได้จากการวิเคราะห์ด้วยแบบจำลองทางกายภาพ

แบบจำลองโครงสร้างกันดิน		ความสูงดินถม,h (mm.)	การเคลื่อนตัว, δ (mm.)	ค่าอัตราส่วนการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดินต่อความสูงดินถม, (δ/h)
แบบจำลองศึกษาผลของระยะฝังโครงสร้างกันดิน	2 เซนติเมตร	60	1.0000	0.01667
	4 เซนติเมตร	60	0.8667	0.01445
	6 เซนติเมตร	60	0.5300	0.00883

ตารางที่ 4.5 ค่าอัตราส่วนการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดินต่อความสูงดินถมที่ 9 เซนติเมตร ของโครงสร้างกันแบบSingle wall ที่ได้จากการวิเคราะห์ด้วยแบบจำลองทางกายภาพ

แบบจำลองโครงสร้างกันดิน		ความสูงดินถม,h (mm.)	การเคลื่อนตัว, δ (mm.)	ค่าอัตราส่วนการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดินต่อความสูงดินถม, (δ/h)
แบบจำลองศึกษาผลของระยะฝังโครงสร้างกันดิน	2 เซนติเมตร	90	2.6900	0.02989
	4 เซนติเมตร	90	2.2400	0.02489
	6 เซนติเมตร	90	1.9667	0.02185

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.6 ค่าอัตราส่วนการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดินต่อความสูงดินถมที่ 12 เซนติเมตร ของโครงสร้างกันแบบSingle wall ที่ได้จากการวิเคราะห์ด้วยแบบจำลองทางกายภาพ

แบบจำลองโครงสร้างกันดิน		ความสูงดินถม,h (mm.)	การเคลื่อนตัว, δ (mm.)	ค่าอัตราส่วนการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดินต่อความสูงดินถม, (δ/h)
แบบจำลองศึกษาผลของระยะฝังโครงสร้างกันดิน	2 เซนติเมตร	120	15.193	0.12661
	4 เซนติเมตร	120	7.1367	0.05945
	6 เซนติเมตร	120	6.6600	0.05550

ตารางที่ 4.7 ค่าอัตราส่วนการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดินต่อความสูงดินถมที่ 15 เซนติเมตร ของโครงสร้างกันแบบSingle wall ที่ได้จากการวิเคราะห์ด้วยแบบจำลองทางกายภาพ

แบบจำลองโครงสร้างกันดิน		ความสูงดินถม,h (mm.)	การเคลื่อนตัว, δ (mm.)	ค่าอัตราส่วนการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดินต่อความสูงดินถม, (δ/h)
แบบจำลองศึกษาผลของระยะฝังโครงสร้างกันดิน	2 เซนติเมตร	150	118.75	0.79167
	4 เซนติเมตร	150	72.630	0.48420
	6 เซนติเมตร	150	38.266	0.25511

จากตารางที่ 4.3-4.7 พบว่า สามารถนำมาเปรียบเทียบกันดังแสดงในตารางที่ 4.8 เพื่อให้สามารถเห็นความแตกต่างของการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดิน และค่าอัตราส่วนการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดินต่อความสูงดินถม(δ/h)

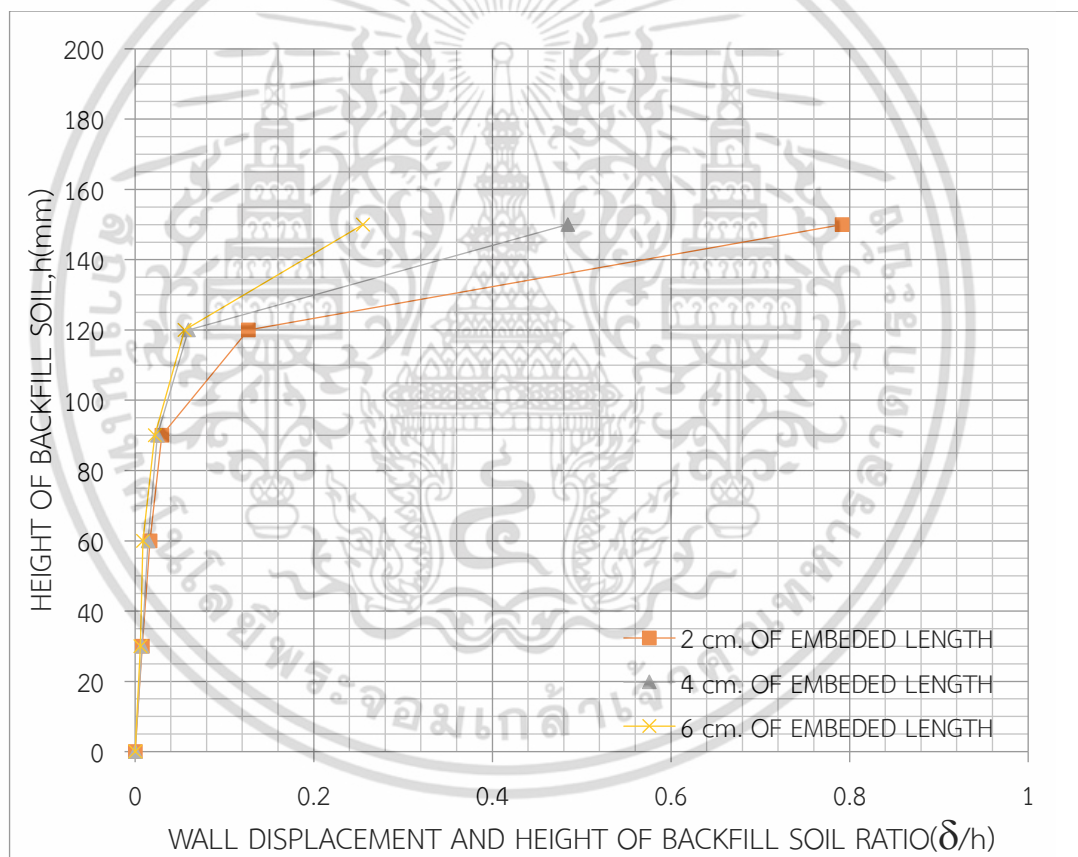
ตารางที่ 4.8 เปรียบเทียบประสิทธิภาพในการลดการเคลื่อนตัวเมื่อระยะฝังโครงสร้างกันดินต่างกัน

โครงสร้างกันดิน	ความสูงดินถม (mm.)	การเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดิน, δ (cm.) ที่ระยะฝัง			อัตราส่วนการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดินต่อความสูงดินถม (δ/h) ที่ระยะฝัง		
		2 cm.	4 cm.	6 cm.	2 cm.	4 cm.	6 cm.
Single wall	30	0.02400	0.02310	0.01800	0.00800	0.00777	0.00600
	60	0.10000	0.08670	0.05300	0.01667	0.01445	0.00883
	90	0.26900	0.22400	0.19670	0.02989	0.02489	0.02185
	120	1.51930	0.71340	0.66600	0.12661	0.05945	0.05550
	150	11.8750	7.26300	3.82670	0.79167	0.48420	0.25511

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากตารางที่ 4.8 พบว่าการเพิ่มระยะฝังของโครงสร้างกันดินส่งผลให้ค่าอัตราส่วนการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดินต่อความสูงดินถม (δ/h) มีแนวโน้มลดลง แสดงให้เห็นว่าการเพิ่มระยะฝังของโครงสร้างกันดินสามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการลดการเคลื่อนตัวได้

เมื่อนำมาสร้างเป็นกราฟความสัมพันธ์ระหว่างความสูงดินถมกับอัตราส่วนการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดินต่อความสูงดินถม (δ/h) ที่ระยะฝังของโครงสร้างกันดิน 2,4,6 เซนติเมตร ดังแสดงในรูปที่ 4.8 เพื่อวิเคราะห์ระยะฝังของโครงสร้างกันดินที่มีประสิทธิภาพในการลดการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดินจากค่าอัตราส่วนการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดินต่อความสูงดินถม (δ/h) โดยแบบจำลองที่มีประสิทธิภาพดีที่สุดคือแบบจำลองที่มีค่า δ/h ต่ำที่สุด ซึ่งจากรูปที่ 4.11 เมื่อเปรียบเทียบผลการศึกษาจากทั้ง 3 แบบจำลอง พบว่าแบบจำลองระยะฝังโครงสร้างกันดินที่ 6 เซนติเมตร มีค่า δ/h ต่ำที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับระดับความสูงดินถมเท่ากัน ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าระยะฝังโครงสร้างกันดิน 6 เซนติเมตร มีประสิทธิภาพในการลดการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดินสูงที่สุด



รูปที่ 4.8 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความสูงดินถมกับอัตราส่วนการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดินต่อความสูงดินถม (δ/h) เมื่อระยะฝังโครงสร้างกันดินแตกต่างกัน

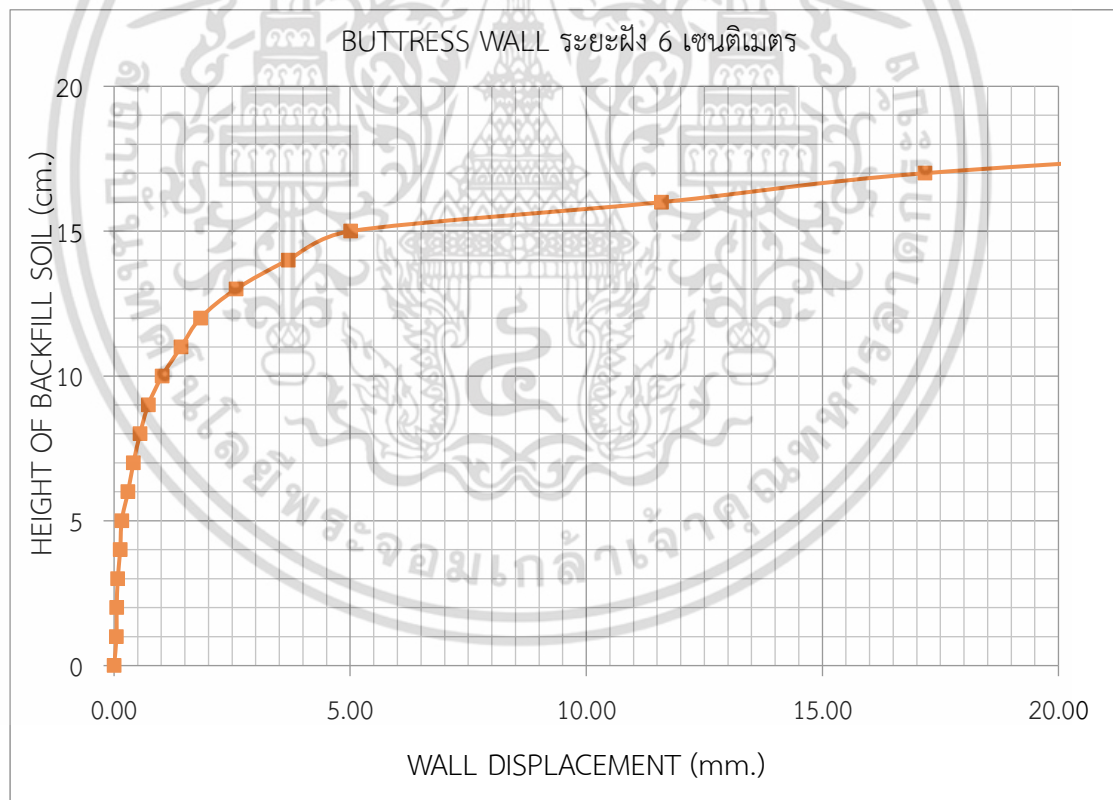
4.3.2 ผลการทดลองโครงสร้างกันดินแบบButtress wall

โครงสร้างกันดินแบบButtress wall เป็นแบบจำลองโครงสร้างกันดินแบบกำแพงเดี่ยวที่เสริมครีบก้ำยันเพื่อเพื่อเพิ่มความแข็งแรงของโครงสร้างกันดิน ดังแสดงในรูปที่ 4.2 ซึ่งใช้ศึกษาค่าการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดินที่เพิ่มขึ้นเมื่อเพิ่มความแข็งแรงของโครงสร้างกันดิน

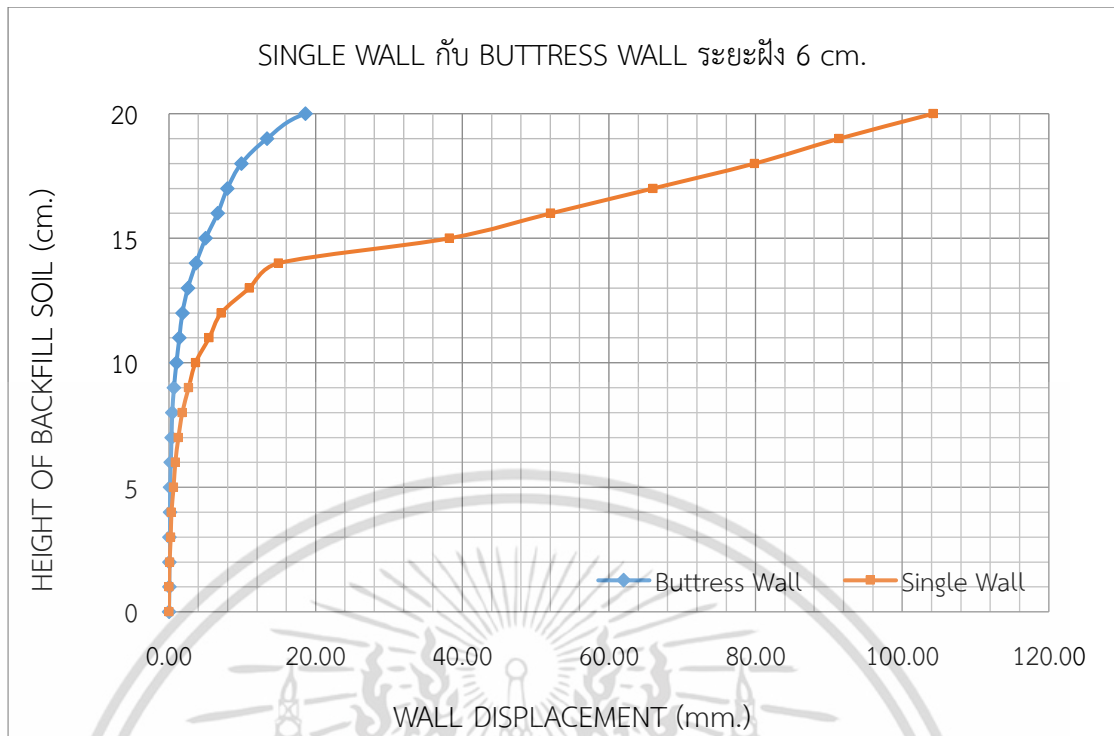
การศึกษาผลของการเพิ่มความแข็งแรงที่มีต่อค่าการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดิน สามารถทำได้โดยการนำผลการศึกษาของโครงสร้างกันดินแบบSingle wall มาเปรียบเทียบกับแบบจำลองโครงสร้างกันดินแบบButtress wall โดยใช้ระยะฝังโครงสร้างกันดินเท่ากับ 6 เซนติเมตร เนื่องจากผลการศึกษาจากแบบจำลองSingle wall พบว่าระยะฝังโครงสร้างกันดินดังกล่าวมีประสิทธิภาพในการลดการเคลื่อนตัวสูงที่สุด

ผลการศึกษาจากแบบจำลองทางกายภาพประกอบด้วยค่าการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดินและความสูงของดินถม โดยผลการศึกษาจากแบบจำลองจะถูกนำเสนอในรูปแบบกราฟความสัมพันธ์ระหว่างการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดินกับความสูงของดินถม ดังแสดงในรูปที่ 4.9

จากนั้นจึงนำกราฟความสัมพันธ์จากแบบจำลองButtress wall มาเปรียบเทียบกับแบบจำลองSingle wall เพื่อศึกษาความแตกต่างของโครงสร้างกันดินเมื่อเพิ่มความแข็งแรงของโครงสร้างกันดิน ซึ่งแสดงผลในรูปที่ 4.10



รูปที่ 4.9 ค่าความสัมพันธ์ระหว่างการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดินแบบ Buttress wall กับความสูงดินถม ที่ระยะการฝัง 6 เซนติเมตร



รูปที่ 4.10 เปรียบเทียบค่าการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดินแบบ Single wall กับโครงสร้างกันดินแบบ Buttress wall

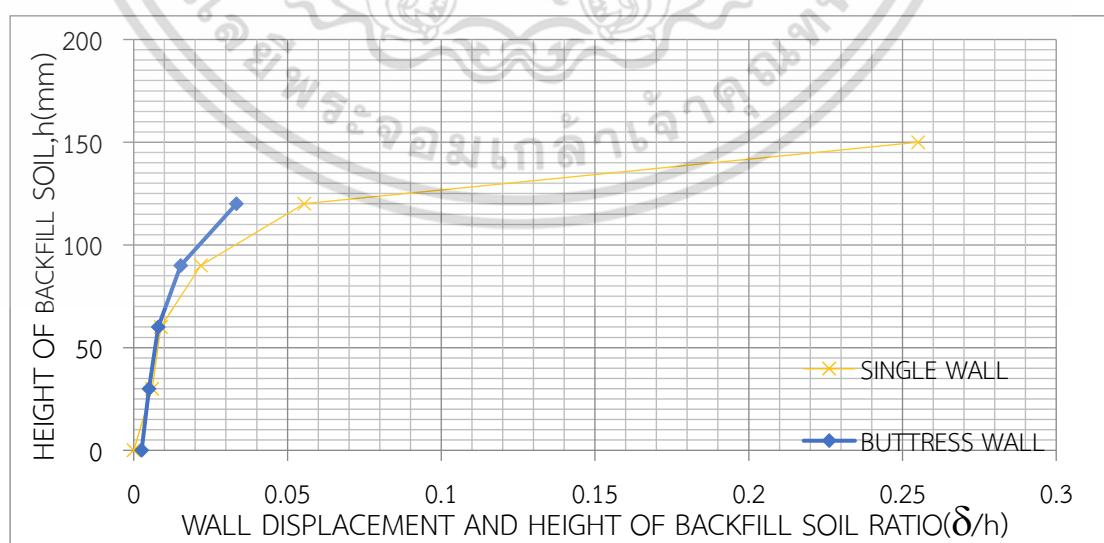
จากการเปรียบเทียบกราฟความสัมพันธ์ระหว่างความสูงดินถมกับค่าการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดิน ระหว่างแบบจำลอง Single wall และแบบจำลอง Buttress wall พบว่า ในช่วงความสูงดินถมน้อยกว่า 5 เซนติเมตรค่าการเคลื่อนตัวของทั้งสองแบบจำลองมีค่าใกล้เคียงกัน แต่เมื่อความสูงดินถมเพิ่มขึ้นการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดินแบบ Buttress wall จะมีแนวโน้มลดลง ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าการเพิ่มความแข็งแรงของโครงสร้างกันดินสามารถลดการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดินได้

ในการวิเคราะห์ประสิทธิภาพในการลดการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดินด้วยค่า δ/h เป็นการวิเคราะห์ค่าอัตราส่วนการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดินต่อความสูงดินถม (δ/h) ที่ความสูงเดียวกัน โดยใช้ความสูงดินถมที่สามารถเปรียบเทียบกันได้ทุกแบบจำลองจำนวน 5 ค่า ได้แก่ 3, 6, 9, 12 และ 15 เซนติเมตร ซึ่งจากการศึกษาและวิเคราะห์การเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดินโดยการเพิ่มความแข็งแรงของโครงสร้างกันดินพบว่าค่าอัตราส่วนการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดินต่อความสูงดินถมที่ความสูงเดียวกันมีค่าดังแสดงในตารางที่ 4.9

ตารางที่ 4.9 ค่าอัตราส่วนการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดินต่อความสูงดินถมที่ 3,6,9,12,15 เซนติเมตร ของโครงสร้างกันแบบButtress wall ที่ได้จากการศึกษาด้วยแบบจำลองทางกายภาพ

แบบจำลองโครงสร้างกันดิน		ความสูงดินถม,h (mm.)	การเคลื่อนตัว, δ (mm.)	ค่าอัตราส่วนการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดินต่อความสูงดินถม, (δ/h)
BUTTRESS WALL	6 เซนติเมตร	30	0.0775	0.00258
		60	0.2950	0.00492
		90	0.7238	0.00804
		120	1.8288	0.01524
		150	5.0100	0.03340

จากตารางที่ 4.9 เมื่อนำมาสร้างเป็นกราฟความสัมพันธ์ระหว่างความสูงดินถมกับอัตราส่วนการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดินต่อความสูงดินถม(δ/h)ที่ระยะฝังของโครงสร้างกันดิน 6 เซนติเมตร เปรียบเทียบกับผลการศึกษาจากแบบจำลองSingle wall ดังแสดงในรูปที่ 4.14 เพื่อวิเคราะห์ประสิทธิภาพในการลดการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดินเนื่องจากการเสริมความแข็งแรงของโครงสร้างกันดินจากค่าอัตราส่วนการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดินต่อความสูงดินถม(δ/h) โดยแบบจำลองที่มีค่า δ/h ต่ำกว่า คือแบบจำลองที่มีประสิทธิภาพในการลดการเคลื่อนตัวดีกว่า ซึ่งจากรูปที่ 4.11 เมื่อเปรียบเทียบผลการศึกษาจากทั้ง 2 แบบจำลอง พบว่าแบบจำลองButtress wall มีค่า δ/h ต่ำกว่าแบบจำลองSingle wall เมื่อเปรียบเทียบที่ระดับความสูงดินถมเท่ากัน ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าการเพิ่มความแข็งแรงของโครงสร้างกันดินสามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการลดการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดิน



รูปที่ 4.11 เปรียบเทียบกราฟความสัมพันธ์ระหว่างความสูงดินถมกับอัตราส่วนการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดินต่อความสูงดินถม(δ/h) เมื่อความแข็งแรงของโครงสร้างกันดินต่างกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อการศึกษาค้นคว้าเท่านั้น เมื่อผู้ใดเห็นประโยชน์ในการนำเอกสารนี้ไปใช้โดยไม่ผ่านการอนุญาตจากเจ้าของลิขสิทธิ์ หรือมีการดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เนื่องจากการเพิ่มความแข็งแรงของโครงสร้างกันดินสามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการลดการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดิน ในการศึกษาครั้งนี้จึงมีการนำค่าอัตราส่วนการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดินต่อความสูงดินถม(δ/h) ที่ระดับความสูงดินถมเท่ากัน จากแบบจำลองโครงสร้างกันดินSingle wall มาเปรียบเทียบกับแบบโครงสร้างกันดินแบบButtress wall ที่ระยะฝัง 6 เซนติเมตร มาเปรียบเทียบกับเป็นเปอร์เซ็นต์ซึ่งมีผลดังแสดงในตารางที่ 4.10 เพื่อหาประสิทธิภาพของโครงสร้างกันดินที่เพิ่มขึ้นเนื่องจากการเสริมความแข็งแรงของโครงสร้างกันดิน

ตารางที่ 4.10 เปรียบเทียบประสิทธิภาพในการลดการเคลื่อนตัวเมื่อเพิ่มความแข็งแรงของโครงสร้างกันดิน

ความสูงดินถม(mm.)	ค่าอัตราส่วนการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดินต่อความสูงดินถม(δ/h)		ประสิทธิภาพของโครงสร้างกันดินที่เพิ่มขึ้น(%)
	SINGLE WALL	BUTTRESS WALL	
30	0.00600	0.00258	57.00
60	0.00883	0.00492	44.28
90	0.02185	0.00804	63.20
120	0.05550	0.01524	72.54
150	0.25511	0.03340	86.91

จากตารางที่ 4.10 พบว่าการเพิ่มความแข็งแรงของโครงสร้างกันดิน ส่งผลให้โครงสร้างกันดินมีค่าอัตราส่วนการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดินต่อความสูงดินถม(δ/h)ลดลง แสดงให้เห็นว่าการเพิ่มความแข็งแรงสามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการลดการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดินได้ โดยประสิทธิภาพของโครงสร้างกันดินเพิ่มขึ้น 44.28-86.91 เปอร์เซ็นต์ เมื่อความสูงดินถมอยู่ในช่วง 30-150 มิลลิเมตร

4.3.3 ผลการทดลองโครงสร้างกันดินแบบRelieving wall

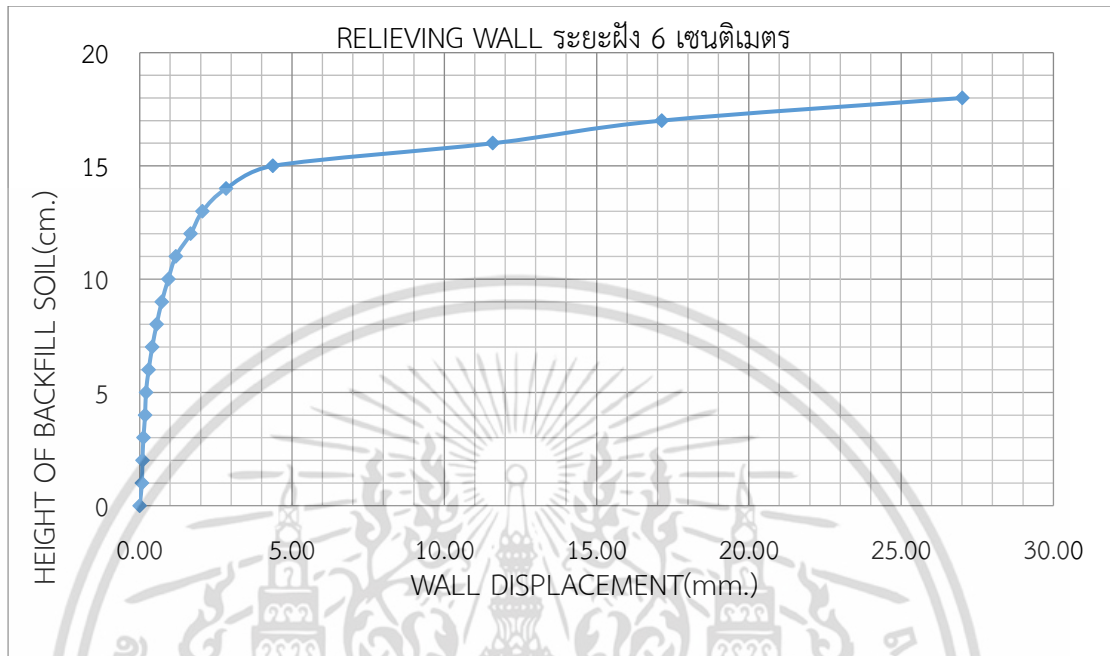
โครงสร้างกันดินแบบRelieving wall เป็นแบบจำลองโครงสร้างกันดินแบบกำแพงเดี่ยวที่มีPlatform กระจายแรงดันดินด้านข้างลงสู่แนวตั้งด้วยเสาเข็มและRelieving platform ดังแสดงในรูปที่ 4.3

การศึกษาผลของการกระจายแรงดันดินด้านข้างที่มีต่อค่าการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดิน สามารถทำได้โดยการนำผลการศึกษาของโครงสร้างกันดินแบบSingle wall มาเปรียบเทียบกับแบบจำลองโครงสร้างกันดินแบบRelieving wall โดยใช้ระยะฝังโครงสร้างกันดินเท่ากับ 6 เซนติเมตร เนื่องจากผลการศึกษาจากแบบจำลองSingle wall พบว่าระยะฝังโครงสร้างกันดินดังกล่าวมีประสิทธิภาพในการลดการเคลื่อนตัวสูงที่สุด

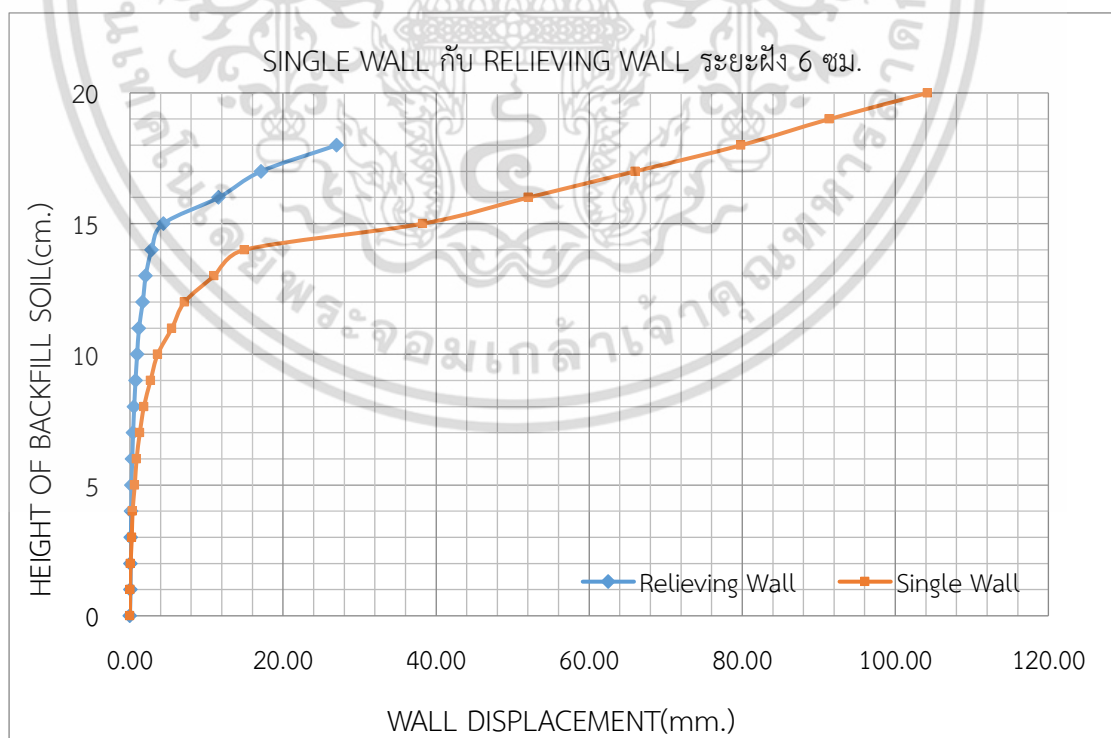
ผลการศึกษาจากแบบจำลองทางกายภาพประกอบด้วยค่าการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดินและความสูงของดินถม โดยผลการศึกษาจากแบบจำลองจะถูกนำเสนอในรูปแบบกราฟความสัมพันธ์ระหว่างการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดินกับความสูงของดินถม ดังแสดงในรูปที่ 4.12

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากนั้นจึงนำกราฟความสัมพันธ์จากแบบจำลอง Relieving wall มาเปรียบเทียบกับแบบจำลอง Single wall เพื่อศึกษาความแตกต่างของโครงสร้างกันดินเมื่อมีการกระจายแรงดันดินด้านข้างลงสู่แนวตั้ง ซึ่งแสดงผลในรูปที่ 4.13



รูปที่ 4.12 ค่าความสัมพันธ์ระหว่างการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดินแบบ Relieving wall กับ ความสูงดินถม ที่ระยะการฝัง 6 เซนติเมตร



รูปที่ 4.13 ค่าการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดินแบบ Single wall กับโครงสร้างกันดินแบบ Relieving wall

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

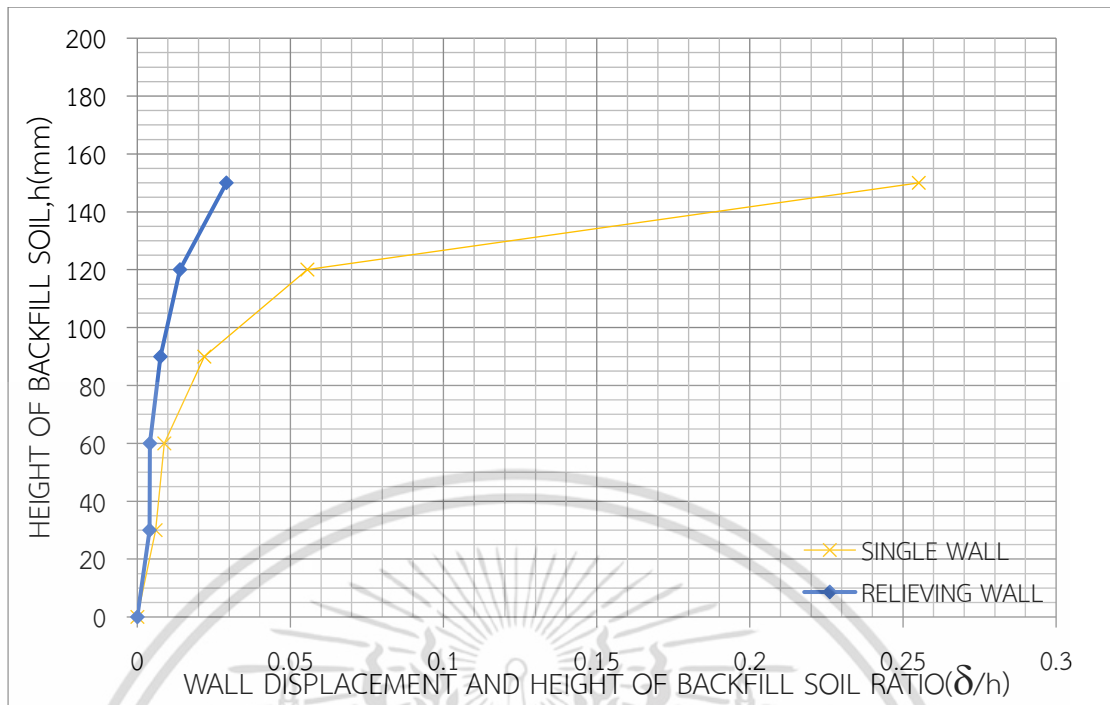
จากการเปรียบเทียบกราฟความสัมพันธ์ระหว่างความสูงดินถมกับค่าการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดิน ระหว่างแบบจำลองSingle wall และแบบจำลองRelieving wall พบว่า ในช่วงความสูงดินถมน้อยกว่า 5 เซนติเมตร ค่าการเคลื่อนตัวของทั้งสองแบบจำลองมีค่าใกล้เคียงกัน แต่เมื่อความสูงดินถมเพิ่มขึ้นการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดินแบบRelieving wall จะมีแนวโน้มลดลง ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าการเสริมPlatform เพื่อช่วยกระจายแรงดันดินด้านข้างสามารถลดการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดินได้

ในการวิเคราะห์ประสิทธิภาพในการลดการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดินด้วยค่า δ/h เป็นการวิเคราะห์ค่าอัตราส่วนการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดินต่อความสูงดินถม(δ/h) ที่ความสูงเดียวกัน โดยใช้ความสูงดินถมที่สามารถเปรียบเทียบกันได้ทุกแบบจำลองจำนวน 5 ค่า ได้แก่ 3,6,9,12 และ 15 เซนติเมตร ซึ่งจากการศึกษาและวิเคราะห์การเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดินโดยการเสริมPlatform เพื่อช่วยกระจายแรงดันดินด้านข้าง พบว่าค่าอัตราส่วนการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดินต่อความสูงดินถมที่ความสูงเดียวกันมีค่าดังแสดงในตารางที่ 4.11

ตารางที่ 4.11 ค่าอัตราส่วนการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดินต่อความสูงดินถมที่ 3,6,9,12,15 เซนติเมตร ของโครงสร้างกันแบบRelieving wall ที่ได้จากการศึกษาด้วยแบบจำลองทางกายภาพ

แบบจำลอง โครงสร้างกันดิน	ระยะฝัง(cm.)	ความสูงดินถม,h (mm.)	การเคลื่อนตัว, δ (mm.)	ค่าอัตราส่วนการ เคลื่อนตัวของ โครงสร้างกันดินต่อ ความสูงดินถม, (δ/h)
RELIEVING WALL	6 เซนติเมตร	30	0.1213	0.00404
		60	0.2488	0.00415
		90	0.6825	0.00758
		120	1.6725	0.01394
		150	4.3663	0.02911

จากตารางที่ 4.11 เมื่อนำมาสร้างเป็นกราฟความสัมพันธ์ระหว่างความสูงดินถมกับอัตราส่วนการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดินต่อความสูงดินถม(δ/h) จากแบบจำลองRelieving wall ที่ระยะฝังของโครงสร้างกันดิน 6 เซนติเมตร เปรียบเทียบกับผลการศึกษาจากแบบจำลองSingle wall ดังแสดงในรูปที่ 4.14 เพื่อวิเคราะห์ประสิทธิภาพในการลดการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดินเนื่องจากการเสริมPlatform เพื่อช่วยกระจายแรงดันดินด้านข้าง จากค่าอัตราส่วนการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดินต่อความสูงดินถม(δ/h) โดยแบบจำลองที่มีค่า δ/h ต่ำกว่า คือแบบจำลองที่มีประสิทธิภาพในการลดการเคลื่อนตัวดีกว่า จากรูปที่ 4.14 เมื่อเปรียบเทียบผลการศึกษาจากทั้ง 2 แบบจำลอง พบว่าโครงสร้างกันดินแบบRelieving wall มีค่า δ/h ต่ำกว่าแบบจำลองSingle wall เมื่อเปรียบเทียบที่ระดับความสูงดินถมเท่ากัน ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าการเสริมPlatform เพื่อช่วยกระจายแรงดันดินด้านข้าง สามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการลดการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดิน



รูปที่ 4.14 เปรียบเทียบกราฟความสัมพันธ์ระหว่างความสูงดินถมกับอัตราส่วนการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดินต่อความสูงดินถม(δ/h) ในกรณีที่ไม่เสริมและเสริมPlatform

เนื่องจากการเสริมPlatform เพื่อช่วยกระจายแรงดันดินด้านข้าง สามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการลดการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดิน ในการศึกษาครั้งนี้จึงมีการนำค่าอัตราส่วนการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดินต่อความสูงดินถม(δ/h) ที่ระดับความสูงดินถมเท่ากัน จากแบบจำลองโครงสร้างกันดินSingle wall มาเปรียบเทียบกับโครงสร้างกันดินแบบ Relieving wall ที่ระยะฝัง 6 เซนติเมตร มาเปรียบเทียบกับกันเป็นเปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีผลดังแสดงในตารางที่ 4.12 เพื่อหาเปอร์เซ็นต์การเพิ่มขึ้นของประสิทธิภาพของโครงสร้างกันดิน

ตารางที่ 4.12 เปรียบเทียบประสิทธิภาพในการลดการเคลื่อนตัวเมื่อเสริมPlatform เพื่อช่วยกระจายแรงดันดินด้านข้าง

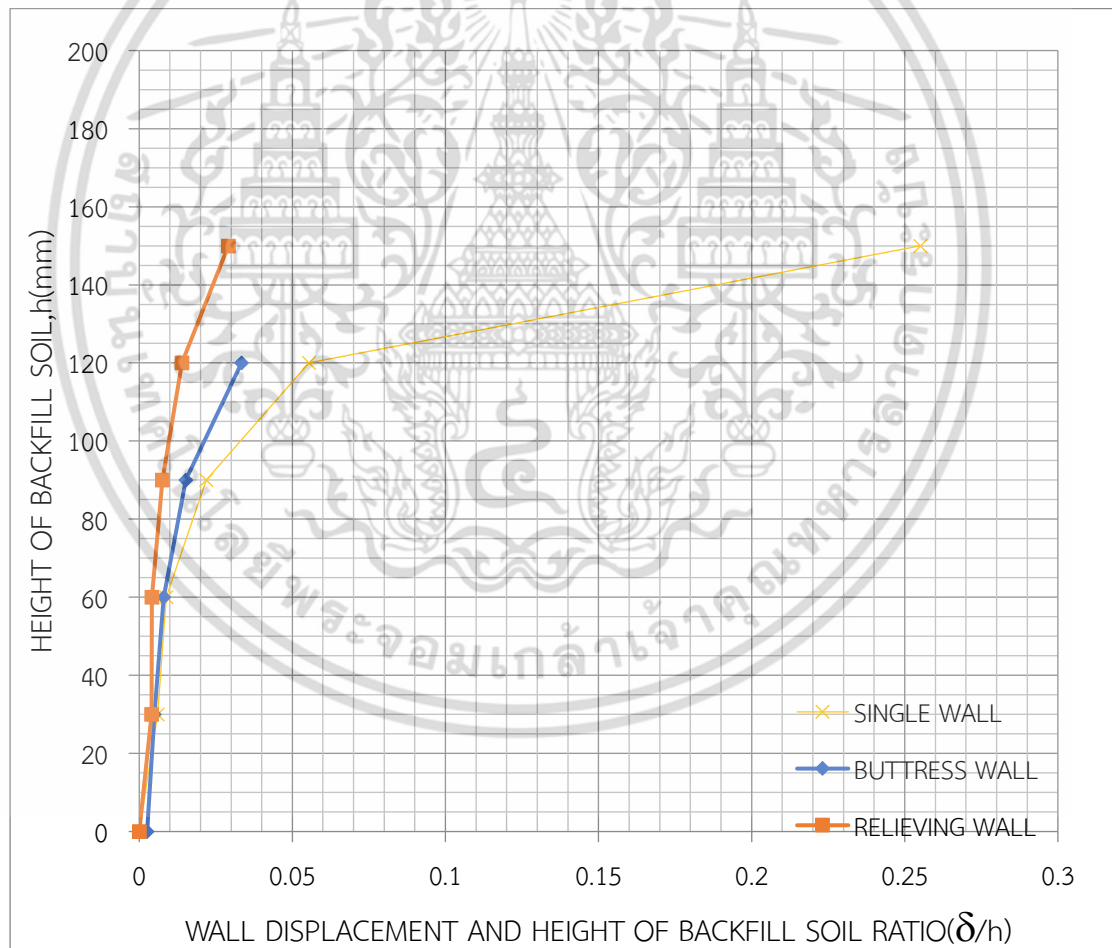
ความสูงดินถม(mm.)	ค่าอัตราส่วนการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดินต่อความสูงดินถม(δ/h)		ประสิทธิภาพของโครงสร้างกันดินที่เพิ่มขึ้น(%)
	SINGLE WALL	RELIEVING WALL	
30	0.00600	0.00404	32.67
60	0.00883	0.00415	53.00
90	0.02185	0.00758	65.31
120	0.05550	0.01394	74.88
150	0.25511	0.02911	88.59

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากตารางที่ 4.12 พบว่า เพื่อช่วยกระจายแรงดันดินด้านข้างส่งผลให้ส่งผลให้โครงสร้างกันดิน มีค่าอัตราส่วนการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดินต่อความสูงดินถม(δ/h) ลดลง แสดงให้เห็นว่าการเสริมPlatform สามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการลดการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดินได้ โดยประสิทธิภาพของโครงสร้างกันดินเพิ่มขึ้น 32.67-88.59 เปอร์เซ็นต์ เมื่อความสูงดินถมอยู่ในช่วง 30-150 มิลลิเมตร

4.3.4 เปรียบเทียบผลการศึกษาจากแบบจำลองทางกายภาพ

การเปรียบเทียบผลการศึกษาการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดินแบบSingle wall,Buttress wall และ Relieving wall จากการศึกษาด้วยแบบจำลองทางกายภาพ แสดงในรูปที่ 4.15 ซึ่งพบว่า โครงสร้างกันดินแบบRelieving wall มีค่าอัตราส่วนการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดินต่อความสูงดินถม(δ/h) ต่ำที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับโครงสร้างกันดินอีก 2 แบบที่ระดับความสูงดินถมเดียวกัน นอกจากนี้โครงสร้างกันดินแบบRelieving wall ยังเพิ่มประสิทธิภาพในการลดการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดินได้สูงสุดถึง 88.59 เปอร์เซ็นต์ ที่ความสูงดินถม 150 มิลลิเมตร



รูปที่ 4.15 เปรียบเทียบกราฟความสัมพันธ์ระหว่างความสูงดินถมกับอัตราส่วนการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดินต่อความสูงดินถม(δ/h)ของโครงสร้างกันดิน 3 แบบ จากผลการศึกษาด้วยแบบจำลองทางกายภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.13 เปรียบเทียบการเคลื่อนตัวและประสิทธิภาพของโครงสร้างกันดิน ระหว่างโครงสร้างกันดินแบบ Single wall Buttress wall และ Relieving wall

ความสูงดินถม (mm.)	การเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดิน, δ (cm.)			อัตราส่วนการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดินต่อความสูงดินถม (δ/h) ที่ระยะฝัง		
	SINGLE WALL	BUTTRESS WALL	RELIEVING WALL	SINGLE WALL	BUTTRESS WALL	RELIEVING WALL
30	0.01800	0.0775	0.1213	0.00600	0.00258	0.00404
60	0.05300	0.2950	0.2488	0.00883	0.00492	0.00415
90	0.19670	0.7238	0.6825	0.02185	0.00804	0.00758
120	0.66600	1.8288	1.6725	0.05550	0.01524	0.01394
150	3.82670	5.0100	4.3663	0.25511	0.03340	0.02911

จากตารางที่ 4.13 พบว่าเมื่อความสูงดินถมเท่ากับ 30 มิลลิเมตร โครงสร้างกันดินแบบ Buttress wall สามารถเพิ่มประสิทธิภาพของโครงสร้างกันดินได้มากกว่าโครงสร้างกันดินแบบ Relieving wall เนื่องจากความสูงดินถมดังกล่าวเป็นระดับที่ต่ำกว่าระดับติดตั้ง Platform ส่งผลให้การกระจายตัวของแรงดันดินด้านข้างยังไม่เกิดขึ้น ประสิทธิภาพที่เพิ่มขึ้นจึงมีผลมาจากเสาเข็มที่เสริมใต้ Platform เพียงอย่างเดียว ในขณะที่ Buttress wall ที่มีการเสริมครีมน้ำยันจึงสามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการลดการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดินได้สูงกว่า

เมื่อความสูงดินถมอยู่ในช่วง 60-150 มิลลิเมตร โครงสร้างกันดินแบบ Relieving wall จึงมีประสิทธิผลสูงการโครงสร้างกันดินแบบ Buttress wall ซึ่งเป็นผลการเสริม Platform ทำให้แรงดันดินด้านข้างถูกกระจายลงแนวดินผ่าน Platform และเสาเข็ม ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าโครงสร้างกันดินแบบ Relieving wall มีประสิทธิภาพในการลดการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดินสูงที่สุด

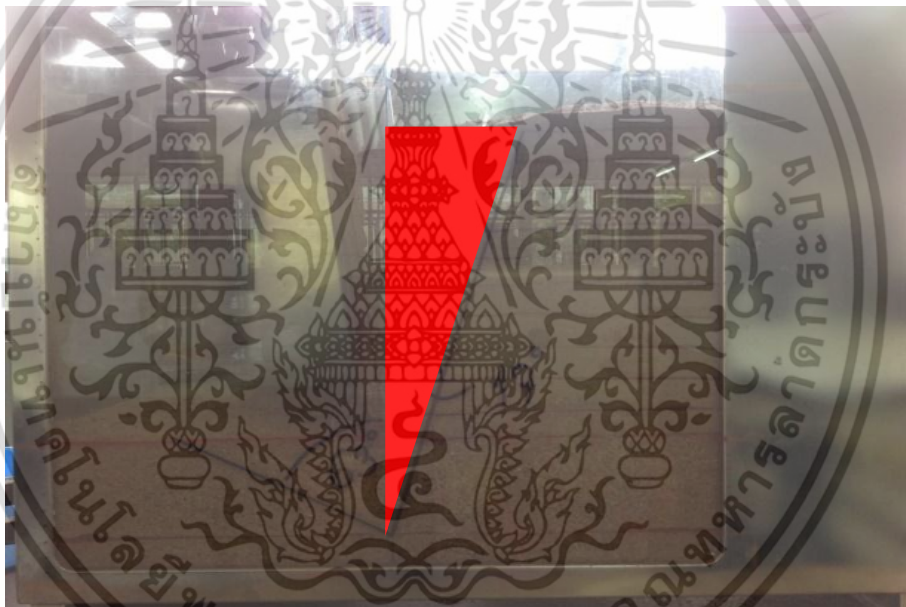
4.3.5 เปรียบเทียบพื้นที่พิบัติของดินถม

พื้นที่พิบัติของดินถม (Soil failure zone) แสดงให้เห็นถึงพื้นที่ดินถมที่ส่งผลต่อการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดิน เมื่อแบบจำลองเกิดการพิบัติจะสังเกตเห็นพื้นที่ดังกล่าวได้ในบริเวณดินที่อยู่ในสถานะ Active zone ดังแสดงในรูปที่ 4.16-4.18 ซึ่งโครงสร้างกันดินทั้ง 3 แบบมีลักษณะของพื้นที่การพิบัติของดินถมที่แตกต่างกันโดยโครงสร้างกันดินแบบ Single wall กับ Buttress wall จะมีลักษณะเป็นสามเหลี่ยม แต่โครงสร้างกันดิน Buttress wall จะมีมุมที่น้อยกว่า Single wall เนื่องจากครีมน้ำยันทำหน้าที่ในการช่วงเสริมเสถียรภาพของโครงสร้างกันดิน

