การออกแบบและเปรียบเทียบราคากำแพงกันดินชนิดเสาเข็มและแผ่นกันดินคอนกรีตเสริมเหล็ก

DESIGN AND PRICE COMPARISON OF PILE AND CONCRETE RETAINING WALLS

ผไทวุฒิ ภักดีสมัย
พราวพิราศ วรสวัสดิ์
นพรุจ สัจวาที

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2565

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

DESIGN AND PRICE COMPARISON OF PILE AND CONCRETE RETAINING WALLS

PHATAIWUT PHAKDEESAMAI
PRAWPIRAS WORASAWAT
NOPPARUT SADJAWATEE

A SPAEIAL PROJECT SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF THE REQUIREMENT
FOR THE DEGREE OF BACHELOR OF CIVIL ENGINEERING
DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING , SCHOOL OF ENGINEERING
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG
ACADEMIC YEAR 2022

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ใบรับรองโครงงานพิเศษ

หัวข้อโครงงานพิเศษ การออกแบบและเปรียบเทียบราคากำแพงกันดินชนิดเสาเข็มและแผ่นกันดินคอนกรีตเสริมเหล็ก
Design and price comparison of pile and concrete retaining walls

นักศึกษา	นายผไทวุฒิ	ภักดีสมัย	รหัสนักศึกษา 62010574
	นางสาวพราวพิราศ	วรสวัสดิ์	รหัสนักศึกษา 62010598
	นายนพรุจ	สัจวาที	รหัสนักศึกษา 62011314

หลักสูตร วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชา วิศวกรรมโยธา
อาจารย์ที่ปรึกษา ผศ.สมเกียรติ ขวัญพฤกษ์

คณะกรรมการสอบโครงงานพิเศษ	ลายมือชื่อ
รศ.ดร.ชลิดา อู่ตะเภา	
รศ.ดร.แหลมทอง เหล่าคงถาวร	
ผศ.สมเกียรติ ขวัญพฤกษ์	

ภาควิชาวิศวกรรมโยธารับรองแล้ว

(รศ.ดร.ชลิดา อู่ตะเภา)
หัวหน้าภาควิชาวิศวกรรมโยธา
วันที่ 5 พฤษภาคม 2566

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การออกแบบและเปรียบเทียบราคากำแพงกันดินชนิดเสาเข็มและแผ่นกันดินคอนกรีตเสริมเหล็ก

นายผไทวุฒิ ภักดีสมัย รหัสนักศึกษา 62010574
นางสาวพราวพิราศ วรสวัสดิ์ รหัสนักศึกษา 62010598
นายนพรุจ สัจวาที รหัสนักศึกษา 62011314

อาจารย์ที่ปรึกษา ผศ.สมเกียรติ ขวัญพฤกษ์
ปีการศึกษา 2565

บทคัดย่อ

ในปัจจุบันหากเจ้าของบ้านต้องการถมดินและมีการกันพังของดินที่ถมด้วยกำแพงกันดินชนิดเสาเขาและแผ่นกันดินคอนกรีตเสริมเหล็ก เจ้าของบ้านไม่สามารถทราบต้นทุนล่วงหน้าโดยประมาณของการก่อสร้างได้อีกทั้งค่าวัสดุในการก่อสร้างในแต่ละพื้นที่มีความแตกต่างกันไปจึงเป็นปัญหาในการเปรียบเทียบราคาในการตัดสินใจเลือกผู้รับเหมา จึงได้ใช้โปรแกรม Microsoft Excel สร้างโปรแกรมการออกแบบกำแพงกันดินเพื่อให้เหมาะสมกับลักษณะทางกายภาพของดิน ณ ตำแหน่งนั้นๆ การออกแบบจะกำหนดให้ฝังแผ่นกันดินคอนกรีตเสริมเหล็กลงในดินเดิมเพื่อช่วยรับแรงด้านข้างและช่วยลดความลึกของเสาเข็ม โดยวิธีการลองผิดลองถูก ผลการศึกษาโปรแกรมการออกแบบดังกล่าวพบว่าในกรณีที่ระดับน้ำเท่ากัน ช่วงความสูงดินถม 0.00 เมตร ถึง 1.00 เมตร ราคาต้นทุนต่อความกว้างกำแพง 1 เมตร กรณีไม่กดแผ่นสอดลงในดินเดิมมีแนวโน้มของราคาต้นทุนที่ถูกกว่ากรณีกดแผ่นสอดลงไปในดินเดิม แต่ตั้งแต่ความสูงดินถม 1.00 เมตรขึ้นไปกรณีกดแผ่นสอดลงไปในดินเดิมมีแนวโน้มของราคาต้นทุนที่ถูกกว่ากรณีไม่กดแผ่นสอดลงในดินเดิม ในกรณีที่มีความต่างของระดับน้ำ ความสูงดินถม 0.00 เมตร ถึง 1.00 เมตร กรณีกดแผ่นสอกลงในดินเดิมมีแนวโน้มต้นทุนที่สูงกว่ากรณีไม่กดแผ่นสอดลงในดินเดิม แต่ตั้งแต่ความสูงดินถม 1.00 เมตรขึ้นไป ขึ้นไปกรณีกดแผ่นสอดลงไปในดินเดิมมีแนวโน้มของราคาต้นทุนที่ถูกกว่ากรณีไม่กดแผ่นสอดลงในดินเดิมในทุกความสูงของระดับน้ำ

คำสำคัญ: กำแพงกันดินชนิดเสาเข็ม, การลองผิดลองถูก, Microsoft Excel

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

DESIGN AND PRICE COMPARISON OF PILE AND CONCRETE RETAINING WALLS

Mr. Phataiwut Phakdeesamai Student ID. 62010574
Ms. Prawpiras Worasawst Student ID. 62010598
Mr. Nopparut Sadjawatee Student ID. 61011314

Advisor: Asst. Prof. Somkiet Khwanpruk

Academic Year 2022

ABSTRACT

At present, if the owner wants to fill the soil and have a soil that is filled with a pile retaining wall and reinforced concrete retaining The owner cannot know the estimated cost of construction. In addition, the cost of construction materials in each area is different. Therefore, it is a problem in comparing the price in deciding to choose a contractor. Therefore, Microsoft Excel program has used Microsoft Excel to create a retaining wall design program to suit the physical characteristics of the soil at that location. The results of the study of the design program found that if the water level is the same, the soil reclamation range 0.00 meters to 1.00 meters, the cost price per wall width 1 meter. In the case of not pressing the wall plate into the original soil, there is a tendency to be cheaper than the case of pressing the wall plate into the original soil. But from the height of the soil reclamation is 1.00 meters or more. In the case of pressing the wall plate into the original soil, there is a tendency to have a cheaper cost price than the case of not pressing the wall plate into the original soil. In the case of difference water level, the soil reclamation height 0.00 meters to 1.00 meters. In the case of pressing the wall plate into the original soil, there is a higher cost than the case of not pressing the wall plate into the original soil. But from the height of the soil reclamation of 1.00 meters or more, in the case of pressing the wall plate into the original soil, there is a tendency of a cheaper cost price than the case of not pressing the wall plate into the original soil in all the height of the water level.

KEYWORDS: Pile retaining walls , Try and error , Microsoft excel

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ที่เล่มนี้สำเร็จลุล่วงได้ เนื่องจากได้รับความอนุเคราะห์ช่วยเหลือดียิ่งจาก ผศ.สมเกียรติ ขวัญพฤกษ์ ที่กรุณาให้คำแนะนำเพื่อปรังปรุงแก้ไขข้อบกพร่อง อีกทั้งสละเวลาเพื่อให้คำปรึกษา กับคณะผู้จัดทำตลอดจนให้ความรู้ เอาใจใส่ ให้คำแนะนำช่วยเหลือในการแก้ปัญหา ให้ประสบการณ์ที่ดี อันเป็นประโยชน์อย่างยิ่งกับปริญญานิพนธ์นี้ พวกเราผู้จัดทำขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอขอบพระคุณคณาจารย์ภาควิชาวิศวกรรมโยธา สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่ให้ความรู้ในทุกๆ รายวิชาที่ศึกษาเพื่อเป็นพื้นฐาน อันเป็นประโยชน์ยิ่งในการทำโครงงานพิเศษเล่มนี้ให้สำเร็จลุล่วง ตลอดจนอาจารย์ประจำภาควิชาต่างๆ ที่ให้คำแนะนำ และกำลังใจอย่างดียิ่ง

ขอขอบคุณปริญญานิพนธ์ที่เกี่ยวข้องที่ให้คำความรู้ในการทำโครงงานเล่มนี้ให้สำเร็จลุล่วง ขอขอบคุณเพื่อน ๆ ในภาควิชาวิศวกรรมโยธา ที่คอยให้คำแนะนำ ช่วยเหลือซึ่งกันและกันในการทำโครงงาน รวมถึงตลอดระยะเวลาที่ได้เรียนรู้ศึกษาในภาควิชาโยธานี้ตลอดมา

ขอขอบคุณผู้ตอบแบบสอบถามทุกท่านที่ได้กรุณาให้ข้อมูลโดยการตอบแบบสอบถามตามความเป็นจริงและครบถ้วน

สุดท้ายขอขอบพระคุณ บิดา มารดาอันเป็นที่เคารพรักยิ่ง ซึ่งเป็นผู้ให้ความรักและกำลังใจในการสนับสนุนการศึกษาเล่าเรียนของคณะผู้จัดทำมาโดยตลอด ทำให้คณะผู้จัดทำมีวันนี้ได้ คณะผู้จัดทำรู้สึกซาบซึ้งในพระคุณเป็นอย่างสูง

ผไทวุฒิ ภักดีสมัย
พราวพิราศ วรสวัสดิ์
นพรุจ สัจวาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

เรื่อง หน้า
บทคัดย่อ I
ABSTRACT II
กิตติกรรมประกาศ III
สารบัญ IV
สารบัญตาราง VIII
สารบัญรูปภาพ X
บทที่ 1 บทนำ 1
1.1. ที่มาและความสำคัญ 1
1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย 1
1.3 ขอบเขตของงานวิจัย 1
1.4 ขั้นตอนการวิจัยและวิธีการดำเนินงาน 1
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 2
บทที่ 2 วรรณกรรมปริทัศน์และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 3
2.1 ความหมายของกำแพงกันดิน 3
2.2 ประเภทของกำแพงกันดิน 3
2.2.1 กำแพงกันดินแบบ Gravity wall 3
2.2.2 กำแพงกันดินแบบ Cantilever wall 4
2.2.3 กำแพงกันดิน Piling wall 4
2.2.4 กำแพงกันดิน Anchored wall 5
2.2.5 กำแพงกันดินแบบ Diaphragm wall 5
2.3 ส่วนประกอบของกำแพงกันดินเสริมกำลัง 6
2.3.1 วัสดุถม (Backfill) 6
2.3.2 วัสดุเสริมกำลัง (Reinforcement) 6
2.3.3 วัสดุปิดผิวหน้ากำแพง (Facing) 6
2.4 ขั้นตอนการติดตั้งกำแพงกันดิน 6
2.4.1 เข้าไปตรวจเช็คสภาพพื้นที่งาน 6
2.4.2 เก็บรวบรวมข้อมูลที่จำเป็นในการติดตั้งกำแพงกันดิน 6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

เรื่อง หน้า

2.4.3 คำนวณขนาดและความยาวของชิ้นส่วน....7
2.4.4 คำนวณความยาวของเสาเข็มไอ....6
2.4.5 คำนวณขนาดของเสาเข็มไอ....6
2.4.6 เตรียมผลิตชิ้นส่วนและจัดส่ง....7
2.4.7 นำชิ้นส่วนต่างๆติดตั้ง....7
2.4.8 ถมดินให้เต็มช่องว่างที่ได้เว้นไว้ก่อนติดตั้ง....7
2.5 พฤติกรรมการพังทลายของดิน....7
2.5.1 การพังทลายของดินตามธรรมชาติ....7
2.5.2 การพังทลายของดินโดยที่มีตัวเร่งมาเกี่ยวข้อง....7
2.6 สาเหตุของการวิบัติของลาดคันดิน....8
2.6.1 สาเหตุจากการกัดเซาะ....8
2.6.2 สาเหตุจากน้ำฝน....8
2.6.3 สาเหตุจากแผ่นดินไหว....9
2.6.4 สาเหตุจากลักษณะทางธรณีวิทยา....9
2.6.5 สาเหตุจากแรงกระทำจากภายนอก....9
2.6.6 สาเหตุจากการก่อสร้าง....10
2.6.7 การลดลงของระดับน้ำอย่างรวดเร็ว....11
2.6.8 การลื่นไถล (Slides)....12
2.6.9 Soil heave or Soil squeezing....12
2.7 สมบัติทางกายภาพของดิน (Soil Physical Properties)....13
2.7.1 นิยามความสัมพันธ์ขององค์ประกอบในดิน (Phase Relation Definitions)....14
2.7.2 ความสัมพันธ์ของปริมาตร (Volumetric relationship)....15
2.7.3 ความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักกับปริมาตร (Weight – volume relationship)....16
2.8 ทฤษฎีแรงดันดินด้านข้าง (Lateral Earth Pressure)....19
2.8.1 แรงดันดินแบบอยู่กับที่ (At rest case)....22
2.8.2 แรงดันดินด้านข้างสภาวะเชิงรุก (Active)....23
2.8.3 แรงดันดินด้านข้างสภาวะเชิงรับ (Passive)....26
2.9 เสาเข็มคอนกรีตรูปตัวไอ....29
2.10 ขั้นตอนการผลิตเสาเข็ม....29

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

เรื่อง หน้า

2.10.1 จัดเตรียมพิมพ์สำหรับทำเสาเข็มรูปตัวไอ 29
2.10.2 ทำการขึงลวดเหล็กที่บนแบบพิมพ์รูปตัวไอ 29
2.10.3 ทำการเทคอนกรีตชนิดแห้งเร็วลงในแบบพิมพ์ให้พอดีตามขนาดที่กำหนด 26
2.10.4 รอให้คอนกรีตแห้ง 26
2.11 ข้อดีของเสาเข็มรูปตัวไอ 29
2.11.1 รองรับน้ำหนักได้มาก 29
2.11.2 มีให้เลือกหลายขนาด 29
2.11.3 น้ำหนักเบา 26
2.11.4 ใช้งานง่าย 26
2.11.5 ราคาถูก 30
2.12 ข้อควรระวังในการใช้เสาเข็มรูปตัวไอ 30
2.12.1 แรงสั่นสะเทือนสูง 30
2.12.2 ต้องเคลื่อนย้ายอย่างระวัง 30
2.13 พฤติกรรมของกำแพงเสาเข็มเรียงต่อเนื่องหน้าตัดรูปตัวไอ 30
2.14 ราคาเสาเข็มและแผ่นพื้นสำเร็จรูปชนิดตัน 32
บทที่ 3 วิธีการดำเนินงานวิจัย 34
3.1 กำหนดตัวแปรในการวิเคราะห์ข้อมูล 35
3.1.1 วิธีลองผิดลองถูก (Trial and Error) 35
3.2 กระบวนการทำงานของโปรแกรม 35
3.2.1 คำนวณหาความลึกเสาเข็ม 36
3.2.2 ออกแบบแผ่นกำแพงกันดินชนิดชนิดแผ่นพื้นตัน 37
3.2.3 คำนวณราคาต้นทุนกำแพงกันดินชนิดเสาเข็มและแผ่นสอดชนิดแผ่นพื้นตัน 39
3.2.4 ออกแบบแผ่นกำแพงกันดินชนิดแผ่นคอนกรีตเสริมเหล็ก โดยวิธีหน่วยแรงใช้งาน (WSD) 40
3.2.5 คำนวณราคาต้นทุนกำแพงกันดินชนิดเสาเข็มและแผ่นสอดชนิดคอนกรีตเสริมเหล็ก 39
บทที่ 4 ผลการวิจัยและอภิปรายผล 45
4.1 ผลการวิจัย 45
4.1.1 ผลการวิจัยเปรียบเทียบกำแพงกันดินกับความสูงดินถม (กรณีแผ่นพื้นตัน) 45
4.1.2 ผลการวิจัยเปรียบเทียบกำแพงกันดินกับความสูงดินถม (กรณีแผ่นพื้นคอนกรีตเสริมเหล็ก) 51

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

เรื่อง หน้า
4.2 อภิปรายผลการวิจัย....57
4.2.1 กรณีใช้แผ่นพื้นตัน....57
4.2.2 กรณีใช้แผ่นพื้นคอนกรีตเสริมเหล็ก....60
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ....63
5.1 สรุปผลการวิจัย....63
5.2 ข้อเสนอแนะ....63
เอกสารอ้างอิง....64
ภาคผนวก ก....66
ผลการทดลองประมาณต้นทุน....66
ประวัติผู้เขียน....75

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

เรื่อง หน้า

ตารางที่ 1.1 ขั้นตอนการดำเนินงาน 2

ตารางที่ 2.1 ค่าอัตราส่วนช่องว่าง (Void ratio), ปริมาณความชื้น (Moisture content) และ หน่วยน้ำหนักแห้ง (Dry unit weight) ของดินในธรรมชาติทั่วๆไป 15

ตารางที่ 2.2 แสดงปริมาณการเคลื่อนตัวที่ก่อให้เกิดสภาวะ Active ในแต่ละชนิดของดิน 28

ตารางที่ 2.3 ตารางแสดงราคาเสาเข็มรูปตัวไอ 32

ตารางที่ 2.4 ตารางแสดงราคาแผ่นพื้นตัน 32

ตารางที่ 2.5 ตารางแสดงราคาเหล็กเส้น 33

ตารางที่ 2.5 ตารางแสดงราคาคอนกรีต 33

ตารางที่ ก.1 ราคาต้นทุนการณีใช้เสาเข็ม I 18 และระดับน้ำอยู่ที่ + 0.50 ม. (แผ่นพื้นตัน) 66

ตารางที่ ก.2 ราคาต้นทุนการณีใช้เสาเข็ม I 22 และระดับน้ำอยู่ที่ + 0.50 ม (แผ่นพื้นตัน) 66

ตารางที่ ก.3 ราคาต้นทุนการณีใช้เสาเข็ม I 26 และระดับน้ำอยู่ที่ + 0.50 ม (แผ่นพื้นตัน) 67

ตารางที่ ก.4 ราคาต้นทุนการณีใช้เสาเข็ม I 30 และระดับน้ำอยู่ที่ + 0.50 ม (แผ่นพื้นตัน) 67

ตารางที่ ก.5 ราคาต้นทุนการณีใช้เสาเข็ม I 35 และระดับน้ำอยู่ที่ + 0.50 ม (แผ่นพื้นตัน) 68

ตารางที่ ก.6 ราคาต้นทุนการณีใช้เสาเข็ม I 40 และระดับน้ำอยู่ที่ + 0.50 ม (แผ่นพื้นตัน) 68

ตารางที่ ก.7 ราคาต้นทุนการณีใช้เสาเข็ม I 45 และระดับน้ำอยู่ที่ + 0.50 ม (แผ่นพื้นตัน) 69

ตารางที่ ก.8 ราคาต้นทุนกรณีมีระดับน้ำ และใช้เสาเข็ม I 22 ไม่ฝังแผ่นพื้นในดินเดิม (แผ่นพื้นตัน) 69

ตารางที่ ก.9 ราคาต้นทุนกรณีมีระดับน้ำ และใช้เสาเข็ม I 22 ฝังแผ่นพื้นในดินเดิม 0.70 ม (แผ่นพื้นตัน) 70

ตารางที่ ก.10 ราคาต้นทุนการณีใช้เสาเข็ม I 18 และระดับน้ำอยู่ที่ + 0.50 ม. (แผ่นคสล.) 70

ตารางที่ ก.11 ราคาต้นทุนการณีใช้เสาเข็ม I 22 และระดับน้ำอยู่ที่ + 0.50 ม (แผ่นคสล.) 71

ตารางที่ ก.12 ราคาต้นทุนการณีใช้เสาเข็ม I 26 และระดับน้ำอยู่ที่ + 0.50 ม (แผ่นคสล.) 71

ตารางที่ ก.13 ราคาต้นทุนการณีใช้เสาเข็ม I 30 และระดับน้ำอยู่ที่ + 0.50 ม (แผ่นคสล.) 72

ตารางที่ ก.14 ราคาต้นทุนการณีใช้เสาเข็ม I 35 และระดับน้ำอยู่ที่ + 0.50 ม (แผ่นคสล.) 72

ตารางที่ ก.15 ราคาต้นทุนการณีใช้เสาเข็ม I 40 และระดับน้ำอยู่ที่ + 0.50 ม (แผ่นคสล.) 73

ตารางที่ ก.16 ราคาต้นทุนการณีใช้เสาเข็ม I 45 และระดับน้ำอยู่ที่ + 0.50 ม (แผ่นคสล.) 73

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.17 ราคาต้นทุนกรณีมีระดับน้ำ และใช้เสาเข็ม I 22 ไม่ฝังแผ่นพื้นในดินเดิม (แผ่นคสล.).....74
ตารางที่ ก.18 ราคาต้นทุนกรณีมีระดับน้ำ และใช้เสาเข็ม I 22 ฝังแผ่นพื้นในดินเดิม 0.70 ม (แผ่นคสล.).....74

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพ

เรื่อง หน้า

รูปภาพที่ 2.1 กำแพงกันดินแบบ Gravity wall 3
รูปภาพที่ 2.2 กำแพงกันดินแบบคานยื่น Cantilver wall 4
รูปภาพที่ 2.3 กำแพงกันดิน piling wall 4
รูปภาพที่ 2.4 กำแพงกันดิน Ancjored wall 5
รูปภาพที่ 2.5 กำแพงกันดินแบบ diaphragm wall 5
รูปภาพที่ 2.6 ส่วนประกอบของกำแพงกันดินเสริมกำลัง (bowles,1996) 6
รูปภาพที่ 2.7 คันดินที่มีความชันเพิ่มขึ้นจากลาดคันดินที่ถูกกัดเซาะโดยน้ำที่ไหลผ่านคันดิน 8
รูปภาพที่ 2.8 ลาดคันดินถูกกัดเซาะโดยกระแสน้ำ 8
รูปภาพที่ 2.9 น้ำฝนไหลเข้าไปในรอยแยกคันดิน ไหลเข้าสู่ชั้นดินที่มีกำลังต่ำ 9
รูปภาพที่ 2.10 แรงกระทำต่อคันดินเนื่องจากแผ่นดินไหว 9
รูปภาพที่ 2.11 การขุดดินออกที่เชิงของทางลาดคันดินในกรณีนี้แรงด้านข้างที่ต้านการเคลื่อนตัวจะลดลงคันดินจึงมีโอกาสเคลื่อนมากขึ้น 10
รูปภาพที่ 2.12 ความสัมพันธ์ของการเปลี่ยนแปลงแรงดันน้ำและสัดส่วนปลอดภัยหลังจากงานขุด 10
รูปภาพที่ 2.13 ความสัมพันธ์การเปลี่ยนแปลงแรงดันน้ำและสัดส่วนปลอดภัยหลังจากถมดิน 11
รูปภาพที่ 2.14 ระดับน้ำเต็มอ่างและระดับน้ำลดลงอย่างรวดเร็ว 12
รูปภาพที่ 2.15 รูปแสดงการเกิดดินถล่มแบบ Translational slide และ rotational slide 12
รูปภาพที่ 2.16 รูปแสดงการเกิดภาวะดินลอดใต้แผ่นสอด 13
รูปภาพที่ 2.17 แบบจำลองส่วนประกอบของดิน (phase diagram) 13
รูปภาพที่ 2.18 phase Diagram ของดินที่สภาวะความชื้น (Moisture conditions) ต่างกัน 14
รูปภาพที่ 2.19 เนื้อดินแบบ bulky-shaped 15
รูปภาพที่ 2.20 เนื้อดินแบบ flaky-shaped 15
รูปภาพที่ 2.21 แบบจำลองส่วนประกอบของดินชื้นเมื่อส่วนปริมาตรของเนื้อดิน (vs) เท่ากับหนึ่ง 18
รูปภาพที่ 2.22 ในดินที่มีกำลังรับแรงเฉือนสูง (ดินเหนียวแข็ง) 20

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพ (ต่อ)

เรื่อง หน้า

รูปภาพที่ 2.23 ในดินที่มีกำลังรับแรงเฉือนต่ำ (ดินเหนียวอ่อน) 20

รูปภาพที่ 2.24 แรงดันของน้ำ 21

รูปภาพที่ 2.25 แสดงแรงดันดินด้านข้างแบบ active 21

รูปภาพที่ 2.26 แสดงแรงดันดินด้านข้างแบบ passive 21

รูปภาพที่ 2.27 ลักษณะของแรงดันด้านข้างในดินที่สภาวะอยู่กับที่ กรณีไม่มีแรงดันน้ำใต้ดิน 22

รูปภาพที่ 2.28 ลักษณะของแรงดันด้านข้างในดินที่สภาวะอยู่กับที่ กรณีมีแรงดันน้ำใต้ดิน 22

รูปภาพที่ 2.29 แรงดันดินเมื่อดินเคลื่อนตัวกำแพง (active earth pressure) 23

รูปภาพที่ 2.30 สถานะของหน่วยแรงเปรียบเทียบระหว่างดินในสภาพนิ่งกับดินในสภาวะ Active 24

รูปภาพที่ 2.31 Rankine active pressure 25

รูปภาพที่ 2.32 แรงดันดินเมื่อดินกำแพงเคลื่อนตัวดันดิน (passive earth pressure) 26

รูปภาพที่ 2.33 สถานะของหน่วยแรงเปรียบเทียบระหว่างดินในสภาพนิ่งกับดินในสภาวะ pAssive 26

รูปภาพที่ 2.34 แสดงการเกิด passive failure plane ในมวลดิน ทำมุม $45-\frac{\emptyset}{2}$ กับแนวนอน 27

รูปภาพที่ 2.35 สะพานดินระหว่างซอกเสาเข็มและระนาบวิบัติของดินสำหรับเสาเข็มตัวไอ 31

รูปภาพที่ 3.1 แผนภูมิวิธีดำเนินการวิจัย 34

รูปภาพที่ 3.2 แผนภูมิกระบวนการทำงานของโปรแกรม 35

รูปภาพที่ 3.3 การคำนวณหาต้นทุนชนิดใช้แผ่นพื้นตัน 39

รูปภาพที่ 3.4 การออกแบบแผ่นกันดินชนิดคอนกรีตเสริมเหล็ก 40

รูปภาพที่ 3.5 การประมาณต้นทุนกำแพงกันดินชนิดใช้แผ่นคอนกรีตเสริมเหล็ก 43

รูปภาพที่ 4.1 แผนภูมิแท่งแสดงการเปรียบเทียบความสูงดินถมกับประมาณต้นทุนก่อสร้างของเสาเข็มรูปตัวไอ i 0.18 x 0.18 กรณีใช้แผ่นพื้นตัน 45

รูปภาพที่ 4.2 แผนภูมิแท่งแสดงการเปรียบเทียบความสูงดินถมกับประมาณต้นทุนก่อสร้างของเสาเข็มรูปตัวไอ i 0.22 x 0.22 กรณีใช้แผ่นพื้นตัน 46

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพ (ต่อ)

เรื่อง หน้า

รูปภาพที่ 4.3 แผนภูมิแท่งแสดงการเปรียบเทียบความสูงดินถมกับประมาณต้นทุนก่อสร้างของเสาเข็มรูปตัวไอ i 0.26 x 0.26 กรณีใช้แผ่นพื้นตัน.....47

รูปภาพที่ 4.4 แผนภูมิแท่งแสดงการเปรียบเทียบความสูงดินถมกับประมาณต้นทุนก่อสร้างของเสาเข็มรูปตัวไอ i 0.30 x 0.30 กรณีใช้แผ่นพื้นตัน.....47

รูปภาพที่ 4.5 แผนภูมิแท่งแสดงการเปรียบเทียบความสูงดินถมกับประมาณต้นทุนก่อสร้างของเสาเข็มรูปตัวไอ i 0.35 x 0.35 กรณีใช้แผ่นพื้นตัน.....48

รูปภาพที่ 4.6 แผนภูมิแท่งแสดงการเปรียบเทียบความสูงดินถมกับประมาณต้นทุนก่อสร้างของเสาเข็มรูปตัวไอ i 0.40 x 0.40 กรณีใช้แผ่นพื้นตัน.....48

รูปภาพที่ 4.7 แผนภูมิแท่งแสดงการเปรียบเทียบความสูงดินถมกับประมาณต้นทุนก่อสร้างของเสาเข็มรูปตัวไอ i 0.45 x 0.45 กรณีใช้แผ่นพื้นตัน.....49

รูปภาพที่ 4.8 แผนภูมิแท่งแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความสูงดินถมกับประมาณต้นทุนก่อสร้างกรณีกำหนดระดับน้ำ(ไม่สอดแผ่นลึกลงในดิน) กรณีใช้แผ่นพื้นตัน.....50

รูปภาพที่ 4.9 แผนภูมิแท่งแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความสูงดินถมกับประมาณต้นทุนก่อสร้างกรณีกำหนดระดับน้ำ(ไม่สอดแผ่นลึกลงดิน 70 cm) กรณีใช้แผ่นพื้นตัน.....50

รูปภาพที่ 4.10 แผนภูมิแท่งแสดงการเปรียบเทียบความสูงดินถมกับประมาณต้นทุนก่อสร้างของเสาเข็มรูปตัวไอ i 0.18 x 0.18 กรณีใช้แผ่นคสล.....51

รูปภาพที่ 4.11 แผนภูมิแท่งแสดงการเปรียบเทียบความสูงดินถมกับประมาณต้นทุนก่อสร้างของเสาเข็มรูปตัวไอ i 0.22 x 0.22 กรณีใช้แผ่นคสล.....52

รูปภาพที่ 4.12 แผนภูมิแท่งแสดงการเปรียบเทียบความสูงดินถมกับประมาณต้นทุนก่อสร้างของเสาเข็มรูปตัวไอ i 0.26 x 0.26 กรณีใช้แผ่นคสล.....52

รูปภาพที่ 4.13 แผนภูมิแท่งแสดงการเปรียบเทียบความสูงดินถมกับประมาณต้นทุนก่อสร้างของเสาเข็มรูปตัวไอ i 0.30 x 0.30 กรณีใช้แผ่นคสล.....53

รูปภาพที่ 4.14 แผนภูมิแท่งแสดงการเปรียบเทียบความสูงดินถมกับประมาณต้นทุนก่อสร้างของเสาเข็มรูปตัวไอ i 0.35 x 0.35 กรณีใช้แผ่นคสล.....54

รูปภาพที่ 4.15 แผนภูมิแท่งแสดงการเปรียบเทียบความสูงดินถมกับประมาณต้นทุนก่อสร้างของเสาเข็มรูปตัวไอ i 0.40 x 0.40 กรณีใช้แผ่นคสล.....54

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปภาพที่ 4.16 แผนภูมิแท่งแสดงการเปรียบเทียบความสูงดินถมกับประมาณต้นทุนก่อสร้างของเสาเข็มรูปตัวไอ i 0.45 x 0.45 กรณีใช้แผ่นคสล. 55

รูปภาพที่ 4.17 แผนภูมิแท่งแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความสูงดินถมกับประมาณต้นทุนก่อสร้างกรณีกำหนดระดับน้ำ(ไม่สอดแผ่นลึกลงในดิน) กรณีใช้แผ่นคสล. 56

รูปภาพที่ 4.18 แผนภูมิแท่งแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความสูงดินถมกับประมาณต้นทุนก่อสร้างกรณีกำหนดระดับน้ำ(ไม่สอดแผ่นลึกลงดิน 70 cm) กรณีใช้แผ่นคสล. 57

รูปภาพที่ 4.19 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความสูงดินถมกับการประมาณต้นทุนก่อสร้าง(กรณีไม่สอดแผ่นลึกลงในดิน) กรณีใช้แผ่นพื้นตัน 58

รูปภาพที่ 4.20 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความสูงดินถมกับการประมาณต้นทุนก่อสร้าง(กรณีไม่สอดแผ่นลึกลงดิน 70 cm) กรณีใช้แผ่นพื้นตัน 58

รูปภาพที่ 4.21 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความสูงดินถมกับการประมาณต้นทุนก่อสร้าง(กรณีไม่สอดแผ่นลึกลงดิน 140 cm) กรณีใช้แผ่นพื้นตัน 59

รูปภาพที่ 4.22 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความสูงดินถมกับการประมาณต้นทุนก่อสร้างเปรียบเทียบกรณีกำหนดระดับน้ำแบบไม่สอดแผ่นลึกลงในดินกับสอดแผ่นลึกลงดิน 70 cm กรณีใช้แผ่นพื้นตัน 59

รูปภาพที่ 4.23 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความสูงดินถมกับการประมาณต้นทุนก่อสร้าง(กรณีไม่สอดแผ่นลึกลงในดิน) กรณีใช้แผ่นคสล. 60

รูปภาพที่ 4.24 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความสูงดินถมกับการประมาณต้นทุนก่อสร้าง(กรณีไม่สอดแผ่นลึกลงดิน 70 cm) กรณีใช้แผ่นคสล. 61

รูปภาพที่ 4.25 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความสูงดินถมกับการประมาณต้นทุนก่อสร้าง(กรณีไม่สอดแผ่นลึกลงดิน 140 cm) กรณีใช้แผ่นคสล. 61

รูปภาพที่ 4.26 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความสูงดินถมกับการประมาณต้นทุนก่อสร้างเปรียบเทียบกรณีกำหนดระดับน้ำแบบไม่สอดแผ่นลึกลงในดินกับสอดแผ่นลึกลงดิน 70 cm กรณีใช้แผ่นคสล. 62

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1. ที่มาและความสำคัญ

เนื่องด้วยในปัจจุบันหากเจ้าของบ้านต้องการถมดินและมีการกันพังของดินที่ถมด้วยกำแพงกันดินชนิดเสาเข็มและแผ่นกันดินคอนกรีตเสริมเหล็ก เจ้าของบ้านไม่สามารถทราบต้นทุนล่วงหน้าโดยประมาณของการก่อสร้างได้ จึงอาจจะโดนเอาเปรียบจากผู้รับเหมาได้ ทางคณะผู้วิจัยจึงได้จัดทำราคาประมาณของกำแพงกันดินชนิดเสาเข็มและแผ่นกันดินคอนกรีตเสริมเหล็กต่อความสูงของดินถมขึ้นมาเพื่อให้รู้ต้นทุนล่วงหน้าโดยประมาณ ในขณะเดียวกันสามารถนำไปประยุกต์ใช้กับเจ้าของโครงการ หรือผู้รับเหมาในการควบคุมต้นทุนของโครงการได้อีกด้วย

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1.2.1 เพื่อสร้างโปรแกรมในการออกแบบและประมาณราคากำแพงกันดินชนิดเสาเข็มและแผ่นกันดินคอนกรีตเสริมเหล็ก

1.2.2 เพื่อเปรียบเทียบราคากำแพงกันดินชนิดเสาเข็มและแผ่นกันดินคอนกรีตเสริมเหล็กต่อความสูงของดินถม

1.3 ขอบเขตของงานวิจัย

1.3.1 ออกแบบและคำนวณราคาผ่านโปรแกรม Microsoft excel

1.3.2 ออกแบบ RC Design โดยวิธีหน่วยแรงใช้งาน (Working Stress Design : WSD)

