

การศึกษาการป้องกันตลิ่งพัง
กรณีศึกษาดนนเลียนคลองระพีพัฒน์ จังหวัดปทุมธานี

STUDY ON BANK FAILURE PROTECTION:
CASE STUDY KLONGRAPEEPAT YAK TOK, PATHUM THANI PROVINCE.



การค้นคว้าอิสระนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมก่อสร้างและการจัดการ

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2559

KMITL-2016-EN-M-090-515

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การศึกษาการป้องกันตลิ่งพัง
กรณีศึกษาถนนเลียบบคลองระพีพัฒน์ จังหวัดปทุมธานี

STUDY ON BANK FAILURE PROTECTION:
CASE STUDY KLONGRAPEEPAT YAK TOK, PATHUM THANI PROVINCE.



T148662



ทฤษฎี เครือรัตนกุล
TRISSDEE KRUERATTANAKUL

เลขหมู่ 148662
เลขทะเบียน 148662
รับเดือนปี .14 พ.ย. 2560

b002b5201
b.....
i.....

การค้นคว้าอิสระนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมก่อสร้างและการจัดการ
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
พ.ศ.2559

KMITL-2016-EN-M-090-515

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

STUDY ON BANK FAILURE PROTECTION:
CASE STUDY KLONGRAPEEPAT YAK TOK, PATHUM THANI PROVINCE.



AN INDEPENDENT STUDY SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT
OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF
MASTER OF ENGINEERING IN CIVIL ENGINEERING
FACULTY OF ENGINEERING
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG
2016

KMITL-2016-EN-M-090-515

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



COPYRIGHT 2016

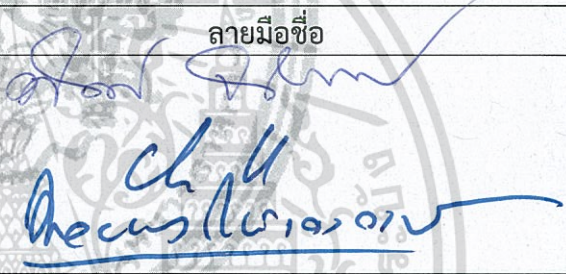
FACULTY OF ENGINEERING

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ใบรับรองการค้นคว้าอิสระ

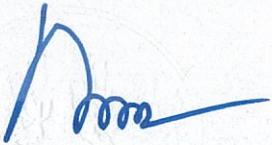
หัวข้อ การศึกษาการป้องกันดลิ่งพัง กรณีศึกษาถนนเลียบบคลองระพีพัฒน์ จังหวัดปทุมธานี
Title Study on Bank Failure Protection : Case Study Klongrapeepat Yak Tok
Pathum Thani Province
นักศึกษา นายทฤษฎี เครือรัตน์กุล
รหัสประจำตัว 58601061
ปริญญา วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา วิศวกรรมก่อสร้างและการจัดการ
อาจารย์ที่ปรึกษาการค้นคว้าอิสระ รศ.แหลมทอง เหล่าคงถาวร
หมายเลขการค้นคว้าอิสระ KMITL-2016-EN-M-090-515

คณะกรรมการสอบการค้นคว้าอิสระ		ลายมือชื่อ
รศ.ดร.นันทวัฒน์	จรัสโรจน์ธนเดช	
ผศ.ดร.ชลิตา	อู่ตะเภา	
รศ.แหลมทอง	เหล่าคงถาวร	

วัน / เดือน / ปี ที่สอบ วันอังคาร ที่ 6 ธันวาคม พ.ศ. 2559 เวลา 16.30-17.30 น.
สถานที่สอบ ณ อาคาร A ชั้น 5 ห้องประชุม 3

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

คณะวิศวกรรมศาสตร์ รับรองแล้ว


(รองศาสตราจารย์ ดร. คมสัน มาลีสี)

คณบดี คณะวิศวกรรมศาสตร์

วันที่ 6 ธันวาคม พ.ศ. 2559

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อค้นคว้าอิสระ	การศึกษาการป้องกันตลิ่งพัง กรณีศึกษาถนนเลียบบคลองระพีพัฒน์ จังหวัดปทุมธานี
นักศึกษา	นายทฤษฎี เจริญรัตนกุล
รหัสประจำตัว	58601061
ปริญญา	วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา	วิศวกรรมก่อสร้างและการจัดการ
พ.ศ.	2559
อาจารย์ที่ปรึกษาค้นคว้าอิสระ	รศ.แหลมทอง เหล่าคงถาวร

บทคัดย่อ

การขยายตัวของเขตเมืองในประเทศไทยเป็นเหตุหนึ่งของปัญหาการจราจร มีการพยายามเพิ่มเส้นทางจราจรเพื่อรองรับกับการเพิ่มขึ้นของปริมาณจราจร แต่ต้องแลกกับพื้นที่ที่ต้องใช้เพิ่มเพื่อให้โครงการเหล่านั้นเชื่อมโยงกันเป็นโครงข่าย ยังผลให้ต้องเวนคืนที่ดินซึ่งมีค่าใช้จ่ายในการดำเนินการที่สูงจึงมีการพยายามยกระดับขีดความสามารถของโครงข่ายถนนสายรองที่มีอยู่เดิม ทดแทนการก่อสร้างโครงข่ายถนนใหม่ แต่ส่วนหนึ่งของโครงข่ายถนนสายรองเดิมเป็นลักษณะของถนนเลียบบคันคลองมักพบกับปัญหาการพังทลายของคันทางภายหลังการก่อสร้างจำเป็นต้องปรับปรุงความสามารถของคันทางเดิมให้มีเสถียรภาพและมีความมั่นคงแข็งแรงต่อการใช้งาน

การปรับปรุงเสถียรภาพของคันทางภายใต้สภาวะควบคุมเดียวกัน โครงสร้างเขื่อนป้องกันตลิ่งชนิดแนวตั้งลักษณะใดที่มีความเหมาะสมสำหรับถนนเลียบบคลองระพีพัฒน์ แยกตก ช่วงจังหวัดปทุมธานี ที่ใช้เป็นพื้นที่กรณีศึกษา เมื่อพิจารณาจากผลการประมาณราคาของการก่อสร้างตามหลักเกณฑ์ของกรมบัญชีกลาง กระทรวงการคลัง การศึกษาเริ่มจากข้อมูลการเจาะสำรวจชั้นดินโดยวิธี Boring Log และ Field Vane Shear นำผลที่ได้มาจัดทำผังหน้าตัดของดินและชั้นดิน เพื่อจัดกลุ่มตามคุณลักษณะของดินและกำหนดรูปแบบของโครงสร้างที่ใช้เป็นแบบจำลอง คือแบบ Cantilever Sheet Pile และแบบ Battered Sheet Pile มาวิเคราะห์เสถียรภาพของคันทางโดยโปรแกรม Plaxis กำหนดขอบเขตของการศึกษาให้ค่าอัตราส่วนความปลอดภัย 1.50 คันทางสามารถรับน้ำหนักบรรทุกได้ 2 ตัน/ตร.ม. จากผลการศึกษาพบว่าโครงสร้างชนิด Battered Sheet Pile มีราคาค่าก่อสร้างที่ต่ำและมีเสถียรภาพสูงกว่าชนิด Cantilever Sheet Pile จึงสามารถสรุปได้ว่าเขื่อนป้องกันตลิ่งชนิดแนวตั้งในกรณีศึกษาการก่อสร้างโดยใช้โครงสร้างที่มีโครงแข็งยึดรั้งมีความเหมาะสมในการก่อสร้างมากกว่าโครงสร้างชนิดโครงสร้างเดี่ยว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Independent Study	Study on Bank Failure Protection: Case study Klong Rapeepat Yak Tok, Pathum Thani Province.
Student	Mr.Trissdee Kruerattanakul
Student ID.	58601061
Degree	Master of Engineering
Program	Construction Engineering and Management
Year	2016
Independent Study Advisor	Assoc.Prof. Laemthong Laokhongthavorn

Abstract

Expansion of urban areas in Thailand is a main causing traffic congestion. There has been trying to increase traffic routes to support amount of traffic. Meanwhile, those improvements are required more land acquired by government to coherent a network. The expropriation is a high cost of an operation. Another way to try is to increase the capacity of a secondary road network. However, some secondary roads are not as good shape as purpose. Most of them are road along the canal which often have a failure of embankment. Therefore, it is necessary to do soil improvement to provide stability and strength of soil to use.

In order to improve the stability of embankment, 2 types of the vertical bank protection, cantilever sheet pile and battered sheet pile, were analyzed to be appropriate for the road along the Klong Rapeepat Yak Tok, Pathum Thani Province, as a case study. Also they were compared base on the estimated cost of construction, according to the rule of General's Department, Ministry of Finance. The study started by soil investigation, boring log and field vane shear. The result of soil profile and soil level were grouped by soil characteristics and configuration of structure. Stability of all structure patterns were analyzed by Plaxis program with factor of safety at least 1.50 and carried load on embankment 2 tons/ m². The study result indicates that a structural battered pile has construction costs lower and more stability than cantilever sheet pile analysis concluded.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

การค้นคว้าอิสระเล่มนี้สำเร็จได้ด้วยความกรุณาจากอาจารย์ที่ปรึกษา รศ.แหลมทอง เหล่าคงถาวร ที่ให้ความช่วยเหลือ ให้คำชี้แนะช่วยแก้ปัญหาตลอดจนให้ความรู้และประสบการณ์ที่ดีแก่ข้าพเจ้า

ขอขอบคุณคณะกรรมการสอบการค้นคว้าอิสระ ประธานกรรมการ รศ.ดร.นันทวัฒน์ จรัสโรจน์ธนเดช, รองประธานกรรมการ ผศ.ดร.ชลิตา อยู่ตะเภา และ กรรมการ รศ.แหลมทอง เหล่าคงถาวร ที่ให้คำแนะนำที่ดี

ขอขอบคุณ คุณชาคริส เตชานุภาพ และคุณธิตี ปวีณชนา ที่แนะนำและเอื้อเฟื้อข้อมูลให้คำปรึกษาพร้อมข้อชี้แนะ

สุดท้ายต้องขอขอบคุณภรรยาของข้าพเจ้า คุณสุนันทา เจริญรัตนกุล และครอบครัว ที่สนับสนุนและช่วยเหลือการพิมพ์ และเป็นกำลังใจที่ดีตลอดมา

สำหรับคุณงามความดีอันใดที่เกิดจากการค้นคว้าอิสระเล่มนี้ข้าพเจ้าขอมอบให้กับ บิดามารดา ซึ่งเป็นที่รักและเคารพยิ่ง ตลอดจนครูอาจารย์ที่เคารพทุกท่านที่ได้ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้และถ่ายทอดประสบการณ์ที่ดีให้แก่ข้าพเจ้า

ทฤษฎี เจริญรัตนกุล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย.....	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	II
กิตติกรรมประกาศ.....	III
สารบัญ.....	IV
สารบัญตาราง.....	VI
สารบัญรูป.....	VIII
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ความเป็นมา และความสำคัญของปัญหา.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....	1
1.3 สมมติฐานของการวิจัย.....	2
1.4 ขอบเขตของการวิจัย.....	2
1.5 วิธีการศึกษา.....	2
1.6 นิยามศัพท์เชิงปฏิบัติการ.....	2
1.7 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับการวิจัย.....	3
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	
2.1 ทฤษฎีพื้นฐานเชิงวิศวกรรมปฐพีกลศาสตร์ที่เกี่ยวข้อง.....	4
2.2 การปรับปรุงเสถียรภาพของคันทางโดยการใช้เขื่อนป้องกันตลิ่งชนิดแนวตั้ง.....	8
2.3 ค่าความปลอดภัยที่เหมาะสมของการต้านทานแรงเฉือน (Factor of Safety).....	9
2.4 การพิจารณาใช้แนวโค้งรับแรง (Arching Effect).....	10
2.5 เสถียรภาพของเชิงลาดริมตลิ่งจากการลดลงของระดับน้ำอย่างรวดเร็ว (Rapid Drawdown).....	14
2.6 ข้อมูลเชิงวิศวกรรมของชั้นดินเหนียวอ่อนกรุงเทพ และปริมณฑล.....	15
2.7 การประมาณราคาตามหลักเกณฑ์การกำหนดราคากลางงานก่อสร้าง ของกรมบัญชีกลาง.....	16

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3 ผลการศึกษา

3.1 ผลการเจาะสำรวจชั้นดิน และกำหนดช่วงที่มีคุณสมบัติคล้ายคลึงกัน	
3.1.1. รายละเอียดการศึกษา.....	17
3.1.2. ผลการศึกษา.....	22
3.2 การกำหนดรูปแบบเสาเข็มพืดเพื่อการวิเคราะห์เชิงวิศวกรรม	
3.2.1. รายละเอียดการศึกษา.....	26
3.2.2. ผลการศึกษา.....	27
3.3 การวิเคราะห์เสถียรภาพของคันทางโดยโปรแกรม Plaxis	
3.3.1. รายละเอียดการศึกษา.....	28
3.3.2. ผลการศึกษา.....	29
3.4 การประมาณราคาค่าก่อสร้างตามหลักเกณฑ์การกำหนดราคากลาง งานก่อสร้างของกรมบัญชีกลาง	
3.4.1. รายละเอียดการศึกษา.....	43
3.4.2. ผลการศึกษา.....	47

บทที่ 4 การวิเคราะห์ผล

4.1 วิเคราะห์ผลตามกลุ่มช่วงที่มีคุณสมบัติคล้ายคลึงกัน.....	48
4.2 วิเคราะห์ผลเชิงเปรียบเทียบของรูปแบบที่แตกต่างกัน.....	52

บทที่ 5 บทสรุป

5.1 สรุปผลงานวิจัย.....	55
5.2 ข้อเสนอแนะ.....	55

เอกสารอ้างอิง.....	56
--------------------	----

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก.....	58
ภาคผนวก ข.....	80
ภาคผนวก ค.....	89

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 ตารางแสดงค่าการจมของ Split Spoon Sampler.....	6
2.2 ตารางแสดงค่า N-value	6
2.3 คุณสมบัติทางวิศวกรรมของชั้นดินในจังหวัดปทุมธานี.....	15
3.1 แสดงค่าความสัมพันธ์ระหว่างค่า SPT-N กับ ϕ ของทราย.....	18
3.2 แสดงค่าความสัมพันธ์ระหว่างค่า SPT-N กับ Suc ของดินเหนียว.....	18
3.3 การจำแนกดินเหนียวตามค่าความไวสำหรับดินเหนียวอ่อนกรุงเทพ.....	19
3.4 การทดสอบ และมาตรฐานการทดสอบ.....	20
3.5 ชนิด และขนาดเม็ดดิน.....	21
3.6 โมเมนต์ดัด และแรงเฉือนสูงสุดที่เกิดในเสาเข็ม.....	24
3.7 ตารางแสดงคุณสมบัติของชั้นดิน.....	27
3.8 ตารางความลึกแสดงขอบเขตของชั้นดิน.....	27
3.9 แสดงภาคตัดขวางของคันทรง.....	29
3.10 แสดงค่าอัตราส่วนความปลอดภัย ของคันทรงเดิม.....	29
3.11 แสดงผลการวิเคราะห์เสถียรภาพของคันทรงเมื่อปรับปรุงโครงสร้างทางด้วยวิธี Cantilever Sheet Pile.....	32
3.12 แสดงผลการวิเคราะห์เสถียรภาพของคันทรงเมื่อปรับปรุงโครงสร้างทางด้วยวิธี Battered Sheet Pile.....	37
3.13 เปรียบเทียบค่าอัตราส่วนความปลอดภัย (Factor of Safety) คันทรงทั้งก่อน และหลังการปรับปรุงเสถียรภาพคันทรงโดยใช้เชือกป้องกันตลิ่งชนิดแนวตั้ง.....	43
3.14. แสดงค่า Factor F ที่เลือกใช้ในกรณีศึกษา.....	46
3.15 ประมาณราคาการก่อสร้างแบบ Cantilever Sheet Pile.....	47
3.16 ประมาณราคาการก่อสร้างแบบ Battered Sheet Pile.....	47
4.1 เปรียบเทียบค่าอัตราส่วนความปลอดภัย และราคาประมาณการ จากกลุ่มข้อมูล BH-4.....	48

เอกสารนี้เป็นลิขสิทธิ์ของกรมโยธาธิการและผังเมือง การนำออกจำหน่ายโดยไม่ได้รับอนุญาต
ถือว่าผิดกฎหมาย การนำออกจำหน่ายโดยไม่ได้รับอนุญาต
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2	เปรียบเทียบค่าอัตราส่วนความปลอดภัย และราคาประมาณการ จากกลุ่มข้อมูล BH-5.....	49
4.3	เปรียบเทียบค่าอัตราส่วนความปลอดภัย และราคาประมาณการ จากกลุ่มข้อมูล BH-19.....	51
4.4	ตารางเปรียบเทียบราคาประมาณการในภาพรวมของโครงการในกรณีศึกษา.....	53
ข-1	ตารางแสดงปริมาณงานเสาเข็มคอนกรีตอัดแรงสี่เหลี่ยมขนาด 40x40 cm. ยาว 18 m.....	81
ข-2	ตารางแสดงปริมาณงานเสาเข็มคอนกรีตอัดแรงสี่เหลี่ยมขนาด 40x40 cm. ยาว 10 m.....	82
ข-3	ตารางแสดงปริมาณงานเสาเข็มคอนกรีตอัดแรงสี่เหลี่ยมขนาด 40x40 cm. ยาว 6 m.....	83
ข-4	ตารางแสดงปริมาณงานเสาเข็มคอนกรีตอัดแรง I ขนาด 26x26 cm. ยาว 19 m.....	84
ข-5	ตารางแสดงปริมาณงานเสาเข็มคอนกรีตอัดแรง I ขนาด 26x26 cm. ยาว 18 m.....	85
ข-6	ตารางแสดงปริมาณงานเสาเข็มคอนกรีตอัดแรง I ขนาด 26x26 cm. ยาว 10.50 m.....	86
ข-7	ตารางแสดงปริมาณงานเสาเข็มคอนกรีตอัดแรง I ขนาด 26x26 cm. ยาว 10 m.....	87
ข-8	ตารางแสดงปริมาณงานเสาเข็มคอนกรีตอัดแรง I ขนาด 26x26 cm. ยาว 6.50 m.....	88
ค-1	ตารางแสดงแรงที่เกิดจากน้ำหนักดินบริเวณ BH-4.....	90
ค-2	ตารางแสดงแรงที่เกิดจากน้ำหนักบรรทุก (Live Load) บริเวณ BH-4.....	91
ค-3	ตารางแสดงแรงต้านจากดินบริเวณ BH-4.....	91
ค-4	ตารางแสดงแรงต้านจากน้ำบริเวณ BH-4.....	91
ค-5	ตารางแสดงแรงที่เกิดจากน้ำหนักดินบริเวณ BH-5.....	92
ค-6	ตารางแสดงแรงที่เกิดจากน้ำหนักบรรทุก (Live Load) บริเวณ BH-5.....	92
ค-7	ตารางแสดงแรงต้านจากดินบริเวณ BH-5.....	92
ค-8	ตารางแสดงแรงต้านจากน้ำบริเวณ BH-5.....	92
ค-9	ตารางแสดงแรงที่เกิดจากน้ำหนักดินบริเวณ BH-19.....	93
ค-10	ตารางแสดงแรงที่เกิดจากน้ำหนักบรรทุก (Live Load) บริเวณ BH-19.....	93
ค-11	ตารางแสดงแรงต้านจากดินบริเวณ BH-19.....	93
ค-12	ตารางแสดงแรงต้านจากน้ำบริเวณ BH-19.....	93

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1	ภาพแสดงองค์ประกอบของมวลดิน..... 4
2.2	การวิเคราะห์ Arching Effect ในแบบจำลอง Trap Door.....11
2.3	การแบ่ง Element ในการวิจัยด้วย Finite Element..... 11
2.4	ค่า Arching Capability สำหรับ Cohesive Soils..... 12
2.5	ระยะห่างของเชิงลาดจากเสาเข็มกับดินที่ระดับความลึกต่างๆ และจำนวน เท่าของความกว้างของเสาเข็ม..... 13
3.1	แสดงภาพความสัมพันธ์ของชั้นดิน (Soil Profile)..... 23
3.2	แสดงความสามารถในการรับโมเมนต์ของเสาเข็มสี่เหลี่ยมขนาด 40x40 cm..... 24
3.3	แสดงเหล็กเสริมของเสาเข็มคอนกรีตอัดแรงชนิดหน้าตัดสี่เหลี่ยมขนาด 40x40 cm.....25
3.4	แสดงความสามารถในการรับโมเมนต์ของเสาเข็ม I ขนาด 26x26 cm..... 25
3.5	แสดงเหล็กเสริมของเสาเข็มคอนกรีตอัดแรงชนิดหน้าตัด I ขนาด 26x26 cm..... 26
3.6	แบบจำลองโครงสร้างเข็มพืดชนิดคานยื่น (Cantilever Sheet Pile) เพื่อใช้ในการวิเคราะห์เสถียรภาพของคันทาง.....27
3.7	แบบจำลองโครงสร้างเข็มพืดชนิดมีสมอยัด (Battered Sheet Pile) เพื่อใช้ในการวิเคราะห์เสถียรภาพของคันทาง..... 28
3.8	แสดงผลการวิเคราะห์เสถียรภาพของคันทางก่อนทำการปรับปรุง ด้วยข้อมูลการเจาะสำรวจดิน BH-4.....30
3.9	แสดงผลการวิเคราะห์เสถียรภาพของคันทางก่อนทำการปรับปรุง ด้วยข้อมูลการเจาะสำรวจดิน BH-5..... 30

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.10	แสดงผลการวิเคราะห์เสถียรภาพของคันท่างก่อนทำการปรับปรุง	
	ด้วยข้อมูลการเจาะสำรวจดิน BH-19.....	31
3.11	แสดงผลการวิเคราะห์เสถียรภาพของคันท่างเมื่อปรับปรุงโครงสร้างทาง	
	ด้วยวิธี Cantilever Sheet Pile จากข้อมูลการเจาะสำรวจดิน BH-4.....	32
3.12	แสดงผลการวิเคราะห์การเสีรรูปของคันท่างเมื่อปรับปรุงโครงสร้างทาง	
	ด้วยวิธี Cantilever Sheet Pile จากข้อมูลการเจาะสำรวจดิน BH-4.....	33
3.13	แสดงผลการวิเคราะห์แนวโน้มการเสีรรูปของคันท่างเมื่อปรับปรุงโครงสร้างทาง	
	ด้วยวิธี Cantilever Sheet Pile จากข้อมูลการเจาะสำรวจดิน BH-4.....	33
3.14	แสดงผลการวิเคราะห์เสถียรภาพของคันท่างเมื่อปรับปรุงโครงสร้างทาง	
	ด้วยวิธี Cantilever Sheet Pile จากข้อมูลการเจาะสำรวจดิน BH-5.....	34
3.15	แสดงผลการวิเคราะห์การเสีรรูปของคันท่างเมื่อปรับปรุงโครงสร้างทาง	
	ด้วยวิธี Cantilever Sheet Pile จากข้อมูลการเจาะสำรวจดิน BH-5.....	34
3.16	แสดงผลการวิเคราะห์แนวโน้มการเสีรรูปของคันท่างเมื่อปรับปรุงโครงสร้างทาง	
	ด้วยวิธี Cantilever Sheet Pile จากข้อมูลการเจาะสำรวจดิน BH-5.....	35
3.17	แสดงผลการวิเคราะห์เสถียรภาพของคันท่างเมื่อปรับปรุงโครงสร้างทาง	
	ด้วยวิธี Cantilever Sheet Pile จากข้อมูลการเจาะสำรวจดิน BH-19.....	35
3.18	แสดงผลการวิเคราะห์การเสีรรูปของคันท่างเมื่อปรับปรุงโครงสร้างทาง	
	ด้วยวิธี Cantilever Sheet Pile จากข้อมูลการเจาะสำรวจดิน BH-19.....	36
3.19	แสดงผลการวิเคราะห์แนวโน้มการเสีรรูปของคันท่างเมื่อปรับปรุงโครงสร้างทาง	
	ด้วยวิธี Cantilever Sheet Pile จากข้อมูลการเจาะสำรวจดิน BH-19.....	36
3.20	แสดงผลการวิเคราะห์เสถียรภาพของคันท่างเมื่อปรับปรุงโครงสร้างทาง	
	ด้วยวิธี Battered Sheet Pile จากข้อมูลการเจาะสำรวจดิน BH-4.....	38

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.21	แสดงผลการวิเคราะห์การเสีรूपของคันทางเมื่อปรับปรุงโครงสร้างทาง ด้วยวิธี Battered Sheet Pile จากข้อมูลการเจาะสำรวจดิน BH-4.....	38
3.22	แสดงผลการวิเคราะห์แนวโน้มการเสีรूपของคันทางเมื่อปรับปรุงโครงสร้างทาง ด้วยวิธี Battered Sheet Pile จากข้อมูลการเจาะสำรวจดิน BH-4.....	39
3.23	แสดงผลการวิเคราะห์เสถียรภาพของคันทางเมื่อปรับปรุงโครงสร้างทาง ด้วยวิธี Battered Sheet Pile จากข้อมูลการเจาะสำรวจดิน BH-5.....	39
3.24	แสดงผลการวิเคราะห์การเสีรूपของคันทางเมื่อปรับปรุงโครงสร้างทาง ด้วยวิธี Battered Sheet Pile จากข้อมูลการเจาะสำรวจดิน BH-5.....	40
3.25	แสดงผลการวิเคราะห์แนวโน้มการเสีรूपของคันทางเมื่อปรับปรุงโครงสร้างทาง ด้วยวิธี Battered Sheet Pile จากข้อมูลการเจาะสำรวจดิน BH-5.....	40
3.26	แสดงผลการวิเคราะห์เสถียรภาพของคันทางเมื่อปรับปรุงโครงสร้างทาง ด้วยวิธี Battered Sheet Pile จากข้อมูลการเจาะสำรวจดิน BH-19.....	41
3.27	แสดงผลการวิเคราะห์การเสีรूपของคันทางเมื่อปรับปรุงโครงสร้างทาง ด้วยวิธี Battered Sheet Pile จากข้อมูลการเจาะสำรวจดิน BH-19.....	41
3.28	แสดงผลการวิเคราะห์แนวโน้มการเสีรूपของคันทางเมื่อปรับปรุงโครงสร้างทาง ด้วยวิธี Battered Sheet Pile จากข้อมูลการเจาะสำรวจดิน BH-19.....	42
ก-1	ผลการเจาะสำรวจสภาพชั้นดินโดย วิธี Boring Log และ Field Vane Shear (BH-1) Station 14+500 LT.....	59
ก-2	ผลการเจาะสำรวจสภาพชั้นดินโดย วิธี Boring Log และ Field Vane Shear (BH-2) Station 15+100 LT.....	60
ก-3	ผลการเจาะสำรวจสภาพชั้นดินโดย วิธี Boring Log และ Field Vane Shear (BH-3) Station 16+000 LT.....	61

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ก-4	ผลการเจาะสำรวจสภาพชั้นดินโดย วิธี Boring Log และ Field Vane Shear (BH-4) Station 17+000 LT.....	62
ก-5	ผลการเจาะสำรวจสภาพชั้นดินโดย วิธี Boring Log และ Field Vane Shear (BH-5) Station 18+000 LT.....	63
ก-6	ผลการเจาะสำรวจสภาพชั้นดินโดย วิธี Boring Log และ Field Vane Shear (BH-6) Station 19+000 LT.....	64
ก-7	ผลการเจาะสำรวจสภาพชั้นดินโดย วิธี Boring Log และ Field Vane Shear (BH-7) Station 20+000 LT.....	65
ก-8	ผลการเจาะสำรวจสภาพชั้นดินโดย วิธี Boring Log และ Field Vane Shear (BH-8) Station 21+000 LT.....	66
ก-9	ผลการเจาะสำรวจสภาพชั้นดินโดย วิธี Boring Log และ Field Vane Shear (BH-9) Station 22+000 LT.....	67
ก-10	ผลการเจาะสำรวจสภาพชั้นดินโดย วิธี Boring Log และ Field Vane Shear (BH-10) Station 23+000 LT.....	68
ก-11	ผลการเจาะสำรวจสภาพชั้นดินโดย วิธี Boring Log และ Field Vane Shear (BH-11) Station 24+000 LT.....	69
ก-12	ผลการเจาะสำรวจสภาพชั้นดินโดย วิธี Boring Log และ Field Vane Shear (BH-12) Station 25+000 LT.....	70
ก-13	ผลการเจาะสำรวจสภาพชั้นดินโดย วิธี Boring Log และ Field Vane Shear (BH-13) Station 26+000 LT.....	71
ก-14	ผลการเจาะสำรวจสภาพชั้นดินโดย วิธี Boring Log และ Field Vane Shear (BH-14) Station 27+000 LT.....	72

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ก-15 ผลการเจาะสำรวจสภาพชั้นดินโดย วิธี Boring Log และ Field Vane Shear	
(BH-15) Station 27+200 LT (ส่วนแรก).....	73
ก-16 ผลการเจาะสำรวจสภาพชั้นดินโดย วิธี Boring Log และ Field Vane Shear	
(BH-15) Station 27+200 LT (ส่วนหลัง).....	74
ก-17 ผลการเจาะสำรวจสภาพชั้นดินโดย วิธี Boring Log และ Field Vane Shear	
(BH-16) Station 28+000 LT.....	75
ก-18 ผลการเจาะสำรวจสภาพชั้นดินโดย วิธี Boring Log และ Field Vane Shear	
(BH-17) Station 29+000 LT.....	76
ก-19 ผลการเจาะสำรวจสภาพชั้นดินโดย วิธี Boring Log และ Field Vane Shear	
(BH-18) Station 30+000 LT.....	77
ก-20 ผลการเจาะสำรวจสภาพชั้นดินโดย วิธี Boring Log และ Field Vane Shear	
(BH-19) Station 31+000 LT.....	78
ก-21 ผลการเจาะสำรวจสภาพชั้นดินโดย วิธี Boring Log และ Field Vane Shear	
(BH-20) Station 32+000 LT.....	79
ค-1 แสดงการแบ่งโซนแรงต้านและแรงกระทำ (Passive Zone and Active Zone).....	90

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมา และความสำคัญของปัญหา

จากการขยายตัวของเขตเมืองในปัจจุบัน ภาครัฐจำเป็นต้องก่อสร้างสาธารณูปโภคขั้นพื้นฐานให้สอดคล้องและรองรับกับการขยายตัวของเขตเมือง หนึ่งในปัญหาของการขยายตัวของเขตเมืองในประเทศไทยคือ ปัญหาการจราจรที่คับคั่ง ที่ผ่านมามหาวิทยาลัยของภาครัฐที่มีหน้าที่เกี่ยวข้องได้พยายามเพิ่มพื้นผิวการจราจรโดยมีการก่อสร้างทั้งทางพิเศษ ทางยกระดับ ทางลอด และอื่นๆ แต่การก่อสร้างเส้นทางใหม่ที่เกิดขึ้นต้องใช้พื้นที่มากเพื่อให้โครงการเหล่านั้นเชื่อมโยงกันเป็นโครงข่าย อีกทั้งยังส่งผลกระทบต่อประชาชนบางส่วนที่ต้องอพยพ โยกย้ายถิ่นฐานจากปัญหาการเวนคืนที่ดิน และมีค่าใช้จ่ายในการดำเนินการที่สูงมากตามมา ดังนั้นการพยายามยกระดับขีดความสามารถในการรองรับปริมาณการจราจรที่เพิ่มขึ้นของโครงข่ายถนนสายรองที่มีอยู่เดิมจึงเป็นอีกทางเลือกที่ถูกนำมาพิจารณา แต่ส่วนหนึ่งของโครงข่ายถนนสายรองเดิมเป็นลักษณะของถนนเลียบบคันคลอง จึงมักพบกับปัญหาการพังทลายของคันทางตามมา

การศึกษาค้นคว้าอิสระนี้เป็นการศึกษาการปรับปรุงถนนเลียบบคันคลองเดิมให้มีความมั่นคงแข็งแรงเพื่อรองรับการขยายตัวของเขตเมือง สามารถใช้เป็นเส้นทางสัญจรระหว่างพื้นที่ และในสถานะวิกฤติเช่น ใช้เป็นเส้นทางลำเลียงเครื่องอุปโภค บริโภค ยารักษาโรค และผู้ป่วย ได้หากเกิดปัญหาอุทกภัย ซึ่งเป็นนโยบายเร่งด่วนสืบเนื่องจากปัญหาอุทกภัยในปี 2554

จากปัญหาดังกล่าวจึงเป็นที่มาของการศึกษาค้นคว้าอิสระนี้ โดยกรณีศึกษางานก่อสร้างยกระดับคันทางเดิมของถนนเลียบบคลองระพีพัฒน์แยกตก เขตจังหวัดปทุมธานี ซึ่งเป็นการศึกษาทางเลือกชนิดของโครงสร้างเขื่อนป้องกันตลิ่งชนิดแนวตั้งเพื่อปรับปรุงเสถียรภาพของคันทางในกรณีมีการยกระดับของคันทางริมตลิ่ง

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อศึกษาทางเลือกที่เหมาะสมของโครงสร้างเขื่อนป้องกันตลิ่งชนิดแนวตั้งในการปรับปรุงเสถียรภาพของคันทางภายใต้สถานะควบคุมเดียวกัน โครงสร้างเขื่อนป้องกันตลิ่งชนิดแนวตั้งลักษณะใดที่มีความเหมาะสมสำหรับพื้นที่ที่ใช้ศึกษามากกว่ากัน โดยพิจารณามูลค่าการก่อสร้างตามหลักเกณฑ์การประมาณราคากลาง ของกรมบัญชีกลาง กระทรวงการคลัง เพื่อใช้ประกอบการตัดสินใจเลือกชนิดของโครงสร้างให้เหมาะสมตามสภาพพื้นที่ งบประมาณ และวัตถุประสงค์ของโครงการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.3 สมมติฐานของการวิจัย

การยกระดับคันทางเดิมของถนนริมคันคลอง โดยการเลือกใช้โครงสร้างเขื่อนป้องกันตลิ่งชนิดแนวตั้งเพื่อช่วยปรับปรุงเสถียรภาพของคันทาง การเลือกโครงสร้างเขื่อนชนิดมีเสาเข็มสมอ (Battered Pile) จะมีราคาต่ำกว่าก่อสร้างที่ต่ำกว่าโครงสร้างแบบ Cantilever Sheet Pile ภายใต้อาณาเขตควบคุมเดียวกัน

1.4 ขอบเขตของการวิจัย

- 1.4.1 การศึกษาข้อมูลจากผลการเจาะสำรวจชั้นดินบริเวณแนวถนนเลียบริมคันคลองระพีพัฒน์แยกตก ช่วง กม.14+300 ถึง กม.32+800 เขตจังหวัดปทุมธานี
- 1.4.2 การก่อสร้างเพื่อยกระดับของคันทางเดิมให้อยู่ที่ระดับ +4.50 (รทก) โดยสูงกว่าระดับน้ำท่วมสูงสุดของปี พ.ศ. 2554
- 1.4.3 คันทางต้องสามารถรับน้ำหนักบรรทุกได้ 20 KN/m²
- 1.4.4 Factor of Safety = 1.50
- 1.4.5 ชนิดของโครงสร้างที่ใช้เป็นโครงสร้างเขื่อนป้องกันตลิ่งชนิดแนวตั้ง
- 1.4.6 เชนลาดริมตลิ่งในสภาวะ 1:1

1.5 วิธีการศึกษา

- 1.5.1 ศึกษาข้อมูลการเจาะสำรวจชั้นดิน และหน้าตัดของดินและชั้นดิน ที่ใช้ก่อสร้างจริง
- 1.5.2 ศึกษาการวิเคราะห์แรงที่มีผลต่อเสถียรภาพของคันทางโดยโปรแกรม Plaxis
- 1.5.3 ศึกษาการประมาณราคาตามระเบียบของกรมบัญชีกลาง กระทรวงการคลัง เพื่อให้ผลที่ได้จากการประมาณราคาอยู่บนพื้นฐานหลักเกณฑ์เดียวกัน
- 1.5.4 ศึกษาโครงสร้างเขื่อนป้องกันตลิ่งชนิดแนวตั้ง ที่มีลักษณะการใช้งานเดียวกัน

1.6 นิยามศัพท์เชิงปฏิบัติการ

- 1.6.1 σ' = Effective normal stress
- 1.6.2 τ = Shear stress
- 1.6.3 e = Void ratio
- 1.6.4 n = Porosity
- 1.6.5 w = Water content
- 1.6.6 LL = Liquid limit
- 1.6.7 PL = Plastic limit
- 1.6.8 SL = Shrinkage limit

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.6.9	Pi	= Plasticity index
1.6.10	S	= Degree of saturation
1.6.11	K _o	= Coefficient of earth pressure at rest
1.6.12	i	= Hydraulic gradient
1.6.13	cri	= Critical hydraulic gradient
1.6.14	mv	= Coefficient of volume compressibility
1.6.15	q	= Load, flow rate
1.6.16	Q	= Flow volume

1.7 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการวิจัย

- 1.7.1 ใช้เป็นแนวทางเลือกในการพิจารณาหากมีการก่อสร้างโครงการลักษณะเดียวกันในอนาคต
- 1.7.2 ทำให้ทราบถึงสภาวะของแรงต้านข้างที่กระทำต่อเขื่อนป้องกันตลิ่งชนิดแนวตั้ง
- 1.7.3 ทำให้ทราบถึงหลักเกณฑ์การคำนวณราคากลางงานก่อสร้าง ตามระเบียบของกรมบัญชีกลาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

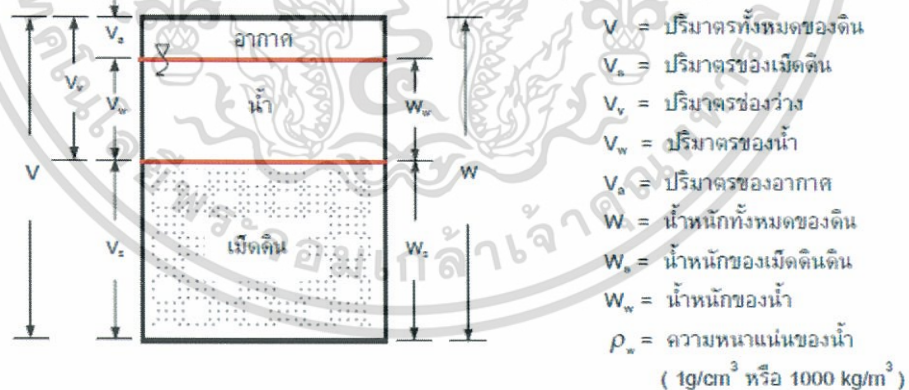
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การใช้เสาเข็มเพื่อวัตถุประสงค์ในการปรับปรุงเสถียรภาพคันทาง และให้สามารถรับน้ำหนักบรรทุกได้เพิ่มขึ้นเป็นลักษณะหนึ่งของหลักการในการปรับปรุงคุณภาพดิน ตามหลักวิศวกรรมปฐพีกลศาสตร์ กรณีศึกษานี้เลือกใช้แนวเขื่อนป้องกันตลิ่งชนิดแนวตั้ง ในการปรับปรุงคุณภาพคันทางให้สามารถรับน้ำหนักบรรทุกได้ 20 KN/m^2 และมีการยกระดับความสูงของคันทางเดิมให้สามารถป้องกันอุทกภัยที่ระดับความสูง $+4.50$ (รทก.) โดยมีรายละเอียดศึกษาที่เกี่ยวข้อง ดังนี้

2.1 ทฤษฎีพื้นฐานเชิงวิศวกรรมปฐพีกลศาสตร์ที่เกี่ยวข้อง

การสำรวจชั้นดินเป็นสิ่งจำเป็นในงานวิศวกรรมปฐพีกลศาสตร์เพื่อให้ทราบข้อมูลของชั้นดิน เพราะจากผลการเจาะสำรวจจะทำให้สามารถคาดคะเนปัญหาและกำหนดแนวทางแก้ไขไว้ล่วงหน้าได้ วิศวกรต้องเข้าใจเงื่อนไขของงานเพื่อเลือกวิธีการทดสอบที่เหมาะสม และต้องเข้าใจในผลของการทดสอบที่ได้มาด้วยว่าอยู่ในเงื่อนไขใด เมื่อนำไปแปรผลเป็นพารามิเตอร์ด้วยวิธีต่างๆ ต้องเข้าใจเงื่อนไขของวิธีนั้นๆ อย่างชัดเจน

2.1.1 องค์ประกอบต่างๆของมวลดิน



รูปที่ 2.1 ภาพแสดงองค์ประกอบของมวลดิน

2.1.2 ในการออกแบบงานวิศวกรรมฐานราก

จำเป็นต้องทำการทดสอบเพื่อหาคุณสมบัติด้านการรับน้ำหนักบรรทุกของดิน ซึ่งมีความสัมพันธ์กับกำลังความต้านทานแรงเฉือนโดยกำลังของดินคือ ความสามารถของดินในการต้านทานต่อแรงเฉือนขึ้นอยู่กับองค์ประกอบที่สำคัญ 2 ประการคือแรงเสียดทานภายในระหว่างเม็ด เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดิน และแรงยึดเหนี่ยวระหว่างเม็ดดิน สำหรับเม็ดดินชนิดที่ไม่มีความเชื่อมแน่น เช่นกรวด ทรายค่ากำลังต้านทานต่อแรงเฉือน ของดินจะขึ้นอยู่กับแรงเสียดทานภายในระหว่างเม็ดดินเป็นส่วนใหญ่ ซึ่งจะเปลี่ยนไปตามน้ำหนักที่กดกระทำ ตั้งฉากกับระนาบแรงเฉือน และสำหรับดินชนิดที่มีความเชื่อมแน่น เช่นดินเหนียวค่ากำลังต้านทานต่อแรงเฉือนของดิน จะขึ้นอยู่กับแรงยึดเหนี่ยวระหว่างเม็ดดินเป็นส่วนใหญ่ ซึ่งจะเปลี่ยนไปตามปริมาณน้ำในดิน ขนาดของเม็ดดินและความหนาแน่นของดิน [1] คุณสมบัติที่สำคัญสำหรับการวิเคราะห์เสถียรภาพของดินบริเวณที่มีดินเหนียวอ่อน คือ กำลังรับแรงเฉือนของดิน (Shear Strength) ขึ้นอยู่กับคุณสมบัติของดินสองประการ คือ แรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาคของเม็ดดิน หรือ Cohesion และแรงเสียดทานระหว่างเม็ดดิน หรือ Internal Friction โดยสามารถเขียนให้อยู่ในรูปของสมการทางคณิตศาสตร์ [2] ได้ดังนี้