สำหรับโครงสร้างกันดินแบบ Relieving wall พื้นที่การพิบัติของดินถมมีลักษณะเป็นรูปสามเหลี่ยมแบ่งเป็น 2 รูป เนื่องจากการเสริม Platform จะทำให้พื้นที่ถูกแบ่งออกเป็น 2 ส่วน ดังแสดงในรูปที่ 4.18

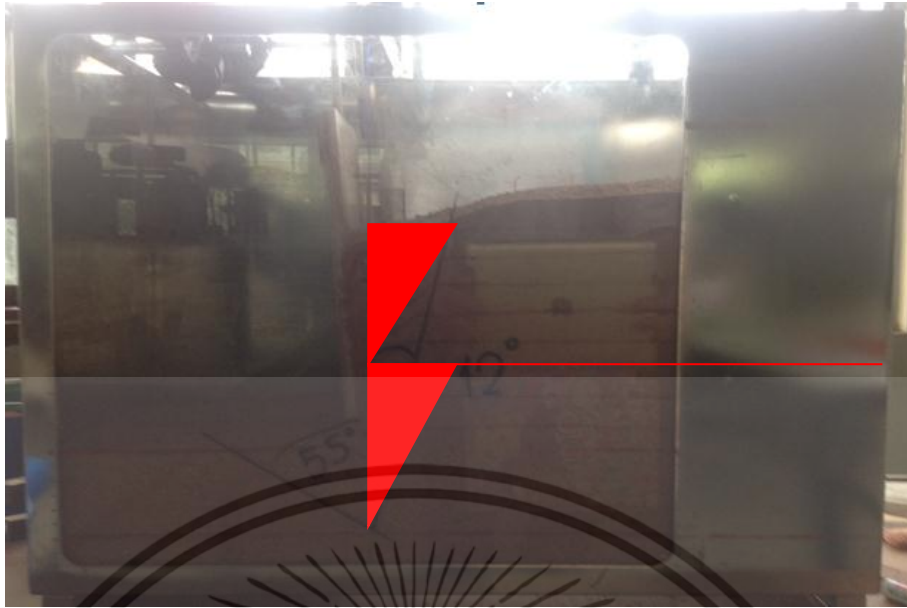


รูปที่ 4.16 ลักษณะของพื้นที่การพิบัติของโครงสร้างกันดินแบบ Single wall



รูปที่ 4.17 ลักษณะของพื้นที่การพิบัติของโครงสร้างกันดินแบบ Buttress wall

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



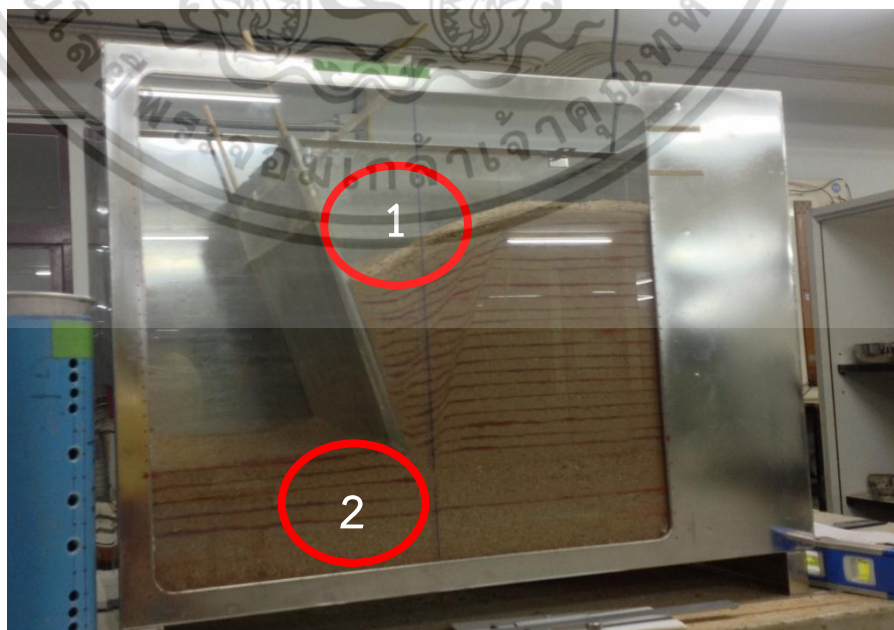
รูปที่ 4.18 ลักษณะของพื้นที่การพิบัติของโครงสร้างกันดินแบบ Relieving wall

4.3.6 ข้อจำกัดของแบบจำลองทางกายภาพ(Limitation of Physical model)

จากการศึกษาการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดินด้วยแบบจำลองทางกายภาพ พบว่าแบบจำลองทางกายภาพมีข้อจำกัดที่ส่งผลต่อค่าการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดินดังนี้

เมื่อโครงสร้างกันดินมีการเคลื่อนตัวมากขึ้นจะส่งผลให้บริเวณผิวดินถล่มเกิดเป็นแอ่ง บริเวณหมายเลข 1 ในรูปที่ 4.19 ซึ่งจะส่งผลกระทบต่อค่าการเคลื่อนตัวที่มีความคลาดเคลื่อนตัว เนื่องจากความสูงดินถล่มบริเวณแอ่งเพิ่มขึ้นไม่คงที่

พื้นที่พิบัติของดินถล่ม(Soil failure zone) บริเวณดินที่อยู่ในสภาวะPassive zone บริเวณหมายเลข 2 ในรูปที่ 4.19 พบว่าระนาบการพิบัติจะไม่สามารถสังเกตเห็นได้อย่างชัดเจน แต่จะสามารถเห็นดินบริเวณผิวมีการยกตัวสูงขึ้น



รูปที่ 4.19 ข้อจำกัดของแบบจำลองทางกายภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

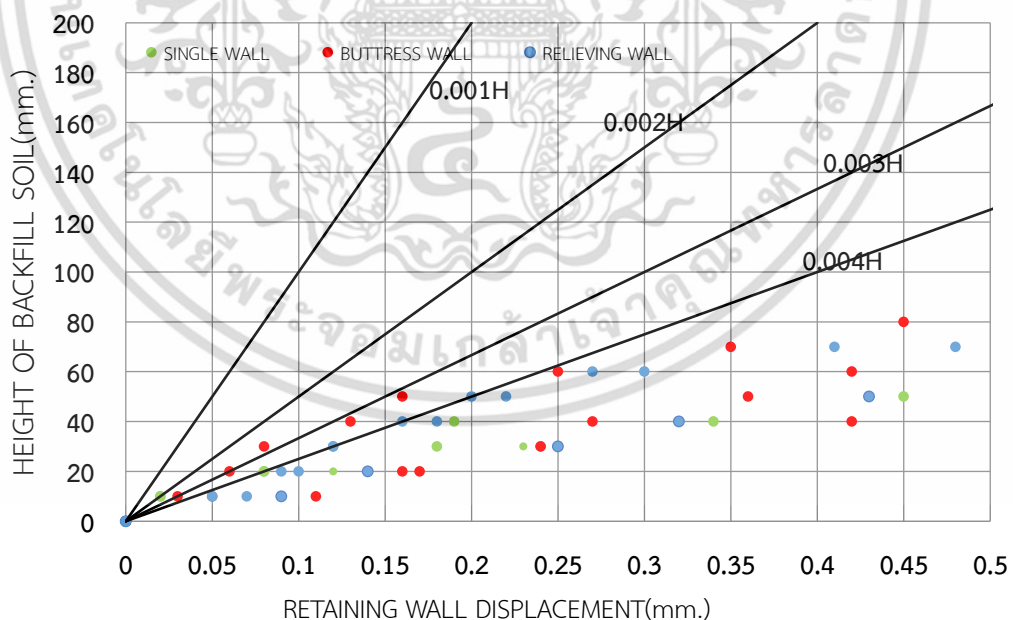
ผลการศึกษาค่าการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดินไม่สามารถนำไปใช้ประเมินค่าการเคลื่อนตัวโครงสร้างกันดินที่ก่อสร้างจริงในสนาม เนื่องจากเป็นแบบจำลองในสภาวะ 1G ซึ่งมีผลให้ค่าแรงดันดินมีค่าน้อยมากเมื่อเทียบกับขนาดจริง ดังนั้นผลการศึกษาที่ได้จึงสามารถบอกได้เพียงว่ารูปแบบโครงสร้างกันดินรูปแบบใด มีประสิทธิภาพมากกว่ากัน

4.4 ผลเปรียบเทียบข้อมูลกับสมการเชิงประสพการณ์(Empirical formula)

ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการแบบจำลองแบ่งเป็น 2 ส่วน ประกอบด้วย การทำนายการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดิน และมุมที่เกิดจากระนาบการพิบัติตั้งที่ไค่กล่าวในหัวข้อที่ 3.6.3

สมการเชิงประสพการณ์สำหรับใช้ประมาณการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดิน โดยดินถมเป็นดินทรายและมีพฤติกรรมการพิบัติในสภาวะแบบ Active เมื่อนำมาเปรียบเทียบกับผลการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดินจากผลการทดลองในแบบจำลองทางกายภาพ พบว่า ระดับความสูงดินถมมากกว่า 100 มิลลิเมตรมีแนวโน้มที่การเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดินมีค่าสูงกว่า $0.004H$ ซึ่งมากกว่าค่าจากทฤษฎี และค่าการเคลื่อนตัวที่อยู่ในช่วงทฤษฎีที่ระดับความสูงดินถมไม่มากซึ่งแสดงในรูปที่ 4.20

โครงสร้างกันดินแบบจำลอง Single wall มีค่าการเคลื่อนตัวอยู่ในช่วง $0.001H-0.004H$ เมื่อความสูงดินถมต่ำกว่า 30 มิลลิเมตร ขณะที่แบบจำลอง Buttress wall มีค่าการเคลื่อนตัวอยู่ในช่วง $0.001H-0.004H$ เมื่อความสูงดินถมต่ำกว่า 60 มิลลิเมตรและแบบจำลอง Relieving wall มีค่าการเคลื่อนตัวอยู่ในช่วง $0.001H-0.004H$ เมื่อความสูงดินถมต่ำกว่า 60 มิลลิเมตร

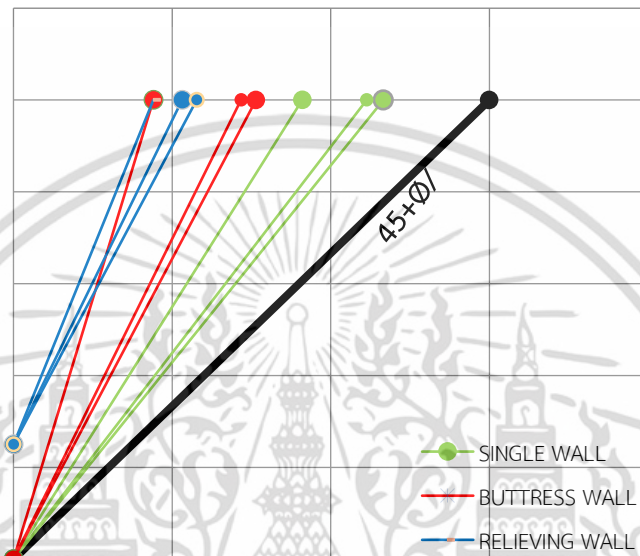


รูปที่ 4.20 เปรียบเทียบการเคลื่อนตัวของกำแพงกันดินจากแบบจำลองกับสมการเชิงประสพการณ์

สำหรับมุมของระนาบการพิบัติ เมื่อนำมาเปรียบเทียบกับทฤษฎีของ Coulumb โดยการทำมุมที่วัดได้จากแบบจำลองทางกายภาพหลังจากที่กำแพงกันดินเคลื่อนตัวจนดินถมเกิดการพิบัติ ดังแสดงในเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.21 พบว่าระนาบการพิบัติของทุกแบบจำลอง มีมุมที่เทียบกับแกนตั้งน้อยกว่ามุมทางทฤษฎีของ Coulumb เนื่องจากข้อจำกัดของแบบจำลองทางกายภาพ ซึ่งผลดังกล่าวแสดงให้เห็นว่าพื้นที่ของดินถมที่อยู่เหนือระนาบการพิบัติมีน้อยกว่าทฤษฎีของ Coulumb

นอกจากนั้นระนาบการพิบัติของแบบจำลอง Relieving wall ยังมีจุดเริ่มต้นที่อยู่สูงกว่าแบบระนาบการพิบัติของแบบจำลองอื่น และมีมุมของระนาบการพิบัติที่น้อยที่สุด พื้นที่การพิบัติของดินถมจึงน้อย



รูปที่ 4.21 เปรียบเทียบระนาบการพิบัติของทุกแบบจำลองกับระนาบการพิบัติตามทฤษฎีของ Coulomb

4.5 การใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์วิเคราะห์พฤติกรรมของโครงสร้างกันดิน

การศึกษาประสิทธิภาพในการลดการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดินด้วยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ เป็นการนำผลการศึกษาจากแบบจำลองทางกายภาพมาศึกษาเพิ่มเติมในส่วนของแบบจำลอง Relieving wall ดังที่ได้กล่าวไว้ในหัวข้อที่ 3.3.2 เนื่องจากผลการวิเคราะห์ด้วยแบบจำลองทางกายภาพพบว่าแบบจำลอง Relieving wall ซึ่งเป็นแบบจำลองที่ใช้ platform มาช่วยลดแรงดันดินด้านข้าง ทำให้มีประสิทธิภาพในการลดการเคลื่อนตัวสูงที่สุด

ในการสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์จะต้องมีการสอบเทียบความน่าเชื่อถือของแบบจำลองกับแบบจำลองทางกายภาพ

ภายหลังจากการสอบเทียบความน่าเชื่อถือของแบบจำลองทางคณิตศาสตร์เสร็จเรียบร้อยแล้ว ขั้นตอนต่อไปเป็นการนำแบบจำลองทางคณิตศาสตร์มาวิเคราะห์ประสิทธิภาพของระบบโครงสร้างกันดินแบบ Relieving wall ในการลดการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดิน ซึ่งแบ่งออกเป็น 2 ส่วน ได้แก่ การเปลี่ยนระดับการติดตั้ง Relieving platform และการเปลี่ยนความยาวของแผ่น Platform

การสอบเทียบ (Calibration) ความน่าเชื่อถือของแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ คือการเปรียบเทียบค่าการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดินระหว่างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ในโปรแกรมไฟไนท์อีลิเมนต์ (Finite Element) กับแบบจำลองทางกายภาพในสภาวะ 1G เพื่อตรวจสอบความเอนกसारนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

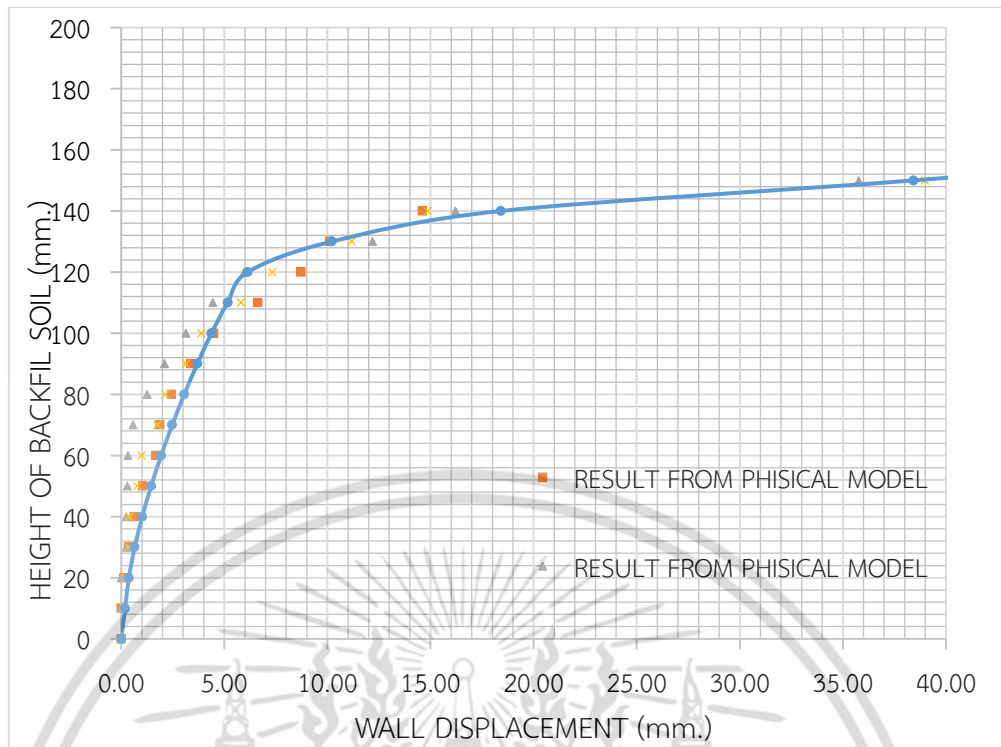
น่าเชื่อถือของคุณสมบัติดินและโครงสร้างกันดินที่เลือกใช้วิเคราะห์ในแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ โดยขั้นตอนในการสอบเทียบได้กล่าวไว้ในหัวข้อที่ 3.2.2

แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่มีความน่าเชื่อถือและสามารถนำไปใช้ศึกษาได้ จะต้องเป็นแบบจำลองที่มีผลการวิเคราะห์การเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดินที่ใกล้เคียงกับผลการวิเคราะห์จากแบบจำลองทางกายภาพ เมื่อสอบเทียบแบบจำลองทางคณิตศาสตร์จนพบว่าแบบจำลองมีความน่าเชื่อถือแล้ว จึงจะสามารถนำแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ไปใช้สำหรับการวิเคราะห์ต่อไปได้

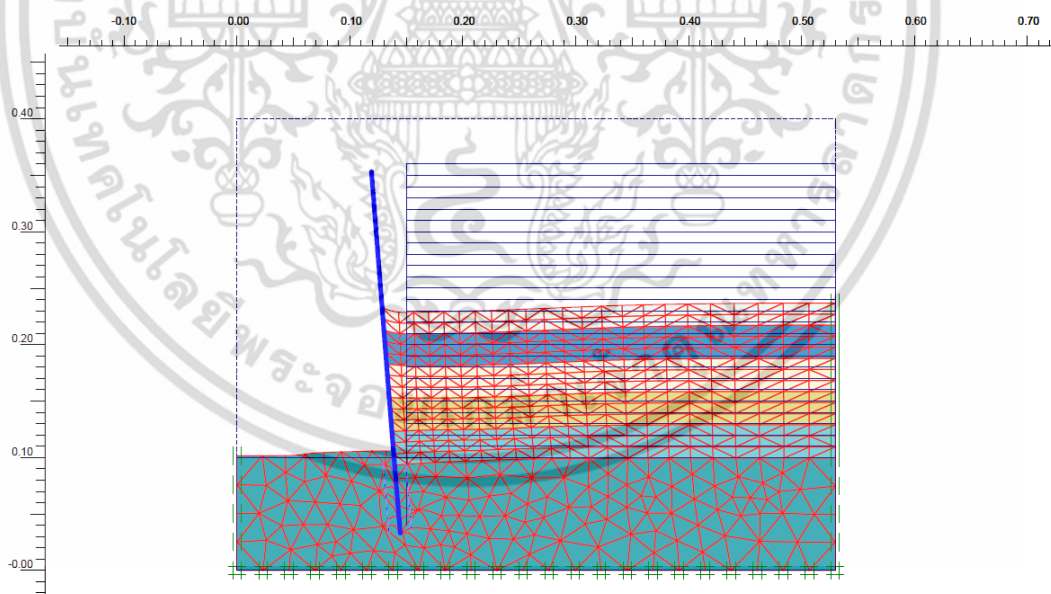
ในการศึกษาครั้งนี้มีการสอบเทียบความน่าเชื่อถือของแบบจำลองทางคณิตศาสตร์กับผลการทดลองจากแบบจำลองทางกายภาพทั้ง 3 แบบจำลอง ประกอบด้วย แบบจำลอง Single wall แบบจำลอง Buttress wall และแบบจำลอง Relieving wall เพื่อความน่าเชื่อถือของผลการวิเคราะห์ที่ได้จากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ว่าจะสามารถนำไปใช้ในการวิเคราะห์ได้ในทุกกรณีเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงปัจจัยที่ส่งผลต่อการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดินสำหรับระยะฝั่งของโครงสร้างกันดินที่ใช้ในการสอบเทียบความถูกต้องนั้นจะต้องมีค่าเท่ากับ 6 เซนติเมตร เนื่องจากเป็นระยะฝั่งที่มีประสิทธิภาพในการลดการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดินสูงที่สุดจากผลการวิเคราะห์ในแบบจำลองทางกายภาพ และเป็นระยะฝั่งที่ทำให้โครงสร้างกันดินมีเสถียรภาพซึ่งส่งผลให้ค่าการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดินมีความน่าเชื่อถือมากขึ้น

4.5.1 การสอบเทียบความน่าเชื่อถือของแบบจำลองทางคณิตศาสตร์สำหรับแบบจำลอง Single wall

การสอบเทียบความน่าเชื่อถือของแบบจำลองทางคณิตศาสตร์สำหรับแบบจำลอง Single wall กับผลการทดลองจากแบบจำลองทางกายภาพ แสดงในรูปที่ 4.21 พบว่า แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ให้ผลการวิเคราะห์การเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดินได้ใกล้เคียงกับการทดลองจากแบบจำลองทางกายภาพ โดยช่วงความสูงดินถมไม่เกิน 12 เซนติเมตร ผลการวิเคราะห์ด้วยวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ ส่งผลให้ ความสัมพันธ์ระหว่างความสูงดินถมและการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดินจะมีแนวโน้มเป็นเส้นตรง เนื่องจากการจำลองด้วยวิธีดังกล่าวเป็นการใช้ค่าโมดูลัสยืดหยุ่น (Modulus of Elasticity) แบบคงที่ และเมื่อความสูงดินถมมากกว่า 12 เซนติเมตร แนวโน้มการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดินจะมีค่ามากขึ้นจึงสามารถสังเกตการเคลื่อนตัวได้ชัดเจนมากขึ้น



รูปที่ 4.22 การเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์จากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์กับแบบจำลองทางกายภาพสำหรับโครงสร้างกันดินแบบ Single wall

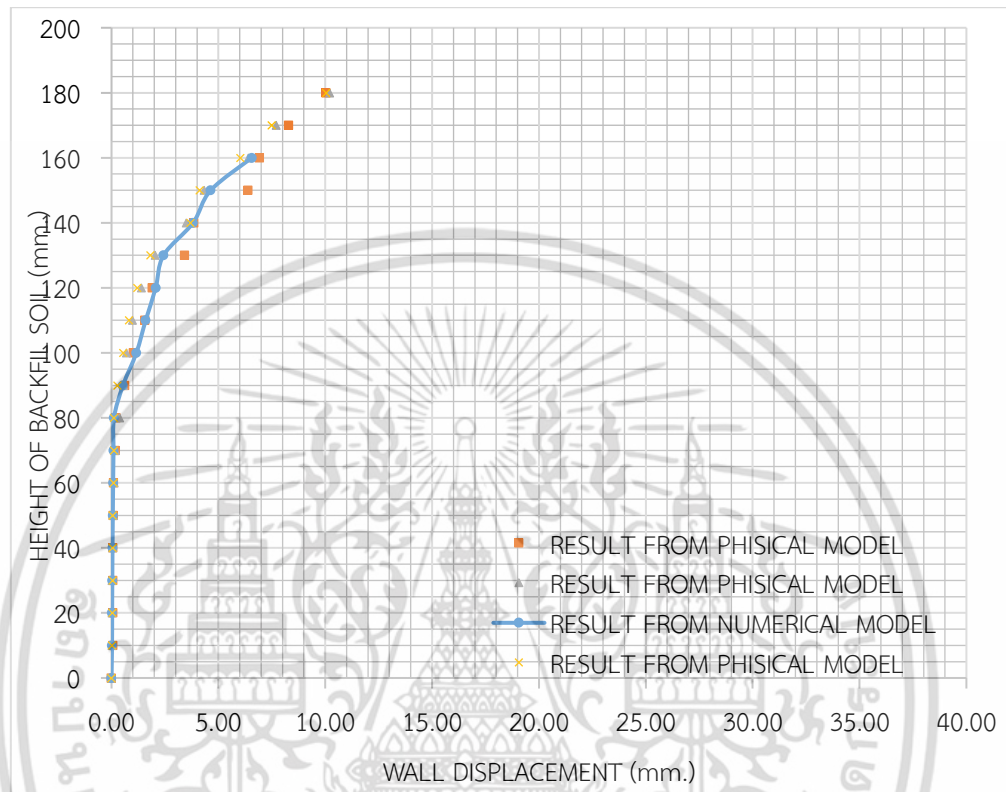


รูปที่ 4.23 การวิเคราะห์ด้วยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์สำหรับแบบจำลอง Single wall

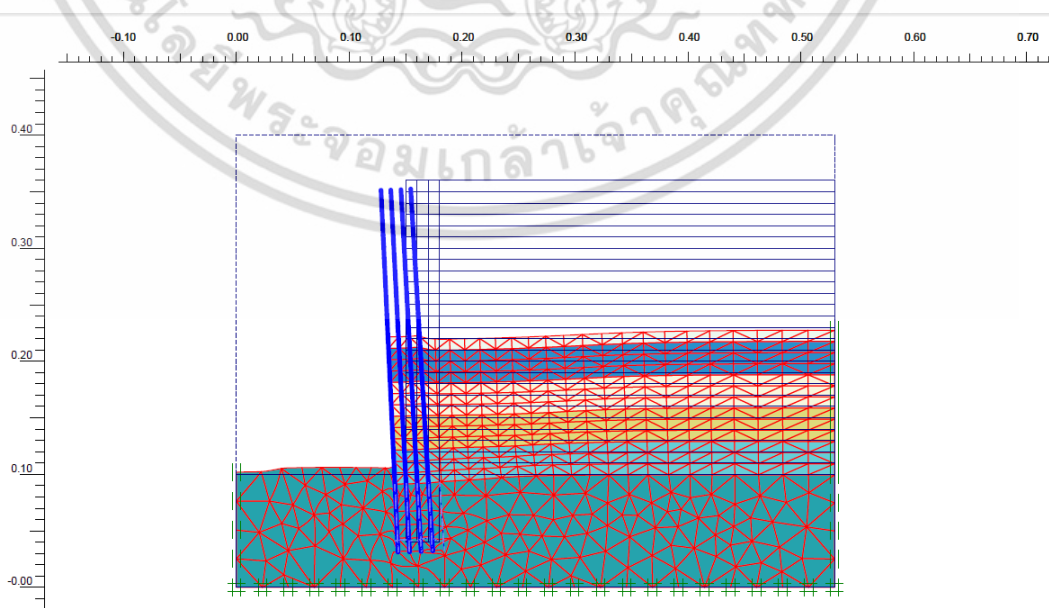
4.5.2 การสอบเทียบความน่าเชื่อถือของแบบจำลองทางคณิตศาสตร์สำหรับแบบจำลอง Buttress wall

ผลการสอบเทียบความน่าเชื่อถือของแบบจำลองทางคณิตศาสตร์สำหรับแบบจำลอง Buttress wall แสดงในรูปที่ 4.24 พบว่า แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ให้ผลการวิเคราะห์การเคลื่อนตัวของเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โครงสร้างกันดินได้ใกล้เคียงกับการทดลองจากแบบจำลองทางกายภาพ โดยช่วงความสูงดินถมไม่เกิน 8 เซนติเมตร ความสัมพันธ์ระหว่างความสูงดินถมและการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดินจะมีแนวโน้มเป็นเส้นตรง และเมื่อความสูงดินถมมากกว่า 8 เซนติเมตร แนวโน้มการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดินจะมีค่ามากขึ้นจึงสามารถสังเกตการเคลื่อนตัวได้ชัดเจนมากขึ้น



รูปที่ 4.24 การเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์จากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์กับแบบจำลองทางกายภาพสำหรับโครงสร้างกันดินแบบ Buttress wall

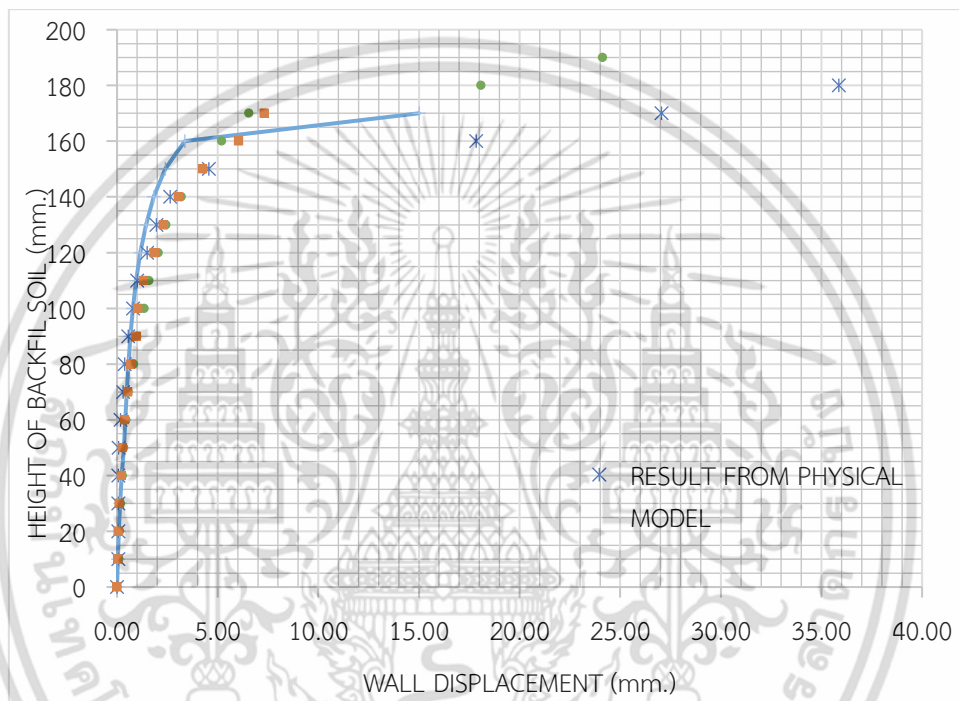


รูปที่ 4.25 การวิเคราะห์ด้วยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์สำหรับแบบจำลอง Buttress wall

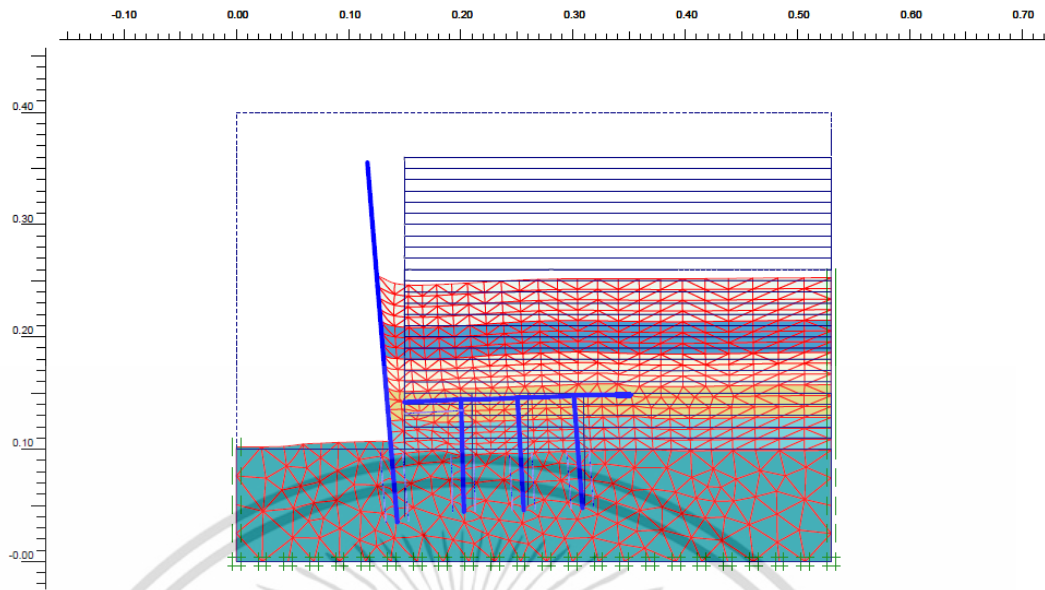
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.6.3 ผลการสอบเทียบความถูกต้องของแบบจำลองทางคณิตศาสตร์สำหรับแบบจำลอง Relieving wall

ผลการสอบเทียบความถูกต้องของแบบจำลองทางคณิตศาสตร์สำหรับแบบจำลอง Relieving wall แสดงในรูปที่ 4.26 พบว่า แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ให้ผลการวิเคราะห์การเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดินได้ใกล้เคียงกับการทดลองจากแบบจำลองทางกายภาพ โดยช่วงความสูงดินถมไม่เกิน 12 เซนติเมตร ความสัมพันธ์ระหว่างความสูงดินถมและการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดินจะมีแนวโน้มเป็นเส้นตรง และเมื่อความสูงดินถมมากกว่า 12 เซนติเมตร แนวโน้มการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดินจะมีความมากขึ้นจึงสามารถสังเกตการเคลื่อนตัวได้ชัดเจนมากขึ้น



รูปที่ 4.26 การเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์จากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์กับแบบจำลองทางกายภาพสำหรับโครงสร้างกันดินแบบ Relieving wall



รูปที่ 4.27 การวิเคราะห์ด้วยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์สำหรับแบบจำลอง Relieving wall

จากการตรวจสอบความน่าเชื่อถือของแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ พบว่าค่าคุณสมบัติของโครงสร้างกันดิน แสดงในตารางที่ 4.14 และคุณสมบัติของดินตัวอย่าง ดังแสดงในตารางที่ 4.15

ตารางที่ 4.14 คุณสมบัติของโครงสร้างกันดินในแบบจำลองคณิตศาสตร์

โมเมนต์ความเฉื่อย, I ,(kN/m)	มอดูลัสยืดหยุ่น, E (kN/m)	อัตราส่วนปัวซอง,ν	พื้นที่, A,(m ²)
6.2×10^{-9}	2×10^6	0.334	6.9×10^{-4}

ตารางที่ 4.15 คุณสมบัติของดินถมในแบบจำลองคณิตศาสตร์

ชนิดดิน	ความถ่วงจำเพาะ, γ (kN/m)	มอดูลัสยืดหยุ่นเฉลี่ย, Eavg (kN/m)	อัตราส่วนปัวซอง,ν	มุมเสียดทาน, ϕ (ดีกรี)
ทราย	18	1×10^4	0.300	28

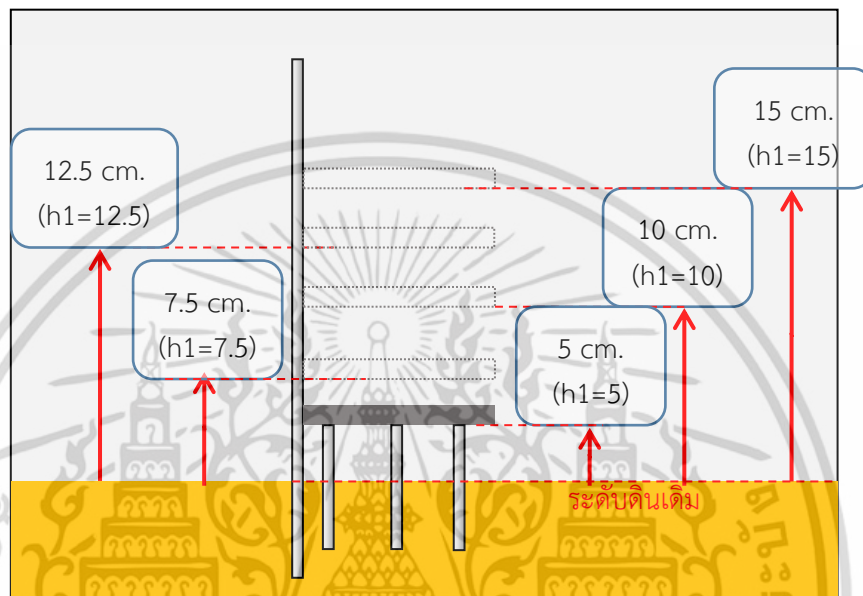
4.6 การศึกษาการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดินด้วยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์

การศึกษาประสิทธิภาพในการลดการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดินด้วยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ ภายหลังจากการสอบเทียบความน่าเชื่อถือของแบบจำลองทางคณิตศาสตร์เสร็จเรียบร้อยแล้ว ขั้นตอนต่อไปเป็นการนำแบบจำลองทางคณิตศาสตร์มาวิเคราะห์การเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดินเพิ่มเติมในส่วนของแบบจำลอง Relieving wall ดังที่ได้กล่าวไว้ในหัวข้อที่ 3.3.2 เนื่องจากผลการวิเคราะห์ด้วยแบบจำลองทางกายภาพพบว่าแบบจำลอง Relieving wall ซึ่งเป็นแบบจำลองที่ใช้ Platform มาช่วยลดแรงดันดินด้านข้างมีประสิทธิภาพในการลดการเคลื่อนตัวสูงที่สุด การวิเคราะห์การเคลื่อนตัวด้วยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์เพิ่มเติมแบ่งออกเป็น 2 ส่วน ได้แก่ การเปลี่ยนความยาวของแผ่น Platform และการเปลี่ยนระดับการติดตั้ง Relieving platform โดยมีผลการวิเคราะห์ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.6.1 ผลการศึกษาด้วยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์เมื่อเปลี่ยนระดับการติดตั้งแผ่น Platform

ผลการศึกษาเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดินด้วยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ สำหรับแบบจำลอง Relieving wall เนื่องจากการเปลี่ยนระดับการติดตั้งแผ่น Relieving platform ซึ่งเลือกทดสอบระดับการติดตั้ง Platform ที่ 5, 7.5, 10, 12.5 และ 15 เซนติเมตร จากความระดับดินเดิม และมีความหนา 2.50 มิลลิเมตร โดยมีรูปแบบ ดังแสดงในรูปที่ 4.28

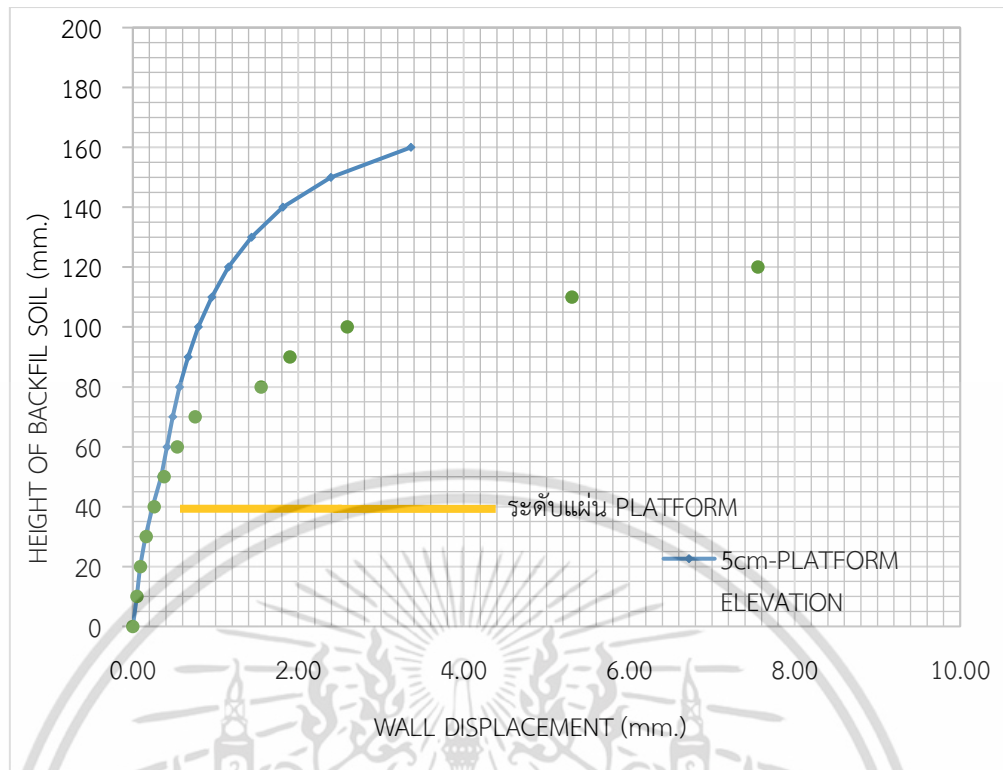


รูปที่ 4.28 ระดับการติดตั้ง Relieving platform สำหรับการศึกษการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดินด้วยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์

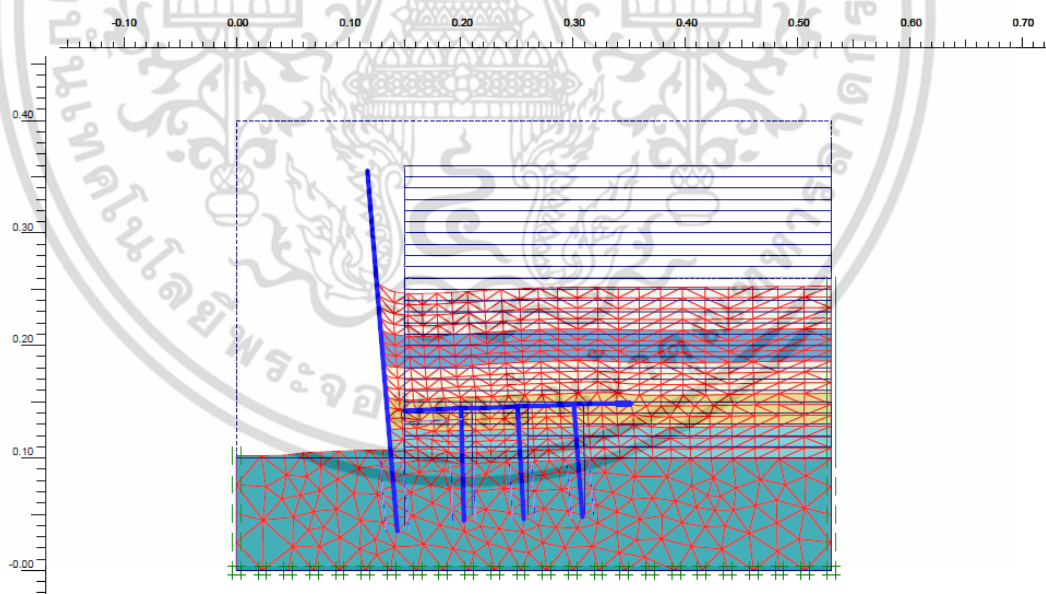
4.6.1.1 การติดตั้ง Relieving platform ที่ระดับ 5 เซนติเมตร จากระดับดินเดิม

ผลการศึกษาการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดินในแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ เมื่อติดตั้งแผ่น Platform ที่ระดับ 5 เซนติเมตร จากระดับดินเดิมดังแสดงในรูปที่ 4.29 โดยเปรียบเทียบผลการศึกษาการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดินระหว่างกรณีที่เสริม Relieving platform ที่ความสูง 5 เซนติเมตรกับกรณีที่ไม่มีการเสริม Relieving platform ซึ่งพบว่า ในช่วงความสูงดินถม 0-5 เซนติเมตร โครงสร้างกันดินมีค่าการเคลื่อนตัวที่ใกล้เคียงกัน แต่เมื่อระดับดินถมมีค่าสูงขึ้นการเคลื่อนตัวในกรณีที่เสริม Relieving platform มีแนวโน้มลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับกรณีที่ไม่มีการเสริม Relieving platform

สาเหตุที่การเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดินมีแนวโน้มลดลงเมื่อถมดินสูงกว่า 5 เซนติเมตร เนื่องจากในช่วงความสูงดินถมน้อยกว่า 5 เซนติเมตร Relieving platform ยังไม่สามารถทำหน้าที่ในการถ่ายแรงดันดินด้านข้างลงสู่แนวตั้งจึงทำให้การเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดินมีค่าใกล้เคียงกับกรณีที่ไม่มีการเสริม Relieving platform เมื่อระดับดินถมสูงกว่า 5 เซนติเมตรซึ่งเป็นระดับการติดตั้งแผ่น Relieving platform ส่งผลให้แรงดันดินถูกกระจายลงแผ่น Platform และถ่ายลงสู่เสาเข็ม ดังนั้นการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดินจึงมีค่าลดลง



รูปที่ 4.29 ผลการศึกษาด้วยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์เมื่อติดตั้งแผ่นRelieving platform ที่ 5 เซนติเมตร



รูปที่ 4.30 แบบจำลองทางคณิตศาสตร์เมื่อติดตั้งแผ่นRelieving platform ที่ 5 เซนติเมตร

4.6.1.2 การติดตั้งRelieving platform ที่ระดับ 7.5 เซนติเมตร จากระดับดินเดิม

ผลการศึกษาการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดินในแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ เมื่อติดตั้งแผ่น Platform ที่ระดับ 7.5 เซนติเมตรจากระดับดินเดิมด้านหน้าโครงสร้างกันดินดังแสดงใน

รูปที่ 4.31 โดยเปรียบเทียบผลการศึกษาการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดินระหว่างกรณีที่ไม่เสริม
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อการใช้งานเท่านั้น เมื่อผู้จัดทำเอกสารนี้เผยแพร่หรือ
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

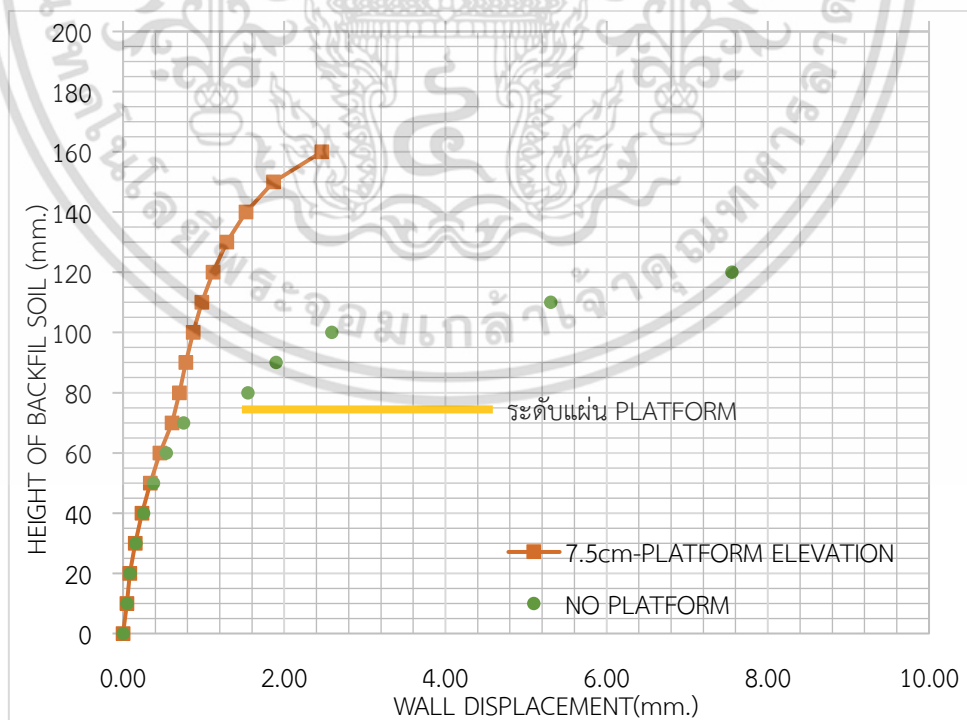
Relieving platform ที่ความสูง 7.5 เซนติเมตรกับกรณีที่ไม่มีการเสริม Relieving platform ซึ่งพบว่า ในช่วงความสูงดินถม 0-6 เซนติเมตร โครงสร้างกันมีค่าการเคลื่อนตัวที่ใกล้เคียงกัน แต่เมื่อระดับดินถมมีค่าสูงขึ้นการเคลื่อนตัวในกรณีที่เสริม Relieving platform มีแนวโน้มลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับกรณีที่ไม่มีการเสริม Relieving platform

สำหรับสาเหตุที่การเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดินมีแนวโน้มลดลงเมื่อถมดินสูงกว่า 6 เซนติเมตร สามารถอธิบายได้โดยแบ่งช่วงความสูงดินถมออกเป็น 3 ช่วงดังนี้

ในช่วงความสูงดินถมระหว่าง 0-6 เซนติเมตร Relieving platform ซึ่งเป็นช่วงที่อยู่ต่ำกว่าระดับของ Relieving Platform ดังนั้น Relieving platform ยังไม่สามารถทำหน้าที่ในการถ่ายแรงดันดินด้านข้างลงสู่แนวตั้งจึงเป็นสาเหตุให้การเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดินมีค่าใกล้เคียงกับกรณีที่ไม่มีการเสริม Relieving platform