1.3.3 กำหนดชั้นดินเดิมมี 1 ชั้นดินและชั้นดินถมมี 1 ชั้นดิน

1.3.4 การประมาณราคาต้นทุนคิดเฉพาะค่าวัสดุ

1.3.5 การคำนวณความยาวเสาเข็มที่ใช้ไม่คำนึงถึงกำลังรับโมเมนต์ของเสาเข็ม

1.3.6 การออกแบบไม่คำนึงถึงกรณีติดตั้งติดกับแหล่งน้ำ

1.4 ขั้นตอนการวิจัยและวิธีการดำเนินงาน

1) ทบทวนวรรณกรรม ประกอบด้วย หน่วยน้ำหนักของดิน แรงดันดินด้านข้าง การวิบัติของดิน การคำนวณขนาดเสาเข็ม การคำนวณความลึกของเสาเข็ม การคำนวณระยะห่างเสาเข็ม การออกแบบแผ่นกันดินคอนกรีตเสริมเหล็ก ราคาของเสาเข็มและแผ่นกันดินคอนกรีตเสริมเหล็ก

2) อบรม

2.1) ทบทวนความรู้เรื่องแรงดันดินด้านข้าง ดร.ธเนศ วีระศิริ วันที่ 25 กันยายน 2565

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2) คำนวณกำแพงกันดินประเภทเสาเข็มสอดแผ่น ดร.ธเนศ วีระศิริ วันที่ 9 ตุลาคม 2565

2.3) งานถมดินและกำแพงกันดินสำหรับงานบ้านจัดสรร: “ถมดินอย่างไรไม่ให้ทรุด ทำกำแพงกันดินอย่างไรไม่ให้พัง” รศ.ดร.สุทธิศักดิ์ ศรลัมพ์ วันที่ 4 พฤษจิกายน 2565

3) งานภาคสนาม ประกอบด้วย สร้างโปรแกรมแสดงรายการคำนวณผ่าน Microsoft Excelเพื่อออกแบบและประมาณราคา

4) ตรวจสอบความถูกต้องของโปรแกรม

5) จัดทำเล่มวิจัย

6) เตรียมตัวนำเสนอและสอบจบ

ตารางที่ 1.1 ขั้นตอนการดำเนินงาน

การดำเนินงาน	ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2565					ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2565						
	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.
ขั้นตอนที่ 1												
ขั้นตอนที่ 2.1												
ขั้นตอนที่ 2.2												
ขั้นตอนที่ 2.3												
ขั้นตอนที่ 3												
ขั้นตอนที่ 4												
ขั้นตอนที่ 5												
ขั้นตอนที่ 6												

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

สามารถทราบราคาการก่อสร้างกำแพงกันดินชนิดเสาเข็มและแผ่นกันดินคอนกรีตเสริมเหล็กต่อความสูงของดินที่ถม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
วรรณกรรมปริทัศน์และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในการศึกษาเกี่ยวกับการเปรียบเทียบราคากำแพงกันดินชนิดเสาเข็มและแผ่นกันดินคอนกรีตเหล็กต่อความสูงดินถม คณะผู้ศึกษาได้ศึกษาค้นคว้าและรวบรวมข้อมูลจากเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องจากเว็บไซต์ต่างๆบนเครือข่ายอินเตอร์เน็ตดังต่อไปนี้

2.1 ความหมายของกำแพงกันดิน

กำแพงกันดิน (Retaining Wall) เป็นโครงสร้างที่มีความสำคัญอย่างหนึ่ง ที่ได้รับการออกแบบให้สามารถต้านทานแรงดันจากมวลดิน แรงกดทับต่างๆตามธรรมชาติ ทั้งน้ำ และดินโคลน จากระดับดินที่ต่างกัน ช่วยป้องกันการพังทลายของดิน ที่จะก่อให้เกิดอันตรายและความเสียหายตามมา โดยโครงสร้างของผนังกันดินได้รับการออกแบบให้มีความทนทานและแข็งแรงเป็นพิเศษตามหลักวิศวกรรมและมีหลายรูปแบบตามการใช้งาน

2.2 ประเภทของกำแพงกันดิน

แบ่งเป็น 2 ประเภทหลักคือ

1) กำแพงกันดินแบบไม่ใช้เสาเข็ม ใช้สำหรับรับแรงที่เกิดขึ้นส่วนใหญ่ที่ผิวดิน

2) กำแพงกันดินแบบมีเสาเข็ม เป็นกำแพงที่มีบางส่วนของกำแพงฝังลงในดินเพื่อที่จะใช้แรงต้านทานแรงดันดินด้านข้างจากส่วนที่ฝังลงในดิน

2.2.1 กำแพงกันดินแบบ Gravity wall

ใช้คอนกรีตที่ไม่เสริมเหล็กหรือใช้ก้อนหินมาเรียงกัน ซึ่งในการออกแบบจะต้องออกแบบให้ไม่เกิดหน่วยแรงดึงในคอนกรีต โดยเสถียรภาพต่อการพลิกคว่ำ (Overturning) และการเลื่อนไถล (Sliding)จะขึ้นกับน้ำหนักของกำแพงอย่างมาก ความสูงโดยปกติจะไม่เกิน 3 เมตร

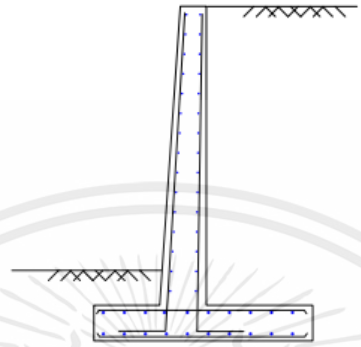
รูปที่ 2.1 กำแพงกันดินแบบ Gravity wall

ที่มา : https://www.tensar.co.uk/resources/articles/types-of-retaining-wall

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.2 กำแพงกันดินแบบ Cantilever wall

เป็นรูปแบบของกำแพงกันดินที่ถูกพัฒนามาจากแบบถ่วงน้ำหนัก โดยมีหน้าที่เหมือนกันแต่แตกต่างกันที่ มีการเพิ่มคานด้านล่างให้ยื่นเข้าไปในฝั่งดินที่มีระดับความสูงที่มากกว่า เป็นการเพิ่มประสิทธิภาพการกันดิน โดยที่ไม่ต้องอาศัยเสาเข็ม โดยจะใช้ในกรณีที่กำแพงมีความสูงประมาณ 2-10 เมตร

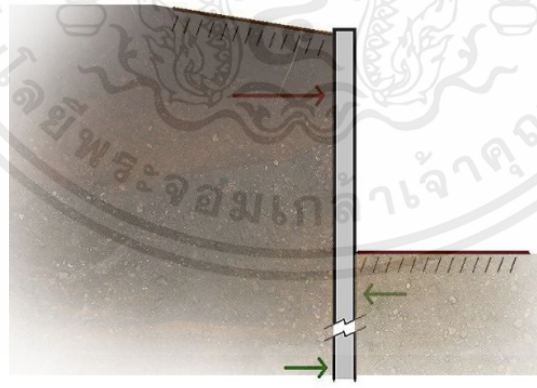


รูปที่ 2.2 กำแพงกันดินแบบคานยื่น Cantilever wall

ที่มา : https://www.tensar.co.uk/resources/articles/types-of-retaining-wall

2.2.3 กำแพงกันดิน Piling wall

ส่วนใหญ่จะใช้เหล็กชีทไพล์ในการตอกเป็นเสาเข็ม เพราะมีความจำเป็นต้องใช้การตอกเสาเข็มตามแนวของกำแพง โดยเหมาะกับการป้องกันดินที่เคลื่อนสไลด์ตัวตามแนวดิ่ง หรือ งานฐานรากของชั้นใต้ดินขนาดใหญ่ โดยใช้แรงต้านจากดินในระดับดินที่ต่ำกว่าทั้งสองด้าน



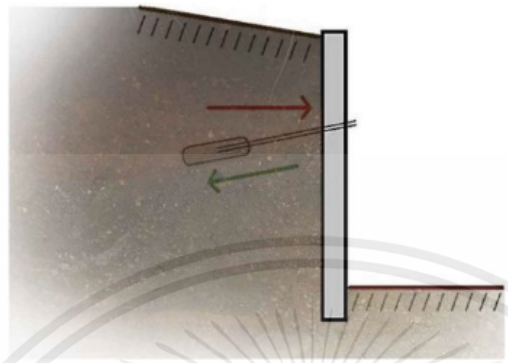
รูปที่ 2.3 กำแพงกันดิน Piling wall

ที่มา : https://www.wazzadu.com/article/2907

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.4 กำแพงกันดิน Anchored wall

ความพิเศษของลักษณะการก่อสร้างกำแพงดินชนิดนี้ จะมีการใช้สมอช่วยในการยึดกำแพง เพื่อเพิ่มแรงต้านให้กับกำแพง และสามารถนำไปประยุกต์ไปใช้กับกำแพงกันดินรูปแบบอื่น ที่ถูกสร้างไว้เสร็จเรียบร้อยได้อีกเป็นการเพิ่มความปลอดภัย



รูปที่ 2.4 กำแพงกันดิน Anchored wall
ที่มา : https://www.wazzadu.com/article/2907

2.2.5 กำแพงกันดินแบบ Diaphragm wall

คล้ายคลึงการทำเสาเข็มเจาะระบบเปียก โดยใช้กระเช้าตักดินขุดหลุมเอาดินขึ้นมาก่อนตามขนาด และแนวที่จะทำกำแพง โดยการขุดหลุมเอาดินขึ้นมา ตามขนาดและแนวที่กำหนดเอาไว้ เพิ่มสารละลายเพื่อป้องกันการพังทลายของดิน และทำการหย่อนเหล็กเสริมที่ผูกเป็นโครงเรียบร้อยแล้วลงไป ก่อนจะทำการเทคอนกรีตทิ้งไว้จนมีกำลังอัดตามที่กำหนด เมื่อทิ้งไว้จนคอนกรีตแข็งตัวมีกำลังตามกำหนด จึงขุดดินข้างในกำแพงออก เพื่อทำชั้นใต้ดิน หรือก่อสร้างส่วนอื่น จึงเหมาะสำหรับกับงานฐานรากชั้นใต้ดินของอาคารขนาดใหญ่ หรืองานตอม่อ สิ่งปลูกสร้างขนาดใหญ่ประเภทอื่น ๆ

รูปที่ 2.5 กำแพงกันดินแบบ Diaphragm wall
ที่มา : https://www.wazzadu.com/article/2907

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 ส่วนประกอบของกำแพงกันดินเสริมกำลัง

กำแพงกันดินมีส่วนประกอบที่ สำคัญ 3 ส่วน ได้แก่ วัสดุถม วัสดุเสริมกำลังและวัสดุปิด ผิวหน้ากำแพง ซึ่งแต่ละส่วนประกอบทำหน้าที่ดังต่อไปนี้

2.3.1 วัสดุถม (Backfill)

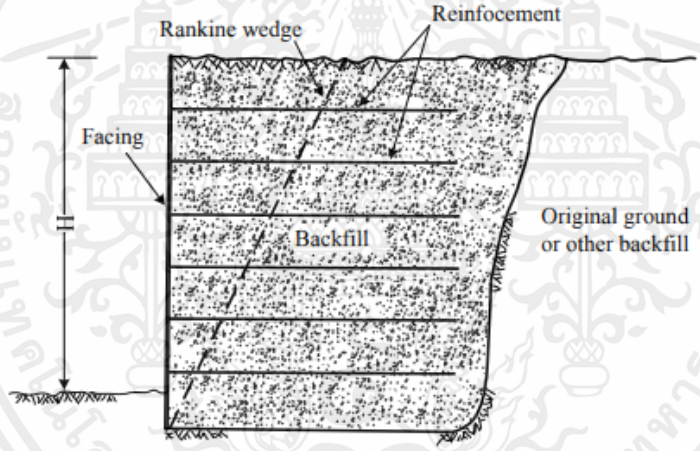
ทำหน้าที่เป็นน้ำหนักถ่วงไม่ให้กำแพงเกิดการเคลื่อนตัวเนื่องจาก แรงดันดินด้านหลังกำแพง

2.3.2 วัสดุเสริมกำลัง (Reinforcement)

ทำหน้าที่ช่วยลดแรงเฉือนในมวลดินถม ส่งผลให้ ดินถมมีเสถียรภาพมากขึ้น

2.3.3 วัสดุปิดผิวหน้ากำแพง (Facing)

ทำหน้าที่ป้องกันการกัดเซาะที่ผิวด้านหน้าของวัสดุถม และช่วยให้กำแพงมีความสวยงาม ในกรณีที่วัสดุเสริมกำลังเป็นพลาสติกจะช่วยป้องกัน ไม่ให้วัสดุเสริมกำลังบริเวณผิวหน้ากำแพงถูกแสงแดดซึ่งจะส่งผลให้วัสดุเสริมกำลังเสื่อมคุณภาพ



2.6 ส่วนประกอบของกำแพงกันดินเสริมกำลัง (Bowles,1996)
ที่มา : https://shorturl.asia/8wbAT

2.4 ขั้นตอนการติดตั้งกำแพงกันดิน

2.4.1 เข้าไปตรวจเช็คสภาพพื้นที่งาน : ทีมช่าง หรือทีมวิศวกร เข้าไปตัวสอบสภาพพื้นที่หน้างาน เพื่อตรวจเช็คว่าหน้างานนั้นๆจำเป็นต้องทำกำแพงกันดินหรือไม่

2.4.2 เก็บรวบรวมข้อมูลที่จำเป็นในการติดตั้งกำแพงกันดิน : เมื่อทีมทำไปทำการตรวจสอบพบว่า พื้นที่หน้างานเป็นพื้นที่ต่างระดับที่ค่อนข้างสูง หรืออยู่ใกล้ทางน้ำ ก็จะตรวจสอบต่อว่าพื้นที่ต่างระดับของที่ดินมีความสูงเท่าไหร่ อยู่ห่างจากทางน้ำหรือไม่ สภาพดินของพื้นที่หน้างานมีความแข็งเกาะตัวกันแน่นแล้ว หรือยังอ่อนอยู่ (เช่น เป็นดินที่เพิ่งถมได้ไม่นาน เป็นต้น) โดยส่วนมากก็จะตรวจสอบข้อมูลหลักๆสามอย่างนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.3 คำนวณขนาด และความยาวของชิ้นส่วน : นำข้อมูลที่เก็บได้ทั้งความสูงของพื้นที่ต่างระดับ ตำเหน่งที่ตั้ง และสภาพของดิน มาใช้เพื่อคำนวณขนาด(ส่วนมากจะใช้เสาเข็มไอขนาด 22*22 ซม.) และความสูงของเสาไอที่จะใช้ตอกทำกำแพงกันดิน และความยาวช่วงที่จะใช้ในการตอกเสาเข็มไอ(ส่วนมากจะเว้นระยะห่างกัน 2 เมตร) เพื่อจะมาคำนวณต่อว่าจะต้องใช้แผ่นพื้นสำเร็จรูป หรือแผ่นกันดินสำเร็จรูปความยาวเท่าไหร่มาใช้เสียบ

2.4.4 คำนวณความยาวของเสาเข็มไอ : โดยส่วนมากแล้วความยาวเสาไอที่จะนำมาทำกำแพงกันดินนั้นจะต้องมีความยาวจมลงไปในดินยาวเฉลี่ยเป็น 2-3 เท่า ของความสูงที่จะกันดินด้านบน เช่น ต้องการจะทำกันดินสูงจากพื้น 1 เมตร ก็อาจจะจำเป็นต้องสั่งเสาไอที่ขนาดความยาว 3-4 เมตรเป็นต้น(แล้วแต่สภาพของดินหน้างาน)

2.4.5 คำนวณขนาดของเสาเข็มไอ : สำหรับขนาดของเสาเข็มไอ โดยส่วนมากจะใช้ขนาด 22*22 ซม. แต่ถ้าต้องการจะกันดินสูงมากกว่า 2 เมตรขึ้นไป จะแนะนำให้ใช้เสาเข็มไอขนาด 26*26 ซม. แทน และอาจจะลดระยะห่างระหว่างเสาเข็มไอที่ตอก

2.4.6 เตรียมผลิตชิ้นส่วน และจัดส่ง : หลังจากทราบขนาด ความยาวของเสาเข็มไอที่จะใช้ตอก และความยาวของผนังแผ่นเสียบที่จะมาใช้กันดินแล้ว ก็จะสั่งให้โรงงานคอนกรีตผลิต และเตรียมจัดส่ง

2.4.7 นำชิ้นส่วนต่างๆติดตั้ง : เมื่อถึงวันติดตั้งสินค้าถูกจัดส่งถึงหน้างาน รถตอกเสาเข็มเตรียมพื้นที่พร้อมตอกเสาเข็มไอลงไปในดิน หลังจากตอกเสาเข็มไอเสร็จ ก็จะนำแผ่นพื้น หรือแผ่นกันดินสำเร็จเสียบลงไปตามร่องด้านข้างของเสาเข็มไอ และสุดท้ายหล่อคานด้านบนเพื่อเพิ่มความแข็งแรงให้กับโครงสร้างกำแพงกันดิน

2.4.8 ถมดินให้เต็มช่องว่างที่ได้เว้นไว้ก่อนติดตั้ง : ขั้นตอนสุดท้ายอาจทำการถมดินให้เต็มพื้นที่มาจนถึงตำแหน่งที่ได้ทำกำแพงกันดินไว้

2.5 พฤติกรรมการพังทลายของดิน

การพังทลายของดิน คือ กระบวนการหรือการกระทำที่ทำให้เกิดการสูญเสียหน้าดิน โดยตัวการอาจขึ้นอยู่กับเม็ดฝนที่ตกกระทบลงบนหน้าดิน การไหลของน้ำผ่าหน้าดิน แรงลม และแรงโน้มถ่วงของโลกแบ่งเป็น 2 ประเภท

2.5.1 การพังทลายของดินตามธรรมชาติ เกิดจากการกระทำของน้ำ ลม และแรงโน้มถ่วงของโลกทำให้เกิดการพังทลายของดินสะสมทีละนิด ส่วนใหญ่จะไม่ก่อเกิดความเสียหายต่อทรัพยากรดินมาก

2.5.2 การพังทลายของดินโดยที่มีตัวเร่งมาเกี่ยวข้อง ส่วนมากเกิดจาก มนุษย์ จากกิจกรรมของมนุษย์มักจะเกิดความรุนแรงและเกิดผลเสียหายของดิน

ข้อมูลดินทางวิศวกรรมมีความสำคัญสำหรับงาน ก่อสร้างโครงสร้างพื้นฐาน การทราบคุณสมบัติทางวิศวกรรม ของดินจะทำให้สามารถออกแบบโครงสร้างได้อย่างประหยัด และปลอดภัย ทั้งนี้เป็นมาตรฐานทาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิศวกรรมที่การออกแบบ อาคารหรือสิ่งปลูกสร้างควรจะต้องมีการดำเนินการเจาะสำรวจเพื่อตรวจสอบคุณสมบัติทางวิศวกรรมของดิน

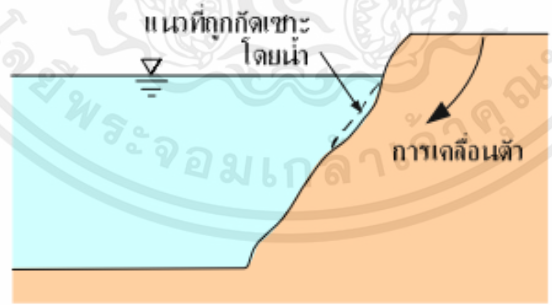
2.6 สาเหตุของการวิบัติของลาดคันดิน

ส่วนใหญ่เกิดจากแรงกระทำที่เกิดขึ้นตามกระบวนการตามธรรมชาติ หรืออาจเกิดจากกิจกรรมหรือ มีการก่อสร้างของสิ่งมีชีวิตมีอยู่หลายสาเหตุ เช่น

2.6.1 สาเหตุจากการกัดเซาะ

น้ำและลมเป็นตัวการตามธรรมชาติที่สำคัญซึ่งก่อให้เกิดการกัดเซาะของคันดินหรือคันดินที่มนุษย์สร้างขึ้น ซึ่งการกัดเซาะจะทำให้รูปร่างของคันดินเปลี่ยนไปจนก่อให้เกิดการวิบัติของคันดินตัวอย่างได้แก่ ตลิ่งของแม่น้ำที่ถูกกระแสน้ำกัดเซาะจนความชันของคันดินเพิ่มขึ้น

รูปที่ 2.7 คันดินที่มีความชันเพิ่มขึ้นจากลาดคันดินที่ถูกกัดเซาะโดยน้ำที่ไหลผ่านคันดิน
ที่มา : จาก"วิศวกรรมฐานราก,"โดย รศ.ดร. สุขสันติ์ หอพิบูลสุข

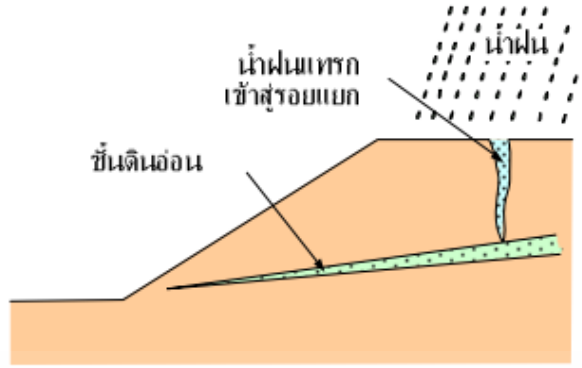


รูปที่ 2.8 ลาดคันดินถูกกัดเซาะโดยกระแสน้ำ
ที่มา : จาก"วิศวกรรมฐานราก,"โดย รศ.ดร. สุขสันติ์ หอพิบูลสุข

2.6.2 สาเหตุจากน้ำฝน

การที่ฝนตกต่อเนื่องเป็นระยะเวลานานทำให้คันดินอิ่มตัว ดินจึงมีกำลังรับแรงเฉือนลดลง อาจทำให้เสถียรภาพของดินลดลง น้ำฝนไหลผ่านคันดินอาจทำให้คันดินสึกกร่อนได้ น้ำฝนบางส่วนอาจไหลผ่านตามรอยแยกของดินลงไปทำให้ชั้นดินอ่อนใต้คันดินก็จะมีกำลังเฉือนลดลง อาจก่อให้เกิดการวิบัติของคันดินได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

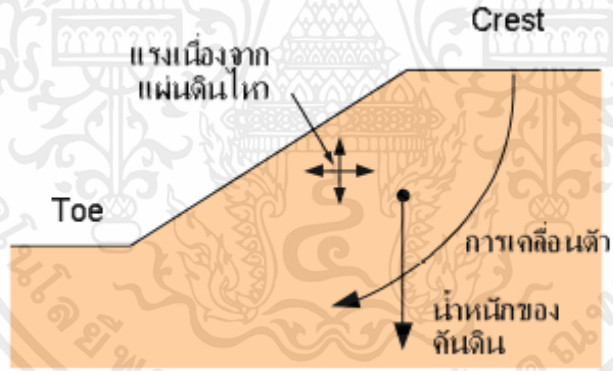


รูป 2.9 น้ำฝนไหลเข้าไปในรอยแยกคันดิน ไหลเข้าสู่ชั้นดินที่มีกำลังต่ำ

ที่มา : จาก"วิศวกรรมฐานราก,"โดย รศ.ดร. สุขสันติ์ หอพิบูลสุข

2.6.3 สาเหตุจากแผ่นดินไหว

ก่อให้เกิดแรง Dynamic ที่เป็นแรงเฉือนทำให้กำลังและสติฟเนสของดินลดลง ช่องว่างของเม็ดดินหยาบอาจมีแรงดันสูง ทำให้หน่วยประสิทธิผลของดินเป็นศูนย์ ฐานรากที่วางอยู่บนชั้นดินจะจมลง ฐานรากที่เป็นช่องว่างที่ฝังอยู่ในดินจะลอยขึ้นมาที่ผิว



รูป 2.10 แรงกระทำต่อคันดินเนื่องจากแผ่นดินไหว

ที่มา : จาก"วิศวกรรมฐานราก,"โดย รศ.ดร. สุขสันติ์ หอพิบูลสุข

2.6.4 สาเหตุจากลักษณะทางธรณีวิทยา

กรณีนี้เกิดจากการเจาะสำรวจไม่เพียงพอจนไม่พบชั้นดินอ่อนที่เอียงตัวแทรกอยู่ในคันดิน กรณีชั้นดินซิลท์หนาเพียงไม่ถึงมิลลิเมตรไม่พบในการเจาะสำรวจซึ่งชั้นดินอ่อนที่หนาไม่มากจะเป็นตัวการสำคัญที่ทำให้เกิดการวิบัติ

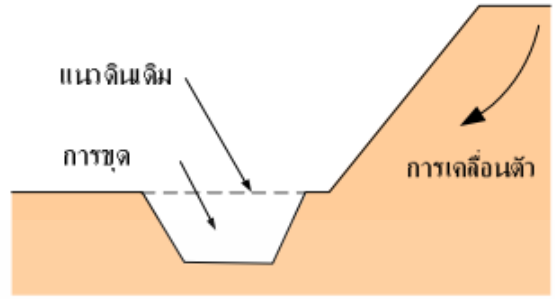
2.6.5 สาเหตุจากแรงกระทำจากภายนอก

แรงภายนอกกระทำต่อคันดิน เช่นแรงจากยานพาหนะ หรือ วัสดุกองทับกันบนคันดินซึ่งเป็นการเพิ่มน้ำหนักให้คันดิน อาจทำให้เกิดเสถียรภาพของคันดินลดลงจนเกิดการวิบัติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6.6 สาเหตุจากการก่อสร้าง

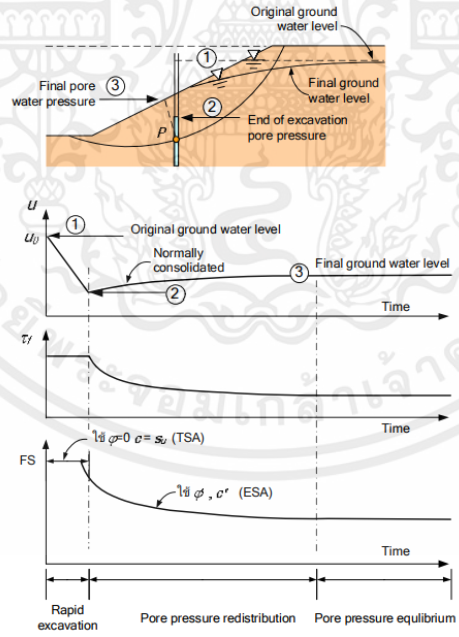
การขุดดินใกล้กับบริเวณ Toe ของคันดินอาจทำให้เสถียรภาพของคันดินลดลงจนเกิดการวิบัติ เนื่องจากแรงที่ต้านการเคลื่อนที่ทางข้างของคันดินลดลง



รูปที่ 2.11 การขุดดินออกที่เชิงของทางลาดคันดินในกรณีนี้แรงด้านข้างที่ต้านการเคลื่อนตัวจะลดลง คันดินจึงมีโอกาสเคลื่อนมากขึ้น

ที่มา : จาก"วิศวกรรมฐานราก,"โดย รศ.ดร. สุขสันติ์ หอพิบูลสุข

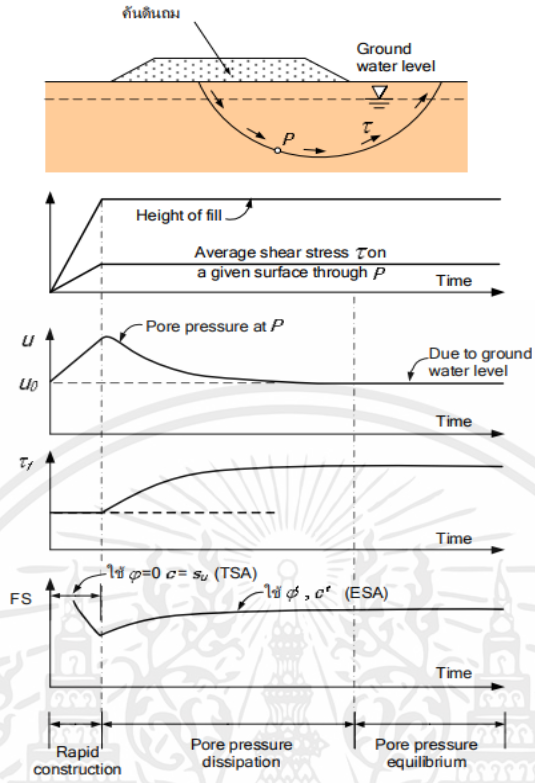
สามารถจำแนกคันดินที่เกิดจากมนุษย์ได้ 2 แบบ คือ เกิดจากการถม และ เกิดจากการขุด เสถียรภาพที่สร้างขึ้นบนชั้นดินเหนียวอิ่มตัวด้วยน้ำจะขึ้นอยู่กับระยะเวลาสาเหตุเกิดจากดินเหนียวระบายน้ำได้ช้า รูปที่ 2.14 เป็นจะเป็นแรงดันน้ำและสัดส่วนปลอดภัยเปลี่ยนไปตามระยะเวลา ส่วนรูปที่ 2.15 เป็นกรณีจากงานขุด



รูปที่ 2.12 ความสัมพันธ์ของการเปลี่ยนแปลงแรงดันน้ำและสัดส่วนปลอดภัยหลังจากงานขุด

ที่มา : จาก"วิศวกรรมฐานราก,"โดย รศ.ดร. สุขสันติ์ หอพิบูลสุข

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



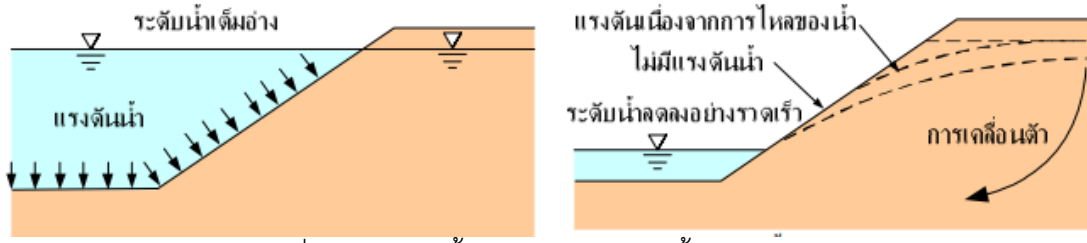
รูปที่ 2.13 ความสัมพันธ์การเปลี่ยนแปลงแรงดันน้ำและสัดส่วนปลอดภัยหลังจากถมดิน
ที่มา : จาก"วิศวกรรมฐานราก,"โดย รศ.ดร. สุขสันติ์ หอพิบูลสุข

2.6.7 การลดลงของระดับน้ำอย่างรวดเร็ว

กรณีเป็นอ่างเก็บน้ำถ้าระดับลดลงอย่างรวดเร็ว แรงดันด้านข้างซึ่งเกิดจากแรงดันของน้ำจะหายไป กรณีของดินเหนียวแรงดันน้ำส่วนเกินที่อยู่ภายในดินจะระบายออกไม่ทัน ทำให้เกิดการวิบัติในสภาพดินที่ไม่มีการระบายน้ำ ถึงแม้ว่าจะไม่เกิดการวิบัติขั้นตอนนี้แต่ถ้าน้ำที่อยู่ในดินไหลออกมาสู่อ่าง จะเกิดแรงจากการไหลของน้ำสามารถก่อให้เกิดการวิบัติของดินได้ การวิเคราะห์เสถียรภาพของคันดินในงานเขื่อนจะแบ่งได้หลายกรณี เช่น

- ขณะก่อสร้าง และทันทีหลังก่อสร้างเสร็จ → วิเคราะห์ทั้งเหนือและท้ายของน้ำ
- หลังจากก่อสร้างเสร็จและกักเก็บน้ำ → วิเคราะห์ด้านท้ายน้ำ
- หลังจากที่ระดับน้ำในเขื่อนลดลงอย่างรวดเร็ว → วิเคราะห์ด้านต้นน้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.14 ระดับน้ำเต็มอ่างและระดับน้ำลดลงอย่างรวดเร็ว

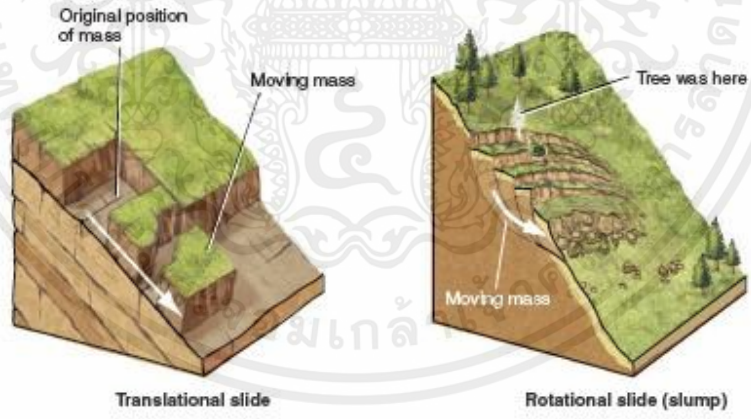
ที่มา : จาก"วิศวกรรมฐานราก,"โดย รศ.ดร. สุขสันติ์ หอพิบูลสุข

2.6.8 การลื่นไถล (Slides)

การเกิดดินถล่มชนิดนี้ มีน้ำเข้ามาเกี่ยวข้องเสมอ สามารถจำแนกตามลักษณะของระนาบการเคลื่อนที่ ได้เป็น 2 ลักษณะ คือ

1.) Rotational slide เป็นการลื่นไถลของวัตถุลงมาตามระนาบของการเคลื่อนที่ ที่มีลักษณะโค้งครึ่งวงกลม คล้ายช้อน (Spoon-shaped) ทำให้มีการหมุนตัวของวัตถุขณะเคลื่อนที่ โดยที่การเคลื่อนที่จะเป็นไปอย่างช้าๆ ซึ่งลักษณะดังกล่าวมักเกิดขึ้นในบริเวณที่ดินมีความเป็นเนื้อเดียวกัน (Homogeneous material) เช่น บริเวณที่ชั้นดินหนามาก หรือ ดินที่นำมาถม เป็นต้น

2.) Translational slide เป็นการลื่นไถลลงมาตามระนาบการเคลื่อนที่มีลักษณะค่อนข้างตรง ส่วนใหญ่เป็นการเคลื่อนที่ตามระนาบของโครงสร้างทางธรณีวิทยา เช่น ตามระนาบรอย แตก (Joint) ระนาบทิศทางการวางตัวของชั้นหิน (Bed) รอยต่อระหว่างชั้นดินและหิน



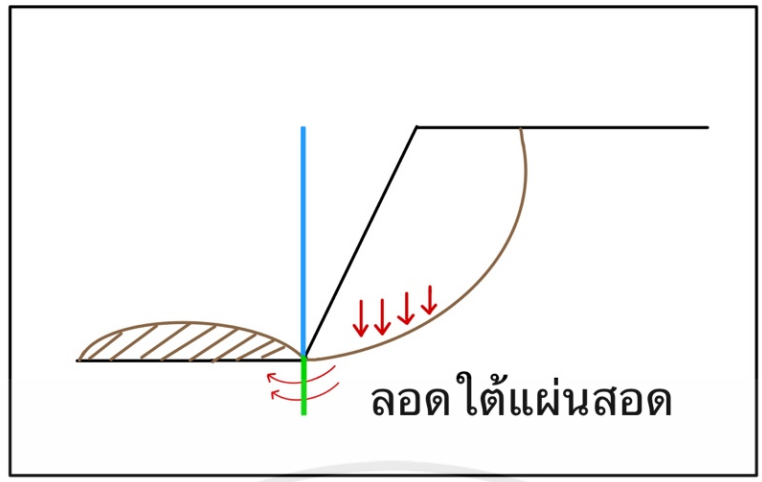
รูปที่ 2.15 รูปแสดงการเกิดดินถล่มแบบ Translational slide และ Rotational slide

