

การประเมินผลการสำรวจชั้นดินเพื่อหาจุดอ่อนไหวต่อการพิบัติ
สำหรับถนนเลียบคันคลอง

EVALUATION OF SOIL PROPERTIES TO IDENTIFY A SOFT SPOT FOR
STABILITY OF CANAL EMBANKMENT ROAD



วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
พ.ศ.2561
KMITL-2018-EN-M-093-021

การประเมินผลการสำรวจชั้นดินเพื่อหาจุดอ่อนไหวต่อการพิบัติ
สำหรับถนนเลียบบคันคลอง

EVALUATION OF SOIL PROPERTIES TO IDENTIFY A SOFT SPOT FOR
STABILITY OF CANAL EMBANKMENT ROAD



วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
พ.ศ.2561

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้ KMITL-2018-EN-M-093-021 อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

EVALUATION OF SOIL PROPERTIES TO IDENTIFY A SOFT SPOT FOR
STABILITY OF CANAL EMBANKMENT ROAD



A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT
OF THE REQUIREMENTS FOR THE DEGREE OF
MASTER OF ENGINEERING IN CIVIL ENGINEERING
FACULTY OF ENGINEERING
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG
2018

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้ KMITL-2018-EN-M-093-021
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



COPYRIGHT 2018

FACULTY OF ENGINEERING

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

เอกสารนี้เป็นเอกสารลิขสิทธิ์ของสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ใบรับรองวิทยานิพนธ์

หัวข้อวิทยานิพนธ์ การประเมินผลการสำรวจชั้นดินเพื่อหาจุดอ่อนไหวต่อการพิบัติสำหรับถนนเลียบริบคันคลอง
Thesis Title Evaluation of Soil Properties to Identify a Soft Spot for Stability of Canal Embankment Road
นักศึกษา นายปณณวิช ปานกลาง
รหัสประจำตัว 58601192
ปริญญา วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา วิศวกรรมโยธา
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ผศ.ดร.ธนาตล คงสมบูรณ์
หมายเลขวิทยานิพนธ์ KMITL-2018-EN-M-093-021

| คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ | | ลายมือชื่อ |
|--------------------------|----------------|------------|
| ผศ.ดร.สยาม | ยัมศิริ | |
| ดร.ศลิษา | ไชยพุทธ | |
| รศ.สุวัฒน์ | ถิระเศรษฐ์ | |
| ผศ.ดร.วุฒิชัย | ชาติพัฒนานันท์ | |
| ผศ.ดร.ธนาตล | คงสมบูรณ์ | |

วัน / เดือน / ปี ที่สอบ วันศุกร์ที่ 23 มีนาคม พ.ศ. 2561 เวลา 10.00-12.00 น.
สถานที่สอบ ณ ห้องประชุม 4 ชั้น 5 อาคาร A

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

คณะวิศวกรรมศาสตร์ รับรองแล้ว

(รองศาสตราจารย์ ดร. คมสัน มาลีสี)

คณบดี คณะวิศวกรรมศาสตร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น วันที่ 23 มีนาคม พ.ศ. 2561
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

| | |
|-----------------------------|--|
| หัวข้อวิทยานิพนธ์ | การประเมินผลการส ารวจชั้นดินเพื่อหาจุดอ่อนไหวต่อการพิบัติ ส าห้บถนนเลียบคันคลอง |
| นักศึกษา | นายปยุณวิช ปานกลาง |
| รหัสประจำตัวนักศึกษา | 58601192 |
| ปริญญา | วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต |
| สาขาวิชา | วิศวกรรมโยธา |
| พ.ศ. | 2561 |
| อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ | ผศ.ดร. ธนาตล คงสมบูรณ์ |

บทคัดย่อ

ปัจจุบันถนนเลียบคันคลองถือเป็นหนึ่งเส้นทางที่นิยมใช้ในการสัญจรในประเทศไทย แต่
งบประมาณที่ใช้ในการเสริมความมั่นคงของถนนในดินอ่อนนั้นมีอยู่อย่างจำกัด ดังนั้นในบทความนี้จึง
ขอเสนอวิธีการประเมินหาจุดอ่อนไหว (จุดเสี่ยง) ต่อการพิบัติของถนนเลียบคันคลองบนพื้นที่ดินอ่อน
จากผลการเจาะสำรวจเบื้องต้น หรือเรียกว่าจุด “Soft Spot” ซึ่งเป็นจุดที่ชั้นดินมีความเป็นดินอ่อน
มาก ทาให้เสี่ยงต่อการพิบัติและจำเป็นต้องได้รับการพิจารณาเพื่อการออกแบบเสริมกำลังเป็นพิเศษ
โดยพื้นที่การศึกษาเป็นถนนเลียบคลองเปรมประชากร (อย.5042) จังหวัดปทุมธานี เป็นระยะทาง
21 กิโลเมตร มีจำนวนหลุมเจาะสำรวจทั้งสิ้น 44 หลุม เพื่อเป็นแนวทางในการเลือกตำแหน่งในการ
ออกแบบเสริมความมั่นคงของชั้นดินอ่อนได้ตั้งแต่การออกแบบ โดยการศึกษานี้ได้ท การพิจารณาจาก
ค่ากำลังรับแรงเฉือนแบบไม่ระบายน้ำ ค่าหน่วยน้ำหนักของดิน ค่าความชื้นของดินตามธรรมชาติ ค่า
พิกัดพลาสติก และค่าพิกัดเหลว นามาพิจารณาเทียบข้อมูลจากตำแหน่งจุดพิบัติที่สำรวจปรากฏใน
สนาม โดยค่าที่เป็นตัวชี้วัดสำคัญในการเป็นจุดเสี่ยงหลัก คือชั้นดินที่มีค่าดัชนีความเหลว (LI) เกินกว่า
1.0 และมีความหนาต่อเนื่องกันของชั้นดินเกิน 4 เมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

| | |
|-----------------------|--|
| Title | Evaluation of Soil Properties to Identify a Soft Spot for Stability of Canal Embankment Road |
| Student | Mr. Punnawit Parnklang |
| Student ID. | 58601192 |
| Degree | Master of Engineering |
| Program | Civil Engineering |
| Year | 2018 |
| Thesis Advisor | Assist. Prof.Dr. Thanadol Kongsomboon |

ABSTRACT

Nowadays, canal embankment road is the one of the most option to use in traveling. However, the budget that is used in stabilized all along the road is too expensive. Therefore, this thesis proposes how to evaluate the soil properties from soil investigation for predicting a soft spot in slope stability on the canal embankment road on very soft clay (Bangkok clay) that need to be stabilized in a design process. Evaluating from the actual failure in this study conducts on the rural road number AY.5042 (Pathum Thani) which has 21 kilometers long and 44 boreholes. By evaluate the undrained shear strength, unit weight, natural water content and Atterberg's limits. Finally found that the parameters of the major factors are liquid index (LI) exceed 1.0 also the thickness of that soft layer exceed 4 meters are identified that soft spot.

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ จะสำเร็จไม่ได้เลย หากปราศจาก ผศ.ดร.ชนาดล คงสมบูรณ์ อาจารย์ที่ปรึกษา ที่ให้ความช่วยเหลือ ให้คำชี้แนะช่วยแก้ปัญหาตลอดจนให้ความรู้และประสบการณ์ที่ดีแก่ข้าพเจ้า

ขอขอบคุณ นาย ธัมบูรณ์ สิริศรีสัมฤทธิ์, ผศ.ดร. วุฒิชัย ชาติพัฒนานันท์, นาย พเนส โอภากุลวงษ์ และ นาย ศักราช ยศสุวรรณ ที่มาช่วยข้าพเจ้าในการร่วมออกสำรวจวิเคราะห์ข้อมูลหน้าสนาม และให้คำแนะแนวแก่ข้าพเจ้า

และท้ายที่สุด ขอขอบคุณ บิดา มารดา และ เพื่อนๆ และอีกมากมายที่ข้าพเจ้าไม่ได้กล่าวถึงก็ตามที่ได้เป็นกำลังใจให้ข้าพเจ้า คอยว่ากล่าว เตือนสติ ของข้าพเจ้าจนสามารถทำให้ข้าพเจ้าทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จเสร็จสิ้น

วิทยานิพนธ์นี้ได้รับข้อมูลการวิจัยจากกรมทางหลวงชนบท
ปทุมธานี ปานกลาง



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

| | หน้า |
|---|----------|
| บทคัดย่อภาษาไทย..... | I |
| บทคัดย่อภาษาอังกฤษ..... | II |
| กิตติกรรมประกาศ..... | III |
| สารบัญ..... | IV |
| สารบัญตาราง..... | VII |
| สารบัญรูปภาพ..... | VIII |
| บทที่ 1 บทนำ..... | 1 |
| 1.1 กล่าววน ว..... | 1 |
| 1.2 ที่มาและความสาคัญ..... | 1 |
| 1.3 วัตถุประสงค์..... | 2 |
| 1.4 ขอบเขตการศึกษา..... | 3 |
| 1.5 วิธีการศึกษา..... | 4 |
| 1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ..... | 4 |
| บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง | 5 |
| 2.1 ขอบเขตพื้นที่ดินอ่อน..... | 5 |
| 2.2 ดินเหนียว..... | 7 |
| 2.2.1 ดินเหนียว (Clay)..... | 7 |
| 2.2.2 โครงสร้างของแร่ดินเหนียว (Clay mineral)..... | 8 |
| 2.3 หลักเกณฑ์พิจารณาคุณสมบัติความเป็นดินอ่อน..... | 12 |
| 2.3.1 คุณสมบัติทั่วไปของดินเหนียวอ่อน..... | 12 |
| 2.3.1.1 คุณสมบัติทางกายภาพ (Physical Properties)..... | 13 |
| 2.3.1.2 คุณสมบัติทางวิศวกรรม (Engineering Properties)..... | 16 |
| 2.3.2 หลักเกณฑ์ทั่วไปที่ใช้วัดความเป็นดินอ่อน..... | 16 |
| 2.3.2.1 แนวโน้มความชื้นในมวลดินและหน่วยน้ำหนักของชั้นดินกับค่ากำลังรับแรงเฉือน..... | 17 |
| 2.3.2.2 การแปลความหมายจากผลการทดสอบพิกัดอัตราตเบิร์ต..... | 18 |
| 2.3.2.3 ข้อจำกัดของหลักเกณฑ์ทั่วไปที่ใช้ในการวัดความเป็นดินอ่อน..... | 18 |
| 2.3.3 เกณฑ์ที่เสนอใช้ในการวัดความเป็นดินอ่อน..... | 19 |
| 2.4 การแปลผลข้อมูลเจาะส ารวจดิน..... | 21 |
| 2.4.1 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำในมวลดินกับคุณสมบัติด้านอื่น ๆ ของดิน..... | 21 |
| 2.5 ปัญหาการก่อสร้างถนนบนดินอ่อน..... | 24 |
| 2.6 แนวทางการแก้ไขปัญหา..... | 26 |
| 2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง..... | 28 |