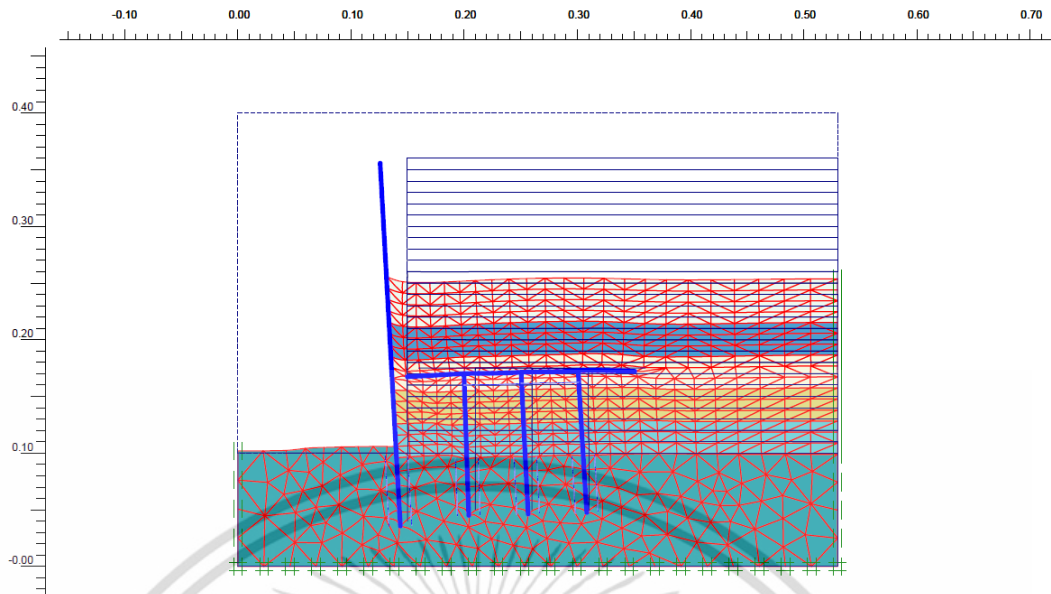
เมื่อระดับดินถมอยู่ระหว่าง 6-7 เซนติเมตร แม้ว่าจะยังคงเป็นช่วงที่ความสูงดินอยู่ต่ำกว่าระดับแผ่น Relieving platform แต่เนื่องจากระดับดินถมมีค่าเพิ่มขึ้น 6 เซนติเมตร จากระดับดินเดิมจึงเป็นสาเหตุให้เสาเข็มที่อยู่ใต้ Relieving platform มีเสถียรภาพสูงขึ้นทำให้เสาเข็มช่วยเสริมเสถียรภาพของดินถม ดังนั้นค่าการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดินจึงเริ่มมีแนวโน้มลดลง

ในช่วงความสูงดินถมตั้งแต่ 7 เซนติเมตรซึ่งเข้าใกล้ระดับติดตั้ง Relieving platform แรงดันดินเริ่มถูกรบกวนด้วยแผ่น Platform และเมื่อถมทรายบนระดับ Platform ที่ 7.5 เซนติเมตร Relieving platform สามารถกระจายแรงดันดินด้านข้างลงสู่เสาเข็มในแนวตั้ง รวมทั้งเสาเข็มที่อยู่ใต้ Relieving platform ยังช่วยเสริมเสถียรภาพของดินถม ส่งผลให้แรงดันดินด้านข้างและการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดินมีค่าลดลง



รูปที่ 4.31 ผลการศึกษาด้วยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์เมื่อติดตั้งแผ่น Relieving platform ที่ 7.5 เซนติเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.32 แบบจำลองทางคณิตศาสตร์เมื่อติดตั้งแผ่นRelieving platform ที่ 7.5 เซนติเมตร

4.6.1.3 การติดตั้งRelieving platform ที่ระดับ 10เซนติเมตร จากระดับดินเดิม

ผลการศึกษาการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดินในแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ เมื่อติดตั้งแผ่น Platform ที่ระดับ 10 เซนติเมตรจากระดับดินเดิมด้านหน้าโครงสร้างกันดินดังแสดงในรูปที่ 4.33 โดยเปรียบเทียบผลการศึกษาการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดินระหว่างกรณีที่เสริม Relievingplatform ที่ความสูง 10 เซนติเมตรกับกรณีที่ไม่มีการเสริมRelieving platformซึ่งพบว่า ในช่วงความสูงดินถม 0-6 เซนติเมตร โครงสร้างกันมีค่าการเคลื่อนตัวที่ใกล้เคียงกัน แต่เมื่อระดับดินถมมีค่าสูงขึ้นการเคลื่อนตัวในกรณีที่เสริมRelieving platform มีแนวโน้มลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับกรณีที่ไม่มีการเสริมRelieving platform

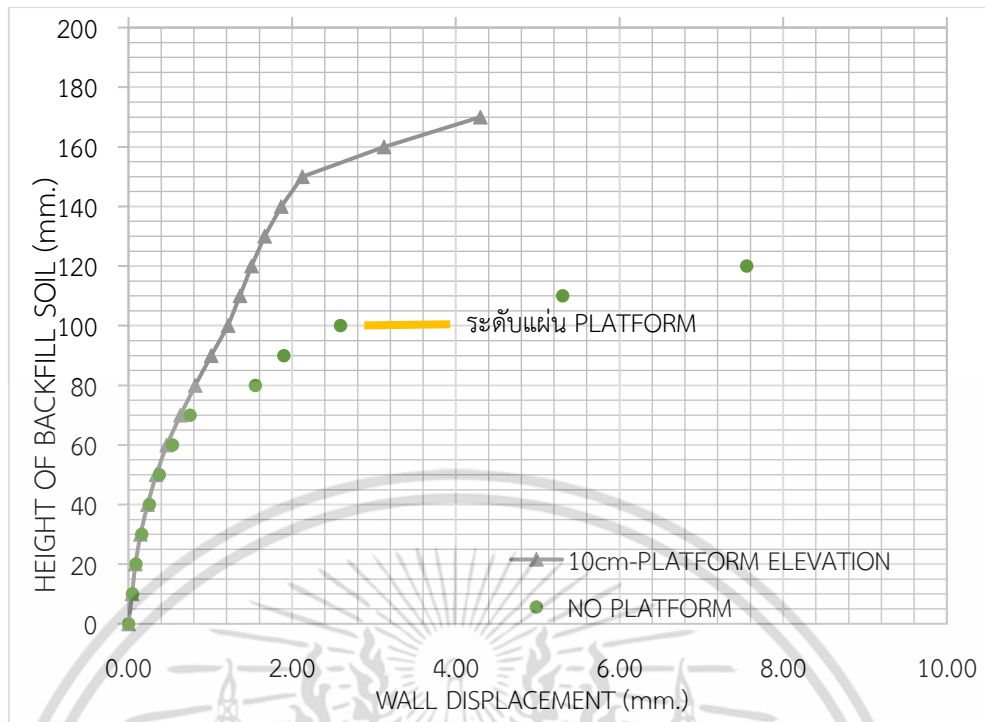
สำหรับสาเหตุที่การเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดินมีแนวโน้มลดลงเมื่อถมดินสูงกว่า 6 เซนติเมตร สามารถอธิบายได้โดยแบ่งช่วงความสูงดินถมออกเป็น 3 ช่วงดังนี้

ในช่วงความสูงดินถมระหว่าง 0-6 เซนติเมตรRelieving platform ซึ่งเป็นช่วงที่อยู่ต่ำกว่าระดับของRelieving Platform ดังนั้นRelieving platform ยังไม่สามารถทำหน้าที่ในการถ่ายแรงดันดินด้านข้างลงสู่แนวตั้งจึงเป็นสาเหตุให้การเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดินมีค่าใกล้เคียงกับกรณีที่ไม่มีการเสริม Relieving platform

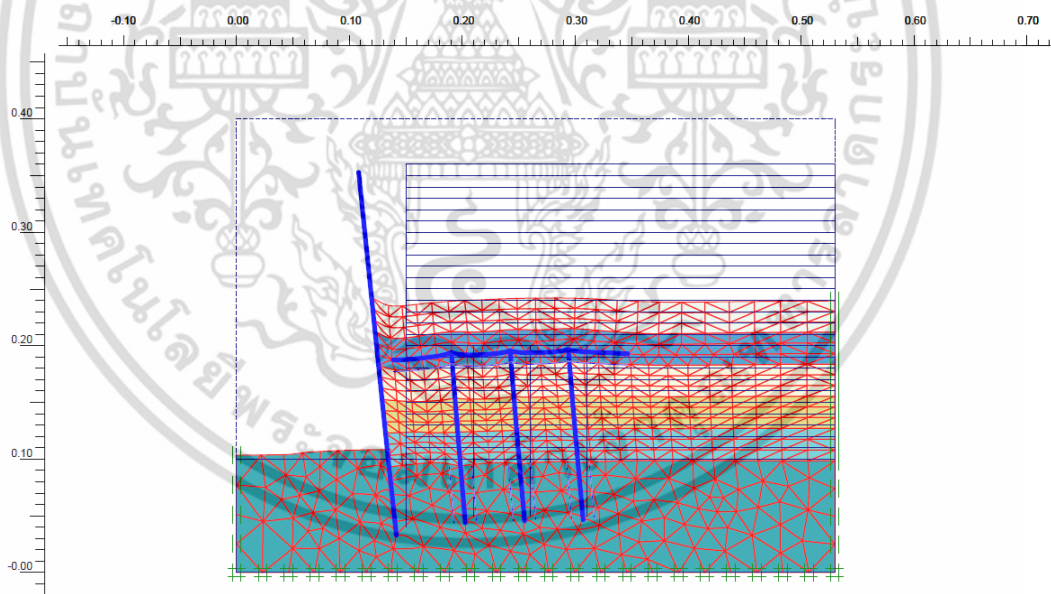
เมื่อระดับดินถมอยู่ระหว่าง 6-10 เซนติเมตร ซึ่งยังคงเป็นช่วงที่ความสูงดินอยู่ต่ำกว่าระดับแผ่นRelieving platformแต่มีประสิทธิภาพสามารถลดการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดินได้ มีการเคลื่อนตัวน้อยกว่าโครงสร้างกันดินแบบSingle wall เนื่องจากเสาเข็มใต้Platformรับมวลแรงดันดินด้านข้างแบบActive ด้านหลังโครงสร้างกันดิน ช่วยต้านแรงดันดินด้านข้างได้ จึงทำให้ค่าการเคลื่อนตัวลดลงในช่วง 6-10 เซนติเมตร

ในช่วงความสูงดินถมมากกว่า 10 เซนติเมตรซึ่งสูงกว่าระดับของRelieving platform ทำให้Relieving platform สามารถกระจายแรงดันดินด้านข้างลงสู่เสาเข็มในแนวตั้งรวมทั้งเสาเข็มที่อยู่ใต้Relieving platform ยังช่วยเสริมเสถียรภาพของดินถม ส่งผลให้แรงดันดินด้านข้างและการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดินมีค่าลดลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.33 ผลการศึกษาด้วยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์เมื่อติดตั้งแผ่นRelieving platform ที่ 10 เซนติเมตร



รูปที่ 4.34 แบบจำลองทางคณิตศาสตร์เมื่อติดตั้งแผ่นRelieving platform ที่ 10 เซนติเมตร

4.6.1.4 ระดับติดตั้งแผ่นRelieving platform ที่ 12.5 เซนติเมตร จากระดับดินเดิม

ผลการศึกษาการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดินในแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ เมื่อติดตั้งแผ่น Platform ที่ระดับ 12.5 เซนติเมตรจากระดับดินเดิมด้านหน้าโครงสร้างกันดิน ดังแสดงในรูปที่ 4.35 โดยเปรียบเทียบผลการศึกษาการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดินระหว่างกรณีที่ไม่เสริม Relieving platform ที่ความสูง 12.5 เซนติเมตรกับกรณีที่ไม่มีการเสริม Relieving platform ซึ่งพบว่า ในช่วงความสูงดินถม 0-6 เซนติเมตร โครงสร้างกันมีค่าการเคลื่อนตัวที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาตจากเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

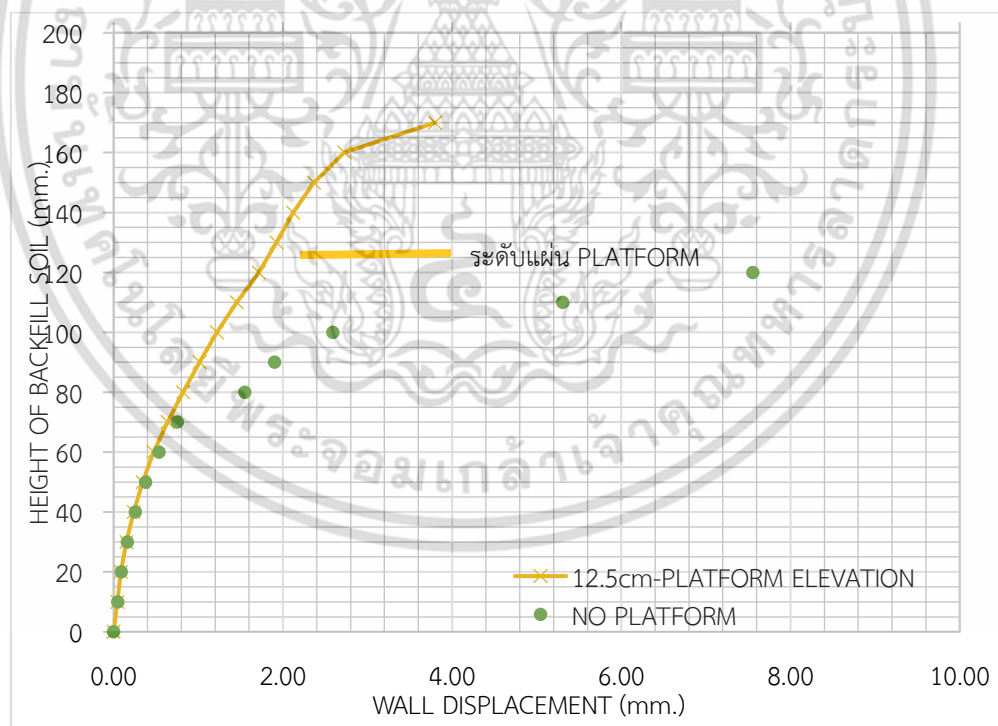
ใกล้เคียงกัน แต่เมื่อระดับดินถมมีค่าสูงขึ้นการเคลื่อนตัวในกรณีที่มีเสริม Relieving platform มีแนวโน้มลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับกรณีที่ไม่มีการเสริม Relieving platform

สำหรับสาเหตุที่การเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดินมีแนวโน้มลดลงเมื่อถมดินสูงกว่า 6 เซนติเมตร สามารถอธิบายได้โดยแบ่งช่วงความสูงดินถมออกเป็น 3 ช่วงดังนี้

ในช่วงความสูงดินถมระหว่าง 0-6 เซนติเมตร Relieving platform ซึ่งเป็นช่วงที่อยู่ต่ำกว่าระดับของ Relieving Platform ดังนั้น Relieving platform ยังไม่สามารถทำหน้าที่ในการถ่ายแรงดันดินด้านข้างลงสู่แนวตั้งจึงเป็นสาเหตุให้การเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดินมีค่าใกล้เคียงกับกรณีที่ไม่มีการเสริม Relieving platform

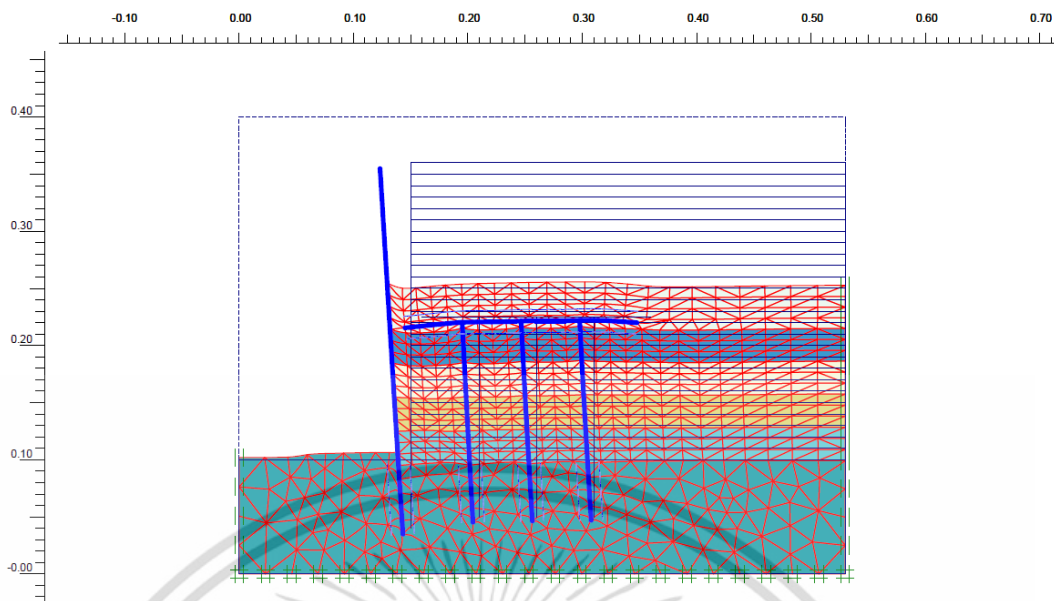
เมื่อระดับดินถมอยู่ระหว่าง 6-12.5 เซนติเมตร ซึ่งยังคงเป็นช่วงที่ความสูงดินอยู่ต่ำกว่าระดับแผ่น Relieving platform แต่เนื่องจากระดับดินถมมีค่าเพิ่มขึ้น 6 เซนติเมตรจากระดับดินเดิมจึงเป็นสาเหตุให้เสาเข็มที่อยู่ใต้ Relieving platform มีเสถียรภาพสูงขึ้นทำให้เสาเข็มช่วยเสริมเสถียรภาพของดินถม ดังนั้นค่าการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดินจึงเริ่มมีแนวโน้มลดลง

ในช่วงความสูงดินถมมากกว่า 12.5 เซนติเมตรซึ่งสูงกว่าระดับของ Relieving platform ทำให้ Relieving platform สามารถกระจายแรงดันดินด้านข้างลงสู่เสาเข็มในแนวตั้งรวมทั้งเสาเข็มที่อยู่ใต้ Relieving platform ยังช่วยเสริมเสถียรภาพของดินถม ส่งผลให้แรงดันดินด้านข้างและการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดินมีค่าลดลง



รูปที่ 4.35 ผลการศึกษาด้วยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์เมื่อติดตั้งแผ่น Relieving platform ที่ 12.5 เซนติเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.36 แบบจำลองทางคณิตศาสตร์เมื่อติดตั้งแผ่นRelieving platform ที่ 12.5 เซนติเมตร

4.6.1.5 ระดับติดตั้งแผ่นRelieving platform ที่ 15 เซนติเมตร จากระดับดินเดิม

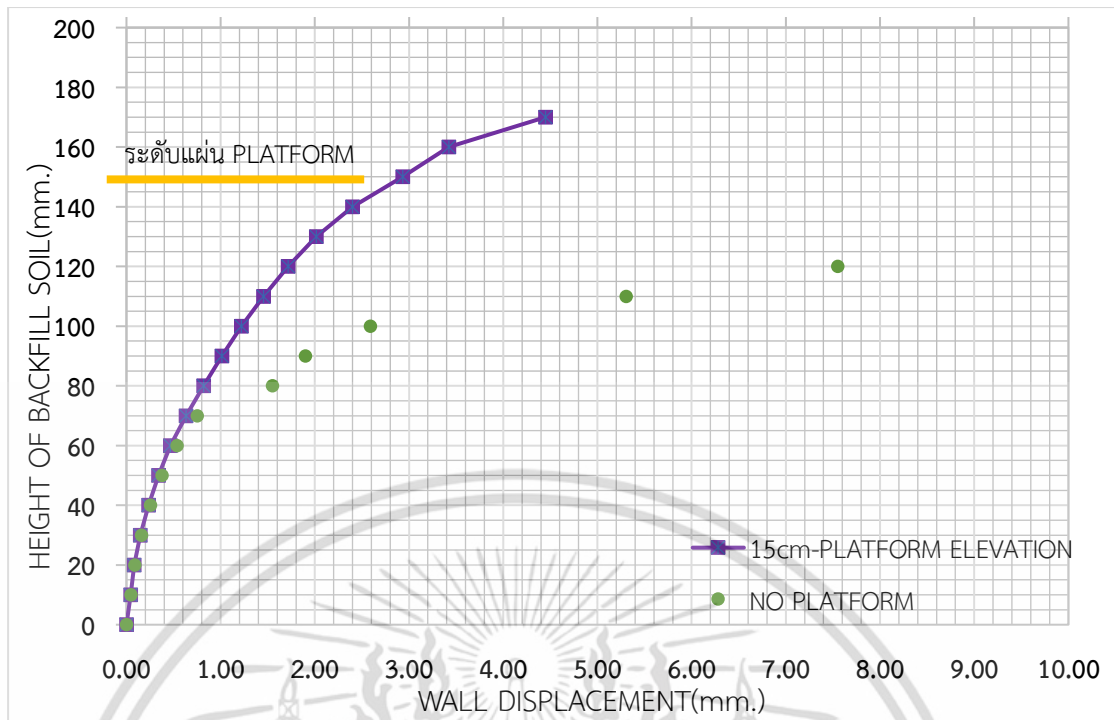
ผลการศึกษาการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดินในแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ เมื่อติดตั้งแผ่น Platform ที่ระดับ 15 เซนติเมตรจากระดับดินเดิมด้านหน้าโครงสร้างกันดิน ดังแสดงในรูปที่ 4.37 โดยเปรียบเทียบผลการศึกษาการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดินระหว่างกรณีที่เสริม Relieving platform ที่ความสูง 15 เซนติเมตรกับกรณีที่ไม่มีการเสริม Relieving platform ซึ่งพบว่า ในช่วงความสูงดินถม 0-6 เซนติเมตร โครงสร้างกันดินมีค่าการเคลื่อนตัวที่ใกล้เคียงกัน แต่เมื่อระดับดินถมมีค่าสูงขึ้นการเคลื่อนตัวในกรณีที่เสริม Relieving platform มีแนวโน้มลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับกรณีที่ไม่มีการเสริม Relieving platform

สำหรับสาเหตุที่การเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดินมีแนวโน้มลดลงเมื่อถมดินสูงกว่า 6 เซนติเมตร สามารถอธิบายได้โดยแบ่งช่วงความสูงดินถมออกเป็น 3 ช่วงดังนี้

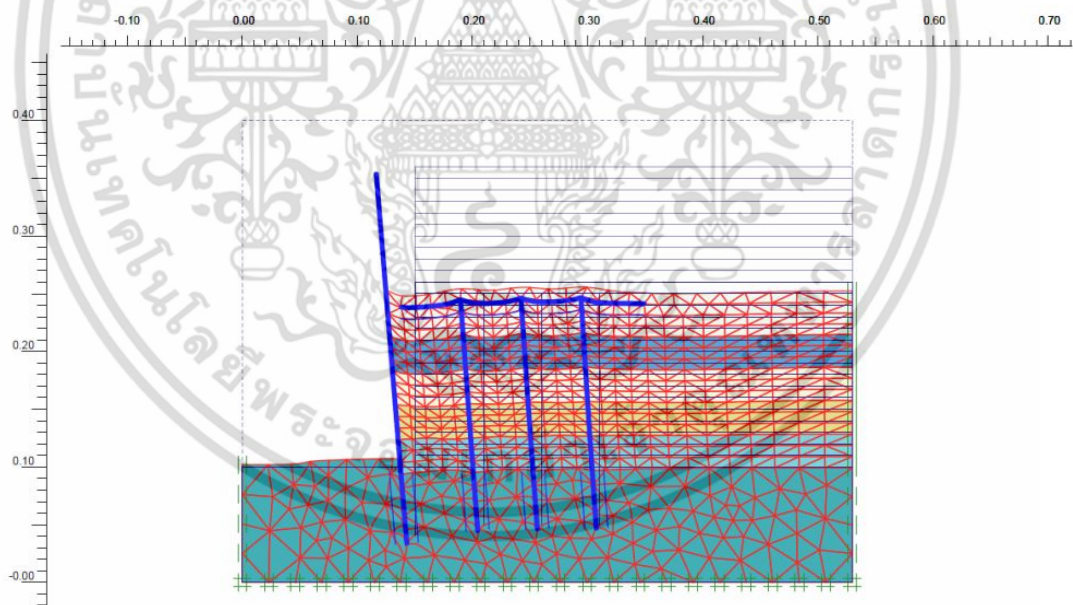
ในช่วงความสูงดินถมระหว่าง 0-6 เซนติเมตร Relieving platform ซึ่งเป็นช่วงที่อยู่ต่ำกว่าระดับของ Relieving Platform ดังนั้น Relieving platform ยังไม่สามารถทำหน้าที่ในการถ่ายแรงดันดินด้านข้างลงสู่แนวตั้งจึงเป็นสาเหตุให้การเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดินมีค่าใกล้เคียงกับกรณีที่ไม่มีการเสริม Relieving platform

เมื่อระดับดินถมมากกว่า 6-15 เซนติเมตร ซึ่งยังคงเป็นช่วงที่ความสูงดินอยู่ต่ำกว่าระดับแผ่น Relieving platform แต่เนื่องจากระดับดินถมมีค่าเพิ่มขึ้น 6 เซนติเมตรจากระดับดินเดิม จึงเป็นสาเหตุให้เสาเข็มที่อยู่ใต้ Relieving platform มีเสถียรภาพสูงขึ้นทำให้เสาเข็มช่วยเสริมเสถียรภาพของดินถม ดังนั้นค่าการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดินจึงเริ่มมีแนวโน้มลดลง

ในช่วงความสูงดินถมมากกว่า 15 เซนติเมตรซึ่งสูงกว่าระดับของ Relieving platform พบว่าโครงสร้างกันดินมีแนวโน้มการเคลื่อนตัวที่ต่อเนื่องจากช่วงก่อนหน้านี้ แสดงให้เห็นว่าตำแหน่งการติดตั้ง Relieving platform ที่สูงกว่าระดับดินเดิมด้านหน้าโครงสร้างกันดินมากเกินไป Relieving platform ส่งผลให้ประสิทธิภาพในการลดการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดินลดลง



รูปที่ 4.37 ผลการศึกษาด้วยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์เมื่อติดตั้งแผ่นRelieving platform ที่ 15 เซนติเมตร



รูปที่ 4.38 แบบจำลองทางคณิตศาสตร์เมื่อติดตั้งแผ่นRelieving platform ที่ 15 เซนติเมตร

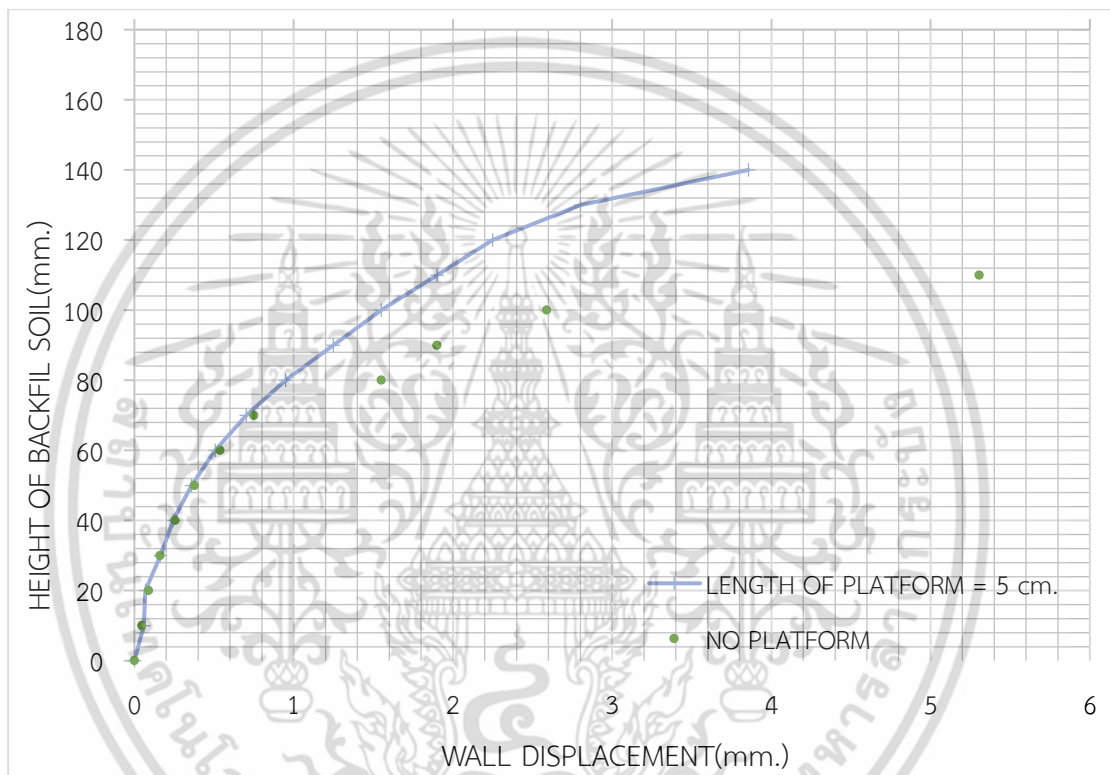
4.6.2 ผลการศึกษาเมื่อเปลี่ยนความยาวแผ่นRelieving platform ด้วยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์

ผลการศึกษาเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดินด้วยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ สำหรับแบบจำลองRelieving wall ที่ทำการเปลี่ยนความยาวแผ่นRelieving platform เป็น 5, 10, 15, 20, 25 และ 30 เซนติเมตร โดยติดตั้งRelieving platform ที่ระดับ 5 เซนติเมตรจากความระดับดินเดิม

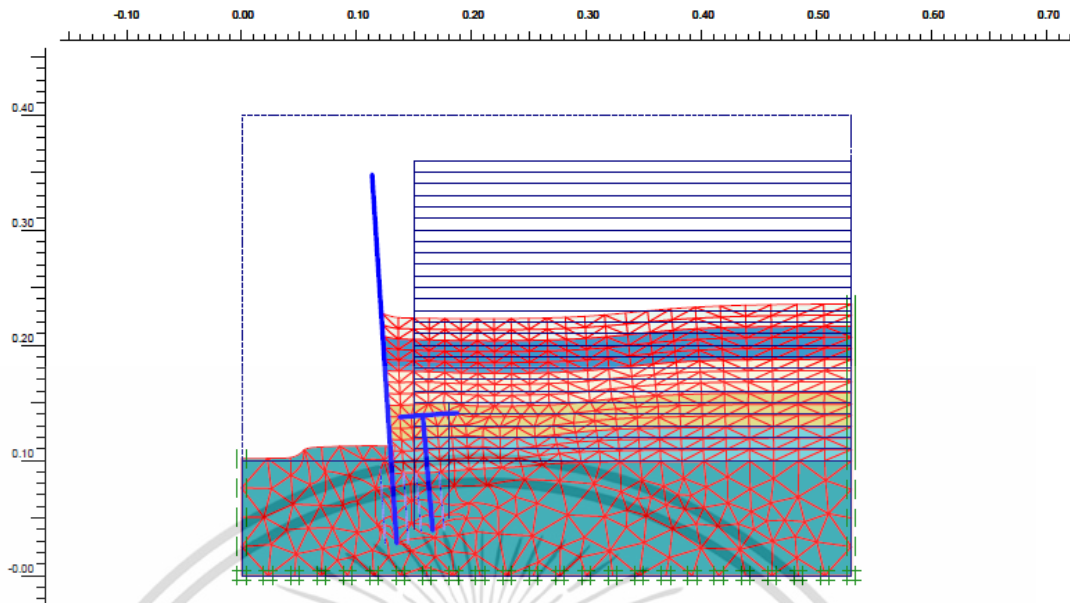
ดิน โดยแสดงผลการศึกษาได้ดังนี้ เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.6.2.1 การติดตั้งแผ่นRelieving platform ที่มีความยาว 5 เซนติเมตร

ผลการศึกษาค่าการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดินในแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ เมื่อความยาวแผ่น Platform เท่ากับ 5 เซนติเมตร ดังแสดงผลการวิเคราะห์ในรูปที่ 4.39 โดยเปรียบเทียบผลการศึกษาค่าการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดินระหว่างกรณีที่มีเสริม Relieving platform ความยาว 5 เซนติเมตรกับกรณีที่ไม่มีการเสริม Relieving platform ซึ่งพบว่า ในช่วงความสูงดินถม 0-6 เซนติเมตร โครงสร้างกันมีค่าการเคลื่อนตัวที่ใกล้เคียงกัน แต่เมื่อระดับดินถมมีค่าสูงชันการเคลื่อนตัวในกรณีที่มีเสริม Relieving platform มีแนวโน้มลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับกรณีที่ไม่มีการเสริม Relieving platform



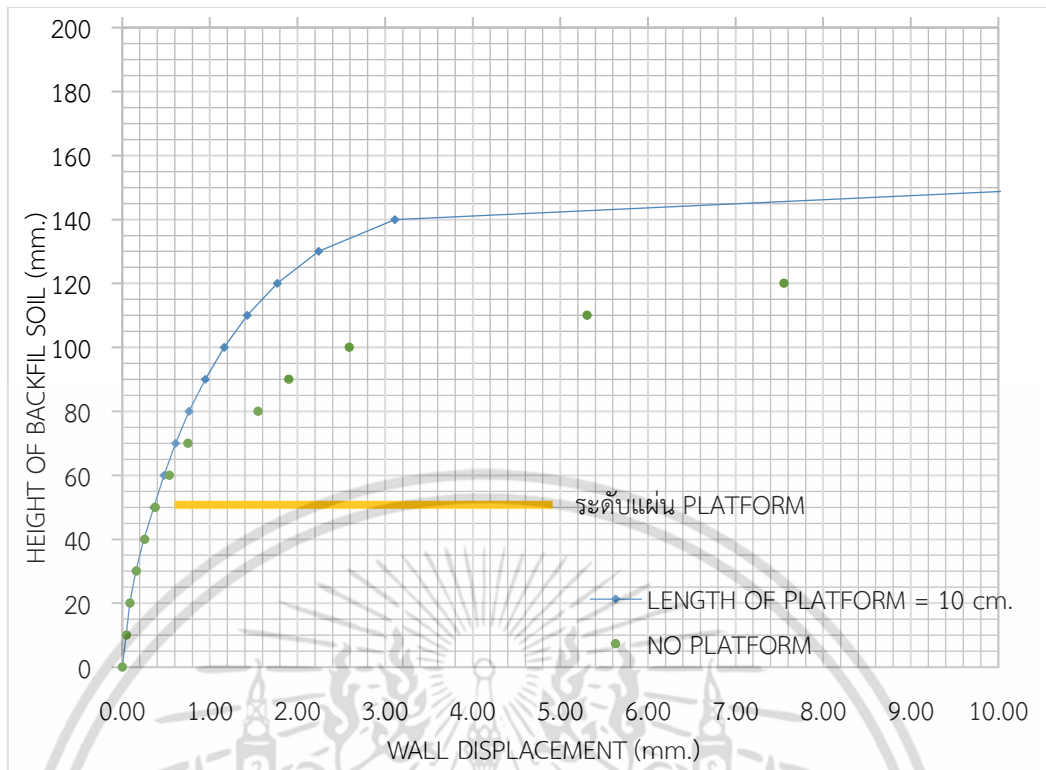
รูปที่ 4.39 ผลการศึกษาด้วยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์เมื่อความยาวแผ่น Relieving platform เท่ากับ 5 เซนติเมตร



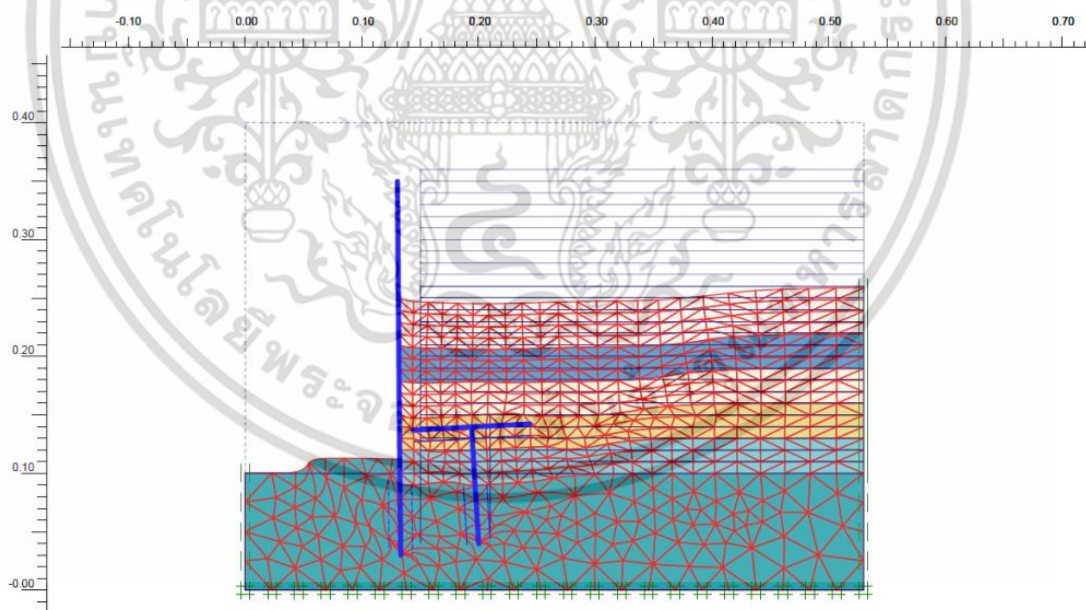
รูปที่ 4.40 แบบจำลองทางคณิตศาสตร์เมื่อความยาวแผ่นRelieving platform เท่ากับ 5 เซนติเมตร

4.6.2.2 การติดตั้งแผ่นRelieving platform ที่มีความยาว 10 เซนติเมตร

ผลการศึกษาการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดินในแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ เมื่อความยาวแผ่น Platform เท่ากับ 10 เซนติเมตร ดังแสดงผลการวิเคราะห์ในรูปแบบที่ 4.41 โดยเปรียบเทียบผลการศึกษาการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดินระหว่างกรณีที่เสริม Relieving platform ความยาว 10 เซนติเมตรกับกรณีที่ไม่มีการเสริม Relieving platform ซึ่งพบว่า ในช่วงความสูงดินถม 0-6 เซนติเมตร โครงสร้างกันมีค่าการเคลื่อนตัวที่ใกล้เคียงกัน แต่เมื่อระดับดินถมมีค่าสูงขึ้นการเคลื่อนตัวในกรณีที่เสริม Relieving platform มีแนวโน้มลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับกรณีที่ไม่มีการเสริม Relieving platform



รูปที่ 4.41 ผลการศึกษาด้วยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์เมื่อความยาวแผ่น Relieving platform เท่ากับ 10 เซนติเมตร

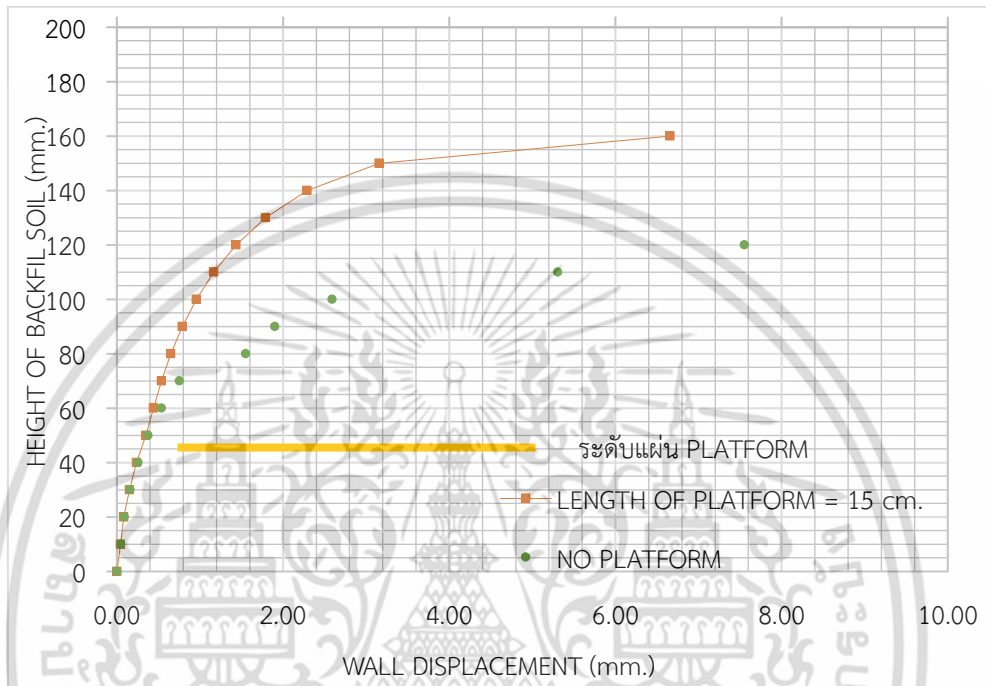


รูปที่ 4.42 แบบจำลองทางคณิตศาสตร์เมื่อความยาวแผ่น Relieving platform เท่ากับ 10 เซนติเมตร

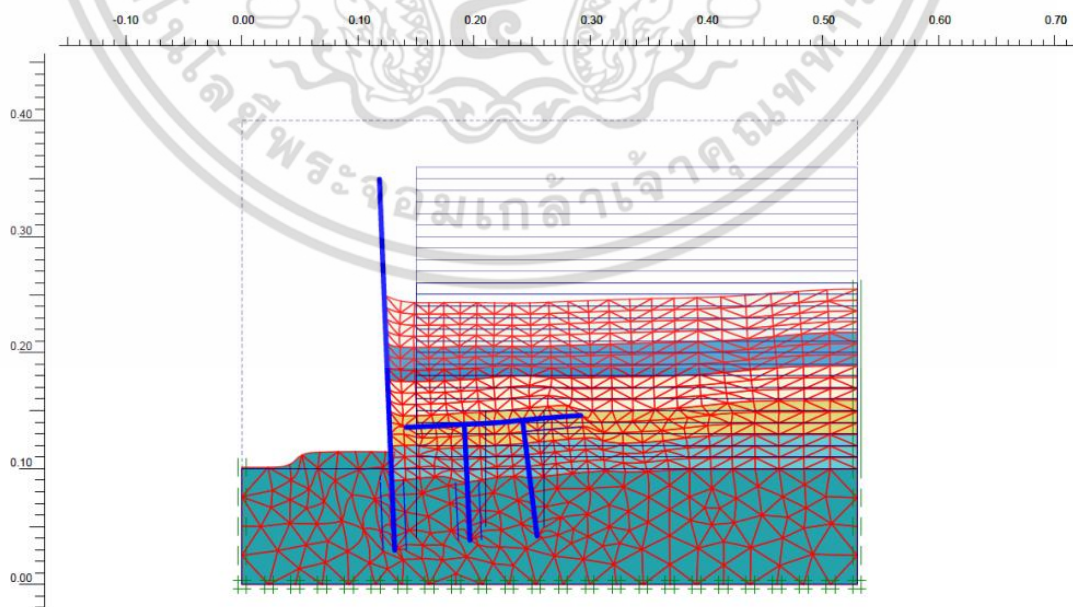
4.6.2.3 ความยาวแผ่น Relieving platform 15 เซนติเมตร

ผลการศึกษาการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดินในแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ เมื่อความยาวแผ่น Platform เท่ากับ 15 เซนติเมตร ดังแสดงผลการวิเคราะห์ในรูปที่ 4.42 โดยเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เปรียบเทียบผลการศึกษาการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดินระหว่างกรณีที่มีเสริม Relieving platform ความยาว 15 เซนติเมตรกับกรณีที่ไม่มีการเสริม Relieving platform ซึ่งพบว่า ในช่วงความสูงดินถม 0-6 เซนติเมตร โครงสร้างกันมีค่าการเคลื่อนตัวที่ใกล้เคียงกัน แต่เมื่อระดับดินถมมีค่าสูงขึ้นการเคลื่อนตัวในกรณีที่มีเสริม Relieving platform มีแนวโน้มลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับกรณีที่ไม่มีการเสริม Relieving platform



รูปที่ 4.43 ผลการศึกษาด้วยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์เมื่อความยาวแผ่น Relieving platform เท่ากับ 15 เซนติเมตร

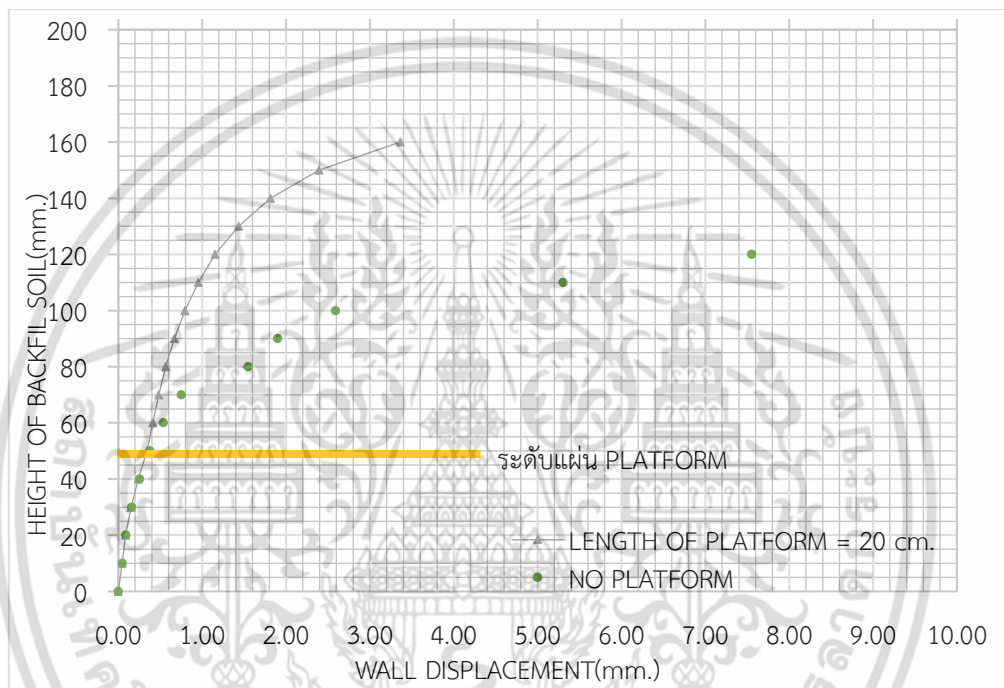


รูปที่ 4.44 ผลการศึกษาด้วยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์เมื่อความยาวแผ่น Relieving platform เท่ากับ 15 เซนติเมตร

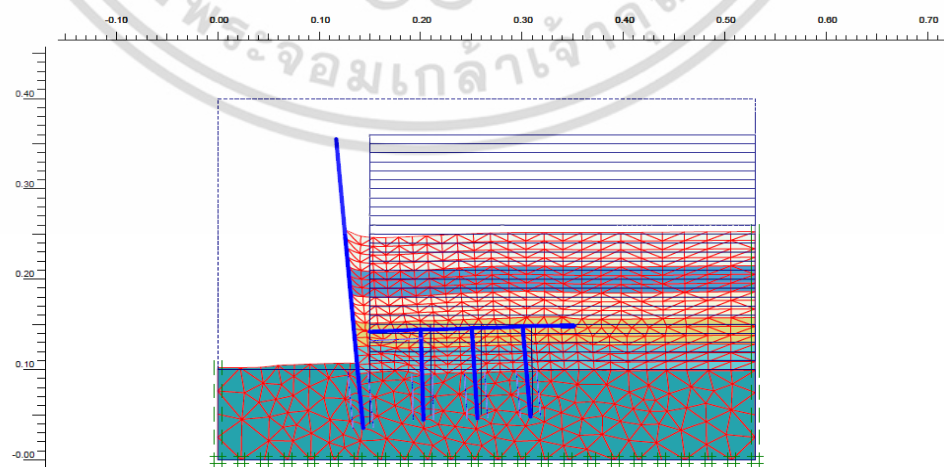
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.6.2.4 ความยาวแผ่น Relieving platform 20 เซนติเมตร

ผลการศึกษาการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดินในแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ เมื่อความยาวแผ่น Platform เท่ากับ 20 เซนติเมตร ดังแสดงผลการวิเคราะห์ในรูปที่ 4.45 โดยเปรียบเทียบผลการศึกษาการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดินระหว่างกรณีที่มีเสริม Relieving platform ความยาว 20 เซนติเมตร กับกรณีที่ไม่มีการเสริม Relieving platform ซึ่งพบว่า ในช่วงความสูงดินถม 0-6 เซนติเมตร โครงสร้างกันมีค่าการเคลื่อนตัวที่ใกล้เคียงกัน แต่เมื่อระดับดินถมมีค่าสูงขึ้นการเคลื่อนตัวในกรณีที่มีเสริม Relieving platform มีแนวโน้มลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับกรณีที่ไม่มีการเสริม Relieving platform



รูปที่ 4.45 ผลการศึกษาด้วยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์เมื่อความยาวแผ่น Relieving platform เท่ากับ 20 เซนติเมตร

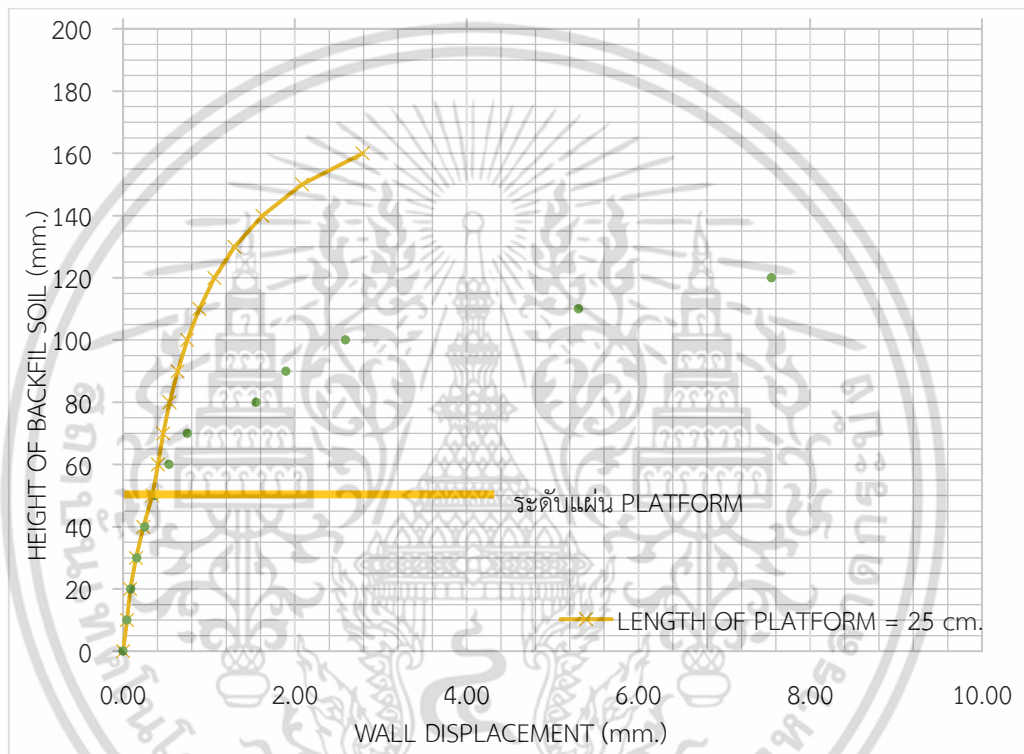


รูปที่ 4.46 ผลการศึกษาด้วยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์เมื่อความยาวแผ่น Relieving platform เท่ากับ 20 เซนติเมตร

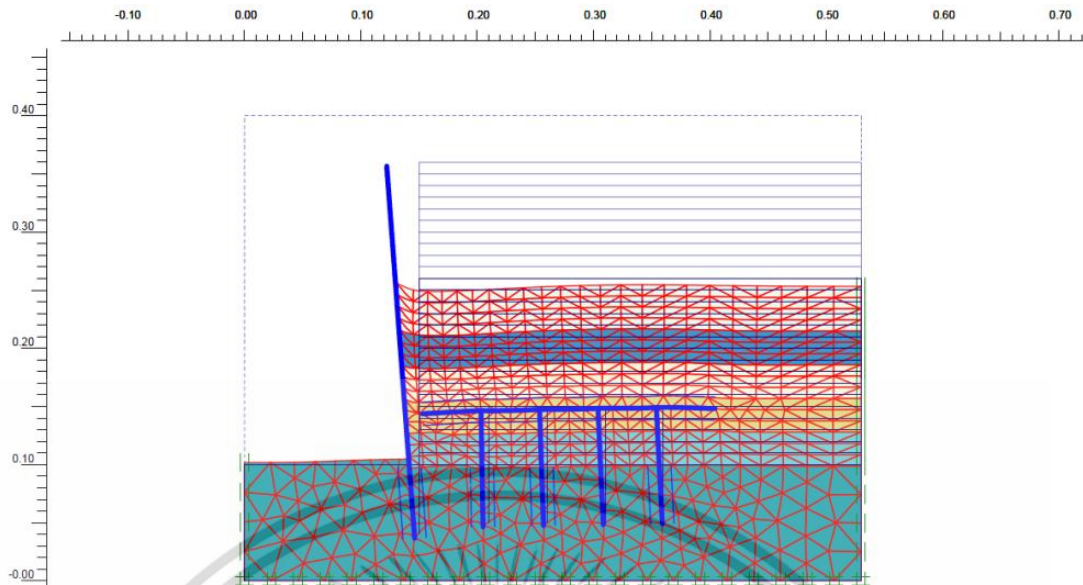
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สําหรับการปฏิบัติงานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.6.2.5 ความยาวแผ่นRelieving platform 25 เซนติเมตร

ผลการศึกษการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดินในแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ เมื่อความยาวแผ่น Platform เท่ากับ 25 เซนติเมตร ดังแสดงผลการวิเคราะห์ในรูปที่ 4.46 โดยเปรียบเทียบผลการศึกษการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดินระหว่างกรณีที่เสริม Relieving platform ความยาว 25 เซนติเมตรกับกรณีที่ไม่มีการเสริม Relieving platform ซึ่งพบว่า ในช่วงความสูงดินถม 0-6 เซนติเมตร โครงสร้างกันมีค่าการเคลื่อนตัวที่ใกล้เคียงกัน แต่เมื่อระดับดินถมมีค่าสูงขึ้นการเคลื่อนตัวในกรณีที่เสริม Relieving platform มีแนวโน้มลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับกรณีที่ไม่มีการเสริม Relieving platform



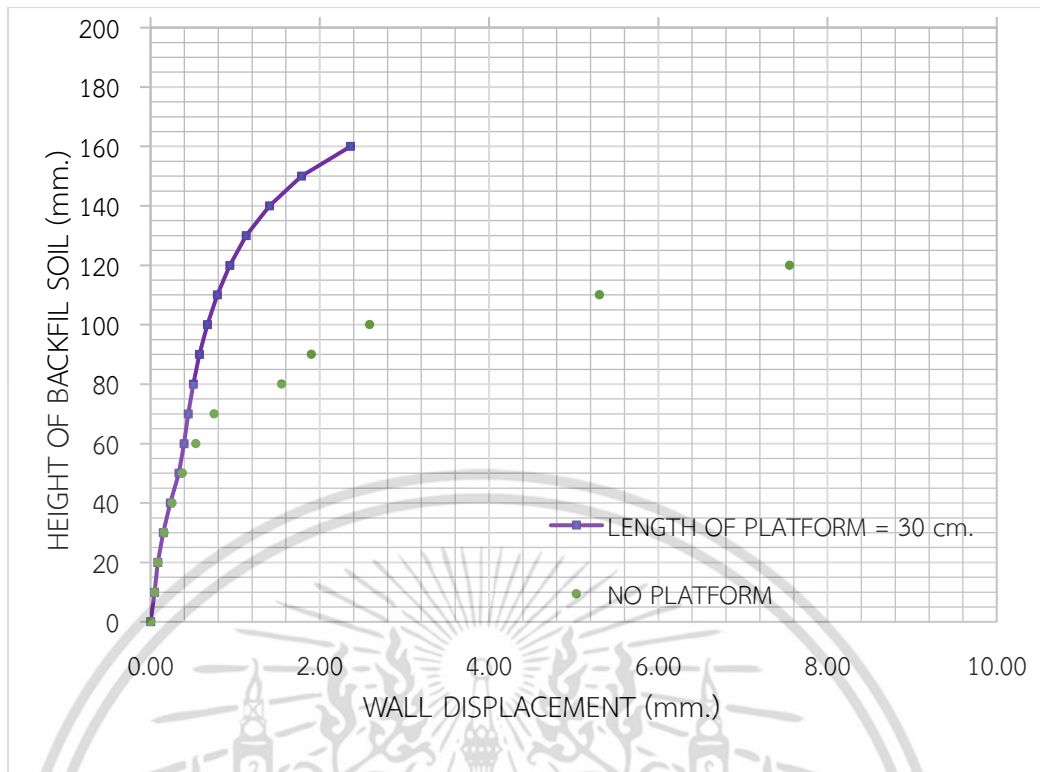
รูปที่ 4.47 ผลการศึกษการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดินในแบบจำลองทางคณิตศาสตร์เมื่อความยาวแผ่น Relieving platform เท่ากับ 25 เซนติเมตร



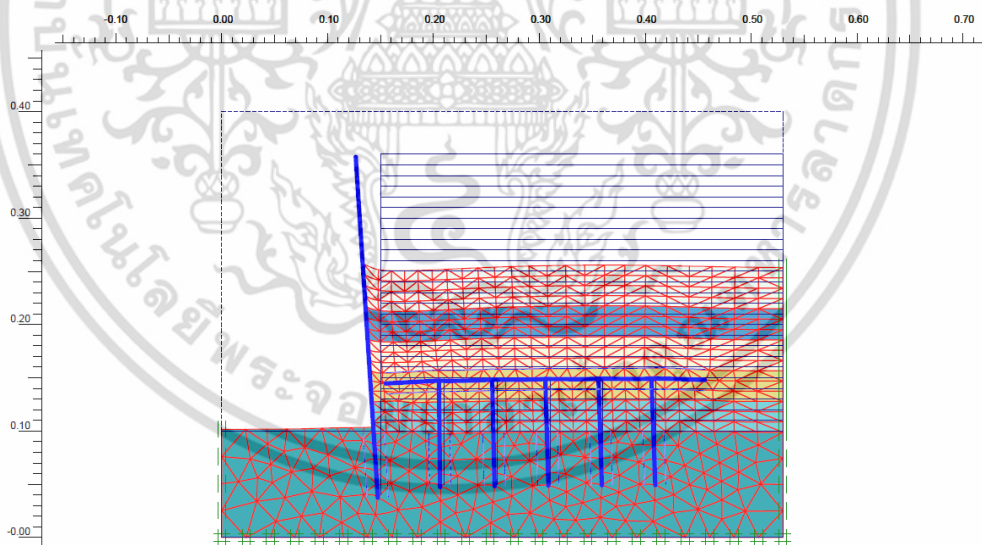
รูปที่ 4.48 ผลการศึกษาด้วยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์เมื่อความยาวแผ่นRelieving platform เท่ากับ 25 เซนติเมตร

4.6.2.6 ความยาวแผ่นRelieving platform 30 เซนติเมตร

ผลการศึกษาการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดินในแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ เมื่อความยาวแผ่น Platform เท่ากับ 30 เซนติเมตร ดังแสดงผลการวิเคราะห์ในรูปที่ 4.49 โดยเปรียบเทียบผลการศึกษาการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดินระหว่างกรณีเสริม Relieving platform ความยาว 30 เซนติเมตรกับกรณีที่ไม่มีการเสริม Relieving platform ซึ่งพบว่า ในช่วงความสูงดินถม 0-6 เซนติเมตร โครงสร้างกันมีค่าการเคลื่อนตัวที่ใกล้เคียงกัน แต่เมื่อระดับดินถมมีค่าสูงขึ้นการเคลื่อนตัวในกรณีเสริม Relieving platform มีแนวโน้มลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับกรณีที่ไม่มีการเสริม Relieving platform



รูปที่ 4.49 ผลการศึกษาด้วยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์เมื่อความยาวแผ่นRelieving platform เท่ากับ 30 เซนติเมตร



รูปที่ 4.50 ผลการศึกษาด้วยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์เมื่อความยาวแผ่นRelieving platform เท่ากับ 30 เซนติเมตร

จากผลการศึกษาการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดินเมื่อเปลี่ยนความยาวของRelieving platform ด้วยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์พบว่า การเปลี่ยนความยาวRelieving platform มีผลต่อค่าการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดิน ดังนั้นจึงต้องมีการวิเคราะห์ประสิทธิภาพในการลดการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดินเนื่องจากผลของความยาวRelieving platform เพื่อหาความยาวที่เหมาะสม

โดยจะมีการกล่าวถึงในหัวข้อที่ 4.7.2 เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

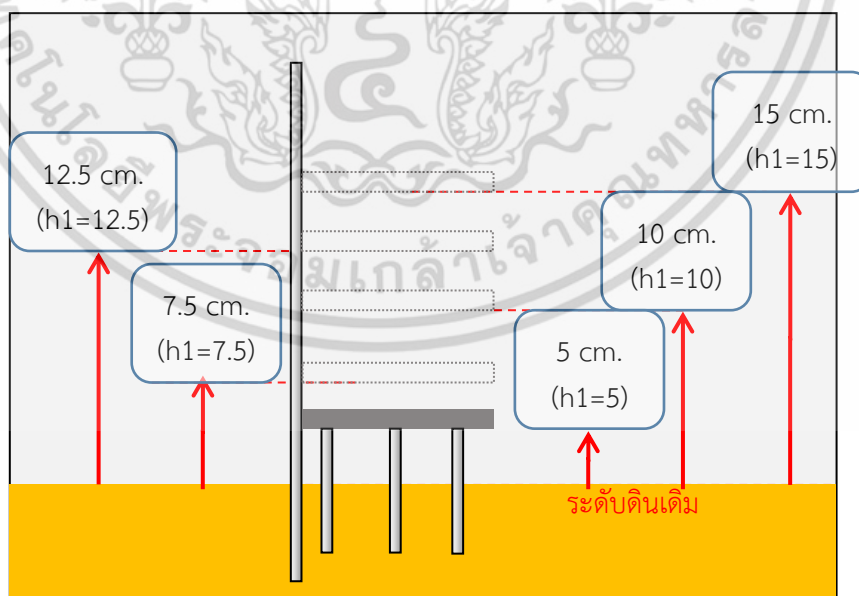
4.7 วิเคราะห์ผลการทดลองจากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์

การวิเคราะห์ผลการทดลองจากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์เป็นการวิเคราะห์เพื่อเพื่อศึกษา การเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดินและเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการลดการเคลื่อนตัวของ โครงสร้างกันดินเนื่องจากการเสริม Relieving platform โดยแบ่งปัจจัยที่ส่งผลต่อการเคลื่อนตัวของ โครงสร้างกันดินการศึกษาปัจจัยออกเป็น 2 ส่วน ประกอบด้วย ระดับการติดตั้งและความยาวของ Relieving platform โดยการนำข้อมูลผลการทดลองที่ได้จากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ มา วิเคราะห์ผลโดยใช้กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความสูงดินถมกับการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดิน จุด พับตัวของโครงสร้างกันดิน และค่าอัตราส่วนการเคลื่อนตัวต่อความสูงดินถม ดังที่ได้กล่าวไว้ในหัวข้อที่ 3.6.1 จากนั้นจึงนำข้อมูลจากการวิเคราะห์นำมาเปรียบเทียบกันเพื่อหาเหตุผลที่ใช้อธิบายความ แตกต่างของผลการทดลองจากแต่ละแบบจำลองและเพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการลดการ เคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดิน

4.7.1 การวิเคราะห์ระดับการติดตั้ง Relieving platform

การวิเคราะห์ระดับการติดตั้งของ Relieving platform คือการวิเคราะห์ค่าการเคลื่อนตัวของ โครงสร้างกันดินและความสูงของดินถมเมื่อระดับการติดตั้ง Relieving platform มีความแตกต่างกันซึ่งใน การศึกษาด้วยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์มีการศึกษาผลของระดับการติดตั้ง Relieving platform ที่ แตกต่างกัน 5 ระดับ ได้แก่ 5, 7.5, 10, 12.5 และ 15 เซนติเมตร ดังแสดงในรูปที่ 4.51

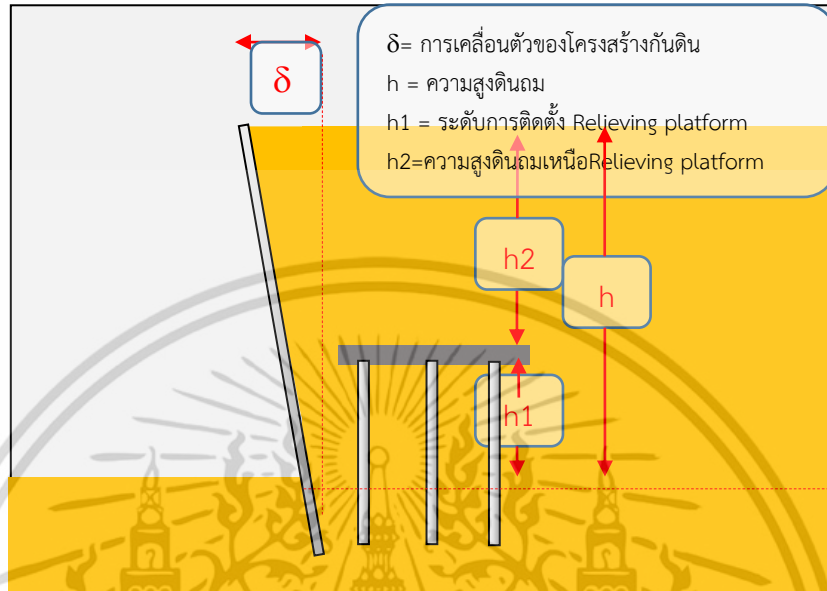
ผลการศึกษาจากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์จะถูกนำมาวิเคราะห์ประสิทธิภาพในการลดการ เคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดินและนำผลการวิเคราะห์มาเปรียบเทียบกับเพื่อหาตำแหน่งติดตั้ง Relieving platform ที่มีประสิทธิภาพในการลดการเคลื่อนตัวสูงที่สุดซึ่งตำแหน่งดังกล่าวจะเป็น ตำแหน่งการติดตั้งที่เหมาะสม



รูปที่ 4.51 ระดับการติดตั้ง Relieving platform สำหรับการศึกษารเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดิน ด้วยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

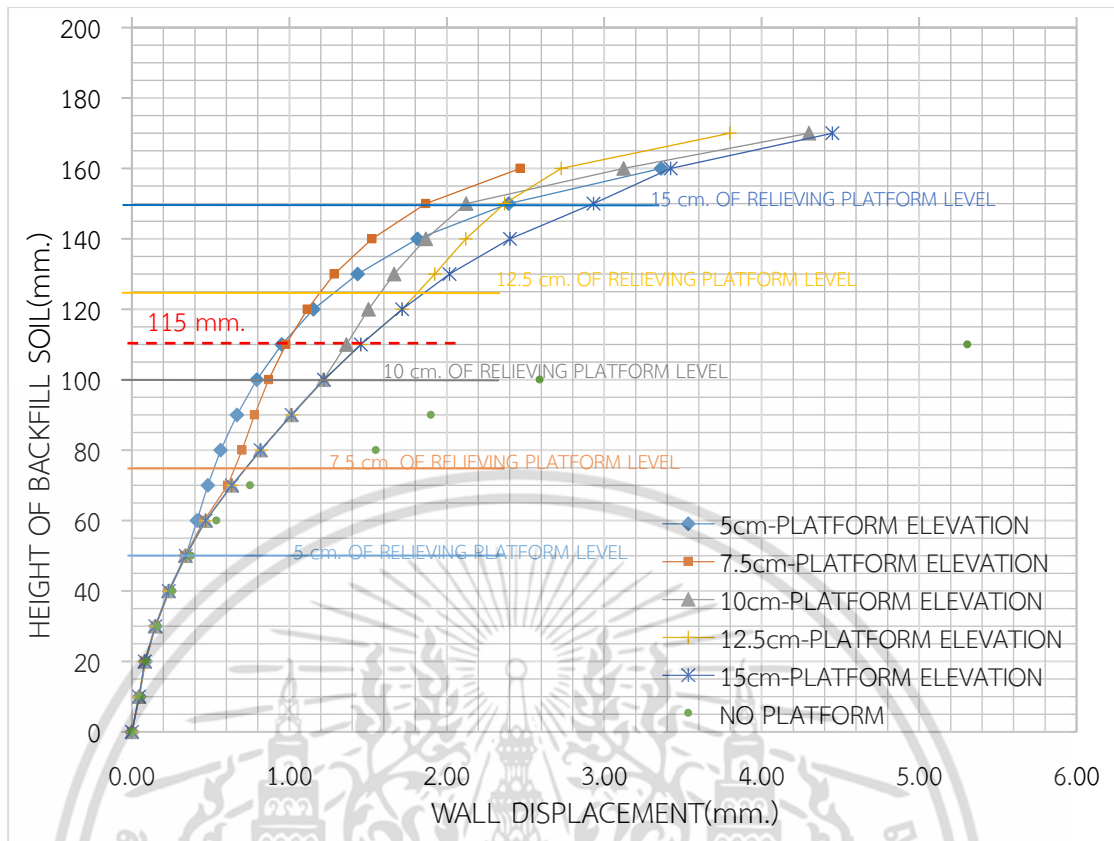
สำหรับการวิเคราะห์ข้อมูลจากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ มีการกำหนดตัวแปรของประกอบในแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ เพื่อให้สามารถอธิบายผลการศึกษได้ง่ายขึ้นโดยแสดงตำแหน่งของตัวแปรดังกล่าวในรูปที่ 4.53



รูปที่ 4.53 ตำแหน่งของตัวแปรในแบบจำลองทางคณิตศาสตร์สำหรับใช้วิเคราะห์ตำแหน่งการติดตั้ง Relieving platform ที่เหมาะสม

4.7.1.1 การวิเคราะห์ผลการศึกษาจากกราฟความสัมพันธ์ระหว่างความสูงดินถมและการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดิน

การวิเคราะห์ผลการศึกษาจากกราฟความสัมพันธ์ระหว่างความสูงดินถมและการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดินเป็นการนำค่าการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดินที่คำนวณได้จากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์มาวิเคราะห์ด้วยกราฟเปรียบเทียบความสัมพันธ์กับความสูงดินถม จากนั้นจึงนำกราฟความสัมพันธ์ดังกล่าวจากแต่ละแบบจำลองที่มีระดับการติดตั้ง Relieving platform ที่ 5, 7.5, 10, 12.5 และ 15 เซนติเมตรมาเปรียบเทียบกันเพื่อใช้วิเคราะห์ประสิทธิภาพในการลดการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดิน ดังแสดงในรูปที่ 4.54



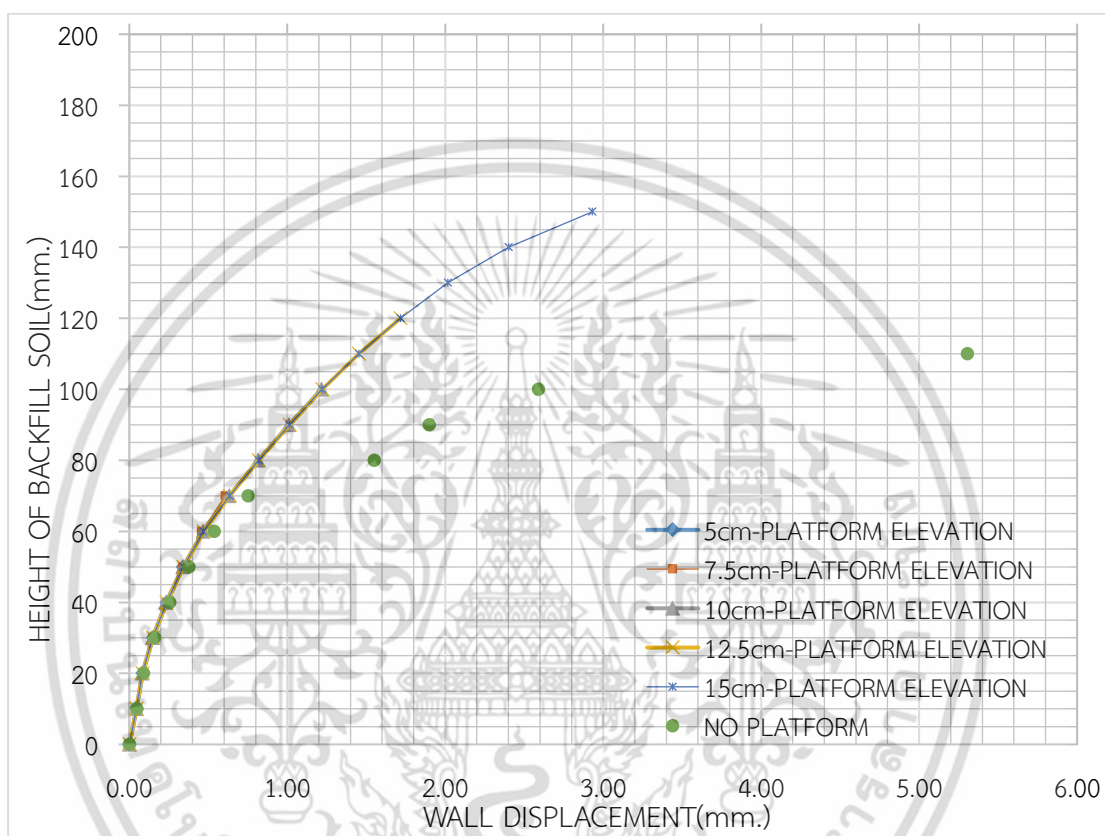
รูปที่ 4.54 การเปรียบเทียบผลการศึกษาการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดินจากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ในกรณีที่มีการเปลี่ยนระดับการติดตั้ง Relieving platform

จากรูปที่ 4.54 พบว่าลักษณะของเส้นกราฟความสัมพันธ์สามารถแบ่งออกเป็น 3 ช่วง ดังนี้

ช่วงที่หนึ่งเป็นช่วงที่ความสูงดินถมที่มีค่าต่ำกว่าระดับติดตั้ง Relieving platform ดังแสดงในรูปที่ 4.55 จะเห็นได้ว่าเส้นกราฟความสัมพันธ์จะมีแนวโน้มเดียวกัน ตั้งแต่ระดับเริ่มต้นจนถึงระดับติดตั้ง Relieving platform ยกตัวอย่างเช่นที่แบบจำลองระดับการติดตั้ง Relieving platform 5 เซนติเมตร เมื่อระดับดินถมมีค่าตั้งแต่ 0-5 เซนติเมตร แนวโน้มของเส้นกราฟความสัมพันธ์จะมีลักษณะเดียวกับแบบจำลองอื่น และเส้นกราฟจะเริ่มมีความชันมากขึ้นเมื่อระดับดินถมมีค่ามากกว่าระดับติดตั้ง Platform แสดงให้เห็นว่า ในช่วงระดับดินถมตั้งแต่ 0-5 เซนติเมตร การเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดินดินในทุกแบบจำลองมีค่าใกล้เคียงกันและเมื่อความสูงดินถมมากกว่า 5 เซนติเมตร โครงสร้างกันดินจะมีแนวโน้มการเคลื่อนตัวลดลง สาเหตุที่ทำให้ในช่วงแรกเส้นกราฟความสัมพันธ์มีแนวโน้มเดียวกันเนื่องจากเป็นช่วงความสูงดินถมที่ต่ำกว่าระดับติดตั้ง Platform ทำให้ Relieving platform ไม่สามารถทำหน้าที่ในการกระจายแรงดันดินด้านข้าง ดังนั้นระดับการติดตั้ง Relieving platform ที่แตกต่างกันจึงมีแนวโน้มการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดินไม่แตกต่างกัน

นอกจากนี้ยังพบว่าเมื่อนำผลการศึกษาจากแบบจำลอง Relieving wall มาเปรียบเทียบกับแบบจำลอง Single wall ซึ่งเป็นการเปรียบเทียบค่าการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดินในกรณีที่เสริมและไม่เสริม Relieving platform จะเห็นได้ว่าเมื่อดินถมมีความสูงมากกว่า 5 เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เซนติเมตร การเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดินในกรณีที่มีเสริมRelieving platformเริ่มมีค่าน้อยกว่ากรณีที่ไม่เสริมRelieving platform แต่ระดับดินถมดังกล่าวเป็นระดับที่เท่ากับหรือต่ำกว่าระดับติดตั้งRelieving platform ซึ่งดินถมอยู่ใต้Platform ยังไม่มีผลในการช่วยลดการเคลื่อนตัว ดังนั้นการเคลื่อนตัวที่ลดลงจึงมีสาเหตุมาจากการเสริมเสาเข็มใต้Relieving platform ซึ่งจะช่วยให้เสถียรภาพของดินถม และจากข้อจำกัดในการวิเคราะห์ด้วยแบบโปรแกรมPLAXIS 2D ที่เสาเข็มจะเป็นตัวต้านทานแรงดันดินอีกด้วย

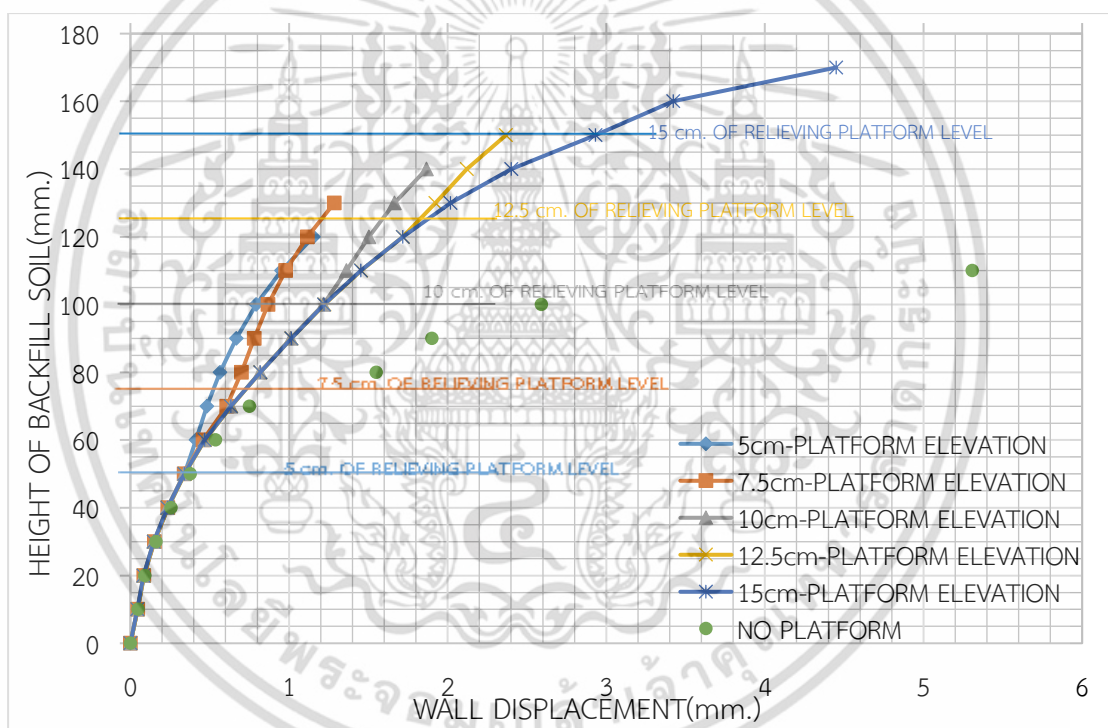


รูปที่ 4.55 การเปรียบเทียบผลการศึกษาการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดินจากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ช่วงที่การถมดินต่ำกว่าระดับPlatformในกรณีที่มีการติดตั้งRelieving platformแตกต่างกัน

ช่วงที่สอง เป็นช่วงที่ความสูงดินถมมีค่าสูงกว่าระดับติดตั้งRelieving platform ซึ่งพบว่าเส้นกราฟความสัมพันธ์มีความชันมากขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับช่วงที่หนึ่ง ดังแสดงในรูปที่ 4.54 แสดงให้เห็นว่าการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดินในช่วงนี้มีแนวโน้มลดลงเนื่องจากการถมดินบนPlatform ดังนั้น Relieving platform สามารถช่วยกระจายแรงดันดินด้านข้างลงแนวตั้ง ดังนั้นความแตกต่างของระดับการติดตั้งRelieving platform จึงส่งผลให้แนวโน้มของเส้นกราฟมีความแตกต่างกัน โดยแบบจำลองที่มีระดับติดตั้งRelieving platform อยู่ต่ำจะสามารถลดการเคลื่อนตัวได้ก่อนหรือระดับต่ำกว่าแบบจำลองที่มีระดับการติดตั้งRelieving platform ที่สูงกว่า ยกตัวอย่างเช่น แบบจำลองระดับการติดตั้งRelieving platform 5 เซนติเมตร ซึ่งเป็นระดับการติดตั้งที่ต่ำที่สุด จะสามารถสังเกตเห็นค่าการเคลื่อนตัวของเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โครงสร้างกันดินมีแนวโน้มลดลงก่อนแบบจำลองอื่นที่มีระดับRelieving platfrom ที่ 7.5,10 และ 12.5 เซนติเมตร ยกเว้นเพียงแบบจำลองที่มีระดับการติดตั้งRelieving platfrom 15 เซนติเมตร เนื่องจากไม่สามารถสังเกตเห็นจุดที่เส้นกราฟความสัมพันธ์มีความชันเพิ่มขึ้นชัดเจน เพราะPlatformอยู่สูงพอกับระดับดินถมสูงสุด ดังนั้นระดับการติดตั้ง 15 เซนติเมตร จึงอาจจะเป็นระดับติดตั้งที่สูงเกินไป โดยมีสาเหตุมาจากการที่โครงสร้างกันดินจะต้องรับแรงดันดินด้านข้างที่เกิดจากดินถมตั้งแต่เริ่มต้นถมจนถึงระดับติดตั้งRelieving platfrom ทำให้โครงสร้างกันดินเคลื่อนตัวจนเข้าใกล้จุดพิบัติ เมื่อติดตั้งRelieving platfrom ที่ระดับ 15 เซนติเมตรและถมดินเพิ่มขึ้นโครงสร้างกันดินจึงเกิดการพิบัติก่อนที่Relieving platfrom จะสามารถทำหน้าที่ในการช่วยกระจายแรงดันดินด้านข้าง

จากแบบจำลองที่ระดับการติดตั้งRelieving platfrom เท่ากับ 15 เซนติเมตรซึ่งพบว่าเส้นกราฟมีแนวโน้มเดียวกันตลอดการทดลอง แสดงให้เห็นว่าการติดตั้งRelieving platfrom ที่สูงเกินไป Relieving platfrom ไม่สามารถลดการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดินลงได้



รูปที่ 4.56 การเปรียบเทียบผลการศึกษาการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดินจากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ช่วงที่ถมดินบนPlatform ในกรณีที่มีระดับการติดตั้ง Relieving platfrom แตกต่างกันไป

ช่วงที่สาม เป็นช่วงที่เส้นกราฟความสัมพันธ์ของทุกแบบจำลองมีแนวโน้มที่จะไปในทิศทางเดียวกันและลู่เข้าหากันสาเหตุที่เป็นเช่นนั้นเนื่องจากเมื่อระดับดินถมเพิ่มมากขึ้นจนถึงจุดหนึ่งRelieving platfrom จะมีความสามารถในการกระจายแรงดันดินด้านข้างลงแนวตั้งจำกัดได้ระดับหนึ่งที่ทำให้แรงดันดินด้านข้างเพิ่มสูงขึ้น การเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดินจึงเพิ่มขึ้นจนเกิดการพิบัติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นอกจากนี้ยังพบว่าเมื่อระดับดินถมมากกว่า 5 เซนติเมตร แนวโน้มของเส้นกราฟสามารถจำแนกได้เป็น 2 กลุ่ม กลุ่มแรกเป็นกลุ่มที่สามารถลดการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดินได้สูง ซึ่งประกอบด้วยแบบจำลองที่มีระดับการติดตั้งที่ 5 เซนติเมตร และแบบจำลองที่มีระดับการติดตั้งที่ 7.5 เซนติเมตรกลุ่มที่สองเป็นกลุ่มที่การเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดินสูงกว่ากลุ่มแรก ซึ่งประกอบด้วยแบบจำลองที่มีระดับการติดตั้งที่ 10 เซนติเมตร แบบจำลองที่มีระดับการติดตั้งที่ 12.5 เซนติเมตร และแบบจำลองที่มีระดับการติดตั้งที่ 15 เซนติเมตร

สำหรับกลุ่มแรกซึ่งเป็นกลุ่มที่สามารถลดการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดินได้สูง พบว่าในช่วงความสูงดินถมตั้งแต่ 5-11.5 เซนติเมตร แบบจำลองที่มีระดับการติดตั้งRelieving platform ที่ 5 เซนติเมตรจะทำให้โครงสร้างกันดินมีค่าการเคลื่อนตัวน้อยที่สุด และในช่วงความสูงดินถมตั้งแต่ 11.5-16 เซนติเมตร แบบจำลองที่มีระดับการติดตั้งRelieving platform ที่ 7.5 เซนติเมตร จะทำให้โครงสร้างกันดินมีค่าการเคลื่อนตัวน้อยที่สุด ดังนั้นในการเลือกใช้ระดับการติดตั้งRelieving platform ที่เหมาะสมจะต้องพิจารณาระดับความสูงของดินที่ต้องการถมด้วย

ในส่วนของกลุ่มที่สองเป็นกลุ่มที่มีระดับการติดตั้งRelieving platform สูงกว่าในกลุ่มแรก พบว่าเมื่อระดับดินถมสูงกว่าระดับติดตั้งRelieving platform โครงสร้างกันดินมีแนวโน้มการเคลื่อนตัวลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับแบบจำลองที่มีระดับการติดตั้งRelieving platform ที่สูงกว่า ยกตัวอย่างเช่นแบบจำลองระดับติดตั้งRelieving platform ที่ 10 เซนติเมตร เมื่อระดับดินถมสูงกว่า 10 เซนติเมตร การเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดินจะมีแนวโน้มลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับแบบจำลองที่ระดับติดตั้งRelieving platform เท่ากับ 12.5 และ 15 เซนติเมตร

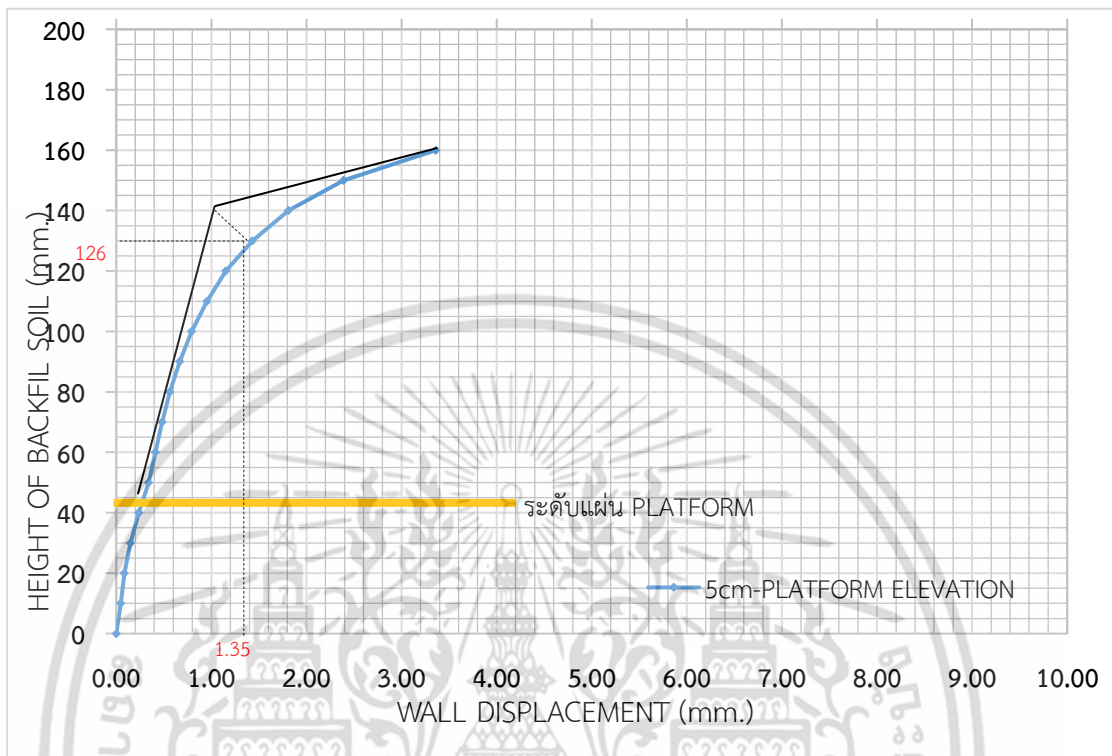
จากผลการวิเคราะห์ด้วยการเปรียบเทียบกราฟความสัมพันธ์ที่ได้กล่าวมานั้น สามารถนำไปใช้วิเคราะห์เพื่อหาสาเหตุที่ทำให้แต่ละแบบจำลองมีผลในการลดการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดินที่แตกต่างกันและหาตำแหน่งการติดตั้งRelieving platform ที่เหมาะสม ดังนั้นจะต้องมีการวิเคราะห์ผลการทดลองเพิ่มเติมในหัวข้อต่อไป

4.7.1.2 จุดพิบัติของกราฟความสัมพันธ์

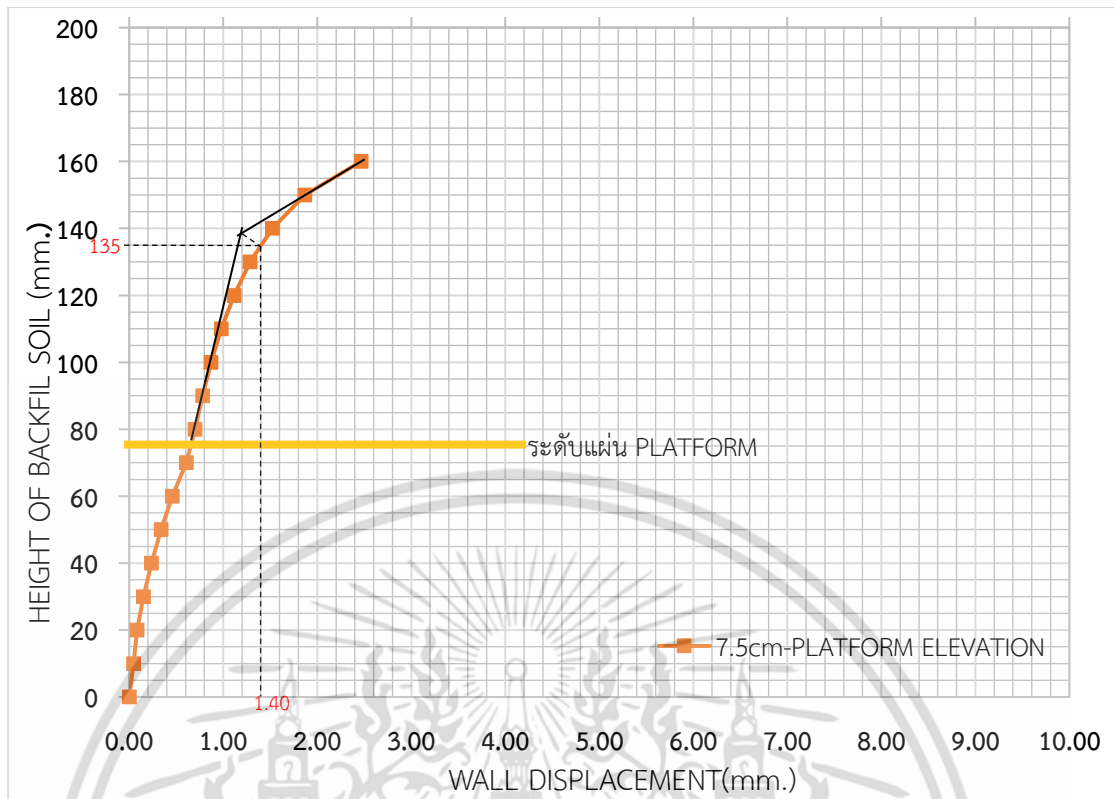
จากกราฟความสัมพันธ์ระหว่างการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดินกับความสูงของดินถม จุดพิบัติของโครงสร้างกันดิน จะเห็นได้ว่ามีช่วงหนึ่งที่เส้นกราฟความสัมพันธ์จากทุกแบบจำลองเริ่มมีแนวโน้มลู่ออกกัน ซึ่งเรียกจุดดังกล่าวว่าจุดพิบัติของกราฟความสัมพันธ์ โดยจุดพิบัติของกราฟความสัมพันธ์จะทำให้ทราบถึงความสูงของดินถมที่ทำให้โครงสร้างกันดินเกิดการพิบัติ ซึ่งหมายความว่าความสูงของดินถมที่จุดพิบัติของโครงสร้างกันดินคือระดับความสูงดินถมสูงสุดที่โครงสร้างกันดินสามารถรับได้

สำหรับวิธีการหาจุดพิบัติของกราฟความสัมพันธ์ สามารถทำได้โดยใช้วิธีของ Casagrande's Graphical method (Arthur Casagrande, 1936) ดังที่ได้กล่าวไว้ในหัวข้อที่ 3.6.1.2 และแสดงผลการหาจุดพิบัติของกราฟความสัมพันธ์ ผลการวิเคราะห์ด้วยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์เพื่อศึกษาผลของระดับการติดตั้งRelieving platform ที่มีต่อการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดินในรูปที่ 4.55 –รูปที่ 4.59

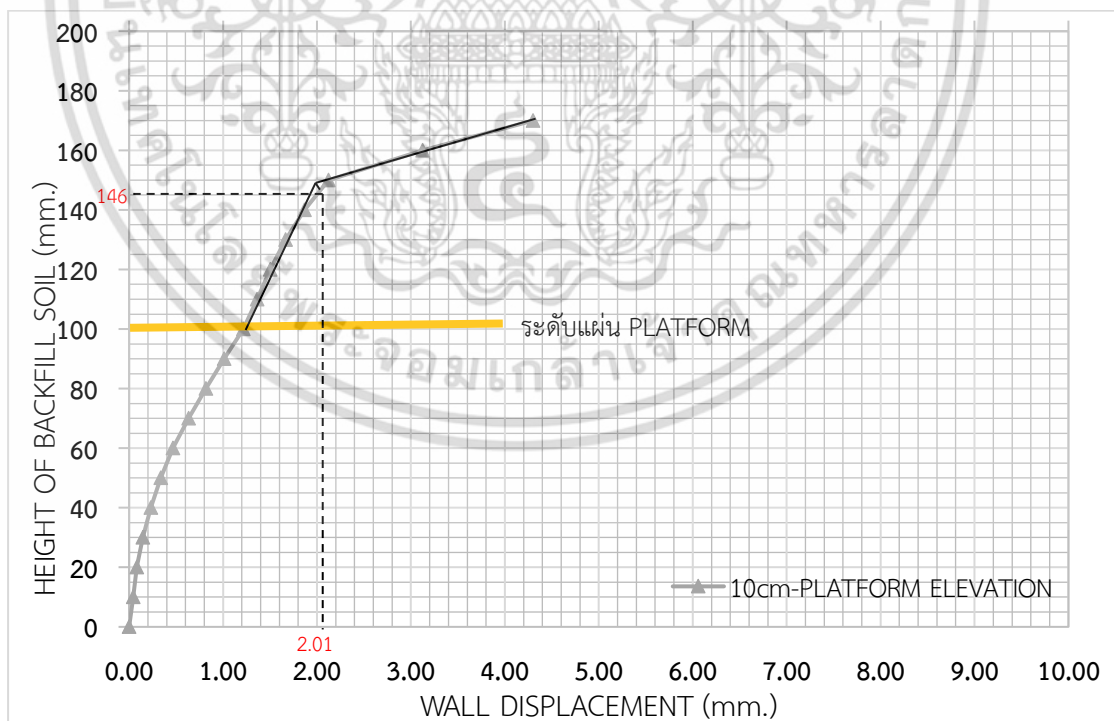
จากการศึกษาและวิเคราะห์การเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดินโดยการเปลี่ยนแปลงระดับการติดตั้งRelieving platform พบว่าแบบจำลองมีจุดพิบัติของกราฟความสัมพันธ์เกิดขึ้น ดังแสดงในตารางที่ 4.16



รูปที่ 4.57 ผลการหาจุดพิบัติของกราฟความสัมพันธ์จากการศึกษาด้วยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ เมื่อติดตั้งแผ่นRelieving platform ที่ 5 เซนติเมตร