กำลังรับแรงเฉือนแบบหน่วยแรงรวม (Total Stress)

$$S_U = C_U + \sigma_U \tan \phi_U \quad (2.1)$$

กำลังรับแรงเฉือนแบบหน่วยแรงประสิทธิผล (Effective Stress)

$$S = C' + \sigma' \tan \phi' \quad (2.2)$$

เมื่อ S = กำลังรับแรงเฉือนของดิน

C = ค่า Cohesion ของดิน

σ = หน่วยแรงที่กระทำตั้งฉากกับระนาบรับแรงเฉือน

ϕ = มุมแรงเสียดทานภายในมวลดิน

2.1.3 การทดสอบการตอกแบบมาตรฐาน (Standard Penetration Test หรือ SPT)

การทดสอบ SPT มีจุดประสงค์เพื่อหาค่า Consistency ของดิน Cohesive Soil และค่าความแน่นสัมพัทธ์ของดิน Cohesionless หรือ Granular Soil หรือค่า Angle of Internal Friction โดยใช้กระบอกผ่า Split Spoon Sampler ซึ่งเป็นกระบอกเหล็ก มีขนาดมาตรฐาน 1.4 ถึง 1.5 นิ้ว เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นับญาติเห็นไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(ID.) และ 2 นิ้ว (OD.) เป็นกระบอกเหล็กที่ประกอบด้วยเหล็กครึ่งวงกลม 2 แผ่นประกบกันและมีกระบอกข้อต่อหัวและท้าย สวมเกลียวเข้าด้วยกันให้คงรูปเป็นทรงกระบอก มีความยาวประมาณ 26 นิ้ว (ประมาณ 65 ซม.) ที่ปลายก้านเจาะและตอนบนของก้านเจาะติดแป้นเหล็กและก้านส่งพร้อมลูกตุ้มหนัก 140 ปอนด์ ทำความสะอาดกันหลุมเจาะ นำก้านเจาะและกระบอกผ่าลงไปในหลุมวางไว้ที่ตำแหน่งทดสอบ ยกลูกตุ้มขึ้นสูง 30 นิ้ว แล้วปล่อยกระแทกแป้นเหล็กจะส่งให้ Split Spoon Sampler จมลงไปในดิน นับจำนวนครั้งที่ตอกให้ Split Spoon Sampler จมลงในดินลึก 6 นิ้ว ทำทั้งหมด 3 ครั้งติดต่อกันจน Split Spoon Sampler จมลงในดิน 18 นิ้ว [3] ดูตารางที่ 2.1 สมมุติ Split Spoon Sampler จมลง จำนวนครั้งที่ตอก

ตารางที่ 2.1 ตารางแสดงค่าการจมของ Split Spoon Sampler

ทดสอบ	ชุดที่ 1	ชุดที่ 2	ชุดที่ 3
● จมลง	6"	6"	6"
● จำนวนครั้ง	12	16	24

ค่า SPT คือ ค่าจำนวนครั้งที่ตอกลง 12 นิ้ว โดยนำค่าของชุดที่ 2 และชุดที่ 3 มารวมกันได้ 40 ครั้ง/12" เป็นค่า SPT และนิยมเรียกเป็น N-value (บางสถาบันอาจจะใช้ค่าจากชุดทดสอบที่มีค่าต่ำมารวมกัน) จากค่า N จะหาค่า Relative Density ของดินได้ตามตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 ตารางแสดงค่า N-value

Relative Density เทียบกับ N-Value		N/ft
● Very Loose	หลวมมาก	0-4
● Loose	หลวม	5-10
● Medium	แน่นปานกลาง	11-30
● Dense	แน่น	31-50
● Very Dense	แน่นมาก	มากกว่า 50

N-value ที่ได้ในสนามต้องแก้ไข error เนื่องจากน้ำหนักดินที่กดทับอยู่ (Overburden Pressure) โดย [4]

$$N' = C_n N \quad (2.3)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อ $N' =$ ค่า N ที่แก้ไขแล้ว

$$C_n' = \sqrt{\frac{95.76}{\sigma'_0}} \quad \text{เมื่อ } \sigma'_0 = \text{Overburden Pressure, มีหน่วยเป็น KN/m}^2$$

2.1.4 การทดสอบหาค่ากำลังรับแรงเฉือนแบบไม่ระบายน้ำของดินในสนาม (Field Vane Shear Test)

วัตถุประสงค์เพื่อหาค่าแรงเฉือนของดินอ่อนในสภาพธรรมชาติปราศจากการกระทบกระเทือนต่อโครงสร้างของดิน โดยเฉพาะดินที่ไวต่อการแปรสภาพ (Sensitivity) การทดสอบประเภทนี้เครื่องมือประกอบด้วย ใบมีด 4 แฉก ทำมุม 90 องศาต่อกัน ทำด้วยโลหะไม่เป็นสนิมเรียบ มีความหนาไม่น้อยกว่า 1.6 มม. แต่ไม่เกิน 3.2 มม. ก้านใบมีดทำด้วยโลหะไม่เป็นสนิมเรียบมัน มีเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 1.25 ซม. ยาวไม่เกิน 1.00 เมตร ติดใบมีดไว้ที่ปลายก้านเจาะ ก้านเจาะควรประกอบด้วยตลับลูกปืน ระยะห่างทุก 3.00 ม. เพื่อป้องกันก้านเจาะแกว่งเวลาทดสอบ การทดสอบเริ่มจากกดใบมีดเหล็ก ฝังลงดินที่ตำแหน่งทดสอบลึกจากก้นหลุมเจาะประมาณ 30 ซม. แล้วหมุนใบมีดตัดดินขาดให้ครบรอบ อ่านค่า Torque (Kg-cm) สูงสุดที่เกิดระหว่างการหมุน สมมติได้เท่ากับ T แล้วหมุนใบพัดไปอีกซีก 10 รอบ เพื่อให้ดินถูกรบกวน [5] จึงเริ่มทำการทดสอบใหม่อีกครั้ง อ่านค่า Torque สูงสุด สมมติ T_r *(Remould Test) ค่า Undrained shear strength หาได้ดังนี้

เมื่อ $S_u =$ Undrained shear strength

$d, h =$ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางและความสูงของใบมีด ตามลำดับ

$$\beta = \frac{2}{3} \quad \text{เมื่อเป็น Uniform End Shear}$$

โดยทั่วไปแล้วอัตราส่วนของความสูงต่อเส้นผ่านศูนย์กลางของใบมีด h/d มักจะประมาณ 2 และเนื่องจากค่า S_u ในสนามมีค่าสูงเกินไป [6] จึงมีข้อเสนอแนะให้ปรับค่า Undrained Shear Strength ที่ใช้ในการออกแบบดังนี้

$$S_u (\text{design}) = \lambda S_u (\text{Vane shear test}) \quad (2.4)$$

เมื่อ $\lambda =$ ค่าปรับแก้ มีค่าเปลี่ยนตามค่า Plasticity Index ของดิน

การคาดคะเนกำลังรับน้ำหนักบรรทุกทุกของดินโดยใช้ผลของ SPT [7] ซึ่งใช้ได้เฉพาะดินที่ไม่มีแรงยึดเหนี่ยวเท่านั้น

$$q_a = 30NF \quad (2.5)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดย q_a = กำลังรับน้ำหนักบรรทุกทุกที่ย่อมให้ของดิน หน่วยเป็นกิโลปาสคาล

NF = ค่าเฉลี่ยของ N55 จากระดับของฐานรากลงไปจนถึง 0.75B

2.2 การปรับปรุงเสถียรภาพของคันทางโดยใช้เขื่อนป้องกันตลิ่งชนิดแนวตั้ง

ถนนที่ก่อสร้างอยู่บนแนวคันคลองชลประทาน หรืออยู่ริมตลิ่งของลำน้ำตามธรรมชาติมักจะเกิดปัญหาการชำรุดเสียหาย ซึ่งมีอยู่ 3 ลักษณะใหญ่ๆ คือ เกิดการทรุดตัว การขาดเสถียรภาพและการทรุดตัวรวมกับการขาดเสถียรภาพของคันทาง

โครงสร้างดินหรือคันดินรับถนนทรุดและตลิ่งริมน้ำทรุดเป็นการวิบัติของลาดดินแบบเลื่อนหมุน (Rotational slide failure) ทำให้ดินทรุดตัวและเลื่อนไถลลงไปทิศทางของคลองหรือลำน้ำสังเกตได้จากการวิบัติเกิดขึ้นในชั้นดินใต้พื้นถนน ซึ่งอาจเกิดขึ้นได้กับถนนที่ก่อสร้างขนานตามคลองหรือลำน้ำ สาเหตุหลักที่เกิดขึ้นเป็นเพราะถนนก่อสร้างบนชั้นดินอ่อน เมื่อระดับน้ำในแม่น้ำหรือลำคลองลดลงอย่างรวดเร็ว (Rapid Draw Down) จะส่งผลให้แรงดันน้ำในดินสูงขึ้น ดันให้เม็ดดินแยกจากกัน แล้วทำให้ดินสูญเสียเสถียรภาพ และเลื่อนไถลลงมา [8]

การแก้ไขป้องกันปัญหาดังกล่าว นอกจากการย้ายแนวถนนให้ออกห่างจากแนวคลอง แนวลำน้ำ หรือการปรับลดความชันของเชิงลาดริมตลิ่ง การเพิ่มเสถียรภาพของคันทางกระทำได้ยากเนื่องจากข้อจำกัดของสภาพพื้นที่แล้ว ก็ยังมีวิธีการแก้ไขอีกหลากหลายวิธี ซึ่งแต่ละวิธีการนั้นมีข้อดีข้อด้อย และความเหมาะสมสำหรับแต่ละสถานการณ์แตกต่างกันออกไปโดยเฉพาะในกรณีที่ดินดินถมไม่มีพื้นที่เพียงพอสำหรับการทำเชิงลาดริมตลิ่ง โครงสร้างที่สามารถใช้ได้กรณีความลาดชันด้านข้างเกือบจะเป็นแนวตั้งนิยมใช้กำแพงกันดินในลักษณะเขื่อนป้องกันตลิ่งชนิดแนวตั้งซึ่งมีทั้งชนิด Cantilever Wall, กำแพงกันดินในลักษณะที่มีค้ำยันเป็นระยะ (Battered Pile), หรือกำแพงกันดินในลักษณะเสาเข็มตอกเสริมด้วยแผงกัน[9]

กำแพงกันดินมีหลายรูปแบบและเหมาะสมกับสภาพการใช้งานที่แตกต่างกัน กรณีศึกษานี้จะพิจารณาเฉพาะกำแพงกันดินแบบแข็งเกร็งซึ่งสร้างจากคอนกรีต อาจเรียกว่ากำแพงกันดินในลักษณะเขื่อนป้องกันตลิ่งชนิดแนวตั้ง หรือที่เรียกกันว่า กำแพงเข็มพืด (Sheet Pile Wall) ซึ่งเป็นกำแพงชนิดยาวบางที่อาศัยเฉพาะความต้านทานของดิน (Passive Force) รวมทั้งชนิดที่มีสมอรั้งหรือค้ำยันเพื่อให้เกิดเสถียรภาพ

กำแพงเข็มพืดต้องมีความสามารถในการรับโมเมนต์ดัด ซึ่งเกิดจากแรงดันด้านข้างของดิน ดังนั้นการคำนวณกำแพงเข็มพืด การออกแบบจึงสนใจเฉพาะโมเมนต์ดัดสูงสุดที่เกิดในเข็ม โดยไม่จำเป็นต้องเขียนไดอะแกรมโมเมนต์ดัดเหมือนการออกแบบคานคอนกรีตเสริมเหล็ก[10]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กรณีศึกษานี้จะพิจารณาการปรับปรุงเสถียรภาพของคันทางโดยการใช้เขื่อนป้องกันตลิ่งชนิดแนวตั้ง เป็นโครงสร้างที่ใช้ในการรับแรงดันทางด้านข้าง ที่เกิดจากการเคลื่อนตัวของชั้นดินหากเกิดภาวะระดับน้ำในคลองลดลง การพังทลายของเชิงลาดริมตลิ่ง และผลการรับน้ำหนักบรรทุกเคลื่อนที่ในช่วงของการใช้งาน โดยเลือกใช้กำแพงกันดินในลักษณะ Cantilever Wall และกำแพงกันดินในลักษณะที่มีค้ำยันเป็นระยะ หรือ Batterd Pile

2.3 ค่าอัตราส่วนความปลอดภัยที่เหมาะสม (Factor of Safety, FS)

การออกแบบเชิงลาดและเสถียรภาพของคันทางริมตลิ่งจะต้องปล่อยน้ำเพื่อให้มีระดับน้ำอย่างน้อยที่เรียกว่า “ระดับน้ำนอนคลอง” เพื่อรักษาเสถียรภาพของลาดดิน (Slope Stability) แต่ในกรณีที่มีน้ำไม่เพียงพอตั้งเช่นหน้าแล้ง หรือมีการสูบน้ำไปใช้อย่างมาก ทำให้ระดับน้ำในแม่น้ำหรือลำคลองต่ำกว่าจุดวิกฤติ จะเกิดการวิบัติของลาดดินและเกิดการวิบัติของถนนตามมา การวิบัติลักษณะนี้จะสังเกตเห็นพื้นถนนทรุดตัวต่างระดับอย่างชัดเจน ทำให้เกิดอุบัติเหตุ ประชาชนไม่สามารถสัญจรได้

ส่วนปัจจัยอื่น ๆ ที่ช่วยเร่งให้เกิดการวิบัติของคันทางได้เร็วขึ้น เช่น เชิงลาดริมตลิ่งอาจไม่มีเสถียรภาพเพียงพอตั้งแต่แรก หรือเชิงลาดริมตลิ่งสูญเสียสภาพการออกแบบเดิม เช่น มีความชันมากขึ้นจากการขุดลอกคูคลองเพื่อระบายน้ำในสภาวะน้ำท่วม รวมทั้งการกัดเซาะของกระแสน้ำในช่วงน้ำมากทำให้เชิงลาดริมตลิ่งอ่อนแอ นอกจากนี้อีกปัจจัยที่อาจทำให้เกิดการวิบัติของคันทางคือ การปรับปรุงการก่อสร้างถนนตามแนวลำน้ำ โดยทำให้ชันทางมีความหนาเพิ่มขึ้นมาก เพื่อยกระดับถนนให้สูงขึ้นสำหรับใช้เป็นเขื่อนป้องกันน้ำท่วมไปในตัว การเพิ่มความหนาของชันทางเป็นการเพิ่มน้ำหนักบรรทุกให้แก่ชั้นดินอ่อน และทำให้ความชันของลาดดินเพิ่มขึ้น อีกทั้งน้ำหนักบรรทุกทุกสิ่งทุกอย่างที่เพิ่มขึ้นทุกปี ปัจจัยเหล่านี้ทำให้ค่าอัตราส่วนความปลอดภัยทางวิศวกรรม (Factor of Safety) ของลาดดินต่ำกว่า 1.0 และทำให้เกิดการวิบัติของดินในขั้นพื้นฐานเป็นแบบเลื่อนหมุน จากนั้นโครงสร้างทั้งหมดที่ตั้งอยู่บนคันดินจึงวิบัติตามลงมา

ค่าอัตราส่วนความปลอดภัย (Factor of Safety) ต้องมีอย่างน้อย 1.25 จึงจะถือว่าลาดดินดังกล่าวมีความปลอดภัย[8] ทั้งนี้บางตำแหน่งที่กำลังรับน้ำหนักของดินมีค่าต่ำ และมีความชันของเชิงลาดริมตลิ่งสูง อาจทำให้ค่าอัตราส่วนความปลอดภัยต่ำกว่า 1 คันทางดังกล่าวจะไม่ปลอดภัย และมีความเสี่ยงที่จะเกิดการวิบัติแบบเลื่อนหมุน

ข้อเสนอแนะของ The Naval Facilities Engineering Command (NAVFAC) ซึ่งเป็นหน่วยงานภายใต้สังกัดของกองทัพเรือสหรัฐอเมริกาซึ่งได้รับการยอมรับอย่างกว้างขวางในเรื่อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิศวกรรมปฐพีกลศาสตร์ได้ให้ข้อเสนอแนะเรื่องค่าอัตราส่วนความปลอดภัย (Factor of Safety) ของงานป้องกันการเคลื่อนหมุนควรมีไม่น้อยกว่า 1.50 [11]

2.4 การพิจารณาใช้แนวโค้งรับแรง (Arching Effect)

2.4.1. การยกเลิกแผ่นกันน้ำ

จากการวิเคราะห์ตรวจสอบความยาวของเสาเข็มกันดินเสร็จสิ้นแล้ว เจ้าของโครงการมีความจำเป็นต้องยกเลิกแผ่นกันน้ำเหนือระดับถนนเพื่อควบคุมงบประมาณของการก่อสร้าง วิศวกรผู้ออกแบบได้มีความเห็นว่า ที่ใดที่ยกเลิกแผ่นกันน้ำเหนือระดับถนน การยกเลิกแผ่นกันน้ำได้ระดับถนนเป็นสิ่งที่ทำได้ โดยการใช้ประโยชน์จาก Arching Effect ดังที่จะอธิบายต่อไป

การยกเลิกแผ่นกันน้ำดังกล่าวไม่ได้เปลี่ยนแปลงแรงดันที่เกิดขึ้นต่อเสาเข็มกันดิน และการกันดินเชิงลาด เพราะ Arching Effect ใช้ตัวเสาเข็มรับแรงดันอย่างเต็มที่ ถึงแม้ว่าจะมีระยะห่างระหว่างเสาเข็มก็ตาม ด้วยเหตุนี้ ผลการวิเคราะห์ตรวจสอบความยาวของเสาเข็มกันดินจึงยังคงเป็นเช่นเดิม ไม่ได้มีการเปลี่ยนแปลงแต่อย่างใด

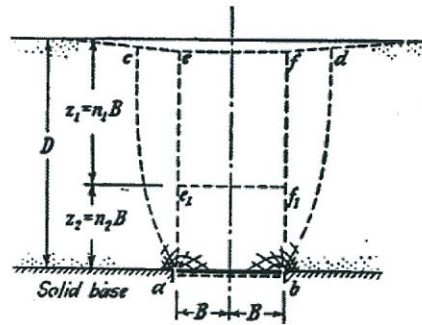
2.4.2 Arching Effect

2.4.2.1 การเกิด Arching Effect

Arching เป็นปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นทั่วไปในดินทั้งในสนามและในห้องปฏิบัติการ [12] แต่ถึงแม้ว่า Arching Effect จะเกิดขึ้นในปัญหาวิศวกรรมปฐพีจำนวนมาก แต่ก็ไม่ได้รับการสนใจเท่าที่ควร [13]

Arching เกิดขึ้นเมื่อส่วนหนึ่งของค้ำยันมวลดินเกิดการให้ตัว (Yield) ในขณะที่ส่วนอื่นยังคงอยู่กับที่ เมื่อนั้น ดินที่อยู่ติดกับส่วนที่ Yield จะเคลื่อนตัวออกจากตำแหน่งเดิม การเคลื่อนตัวโดยสัมพัทธ์นี้จะถ่ายโอนแรงดันจากมวลดินที่ Yield ไปยังมวลดินที่ยังอยู่กับที่ ปรากฏการณ์นี้เรียกว่า Arching Effect [12] ดังแสดงจำลองในภาพ “Terzaghi’s Trap Door” อันเลื่องชื่อ (รูปที่ 2.2) ซึ่งดินไม่สามารถไหลทะลักผ่านประตูกับดักได้ ตามการวิเคราะห์จำลองนี้ Arching Effect เกิดขึ้นโดยไม่เกี่ยวข้องกับมวลดินที่อยู่ด้านนอกของประตู

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

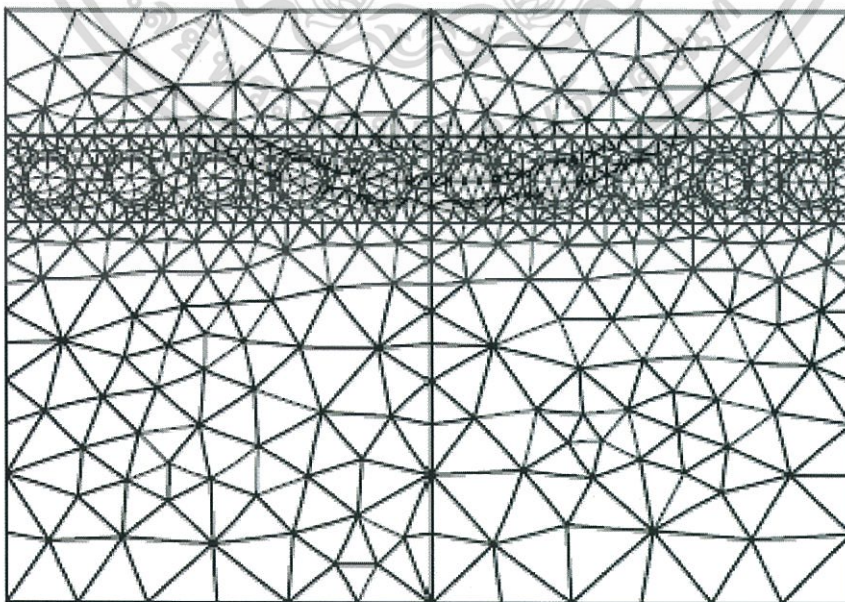


รูปที่ 2.2 การวิเคราะห์ Arching Effect ในแบบจำลอง Trap Door [12]

2.4.2.2 งานวิจัยผลของ Arching Effect ที่มีต่อการเคลื่อนตัวของดินผ่านเสาแถวเว้นระยะ(Soldier Pile)

นายประสพ แสงภู ได้ทำการวิจัยพฤติกรรมการเคลื่อนตัวของดินผ่านเสาเข็มเว้นระยะ (Soldier Pile) ภายใต้ Arching Effect ด้วยการทดสอบแบบจำลองในห้องปฏิบัติการและวิเคราะห์ด้วย Finite Element Method [14] โดยที่เสาเข็มอยู่ห่างจากขอบกรอบ (Boundary) การวิจัยทางด้านตรงกันข้ามกับด้านรับแรงประมาณ $4D$ (D = ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของเสาเข็ม) (รูปที่ 2.3) ซึ่งสรุปได้ว่า

- 1) Soldier Pile สามารถยับยั้งการเคลื่อนตัวของดินทรายและดินเหนียวที่มีค่ายึดเหนี่ยว (Cohesion) มาก
- 2) ควรเลือกใช้ค่า S/D (S = ระยะห่างระหว่างเสาเข็ม) สำหรับงานขุดไม่เกินกว่า 2
- 3) ควรเลือกใช้ค่า S/D สำหรับงานเสริมเสถียรภาพเชิงลาดไม่เกินกว่า 4



รูปที่ 2.3 การแบ่ง Element ในการวิจัยด้วย finite Element [14]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นับญาติให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.3 คู่มือ (Manual) การออกแบบและก่อสร้าง Soldier Pile โดยอาศัย Arching Effect

ผลงานการวิจัยทางวิชาการต่างๆ ได้นำมาประมวลเป็นคู่มือ (Manual) ในทางปฏิบัติ ออกแบบก่อสร้าง โดย Department of Transportation, State of California [15] ซึ่งกำหนดให้ Effective Width ของเสาเข็มแถวระยะ (Soldier Pile) มีค่าเพิ่มมากขึ้นด้วยค่า “Passive Arching Capability” ดังแสดงในรูปที่ 2.4 นั่นคือเมื่อคุณความกว้างของเสาเข็มด้วย Arching Capability จะได้ค่า Effective Pile Width ที่สามารถรับแรงดันดินได้อย่างเต็มที่

เมื่อดินขยายตัว (Expand) ในขณะที่ดันโครงสร้างด้านดิน (Retaining Structure) จะเกิด Active Earth Pressure ครั้นเมื่อ Structure ดันดิน ดินจะหดตัว (Contract) และเกิด Passive Earth Resistance เมื่อเสาเข็มแถว (Sheet Pile) ตั้งอยู่เหนือ Dredge Line หรือก้นคลอง แบบ Free Standing โดยไม่มีมวลดินอยู่ด้านหน้า Sheet Pile นั้นจะถูกกระทำโดย Active Earth Pressure แต่เพียงอย่างเดียว ส่วนเมื่อเสาเข็มอยู่ใต้ Dredge Line และถูกล้อมรอบด้วยดิน เสาเข็มจะทั้งถูกกระทำโดย Active Earth Pressure และรับการต้านทานโดย Passive Earth Pressure ในขณะเดียวกัน

ในกรณีที่ด้านหน้าเสาเข็ม Sheet Pile หรือ Soldier Pile มี Side Slope เสาเข็มจะทั้งถูกกระทำโดย Active Earth Pressure และรับการต้านทานโดย Passive Earth Pressure ในขณะเดียวกัน เช่นเดียวกับกรณีเสาเข็มถูกล้อมรอบด้วยดิน ถ้าหาก Passive Resistance สามารถ Develop ได้อย่างเต็มที่ การเพิ่มขึ้นของ Effective Width ย่อมจะเต็มที่เหมือนกับในกรณีเมื่อเสาเข็มอยู่ใต้ Dredge Line ที่ไม่มี Slope

CONSISTENCY	VERY SOFT	SOFT	MEDIUM	STIFF	VERY STIFF	HARD
q_u = unconfined comp. strength (PSF)	500	1000	2000	4000	8000	
Standard Penetration Resistance, N = Blows/Ft	2	4	8	16	32	
Unit Weight (PCF) Saturated	100-120		110-130	120-140		130+
Arching Capability	1 to 2	1 to 2	2	2	2	

รูปที่ 2.4 ค่า Arching Capability สำหรับ Cohesive Soils [15]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

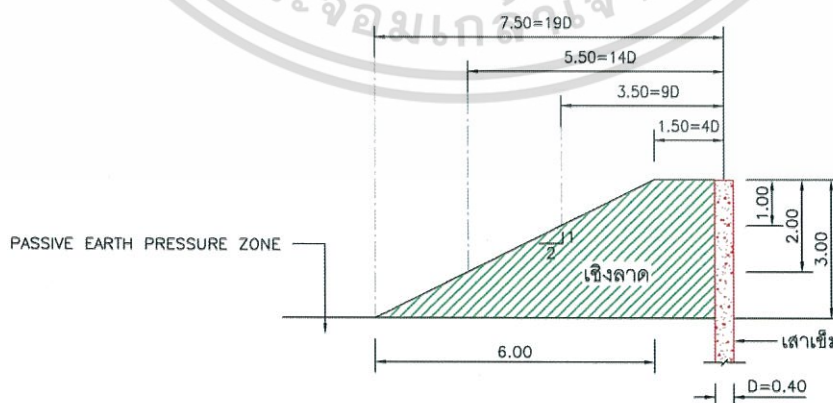
2.4.4 การวิเคราะห์ที่ใช้ Arching Effect ในงานโครงการ เพื่อยกเลิกแผ่นกันน้ำ

2.4.4.1 ประเภทของดินเชิงลาด

ตามรูปที่ 2.4 แสดงว่า Effective Free Standing Height ซึ่งต้องกันมวลดินไม่ให้เคลื่อนตัวออกพ้น Soldier Pile นั้นมีความสูง 2 – 3 ม. ภายในระยะนี้ เห็นได้จากรูปที่ 2.2 ว่ามีวัสดุโครงสร้างทาง (Pavement Material) หนาประมาณ 1.0 ม. ถัดมาข้างใต้ส่วนใหญ่เป็นดิน Stiff Clay (CH-Cl) มีที่เป็น Medium Clay อยู่บ้าง ดังนั้น ภายในระยะ Free Standing Height นี้ ดินที่เชิงลาดจึงจัดได้เป็นดินเหนียว (Cohesive Soil) ที่มีความเหนียวสูง เข้าตามลักษณะดินที่สามารถยับยั้งการเคลื่อนตัวผ่าน Soldier Pile ได้ ตามงานวิจัยของคุณประเสริฐศิริ แสงภู (หัวข้อที่ 2.4.2.2) และจัดเป็นดิน Cohesive Soil ประเภท Medium to Hard ซึ่งมีค่า Arching Capability เท่ากับ 2.0 ตามคู่มือการออกแบบก่อสร้างของ Department of Transportation, State of California (หัวข้อที่ 2.4.3)

2.4.4.2 ความสามารถในการ Develop Passive Arching Capability ของดินเชิงลาด

งานวิจัยของคุณประเสริฐศิริ แสงภู (หัวข้อที่ 2.4.2.2) ที่แสดงว่า Soldier Pile สามารถยับยั้งการเคลื่อนตัวของดินทรายและดินเหนียวที่มีค่ายึดเหนี่ยว (Cohesion) มากนั้น เสาเข็มอยู่ห่างจากขอบกรอบ (Boundary) การวิจัยทางด้านตรงกันข้ามกับด้านรับแรงประมาณ 4 D (D = ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของเสาเข็ม) จากรูปที่ 2.5 เห็นได้ว่า ที่ระดับบนสุดเสาเข็มอยู่ห่างจากเชิงลาดประมาณ 4 D และเพิ่มขึ้นเป็นลำดับเป็น 9 D, 14 D และ 19 D ภายในระยะ Effective Free Starting Height 3.0 ม. เมื่อเชิงลาดมีความลาดชัน 1 : 2 (แนวดิ่ง : แนวนอน) เพราะฉะนั้น ภายในเชิงลาดตามที่วิเคราะห์ Passive Arching Capability จึงสามารถ Develop จนถึงระดับที่สามารถยับยั้งการเคลื่อนตัวของมวลดินผ่าน Soldier Pile ได้



รูปที่ 2.5 ระยะห่างของเชิงลาดจากเสาเข็มกันดินที่ระดับความลึกต่างๆ และจำนวนเท่าของความ

กว้างของเสาเข็ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาก็เท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.4.3 Effective Width และระยะห่างระหว่างเสาเข็ม

1. คู่มือการออกแบบก่อสร้างของ Department of Transportation, State of California กำหนดให้ตัวคูณ Arching Capability กับความกว้างของเสาเข็มที่ให้ค่า Effective Pile Width ที่สามารถรับแรงดันดินได้อย่างเต็มที่เท่ากับ 2.0 (รูปที่ 2.4) สำหรับดินประเภทเชิงลาดในงานโครงการ
2. งานวิจัยของคุณประสพศิริ แสงภู่งู แนะนำว่าควรเลือกใช้ค่า S/D (S = ระยะห่างระหว่างเสาเข็ม D = ความกว้างของเสาเข็ม) สำหรับงานขุดไม่เกินกว่า 2.0 และไม่เกินกว่า 4.0 สำหรับงานเสริมเสถียรภาพเชิงลาด
3. ในงานโครงการนี้ ตามแบบก่อสร้างเสาเข็ม Soldier Pile อยู่ห่างกัน 1.00 ม. ในกรณีที่เสาเข็มมีขนาด 0.4 x 0.4 ม. จึงเท่ากับว่าใช้ค่า Effective Width 2.5 ซึ่งสูงกว่าตามที่แนะนำในคู่มือของ Department of Transportation, State of California เล็กน้อย
4. เมื่อคิดเป็นค่า S/D แล้วมีค่า 2.5 ซึ่งต่ำกว่าค่าที่แนะนำโดยคุณประสพศิริ แสงภู่งู มาก เมื่อพิจารณาว่าเสาเข็มกันดินในงานโครงการนี้ มีจุดประสงค์ในการใช้งานเสริมเสถียรภาพของเชิงลาด

2.5 เสถียรภาพของเชิงลาดริมตลิ่งจากการลดลงของระดับน้ำอย่างรวดเร็ว (Rapid Drawdown)

เสถียรภาพหลังสิ้นสุดการก่อสร้างและเสถียรภาพที่ระยะเวลาอนันต์ ความดันน้ำจะมีค่าลดลงอย่างมากหลังสิ้นสุดการก่อสร้าง ซึ่งมีค่ามากหรือน้อยขึ้นอยู่กับชนิดของดิน ขณะที่ขุดน้ำจะไหลไปตามไหลของทางลาดและเกิดการลดลงของระดับน้ำ (Drawdown) หลังสิ้นสุดการขุดทันที ดินจะอยู่ในสภาพไม่ระบายน้ำและการวิเคราะห์เสถียรภาพที่สภาวะนี้สามารถทำได้โดยการวิเคราะห์ แบบความเค้นรวม (Total stress analysis)

การวิเคราะห์แบบความเค้นประสิทธิผล (Effective stress analysis) ต้องทราบค่าความดันน้ำ ซึ่งมีค่าเท่ากับ $(u_0 + \Delta u)$ ดังนั้นวิธีการวิเคราะห์แบบความเค้นรวมจึงเป็นที่นิยมมากกว่าเนื่องจากเป็นวิธีที่ง่ายกว่า ไม่จำเป็นต้องทราบค่าความดันน้ำส่วนเกิน [16] กรณีการวิเคราะห์ที่เลือกใช้แบบจำลองกำลังรับแรงเฉือนของดินในกรณีต่างๆ การก่อสร้างรวดเร็ว ดินระบายน้ำได้ช้า จึงเกิด Δu ไม่มีการติดตั้ง Piezometer จึงไม่ทราบ Δu ทำให้ต้องวิเคราะห์เป็น Total Stress Analysis โดยหา Undrained Shear Strength ได้จากการทดสอบ Unconfined Compression หรือการทดสอบ Field Vane Shear ในสนาม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6 ข้อมูลเชิงวิศวกรรมของชั้นดินเหนียวอ่อนกรุงเทพ และปริมณฑล

ความสำคัญของข้อมูลชั้นดิน และเหตุผลในการพัฒนาระบบฐานข้อมูลชั้นดินข้อมูลดินทางวิศวกรรมมีความสำคัญสำหรับงานก่อสร้างโครงสร้างพื้นฐาน การทราบคุณสมบัติทางวิศวกรรมของดินจะทำให้สามารถออกแบบโครงสร้างได้อย่างประหยัดและปลอดภัย ใช้ในการวางแผนและบริหารจัดการโครงสร้างพื้นฐานเบื้องต้น เพื่อไม่ให้เกิดผลเสียระยะยาวต่อโครงสร้างพื้นฐานที่จะนำไปสู่การเพิ่มขึ้นของค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษาและซ่อมแซมเป็นอย่างมาก เช่น การเลือกแนวก่อสร้างถนน โดยคำนึงถึงความสามารถในการทรุดตัวของชั้นดิน เป็นต้น

จากเอกสาร “ข้อมูลสภาพดินบริเวณลุ่มแม่น้ำเจ้าพระยาตอนล่าง ” ซึ่ง วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์ (ว.ส.ท.) [17] ได้ทำการรวบรวมข้อมูลดังกล่าวและจัดพิมพ์เผยแพร่สู่สาธารณะ เป็นข้อมูลที่รวบรวมและอ้างอิง ใช้เป็นข้อมูลเบื้องต้นเท่านั้นหากแต่ในการปฏิบัติงานจริงจำเป็นต้องมีการเจาะสำรวจสภาพชั้นดินในพื้นที่ก่อสร้างโดยให้มีเพียงพอต่อการคำนวณใช้งานจริง ข้อมูลสภาพดินที่ ว.ส.ท. ได้ทำการรวบรวมนั้น ส่วนใหญ่เป็นข้อมูลที่ได้มาจากเขตชุมชนบางชุมชนของจังหวัดซึ่งมีตั้งแต่ 17 หลุมเจาะสำรวจ จนถึง 86 หลุมเจาะสำรวจ โดยเป็นการนำเสนอลักษณะโครงสร้างชั้นดินที่เป็นพื้นฐานทั่ว ๆ ไปของจังหวัดความละเอียดถูกต้องของข้อมูลอาจจะคาดเคลื่อนจากสภาพแท้จริงของแต่ละแห่งได้ การศึกษานี้สรุปข้อมูลเฉพาะจังหวัดที่ทำการศึกษาเพื่อเป็นข้อมูลเบื้องต้นเท่านั้น

จังหวัดปทุมธานี ลักษณะโดยทั่วไปของชั้นดินในบริเวณนี้ประกอบด้วยชั้น Very Soft to Medium Clay มีความหนาประมาณ 10-14 เมตร ถัดลงมาจะเป็นชั้น Medium to Very Stiff Clay และ Very Stiff to Hard Clay หนามากกว่า 18 เมตร ในชั้นนี้จะพบชั้น Medium และ Dense to Very Dense Sand แทรกอยู่ที่ระดับความลึกต่าง ๆ มีความหนา 1-12 เมตร

ตารางที่ 2.3 คุณสมบัติทางวิศวกรรมของชั้นดินในจังหวัดปทุมธานี[17]

Layers	Thickness (m.)	Water Content %	Unit Weight (t/m ³)
VS to M	10-14	47-90	1.4-1.7
VS to H	>20	15-28	1.8-2.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.7 การประมาณราคาตามหลักเกณฑ์การกำหนดราคากลางงานก่อสร้างของทาง

ราชการ

การกำหนดราคากลางงานก่อสร้างของทางราชการปัจจุบัน คำนวณโดยใช้หลักเกณฑ์การคำนวณราคากลางงานก่อสร้างตามมติคณะรัฐมนตรีเมื่อวันที่ 6 กุมภาพันธ์ 2550 ซึ่งมีผลบังคับกับหน่วยงานภาครัฐทุกหน่วยงานรวมทั้งองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น มาตั้งแต่ 21 มีนาคม 2550 และมีกำหนดการทบทวนและปรับปรุงหลักเกณฑ์การคำนวณราคากลางงานก่อสร้างตามมติคณะรัฐมนตรีในรอบ 5 ปี เพื่อให้ได้หลักเกณฑ์ที่มีความสมบูรณ์ ครบถ้วน และเป็นมาตรฐานตามหลักวิชาการที่เป็นสากล สำหรับการค้นคว้าอิสระนี้จะใช้หลักเกณฑ์การคำนวณราคากลางงานก่อสร้างทาง สะพาน และท่อเหลี่ยม ซึ่งครอบคลุมในงานที่ศึกษานี้ ฉบับปัจจุบันที่ใช้เป็นฉบับที่มีการปรับปรุงโดยคณะกรรมการกำกับหลักเกณฑ์และตรวจสอบราคากลางงานก่อสร้าง ในเดือนกุมภาพันธ์ 2555 โดยสาระของการกำหนดราคากลางประกอบด้วยส่วนสำคัญ 5 ส่วน [18] ดังนี้

- 2.1.1 ส่วนของการคำนวณค่างานต้นทุน (Direct Cost)
- 2.1.2 ส่วนของค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานก่อสร้าง (Indirect Cost) เป็นส่วนของค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานก่อสร้าง ประกอบด้วย ค่าอำนวยการ ดอกเบี้ย กำไร และค่าภาษี แต่ทั้งนี้เพื่อความสะดวกในการใช้ในทางปฏิบัติ จึงได้คำนวณและจัดทำไว้ในรูปของตารางสำเร็จรูป เรียกว่า ตาราง Factor F
- 2.1.3 หลักเกณฑ์การคำนวณค่าใช้จ่ายพิเศษตามข้อกำหนดและค่าใช้จ่ายอื่นที่จำเป็นต้องมี
- 2.1.4 หลักเกณฑ์การสรุปค่าก่อสร้างเป็นราคากลางและการจัดทำรายงาน เป็นหลักเกณฑ์และวิธีการนำค่างานต้นทุน ค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานก่อสร้าง และค่าใช้จ่ายพิเศษตามข้อกำหนดฯ มาคำนวณรวมกันเป็นราคากลางงานก่อสร้าง
- 2.1.5 แนวทางและวิธีปฏิบัติเกี่ยวกับหลักเกณฑ์การคำนวณราคากลางงานก่อสร้าง เป็นข้อบังคับ แนวทาง และวิธีปฏิบัติเพื่อสนับสนุนให้มีการนำหลักเกณฑ์การคำนวณราคากลางงานก่อสร้างไปใช้ปฏิบัติได้อย่างถูกต้องและมีประสิทธิภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

ผลการศึกษา

3.1 ผลการเจาะสำรวจชั้นดิน และการกำหนดช่วงที่มีคุณสมบัติคล้ายคลึงกัน

3.1.1 รายละเอียดการศึกษา

การเจาะสำรวจชั้นดินมีวัตถุประสงค์เพื่อให้ทราบถึงสภาพพื้นผิวและการจัดเรียงตัวของชั้นดินและคุณสมบัติของดินเมื่อเทียบกับความลึกที่เจาะสำรวจ ศึกษาคุณสมบัติทางวิศวกรรมต่างๆ ของแต่ละชั้นดิน และวิเคราะห์เพื่อใช้เป็นข้อมูลประกอบการออกแบบถนนเพื่อปรับปรุงเสถียรภาพของคันทางได้ถูกต้องตามหลักวิศวกรรม