ที่มา : http://clipart-library.com/landslide-cliparts.html

2.6.9 Soil heave or Soil squeezing

การสั่นหรือการบีบตัวด้านล่างเกิดจากแรงกดจากน้ำหนักของดินที่อยู่ติดกัน ความดันนี้ทำให้เกิดดินนูนขึ้นดังภาพด้านล่าง การสั่นหรือการบีบตัวอาจเกิดขึ้นได้แม้จะมีการติดตั้งค้ำยันหรือแผ่นป้องไว้อย่างถูกต้องแล้วก็ตาม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

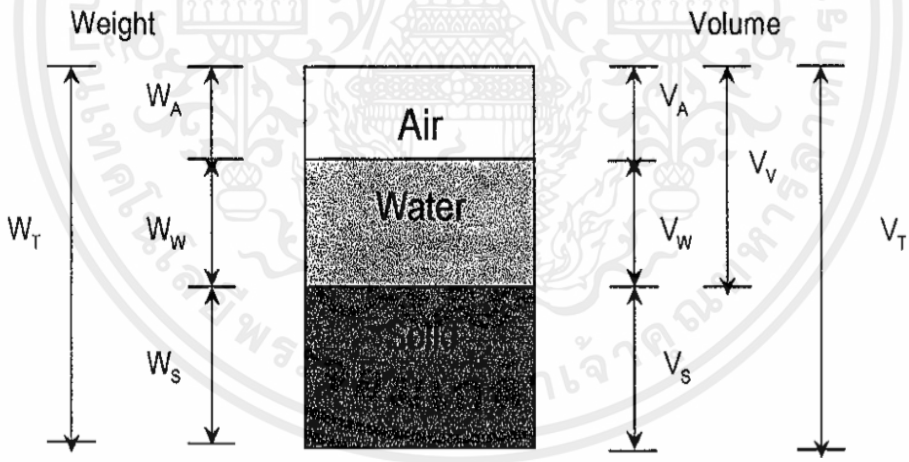


รูปที่ 2.16 รูปแสดงการเกิดภาวะดินลอดใต้แผ่นสอด

2.7 สมบัติทางกายภาพของดิน (Soil Physical Properties)

ส่วนประกอบของมวลดิน (Soil Phases) มวลดินประกอบไปด้วย 3 ส่วน คือ

1) ของแข็ง (Solid Phase) เนื้อดินหรือเม็ดดิน
2) ของเหลว (Liquid Phase or Water) ในช่องว่างระหว่างเม็ดดิน โดยปกติจะเป็นน้ำ
3) อากาศ (Air Phase) ในช่องว่างระหว่างเม็ดดิน ที่ไม่ยังไม่ถูกแทนที่ด้วยน้ำ



รูปที่ 2.17 แบบจำลองส่วนประกอบของดิน (Phase Diagram)

ที่มา : https://www.chapter5.pdf (nu.ac.th)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 2.17

$W_T =$ น้ำหนักดินทั้งหมด (*Total Weight of soil*) (*F*)

$W_S =$ น้ำหนักเนื้อดิน (*Weight of the soil solids*) (*F*)

$W_W =$ น้ำหนักน้ำในดิน (*Weight of water*) (*F*)

$W_A =$ น้ำหนักอากาศในดิน (*Weight of air*) = *0*

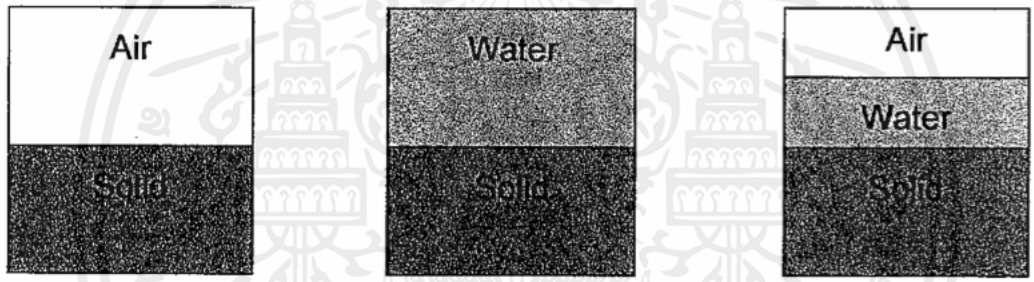
$V_T =$ ปริมาตรดินทั้งหมด (*Total volume of soil*) (L^3)

$V_S =$ ปริมาตรเนื้อดิน (*Volume of soil solids*) (L^3)

$V_V =$ ปริมาตรช่องว่างในดิน (*Volume of voids*) (L^3)

$V_W =$ ปริมาตรน้ำในดิน (*Volume of water in the voids*) (L^3)

$V_A =$ ปริมาตรอากาศในดิน (*Volume of air in the voids*)(L^3)



ก.) ดินแห้ง (Dry soil) ข.) ดินอิ่มตัว (Saturated soil) ค.) ดินชื้น (Wet or Moist)

รูปที่ 2.18 Phase Diagram ของดินที่สภาวะความชื้น (Moisture conditions) ต่างกัน

ที่มา : https://www.chapter5.pdf (nu.ac.th)

จากรูปที่ 2.18 ทำให้เราสามารถวิเคราะห์หาคุณสมบัติต่าง ๆ ของดินได้ โดยสรุปเป็นความสัมพันธ์ดังนี

2.7.1 นิยามความสัมพันธ์ขององค์ประกอบในดิน (Phase Relation Definitions)

ความสัมพันธ์ของน้ำหนัก (Weight relationship)

2.7.1.1 ปริมาณน้ำในดิน (Water Content), w_n

$$w_n = \frac{w_w}{w_s} \times 100$$

โดยทั่วไป ปริมาณความชื้นจะมีค่าอยู่ในช่วง 0 – 90%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.1 ค่าอัตราส่วนช่องว่าง (Void ratio), ปริมาณความชื้น (Moisture content) และ หน่วยยน้ำหนักแห้ง (Dry unit weight) ของดินในธรรมชาติทั่ว ๆไป

Type of soil	Void ratio, e	Natural moisture content in a saturated state (%)	Dry unit weight, γ_d	
			lb/ft^3	kN/m^3
Loose uniform sand	0.80	30	92	14.5
Dense uniform sand	0.45	16	115	18
Loose angular-grained silty sand	0.65	25	102	16
Dense angular-grained silty sand	0.40	15	121	19
Stiff clay	0.60	21	108	17
Soft clay	0.9-1.4	30-50	73-93	11.5-14.5
Loess	0.90	25	86	13.5
Soft organic clay	2.5-3.2	90-120	38-51	6-8
Glacial till	0.30	10	134	21

2.7.1.2 ความหนาแน่นของน้ำ (Water Density) , γ_w

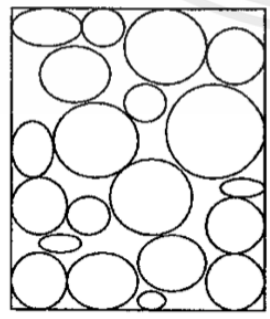
2.7.1.3 ความถ่วงจำเพาะของเนื้อดิน (Soil Specific Gravity), **G**

2.7.2 ความสัมพันธ์ของปริมาตร (Volumetric relationship)

2.7.2.1 อัตราส่วนช่องว่าง (Void ratio), **e**

$$e = \frac{V_V}{V_S}$$

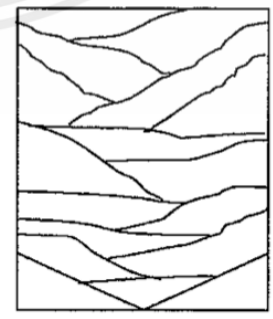
โดยทั่วไปแล้ว อัตราส่วนช่องว่างในดินที่มีเนื้อดินแบบเป็นก้อนขนาดใหญ่ (bulky-shaped) จะมีค่าต่ำกว่าอัตราส่วนช่องว่างในดินที่มีเนื้อดินแบบเป็นแผ่นหรือเกล็ดเล็ก ๆ (flaky-shaped)



ก.) Bulky – Shaped

รูปที่ 2.19 ก.) เนื้อดินแบบ Bulky – Shaped

ที่มา : https://www.chapter5.pdf (nu.ac.th)



ข.) Flaky – shaped

รูปที่ 2.20 ข.) เนื้อดินแบบ Flaky – shaped

ที่มา : https://www.chapter5.pdf (nu.ac.th)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.7.2.2 ความพรุน (Porosity), η

$$\eta = \frac{V_V}{V_V + V_S} = \frac{e}{1+e}$$

โดยทั่วไปแล้ว ความพรุนในดินที่มีเนื้อดินแบบเป็นก้อนขนาดใหญ่ (bulky-shaped) จะมีค่าต่ำกว่าความพรุนในดินที่มีเนื้อดินแบบเป็นแผ่นหรือเกล็ดเล็ก ๆ (flaky-shaped) จากตารางที่ 1.1 จะมีค่า η จากความสัมพันธ์ $\frac{e}{1+e}$

2.7.2.3 ระดับความอิ่มตัว (Degree of Saturation), S

$$s = \frac{V_w}{V_V} \times 100$$

ระดับความอิ่มตัวจะมีค่าตั้งแต่ 0 - 100% โดยที่

$S = 0\ \%$ เมื่อดินที่พิจารณาเป็นดินอบแห้ง (Oven – dry soil)

$S = \ 100\ \%$ เมื่อดินที่พิจารณาเป็นดินอิ่มตัวด้วยน้ำ (Saturated soil)

2.7.3. ความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักกับปริมาตร (Weight – volume relationship)

2.7.3.1. ความหนาแน่น (Density), ρ

$$\rho = \frac{M}{V} = \frac{M_W + W_S}{V_A + V_W + V_S}$$

แบ่งตามสภาวะความชื้นของดินไว้ได้ 3 แบบคือ

1) Dry density, ρ_{dry} คือ ความหนาแน่นที่ %w = 0
2) Wet or Moist density, ρ_{wet} คือ ความหนาแน่นที่ %w = w
3) Saturated density, ρ_{sat} คือ ความหนาแน่นที่ $\%V_w = V_v$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.7.3.2. หน่วยน้ำหนัก (Unit weight), γ

$$\gamma = \rho g$$

แบ่งตามสภาวะความชื้นของดินไว้ 3 แบบคือ

1) Dry Unit Weight, γ_{dry}

$$\gamma_{dry} = \frac{W_S}{V_T}$$

2) Wet or Moisture Bulk Unit Weight, γ_T

$$\gamma_T = \frac{W_S + W_W}{V_T} = \frac{W_S(1 + W_W/W_S)}{V_T} = \frac{W_S(1+w)}{V_T}$$

3) Saturated Unit Weight, $\gamma_{sat.}$

$$\gamma_{sat} = \frac{W_S + W_W}{V_T} = \frac{W_S(1 + W_W/W_S)}{V_T} = \frac{W_S(1+w)}{V_T}$$ เมื่อดินอิ่มตัว 100%

2.7.3.3 ความถ่วงจำเพาะของเม็ดดิน (Specific Gravity of Solid Particles), G_s

$$G_s = \frac{W_S}{V_s \gamma_W} = \frac{M_S}{V_S \rho_w}$$

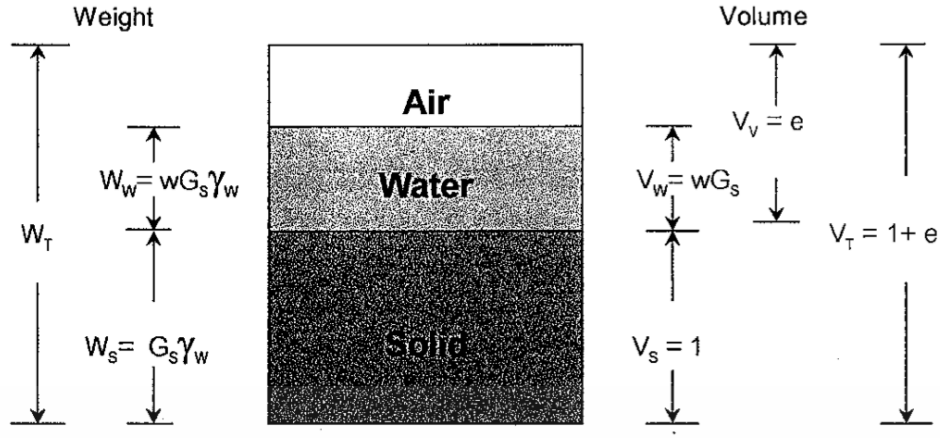
ในการแก้ปัญหาทางปฐพีศาสตร์ (Soil Mechanics) โดยใช้ Three phase diagram มาวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของน้ำหนักและปริมาตรของดินนั้นอาจทำได้โดย

1) กำหนดให้ปริมาตรเนื้อดิน (Volume of soil solids) มีค่าเท่ากับหนึ่ง, $V_S = 1$
2) กำหนดให้ปริมาตรดินทั้งหมด (Total volume of soil) มีค่าเท่ากับหนึ่ง, $V_T = 1$

แบบจำลองปริมาตรเนื้อดินเท่ากับหนึ่ง ($V_S = 1$)

ในการหาความสัมพันธ์ระหว่าง หน่วยน้ำหนัก, อัตราส่วนช่องหวาน, และปริมาณน้ำในมวลดิน เรามักจะกำหนดให้ส่วนปริมาตรของเนื้อดิน (Solid Phase) มีค่าเท่ากับหนึ่ง ($V_S = 1$) ซึ่งจะทำให้ปริมาตรของช่องว่าง (Void Volume) เท่ากับอัตราส่วนของช่องว่าง ทำให้ทราบความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักและปริมาตรของดินชื้น (S<1) ดังรูปที่ และของดินอิ่มตัว (S=1) ดังรูปที่ 2.20

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.21 แบบจำลองส่วนประกอบของดินชื้นเมื่อส่วนปริมาตรของเนื้อดิน (V_S) เท่ากับหนึ่ง

ที่มา : https://www.chapter5.pdf (nu.ac.th)

จากความสัมพันธ์จากแบบจำลอง รูปที่ 2.20 สามารถนำไปวิเคราะห์คุณสมบัติของดิน (Soil Properties) ดังนี้

1) $\gamma = \frac{W_T}{V_T} = \frac{W_S W_W}{V_T} = \frac{G_S\gamma_w + WG_S\gamma_w}{1+e} = \frac{(1+W)(G_S)(\gamma_w)}{1+e}$

2) $\gamma_d = \frac{W_s}{V_T} = \frac{G_S\gamma_w}{1+e}$

3) $e = \frac{G_S\gamma_w}{Y_d} - 1$

4) $S = \frac{V_w}{V_V} = \frac{WG_S}{e}$

จากความสัมพันธ์จากแบบจำลอง รูปที่ 2.20 สามารถนำไปวิเคราะห์คุณสมบัติของดิน (Soil Properties) ดังนี้

1) $\gamma_{sat} = \frac{W_T}{V_T} = \frac{W_S + W_W}{V_T} = \frac{G_S\gamma_w + e\gamma_w}{1+e} = \frac{(G_S+e)(\gamma_w)}{1+e}$

2) $e = wG_s$

3) $S = \frac{V_w}{V_V} = \frac{wG_s}{e} = 1$

แบบจำลองปริมาตรดินทั้งหมดเท่ากับหนึ่ง ($V_T = 1$)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความสัมพันธ์ระหว่างหน่วยน้ำหนัก, ความพรุน, และความชื้นสามารถหาได้ด้วยวิธีการวิเคราะห์โดยกำหนดปริมาตรดินทั้งหมด (Total Volume of soil) เท่ากับหนึ่ง ทำให้ทราบความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักและปริมาตรของดินชื้น (S<1) ดังรูปที่ 2.20 และของดินอิ่มตัว (S=1)

จากความสัมพันธ์จากแบบจำลอง รูปที่ สามารถนำไปวิเคราะห์คุณษสมบัติของดิน (Soil Properties) ดังนี้

1) $\gamma = \frac{W_T}{V_T} = \frac{W_S + W_W}{V_T} = G_s\gamma_w(1-\eta)(1+w)$

2) $\gamma_d = \frac{W_s}{V_T} = \frac{G_s\gamma_w(1-\eta)}{1} = G_s\gamma_w(1-\eta)$

3) $\eta = \frac{1-(G_s\gamma_w)}{\gamma_d}$

4) $S = \frac{V_w}{V_V} = \frac{wG_s(1-\eta)}{\eta}$

จากความสัมพันธ์จากแบบจำลอง รูปที่ สามารถนำไปวิเคราะห์คุณสมบัติของดิน (Soli properties) ดังนี้

1) $\gamma_{sat} = \frac{W_w}{W_s} = \frac{W_s+W_w}{V_T} = \frac{(1-\eta)G_s\gamma_w+\eta\gamma_w}{1} = [(1-\eta)G_s+\eta]\gamma_w$

2) $w = \frac{W_w}{W_s} = \frac{\eta\gamma_w}{(1-\eta)\gamma_w G_s} = \frac{\eta}{(1-\eta)G_s}$

3) $S = \frac{V_w}{V_v} = 1$

2.8 ทฤษฎีแรงดันดินด้านข้าง (Lateral Earth Pressure)

ในการก่อสร้างที่จะต้องมีการขุดหรือถมดินจนเกิดความต่างระดับของผิวดินมากกว่าความสูงที่มวลดินจะสมดุลอยู่ได้ด้วยตนเอง จึงจำเป็นต้องมีโครงสร้างกันดินช่วงพยุงป้องกันการพังทลายหรือการเคลื่อนตัวที่มากเกินไป ซึ่งจะต้องพิจารณาคำนวณแรงดันดินด้านข้างของดินเพื่อเป็นองค์ประกอบในการออกแบบโครงสร้างกันดิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 2.22 ในดินที่มีกำลังรับแรงเฉือนสูง (ดินเหนียวแข็ง)

ที่มา : https://www.researchgate.net/figure/Excavated-Pit-being-backfilled_fig2_305903410

- สามารถขุดดินโดยไม่ต้องใช้ค้ำยันด้านข้างได้ลึกถึง 20 เมตร

รูปที่ 2.23 ในดินที่มีกำลังรับแรงเฉือนต่ำ (ดินเหนียวอ่อน)

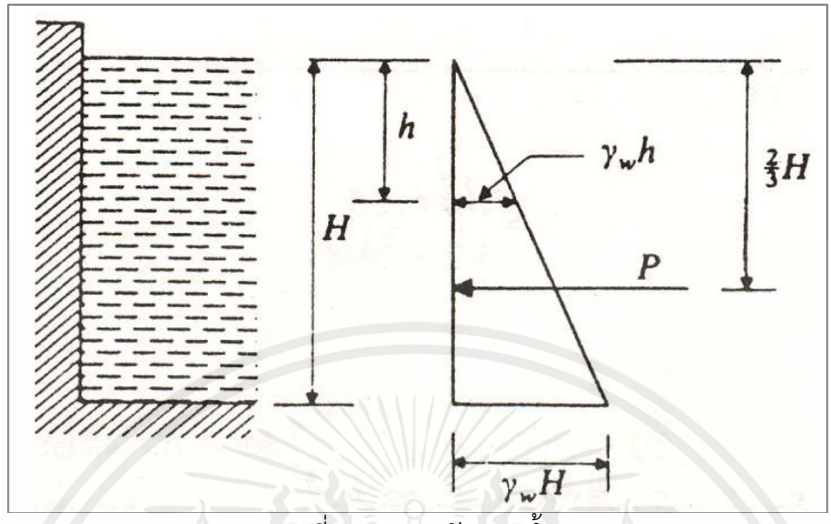
ที่มา : https://www.researchgate.net/figure/Excavated-Pit-being-backfilled_fig2_305903410

- ขุดดินลึกเพียง 2-3 เมตร ก็เกิดการวิบัติแล้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การศึกษาเบื้องต้นจากแรงดันของน้ำ

แรงดันที่จุดใดๆในของเหลวจะเท่ากันทุกทิศทาง γ_w , h



รูปที่ 2.24 แรงดันของน้ำ

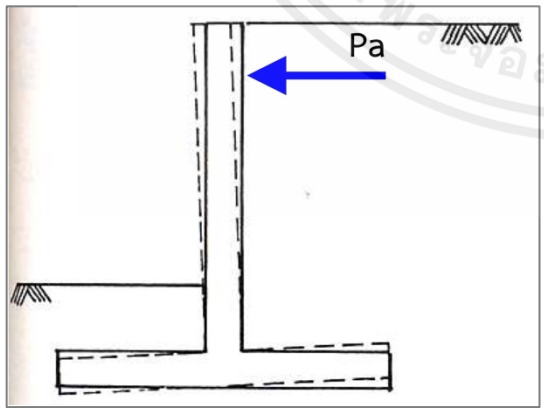
ที่มา : https://www.ldd.go.th/thaisoils_museum/survey_1/soils.htm

แรงดันด้านข้างของดินมีด้วยกัน 3 ประเภท คือ

1) แรงดันดินแบบอยู่กับที่ (At rest case) เป็นแรงดันด้านข้างของดิน โดยที่มวลดินไม่เคลื่อนที่

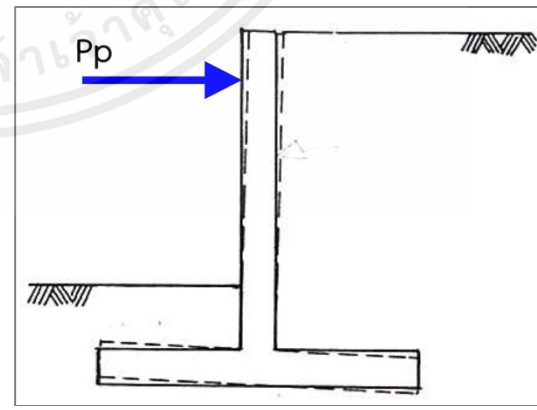
2) แรงดันดินเชิงรุก (Active case) เป็นแรงกดันด้านข้างของดินที่กระทำต่อโครงสร้างกันดิน แล้วทำให้ผนังกันดิน เคลื่อนที่ออกไป จากดินถมหลังโครงสร้างกันดิน

3) แรงดันดินเชิงรุก (Passive case) เป็นแรงดันด้านข้างของดินที่กระทำต่อโครงสร้างกันดิน แล้วทำให้ผนังกันดินเคลื่อนที่เข้าหาดินถมหลังโครงสร้างกันดิน



(ก) ดินดันกำแพง แรงดันดินเชิงรุก

รูปที่ 2.25 แสดงแรงดันดินด้านข้างแบบ Active



(ข) กำแพงดันดิน แรงดันดินเชิงรับ

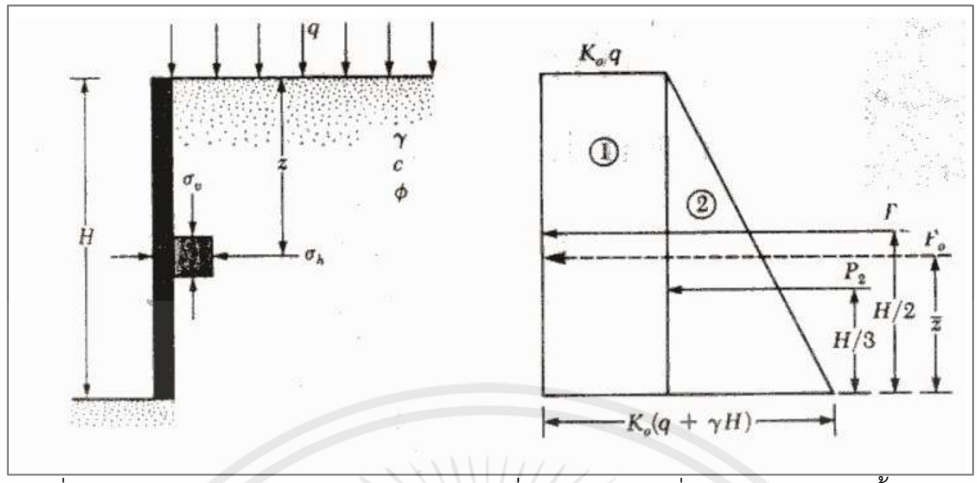
รูปที่ 2.26 แสดงแรงดันดินด้านข้างแบบ Passive

ที่มา : https://www.ldd.go.th/thaisoils_museum/survey_1/soils.htm

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.8.1. แรงดันดินแบบอยู่กับที่ (At rest case)

2.8.1.1 กรณีไม่มีแรงดันน้ำใต้ดิน



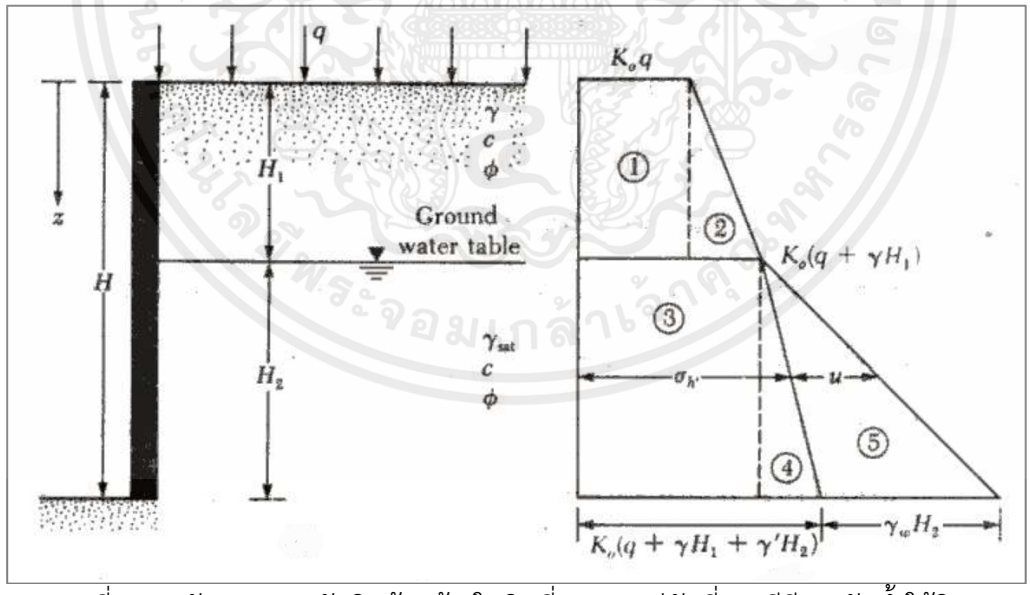
รูปที่ 2.27 ลักษณะของแรงดันด้านข้างในดินที่สภาวะอยู่กับที่ กรณีไม่มีแรงดันน้ำใต้ดิน

ที่มา : https://www.ldd.go.th/thaisoils_museum/survey_1/soils.htm

$$\sigma_v' = \gamma z$$
$$\sigma_h = k_o \sigma_v' \quad \text{แรงดันดินด้านข้าง}$$

$\mathbf{k_o}$ = coefficient of earth pressure at-rest

2.8.1.2 กรณีมีแรงกระทำและระดับน้ำอยู่ที่ผิวดิน



รูปที่ 2.28 ลักษณะแรงดันดินด้านข้างในดินที่สภาวะอยู่กับที่ กรณีมีแรงดันน้ำใต้ดิน

ที่มา : https://www.ldd.go.th/thaisoils_museum/survey_1/soils.htm

$$\sigma_v' = \gamma z + q$$
$$\sigma_h' = k_o \cdot \gamma z + k_o \cdot q = k_o \sigma_v'$$
$$\sigma_h = k_o \cdot \sigma_v' + k_o \cdot q + u$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

For normally consolidated soil (Jacky,1994)

$$k_o = 1 - \sin \emptyset$$

For normally consolidated clay (Brooker and Ireland,1965)

$$k_o = 0.95 - \sin \emptyset$$

Base on Brooker and Ireland's 1965 experimental results

$k_o = 0.4 + 0.007(PI)$ (สำหรับ PI อยู่ระหว่าง 0 - 40)

$k_o = 0.64 + 0.001(PI)$ (สำหรับ PI อยู่ระหว่าง 40 - 80)

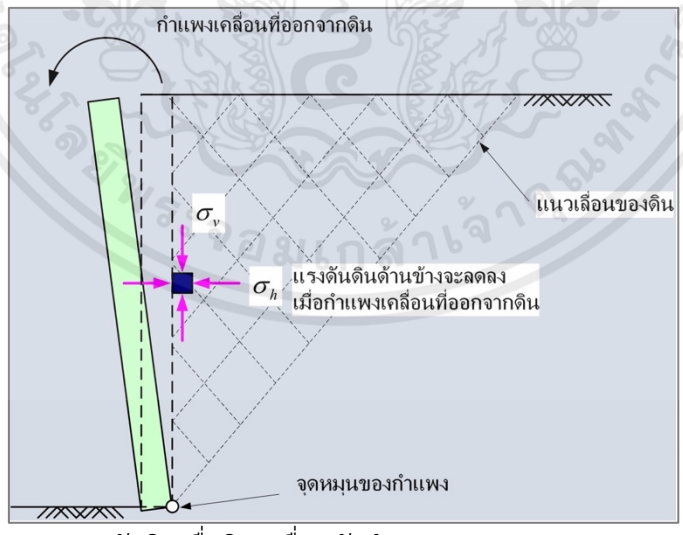
For over consolidated clays

$$K_{o(OC)} \approx K_{o(NC)}\sqrt{OCR}$$

2.8.2. แรงดันดินด้านข้างสภาวะเชิงรุก (Active)

เมื่อผนังกันดินมีการแอ่นตัวหรือขยับออกมาด้านหน้าโครงการกันดิน (ด้านดินระดับต่ำ) ค่า k จะค่อยๆลดลง แรงดันดินที่น้อยที่สุด ณ จุดพังทลาย เรียกว่าแรงดันแบบ active และมีค่าคงที่ที่จุดพิบัติเรียกว่า k_a โดยมี

$$k_a = \frac{1-\sin \emptyset}{1+\sin \emptyset} \quad \text{or} \quad tan^2(45 - \frac{\emptyset}{2})$$



รูปที่ 2.29 แรงดันดินเมื่อดินเคลื่อนตัวกำแพง (Active earth pressure)

ที่มา : https://shorturl.asia/zUVEW

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แรงดันดินด้านข้างในสภาวะ Active และ Passive ที่เสนอโดย Rankine (1857) ได้สมมุติฐานไว้ว่า

1) กำแพงอยู่ในแนวดิ่ง

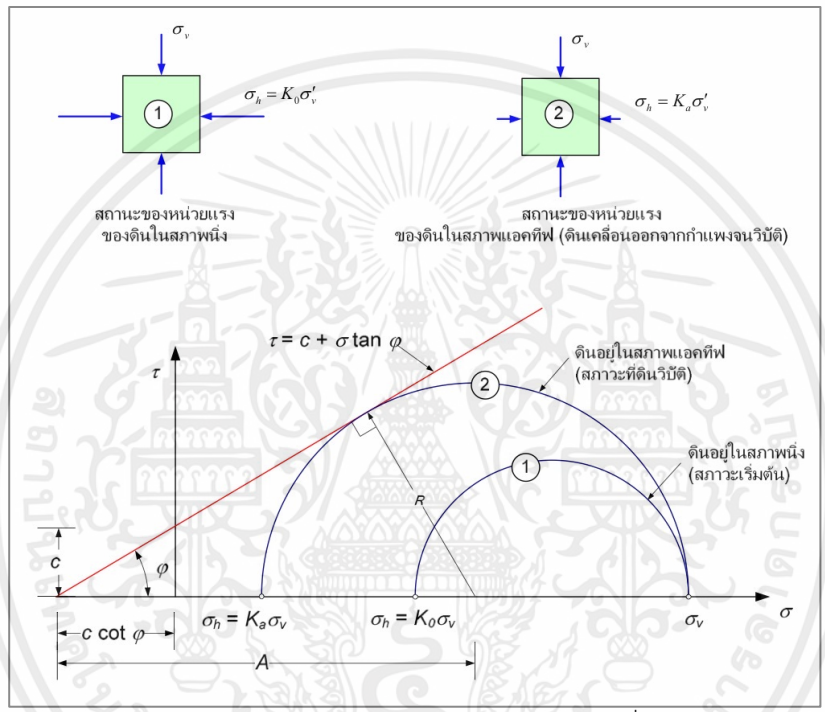
2) ไม่มีแรงเสียดทานระหว่างดินกับกำแพง

3) ดินถมหลังกำแพงอยู่ในระนาบและไม่มีหน่วยแรงเฉือนเกิดขึ้นในระนาบราบและระนาบดิ่ง

4) กำแพงเข็มและยาวไม่สิ้นสุดโดยดินที่มีเนื้อสม่ำเสมอ (homogeneous) และมีคุณสมบัติเหมือนกันในทุกๆ แกนที่พิจารณา (isotropic)

5) สภาวะของดินเริ่มแรกจะต้องอยู่ในสภาพนิ่ง (at-rest state)

การคำนวณแรงดันด้านข้างในสภาวะ Active



รูปที่ 2.30 สถานะของหน่วยแรงเปรียบเทียบระหว่างดินในสภาพนิ่งกับดินในสภาวะ Active

ที่มา : https://vdocuments.mx/aa-aaaaaa-aaaaaaaaa-aaa-aa-lateral.html?page=1

จากรูป จะได้สมการ $\sin \emptyset = \dfrac{R}{A} = \dfrac{(\sigma_v + \sigma_h)/2}{(\sigma_v + \sigma_h + 2c \cot \emptyset)/2}$

$$\sin \emptyset = \frac{\sigma_v + \sigma_h}{(\sigma_v + \sigma_h + 2c\cot \emptyset)}$$

$$\sigma_h(1 + \sin \emptyset) = \sigma_v(1 - \sin \emptyset) - 2c \cos \emptyset$$

ย้ายข้างสมการ $\sigma_h = \sigma_v \left(\dfrac{1 - \sin \emptyset}{1 + \sin \emptyset}\right) - \dfrac{2c\sqrt{1 - sin^2\emptyset}}{1 + sin\emptyset}$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จะได้สมการ $$\sigma_h = \sigma_v \left(\frac{1-\sin\emptyset}{1+\sin\emptyset}\right) - 2c\sqrt{\frac{1-\sin\emptyset}{1+\sin\emptyset}}$$

จากสมการจะเห็นว่าแรงดันด้านข้างแบบ Active สัมพันธ์กับหน่วยแรงในแนวดิ่งและกำลังของดิน

$$\sigma_h = \sigma_v \left(\frac{1-\sin\emptyset}{1+\sin\emptyset}\right) - 2c\sqrt{\frac{1-\sin\emptyset}{1+\sin\emptyset}}$$

สมการนี้จะเขียนในรูปแบบกระชับได้เป็น

$$\sigma_h' = \sigma_v' K_a - 2c\sqrt{K_a}$$

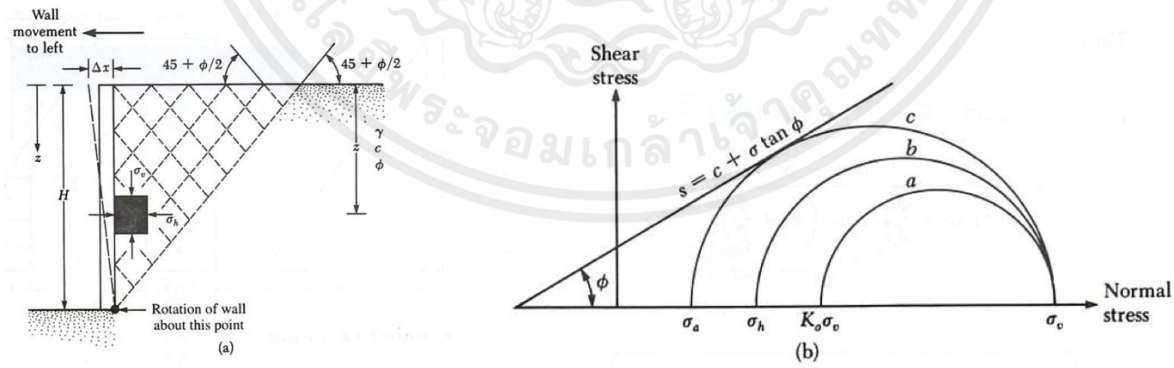
$$K_a = \sqrt{\frac{1-\sin\varphi}{1+\sin\varphi}}$$