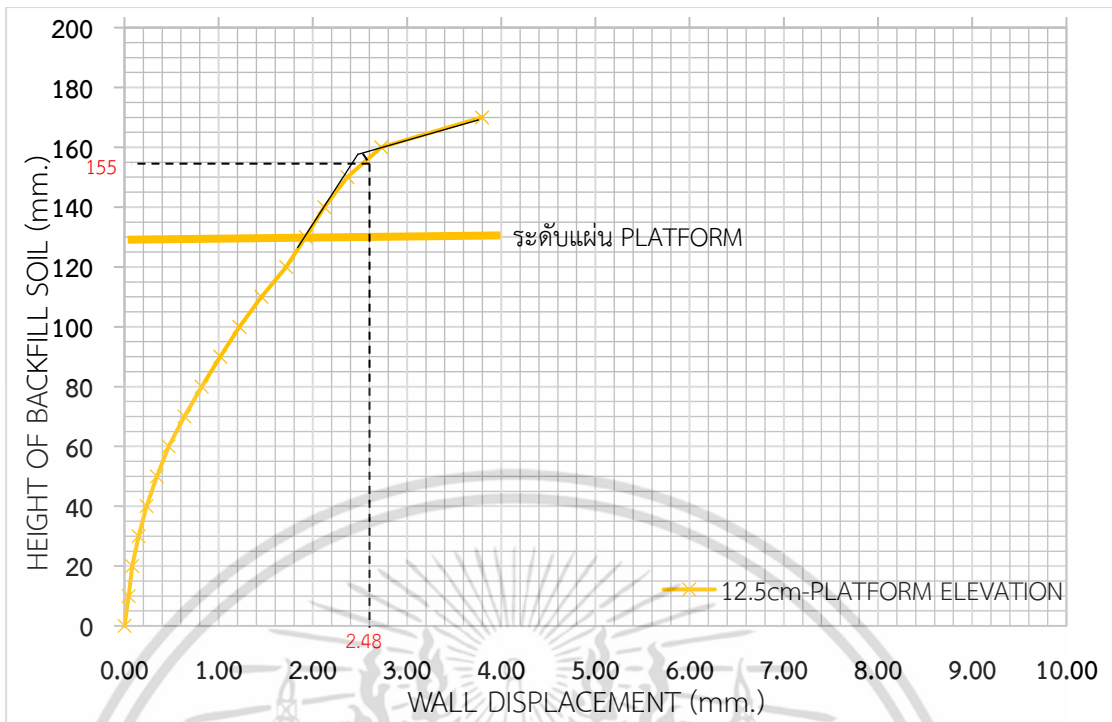


รูปที่ 4.58 ผลการหาจุดพิบัติของกราฟความสัมพันธ์จากผลการศึกษาด้วยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ เมื่อติดตั้งแผ่นRelieving platform ที่ 7.5 เซนติเมตร

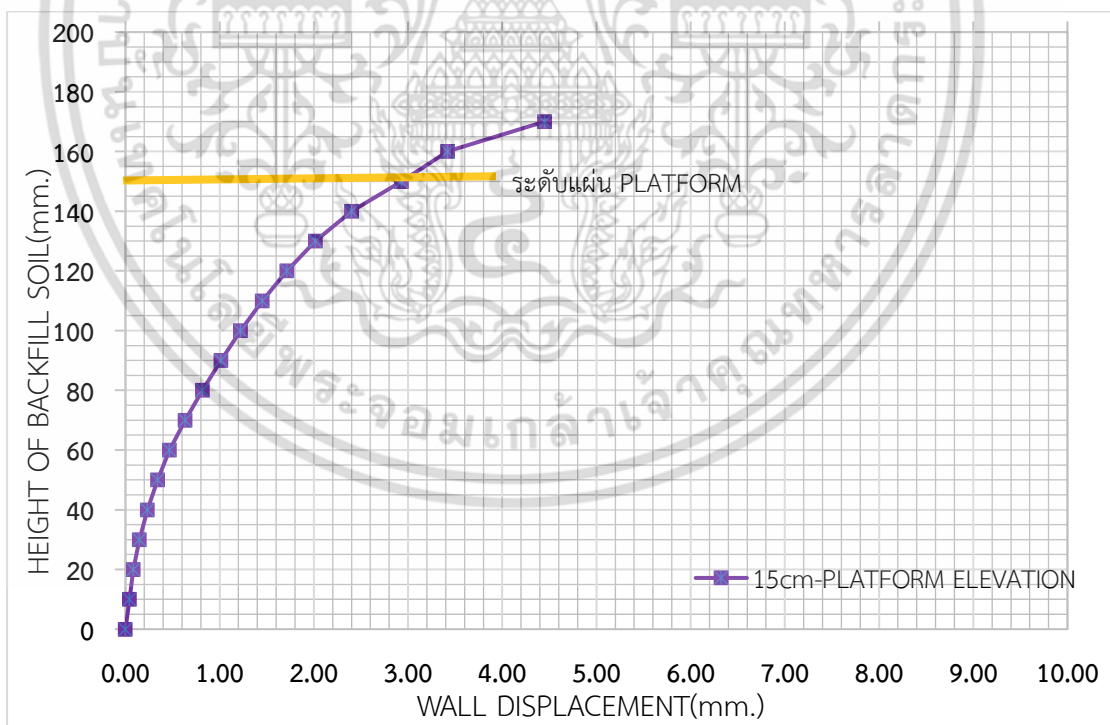


รูปที่ 4.59 ผลการหาจุดพิบัติของกราฟความสัมพันธ์จากผลการศึกษาด้วยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ เมื่อติดตั้งแผ่นRelieving platform ที่ 10 เซนติเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.60 ผลการหาจุดพิบัติของกราฟความสัมพันธ์จากผลการศึกษาด้วยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ เมื่อติดตั้งแผ่นRelieving platform ที่ 12.5 เซนติเมตร



รูปที่ 4.61 ผลการหาจุดพิบัติของกราฟความสัมพันธ์จากผลการศึกษาด้วยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ เมื่อติดตั้งแผ่นRelieving platform ที่ 15 เซนติเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.16 จุดพิบัติของกราฟความสัมพันธ์(h_f) ที่ได้จากการวิเคราะห์ด้วยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์

แบบจำลองโครงสร้างกันดิน		จุดพิบัติของกราฟความสัมพันธ์	
		ความสูงดินถม(cm.)	การเคลื่อนตัว(mm.)
แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ ศึกษาผลของระดับการติดตั้ง Relieving platform,h1	5 เซนติเมตร	12.6	1.35
	7.5 เซนติเมตร	13.5	1.40
	10 เซนติเมตร	14.6	2.01
	12.5 เซนติเมตร	15.5	2.48
	15 เซนติเมตร	-	-

จากผลการหาจุดพิบัติของกราฟความสัมพันธ์พบว่าเมื่อตำแหน่งในการติดตั้งRelieving platform(h1) มีระดับสูงขึ้นจาก 5-12.5 เซนติเมตร จากระดับดินเดิมส่งผลให้ความสูงดินถมที่จุดพิบัติมีแนวโน้มสูงขึ้น จาก 12.6-15.5 เซนติเมตร

สำหรับที่ระดับความสูงในการติดตั้งRelieving platform 15 เซนติเมตร ไม่สามารถหาจุดพิบัติได้เนื่องจากแนวโน้มของเส้นกราฟในรูปที่ 4.59 เป็นไปในทิศทางเดียวกัน ทำให้ไม่สามารถพบจุดที่มีการเปลี่ยนแปลงความชันที่ชัดเจน ซึ่งอาจจะมีสาเหตุมาจากการที่จุดพิบัติของกราฟความสัมพันธ์และระดับการติดตั้งRelieving platform มีระดับเดียวกัน แสดงให้เห็นว่าโครงสร้างกันดินถึงจุดพิบัติก่อนที่จะถึงระดับติดตั้งRelieving platform ทำให้Relieving platform ไม่สามารถทำหน้าที่ในการกระจายแรงดันดินด้านข้างลงแนวดิ่ง ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าการติดตั้งRelieving platform ที่ระดับ 15 เซนติเมตร จากระดับดินเดิมด้านหน้าโครงสร้างกันดิน Relievingplatform ไม่สามารถทำหน้าที่ในการช่วยกระจายแรงดันดินด้านข้างลงสู่แนวดิ่ง

จุดพิบัติของกราฟความสัมพันธ์สามารถนำมาใช้วิเคราะห์เพื่อหาความสูงของดินถมที่สามารถถมได้บนRelieving platform โดยใช้ผลต่างระหว่างค่าความสูงดินถมที่จุดพิบัติของกราฟความสัมพันธ์และระดับการติดตั้งRelieving platform ซึ่งได้ผลดังแสดงในตารางที่ 4.17

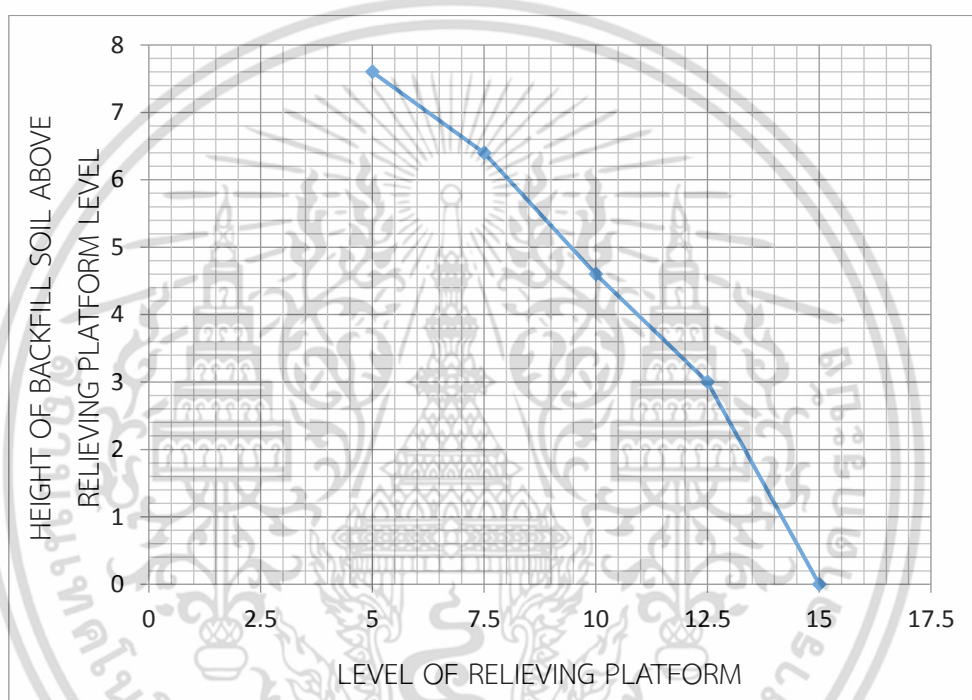
ตารางที่ 4.17 ความสูงของดินถมที่สามารถถมได้บนRelieving platform

แบบจำลองโครงสร้างกันดิน		ความสูงดินถมที่จุดพิบัติ(cm.)	ความสูงของดินถมที่สามารถถมได้บนRelieving platform(cm.)
แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ ศึกษาผลของระดับการติดตั้ง Relieving platform,h1	5 เซนติเมตร	12.6	7.60
	7.5 เซนติเมตร	13.9	6.40
	10 เซนติเมตร	14.6	4.60
	12.5 เซนติเมตร	15.5	3.00
	15 เซนติเมตร	-	-

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากตารางที่ 4.17 พบว่าเมื่อเพิ่มระดับการติดตั้งRelieving platform จะทำให้ระดับดินถมที่อยู่บนระดับติดตั้งRelieving platform น้อยลง เมื่อนำค่าในตารางที่ 4.17 มาสร้างเป็นกราฟความสัมพันธ์ระหว่างระดับติดตั้งRelieving platform กับระดับดินถมเหนือระดับติดตั้งRelieving platform ที่สามารถถมได้จนถึงจุดที่โครงสร้างกันดินเกิดการพิบัติ จะได้ผลดังแสดงในรูปที่ 4.62 ซึ่งพบว่าระดับดินถมจะลดลงเมื่อระดับRelieving platform สูงขึ้น

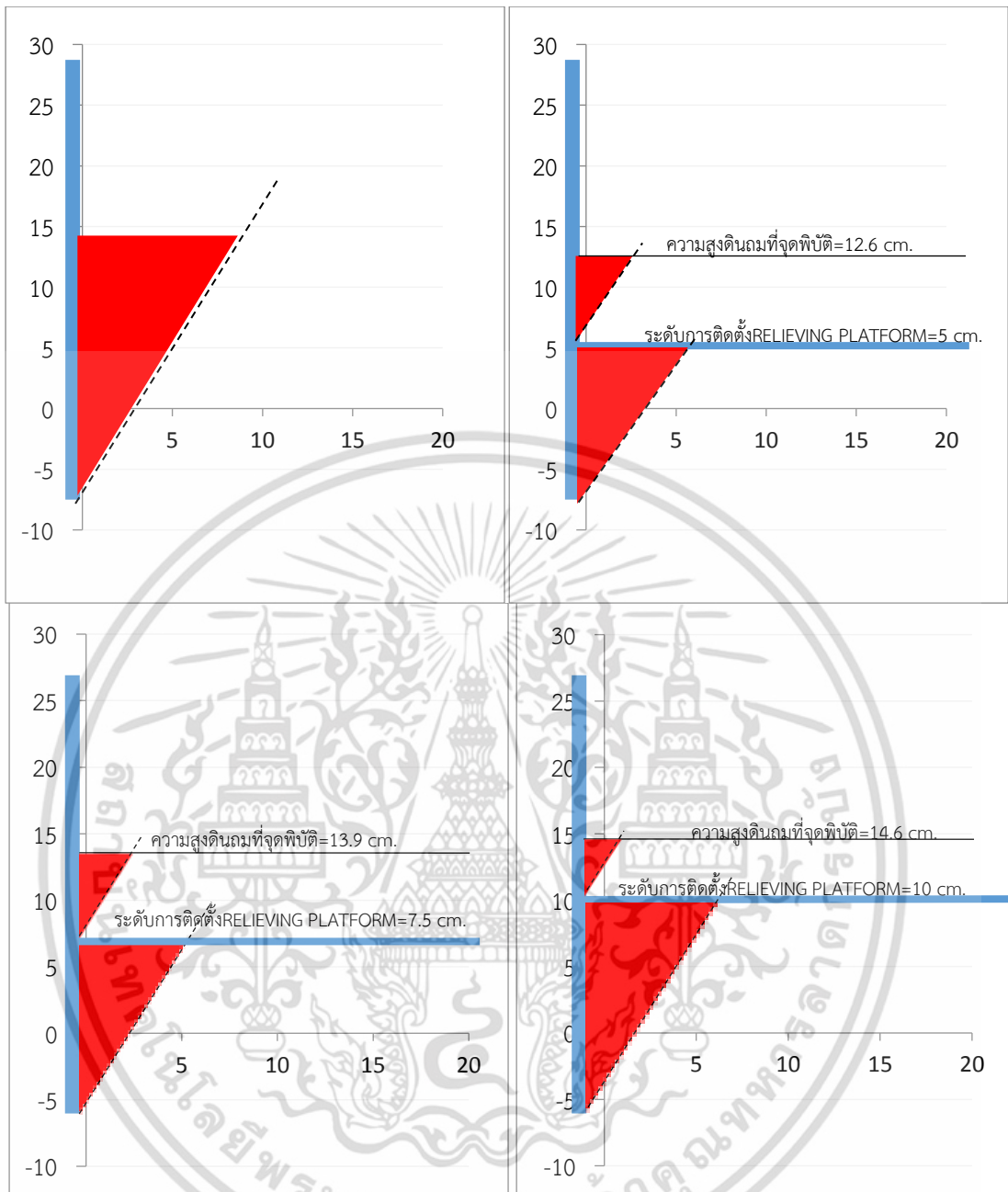
สาเหตุที่ทำให้ได้ผลดังกล่าวเนื่องจากการเพิ่มระดับRelieving platform จะทำให้Relieving platform ช่วยลดการเคลื่อนตัวได้ช้ากว่าแบบจำลองที่มีระดับการติดตั้งRelieving platform ที่ต่ำกว่าทำให้โครงสร้างกันดินเคลื่อนตัวไปได้มากแล้วก่อนที่Platform จะมาช่วยรับน้ำหนักดินถม จึงส่งผลให้ระดับดินถมเหนือRelieving platform ลดลง



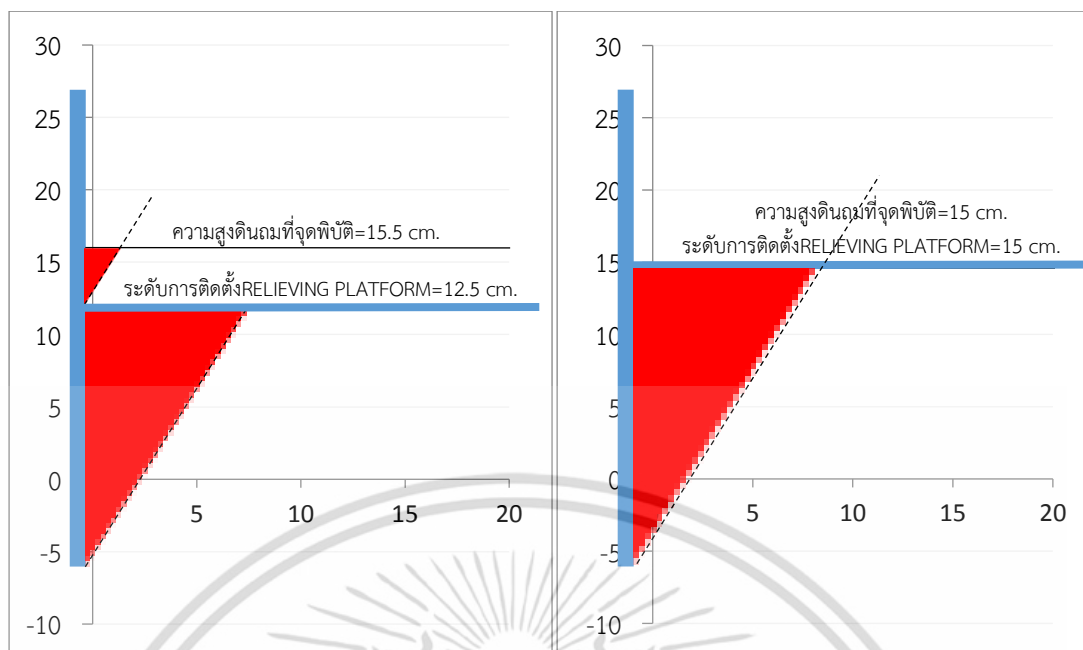
รูปที่ 4.62 แนวโน้มระดับความสูงของดินถมเหนือระดับติดตั้งRelieving platform เมื่อเปลี่ยนแปลงระดับการติดตั้งRelieving platform

โดยหลักการของการเสริมRelieving platform เป็นการลดการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดิน โดยRelieving platform เป็นตัวช่วยกระจายแรงดันดินด้านข้างลงสู่แนวค้ำ ซึ่งจะสังเกตได้ว่าพื้นที่การพิบัติของดินถมจะลดลง ดังแสดงในรูปที่ 4.63 ซึ่งเป็นการเปรียบเทียบพื้นที่การพิบัติของดินถมแสดงด้วยสีแดง ระหว่างกรณีที่มีRelieving platform และในกรณีที่ไม่มีRelieving platform โดยโดยระนาบการพิบัติในรูปเป็นระนาบการพิบัติที่ทำมุมกับแนวราบ $45 + \phi/2$ ซึ่งมีค่าเท่ากับ 59 องศา

นอกจากนี้ยังพบว่าเมื่อนำแบบจำลองที่มีระดับการติดตั้งRelieving platform แตกต่างกันมาเปรียบเทียบกันจะได้พื้นที่การพิบัติของดินถมที่แตกต่างกันด้วย ดังแสดงในรูปที่ 4.63



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.63 พื้นที่การพิบัติของดินถมที่ลดลงเนื่องจากการเสริม Relieving platform

สาเหตุที่ทำให้ระดับในการติดตั้ง Relieving platform ส่งผลให้การเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดินแตกต่างกัน สามารถอธิบายได้โดยแบ่งเป็น 2 ช่วงดังนี้

ในช่วงแรกเป็นระดับดินถมเริ่มต้นจนถึงระดับติดตั้ง Relieving platform ซึ่งเป็นช่วงที่ Relieving platform ยังไม่มีผลในลดการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดิน แต่เป็นช่วงที่มีเสาเข็มช่วยเสริมเสถียรภาพของโครงสร้างกันดินซึ่งมีส่วนช่วยลดการเคลื่อนตัวได้ ดังนั้นระดับการติดตั้ง Relieving platform สูงเกินไปจะส่งผลให้โครงสร้างกันดินเกิดการพิบัติก่อนที่ความสูงดินถมจะถึงระดับติดตั้ง Relieving platform

ในช่วงที่สอง เป็นช่วงระดับดินถมสูงกว่าระดับติดตั้ง Relieving platform จะเป็นช่วงที่โครงสร้างกันดินมีอัตราการเพิ่มการเคลื่อนตัวน้อยลงจนถึงจุดหนึ่งการเคลื่อนตัวจะค่อยๆ เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วจนโครงสร้างกันดินเกิดการพิบัติ

นอกจากนี้ยังพบว่าแบบจำลองที่มีระดับการติดตั้ง Relieving platform ที่อยู่ต่ำจะสามารถลดการเคลื่อนตัวได้ก่อนแบบจำลองที่มีระดับการติดตั้ง Relieving platform สูงกว่า แต่จะส่งผลให้ถมดินเหนือระดับ Relieving platform น้อยกว่าด้วย ดังนั้นการติดตั้ง Relieving platform จึงต้องพิจารณาระดับที่เหมาะสมซึ่งจะต้องเป็นระดับมีประสิทธิภาพในการลดการเคลื่อนตัวสูงและสามารถรองรับความสูงดินถมจนถึงระดับที่ต้องการ

การเพิ่มระดับความสูงในการติดตั้ง Relieving platform สามารถเพิ่มระดับความสูงดินถมที่จุดพิบัติได้ แต่ในขณะเดียวกันการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดินที่จุดพิบัตินี้มีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นเช่นเดียวกัน ดังนั้นการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของโครงสร้างกันดินด้วยจุดพิบัติเพียงอย่างเดียวจึงไม่สามารถให้ผลการวิเคราะห์ที่เพียงพอเนื่องจากการเคลื่อนตัวไม่ได้ถูกนำมาพิจารณาด้วย การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของโครงสร้างกันดินจึงต้องมีตัวแปรที่นำการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดินมาพิจารณาด้วยซึ่งอธิบายในหัวข้อถัดไป

4.7.1.3 ค่าอัตราส่วนการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดินต่อความสูงดินถม

การเปรียบเทียบประสิทธิภาพโดยใช้ค่า “อัตราส่วนการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดินต่อความสูงดินถม” เป็นการนำค่าการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดินหารด้วยความสูงดินถม (δ/h) ซึ่งค่าดังกล่าวจะสามารถบอกได้ว่าที่ความสูง 1 หน่วย จะเกิดการเคลื่อนตัวเท่าไร ดังนั้นถ้าค่าอัตราส่วนการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดินต่อความสูงดินถมมีค่าต่ำแสดงว่าโครงสร้างกันดินกันดินมีประสิทธิภาพสูง ดังที่ได้กล่าวไว้ในหัวข้อที่ 3.6.1.3

ในการวิเคราะห์ประสิทธิภาพในการลดการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดินด้วยค่า δ/h เป็นการวิเคราะห์ค่าอัตราส่วนการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดินต่อความสูงดินถม (δ/h) ที่ความสูงเดียวกัน โดยใช้ความสูงดินถมที่สามารถเปรียบเทียบกันได้ทุกแบบจำลองจำนวน 5 ค่า ได้แก่ 3, 6, 9, 12 และ 15 เซนติเมตร ซึ่งจากการศึกษาและวิเคราะห์การเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดินโดยการเปลี่ยนแปลงระดับการติดตั้ง Relieving platform พบว่าค่าอัตราส่วนการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดินต่อความสูงดินถมที่ความสูงเดียวกันมีค่าดังแสดงในตารางที่ 4.18-4.22

ตารางที่ 4.18 ค่าอัตราส่วนการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดินต่อความสูงดินถมที่ 3 เซนติเมตร ของแบบจำลองโครงสร้างกันดินที่ได้จากการวิเคราะห์ด้วยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์

แบบจำลองโครงสร้างกันดิน		ความสูงดินถม, h (mm.)	การเคลื่อนตัว, δ (mm.)	ค่าอัตราส่วนการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดินต่อความสูงดินถม, (δ/h)
แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ศึกษาผลของระดับการติดตั้ง Relieving platform, h1	5 เซนติเมตร	30	0.1462	0.00487
	7.5 เซนติเมตร	30	0.1478	0.00493
	10 เซนติเมตร	30	0.1495	0.00498
	12.5 เซนติเมตร	30	0.1502	0.00501
	15 เซนติเมตร	30	0.1510	0.00503

ตารางที่ 4.19 ค่าอัตราส่วนการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดินต่อความสูงดินถมที่ 6 เซนติเมตร ของแบบจำลองโครงสร้างกันดินที่ได้จากการวิเคราะห์ด้วยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์

แบบจำลองโครงสร้างกันดิน		ความสูงดินถม, h (mm.)	การเคลื่อนตัว, δ (mm.)	ค่าอัตราส่วนการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดินต่อความสูงดินถม, (δ/h)
แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ศึกษาผลของระดับการติดตั้ง Relieving platform, h1	5 เซนติเมตร	60	0.4136	0.00690
	7.5 เซนติเมตร	60	0.4580	0.00763
	10 เซนติเมตร	60	0.4673	0.00779
	12.5 เซนติเมตร	60	0.4699	0.00783
	15 เซนติเมตร	60	0.4678	0.00780

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.20 ค่าอัตราส่วนการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดินต่อความสูงดินถมที่ 9 เซนติเมตร ของแบบจำลองโครงสร้างกันที่ได้จากการวิเคราะห์ด้วยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์

แบบจำลองโครงสร้างกันดิน		ความสูงดินถม,h (mm.)	การเคลื่อนตัว, δ (mm.)	ค่าอัตราส่วนการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดินต่อความสูงดินถม, (δ/h)
แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ศึกษาผลของระดับการติดตั้ง Relieving platform,h1	5 เซนติเมตร	90	0.6677	0.00742
	7.5 เซนติเมตร	90	0.7797	0.00866
	10 เซนติเมตร	90	1.0105	0.01123
	12.5 เซนติเมตร	90	1.0152	0.01128
	15 เซนติเมตร	90	1.0138	0.01126

ตารางที่ 4.21 ค่าอัตราส่วนการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดินต่อความสูงดินถมที่ 12 เซนติเมตร ของแบบจำลองโครงสร้างกันที่ได้จากการวิเคราะห์ด้วยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์

แบบจำลองโครงสร้างกันดิน		ความสูงดินถม,h (mm.)	การเคลื่อนตัว, δ (mm.)	ค่าอัตราส่วนการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดินต่อความสูงดินถม, (δ/h)
แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ศึกษาผลของระดับการติดตั้ง Relieving platform,h1	5 เซนติเมตร	120	1.1538	0.00962
	7.5 เซนติเมตร	120	1.1150	0.00929
	10 เซนติเมตร	120	1.5022	0.01252
	12.5 เซนติเมตร	120	1.7166	0.01431
	15 เซนติเมตร	120	1.7166	0.01431

ตารางที่ 4.22 ค่าอัตราส่วนการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดินต่อความสูงดินถมที่ 15 เซนติเมตร ของแบบจำลองโครงสร้างกันที่ได้จากการวิเคราะห์ด้วยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์

แบบจำลองโครงสร้างกันดิน		ความสูงดินถม,h (mm.)	การเคลื่อนตัว, δ (mm.)	ค่าอัตราส่วนการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดินต่อความสูงดินถม, (δ/h)
แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ศึกษาผลของระดับการติดตั้ง Relieving platform,h1	5 เซนติเมตร	150	2.3924	0.01595
	7.5 เซนติเมตร	150	1.8668	0.01245
	10 เซนติเมตร	150	2.1232	0.01415
	12.5 เซนติเมตร	150	2.3671	0.01578
	15 เซนติเมตร	150	2.9316	0.01954

เอกสารนี้เป็นทรัพย์สินของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ไม่อนุญาตให้เผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาต

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากตารางที่ 4.18-4.22 พบว่าในช่วงแรกที่มีความสูงดินถมมีค่าเท่ากับ 3 เซนติเมตร ค่า δ/h จะมีค่าไม่แตกต่างกันมาก เนื่องจากยังไม่ถึงระดับในการติดตั้ง Relieving platform ทำให้ไม่สามารถลดการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดินได้

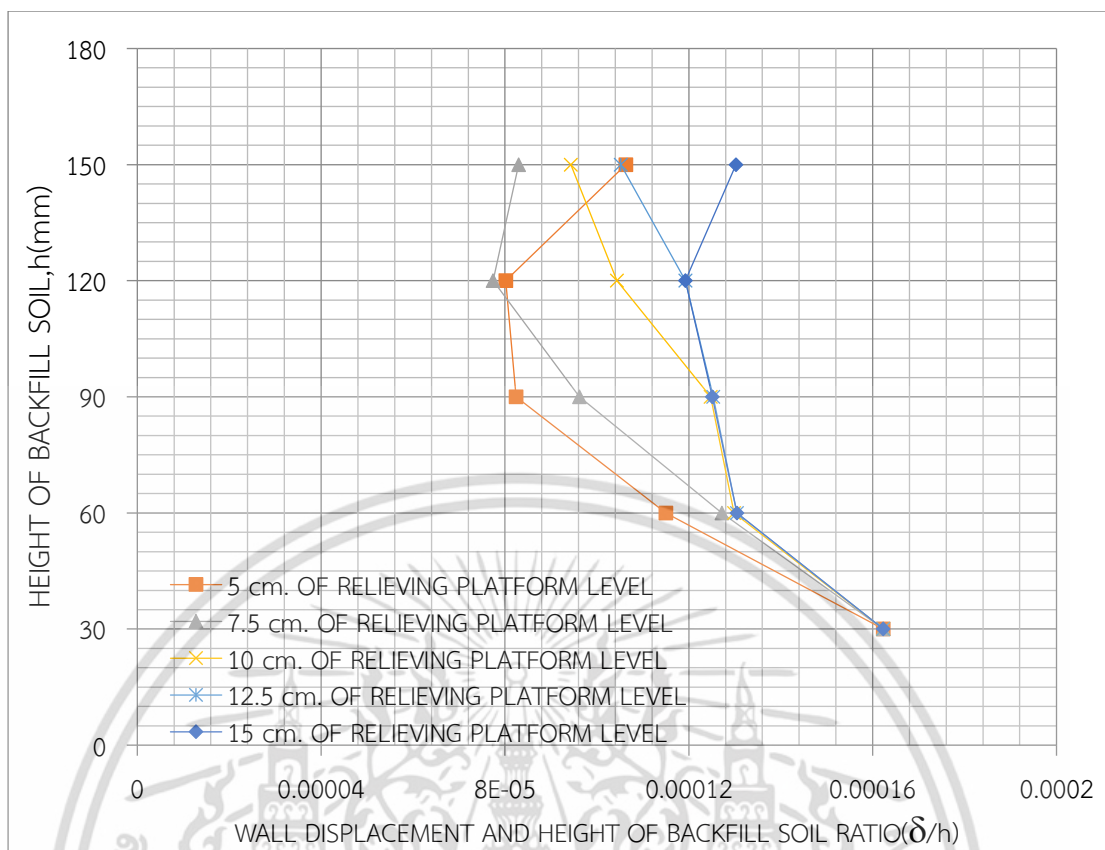
เมื่อเพิ่มความสูงดินถมเป็น 6 เซนติเมตร จะสังเกตได้ว่า เมื่อติดตั้ง Relieving platform ที่ 5 เซนติเมตร จะมีค่า δ/h น้อยกว่าที่ระดับการติดตั้ง Relieving platform อื่นอย่างเห็นได้ชัด

เมื่อเพิ่มความสูงดินถมเป็น 9 เซนติเมตรจะสังเกตได้ว่า ค่า δ/h เมื่อติดตั้ง Relieving platform ที่ระดับ 5 เซนติเมตร และ 7.5 เซนติเมตร จะมีค่าน้อยกว่าที่ระดับการติดตั้ง Relieving platform อื่น โดยค่า δ/h จะมีค่าต่ำที่สุดที่ระดับการติดตั้ง 5 เซนติเมตร

เมื่อเพิ่มความสูงดินถมเป็น 12 เซนติเมตรจะสังเกตได้ว่า ค่า δ/h เมื่อติดตั้ง Relieving platform ที่ 5, 7.5 และ 10 เซนติเมตร จะมีค่าน้อยกว่าที่ระดับการติดตั้ง Relieving platform อื่น โดยค่า δ/h จะมีค่าต่ำที่สุดที่ระดับการติดตั้ง 7.5 เซนติเมตร

เมื่อเพิ่มความสูงดินถมเป็น 15 เซนติเมตร จะไม่สามารถสรุปได้ว่าระดับการติดตั้งใดมีประสิทธิภาพในการลดการเคลื่อนตัว เนื่องจากบางแบบจำลองมีความสูงดินถมเกินจุดพิบัติของโครงสร้างกันดิน ทำให้ค่า δ/h ไม่มีแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกัน

เพื่อให้สามารถสรุประดับการติดตั้ง Relieving platform ที่เหมาะสมและมีประสิทธิภาพในการลดการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดินสูงที่สุด จึงได้มีการวิเคราะห์โดยนำผลจากตารางที่ 4.18-4.22 มาสร้างเป็นกราฟความสัมพันธ์กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความสูงดินถม(h) กับ อัตราส่วนการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดินต่อความสูงดินถม(δ/h) เมื่อระดับการติดตั้ง Relieving platform แตกต่างกันดังแสดงในรูปที่ 4.64 โดยสามารถนำมาวิเคราะห์เพื่อหาระดับการติดตั้ง Relieving platform ที่ทำให้ค่าอัตราส่วนการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดินต่อความสูงดินถม(δ/h) ต่ำที่สุดซึ่งระดับดังกล่าวจะแสดงให้เห็นว่าแบบจำลองนั้นมีประสิทธิภาพสูงที่สุดในการลดการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดิน



รูปที่ 4.64 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความสูงดินถม(h) กับอัตราส่วนการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดินต่อความสูงดินถม(δ/h) เมื่อระดับการติดตั้งRelieving platform แตกต่างกัน

จากรูปที่ 4.64 พบว่าเมื่อความสูงดินถมตั้งแต่ 30-115 มิลลิเมตร ระดับการติดตั้ง Relieving platform 5 เซนติเมตรมีประสิทธิภาพสูงที่สุด และความสูงดินถมตั้งแต่ 115-150 มิลลิเมตร ระดับการติดตั้งRelieving platform 7.5 เซนติเมตร มีประสิทธิภาพสูงที่สุด

นอกจากนี้ยังพบว่าแนวโน้มของเส้นกราฟความสัมพันธ์สามารถจำแนกออกได้เป็น 2 กลุ่ม โดยใช้ค่าอัตราส่วนการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดินต่อความสูงดินถม(δ/h) ซึ่งประกอบด้วย กลุ่มที่มีค่า δ/h ต่ำ และกลุ่มที่มีค่า δ/h สูง

กลุ่มที่มีค่า δ/h ต่ำ ประกอบด้วยแบบจำลองที่มีระดับการติดตั้งRelieving platform ที่ 5 เซนติเมตร และ 7.5 เซนติเมตรซึ่งเป็นระดับการติดตั้งที่ต่ำกว่าแบบจำลองอื่นๆ แสดงให้เห็นว่าการติดตั้งRelieving platform ที่ระดับต่ำสามารถลดการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดินได้ ก่อนแบบจำลองที่มีระดับการติดตั้งสูงกว่า เมื่อลองเปรียบเทียบระหว่างแบบจำลองที่มีระดับการติดตั้งRelieving platform ที่ 5 เซนติเมตรและ 7.5 เซนติเมตร พบว่าในช่วงความสูงดินถมตั้งแต่ 30-115 มิลลิเมตร แบบจำลองที่มีระดับการติดตั้งRelieving platform ที่ 5 เซนติเมตรมีค่า δ/h ต่ำกว่า และเมื่อระดับดินถมสูงขึ้นแบบจำลองที่มีระดับการติดตั้งRelieving platform ที่ 7.5 เซนติเมตร จะเริ่มมีค่าต่ำลงจนน้อยกว่าทุกแบบจำลอง สาเหตุที่เป็นอย่างนั้น เนื่องจากความสูงดินถมในช่วง 30-115 มิลลิเมตรRelieving platform ยังสามารถทำหน้าที่ใน

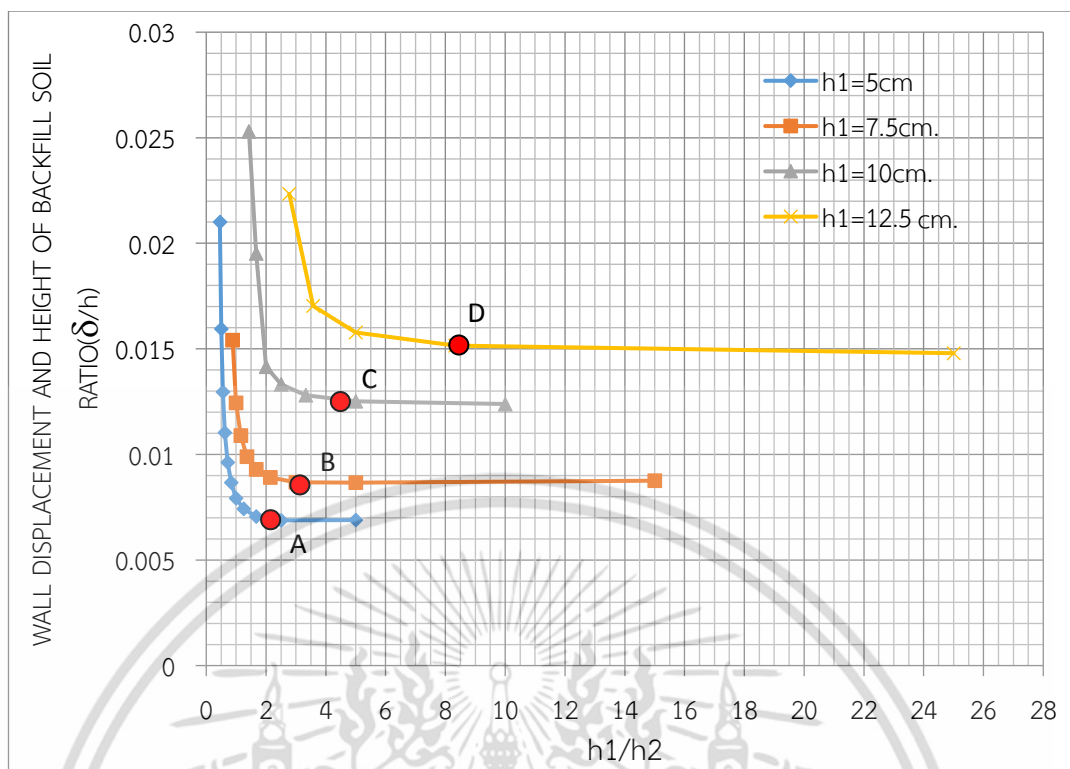
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การกระจายแรงดันดินด้านข้างลงแนวตั้ง แต่เมื่อความสูงดินถมมากขึ้นจะส่งผลให้โครงสร้างกันดินเริ่มเกิดการพิบัติ แต่แบบจำลองที่มีระดับการติดตั้ง Relieving platform ที่ 7.5 เซนติเมตร ยังไม่ถึงจุดพิบัติ จึงทำให้ค่า δ/h ต่ำกว่าแบบจำลองที่มีระดับการติดตั้ง Relieving platform ที่ 5 เซนติเมตร

กลุ่มที่มีค่า δ/h สูง ประกอบด้วยแบบจำลองที่มีระดับการติดตั้ง Relieving platform ที่ 10 เซนติเมตร 12.5 เซนติเมตร และ 15 เซนติเมตร ซึ่งเป็นระดับการติดตั้งที่สูงกว่าแบบจำลองในกลุ่มแรก แสดงให้เห็นว่าการติดตั้ง Relieving platform ที่ระดับสูงจะส่งผลให้ Relieving platform สามารถลดการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดินได้ต่ำกว่าแบบจำลองที่มีระดับการติดตั้งต่ำกว่า และเมื่อ Relieving platform ไม่มีส่วนช่วยเสริมเสถียรภาพจึงทำให้โครงสร้างกันดินมีแนวโน้มที่จะถึงจุดพิบัติก่อนที่จะถึงระดับการติดตั้ง Relieving platform ดังจะเห็นได้จากแบบจำลองที่มีระดับการติดตั้งที่ 15 เซนติเมตร

จากการวิเคราะห์ประสิทธิภาพในการลดการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดินพบว่าแบบจำลองที่มีระดับการติดตั้งที่ 5 และ 7.5 เซนติเมตร ทำให้ค่า δ/h ต่ำที่สุด โดยขึ้นกับความสูงของดินถม ดังนั้นจึงต้องมีการวิเคราะห์เพิ่มเติมเพื่อหาแบบจำลองที่มีประสิทธิภาพสูงที่สุดเพียงแบบจำลองเดียวโดยการพิจารณาค่าระดับความสูงของดินถมเหนือระดับติดตั้ง Relieving platform (h_2) เพิ่มเติมดังแสดงในรูปที่ 4.63 เนื่องจากแบบจำลองที่มีค่า δ/h จะมีความสัมพันธ์กับค่าระดับความสูงของดินถมเหนือระดับติดตั้ง Relieving platform (h_2) ซึ่งจะมีค่าต่ำแปรผันตามกัน

ในการพิจารณาค่า h_2 ทำได้โดยนำมาทำเป็นอัตราส่วนความสัมพันธ์กับระดับการติดตั้ง Relieving platform จะได้เป็นค่าอัตราส่วน h_1/h_2 ดังแสดงในแกนราบ ในรูปที่ 4.63 และนำมาเปรียบเทียบกับค่า δ/h เพิ่มวิเคราะห์แบบจำลองที่มีประสิทธิภาพสูงที่สุดเมื่อมีระดับการติดตั้ง Relieving platform แตกต่างกัน



รูปที่ 4.65 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดินกับอัตราส่วนระดับการติดตั้งRelieving platform ต่อความสูงดินถมเหนือRelieving platform ที่ระดับการติดตั้งRelieving platform แตกต่างกัน

จากรูปที่ 4.65 พบว่าเส้นกราฟความสัมพันธ์แต่ละกราฟแทนด้วยระดับการติดตั้ง Relieving platform (h_1) ที่แตกต่างกัน ดังนั้นค่า h_1 สำหรับแต่ละเส้นกราฟความสัมพันธ์จึงเป็นค่าคงที่ การถมดินเพิ่มขึ้นจะทำให้ค่า h_2 เพิ่มขึ้น ดังนั้นค่า h_1/h_2 จึงลดลง และเมื่อค่า h_1/h_2 ลดลง จะส่งผลให้ค่า δ/h เพิ่มขึ้น จึงนำมาหาจุดที่ระบบโครงสร้างกันดินมีประสิทธิภาพเริ่มลดลงในแต่ละระดับการติดตั้ง Platform ซึ่งจุดดังกล่าวคือจุดเปลี่ยนโค้งของกราฟในรูปที่ 4.65 โดยแสดงเป็นจุด A, B, C และ D โดยสามารถใช้จุดดังกล่าวหาความสูง h_2 ที่ทำให้ระบบโครงสร้างกันดินเริ่มมีประสิทธิภาพลดลง ซึ่งได้ผลดังแสดงในตารางที่ 4.23

เมื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการลดการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดินที่ระดับการติดตั้ง Relieving platform ทั้ง 4 ระดับ เมื่อค่า h_1/h_2 เท่ากัน จะเห็นได้ว่าแบบจำลองระดับการติดตั้ง Relieving platform 5 เซนติเมตร เป็นแบบจำลองที่มีค่า δ/h ต่ำที่สุด แม้ว่าความสูงดินถมจะมากขึ้น ดังนั้นแบบจำลองดังกล่าวจึงเป็นแบบจำลองที่มีประสิทธิภาพสูงที่สุด

ตารางที่ 4.23 หาค่า h_2 จากจุดเปลี่ยนโค้งของเส้นกราฟความสัมพันธ์ระหว่างการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดินกับอัตราส่วนระดับการติดตั้งRelieving platform ต่อความสูงดินถมเหนือRelieving platform ที่ระดับการติดตั้งRelieving platform แตกต่างกัน

ระดับการติดตั้งPlatform(cm.)	h_1/h_2	h_2 (cm.)
5 เซนติเมตร	2.25	2.222
7.5 เซนติเมตร	3.50	2.206
10เซนติเมตร	4.60	2.174
12.5 เซนติเมตร	8.50	1.471

4.7.1.4 เปรียบเทียบประสิทธิภาพในการลดการเคลื่อนตัว

ในหัวข้อนี้เป็นการวิเคราะห์ประสิทธิภาพในการลดการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดินเมื่อระดับการติดตั้งRelieving platform ที่แตกต่างกัน จากค่าอัตราส่วนการเคลื่อนตัวต่อความสูงจากหัวข้อที่ 4.7.1.3 มาเปรียบเทียบกับเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดินในกรณีที่ไม่มีการเสริมRelieving platform หรือผลการเคลื่อนตัวจากแบบจำลองSingle wall เพื่อหาการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดินที่ลดลงซึ่งได้ผลการวิเคราะห์ ดังแสดงในตารางที่ 4.24-4.27

ตารางที่ 4.24 เปรียบเทียบประสิทธิภาพในการลดการเคลื่อนตัวเมื่อความสูงดินถม 6 เซนติเมตร

แบบจำลอง	การเคลื่อนตัวที่ลดลง(%)
ระดับการติดตั้งRelieving platformจาก 5 cm	22.91
ระดับการติดตั้งRelieving platformจาก7.5cm	14.63
ระดับการติดตั้งRelieving platformจาก 10cm	12.90
ระดับการติดตั้งRelieving platformจาก 12.5cm	12.41
ระดับการติดตั้งRelieving platformจาก 15cm	12.81

ตารางที่ 4.25 เปรียบเทียบประสิทธิภาพในการลดการเคลื่อนตัวเมื่อความสูงดินถม 9 เซนติเมตร

แบบจำลอง	การเคลื่อนตัวที่ลดลง(%)
ระดับการติดตั้งRelieving platformจาก 5 cm	64.85
ระดับการติดตั้งRelieving platformจาก7.5cm	58.96
ระดับการติดตั้งRelieving platformจาก 10cm	46.81
ระดับการติดตั้งRelieving platformจาก 12.5cm	46.56
ระดับการติดตั้งRelieving platformจาก 15cm	46.63

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.26 เปรียบเทียบประสิทธิภาพในการลดการเคลื่อนตัวเมื่อความสูงดินถม 12 เซนติเมตร

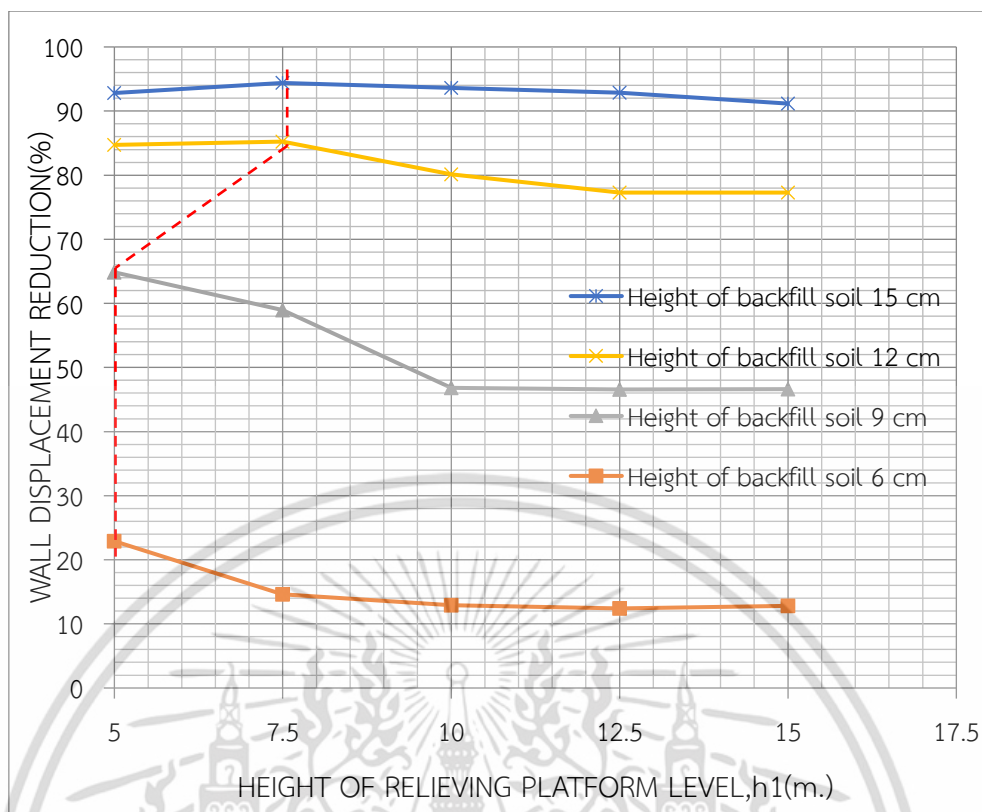
แบบจำลอง	การเคลื่อนตัวที่ลดลง(%)
ระดับการติดตั้งRelieving platformจาก 5 cm	84.72
ระดับการติดตั้งRelieving platformจาก7.5cm	85.24
ระดับการติดตั้งRelieving platformจาก 10cm	80.11
ระดับการติดตั้งRelieving platformจาก 12.5cm	77.27
ระดับการติดตั้งRelieving platformจาก 15cm	77.27