สารบัญ (ต่อ)

| | หน้า |
|---|-----------|
| บทที่ 3 วิธีการศึกษา | 30 |
| 3.1 บทน า..... | 30 |
| 3.2 พื้นที่การศึกษาและสรุปชั้นดิน..... | 30 |
| 3.3 สภาพโครงการที่ใช้ในการศึกษา..... | 32 |
| 3.4 งานเจาะส ารวจดินฐานรากและการทดสอบชั้นดินบริเวณถนน..... | 33 |
| 3.4.1 งานเจาะส ารวจดิน (Boring)..... | 33 |
| 3.4.2 งานเจาะส ารวจในกรณีเป็นสภาพดินพื้นที่ดินอ่อน..... | 36 |
| 3.5 การเจาะส ารวจในสนาม (Field Investigation)..... | 36 |
| 3.5.1 งานเจาะส ารวจสภาพชั้นดินบนถนน อย.5042..... | 36 |
| 3.5.1.1 การทดสอบการตอกทดลองมาตรฐาน (SPT)..... | 38 |
| 3.5.1.2 การทดสอบโดยเครื่องมือวัดการฝังจม (Pocket Penetromete)..... | 38 |
| 3.5.1.3 งานทดสอบใบเขื่อนในสนาม (Field Vane Shear Test)..... | 38 |
| 3.6 การทดลองในห้องปฏิบัติการ..... | 39 |
| 3.6.1 การทดสอบหาปริมาณความชื้นในดิน (Water Content)..... | 39 |
| 3.6.2 การทดสอบหาค่าจุดเปลี่ยนสภาพของมวลดิน (Atterberg's Limits)..... | 40 |
| 3.6.3 การทดสอบขนาดเม็ดคละของดิน (Grain Size Distribution)..... | 40 |
| 3.6.4 การทดสอบหาค่ารับแรงเฉือนของดิน (Unconfined Compressive Test)..... | 41 |
| 3.7 การแบ่งระดับความรุนแรงและความเสียหาย..... | 41 |
| 3.8 ล าดับขั้นตอนการวิเคราะห์..... | 43 |
| 3.8.1 ขั้นตอนในการรวบรวมข้อมูลจากหลุมเจาะส ารวจ..... | 43 |
| 3.8.2 ขั้นตอนการวิเคราะห์ผลข้อมูล..... | 43 |
| บทที่ 4 สรุปผลการวิเคราะห์ข้อมูลชั้นดินฐานราก | 47 |
| 4.1 ผลการส ารวจภาคสนามเบื้องต้น..... | 47 |
| 4.2 สภาพของถนนทางหลวงชนบท หมายเลข อย.5042 ที่มีร่องรอยการพิบัติ..... | 54 |
| 4.2.1 ข้อก าหนดจุดเจาะหลุมส ารวจ บนถนน อย.5042..... | 54 |
| 4.2.2 ระดับของการพิบัติและความเสียหาย..... | 54 |
| 4.2.3 รูปภาพประกอบการพิบัติ..... | 57 |
| 4.2.4 รูปภาพประกอบการทुरुตัว..... | 62 |
| 4.3 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลชั้นดินฐานราก..... | 65 |
| 4.3.1 คุณสมบัติทางกายภาพและคุณสมบัติทางวิศวกรรมที่ส าคัญของถนน อย.5042..... | 65 |
| 4.3.2 ผลการวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ของคุณสมบัติของมวลดิน..... | 75 |
| 4.3.3 ผลการวิเคราะห์จากการน าเสนอในรูปแบบของเส้นชั้นความสูง (Contour)..... | 79 |
| 4.3.4 การวิเคราะห์ผลข้อมูลผ่านโปรแกรมวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ (SPSS Statistics)..... | 89 |
| 4.3.4.1 การเก็บบันทึกข้อมูลในโปรแกรมวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ (SPSS Statistics)..... | 84 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และห้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

| | หน้า |
|------------------------------|------|
| บทที่ 5 สรุปผลการศึกษา | 88 |
| 5.1 สรุปผลการวิเคราะห์..... | 88 |
| 5.2 ข้อเสนอแนะ..... | 89 |
| บรรณานุกรม | 90 |
| ภาคผนวก ก. | 92 |
| ประวัติผู้เขียน | 138 |



สารบัญตาราง

| ตารางที่ | หน้า |
|--|------|
| 2.1 โอกาสที่จะเกิดการหดตัวของดิน BRE Digest, 1980 (คัดลอกจาก (Barnes 2000))..... | 14 |
| 2.2 ระดับความเป็นพลาสติกของดิน (Burmister, 1949)..... | 15 |
| 2.3 ค่าพิกัดพลาสติก พิกัดเหลว และแอมคิตวีตซ์ของแร่ดินเหนียวบางชนิด (Das, 2006)..... | 15 |
| 2.4 แสดงคุณสมบัติโดยทั่วไปของชั้นดินเหนียวอ่อน และชั้นดินเหนียวแข็งชั้นแรกในเขตกรุงเทพฯ และ สรุปค่าคุณสมบัติทางกายภาพ (Physical Properties) ของดินเหนียวอ่อนและดินเหนียวแข็งในเขตกรุงเทพฯ..... | 16 |
| 2.5 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าการตอกแบบมาตรฐาน (SPT-N) กับค่ากำลังรับแรงเฉือนของดินและเกณฑ์ในการแบ่งระดับความเป็นดินอ่อน (Terzaghi และ Peck, 1967)..... | 17 |
| 2.6 แสดงค่าความสัมพันธ์ปริมาณน้ำในมวลดิน กับคุณสมบัติทางวิศวกรรมอื่น ๆ..... | 22 |
| 3.1 รายละเอียดของตำแหน่งหลุมเจาะ (Deep Boring)..... | 34 |
| 3.2 ตัวอย่างตารางสรุป (Summary) จาก ข้อมูลการเจาะสำรวจ ถนน ออย.5042..... | 44 |
| 3.3 ตารางการคำนวณพิกัดอัตราเพิ่มเติมน้ำ..... | 45 |
| 4.1 แสดงจุดสังเกตของร่องรอยการบีบดินบนทางหลวงชนบทหมายเลข ออย.5042..... | 55 |

สารบัญรูปภาพ

| รูปที่ | หน้า |
|---|------|
| 1.1 (ก) พื้นที่ที่ใช้ในการศึกษาบริเวณลุ่มแม่น้ำเจ้าพระยาตอนล่าง (Google Maps, 2560)..... | 3 |
| (ข) ถนนเลียบบคลองเปรมประชากร ออย.5042 (Google Maps, 2560)..... | 3 |
| 2.1 ขอบเขตของพื้นที่ดินเหนียวอ่อนกรุงเทพฯ (รศ.ดร.วรารกร ไม่เรียง)..... | 6 |
| 2.2 รูปตัดสามมิติบริเวณที่ลุ่มแม่น้ำเจ้าพระยาตอนล่าง..... | 6 |
| 2.3 รูปตัดตามแนวเหนือ-ใต้ ลุ่มแม่น้ำเจ้าพระยาตอนล่าง..... | 7 |
| 2.4 หน่วยพื้นฐานของแร่ดินเหนียว..... | 9 |
| 2.5 แผ่นซิลิกา (Silica Sheet) และแผ่นอ็อกตาฮีดรอล (Octahedral Sheet หรือ Gibbsite Sheet)..... | 9 |
| 2.6 แผ่นซิลิกา-อ็อกตาฮีดรอล..... | 10 |
| 2.7 ลักษณะโครงสร้างของ (ก.) Kaolinite (ข.) Illite (ค.) Montmorillonite..... | 10 |
| 2.8 แสดงอนุภาคของดินเหนียวในสภาพสารละลาย..... | 11 |
| 2.9 ชั้นคู่ (Diffuse Double Layer)..... | 12 |
| 2.10 สภาพดินขึ้นกับค่าแฉะปริมาณน้ำในดิน (Water Content) เทียบกับพิกัดอัตราเบอร์ก..... | 15 |
| 2.11 ตัวอย่างชั้นดิน (Soil Profile) และคุณสมบัติของดินบริเวณสถาบันเทคโนโลยีแห่งเอเชีย (AIT) (Bergado และคณะ, 1991)..... | 17 |
| 2.12 การกระจายตัวของข้อมูลคุณสมบัติทางวิศวกรรมของดินกรุงเทพฯ..... | 18 |
| 2.13 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ในดินอ่อนกับปริมาณน้ำในมวลดิน (ก) ความสัมพันธ์ระหว่างค่ากำลังรับแรงเฉือนของดินกับปริมาณน้ำในมวลดิน..... | 20 |
| (ข) ความสัมพันธ์ระหว่าง Compression Ratio กับปริมาณน้ำในมวลดิน..... | 20 |
| (ค) ความสัมพันธ์ระหว่าง Recompression Ratio กับปริมาณน้ำในมวลดิน..... | 21 |
| 2.14 ความสัมพันธ์ระหว่าง Water Content กับ Undrained Shear Strength..... | 23 |
| 2.15 ความสัมพันธ์ระหว่าง Water Content กับ Total Unit Weight..... | 23 |
| 2.16 ความสัมพันธ์ระหว่าง Water Content กับ Compression Ratio..... | 24 |
| 2.17 ความสัมพันธ์ระหว่าง Water Content กับ Recompression Ratio..... | 24 |
| 2.18 การพังทลายของคันทาง (ก) การพังทลายเนื่องจากดินฐานรากไม่สามารถแบกรับน้ำหนักคันทาง (Bearing Capacity Failure or Base Failure)..... | 25 |
| (ข) การเคลื่อนพังทลายของลาดคันทาง (Slope Failure or Toe Failure)..... | 25 |
| 2.19 การพังทลายของคันทาง (ก) ปัญหาด้านการทรุดตัวที่มากเกินไปหลังการก่อสร้าง..... | 25 |
| (ข) การทรุดตัวของคันทางแบบยุบอัดตัวคายน้ำเมื่อมีน้ำหนักบรรทุก..... | 25 |
| 2.20 ปัญหาเรื่องเสถียรภาพการเคลื่อนพังของคันทาง (Slope Stability)..... | 26 |

สารบัญรูปภาพ (ต่อ)