3.1.1.1 การเจาะสำรวจชั้นดิน (Boring Log)

การเจาะสำรวจดินใช้เครื่องเจาะซึ่งหัวเจาะมีขนาด 100 มิลลิเมตร และเพื่อป้องกันการพังทลายของหลุมเจาะได้ใส่ท่อกรุกกันดินพัง (Steel Casing) ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 100 มิลลิเมตร ในชั้นดินช่วงบนหรือในช่วงความลึกที่จำเป็นขณะเจาะสำรวจ สำหรับกระบวนการเจาะที่ใช้เป็นการเจาะแบบฉีดล้าง (Wash Boring)

การเก็บตัวอย่างดินทั่วไปจะเก็บทุกระยะความลึก 1.0 เมตร เพื่อให้ได้ข้อมูลที่ถูกต้องแน่นอน วิธีการในการเก็บตัวอย่าง ชั้นดินเหนียวอ่อน (Soft Clay) เก็บตัวอย่างโดยใช้กระบอกบาง โดยทำการเก็บทุกระยะความลึก 1.0 เมตร ชั้นดินเหนียวแข็ง (Stiff Clay) และ ชั้นทราย (Sand) เก็บตัวอย่างโดยใช้กระบอกผ่า โดยทำการเก็บทุกระยะความลึก 1.0 เมตร

อุปกรณ์ที่ใช้ในการเจาะสำรวจชั้นดินมีรายละเอียดดังนี้

การเก็บด้วยกระบอกบาง (Shelby Tube Sampler) ลักษณะของกระบอกบางเป็นกระบอก เหล็กขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 7.1 ซม. ยาว 65 ซม. และหนาประมาณ 1.5 มม. กดลงในชั้นดิน เหนียวที่มีค่า Consistency อยู่ในช่วง Very Soft to Stiff ด้วยระบบไฮดรอลิก ตัวอย่างดินลักษณะนี้เรียกว่า ตัวอย่างดินไม่ถูกรบกวน (Undisturbed Sample) หลังจากเก็บตัวอย่างดินได้ แล้วต้องปิดหัวท้ายกระบอกด้วยเทียนไขเพื่อป้องกันความชื้นระเหย แล้วขนย้ายไปยังห้องปฏิบัติการด้วยความระมัดระวัง และเก็บรักษาไว้ในที่ควบคุมความชื้น เพื่อทดสอบหาค่าแรงเฉือน (Shear Strength) และคุณสมบัติอื่นๆ ของดิน การเก็บตัวอย่างนี้เป็นไปตาม มาตรฐาน ASTM D 1587

การเก็บด้วยกระบอกผ่า (Split Spoon Sampler) ลักษณะกระบอกผ่าเป็นกระบอกเหล็กซึ่ง ผ่าออกเป็น 2 ซีก นำมาประกบกันไว้โดยมีเกลียวครอบหัวและท้ายกระบอก เมื่อเก็บตัวอย่างดินแล้วสามารถจะเปิดแยกเพื่อดูตัวอย่างดินได้ กระบอกผ่ามีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางภายนอก และภายในเท่ากับ 5.0 ซม. และ 3.5 ซม. ตามลำดับ และยาว 69 ซม. การเก็บตัวอย่างดินแข็งหรือทราย จะทำหลังจากทำความสะอาดกันหลุมเจาะเรียบร้อยแล้ว โดยตอกลงไปในดิน ด้วยลูกตุ้มเหล็กหนัก 63.5 กิโลกรัม ระยะยกลูกตุ้ม 76.2 ซม. ลูกตุ้มเหล็กกระแทกบนแป้นก้านนำส่ง จดบันทึกค่าการตอกทุกระยะจมลง 15 ซม. เป็นจำนวน 3 ระยะค่าการตอก 2 ระยะหลังรวมกันเรียกว่า ค่า Standard Penetration Number การทดสอบวิธีนี้เรียกว่า การตอกทดสอบ (Standard Penetration Test) การคำนวณค่า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SPT) ซึ่งสามารถนำไปวิเคราะห์หาความต้านทานของดิน (ตารางที่ 3.1 และ 3.2) โดยการทดสอบนี้เป็นไปตามมาตรฐาน ASTM D 1586

ตารางที่ 3.1 แสดงค่าความสัมพันธ์ระหว่างค่า SPT-N กับ ϕ ของทราย [19]

SPT-N Blows (Blows/300 mm)	Relative density	Angle of internal friction (ϕ), (deg.)
0 - 4	Very Loose	< 28°
4 - 10	Loose	28° - 30°
10 - 30	Medium Dense	30° - 36°
30 - 50	Dense	36° - 41°
> 50	Very Dense	> 41°

ตารางที่ 3.2 แสดงค่าความสัมพันธ์ระหว่างค่า SPT-N กับ Suc ของดินเหนียว [19]

SPT-N Blows (Blows/300 mm)	Consistency	Undrained shear strength Suc, (kN/m ²)
< 2	Very Soft	< 15
2 - 4	Soft	15 - 25
4 - 8	Medium	25 - 50
8 - 15	Stiff	50 - 100
15 - 30	Very Stiff	100 - 200
> 30	Hard	200

3.1.1.2 การทดสอบหาค่ากำลังรับแรงเฉือนของดินในสนาม (Field Vane Shear)

การทดสอบนี้กระทำกับดินที่มีลักษณะเป็นดินเหนียวอ่อนมากถึงดินเหนียวแข็งปานกลาง โดยใช้ เครื่องมือทดสอบ Field Vane Shear ในการทดสอบหาค่ากำลังรับแรงเฉือน (Shear Strength) ของดิน ตาม มาตรฐาน ASTM D 2573 และเพื่อหลีกเลี่ยงการรบกวนดิน อันเนื่องมาจากการเก็บตัวอย่าง เครื่องมือจะประกอบด้วย หัวกดที่สามารถเก็บรักษาใบมีดสี่แฉกขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 63.7 มิลลิเมตร สูง 127 มิลลิเมตร หนาประมาณ 3 มิลลิเมตร กดลงไป在地ดินพร้อมกันจนถึงระดับความลึกที่ต้องการทำการทดสอบ จากนั้นกดเฉาะใบมีดลงไปให้ต่ำกว่าที่ใส่ประมาณ 300 มิลลิเมตร และเริ่มทดสอบโดยการหมุนใบมีดด้วย อัตราเร็ว 0.1 องศาต่อวินาทีและวัดแรงบิด (Torque) ที่ทำให้ดินวิบัติ จากค่าแรงบิดที่วัดได้และขนาดของใบมีดสามารถนำมาคำนวณหาค่ากำลังรับแรงเฉือนของดินที่ระดับความลึกนั้น ๆ ได้

หลังจากที่ทดสอบจนได้ค่ากำลังรับแรงเฉือนดินแบบคงสภาพหรือ Undisturbed Shear Strength แล้วได้ทำการทดสอบต่อโดยการหมุนใบมีดอย่างรวดเร็วหลายๆ รอบ จนค่ากำลังรับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี การนำเอกสารนี้ไปใช้โดยไม่ได้รับอนุญาตถือว่าผิดกฎหมาย

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แรงเฉือนที่ได้ไม่เกิดการเปลี่ยนแปลง ค่ากำลังรับแรงเฉือนที่ได้ครั้งหลังนี้เรียกว่า ค่ากำลังรับแรงเฉือนดินแปลงสภาพ หรือ Remolded Shear Strength โดยทำการทดสอบทุกๆ ความลึก 1 เมตร จนถึงชั้นดินแข็งจึงหยุดทำการทดสอบ ค่ากำลังรับแรงเฉือนคงสภาพและแปลงสภาพของดินที่ได้จากการทดสอบ Field Vane Shear สามารถหาได้จากสมการดังต่อไปนี้

$$S_{uv}, S'_{uv} = \frac{T}{\pi D^2 \left[\frac{H}{2} + \frac{D}{6} \right]} \quad (3.1)$$

เมื่อ S_{uv} = ค่ากำลังรับแรงเฉือนดินคงสภาพ, กิโลนิวตัน/ตารางเมตร

S'_{uv} = ค่ากำลังรับแรงเฉือนดินแปลงสภาพ, กิโลนิวตัน/ตารางเมตร

T = แรงบิดที่ใช้ในการหมุนใบมีด, กิโลกรัม-เซนติเมตร

H = ความสูงของมีด, เซนติเมตร

D = เส้นผ่าศูนย์กลางของใบมีด, เซนติเมตร

ค่า Undisturbed Shear Strength และ Remolded Shear Strength ที่ได้ในแต่ละความลึกจะถูก นำไปใช้ในการคำนวณเพื่อหาค่าความไว (Sensitivity) ของดินเหนียว ตามสมการนี้

$$\text{ค่าความไว} = \frac{\text{กำลังรับแรงเฉือนดินคงสภาพ}}{\text{กำลังรับแรงเฉือนดินแปลงสภาพ}} \quad (3.2)$$

ซึ่งถ้าดินมีค่าความไวมาก หมายความว่า ดินชนิดนี้มีความไวต่อการเปลี่ยนสภาพหรือการ กระทบกระเทือน ซึ่งทำให้กำลังของดินลดลงอย่างมาก สามารถเปรียบเทียบความไวของดินได้จากตารางที่ 3.3

ตารางที่ 3.3 การจำแนกดินเหนียวตามค่าความไวสำหรับดินเหนียวอ่อนกรุงเทพฯ[17]

ความไว (Sensitivity)	จำแนกชนิดของดินเหนียว (Classification)
ประมาณ 1.0	Insensitive
1.0-2.0	Low Sensitivity
2.0-4.0	Medium Sensitivity
4.0-8.0	Sensitivity
8.0-16.0	Extra-Sensitivity
> 16.0	Quick

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.1.3 การทดสอบในห้องปฏิบัติการ

การทดสอบตัวอย่างดินในห้องปฏิบัติการประกอบด้วย การทดสอบหาคุณสมบัติทางกายภาพของดิน ซึ่งจะกระทำกับตัวอย่างดินที่เป็นตัวแทน (Representative Sample) ที่ได้จากขั้นตอนการเจาะสำรวจดิน ใน การทดสอบในห้องปฏิบัติการนี้ ใช้วิธีการทดสอบตามมาตรฐาน ASTM โดยการทดสอบต่างๆ ได้แสดงไว้ใน ตารางที่ 3.4

ตารางที่ 3.4 การทดสอบ และมาตรฐานการทดสอบ

การทดสอบ	มาตรฐานการทดสอบ
การทดสอบหาปริมาณน้ำในมวลดินตามธรรมชาติ	ASTM D 2216
การทดสอบหาขีดพิกัดแอดเตอร์เบอร์ก (ขีดเหลวและขีดพลาสติก)	ASTM D 4318
การทดสอบหาขนาดเม็ดดิน (ชนิดร่อนผ่านตะแกรง)	ASTM D 422
การทดสอบหาหน่วยน้ำหนักของมวลดิน	Weight & Dimension Measurement
การทดสอบแรงอัดแกนเดี่ยว	ASTM D 2166

1. การทดสอบหาปริมาณน้ำในมวลดินตามธรรมชาติและขีดพิกัดแอดเตอร์เบอร์ก

ปริมาณน้ำในมวลดินตามธรรมชาติและขีดพิกัดแอดเตอร์เบอร์ก เป็นคุณสมบัติขั้นพื้นฐานที่สำคัญ ของดิน คุณสมบัติดังกล่าวจะขึ้นอยู่กับตัวแปรหลายชนิด อาทิเช่น ส่วนประกอบทางเคมี ความชื้นเหลว (Consistency) กำลังของดิน (Soil Strength) ประวัติความเค้น (Stress History) และลักษณะการยุบตัวของมวลดิน เป็นต้น โดยเมื่อพิจารณาเกี่ยวกับการกระจายขนาดของเม็ดดินแล้ว ค่าขีดพิกัดแอดเตอร์เบอร์ก จะช่วยในการจำแนกดินชนิดมวลละเอียด และส่วนละเอียดของดินมวลหยาบ

2 การทดสอบหาขนาดเม็ดดิน

ขนาดของเม็ดดินมีอิทธิพลต่อคุณสมบัติทางวิศวกรรมของดิน โดยเฉพาะอย่างยิ่งในกรณีดินมวล หยาบ เม็ดดินนั้นมีขนาดแตกต่างกันนับตั้งแต่ขนาดใหญ่กว่า 300 มิลลิเมตร ไปจนถึงขนาดเล็กกว่า 0.002 มิลลิเมตร สามารถจำแนกชนิดของดินตามขนาดของเม็ดดินได้ดังแสดงไว้ใน ตารางที่ 3.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.5 ชนิด และขนาดเม็ดดิน

ชนิด	ขนาด
กรวดมนใหญ่(Boulder)	ขนาดใหญ่กว่า 300 มิลลิเมตร
กรวดมนเล็ก (Cobble)	ขนาด 75 มิลลิเมตร - 300 มิลลิเมตร
กรวด (Gravel)	ขนาด 4.75 มิลลิเมตร - 75 มิลลิเมตร
ทราย (Sand)	ขนาด 0.074 มิลลิเมตร - 4.75 มิลลิเมตร
ทรายแป้ง (Silt)	ขนาด 0.002 มิลลิเมตร - 0.074 มิลลิเมตร
ดินเหนียว (Clay)	ขนาดเล็กกว่า 0.002 มิลลิเมตร

มวลดินที่เม็ดขนาดใหญ่กว่า 0.074 มิลลิเมตร ขึ้นไป เป็นดินมวลหยาบ ซึ่งเสถียรภาพของมวลดิน ชนิดนี้จะขึ้นอยู่กับความเสียดทานของผิวเม็ดดิน เรียกดินมวลหยาบชนิดนี้ว่า ดินเสียดทาน โดยเป็นดินที่ไม่มีแรงเหนียวนำระหว่างผิวของเม็ดดิน การหาขนาดของเม็ดดินชนิดนี้ทำได้โดยการร่อนผ่านตะแกรง (Sieving) เบอร์ต่าง ๆ ซึ่งเรียงลำดับความละเอียดโดยตะแกรงละเอียดที่สุดไว้ข้างล่าง และหยาบที่สุดไว้ข้างบน

จากผลการทดสอบขีดพิกัดแอดเตอร์เบอร์กและขนาดเม็ดดิน สามารถนำไปใช้ในการจำแนกชนิดดินได้โดยการจำแนกในการศึกษาครั้งนี้อาศัยมาตรฐานของ Unified Soil Classification System (USCS) ดังตารางที่ 3.5 ซึ่งระบบการจำแนกดินนี้อาศัยปริมาณของขนาดเม็ดดินส่วนใหญ่ในการเรียกชื่อหลักของดิน (Principle Name) และอาศัยปริมาณของขนาดเม็ดดินส่วนน้อยในการเรียกชื่อประกอบ (Supplementary Name) ดังนี้

ชื่อหลัก (Gravel, Sand, Silt, Clay) : ดินขนาดใดๆที่มีปริมาณ 50 - 100% ของปริมาณดินตัวอย่างทั้งหมด

ชื่อประกอบ (Gravel, Sand, Silt, Clay) : Trace คือดินขนาดใดๆ ที่มีปริมาณน้อยกว่า 5% ของปริมาณดินตัวอย่างทั้งหมด Few คือ ดินขนาดใดๆ ที่มีปริมาณ 5 - 10% ของปริมาณดินตัวอย่างทั้งหมด Little คือ ดินขนาดใดๆ ที่มีปริมาณ 15 - 25% ของปริมาณดินตัวอย่างทั้งหมด Some คือ ดินขนาดใดๆ ที่มีปริมาณ 30 - 45% ของปริมาณดินตัวอย่างทั้งหมด

3 การทดสอบหาหน่วยน้ำหนักของมวลดินรวม

ตัวอย่างดินถูกนำไปศึกษาน้ำหนักของมวลดินรวม ซึ่งเป็นคุณสมบัติพื้นฐานของดินโดยวิธีซึ่ง น้ำหนักและวัดขนาด โดยอ้างอิงจากสมการ

$$\text{ความหนาแน่น} = \frac{\text{มวล}}{\text{ปริมาตร}} \quad (3.3)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4 การทดสอบแรงอัดแกนเดียว

การหาความต้านทานแรงเฉือนโดยวิธีทดสอบแรงอัดแกนเดียว เป็นวิธีทดสอบแรงอัด โดยไม่มีความดันที่กระทำต่อผิวมวลดินด้านข้าง (Confining Pressure) ดังนั้นความต้านทานแรงเฉือนของมวลดินจะเกิดขึ้นเนื่องจากหน่วยแรงในแกนตั้ง (Axial Stress) เท่านั้น

วิธีการทดสอบตัวอย่างดินโดยไม่มีความดันกระทำต่อผิวมวลดินด้านข้างดังกล่าว ทำให้สภาพของ ดินตัวอย่างไม่เหมือนกับสภาพความเป็นจริงตามธรรมชาติของดิน ดังนั้นผลการทดสอบความต้านทานแรงเฉือนของมวลดินจึงเป็นเพียงค่าประมาณเท่านั้น อย่างไรก็ตามวิธีทดสอบแรงอัดแกนเดียวก็นิยมใช้กันอย่างแพร่หลาย โดยเฉพาะตัวอย่างดินจำพวกดินเหนียว เพราะสามารถกระทำได้รวดเร็วและประหยัดค่าความต้านทานแรงเฉือนดินตัวอย่างจึงขึ้นอยู่กับสภาพและปริมาณน้ำในมวลดิน หน่วยแรงเหนียวหน้าของ มวลดิน (Cohesion) และค่าแรงเฉือนของดิน (Undrained Shear Strength) หาความต้านทานได้จากการทดสอบแรงอัดแกนเดียว โดยมีค่าประมาณครึ่งหนึ่งของหน่วยแรงอัดแกนเดียว (Unconfined Compressive Strength) ในดินสภาพอิ่มตัวและไม่มีน้ำไหลออกจากมวลดินขณะเฉือนดิน มุมเสียดทานภายในมวลดินจะมีค่าเท่ากับ 0 (ศูนย์) ดังนั้น

$$c = S_{uc} = \frac{q_u}{2} \quad (3.4)$$

เมื่อ c = หน่วยแรงเหนียวหน้า (Cohesion)

S_{uc} = ค่าแรงเฉือนของดินที่หาจาก Unconfined Compression Test

q_u = หน่วยแรงอัดแกนเดียว (Unconfined Compressive Strength)

หน่วยแรงเหนียวหน้าที่ได้นี้จะมีความเท่ากับค่าความต้านทานแรงเฉือนในสภาพที่ไม่มีน้ำไหลออกจากมวลดิน (Undrained Shear Strength, S_{uc}) ซึ่งมีความเหมาะสมในการนำมาใช้ในกรณีมวลดินบรรทุกน้ำหนักในช่วงระยะเวลาสั้น (Short Term) ของโครงสร้างขนาดเล็กบนชั้นดินเหนียวซึ่งจะถูกพิจารณาว่าเป็นช่วงเวลาที่ดินมีความวิกฤตมากที่สุด

สำหรับโครงการนี้ตัวอย่างดินถูกนำไปทดสอบแรงอัดแกนเดียวโดยอาศัยมาตรฐานการทดสอบ ASTM D 2166 โดยทดสอบเฉพาะกับดินเหนียวอ่อนเท่านั้น

3.1.2. ผลการศึกษา

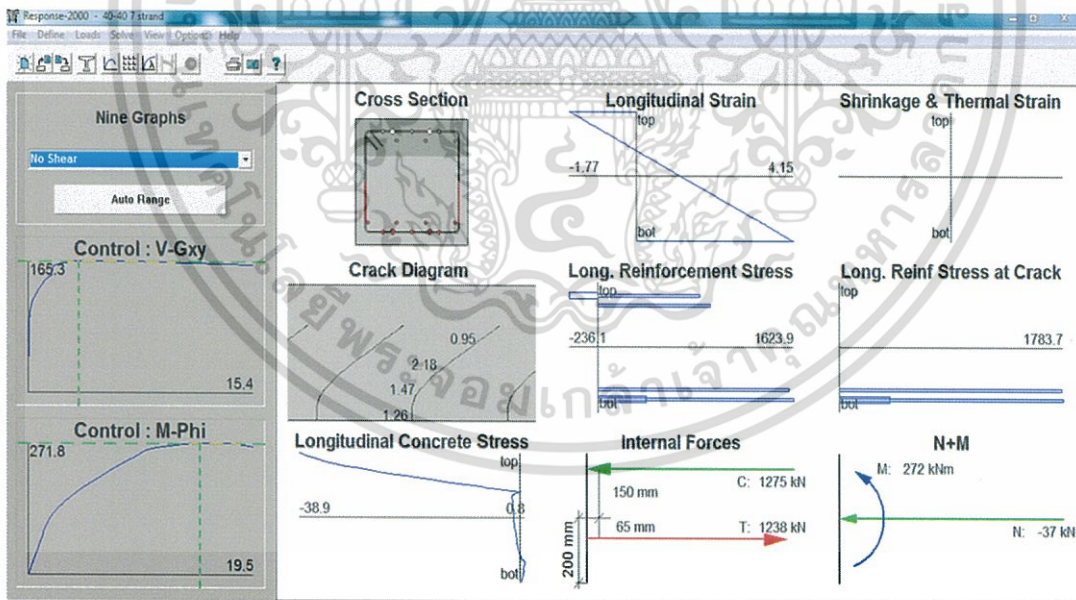
พื้นที่กรณีศึกษา ถนนเลียบบคลองระพีพัฒน์ จังหวัดปทุมธานี เริ่มจาก กิโลเมตรที่ 14+300 ถึง 32+655 มีการเจาะสำรวจสภาพชั้นดินโดยวิธี Boring Log จำนวนทั้งสิ้น 20 แห่ง และ Field Vane Shear จำนวนทั้งสิ้น 29 แห่ง โดยรายละเอียดของผลการเจาะสำรวจทั้ง 2 วิธีดังภาพประกอบในภาคผนวก ก ผลการเจาะสำรวจชั้นดินทั้ง 2 วิธี เมื่อนำผลที่ผ่านการเก็บตัวอย่างมาจัดเรียงกันตามความลึก และจัดเรียงตามตำแหน่งตลอดพื้นที่ศึกษา แสดงค่าตามรูปที่ 3.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการแปรค่าแรงภายในเสาเข็ม และการแบ่งกลุ่มตามชนิดของชั้นดินตลอดพื้นที่การเจาะสำรวจของโครงการ แสดงค่าตามตารางที่ 3.6

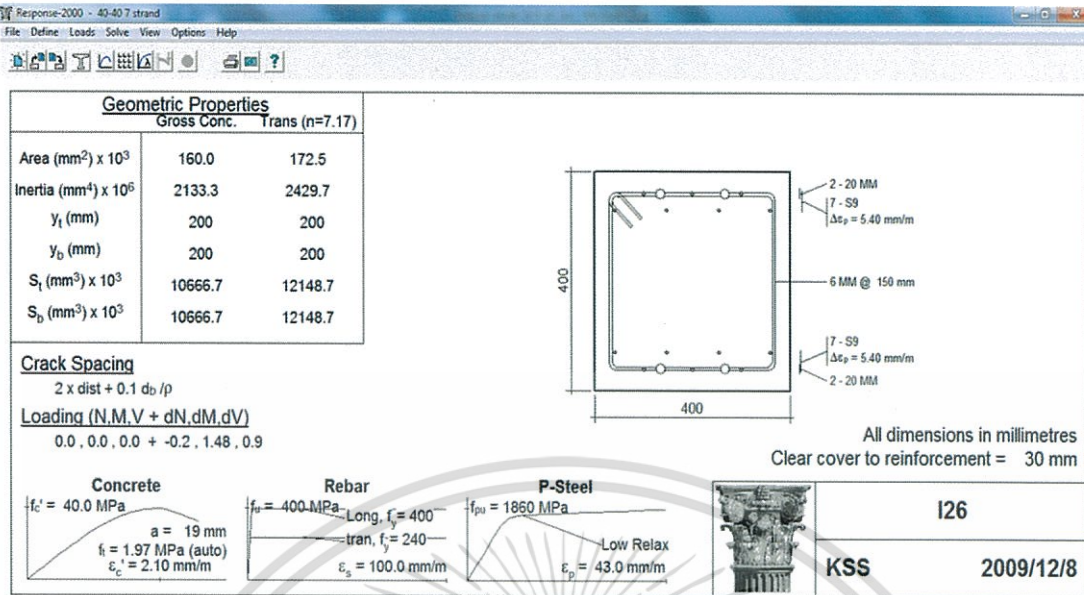
ตารางที่ 3.6 โมเมนต์ดัด และแรงเฉือนสูงสุดที่เกิดในเสาเข็ม

หลุมเจาะที่	ช่วง กิโลเมตร	Maximum Shear, Vmax (KN)	Maximum Moment, Mmax (KN.m)
BH-4	16+400-17+500	134	88
	20+900-21+400		
BH-5	14+300-16+400	101	136
	17+500-20+900		
	29+600-30+800		
BH-19	21+400-29+600	96	44
	30+800-32+655		

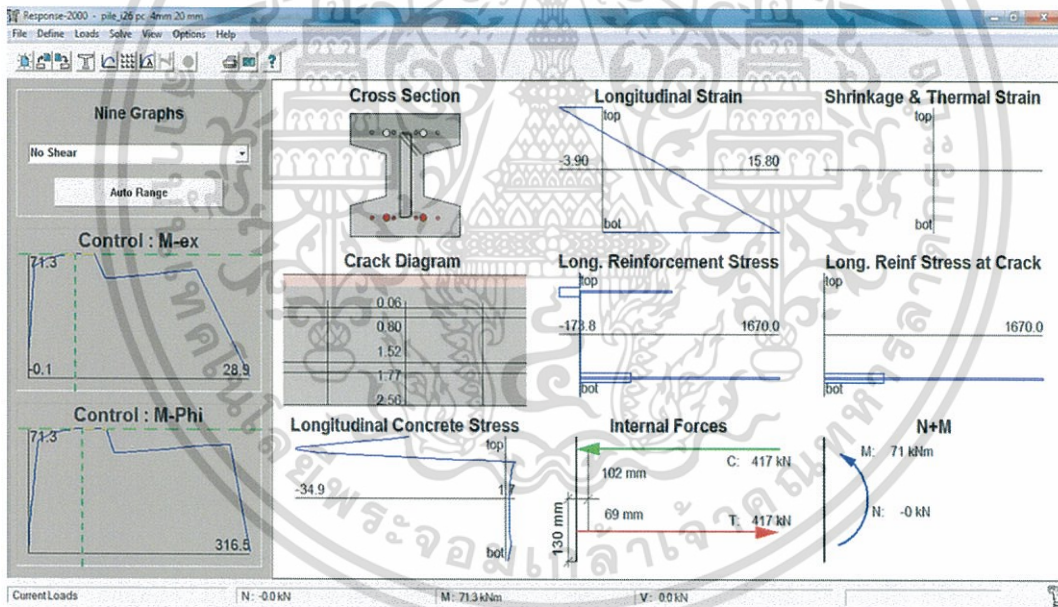


รูปที่ 3.2 แสดงความสามารถในการรับโมเมนต์ของเสาเข็มสี่เหลี่ยมขนาด 40x40 cm.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

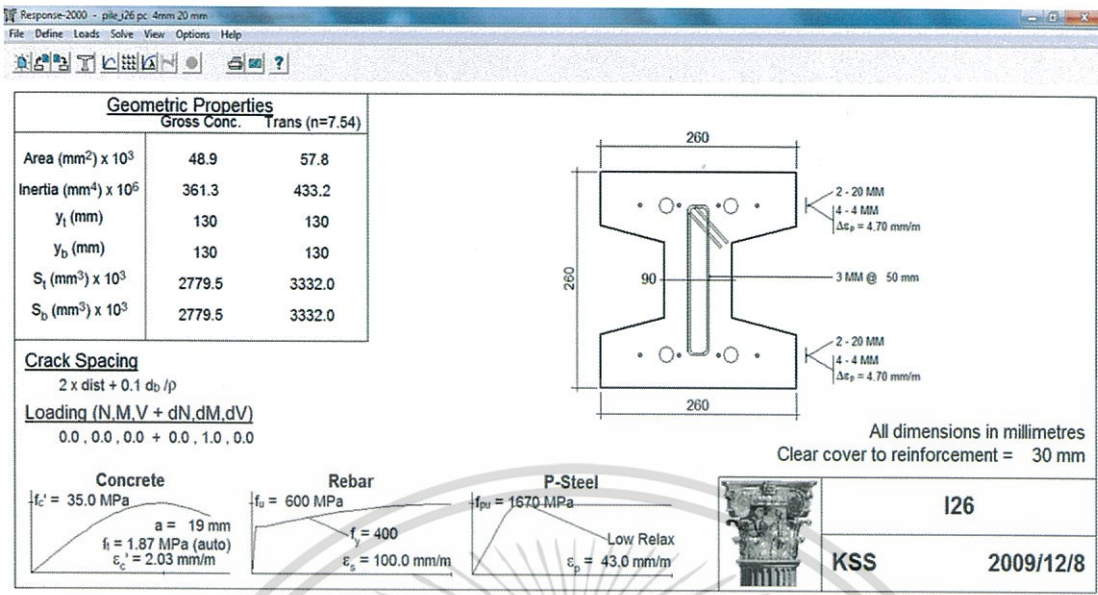


รูปที่ 3.3 แสดงเหล็กเสริมของเสาเข็มคอนกรีตอัดแรงชนิดหน้าตัดสี่เหลี่ยมขนาด 40x40 cm.



รูปที่ 3.4 แสดงความสามารถในการรับโมเมนต์ของเสาเข็ม I ขนาด 26x26 cm.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.5 แสดงเหล็กเสริมของเสาเข็มคอนกรีตอัดแรงชนิดหน้าตัด I ขนาด 26x26 cm.

3.2 การกำหนดรูปแบบเสาเข็มพืดเพื่อการวิเคราะห์เชิงวิศวกรรม

3.2.1. รายละเอียดการศึกษา

กำแพงเข็มพืดอาจทำด้วยวัสดุประเภทใดก็ได้ แต่ที่นิยมใช้กันมากมักจะทำด้วย คอนกรีต ไม้ และเหล็ก กำแพงเข็มพืดต้องมีความสามารถในการรับโมเมนต์ดัด ซึ่งเกิดจากแรงดันดินด้านข้างและทั้งนี้การคำนวณเข็มพืดจึงสนใจเฉพาะโมเมนต์ที่เกิดขึ้นสูงสุดเท่านั้นโดยไม่จำเป็นต้องเขียนแผนภูมิโมเมนต์ดัดเหมือนกับการออกแบบคาน รูปแบบที่เป็นที่นิยมและนำมาใช้ในการศึกษานี้ มี 2 รูปแบบ ได้แก่ ชนิดคานยื่น (Cantilever Sheet Pile) กับ ชนิดมีสมอยึด (Battered Sheet Pile) มีรายละเอียดที่สำคัญดังนี้

3.2.1.1 เข็มพืดชนิดคานยื่น (Cantilever Sheet Pile)

จะใช้ในกรณีที่มีความสูงหน้ากำแพงเหนือระดับขุด หรือระดับกันคลองสำหรับกรณีศึกษาครั้งนี้ ในความสูงไม่เกิน 6.00 เมตร เมื่อกำแพงถูกติดตั้งหรือก่อสร้างไปแล้ว กำแพงจะถูกผลักออกด้วยแรงดันกระทำ (Active Force) และหมุนตัวรอบจุดหมุนซึ่งอยู่ระดับกันคลอง ส่วนอีกด้านหนึ่งของกำแพงจะแรงดันต้าน (Passive Force) ที่เกิดจากแรงดันดินที่อยู่ใต้กันคลองและเชิงลาดริมตลิ่งทำหน้าที่ต้านทานแรงดันกระทำเพื่อให้เกิดสมดุล สำหรับการออกแบบในกรณีศึกษานี้กำหนดความยาวเสาเข็มที่ต้องการใช้เพื่อหาระยะฝังและโมเมนต์ดัดที่เกิดขึ้นเพื่อเลือกหน้าตัดเสาเข็มที่เหมาะสม สำหรับกรณีเสาเข็มฝังตัวในดินเหนียวจะใช้สมมติฐานว่าดินไม่ระบายน้ำ

3.2.1.2 เข็มพืดชนิดมีสมอยึด (Battered Sheet Pile)

มักนิยมใช้ในกรณีที่มีความสูงหน้ากำแพงเหนือระดับขุด หรือระดับกันคลองสำหรับกรณีศึกษาครั้งนี้ ในความสูงเกิน 6.00 เมตรแต่ไม่เกิน 20 เมตร การมีสมอยึดจะช่วยลดการโก่งงอและโมเมนต์ดัดที่เกิดขึ้นในตัวกำแพงเข็มพืด และมักจะช่วยลดระยะฝังตัวของเสาเข็มได้เมื่อเทียบกับเสาเข็มชนิดคานยื่น

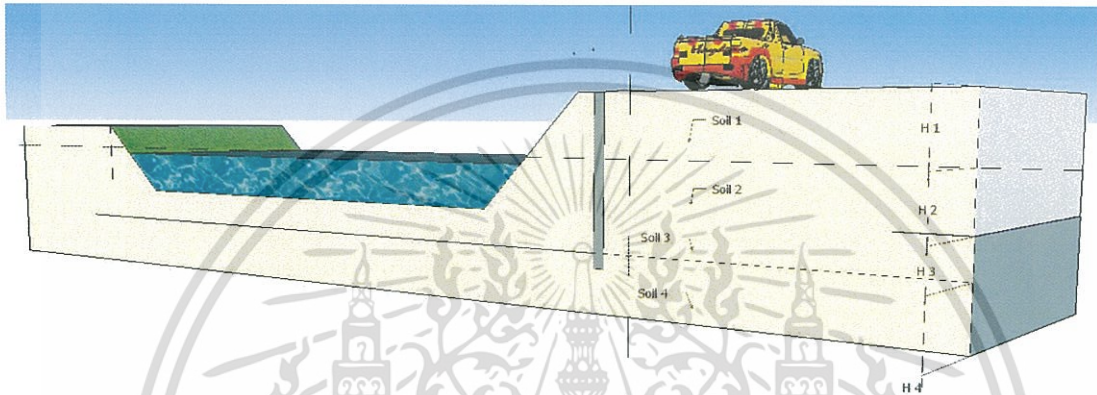
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.2 ผลการศึกษา

การกำหนดรูปแบบที่ใช้ในการศึกษา และการกำหนดคุณสมบัติของดินตามผลการเจาะสำรวจโดยจำแนกเป็น 2 ชนิดของโครงสร้าง รายละเอียดดังนี้

3.2.2.1 เข็มพืดชนิดคานยื่น (Cantilever Sheet Pile)

กำหนดรูปแบบจำลองของการศึกษาดังแสดงในรูปที่ 3.2.1 โดยคุณสมบัติดินตามตำแหน่งและการแบ่งชั้นดินเป็นไปตามตารางที่ 3.2.1 และ 3.2.2 เพื่อนำค่าในตารางและรูปแบบจำลองที่กำหนด ใช้ในประเมินเสถียรภาพของคันทางตามเงื่อนไขการศึกษา



รูปที่ 3.6 แบบจำลองโครงสร้างเข็มพืดชนิดคานยื่น (Cantilever Sheet Pile) เพื่อใช้ในการวิเคราะห์เสถียรภาพของคันทาง

ตารางที่ 3.7 ตารางแสดงคุณสมบัติของชั้นดิน

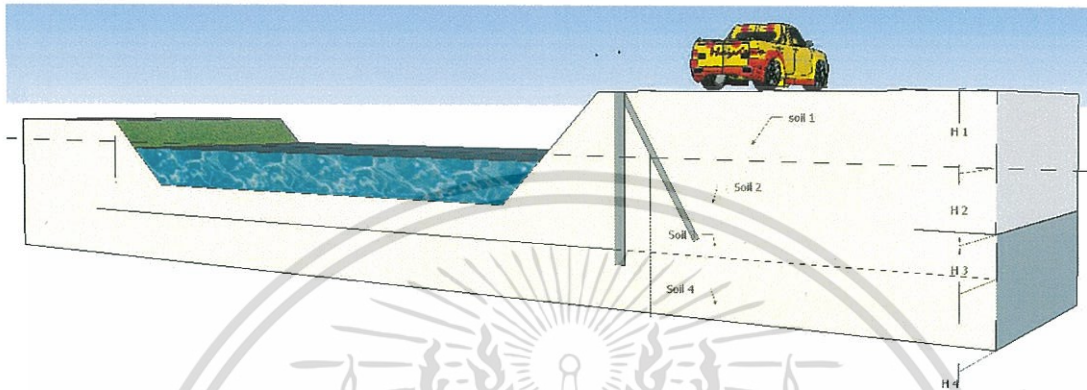
Symbol	Unit	BH 4				BH 5			BH 19	
		Soil 1	Soil 2	Soil 3	Soil 4	Soil 1	Soil 2	Soil 3	Soil 1	Soil 2
C_u	KN/m^2	35	17	30	100	27	17	100	18.5	150
γ_t	KN/m^3	19	17	15	20	16	15	20	18	20
PI	%	35	43	50	38	47	52.7	28.5	30	30
Es	KN/m^2	17,500	8,750	15,000	50,000	13,500	8,500	50,000	9,250	75,000
ν	-	0.30	0.30	0.30	N/A	0.30	N/A	N/A	0.30	N/A

ตารางที่ 3.8 ตารางความลึกแสดงขอบเขตของชั้นดิน

ระดับความลึกของชั้น	หน่วย	BH 4	BH 5	BH 19
Soil 1	เมตร	5.50	8.50	5.00
Soil 2	เมตร	11.50	14.50	
Soil 3	เมตร	16.00		
Soil 4	เมตร			

3.2.2.2 เข็มพืดชนิดมีสมอยืด (Battered Sheet Pile)

กำหนดรูปแบบจำลองของการศึกษาดังแสดงในรูปที่ 3.2.2 โดยคุณสมบัติดินตามตำแหน่งและการแบ่งชั้นดินยังคงเป็นไปตามตารางที่ 3.2.1 และ 3.2.2 เพื่อนำค่าในตารางและรูปแบบจำลองที่กำหนด ใช้ในประเมินเสถียรภาพของคันทางตามเงื่อนไขการศึกษา



รูปที่ 3.7 แบบจำลองโครงสร้างเข็มพืดชนิดมีสมอยืด (Battered Sheet Pile) เพื่อใช้ในการวิเคราะห์เสถียรภาพของคันทาง

3.3 การวิเคราะห์เสถียรภาพของคันทางโดยโปรแกรม Plaxis

3.3.1. รายละเอียดการศึกษา

การวิเคราะห์เสถียรภาพของลาดดินด้วยวิธี Limit Equilibrium Method เป็นวิธีการคำนวณตามทฤษฎี Method of Slices เช่น วิธี Bishop, วิธี Janbu ยังคงเป็นวิธีที่ใช้กันอยู่บ้างในปัจจุบัน ผลจากการวิเคราะห์ด้วยวิธี Limit Equilibrium Method จะให้ค่าสัมประสิทธิ์ความปลอดภัยของความลาดชันและแนวของการเคลื่อนพังของความลาดชันเท่านั้น ส่วนการวิเคราะห์โดยวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ (Finite Element Method) เป็นแนวทางเลือกใหม่สำหรับการวิเคราะห์เสถียรภาพของลาดดินซึ่งเสนอโดย Whitman และ Bailey ซึ่งเป็นทางเลือกใหม่สำหรับการวิเคราะห์เสถียรภาพของลาดดิน ที่ให้ผลถูกต้องครอบคลุม โดยพบว่า การพังทลายของลาดดินที่ได้จากการวิเคราะห์ด้วยวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์นั้นมีความสอดคล้องกับธรรมชาติที่เกิดพังมากกว่าวิธีวิเคราะห์แบบดั้งเดิม

การศึกษาเพื่อเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์เสถียรภาพของลาดดินระหว่างวิธีสมดุลขีดจำกัด และวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ สามารถสรุปได้ว่าการวิเคราะห์เสถียรภาพของลาดดินด้วยวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ มีแนวโน้มให้ค่าสัมประสิทธิ์ความปลอดภัยที่สมเหตุสมผลกว่าการวิเคราะห์ด้วยวิธีสมดุลขีดจำกัด [20]

โปรแกรม PLAXIS 2D เป็นโปรแกรมวิเคราะห์งานด้านธรณีเทคนิค (Geotechnical engineering) ที่เป็นที่นิยมใช้กันมากด้วยวิธี Finite Element Method แบบ 2 มิติสำหรับการวิเคราะห์การเปลี่ยนรูป (Deformation) และเสถียรภาพ ด้วยการสร้างกราฟิกโมเดลการวิเคราะห์ได้ง่ายและรวดเร็วสามารถกำหนดค่าตัวแปรของดิน (Parameters) แต่ละประเภทได้เอง สามารถวิเคราะห์แรงกระทำระหว่างตัวอาคารและดินได้ สามารถโมเดลการวิเคราะห์ขั้นสูงแบบ Non-Linear, ไม่วางกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Time Dependent and Anisotropic พฤติกรรมของดิน และหิน สามารถที่จะกำหนดแรงดันของน้ำในดิน โดยการกำหนดหรือสร้างโมเดลเป็นกราฟิกเพื่อให้การเข้าใจที่ง่ายและแสดงผลเป็นภาพกราฟฟิก

จากผลการเจาะสำรวจชั้นดินทั้ง Boring Log และ Field Vane Shear เมื่อปรับค่า Parameter ตามเกณฑ์ต่างๆ ที่กล่าวในบทที่ 2 และ บทที่ 3.1 เพื่อนำผลที่ได้มาใช้งานในโปรแกรม PLAXIS 2D