ตารางที่ 4.27 เปรียบเทียบประสิทธิภาพในการลดการเคลื่อนตัวเมื่อความสูงดินถม 15 เซนติเมตร

แบบจำลอง	การเคลื่อนตัวที่ลดลง(%)
ระดับการติดตั้งRelieving platformจาก 5 cm	92.81
ระดับการติดตั้งRelieving platformจาก7.5cm	94.39
ระดับการติดตั้งRelieving platformจาก 10cm	93.62
ระดับการติดตั้งRelieving platformจาก 12.5cm	92.88
ระดับการติดตั้งRelieving platformจาก 15cm	91.19

จากตารางที่ 4.24-4.27 พบว่าความสูงดินถม 6-9 เซนติเมตร การติดตั้งRelieving platform ที่ 5 เซนติเมตร จะสามารถลดการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดินได้มากที่สุด และเมื่อความสูงดินถมมากกว่า 12-15 การติดตั้งRelieving platformที่ 7.5 เซนติเมตร จะสามารถลดการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดินได้มากที่สุด เนื่องจากที่ระดับการติดตั้ง 5 เซนติเมตร ความสูงดินถม 12-15 เซนติเมตรอยู่ในช่วงจุดพิบัติของเส้นกราฟความสัมพันธ์จึงทำให้โครงสร้างกันดินมีประสิทธิภาพลดลง

เพื่อให้เห็นภาพรวมในการเปรียบเทียบแล้วทำให้สามารถเข้าใจมากยิ่งขึ้น จึงได้ทำการเปรียบเทียบโดยใช้กราฟความสัมพันธ์ระหว่างการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดินที่ลดลงกับระดับการติดตั้งRelieving platform ที่ความสูงดินถม 6,9,12 และ 15 เซนติเมตร และใช้เส้นสีแดงแสดงระดับติดตั้งPlatform ที่มีประสิทธิภาพสูงสุด ดังแสดงในรูปที่ 4.64



รูปที่ 4.66 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดินที่ลดลงเนื่องจากการเสริม Relieving platform กับระดับการติดตั้ง RELIEVING PLATFORM (h_1) เมื่อระดับความสูงของดินถมที่แตกต่างกัน

จากการวิเคราะห์ตำแหน่งที่เหมาะสมในการติดตั้ง Platform สำหรับโครงสร้างกันดินแบบ Relieving platform พบว่าระดับที่เหมาะสมสามารถแบ่งได้เป็น 2 กรณี

กรณีที่หนึ่งคือ ช่วงความสูงดินถมไม่เกิน 12 เซนติเมตร ควรจะติดตั้ง Platform ที่ความสูง 5 เซนติเมตร จากระดับดินเดิม จะทำให้โครงสร้างกันดินมีประสิทธิภาพในการลดการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดินสูงที่สุด

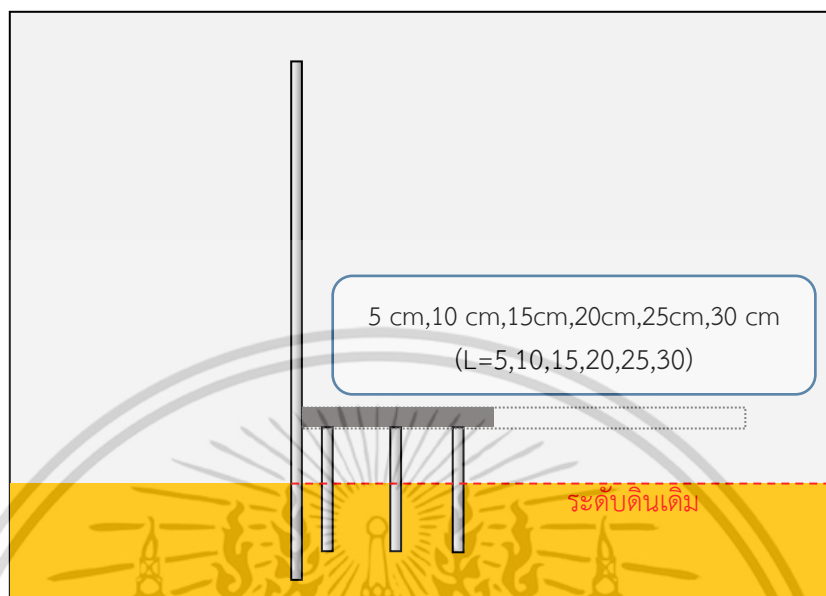
กรณีที่สองคือ ความสูงดินถมมากกว่า 12 เซนติเมตร ควรจะติดตั้ง Platform ที่ความสูง 7.5 เซนติเมตร จากระดับดินเดิม จะทำให้โครงสร้างกันดินมีประสิทธิภาพในการลดการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดินสูงที่สุด

4.7.2 การวิเคราะห์ความยาว Relieving platform

การวิเคราะห์ความยาวของ Relieving platform คือการวิเคราะห์ค่าการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดินและความสูงของดินถมเมื่อความยาว Relieving platform มีความแตกต่างกันซึ่งในการศึกษาด้วยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ ประกอบด้วยการศึกษาผลของความยาว Relieving platform ที่แตกต่างกัน 6 ระดับ ได้แก่ 5, 10, 15, 20, 25 และ 30 เซนติเมตร ดังแสดงในรูปที่ 4.65

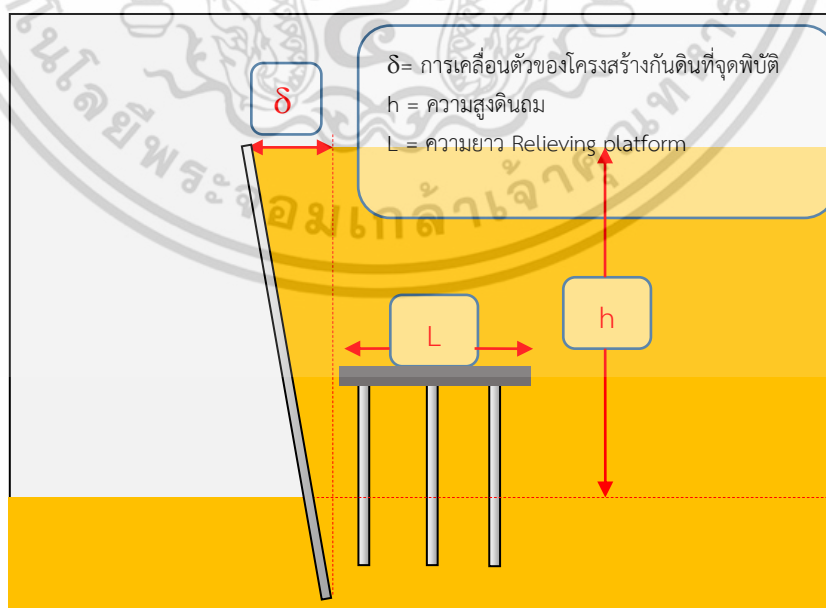
ผลการศึกษาจากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์จะถูกนำมาวิเคราะห์ประสิทธิภาพในการลดการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดินและนำผลการวิเคราะห์มาเปรียบเทียบกับเพื่อหาความยาว Relieving platform นี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

platform ที่มีประสิทธิภาพในการลดการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดินด้วย
เหมาะสม



รูปที่ 4.67 ความยาว Relieving platform สำหรับการศึกษารเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดินด้วย
แบบจำลองทางคณิตศาสตร์

สำหรับการวิเคราะห์ข้อมูลจากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ มีการกำหนดตัวแปรที่ใช้ในการ
วิเคราะห์ในแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ เพื่อให้สามารถอธิบายผลการศึกษได้ง่ายขึ้น โดยแสดง
ตำแหน่งของตัวแปรดังกล่าวในรูปที่ 4.68

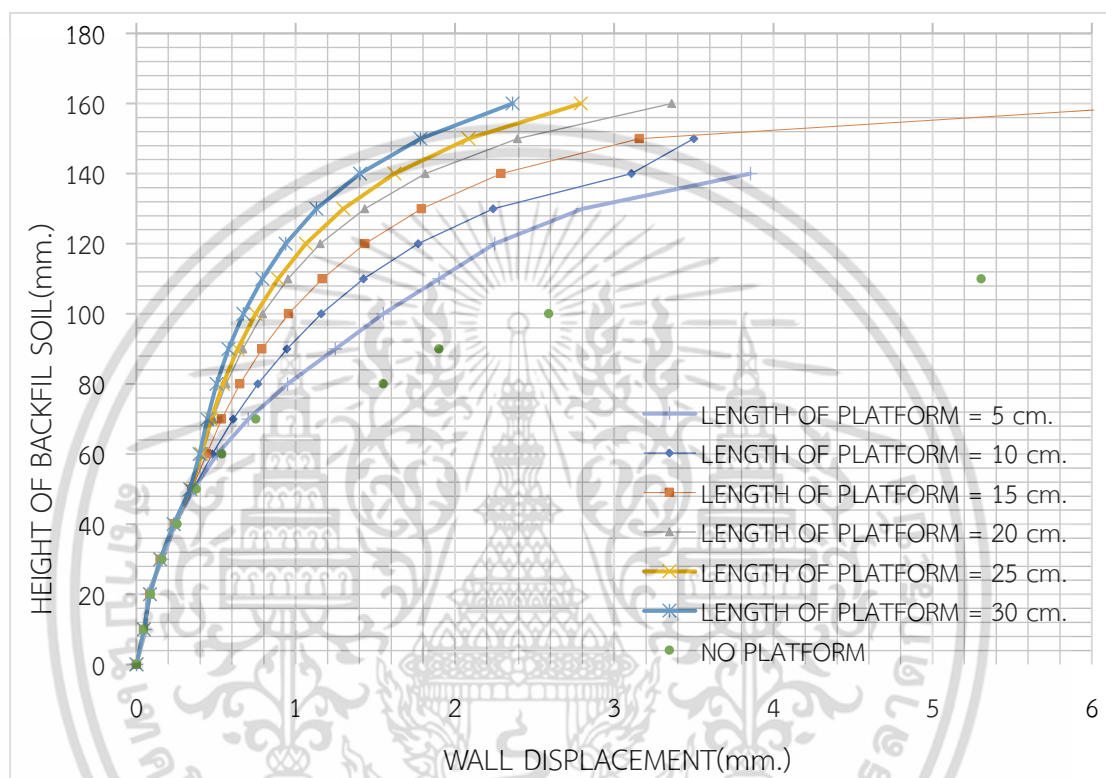


รูปที่ 4.68 ตำแหน่งของตัวแปรในแบบจำลองทางคณิตศาสตร์สำหรับใช้วิเคราะห์ความยาวRelieving
platform ที่เหมาะสม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.7.2.1 การวิเคราะห์ด้วยการเปรียบเทียบกราฟความสัมพันธ์

การเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการลดการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดินด้วยกราฟความสัมพันธ์ระหว่างความสูงดินถมกับโครงสร้างกันดิน เป็นการนำกราฟความสัมพันธ์ของผลการวิเคราะห์ด้วยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์โดยใช้ความยาวของRelieving platform ที่ 5,10,15,20,25,30 เซนติเมตร ซึ่งแสดงด้วยสัญลักษณ์เส้นและกรณีที่ไม่มีการติดตั้งRelieving platformซึ่งแสดงด้วยสัญลักษณ์จุดดังแสดงในรูปที่ 4.69



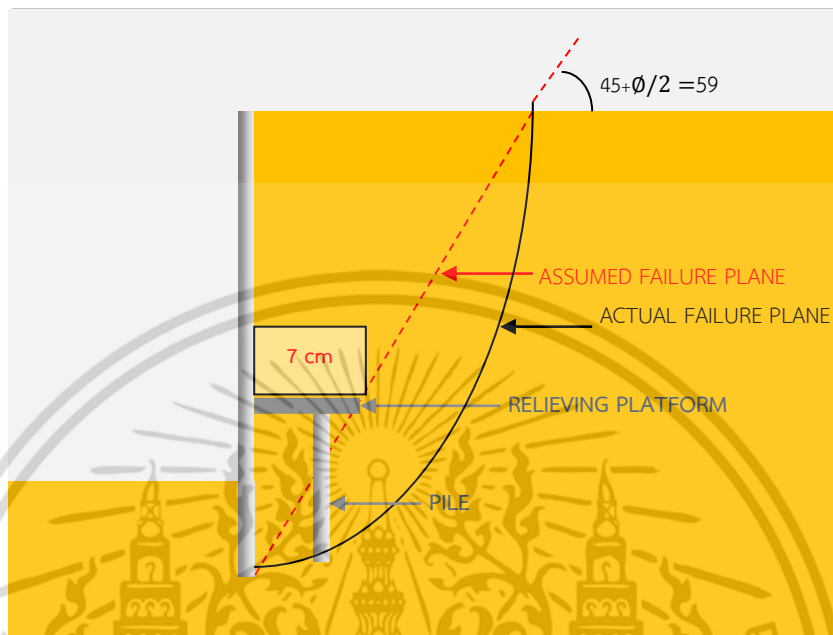
รูปที่ 4.69 การเปรียบเทียบผลการศึกษาด้วยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์เมื่อเปลี่ยนความยาวแผ่น Relieving platform

จากการเปรียบเทียบพบว่า เมื่อเพิ่มความยาวของแผ่นRelieving platform ที่มากขึ้นจะทำให้การเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดินลดลง

สาเหตุที่ความยาวของRelieving platform มีผลต่อการลดการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดินเนื่องจากการเสริมRelieving platform จะช่วยเสริมเสถียรภาพของระนาบการพิบัติ (Failure plane)จากการศึกษาครั้งนี้ พบว่าระนาบการพิบัติจากทฤษฎีของcoulomb ที่เกิดขึ้นจะทำมุมกับแนวราบประมาณ 59 องศา ทำให้แผ่นRelieving platform จะต้องมีความยาวมากกว่า 7 เซนติเมตรจึงจะสามารถช่วยเสริมเสถียรภาพของโครงสร้างกันดินได้ เมื่อความยาวPlatform น้อยกว่า 7 เซนติเมตร จะทำให้การเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดินมากขึ้นจนใกล้เคียงกับโครงสร้างกันดินที่ไม่ได้เสริมRelieving platform ซึ่งจะสังเกตได้จากผลการวิเคราะห์ความยาวPlatform ที่ 5 เซนติเมตร แต่สามารถลดการเคลื่อนตัวได้ส่วนหนึ่งเนื่องจากการเสริมเสาเข็มและข้อจำกัดของโปรแกรมPlaxis

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับความยาวที่เหมาะสมของRelieving platform จะต้องเป็นความยาวที่มีประสิทธิภาพในการลดการเคลื่อนตัวและสามารถลดแรงที่กระทำต่อโครงสร้างกันดิน ซึ่งจะมีการอธิบายในหัวข้อต่อไป



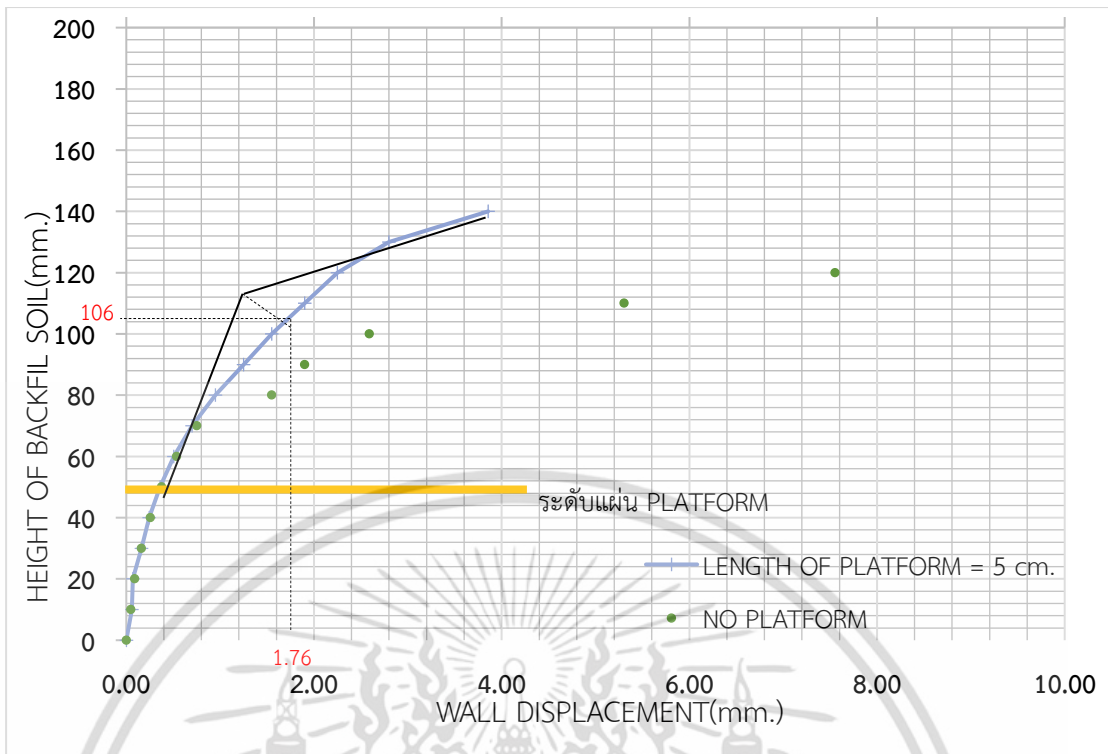
รูปที่ 4.70 การหาระนาบการพิบัติสมมติในสถานะที่มีแรงดันดินกระทำแบบ Active โดยใช้ทฤษฎีของCoulomb

4.7.2.2 จุดพิบัติของกราฟความสัมพันธ์

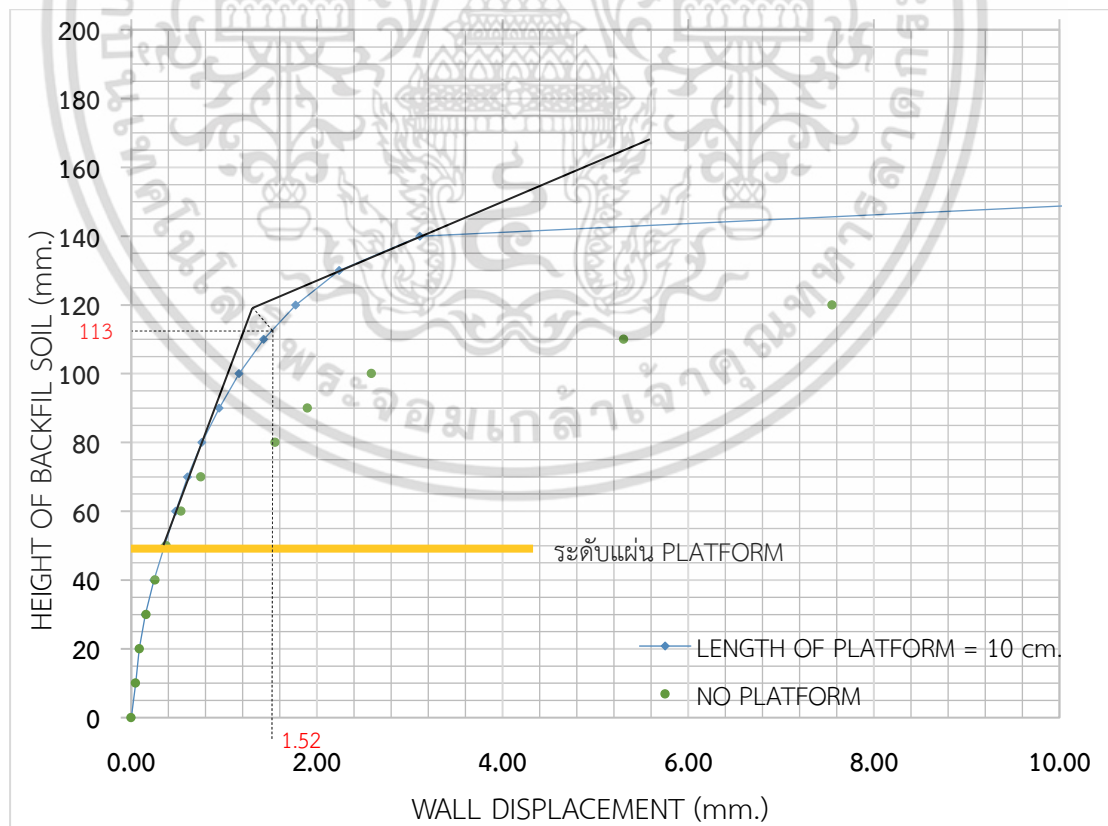
จุดพิบัติของกราฟความสัมพันธ์ คือจุดที่โครงสร้างกันดินมีการเคลื่อนตัวเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว จากกราฟความสัมพันธ์ระหว่างความสูงดินถมกับการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดิน จะพบว่าเส้นกราฟความสัมพันธ์จะเปลี่ยนแปลงความชันอย่างชัดเจนบริเวณจุดดังกล่าว โดยจุดพิบัติของกราฟความสัมพันธ์จะทำให้เราทราบถึงความสูงของดินถมที่ทำให้โครงสร้างกันดินเกิดการพิบัติ ซึ่งหมายความว่าความสูงของดินถมที่จุดพิบัติของกราฟความสัมพันธ์ คือระดับความสูงดินถมสูงสุดที่โครงสร้างกันดินสามารถรับได้

สำหรับวิธีการหาจุดพิบัติของกราฟความสัมพันธ์ สามารถทำได้โดยใช้วิธีของ Casagrande's graphical method (Arthur Casagrande.1936) ดังที่ได้กล่าวไว้ในหัวข้อที่ 3.6.1.2 และแสดงผลการหาจุดพิบัติของกราฟความสัมพันธ์ ผลการวิเคราะห์ด้วยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์เพื่อศึกษาผลของความยาวRelieving platform ที่มีต่อการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดินในรูปที่ 4.71 –4.76

จากการศึกษาและวิเคราะห์การเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดินโดยการเปลี่ยนแปลงความยาวRelieving platform พบว่าแบบจำลองมีจุดพิบัติของกราฟความสัมพันธ์เกิดขึ้น ดังแสดงในตารางที่ 4.28

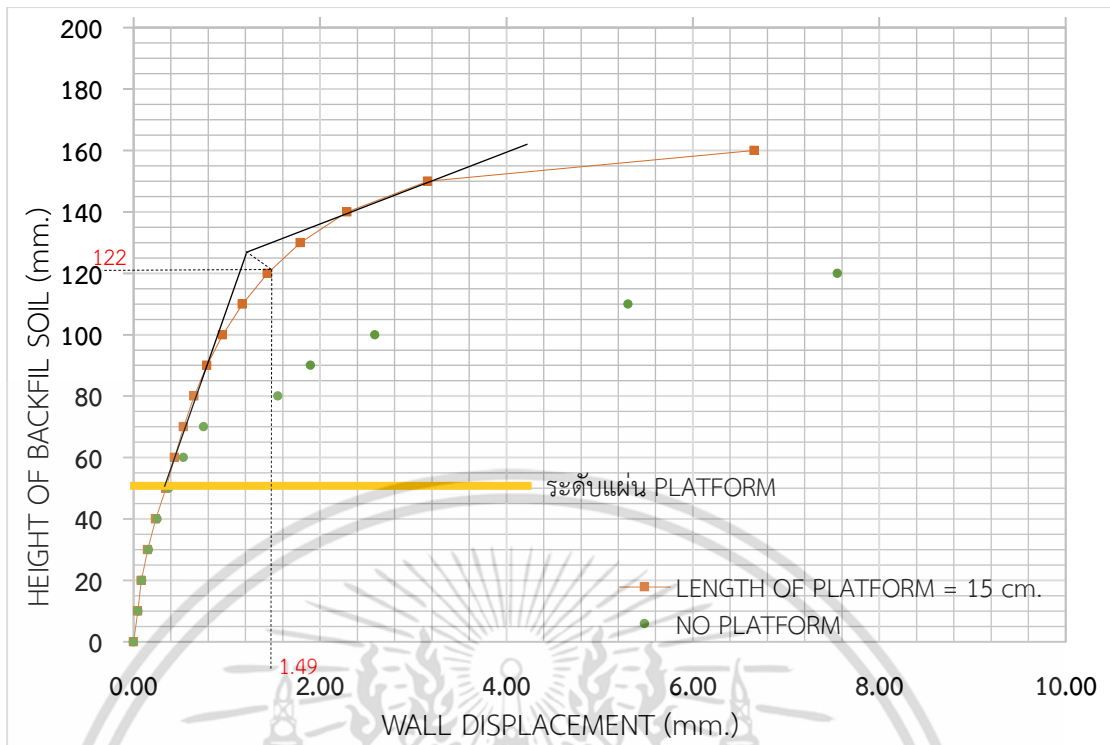


รูปที่ 4.71 ผลการหาจุดพิบัติของโครงสร้างกันดินผลการศึกษาด้วยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์เมื่อความยาวแผ่นRelieving platform เท่ากับ 5 เซนติเมตร

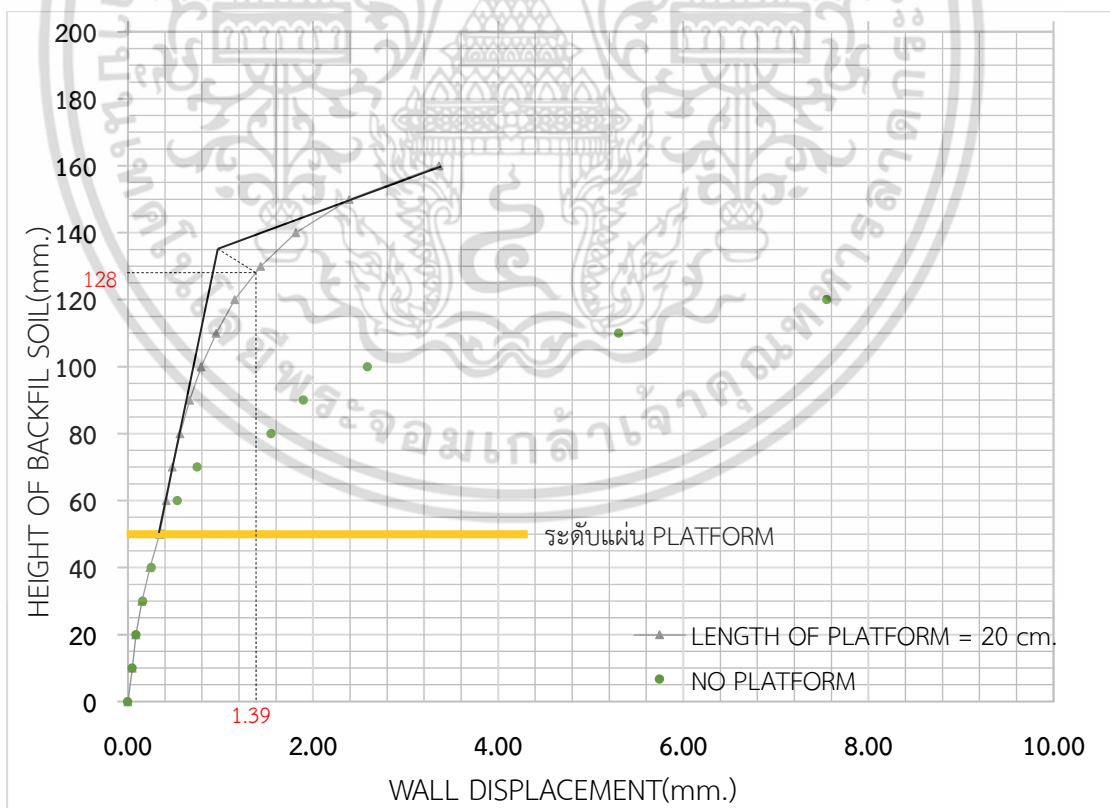


รูปที่ 4.72 ผลการหาจุดพิบัติของโครงสร้างกันดินผลการศึกษาด้วยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์เมื่อความยาวแผ่นRelieving platform เท่ากับ 10 เซนติเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่ออนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

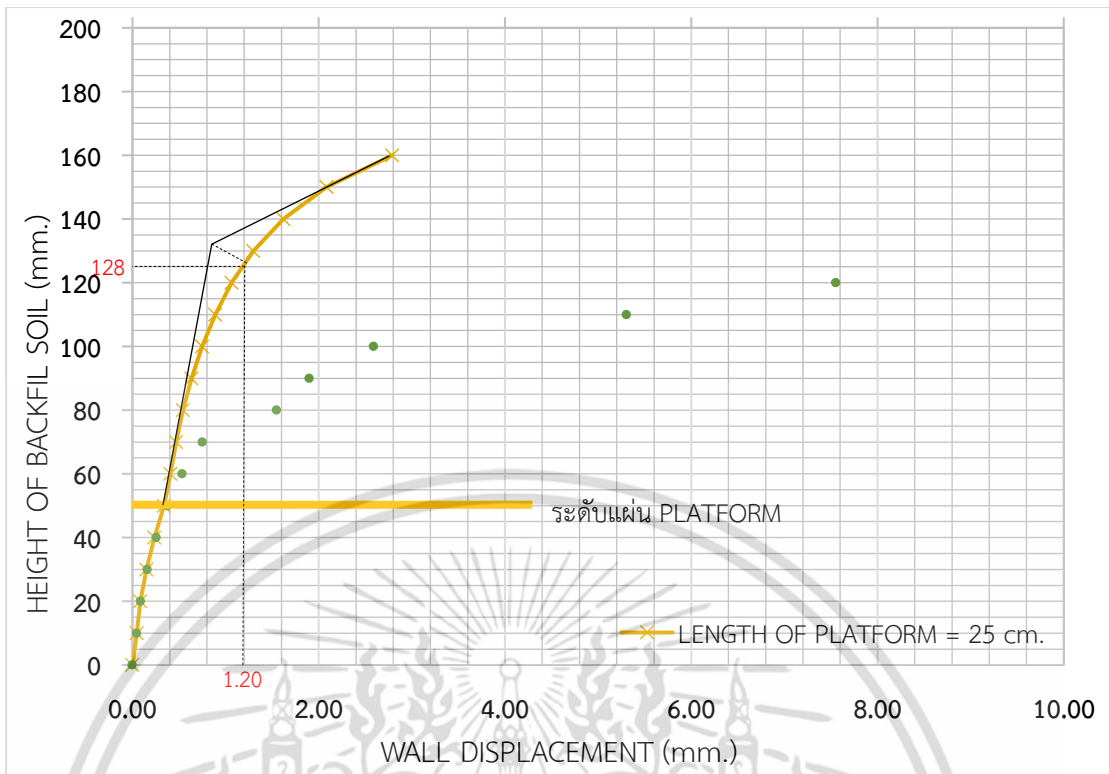


รูปที่ 4.73 ผลการหาจุดพิบัติของโครงสร้างกันดินผลการศึกษาด้วยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์เมื่อความยาวแผ่นRelieving platform เท่ากับ 15 เซนติเมตร

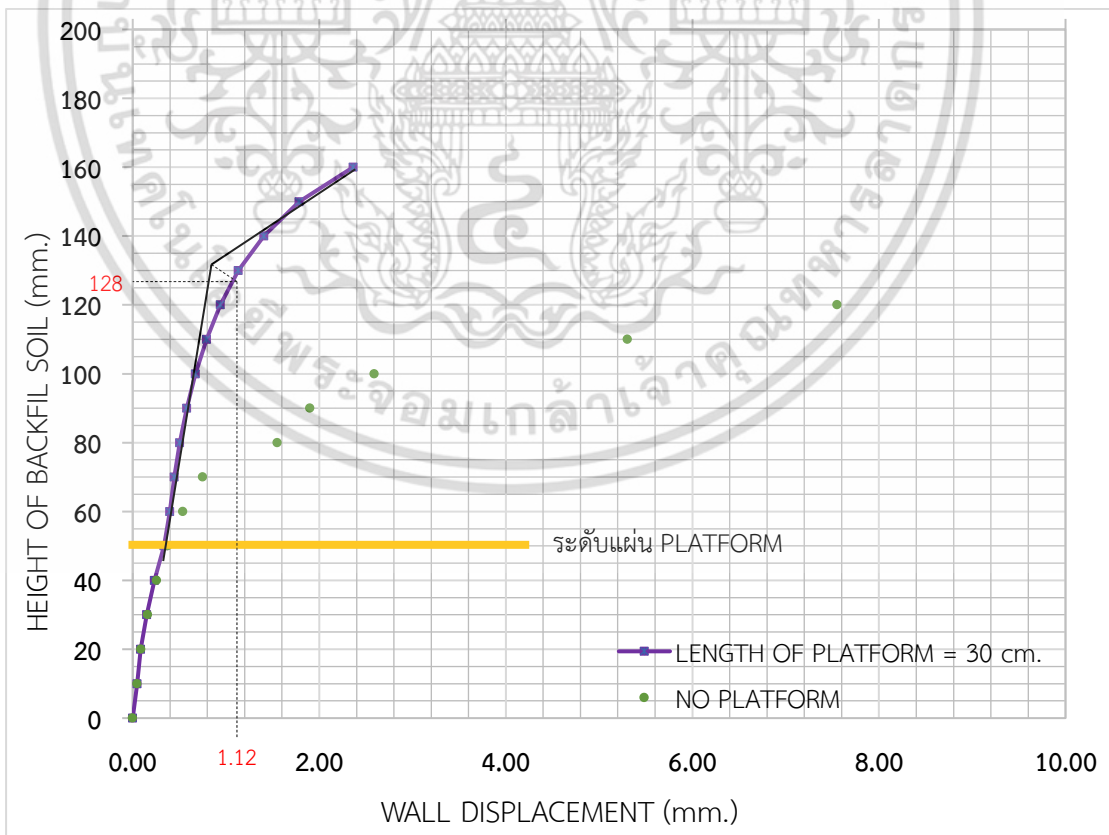


รูปที่ 4.74 ผลการหาจุดพิบัติของโครงสร้างกันดินผลการศึกษาด้วยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์เมื่อความยาวแผ่นRelieving platform เท่ากับ 20 เซนติเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.75 ผลการหาจุดพิบัติของโครงสร้างกันดินผลการศึกษาด้วยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์เมื่อความยาวแผ่นRelieving platform เท่ากับ 25 เซนติเมตร



รูปที่ 4.76 ผลการหาจุดพิบัติของโครงสร้างกันดินผลการศึกษาด้วยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์เมื่อความยาวแผ่นRelieving platform เท่ากับ 30 เซนติเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อใช้ในการศึกษาวิจัยเท่านั้นไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.28 ค่าจุดพิบัติของกราฟความสัมพันธ์ที่ได้จากการวิเคราะห์ด้วยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์เพื่อศึกษาผลของความยาว Relieving platform

แบบจำลองโครงสร้างกันดิน		จุดพิบัติของกราฟความสัมพันธ์	
		ความสูงดินถม(mm.)	การเคลื่อนตัว (mm.)
แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ ศึกษาผลของความยาว Relieving platform,L	5 เซนติเมตร	106	1.76
	10 เซนติเมตร	113	1.52
	15 เซนติเมตร	122	1.49
	20 เซนติเมตร	128	1.39
	25 เซนติเมตร	128	1.20
	30 เซนติเมตร	128	1.12

จากผลการหาจุดพิบัติของกราฟความสัมพันธ์ พบว่าเมื่อความยาวRelieving platform เพิ่มขึ้นในช่วง 10-20 เซนติเมตร จะส่งผลให้ความสูงดินถมที่จุดพิบัติมีแนวโน้มสูงขึ้น จาก 113-128 มิลลิเมตร

การเพิ่มความยาวRelieving platform มากกว่า 20 เซนติเมตร ไม่สามารถเพิ่มความสูงดินถมที่จุดพิบัติของกราฟความสัมพันธ์ได้แต่สามารถลดการเคลื่อนตัวที่จุดพิบัติได้ แสดงให้เห็นว่าการเพิ่มความยาวRelieving platform มากกว่า 20 เซนติเมตร จะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการลดการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดินได้ไม่สูงมาก ดังนั้นการใช้Relieving platform ที่ยาวเกินไป ซึ่งจะต้องมีการวิเคราะห์ต่อไปเพื่อหาความยาวที่เหมาะสมในหัวข้อถัดไป

4.7.2.3 ค่าอัตราส่วนการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดินต่อความสูงดินถม

การเปรียบเทียบประสิทธิภาพโดยใช้ค่า “อัตราส่วนการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดินต่อความสูงดินถม” เป็นการนำค่าการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดินหารด้วยความสูงดินถม (δ/h) ซึ่งค่าดังกล่าวจะสามารถบอกได้ว่าที่ความสูง 1 หน่วย จะเกิดการเคลื่อนตัวเท่าไร ดังนั้นถ้าค่าอัตราส่วนการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดินต่อความสูงดินถมมีค่าต่ำแสดงว่าโครงสร้างกันดินกันดินมีประสิทธิภาพสูง ดังที่ได้กล่าวไว้ในหัวข้อที่ 3.6.1.3

ในการวิเคราะห์ประสิทธิภาพในการลดการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดินด้วยค่า δ/h เป็นการวิเคราะห์ค่าอัตราส่วนการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดินต่อความสูงดินถม(δ/h) ที่ความสูงเดียวกัน โดยใช้ความสูงดินถมที่สามารถเปรียบเทียบกันได้ทุกแบบจำลองจำนวน 5 ค่า ได้แก่ 3,6,9,12 และ 15 เซนติเมตร ซึ่งจากการศึกษาและวิเคราะห์การเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดินโดยการเปลี่ยนแปลงความยาวRelieving platform พบว่าค่าอัตราส่วนการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดินต่อความสูงดินถมที่ความสูงเดียวกันมีค่า ดังแสดงในตารางที่ 4.29-4.33

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.29 ค่าอัตราส่วนการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดินต่อความสูงดินถมที่ 3 เซนติเมตร ของแบบจำลองโครงสร้างกันที่ได้จากการวิเคราะห์ด้วยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์

แบบจำลองโครงสร้างกันดิน	ความสูงดินถม, h (mm.)	การเคลื่อนตัว, δ (mm.)	ค่าอัตราส่วนการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดินต่อความสูงดินถม, (δ/h)
แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ศึกษาผลของความยาว Relieving platform, L	5 เซนติเมตร	30	0.1526
	10 เซนติเมตร	30	0.1526
	15 เซนติเมตร	30	0.1502
	20 เซนติเมตร	30	0.1501
	25 เซนติเมตร	30	0.1498
	30 เซนติเมตร	30	0.1492

ตารางที่ 4.30 ค่าอัตราส่วนการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดินต่อความสูงดินถมที่ 6 เซนติเมตร ของแบบจำลองโครงสร้างกันที่ได้จากการวิเคราะห์ด้วยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์

แบบจำลองโครงสร้างกันดิน	ความสูงดินถม, h(mm.)	การเคลื่อนตัว, δ (mm.)	ค่าอัตราส่วนการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดินต่อความสูงดินถม, (δ/h)
แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ศึกษาผลของความยาว Relieving platform, L	5 เซนติเมตร	60	0.5071
	10 เซนติเมตร	60	0.4771
	15 เซนติเมตร	60	0.4404
	20 เซนติเมตร	60	0.4136
	25 เซนติเมตร	60	0.4082
	30 เซนติเมตร	60	0.3960

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.31 ค่าอัตราส่วนการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดินต่อความสูงดินถมที่ 9 เซนติเมตร ของแบบจำลองโครงสร้างกันที่ได้จากการวิเคราะห์ด้วยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์

แบบจำลองโครงสร้างกันดิน		ความสูงดินถม,h (mm.)	การเคลื่อนตัว, δ (mm.)	ค่าอัตราส่วนการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดินต่อความสูงดินถม, (δ/h)
แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ศึกษาผลของความยาว Relieving platform,L	5 เซนติเมตร	90	1.2500	0.01389
	10 เซนติเมตร	90	0.9461	0.01051
	15 เซนติเมตร	90	0.7884	0.00876
	20 เซนติเมตร	90	0.6677	0.00742
	25 เซนติเมตร	90	0.6358	0.00706
	30 เซนติเมตร	90	0.5786	0.00643

ตารางที่ 4.32 ค่าอัตราส่วนการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดินต่อความสูงดินถมที่ 12 เซนติเมตร ของแบบจำลองโครงสร้างกันที่ได้จากการวิเคราะห์ด้วยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์

แบบจำลองโครงสร้างกันดิน		ความสูงดินถม,h (mm.)	การเคลื่อนตัว, δ (mm.)	ค่าอัตราส่วนการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดินต่อความสูงดินถม, (δ/h)
แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ศึกษาผลของความยาว Relieving platform,L	5 เซนติเมตร	120	2.2500	0.01875
	10 เซนติเมตร	120	1.7704	0.01475
	15 เซนติเมตร	120	1.4351	0.01196
	20 เซนติเมตร	120	1.1538	0.00962
	25 เซนติเมตร	120	1.0639	0.00887
	30 เซนติเมตร	120	0.9379	0.00782

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

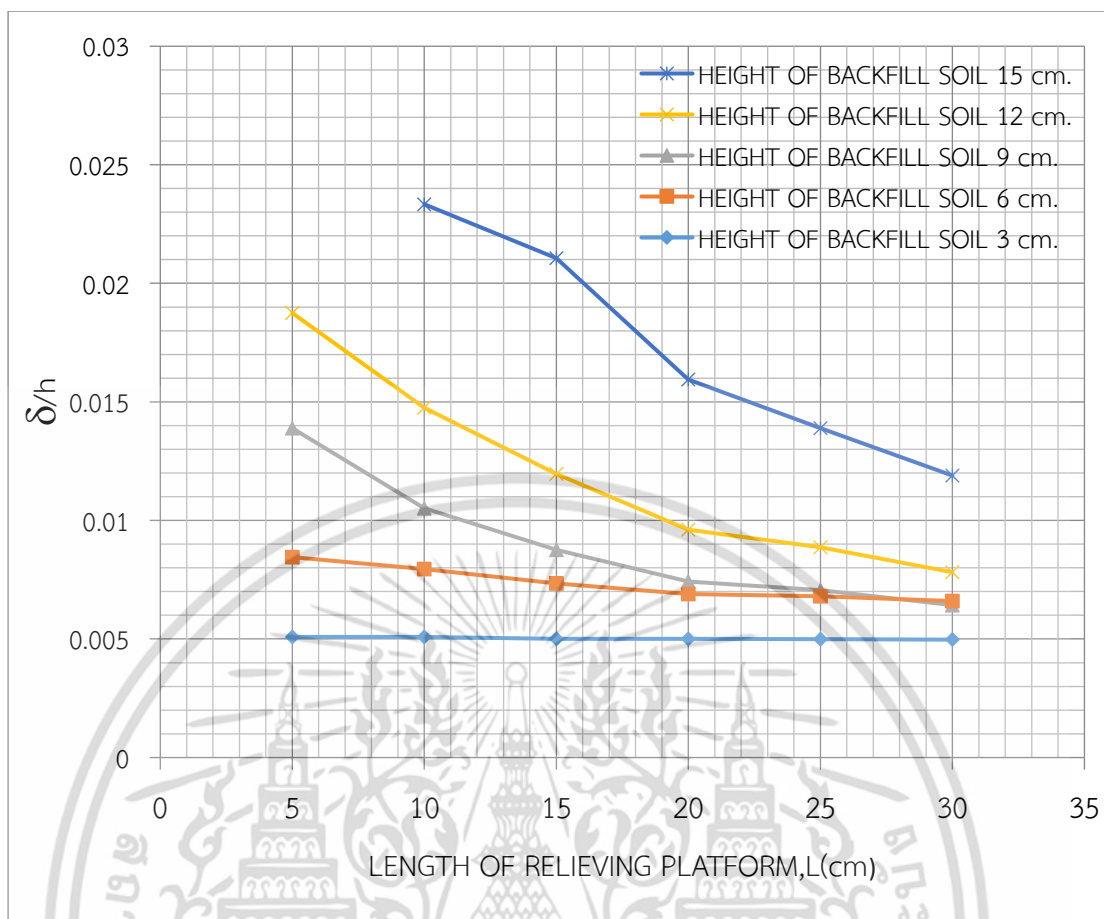
ตารางที่ 4.33 ค่าอัตราส่วนการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดินต่อความสูงดินถมที่ 15 เซนติเมตร ของแบบจำลองโครงสร้างกันที่ได้จากการวิเคราะห์ด้วยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์

แบบจำลองโครงสร้างกันดิน	ความสูงดินถม,h (mm.)	การเคลื่อนตัว, δ (mm.)	ค่าอัตราส่วนการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดินต่อความสูงดินถม, (δ/h)
แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ศึกษาผลของความยาว Relieving platform,L	5 เซนติเมตร	150	-
	10 เซนติเมตร	150	3.5000
	15 เซนติเมตร	150	3.1580
	20 เซนติเมตร	150	2.3924
	25 เซนติเมตร	150	2.0844
	30 เซนติเมตร	150	1.7839

จากค่าอัตราส่วนการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดินต่อความสูงดินถมที่ความสูงดินถมแสดงในตารางที่ 4.29-4.33 พบว่าแบบจำลอง Relieving platform ที่มีความยาวในช่วง 25-30 เซนติเมตร มีประสิทธิภาพในการลดการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดินสูงที่สุด เนื่องจากมีค่าอัตราส่วนการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดินต่อความสูงดินถมที่จุดที่บีบตีต่ำที่สุด ซึ่งสอดคล้องกับการวิเคราะห์ด้วยการเปรียบเทียบกราฟความสัมพันธ์ที่กล่าวไว้ในหัวข้อ 4.8.2.1 ว่าความยาวของ Relieving platform จะต้องมีความยาวมากกว่า 7 เซนติเมตร ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าการติดตั้ง Relieving platform ที่ 25-30 เซนติเมตร สามารถลดการเคลื่อนตัวได้สูงที่สุด

การเสริมความยาว Relieving platform มากขึ้นจะส่งผลให้โครงสร้างกันดินมีประสิทธิภาพสูงขึ้น แต่เนื่องจากความยาวที่มากเกินไปจะเป็นการสิ้นเปลืองเกินไป ดังนั้นจึงต้องหาความยาวที่เหมาะสมซึ่งเป็นความยาวที่สามารถลดการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดินได้เท่าที่จำเป็น

ในการหาความยาวที่เหมาะสมสามารถทำได้โดยการนำผลการวิเคราะห์จากตารางที่ 4.26-4.30 มาเปรียบเทียบกันในรูปแบบของกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าอัตราส่วนการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดินต่อความสูงดินถมกับค่าความยาว Relieving platform โดยเปรียบเทียบที่ระดับความสูงของดินถม เท่ากับ 3,6,9,12 และ 15 เซนติเมตร ดังแสดงในรูปที่ 4.78



รูปที่ 4.77 เปรียบเทียบประสิทธิภาพในการเคลื่อนการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดินด้วยค่าอัตรา การเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดินต่อส่วนความสูงดินถม เมื่อความยาวแตกต่างกัน

จากรูปที่ 4.77 พบว่าการเพิ่มความยาว Relieving platform จะส่งผลให้ค่า δ/h ลดต่ำลง ยกเว้นที่ความสูงดินถมเท่ากับ 3 เซนติเมตร ที่ความยาว Platform มีค่าตั้งแต่ 10-30 เซนติเมตร ค่า δ/h จะมีค่าคงที่ เนื่องจากระดับความสูงดินถมต่ำกว่าระดับติดตั้ง Relieving platform ทุกแบบจำลอง

การเสริมความยาว Platform 5 เซนติเมตร เป็นความยาวที่ไม่เพียงพอ เนื่องจากไม่สามารถเสริมเสถียรภาพของดินถมไปถึงบริเวณที่เกิดระนาบการพิบัติ ดังที่กล่าวในหัวข้อ 4.8.2.1 โดยความยาว Platform จะต้องมีย่านอย่างน้อย 7 เซนติเมตร ดังนั้นจึงทำให้ในรูปที่ 4.78 จะสังเกตว่าค่า δ/h จะมีค่าสูงที่สุดที่ความยาว Platform เท่ากับ 5 เซนติเมตร