| รูปที่ | หน้า |
|--|------|
| 2.21 ปัญหาการทรุดตัวจากกระบวนการยุบอัดตัวของชั้นดินเหนียวอ่อน (Consolidation Settlement)..... | 26 |
| 2.22 การเบี่ยงแนวของถนนเพื่อหลีกเลี่ยงบริเวณพื้นที่ดินอ่อน..... | 27 |
| 2.23 ปัญหาและแนวทางการแก้ไขส าหรับการก่อสร้างคันทางบนพื้นที่ที่เป็นดินอ่อน..... | 28 |
| 2.24 การสร ารวมชั้นดินโดยวิธีธรณีฟิสิกส์ เพื่อค้นหาชั้นดินอ่อนหรือหน้าผิวดินปกติ | |
| (ก) ตัวอย่างผลการสร ารวมโดยวิธี Resistivity survey..... | 29 |
| (ข) ตัวอย่างผลการสร ารวมโดยวิธี Seismic refraction..... | 29 |
| 3.1 ต าแหน่งพื้นที่ศึกษา ถนนเลียบบคลองเปรมประชากร ออย.5042 | |
| เมื่อปี พ.ศ.2560 (Google Inc.)..... | 30 |
| 3.2 พื้นที่ดินเหนียวอ่อนกรุงเทพฯ (งานวิจัยของ รศ.ดร.วรากร ไม้เรียง,2553)..... | 31 |
| 3.3 แสดงลักษณะชั้นดินของโครงการที่ใช้ในการศึกษา (Soil Profile)..... | 31 |
| 3.4 ลักษณะกายภาพถนนทางหลวงชนบทหมายเลข 5042 (ออย.5042)..... | 32 |
| 3.5 แผนที่แสดงตามต าแหน่งที่ตั้งจุดสร ารวมและทดสอบดิน ออย.5042..... | 35 |
| 3.6 แผนที่แสดงตามต าแหน่งที่ตั้งจุดสร ารวมและทดสอบดิน ออย.5042..... | 35 |
| 3.7 แผนที่แสดงตามต าแหน่งที่ตั้งจุดสร ารวมและทดสอบดิน ออย.5042..... | 36 |
| 3.8 การเจาะสร ารวมชั้นดินแบบ 3 ขา (รูปหน้างานจริง BH-AY 38)..... | 37 |
| 3.9 กระทบกัเก็บตัวอย่างดิน..... | 37 |
| 3.10 การทดสอบการตอกทดลองมาตรฐาน (SPT)..... | 38 |
| 3.11 การทดสอบแรงต้านแรงเฉือนของดินในสนาม (Field Vane Shear Test)..... | 39 |
| 3.12 การทดสอบหาค่าขีดจ ากัดเหลว (Liquid Limit, LL)..... | 40 |
| 3.13 ชุดทดสอบขนาดเม็ดคละของดิน (Grain Size Distribution)..... | 40 |
| 3.14 แสดงตัวอย่างความเสียหายระดับ C..... | 41 |
| 3.15 แสดงตัวอย่างความเสียหายระดับ B..... | 42 |
| 3.16 แสดงตัวอย่างความเสียหายระดับ A..... | 42 |
| 3.17 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าการตอกทดลองมาตรฐาน (SPT-N Value) กับค่า ก าลังรับแรงเฉือน (Unconfined Compressive Strength) ส าหรับดินเหนียว (Pitupakorn, 1982)..... | 45 |
| 4.1 พื้นที่ศึกษา (Google Map, 2560)..... | 47 |
| 4.2 ช่วงถนนที่เกิดความเสียหาย และการถมดินเพื่อสร้างโรงจอดรถชั่วคราว..... | 48 |
| 4.3 โรงจอดรถถาวร..... | 48 |
| 4.4 สิ่งปลูกสร าร้างชั่วคราว..... | 49 |
| 4.5 คันทางในอดีตที่เกิดการพิบัติแล้ว (สังเกตได้จากพืชที่ขึ้นในบริเวณส่วนใกล้ผิวหน้า ำ แสดงว่ามีคันทางบางส่วนได้เกิดการเคลื่อนตัวลงไปยังส่วนของคลองชลประทานแล้ว)..... | 49 |
| 4.6 คันทางในอดีตที่เกิดการพิบัติแล้ว (สังเกตได้จากพืชที่ขึ้นในบริเวณส่วนใกล้ผิวหน้า ำ ต่อ)..... | 49 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์อื่นใด

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และ IX อ่างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพ (ต่อ)

| รูปที่ | หน้า |
|---|------|
| 4.7 ร้านค้าริมทาง ที่ยื่นออกไปยังส่วนคลองชลประทาน..... | 50 |
| 4.8 ร้านค้าริมทาง และ ส่วนของคันดินที่เกิดการพิบัติและเคลื่อนตัวลงในคลองชลประทาน..... | 50 |
| 4.9 ต้นไม้ และ การขุดคันทางเพื่อท ารสบสูบน้ำ จากคลองชลประทานเข้าพื้นที่ไร่นา ในฤดูน้ำ แล้ง..... | 50 |
| 4.10 ต้นไม้ พืช และ การถมดินบนคันทาง..... | 51 |
| 4.11 การถมดินและการเทคอนกรีตบริเวณคันทาง..... | 51 |
| 4.12 รถบรรทุกที่สัญจรไปมา..... | 51 |
| 4.13 โรงจอดรถชั่วคราว และการเสริมก ลังโดยเสาเข็มขนาดเล็ก..... | 52 |
| 4.14 ศาลาพักริมทาง..... | 52 |
| 4.15 สิ่งปลูกสร้างถาวร..... | 52 |
| 4.16 แสดงความชันของคันทาง..... | 53 |
| 4.17 แสดงความชันของคันทาง และ เสาไฟฟ้าที่ส่งผลต่อกำลังรับแรงเฉือนของคันทาง..... | 53 |
| 4.18 ท่อส่งแก๊ส ผังตรงข้ามคลองชลประทาน..... | 53 |
| 4.19 แสดงการเสริมก ลัง ฝั่คันเลียบลองชนประทาน (จากการส ารพบว่ามีข้างใต้ของโครงสร้าง ถนนนี้เป็นการถมดินทับคลองชลประทานสายย่อยเดิม กิโลเมตรที่ -3+300)..... | 54 |
| 4.20 แสดงแผนผังของจุดที่เกิดการพิบัติ..... | 56 |
| 4.21 จุดพิบัติที่ 1 ระดับ C..... | 57 |
| 4.22 จุดพิบัติที่ 2 ระดับ B..... | 57 |
| 4.23 จุดพิบัติที่ 3 ระดับ A..... | 58 |
| 4.24 จุดพิบัติที่ 4 ระดับ B..... | 58 |
| 4.25 จุดพิบัติที่ 5 ระดับ A..... | 59 |
| 4.26 จุดพิบัติที่ 5 ระดับ A..... | 59 |
| 4.27 จุดพิบัติที่ 6 ระดับ C..... | 60 |
| 4.28 จุดพิบัติที่ 7 ระดับ B..... | 60 |
| 4.29 จุดพิบัติที่ 8 ระดับ B..... | 61 |
| 4.30 จุดพิบัติที่ 9 ระดับ C..... | 61 |
| 4.31 จุดพิบัติที่ 10 ระดับ B..... | 62 |
| 4.32 จุดพิบัติที่ 11 ระดับ B..... | 62 |
| 4.33 กิโลเมตรที่ 4+000 ถึง 4+100... .. | 63 |
| 4.34 แสดงการซ่อมบ ารุงในจุดที่เกิดการทรุดตัวของถนน..... | 63 |
| 4.35 กิโลเมตรที่ 1+400 ถึง 1+800..... | 63 |
| 4.36 กิโลเมตรที่ -1+900 ถึง 0+200 (ทรุดตัวเป็นแนวยาว)..... | 64 |
| 4.37 กิโลเมตรที่ -1+000 ถึง -1+300..... | 64 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์อื่นใด

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และ X อ่างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปรภาพ (ต่อ)

| รูปที่ | หน้า |
|--|------|
| 4.38 กิโลเมตรที่ -3+000 ถึง -2+000..... | 64 |
| 4.39 (ก) ค่าความชื้นในมวลดินตามธรรมชาติ (Natural Water Content, W_n)..... | 65 |
| (ข) ค่ากำลังรับแรงเฉือนแบบไม่ระบายน้ำ (Undrained Shear Strength, S_u)..... | 65 |
| 4.40 (ก) ค่าหน่วยน้ำหนักของดิน (Unit Weight, γ_t)..... | 66 |
| (ข) ค่าดัชนีพลาสติก (Plastic Index, PI)..... | 66 |
| 4.41 ค่าพิกัดเหลว (Liquid Index, LI)..... | 67 |
| 4.42 (ก) ค่าความชื้นในมวลดินตามธรรมชาติ (Natural Water Content, W_n)..... | 68 |
| (ข) ค่ากำลังรับแรงเฉือนแบบไม่ระบายน้ำ (Undrained Shear Strength, S_u) เฉพาะจุดพิบัติ 11 จุด..... | 68 |
| 4.43 (ก) ค่าหน่วยน้ำหนักของดิน (Unit Weight, γ_t)..... | 69 |
| (ข) ค่าดัชนีพลาสติก (Plastic Index, PI) เฉพาะจุดพิบัติ 11 จุด..... | 69 |
| 4.44 ค่าพิกัดเหลว (Liquid Index, LI) เฉพาะจุดพิบัติ 11 จุด..... | 70 |
| 4.45 ค่าดัชนีเหลว ทั้ง 44 หลุมเจาะ..... | 71 |
| 4.46 แสดงการพิบัติจุดที่ 3 ระดับ A..... | 72 |
| 4.47 แสดงการพิบัติจุดที่ 5 ระดับ A..... | 72 |
| 4.48 ค่าดัชนีเหลว ขยายมาตราส่วน..... | 73 |
| 4.49 ค่าพิกัดเหลว จุดพิบัติที่ 3 และจุดพิบัติที่ 5..... | 74 |
| 4.50 ความสัมพันธ์ระหว่าง หน่วยน้ำหนักของดิน (Unit Weight, γ) และ ความชื้นในมวลดินตามธรรมชาติ (Water Content, W_n)..... | 75 |
| 4.51 ความสัมพันธ์ระหว่าง g กำลังรับแรงเฉือนแบบไม่ระบายน้ำ (Undrained Shear Strength, S_u) และ ความชื้นในมวลดินตามธรรมชาติ (Water Content, W_n)..... | 76 |
| 4.52 ความสัมพันธ์ระหว่าง ค่าดัชนีเหลว (Liquid Index, LI) และ g กำลังรับแรงเฉือนแบบไม่ระบายน้ำ (Undrained Shear Strength, S_u)..... | 77 |
| 4.53 ความสัมพันธ์ระหว่าง ดัชนีพลาสติก (Plastic Index, PI) และ ดัชนีเหลว (Liquid Limit, LL)..... | 78 |
| 4.54 แสดงความสัมพันธ์คุณสมบัติของชั้นดินในรูปแบบของเส้นชั้นความสูง (Contour)..... | 80 |
| 4.55 กราฟเส้นชั้นความสูง และจุดพิบัติทั้ง 11 จุด เรียงจากขวาไปซ้าย จุดที่ 1 ถึง 11..... | 82 |
| 4.56 สรุปผลการวิเคราะห์ค่าดัชนีเหลว..... | 83 |
| 4.57 แสดงการทรุดตัวในจุดต่าง ๆ บนถนน อย.5042..... | 83 |
| 4.58 การเก็บค่าตัวแปรต่าง ๆ ในโปรแกรม SPSS (ล าดับที่ 1-13 จาก 385 ข้อมูลชั้นดิน)..... | 85 |
| 4.59 ค่าความถูกต้อง (R^2) ของการหาค่าดัชนีเหลวในแต่ละโมเดลสมการ..... | 85 |
| 4.60 ค่าคงที่และสัมประสิทธิ์หน้าตัวแปรในสมการหาค่าดัชนีเหลว ในแต่ละโมเดล..... | 86 |
| 5.1 ข้อก าหนดของค่าความอ่อนมากของชั้นดินเหนียว..... | 88 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่จัดทำขึ้นเพื่อใช้ในการเรียนการสอนเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์อื่นใด

บทที่ 1

บทนำ

1.1 กล่าวนำ

ถนนที่ก่อสร้างอยู่บนแนวคันคลองชลประทาน หรือบริเวณริมตลิ่งของลำน้ำตามธรรมชาติมักจะมีปัญหาการซึบรุทเสียหาย ซึ่งมีอยู่ 3 ลักษณะใหญ่ ๆ คือ การทรุดตัว การขาดเสถียรภาพและการทรุดตัวรวมกับการขาดเสถียรภาพของคันทาง อันเนื่องมาจากหลากหลายสาเหตุ เช่นเกิดน้ำท่วมฐานรากของคันทางในฤดูน้ำหลาก หรือคันทางอยู่บนพื้นที่ดินอ่อน หรือเกิดการเปลี่ยนแปลงของระดับน้ำในคลองอย่างรวดเร็ว การแก้ไขป้องกันปัญหาเหล่านี้สามารถทำได้ตั้งแต่ขั้นตอนของการสำรวจ และขั้นตอนในการตัดสินใจเลือกค่าพารามิเตอร์ที่ใช้ในการออกแบบ หรือการใช้วิธีวิเคราะห์หาลักษณะของชั้นดินด้วยวิธีต่าง ๆ เช่น การเจาะสำรวจชั้นดิน การใช้คลื่นไฟฟ้าในการสำรวจชั้นดิน (Resistivity) ซึ่งในแต่ละวิธีก็ให้ความถูกต้องที่แตกต่างกันออกไป ดังนั้นถ้าสามารถระบุช่วงถนนที่มีความเป็นดินเหนียวอ่อนได้ตั้งแต่ขั้น ตอนสำรวจ จะเป็นข้อมูลที่มีประโยชน์อย่างมากต่อวิศวกรในการออกแบบก่อสร้างถนนคันคลองบนพื้นที่ดินอ่อนได้อย่างมั่นใจ