3.3.2. ผลการศึกษา

3.3.2.1 เสถียรภาพของคันทางเดิม

ก่อนทำการออกแบบโครงสร้างเพื่อใช้ในการปรับปรุงโครงสร้างทางเดิม ได้ทำการสำรวจกายภาพของคันทางเดิมเพื่อการวิเคราะห์เสถียรภาพของคันทางก่อนที่จะทำการออกแบบปรับปรุงคุณภาพโดยแสดงผลตามตำแหน่งที่ได้ทำการแบ่งกลุ่มเพื่อใช้เป็นตัวแทนในการวิเคราะห์ได้ 3 ตำแหน่ง ในการวิเคราะห์จำเป็นต้องทราบกายภาพของเชิงลาดริมตลิ่งและระดับความสูงจากท้องคลองจนถึงผิวทาง ผลการสำรวจแสดงดังตารางที่ 3.9

ตารางที่ 3.9 แสดงภาคตัดขวางของคันคลอง



รายละเอียด	สัญลักษณ์	หน่วย	ขนาด ตามตำแหน่งที่		
			BH4	BH5	BH19
ไหล่ทาง	S	เมตร	1.50	1.50	1.50
ความสูงเชิงลาดริมตลิ่ง	B	เมตร	4.00	4.50	4.00
ความกว้างเชิงลาดริมตลิ่ง	C	เมตร	4.00	4.50	4.00

เมื่อนำมิติของเชิงลาดริมตลิ่งและคันทางมาทดสอบด้วยโปรแกรม PLAXIS เพื่อทดสอบหาค่าอัตราส่วนความปลอดภัย (Factor of Safety, F.S.) ได้ค่าดังแสดงในตารางที่ 3.10

ตารางที่ 3.10 แสดงค่าอัตราส่วนความปลอดภัย ของคันทางเดิม

หลุมเจาะที่	ช่วง กิโลเมตร	ค่าอัตราส่วนความปลอดภัย Factor of Safety (F.S.)
BH-4	16+400-17+500	1.181
	20+900-21+400	
BH-5	14+300-16+400	1.155
	17+500-20+900	
	29+600-30+800	
BH-19	21+400-29+600	1.122
	30+800-32+655	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการศึกษาค้นคว้าเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Calculation information

Multipliers | Additional Info | Step Info

Step Info

Step	223 of 223	Extrapolation factor	1.000
Plastic STEP		Relative stiffness	0.000

Multipliers

	Incremental multipliers		Total multipliers	
Prescribed displacements	Mdisp:	0.000	Σ -Mdisp:	1.000
Load system A	MloadA:	0.000	Σ -MloadA:	1.000
Load system B	MloadB:	0.000	Σ -MloadB:	1.000
Soil weight	Mweight:	0.000	Σ -Mweight:	1.000
Acceleration	Maccel:	0.000	Σ -Maccel:	0.000
Strength reduction factor	Msf:	0.000	Σ -Msf:	1.181
Time	Increment:	0.000	End time:	0.000
Dynamic time	Increment:	0.000	End time:	0.000

Print OK

รูปที่ 3.8 แสดงผลการวิเคราะห์เสถียรภาพของคันทางก่อนทำการปรับปรุง ด้วยข้อมูลการเจาะสำรวจดิน BH-4

Calculation information

Multipliers | Additional Info | Step Info

Step Info

Step	214 of 214	Extrapolation factor	1.000
Plastic STEP		Relative stiffness	0.000

Multipliers

	Incremental multipliers		Total multipliers	
Prescribed displacements	Mdisp:	0.000	Σ -Mdisp:	1.000
Load system A	MloadA:	0.000	Σ -MloadA:	1.000
Load system B	MloadB:	0.000	Σ -MloadB:	1.000
Soil weight	Mweight:	0.000	Σ -Mweight:	1.000
Acceleration	Maccel:	0.000	Σ -Maccel:	0.000
Strength reduction factor	Msf:	0.000	Σ -Msf:	1.155
Time	Increment:	0.000	End time:	0.000
Dynamic time	Increment:	0.000	End time:	0.000

Print OK

รูปที่ 3.9 แสดงผลการวิเคราะห์เสถียรภาพของคันทางก่อนทำการปรับปรุง ด้วยข้อมูลการเจาะสำรวจเอกดิน BH-5 เอกสารที่ส่งมอบไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Calculation information				
Multipliers				
Step Info				
Step	213 of 318	Extrapolation factor	0.500	
Plastic STEP		Relative stiffness	0.000	
Multipliers				
	Incremental multipliers		Total multipliers	
Prescribed displacements	Mdisp:	0.000	Σ-Mdisp:	1.000
Load system A	MloadA:	0.000	Σ-MloadA:	1.000
Load system B	MloadB:	0.000	Σ-MloadB:	1.000
Soil weight	Mweight:	0.000	Σ-Mweight:	1.000
Acceleration	Maccel:	0.000	Σ-Maccel:	0.000
Strength reduction factor	Msf:	0.000	Σ-Msf:	1.122
Time	Increment:	0.000	End time:	0.000
Dynamic time	Increment:	0.000	End time:	0.000

รูปที่ 3.10 แสดงผลการวิเคราะห์เสถียรภาพของคันทางก่อนทำการปรับปรุง ด้วยข้อมูลการเจาะสำรวจดิน BH-19

3.3.2.2 เสถียรภาพของคันทางเมื่อปรับปรุงโครงสร้างทางด้วยวิธี Cantilever

Sheet Pile

ใช้เสาเข็มเหลี่ยมขนาดของหน้าตัด 40x40 มม. ระยะห่างระหว่างเสาเข็มจากจุดศูนย์กลางถึงจุดศูนย์กลาง 1.00 ม. ได้ผลจำแนกตามตำแหน่งที่ได้ทำการแบ่งกลุ่มเพื่อใช้เป็นตัวแทน ผลจากการวิเคราะห์เสถียรภาพตลอดความยาวของช่วงและอยู่ในสถานะเสมือนมีแผ่นเสียบระหว่างช่องว่างเสาเข็ม โดยอาศัย Arching Effect ดังที่กล่าวถึงในบทที่ 2 พบว่าเสถียรภาพของคันทาง (Factor of Safety) เพิ่มมากขึ้น ดังแสดงในตารางที่ 3.11

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

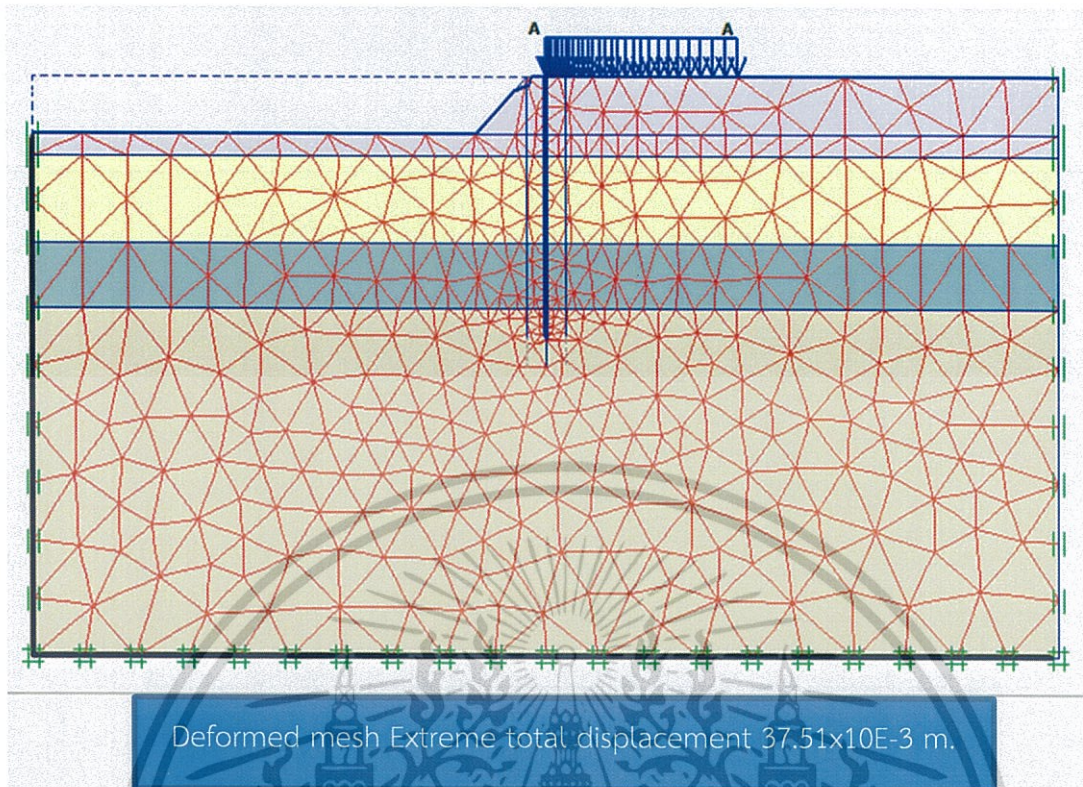
ตารางที่ 3.11 แสดงผลการวิเคราะห์เสถียรภาพของคันทางเมื่อปรับปรุงโครงสร้างทางด้วยวิธี Cantilever Sheet Pile

หลุมเจาะที่	ช่วง กิโลเมตร	ขนาดหน้าตัดเสาเข็ม (cm. x cm.)	ความยาวเข็ม (m.)	ค่าอัตราส่วนความปลอดภัย Factor of Safety (F.S.)
BH-4	16+400-17+500	40 x 40	18.00	1.504
	20+900-21+400			
BH-5	14+300-16+400	40 x 40	10.00	1.522
	17+500-20+900			
	29+600-30+800			
BH-19	21+400-29+600	40 x 40	6.00	1.509
	30+800-32+655			

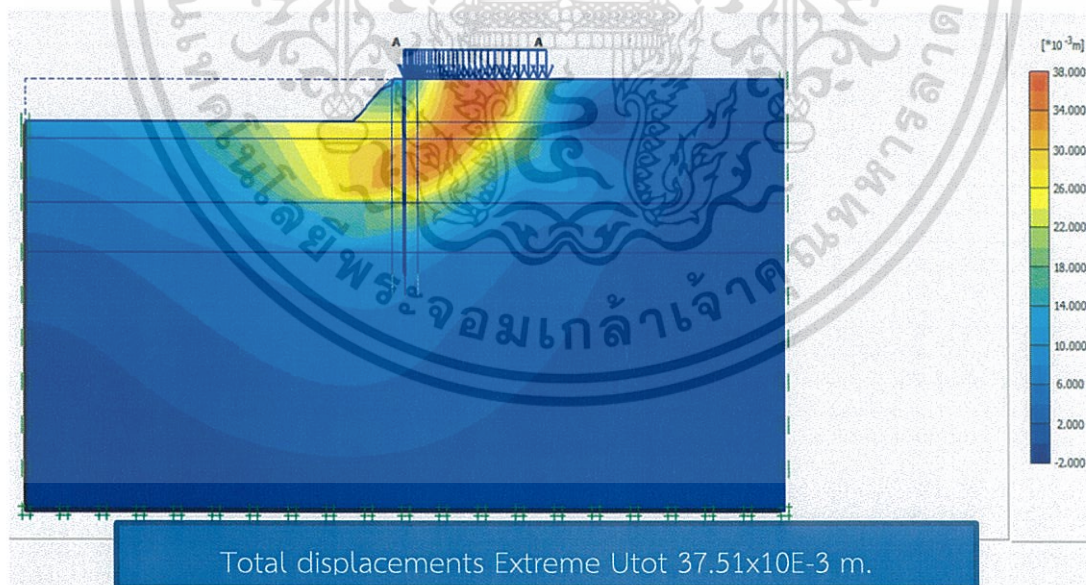
Calculation information			
Step Info		Multipliers	
Step	113 of 223	Extrapolation factor	1.000
Plastic STEP		Relative stiffness	0.000
Multipliers		Incremental multipliers	Total multipliers
Prescribed displacements	Mdisp:	0.000	Σ-Mdisp: 1.000
Load system A	MloadA:	0.000	Σ-MloadA: 1.000
Load system B	MloadB:	0.000	Σ-MloadB: 1.000
Soil weight	Mweight:	0.000	Σ-Mweight: 1.000
Acceleration	Maccel:	0.000	Σ-Maccel: 0.000
Strength reduction factor	Msf:	0.000	Σ-Msf: 1.504
Time	Increment:	0.000	End time: 0.000
Dynamic time	Increment:	0.000	End time: 0.000

รูปที่ 3.11 แสดงผลการวิเคราะห์เสถียรภาพของคันทางเมื่อปรับปรุงโครงสร้างทางด้วยวิธี Cantilever Sheet Pile จากข้อมูลการเจาะสำรวจดิน BH-4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.12 แสดงผลการวิเคราะห์การเสียรูปของคันทางเมื่อปรับปรุงโครงสร้างทางด้วยวิธี Cantilever Sheet Pile จากข้อมูลการเจาะสำรวจดิน BH-4

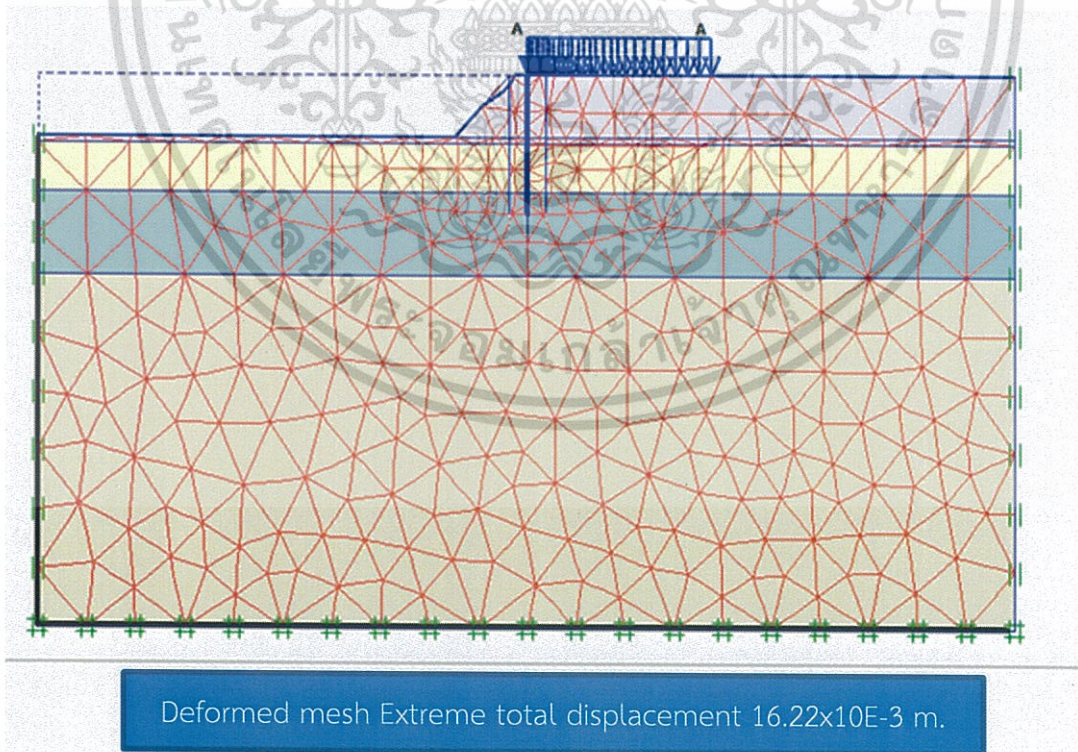


รูปที่ 3.13 แสดงผลการวิเคราะห์แนวโน้มการเสียรูปของคันทางเมื่อปรับปรุงโครงสร้างทางด้วยวิธี Cantilever Sheet Pile จากข้อมูลการเจาะสำรวจดิน BH-4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

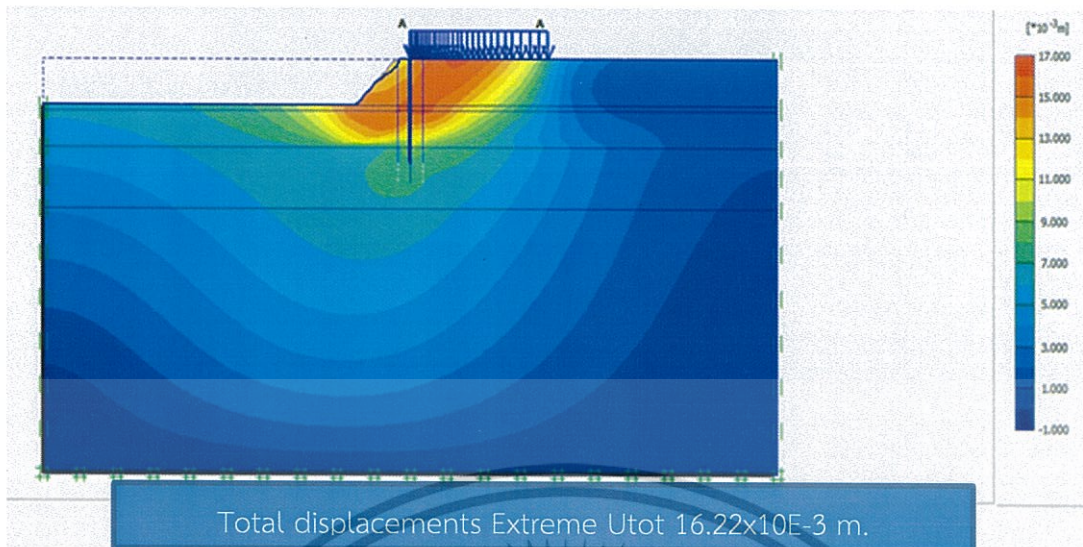
Calculation information			
Multipliers			
Step Info			
Step	109 of 214	Extrapolation factor	0.500
Plastic STEP		Relative stiffness	0.000
Multipliers			
	Incremental multipliers		Total multipliers
Prescribed displacements	Mdisp:	0.000	Σ -Mdisp: 1.000
Load system A	MloadA:	0.000	Σ -MloadA: 1.000
Load system B	MloadB:	0.000	Σ -MloadB: 1.000
Soil weight	Mweight:	0.000	Σ -Mweight: 1.000
Acceleration	Maccel:	0.000	Σ -Maccel: 0.000
Strength reduction factor	Msf:	0.000	Σ -Msf: 1.522
Time	Increment:	0.000	End time: 0.000
Dynamic time	Increment:	0.000	End time: 0.000

รูปที่ 3.14 แสดงผลการวิเคราะห์เสถียรภาพของคันทางเมื่อปรับปรุงโครงสร้างทางด้วยวิธีCantilever Sheet Pile จากข้อมูลการเจาะสำรวจดิน BH-5



รูปที่ 3.15 แสดงผลการวิเคราะห์การเสียรูปของคันทางเมื่อปรับปรุงโครงสร้างทางด้วยวิธีCantilever Sheet Pile จากข้อมูลการเจาะสำรวจดิน BH-5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

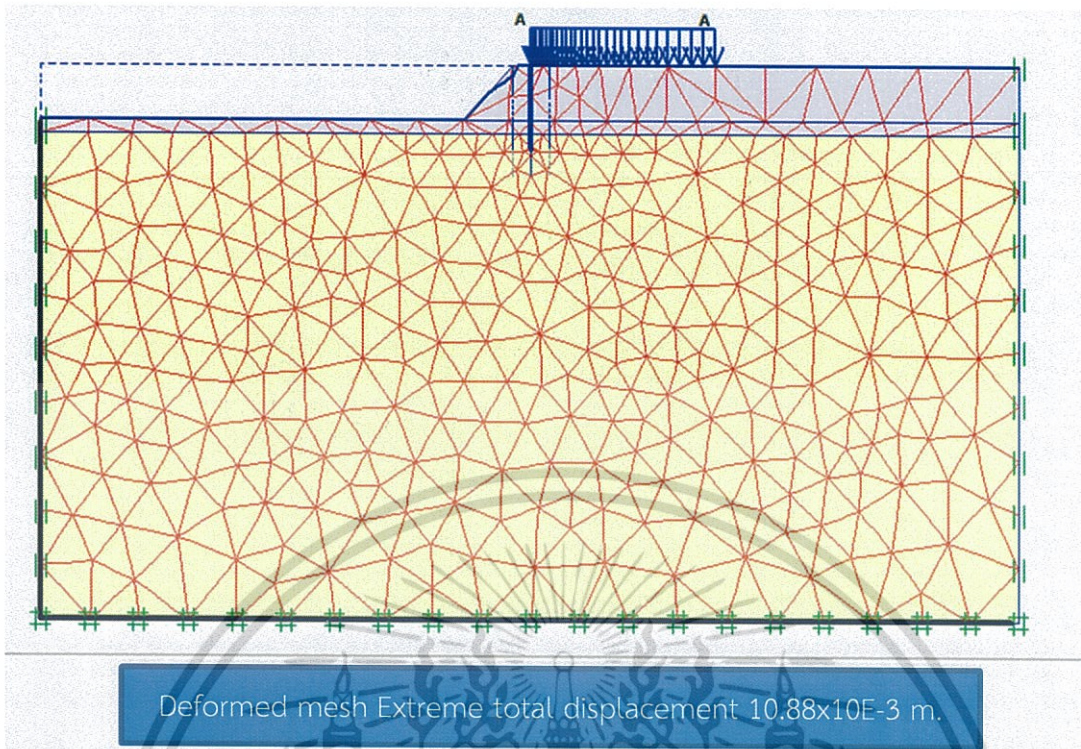


รูปที่ 3.16 แสดงผลการวิเคราะห์แนวโน้มการเสียรูปของคันทางเมื่อปรับปรุงโครงสร้างทางด้วยวิธี Cantilever Sheet Pile จากข้อมูลการเจาะสำรวจดิน BH-5

Calculation information				
Multipliers		Step Info		
Step Info		Step	318 of 318	
Plastic STEP		Extrapolation factor	0.500	
		Relative stiffness	0.000	
Multipliers				
	Incremental multipliers		Total multipliers	
Prescribed displacements	Mdisp:	0.000	Σ-Mdisp:	1.000
Load system A	MloadA:	0.000	Σ-MloadA:	1.000
Load system B	MloadB:	0.000	Σ-MloadB:	1.000
Soil weight	Mweight:	0.000	Σ-Mweight:	1.000
Acceleration	Maccel:	0.000	Σ-Maccel:	0.000
Strength reduction factor	Msf:	0.000	Σ-Msf:	1.509
Time	Increment:	0.000	End time:	0.000
Dynamic time	Increment:	0.000	End time:	0.000

รูปที่ 3.17 แสดงผลการวิเคราะห์เสถียรภาพของคันทางเมื่อปรับปรุงโครงสร้างทางด้วยวิธี Cantilever Sheet Pile จากข้อมูลการเจาะสำรวจดิน BH-19

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.18 แสดงผลการวิเคราะห์การเสียรูปของคันทางเมื่อปรับปรุงโครงสร้างทางด้วยวิธี Cantilever Sheet Pile จากข้อมูลการเจาะสำรวจดิน BH-19



รูปที่ 3.19 แสดงผลการวิเคราะห์แนวโน้มการเสียรูปของคันทางเมื่อปรับปรุงโครงสร้างทางด้วยวิธี Cantilever Sheet Pile จากข้อมูลการเจาะสำรวจดิน BH-19

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

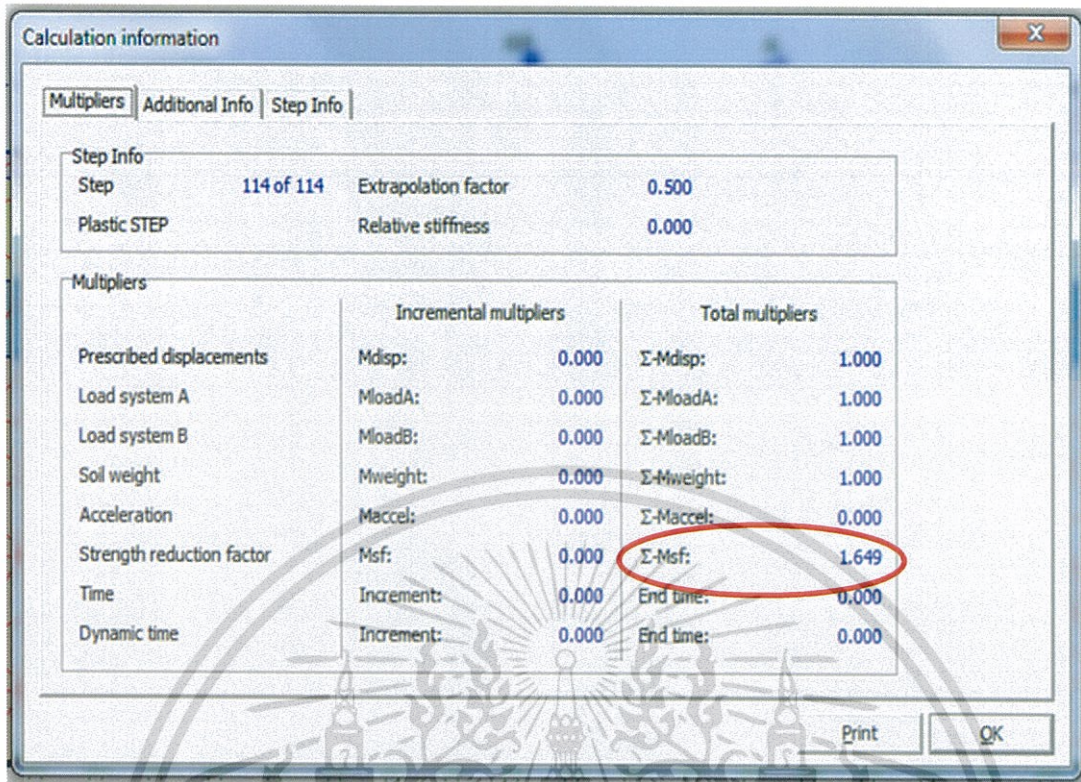
3.3.2.3 เสถียรภาพของคันทางเมื่อปรับปรุงโครงสร้างทางด้วยวิธี Battered Pile

ใช้เสาเข็มไอ ขนาดของหน้าตัด 26x26 มม. ตอก 2 แนว แนวแรกบริเวณตอกขนาด กับไหล่ทาง ระยะห่างระหว่างเสาเข็มจากจุดศูนย์กลางถึงจุดศูนย์กลาง 1.00 ม. แนวที่ 2 ตอกให้ขนาด ไปกับแนวแรกแต่ให้มีแนวลาดเอียงอัตรา 1:4 และต่อเชื่อมเสาเข็มทั้ง 2 แนวด้วยคานรัดหัวเสาเข็ม ผลการวิเคราะห์เสถียรภาพ ตลอดความยาวของช่วงและอยู่ในสภาวะเสมือนมีแผ่นเสียบระหว่าง ช่องว่างเสาเข็ม โดยอาศัย Arching Effect ดังที่กล่าวถึงในบทที่ 2 ได้ผลจำแนกตามตำแหน่งที่ได้ทำการแบ่งกลุ่มเพื่อใช้เป็นตัวแทนดังแสดงในตารางที่ 3.12

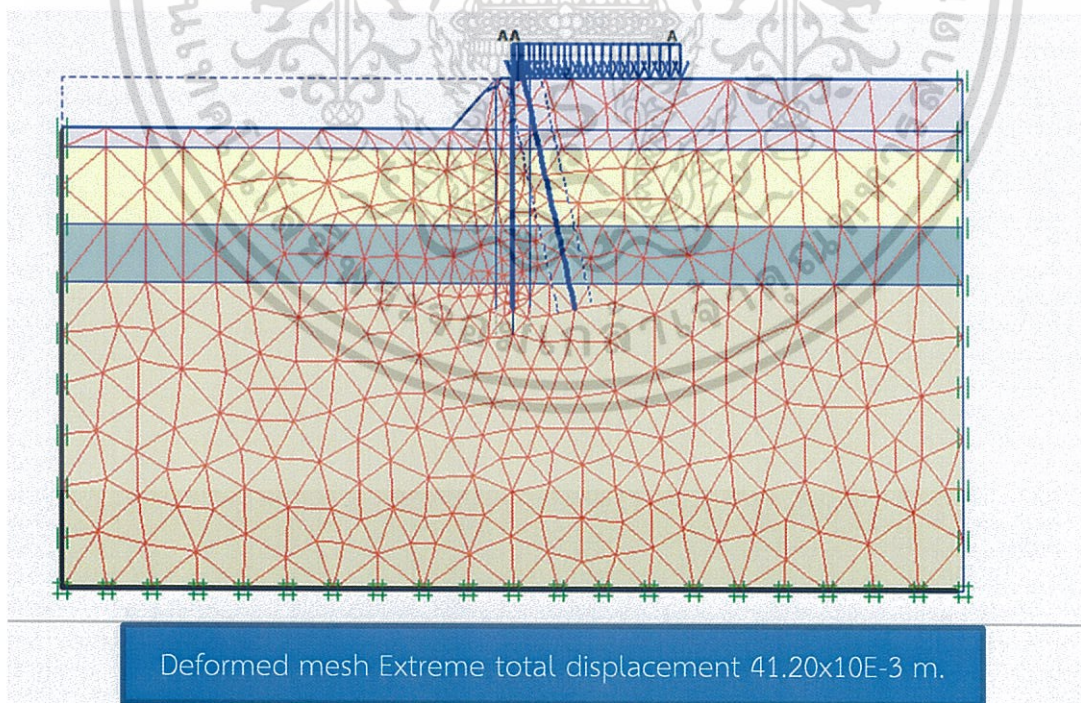
ตารางที่ 3.12 แสดงผลการวิเคราะห์เสถียรภาพของคันทางเมื่อปรับปรุงโครงสร้างทางด้วยวิธี Battered Sheet Pile

หลุมเจาะที่	ช่วง กิโลเมตร	ขนาดหน้าตัดเสาเข็ม I (cm. x cm.)	ความยาวเสาเข็ม I (m.)		ค่าอัตราส่วนความปลอดภัย Factor of Safety (F.S.)
			เสาเข็มหลัก	Battered Pile	
BH-4	16+400-17+500		18.00	19.00	1.649
	20+900-21+400				
BH-5	14+300-16+400	I - 26x26	10.00	10.50	1.828
	17+500-20+900				
	29+600-30+800				
BH-19	21+400-29+600		6.50	6.50	1.603
	30+800-32+655				

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

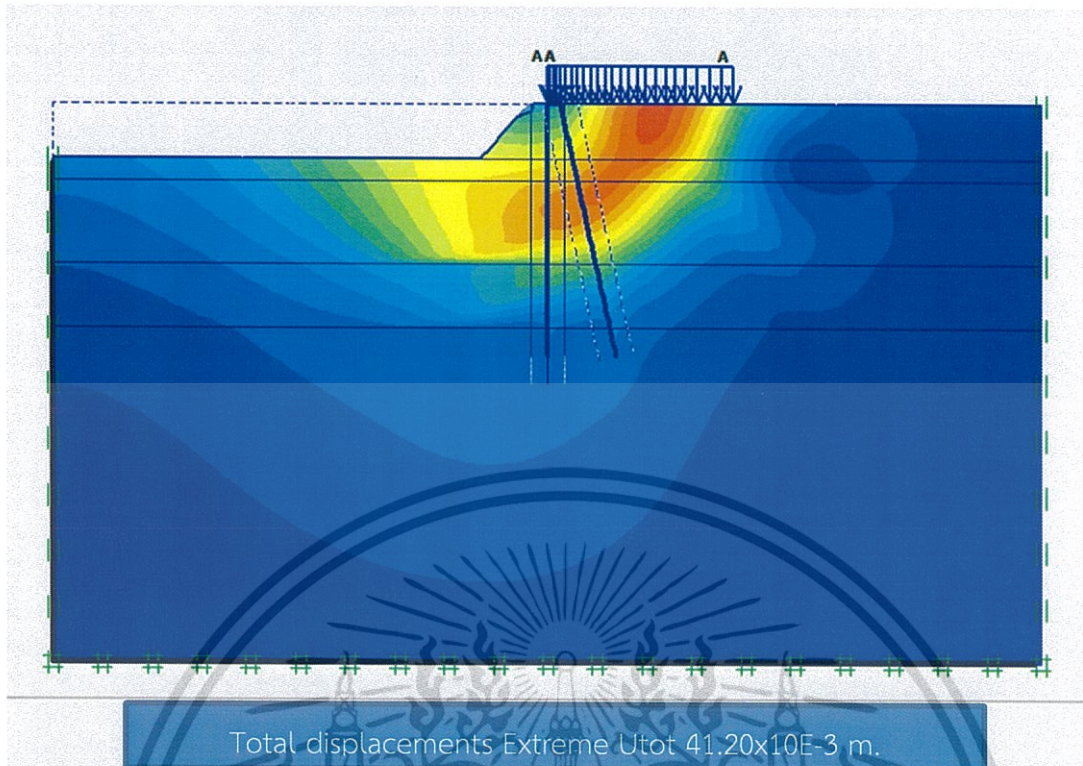


รูปที่ 3.20 แสดงผลการวิเคราะห์เสถียรภาพของคันทางเมื่อปรับปรุงโครงสร้างทางด้วยวิธี Battered Sheet Pile จากข้อมูลการเจาะสำรวจดิน BH-4



รูปที่ 3.21 แสดงผลการวิเคราะห์การเสถียรของคันทางเมื่อปรับปรุงโครงสร้างทางด้วยวิธี Battered Sheet Pile จากข้อมูลการเจาะสำรวจดิน BH-4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.22 แสดงผลการวิเคราะห์แนวโน้มการเสียรูปของคันทางเมื่อปรับปรุงโครงสร้างทางด้วยวิธี Battered Sheet Pile จากข้อมูลการเจาะสำรวจดิน BH-4

Calculation information

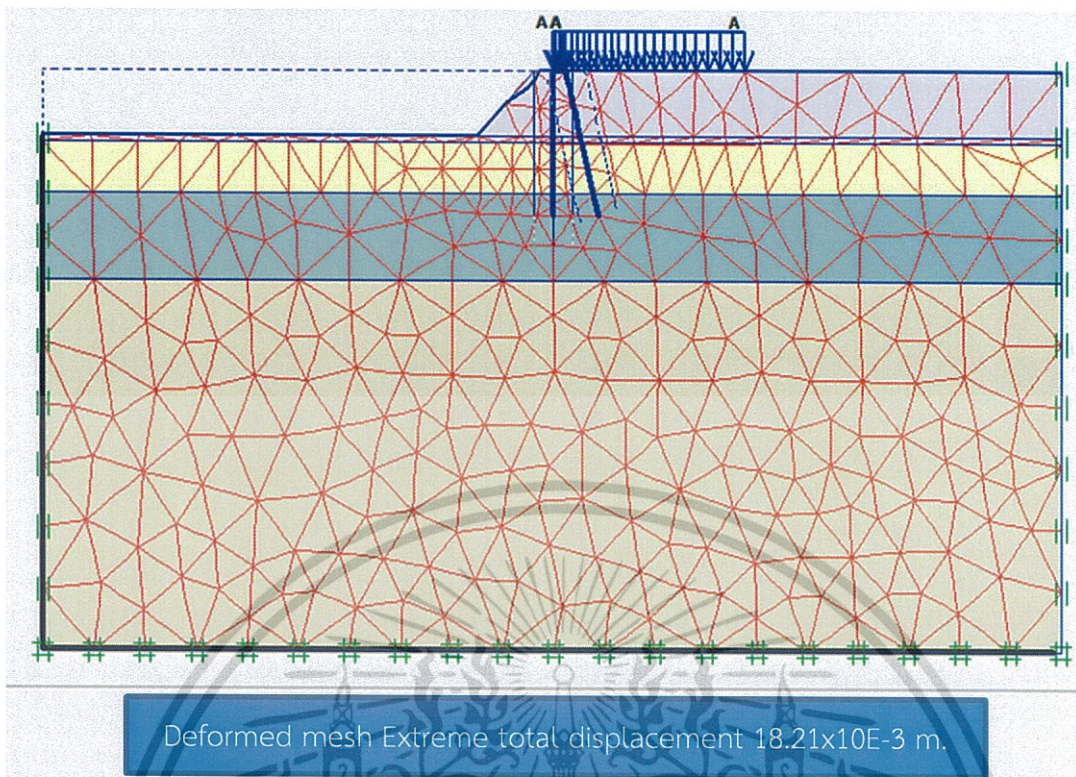
Multipliers | Additional Info | Step Info

Step Info				
Step	110 of 110	Extrapolation factor	2.000	
Plastic STEP		Relative stiffness	0.000	
Multipliers				
	Incremental multipliers		Total multipliers	
Prescribed displacements	Mdisp:	0.000	Σ-Mdisp:	1.000
Load system A	MloadA:	0.000	Σ-MloadA:	1.000
Load system B	MloadB:	0.000	Σ-MloadB:	1.000
Soil weight	Mweight:	0.000	Σ-Mweight:	1.000
Acceleration	Maccel:	0.000	Σ-Maccel:	0.000
Strength reduction factor	Msf:	0.000	Σ-Msf:	1.828
Time	Increment:	0.000	End time:	0.000
Dynamic time	Increment:	0.000	End time:	0.000

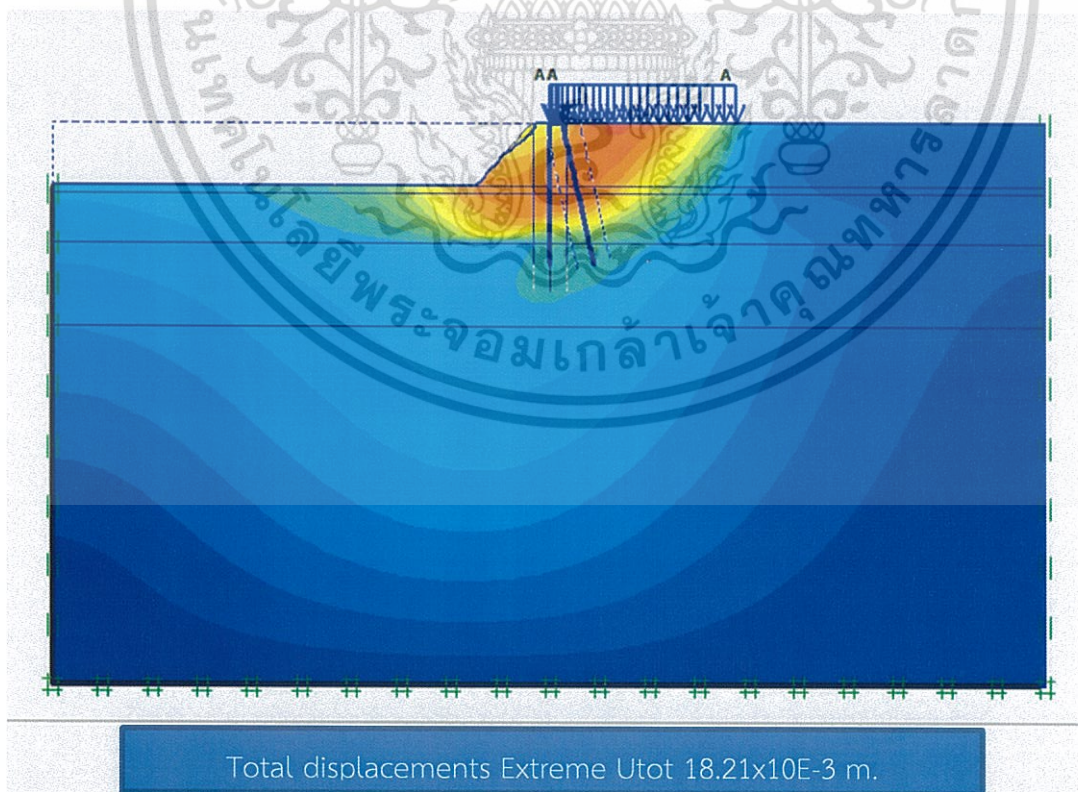
Print OK

รูปที่ 3.23 แสดงผลการวิเคราะห์เสถียรภาพของคันทางเมื่อปรับปรุงโครงสร้างทางด้วยวิธี Battered Sheet Pile จากข้อมูลการเจาะสำรวจดิน BH-5

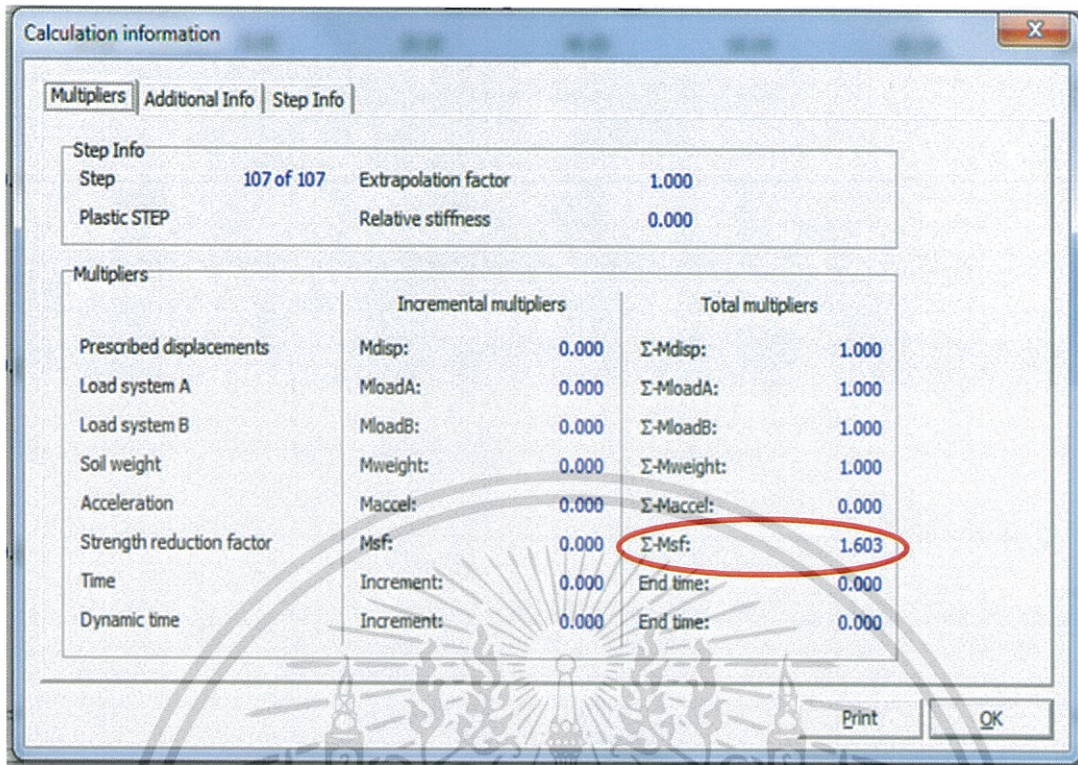
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อใช้ในการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