แนวโน้มในการลดลงของค่าในช่วงความยาว Relieving platform ตั้งแต่ 10-20 เซนติเมตร ค่า δ/h มีแนวโน้มน้อยลงได้มากกว่าในช่วงความยาว Relieving platform มากกว่า 20 เซนติเมตร ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าค่าความยาว Relieving platform ที่เหมาะสมมีค่าเท่ากับ 20 เซนติเมตร เนื่องจากกว่าเสริมความยาวมากกว่า 20 เซนติเมตรจะสามารถเพิ่มประสิทธิภาพของโครงสร้างกันดินได้เพียงเล็กน้อยซึ่งอาจจะเป็นการใช้ความความยาวที่มากเกินไปจนสิ้น

4.7.2.4 เปรียบเทียบประสิทธิภาพในการลดการเคลื่อนตัว

จากค่าอัตราส่วนการเคลื่อนตัวสูงสุดต่อความสูงดินถมที่จุดพิบัติ พบว่าเมื่อความยาว Relieving platform เพิ่มขึ้นประสิทธิภาพในการลดการเคลื่อนตัวมีแนวโน้มสูงขึ้น เนื่องจากค่า δ/h มีค่ามากขึ้น ดังนั้นเมื่อนำค่า δ/h มาเปรียบเทียบกันเพื่อหาประสิทธิภาพในการลดการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดิน จะได้ผลดังแสดงในตารางที่ 4.34-4.37

ตารางที่ 4.34 เปรียบเทียบประสิทธิภาพในการลดการเคลื่อนตัวเมื่อ เสริมความยาว Relieving platform แตกต่างกัน ที่ความสูงดินถม 6 เซนติเมตร

แบบจำลอง	ประสิทธิภาพของโครงสร้างกันดินที่เพิ่มขึ้น(%)
ความยาว Relieving platform 5cm	5.80
ความยาว Relieving platform 10cm	11.07
ความยาว Relieving platform 15cm	17.91
ความยาว Relieving platform 20cm	22.91
ความยาว Relieving platform 25cm	23.91
ความยาว Relieving platform 30cm	26.19

ตารางที่ 4.35 เปรียบเทียบประสิทธิภาพในการลดการเคลื่อนตัวเมื่อ เสริมความยาว Relieving platform แตกต่างกัน ที่ความสูงดินถม 9 เซนติเมตร

แบบจำลอง	ประสิทธิภาพของโครงสร้างกันดินที่เพิ่มขึ้น(%)
ความยาว Relieving platform 5cm	34.20
ความยาว Relieving platform 10cm	50.20
ความยาว Relieving platform 15cm	58.50
ความยาว Relieving platform 20cm	64.85
ความยาว Relieving platform 25cm	66.53
ความยาว Relieving platform 30cm	69.54

ตารางที่ 4.36 เปรียบเทียบประสิทธิภาพในการลดการเคลื่อนตัวเมื่อ เสริมความยาว Relieving platform แตกต่างกัน ที่ความสูงดินถม 12 เซนติเมตร

แบบจำลอง	ประสิทธิภาพของโครงสร้างกันดินที่เพิ่มขึ้น(%)
ความยาว Relieving platform 5cm	70.21
ความยาว Relieving platform 10cm	76.56
ความยาว Relieving platform 15cm	81.00
ความยาว Relieving platform 20cm	84.72
ความยาว Relieving platform 25cm	85.10
ความยาว Relieving platform 30cm	87.58

เอกสารนี้เป็นเอกสารร่างงานวิจัยที่รอการตรวจสอบเพื่อออกตีพิมพ์เท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาต
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.37 เปรียบเทียบประสิทธิภาพในการลดการเคลื่อนตัวเมื่อ เสริมความยาวRelieving platform แตกต่างกัน ที่ความสูงดินถม 15 เซนติเมตร

แบบจำลอง	ประสิทธิภาพของโครงสร้างกันดินที่เพิ่มขึ้น(%)
ความยาวRelieving platform 5cm	-
ความยาวRelieving platform 10cm	89.48
ความยาวRelieving platform 15cm	90.51
ความยาวRelieving platform 20cm	92.81
ความยาวRelieving platform 25cm	93.73
ความยาวRelieving platform 30cm	94.64



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปผลการศึกษา

5.1 บทนำ

บทนี้จะเป็นการนำผลการศึกษจากบทที่ 4 มาอธิบายโดยสรุปผลการศึกษา ซึ่งแบ่งออกเป็น 2 ส่วน ประกอบด้วยผลการศึกษาเพื่อให้เกิดความเข้าใจถึงประสิทธิภาพของระบบกำแพงกันดินจากแบบจำลองทางกายภาพและผลการศึกษจากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์

ผลการศึกษจากแบบจำลองทางกายภาพเป็นการเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการลดการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดินโดยพิจารณาแบบจำลองกำแพงกันดินที่ส่งผลต่อการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดิน 3 รูปแบบ ประกอบด้วยโครงสร้างกันดินแบบ Single wall, โครงสร้างกันดินแบบ Buttress wall และโครงสร้างกันดินแบบ Relieving wall

ผลการศึกษจากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์เป็นการศึกษาโครงสร้างกันดินแบบ Relieving wall เพิ่มเติมจากแบบจำลองทางกายภาพ เนื่องจากผลการศึกษจากแบบจำลองทางกายภาพ พบว่าโครงสร้างกันดินแบบ Relieving wall มีประสิทธิภาพในการลดการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดินสูงที่สุด ในการศึกษาครั้งนี้จึงนำโครงสร้างกันดินแบบดังกล่าวมาศึกษาประสิทธิภาพของกำแพงกันดินในการลดการเคลื่อนตัวเมื่อเปลี่ยนระดับการติดตั้ง Platform และความยาว Platform

5.2 สรุปผลการศึกษาจากแบบจำลองทางกายภาพ

จากผลการศึกษการพฤติกรรมเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดินและการวิเคราะห์ประสิทธิภาพในการลดการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดินด้วยแบบจำลองทางกายภาพ สามารถสรุปผลการศึกษาได้ดังนี้

1. การใช้แบบจำลองทางกายภาพสามารถนำมาใช้เปรียบเทียบความแตกต่างของการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดินเมื่อโครงสร้างกันดินมีลักษณะแตกต่างกัน

2. การเพิ่มระยะฝังมีผลต่อการลดการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดิน แต่ระยะฝังจะต้องมีค่ามากพอที่จะทำให้โครงสร้างกันดินมีเสถียรภาพ จากผลการศึกษาในบทที่ 4 พบว่าระยะฝังโครงสร้างกันดิน 6 เซนติเมตร ทำให้ประสิทธิภาพของโครงสร้างกันดินที่เพิ่มขึ้นถึง 67.78 เปอร์เซ็นต์ที่ความสูงดินถมเท่ากับ 150 มิลลิเมตร

3. การเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการลดการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดินเมื่อเพิ่มความแข็งแรงของโครงสร้างกันดิน โดยเปรียบเทียบผลการศึกษาระหว่างโครงสร้างกันดินแบบ Single wall และแบบ Buttress wall พบว่าการเพิ่มครีบบ้ำยันสามารถเพิ่มค่าโมเมนต์ความเฉื่อย (Moment of inertia) ของโครงสร้างกันดิน จาก 0.966 เซนติเมตร⁴ เป็น 9.636 เซนติเมตร⁴ โดยความแข็งแรงของโครงสร้างกันดินสามารถลดการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดินลงได้ 53-86.91 เปอร์เซ็นต์

4. การเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการลดการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดินด้วยการเสริม Relieving platform เพื่อกระจายแรงดันดินด้านข้างลงสู่แนวตั้งสามารถลดพื้นที่การพิบัติของดินถม และทำให้ประสิทธิภาพของโครงสร้างกันดินเพิ่มขึ้น 88.59 เปอร์เซ็นต์ เมื่อความสูงดินถมเท่ากับ 150

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อผู้ใดเห็นไปใช้หรือเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาต
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มิลลิเมตร ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าแบบจำลองRelieving wall มีประสิทธิภาพในการลดการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดินสูงที่สุดจากการศึกษาด้วยแบบจำลองทางกายภาพ

5. ผลการเคลื่อนตัวของกำแพงกันดินจากแบบจำลองเปรียบเทียบกับ สมการทำนายการเคลื่อนตัวของกำแพงกันดิน ซึ่งกำหนดการเคลื่อนตัวของกำแพงกันดินเมื่อดินถมเป็นดินทรายและมีพฤติกรรมการพิบัติแบบ Active มีค่าประมาณ 0.001H-0.004H พบว่าในช่วงความสูงดินถมไม่เกิน 10 เซนติเมตร การเคลื่อนตัวมีแนวโน้มอยู่ในช่วงดังกล่าว เมื่อมีความสูงดินถมมากขึ้น ซึ่งจะเริ่มเกิดระนาบการพิบัติ ทำให้การเคลื่อนตัวมีค่ามากกว่าช่วงดังกล่าว

6. ผลของมุมระนาบการพิบัติจากแบบจำลองเปรียบเทียบกับทฤษฎีของCoulomb พบว่ามุมของระนาบการพิบัติเมื่อเทียบกับแกนตั้งที่มีค่าน้อยกว่าค่าตามทฤษฎี ทั้งนี้อาจมีผลมาจากการเพิ่มความสูงดินถมที่ไม่คงที่เนื่องจากเมื่อโครงสร้างกันดินเคลื่อนตัวมากขึ้นบริเวณผิวดินจะเกิดเป็นแอ่ง ซึ่งส่งผลต่อค่าความสูงดินถมที่กระทำต่อโครงสร้างกันดิน

7. แบบจำลองทางกายภาพมีข้อจำกัด ที่ไม่สามารถจำลองStress ที่เกิดขึ้นจริงในสนามได้ทั้งหมด ดังนั้นผลการเคลื่อนตัวที่เกิดขึ้นจึงไม่สามารถนำไปใช้กับงานในสนามจริงได้ แต่ผลการศึกษาครั้งนี้สามารถนำไปใช้เป็นแนวทางในการเลือกใช้รูปแบบในการเพิ่มประสิทธิภาพของโครงสร้างกันดิน

5.3 สรุปผลการศึกษาจากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์

จากผลการศึกษาการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดินและการวิเคราะห์ประสิทธิภาพในการลดการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดินสามารถสรุปผลการศึกษาดังนี้

1. การนำแบบจำลองทางคณิตศาสตร์โดยใช้โปรแกรมPLAXIS มาใช้วิเคราะห์พฤติกรรมเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดิน สามารถวิเคราะห์ความแตกต่างของการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดินแบบRelieving wall เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงระดับการติดตั้งและความยาวของPlatform ซึ่งเป็นปัจจัยที่ส่งผลต่อการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดิน

2. การเปลี่ยนแปลงระดับการติดตั้งRelieving platform มีผลต่อการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดินดังนั้นการเลือกระดับติดตั้งควรจะต้องรักษาสมดุลระหว่างความสูงดินถมใต้Relieving platform และเหนือRelieving platform ถ้าความสูงดินถมใต้Relieving platform น้อยเกินไปจะทำให้สามารถถมดินบนRelieving platform ได้น้อยด้วยเช่นกัน ในทางตรงกันข้ามถ้าความสูงดินถมใต้Relieving platform มากเกินไป จะส่งผลให้โครงสร้างกันดินเข้าใกล้จุดพิบัติได้ก่อนที่จะถึงระดับติดตั้งRelieving platform

2. แบบจำลองที่มีระดับการติดตั้งRelieving platform ต่ำมีข้อดีคือสามารถลดการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดินได้ก่อนแบบจำลองที่มีระดับการติดตั้งที่สูงกว่า แต่ก็มีข้อเสียคือสามารถถมดินได้ความสูงกว่า

3. เมื่อความสูงดินถมตั้งแต่ 30-115 มิลลิเมตร ระดับการติดตั้งRelieving platform 5 เซนติเมตรมีประสิทธิภาพสูงที่สุด และความสูงดินถมตั้งแต่ 115-150 มิลลิเมตรระดับการติดตั้งRelieving platform ที่ 7.5 เซนติเมตรมีประสิทธิภาพในการลดการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดินสูงที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.การเพิ่มความยาวRelieving platform สามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการลดการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดินได้ เนื่องจากความยาวที่มากขึ้นจะทำให้สามารถกระจายแรงดันดินด้านข้างได้มากขึ้น ซึ่งในการศึกษาครั้งนี้พบว่าความยาวRelieving platform จะต้องมีค่ามากกว่า 7 เซนติเมตร

5.การเสริมความยาวของPlatform สามารถเพิ่มประสิทธิภาพของโครงสร้างกันดินได้ แต่ความยาวPlatform ที่มากเกินไปจะมีผลในการเพิ่มประสิทธิภาพในการลดการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดินได้น้อยลง ดังนั้นในการเลือกความยาวRelieving platform ควรจะเลือกความยาวที่ไม่มากเกินไป ความจำเป็น ซึ่งในการศึกษาครั้งนี้พบว่าความยาวRelieving platform ที่เหมาะสมอยู่ระหว่าง 10-15 เซนติเมตร



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

- [1] G.X. Mei, L.H. Song, and J.M. Zai. "Mechanical Analysis of Retaining Structure Considering Deformation and Validation" . GeoHunan International Conference. 2009
- [2] Jaky, J. "The coefficient of earth pressure at rest. (in Hungarian)". Journal for Society of Hungarian Architects and Engineers, Budapest, October 1944; Vol. 7,355-358.
- [3] สุขสันต์ หอพิบูลสุข. "Foundation Engineering" [Online]. Available: <http://eng.sut.ac.th/ce/oldce/Suksun/Chapter5.pdf>. 2553
- [4] Coulomb CA. "Sur une application des règles de maximis et minimis á quelques problèmes relatifs á l'architecture". Mémoire. Académie Royale des Sciences. 1773
- [5] CGS. "Canadian foundation engineering manual". 3rd Ed Canadian Geotechnical Society. Bitech publisher, British Columbia. 1992
- [6] บรรณาธิการเว็บไซต์บ้านและสวน, 2557. กำแพงกันดิน.[Online]. Available: <http://www.real-parenting.com/Article.aspx?ArticleID=4578>
- [7] Obrzud R.,Truty A. "The Hardening soil model – a practical guidebook z soil.PC 100701 report. 2012
- [8] Kezdi A. "Handbook of soil machanics". Elsevier. Amsterdam. 1974
- [9] Prat M, Bisch E. Milard A. "La modelisation des ouvrages".1995
- [10] Meguid , O. Saada 1, M.A. Nunes 1, J. Mattar "Physical modeling of tunnels in soft ground" ,Tunneling and Underground Space Technology ,2007
- [11] Anne-Sophie Colas , Jean-Claude Morela and Denis Garnier, "Yield design modeling of dry joint retaining structures",9th International Conference on Structural Analysis of Historical Constructions ,2014

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- [12] Mundell C., McCombie P.F, Bailey C., Health A. and Walker P., “**Limit-equilibrium assessment of drystone retaining structures**”, Proceedings of the Institution of Civil Engineers – Geotechnical engineering ,2009
- [13] Murali Krishna, and G. Madhavi Latha, “**Seismic response of reinforced soil retaining wall models**”, Geotextiles and Geomembranes, 2012
- [14] B.Villemus, J.C.Morel, C.Boutin.”Experimental assessment of dry stone retaining wall stability on a rigid foundation”, 2014
- [15] ณรงค์ ทศนนิพนธ์, กมล สิงโตแก้ว และชาญชัย ทรัพย์มณีวงศ์.”การเคลื่อนตัวของกำแพงกันดินที่เกิดจากการขุดดินเพื่อก่อสร้างห้องใต้ดิน”.การประชุมวิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติ ครั้งที่ 12. 2550
- [16] วันชัย เทพรัักษ์, “การออกแบบและก่อสร้างชั้นใต้ดินลักษณะโครงการ เซ็นทรัล แอมเสซี่”, สื่อบัตรพิมพ์มอบรางวัลศาสตราจารย์, 2557
- [17] In-Jong Moon, Byoung Kim, Wan-Kyu Yoo and Yong-seok Park. "Model Tests for Measurement of Lateral Earth Pressure on Retaining Wall with the Relieving Platform Using Jumoonjin Sand", Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society Vol. 14, 2013, No. 11 pp. 5923-5929
- [18] Casagrande, Arthur. "The determination of the pre-consolidation load and its practical significance". Proceedings of the international conference on soil mechanics and foundation engineering. Harvard University Cambridge, 1936,pp. 60–64.
- [19] Hany Farouk.”Effectiveness of using shelves with cantilever retaining walls”. AEI. 2015

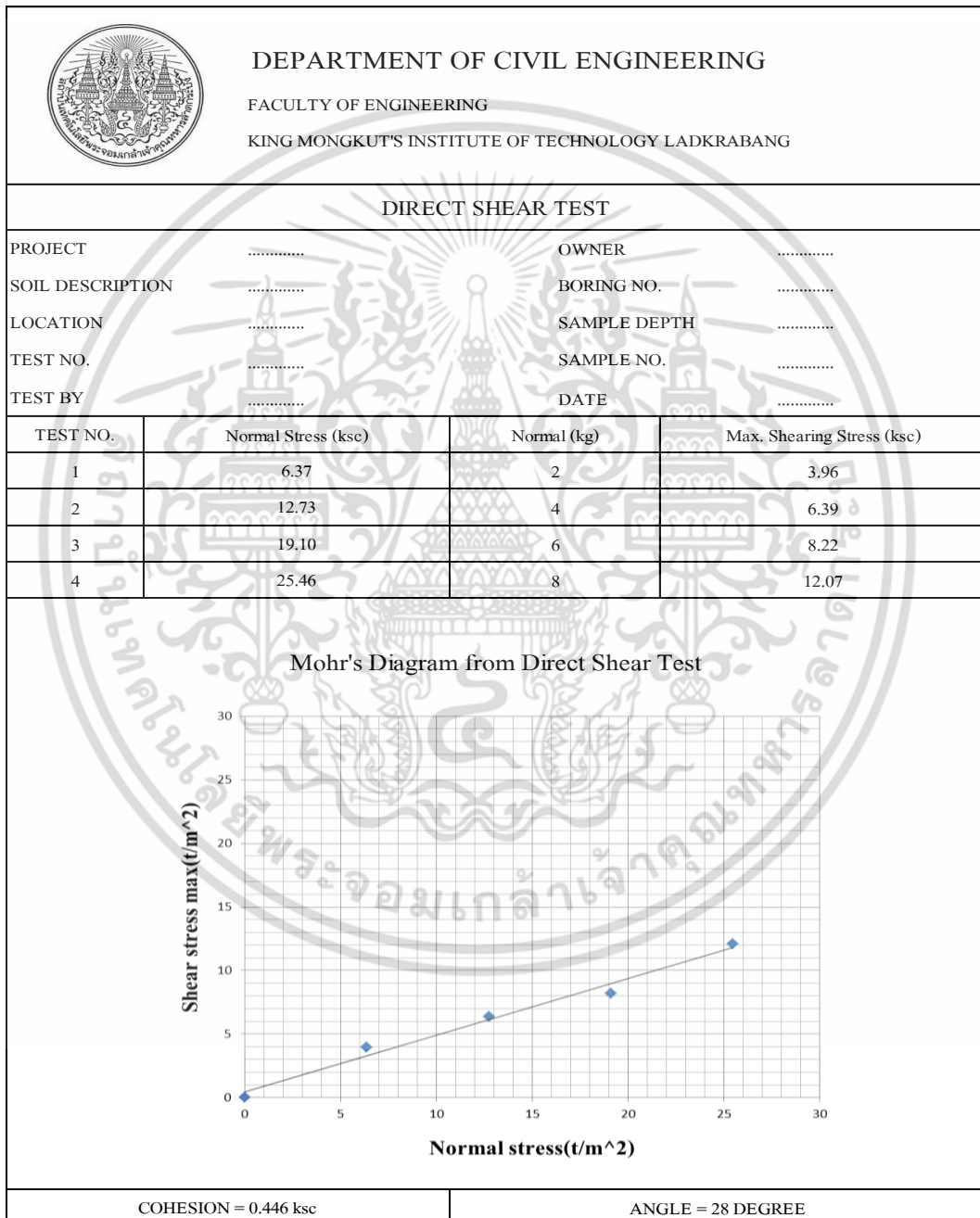
ภาคผนวก ก สัญลักษณ์

B	=	ความกว้างของฐานราก
d	=	ระยะฝังเหล็กพืดที่ต้องการ
e	=	ระยะเยื้องศูนย์กลาง
G_T	=	ค่าความถ่วงจำเพาะของน้ำที่อุณหภูมิที่ทดลอง ($^{\circ}\text{C}$)
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-water pressure
W_s	=	น้ำหนักดินอบแห้ง, กรัม
W_1	=	น้ำหนักขุดมีน้ำผสมดิน ที่อุณหภูมิที่ทดลอง ($^{\circ}\text{C}$)
W_2	=	น้ำหนักขุดมีน้ำเต็ม ที่อุณหภูมิที่ทดลอง ($^{\circ}\text{C}$), กรัม
x_i	=	ระยะในแนวนอนที่วัดจากจุด Toe จนถึง W_i
α	=	มุมด้านหลังกำแพงกันดินที่กระทำกับแนวราบ
β	=	มุมระหว่างผิวของดินถมกับแนวราบ
γ	=	หน่วยน้ำหนักประสิทธิผล (submerged unit weight)
δ	=	มุมเสียดทานระหว่างผนังกำแพงและดิน
σ_1	=	ความเค้นหลักใหญ่ประสิทธิผลเท่ากับ
σ_3	=	ความเค้นหลักเล็กประสิทธิผล
σ_h	=	ความดันดินด้านข้างที่กระทำต่อกำแพง
σ_{h}	=	ความดันดินด้านข้างประสิทธิผลที่ฐานของกำแพง
σ_p	=	ความดันด้านข้างประสิทธิผลที่สภาวะ passive
ϕ	=	มุมเสียดทานภายในของดิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

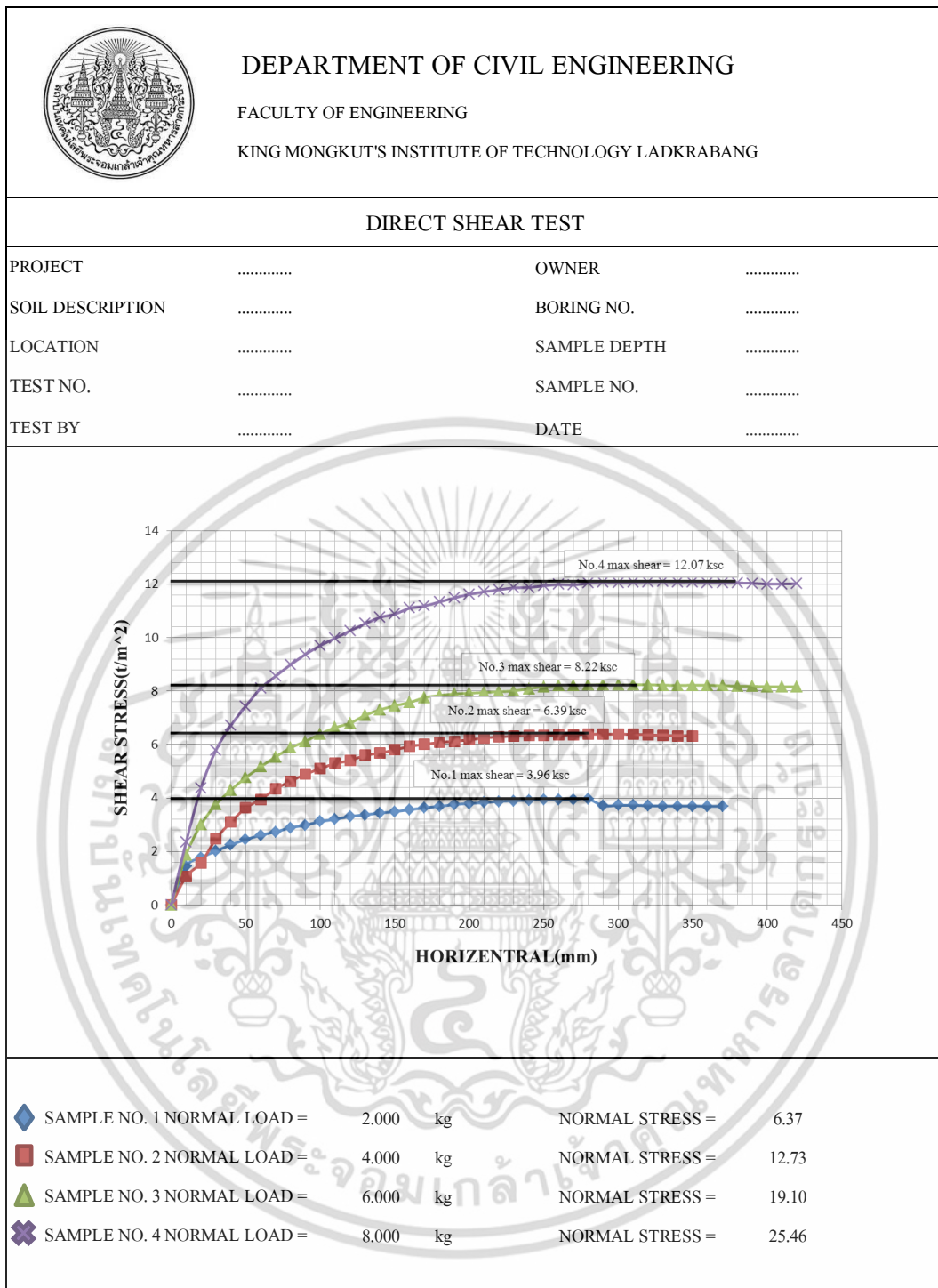
ภาคผนวก ข
ผลการทดสอบคุณสมบัติของดินตัวอย่าง

ข.1 ผลการทดสอบ Direct shear test ของดินตัวอย่างเพื่อหามุมเสียดทานภายใน
(Internal Friction Angle)



รูปที่ ข.1 ผลการทดสอบ Direct shear test ของดินตัวอย่างเพื่อหามุมเสียดทานภายใน
(Internal Friction Angle)


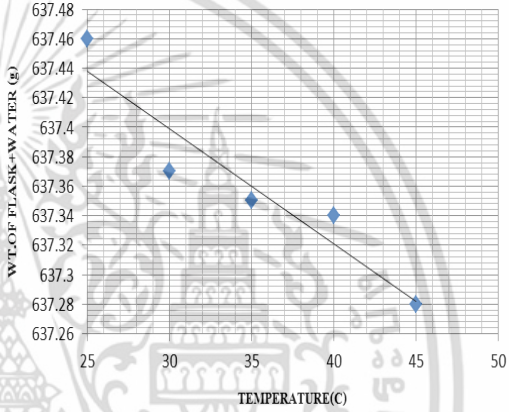
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ข.2 ผลการทดสอบDirect shear test ของดินตัวอย่างเพื่อหามุมเสียดทานภายใน (Internal Friction Angle)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

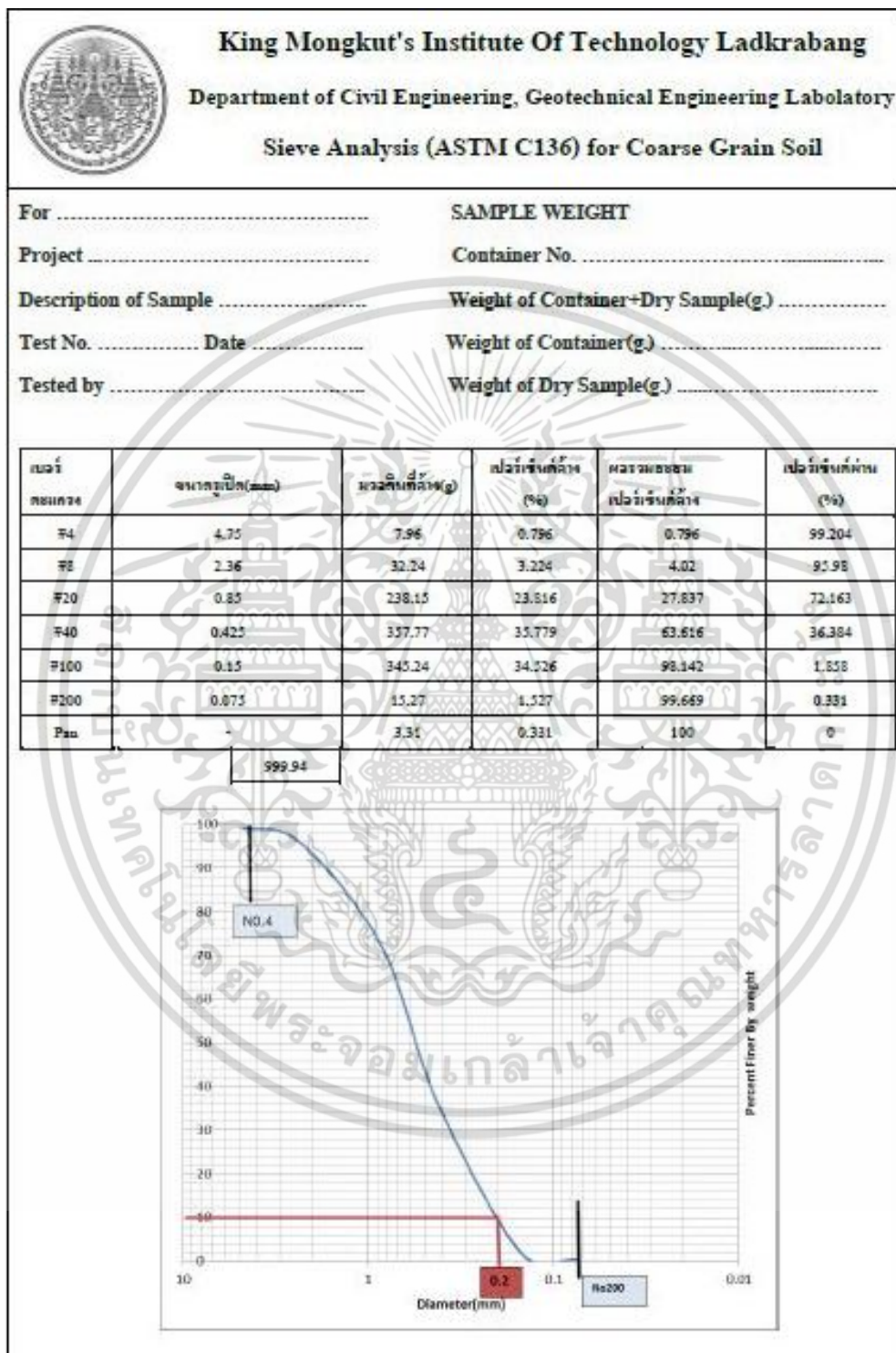
ข.2 ผลการทดสอบความถ่วงจำเพาะ (Specific Gravity)

 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 DETERMINATION				
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			

รูปที่ ข.3 ผลการทดสอบค่าความถ่วงจำเพาะของดินตัวอย่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข.3 ผลการทดสอบค่าขนาดคละและชนิดของเม็ดดิน (Grain Size and soil classification)



รูปที่ ข.4 ผลการทดสอบค่าขนาดคละและชนิดของเม็ดดิน (Grain Size and soil classification)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค

ผลการทดลองจากแบบจำลอง

ค.1 ผลการทดลองจากแบบจำลองทางกายภาพ


โครงสร้างกันดินที่เลือกมาใช้ในการศึกษาวิจัยครั้งนี้มี 3 แบบเพื่อให้ง่ายและความสะดวกในการทดสอบคือ

- 1) โครงสร้างกันดินแบบ Single wall
- 2) โครงสร้างกันดินแบบ Buttress wall
- 3) โครงสร้างกันดินแบบ Relieving platform



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค.1 ผลการทดลองระยะการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดินแบบSingle wall ระยะฝัง 2 เซนติเมตร จากแบบจำลองทางกายภาพ




	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)ผลการทดลองระยะการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดินแบบSingle wall ระยะฝัง 2 เซนติเมตรจากแบบจำลองทางกายภาพ

	ครั้งที่ 1			ครั้งที่ 2			ครั้งที่ 3			$\Delta_{\text{เฉลี่ย}}$ (มม.)	$\Delta_{\text{เฉลี่ย}}$ (ซม.)
	Δ (มม.)	Δ (มม.)	$\Delta_{\text{เฉลี่ย}}$ (ซม.)	Δ (มม.)	Δ (มม.)	$\Delta_{\text{เฉลี่ย}}$ (ซม.)	Δ (มม.)	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°			

ตารางที่ ค.2 ผลการทดลองระยะการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดินแบบ Single wall ระยะฝัง 4 เซนติเมตร จากแบบจำลองทางกายภาพ

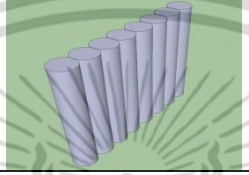


	ครั้งที่ 1			ครั้งที่ 2			ครั้งที่ 3			$\Delta_{\text{เฉลี่ย}}$ (มม.)	$\Delta_{\text{เฉลี่ย}}$ (ซม.)
	Δ (มม.)	$\Delta_{\text{เฉลี่ย}}$ (ซม.)	Δ (มม.)	$\Delta_{\text{เฉลี่ย}}$ (ซม.)	Δ (มม.)	$\Delta_{\text{เฉลี่ย}}$ (ซม.)					
0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1	0.00	0.00	0.00	0.00	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
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

ตารางที่ ค.2(ต่อ) ผลการทดลองระยะการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดินแบบ Single wall ระยะฝัง 4 เซนติเมตร จากแบบจำลองทางกายภาพ

	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.)					
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		
18				83.1	82.76	8.29					
19				102.2	101.74	10.20					
มุม	40°	17°		34°	15°		37°	19°			

ตารางที่ ค.3 ผลการทดลองระยะการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดินแบบ Single wall ระยะฝัง 6 เซนติเมตรจากแบบจำลองทางกายภาพ

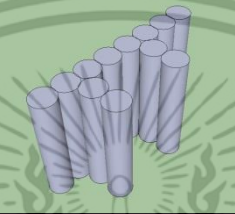


	ครั้งที่ 1			ครั้งที่ 2			ครั้งที่ 3			Δ เฉลี่ย (มม.)	Δ เฉลี่ย (ซม.)
	Δ (มม.)	Δ เฉลี่ย (ซม.)	Δ (มม.)	Δ เฉลี่ย (ซม.)	Δ (มม.)	Δ เฉลี่ย (ซม.)					
0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.10	0.01	0.02	0.00
2	0.08	0.14	0.01	0.00	0.00	0.00	0.06	0.22	0.01	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
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

ตารางที่ ค.3(ต่อ) ผลการทดลองระยะการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดินแบบ Single wall ระยะฝัง 6 เซนติเมตรจากแบบจำลองทางกายภาพ

	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	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
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°			

ตารางที่ ค.4 ผลการทดลองระยะการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดินแบบ Buttress wall ระยะฝัง 2 เซนติเมตรจากแบบจำลองทางกายภาพ

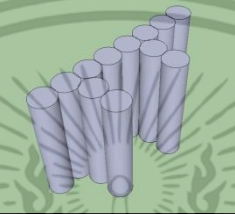


	ครั้งที่ 1		ครั้งที่ 2		$\Delta_{\text{เฉลี่ย}}$ (มม.)	$\Delta_{\text{เฉลี่ย}}$ (ซม.)	
	Δ (มม.)	$\Delta_{\text{เฉลี่ย}}$ (ซม.)	Δ (มม.)	$\Delta_{\text{เฉลี่ย}}$ (ซม.)			
0	0	0	0.00	0	0	0.00	0.00
1	0.07	0.16	0.01	0.04	0.19	0.01	0.11
2	0.08	0.19	0.01	0.04	0.38	0.02	0.17
3	0.16	0.26	0.02	0.07	0.46	0.03	0.24
4	0.22	0.30	0.03	0.08	0.50	0.03	0.27
5	0.30	0.46	0.04	0.10	0.57	0.03	0.36
6	0.41	0.58	0.05	0.13	0.58	0.04	0.42
7	0.53	0.71	0.06	0.16	0.64	0.04	0.51
8	0.67	0.92	0.08	0.23	0.67	0.05	0.62
9	1.01	1.22	0.11	0.36	0.82	0.06	0.85
10	1.38	1.58	0.15	0.47	0.94	0.07	1.09
11	2.83	2.98	0.29	0.75	1.22	0.10	1.94

ตารางที่ค.4(ต่อ) ผลการทดลองระยะการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดินแบบ Buttress wall ระยะฝัง 2 เซนติเมตรจากแบบจำลองทางกายภาพ

	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.)			
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°			

ตารางที่ ค.5 ผลการทดลองระยะการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดินแบบ Buttress wall ระยะฝัง 4 เซนติเมตร จากแบบจำลองทางกายภาพ

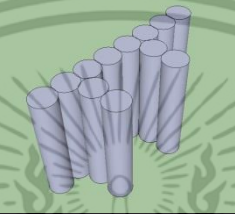


	ครั้งที่ 1		ครั้งที่ 2			$\Delta_{\text{เฉลี่ย}}$ (มม.)	$\Delta_{\text{เฉลี่ย}}$ (ซม.)
	Δ (มม.)	$\Delta_{\text{เฉลี่ย}}$ (ซม.)	Δ (มม.)	$\Delta_{\text{เฉลี่ย}}$ (ซม.)	$\Delta_{\text{เฉลี่ย}}$ (ซม.)		
0	0	0	0.00	0	0	0.00	0.00
1	0.02	0.02	0.00	0.08	0.02	0.00	0.03
2	0.28	0.14	0.02	0.10	0.13	0.01	0.16
3	0.34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

ตารางที่ค.5(ต่อ) ผลการทดลองระยะการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดินแบบButtress wall ระยะฝัง 4 เซนติเมตรจากแบบจำลองทางกายภาพ

	ครั้งที่ 1			ครั้งที่ 2			$\Delta_{เฉลี่ย}$ (มม.)	$\Delta_{เฉลี่ย}$ (ซม.)
	Δ (มม.)		$\Delta_{เฉลี่ย}$ (ซม.)	Δ (มม.)		$\Delta_{เฉลี่ย}$ (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
มุม	59°	9°		61°	21°			

ตารางที่ ค.6 ผลการทดลองระยะการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดินแบบButtress wallระยะฝัง6 เซนติเมตร จากแบบจำลองทางกายภาพ

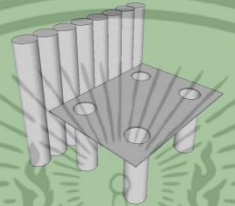


	ครั้งที่ 1		ครั้งที่ 2			$\Delta_{\text{เฉลี่ย}}$ (มม.)	$\Delta_{\text{เฉลี่ย}}$ (ซม.)
	Δ (มม.)	$\Delta_{\text{เฉลี่ย}}$ (ซม.)	Δ (มม.)	$\Delta_{\text{เฉลี่ย}}$ (ซม.)	$\Delta_{\text{เฉลี่ย}}$ (ซม.)		
0	0	0	0.00	0	0	0.00	0.00
1	0.08	0.06	0.01	0.03	0.03	0.00	0.05
2	0.08	0.07	0.01	0.03	0.04	0.00	0.06
3	0.16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

ตารางค.6(ต่อ) ผลการทดลองระยะการเคลื่อนตัวของโครงสร้างกันดินแบบButtress wall ระยะฝัง 6 เซนติเมตร จากแบบจำลองทางกายภาพ

	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°			

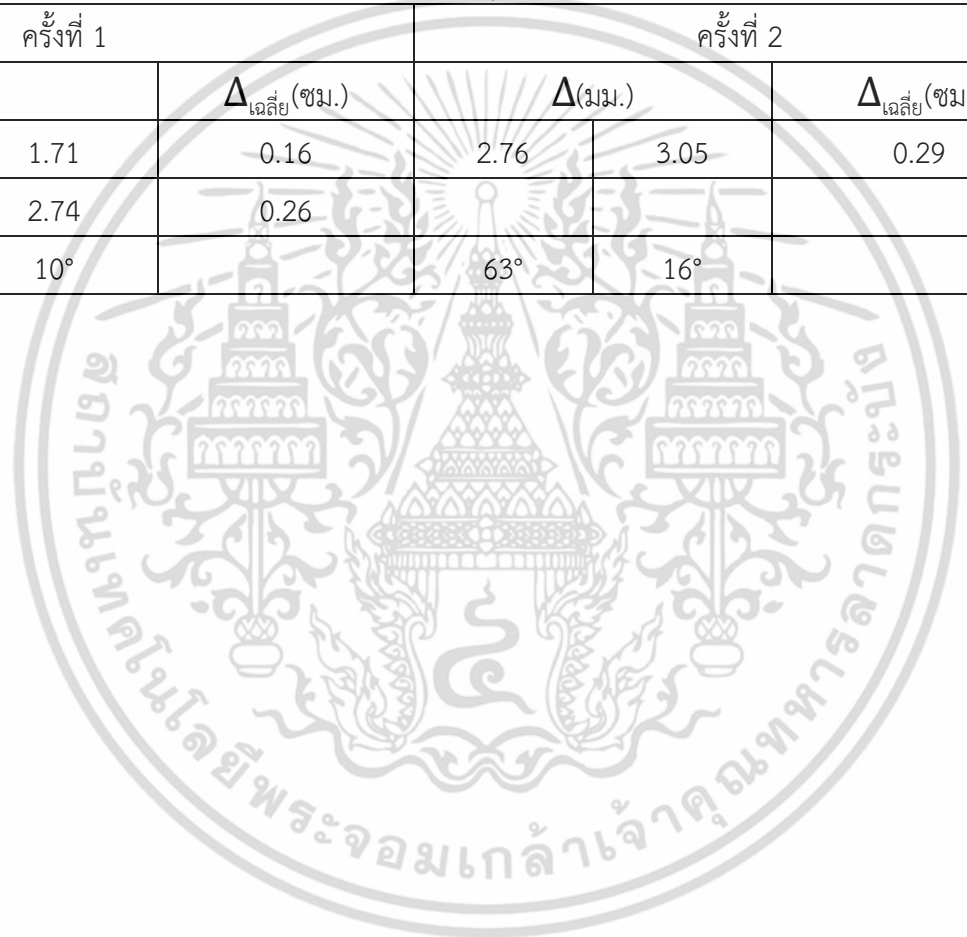
ตารางที่ ค.7 ผลการทดลองระยะการเคลื่อนตัวโครงสร้างกันดินแบบ Relieving platform ระยะฝัง 2 เซนติเมตร จากแบบจำลองทางกายภาพ



	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	0.04	0.06	0.01	0.07	0.20	0.01	0.01
2	0.09	0.09	0.01	0.10	0.28	0.02	0.01
3	0.18	0.35	0.03	0.11	0.35	0.02	0.02
4	0.23	0.38	0.03	0.20	0.46	0.03	0.03
5	0.26	0.40	0.03	0.42	0.65	0.05	0.04
6	0.59	0.74	0.07	0.71	0.97	0.08	0.08
7	0.61	0.83	0.07	0.84	1.11	0.10	0.08
8	0.77	1.11	0.09	1.05	1.39	0.12	0.11
9	1.00	1.31	0.12	1.79	2.12	0.20	0.16

ตารางที่ ค.7(ต่อ) ผลการทดลองระยะการเคลื่อนตัวโครงสร้างกันดินแบบ Relieving platform ระยะฝัง 2 เซนติเมตรจากแบบจำลองทางกายภาพ

	ครั้งที่ 1			ครั้งที่ 2			$\Delta_{เฉลี่ย}$ (มม.)	$\Delta_{เฉลี่ย}$ (ซม.)
	Δ (มม.)		$\Delta_{เฉลี่ย}$ (ซม.)	Δ (มม.)		$\Delta_{เฉลี่ย}$ (ซม.)		
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°			



ตารางที่ ค.8 ผลการทดลองระยะการเคลื่อนตัวโครงสร้างกันดินแบบ Relieving platformระยะฝัง 4 เซนติเมตร จากแบบจำลองทางกายภาพ

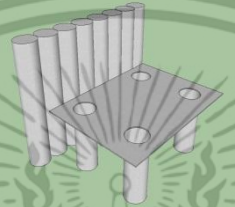


	ครั้งที่ 1		ครั้งที่ 2		$\Delta_{\text{เฉลี่ย}}$ (มม.)	$\Delta_{\text{เฉลี่ย}}$ (ซม.)
	Δ (มม.)	$\Delta_{\text{เฉลี่ย}}$ (ซม.)	Δ (มม.)	$\Delta_{\text{เฉลี่ย}}$ (ซม.)		
0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1	0.04	0.07	0.02	0.08	0.05	0.01
2	0.05	0.13	0.06	0.14	0.10	0.01
3	0.08	0.17	0.06	0.16	0.12	0.01

ตาราง ค.8(ต่อ) ผลการทดลองระยะการเคลื่อนตัวโครงสร้างกันดินแบบ Relieving platform ระยะฝัง 4 เซนติเมตร จากแบบจำลองทางกายภาพ

	ครั้งที่ 1		ครั้งที่ 2			$\Delta_{เฉลี่ย}$ (มม.)	$\Delta_{เฉลี่ย}$ (ซม.)	
	Δ (มม.)	$\Delta_{เฉลี่ย}$ (ซม.)	Δ (มม.)	$\Delta_{เฉลี่ย}$ (ซม.)	$\Delta_{เฉลี่ย}$ (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 ค.9 ผลการทดลองระยะการเคลื่อนตัวโครงสร้างกันดินแบบ Relieving platform ระยะฝัง 6 เซนติเมตรจากแบบจำลองทางกายภาพ



	ครั้งที่ 1			ครั้งที่ 2			$\Delta_{เฉลี่ย}$ (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
1	0.06	0.10	0.01	0.09	0.04	0.01	0.07	0.01
2	0.06	0.12	0.01	0.12	0.06	0.01	0.09	0.01
3	0.06	0.15	0.01	0.17	0.11	0.01	0.12	0.01
4	0.06	0.17	0.01	0.26	0.22	0.02	0.18	0.02
5	0.07	0.17	0.01	0.32	0.26	0.03	0.20	0.02
6	0.17	0.20	0.02	0.44	0.38	0.04	0.30	0.03
7	0.29	0.26	0.03	0.55	0.54	0.05	0.41	0.04
8	0.38	0.32	0.04	0.83	0.69	0.08	0.55	0.06
9	0.55	0.43	0.05	0.98	0.94	0.10	0.72	0.07
10	0.79	0.58	0.07	1.35	1.03	0.12	0.94	0.09

ตารางที่ ค.9(ต่อ) ผลการทดลองระยะการเคลื่อนตัวโครงสร้างกันดินแบบ Relieving platform ระยะฝัง 6 เซนติเมตรจากแบบจำลองทางกายภาพ

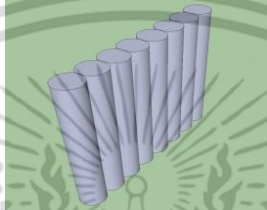
11	1.00	0.84	0.09	1.58	1.31	0.14	1.18	0.12
12	1.49	1.32	0.14	2.05	1.83	0.19	1.67	0.17
13	1.955	1.57	0.18	2.42	2.3	0.24	2.06	0.21
14	2.63	2.48	0.26	3.19	3.05	0.31	2.84	0.28
15	4.56	4.38	0.45	4.265	4.26	0.43	4.37	0.44
16	17.83	17.31	1.76	5.19	6.03	0.56	11.59	1.16
17	27.05	27.63	2.73	6.55	7.31	0.69	17.14	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°			

ค.2 ผลการทดลองจากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์

แบบจำลองโครงสร้างกันดินที่ถูกเลือกมาใช้ในการศึกษาด้วยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ สำหรับการศึกษาครั้งนี้ เป็นการนำแบบจำลองRelieving wall มาศึกษารูปแบบเพิ่มเติม3ส่วน ซึ่งประกอบด้วย

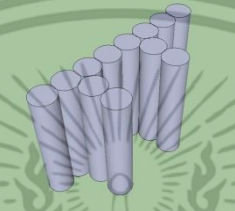
- 1) แบบจำลองสอบเทียบความถูกต้องระหว่างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์กับแบบจำลองทางกายภาพ 3 แบบจำลอง ประกอบด้วย แบบจำลอง Single wall, แบบจำลองButtress wall และ แบบจำลองRelieving wall
- 2) แบบจำลองRelieving wall ศึกษาผลของระดับการติดตั้งRelieving platform 5 แบบจำลองประกอบด้วยระดับการติดตั้งRelieving platform ที่ 5, 7.5, 10, 12.5,15 เซนติเมตร
- 3) แบบจำลองRelieving wall ศึกษาผลของความยาวRelieving platform 5 แบบจำลอง ประกอบด้วยความยาวที่ 10, 15,20,25,30 เซนติเมตร