จึงได้เกิดแนวความคิดที่จะศึกษา รวบรวมแนวทางการพิจารณาหาจุดที่ชั้นดินฐานรากถนนคันคลองเหล่านี้โดยทำการศึกษาพื้นที่จังหวัดปทุมธานี ถนนทางหลวง อย.5042 ซึ่งมีปัญหาการพิบัติของลาดคันคลอง แล้วจัดทำเป็นวิทยานิพนธ์นี้ขึ้นเพื่อให้บุคคลที่สนใจได้ใช้เป็นแนวทางในการตรวจสอบประเมินสภาพความเสียหาย และเลือกวิธีการ สำหรับการแก้ไข ป้องกันได้อย่างถูกต้อง เหมาะสม ประหยัดค่าใช้จ่ายและสามารถนำไปประยุกต์ใช้สำหรับพื้นที่อื่น ๆ

1.2 ที่มาและความสำคัญ

กรมทางหลวงชนบทได้ใช้ถนนเลียบบคันคลองนี้เป็นถนนสายรองที่ใช้รองรับปริมาณการจราจรที่ไม่หนาแน่น แต่ปัจจุบันถนนสายรองมีความต้องการของผู้ใช้ถนนมากขึ้น จึงจำเป็นต้องมีการปรับปรุงถนนสายรอง เพื่อเป็นตัวช่วยในการระบายการจราจรให้มีความคล่องตัวมากยิ่งขึ้น เดิมในอดีตถนนเลียบบคันคลองนั้นมีไว้เพื่อการบำรุงรักษาคลองชลประทาน และขนส่งสินค้าทางการเกษตรเท่านั้น ไม่ได้ออกแบบมาเพื่อใช้รองรับการจราจรที่มีปริมาณหนาแน่นเท่าในปัจจุบัน ดังนั้นถนนเลียบบคันคลองบริเวณที่เป็นพื้นที่ดินอ่อนมักประสบปัญหาด้านเสถียรภาพของคันทาง และการทรุดตัว ซึ่งเกิดจากชั้นดินเหนียวอ่อนในกรุงเทพฯ มีความหนา ประกอบกับน้ำหนักของภาระของถนนทั้งหมด ซึ่งปัญหาดังกล่าวก่อให้เกิดความเสียหายต่อถนน ทำให้ต้องเสียค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษาเป็นจำนวนมาก โดยบริเวณที่พบปัญหาดินอ่อน คือ บริเวณลุ่มแม่น้ำเจ้าพระยาตอนล่าง

ในระยะเวลา 30-40 ปีที่ผ่านมา ได้มีการทดลองใช้วิธีการปรับปรุงคุณภาพดินอ่อนในหลาย ๆ วิธีด้วยกัน ซึ่งแต่ละวิธีนั้นมีราคาก่อสร้างที่ค่อนข้างสูง และการเสริมกำลังความมั่นคงถนนตลอดทั้งเส้นทางถนนเลียบบคันคลองตั้งแต่ในขั้นตอนการออกแบบ ประกอบกับการวิเคราะห์ความมั่นคงทุก ๆ

หลุมเจาะจากข้อมูลเจาะสำรวจนั้นทำได้ยาก เนื่องจากมีข้อจำกัดทางด้านงบประมาณ เทคโนโลยีเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สภาพพื้นที่ ระยะเวลา และ กรมทางหลวงชนบทหรือหน่วยงานที่รับผิดชอบได้เลือกใช้วิธีการซ่อมบำรุงในจุดที่เกิดการพิบัติที่ปรากฏให้เห็นนั้น ซึ่งใช้งบประมาณที่น้อยอย่างมาก ประกอบกับการออกแบบถนนทั้งสายมักใช้ค่าเฉลี่ยของคุณสมบัติของชั้นดิน (Soil Properties) ที่เป็นตัวแทนของถนนบางช่วง หรือทั้งสายนั้น ซึ่งในบางช่วงของตัวถนนอาจมีจุดที่มีค่ากำลังรับน้ำหนักต่ำกว่าค่าเฉลี่ยที่เลือกใช้ในการออกแบบคันทาง หรือมีบางช่วงบางจุดของถนนที่มีกำลังรับน้ำหนักสูงกว่าค่าเฉลี่ยที่เลือกใช้ในการออกแบบ ดังนั้นถ้าวิศวกรสามารถตรวจสอบจากข้อมูลการสำรวจชั้นดินแล้วระบุได้อย่างมั่นใจว่าช่วงใดของถนนมีชั้นดินที่อ่อนมาก “Soft Spot” กว่าชั้นดินฐานรากของถนนช่วงอื่น ๆ และสามารถระบุได้ชัดเจนว่ามีแนวโน้มมากที่จะเกิดการพิบัติ ซึ่งผู้ออกแบบจะสามารถวิเคราะห์ความมั่นคงเพื่อเลือกเสริมความมั่นคงในจุดที่ดินอ่อนผิดปกติได้อย่างเหมาะสม งานวิจัยนี้เลือกศึกษาการพิจารณาหาจุดที่ซึ่งความเป็นดินอ่อนมากจากผลการเจาะสำรวจเบื้องต้นเพียงอย่างเดียว และทำการตรวจสอบกับจุดที่เกิดการพิบัติขึ้นจริงในสนาม ซึ่งยังไม่มีการศึกษาเรื่องนี้ อย่างเป็นจริงจัง

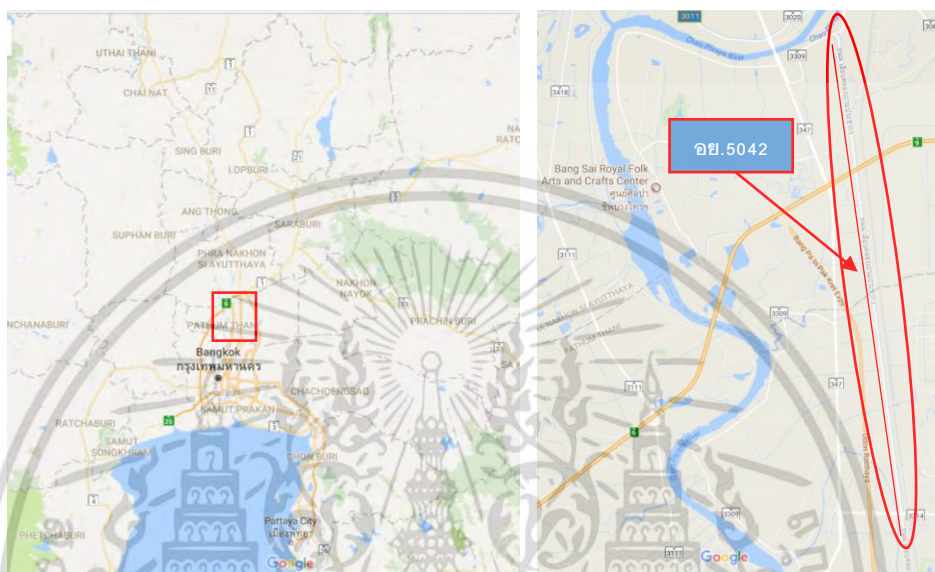
ซึ่งในวิทยานิพนธ์นี้ จะเสนอการประเมินจุดที่มีความเป็นดินอ่อนมาก “Soft Spot” ซึ่งความหมายคือ เป็นจุดที่ชั้นดินมีความเป็นดินอ่อนมาก ทำให้เสี่ยงต่อการพิบัติและจำเป็นต้องได้รับการพิจารณาเพื่อการออกแบบเสริมกำลังเป็นพิเศษ จากข้อมูลการสำรวจชั้นดินนี้ขึ้น เพื่อเป็นประโยชน์ต่อการระบุช่วงของถนนที่มีความจำเป็นต้องทำการออกแบบเสริมกำลังของจุดที่เป็นดินอ่อนมากตั้งแต่ช่วงการสำรวจ หรือเป็นข้อกำหนดในการสำรวจหาจุดที่เป็นดินอ่อนมากที่จำเป็นต้องมีการเสริมความมั่นคงในขณะที่เปิดใช้งานแล้ว เพื่อเป็นแนวทางในการป้องกันและเสริมกำลังตลอดจนลดค่าใช้จ่ายที่ต้องใช้ในการซ่อมบำรุง และสามารถนำข้อมูลการศึกษานี้ไปเป็นประโยชน์ต่อการก่อสร้างถนนบนชั้นดินอ่อนอื่น ๆ เพื่อใช้เป็นแนวทางในการดำเนินการตั้งแต่ขั้นตอนการสำรวจ ตรวจสอบ ทดสอบ การวิเคราะห์ข้อมูล และทางเลือกเพื่อตัดสินใจสำหรับการออกแบบ การก่อสร้าง ซ่อมแซม แก้ไขหรือป้องกันปัญหาที่ถูกต้อง มีความคุ้มค่าเหมาะสม

1.3 วัตถุประสงค์

1. เพื่อให้เข้าใจวิธีที่จะทำการคาดการณ์ จุดเสี่ยงต่อการเกิดการพิบัติและการหลุดตัวจากความอ่อนมากของชั้นดินเหนียว ของถนนเลียบคันคลอง บนพื้นที่ดินเหนียวอ่อนกรุงเทพ จากข้อมูลหลุมเจาะสำรวจเพียงอย่างเดียว ได้ตั้งแต่ขั้นตอนการออกแบบ
2. เพื่อศึกษาถึงคุณสมบัติ ลักษณะ ประเภท และปัจจัยบ่งชี้ต่าง ๆ ของดินเหนียวอ่อน เพื่อสามารถระบุได้ว่าดินลักษณะใด เข้าข่ายเป็นจุดเสี่ยงต่อการพิบัติ, ชั้นดินเหนียวที่ความเป็นดินอ่อนมาก หรือ “Soft Spot”
3. เพื่อศึกษาถึงรูปแบบ และลักษณะของการพิบัติของถนนเลียบคันคลองที่ก่อสร้างบนพื้นที่ดินอ่อนนั้น สัมพันธ์กับคุณสมบัติทางกายภาพของดินเหนียวอ่อน

1.4 ขอบเขตการศึกษา

1. พื้นที่ศึกษาจะทำการศึกษาใน จังหวัดปทุมธานี ประเทศไทย ถนนทางหลวงชนบท หมายเลข อย.5042 ถนนเลียบบคลองเปรมประชากร มีความยาว 21 กิโลเมตร เป็นถนนเชื่อมระหว่าง จังหวัดปทุมธานีและอยุธยา โดยสภาพดินที่ทำการศึกษาเป็น ดินชนิดดินเหนียวกรุงเทพฯ (Bangkok Clay) เท่านั้น



รูปที่ 1.1 (ก) พื้นที่ใช้ในการศึกษาบริเวณลุ่มแม่น้ำเจ้าพระยาตอนล่าง (Google Maps, 2560)
(ข) ถนนเลียบบคลองเปรมประชากร อย.5042 (Google Maps, 2560)