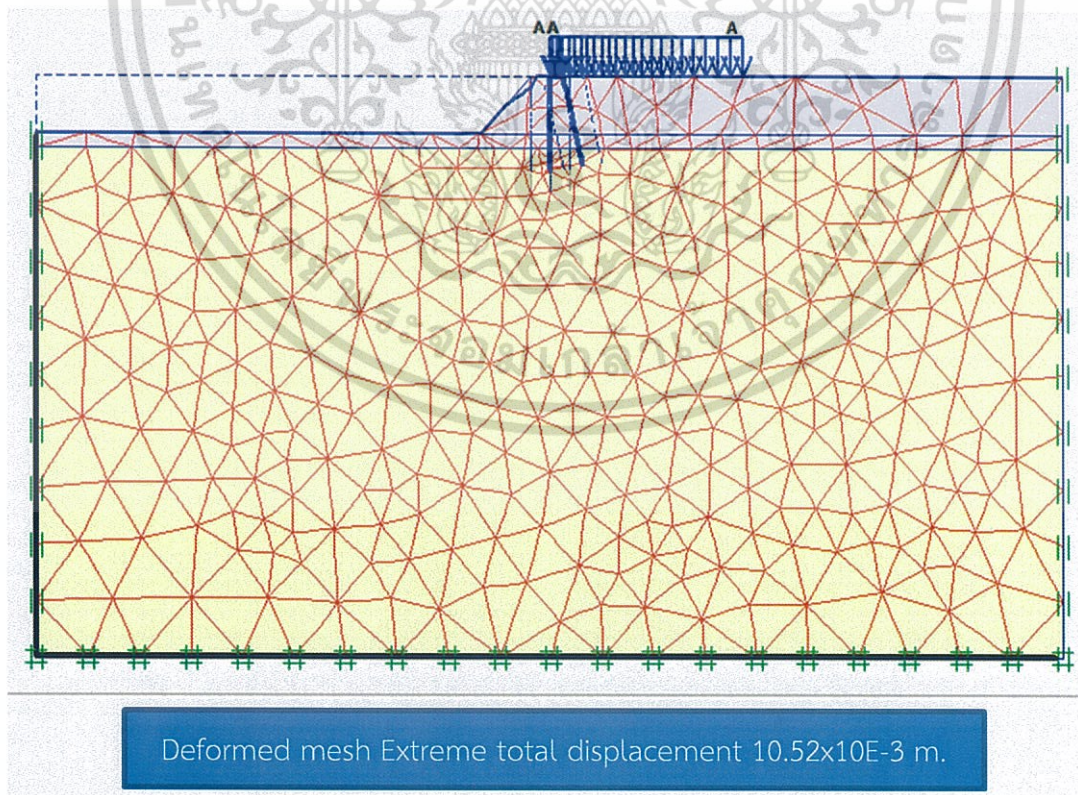
รูปที่ 3.24 แสดงผลการวิเคราะห์การเสียรูปของคันทางเมื่อปรับปรุงโครงสร้างทางด้วยวิธี Battered Sheet Pile จากข้อมูลการเจาะสำรวจดิน BH-5



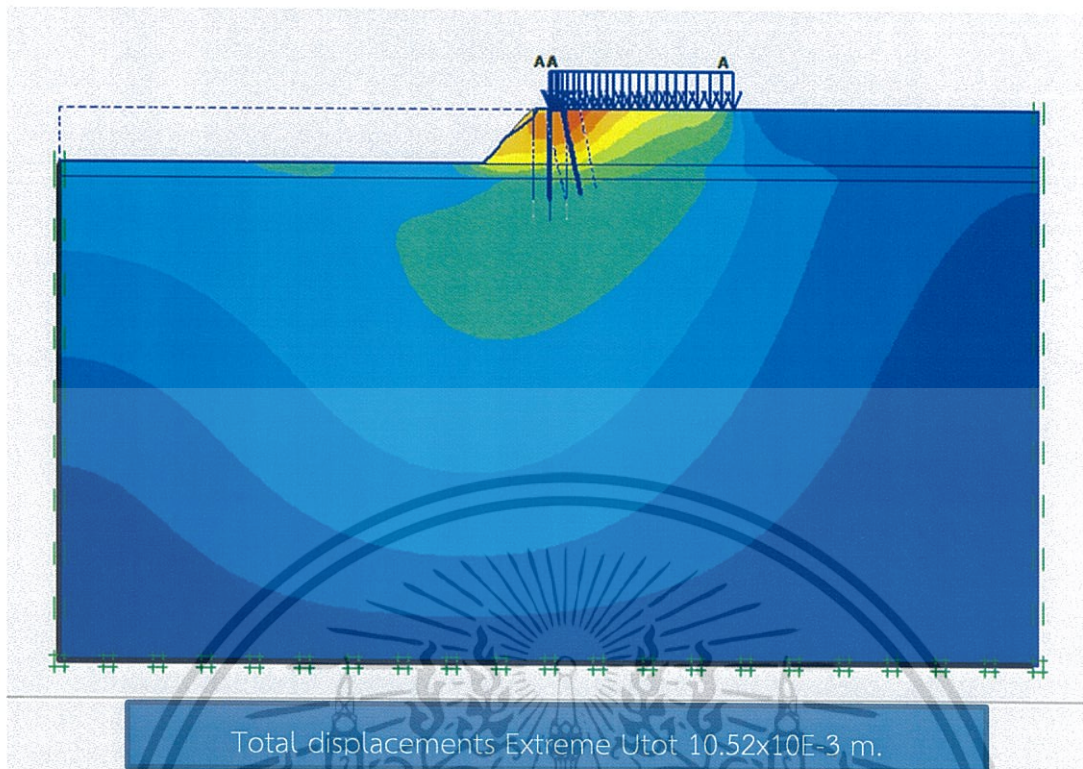
รูปที่ 3.25 แสดงผลการวิเคราะห์แนวโน้มการเสียรูปของคันทางเมื่อปรับปรุงโครงสร้างทางด้วยวิธี Battered Sheet Pile จากข้อมูลการเจาะสำรวจดิน BH-5 เท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.26 แสดงผลการวิเคราะห์เสถียรภาพของคันทางเมื่อปรับปรุงโครงสร้างทางด้วยวิธี Battered Sheet Pile จากข้อมูลการเจาะสำรวจดิน BH-19



รูปที่ 3.27 แสดงผลการวิเคราะห์การเสถียรของคันทางเมื่อปรับปรุงโครงสร้างทางด้วยวิธี Battered Sheet Pile จากข้อมูลการเจาะสำรวจดิน BH-19 ารศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.28 แสดงผลการวิเคราะห์แนวโน้มการเสียรูปของคันทงเมื่อปรับปรุงโครงสร้างทางด้วยวิธี Battered Sheet Pile จากข้อมูลการเจาะสำรวจดิน BH-19

3.3.2.4 เปรียบเทียบผลการวิเคราะห์ค่าอัตราส่วนความปลอดภัย (Factor of Safety)

ภายหลังจากการวิเคราะห์ค่าอัตราส่วนความปลอดภัย (Factor of Safety) ด้วยวิธี Finite Element Method แบบ 2 มิติ ด้วยโปรแกรม PLAXIS 2D สำหรับการวิเคราะห์การเปลี่ยนรูป (Deformation) และเสถียรภาพ โดยการสร้างกราฟโมเดลเป็นกราฟิกเพื่อให้เข้าใจง่ายและสะดวกต่อการวิเคราะห์และแสดงผล

ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบค่าอัตราส่วนความปลอดภัย (Factor of Safety) ของคันทงเดิมก่อนทำการปรับปรุงพบว่ามีค่าอัตราต่ำกว่า 1.20 เมื่อปรับปรุงโดยการเพิ่มโครงสร้างเขื่อนป้องกันตลิ่งชนิดแนวตั้ง ทั้ง 2 รูปแบบ พบว่าค่าอัตราส่วนความปลอดภัย (Factor of Safety) ของคันทงเพิ่มขึ้นตามวัตถุประสงค์ สามารถเปรียบเทียบได้ดังตารางที่ 3.13

ตารางที่ 3.13 เปรียบเทียบค่าอัตราส่วนความปลอดภัย (Factor of Safety) คันทางทั้งก่อนและหลังการปรับปรุงเสถียรภาพคันทางโดยใช้เขื่อนป้องกันตลิ่งชนิดแนวตั้ง

หลุมเจาะที่	ช่วง กิโลเมตร	ค่าอัตราส่วนความปลอดภัย Factor of Safety (F.S.)		
		สภาวะคันทางเดิม	ปรับปรุงโดย Cantilever Sheet	ปรับปรุงโดย Battered Sheet Pile
BH-4	16+400-17+500	1.181	1.504	1.649
	20+900-21+400			
BH-5	14+300-16+400	1.155	1.522	1.828
	17+500-20+900			
	29+600-30+800			
BH-19	21+400-29+600	1.122	1.509	1.603
	30+800-32+655			

3.4 การประมาณราคาค่าก่อสร้างตามหลักเกณฑ์การกำหนดราคากลางงานก่อสร้างของกรมบัญชีกลาง

3.4.1. รายละเอียดการศึกษา

หลักเกณฑ์การถอดแบบคำนวณปริมาณวัสดุเฉพาะส่วนงานที่เกี่ยวข้องข้องกับการศึกษาค้นคว้าอิสระนี้ เป็นการศึกษาหลักเกณฑ์ แนวทางการประมาณราคา มาตรฐานการวัด การคำนวณปริมาณงาน และเกณฑ์การเผื่อในการวัดและคำนวณปริมาณงาน ในกลุ่มงานงานทาง สะพาน และท่อเหลี่ยม ของกรมบัญชีกลาง กระทรวงการคลัง เกณฑ์ต้องพิจารณามีดังนี้

3.4.1.1 มาตรฐานการวัด (Measurement)

ถ้ามิได้ระบุไว้เป็นอย่างอื่น การวัดปริมาณงานต่างๆ ต้องเป็นไปตามข้อกำหนด ดังนี้

1. ขนาดของความยาวจะต้องวัดให้ใกล้เคียงถึง 0.1 เมตร ยกเว้นสำหรับความหนาของแผ่นพื้นที่ ซึ่งต้องวัดให้ใกล้เคียงถึง 0.005 เมตร (0.5 เซนติเมตร)
2. ขนาดของพื้นที่ ต้องวัดให้ใกล้เคียงถึง 0.01 ตารางเมตร
3. ขนาดของปริมาตร ต้องวัดให้ใกล้เคียงถึง 0.01 ลูกบาศก์เมตร
4. ขนาดของน้ำหนัก ต้องวัดให้ใกล้เคียงถึง 1 กิโลกรัม

3.4.1.2 งานคอนกรีต

ให้คิดเป็นลูกบาศก์เมตร ในการวัดเนื้องานคอนกรีต ให้คำนวณปริมาณเป็นลูกบาศก์เมตรที่หักเนื้อคอนกรีตบริเวณจุดต่อที่มีปริมาณซ้ำกันออก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. งานแบบหล่อคอนกรีต (งานไม้แบบ แบบเหล็ก รวมทั้งแบบโลหะอื่นๆ) ให้คิดคำนวณปริมาณงานเป็นตารางเมตร การวัดเนื้องานให้คำนวณจากพื้นที่ผิวคอนกรีตของโครงสร้างแต่ละประเภทที่ต้องมีแบบหล่อคอนกรีตรองรับในขณะหล่อคอนกรีต (การค้ำยัน การยึด การเจาะรูเสียบเหล็ก และอุปกรณ์อื่นๆ ที่จำเป็นในการทำงานให้ถูกต้องตามวิธีการให้รวมอยู่ในราคาต่อหน่วย)

3.4.1.3 งานเหล็กเสริมคอนกรีต

การวัดเนื้องานให้คิดคำนวณตามแบบฯ ที่แสดงไว้ โดยวัดปริมาณเป็นน้ำหนักและมีหน่วยเป็นกิโลกรัมหรือตัน การเผื่อเศษเสียหายให้เพิ่มปริมาณเผื่อได้ 10%

1. ความยาวเหล็กปลอก หรือเหล็กรัดรอบที่คล้ายปลอกให้วัดระยะจริงตามแบบฯ
2. จำนวนเหล็กปลอกให้หาเฉลี่ยจากระยะที่แสดงในแบบฯ เศษให้ปัดเป็น 1
3. ความยาวและจำนวนเหล็กเสริมพิเศษ ให้คิดคำนวณตามที่แสดงในแบบฯ
4. ความยาวและจำนวนเหล็กเสริมหลัก ให้คิดคำนวณตามที่แสดงในแบบฯ เศษปัดเป็น 1 ส่วนความยาวให้คิดตามรูปที่กำหนดในแบบฯ
5. ระยะงอ ระยะทาบ หากไม่ระบุในแบบฯ ให้ใช้ตามมาตรฐาน วสท.

3.4.1.4 ลวดเหล็กตีเกลียวชนิด 7 เส้น

การเผื่อส่วนสูญเสียสำหรับลวดเหล็กอัดแรงและลวดเหล็กตีเกลียวคิดคำนวณเพื่อสูญเสียในการดึงลวดที่ปลายทั้งสองด้าน ๆ ละ 1.00 เมตร ต่อลวด 1 เส้น

3.4.1.5 ข้อกำหนดเกี่ยวกับราคาและแหล่งวัสดุก่อสร้าง

ราคาและแหล่งวัสดุก่อสร้างเป็นข้อมูลหรือรายละเอียดประกอบการคำนวณในส่วนของ การคำนวณค่างานต้นทุนต่อหน่วยที่เกี่ยวข้องกับราคาและแหล่งวัสดุก่อสร้าง ในกรณีที่ในรายละเอียดการคำนวณตามหลักเกณฑ์การคำนวณราคากลางงานก่อสร้างทาง สะพาน และท่อเหลี่ยม ไม่ได้มีข้อกำหนดไว้เป็นอย่างอื่นให้ใช้ราคาและแหล่งวัสดุก่อสร้างตามเกณฑ์ที่กำหนดใน ส่วนของแนวทางและวิธีปฏิบัติเกี่ยวกับหลักเกณฑ์การคำนวณราคากลางงานก่อสร้าง กำหนดไว้ดังนี้

1. ราคาวัสดุก่อสร้างให้ใช้ราคาปัจจุบัน ในขณะที่คำนวณราคากลางงานก่อสร้างนั้น
2. การก่อสร้างในส่วนกลาง ให้ผู้มีหน้าที่คำนวณราคากลางใช้ราคาและแหล่งวัสดุก่อสร้าง ดังนี้
 - 2.1 ราคาวัสดุก่อสร้างตามที่สำนักดัชนีเศรษฐกิจการค้า กระทรวงพาณิชย์ เผยแพร่
 - 2.2 วัสดุก่อสร้างใดที่สำนักดัชนีเศรษฐกิจการค้า กระทรวงพาณิชย์ ไม่มีข้อมูลราคาเผยแพร่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 กรณีวัสดุก่อสร้างใดที่สำนักดัชนีเศรษฐกิจการค้า กระทรวงพาณิชย์ และสำนักงานพาณิชย์จังหวัดใกล้เคียง ไม่มีข้อมูลราคาเผยแพร่ไว้ ให้ผู้มีหน้าที่คำนวณราคากลางสืบราคาในท้องที่ของส่วนกลางหากไม่สามารถสืบราคาในท้องที่ของส่วนกลางได้ ให้สืบราคาในท้องที่หรือจังหวัดใกล้เคียงโดยใช้ราคาต่ำสุด ทั้งนี้ให้ผู้มีหน้าที่คำนวณราคากลางจัดทำบันทึกแสดงรายละเอียดของการสืบราคาและกำหนดราคากลางประกอบด้วย

ค่าใช้จ่ายทางอ้อม (Indirect Cost) ค่างานก่อสร้างประกอบด้วยค่าใช้จ่าย อย่างน้อย 2 ส่วน ได้แก่ค่างานต้นทุนหรือค่าใช้จ่ายทางตรง (Direct Cost) ที่ได้ศึกษาไปแล้วข้างต้น และค่าใช้จ่ายทางอ้อม (Indirect Cost) นอกจากนี้บางโครงการอาจมีค่าใช้จ่ายพิเศษตามข้อกำหนดและค่าใช้จ่ายอื่นที่จำเป็นต้องมี สำหรับการศึกษานี้ค่าใช้จ่ายทางอ้อมประกอบด้วยค่าใช้จ่าย 4 หมวดใหญ่ ได้แก่ หมวดค่าอำนาจการ หมวดค่าดอกเบี้ย หมวดค่ากำไร และหมวดค่าภาษี เมื่อคำนวณรวมค่าใช้จ่ายทั้งหมดทุกรายการของทุกหมวดใหญ่แล้ว ให้นำไปรวมกับค่างานต้นทุนหรือค่าใช้จ่ายทางตรงต่อไป แต่เพื่อป้องกันปัญหาข้อผิดพลาดในการคำนวณเนื่องจากใน 4 หมวดใหญ่ ดังกล่าวยังประกอบไปด้วยหลายๆหมวดย่อย และเพื่อความสะดวกต่อการนำไปใช้จึงมีการคำนวณรวมค่าใช้จ่ายทุกรายการ ไว้ในค่าๆเดียว โดยเทียบกับค่างานต้นทุนที่กำหนดในแต่ละระดับ และกำหนดไว้ในรูปของตาราง เรียกว่า ตาราง Factor F [18] และในกรณีศึกษานี้เลือกใช้ตามตารางที่ 3.14

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4.1. ผลการศึกษา

กรณีศึกษาโครงการถนนเพื่อปรับปรุงแนวป้องกันอุทกภัย ถนนเลียบบคลองระพีพัฒน์ จังหวัดปทุมธานี มูลค่าโครงการประมาณ 600 ล้านบาท เงินล่วงหน้า 10% เงินประกันผลงาน 10% ภาษีมูลค่าเพิ่ม 7% และสมมติฐานว่าอัตราดอกเบี้ยเงินกู้ประมาณ 7% จากตารางที่ 3.14 จึงเลือกใช้ Factor F 1.1440 เป็นค่าที่ใช้ในการประมาณราคาครั้งนี้ การประมาณราคาเสาเข็มที่ใช้ในโครงการทุกชนิดและทุกความยาว รายละเอียดการประมาณราคาแสดงในภาคผนวก ก

ผลการประมาณราคาตามเกณฑ์ กรมบัญชีกลาง กระทรวงการคลัง พบว่าค่าก่อสร้างของการใช้เขื่อนป้องกันตลิ่งชนิดแนวตั้ง แบบ Battered Sheet Pile มีราคาประมาณการรวม Factor F 310,645,392.04 บาท มีมูลค่างานน้อยกว่า แบบ Cantilever Sheet Pile ที่มีราคาประมาณการรวม Factor F 318,950,078.60 บาท เฉพาะกรณีนี้ส่วนต่างประมาณ 2.604% รายละเอียดดังแสดงในตารางที่ 3.15 และ 3.16

ตารางที่ 3.15 ประมาณราคาการก่อสร้างแบบ Cantilever Sheet Pile

แบบประเมินราคางานก่อสร้างทาง สะพานและท่อลอดเหลี่ยม การก่อสร้างแบบ Cantilever Sheet Pile					
รายการ	หน่วย	ปริมาณ	ค่างานประเมิน (บาท)		
			ราคาต่อหน่วย	รวม	
1	เสาเข็มคอนกรีตเสริมเหล็กอัดแรงหล่อสำเร็จ (SQ.)				
	ก) ขนาด 0.40 x 0.40 เมตร ความยาว 18.00 เมตร	เมตร	28,836	1,716.22	49,488,951.07
	ข) ขนาด 0.40 x 0.40 เมตร ความยาว 10.00 เมตร	เมตร	67,030	1,811.85	121,448,570.32
	ค) ขนาด 0.40 x 0.40 เมตร ความยาว 6.00 เมตร	เมตร	56,412	1,912.09	107,864,994.87
	ราคาประมาณการ				278,802,516.26
	ราคาประมาณการ รวม Factor F			1.1440	318,950,078.60

ตารางที่ 3.16 ประมาณราคาการก่อสร้างแบบ Battered Sheet Pile

แบบประเมินราคางานก่อสร้างทาง สะพานและท่อลอดเหลี่ยม การก่อสร้างแบบ Battered Sheet Pile					
รายการ	หน่วย	ปริมาณ	ค่างานประเมิน (บาท)		
			ราคาต่อหน่วย	รวม	
1	เสาเข็มคอนกรีตเสริมเหล็กอัดแรงหล่อสำเร็จ (I.)				
	ก) ขนาด 1.026 x 0.26 เมตร ความยาว 19.00 เมตร	เมตร	30,438	841.77	25,621,703.46
	ข) ขนาด 1.026 x 0.26 เมตร ความยาว 18.00 เมตร	เมตร	28,836	844.64	24,355,904.88
	ค) ขนาด 1.026 x 0.26 เมตร ความยาว 10.50 เมตร	เมตร	70,382	862.13	60,678,324.05
	ง) ขนาด 1.026 x 0.26 เมตร ความยาว 10.00 เมตร	เมตร	67,030	865.73	58,030,181.78
	จ) ขนาด 1.026 x 0.26 เมตร ความยาว 6.50 เมตร	เมตร	122,226	841.53	102,857,060.68
	ราคาประมาณการ				271,543,174.86
	ราคาประมาณการ รวม Factor F			1.1440	310,645,392.04

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้เพื่อการเรียนการสอนเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ทางการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

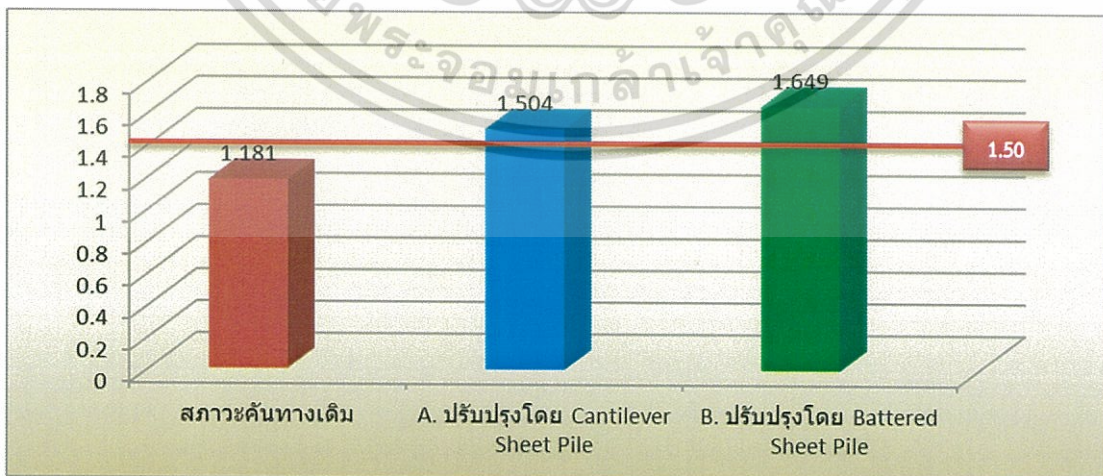
การวิเคราะห์ผล

4.1 วิเคราะห์ผลตามกลุ่มช่วงที่มีคุณสมบัติคล้ายคลึงกัน

จากการแบ่งช่วงของโครงการด้วยชั้นดินที่มีคุณสมบัติคล้ายคลึงกันได้ 3 ช่วง จากการทดลองด้วยแบบจำลองผ่านโปรแกรม PLAXIS โดยกำหนดค่าการทดลองให้แต่ละแบบจำลองต้องมีค่าอัตราส่วนความปลอดภัย (Factor of Safety) ไม่น้อยกว่า 1.50 แล้วทำการประมาณราคาค่าก่อสร้างตามระเบียบของกรมบัญชีกลาง กระทรวงการคลัง ผลที่ได้สามารถนำมาวิเคราะห์ดังนี้

ตารางที่ 4.1 เปรียบเทียบค่าอัตราส่วนความปลอดภัย และราคาประมาณการ จากกลุ่มข้อมูล BH-4

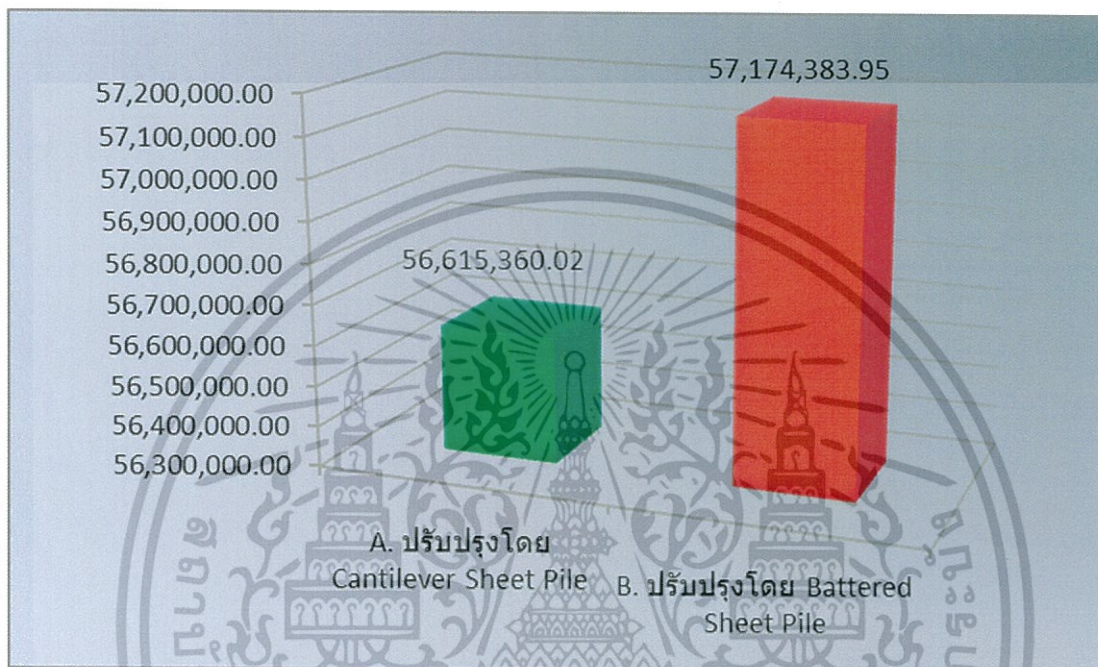
หลุมเจาะ ที่	ช่วง กิโลเมตร	ค่าอัตราส่วนความปลอดภัย Factor of Safety (F.S.)		
		สภาวะคันทาง เดิม	ปรับปรุงโดย Cantilever Sheet Pile	ปรับปรุงโดย Battered Sheet Pile
BH-4	16+400-17+500	1.181	1.504	1.649
	20+900-21+400			
ราคาประมาณการ รวม Factor F (บาท)			56,615,360.02	57,174,383.95
อัตราเปรียบเทียบ (บาท ต่อ F.S.)			37,643,191.50	34,672,155.21



รูปที่ 4.1 เปรียบเทียบโดยค่าอัตราส่วนความปลอดภัย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การเปรียบเทียบตามรูปที่ 4.1 โดยค่าอัตราส่วนความปลอดภัยปรากฏว่าโครงสร้างแบบ Battered Sheet Pile มีค่า F.S. = 1.649 ซึ่งสูงกว่าโครงสร้างแบบ Cantilever Sheet Pile ที่มีค่า F.S. = 1.504 ที่ผ่านเกณฑ์ขั้นต่ำของกรณีศึกษา นี้ เมื่อพิจารณาจากราคาประมาณการรวม Factor F ตามรูปที่ 4.2 พบว่าโครงสร้างแบบ Battered Sheet Pile มีราคาต่ำกว่าโครงสร้างที่สูงกว่าประมาณ 0.99% ซึ่งถือว่ามีผลน้อยมากหากเทียบกับเสถียรภาพของคันทางที่เพิ่มขึ้น



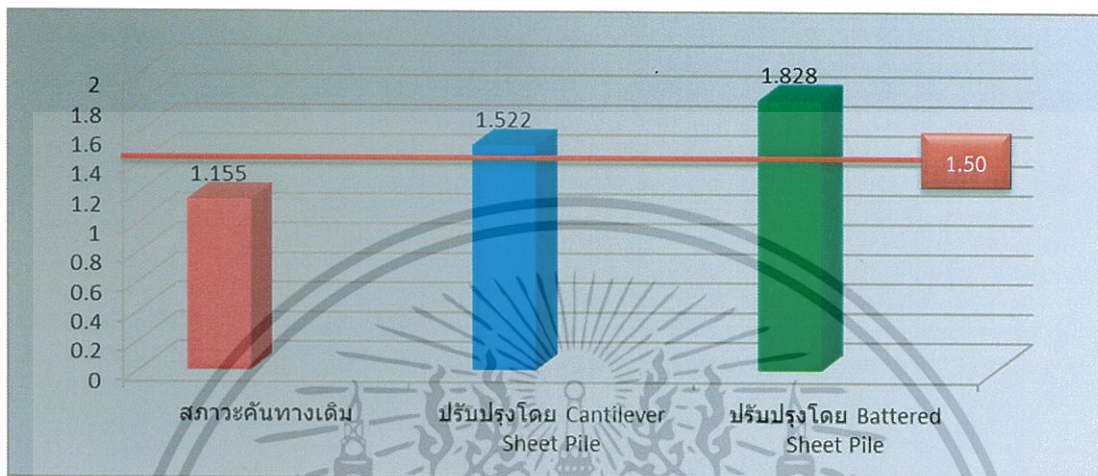
รูปที่ 4.2 เปรียบเทียบโดยราคาประมาณการ รวม Factor F

ตารางที่ 4.2 เปรียบเทียบค่าอัตราส่วนความปลอดภัย และราคาประมาณการ จากกลุ่มข้อมูล BH-5

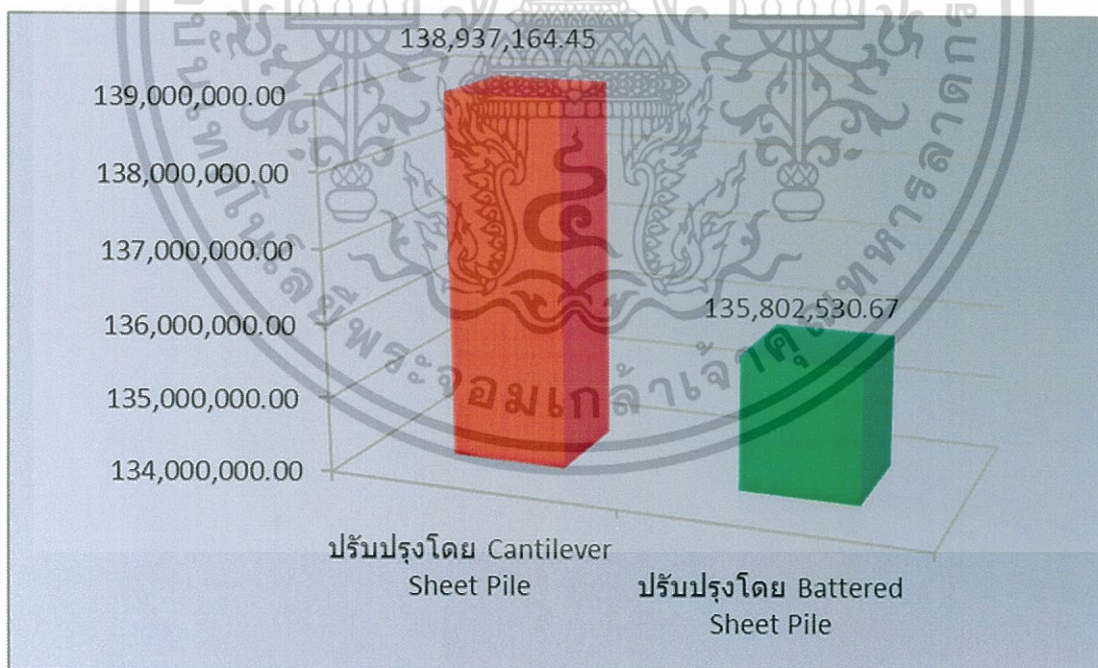
หลุมเจาะ ที่	ช่วง กิโลเมตร	ค่าอัตราส่วนความปลอดภัย Factor of Safety (F.S.)		
		สภาวะคันทาง เดิม	ปรับปรุงโดย Cantilever Sheet Pile	ปรับปรุงโดย Battered Sheet Pile
BH-5	14+300-16+400	1.155	1.522	1.828
	17+500-20+900			
	29+600-30+800			
ราคาประมาณการ รวม Factor F (บาท)			138,937,164.45	135,802,530.67
อัตราเปรียบเทียบ (บาท ต่อ F.S.)			91,285,916.19	74,290,224.66

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิเคราะห์ผลชุดที่ 2 ตามกลุ่มตัวอย่าง BH-5 แสดงรายละเอียดตามตารางที่ 4.2 ยังคงปรากฏว่าโครงสร้างแบบ Battered Sheet Pile มีค่า F.S. = 1.828 ซึ่งสูงกว่าโครงสร้างแบบ Cantilever Sheet Pile ตามรูปที่ 4.3 และมีราคาค่าก่อสร้างที่ต่ำกว่า ดังแสดงในรูปที่ 4.4



รูปที่ 4.3 เปรียบเทียบโดยค่าอัตราส่วนความปลอดภัย กลุ่ม BH-5



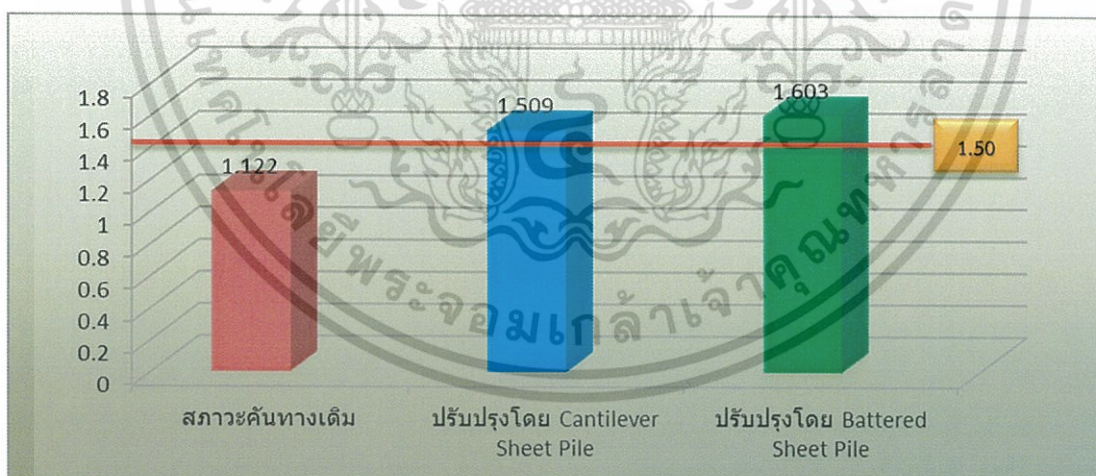
รูปที่ 4.4 เปรียบเทียบโดยราคาประมาณการ รวม Factor F

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กลุ่มตัวอย่างสุดท้าย BH-19 แสดงรายละเอียดตามตารางที่ 4.3 ยังคงปรากฏว่าโครงสร้างแบบ Battered Sheet Pile มีค่า F.S. = 1.828 ซึ่งสูงกว่าโครงสร้างแบบ Cantilever Sheet Pile ตามรูปที่ 4.5 และมีราคาต่ำกว่าที่ต่ำกว่า ดังแสดงในรูปที่ 4.6

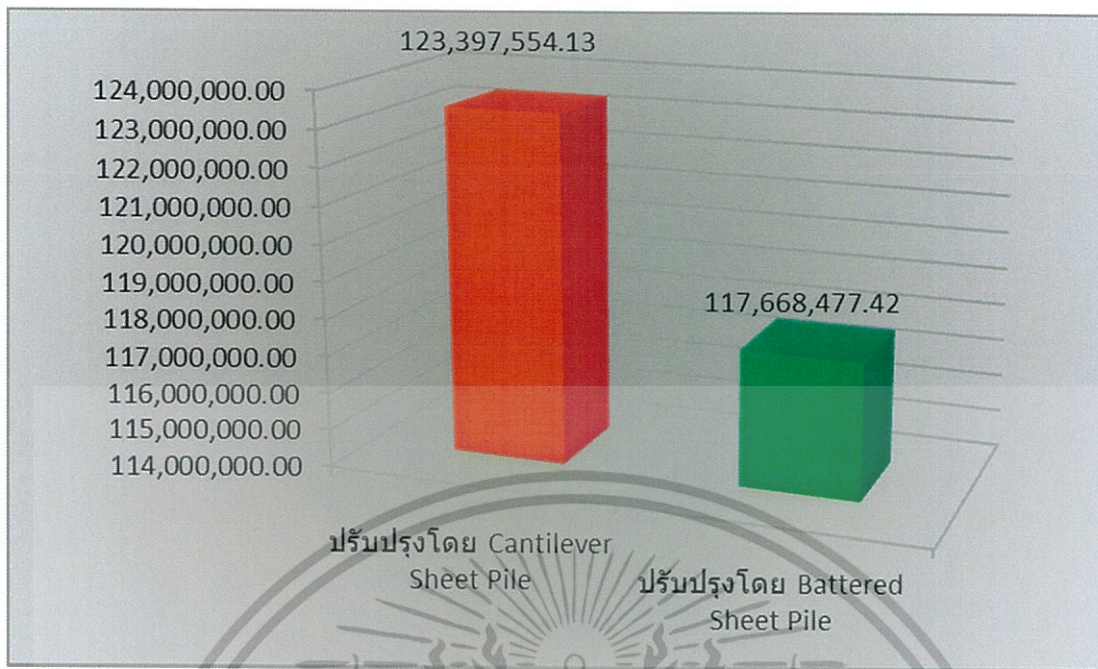
ตารางที่ 4.3 เปรียบเทียบค่าอัตราส่วนความปลอดภัย และราคาประมาณการ จากกลุ่มข้อมูล BH-19

หลุมเจาะ ที่	ช่วง กิโลเมตร	ค่าอัตราส่วนความปลอดภัย Factor of Safety (F.S.)		
		สภาวะคันทาง เดิม	ปรับปรุงโดย Cantilever Sheet Pile	ปรับปรุงโดย Battered Sheet Pile
BH-19	21+400-29+600	1.122	1.509	1.603
	30+800-32+655			
ราคาประมาณการ รวม Factor F (บาท)			123,397,554.13	117,668,477.42
อัตราเปรียบเทียบ (บาท ต่อ F.S.)			81,774,389.75	73,405,163.70



รูปที่ 4.5 เปรียบเทียบโดยค่าอัตราส่วนความปลอดภัย กลุ่ม BH-5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



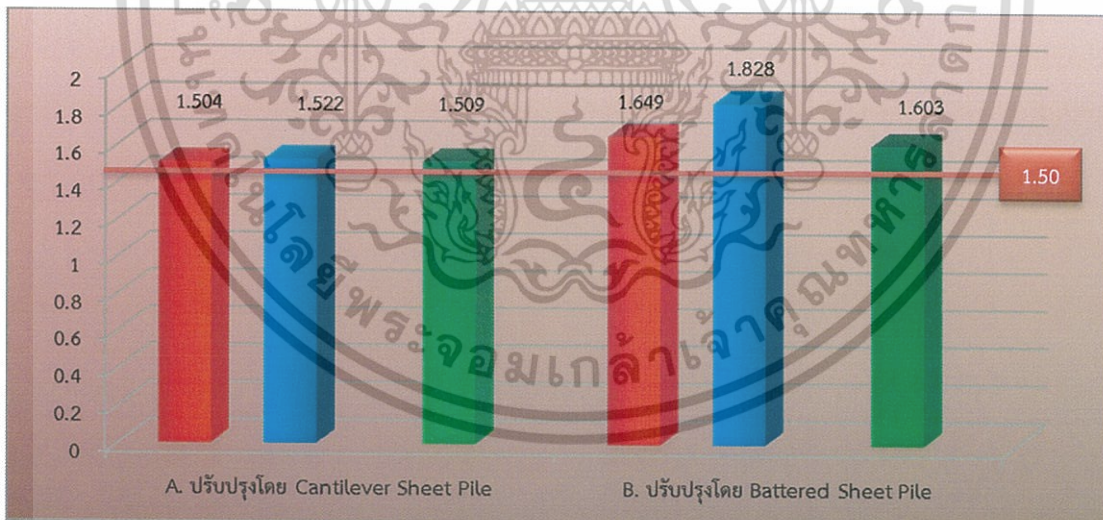
รูปที่ 4.6 เปรียบเทียบโดยราคาประมาณการ รวม Factor F