K_a = coefficient of active lateral earth pressure

C = cohesion of soil

φ = friction angle

โดยที่ Active failure plane ในมวลดิน ทำมุม 45+$\emptyset$/2 กับแนวนอน



รูปที่ 2.31 Rankine active pressure

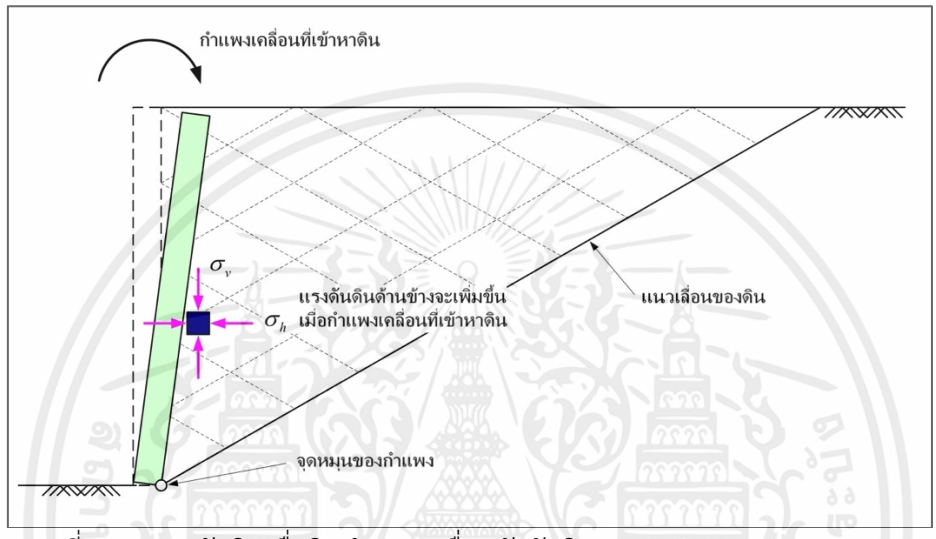
ที่มา : https://vdocuments.mx/aa-aaaaaa-aaaaaaaaa-aaa-aa-lateral.html?page=1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.8.3 แรงดันดินด้านข้างสภาวะเชิงรับ (Passive)

ในทางตรงกันข้าม เมื่อมีแรงมากระทำผนังกันดินให้เคลื่อนที่เข้าหามวลดินด้านหน้าโครงการกันดิน (ด้านดินระดับสูง) ก็จะต้องใช้แรงดันเพิ่มมากขึ้น ค่า k จะค่อยๆสูงขึ้นจนกระทั่งมวลดินด้านหน้ากำแพงเกิดการพิบัติ แรงดันดินที่มากที่สุด ณ จุดพังทลายเรียกว่า แรงดันดินแบบ passive และมีค่าคงที่ที่จุดพิบัตินี้เรียกว่า k_p โดยมี

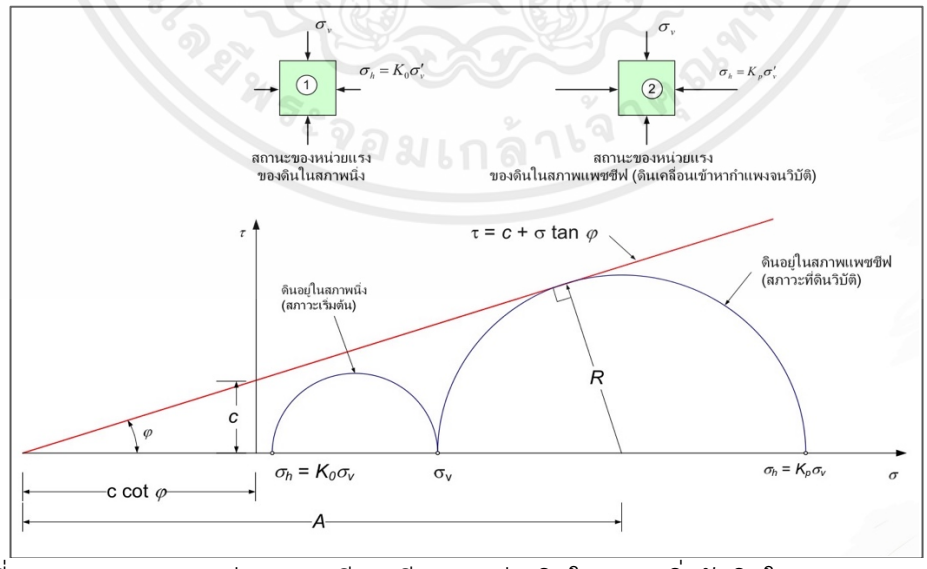
$$k_p = \frac{1-\sin \emptyset}{1+\sin \emptyset} \text{ or } tan^2(45 + \frac{\emptyset}{2})$$



รูปที่ 2.32 แรงดันดินเมื่อดินกำแพงเคลื่อนตัวดันดิน (Passive earth pressure)
(ในกรณีที่ไม่คิดแรงเสียดทานระหว่างดินกับกำแพง)

ที่มา : https://vdocuments.mx/aa-aaaaaa-aaaaaaaaa-aaa-aa-lateral.html?page=1

การคำนวณแรงดันด้านข้างในสภาวะ Passive



รูปที่ 2.33 สถานะของหน่วยแรงเปรียบเทียบระหว่างดินในสภาพนิ่งกับดินในสภาวะ Passive

ที่มา : https://vdocuments.mx/aa-aaaaaa-aaaaaaaaa-aaa-aa-lateral.html?page=1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูป จะได้สมการ $\sin \emptyset = \dfrac{R}{A} = \dfrac{(\sigma_v + \sigma_h)/2}{(\sigma_v + \sigma_h + 2c \cot \emptyset)/2}$

$$\sigma_h(1 + \sin \emptyset) = \sigma_v(1 - \sin \emptyset) - 2c \cos \emptyset$$

ย้ายข้างสมการ $\sigma_v = \sigma_h \left(\dfrac{1 + \sin \emptyset}{1 - \sin \emptyset}\right) + \dfrac{2c\sqrt{1 - sin^2 \emptyset}}{1 + sin\emptyset}$

จะได้สมการ $\sigma_v = \sigma_h \left(\dfrac{1 + \sin \emptyset}{1 - \sin \emptyset}\right) - 2c \sqrt{\dfrac{1 + \sin \emptyset}{1 - \sin \emptyset}}$

สมการนี้จะเขียนในรูปแบบกระชับได้เป็น

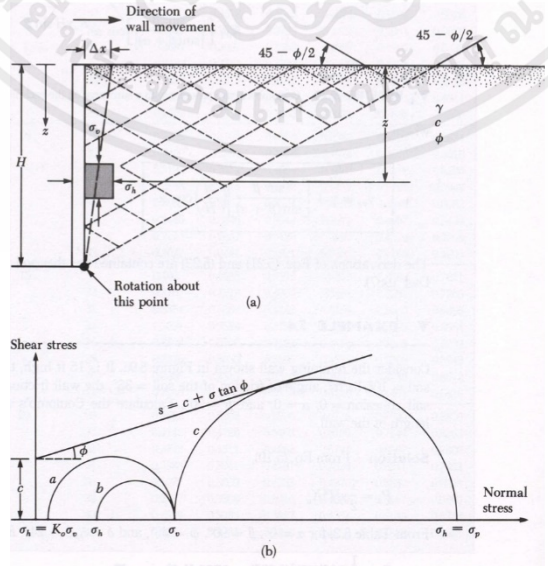
$$\sigma'_h = \sigma'_v \, K_p - 2c\sqrt{K_p}$$

$$K_p = \sqrt{\frac{1 + \sin \varphi}{1 - \sin \varphi}}$$

K_a = coefficient of passive lateral earth pressure

C = cohesion of soil

φ = friction angle



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 2.34 แสดงการเกิด Passive failure plane ในมวลดิน ทำมุม 45-$\frac{\emptyset}{2}$ กับแนวนอน

ที่มา : https://vdocuments.mx/aa-aaaaaa-aaaaaaaaa-aaa-aa-lateral.html?page=1

ตารางที่ 2.2 แสดงปริมาณการเคลื่อนตัวที่ก่อให้เกิดสภาวะ Active ในแต่ละชนิดของดิน

ชนิดของดิน	ปริมาณการเคลื่อนตัวที่ก่อให้เกิดสภาวะ Active
Granular soil	0.001*H* ถึง 0.004*H*
Cohesive soil	0.1*H* ถึง 0.4*H*
Dense sand	0.005*H*
Loose sand	0.01*H*
Stiff clay	0.01*H*
Soft clay	0.05*H*

การคำนวณแรงดันดินด้านข้างด้วยวิธีของ Rankine

Rankine (1860) ได้เสนอหลักการคำนวณแรงดันดินบนผนังดินภายใต้สมมติฐาน 2 ข้อ คือ

1) ผิวของผนังกันดินเรียบไม่มีความฝืด และอยู่ในแนวดิ่ง
2) มวลดินในวสภาพเคลื่อนตัวจนถึงพลาสติก หรือถึงจุดพิบัติแล้ว

สรุปสมการที่ใช้คำนวณแรงดันดินด้านข้าง

สภาวะนิ่ง (At rest)

$$\sigma'_h = K_o \sigma'_v$$

$$K_o = 1 - \sin \emptyset$$

สภาวะแอคทีฟ (Active) Rankine (1857)

$$\sigma'_h = \sigma'_v K_a - 2c\sqrt{K_a}$$

$$K_a = \sqrt{\frac{1 - \sin \varphi}{1 + \sin \varphi}}$$

สภาวะแพซซีฟ (Passive) Rankine (1857)

$$\sigma'_h = \sigma'_v K_p - 2c\sqrt{K_p}$$

$$K_p = \sqrt{\frac{1 + \sin \varphi}{1 - \sin \varphi}}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.9 เสาเข็มคอนกรีตรูปตัวไอ

เสาเข็มคอนกรีตอัดแรงชนิดตอกที่นิยมนำมาใช้ในการงานก่อสร้างรากฐานมากชนิดหนึ่ง เนื่องจากเสาเข็มรูปตัวไอเป็นเสาเข็มที่มีพื้นที่รอบรูปมากกว่าเสาเข็มแบบอื่น จึงสามารถรองรับน้ำหนักได้สูง โดยเฉพาะในงานก่อสร้างบนพื้นที่ที่ชั้นดินข้างล่างเป็นชั้นดินเหนียวหรือชั้นดินตะกอน

2.10 ขั้นตอนการผลิตเสาเข็ม

เสาเข็มรูปตัวไอ มีการผลิตออกมาหลายขนาดและหลายความยาว ซึ่งการกำหนดขนาดและความยาวก็เพื่อการใช้งานให้เหมาะสมกับความต้องการ แต่ขั้นตอนในการผลิตเสาเข็มจะมีลักษณะที่เหมือนกันดังนี้

2.10.1 จัดเตรียมพิมพ์สำหรับทำเสาเข็มรูปตัวไอ

2.10.2 ทำการขึงลวดเหล็กที่บนแบบพิมพ์รูปตัวไอ

2.10.3 ทำการเทคอนกรีตชนิดแห้งเร็วลงในแบบพิมพ์ให้พอดีตามขนาดที่กำหนด

2.10.4 รอให้คอนกรีตแห้ง แล้วจึงทำการตัดลวดเหล็กที่ขึงไว้ออก ลวดเหล็กที่ตึงตัวอยู่เมื่อตัดแล้วจะมีการหดตัวกลับ การหดตัวของลวดนี้จะทำให้เกิดแรงอัดภายในเนื้อคอนกรีตของเสาเข็ม ทำให้เสาเข็มมีความแข็งแรงสูง แม้จะมีความยาวมากก็สามารถคงรูปอยู่ได้โดยที่ไม่หักในขณะที่ทำการเคลื่อนย้ายและทำการตอก

2.11 ข้อดีของเสาเข็มรูปตัวไอ

สำหรับข้อดีของเสาเข็มรูปตัวไอ ก็มีดังนี้

2.11.1 รองรับน้ำหนักได้มาก

เนื่องจากรูปแบบของเสาเข็มรูปตัวไอมีพื้นที่รอบมากกว่าเสาเข็มแบบอื่น จึงมีพื้นที่สัมผัสกับพื้นดินมากกว่า ทำให้มีแรงเสียดทานระหว่างพื้นดินกับเสาเข็มสูง ส่งผลให้สามารถรองรับน้ำหนักได้ดี แม้จะเป็นดินเหนียวหรือดินตะกอนก็ตาม

2.11.2 มีให้เลือกหลายขนาด

เสาเข็มรูปตัวไอมีให้เลือกหลายขนาดและหลายความยาว ทำให้ช่างหรือวิศวกรสามารถนำมาใช้งานได้หลากหลาย ดังนั้นไม่ว่าจะทำการก่อสร้างที่ต้องรับน้ำหนักขนาดไหนก็มีเสาให้เลือกใช้งานได้อย่างเหมาะสม

2.11.3 น้ำหนักเบา

เสาเข็มรูปตัวไอที่ความยาวเท่ากับเสาเข็มตันแบบอื่นจะมีน้ำหนักเบากว่า เนื่องมากลักษณะของเสาเข็มที่มีเป็นรูปตัวไป ทำให้ส่วนหัวและท้ายมีเว้าเป็นช่องว่างไม่มีเนื้อคอนกรีตและเหล็กอยู่ ส่งผลให้เสาเข็มมีน้ำหนักเบากว่า

2.11.4 ใช้งานง่าย

การใช้งานเสาเข็มรูปตัวไอทำได้ด้วยการตอกหรือกดด้วยแรงคนหรือแรงเครื่องจักรโดยตรง เพื่อให้เสาเข็มจมลงไปในดิน ไม่ต้องทำการขุดหรือเจาะเพื่อนำดินออกก่อนก็สามารถทำการตอกเสาเข็มลงไปได้เลย และเสาเข็มสามารถทนแรงอัดในการตอกได้โดยที่ไม่เกิดการแตกหัก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.11.5 ราคาถูก

เมื่อเทียบราคาของเสาเข็มแบบตอกชนิดอื่นกับเสาเข็มรูปตัวไอ ที่มีขนาด ความยาวและความสามารถในการรับน้ำหนักที่เท่ากัน เสาเข็มรูปตัวไอจะมีราคาที่ถูกกว่า จึงช่วยประหยัดงบประมาณในการก่อสร้างได้เป็นอย่างดี

2.12 ข้อควรระวังในการใช้เสาเข็มรูปตัวไอ

ถึงแม้ว่าเสาเข็มรูปตัวไอจะสามารถรองรับน้ำหนักได้สูง เนื่องจากมีพื้นที่หน้าตัดมาก แต่เสาเข็มชนิดนี้ก็มีข้อควรระวังในการใช้งานเช่นกัน ซึ่งข้อควรระวังนั้นก็มีดังนี้

2.12.1 แรงสั่นสะเทือนสูง

การตอกเสาเข็มรูปตัวไอจะเกิดแรงสั่นสะเทือนในขณะที่ทำการตอกสูง เนื่องจากพื้นที่หน้าตัดของเสามีมาก ดังนั้นเมื่อเสาเข็มเข้าไปแทนที่เนื้อดิน โดยเฉพาะเสาเข็มที่มีความยาวสูงที่ต้องใช้เครื่องจักรในการตอกทำให้ตึกหรืออาคารที่อยู่พื้นที่ใกล้เคียงอาจจะเกิดความเสียหายจากแรงสั่นสะเทือนได้ ซึ่งหากต้องทำการตอกเสาเข็มรูปตัวไอโดยเครื่องจักรจะทำได้เมื่อพื้นที่โดยรอบจะต้องมีสิ่งปลูกสร้างห่างออกไปอย่างน้อย 30 เมตร

แต่หากสิ่งปลูกสร้างมีระยะใกล้น้อยกว่า 30 เมตรจะต้องทำการเจาะเอาดินออกบางส่วนหรือทั้งหมดก่อน แล้วจึงค่อยทำการเสียบเสาเข็มลงไปหากต้องการใช้เสาเข็มรูปตัวไอแบบตอก

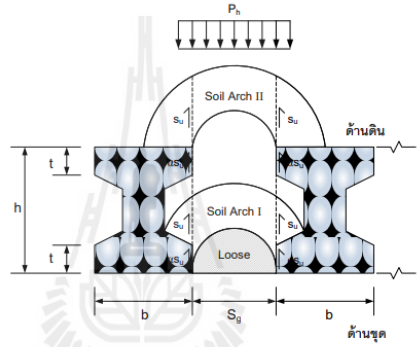
2.12.2 ต้องเคลื่อนย้ายอย่างระวัง

เนื่องจากเสาเข็มส่วนที่เป็นหัวและท้ายของรูปตัวไอจะมีขนาดที่เล็ก จึงอาจทำให้เกิดการหักหรือแตกร้าวได้ง่าย ดังนั้น ในการเคลื่อนย้ายจะต้องทำโดยอาศัยความระมัดระวังเป็นพิเศษเพื่อป้องกันไม่ให้เสาเกิดการชำรุดแตกหักนั่นเอง จะเห็นว่าเสาเข็มรูปตัวไอเป็นเสาเข็มที่เหมาะสมกับงานก่อสร้างแทบทุกประเภท และงานที่ต้องรองรับน้ำหนักสูง แต่การเลือกขนาดและนำไปใช้งานควรได้รับคำแนะนำจากผู้เชี่ยวชาญ ผู้ผลิตหรือวิศวกรผู้ดูแลทุกครั้ง เพื่อที่จะได้เสาเข็มรูปตัวไอที่เหมาะสมกับงานของท่านอย่างแท้จริง

2.13 พฤติกรรมของกำแพงเสาเข็มเรียงต่อเนื่องหน้าตัดรูปตัวไอ

ได้อธิบายพฤติกรรมการรับน้ำ หนักแรงของเสาเข็มเรียงต่อเนื่อง หน้าตัดตัวไอว่าดินที่อยู่บริเวณซอกเสาเข็มจะทำ ตัวเป็นสะพานโค้ง (soil arc bride) ซึ่งสะพาน โค้งหรือสะพานดินดังกล่าวเมื่ออยู่ในสภาวะสมดุลจะสามารถต้านทานแรงดันดินทางด้านข้างได้ โดยความสามารถต้านทานแรงดันดินทางด้านข้างจะขึ้นอยู่กับขนาดหน้าตัด ระยะห่างระหว่าง เสาเข็ม แรงดันดินด้านข้างและกำลังต้านทานแรงเฉือนแบบไม่ระบายน้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.35 สะพานดินระหว่างซอกเสาเข็มและระนาบวิบัติของดินสำหรับเสาเข็มตัวไอ

ที่มา : จาก"อิทธิพลของระยะห่างระหว่างเสาเข็มต่อกำลังต้านทานการไหลของดินระหว่างเสาเข็มรูปตัวไอในชั้นดินเหนียว," โดย นายธีรศักดิ์ สีนาก,2555(15)

เสาเข็มคอนกรีตหน้าตัดรูปตัวไอนี้เป็นเสาเข็มหล่อสำเร็จใช้ตอกลงไปในดิน ทาง กรุงเทพมหานครได้ใช้เป็นกำ แพงกันดินริมคลอง โดยมีแผงคอนกรีตระหว่างซอกของรูปตัวไอเพื่อป้องกันดินที่เปิดสัมผัสกับน้ำไม่ให้ไหลออก หากใช้กำแพงกันดินโดยไม่ปิดช่องว่างนี้ก็สามารถวิเคราะห์ได้ดังรูปที่ 2.11 หลักการของการวิเคราะห์จะคล้ายกเป็นการผสมกันของเข็มเหล็ก รูปพรรณปีกกว้างและของเข็มหน้าตัดรูปสี่เหลี่ยม ทั้งนี้เนื่องจากเข็มชนิดนี้จะมีปีกด้านข้างซึ่งมี ความหนาพอสมควรความฝืดหรือความยึดเกาะของดินกับคอนกรีตส่วนนี้ต้องนำมคิดด้วย เราจึง ได้สมการที่ (2.1) ซึ่งสามารถนำ ไปใช้ออกแบบระยะห่างของเสาเข็มได้

$$\frac{S_u}{P_h} = \frac{S_g}{2\left(\sqrt{\frac{B}{2}\left(\frac{B}{2}+S\right)}+h+2t(\alpha-1)\right)}$$

สมการที่ 2.1

เมื่อ S_u = กำลังต้านทานแรงเฉือนในสภาวะไร้การระบายน้ำ ของดิน (undrain shear strength)

P_h = แรงดันดินด้านข้าง (lateral earth pressure)

S_g = ระยะห่างระหว่างเสาเข็ม

B = ความกว้างของเสาเข็มรูปตัวไอ

h = ความลึกของเสาเข็มรูปตัวไอ

t = ความหนาของปีกเสาเข็มรูปตัวไอ

a = สัมประสิทธิ์การเกาะตัวระหว่างดินกับผิวเสาเข็ม

อย่างไรก็ตามยังไม่มีผลการศึกษาทางกายภาพเพื่อยืนยันตามสมการที่ (2.1) แต่อย่างใด ดังนั้นในงานวิจัยนี้จะทำการศึกษาพฤติกรรมของดินระหว่างเสาเข็มเจาะเรียงต่อเนื่องหน้าตัดตัวไอในเชิงกายภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.14 ราคาเสาเข็มและแผ่นพื้นสำเร็จรูปชนิดตัน

ตารางที่ 2.3 ตารางแสดงราคาเสาเข็มรูปตัวไอ

ตารางแสดงราคาเสาเข็มรูปตัวไอ บาทต่อเมตร					
ขนาดเสาเข็ม	ร่มเกล้า คอนกรีต	อรัญ คอนกรีต	สินอุดม คอนกรีต	ร่วมมิตร คอนกรีต	สินธุ แอนด์ คิว.พี.เอส.
I 18x18 TIS	150	150	160	145	175
I 22x22 TIS	175	200	205	190	205
I 26x26 TIS	245	275	265	230	250
I 30x30 TIS	-	335	335	290	315
I 35x35 TIS	-	445	445	380	435
I 40x40 TIS	-	650	650	530	605
I 45x45 TIS	-	-	-	-	650

ตารางที่ 2.4 ตารางแสดงราคาแผ่นพื้นตัน

ตารางแสดงราคาแผ่นพื้นตัน บาทต่อตารางเมตร						
ขนาดแผ่นพื้นตัน (กว้าง x หนา)	ขนาดลวดอัดแรง มอก. 95-2534	จำนวนลวดอัดแรง มอก. 95-2534	ร่มเกล้า คอนกรีต	อรัญ คอนกรีต	สินอุดม คอนกรีต	CPAC
35 x 5 cm.	4 mm.	4 เส้น	245	210	215	255
35 x 5 cm.	4 mm.	5 เส้น	255	220	225	265
35 x 5 cm.	4 mm.	6 เส้น	265	230	235	275
35 x 5 cm.	4 mm.	7 เส้น	275	240	245	285
35 x 5 cm.	4 mm.	8 เส้น	285	250	255	300

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.5 ตารางแสดงราคาเหล็กเส้น

ตารางแสดงราคาเหล็กเส้น		
ชั้นคุณภาพ	ขนาด (mm.)	ราคาต่อความยาว 1 ม. (บาท)
เหล็กเส้นกลม SR24	RB6	6.1
	RB9	13.3
เหล็กข้ออ้อย SD40	DB12	23.5
	DB16	41.6
	DB20	64.6
	DB22	78
	DB25	100.8
เหล็กข้ออ้อย SD50	DB12	23.2
	DB16	40.6
	DB20	63.1
	DB22	76.2
	DB25	98.4

หมายเหตุ : อ้างอิงจากราคากลางค่าวัสดุและแรงงาน สพฐ.ประจำปีงบประมาณ 2566

ตารางที่ 2.6 ตารางแสดงราคาคอนกรีต

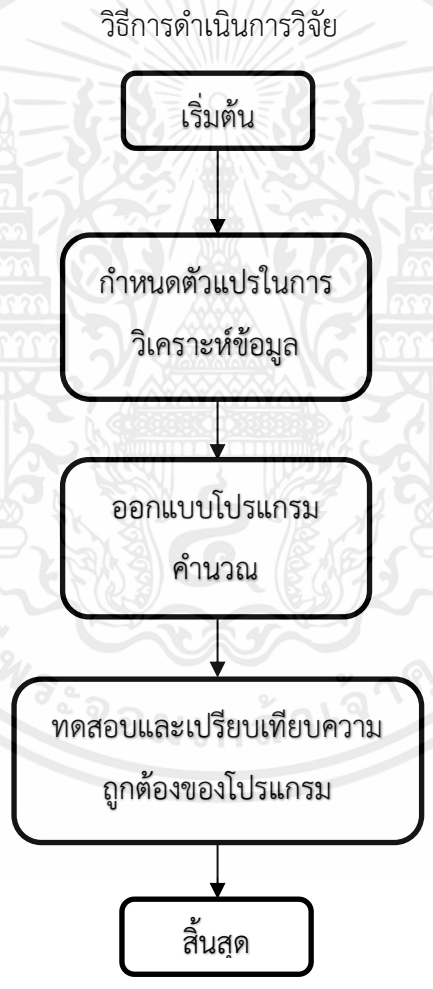
กำลังอัด (cylinder)	ค่าวัสดุ (บาท/ ลบ.ม.)
140	2399
180	2384
210	2420
240	2457
280	2529

หมายเหตุ : อ้างอิงจากราคากลางค่าวัสดุและแรงงาน สพฐ.ประจำปีงบประมาณ 2566

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
วิธีการดำเนินงานวิจัย

วิจัยนี้เป็นการศึกษาเพื่อหาความสัมพันธ์ของราคาต้นทุนและความสูงของดินถมที่ต่างระดับกันระหว่างดินหน้ากำแพงกันดินและด้านหลังกำแพงกันดิน โดยใช้โปรแกรมที่สร้างขึ้นมาใช้งานด้านวิเคราะห์หาความลึกเสาเข็ม ระยะห่างระหว่างเสาเข็ม การออกแบบแผ่นกันดินคอนกรีตเสริมเหล็ก และประมาณราคาต้นทุน เพื่อเป็นหนึ่งในทางเลือกใช้โปรแกรมในการออกแบบกำแพงกันดินขนิดเสาเข็มและแผ่นกันดินคอนกรีตเสริมเหล็ก โดยแบ่งการดำเนินการวิจัยเป็น 3 ขั้นตอน คือ 1. กำหนดตัวแปรในการวิเคราะห์ข้อมูล 2. ออกแบบโปรแกรมคำนวณ 3. ทดสอบและเปรียบเทียบความถูกต้องของโปรแกรม



รูปที่ 3.1 แผนภูมิวิธีการดำเนินการวิจัย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1 กำหนดตัวแปรในการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์การออกแบบนั้นได้กำหนดคุณสมบัติของดิน และการกำหนดขนาดกำแพงกันดินโดยใช้ วิธีลองผิดลองถูก (Trial and Error) โดยมีรายละเอียดดังนี้

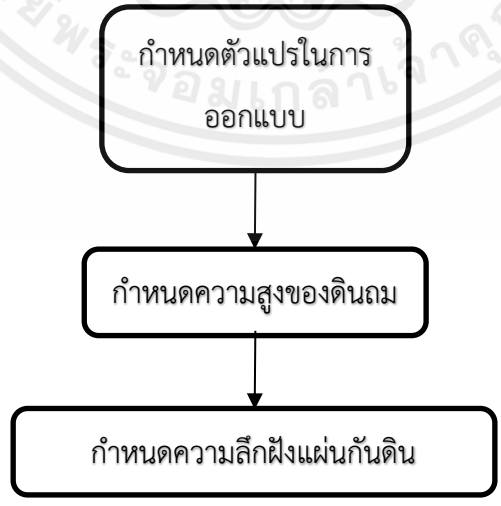
การกำหนดคุณสมบัติของดินที่จะทำการศึกษา โดยน้ำหนักกดทับดินคือ 500 kg/ m^2 ระยะห่างระหว่างเสาเข็มคือ 1.50 m. ดินเดิมได้แก่ หน่วยน้ำหนัก (Unit Weight) ; g = 1900 kg/m^3, ค่ามุมเสียดทานภายใน (Internal Friction Angle) ; f = 0.00 deg, ค่าความเชื่อมแน่น (Cohesive Soil) ; c = 2500 kg/m^2 ดินถมหลังกำแพงกันดิน หน่วยน้ำหนัก (Unit Weight) ; g = 1900 kg/m^3, ค่ามุมเสียดทานภายใน (Internal Friction Angle) ; f = 30.00 deg, ค่าความเชื่อมแน่น (Cohesive Soil) ; c = 0.00 t/m^2, มุมลาดของดินถม b = 0.00 deg และระดับน้ำ +2.50 m (จากระดับใต้ฐานราก), การประมาณราคาค่าวัสดุก่อสร้างและค่าแรงงานใช้ข้อกำหนดของ สำนักงานคณะกรรมการศึกษาขั้นพื้นฐาน ประจำปี 2566 (สพฐ.) และกำหนดลักษณะทางกายภาพของกำแพงกันดินที่จะศึกษาโดยวิธีลองผิดลองถูกดังนี้

3.1.1 วิธีลองผิดลองถูก (Trial and Error)

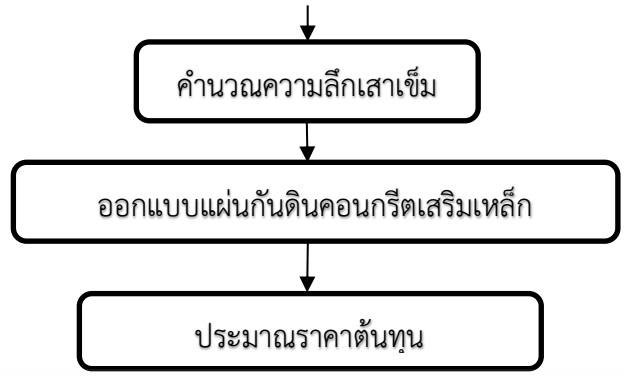
การกำหนดลักษณะขนาดของวิธีลองผิดลองถูกนั้น เป็นการปรับเปลี่ยนค่าซ้ำๆ หลายครั้งซึ่งดำเนินต่อไปจนกว่าการการออกแบบกำลังรับโมเมนต์จะมากกว่าโมเมนต์ดัดในส่วนของแผ่นกันดินคอนกรีตคสล. และได้ความลึกขอลเสาเข็มในส่วนของหาความลึกของเสาเข็ม

3.2 กระบวนการทำงานของโปรแกรม

กระบวนการทำงานของโปรแกรมนั้นจะแบ่งออกเป็น 4 ขั้นตอนดังนี้ 1. กำหนดตัวแปลในการออกแบบ 2. กำหนดความสูงของดินถม 3. กำหนดความลึกฝังแผ่นกันดิน 4. คำนวณความลึกของเสาเข็ม 5. ออกแบบแผ่นกันดินคอนกรีตเสริมเหล็ก 6. คำนวณประมาณราคาต้นทุน



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.2 แผนภูมิกระบวนการทำงานของโปรแกรม

3.2.1 คำนวณหาความลึกเสาเข็ม

การคำนวณหาความลึกของเสาเข็มนั้นสามารถคำนวณจากแรงดันดินที่เกิดจากน้ำหนักกดทับดินถม ค่าจำเพาะของดินถมและดินเดิม แรงดันดินด้านข้างสภาวะเชิงรุกจะคิดระดับน้ำเท่ากับระดับดินถม

3.2.1.1 ความหมายของตัวแปร

q คือ น้ำหนักกดทับดินถม

K_a คือ สัมประสิทธิ์แรงดันดินด้านข้างสภาวะเชิงรุก

Kp คือ สัมประสิทธิ์แรงดันดินด้านข้างสภาวะเชิงรับ

γw คือ ความหนาแน่นของน้ำ

γ' คือ ความหนาแน่นของดินลบความหนาแน่นของน้ำ

H คือ ความสูงของดินถม

B คือ ระยะห่างระหว่างเสาเข็ม

h_2 คือ ความลึกฝังแผ่นกันดิน

I คือ ขนาดหน้าตัดเสาเข็มที่เลือกใช้

C คือ ค่าสัมประสิทธิ์จำเพาะในดินเหนียว

3.2.1.2 หาแรงดันดินด้านข้างสภาวะเชิงรุก ที่ระดับผิว Surcharge จากการค่าสัมประสิทธิ์แรงดันดินด้านข้างสภาวะเชิงรุกของชั้นดินคูณด้วยแรงกดทับดินถม คำนวณได้จากสูตร

$$\sigma_{a1} = K_a \times q$$

3.2.1.3 หาแรงดันดินด้านข้างในแนวดิ่ง ที่ระดับผิว Dredge Line จากการนำค่าแรงกดทับดินถม บวกด้วยผลคูณของความหนาแน่นของดินลบความหนาแน่นของน้ำกับความสูงของดินถม คำนวณได้จากสูตร

$$\sigma_v = q + \gamma' H$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.1.4 หาแรงดันดินด้านข้างสภาวะเชิงรุก ที่ระดับผิว Dredge Line จากการนำค่าสัมประสิทธิ์แรงดันดินด้านข้างสภาวะเชิงรุกของชั้นดินคูณด้วยแรงดันดินด้านข้างในแนวดิ่ง คำนวณได้จากสูตร

$$\sigma_{a2} = K_a \times \sigma_v$$

3.2.1.5 หาแรงดันของน้ำที่สูงถึงระดับพื้นผิวดินที่ระดับผิว Surcharge จากการนำค่าความสูงของดินถมคูณด้วยความหนาแน่นของน้ำ คำนวณได้จากสูตร

$$\sigma_w = H \times \gamma_w$$

3.2.1.6 หาแรงรวมที่กระทำด้านข้างในระดับที่สูงจากระดับผิว Dredge Line คำนวณได้จากสูตร

$$P_1 = [\sigma_{a1} \times \left(H + \frac{1 \times (\sigma_{a2} - \sigma_{a1})}{2}\right) \times H] + [\frac{1}{2} \times \sigma_w \times H]$$

3.2.1.7 หาตำแหน่งที่เกิดการถ่ายแรงรวมที่ระดับผิว Dredge Line ขึ้นไป คำนวณได้จากสูตร

$$y = [(R_1 \times \frac{H}{2}) + (R_2 \times \frac{H}{3}) + (R_w \times \frac{H}{3})]/P_1$$