2. การศึกษานี้จะทำการศึกษาคุนสมบัติของชั้น ดินฐานรากจำนวน 44 หลุมเจาะ จากโครงการ การก่อสร้างทางจักรยานเฉลิมพระเกียรติพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัว 5 ธันวาคม 2558 ตอนศูนย์ กีฬา การกีฬามหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ถึงเขื่อนเจ้าพระยา จังหวัดชัยนาท ของกรมทางหลวงชนบท และนำมาตรวจสอบกับจุดพิบัติจากผลการเดินสำรวจสภาพถนนเบื้องต้นเท่านั้น

3. ทำการศึกษาเฉพาะผลการสำรวจชั้นดินเบื้องต้นเท่านั้น ศึกษาเฉพาะเสถียรภาพของถนนที่เกิดจากคุณสมบัติความเป็นดินอ่อนมากของชั้นดินฐานรากเท่านั้น และไม่ศึกษาปัจจัยภายนอกอื่น ๆ เช่น การเสริมกำลังที่ไม่สามารถทราบได้ของผู้ทราวิจย สิ่งก่อสร้าง ภาระน้ำหนัก (Surcharge) จากการสัญจรของรถบรรทุก ทางไหลของน้ำใต้ดินผ่านโครงสร้างของถนนเลียบบคันคลอง การเปลี่ยนแปลงระดับน้ำที่รวดเร็ว (Rapid Dawndown, Sudden Dawndown) ระดับน้ำที่เปลี่ยนแปลงไปตามฤดูกาล สภาพข้อมูลชั้นดินของถนน ก่อนการพิบัติและหลังการพิบัติ ต้นไม้ยืนต้น และพืชที่มีส่วนช่วยในการเพิ่มกำลังรับแรงเฉือนของชั้น ดิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.5 วิธีการศึกษา

1. กำหนดหัวข้อการวิจัยและวัตถุประสงค์ในการวิจัย
2. กำหนดพื้นที่ในการศึกษา
3. รวบรวมและศึกษาวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง
4. รวบรวมข้อมูลการเจาะสำรวจของถนนสาย อย.5042 จากการสำรวจของโครงการการก่อสร้างทางจักรยานเฉลิมพระเกียรติพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัว 5 ธันวาคม 2558 ตอนศูนย์กีฬา การกีฬา มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ถึงเขื่อนเจ้าพระยา จังหวัดชัยนาท ของกรมทางหลวงชนบท ของกรมทางหลวงชนบท
5. เดินสำรวจสภาพถนน ทาร่องรอยการชำรุด และการพิบัติ
6. ศึกษา วิเคราะห์ ประเมินและสรุปผล
7. จัดทำเล่มรายงาน

1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. เจ้าของโครงการและผู้รับเหมาจะได้ตระหนักถึงจุดที่ชั้นดินเหนียวที่ความเป็นดินอ่อนมาก บนถนนเลียบริบคันคลองได้ตั้งแต่ขั้นตอนการสำรวจชั้นดิน และสามารถนำไปพิจารณาเพื่อเสริมกำลัง เฉพาะจุดได้เพื่อลดปัจจัยเสี่ยงอื่น ๆ และลดความเสียหาย ที่อาจจะเกิดขึ้น บนถนนเลียบริบคันคลองได้
2. สามารถกำหนดพารามิเตอร์ คุณสมบัติทางกายภาพของดินเพื่อทำการคาดการณ์จุดที่ฐานรากดินเหนียวอ่อนมีความอ่อนไหวต่อการพิบัติ จากข้อมูลหลุมเจาะสำรวจเพียงอย่างเดียว
3. เป็นแนวทางในการวิจัยถึงวิธีป้องกันการพิบัติที่เกิดขึ้น บนถนนเลียบริบคันคลองในต่อ ๆ ไป
4. เพื่อเป็นการประหยัดเวลา ค่าใช้จ่าย และแรงงานในการซ่อมบำรุงในจุดที่มีชั้นดินมีค่าอ่อนกว่าที่ออกแบบไว้ ไม่ต้องรอให้เกิดการพิบัติก่อน แล้วจึงตี ของบประมาณซ่อมบำรุง

บทที่ 2

ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

ก่อนหน้านี้ได้มีวิจัยเกี่ยวกับการหาจุดที่เสี่ยงต่อการพิบัติอย่างมากมาย เช่น การสำรวจชั้นดิน โดย วิธีหาค่าต้านทานทางไฟฟ้าของดิน (Resistivity) ควบคู่ไปกับการเจาะสำรวจชั้นดิน เพื่อประเมินหาจุดที่มีปริมาณน้ำอยู่ภายใต้โครงสร้างถนน และโพรงน้ำภายในมวลดินไม่สามารถสำรวจพบโดยวิธีการเจาะสำรวจแบบเจาะล้าง ซึ่งระยะห่างในการเจาะสำรวจอาจเป็นอีกหนึ่งปัจจัยที่ทำให้ไม่สามารถระบุความเป็นดินอ่อนในช่วงถนนที่ไม่ได้ทำการเจาะสำรวจได้ เนื่องจากชั้น ดินเหนียวกรุงเทพฯ มีความแปรปรวนสูง อีกทั้งการออกแบบยังใช้ค่าเฉลี่ยจากพารามิเตอร์ที่ใช้ในการออกแบบ เช่น ค่ากำลังรับแรงเฉือนแบบไม่ระบายน้ำของมวลดิน ค่าหน่วยน้ำหนักของดิน เป็นต้น ซึ่งการใช้ค่าคุณสมบัติของชั้นดินเฉลี่ย ซึ่งอาจมีบางช่วงของถนนที่มีค่าต่ำกว่าค่าที่ใช้ในการออกแบบซึ่งทำให้ถนนนั้น ๆ เสี่ยงต่อการพิบัติได้ เพื่อระบุให้ชัดเจนและมั่นใจว่าช่วงใดของถนนมีค่าความเป็นดินอ่อนมากในงานวิจัยนี้จึงได้ใช้วิธีการประเมินผลจากผลการสำรวจเบื้องต้นโดยพิจารณาจากคุณสมบัติพื้นฐานของมวลดินประกอบการเดินสำรวจหน้าสนาม เพื่อการระบุจุดที่เสี่ยงต่อการพิบัติได้อย่างชัดเจนมากยิ่งขึ้น

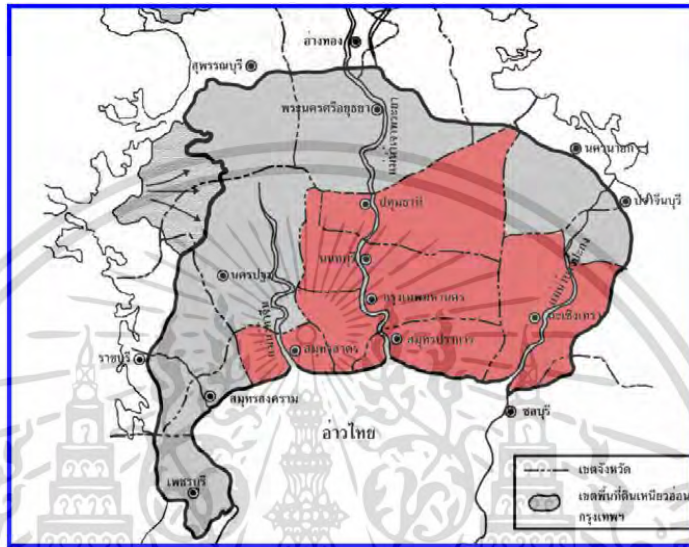
2.1 ขอบเขตพื้นที่ดินอ่อน

ชั้นดินเหนียวอ่อนกรุงเทพฯ เป็นดินตะกอนสามเหลี่ยมปากแม่น้ำที่เกิดใน (Holocene epoch) ที่ได้รับอิทธิพลจากแม่น้ำเจ้าพระยาและแม่น้ำท่าจีนเป็นส่วนใหญ่ มีแม่น้ำแม่กลองและแม่น้ำบางปะกงเสริมอยู่ทางทิศตะวันตกและตะวันออกตามลำดับ ดินตะกอนผิวนีปีปกคลุมเต็มพื้นที่และบางส่วนของ 14 จังหวัด ดังแสดงใน รูปที่ 2.1 (ราชบุรี สมุทรสาคร สมุทรสงคราม กรุงเทพฯสมุทรปราการ ชลบุรี นครปฐม นนทบุรี ปทุมธานีฉะเชิงเทรา สุพรรณบุรี พระนครศรีอยุธยา นครนายก และปราจีนบุรี) รวมพื้นที่ทั้งหมดประมาณ 14,000 ตารางกิโลเมตร วัดความกว้างบริเวณปากอ่าวไทย (จากราชบุรีไปชลบุรี) ได้ระยะทางประมาณ 140 กิโลเมตร และวัดขึ้นไปทางเหนือสิ้นสุดที่บริเวณจังหวัดพระนครศรีอยุธยา ได้ระยะทางประมาณ 100 กิโลเมตร

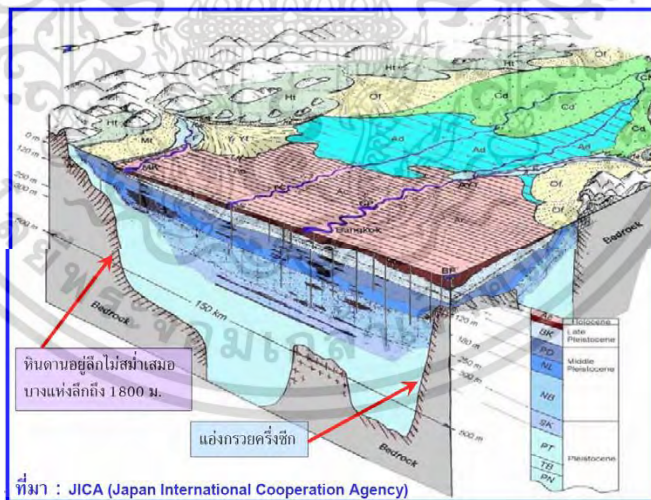
มอร์ (Moh) และคณะ (1969) เป็นผู้ขนานนามเฉพาะชั้นดินส่วนที่เป็นดินเหนียวอ่อนที่วางตัวอยู่ตอนบนสุดของดินตะกอนในพื้นที่ราบลุ่มภาคกลางตอนล่างว่า “Bangkok Clay” รูปลักษณะของชั้นดินนี้เป็นรูปคล้ายแอ่งกระทะค่อนข้างตื้น ดังแสดงใน รูปที่ 2.2 และ รูปที่ 2.3 ท้องของแอ่งจะค่อนข้างตื้นทางปากอ่าวไทย ความหนาของชั้นดินเหนียวอ่อนส่วนใหญ่ประมาณ 10-18 เมตร ยกเว้นพื้นที่ทางตอนเหนือตั้งแต่จังหวัดปทุมธานีขึ้นไปจนถึงที่สุดที่บริเวณจังหวัดพระนครศรีอยุธยา ที่ความหนาค่อยๆ ลดลงจาก 10 เมตร ไปเป็น 0 เมตร ที่ปลายด้านบนสุด สำหรับขอบของแอ่งด้านตะวันออกและตะวันตกมีความชันและความหนาลดลงรวดเร็วมากกว่าด้านทิศเหนือ อย่างไรก็ตามขอบเขตของการศึกษาสำหรับวิทยานิพนธ์นี้จะจำกัดอยู่เฉพาะถนน อย.5042 ที่ประสบปัญหาในการก่อสร้างถนนในระดับปานกลางถึงมากซึ่งครอบคลุมอยู่ในพื้นที่ดินเหนียวอ่อน 6 จังหวัด ได้แก่ กรุงเทพฯ นนทบุรี สมุทรปราการ ปทุมธานี** ฉะเชิงเทรา และสมุทรสาคร ดังแสดงใน รูปที่ 2.1 พื้นที่ดังกล่าว