4.2 วิเคราะห์ผลเชิงเปรียบเทียบของรูปแบบที่แตกต่างกัน

เมื่อจัดทำตารางที่ 4 เปรียบเทียบราคาประมาณการในภาพรวมของทุกกลุ่มตัวแทนพบว่า ราคาก่อสร้างในภาพรวมของโครงการในกรณีศึกษานี้ การปรับปรุงเสถียรภาพของคันทางโดย Battered Sheet Pile มีราคาประมาณการถูกกว่าการก่อสร้างด้วย Cantilever Sheet Pile แสดงดังรูปที่ 4.8 และประเมินเป็นอัตราส่วนราคาประมาณการแตกต่างกันประมาณ 2.60% แต่เมื่อพิจารณาด้วยค่าอัตราส่วนความปลอดภัย (Factor of Safety) พบว่าเสถียรภาพของคันทางเมื่อก่อสร้างด้วย Battered Sheet Pile ให้ค่าที่สูงกว่าในทุกกลุ่มตัวอย่างดังแสดงในรูปที่ 4.7

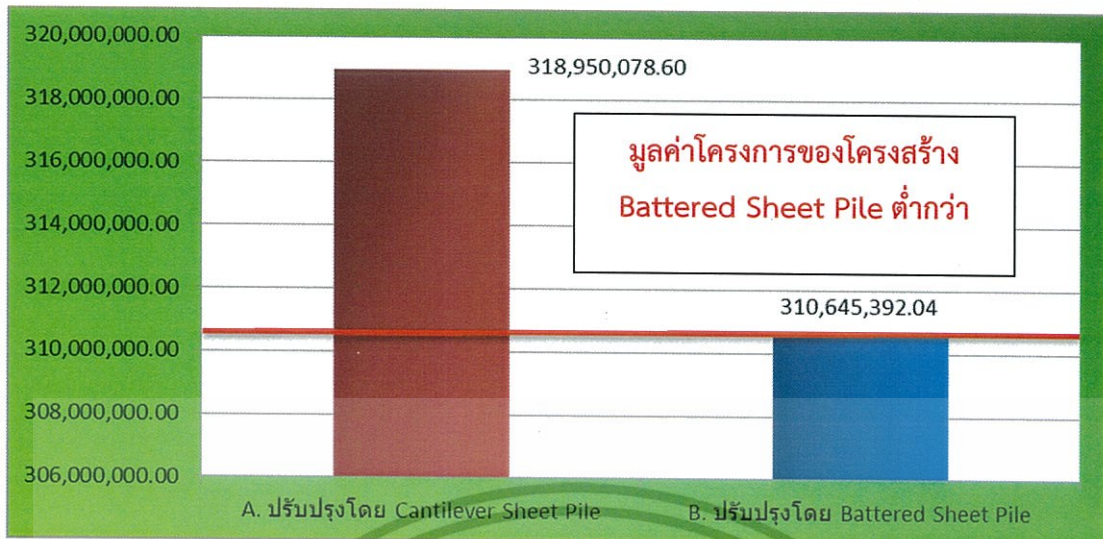
ตารางที่ 4.4 ตารางเปรียบเทียบราคาประมาณการในภาพรวมของโครงการในกรณีศึกษา

หลุมเจาะ ที่	ช่วง กิโลเมตร	ค่าอัตราส่วนความปลอดภัย Factor of Safety (F.S.)		
		สถานะคัน ทางเดิม	A.ปรับปรุงโดย Cantilever Sheet Pile	B.ปรับปรุงโดย Battered Sheet Pile
BH-4	16+400-17+500	1.181	1.504	1.649
	20+900-21+400			
BH-5	14+300-16+400	1.155	1.522	1.828
	17+500-20+900			
	29+600-30+800			
BH-19	21+400-29+600	1.122	1.509	1.603
	30+800-32+655			
ราคาประมาณการ รวม Factor F (บาท)			318,950,078.60	310,645,392.04
ผลต่าง B-A (บาท)			-8,304,686.56	
Battered Sheet Pile ราคาต่ำกว่า Cantilever Sheet Pile ในอัตรา			-2.60%	



รูปที่ 4.7 เปรียบเทียบโดยค่าอัตราส่วนความปลอดภัยผ่านตามข้อกำหนดทุกกลุ่ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.8 แสดงราคาประมาณการรวม Factor F ของโครงการกรณีศึกษา



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

บทสรุป

5.1 สรุปผลงานวิจัย

การวิจัยครั้งนี้แสดงให้เห็นว่าการปรับปรุงเสถียรภาพของคันทางโดยใช้เขื่อนป้องกันตลิ่งชนิดแนวตั้งสามารถเพิ่มค่าอัตราส่วนความปลอดภัย (Factor of Safety) ได้อย่างมีนัยสำคัญ การเลือกชนิดของโครงสร้างซึ่งกรณีศึกษาเปรียบเทียบการใช้ Cantilever Sheet Pile กับ Battered Sheet Pile ผลที่ได้พบว่าความแตกต่างของราคาค่าก่อสร้างในภาพรวมของโครงการที่ใช้เป็นกรณีศึกษาโครงสร้างชนิด Battered Sheet Pile มีราคาค่าก่อสร้างที่ถูกกว่า แต่ในบางบริเวณที่มีความหนาของชั้นดินเหนียวมากส่งผลต่อความยาวของเสาเข็มที่ใช้ใกล้เคียงกันเนื่องจากจำเป็นต้องให้เสาเข็มทะลุผ่านชั้นดินเหนียว เมื่อพิจารณาเฉพาะค่าก่อสร้างโครงสร้างชนิด Cantilever Sheet Pile มีราคาค่าก่อสร้างที่ถูกกว่า หากพิจารณาอัตราส่วนความปลอดภัย (Factor of Safety) โครงสร้างชนิด Battered Sheet Pile ให้ผลลัพธ์ที่ดีกว่าในทุกๆ บริเวณ ดังนั้นแล้วเมื่อพิจารณาตามวัตถุประสงค์ของก่อสร้างการเลือกใช้โครงสร้างชนิด Battered Sheet Pile มีความเหมาะสมกับโครงการมากกว่าเพราะผลการวิจัยแสดงให้เห็นแล้วว่าคันทางมีเสถียรภาพที่ดีกว่า

5.2 ข้อเสนอแนะ

1. จากการศึกษาพบกลุ่มตัวอย่างที่ส่งผลให้โครงสร้างชนิด Cantilever Sheet Pile มีราคาค่าก่อสร้างที่ถูกกว่า หากมีการศึกษาเพิ่มเติมในอนาคตเพื่อหาความความชัดเจน ของความสัมพันธ์ระหว่างคุณสมบัติชั้นดิน และปัจจัยที่มีผลต่อคุณภาพคันทางและราคา เพื่อใช้เป็นเครื่องมือในการคัดเลือกชนิดของโครงสร้าง
2. ปัจจัยที่ใช้ในการคัดเลือกโครงการนอกเหนือจากราคาค่าก่อสร้างแล้ว ผลที่ได้จากการวิเคราะห์เชิงวิศวกรรมควรจะเป็นปัจจัยหลักที่ใช้ตัดสินใจ
3. เสถียรภาพของคันทางริมคันคลองต้องอาศัยเชิงลาดริมตลิ่งในการเพิ่ม Passive Force ดังนั้นการรักษาสภาพของตลิ่งเป็นอีกปัจจัยที่ต้องพิจารณา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

- [1] กรมชลประทาน, สูตรพื้นฐานด้านปฐพีกลศาสตร์
- [2] กรมทางหลวงชนบท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2554, รายงานฉบับสมบูรณ์โครงการโปรแกรม ออกแบบและวิเคราะห์เสถียรภาพคันทางถนนเลียบบคลองและถนนในพื้นที่ดินอ่อนของ กรมทางหลวงชนบท
- [3] กรมโยธาธิการและผังเมือง, มยพ.1911-52, มาตรฐานประกอบการคำนวณหาค่าเสถียรภาพความ ลาดเอียง ที่ปลอดภัยในงานขุดดินและถมดิน
- [4] S.S.C. Liao and R.V. Whitman, 1986, Overburden Correction Factors for SPT in Sand: Journal of Geotechnical Engineering, A.S.C.E., v. 112:3, p. 373-377
- [5] กรมชลประทาน, 2553, กระบวนการสำรวจทางธรณีวิทยาและปฐพีกลศาสตร์
- [6] BJERRUM, L. 1972. Embankments on soft ground, proceedings, ASCE specialty Conference on performance on earth and earth supported structures, Purdue university, Lafayette, vol. II, pp. 1-54.
- [7] PARRY, R. H. G. 1972. Stability analysis for low embankments on soft clays. In stress strain behavior of soil edited by R.H. G. parry. Foulis (L.N.) and Co. Ltd., London, England. Pp. 643-668.
- [8] ศ. ดร.อมร พิมาณมาศวุฒิเมธีวิจัย สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย สถาบันเทคโนโลยี นานาชาติสิรินธร มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์, 5 มกราคม 2559
- [9] ภาวินี จิงา, ผศ.ร.ต.หญิง ดร.วรรณี สุขสาตร และ ดร.ปกรณ์ อาภาพันธุ์, ฐานความรู้ของเขื่อน ป้องกันตลิ่ง แม่น้ำโดยประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (กรณีศึกษาตลิ่ง แม่น้ำโขง ในจังหวัดหนองคาย) บทความวิจัย, RSU JET Vol. 15, No. 2, 2012
- [10] ดร.พัลลภ วิสุทธิเมธานุกุล, คู่มือวิศวกรรมฐานราก, สำนักพิมพ์ซีเอ็ดยูเคชั่น 2558
- [11] Naval Facilities Engineering Command (NAVFAC) (1986), Naval Facilities Engineering Command DESIGN MANUAL 7.02 Foundations & Earth Structures, NAVFAC DM-7.02, Naval Facilities Engineering Command 200 Stovall Street Alexandria, Virginia 22332-2300, 1986
- [12] K. Terzaghi (1942). Theoretical Soil Mechanics. John Wiley and Sons Inc. New York.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาต
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- [13] S.D. Dalvi and P.J. Pise (2008). Effect of Arching on Passive Earth Pressure Coefficient. Proc. 12th International Conference of International Association for Computer Methods and Advances in Geomechanics (IACMAG). Goa, India. pp. 236 – 243.
- [14] ประสพศิริ แสงภู. การศึกษาพฤติกรรมการโค้งของแนวแรงในดินทราย ระหว่างเสาเข็มเมื่อรับแรงส่งผ่านในแนวราบ. วิทยานิพนธ์ วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (วิศวกรรมโยธา) มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ. พ.ศ.2546
- [15] Department of Transportation, State of California. Soldier Pile System, Trenching and Shoring Manual.
- [16] สุทธิศักดิ์ ศรีลัมภ์, รัฐธรรม อัสโรพาร และ บรรพต กุลสุวรรณ “การวิเคราะห์พื้นที่โอกาสเกิดดินถล่มสำหรับหินกลุ่มไดโอไรท์ ในพื้นที่โครงการพัฒนาตอยตุฯ”, การประชุมวิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติครั้งที่ 13. โรงแรมจอมเทียน ปาล์ม บีช พัทยา ระหว่างวันที่ 14-16 พฤษภาคม 2551
- [17] วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์ ว.ส.ท., “ข้อมูลสภาพดินบริเวณลุ่มแม่น้ำเจ้าพระยาตอนล่าง” วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์, ว.ส.ท., บริษัท จุดทอง จำกัด, กรุงเทพฯ, 2550
- [18] หลักเกณฑ์การคำนวณราคากลางงานก่อสร้างทาง สะพาน และท่อเหลี่ยม กรมบัญชีกลาง กระทรวงการคลัง, 2555
- [19] Peck, R.B., Hansen, W.E., and Thornburn, T.H. (1974), Foundation Engineering, 2nd edition., John Wiley & Sons, New York, USA.
- [20] พิทักษ์ชน ทันมั่ง* และวีรยา ฉิมอ้อย ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต ตำบลคลองหนึ่งอำเภอคลองหลวง จังหวัดปทุมธานี 12120 “การเปรียบเทียบการวิเคราะห์เสถียรภาพของคันดิน ด้วยวิธีสมดุลงานตัดจำกัดและวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์” จากบทความวิจัยวารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ปีที่ 24 ฉบับที่ 1 มกราคม - มีนาคม 2559

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาคผนวก ก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Project No : 12298

Borehole Number : BH-1

Page 1 of 1

Project : ก่อสร้างถนนสาย ปท.1021 แยก ทล.1-แยก ทล.3261 (ตอนที 2)

Site Location : จังหวัดปทุมธานี

Ground Elevation (m) :

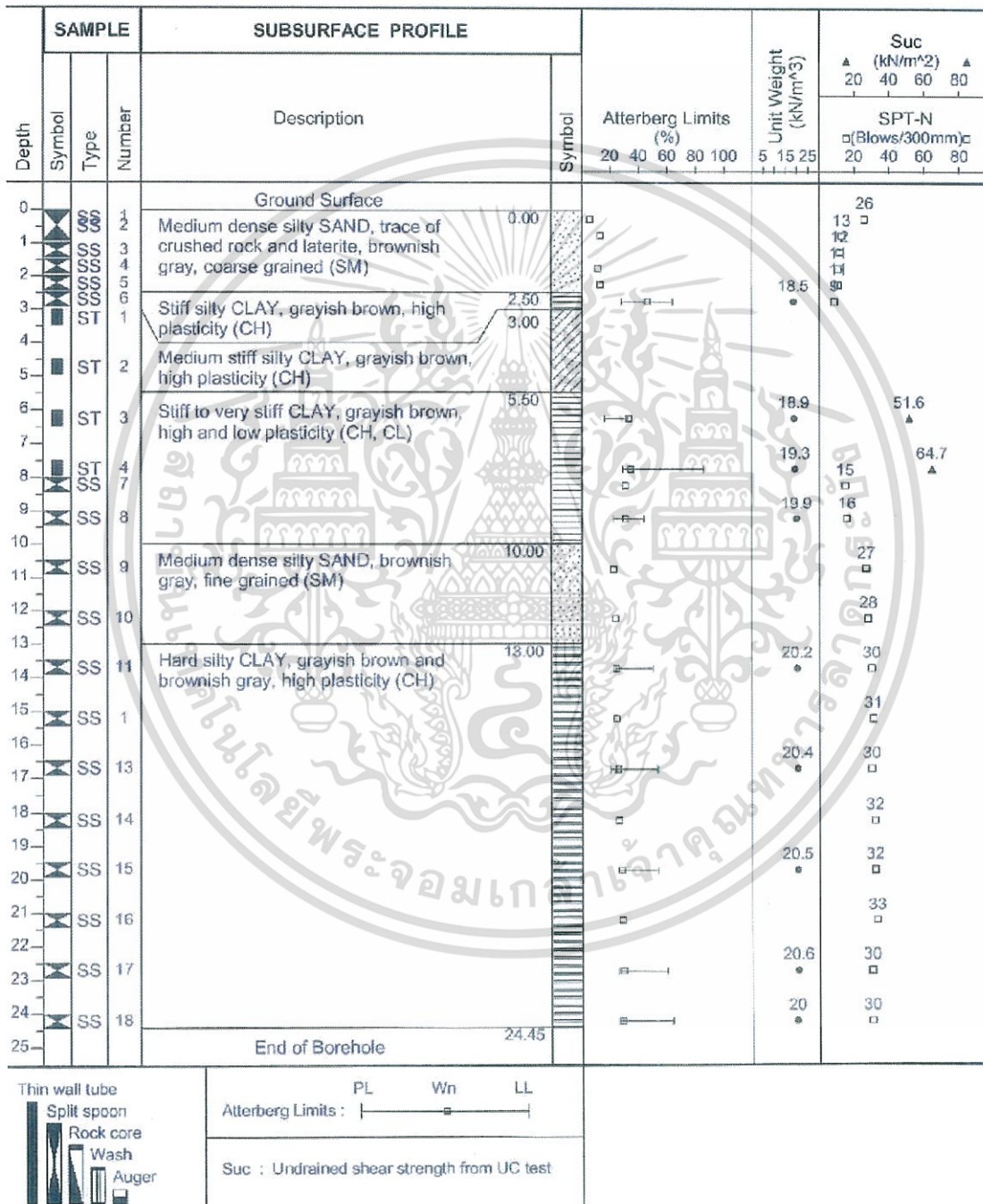
Station : 14+500 LT.

G.W.L (m) : 2.30

Date Started : 04/11/2555

Total Depth (m) : 24.45

Date Finished : 04/11/2555



รูปที่ ก-1 ผลการเจาะสำรวจสภาพชั้นดินโดย วิธี Boring Log และ Field Vane Shear (BH-1)

Station 14+500 LT

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Project No : 12298

Borehole Number : BH-02

Page 1 of 2

Project : ก่อสร้างถนนสาย ปท.1021 แยก ทล.1-แยก ทล.3261 (ตอนที่ 2)

Site Location : จังหวัดปทุมธานี

Ground Elevation (m) :

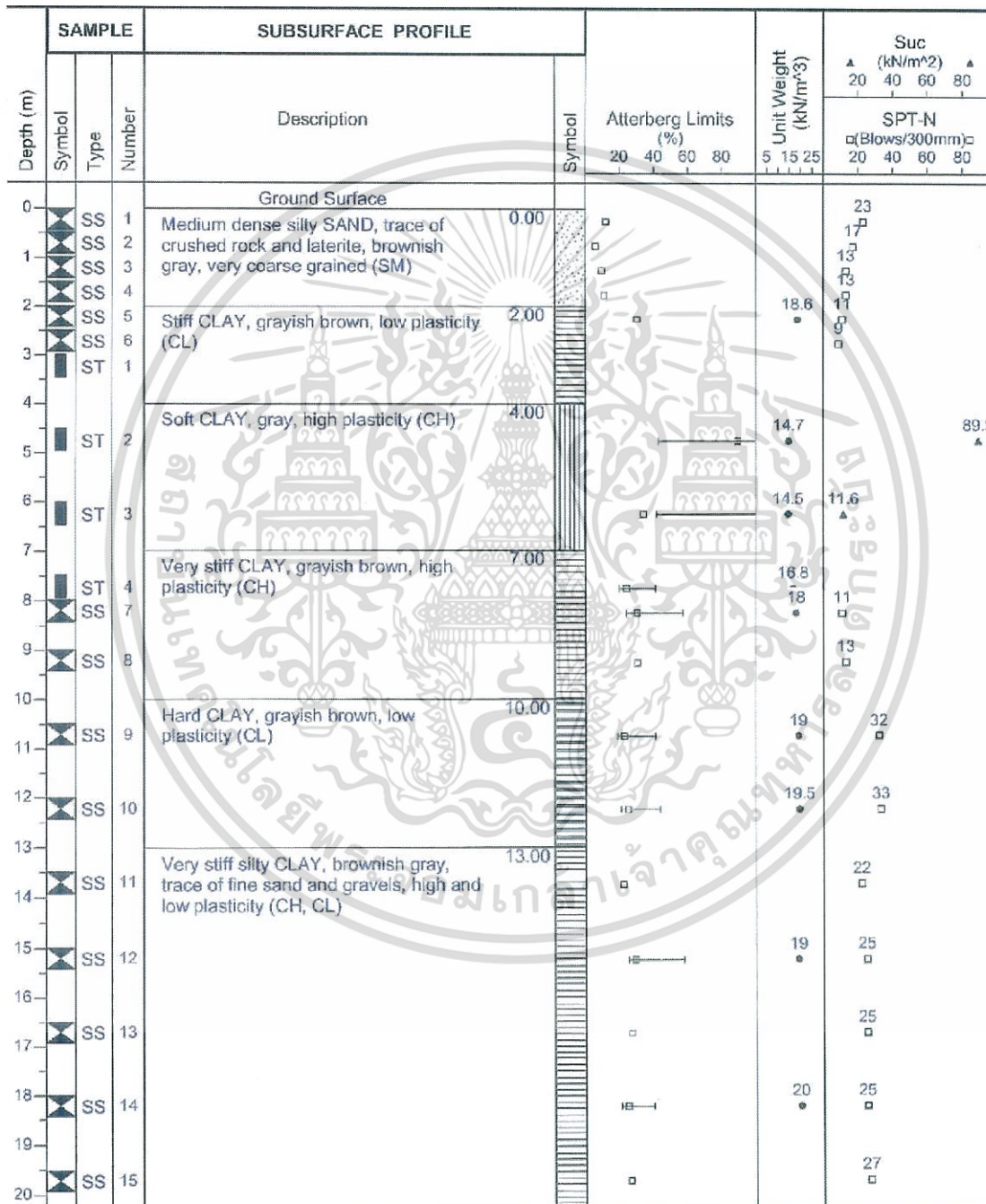
Station : 15+100 LT.

G.W.L (m) : 2.30

Date Started : 03/11/2555

Total Depth (m) : 30.45

Date Finished : 03/11/2555



รูปที่ ก-2 ผลการเจาะสำรวจสภาพชั้นดินโดย วิธี Boring Log และ Field Vane Shear (BH-2)

Station 15+100 LT

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Project No : 12298

Borehole Number : BH-3

Page 1 of 1

Project : ก่อสร้างถนนสาย ปท.1021 แยก ทล.1-แยก ทล.3261 (ตอนที่ 2)

Site Location : จังหวัดปทุมธานี

Ground Elevation (m) :

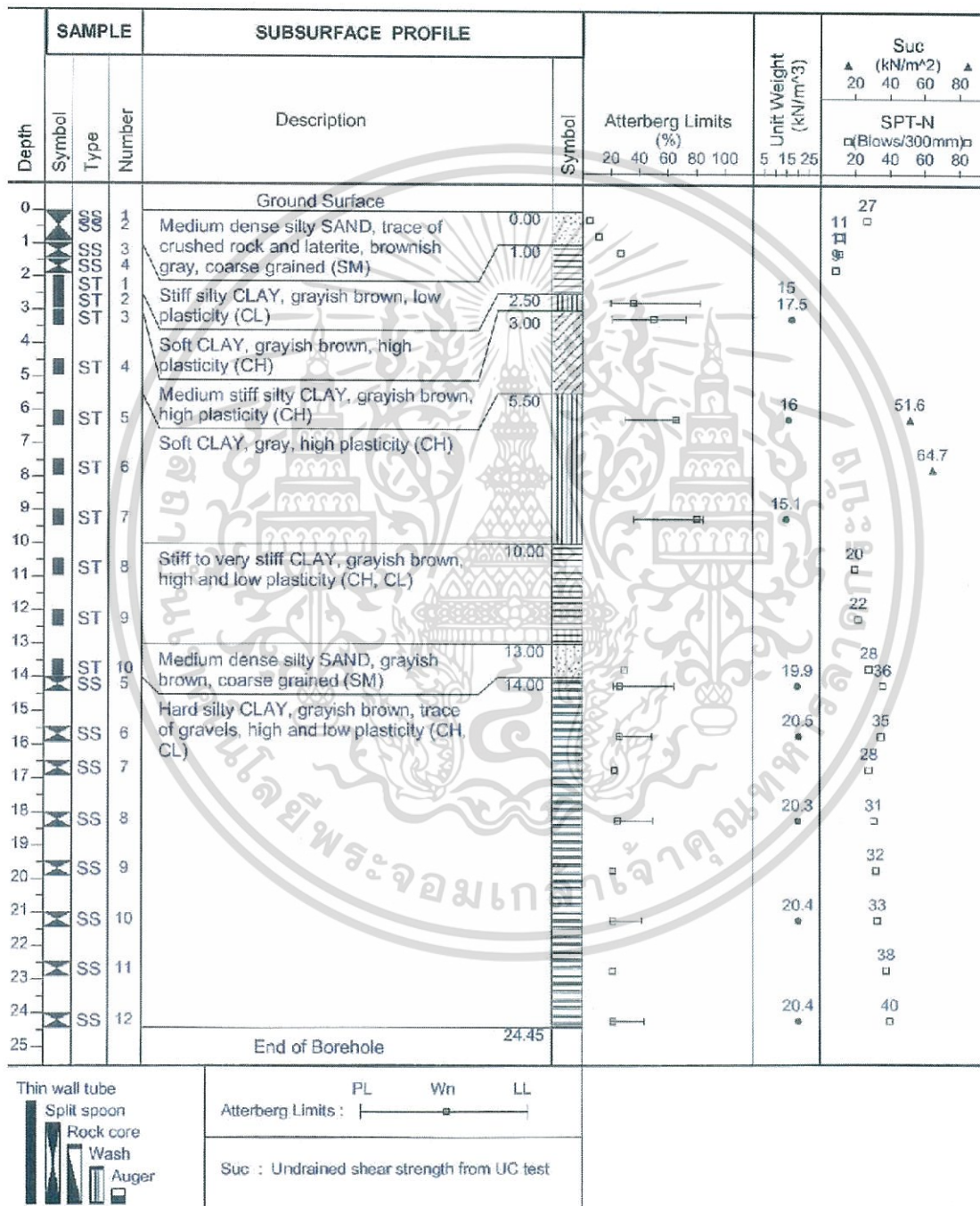
Station : 16+000 LT.

G.W.L (m) : 2.50

Date Started : 02/11/2555

Total Depth (m) : 24.45

Date Finished : 02/11/2555



รูปที่ ก-3 ผลการเจาะสำรวจสภาพชั้นดินโดย วิธี Boring Log และ Field Vane Shear (BH-3)

Station 16+000 LT

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Project No : 12298

Borehole Number : BH-4

Page 1 of 1

Project : ก่อสร้างถนนสาย ปท.1021 แยก ทล.1-แยก ทล.3261 (ตอนที่ 2)

Site Location : จังหวัดปทุมธานี

Ground Elevation (m) :

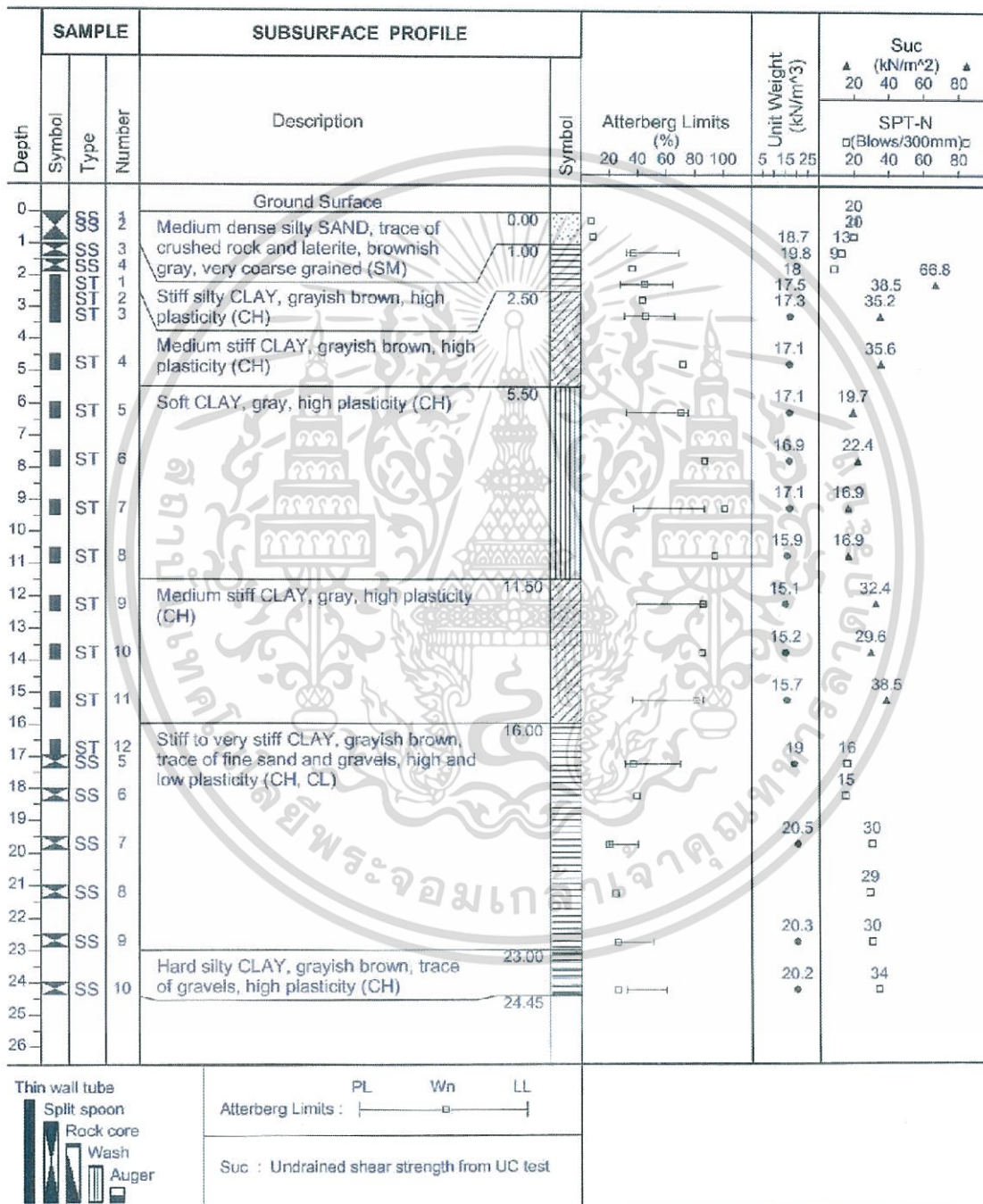
Station : 17+000 LT.

G.W.L (m) : 2.30

Date Started : 01/11/2555

Total Depth (m) : 24.45

Date Finished : 01/11/2555



รูปที่ ก-4 ผลการเจาะสำรวจสภาพชั้นดินโดย วิธี Boring Log และ Field Vane Shear (BH-4)

Station 17+000 LT

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Project No : 12298

Borehole Number : BH-5

Page 1 of 1

Project : ก่อสร้างถนนสาย ปท.1021 แยก ทล.1-แยก ทล.3261 (ตอนที่ 2)

Site Location : จังหวัดปทุมธานี

Ground Elevation (m) :

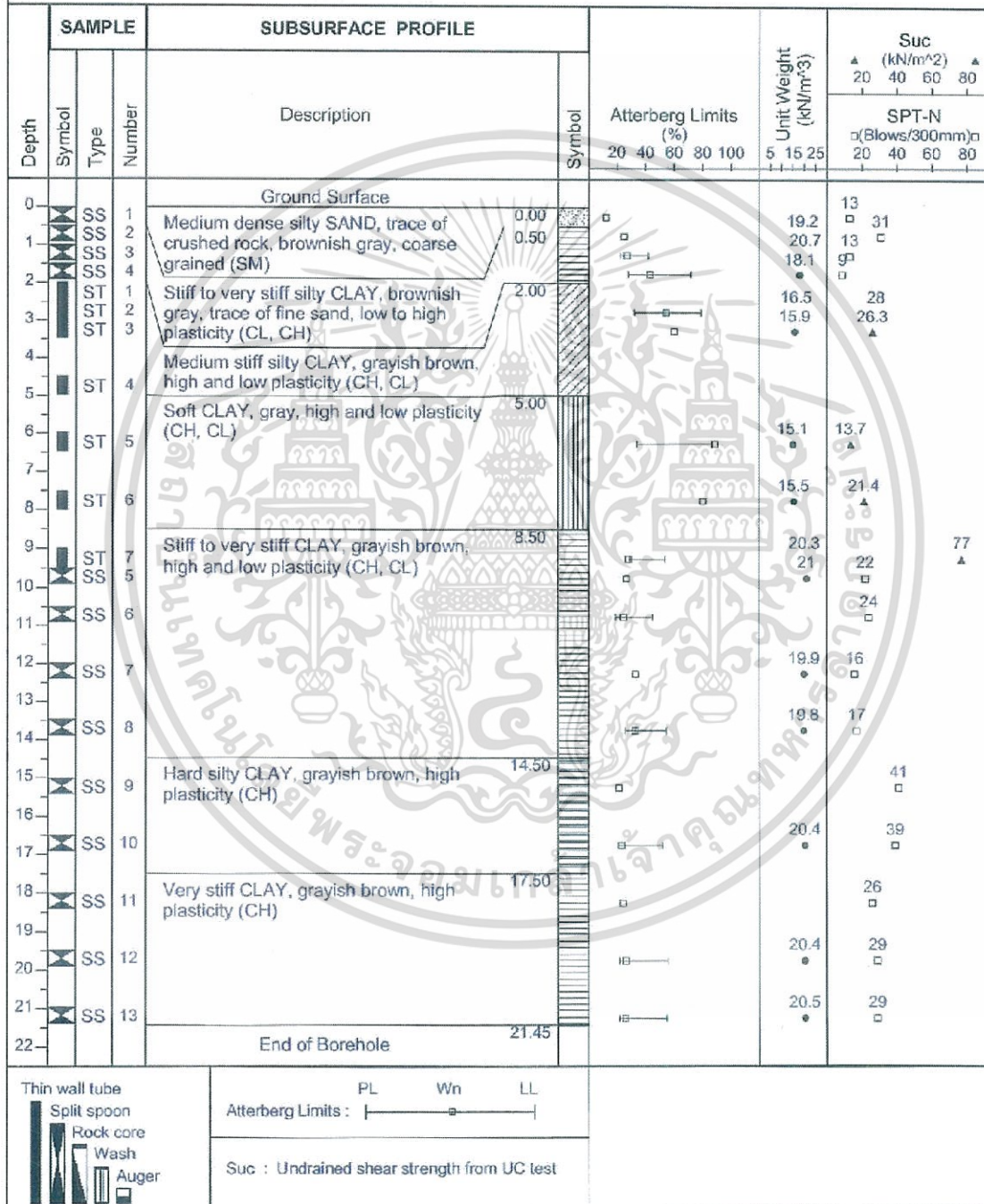
Station : 18+000 LT.

G.W.L (m) : 2.20

Date Started : 31/10/2555

Total Depth (m) : 21.45

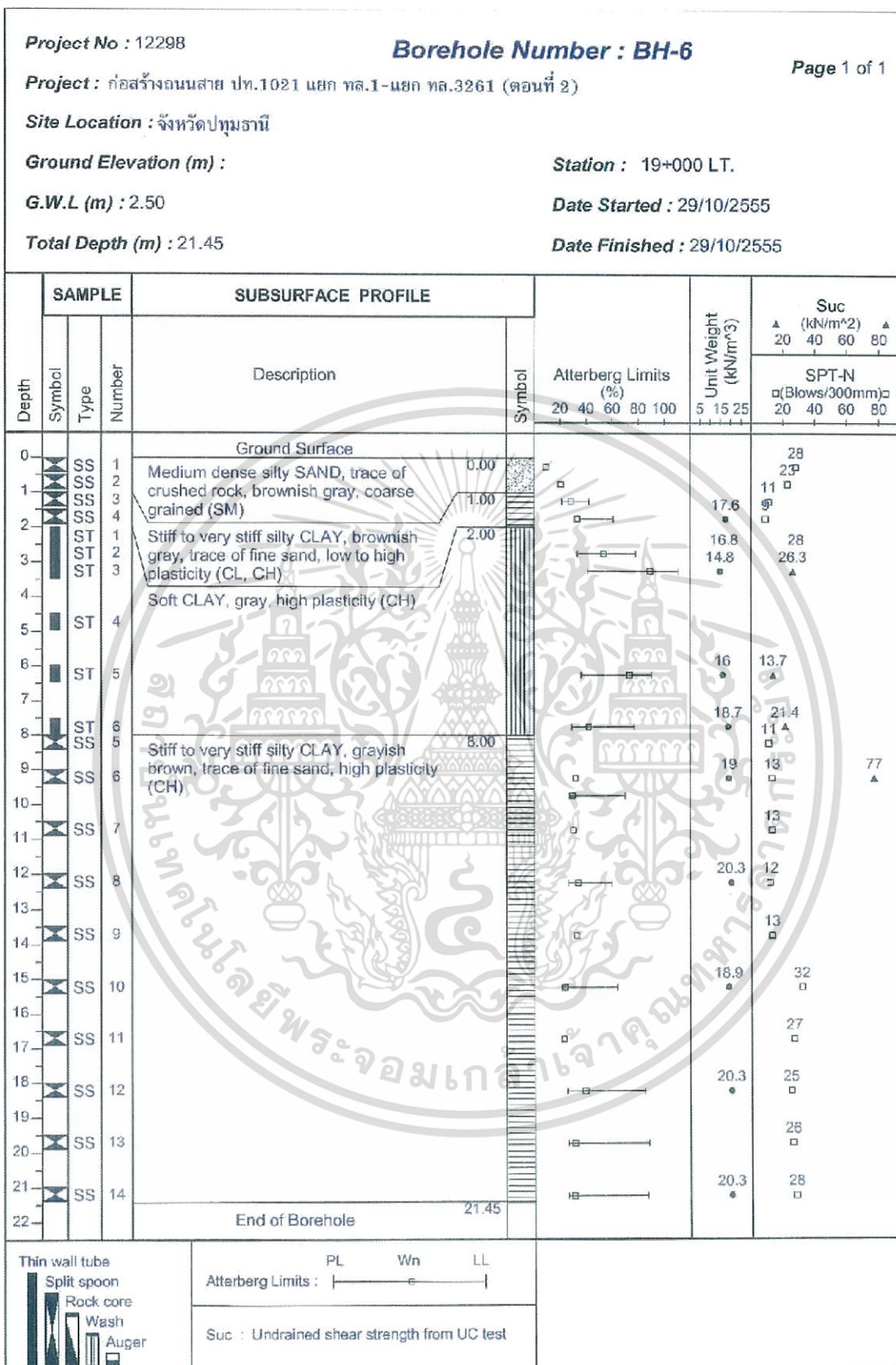
Date Finished : 31/10/2555



รูปที่ ก-5 ผลการเจาะสำรวจสภาพชั้นดินโดย วิธี Boring Log และ Field Vane Shear (BH-5)

Station 18+000 LT

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ก-6 ผลการเจาะสำรวจสภาพชั้นดินโดย วิธี Boring Log และ Field Vane Shear (BH-6)

Station 19+000 LT

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Project No : 12298

Borehole Number : BH-7

Page 1 of 1

Project : ก่อสร้างถนนสาย ปท.1021 แยก ทล.1-แยก ทล.3261 (ตอนที่ 2)

Site Location : จังหวัดปทุมธานี

Ground Elevation (m) :

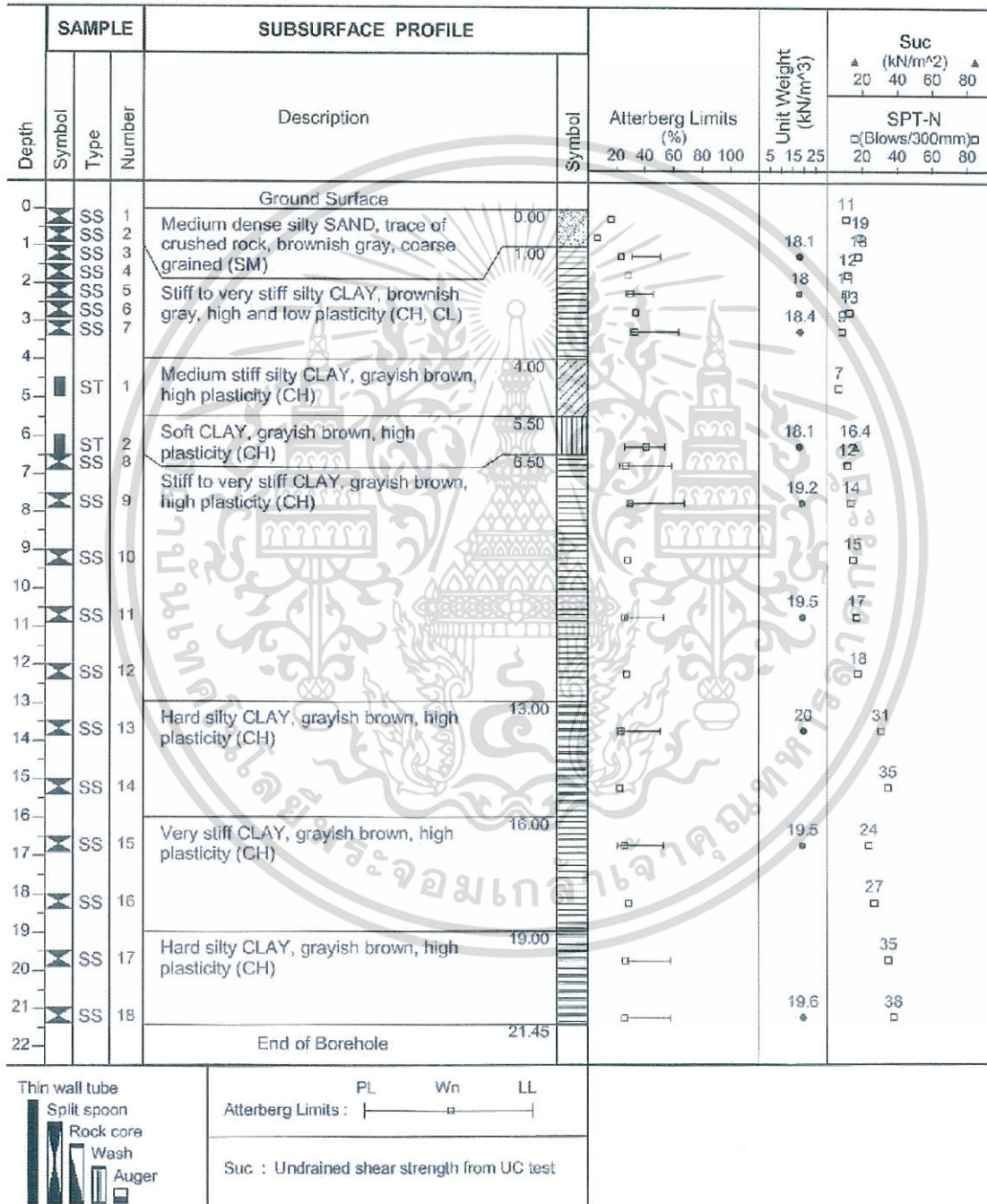
Station : 20+000 LT.