ตารางที่ ค.10 ผลสอบเทียบความถูกต้องระหว่างแบบจำลองทางกายภาพและแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ สำหรับแบบจำลองSingle wall

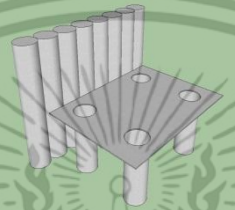


ความสูงดินถม(ซม.)	Δ (มม.)	Δ (ซม.)	ความสูงดินถม(ซม.)	Δ (มม.)	Δ (ซม.)
0	0	0	11	5.3060	0.531
1	0.0479	0.005	12	7.5530	0.756
2	0.0896	0.009	13	10.8381	1.084
3	0.1607	0.016	14	15.2510	1.526
4	0.2570	0.026	15	33.2682	3.327
5	0.3772	0.038	16	53.2983	5.330
6	0.5365	0.054	17	-	-
7	0.7510	0.076	18	-	-
8	1.5502	0.156	19	-	-
9	1.8997	0.190	20	-	-
10	2.5906	0.260	21	-	-

ตารางที่ ค.11 ผลสอบเทียบความถูกต้องระหว่างแบบจำลองทางกายภาพและแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ สำหรับแบบจำลองButtress wall

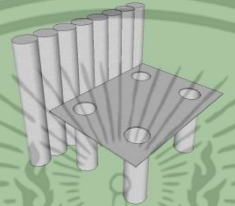
					
ความสูงดินถม(ซม.)	Δ (มม.)	Δ (ซม.)	ความสูงดินถม(ซม.)	Δ (มม.)	Δ (ซม.)
0	0	0	11	1.5976	0.160
1	0.0242	0.003	12	2.0672	0.207
2	0.0290	0.003	13	2.4331	0.244
3	0.0359	0.004	14	3.8139	0.382
4	0.0469	0.005	15	4.6392	0.464
5	0.0601	0.007	16	6.5616	0.657
6	0.0756	0.008	17	-	-
7	0.0931	0.010	18	-	-
8	0.1131	0.012	19	-	-
9	0.5367	0.054	20	-	-
10	1.1629	0.117	21	-	-

ตารางที่ ค.12 ผลสอบเทียบความถูกต้องระหว่างแบบจำลองทางกายภาพและแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ สำหรับแบบจำลองRelieving wall



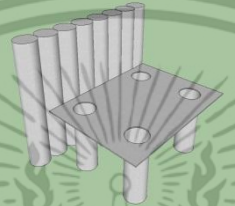
ความสูงดินถม(ซม.)	Δ (มม.)	Δ (ซม.)	ความสูงดินถม(ซม.)	Δ (มม.)	Δ (ซม.)
0	0	0	11	0.9524	0.096
1	0.0471	0.005	12	1.1538	0.116
2	0.0858	0.009	13	1.4331	0.144
3	0.151	0.016	14	1.8139	0.182
4	0.2372	0.024	15	2.3924	0.240
5	0.3414	0.035	16	3.3616	0.337
6	0.4136	0.042	17	-	-
7	0.4815	0.049	18	-	-
8	0.5644	0.057	19	-	-
9	0.6677	0.067	20	-	-
10	0.7929	0.080	21	-	-

ตารางที่ ค.13 ผลการทดลองระยะการเคลื่อนตัวโครงสร้างกันดินแบบ Relieving platformจากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ ที่ระดับการติดตั้ง 5 เซนติเมตร



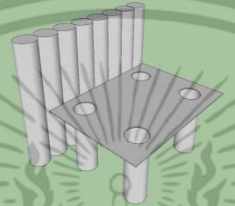
ความสูงดินถม(ซม.)	Δ (มม.)	Δ (ซม.)	ความสูงดินถม(ซม.)	Δ (มม.)	Δ (ซม.)
0	0	0	11	0.9524	0.096
1	0.0471	0.005	12	1.1538	0.116
2	0.0858	0.009	13	1.4331	0.144
3	0.151	0.016	14	1.8139	0.182
4	0.2372	0.024	15	2.3924	0.240
5	0.3414	0.035	16	3.3616	0.337
6	0.4136	0.042	17	-	-
7	0.4815	0.049	18	-	-
8	0.5644	0.057	19	-	-
9	0.6677	0.067	20	-	-
10	0.7929	0.080	21	-	-

ตารางที่ ค.14 ผลการทดลองระยะการเคลื่อนตัวโครงสร้างกันดินแบบ Relieving platformจากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ ที่ระดับการติดตั้ง 7.5 เซนติเมตร



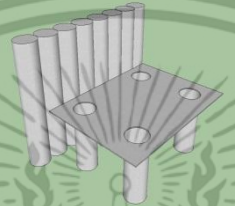
ความสูงดินถม(ซม.)	Δ (มม.)	Δ (ซม.)	ความสูงดินถม(ซม.)	Δ (มม.)	Δ (ซม.)
0	0	0	11	0.9792	0.098
1	0.0465	0.005	12	1.115	0.112
2	0.0850	0.009	13	1.2854	0.129
3	0.1502	0.016	14	1.5252	0.153
4	0.2363	0.024	15	1.8668	0.187
5	0.3385	0.034	16	2.4658	0.247
6	0.4580	0.046	17	-	-
7	0.6075	0.061	18	-	-
8	0.7002	0.071	19	-	-
9	0.7797	0.078	20	-	-
10	0.8684	0.087	21	-	-

ตารางที่ ค.15 ผลการทดลองระยะการเคลื่อนตัวโครงสร้างกันดินแบบ Relieving platformจากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ ที่ระดับการติดตั้ง 10 เซนติเมตร



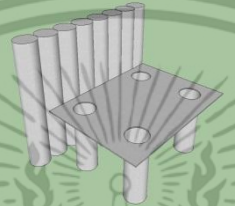
ความสูงดินถม(ซม.)	Δ (มม.)	Δ (ซม.)	ความสูงดินถม(ซม.)	Δ (มม.)	Δ (ซม.)
0	0	0	11	1.3626	0.137
1	0.0451	0.005	12	1.5022	0.151
2	0.0819	0.009	13	1.6649	0.167
3	0.1462	0.015	14	1.8658	0.187
4	0.2317	0.024	15	2.1232	0.213
5	0.3381	0.034	16	3.1235	0.313
6	0.4673	0.047	17	-	-
7	0.6336	0.064	18	-	-
8	0.8161	0.082	19	-	-
9	1.01050	0.102	20	-	-
10	1.21600	0.123	21	-	-

ตารางที่ ค.16 ผลการทดลองระยะการเคลื่อนตัวโครงสร้างกันดินแบบ Relieving platformจากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ ที่ระดับการติดตั้ง 12.5 เซนติเมตร



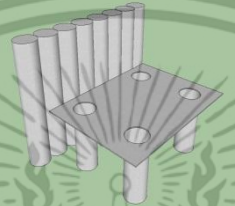
ความสูงดินถม(ซม.)	Δ (มม.)	Δ (ซม.)	ความสูงดินถม(ซม.)	Δ (มม.)	Δ (ซม.)
0	0	0	11	1.4542	0.146
1	0.0454	0.005	12	1.7166	0.172
2	0.0838	0.009	13	1.9232	0.193
3	0.1495	0.015	14	2.1216	0.213
4	0.2364	0.024	15	2.3671	0.237
5	0.3429	0.035	16	2.7264	0.273
6	0.4699	0.047	17	-	-
7	0.6357	0.064	18	-	-
8	0.8194	0.082	19	-	-
9	1.01520	0.102	20	-	-
10	1.22200	0.123	21	-	-

ตารางที่ ค.17 ผลการทดลองระยะการเคลื่อนตัวโครงสร้างกันดินแบบ Relieving platformจากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ ที่ระดับการติดตั้ง 15 เซนติเมตร



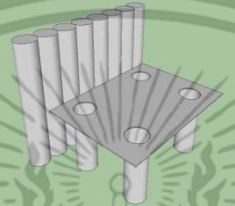
ความสูงดินถม(ซม.)	Δ (มม.)	Δ (ซม.)	ความสูงดินถม(ซม.)	Δ (มม.)	Δ (ซม.)
0	0	0	11	1.4536	0.146
1	0.0448	0.005	12	1.7166	0.172
2	0.0825	0.009	13	2.0170	0.202
3	0.1478	0.015	14	2.4008	0.241
4	0.2347	0.024	15	2.9316	0.294
5	0.3412	0.035	16	3.4215	0.343
6	0.4678	0.047	17	-	-
7	0.6341	0.064	18	-	-
8	0.8182	0.082	19	-	-
9	1.0138	0.102	20	-	-
10	1.2210	0.123	21	-	-

ตารางที่ ค.18 ผลการทดลองระยะการเคลื่อนตัวโครงสร้างกันดินแบบ Relieving platformจากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ ที่ความยาว10 เซนติเมตร



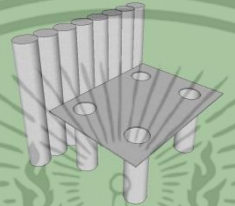
ความสูงดินถม(ซม.)	Δ (มม.)	Δ (ซม.)	ความสูงดินถม(ซม.)	Δ (มม.)	Δ (ซม.)
0	0	0	11	1.4266	0.143
1	0.0459	0.005	12	1.7704	0.178
2	0.0846	0.009	13	2.2410	0.225
3	0.1526	0.016	14	3.1086	0.311
4	0.2439	0.025	15	11.0000	1.100
5	0.3578	0.036	16	-	-
6	0.4771	0.048	17	-	-
7	0.607	0.061	18	-	-
8	0.7623	0.077	19	-	-
9	0.9461	0.095	20	-	-
10	1.1615	0.117	21	-	-

ตารางที่ ค.19 ผลการทดลองระยะการเคลื่อนตัวโครงสร้างกันดินแบบ Relieving platformจากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ ที่ความยาว 15 เซนติเมตร



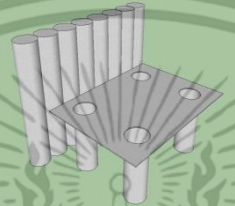
ความสูงดินถม(ซม.)	Δ (มม.)	Δ (ซม.)	ความสูงดินถม(ซม.)	Δ (มม.)	Δ (ซม.)
0	0	0	11	1.1667	0.117
1	0.0457	0.005	12	1.4351	0.144
2	0.0843	0.009	13	1.7901	0.180
3	0.1502	0.016	14	2.2897	0.229
4	0.2384	0.024	15	3.158	0.316
5	0.3477	0.035	16	6.659	0.666
6	0.4404	0.045	17	-	-
7	0.5358	0.054	18	-	-
8	0.6496	0.065	19	-	-
9	0.7884	0.079	20	-	-
10	0.9565	0.096	21	-	-

ตารางที่ ค.20 ผลการทดลองระยะการเคลื่อนตัวโครงสร้างกันดินแบบ Relieving platformจากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ ที่ความยาว 20 เซนติเมตร



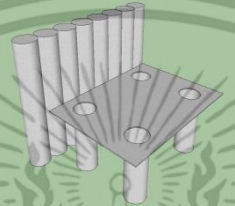
ความสูงดินถม(ซม.)	Δ (มม.)	Δ (ซม.)	ความสูงดินถม(ซม.)	Δ (มม.)	Δ (ซม.)
0	0	0	11	0.9524	0.096
1	0.0471	0.005	12	1.1538	0.116
2	0.0858	0.009	13	1.4331	0.144
3	0.151	0.016	14	1.8139	0.182
4	0.2372	0.024	15	2.3924	0.240
5	0.3414	0.035	16	3.3616	0.337
6	0.4136	0.042	17	-	-
7	0.4815	0.049	18	-	-
8	0.5644	0.057	19	-	-
9	0.6677	0.067	20	-	-
10	0.7929	0.080	21	-	-

ตารางที่ ค.21 ผลการทดลองระยะการเคลื่อนตัวโครงสร้างกันดินแบบ Relieving platformจากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ ที่ความยาว 25 เซนติเมตร



ความสูงดินถม(ซม.)	Δ (มม.)	Δ (ซม.)	ความสูงดินถม(ซม.)	Δ (มม.)	Δ (ซม.)
0	0	0	11	0.8898	0.089
1	0.0470	0.005	12	1.0639	0.107
2	0.0852	0.009	13	1.2985	0.130
3	0.1498	0.015	14	1.6219	0.163
4	0.2353	0.024	15	2.0844	0.209
5	0.3400	0.034	16	2.7910	0.280
6	0.4082	0.041	17	-	-
7	0.4691	0.047	18	-	-
8	0.5437	0.055	19	-	-
9	0.6358	0.064	20	-	-
10	0.7488	0.075	21	-	-

ตารางที่ ค.21 ผลการทดลองระยะการเคลื่อนตัวโครงสร้างกันดินแบบ Relieving platformจากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ ที่ความยาว 30 เซนติเมตร



ความสูงดินถม(ซม.)	Δ (มม.)	Δ (ซม.)	ความสูงดินถม(ซม.)	Δ (มม.)	Δ (ซม.)
0	0	0	11	0.7905	0.080
1	0.0472	0.005	12	0.9379	0.094
2	0.0853	0.009	13	1.1305	0.114
3	0.1492	0.015	14	1.4046	0.141
4	0.2336	0.024	15	1.7839	0.179
5	0.3365	0.034	16	2.3624	0.237
6	0.3960	0.040	17	-	-
7	0.4441	0.045	18	-	-
8	0.5036	0.051	19	-	-
9	0.5786	0.058	20	-	-
10	0.6726	0.068	21	-	-

ภาคผนวก ง
ภาพถ่ายแบบจำลอง

- ง.1 รูปแบบจำลองทางกายภาพเมื่อดินถมเกิดการพิบัติ
ง.1.1 โครงสร้างกันดินแบบ Single wall

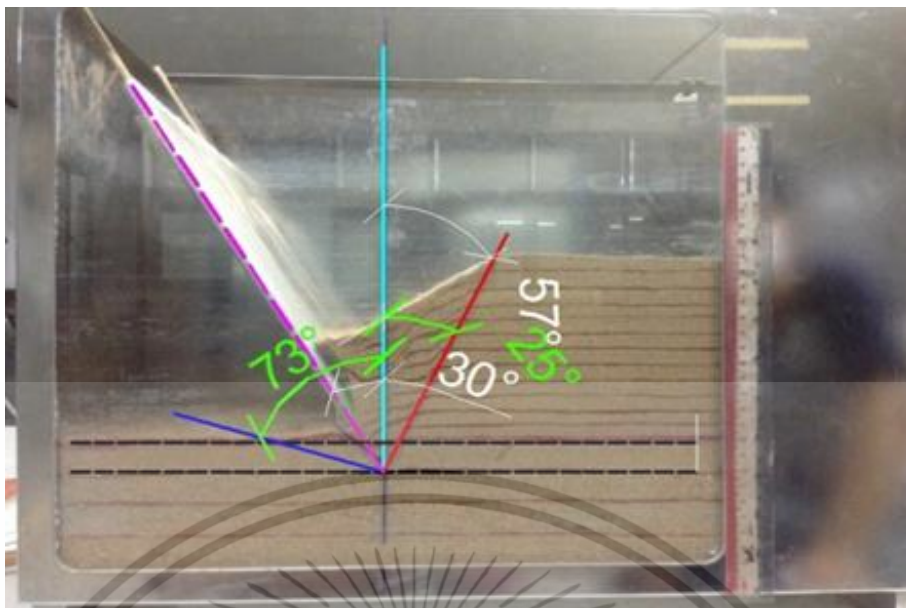


รูปที่ ง.1 การทดสอบโครงสร้างกันดินแบบ Single wall ที่ระยะการฝัง 2 เซนติเมตร ครั้งที่ 1



รูปที่ ง.2 การทดสอบโครงสร้างกันดินแบบ Single wall ที่ระยะการฝัง 2 เซนติเมตร ครั้งที่ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

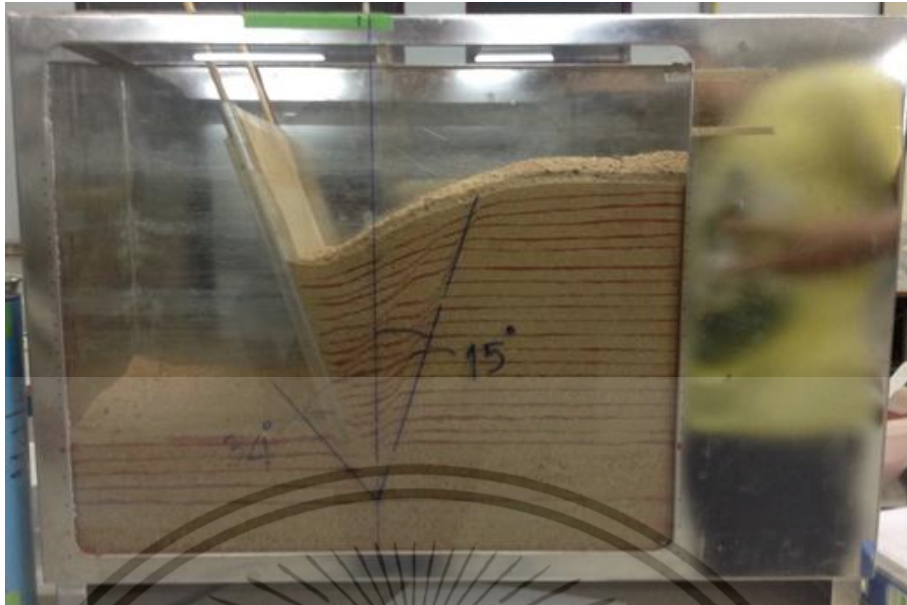


รูปที่ ง.3 การทดสอบโครงสร้างกันดินแบบ Single wall ที่ระยะการฝัง 2 เซนติเมตร ครั้งที่ 3



รูปที่ ง.4 การทดสอบโครงสร้างกันดินแบบ Single wall ที่ระยะการฝัง 4 เซนติเมตร ครั้งที่ 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

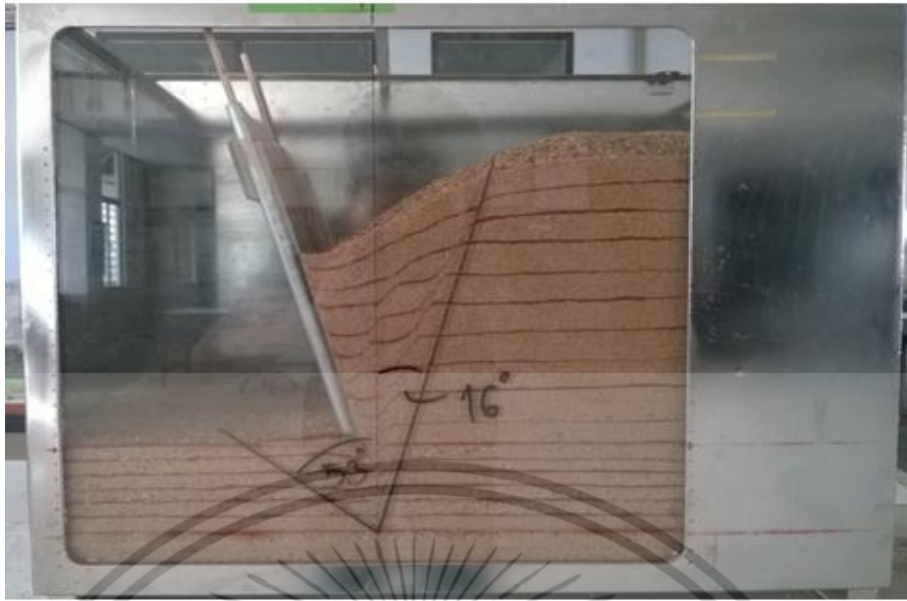


รูปที่ ๖.5 การทดสอบโครงสร้างกันดินแบบ Single Wall ที่ระยะการฝัง 4 เซนติเมตร ครั้งที่ 2



รูปที่ ๖.6 การทดสอบโครงสร้างกันดินแบบ Single wall ที่ระยะการฝัง 4 เซนติเมตร ครั้งที่ 3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ง.7 การทดสอบโครงสร้างกันดินแบบ Single wall ที่ระยะการฝัง 6 เซนติเมตร ครั้งที่ 1



รูปที่ ง.8 การทดสอบโครงสร้างกันดินแบบ Single wall ที่ระยะการฝัง 6 เซนติเมตร ครั้งที่ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ๙.๙ การทดสอบโครงสร้างกันดินแบบ Single wall ที่ระยะการฝัง 6 เซนติเมตร ครั้งที่ 3

๙.1.2 โครงสร้างกันดินแบบ buttress wall



รูปที่ ๙.๑๐ การทดสอบโครงสร้างกันดินแบบ Buttress wall ที่ระยะการฝัง 2 เซนติเมตร ครั้งที่ 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ง.11 การทดสอบโครงสร้างกันดินแบบ Buttress wall ที่ระยะการฝัง 2 เซนติเมตร ครั้งที่ 2



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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ง.13 การทดสอบโครงสร้างกันดินแบบ Buttress wall ที่ระยะการฝัง 4 เซนติเมตร ครั้งที่ 2



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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ง.15 การทดสอบโครงสร้างกันดินแบบ Butress wall ที่ระยะการฝัง 6 เซนติเมตร ครั้งที่ 2

ง.2.3 โครงสร้างกันดินแบบ relieving platform



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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ง.17 การทดสอบโครงสร้างกันดินแบบ relieving platform ที่ระยะการฝัง 2 เซนติเมตร ครั้งที่ 2



รูปที่ ง.18 การทดสอบโครงสร้างกันดินแบบ relieving platform ที่ระยะการฝัง 4 เซนติเมตร ครั้งที่ 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ง.19 การทดสอบโครงสร้างกันดินแบบ relieving platform ที่ระยะการฝัง4เซนติเมตรครั้งที่2



รูปที่ ง.20 การทดสอบโครงสร้างกันดินแบบ relieving platform ที่ระยะการฝัง6เซนติเมตรครั้งที่1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ง.21 การทดสอบโครงสร้างกันดินแบบ Relieving platform ที่ระยะการฝัง 6 เซนติเมตร ครั้งที่ 2

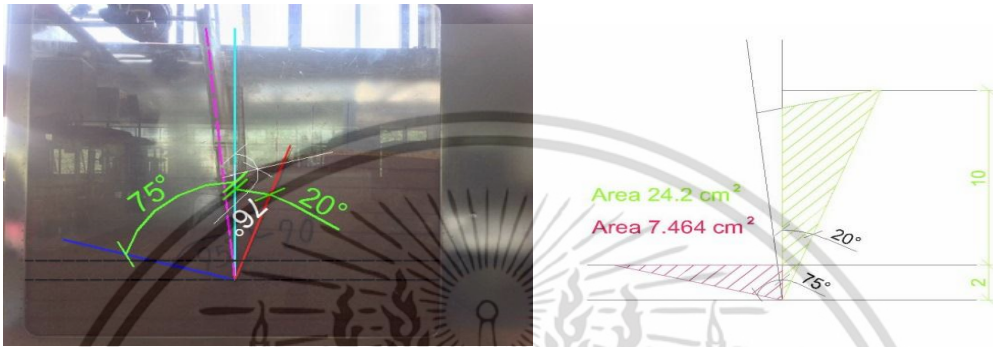


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก จ
ลักษณะการพิบัติของดินถม

จ.1 พื้นที่ของดินที่มีอิทธิพลต่อการวิบัติ

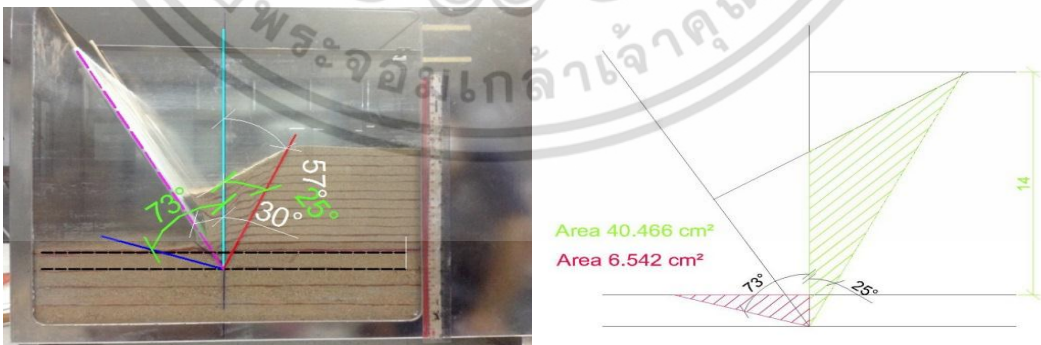
จ.1.1 โครงสร้างกันดินแบบ Single wall ระยะฝัง 2 เซนติเมตร



รูปที่ จ.1 พื้นที่ของดินที่มีอิทธิพลต่อการวิบัติของโครงสร้างกันดินแบบ single wall ครึ่งที่ 1



รูปที่ จ.2 พื้นที่ของดินที่มีอิทธิพลต่อการวิบัติของโครงสร้างกันดินแบบ single wall ครึ่งที่ 2



รูปที่ จ.3 พื้นที่ของดินที่มีอิทธิพลต่อการวิบัติของโครงสร้างกันดินแบบ single wall ครึ่งที่ 3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ จ.1 การเปรียบเทียบพื้นที่การวัดของโครงสร้างกันดินแบบ single wall ระยะฝัง 2 เซนติเมตร

เปรียบเทียบพื้นที่การวัดของโครงสร้างกันดินแบบ 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

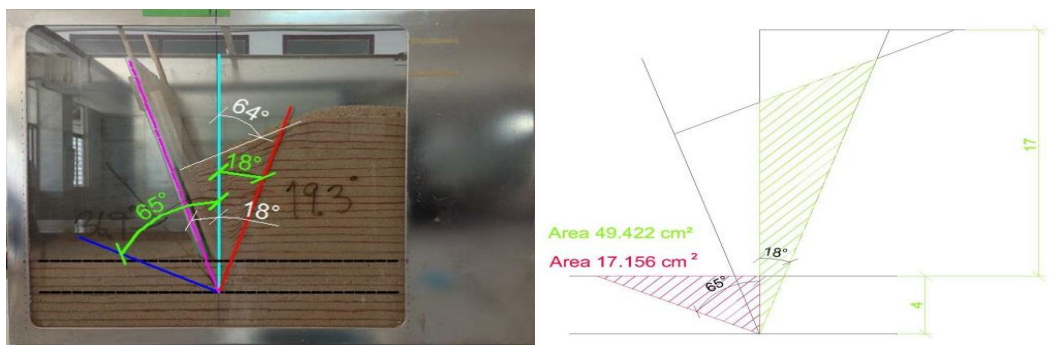


รูปที่ จ.4 พื้นที่ของดินที่มีอิทธิพลต่อการวัดของโครงสร้างกันดินแบบ single wall ครั้งที่ 1



รูปที่ จ.5 พื้นที่ของดินที่มีอิทธิพลต่อการวัดของโครงสร้างกันดินแบบ single wall ครั้งที่ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ จ.6 พื้นที่ของดินที่มีอิทธิพลต่อการวิบัติของโครงสร้างกันดินแบบ single wall ครั้งที่ 3

ตารางที่ จ.2 การเปรียบเทียบพื้นที่การวิบัติของโครงสร้างกันดินแบบ single wall ระยะฝัง 4 เซนติเมตร

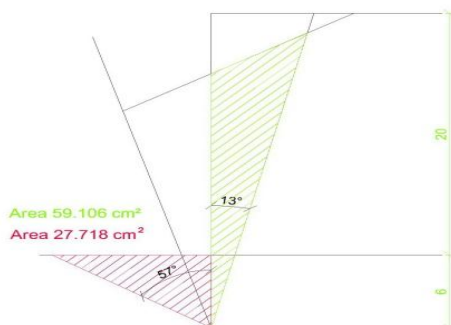
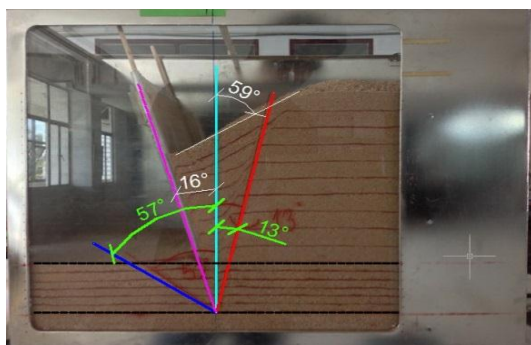
เปรียบเทียบพื้นที่การวิบัติของโครงสร้างกันดินแบบ single wall ระยะฝัง 4 เซนติเมตร			
ครั้งที่	พื้นที่การวิบัติ (ตารางเซนติเมตร)		
	Active	Passive	รวม
1	44.649	17.156	61.805
2	61.646	16.402	78.048
3	49.422	17.156	66.578
เฉลี่ย	51.906	16.905	68.810

จ.1.3 โครงสร้างกันดินแบบ single wall ระยะฝัง 6 เซนติเมตร

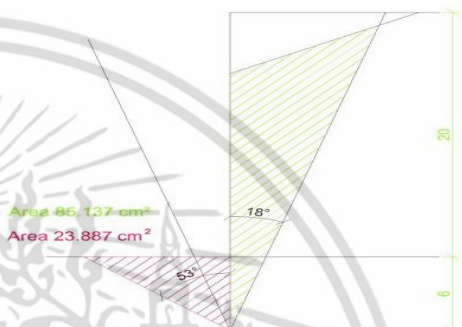
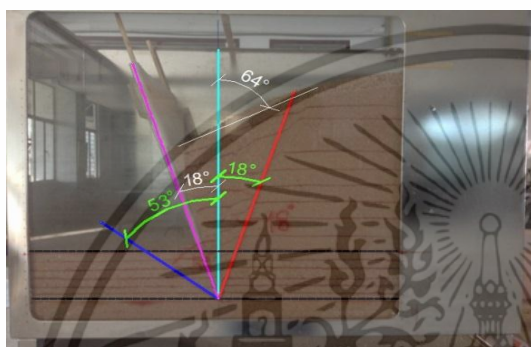


รูปที่ จ.7 พื้นที่ของดินที่มีอิทธิพลต่อการวิบัติของโครงสร้างกันดินแบบ single wall ครั้งที่ 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ จ.8 พื้นที่ของดินที่มีอิทธิพลต่อการวิบัติของโครงสร้างกันดินแบบ single wall ครั้งที่ 2



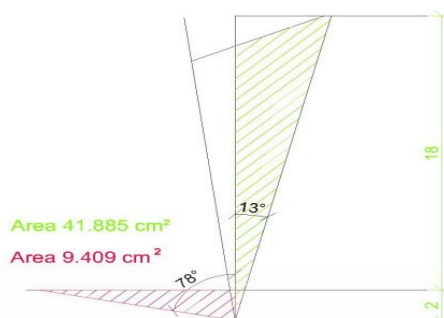
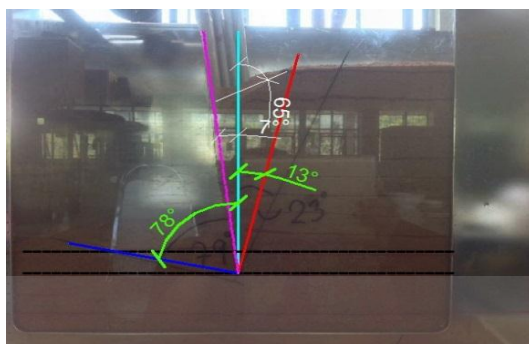
รูปที่ จ.9 พื้นที่ของดินที่มีอิทธิพลต่อการวิบัติของโครงสร้างกันดินแบบ single wall ครั้งที่ 3

ตารางที่ จ.3 การเปรียบเทียบพื้นที่การวิบัติของโครงสร้างกันดินแบบ single wall ระยะฝัง 6 เซนติเมตร

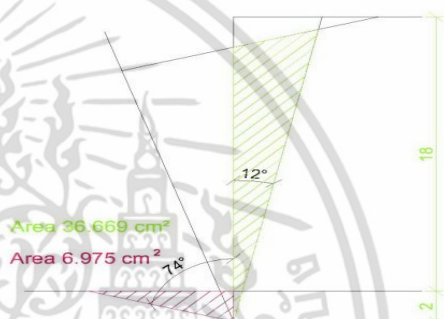
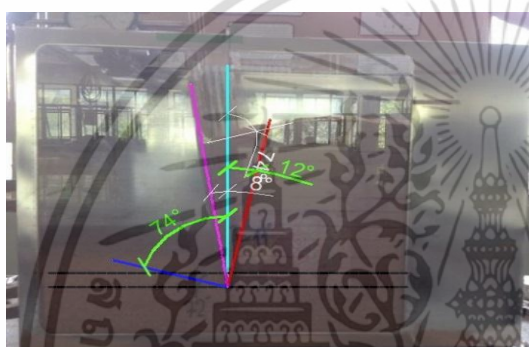
เปรียบเทียบพื้นที่การวิบัติของโครงสร้างกันดินแบบ single wall ระยะฝัง 6 เซนติเมตร			
ครั้งที่	พื้นที่การวิบัติ (ตารางเซนติเมตร)		
	Active	Passive	รวม
1	74.046	26.686	100.732
2	59.106	27.718	86.824
3	85.137	23.887	109.024
เฉลี่ย	72.763	26.097	98.860

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จ.1.4 โครงสร้างกันดินแบบ buttress wall ระยะฝัง 2 เซนติเมตร



รูปที่ จ.10 พื้นที่ของดินที่มีอิทธิพลต่อการวิบัติของโครงสร้างกันดินแบบ buttress wall ครั้งที่ 1



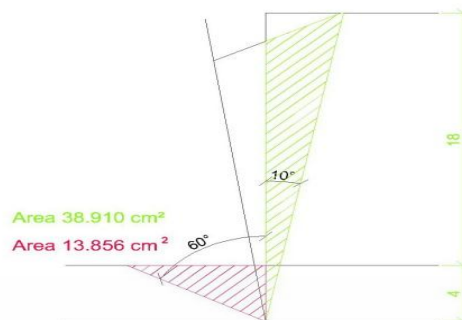
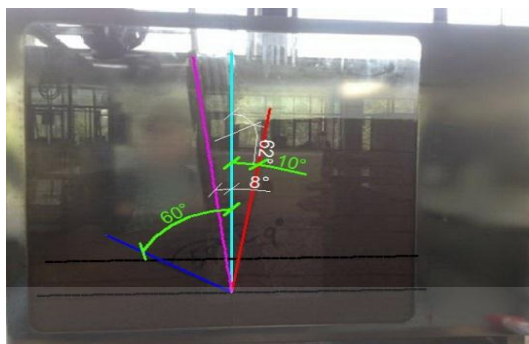
รูปที่ จ.11 พื้นที่ของดินที่มีอิทธิพลต่อการวิบัติของโครงสร้างกันดินแบบ buttress wall ครั้งที่ 2

ตารางที่ จ.4 การเปรียบเทียบพื้นที่การวิบัติของโครงสร้างกันดินแบบ buttress wall ระยะฝัง 2 เซนติเมตร

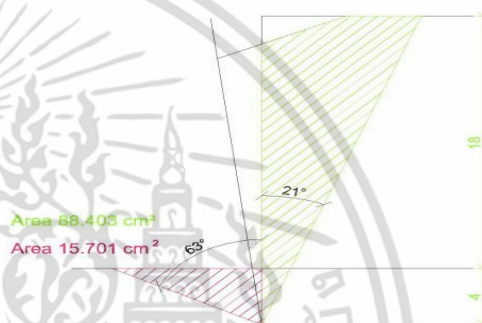
เปรียบเทียบพื้นที่การวิบัติของโครงสร้างกันดินแบบ buttress wall ระยะฝัง 2 เซนติเมตร			
ครั้งที่	พื้นที่การวิบัติ (ตารางเซนติเมตร)		
	Active	Passive	รวม
1	41.885	9.409	51.294
2	36.669	6.975	43.644
เฉลี่ย	39.277	8.192	47.469

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จ.1.5 โครงสร้างกันดินแบบ buttress wall ชม.ระยะฝัง 4 เซนติเมตร



รูปที่ จ.12 พื้นที่ของดินที่มีอิทธิพลต่อการวิบัติของโครงสร้างกันดินแบบ buttress wall ครึ่งที่ 1



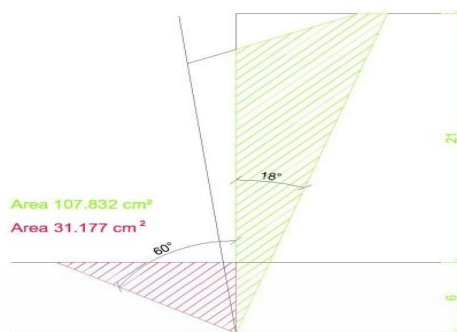
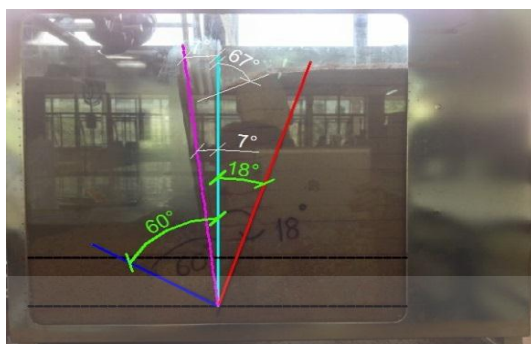
รูปที่ จ.13 พื้นที่ของดินที่มีอิทธิพลต่อการวิบัติของโครงสร้างกันดินแบบ buttress wall ครึ่งที่ 2

ตารางที่ จ.5 การเปรียบเทียบพื้นที่การวิบัติของโครงสร้างกันดินแบบ buttress wall ระยะฝัง 4 เซนติเมตร

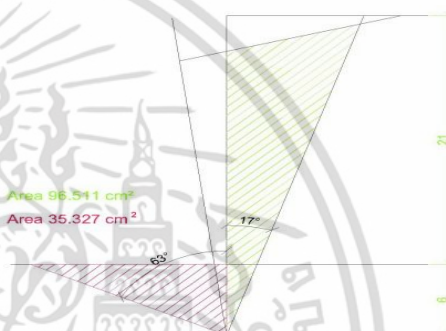
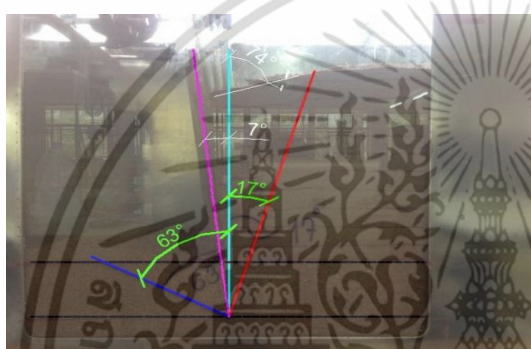
เปรียบเทียบพื้นที่การวิบัติของโครงสร้างกันดินแบบ buttress wall ระยะฝัง 4 เซนติเมตร			
ครึ่งที่	พื้นที่การวิบัติ (ตารางเซนติเมตร)		
	Active	Passive	รวม
1	38.910	13.856	52.766
2	88.403	15.701	104.104
เฉลี่ย	63.657	14.779	78.435

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จ.1.6 โครงสร้างกันดินแบบ buttress wall ระยะฝัง 6 เซนติเมตร



รูปที่ จ.14 พื้นที่ของดินที่มีอิทธิพลต่อการวิบัติของโครงสร้างกันดินแบบ buttress wall ครั้งที่ 1



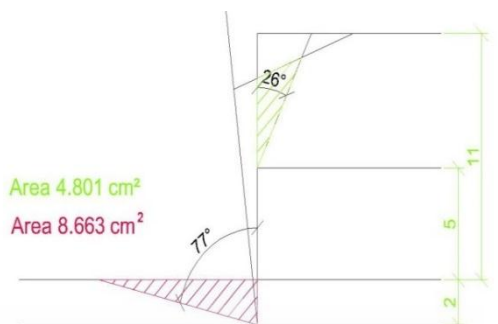
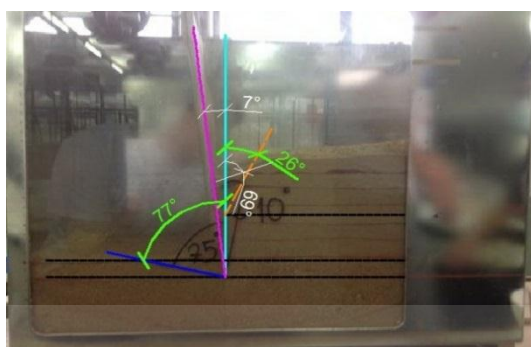
รูปที่ จ.15 พื้นที่ของดินที่มีอิทธิพลต่อการวิบัติของโครงสร้างกันดินแบบ buttress wall ครั้งที่ 2

ตารางที่ จ.6 การเปรียบเทียบพื้นที่การวิบัติของโครงสร้างกันดินแบบ buttress wall ระยะฝัง 6 เซนติเมตร

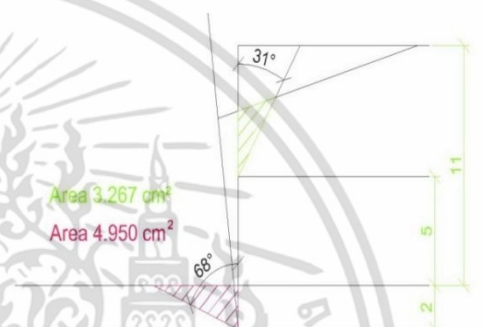
เปรียบเทียบพื้นที่การวิบัติของโครงสร้างกันดินแบบ buttress wall ระยะฝัง 6 เซนติเมตร			
ครั้งที่	พื้นที่การวิบัติ (ตารางเซนติเมตร)		
	Active	Passive	รวม
1	107.832	31.177	139.009
2	96.511	35.327	131.838
เฉลี่ย	102.172	33.252	135.424

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จ.1.7 โครงสร้างกันดินแบบ relieving platformระยะฝั่ง 2 เซนติเมตร



รูปที่ จ.16 พื้นที่ของดินที่มีอิทธิพลต่อการวิบัติของโครงสร้างกันดินแบบrelieving platformครั้งที่1



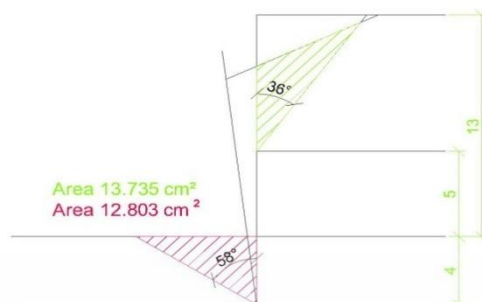
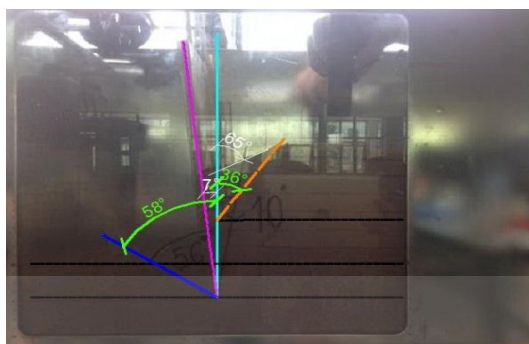
รูปที่ จ.17 พื้นที่ของดินที่มีอิทธิพลต่อการวิบัติของโครงสร้างกันดินแบบrelieving platformครั้งที่2

ตารางที่ จ.7 การเปรียบเทียบพื้นที่การวิบัติของโครงสร้างกันดินแบบ relieving platform ระยะฝั่ง 2 เซนติเมตร

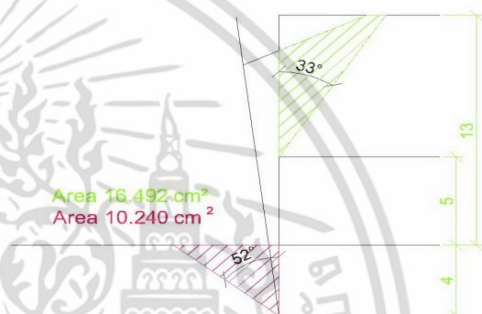
เปรียบเทียบพื้นที่การวิบัติของโครงสร้างกันดินแบบ relieving platformระยะฝั่ง 2 เซนติเมตร			
ครั้งที่	พื้นที่การวิบัติ (ตารางเซนติเมตร)		
	Active	Passive	รวม
1	4.801	8.663	13.464
2	3.267	4.950	8.217
เฉลี่ย	4.034	6.807	10.841

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จ.1.8 โครงสร้างกันดินแบบ relieving platform ระยะฝัง 4 เซนติเมตร



รูปที่ จ.18 พื้นที่ของดินที่มีอิทธิพลต่อการวิบัติของโครงสร้างกันดินแบบ relieving platform ครั้งที่ 1



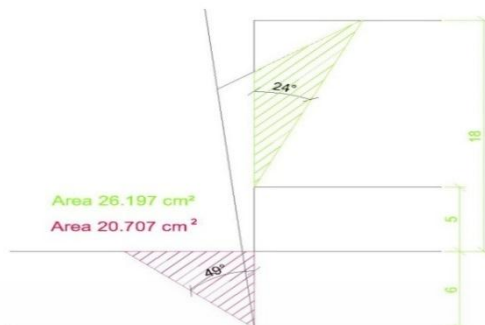
รูปที่ จ.19 พื้นที่ของดินที่มีอิทธิพลต่อการวิบัติของโครงสร้างกันดินแบบ relieving platform ครั้งที่ 2

ตารางที่ จ.8 การเปรียบเทียบพื้นที่การวิบัติของโครงสร้างกันดินแบบ relieving platform ระยะฝัง 4 เซนติเมตร

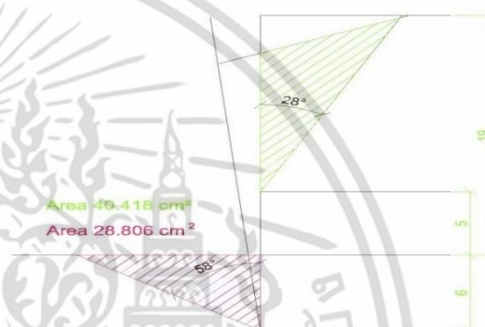
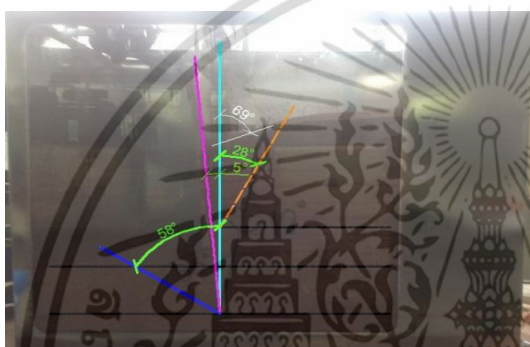
เปรียบเทียบพื้นที่การวิบัติของโครงสร้างกันดินแบบ relieving platform ระยะฝัง 4 เซนติเมตร			
ครั้งที่	พื้นที่การวิบัติ (ตารางเซนติเมตร)		
	Active	Passive	รวม
1	13.735	12.803	26.538
2	16.492	10.240	26.732
เฉลี่ย	15.114	11.522	26.635

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จ.1.9 โครงสร้างกันดินแบบ relieving platformระยะฝั่ง 6 เซนติเมตร



รูปที่ จ.20 พื้นที่ของดินที่มีอิทธิพลต่อการวิบัติของโครงสร้างกันดินแบบrelieving platformครั้งที่1



รูปที่จ.21พื้นที่ของดินที่มีอิทธิพลต่อการวิบัติของโครงสร้างกันดินแบบrelieving platformครั้งที่2

ตารางที่ จ.9 การเปรียบเทียบพื้นที่การวิบัติของโครงสร้างกันดินแบบ relieving platform ระยะฝั่ง 6 เซนติเมตร

เปรียบเทียบพื้นที่การวิบัติของโครงสร้างกันดินแบบ relieving platformระยะฝั่ง 6 เซนติเมตร			
ครั้งที่	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 ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-นามสกุล นายศักราช ยศสุวรรณ
 วัน เดือน ปีเกิด 24 พฤษภาคม 2535 จังหวัดกรุงเทพมหานคร
 ที่อยู่ 1/748 ม.การเคหะรามคำแหง ถ.รามคำแหง แขวงมีนบุรีเขตมีนบุรี
 จังหวัดกรุงเทพมหานคร 10510 โทร.02-540-5172
 ประวัติการศึกษา 2557 วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา
 สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
 ความชำนาญเฉพาะด้าน 1.) วิศวกรรมธรณีเทคนิค
 งานวิจัยที่ได้รับการตีพิมพ์ ศักราช(2559).การศึกษาาระบบโครงสร้างกันดินในชั้นทรายด้วย
 แบบจำลองทางกายภาพและแบบจำลองทางคณิตศาสตร์การประชุม
 วิชาการโยธาแห่งชาติครั้งที่ 21. จ.สงขลา ประเทศไทย



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้