เอกสารนี้เป็นเอกสารสงวนลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ไม่ควรนำเอกสารนี้ไปเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาต
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ถูกปกคลุมด้วยดินเหนียวอ่อนที่มีความหนาเฉลี่ยมากกว่า 12 เมตร และมีความอ่อนมากกว่าบริเวณอื่น ๆ ลักษณะดังกล่าวเป็นสาเหตุหลักที่ทำให้เกิดปัญหาทางด้านฐานราก ด้านเสถียรภาพของลาดดิน และการทรุดตัว ส่งผลให้การออกแบบโครงสร้างต่าง ๆ รวมไปถึงแนวถนน คลองระบายน้ำ คันทางต่าง ๆ ต้องทำอย่างรอบคอบ เพื่อความปลอดภัย ประหยัดและคงทนตลอดอายุการใช้งาน ดังนั้น จึงได้เลือกศึกษาพื้นที่ดังกล่าวเพื่อใช้เป็นแนวทางในการพิจารณาคุณสมบัติของชั้นดินที่มีความเสี่ยงต่อการพิบัติบนถนนเลียบบคันคลอง



รูปที่ 2.1 ขอบเขตของพื้นที่ดินเหนียวอ่อนกรุงเทพฯ (รศ.ดร.วรากร ไหมเรียง, 2553)

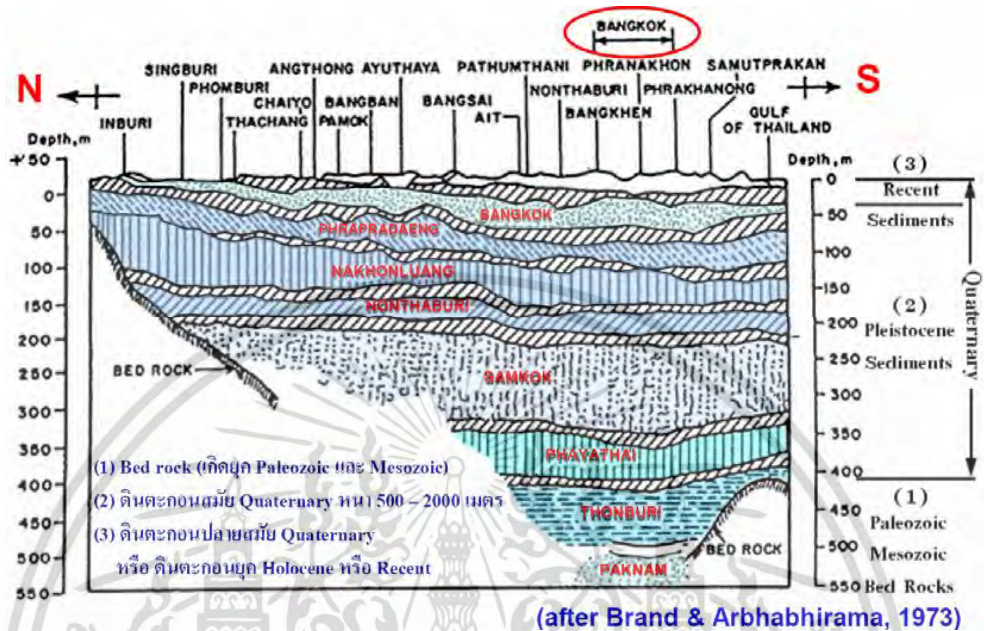


รูปที่ 2.2 รูปตัดสามมิติบริเวณที่ลุ่มแม่น้ำเจ้าพระยาตอนล่าง

สภาพทางธรณีวิทยาในบริเวณพื้นที่ราบลุ่มภาคกลางตอนล่าง หากพิจารณาตั้งแต่ชั้นหินดานล่างสุด ไล้ซี นมาจนถึงซี ดินตอนบนที่เป็นอยู่ในปัจจุบัน มีประวัติการเกิดที่ยาวนานก่อนจะถึงปัจจุบัน โดยมีลำดับการกำเนิดซึ่งได้มาจากการศึกษาที่ยังไม่สู้จะสมบูรณ์นัก แต่สามารถประมาณโครงสร้างทางธรณีวิทยาได้ว่าจะสามารถแบ่งองค์ประกอบที่สำคัญได้ดังแสดงใน รูปที่ 2.3 ชั้นดิน ส่วนที่ (3) เป็นชั้น ดินตะกอนตอนปลายของ(Quaternary Period) เป็นดินตะกอนที่เกิดใน (Holocene Epoch)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ การใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น มิใช่เผยแพร่เพื่อประโยชน์ทางการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(Epoch สุดท้ายของ Quaternary Period) เป็น Epoch ที่มีอายุตั้งแต่ประมาณ 11,000 ปีที่ผ่านมาจนถึงปัจจุบัน ชั้นดินเหนียวอ่อนนี้ได้รับการขนานนามว่า “Bangkok Clay” มีความหนาประมาณ 10-18 เมตรวางตัวอยู่ชั้นบนสุดครอบคลุมพื้นที่ประมาณ 14,000 ตารางกิโลเมตร



รูปที่ 2.3 รูปตัดตามแนวเหนือ-ใต้ ลุ่มแม่น้ำเจ้าพระยาตอนกลาง

2.2 ดินเหนียว

คำว่า ดิน หมายถึง ส่วนประกอบของเม็ดดิน ของเหลว และแก๊ส เม็ดดิน คือ ส่วนประกอบของแร่ธาตุต่างชนิดกัน ประกอบขึ้นเป็นก้อนแข็ง ดินอาจจะมีสารอินทรีย์ปะปนอยู่ด้วย ขนาดของเม็ดดินมีตั้งแต่คอลลอยด์ (Colloid) คือประมาณ 0.002 มม. จนถึงขนาดก้อน Boulder คือ ประมาณ 80 มม.

ในแต่ละองค์การมีเกณฑ์การแบ่งขนาดของดินที่แตกต่างกัน ทั้งนี้ แล้วแต่ความเหมาะสมของแต่ละงาน ดินดังกล่าวแต่ละชนิดมีคุณสมบัติที่แตกต่างกันออกไป อย่างไรก็ตาม ดินที่มีอยู่ในธรรมชาติมักประกอบไปด้วยดินหลาย ๆ ชนิดปะปนกันจึงมีคุณสมบัติที่ไม่แน่นอน คุณสมบัติดินที่เป็นประโยชน์เกี่ยวข้องกับงานด้านวิศวกรรมทั่ว ๆ ไป แสดงไว้ในหัวข้อที่ 2.2.3

2.2.1 ดินเหนียว (Clay)

เม็ดดินเหนียว (Clay Particle) มีขนาดไม่เกิน 0.002 มม. (หรือ 2 μm) และต้องมีความเหนียวเมื่อผสมกับน้ำ เม็ดดินเหนียวที่แท้จริง ต้องประกอบด้วยแร่ดินเหนียว (Clay Mineral) จับตัวกันเป็นดินเหนียว แร่ประกอบดินเหนียวที่สำคัญได้แก่ (Kaolinite, Illite, Montmorillonite, Halloysite, Chlorite, Muscovite, Serpentine และ Vermiculite) เป็นต้น เป็นที่น่าสังเกตว่า เม็ดดิน แม้มีขนาดไม่เกิน 0.002 มม. อาจไม่ใช่เม็ดดินเหนียวแท้ ตัวอย่างเช่น เม็ด (Quartz, Feldspar หรือ Mica) ซึ่งมีแรงดึงดูดจากประจุไฟฟ้าไม่มาก ทำให้แตกตัวได้ง่ายเมื่อถูกน้ำ

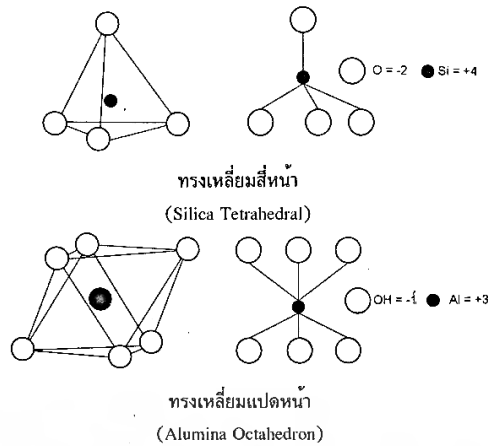
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดินเหนียวถูกจัดให้อยู่ในดินประเภทเชื่อมแน่น (Cohesive Soil) เพราะมีความเหนียวที่เกิดจากแรงดึงดูดของประจุไฟฟ้า กำลังของดินจึงเกิดจากแรงสองประเภทคือ (1) กำลังที่เกิดจากแรงดึงดูดของประจุไฟฟ้าระหว่างเม็ดดิน เรียกว่า “Cohesion” (c) และ (2) แรงเสียดทานระหว่างเม็ดดิน เรียกว่า “Interparticle Friction” (ϕ) ในธรรมชาติ เม็ดดินเหนียวมักปะปนอยู่กับเม็ดดินขนาดอื่น ๆ เช่น เม็ดดินแป้งและเม็ดดินทราย คำว่า “ดินเหนียว” ที่มีอยู่ในธรรมชาติจึงไม่ได้เป็นดินที่มีเม็ดดินเหนียวอยู่เพียงอย่างเดียว แต่เป็นดินที่มีเม็ดดินเหนียวปะปนอยู่กับเม็ดดินขนาดอื่น หากมีเม็ดดินเหนียวอยู่มากพอจึงทำให้มวลดินเกิดความเหนียวได้ ความเหนียวของดินดูได้จากค่าความเชื่อมั่นของดิน นอกจากนี้ ยังสามารถดูได้จากค่าดัชนีพลาสติกที่มีความสัมพันธ์โดยตรงกับปริมาณของเม็ดดินเหนียวที่ปนอยู่ในดินด้วย

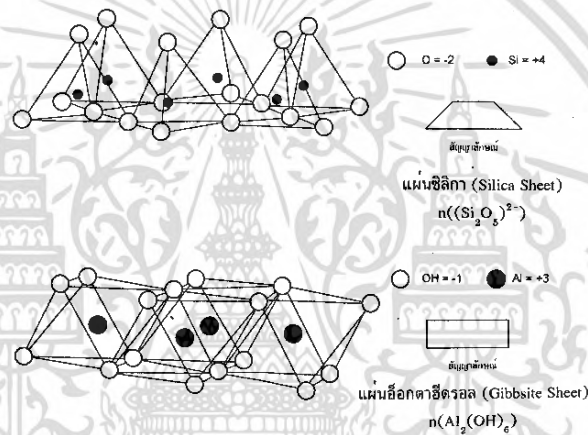
คุณสมบัติที่สำคัญของดินเหนียว คือ มีความเหนียวจากแรงดึงดูดของประจุไฟฟ้าที่ทำให้เม็ดดินเกาะยึดกันได้คล้ายยึดด้วยกาว ดินเหนียวที่มีความคงตัวสูง ก่อนดินเหนียวที่แห้งจะไม่แตกตัวง่ายเมื่อถูกน้ำ จึงจัดว่าเป็นดินประเภท (Cohesive Soil) และ (Non-Dispersive Soil) ดินเหนียวที่มีค่าดัชนีพลาสติกสูงเนื่องจากเม็ดดินมีขนาดเล็ก ทำให้ช่องว่างระหว่างเม็ดดินก็เล็กตามไปด้วย น้ำจึงซึมผ่านได้ยาก และมีค่าการไหลซึมต่ำ ส่วนกำลังของดินเหนียว (Clay Strength) ประกอบด้วย ความเชื่อมแน่นและการขบกันของมุมภายใน เมื่อถูกแรงเฉือน (Shear) ดินเหนียวจะสูญเสียกำลัง แต่กำลังของดินที่สูญเสียไปจะสามารถคืนตัวกลับมาได้ระดับหนึ่งตามระยะเวลาที่ปล่อยทิ้งไว้ นอกจากนั้นเมื่อถูกแรงอัด (Compression) และมีการยุบตัวเนื่องจากกระบวนการทรุดตัว ดินจะแน่นขึ้น และมีกำลังสูงขึ้นตามไปด้วย ดินเหนียวในธรรมชาติปรากฏอยู่ในหลายสภาวะ เช่น ดินเหนียวอ่อน (Soft Clay) ดินเหนียวปานกลาง (Medium Clay) ดินเหนียวแข็ง (Stiff Clay) ดินเหนียวแข็งมาก (Very Stiff Clay) เป็นต้น ดินเหนียวเป็นดินที่ดูดซับน้ำได้มาก จึงมักเกิดการบวมตัว (Swelling) เมื่อดูดน้ำเข้าไป และเกิดการหดตัว (Shrinkage) ได้มากเมื่อสูญเสีย น้ำออกไปโดยการทำให้แห้ง