G.W.L (m) : 2.65

Date Started : 28/10/2555

Total Depth (m) : 21.45

Date Finished : 28/10/2555



รูปที่ ก-7 ผลการเจาะสำรวจสภาพชั้นดินโดย วิธี Boring Log และ Field Vane Shear (BH-7)

Station 20+000 LT

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Project No : 12298

Borehole Number : BH-8

Page 1 of 1

Project : ก่อสร้างถนนสาย ปท.1021 แยก ทล.1-แยก ทล.3261 (ตอนที่ 2)

Site Location : จังหวัดปทุมธานี

Ground Elevation (m) :

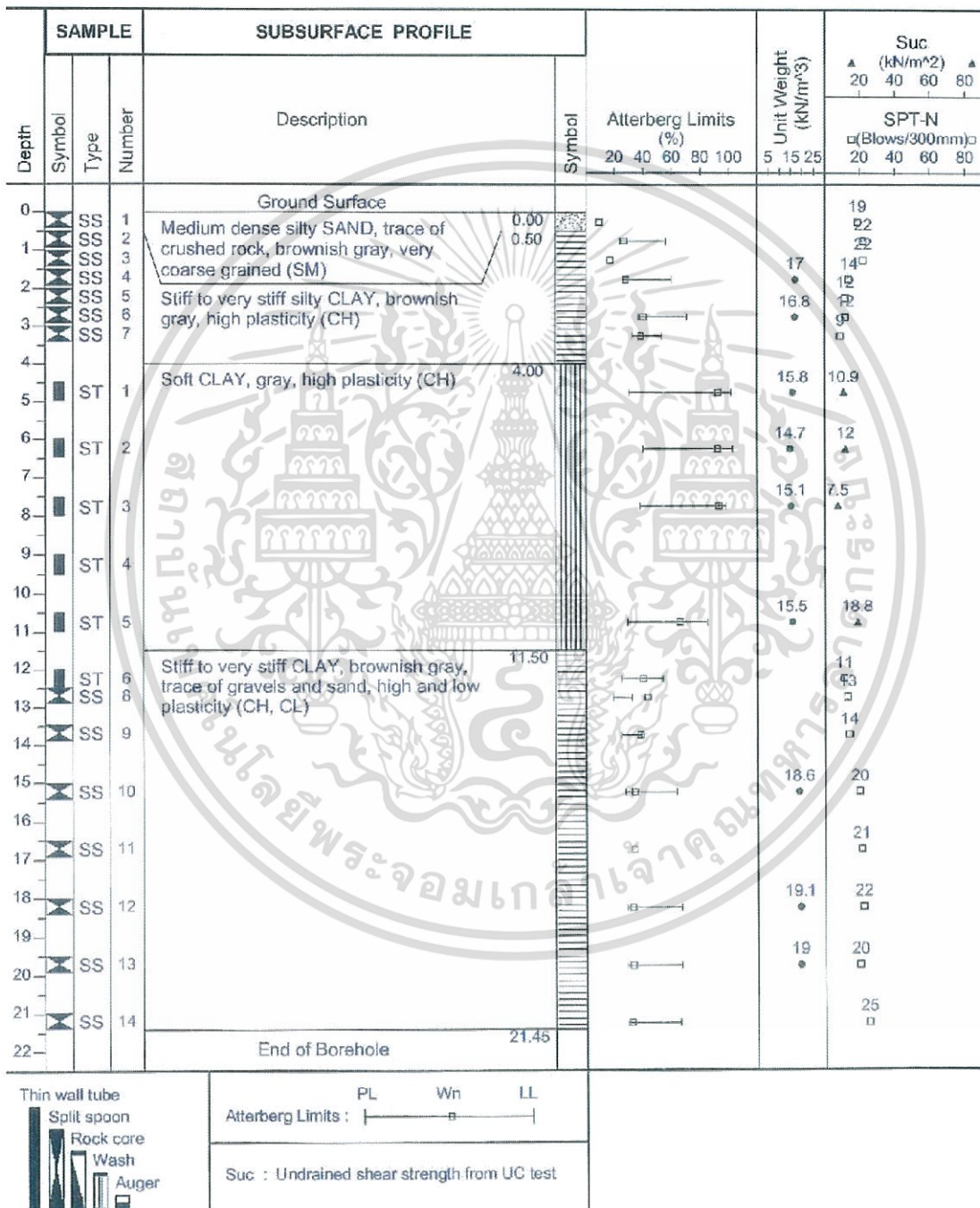
Station : 21+000 LT.

G.W.L (m) : 2.45

Date Started : 27/10/2555

Total Depth (m) : 21.45

Date Finished : 27/10/2555



รูปที่ ก-8 ผลการเจาะสำรวจสภาพชั้นดินโดย วิธี Boring Log และ Field Vane Shear (BH-8)

Station 21+000 LT

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Project No : 12298

Borehole Number : BH-9

Page 1 of 1

Project : ก่อสร้างถนนสาย ปท.1021 แยก ทล.1-แยก ทล.3261 (ตอนที่ 2)

Site Location : จังหวัดปทุมธานี

Ground Elevation (m) :

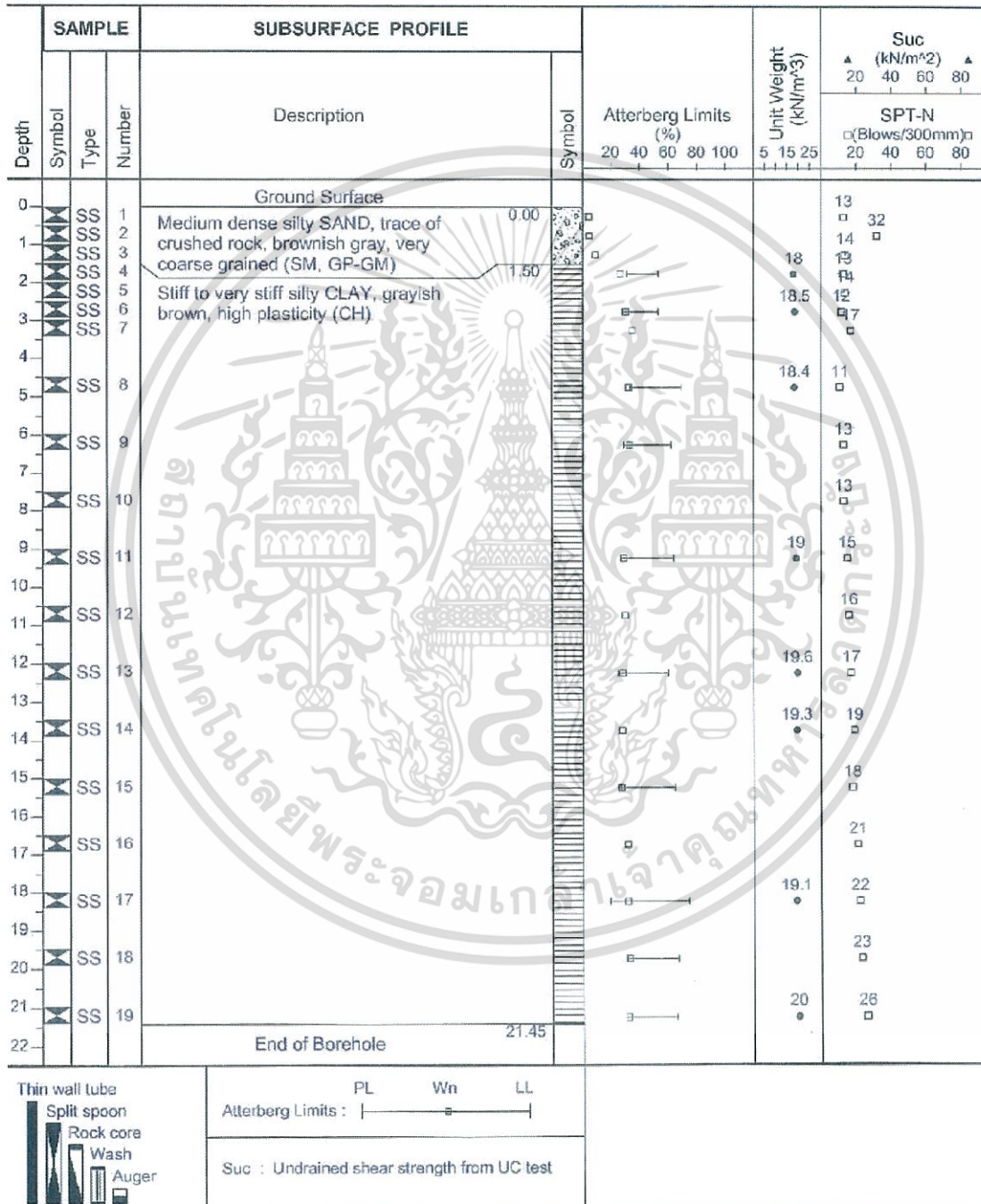
Station : 22+000 LT.

G.W.L (m) : 2.50

Date Started : 26/10/2555

Total Depth (m) : 21.45

Date Finished : 26/10/2555



รูปที่ ก-9 ผลการเจาะสำรวจสภาพชั้นดินโดย วิธี Boring Log และ Field Vane Shear (BH-9)

Station 22+000 LT

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Project No : 12298

Borehole Number : BH-10

Page 1 of 1

Project : ก่อสร้างถนนสาย ปท.1021 แยก ทล.1-แยก ทล.3261 (ตอนที่ 2)

Site Location : จังหวัดปทุมธานี

Ground Elevation (m) :

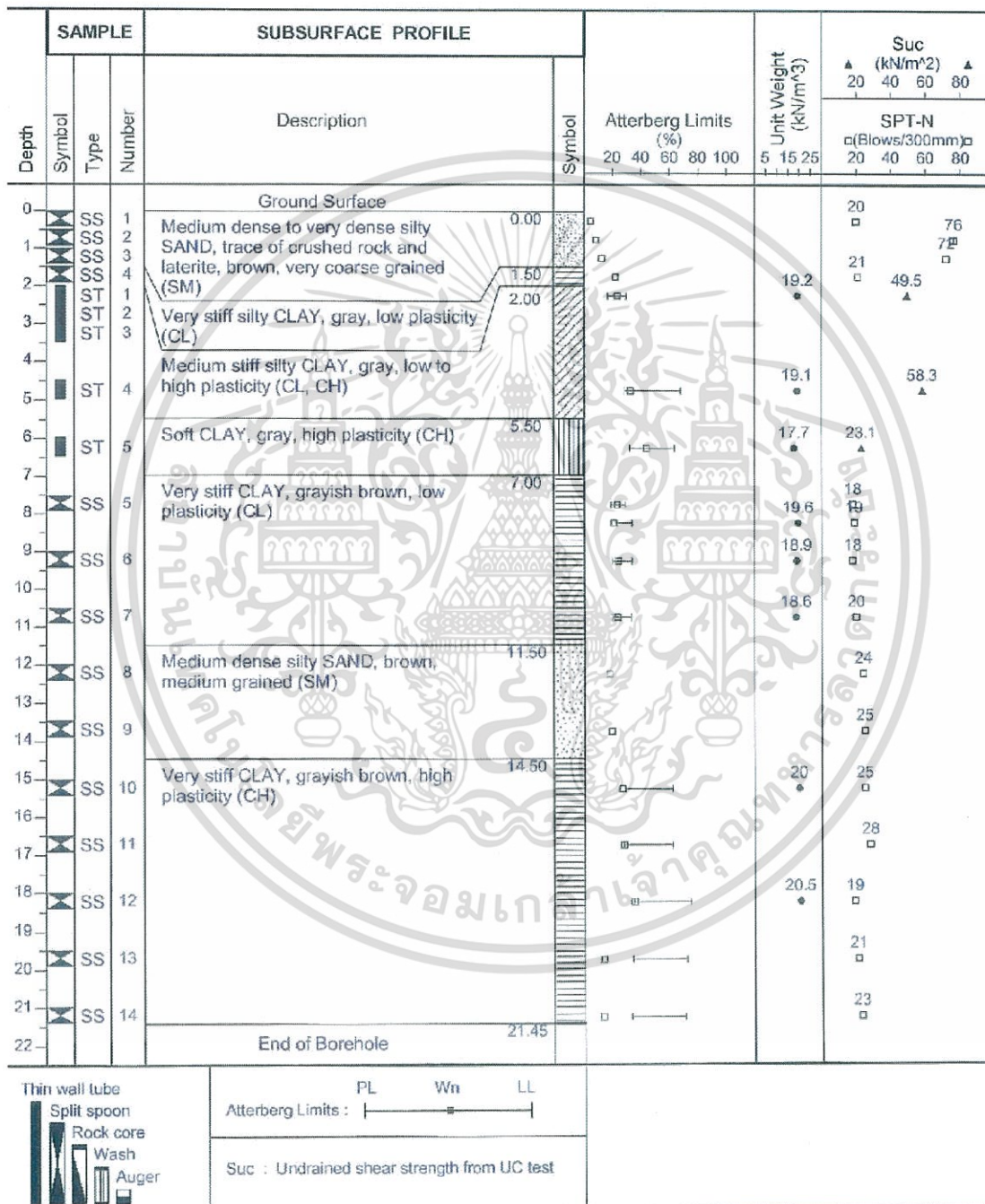
Station : 23+000 LT.

G.W.L (m) : 1.70

Date Started : 22/10/2555

Total Depth (m) : 21.45

Date Finished : 22/10/2555



รูปที่ ก-10 ผลการเจาะสำรวจสภาพชั้นดินโดย วิธี Boring Log และ Field Vane Shear (BH-10)

Station 23+000 LT

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Project No : 12298

Borehole Number : BH-11

Page 1 of 1

Project : ก่อสร้างถนนสาย ปท.1021 แยก ทล.1-แยก ทล.3261 (ตอนที่ 2)

Site Location : จังหวัดปทุมธานี

Ground Elevation (m) :

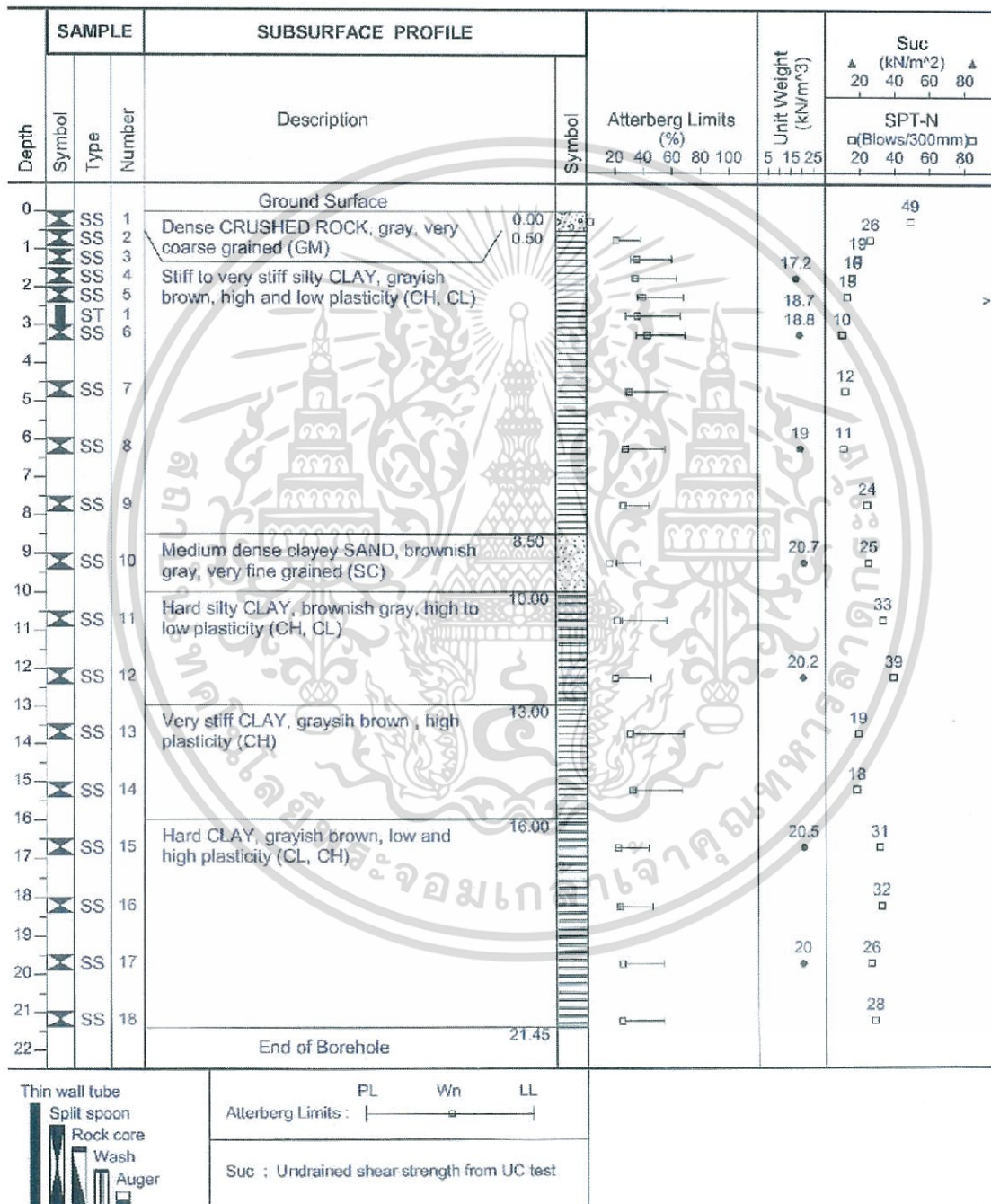
Station : 24+000 LT.

G.W.L (m) : 1.70

Date Started : 21/10/2555

Total Depth (m) : 21.45

Date Finished : 21/10/2555



รูปที่ ก-11 ผลการเจาะสำรวจสภาพชั้นดินโดย วิธี Boring Log และ Field Vane Shear (BH-11)

Station 24+000 LT

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Project No : 12298

Borehole Number : BH-12

Page 1 of 1

Project : ก่อสร้างถนนสาย ปท.1021 แยก ทล.1-แยก ทล.3261 (ตอนที่ 2)

Site Location : จังหวัดปทุมธานี

Co-ordinate (N) : 14° 14' 42.2"

Ground Elevation (m) :

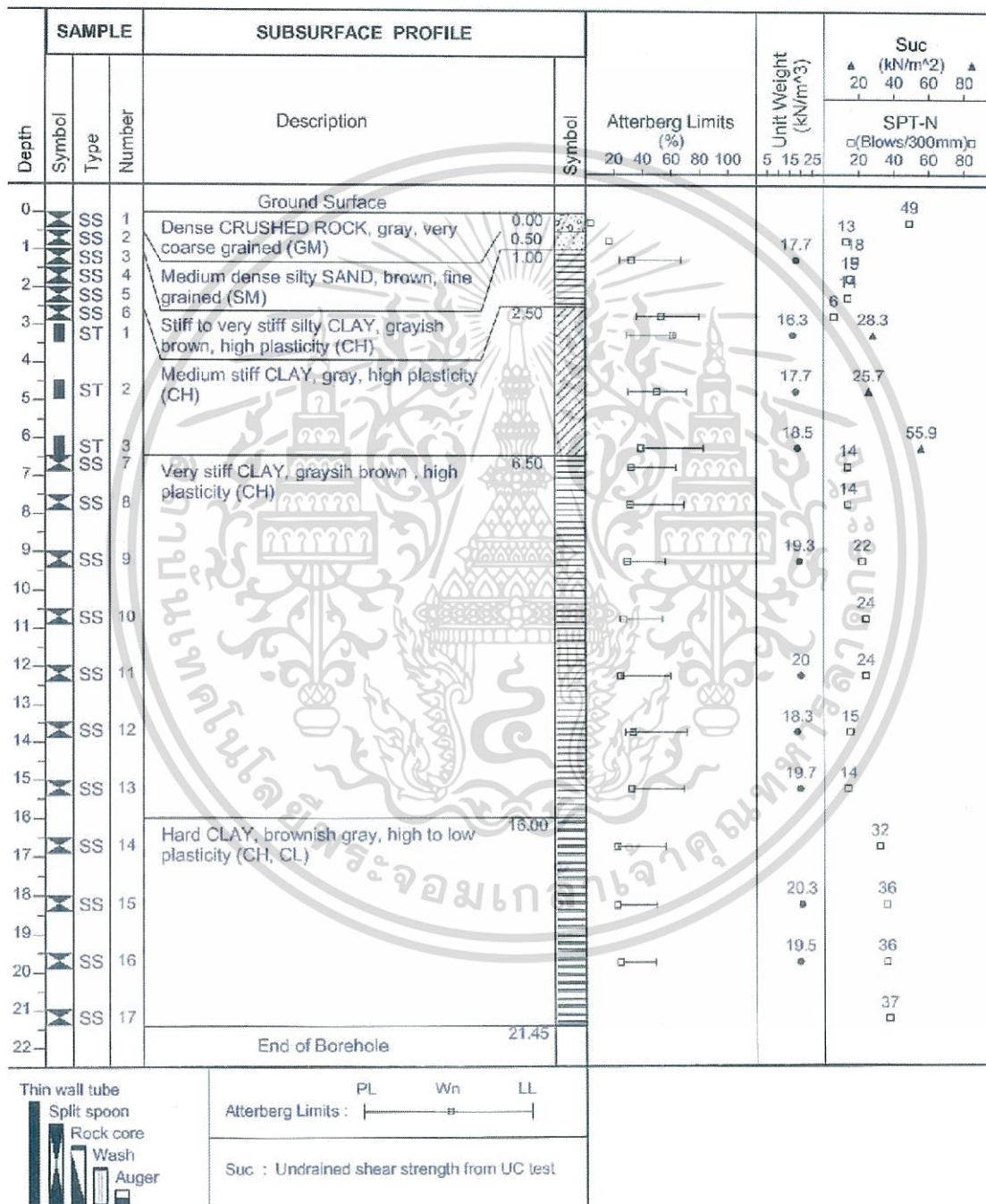
Co-ordinate (E) : 100° 49' 36.7"

G.W.L (m) : 1.70

Date Started : 20/10/2555

Total Depth (m) : 21.45

Date Finished : 20/10/2555



รูปที่ ก-12 ผลการเจาะสำรวจสภาพชั้นดินโดย วิธี Boring Log และ Field Vane Shear (BH-12)

Station 25+000 LT

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Project No : 12298

Borehole Number : BH-13

Page 1 of 1

Project : ก่อสร้างถนนสาย ปท.1021 แยก ทล.1-แยก ทล.3261 (ตอนที่ 2)

Site Location : จังหวัดปทุมธานี

Co-ordinate (N) : 14° 14' 57.4"

Ground Elevation (m) :

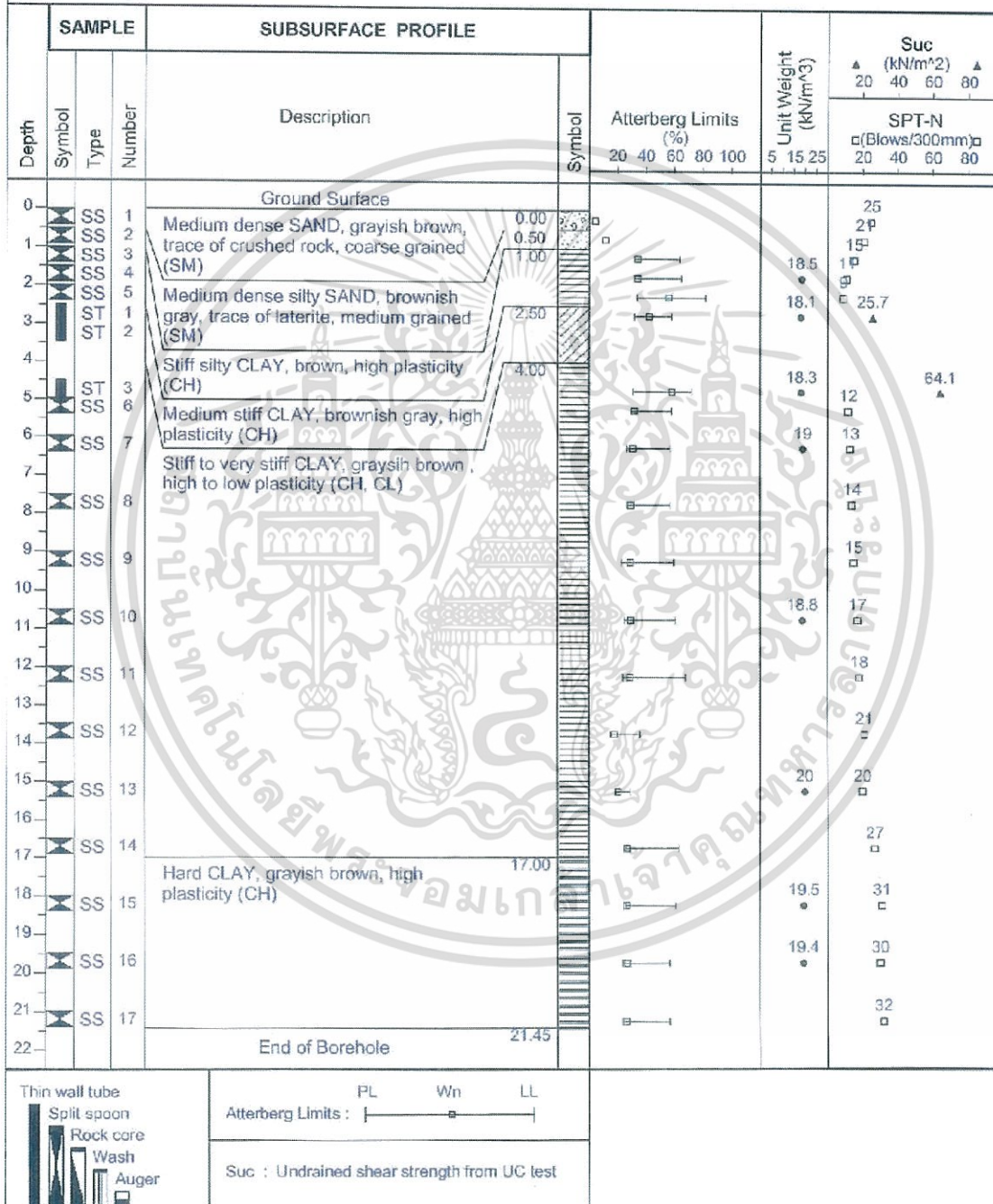
Co-ordinate (E) : 100° 50' 9.9"

G.W.L (m) : 1.70

Date Started : 19/10/2555

Total Depth (m) : 21.45

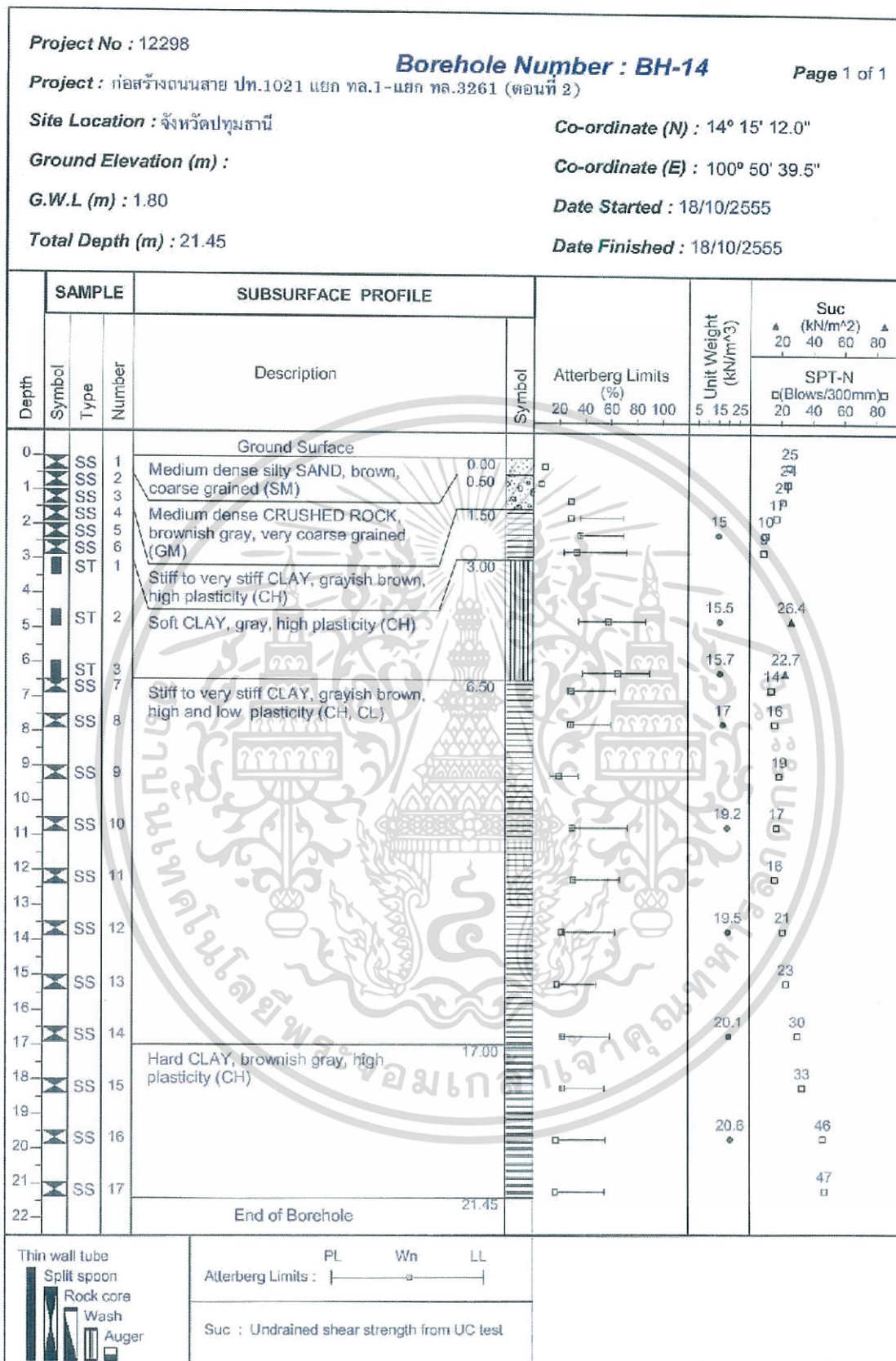
Date Finished : 19/10/2555



รูปที่ ก-13 ผลการเจาะสำรวจสภาพชั้นดินโดย วิธี Boring Log และ Field Vane Shear (BH-13)

Station 26+000 LT

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ก-14 ผลการเจาะสำรวจสภาพชั้นดินโดย วิธี Boring Log และ Field Vane Shear (BH-14)

Station 27+000 LT

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Project No : 12298

Borehole Number : BH-15

Page 1 of 2

Project : ก่อสร้างถนนสาย ปท.1021 แยก ทล.1-แยก ทล.3261 (ตอนที่ 2)

Site Location : จังหวัดปทุมธานี

Ground Elevation (m) :

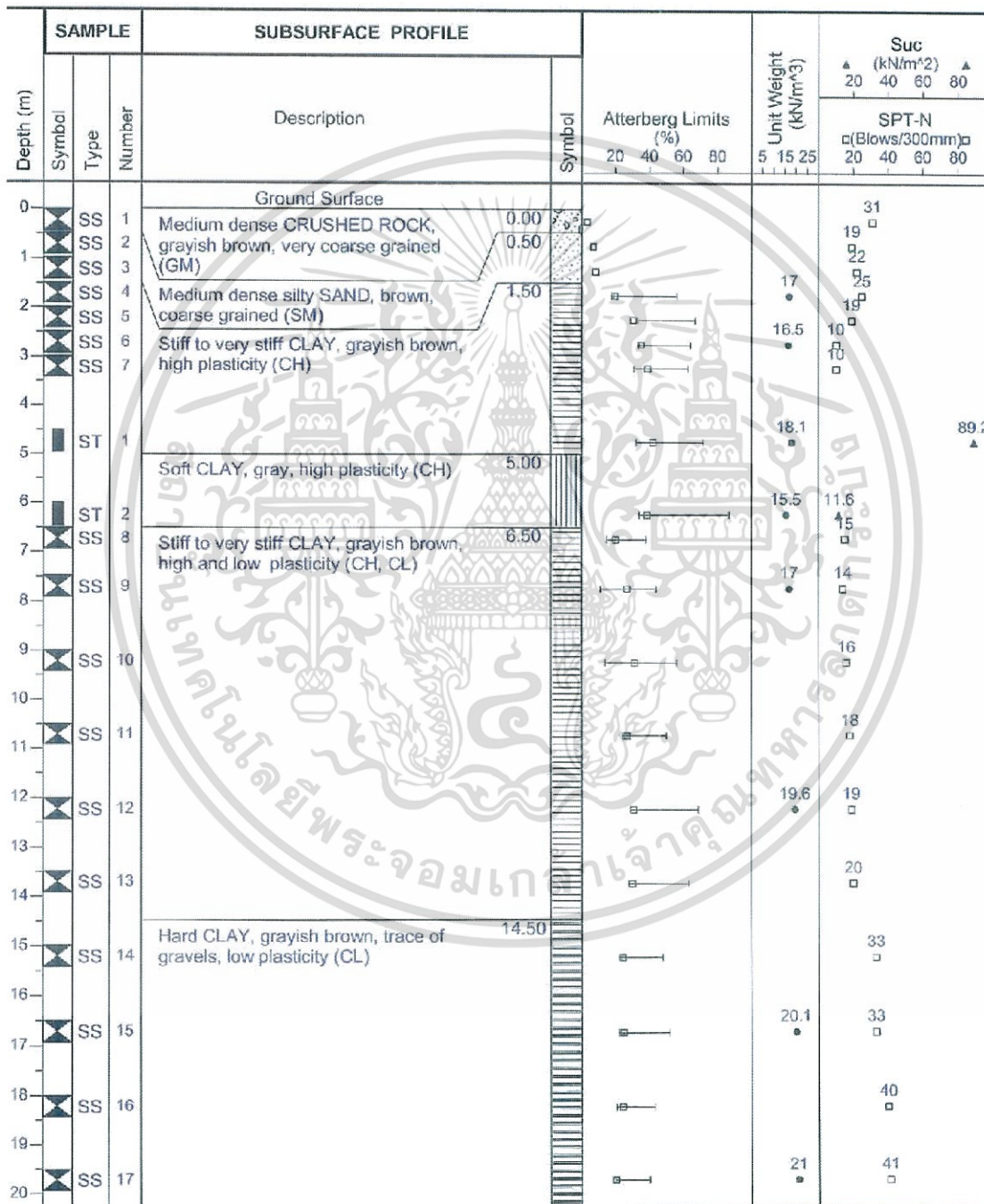
Station : 27+200 LT.

G.W.L (m) : 1.80

Date Started : 24/10/2555

Total Depth (m) : 30.45

Date Finished : 25/10/2555



รูปที่ ก-15 ผลการเจาะสำรวจสภาพชั้นดินโดย วิธี Boring Log และ Field Vane Shear (BH-15)

Station 27+200 LT. (ส่วนแรก)

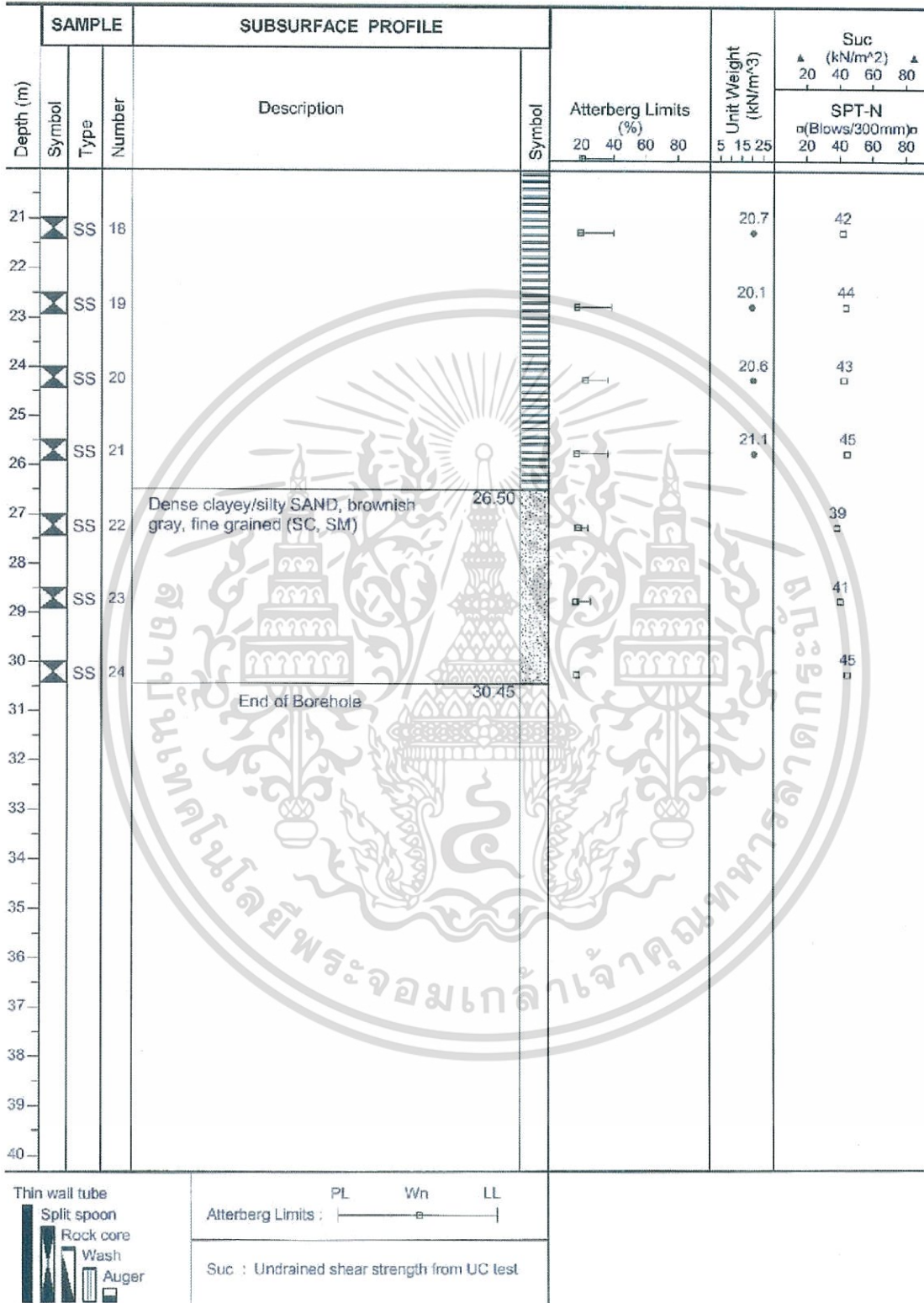
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Project No : 12298

Borehole Number : BH-15

Page 2 of 2

Project : ก่อสร้างถนนสาย ปท.1021 แยก ทล.1-แยก ทล.3261 (ตอนที่ 2)



รูปที่ ก-16 ผลการเจาะสำรวจสภาพชั้นดินโดย วิธี Boring Log และ Field Vane Shear (BH-15)

Station 27+200 LT (ส่วนหลัง)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Project No : 12298

Borehole Number : BH-16

Page 1 of 1

Project : ก่อสร้างถนนสาย ปท.1021 แยก ทล.1-แยก ทล.3261 (ตอนที่ 2)

Site Location : จังหวัดปทุมธานี

Co-ordinate (N) : 14° 15' 26.2"

Ground Elevation (m) :

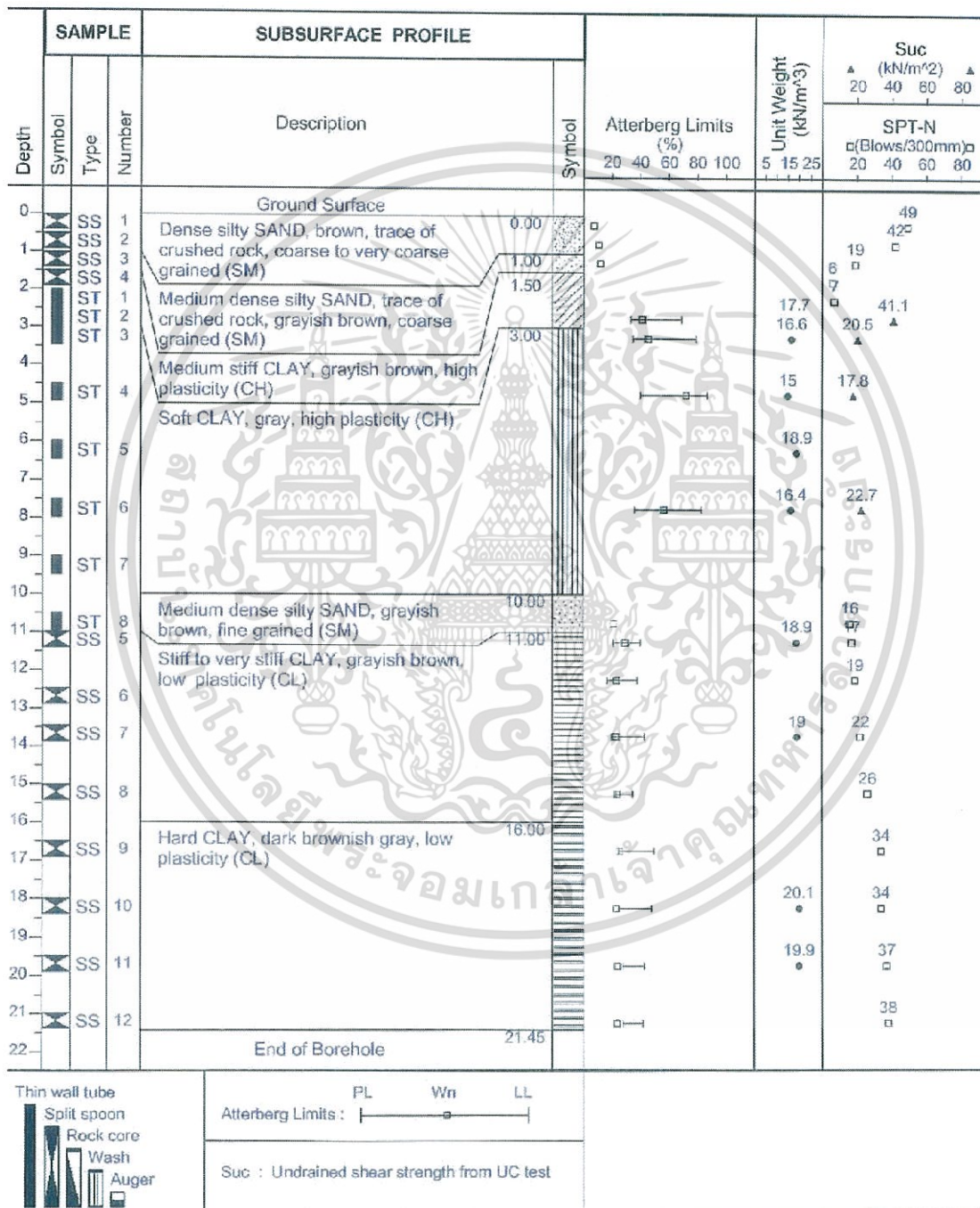
Co-ordinate (E) : 100° 51' 9.5"