3.2.1.8 หาแรงดันดินด้านข้างสภาวะเชิงรับใต้ระดับชั้นดินเดิม จากการนำผลคูณของค่าสัมประสิทธิ์แรงดันดินด้านข้างสภาวะเชิงรับกับความหนาแน่นของดินลบความหนาแน่นของน้ำกับความลึกฝังแผ่นกันดินและค่าสัมประสิทธิ์จำเพาะในดินเหนียวบวกด้วยสแควรูทของสัมประสิทธิ์แรงดันดินด้านข้างสภาวะเชิงรับ คำนวณได้จากสูตร

$$\sigma_{p1} = K_p \times \gamma h_2 \times 2c + \sqrt{K_{p1}}$$

3.2.1.9 หาแรงดันดินด้านข้างสภาวะเชิงรับ คำนวณได้จากสูตร

$$R_3 = \frac{1}{2} \times \sigma_{p1} \times h_2$$

3.2.1.10 หาระยะของ Z คำนวณได้จากสูตร

$$Z = \frac{B(R_3 b h_2 - P1) - D(4CI + qI + \gamma HI)}{4CI}$$

3.2.2 ออกแบบแผ่นกำแพงกันดินชนิดชนิดแผ่นพื้นตัน

การคำนวณออกแบบแผ่นกำแพงกันดิน

3.2.2.1 ความหมายของตัวแปร

b คือ ความกว้างของแผ่นสอด

t คือ ความหนาของแผ่นสอด

L คือ ความยาวของแผ่นสอด

3.2.2.2 ใส่ค่าระยะหุ้มคอนกรีต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.2.3 หาแรงดันดินที่กระทำกับแผ่นกำแพงกันดิน จากการนำค่าสัมประสิทธิ์แรงดันดินด้านข้างสภาวะเชิงรุกคูณด้วยผลบวกของแรงดันดินด้านข้างในแนวดิ่งบวกด้วยน้ำหนักกดทับดินถมแล้วบวกด้วยแรงดันจากน้ำด้านข้าง คำนวณได้จากสูตร

$$Pa = Ka*\gamma*H + Ka*q + \gamma w*H$$

3.2.2.4 หาน้ำหนักแผ่ของน้ำหนักแผ่ จากการนำค่าแรงดันดินที่กระทำกับแผ่นกำแพงกันดินแล้วคูณด้วยความกว้างของแผ่นสอด คำนวณได้จากสูตร

$$w = p \times b$$

3.2.2.5 หาโมเมนต์ดัดที่กระทำกับแผ่นกำแพงกันดิน จากการนำค่าคงที่ 1.7/8 คูณด้วยน้ำหนักแผ่และคูณด้วยความยาวของแผ่นสอดกำลังสอง คำนวณได้จากสูตร

$$M_u = \frac{1.7 \times W \times L^2}{8}$$

3.2.2.6 หาแรงดันดิน จากการนำค่าปริมาณเหล็กเสริมต้านทานโมเมนต์ตัดหารด้วยผลคูณของความกว้างของแผ่นสอดกับกำลังโมเมนต์ คำนวณได้จากสูตร

$$P = \frac{A_s}{b \times d_p}$$

3.2.2.7 หาค่าความเค้นสูงสุด จากการนำค่าความเค้นสูงสุดของเหล็กคูณด้วยผลลบของหนึ่งลบด้วยผลคูณของ 0.5 คูณแรงดันดินคูณด้วยความเค้นสูงสุดของเหล็กหารด้วยกำลังของคอนกรีต คำนวณได้จากสูตร

$$f_{su} = f'_s(1 - 0.5P\frac{f'_s}{f'_c})$$

3.2.2.8 หาค่าพารามิเตอร์ที่ใช้ออกแบบ จากการนำค่าแรงดันดินคูณด้วยความเค้นสูงสุดของเหล็กแล้วหารด้วยกำลังอนกรีต คำนวรได้จากสูตร

$$\mathrm{q} = \frac{P \times f_{su}}{f'_c}$$

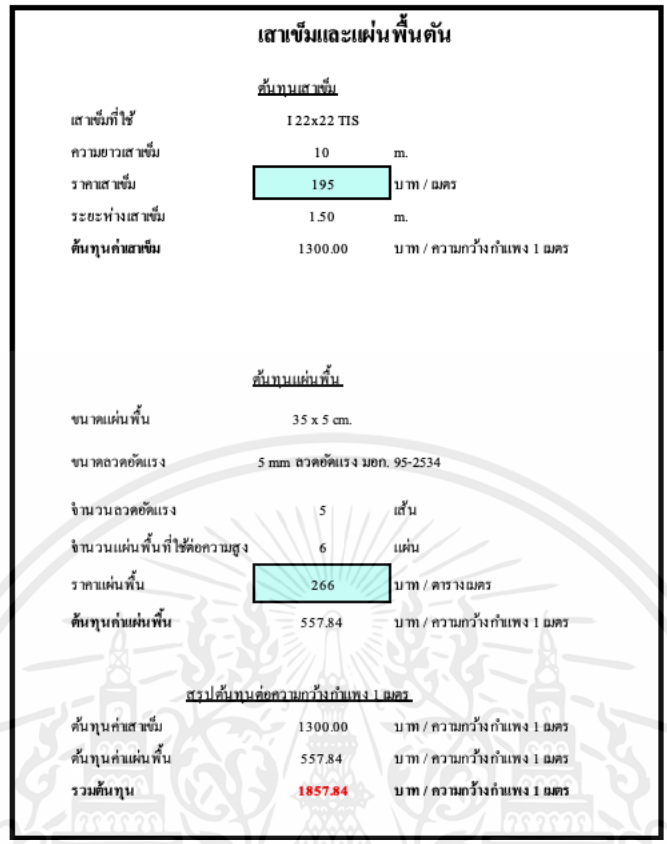
3.2.2.9 ตรวจสอบกำลังโมเมนต์ดัด

การตรวจสอบโมเมนต์ดัดโดยค่ากำลังโมเมนต์ที่ยอมให้ได้ต้องมากกว่าโมเมนต์ดัดที่เกิดขึ้นจริง สามารถคำนวณกำลังโมเมนต์ดัดที่ยอมให้ได้จากสูตร

$$\emptyset M_u = 0.9(A_s f_{su} d_p(1 - 0.59q))$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.3 คำนวณราคาต้นทุนกำแพงกันดินชนิดเสาเข็มและแผ่นสอดชนิดแผ่นพื้นตัน



เสาเข็มและแผ่นพื้นตัน

ต้นทุนเสาเข็ม

เสาเข็มที่ใช้	I 22x22 TIS	
ความยาวเสาเข็ม	10	m.
ราคาเสาเข็ม	195	บาท / เมตร
ระยะห่างเสาเข็ม	1.50	m.
ต้นทุนค่าเสาเข็ม	1300.00	บาท / ความกว้างกำแพง 1 เมตร

ต้นทุนแผ่นพื้น

ขนาดแผ่นพื้น	35 x 5 cm.	
ขนาดลวดอัดแรง	5 mm. ลวดอัดแรง มอก. 95-2534	
จำนวนลวดอัดแรง	5	เส้น
จำนวนแผ่นพื้นที่ใช้ต่อความสูง	6	แผ่น
ราคาแผ่นพื้น	266	บาท / ตารางเมตร
ต้นทุนค่าแผ่นพื้น	557.84	บาท / ความกว้างกำแพง 1 เมตร

สรุปต้นทุนต่อความกว้างกำแพง 1 เมตร

ต้นทุนค่าเสาเข็ม	1300.00	บาท / ความกว้างกำแพง 1 เมตร
ต้นทุนค่าแผ่นพื้น	557.84	บาท / ความกว้างกำแพง 1 เมตร
รวมต้นทุน	**1857.84**	**บาท / ความกว้างกำแพง 1 เมตร**

รูปที่ 3.3 การคำนวณหาต้นทุนชนิดใช้แผ่นพื้นตัน

3.2.3.1 คำนวณหาต้นทุนเสาเข็ม

ในการคำนวณหาต้นทุนเสาเข็ม ได้มาจากการนำค่าของความยาวเสาเข็มที่ใช้ในการออกแบบและชนิดของเสาเข็มที่ใช้ ซึ่งราคาเสาเข็มที่ใช้คำนวณหาต้นทุนได้มาจากการเฉลี่ยราคาเสาเข็มของบริษัทที่สอบถามมาทั้ง 5 บริษัทมาประมาณราคา จะได้ราคาค่าต้นทุนเสาเข็มที่ใช้ต่อความกว้างกำแพง 1 เมตร

3.2.3.2 คำนวณหาต้นทุนแผ่นพื้นตัน

ในการคำนวณหาต้นทุนแผ่นพื้น ได้มาจากการนำค่าของจำนวนลวดอัดแรงที่ใช้และจำนวนแผ่นพื้นที่ใช้ ซึ่งราคาแผ่นพื้นที่ใช้คำนวณหาต้นทุนได้มาจากการเฉลี่ยราคาแผ่นพื้นของบริษัทที่เราได้สอบถามมาทั้ง 5 บริษัทมาประมาณราคา จะได้ราคาค่าต้นทุนแผ่นพื้นที่ใช้ต่อความกว้างกำแพง 1 เมตร

3.2.3.3 สรุปคำนวณหาต้นทุนของแผ่นพื้นและเสาเข็ม

ในการหาสรุปต้นทุนต่อความกว้าง 1 เมตร ได้จากผลรวมของราคาต้นทุนเสาเข็มหัวข้อ 3.2.3.1 และ ราคาต้นทุนแผ่นพื้นหัวข้อ 3.2.3.2 จากนั้นจะได้ราคารวมต้นทุนของแผ่นพื้นและเสาเข็ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.4 ออกแบบแผ่นกำแพงกันดินชนิดแผ่นคอนกรีตเสริมเหล็ก โดยใช้วิธีหน่วยแรงใช้งาน (WSD)

ความลึกกำแพง (b)	=	2.00	m.
ความหนากำแพง (d)	=	0.09	m.
ความกว้างกำแพง (L)	=	1.42	m.
ระยะหุ้ม (d')	=	0.02	m.
ชั้นคุณภาพเหล็ก	=	SD40	
f_y	=	4000	ksc
f_s	=	1700	ksc
fc'	=	240	ksc
fc = 0.375 fc'	=	90.00	ksc
n = Es/Ec	=	8.7	
Es	=	2040000	ksc
Ec = 15200 $\sqrt{fc'}$	=	235477.4	ksc
k = 1/(1+f_s/nf_c)	=	0.315	
j = 1 - k/3	=	0.895	
R = 0.5$f_c$jk	=	12.687	

	ขนาด (mm.)	จำนวน (เส้น)	STATUS
เหล็กแกนนอนรับแรงดึง A_{s1}	12	15	A(21.21) > As(15.01) , OK
เหล็กแกนนอนรับแรงอัด A_{s2}	0	0	ไม่ต้องคำนวณเหล็กรับแรงอัด
เหล็กแกนตั้ง	12	6	A(3.39) > As(3.24) , OK

CONDITION

fs > fs'	=	OK
Moment	=	M<Mc , ไม่ต้องคำนวณเหล็กรับแรงอัด
Shear	=	Vc > V , OK

รายละเอียดการคำนวณหาโมเมนต์

Pa = Ka*γ*H + Ka*q + γ_w*H	=	1765.40	kg/m^2
W = Pa*b	=	2506.87	kg/m
M_{max} = 1/8*WL^2	=	631.86	kg.m
M_c = Rbd^2	=	2055.29	kg.m
Status	=	M<Mc , ไม่ต้องคำนวณเหล็กรับแรงอัด	

คำนวณเหล็กแกนนอน

เหล็กรับแรงดึง				เหล็กรับแรงอัด			
A_{s1} = M_{max}*(f_S / jd)	=	15.01	cm^2	A_{s2} = (M_{max}-M_c)/f_s*(d-d')	=	0.00	cm^2
ใช้เหล็กขนาด (mm)	=	12	mm. @0.05	ใช้เหล็กขนาด (mm)	=	0	mm. -
จำนวน	=	15	เส้น	จำนวน	=	0	เส้น
พื้นที่ (A)	=	21.21	cm^2	พื้นที่ (A)	=	0	cm^2
Status	A(21.21) > As(15.01) , OK			Status	=	ไม่ต้องคำนวณเหล็กรับแรงอัด	

ตรวจสอบอัตราส่วนเหล็กรับแรงดึงต่อเหล็กรับแรงอัด

fs	=	1700	ksc.
fs' = 2f_s(k-d'/d) / (1-k)	=	460.50	ksc.
fs/fs'	=	3.69	
Status	=	OK	

คำนวณเหล็กแกนตั้ง

A_{st} = ρ * b * d	=	3.24	cm^2
ใช้เหล็กขนาด (mm)	=	12	mm. @0.30
จำนวน	=	6	เส้น
พื้นที่ (A)	=	3.39	cm^2
Status	A(3.39) > As(3.24) , OK		

รายละเอียดการคำนวณหาเหล็กรับแรงเฉือน

$V_{ที่กดขึ้นจริง}$ = wL/2	=	1779.88	kg.
Vc = 0.29*($\sqrt{fc'}$)*b*d	=	21522.61	kg.
Status	=	Vc > V , OK	

น้ำหนักแผ่นกันดิน ทสล.	=	658.27	kg / แผ่น

รูปที่ 3.4 การออกแบบแผ่นกันดินชนิดคอนกรีตเสริมเหล็ก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การออกแบบแผ่นกำแพงกันดิน เป็นการคำนวณในโปรแกรม Microsoft excel เบื้องต้นผู้ใช้งานจะต้องกำหนดค่าระยะหุ้มคอนกรีต เลือกใช้ชั้นเหล็กคุณภาพ และกำลังคอนกรีตที่ใช้ โดยค่าความลึกกำแพงกันดิน ความหนากำแพงกันดิน และความกว้างกำแพงกันดิน จะได้จากข้อมูลการคำนวณหาความลึกเสาเข็ม หัวข้อ 3.2.1 จากการคำนวณจะได้ค่าตัวแปรอัตราส่วนโมดูลัสยืดหยุ่น $\mathrm{n} = \mathrm{E_s}/\mathrm{E_c}$, ค่าตำแหน่งแกนสะเทิน $\mathrm{k} = 1/(1 + \mathrm{f_s}/(\mathrm{n} \times \mathrm{f_c}))$, ค่าตัวคูณแขนโมเมนต์ $\mathrm{j} = 1 - \mathrm{k}/3$, ค่าพารามิเตอร์หน้าตัดสมดุล $\mathrm{R} = 0.5 \times \mathrm{f_c} \times \mathrm{k} \times \mathrm{j}$ และระบบจะคำนวณการรับโมเมนต์ โดยโมเมนต์ที่เกิดขึ้นจริง $\mathrm{M_{max}} = 1/8 \times \mathrm{WL}^2$ และโมเมนต์ที่ยอมให้ได้ $\mathrm{M_c} = \mathrm{R} \times \mathrm{b} \times \mathrm{d}^2$ ซึ่งในการเช็คโมเมนต์หากค่าโมเมนต์ที่เกิดขึ้นจริงมีค่าน้อยกว่าโมเมนต์ที่ยอมให้ได้ จะไม่ต้องคำนวณเหล็กรับแรงอัด ซึ่งต่อไปผู้ใช้งานจะต้องใส่ขนาดเหล็กเสริมและจำนวนเส้น จนกว่าช่อง Status ที่แสดงสถานะทางขวามือจะขึ้น OK ซึ่งแปลว่าสามารถใช้งานได้ ต่อไปจะเป็นการคำนวณเหล็กรับแกนนอน และเหล็กรับแกนตั้ง ในกำแพงกันดินโดยในการคำนวณเหล็กรับแกนนอน จะมีเหล็กที่ทำหน้าที่รับแรงอัด และเหล็กรับแรงดึง ซึ่งเหล็กรับแรงอัดจะใช้สูตร $\mathrm{A_{s1}} = \mathrm{M_{max}}/\mathrm{f_s} \times \mathrm{j} \times \mathrm{d}$ และสูตรการคำนวณเหล็กรับแรงดึง $\mathrm{A_{s2}} = \mathrm{M_{max}} - \mathrm{M_c}/\mathrm{f_s} \times (\mathrm{d} - \mathrm{d'})$ จากนั้นระบบจะตรวจสอบสถานะของเหล็กที่ผู้ใช้งานได้กรอกขนาดเหล็กและจำนวนไว้ด้านบนว่าสถานะการใช้งานใช้ได้ไหม ถ้าเกิดสถานะยังขึ้น NOT OK ผู้ใช้งานจะต้องเปลี่ยนขนาดเหล็กและจำนวนเหล็กจนกว่าสถานะจะขึ้น OK ซึ่งช่องด้านล่างจะเป็นการตรวจสอบอัตราส่วนเหล็กรับแรงดึงต่อเหล็กรับแรงอัด โดยสูตรการคำนวณเหล็กรับแรงอัด $\mathrm{f_{s,}} = 2 \times \mathrm{f_s} \times (\mathrm{k} - \mathrm{d'}/\mathrm{d})/(1 - \mathrm{k})$ ซึ่งต้องได้อัตราส่วนเหล็กรับแรงดึงต่อเหล็กรับแรงอัดมีค่าเป็นบวกถือว่าใช้ได้ สำหรับการคำนวณเหล็กรับแกนตั้ง สูตรการคำนวณ $\mathrm{A_{st}} = \rho * \mathrm{b} * \mathrm{d}$ โดยผู้ใช้งานจะต้องใส่ขนาดเหล็กและจำนวนเหล็กช่องด้านบนจนกว่าสถานะด้านล่างจะขึ้น OK ต่อไปจะเป็นการเช็คการรับแรงเฉือน โดยจะมีแรงเฉือนที่เกิดขึ้นจริงและแรงเฉือนที่ยอมให้ได้ ซึ่งสูตรการคำนวณแรงเฉือนที่เกิดขึ้นจริง $\mathrm{v} = \mathrm{W} \times \mathrm{L}/2$ และสูตรแรงเฉือนที่ยอมให้ได้ $\mathrm{V_c} = 0.29 * \sqrt{\mathrm{fc'}} * \mathrm{b} * \mathrm{d}$ ซึ่งจะต้องได้ค่าแรงเฉือนที่ยอมให้ได้มากกว่าค่าแรงเฉือนที่เกิดขึ้นจริงถึงจะถือว่าใช้ได้ และสุดท้ายทางระบบจะคำนวณน้ำหนักแผ่นคอนกรีตเสริมเหล็กมาให้

3.2.4.1 ข้อมูลที่ใช้ออกแบบแผ่นกันดินชนิดคอนกรีตเสริมเหล็ก

b = ความลึกแผ่นคสล.

d = ความหนาแผ่นกันดินสคล.

L = ความกว้างกำแพงคสล.

d’ = ระยะหุ้มคอนกรีต

f_y = กำลังที่จุดครากของเหล็ก (Yield strength)

f_s = หน่วยแรงดัดที่ยอมให้ของเหล็ก

$f_{c'}$ = กำลังอัดประลัยของคอนกรีต

f_c = 0.375 $f_{c'}$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

E_s = โมดูลังยืดหยุ่น (2040000 ksc)

E_c = 15200 $\sqrt{f_{c'}}$

n = อัตราส่วนโมดูลัสยืดหยุ่น (E_s/E_c)

k = ตำแหน่งแกนสะเทิน ($1/(1+f_s/nf_c)$)

j = ตัวคูณแขนโมเมนต์ (1-k/3)

R = พารามิเตอร์หน้าตัดสมดุล ($0.5f_ckj$)

3.2.4.2 คำนวณกำลังรับโมเมนต์

1) คำนวณกำลังรับโมเมนต์

p_a = แรงดันดินฝั่ง active

w = น้ำหนักแผ่

M_{max} = โมเมนต์สูงสุด $WL^2/8$

M_c = กำลังรับโมเมนต์ของคอนกรีต (Rbd^2)

หากคำนวณM_cได้มากกว่าM_{max} ไม่จำเป็นต้องใส่เหล็กเสริมรับแรงอัด

2) คำนวณเหล็กแกนนอนรับแรงดึง

$A_{s1} = M_{max}*(f_S / jd)$

A =พื้นที่จริงจากเหล็ก

หากคำนวณAได้มากกว่าA_{s1} ถือว่าใช้ได้

3) คำนวณเหล็กแกนนอนรับแรงอัก (กรณีต้องคำนวณเหล็กรับแรงอัด)

$A_{s2} = (M_{max}-M_c)/f_s*(d-d')$

A =พื้นที่จริงจากเหล็ก

หากคำนวณAได้มากกว่าA_{s2} ถือว่าใช้ได้

4) ตรวจสอบอัตราส่วนเหล็กรับแรงดึงต่อเหล็กรับแรงอัดให้เป็นไปตามพฤติกรรม steel design

f_s = หน่วยแรงดัดที่ยอมให้ของเหล็กรับแรงดึง

$f_{s'}$ = หน่วยแรงดัดที่ยอมให้ของเหล็กรับแรงอัด ($2f_s(k-d'/d) / (1-k)$)

หากอัตราส่วน $f_s / f_{s'}$ มากกว่า 1 คือว่าใช้ได้

5) คำนวณเหล็กแกนตั้ง

$A_{st} = \rho*b*d$

A =พื้นที่จริงจากเหล็ก

หากคำนวณAได้มากกว่าA_{st} ถือว่าใช้ได้

3.2.4.3 คำนวณกำลังรับแรงเฉือน

v = แรงเฉือนที่เกิดขึ้น (wL/2)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

v_c = แรงเฉือนของคอนกรีต ($0.29(\sqrt{f_c'})bd$)

หากคำนวณv_cได้มากกว่าvถือว่าใช้ได้

3.2.4.4 คำนวณน้ำหนักแผ่นคสล.

สามารถคำนวณได้จาก (ปริมาตรคอนกรีต x 2400 กก.) + น้ำหนักเหล็กเส้น

3.2.5 คำนวณราคาต้นทุนกำแพงกันดินชนิดเสาเข็มและแผ่นสอดชนิดคอนกรีตเสริมเหล็ก

เสาเข็มและแผ่นกันดินคสล.

ต้นทุนเสาเข็ม

เสาเข็มที่ใช้	I 22x22 TIS	
ความยาวเสาเข็ม	10	m.
ราคาเสาเข็ม	195	บาท / เมตร
ระยะห่างเสาเข็ม	1.50	m.
ต้นทุนค่าเสาเข็ม	1300.00	บาท / ความกว้างกำแพง 1 เมตร

ต้นทุนแผ่นกันดิน คสล.

คอนกรีต

กำลังอัดคอนกรีต	240	ksc.
ความหนาแผ่นคสล.	9	cm.
ความยาวแผ่นกันดินคสล.	142.00	cm.
ความสูงแผ่นคสล.	200.00	cm.
ปริมาตรคอนกรีต	0.18	m^3
ราคาคอนกรีต	2457	บาท/ลบ.ม.
ต้นทุนค่าคอนกรีต	442.26	บาท / ความกว้างกำแพง 1 เมตร

เหล็กเสริม

เหล็กเสริมคอนกรีต	12SD40	
ปริมาณเหล็กเสริม	34.33	m
ราคาเหล็กเสริม	23.50	บาทเมตร
ต้นทุนค่าเหล็กเสริม	806.76	บาท / ความกว้างกำแพง 1 เมตร

ไม้แบบ

ปริมาณไม้แบบ	3.59	ลบ.ฟ.
ราคาไม้แบบ	400	บาท/ลบ.ฟ.
ต้นทุนค่าไม้แบบ	957.33	บาท / ความกว้างกำแพง 1 เมตร
ต้นทุนค่าแผ่นกันดิน คสล.	2206.35	บาท / ความกว้างกำแพง 1 เมตร

สรุปต้นทุนต่อความกว้างกำแพง 1 เมตร

ต้นทุนค่าเสาเข็ม	1300.00	บาท / ความกว้างกำแพง 1 เมตร
ต้นทุนค่าแผ่นกันดิน คสล.	2206.35	บาท / ความกว้างกำแพง 1 เมตร
รวมต้นทุน	**3506.35**	**บาท / ความกว้างกำแพง 1 เมตร**

รูปที่ 3.5 การประมาณต้นทุนกำแพงกันดินชนิดใช้แผ่นคอนกรีตเสริมเหล็ก

3.2.5.1 คำนวณหาต้นทุนเสาเข็ม

ในการคำนวณหาต้นทุนเสาเข็ม ได้มาจากการนำค่าของความยาวเสาเข็มที่ใช้ในการออกแบบและชนิดของเสาเข็มที่ใช้ ซึ่งราคาเสาเข็มที่ใช้คำนวณหาต้นทุนได้มาจากการเฉลี่ยราคาเสาเข็มของบริษัทที่สอบถามมาทั้ง 5 บริษัทมาประมาณราคา จะได้ราคาคาต้นทุนเสาเข็มที่ใช้ต่อความกว้างกำแพง 1 เมตร

3.2.5.2 คำนวณต้นทุนคอนกรีต

ในการคำนวณหาต้นทุนแผ่นคอนกรีตเสริมเหล็กสามารถคำนวณได้จากปริมาตรของคอนกรีตในความกว้างกำแพง 1 เมตร x ราคาคอนกรีตต่อลบ.ม. โดยอ้างอิงจากราคากลางค่าวัสดุและแรงงาน สพฐ.ประจำปีงบประมาณ 2566

3.2.5.3 คำนวณต้นทุนเหล็กเสริม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในการคำนวณหาต้นทุนเหล็กเสริมคำนวณจากการถอดปริมาณเหล็กที่ใช้ทั้งหมดต่อความกว้างกำแพง 1 เมตร x ราคาเหล็กต่อเมตร โดยอ้างอิงจากราคากลางค่าวัสดุและแรงงาน สพฐ.ประจำปีงบประมาณ 2566

3.2.5.4 คำนวณต้นทุนไม้แบบ

ในการคำนวณหาต้นทุนไม้แบบได้จากการถอดปริมาณไม้แบบที่ใช้ต่อความกว้างกำแพง 1 เมตร x ราคาไม้แบบต่อ 1 ลบ.ฟ. โดยอ้างอิงจากราคากลางค่าวัสดุและแรงงาน สพฐ.ประจำปีงบประมาณ 2566

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

จากการดำเนินการวิจัยการศึกษาการออกแบบและเปรียบเทียบราคากำแพงกันดินชนิดเสาเข็มและแผ่นกันดินคอนกรีตเสริมเหล็ก (pile and concrete retaining walls) โดยใช้วิธี ลองผิดลองถูก (Trial and Error Method) จากนั้นสร้างกราฟเปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างความสูงดินถมกับประมาณต้นทุนก่อสร้าง

4.1 ผลการวิจัย

ได้ทำการสร้างกราฟความสัมพันธ์เปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างความสูงดินถมกับประมาณต้นทุนก่อสร้างมา 2 กรณี คือ

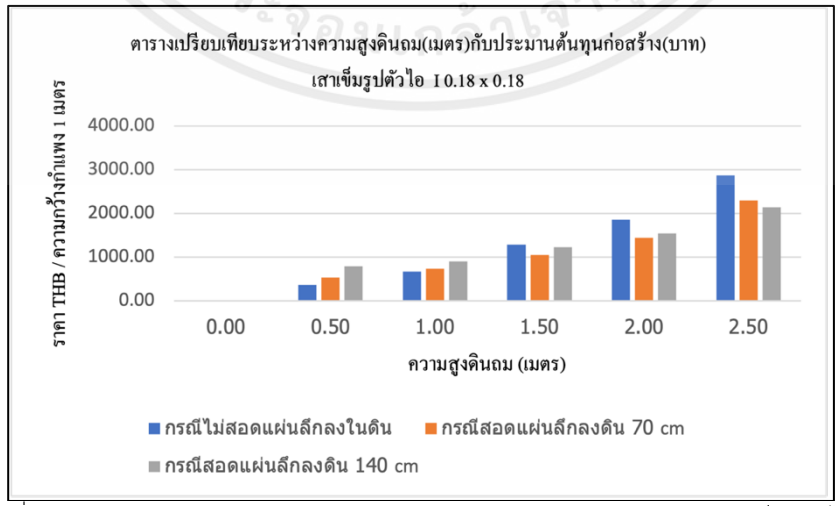
1. กรณีที่ใช้แผ่นพื้นตัน
2. กรณีที่ใช้แผ่นคอนกรีตเสริมเหล็ก (RC DESIGN)

โดยกำหนดตัวแปรต้นที่แตกต่างกัน เพื่อแสดงให้เห็นถึงช่วงราคาการก่อสร้างที่ประหยัดและคุ้มค่า

- กรณีที่ 1 ตัวแปรต้นขึ้นอยู่กับระดับความลึกแผ่นสอด
- กรณีที่ 2 ตัวแปรต้นขึ้นอยู่กับระดับน้ำ (ไม่สอดแผ่นลึกลงในดิน)
- กรณีที่ 3 ตัวแปรต้นขึ้นอยู่กับระดับน้ำ (สอดแผ่นลึกลงดิน 70 cm)

4.1.1 ผลการวิจัยเปรียบเทียบกำแพงกันดินกับความสูงดินถม (กรณีแผ่นพื้นตัน)

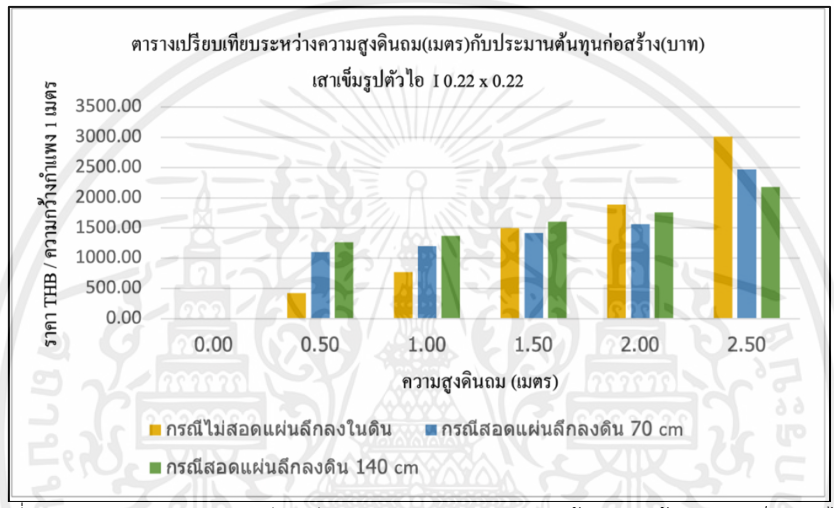
- 4.1.1.1 กรณีที่ 1 ได้ทำการเปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างความสูงดินถมกับประมาณต้นทุนก่อสร้าง ของเสาเข็มรูปตัวไอ (I) ขนาดต่าง ๆโดยมีตัวแปรต้นคือ ระดับความลึกแผ่นสอด โดยมีระดับความลึกแผ่นสอด 3 ระดับคือ ระดับดินเดิม (ไม่สอดแผ่นลึกลงในดิน) ระดับ - 0.70 m (สอดแผ่นลึกลงดิน 70 cm) ระดับ -1.40 m (สอดแผ่นลึกลงดิน 140 cm) โดยแสดงเป็นแผนภูมิแท่ง แสดงดังรูป 4.1 – 4.7



รูปที่ 4.1 แผนภูมิแท่งแสดงการเปรียบเทียบความสูงดินถมกับประมาณต้นทุนก่อสร้างของเสาเข็มรูปตัวไอ I 0.18 x 0.18

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

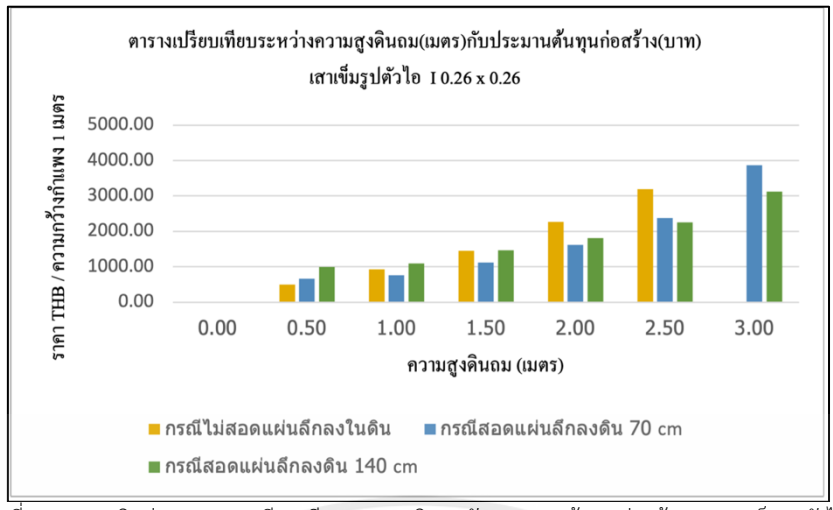
จากรูปที่ 4.1 จะเห็นได้ว่าในช่วงความสูงดินถมต่ำกว่า 1.50 เมตร กรณีไม่สอดแผ่นลึกลงดินมีต้นทุนราคาค่าก่อสร้างที่ต่ำกว่ากรณีสอดแผ่นลึกลงดิน 70 cm และ 140 cm เนื่องจากมีการถมดินที่ไม่สูงมากทำให้ใช้เสาเข็มสั้น แต่เมื่อความสูงดินถมที่ 1.50 – 2.50 เมตร มีการประมาณราคาก่อสร้างที่สูงกว่ากรณีอื่นๆ เนื่องจากความสูงของดินถมสูงขึ้น ส่งผลให้ใช้เสาเข็มที่ยาวมากขึ้นราคาเสาเข็มก็สูงมากขึ้น กรณีสอดแผ่นลึกลงดิน 70 cm มีราคาต้นทุนถูกกว่ากรณีสอดแผ่นลึกลงดิน 140 cm เนื่องจากที่ระดับความสูงดินถมเดียวกันมีการใช้เสาเข็มที่ความยาวเท่ากัน แต่มีค่าใช้จ่ายเพิ่มในการสอดแผ่นลึกลงในดิน แต่ที่ความสูงดินถม 2.5 เมตร กรณีสอดแผ่นลึกลงดิน 140 cm มีต้นทุนค่าก่อสร้างที่ถูกกว่าเนื่องจากมีใช้เสาเข็มสั้นกว่า ส่งผลให้ต้นทุนราคาก่อสร้างต่ำกว่า



รูปที่ 4.2 แผนภูมิแท่งแสดงการเปรียบเทียบความสูงดินถมกับประมาณต้นทุนก่อสร้างของเสาเข็มรูปตัวไอ I 0.22 x 0.22

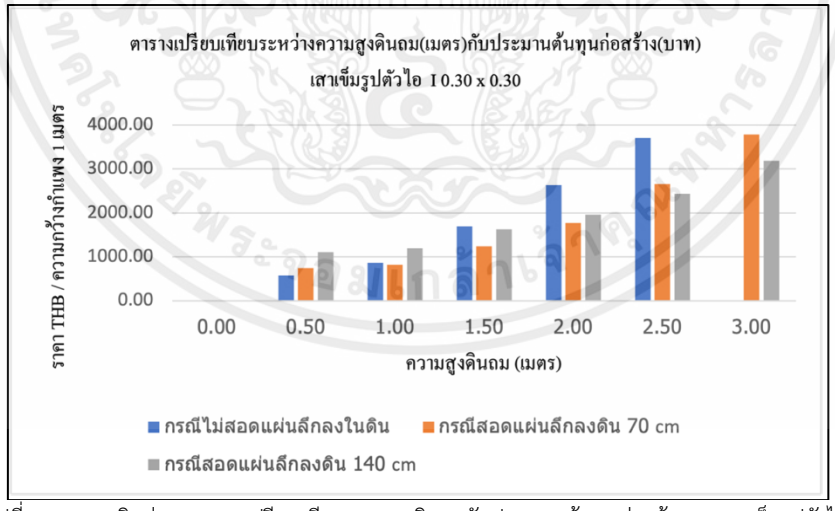
จากรูปที่ 4.2 จากแผนภูมิแท่งจะเห็นได้ว่า กรณีไม่สอดแผ่นลึกลงดินมีราคาค่าก่อสร้างเพิ่มขึ้นตามระดับความสูงดินถม กรณีสอดแผ่นลึกลงดิน 70 cm และ 140 cm ในช่วงความสูง 0.50 - 2.00 เมตร กรณีสอดแผ่นลึกลงดิน 70 cm จะมีราคาค่าก่อสร้างที่ต่ำกว่ากรณีสอดแผ่นลึกลงดิน 140 cm แต่เมื่อความสูงดินถม 2.50 เมตร กรณีสอดแผ่นลึกลงดิน 70 cm มีราคาค่าก่อสร้างสูงกว่า เนื่องจากการใช้ความยาวเสาเข็มที่ความยาวต่างกันและมีการเพิ่มค่าใช้จ่ายในส่วนการใช้แผ่นสอดลึกลงดิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.3 แผนภูมิแท่งแสดงการเปรียบเทียบความสูงดินถมกับประมาณต้นทุนก่อสร้างของเสาเข็มรูปตัวไอ I 0.26 x 0.26