2.2.2 โครงสร้างของแร่ดินเหนียว (Clay mineral)

แร่ดินเหนียวเป็นแร่ที่เกิดขึ้นโดยการเกิดปฏิกิริยาทางเคมีของปฏิกิริยาต่อดินฟ้าอากาศของหินแม่เป็นส่วนใหญ่ มีส่วนประกอบที่มีหน่วยพื้นฐานคือ ทรงเหลี่ยมสี่หน้า (Silica Tetrahedron) และทรงเหลี่ยมแปดหน้า (Alumina Octahedron) การก่อตัวเป็นลักษณะโมเลกุลนี้เชื่อมแน่นต่อกันด้วยพันธะไอออนิก (Ionic Bond) และพันธะโควาเลนต์ (Covalent Bond) ซึ่งแข็งแรงมาก ลักษณะโครงสร้างโมเลกุลของหน่วยพื้นฐานทั้งสองแสดงใน รูปที่ 2.4 ลักษณะของหน่วยพื้นฐานที่เชื่อมต่อกันโดยใช้ช่อตอมรวมกันทำให้เกิดลักษณะโครงสร้างที่เป็นแผ่น คือ แผ่นซิลิกา (Silica Sheet) และแผ่นอ็อกตาฮีดรอล (Octahedral Sheet หรือ Gibbsite Sheet) ดัง รูปที่ 2.5

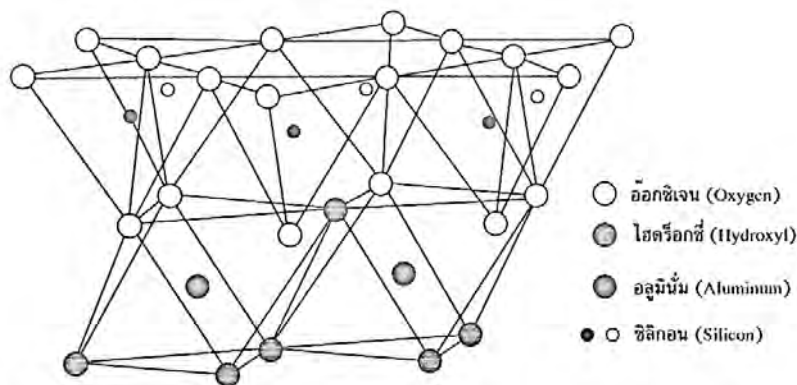


รูปที่ 2.4 หน่วยพื้นฐานของแร่ดินเหนียว



รูปที่ 2.5 แผ่นซิลิกา (Silica Sheet) และแผ่นอ็อกตาไฮดรอล (Octahedral Sheet หรือ Gibbsite Sheet)

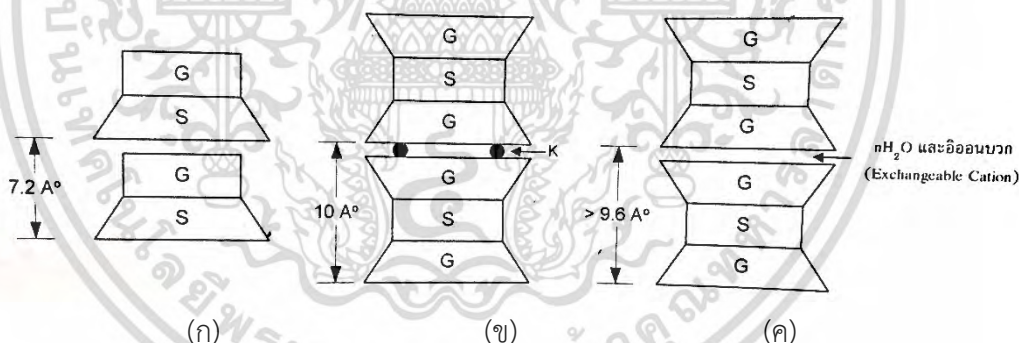
จากการก่อตัวเป็นโครงสร้างของแผ่นซิลิกาจะพบว่าอะตอมของออกซิเจนตรงจุดยอดของทรงเหลี่ยมสี่หน้าจะต้องมีประจุเท่ากับหนึ่งในการยึดเกาะกับอะตอมของซิลิกาตรงกลาง โดยทั่วไปแล้วจะไม่พบแผ่นซิลิกาอย่างเดียวในสภาพธรรมชาติ ส่วนใหญ่จะรวมกับแผ่นอ็อกตาไฮดรอลโดยที่อะตอมของออกซิเจนตรงจุดยอดของทรงเหลี่ยมสี่หน้าจะแทนที่ไฮโดรเจนในแผ่นอ็อกตาไฮดรอลกลายเป็นแผ่นซิลิกา-อ็อกตาไฮดรอล ดังแสดงใน รูปที่ 2.6 แร่ดินเหนียวจะเกิดจากการวางซ้อนยึดเกาะกันระหว่างแผ่นซิลิกากับแผ่นอ็อกตาไฮดรอล นั่นเอง



รูปที่ 2.6 แผ่นซิลิกา-อ็อกตาไฮดรอล

ตัวอย่างของแร่ดินเหนียวที่สำคัญ คือ

1. Kaolinite เกิดจากการวางซ้อนยึดเกาะระหว่างแผ่นซิลิกา-อ็อกตาไฮดรอลด้วยกันระหว่งไฮโดรเจน (Hydrogen Bond) ระหว่างอะตอมออกซิเจนของแผ่นหนึ่งและอะตอมของไฮโดรเจนของไฮดรอกซิลของอีกแผ่นหนึ่งที่มาซ้อน พันธะไฮโดรเจนนี้ ถ้เทียบกับพันธะโควาเลนต์และพันธะไอออนิกจะมีค่าน้อยกว่ามากจึงมีแนวโน้มที่จะถูกทำลายได้ง่ายกว่า ในสภาพธรรมชาตินั้นจะพบแร่ชนิดนี้ในลักษณะที่เกิดการซ้อนกันของแผ่นซิลิกา-อ็อกตาไฮดรอลเป็นจำนวนหลาย ๆ ชั้น โดยทั่วไปมีระยะห่างระหว่างชั้น เท่ากับ 7.2 Å องศา มีพื้นที่ผิวต่อหน่วยมวล (Specific Surface Area) ประมาณ 15 m²/g



รูปที่ 2.7 ลักษณะโครงสร้างของ (ก.) Kaolinite (ข.) Illite (ค.) Montmorillonite

2. Illite เกิดจากการยึดกันของแผ่นซิลิกากับแผ่นอ็อกตาไฮดรอล ในลักษณะที่เป็นแซนวิชกลายเป็นแผ่นซิลิกา-อ็อกตาไฮดรอล-ซิลิกา หรือเรียกว่าไมก้า (Clay Mica) เมื่ออะตอมบางตัวของซิลิกาในแผ่นซิลิกาของแผ่นซิลิกา-อ็อกตาไฮดรอล-ซิลิกา ถูกแทนด้วยอะตอมของอลูมิเนียมโดยไม่เกิดการเปลี่ยนแปลงรูปร่างของผลึก (Isomorphous Substitution) จึงเกิดประจุลบในบางหน่วยของซิลิกา ซึ่งจะเกาะกับประจุบวกของโปรแตสเซียมไอออนทำให้เกิดการซ้อนทับเกาะเป็นชั้น ดังรูปที่ 2.7 Illite มีพื้นที่ผิวต่อ หน่วยมวล (Specific Surface Area) ประมาณ 80 m²/g

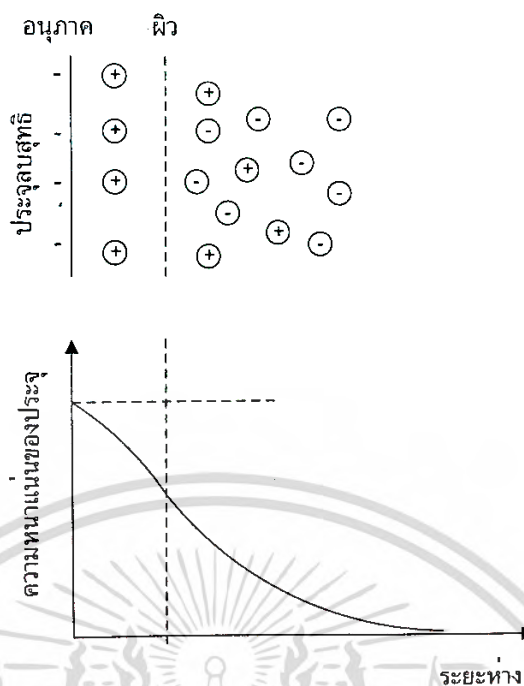
3. Montmorillonite มีลักษณะคล้าย Illite แต่ประจุลบเกิดจากอะตอมของแมกนีเซียมจะเข้ามาแทนที่อะตอมของอลูมิเนียมในแผ่นอ็อกตาไฮดรอลของแผ่นซิลิกา-อ็อกตาไฮดรอล-ซิลิกา เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กา การยึดเกาะระหว่างชั้นโดยอาศัยประจุบวกไม่ได้เกิดจากโปรแตสเซียมอออน และยึดเกาะกันไม่แข็งแรงเท่ากับกรณีของ (Illite) ทำให้โมเลกุลของน้ำสามารถแทรกเข้าไปได้ง่าย ดินเหนียวชนิดนี้จะเกิดการบวมตัว (Swelling) ได้ง่าย โดยทั่วไป (Montmorillonite) มีพื้นที่ผิวต่อ หน่วยมวล (Specific Surface Area) ประมาณ $800 \text{ m}^2/\text{g}$

แร่ดินเหนียวมีลักษณะเป็นแผ่นแบน โดยมีประจุลบโดยรอบผิวอนุภาคซึ่งเกิดจากกระบวนการแทนที่อะตอมโดยไม่มีการเปลี่ยนแปลงรูปร่างของผลึก (Isomorphous Substitution) และการทำลายพันธะยึดเกาะระหว่างชั้น ส่วนประจุบวกมีมากบริเวณขอบ จึงมีแนวโน้มที่จะดึงดูดประจุบวกที่มีโมเลกุลของน้ำ ลักษณะโครงสร้างการดึงดูดของโมเลกุลดังกล่าว มีการกระจายตัวของประจุบวกรอบผิวของอนุภาคดินเหนียวโดยลดลงตามระยะห่างจากพื้นผิว โดยผิวของประจุบวกที่ซ้อนขึ้นมาอีกชั้นนี้ ทำให้เสมือนว่ามีลักษณะคล้ายเป็นสองชั้น จึงนิยมเรียกว่าชั้นคู่ (Diffuse Double Layer)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.9 ชั้นคู (Diffuse Double Layer)