G.W.L (m) : 1.80

Date Started : 17/10/2555

Total Depth (m) : 21.45

Date Finished : 17/10/2555



รูปที่ ก-17 ผลการเจาะสำรวจสภาพชั้นดินโดย วิธี Boring Log และ Field Vane Shear (BH-16)

Station 28+000 LT

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Project No : 12298

Borehole Number : BH-17

Page 1 of 1

Project : ก่อสร้างถนนสาย ปท.1021 แยก ทล.1-แยก ทล.3261 (ตอนที่ 2)

Site Location : จังหวัดปทุมธานี

Co-ordinate (N) : 14° 15' 40.6"

Ground Elevation (m) :

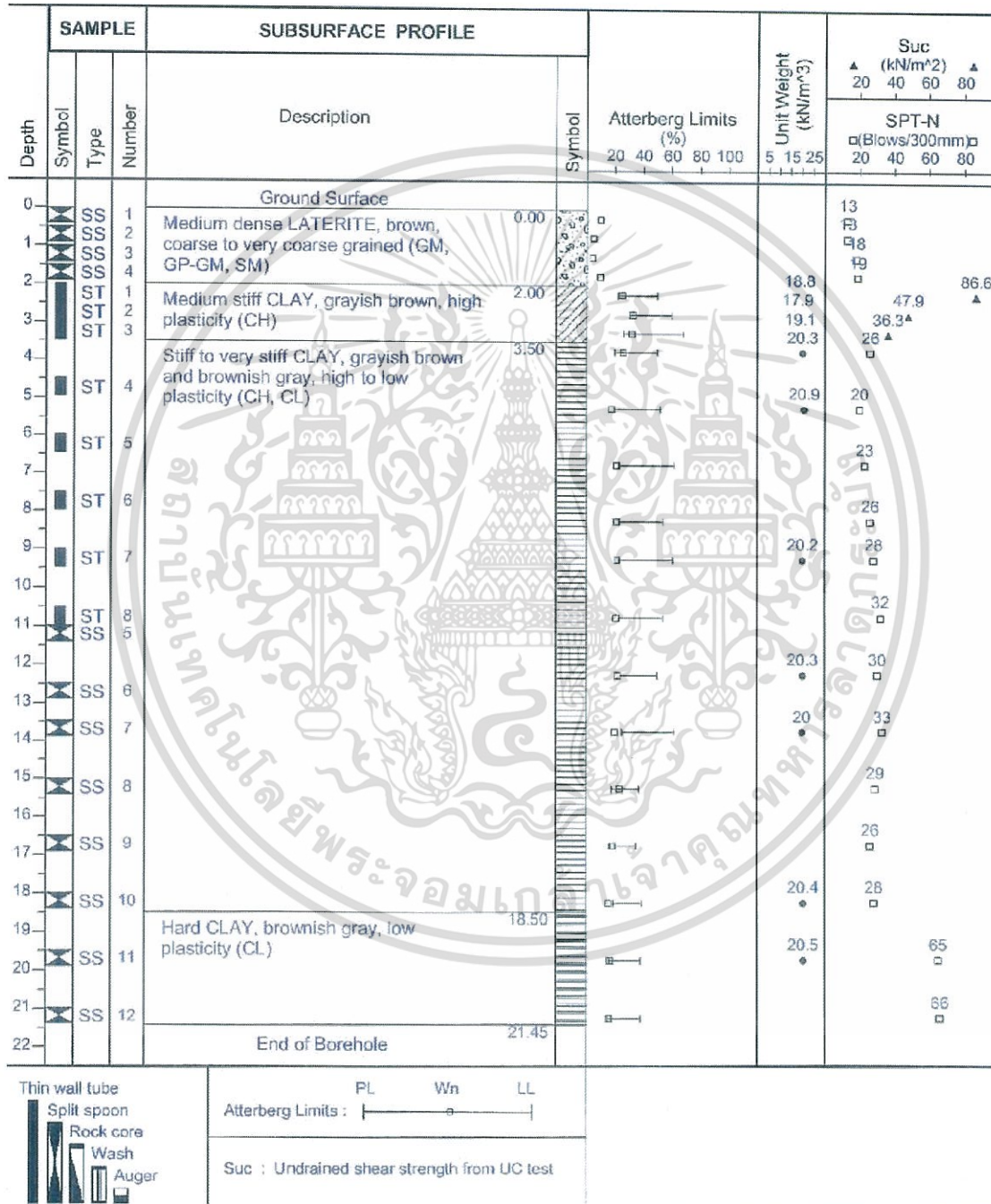
Co-ordinate (E) : 100° 51' 39.6"

G.W.L (m) : 2.00

Date Started : 16/10/2555

Total Depth (m) : 21.45

Date Finished : 16/10/2555



รูปที่ ก-18 ผลการเจาะสำรวจสภาพชั้นดินโดย วิธี Boring Log และ Field Vane Shear (BH-17)

Station 29+000 LT

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Project No : 12298

Borehole Number : BH-18

Page 1 of 1

Project : ก่อสร้างถนนสาย ปท.1021 แยก ทล.1-แยก ทล.3261 (ตอนที่ 2)

Site Location : จังหวัดปทุมธานี

Co-ordinate (N) : 14° 15' 54.9"

Ground Elevation (m) :

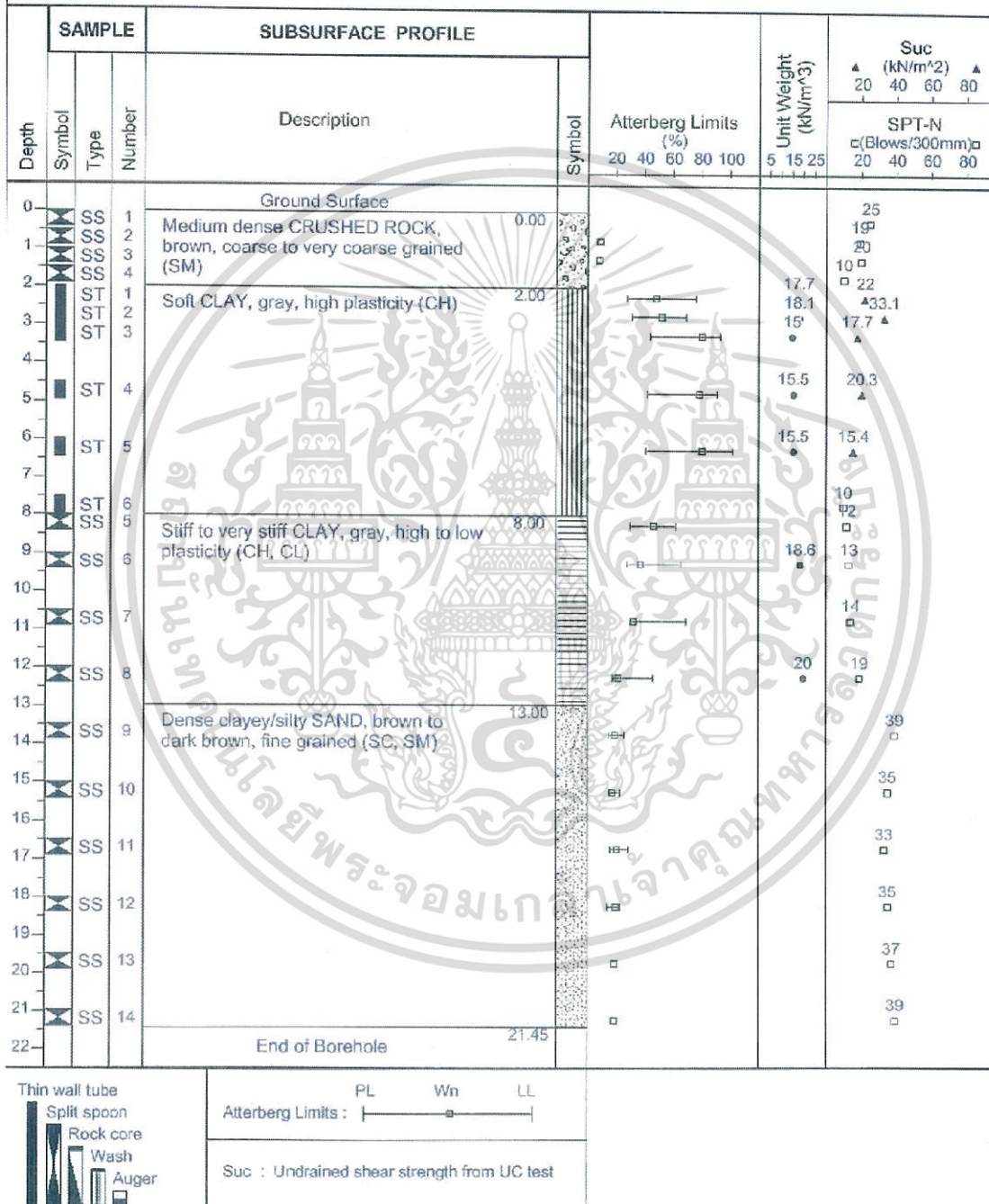
Co-ordinate (E) : 100° 52' 9.9"

G.W.L (m) : 1.70

Date Started : 15/10/2555

Total Depth (m) : 21.45

Date Finished : 15/10/2555



รูปที่ ก-19 ผลการเจาะสำรวจสภาพชั้นดินโดย วิธี Boring Log และ Field Vane Shear (BH-18)

Station 30+000 LT

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Project No : 12298

Borehole Number : BH-19

Page 1 of 1

Project : ก่อสร้างถนนสาย ปท.1021 แยก ทล.1-แยก ทล.3261 (ตอนที่ 2)

Site Location : จังหวัดปทุมธานี

Co-ordinate (N) : 14° 16' 8.3"

Ground Elevation (m) :

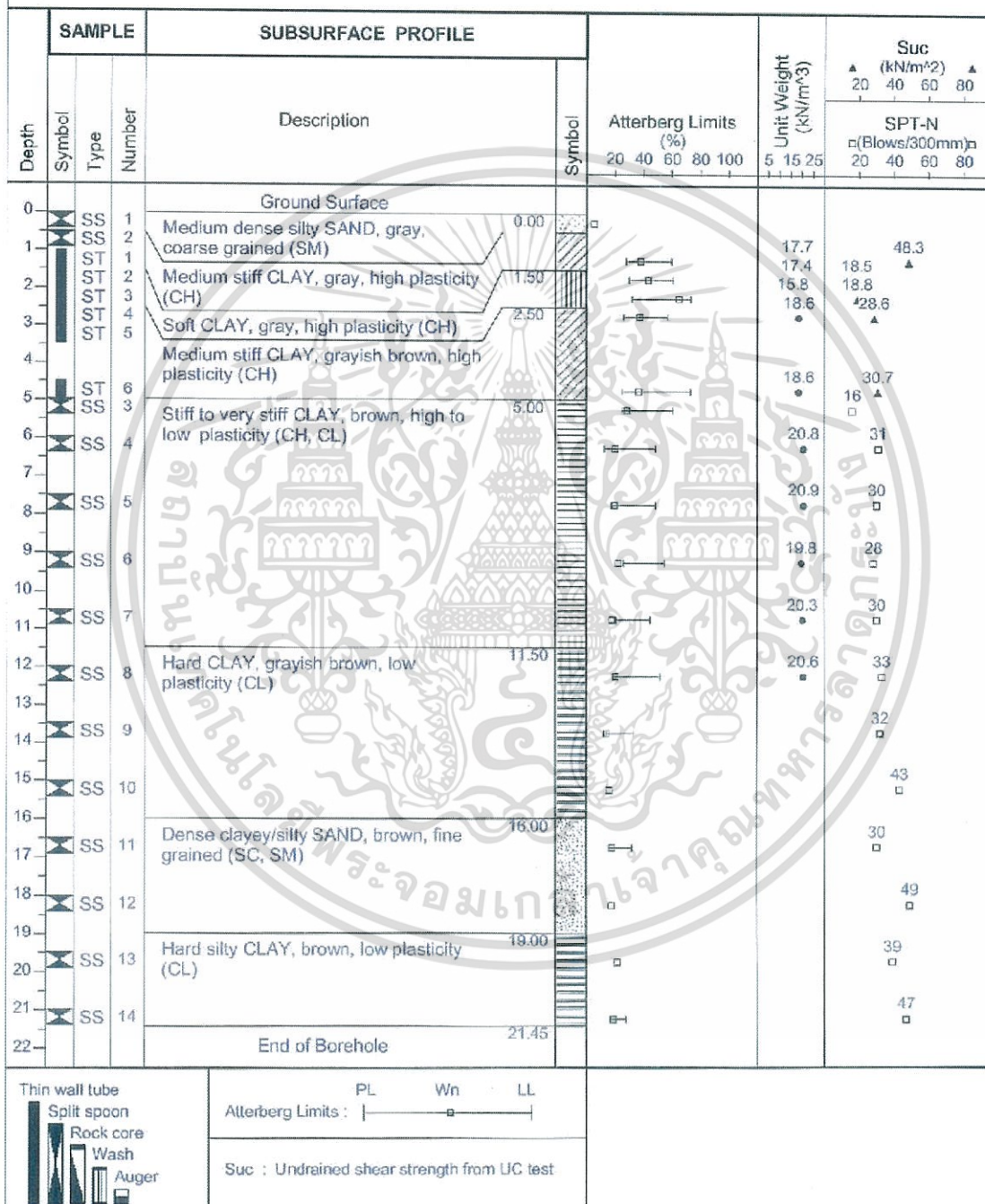
Co-ordinate (E) : 100° 52' 37.4"

G.W.L (m) : 1.70

Date Started : 13/10/2555

Total Depth (m) : 21.45

Date Finished : 14/10/2555



รูปที่ ก-20 ผลการเจาะสำรวจสภาพชั้นดินโดย วิธี Boring Log และ Field Vane Shear (BH-19)

Station 31+000 LT

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Project No : 12298

Borehole Number : BH-20

Page 1 of 1

Project : ก่อสร้างถนนสาย ปท.1021 แยก ทล.1-แยก ทล.3261 (ตอนที่ 2)

Site Location : จังหวัดปทุมธานี

Co-ordinate (N) : 14° 16' 22.9"

Ground Elevation (m) :

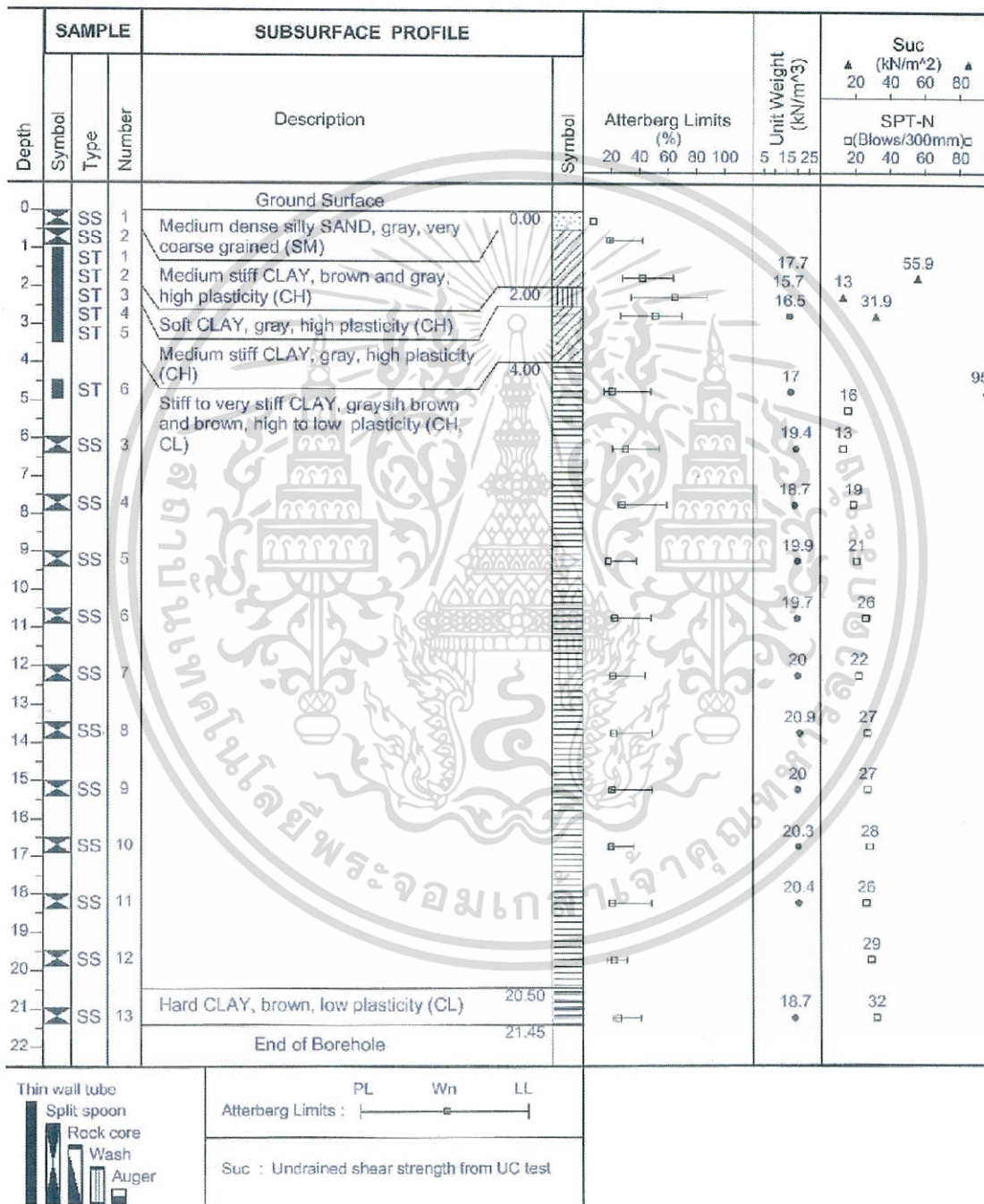
Co-ordinate (E) : 100° 53' 8.2"

G.W.L (m) : 2.00

Date Started : 11/10/2555

Total Depth (m) : 21.45

Date Finished : 12/10/2555



รูปที่ ก-21 ผลการเจาะสำรวจสภาพชั้นดินโดย วิธี Boring Log และ Field Vane Shear (BH-20)

Station 32+000 LT

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาคผนวก ข

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข-1 ตารางแสดงปริมาณงานเสาเข็มคอนกรีตอัดแรงสี่เหลี่ยมขนาด 40x40 cm. ยาว 18 m.

ตารางแสดงปริมาณงานเสาเข็มคอนกรีตเสริมเหล็ก									
โครงการ	กรณีศึกษา								
ลำดับ	รายการ	ปริมาณ	หน่วย	ค่าวัสดุ		ค่าแรงงาน		หมายเหตุ	
				ราคาต่อหน่วย	บาท	ราคาต่อหน่วย	บาท		
	เสาเข็มคอนกรีตเสริมเหล็ก ยาว	18.00	ม.	1	ตัน				
	ขนาด SQ	0.40	X	0.40	ม.				
	ต่อความยาวเสาเข็ม =	NO		ป้องกันแผ่นดินไหว =	NO				
1	งานคอนกรีต			2.880	ลบ.ม.	2,700.00	7,776.00	250.00	720.00
2	งานไม้แบบ			21.666	ตร.ม.	230.00	4,983.24	180.00	3,899.93
3	งานเหล็ก	กก./ม.							
	RB6	0.222		43.192	กก.	16.70	721.31	4.00	172.77
	RB9	0.499			กก.				
	DB12	0.888			กก.				
	DB16	1.580			กก.				
	DB20	2.470		177.84	กก.	15.23	2,709.04	4.00	711.36
	DB25	3.853			กก.				
	ลวดอัดแรง	SPC9		138.240	กก.	44.33	6,128.18	5.00	691.20
	ลวดผูกเหล็ก				กก.				
4	ค่าขนส่ง			1	ตัน	1,000.00	1,000.00		
5	ค่าตอกเสาเข็ม			18	เมตร	62.72	1,128.96		
6	ค่าตัดหัวเสาเข็ม			1	ตัน	250.00	250.00		
	สรุปราคาต่อต้น						30,891.98	บาท/ตัน	
	เฉลี่ย						1,716.22	บาท/เมตร	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข-2 ตารางแสดงปริมาณงานเสาเข็มคอนกรีตอัดแรงสี่เหลี่ยมขนาด 40x40 cm. ยาว 10 m.

ตารางแสดงปริมาณงานเสาเข็มคอนกรีตเสริมเหล็ก									
โครงการ		กรณีศึกษา							
ลำดับ	รายการ	ปริมาณ	หน่วย	ค่าวัสดุ		ค่าแรงงาน		หมายเหตุ	
				ราคาต่อหน่วย	บาท	ราคาต่อหน่วย	บาท		
	เสาเข็มคอนกรีตเสริมเหล็ก ยาว	10.00	ม.	1	ตัน				
	ขนาด SQ	0.40	X	0.40	ม.				
	ต่อความยาวเสาเข็ม =		NO	ป้องกันแผ่นดินไหว =		NO			
1	งานคอนกรีต			1.600	ลบ.ม.	2,700.00	4,320.00	250.00	400.00
2	งานไม้แบบ			12.066	ตร.ม.	230.00	2,775.24	180.00	2,171.93
3	งานเหล็ก	กก./ม.							
	RB6	0.222		28.132	กก.	16.70	469.80	4.00	112.53
	RB9	0.499		-	กก.				
	DB12	0.888		-	กก.				
	DB16	1.580		-	กก.				
	DB20	2.470		98.8	กก.	15.23	1,505.02	4.00	395.20
	DB25	3.853		-	กก.				
	ลวดอัดแรง	SPC9		82.944	กก.	44.33	3,676.91	5.00	414.72
	ลวดผูกเหล็ก			-	กก.				
4	ค่าขนส่ง			1	ตัน	1,000.00	1,000.00		
5	ค่าดอกเสาเข็ม			10	เมตร	62.72	627.20		
6	ค่าตัดหัวเสาเข็ม			1	ตัน	250.00	250.00		
	สรุปราคาต่อตัน						18,118.54	บาท/ตัน	
	เฉลี่ย						1,811.85	บาท/เมตร	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข-3 ตารางแสดงปริมาณงานเสาเข็มคอนกรีตอัดแรงสี่เหลี่ยมขนาด 40x40 cm. ยาว 6 m.

ตารางแสดงปริมาณงานเสาเข็มคอนกรีตเสริมเหล็ก									
โครงการ กรณีศึกษา									
ลำดับ	รายการ	ปริมาณ	หน่วย	ค่าวัสดุ		ค่าแรงงาน		หมายเหตุ	
				ราคาต่อหน่วย	บาท	ราคาต่อหน่วย	บาท		
	เสาเข็มคอนกรีตเสริมเหล็ก ยาว	6.00	ม.	1	ตัน				
	ขนาด SQ	0.40	X	0.40	ม.				
	ต่อความยาวเสาเข็ม =	NO		ป้องกันแผ่นดินไหว =	NO				
1	งานคอนกรีต			0.960	ลบ.ม.	2,700.00	2,592.00	250.00	240.00
2	งานไม้แบบ			7.266	ตร.ม.	230.00	1,671.24	180.00	1,307.93
3	งานเหล็ก	กก./ม.							
	RB6	0.222		20.460	กก.	16.70	341.67	4.00	81.84
	RB9	0.499		-	กก.				
	DB12	0.888		-	กก.				
	DB16	1.580		-	กก.				
	DB20	2.470		59.28	กก.	15.23	903.01	4.00	237.12
	DB25	3.853		-	กก.				
	ลวดอัดแรง	SPC9		55.296	กก.	44.33	2,451.27	5.00	276.48
	ลวดผูกเหล็ก			-	กก.				
4	ค่าขนส่ง			1	ตัน	1,000.00	1,000.00		
5	ค่าตอกเสาเข็ม			6	เมตร	20.00	120.00		
6	ค่าตัดหัวเสาเข็ม			1	ตัน	250.00	250.00		
	สรุปราคาต่อต้น			-			11,472.56	บาท/ต้น	
	เฉลี่ย			-			1,912.09	บาท/เมตร	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข-4 ตารางแสดงปริมาณงานเสาเข็มคอนกรีตอัดแรง I ขนาด 26x26 cm. ยาว 19 m.

ตารางแสดงปริมาณงานเสาเข็มคอนกรีตเสริมเหล็ก									
โครงการ กรณีศึกษา									
ลำดับ	รายการ	ปริมาณ	หน่วย	ค่าวัสดุ		ค่าแรงงาน		หมายเหตุ	
				ราคาต่อหน่วย	บาท	ราคาต่อหน่วย	บาท		
	เสาเข็มคอนกรีตเสริมเหล็ก ยาว	19.00	ม.	1	ตัน				
	ขนาด I	0.26	X	0.26	ม.				
	ต่อความยาวเสาเข็ม =	NO		ป้องกันแผ่นดินไหว =	NO				
1	งานคอนกรีต			0.929	ลบ.ม.	2,700.00	2,508.57	150.00	139.37
2	งานไม้แบบ			16.526	ตร.ม.	230.00	3,800.89	155.00	2,561.47
3	งานเหล็ก	กก./ม.							
	RB6	0.222			กก.				
	RB9	0.499			กก.				
	DB12	0.888			กก.				
	DB16	1.580			กก.				
	DB20	2.470	187.1272		กก.	15.23	2,850.51	4.00	748.51
	DB25	3.853			กก.				
	ลวดอัดแรง CD 4 mm	0.099	16.615		กก.	44.00	731.07	3.00	49.85
	ลวดอัดแรง CD 3 mm	0.056	14.716		กก.	44.00	647.52	3.00	44.15
4	ค่าขนส่ง			1	ตัน	600.00	600.00		
5	ค่าตอกเสาเข็ม			19.00	เมตร	62.72	1,191.68		
6	ค่าตัดหัวเสาเข็ม			1	ตัน	120.00	120.00		
	สรุปราคาต่อต้น						15,993.57	บาท/ต้น	
	เฉลี่ย						841.77	บาท/เมตร	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข-5 ตารางแสดงปริมาณงานเสาเข็มคอนกรีตอัดแรง | ขนาด 26x26 cm. ยาว 18 m.

ตารางแสดงปริมาณงานเสาเข็มคอนกรีตเสริมเหล็ก									
โครงการ กรณีศึกษา									
ลำดับ	รายการ	ปริมาณ	หน่วย	ค่าวัสดุ		ค่าแรงงาน		หมายเหตุ	
	เสาเข็มคอนกรีตเสริมเหล็ก ยาว	18.00	ม.	1	ตัน				
	ขนาด I	0.26	X	0.26	ม.				
	ต่อความยาวเสาเข็ม =	NO		ป้องกันแผ่นดินไหว =	NO				
1	งานคอนกรีต			0.880	ลบ.ม.	2,700.00	2,376.54	150.00	132.03
2	งานไม้แบบ			15.683	ตร.ม.	230.00	3,607.14	155.00	2,430.90
3	งานเหล็ก	กก./ม.							
	RB6	0.222			กก.				
	RB9	0.499			กก.				
	DB12	0.888			กก.				
	DB16	1.580			กก.				
	DB20	2.470	177.2472		กก.	15.23	2,700.01	4.00	708.99
	DB25	3.853			กก.				
	ลวดอัดแรง CD 4 mm	0.099	15.824		กก.	44.00	696.26	3.00	47.47
	ลวดอัดแรง CD 3 mm	0.056	13.939		กก.	44.00	613.33	3.00	41.82
4	ค่าขนส่ง		1		ตัน	600.00	600.00		
5	ค่าตอกเสาเข็ม		18.00		เมตร	62.72	1,128.96		
6	ค่าตัดหัวเสาเข็ม		1		ตัน	120.00	120.00		
	สรุปราคาต่อต้น						15,203.44	บาท/ต้น	
	เฉลี่ย						844.64	บาท/เมตร	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข-6 ตารางแสดงปริมาณงานเสาเข็มคอนกรีตอัดแรง I ขนาด 26x26 cm. ยาว 10.50 m.

ตารางแสดงปริมาณงานเสาเข็มคอนกรีตเสริมเหล็ก									
โครงการ กรณีศึกษา									
ลำดับ	รายการ	ปริมาณ	หน่วย	ค่าวัสดุ		ค่าแรงงาน		หมายเหตุ	
	เสาเข็มคอนกรีตเสริมเหล็ก ยาว	10.50	ม.	1	ตัน				
	ขนาด I	0.26	X	0.26	ม.				
	ต่อความยาวเสาเข็ม =	NO		ป้องกันแผ่นดินไหว =	NO				
1	งานคอนกรีต			0.513	ลบ.ม.	2,700.00	1,386.32	150.00	77.02
2	งานไม้แบบ			9.365	ตร.ม.	230.00	2,154.00	155.00	1,451.61
3	งานเหล็ก	กก./ม.							
	RB6	0.222			กก.				
	RB9	0.499			กก.				
	DB12	0.888			กก.				
	DB16	1.580			กก.				
	DB20	2.470		103.1472	กก.	15.23	1,571.24	4.00	412.59
	DB25	3.853			กก.				
	ลวดอัดแรง CD 4 mm	0.099		9.890	กก.	44.00	435.16	3.00	29.67
	ลวดอัดแรง CD 3 mm	0.056		8.112	กก.	44.00	356.92	3.00	24.34
4	ค่าขนส่ง			1	ตัน	375.00	375.00		
5	ค่าตอกเสาเข็ม			10.50	เมตร	62.72	658.56		
6	ค่าตัดหัวเสาเข็ม			1	ตัน	120.00	120.00		
	สรุปราคาต่อต้น						9,052.41	บาท/ต้น	
	เฉลี่ย						862.13	บาท/เมตร	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข-7 ตารางแสดงปริมาณงานเสาเข็มคอนกรีตอัดแรง I ขนาด 26x26 cm. ยาว 10 m.

ตารางแสดงปริมาณงานเสาเข็มคอนกรีตเสริมเหล็ก									
โครงการ กรณีศึกษา									
ลำดับ	รายการ	ปริมาณ	หน่วย	ค่าวัสดุ		ค่าแรงงาน		หมายเหตุ	
	เสาเข็มคอนกรีตเสริมเหล็ก ยาว	10.00	ม.	1	ตัน				
	ขนาด I	0.26	X	0.26	ม.				
	ต่อความยาวเสาเข็ม =	NO		ป้องกันแผ่นดินไหว =	NO				
1	งานคอนกรีต			0.489	ลบ.ม.	2,700.00	1,320.30	150.00	73.35
2	งานไม้แบบ			8.944	ตร.ม.	230.00	2,057.12	155.00	1,386.32
3	งานเหล็ก	กก./ม.							
	RB6	0.222			กก.				
	RB9	0.499			กก.				
	DB12	0.888			กก.				
	DB16	1.580			กก.				
	DB20	2.470	98.2072		กก.	15.23	1,495.99	4.00	392.83
	DB25	3.853			กก.				
	ลวดอัดแรง CD 4 mm	0.099	9.494		กก.	44.00	417.75	3.00	28.48
	ลวดอัดแรง CD 3 mm	0.056	7.723		กก.	44.00	339.83	3.00	23.17
4	ค่าขนส่ง		1		ตัน	375.00	375.00		
5	ค่าตอกเสาเข็ม		10.00		เมตร	62.72	627.20		
6	ค่าตัดหัวเสาเข็ม		1		ตัน	120.00	120.00		
	สรุปราคาต่อต้น						8,657.34	บาท/ตัน	
	เฉลี่ย						865.73	บาท/เมตร	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

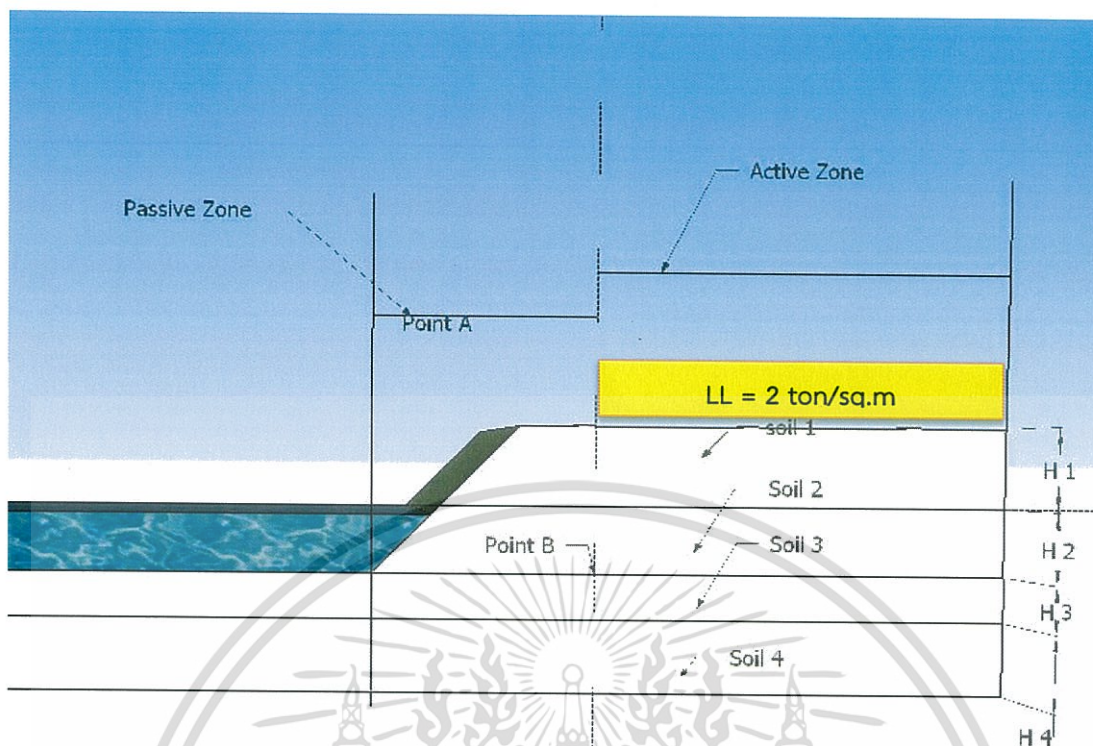
ตารางที่ ข-8 ตารางแสดงปริมาณงานเสาเข็มคอนกรีตอัดแรง I ขนาด 26x26 cm. ยาว 6.50 m.

ตารางแสดงปริมาณงานเสาเข็มคอนกรีตเสริมเหล็ก									
โครงการ กรณีศึกษา									
ลำดับ	รายการ	ปริมาณ	หน่วย	ค่าวัสดุ		ค่าแรงงาน		หมายเหตุ	
	เสาเข็มคอนกรีตเสริมเหล็ก ยาว	6.50	ม.	1	ตัน				
	ขนาด I	0.26	X	0.26	ม.				
	ต่อความยาวเสาเข็ม =	NO	ป้องกันแผ่นดินไหว =	NO					
1	งานคอนกรีต			0.318	ลบ.ม.	2,700.00	858.20	150.00	47.68
2	งานไม้แบบ			5.996	ตร.ม.	230.00	1,378.99	155.00	929.32
3	งานเหล็ก	กก./ม.							
	RB6	0.222			กก.				
	RB9	0.499			กก.				
	DB12	0.888			กก.				
	DB16	1.580			กก.				
	DB20	2.470		63.6272	กก.	15.23	969.23	4.00	254.51
	DB25	3.853			กก.				
	ลวดอัดแรง CD 4 mm	0.099		6.725	กก.	44.00	295.91	3.00	20.18
	ลวดอัดแรง CD 3 mm	0.056		5.004	กก.	44.00	220.17	3.00	15.01
4	ค่าขนส่ง			1	ตัน	230.77	230.77		
5	ค่าตอกเสาเข็ม			6.50	เมตร	20.00	130.00		
6	ค่าตัดหัวเสาเข็ม			1	ตัน	120.00	120.00		
	สรุปราคาต่อต้น						5,469.96		บาท/ต้น
	เฉลี่ย						841.53		บาท/เมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ค-1 แสดงการแบ่งโซนแรงต้านและแรงกระทำ (Passive Zone and Active Zone)

แรงที่เกิด บริเวณ BH-4

ตารางที่ ค-1 แรงที่เกิดจากน้ำหนักดินบริเวณ BH-4

Active Force from Earth				
Depth	unit weight	σ , kN/ตร.ม.	u , kN/ตร.ม.	σ' , kN/ตร.ม.
0	0	0	0	0
5.50	19	104.50	0	104.50
11.50	17	195.50	0	195.50
16.00	15	240.00	16.00	224.00

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค-2 แรงที่เกิดจากน้ำหนักบรรทุก (Live Load) บริเวณ BH-4

Active Force from Live Load				
Depth (Z)	X	σ , kN/ตร.ม.	u, kN/ตร.ม.	σ' , kN/ตร.ม.
0	5.5	0	0	0
5.50	5.5	20Ka	0	20Ka
11.50	5.5	20Ka	0	20Ka
16.00	5.5	20Ka	0	20Ka

ตารางที่ ค-3 แรงต้านจากดินบริเวณ BH-4

Passive Force from earth				
Depth	unit weight	σ , kN/ตร.ม.	u, kN/ตร.ม.	σ' , kN/ตร.ม.
0	0	0	0	0
5.50	19	104.50	0	104.50
11.50	17	195.50	0	195.50
16.00	15	240.00	16.00	224.00

ตารางที่ ค-4 แรงต้านจากน้ำบริเวณ BH-4

Passive Force from water				
Depth	unit weight	σ , kN/ตร.ม.	u, kN/ตร.ม.	σ' , kN/ตร.ม.
0	0	0	0	0
3.00	1	3.00	0	3.00

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แรงที่เกิด บริเวณ BH-5

ตารางที่ ค-5 แรงที่เกิดจากน้ำหนักดินบริเวณ BH-5

Active Force from earth				
Depth	unit weight	σ , kN/ตร.ม.	u, kN/ตร.ม.	σ' , kN/ตร.ม.
-	0	0	0	0
8.50	16	136.00	0	136.00
14.50	15	217.50	0	217.50

ตารางที่ ค-6 แรงที่เกิดจากน้ำหนักบรรทุก (Live Load) บริเวณ BH-5

Active Force from Loading				
Depth (Z)	X	σ , kN/ตร.ม.	u, kN/ตร.ม.	σ' , kN/ตร.ม.
-	5.5	-	0	-
5.50	5.5	20Ka	0	20Ka
11.50	5.5	20Ka	0	20Ka

ตารางที่ ค-7 แรงต้านจากดินบริเวณ BH-5

Passive Force				
Depth	unit weight	σ , kN/ตร.ม.	u, kN/ตร.ม.	σ' , kN/ตร.ม.
-	0	0	0	0
5.50	16	88.00	0	88.00
14.50	15	217.50	0	217.50

ตารางที่ ค-8 แรงต้านจากน้ำบริเวณ BH-5

Passive Force from water				
Depth	unit weight	σ , kN/ตร.ม.	u, kN/ตร.ม.	σ' , kN/ตร.ม.
-	0	0	0	0
3.00	1	3.00	0	3.00

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แรงที่เกิด บริเวณ BH-19

ตารางที่ ค-9 แรงที่เกิดจากน้ำหนักดินบริเวณ BH-19

Active Force from earth				
Depth	unit weight	σ , kN/ตร.ม.	u, kN/ตร.ม.	σ' , kN/ตร.ม.
-	0	0	0	0
5.00	18	90.00	0	90.00

ตารางที่ ค-10 แรงที่เกิดจากน้ำหนักบรรทุก (Live Load) บริเวณ BH-19

Active Force from Loading				
Depth (Z)	X	σ , kN/ตร.ม.	u, kN/ตร.ม.	σ' , kN/ตร.ม.
-	5.5	-	0	-
5.00	5.5	20 Ka	0	20 Ka

ตารางที่ ค-11 แรงต้านจากดินบริเวณ BH-19

Passive Force				
Depth	unit weight	σ , kN/ตร.ม.	u, kN/ตร.ม.	σ' , kN/ตร.ม.
-	0	0	0	0
5.00	18	90.00	0	90.00

ตารางที่ ค-12 แรงต้านจากน้ำบริเวณ BH-19

Passive Force from water				
Depth	unit weight	σ , kN/ตร.ม.	u, kN/ตร.ม.	σ' , kN/ตร.ม.
-	0	0	0	0
3.00	1	3.00	0	3.00

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้