จากรูปที่ 4.3 จากแผนภูมิแท่งจะเห็นได้ว่า กรณีไม่สอดแผ่นลึกลงดินมีราคาค่าก่อสร้างเพิ่มขึ้นตามระดับความสูงดินถม กรณีสอดแผ่นลึกลงดิน 70 cm และ 140 cm ในช่วงความสูง 0.50 - 2.00 เมตร กรณีสอดแผ่นลึกลงดิน 70 cm จะมีราคาค่าก่อสร้างที่ต่ำกว่ากรณีสอดแผ่นลึกลงดิน 140 cm แต่เมื่อความสูงดินถม 2.50 เมตร กรณีสอดแผ่นลึกลงดิน 70 cm มีราคาค่าก่อสร้างสูงกว่า เนื่องจากการใช้ความยาวเสาเข็มที่ความยาวต่างกันและมีการเพิ่มค่าใช้จ่ายในส่วนการใช้แผ่นสอดลึกลงดิน

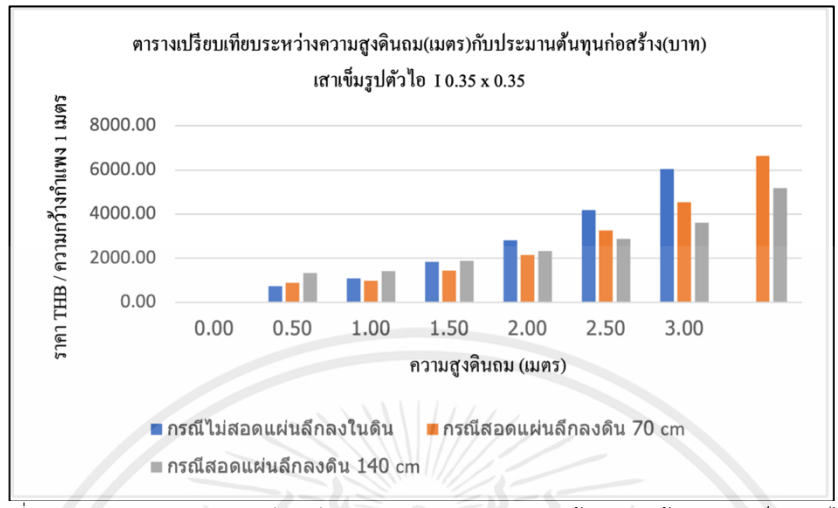


รูปที่ 4.4 แผนภูมิแท่งแสดงการเปรียบเทียบความสูงดินถมกับประมาณต้นทุนก่อสร้างของเสาเข็มรูปตัวไอ I 0.30 x 0.30

จากรูปที่ 4.4 จากแผนภูมิแท่งจะเห็นได้ว่า กรณีไม่สอดแผ่นลึกลงในดินมีการประมาณค่าก่อสร้างที่สูงเนื่องจากมีการใช้เสาเข็มที่ยาวและเสาเข็มที่มีขนาดใหญ่มีราคาที่สูงขึ้น ในกรณีสอดแผ่นลึกลงดิน 70 cm และ

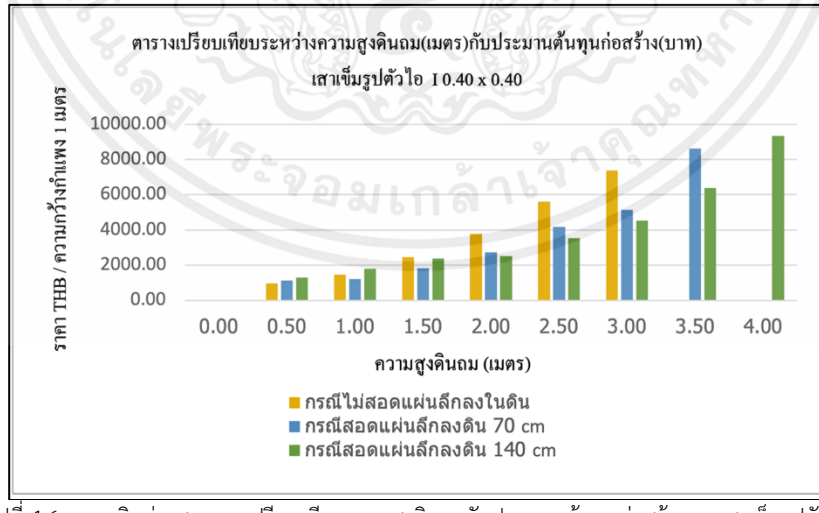
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

140 cm มีการประมาณต้นทุนก่อสร้างราคาที่ต่ำกว่าเนื่องจากมีการใช้เสาเข็มสั้น และการสอดแผ่นลึกลงดินมีราคาไม่สูง



รูปที่ 4.5 แผนภูมิแท่งแสดงการเปรียบเทียบความสูงดินถมกับประมาณต้นทุนก่อสร้างของเสาเข็มรูปตัวไอ I 0.35 x 0.35

จากรูปที่ 4.5 ในกรณีไม่สอดแผ่นลึกลงในดิน เมื่อดินถมมีความสูงมากกว่า 3.00 เมตร จำเป็นต้องเปลี่ยนจากการใช้เสาเข็มมาเป็น Sheet pile wall เนื่องจากมีการใช้เสาเข็มที่ยาวมากกว่า 18 เมตร เป็นปัญหาในการขนส่งและมีการเพิ่มใช้จ่าย ในกรณีสอดแผ่นลึกลงดิน 70 cm ที่ความสูงดินถม 0.50 – 2.00 เมตร มีการประมาณราคาค่าก่อสร้างต่ำกว่ากรณีสอดแผ่นลึกลงดิน 140 cm แต่ที่ความสูงดินถม 2.00 - 3.50 เมตร มีการประมาณราคาก่อสร้างสูงกว่า เนื่องจากมีการเปลี่ยนแปลงความยาวของเสาเข็มตามความสูงดินถม

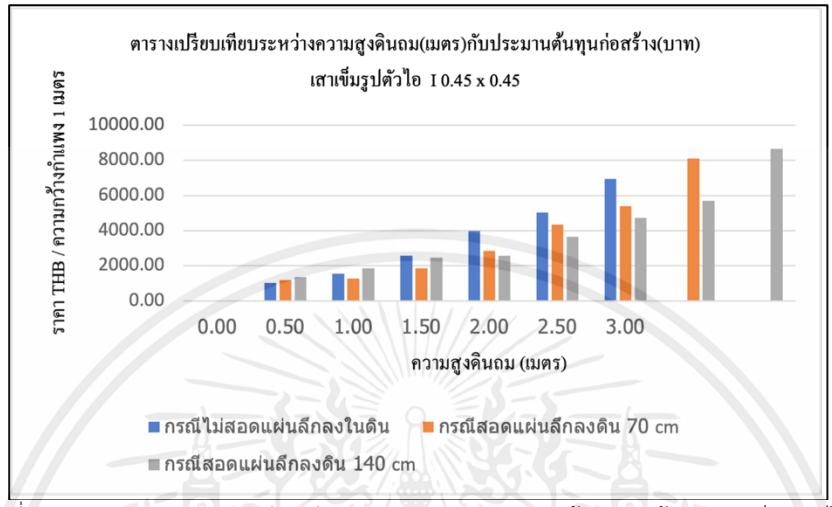


รูปที่ 4.6 แผนภูมิแท่งแสดงการเปรียบเทียบความสูงดินถมกับประมาณต้นทุนก่อสร้างของเสาเข็มรูปตัวไอ I 0.40 x 0.40

จากรูปที่ 4.6 ในกรณีไม่สอดแผ่นลึกลงในดิน เมื่อดินถมมีความสูงมากกว่า 3.00 เมตร และกรณีสอดแผ่นลึกลงดิน 70 cm เมื่อดินถมมีความสูงมากกว่า 3.50 เมตร จำเป็นต้องเปลี่ยนจากการใช้เสาเข็มมาเป็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Sheet pile wall เนื่องจากมีการใช้เสาเข็มที่ยาวมากกว่า 18 เมตร เป็นปัญหาในการขนส่งและมีการเพิ่มใช้จ่าย ในกรณีสอดแผ่นลึกลงดิน 70 cm ที่ความสูงดินถม 0.50 – 1.50 เมตร มีการประมาณราคาค่าก่อสร้างต่ำกว่ากรณีสอดแผ่นลึกลงดิน 140 cm แต่ที่ความสูงดินถม 2.00 - 3.50 เมตร มีการประมาณราคาก่อสร้างสูงกว่า เนื่องจากมีการเปลี่ยนแปลงความยาวของเสาเข็มตามความสูงดินถม

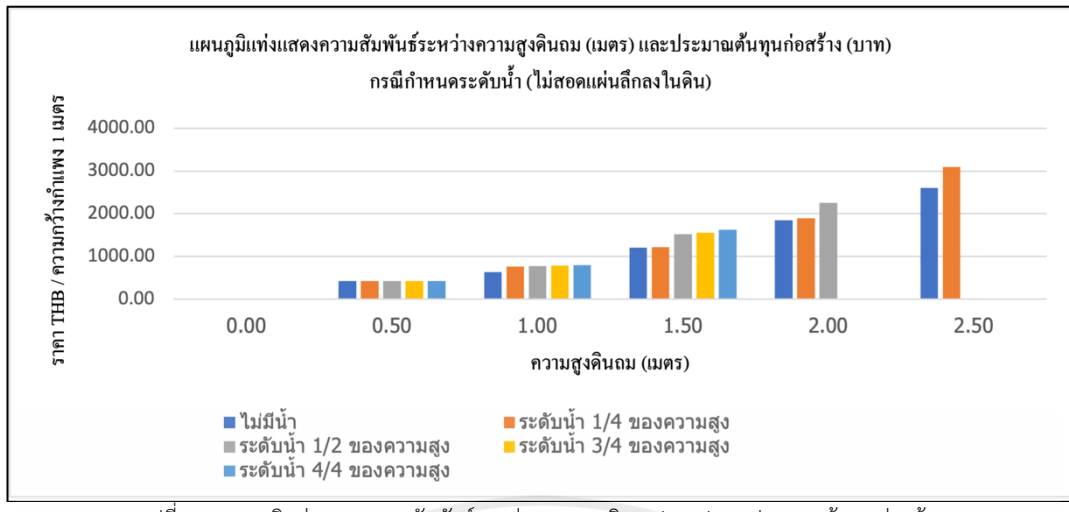


รูปที่ 4.7 แผนภูมิแท่งแสดงการเปรียบเทียบความสูงดินถมกับประมาณต้นทุนก่อสร้างของเสาเข็มรูปตัวไอ I 0.45 x 0.45

จากรูปที่ 4.7 ในกรณีไม่สอดแผ่นลึกลงในดิน เมื่อดินถมมีความสูงมากกว่า 3.00 เมตร และกรณีสอดแผ่นลึกลงดิน 70 cm เมื่อดินถมมีความสูงมากกว่า 3.50 เมตร จำเป็นต้องเปลี่ยนจากการใช้เสาเข็มมาเป็น Sheet pile wall เนื่องจากมีการใช้เสาเข็มที่ยาวมากกว่า 18 เมตร เป็นปัญหาในการขนส่งและมีการเพิ่มใช้จ่าย ในกรณีสอดแผ่นลึกลงดิน 70 cm ที่ความสูงดินถม 0.50 เมตร มีการประมาณราคาค่าก่อสร้างต่ำกว่ากรณีสอดแผ่นลึกลงดิน 140 cm แต่ที่ความสูงดินถม 1.00 - 3.50 เมตร มีการประมาณราคาก่อสร้างสูงกว่า เนื่องจากมีการเปลี่ยนแปลงความยาวของเสาเข็มตามความสูงดินถม

- 4.1.1.2 กรณีที่ 2 ได้ทำการเปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างความสูงดินถมกับประมาณต้นทุนก่อสร้าง โดยใช้เสาเข็มรูปตัวไอ (I) ขนาด I 0.22x0.22 และกำหนดระดับน้ำที่ความสูงต่าง ๆ ไม่สอดแผ่นลึกลงในดิน ความยาวของเสาเข็มที่สั้นที่สุดคือ 2.00 m ดังแสดงในรูปที่ 4.8

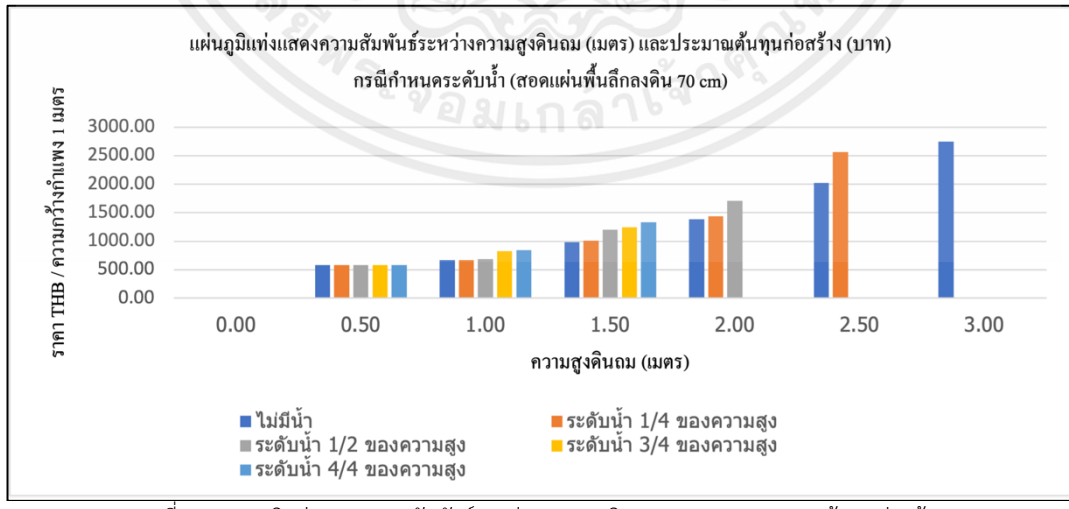
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.8 แผนภูมิแท่งแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความสูงดินถม(เมตร)และประมาณต้นทุนก่อสร้าง
กรณีกำหนดระดับน้ำ (ไม่สอดแผ่นลึกลงในดิน)

จากรูปที่ 4.8 พิจารณาได้ว่าเมื่อความสูงดินถมสูงขึ้นเรื่อยๆ การประมาณต้นทุนก็สูงขึ้นตาม ระดับน้ำในดินก็มีส่วนเกี่ยวข้องเช่นกัน เมื่อระดับน้ำสูงขึ้นการประมาณต้นก็สูงขึ้นตาม ที่ความสูงดินถม 2.5 เมตร มีเพียงกรณีไม่มีน้ำในดินและกรณีระดับน้ำ 1/4 ของความสูง เนื่องจากกรณีระดับน้ำ 1/2 - 4/4 ของความสูงจำเป็นต้องเพิ่มความหนาแผ่นพื้น

- 4.1.1.3 กรณีที่ 3 ได้ทำการเปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างความสูงดินถมกับประมาณต้นทุนก่อสร้าง โดยใช้เสาเข็มรูปตัวไอ (I) ขนาด I 0.22x0.22 และกำหนดระดับน้ำที่ความสูงต่าง ๆ สอดแผ่นลึกลงในดิน 70 cm ความยาวของเสาเข็มที่สั้นที่สุดคือ 2.00 m ดังแสดงในรูปที่ 4.9



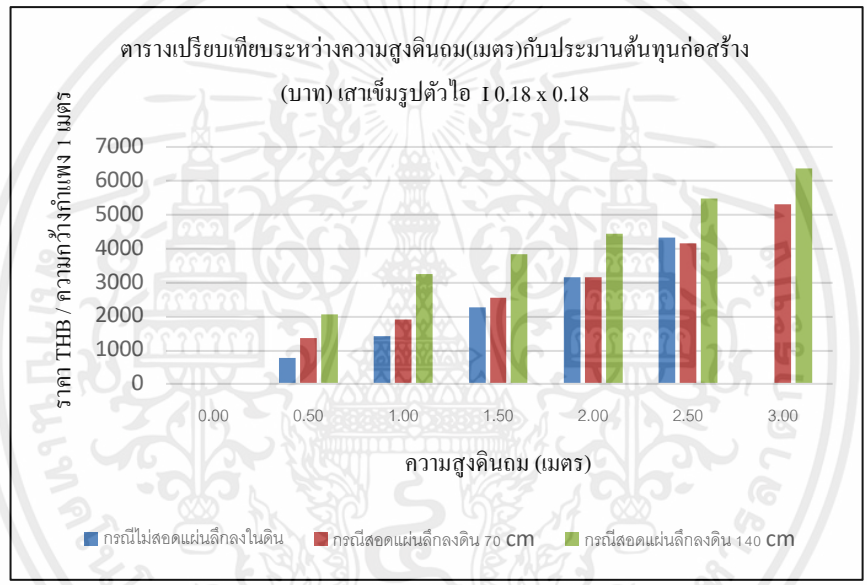
รูปที่ 4.9 แผนภูมิแท่งแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความสูงดินถม(เมตร)และประมาณต้นทุนก่อสร้าง
กรณีกำหนดระดับน้ำ (สอดแผ่นลึกลงดิน 70 cm)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 4.9 พิจารณาได้ว่าเมื่อความสูงดินถมสูงขึ้นเรื่อยๆ การประมาณต้นทุนก็สูงขึ้นตาม ระดับน้ำในดินก็มีส่วนเกี่ยวข้องเช่นกัน เมื่อระดับน้ำสูงขึ้นการประมาณต้นก็สูงขึ้นตาม ที่ความสูงดินถม 2.00 – 3.00 เมตร ระดับน้ำในดินที่ไม่มีแท่งแสดงในแผนภูมิจำเป็นต้องเพิ่มความหนาแผ่นพื้น

4.1.2 ผลการวิจัยเปรียบเทียบกำแพงกันดินกับความสูงดินถม (กรณีแผ่นพื้นคอนกรีตเสริมเหล็ก)

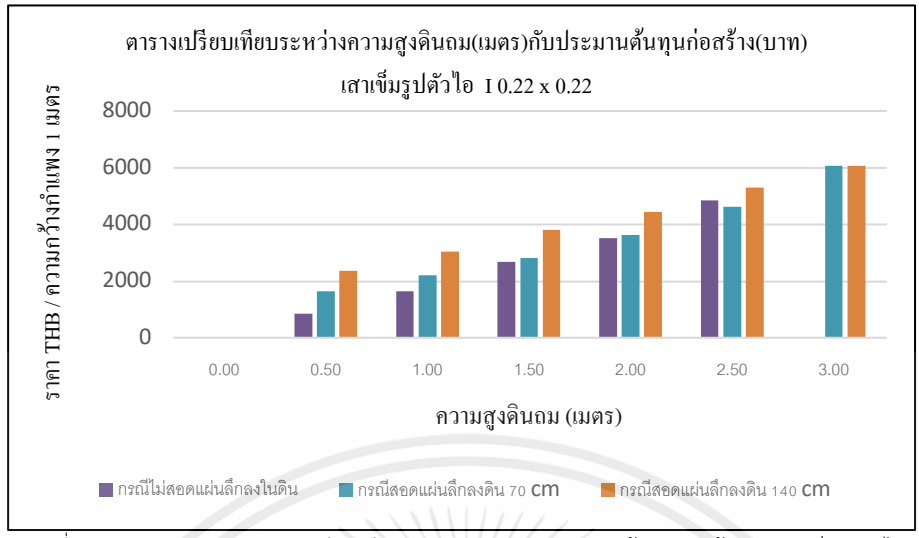
4.1.2.1 กรณีที่ 1 ได้ทำการเปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างความสูงดินถมกับประมาณต้นทุนก่อสร้างของเสาเข็มรูปตัวไอ (I) ขนาดต่าง ๆโดยมีตัวแปรต้นคือ ระดับความลึกแผ่นสอดคอนกรีตเสริมเหล็ก โดยมีระดับความลึกแผ่นสอด 3 ระดับคือ ระดับดินเดิม (ไม่สอดแผ่นลึกลงในดิน) ระดับ - 0.70 m (สอดแผ่นลึกลงดิน 70 cm) ระดับ -1.40 m (สอดแผ่นลึกลงดิน 140 cm) โดยแสดงเป็นแผนภูมิแท่ง แสดงดังรูป 4.10 – 4.16



รูปที่ 4.10 แผนภูมิแท่งแสดงการเปรียบเทียบความสูงดินถมกับประมาณต้นทุนก่อสร้างของเสาเข็มรูปตัวไอ I 0.18 x 0.18

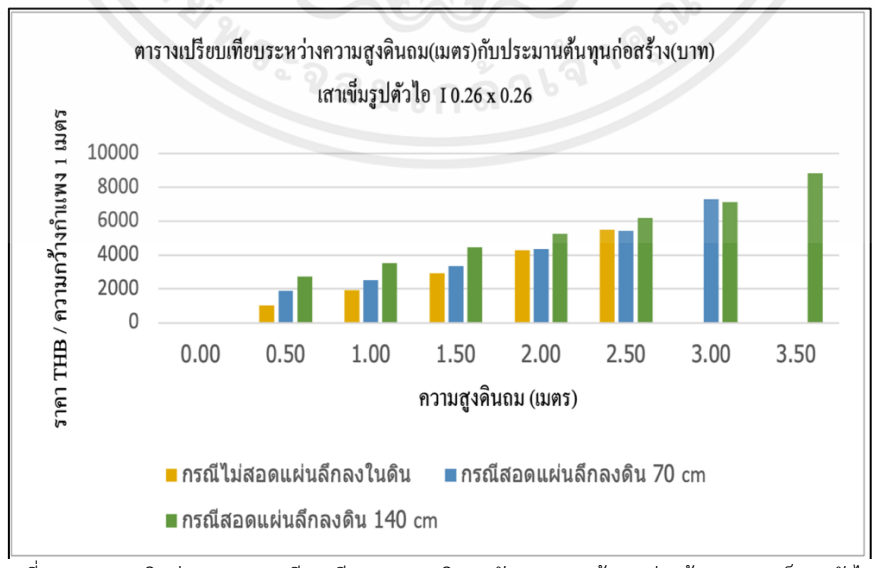
จากรูปที่ 4.10 จะเห็นได้ว่าในช่วงความสูงดินถมต่ำกว่า 2.00 เมตร กรณีไม่สอดแผ่นลึกลงดินมีต้นทุนราคาค่าก่อสร้างที่ต่ำกว่ากรณีสอดแผ่นลึกลงดิน 70 cm เนื่องจากมีการถมดินที่ไม่สูงมากทำให้ใช้เสาเข็มสั้น แต่เมื่อความสูงดินถมที่ 2.00 – 2.50 เมตร มีการประมาณราคาก่อสร้างที่สูงกว่ากรณีอื่นๆ เนื่องจากความสูงของดินถมสูงขึ้น ส่งผลให้ใช้เสาเข็มที่ยาวมากขึ้นราคาเสาเข็มก็สูงมากขึ้น แต่ที่ความลึกสอดแผ่นลงดิน 140 cm จะยังคงมีแนวโน้มต้นทุนที่สูงกว่ากรณีไม่สอดแผ่นลึกลงในดินและกรณีสอดแผ่นลึกลงในดิน 70 cm. เนื่องจากมีการใช้เสาเข็มที่ยาวมากขึ้นส่งผลให้ต้นทุนราคาก่อสร้างสูงขึ้นและค่าใช้จ่ายเพิ่มในการสอดแผ่นลึกลงในดินส่งผลให้ต้นทุนราคาค่าก่อสร้างสูงขึ้นตามไปด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.11 แผนภูมิแท่งแสดงการเปรียบเทียบความสูงดินถมกับประมาณต้นทุนก่อสร้างของเสาเข็มรูปตัวไอ I 0.22 x 0.22

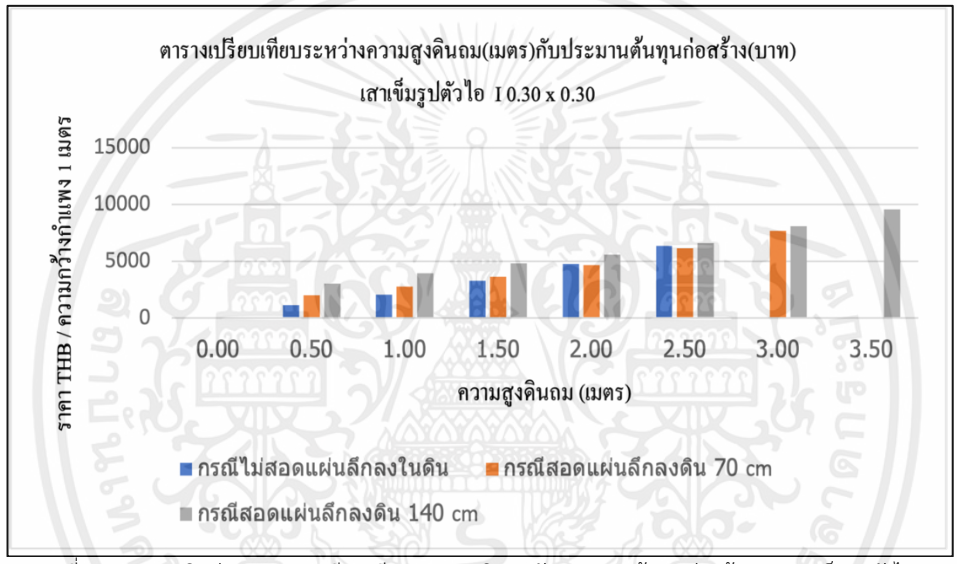
จากรูปที่ 4.11 จากแผนภูมิแท่งจะเห็นได้ว่า ในช่วงความสูง 0.50 - 2.00 เมตร กรณีไม่สอดแผ่นลึกลงดินมีราคาค่าก่อสร้างต่ำกว่ากรณีสอดแผ่นลงดิน แต่ในช่วงความสูง 2.50 เมตร ต้นทุนค่าก่อสร้างกรณีไม่สอดแผ่นกันดินมีต้นทุนที่สูงกว่าสอดแผ่นลึกลงดิน 70 cm. เนื่องจากใช้ความยาวเสาเข็มที่มากขึ้นส่งผลให้ค่าใช้จ่ายด้านราคาเสาเข็มสูงขึ้น สำหรับกรณีสอดแผ่นลึกลงดิน 70 cm และ 140 cm ในช่วงความสูง 0.50 - 2.50 เมตร กรณีสอดแผ่นลึกลงดิน 70 cm จะมีราคาค่าก่อสร้างที่ต่ำกว่ากรณีสอดแผ่นลึกลงดิน 140 cm แต่เมื่อความสูงดินถม 3.00 เมตร กรณีสอดแผ่นลึกลงดิน 70 cm มีราคาค่าก่อสร้างใกล้เคียงกับกรณีสอดแผ่นลึกลง 140 cm. เนื่องจากการใช้ความยาวเสาเข็มที่ความยาวต่างกันและมีการเพิ่มค่าใช้จ่ายในส่วนการใช้แผ่นสอดลึกลงดิน



รูปที่ 4.12 แผนภูมิแท่งแสดงการเปรียบเทียบความสูงดินถมกับประมาณต้นทุนก่อสร้างของเสาเข็มรูปตัวไอ I 0.26 x 0.26

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

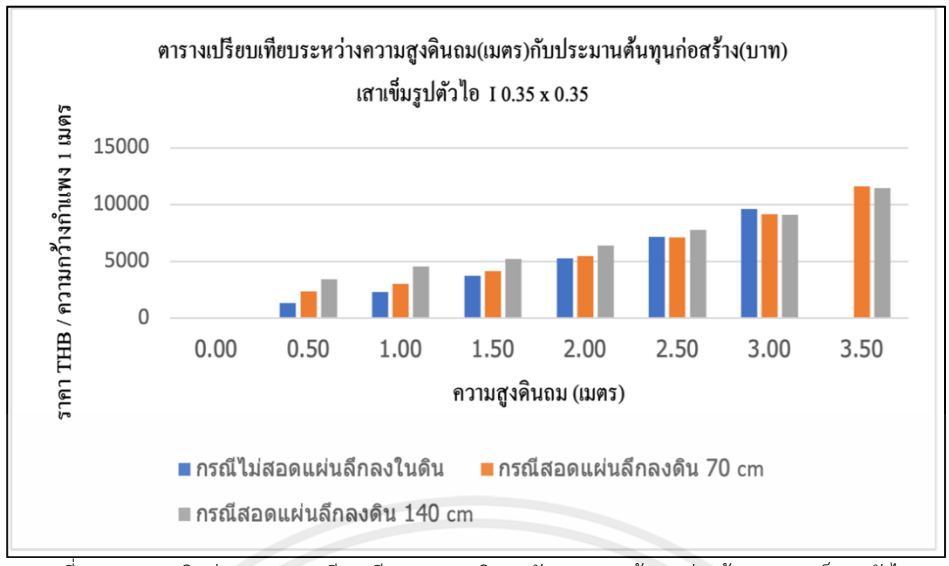
จากรูปที่ 4.12 จากแผนภูมิแท่งจะเห็นได้ว่า ในช่วงความสูง 0.50 - 2.00 เมตร กรณีไม่สอดแผ่นลึกลงดินมีราคาค่าก่อสร้างต่ำกว่ากรณีสอดแผ่นลงดิน แต่ในช่วงความสูง 2.50 เมตร ต้นทุนค่าก่อสร้างกรณีไม่สอดแผ่นกันดินมีต้นทุนที่สูงกว่าสอดแผ่นลึกลงดิน 70 cm. เนื่องจากใช้ความยาวเสาเข็มที่มากขึ้นส่งผลให้ค่าใช้จ่ายด้านราคาเสาเข็มสูงขึ้น สำหรับกรณีสอดแผ่นลึกลงดิน 70 cm และ 140 cm ในช่วงความสูง 0.50 - 2.50 เมตร กรณีสอดแผ่นลึกลงดิน 70 cm จะมีราคาค่าก่อสร้างที่ต่ำกว่ากรณีสอดแผ่นลึกลงดิน 140 cm แต่เมื่อความสูงดินถม 3.00 เมตร กรณีสอดแผ่นลึกลงดิน 70 cm มีราคาค่าก่อสร้างใกล้เคียงกับกรณีสอดแผ่นลึกลง 140 cm. เนื่องจากการใช้ความยาวเสาเข็มที่ความยาวต่างกันและมีการเพิ่มค่าใช้จ่ายในส่วนการใช้แผ่นสอดลึกลงดิน



รูปที่ 4.13 แผนภูมิแท่งแสดงการเปรียบเทียบความสูงดินถมกับประมาณต้นทุนก่อสร้างของเสาเข็มรูปตัวไอ I 0.30 x 0.30

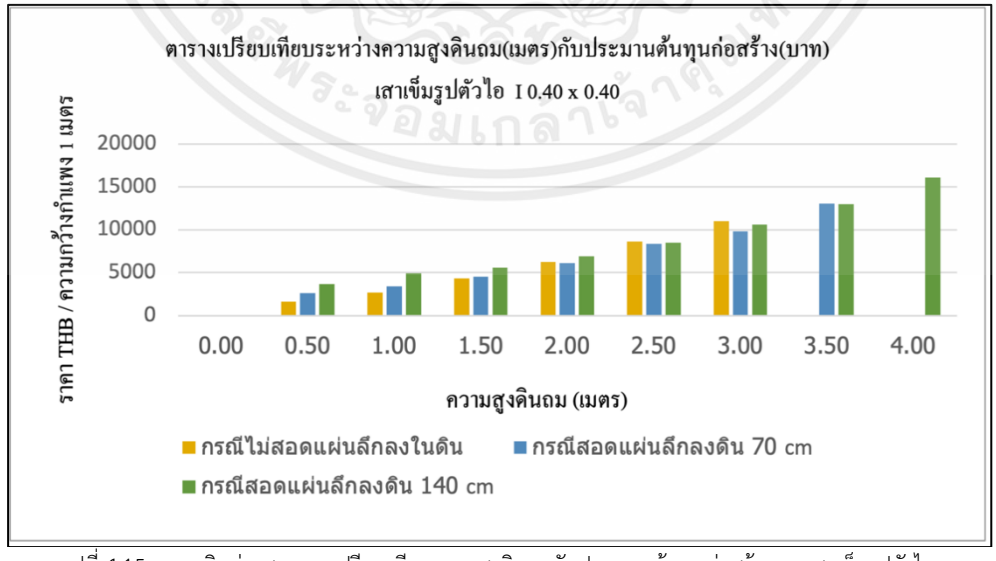
จากรูปที่ 4.13 จากแผนภูมิแท่งจะเห็นได้ว่า ในช่วงความสูง 0.50 - 1.50 เมตร กรณีไม่สอดแผ่นลึกลงดินมีราคาค่าก่อสร้างต่ำกว่ากรณีสอดแผ่นลงดิน แต่ในช่วงความสูง 2.00 เมตร ต้นทุนค่าก่อสร้างกรณีไม่สอดแผ่นกันดินมีต้นทุนที่สูงกว่าสอดแผ่นลึกลงดิน 70 cm. เนื่องจากใช้ความยาวเสาเข็มที่มากขึ้นส่งผลให้ค่าใช้ด้านราคาเสาเข็มสูงขึ้น สำหรับกรณีสอดแผ่นลึกลงดิน 70 cm และ 140 cm ในช่วงความสูง 0.50 - 3.00 เมตร กรณีสอดแผ่นลึกลงดิน 70 cm จะมีราคาค่าก่อสร้างที่ต่ำกว่ากรณีสอดแผ่นลึกลงดิน 140 cm เนื่องจากการใช้ความยาวเสาเข็มที่ความยาวต่างกันและมีการเพิ่มค่าใช้จ่ายในส่วนการใช้แผ่นสอดลึกลงดิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.14 แผนภูมิแท่งแสดงการเปรียบเทียบความสูงดินถมกับประมาณต้นทุนก่อสร้างของเสาเข็มรูปตัวไอ I 0.35 x 0.35

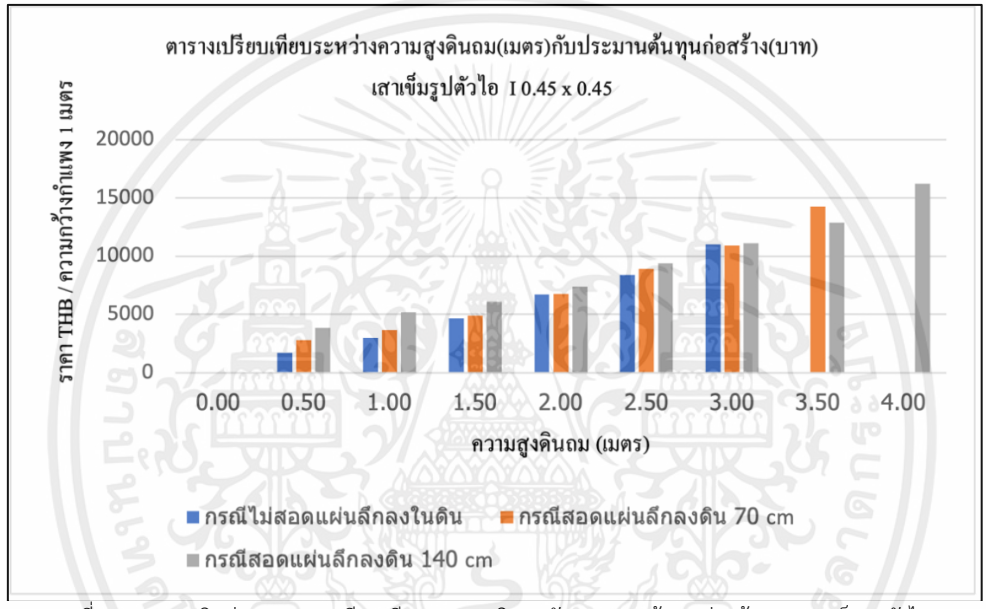
จากรูปที่ 4.14 จากแผนภูมิแท่งจะเห็นได้ว่า ในช่วงความสูง 0.50 - 2.00 เมตร กรณีไม่สอดแผ่นลึกลงดินมีราคาค่าก่อสร้างต่ำกว่ากรณีสอดแผ่นลงดิน แต่ในช่วงความสูง 2.50 เมตร ต้นทุนค่าก่อสร้างกรณีไม่สอดแผ่นกันดินมีต้นทุนที่สูงกว่าสอดแผ่นลึกลงดิน 70 cm. เนื่องจากใช้ความยาวเสาเข็มที่มากขึ้นส่งผลให้ค่าใช้จ่ายด้านราคาเสาเข็มสูงขึ้น สำหรับกรณีสอดแผ่นลึกลงดิน 70 cm และ 140 cm ในช่วงความสูง 0.50 - 2.50 เมตร กรณีสอดแผ่นลึกลงดิน 70 cm จะมีราคาค่าก่อสร้างที่ต่ำกว่ากรณีสอดแผ่นลึกลงดิน 140 cm แต่เมื่อความสูงดินถม 3.00 เมตร กรณีสอดแผ่นลึกลงดิน 70 cm มีราคาค่าก่อสร้างใกล้เคียงกับกรณีสอดแผ่นลึกลง 140 cm. เนื่องจากการใช้ความยาวเสาเข็มที่ความยาวต่างกันและมีการเพิ่มค่าใช้จ่ายในส่วนการใช้แผ่นสอดลึกลงดิน



รูปที่ 4.15 แผนภูมิแท่งแสดงการเปรียบเทียบความสูงดินถมกับประมาณต้นทุนก่อสร้างของเสาเข็มรูปตัวไอ I 0.40 x 0.40

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 4.15 จากแผนภูมิแท่งจะเห็นได้ว่า ในช่วงความสูง 0.50 - 1.50 เมตร กรณีไม่สอดแผ่นลึกลงดินมีราคาค่าก่อสร้างต่ำกว่ากรณีสอดแผ่นลงดิน แต่ในช่วงความสูง 2.00 – 3.00 เมตร ต้นทุนค่าก่อสร้างกรณีไม่สอดแผ่นกันดินมีต้นทุนที่สูงกว่าสอดแผ่นลึกลงดิน 70 cm และ 140 cm เนื่องจากใช้ความยาวเสาเข็มที่มากขึ้นส่งผลให้ค่าใช้จ่ายด้านราคาเสาเข็มสูงขึ้น สำหรับกรณีสอดแผ่นลึกลงดิน 70 cm และ 140 cm ในช่วงความสูง 0.50 - 3.00 เมตร กรณีสอดแผ่นลึกลงดิน 70 cm จะมีราคาค่าก่อสร้างที่ต่ำกว่ากรณีสอดแผ่นลึกลงดิน 140 cm แต่เมื่อความสูงดินถม 3.50 เมตร กรณีสอดแผ่นลึกลงดิน 70 cm มีราคาค่าก่อสร้างใกล้เคียงกับกรณีสอดแผ่นลึกลง 140 cm. เนื่องจากการใช้ความยาวเสาเข็มที่ความยาวต่างกันและมีการเพิ่มค่าใช้จ่ายในส่วนการใช้แผ่นสอดลึกลงดิน

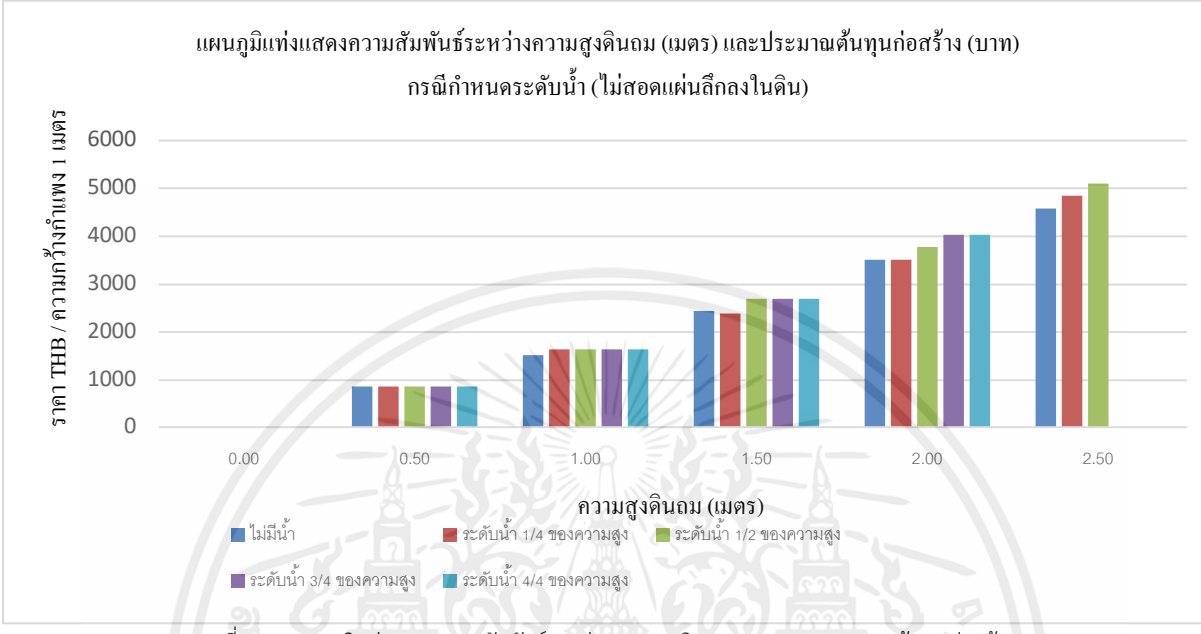


รูปที่ 4.16 แผนภูมิแท่งแสดงการเปรียบเทียบความสูงดินถมกับประมาณต้นทุนก่อสร้างของเสาเข็มรูปตัวไอ I 0.45 x 0.45

จากรูปที่ 4.16 จากแผนภูมิแท่งจะเห็นได้ว่า ในช่วงความสูง 0.50 - 2.50 เมตร กรณีไม่สอดแผ่นลึกลงดินมีราคาค่าก่อสร้างต่ำกว่ากรณีสอดแผ่นลงดิน แต่ในช่วงความสูง 3.00 เมตร ต้นทุนค่าก่อสร้างกรณีไม่สอดแผ่นกันดินมีต้นทุนที่สูงกว่าสอดแผ่นลึกลงดิน 70 cm และ 140 cm เนื่องจากใช้ความยาวเสาเข็มที่มากขึ้นส่งผลให้ค่าใช้จ่ายด้านราคาเสาเข็มสูงขึ้น สำหรับกรณีสอดแผ่นลึกลงดิน 70 cm และ 140 cm ในช่วงความสูง 0.50 - 3.00 เมตร กรณีสอดแผ่นลึกลงดิน 70 cm จะมีราคาค่าก่อสร้างที่ต่ำกว่ากรณีสอดแผ่นลึกลงดิน 140 cm แต่เมื่อความสูงดินถม 3.00 เมตร กรณีสอดแผ่นลึกลงดิน 70 cm มีราคาค่าก่อสร้างใกล้เคียงกับกรณีสอดแผ่นลึกลง 140 cm. และที่ความสูงดินถม 3.50 เมตร กรณีสอดแผ่นลึกลงดิน 70 cm มีราคาสูงกว่ากรณีสอดแผ่นลึกลงดิน 140 cm เนื่องจากการใช้ความยาวเสาเข็มที่ความยาวต่างกันและมีการเพิ่มค่าใช้จ่ายในส่วนการใช้แผ่นสอดลึกลงดิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- 4.1.2.2 กรณีที่ 2 ได้ทำการเปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างความสูงดินถมกับประมาณต้นทุนก่อสร้าง (กรณีแผ่นพื้นคอนกรีตเสริมเหล็ก) โดยใช้เสาเข็มรูปตัวไอ (I) ขนาด I 0.22x0.22 และกำหนดระดับน้ำที่ความสูงต่าง ๆ ไม่สอดแผ่นลึกลงในดิน ความยาวของเสาเข็มที่สั้นที่สุดคือ 2.00 m ดังแสดงในรูปที่ 4.17

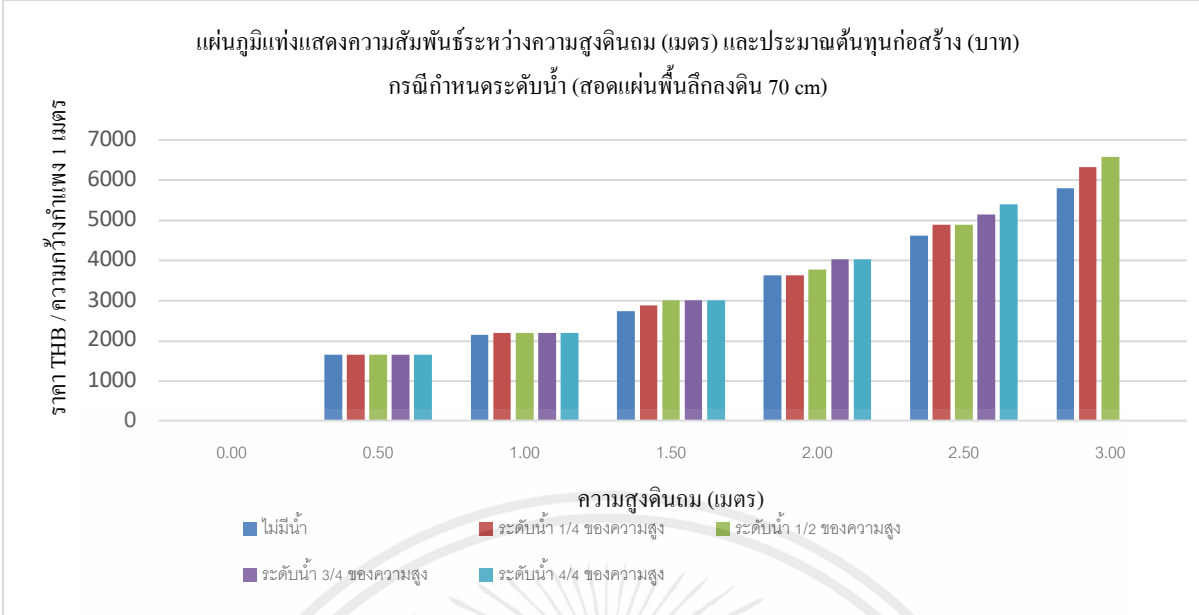


รูปที่ 4.17 แผนภูมิแท่งแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความสูงดินถม(เมตร)และประมาณต้นทุนก่อสร้าง กรณีกำหนดระดับน้ำ (ไม่สอดแผ่นลึกลงในดิน)

จากรูปที่ 4.17 พิจารณาได้ว่าเมื่อความสูงดินถมสูงขึ้น การประมาณต้นทุนก็สูงขึ้นตาม เนื่องจากมีการใช้เสาเข็มที่ความยาวต่างกัน ระดับน้ำในดินก็มีส่วนเกี่ยวข้องเช่นกัน ที่ความสูงดินถม 0.50 – 1.00 เมตร มีการประมาณต้นทุนก่อสร้างที่ใกล้เคียงกัน เนื่องจากความยาวเสาเข็มที่ยาวเท่ากัน ในบ้างความสูงดินถมอาจมีการเพิ่มเหล็กรับแรงอัด ทำให้การประมาณต้นทุนก่อสร้างสูงขึ้น

- 4.1.2.3 กรณีที่ 3 ได้ทำการเปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างความสูงดินถมกับประมาณต้นทุนก่อสร้าง (กรณีแผ่นพื้นคอนกรีตเสริมเหล็ก) โดยใช้เสาเข็มรูปตัวไอ (I) ขนาด I 0.22x0.22 และกำหนดระดับน้ำที่ความสูงต่าง ๆ สอดแผ่นลึกลงในดิน 70 cm ความยาวของเสาเข็มที่สั้นที่สุดคือ 2.00 m ดังแสดงในรูปที่ 4.18

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.18 แผนภูมิแท่งแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความสูงดินถม(เมตร)และประมาณต้นทุนก่อสร้าง กรณีกำหนดระดับน้ำ (สอดแผ่นลึกลงดิน 70 cm)

จากรูปที่ 4.18 พิจารณาได้ว่าเมื่อความสูงดินถมสูงขึ้น การประมาณต้นทุนก็สูงขึ้นตาม เนื่องจากมีการใช้เสาเข็มที่ความยาวต่างกันและบางกรณีมีการเพิ่มเหล็กรับแรงอัด ระดับน้ำในดินก็มีส่วนเกี่ยวข้องเช่นกัน ที่ความสูงดินถม 0.50 – 1.00 เมตร มีการประมาณต้นทุนก่อสร้างที่ใกล้เคียงกัน เนื่องจากความยาวเสาเข็มที่ยาวเท่ากัน ที่ความสูงดินถม 1.50 – 3.00 เมตรราคาเพิ่มขึ้นตามความยาวเสาเข็มที่ใช้ต่างกัน

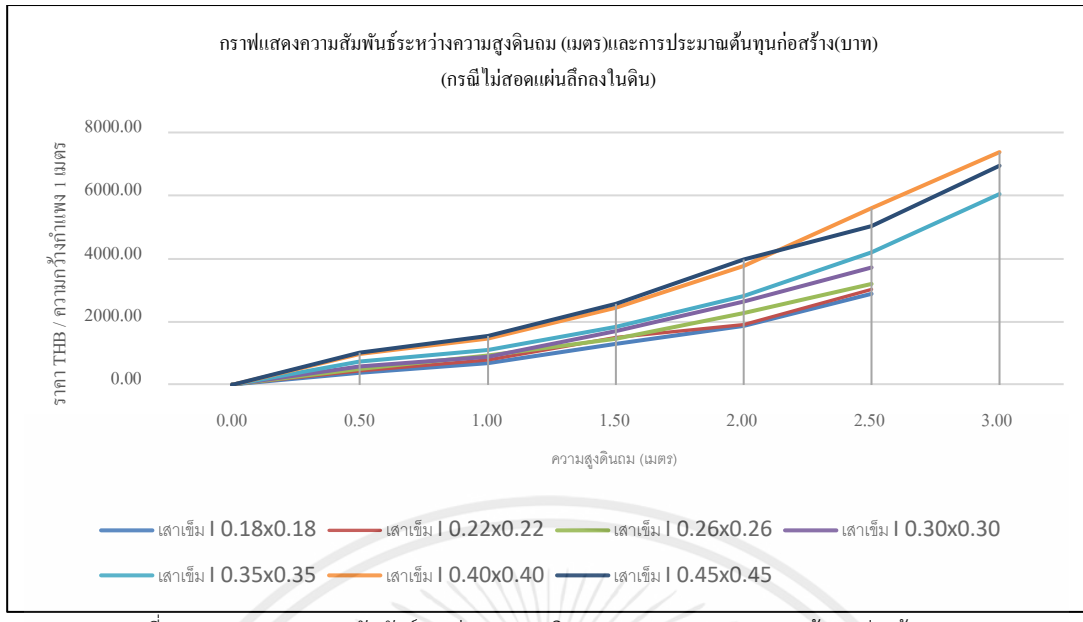
4.2 อภิปรายผลการวิจัย

จากการออกศึกษาการออกแบบและเปรียบเทียบราคากำแพงกันดินชนิดเสาเข็มและแผ่นกันดินคอนกรีตเสริมเหล็ก (Design and price comparison of pile and concrete retaining walls) จะได้กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความสูงดินถมกับประมาณต้นทุนก่อสร้าง แล้วนำกราฟมาเปรียบเทียบเพื่อประกอบการตัดสินใจ

4.2.1 กรณีใช้แผ่นพื้นตัน

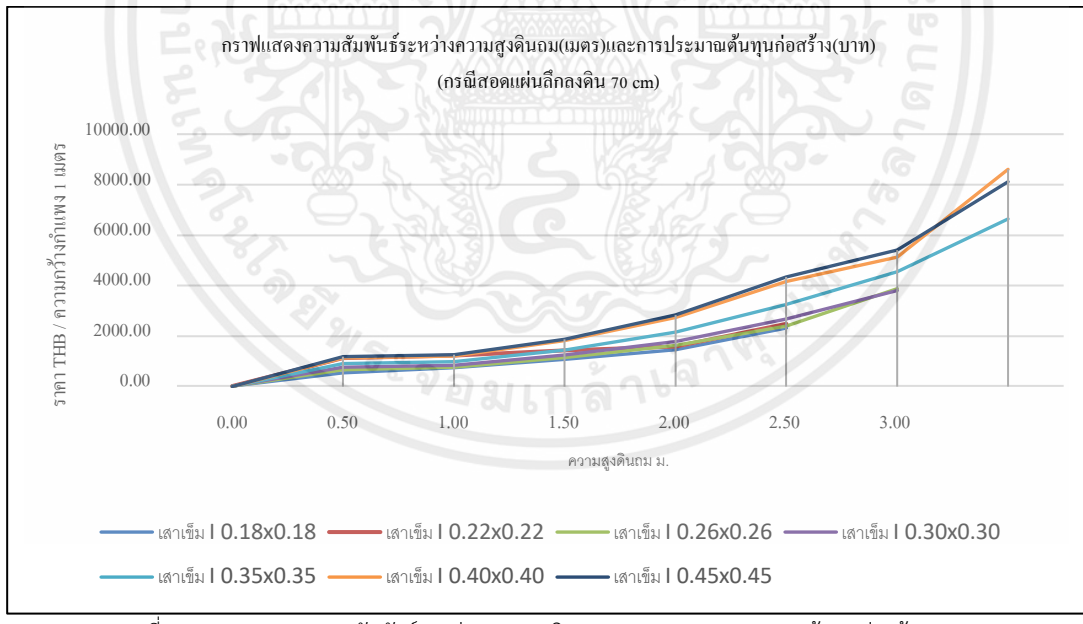
การเปรียบเทียบความสูงดินถมกับประมาณต้นทุนก่อสร้างของเสาเข็มรูปตัวไอขนาดต่าง ๆในกรณีที่ไม่มีการสอดแผ่นลึกลงในดิน กรณีสอดแผ่นลึกลงในดิน 70 cm และกรณีสอดแผ่นลึกลงดิน 140 cm สามารถสร้างกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความสูงดินถมกับประมาณต้นทุนก่อสร้างในกรณีต่าง ๆดังแสดงในรูปที่ 4.19 – 4.21

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.19 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความสูงดินถม (เมตร)และการประมาณต้นทุนก่อสร้าง(บาท)
(กรณีไม่สอดแผ่นลึกลงในดิน)

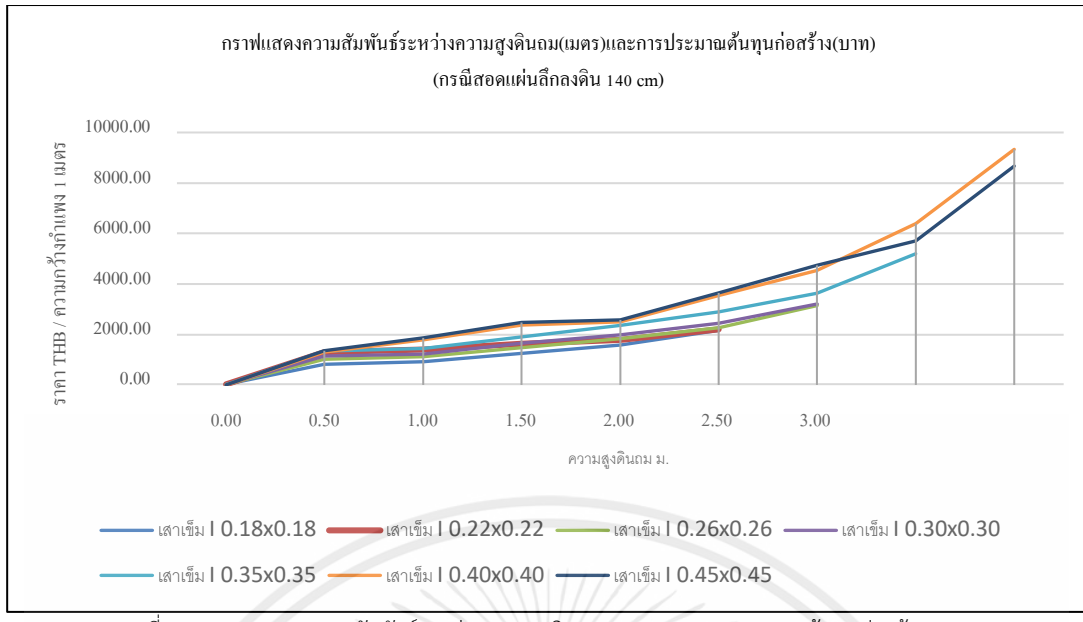
จากรูปที่ 4.19 จะเห็นได้ว่ากรณที่ไม่สอดแผ่นลึกลงในดิน เมื่อความสูงดินถมมากขึ้น จำเป็นต้องใช้เสาเข็มรูปตัวไอที่มีขนาดใหญ่ขึ้น ซึ่งทำให้มีค่าก่อสร้างโดยประมาณที่สูงขึ้นด้วย



รูปที่ 4.20 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความสูงดินถม (เมตร)และการประมาณต้นทุนก่อสร้าง(บาท)
(กรณีสอดแผ่นลึกลงดิน 70 cm)

จากรูปที่ 4.20 กรณีสอดแผ่นลึกลงดิน 70 cm มีการแปรปรวนค่อนข้างมากเมื่อความสูงดินถมเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ จำเป็นต้องใช้เสาเข็มที่ขนาดใหญ่ขึ้นและราคาค่าก่อสร้างก็สูงขึ้นตาม

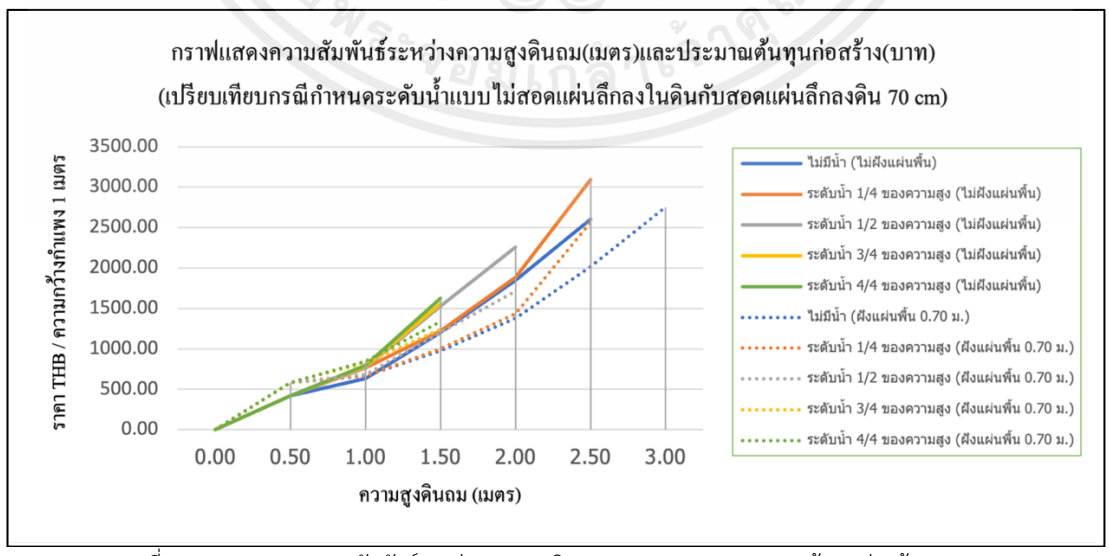
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.21 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความสูงดินถม (เมตร)และการประมาณต้นทุนก่อสร้าง(บาท)
(กรณีสอดแผ่นลึกลงดิน 140 cm)

จากรูปที่ 4.21 กรณีสอดแผ่นลึกลงดิน 140 cm จะเห็นได้ว่าที่ระดับความสูงดินถมเดียวกัน มีการประมาณต้นทุนก่อสร้างที่ต่ำกว่า กรณีไม่สอดแผ่นลึกลงในดิน และกรณีสอดแผ่นลึกลงดิน 70 cm เนื่องจากเมื่อมีการสอดแผ่นลึกลงดินมากขึ้น จะส่งผลให้ใช้เสาเข็มที่สั้นลงและการประมาณต้นทุนก่อสร้างก็น้อยลงตาม

การเปรียบเทียบความสูงดินถมกับประมาณต้นทุนก่อสร้างกรณีกำหนดระดับ จากแผนภูมิแท่งรูปที่ 4.8 และรูปที่ 4.9 สามารถสร้างกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความสูงดินถมและประมาณต้นทุนก่อสร้าง โดยเปรียบเทียบกรณีกำหนดระดับน้ำ แบบไม่สอดแผ่นลึกลงในดินกับสอดแผ่นลึกลงดิน 70 cm สังเกตได้ว่าการสอดแผ่นลงดิน 70 cm มีราคาต้นทุนที่ถูกกว่า



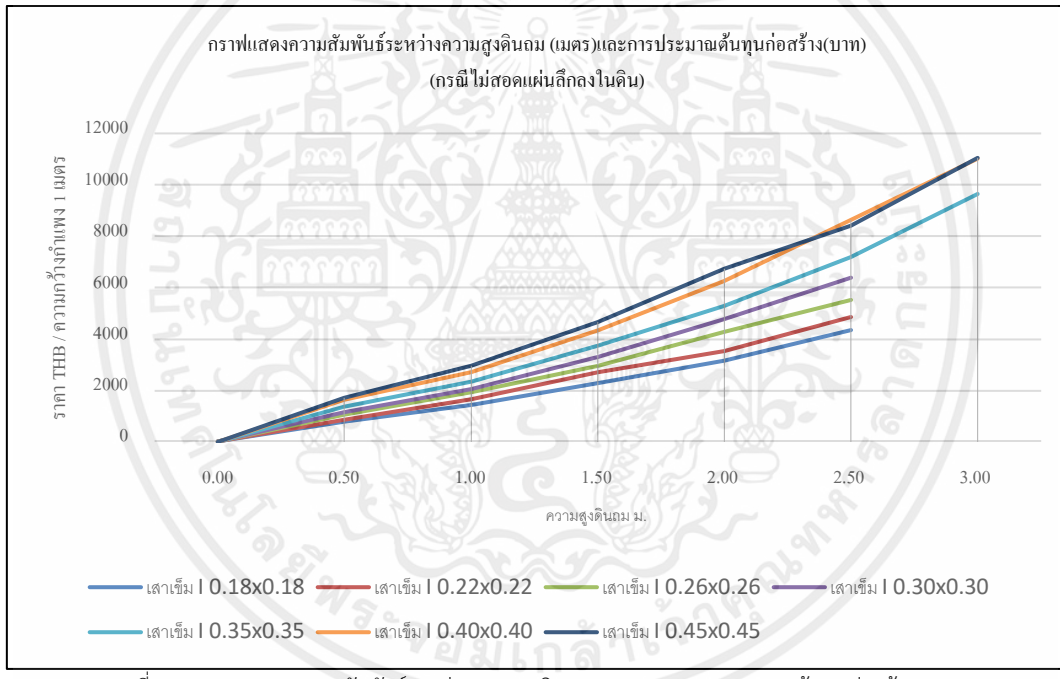
รูปที่ 4.22 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความสูงดินถม (เมตร)และการประมาณต้นทุนก่อสร้าง (บาท)
เปรียบเทียบกรณีกำหนดระดับน้ำแบบไม่สอดแผ่นลึงลงในดินกับสอดแผ่นลึกลงดิน 70 cm

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 4.22 จะเห็นได้ว่าที่ระดับความสูงดินถมเดียวกัน กรณีสอดแผ่นลึกลงดิน 70 cm มีการประมาณต้นทุนก่อสร้างที่ถูกกว่าแบบไม่สอดแผ่นลึกลงดิน เมื่อความสูงดินเพิ่มขึ้น การสอดแผ่นลึกลงดิน 70 cm ก็มีต้นทุนก่อสร้างที่ถูกกว่

4.2.2 กรณีใช้แผ่นคอนกรีตเสริมเหล็ก

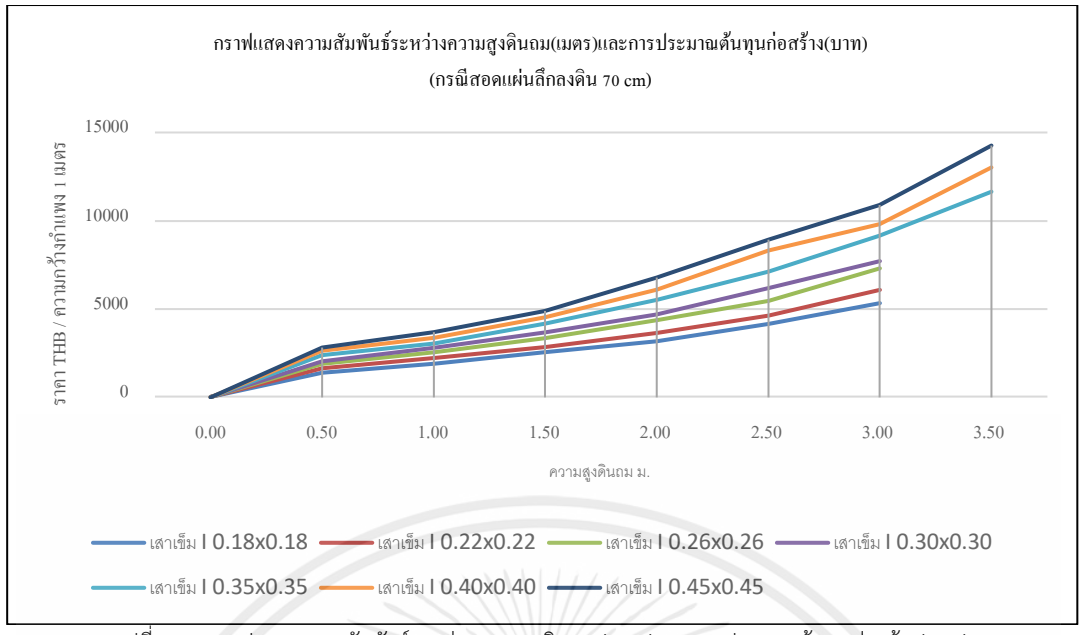
การเปรียบเทียบความสูงดินถมกับประมาณต้นทุนก่อสร้างของเสาเข็มรูปตัวไอขนาดต่าง ๆในกรณีที่ไม่มีการสอดแผ่นลึกลงในดิน กรณีสอดแผ่นลึกลงในดิน 70 cm และกรณีสอดแผ่นลึกลงดิน 140 cm สามารถสร้างกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความสูงดินถมกับประมาณต้นทุนก่อสร้างในกรณีต่าง ๆดังแสดงในรูปที่ 4.23 – 4.25



รูปที่ 4.23 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความสูงดินถม (เมตร)และการประมาณต้นทุนก่อสร้าง(บาท)
(กรณีไม่สอดแผ่นลึกลงในดิน)

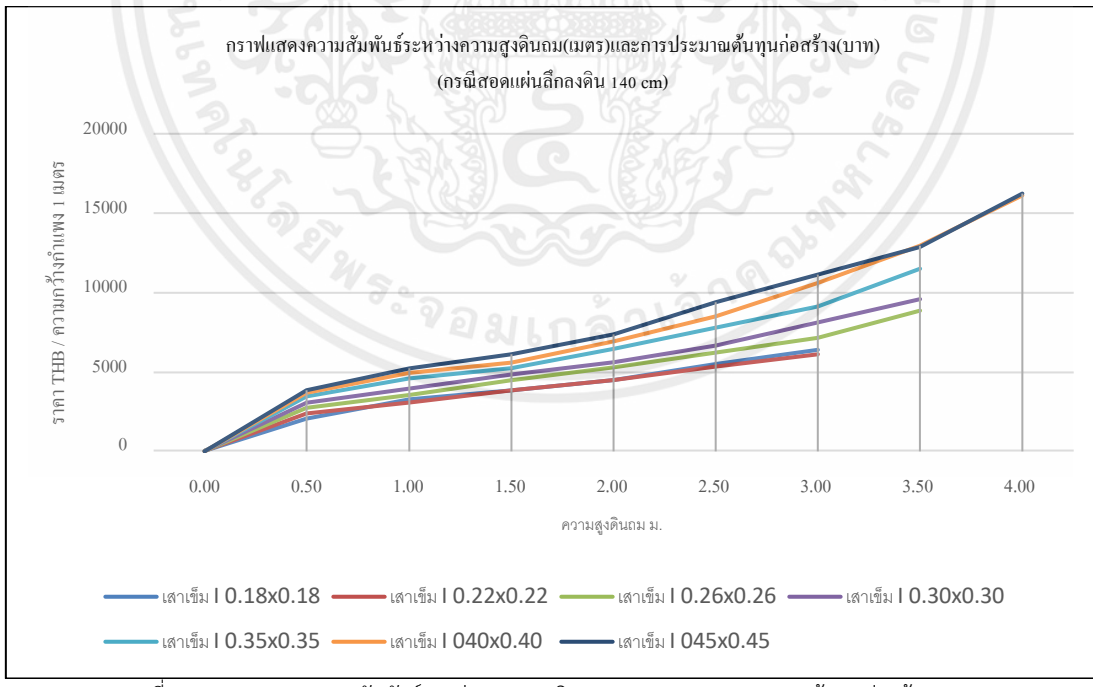
จากรูปที่ 4.19 จะเห็นได้ว่ากรณที่ไม่สอดแผ่นลึกลงในดิน การประมาณต้นทุนก่อสร้างขึ้นอยู่กับขนาดเสาเข็มและความยาวเสาเข็มที่ใช้ต่างกัน ความสูงดินถมยิ่งมาก การประมาณต้นทุนก่อสร้างก็ยิ่งสูงขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.24 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความสูงดินถม (เมตร)และการประมาณต้นทุนก่อสร้าง(บาท)
(กรณีสอดแผ่นลึกลงดิน 70 cm)

จากรูปที่ 4.24 กรณีสอดแผ่นลึกลงดิน 70 cm มีการประมาณต้นทุนก่อสร้างสูงขึ้นตามความสูงดินถม เนื่องจากเมื่อมีการถมดินที่สูงขึ้น ทำให้มีการใช้เสาเข็มที่ยาวขึ้นและยังมีการสอดแผ่นลงดินอีก 70 cm ในบางกรณีมีการเพิ่มเหล็กรับแรงอัด

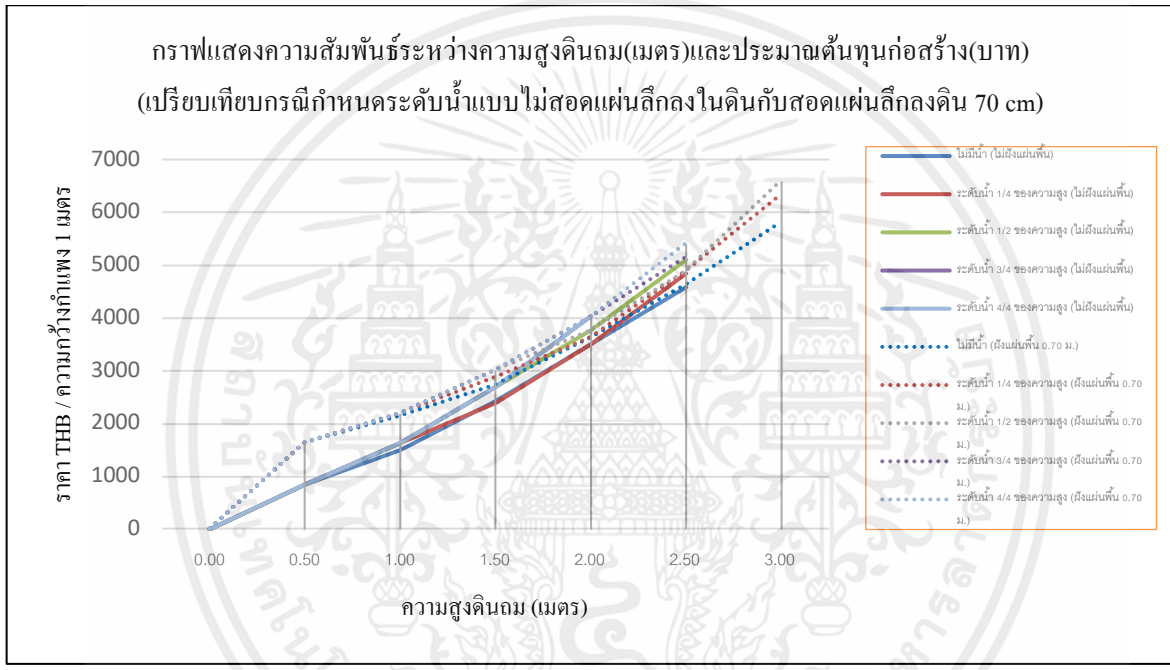


รูปที่ 4.25 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความสูงดินถม (เมตร)และการประมาณต้นทุนก่อสร้าง(บาท)
(กรณีสอดแผ่นลึกลงดิน 140 cm)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 4.25 กรณีสอดแผ่นลึกลงดิน 140 cm มีการประมาณต้นทุนก่อสร้างสูงขึ้นตามความสูงดินถม เนื่องจากเมื่อมีการถมดินที่สูงขึ้น ทำให้มีการใช้เสาเข็มที่ยาวขึ้นและยังมีการสอดแผ่นลงดินอีก 140 cm ในบางกรณีมีการเพิ่มเหล็กรับแรงอัด

การเปรียบเทียบความสูงดินถมกับประมาณต้นทุนก่อสร้างกรณีกำหนดระดับ (กรณีใช้แผ่นคอนกรีตเสริมเหล็ก) จากแผนภูมิแท่งรูปที่ 4.17 และรูปที่ 4.18 สามารถสร้างกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความสูงดินถมและประมาณต้นทุนก่อสร้าง โดยเปรียบเทียบกรณีกำหนดระดับน้ำ แบบไม่สอดแผ่นลึกลงในดินกับสอดแผ่นลึกลงดิน 70 cm สังเกตได้ว่าการสอดแผ่นลงดิน 70 cm มีราคาต้นทุนที่ถูกกว่า



รูปที่ 4.26 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความสูงดินถม (เมตร)และการประมาณต้นทุนก่อสร้าง (บาท) เปรียบเทียบกรณีกำหนดระดับน้ำแบบไม่สอดแผ่นลึงลงในดินกับสอดแผ่นลึกลงดิน 70 cm

จากรูปที่ 4.26 จะเห็นได้ว่าที่ระดับความสูงดินถมเดียวกัน กรณีสอดแผ่นลึกลงดิน 70 cm มีการประมาณต้นทุนก่อสร้างที่สูงกว่าแบบไม่สอดแผ่นลึกลงดิน เนื่องมาจากมีการใช้ความยาวเสาเข็มที่ต่างกัน และมีการสอดแผ่นลงดินเพิ่มอีก 70 cm ในบางความสูงดินถมมีการใส่เหล็กรับแรงอัดเพิ่ม ทำให้การประมาณการก่อสร้างมีราคาสูง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

จากการเปรียบเทียบราคาต้นทุนการก่อสร้างกำแพงกันดินชนิดเสาเข็มและแผ่นกันดินคอนกรีตเสริมเหล็กโดยใช้วิธีลองผิดลองถูก (Trial and Error) พบว่าในกรณีที่ระดับน้ำเท่ากัน ช่วงความสูงดินถม 0.00 เมตร ถึง 1.00 เมตร ราคาต้นทุนต่อความกว้างกำแพง 1 เมตร กรณีไม่กดแผ่นสอดลงในดินเดิมมีแนวโน้มของราคาต้นทุนที่ถูกกว่ากรณีกดแผ่นสอดลงไปในดินเดิม แต่ตั้งแต่ความสูงดินถม 1.00 เมตรขึ้นไปกรณีกดแผ่นสอดลงไปในดินเดิมมีแนวโน้มของราคาต้นทุนที่ถูกกว่ากรณีไม่กดแผ่นสอดลงในดินเดิม ในกรณีที่มีความต่างของระดับน้ำ ความสูงดินถม 0.00 เมตร ถึง 1.00 เมตร กรณีกดแผ่นสอกลงในดินเดิมมีแนวโน้มต้นทุนที่สูงกว่ากรณีไม่กดแผ่นสอดลงในดินเดิม แต่ตั้งแต่ความสูงดินถม 1.00 เมตรขึ้นไป ขึ้นไปกรณีกดแผ่นสอดลงไปในดินเดิมมีแนวโน้มของราคาต้นทุนที่ถูกกว่ากรณีไม่กดแผ่นสอดลงในดินเดิมในทุกความสูงของระดับน้ำ

5.2 ข้อเสนอแนะ

5.2.1 ควรศึกษาเพิ่มเติมเกี่ยวกับการติดตั้งติดกับแหล่งน้ำ

5.2.2 ควรเพิ่มเติมการออกแบบในกรณีที่ชั้นดินเดิมมีหลายชั้น

5.2.3 ควรเพิ่มเติมการตรวจสอบกำลังรับโมเมนต์ของเสาเข็มที่ใช้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

ธนกฤต ศรีพัฒน์พิริยกุล และ ธนากร สมคะเน และ ปิยวัฒน์ บุญเลิศนิรันดร์. **โปรแกรมออกแบบและประมาณราคาเสาเข็มอัดแรงรูปตัวไอ**. สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา. วิทยานิพนธ์ปริญญา-. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าคุณทหารลาดกระบัง. 2560

นายธีรศักดิ์ สีนาก. **อิทธิพลของระยะห่างระหว่างเสาเข็มต่อกำลังต้านทานการไหลของดินระหว่างเสาเข็มรูปตัวไอในชั้นดินเหนียว**. สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา. วิทยานิพนธ์ปริญญา-. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี. 2555.

บริษัท คชา(ไทยแลนด์) จำกัด. (2564). **กำแพงกันดิน มีกี่ประเภท มีประโยชน์อย่างไร**. เข้าถึงเมื่อ 5 พฤศจิกายน 2565. เข้าถึงจาก http://www.kachathailand.com

บริษัท ดี.ที.คอนกรีต(เชียงราย)จำกัด. (2561). **กำแพงกันดิน**. เข้าถึงเมื่อ 5 พฤศจิกายน 2565. เข้าถึงจาก http://www.dtconcrete.com

บริษัท บางกอกสตีลไวร์ จำกัด. **ราคาลวด pc wire.** เข้าถึงเมื่อ 16 มีนาคม 2566. เข้าถึงจาก http://www.bsw.co.th

บริษัท ระยองไวร์ อินดัสตรีส์ จำกัด (มหาชน). **ราคาลวด pc wire**. เข้าถึงเมื่อ 16 มีนาคม 2566. เข้าถึงจาก http://www.rwi.co.th

บริษัท ร่มเกล้า คอนกรีตอัดแรง จำกัด. (2553). **ราคาเสาเข็มคอนกรีตอัตแรง.** เข้าถึงเมื่อ 2 มีนาคม 2566. เข้าถึงจาก http://www.romklaoconcrete.com

บริษัท ร่วมมิตรคอนกรีต จำกัด. **เสาเข็มรูปตัวไอ**. เข้าถึงเมื่อ 2 มีนาคม 2566. เข้าถึงจาก http://www.ruammitrconcrete.co.th

บริษัท ลี้หย่งฮั้ว สตีล จำกัด. **PC Wire ลวดเหล็กทุกชนิด วายเมช ลวดดำผูกเหล็ก โครงวงท่อ ปลอกเสา-คาน เหล็กเส้น-รูปพรรณ.** เข้าถึงเมื่อ 16 มีนาคม 2566. เข้าถึงจาก http://www.leehyyonghua.co.th

บริษัท วันเอ็ม จำกัด. (2565). **ทำ"กำแพงกันดิน"ง่ายๆ ด้วยเสาเข็มไอ และแผ่นพื้นสำเร็จรูป.** เข้าถึงเมื่อ 6 พฤศจิกายน 2565. เข้าถึงจาก http://www.econcrete.com

บริษัท สินธุ แอนด์ คิว.พี.เอส. จำกัด. **เสาเข็มคอนกรีตอัตแรงรูปตัวไอ**. เข้าถึงเมื่อ 2 มีนาคม 2566. เข้าถึงจาก http://www.st-qps.com

บริษัท สินอุดมคอนกรีต จำกัด. **เสาเข็มรูปตัวไอ**. เข้าถึงเมื่อ 2 มีนาคม 2566. เข้าถึงจาก http://www.sudco.co.th

บริษัท อรัญคอนกรีต จำกัด. (2558). **ราคาเสาเข็มรูปตัวไอ**. เข้าถึงเมื่อ 2 มีนาคม 2566. เข้าถึงจาก http://www.aranconcret.co.th

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผศ.ชัชวาลย์ พูนลาภพาณิช และ ผศ.ดร.คมวุธ วิศวไพศาล. **การประยุกต์สูตร Beam Formula ออกแบบกำแพงกันดินเสาเข็มเสียบแผ่นผนังแบบคานยื่น**. สาขาวิชาวิศวกรรมโยธาและการพัฒนาเมือง. มหาวิทยาลัยศรีปทุม. 2554

อ.ธเนศ วีระศิริ. (2566). **รายการคำนวณเสาเข็มสอดแผ่น มี surcharge**. เข้าถึงเมื่อ 10 กุมภาพันธ์ 2566. เข้าถึงจาก http://www.leehyyonghua.co.th

TumCivil. (2556). **การคำนวณหาระยะห่างระหว่างเสาเข็มสำหรับกำแพงกันดินแบบเสียบ**. เข้าถึงเมื่อ 10 กุมภาพันธ์ 2566. เข้าถึงจาก http://www.blog.gooshared.com/view/83

TumCivil. (2017). **รายการคำนวณกำแพงกันดิน แบบผนังเสียบและแบบโครงสร้าง**. เข้าถึงเมื่อ 10 กมุภาพันธ์ 2566. เข้าถึงจาก http://www.tumcivil.com/engfanatic/media/PAM/1/1.pdf

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

ผลการทดลองประมาณต้นทุน

1) กำแพงกันดินชนิดเสาเข็มและแผ่นพื้นตัน

ตารางที่ ก.1 ราคาต้นทุนกรณีใช้เสาเข็ม I 18 และระดับน้ำอยู่ที่ + 0.50 ม.

ตารางเปรียบเทียบระหว่างความสูงดินถม(เมตร)กับประมานต้นทุนก่อสร้าง(บาท)			
ความสูงดินถม (เมตร)	เสาเข็ม I 0.18x0.18 ไม่สอดแผ่นลึกลงในดิน	เสาเข็ม I 0.18x0.18 สอดแผ่นลึกลงดิน 70 cm	เสาเข็ม I 0.18x0.18 สอดแผ่นลึกลงดิน 140 cm
0.00	0.00	0.00	0.00
0.50	368.54	530.42	795.63
1.00	666.65	732.19	901.06
1.50	1283.85	1053.40	1236.27
2.00	1858.96	1445.29	1548.27
2.50	2872.04	2298.39	2138.06

หมายเหตุ : หน่วยเป็นบาท/ความกว้างกำแพง 1 เมตร

ตารางที่ ก.2 ราคาต้นทุนกรณีใช้เสาเข็ม I 22 และระดับน้ำอยู่ที่ + 0.50 ม.

ตารางเปรียบเทียบระหว่างความสูงดินถม(เมตร)กับประมานต้นทุนก่อสร้าง(บาท)			
ความสูงดินถม (เมตร)	เสาเข็ม I 0.22x0.22 ไม่สอดแผ่นลึกลงในดิน	เสาเข็ม I 0.22x0.22 สอดแผ่นลึกลงดิน 70 cm	เสาเข็ม I 0.22x0.22 สอดแผ่นลึกลงดิน 140 cm
0.00	0.00	0.00	0.00
0.50	421.88	1103.75	1265.63
1.00	773.31	1202.19	1371.06
1.50	1497.19	1420.06	1602.94
2.00	1888.40	1564.54	1760.67
2.50	3012.13	2465.17	2178.20

หมายเหตุ : หน่วยเป็นบาท/ความกว้างกำแพง 1 เมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.3 ราคาต้นทุนกรณีใช้เสาเข็ม I 26 และระดับน้ำอยู่ที่ + 0.50 ม.

ตารางเปรียบเทียบระหว่างความสูงดินถม(เมตร)กับประมานต้นทุนก่อสร้าง(บาท)			
ความสูงดินถม (เมตร)	เสาเข็ม I 0.26x0.26 กรณีไม่สอดแผ่นลึกลงในดิน	เสาเข็ม I 0.26x0.26 สอดแผ่นลึกลงดิน 70 cm	เสาเข็ม I 0.26x0.26 สอดแผ่นลึกลงดิน 140 cm
0.00	0.00	0.00	0.00
0.50	499.21	661.08	991.63
1.00	927.98	759.52	1097.06
1.50	1451.69	1121.56	1466.10
2.00	2271.17	1622.67	1817.50
2.50	3186.62	2380.94	2249.93
3.00	เปลี่ยนไปใช้ Sheet Pile	3862.77	3123.76

หมายเหตุ : หน่วยเป็นบาท/ความกว้างกำแพง 1 เมตร

ตารางที่ ก.4 ราคาต้นทุนกรณีใช้เสาเข็ม I 30 และระดับน้ำอยู่ที่ + 0.50 ม.

ตารางเปรียบเทียบระหว่างความสูงดินถม(เมตร)กับประมานต้นทุนก่อสร้าง(บาท)			
ความสูงดินถม (เมตร)	เสาเข็ม I 0.30x0.30 ไม่สอดแผ่นลึกลงในดิน	เสาเข็ม I 0.30x0.30 สอดแผ่นลึกลงดิน 70 cm	เสาเข็ม I 0.30x0.30 สอดแผ่นลึกลงดิน 140 cm
0.00	0.00	0.00	0.00
0.50	579.65	741.53	1112.29
1.00	869.48	822.47	1193.23
1.50	1693.02	1242.23	1626.99
2.00	2637.51	1775.94	1958.82
2.50	3708.98	2651.78	2430.14
3.00	เปลี่ยนไปใช้ Sheet Pile	3788.35	3185.83

หมายเหตุ : หน่วยเป็นบาท/ความกว้างกำแพง 1 เมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.5 ราคาต้นทุนกรณีใช้เสาเข็ม I 35 และระดับน้ำอยู่ที่ + 0.50 ม.

ตารางเปรียบเทียบระหว่างความสูงดินถม(เมตร)กับประมานต้นทุนก่อสร้าง(บาท)			
ความสูงดินถม (เมตร)	เสาเข็ม I 0.35x0.35 ไม่สอดแผ่นลึกลงในดิน	เสาเข็ม I 0.35x0.35 สอดแผ่นลึกลงดิน 70 cm	เสาเข็ม I 0.35x0.35 สอดแผ่นลึกลงดิน 140 cm
0.00	0.00	0.00	0.00
0.50	730.21	892.08	1338.13
1.00	1095.31	973.02	1419.06
1.50	1843.02	1443.56	1896.60
2.00	2821.96	2152.33	2335.21
2.50	4189.33	3254.01	2881.81
3.00	6043.45	4544.77	3614.42
3.50	เปลี่ยนไปใช้ Sheet Pile	6633.06	5181.08

หมายเหตุ : หน่วยเป็นบาท/ความกว้างกำแพง 1 เมตร

ตารางที่ ก.6 ราคาต้นทุนกรณีใช้เสาเข็ม I 40 และระดับน้ำอยู่ที่ + 0.50 ม.

ตารางเปรียบเทียบระหว่างความสูงดินถม(เมตร)กับประมานต้นทุนก่อสร้าง(บาท)			
ความสูงดินถม (เมตร)	เสาเข็ม I 0.40x0.40 ไม่สอดแผ่นลึกลงในดิน	เสาเข็ม I 0.40x0.40 สอดแผ่นลึกลงดิน 70 cm	เสาเข็ม I 040x0.40 สอดแผ่นลึกลงดิน 140 cm
0.00	0.00	0.00	0.00
0.50	973.54	1135.42	1297.29
1.00	1460.31	1216.35	1784.06
1.50	2451.35	1808.56	2383.27
2.00	3774.29	2732.67	2502.71
2.50	5601.50	4161.04	3532.25
3.00	7375.94	5137.07	4521.54
3.50	เปลี่ยนไปใช้ Sheet Pile	8604.05	6385.56
4.00	เปลี่ยนไปใช้ Sheet Pile	เปลี่ยนไปใช้ Sheet Pile	9329.09

หมายเหตุ : หน่วยเป็นบาท/ความกว้างกำแพง 1 เมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.7 ราคาต้นทุนกรณีใช้เสาเข็ม I 45 และระดับน้ำอยู่ที่ + 0.50 ม.

ตารางเปรียบเทียบระหว่างความสูงดินถม(เมตร)กับประมานต้นทุนก่อสร้าง(บาท)			
ความสูงดินถม (เมตร)	เสาเข็ม I 0.45x0.45 ไม่สอดแผ่นลึกลงในดิน	เสาเข็ม I 0.45x0.45 สอดแผ่นลึกลงดิน 70 cm	เสาเข็ม I 045x0.45 สอดแผ่นลึกลงดิน 140 cm
0.00	0.00	0.00	0.00
0.50	1028.54	1190.42	1352.29
1.00	1542.81	1271.35	1866.56
1.50	2571.35	1866.56	2461.77
2.00	3973.29	2842.17	2577.71
2.50	5036.83	4346.04	3655.25
3.00	6943.42	5404.92	4733.08
3.50	เปลี่ยนไปใช้ Sheet Pile	8110.14	5706.27
4.00	เปลี่ยนไปใช้ Sheet Pile	เปลี่ยนไปใช้ Sheet Pile	8665.40

หมายเหตุ : หน่วยเป็นบาท/ความกว้างกำแพง 1 เมตร

ตารางที่ ก.8 ราคาต้นทุนกรณีมีระดับน้ำ และใช้เสาเข็ม I 22 ไม่ฝังแผ่นพื้นในดินเดิม

ตารางเปรียบเทียบระหว่างความสูงดินถม(เมตร)กับประมานต้นทุนก่อสร้าง(บาท)					
ความสูงดินถม (เมตร)	ไม่มีน้ำ	ระดับน้ำ 1/4 ของความสูง	ระดับน้ำ 1/2 ของความสูง	ระดับน้ำ 3/4 ของความสูง	ระดับน้ำ 4/4 ของความสูง
0.00	0.00	0.00	0.00	0	0
0.50	421.88	421.88	421.88	421.88	421.88
1.00	632.81	762.81	773.31	783.81	794.31
1.50	1202.19	1219.69	1527.08	1555.80	1622.58
2.00	1848.63	1888.40	2259.10	ต้องเพิ่มความหนาแผ่นพื้น	ต้องเพิ่มความหนาแผ่นพื้น
2.50	2604.54	3092.04	ต้องเพิ่มความหนาแผ่นพื้น	ต้องเพิ่มความหนาแผ่นพื้น	ต้องเพิ่มความหนาแผ่นพื้น
3.00	ต้องเพิ่มขนาดเสาเข็ม	ต้องเพิ่มขนาดเสาเข็ม	ต้องเพิ่มความหนาแผ่นพื้น	ต้องเพิ่มความหนาแผ่นพื้น	ต้องเพิ่มความหนาแผ่นพื้น

หมายเหตุ : หน่วยเป็นบาท/ความกว้างกำแพง 1 เมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.9 ราคาต้นทุนกรณีมีระดับน้ำ และใช้เสาเข็ม I 22 ฝังแผ่นพื้นในดินเดิม 0.70 ม.

ตารางเปรียบเทียบระหว่างความสูงดินถม(เมตร)กับประมานต้นทุนก่อสร้าง(บาท)					
ความสูงดินถม (เมตร)	ไม่มีน้ำ	ระดับน้ำ 1/4 ของความสูง	ระดับน้ำ 1/2 ของความสูง	ระดับน้ำ 3/4 ของความสูง	ระดับน้ำ 4/4 ของความสูง
0.00	0.00	0.00	0.00	0	0
0.50	583.75	583.75	583.75	583.75	583.75
1.00	664.69	664.69	682.19	829.69	847.19
1.50	981.06	1005.56	1201.92	1242.13	1335.62
2.00	1381.50	1434.54	1712.13	ต้องเพิ่มความหนาแผ่นพื้น	ต้องเพิ่มความหนาแผ่นพื้น
2.50	2020.67	2565.05	ต้องเพิ่มความหนาแผ่นพื้น	ต้องเพิ่มความหนาแผ่นพื้น	ต้องเพิ่มความหนาแผ่นพื้น
3.00	2750.80	ต้องเพิ่มความหนาแผ่นพื้น	ต้องเพิ่มความหนาแผ่นพื้น	ต้องเพิ่มความหนาแผ่นพื้น	ต้องเพิ่มความหนาแผ่นพื้น

หมายเหตุ : หน่วยเป็นบาท/ความกว้างกำแพง 1 เมตร

2) กำแพงกันดินชนิดเสาเข็มและแผ่นกันดินคอนกรีตเสริมเหล็ก

ตารางที่ ก.10 ราคาต้นทุนกรณีใช้เสาเข็ม I 18 และระดับน้ำอยู่ที่ + 0.50 ม.

ตารางเปรียบเทียบระหว่างความสูงดินถม(เมตร)กับประมานต้นทุนก่อสร้าง(บาท)			
ความสูงดินถม (เมตร)	เสาเข็ม I 0.18x0.18 ไม่สอดแผ่นลึกลงในดิน	เสาเข็ม I 0.18x0.18 สอดแผ่นลึกลงดิน 70 cm	เสาเข็ม I 0.18x0.18 สอดแผ่นลึกลงดิน 140 cm
0.00	0.00	0.00	0.00
0.50	759.37	1356.40	2046.81
1.00	1406.33	1893.364	3235.43
1.50	2258.63	2540.64	3822.15
2.00	3142.42	3145.37	4436.82
2.50	4327.97	4145.41	5477.98
3.00	เปลี่ยนไปใช้ Sheet Pile	5306.84	6359.65
3.50	เปลี่ยนไปใช้ Sheet Pile	เปลี่ยนไปใช้ Sheet Pile	เปลี่ยนไปใช้ Sheet Pile

หมายเหตุ : หน่วยเป็นบาท/ความกว้างกำแพง 1 เมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.11 ราคาต้นทุนกรณีใช้เสาเข็ม I 22 และระดับน้ำอยู่ที่ + 0.50 ม.

ตารางเปรียบเทียบระหว่างความสูงดินถม(เมตร)กับประมานต้นทุนก่อสร้าง(บาท)			
ความสูงดินถม (เมตร)	เสาเข็ม I 0.22x0.22 ไม่สอดแผ่นลึกลงในดิน	เสาเข็ม I 0.22x0.22 สอดแผ่นลึกลงดิน 70 cm	เสาเข็ม I 0.22x0.22 สอดแผ่นลึกลงดิน 140 cm
0.00	0.00	0.00	0.00
0.50	849.56	1639.19	2357.23
1.00	1633.71	2191.85	3030.88
1.50	2688.28	2815.06	3812.71
2.00	3506.35	3628.82	4450.26
2.50	4839.40	4617.78	5300.01
3.00	เปลี่ยนไปใช้ Sheet Pile	6060.90	6077.11
3.50	เปลี่ยนไปใช้ Sheet Pile	เปลี่ยนไปใช้ Sheet Pile	เปลี่ยนไปใช้ Sheet Pile

หมายเหตุ : หน่วยเป็นบาท/ความกว้างกำแพง 1 เมตร

ตารางที่ ก.12 ราคาต้นทุนกรณีใช้เสาเข็ม I 26 และระดับน้ำอยู่ที่ + 0.50 ม.

ตารางเปรียบเทียบระหว่างความสูงดินถม(เมตร)กับประมานต้นทุนก่อสร้าง(บาท)			
ความสูงดินถม (เมตร)	เสาเข็ม I 0.26x0.26 ไม่สอดแผ่นลึกลงในดิน	เสาเข็ม I 0.26x0.26 สอดแผ่นลึกลงดิน 70 cm	เสาเข็ม I 0.26x0.26 สอดแผ่นลึกลงดิน 140 cm
0.00	0.00	0.00	0.00
0.50	1034.78	1881.46	2730.33
1.00	1925.67	2516.16	3523.75
1.50	2936.95	3345.39	4438.98
2.00	4269.82	4349.30	5253.63
2.50	5504.15	5429.61	6199.18
3.00	เปลี่ยนไปใช้ Sheet Pile	7283.35	7122.49
3.50	เปลี่ยนไปใช้ Sheet Pile	เปลี่ยนไปใช้ Sheet Pile	8835.36

หมายเหตุ : หน่วยเป็นบาท/ความกว้างกำแพง 1 เมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.13 ราคาต้นทุนกรณีใช้เสาเข็ม I 30 และระดับน้ำอยู่ที่ + 0.50 ม.

ตารางเปรียบเทียบระหว่างความสูงดินถม(เมตร)กับประมานต้นทุนก่อสร้าง(บาท)			
ความสูงดินถม (เมตร)	เสาเข็ม I 0.30x0.30 ไม่สอดแผ่นลึกลงในดิน	เสาเข็ม I 0.30x0.30 สอดแผ่นลึกลงดิน 70 cm	เสาเข็ม I 0.30x0.30 สอดแผ่นลึกลงดิน 140 cm
0.00	0.00	0.00	0.00
0.50	1139.80	2020.87	3055.48
1.00	2044.31	2780.02	3938.00
1.50	3291.24	3666.52	4833.32
2.00	4770.32	4683.09	5603.05
2.50	6373.17	6159.38	6632.16
3.00	เปลี่ยนไปใช้ Sheet Pile	7693.22	8079.02
3.50	เปลี่ยนไปใช้ Sheet Pile	เปลี่ยนไปใช้ Sheet Pile	9558.81

หมายเหตุ : หน่วยเป็นบาท/ความกว้างกำแพง 1 เมตร

ตารางที่ ก.14 ราคาต้นทุนกรณีใช้เสาเข็ม I 35 และระดับน้ำอยู่ที่ + 0.50 ม.

ตารางเปรียบเทียบระหว่างความสูงดินถม(เมตร)กับประมานต้นทุนก่อสร้าง(บาท)			
ความสูงดินถม (เมตร)	เสาเข็ม I 0.35x0.35 ไม่สอดแผ่นลึกลงในดิน	เสาเข็ม I 0.35x0.35 สอดแผ่นลึกลงดิน 70 cm	เสาเข็ม I 0.35x0.35 สอดแผ่นลึกลงดิน 140 cm
0.00	0.00	0.00	0.00
0.50	1366.22	2385.13	3425.75
1.00	2343.85	3055.88	4588.09
1.50	3735.68	4157.91	5226.18
2.00	5280.08	5494.20	6421.26
2.50	7183.06	7097.59	7763.98
3.00	9638.95	9159.27	9104.03
3.50	เปลี่ยนไปใช้ Sheet Pile	11635.99	11481.32
4.00	เปลี่ยนไปใช้ Sheet Pile	เปลี่ยนไปใช้ Sheet Pile	เปลี่ยนไปใช้ Sheet Pile

หมายเหตุ : หน่วยเป็นบาท/ความกว้างกำแพง 1 เมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.15 ราคาต้นทุนกรณีใช้เสาเข็ม I 40 และระดับน้ำอยู่ที่ + 0.50 ม.

ตารางเปรียบเทียบระหว่างความสูงดินถม(เมตร)กับประมานต้นทุนก่อสร้าง(บาท)			
ความสูงดินถม (เมตร)	เสาเข็ม I 0.40x0.40 ไม่สอดแผ่นลึกลงในดิน	เสาเข็ม I 0.40x0.40 สอดแผ่นลึกลงดิน 70 cm	เสาเข็ม I 040x0.40 สอดแผ่นลึกลงดิน 140 cm
0.00	0.00	0.00	0.00
0.50	1629.29	2628.47	3669.08
1.00	2708.85	3370.66	4953.09
1.50	4344.02	4522.91	5591.18
2.00	6253.42	6102.54	6907.93
2.50	8643.06	8321.67	8493.98
3.00	11017.28	9807.61	10594.37
3.50	เปลี่ยนไปใช้ Sheet Pile	13014.33	12941.32
4.00	เปลี่ยนไปใช้ Sheet Pile	เปลี่ยนไปใช้ Sheet Pile	16107.70
4.50	เปลี่ยนไปใช้ Sheet Pile	เปลี่ยนไปใช้ Sheet Pile	เปลี่ยนไปใช้ Sheet Pile

หมายเหตุ : หน่วยเป็นบาท/ความกว้างกำแพง 1 เมตร

ตารางที่ ก.16 ราคาต้นทุนกรณีใช้เสาเข็ม I 45 และระดับน้ำอยู่ที่ + 0.50 ม.

ตารางเปรียบเทียบระหว่างความสูงดินถม(เมตร)กับประมานต้นทุนก่อสร้าง(บาท)			
ความสูงดินถม (เมตร)	เสาเข็ม I 0.45x0.45 ไม่สอดแผ่นลึกลงในดิน	เสาเข็ม I 0.45x0.45 สอดแผ่นลึกลงดิน 70 cm	เสาเข็ม I 045x0.45 สอดแผ่นลึกลงดิน 140 cm
0.00	0.00	0.00	0.00
0.50	1721.15	2811.16	3864.13
1.00	2969.63	3683.97	5212.49
1.50	4655.06	4890.71	6114.68
2.00	6732.70	6777.45	7375.00
2.50	8408.17	8927.94	9404.70
3.00	11046.74	10905.94	11138.69
3.50	เปลี่ยนไปใช้ Sheet Pile	14257.41	12875.58
4.00	เปลี่ยนไปใช้ Sheet Pile	เปลี่ยนไปใช้ Sheet Pile	16224.78
4.50	เปลี่ยนไปใช้ Sheet Pile	เปลี่ยนไปใช้ Sheet Pile	เปลี่ยนไปใช้ Sheet Pile

หมายเหตุ : หน่วยเป็นบาท/ความกว้างกำแพง 1 เมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.17 ราคาต้นทุนกรณีมีระดับน้ำ และใช้เสาเข็ม I 22 ไม่ฝังแผ่นพื้นในดินเดิม

ตารางเปรียบเทียบระหว่างความสูงดินถม(เมตร)กับประมานต้นทุนก่อสร้าง(บาท)					
ความสูงดินถม (เมตร)	ไม่มีน้ำ	ระดับน้ำ 1/4 ของความสูง	ระดับน้ำ 1/2 ของความสูง	ระดับน้ำ 3/4 ของความสูง	ระดับน้ำ 4/4 ของความสูง
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.50	849.56	849.56	849.56	849.56	849.56
1.00	1503.71	1633.71	1633.71	1633.71	1633.71
1.50	2428.28	2381.28	2688.28	2688.28	2688.28
2.00	3506.35	3506.35	3766.35	4026.35	4026.35
2.50	4579.40	4839.40	5099.40	ต้องเพิ่มขนาดเสาเข็ม	ต้องเพิ่มขนาดเสาเข็ม
3.00	ต้องเพิ่มขนาดเสาเข็ม	ต้องเพิ่มขนาดเสาเข็ม	ต้องเพิ่มขนาดเสาเข็ม	ต้องเพิ่มขนาดเสาเข็ม	ต้องเพิ่มขนาดเสาเข็ม

หมายเหตุ : หน่วยเป็นบาท/ความกว้างกำแพง 1 เมตร

ตารางที่ ก.18 ราคาต้นทุนกรณีมีระดับน้ำ และใช้เสาเข็ม I 22 ฝังแผ่นพื้นในดินเดิม 0.70 ม.

ตารางเปรียบเทียบระหว่างความสูงดินถม(เมตร)กับประมานต้นทุนก่อสร้าง(บาท)					
ความสูงดินถม (เมตร)	ไม่มีน้ำ	ระดับน้ำ 1/4 ของความสูง	ระดับน้ำ 1/2 ของความสูง	ระดับน้ำ 3/4 ของความสูง	ระดับน้ำ 4/4 ของความสูง
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.50	1639.19	1639.19	1639.19	1639.19	1639.19
1.00	2138.51	2191.85	2191.85	2191.85	2191.85
1.50	2728.82	2872.40	3002.40	3002.40	3002.40
2.00	3628.82	3628.82	3758.82	4018.82	4018.82
2.50	4617.78	4877.78	4877.78	5137.78	5397.78
3.00	5800.90	6320.90	6580.90	ต้องเพิ่มขนาดเสาเข็ม	ต้องเพิ่มขนาดเสาเข็ม

หมายเหตุ : หน่วยเป็นบาท/ความกว้างกำแพง 1 เมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-นามสกุล	นายผไทวุฒิ ภักดีสมัย
วัน เดือน ปีเกิด	8 ตุลาคม 2543
ที่อยู่	8 ม.7 บ.เหล่าขาม ต.สีแก้ว อ.เมือง จ.ร้อยเอ็ด 45000
โทร	062-110-6432
ประวัติการศึกษา	- พ.ศ. 2556 จบการศึกษาระดับชั้นประถมศึกษา โรงเรียนอนุบาลร้อยเอ็ด - พ.ศ. 2559 จบการศึกษาระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น โรงเรียนร้อยเอ็ดวิทยาลัย - พ.ศ. 2562 จบการศึกษาระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย โรงเรียนร้อยเอ็ดวิทยาลัย - ปัจจุบันกำลังศึกษาอยู่ที่ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง คณะวิศวกรรมศาสตร์ สาขาวิศวกรรมโยธา ชั้นปีที่ 4
Email	62010574@kmitl.ac.th

ชื่อ-นามสกุล	นาวสาวพราวพิราศ วรสวัสดิ์
วัน เดือน ปีเกิด	21 ตุลาคม 2543
ที่อยู่	399/185 หมู่ที่ 13 ต.หนองนาแซง อ.เมืองชัยภูมิ จ.ชัยภูมิ 36000
โทร	088-745-3525
ประวัติการศึกษา	- พ.ศ. 2556 จบการศึกษาระดับชั้นประถมศึกษา โรงเรียนบ้านนาดี คุรุราษฎร์บำรุง - พ.ศ. 2559 จบการศึกษาระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น โรงเรียนชัยภูมิภักดีชุมพล - พ.ศ. 2562 จบการศึกษาระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย โรงเรียนชัยภูมิภักดีชุมพล - ปัจจุบันกำลังศึกษาอยู่ที่ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง คณะวิศวกรรมศาสตร์ สาขาวิศวกรรมโยธา ชั้นปีที่ 4
Email	62010598@kmitl.ac.th

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชื่อ-นามสกุล	นายนพรุจ สัจวาที
วัน เดือน ปีเกิด	25 กรกฎาคม 2543
ที่อยู่	72/1 ต.บางเสร่ อ.สัตหีบ จ.ชลบุรี 20250
โทร	090-934-9909
ประวัติการศึกษา	- พ.ศ. 2556 จบการศึกษาระดับชั้นประถมศึกษา โรงเรียนวัดบ้านฉาง - พ.ศ. 2559 จบการศึกษาระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น โรงเรียนบ้านฉางกาญจนกุลวิทยา - พ.ศ. 2562 จบการศึกษาระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย โรงเรียนบ้านฉางกาญจนกุลวิทยา - ปัจจุบันกำลังศึกษาอยู่ที่ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง คณะวิศวกรรมศาสตร์ สาขาวิศวกรรมโยธา ชั้นปีที่ 4
Email	62011314@kmitl.ac.th

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้