2.3 หลักเกณฑ์พิจารณาคุณสมบัติความเป็นดินอ่อน

โดยทั่วไปคำว่า “ดินอ่อน” จะมีความหมายครอบคลุมถึง ดินเหนียวอ่อน (Soft Clay Soil) ดินที่มีองค์ประกอบส่วนใหญ่เป็นดินจำพวก ดินแป้ง (Silty Soil) หรือดินเหนียว (Clayey Soil) ที่มีความชื้นในมวลดิน (Natural Water Content, W_n) สูง ดินที่ประกอบด้วยวัสดุจำพวกอินทรีย์สาร (Peat) หรือทรายหลวมที่ตกตะกอนใกล้หรือใต้ระดับน้ำ (Kamon และ Bergado 1991)

สำหรับพื้นที่ในการศึกษาครั้งนี้ (พื้นที่ 6 จังหวัด ได้แก่ กรุงเทพฯ นนทบุรี สมุทรปราการ ปทุมธานี ฉะเชิงเทรา และสมุทรสาคร) ถูกปกคลุมด้วยดินเหนียวอ่อนที่มีความหนาเฉลี่ยมากกว่า 12 เมตร ดังนั้น ในวิทยานิพนธ์นี้ คำว่าดินอ่อนจะหมายถึง ดินเหนียวอ่อนเพียงอย่างเดียว

2.3.1 คุณสมบัติทั่วไปของดินเหนียวอ่อน

ดินเหนียวอ่อนคือ ดินเหนียวเกิดใหม่ที่ยังมีปริมาณน้ำในดินอยู่สูงกำลังของดินจึงต่ำ ดินเหนียวอ่อนจะเสียรูปได้ง่าย ยุบตัวมากและสูญเสียกำลังได้ง่ายเมื่อมีน้ำแทรกภายนอกมากกระทำ นั่นคือมีความไวต่อการสูญเสียกำลัง (Sensitivity) สูง ดินเหนียวอ่อนมีความสามารถในการซึมผ่านได้ (Permeability) ต่ำ ถึงแม้ว่าจะมีสัดส่วนช่องว่างในมวลดิน (Void Ratio) สูงก็ตาม ทั้งนี้ ช่องว่างในมวลดินเมื่อมีน้ำอิมตัว โมเลกุลของน้ำก็จะจับตัวรอบเม็ดดินซึ่งเรียกว่า Double Layer Water ทำให้ช่องว่างระหว่างเม็ดดินเล็กลง นั่นคือ เหตุผลที่ทำให้ดินเหนียวอ่อนมีค่าการไหลซึมต่ำ (Permeability) กำลังของดินเหนียวเกือบทั้งหมดจะขึ้นอยู่กับแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาคของเม็ดดิน (Cohesion) ส่วนในของความฝืดที่ผิวของเม็ดดิน (Internal Friction) จะมีอยู่ไม่สูงมากเพราะเม็ดดินจะถูกปกคลุมด้วยโมเลกุลของน้ำ

จากที่กล่าวมาทั้งหมดเป็นคุณสมบัติเฉพาะของดินเหนียวอ่อนที่พบโดยทั่วไป ซึ่งสามารถสรุปคุณสมบัติดังกล่าวได้เป็น 2 ชนิดใหญ่ๆคือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.1.1 คุณสมบัติทางกายภาพ (Physical Properties)

คุณสมบัติทางกายภาพที่สำคัญ ได้แก่

1. ความชื้นในมวลดิน (Natural Water Content, W_n) คือ อัตราส่วนระหว่างน้ำหนักของน้ำต่อน้ำหนักของส่วนที่เป็นเม็ดดินในมวลดินนั้น แสดงค่าเป็นเปอร์เซ็นต์ ค่าความชื้นในมวลดิน นี้เป็นคุณสมบัติของดินในลักษณะที่คล้ายคลึงกับ degree of saturation คือ แสดงถึงระดับของปริมาณน้ำในมวลดิน แต่แสดงออกแตกต่างกันในรูปแบบของการเปรียบเทียบในเทอมของการนำน้ำหนัก

2. หน่วยน้ำหนักของดิน (Unit Weight, γ_t) คืออัตราส่วนระหว่างน้ำหนักรวมของเม็ดดินและน้ำในมวลดิน ($W = W_s + W_w$) ต่อปริมาตรรวมของเม็ดดิน น้ำ และ อากาศในมวลดินนั้น ($V = V_s + V_w + V_a$)

3. พิกัดอัสตเบิร์ก (Atterberg's Limits) เช่น ค่าพิกัดเหลว (Liquid Limit, LL), ค่าพิกัดพลาสติก (Plastic Limit, PL), ค่าดัชนีพลาสติก (Plastic Index, PI), ค่าดัชนีเหลว (Liquidity Index, LI) พิกัดอัสตเบิร์ก ถูกคิดขึ้นโดยนักปฐพีวิทยา (Soil Scientist) นามว่า Atterberg ชาวสวีเดน ซึ่งได้พัฒนาวิธีการบ่งชี้ ความข้นเหลว (Consistency) ของดินเม็ดละเอียด (เฉพาะเม็ดดินส่วนที่เล็กกว่าตะแกรง #40) ที่แปรผันตามน้ำในดิน (Water Content) ที่สามารถระบุเป็นค่าตัวเลข และเป็นขีดแบ่งระหว่างสถานะต่าง ๆ โดยเขาได้จำแนกสถานะความข้นเหลวของดินเป็นสี่สถานะโดยใช้ขีดแบ่งของแต่ละสถานะดังนี้

- ค่าพิกัดเหลว (Liquid Limit, LL) คือ ค่าความชื้นในมวลดิน ซึ่งเป็นขีดแบ่งระหว่างสถานะพลาสติก (Plastic) และสถานะเหลว (Liquid) ของดิน อธิบายได้คือ ดินใด ๆ ก็ตามถ้ามีปริมาณน้ำอยู่ในมวลดินนั้นเท่ากับค่าพิกัดเหลว ดินนั้นจะอยู่ในสภาพที่กำลังจะเปลี่ยนจากพลาสติก ไปเป็น ของเหลว ถ้าปริมาณน้ำในดินเพิ่มขึ้นเกินกว่าค่าพิกัดเหลว ดินจะเปลี่ยนสภาพเป็นของเหลว แต่ถ้าปริมาณน้ำในดินลดลงจากค่านี้ ดินก็จะแห้งขึ้นและแปรสภาพเป็นพลาสติก กล่าวคือเป็นปริมาณน้ำที่น้อยที่สุดในดิน ที่ทำให้ดินเริ่มเหลวและไหลได้ ดินเหนียวมีค่าพิกัดเหลว ประมาณ 30 - 160% และค่าพิกัดเหลวมีความสัมพันธ์โดยตรงกับความสามารถในการยุบตัวของดิน

- ค่าพิกัดพลาสติก (Plastic Limit, PL) คือ ค่าความชื้นในมวลดินซึ่งเป็นขีดแบ่งระหว่างสถานะพลาสติกกับสถานะกึ่งของแข็ง (Semi-Solid) เมื่อปริมาณน้ำในมวลดินลดลงต่ำกว่าค่านี้ดินจะเสียสภาพความเป็นพลาสติก เริ่มมีสภาพเหมือนก้อนแข็งและมีรอยแตกกว้างบนผิว ค่าพิกัดพลาสติกนี้จะต่ำกว่าค่าพิกัดเหลวเสมอ กล่าวคือเป็นปริมาณน้ำที่น้อยที่สุดในดิน โดยที่ดินยังคงความเป็นพลาสติก (เหนียวหนืด) สามารถปั้นเป็นรูปร่างได้โดยไม่เกิดรอยแตกที่ผิวค่าพิกัดพลาสติก ส่วนใหญ่มีค่าประมาณ 20 - 50 %

ตารางที่ 2.1 โอกาสที่จะเกิดการหดตัวของดิน BRE Digest, 1980 (คัดลอกจาก (Barnes 2000))

| Plastic Index (%) | Clay Fraction (%) | โอกาสที่ดินจะหดตัว |
|-------------------|-------------------|--------------------|
| >35 | >95 | สูงมาก |
| 22-48 | 60-95 | สูง |
| 12-32 | 30-60 | ปานกลาง |
| <18 | <30 | ต่ำ |

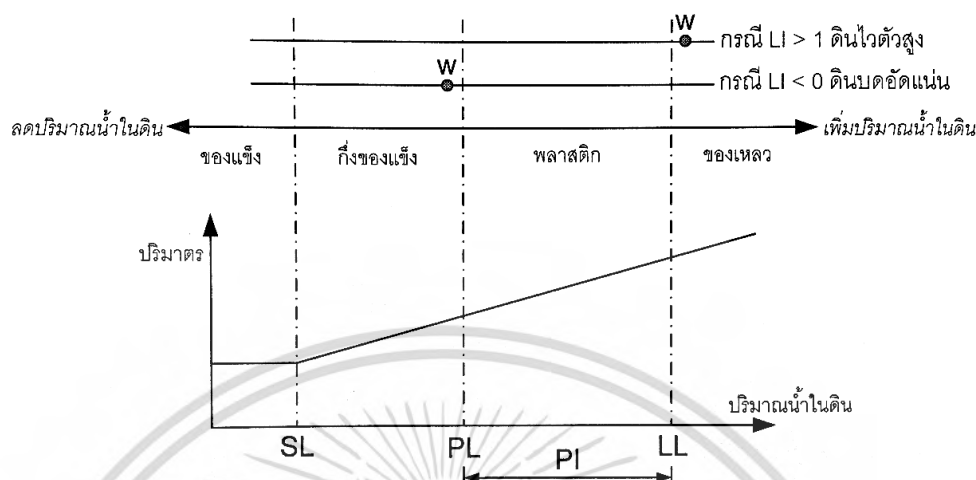
- พิกัดหดตัว (Shrinkage Limit, SL) คือ ค่าความชื้นในมวลดินซึ่งเป็นขีดแบ่งระหว่างสถานะกึ่งของแข็ง กับสถานะของแข็ง (Solid) ของดิน หรือ คือ ปริมาณน้ำที่เข้าไปอยู่ในมวลดินที่แห้งได้เต็มช่องว่างพอดี แม้ปริมาณน้ำในดินจะลดน้อยลงกว่าพิกัดหดตัวนี้ ก็จะไม่ทำให้มวลดินหดตัวลดปริมาตรโดยรวมลงได้อีกต่อไป กล่าวคือเป็นปริมาณน้ำที่มากที่สุดในดิน ซึ่งแม้ว่าจะมีการสูญเสียความชื้นต่อไป ก็จะไม่ทำให้ดินหดตัวหรือลดปริมาตรลง อนึ่ง พิกัดหดตัวไม่ค่อยได้ใช้ในทางปฏิบัติ

- ค่าดัชนีพลาสติก (Plastic Index, PI = LL - PL) คือ ค่าผลต่างระหว่างพิกัดเหลวกับพิกัดพลาสติกแสดงให้เห็นถึงปริมาณน้ำที่ต้องเพิ่มเข้าไปในมวลดิน เพื่อให้มวลดินเปลี่ยนสถานะจากจุดเริ่มเป็นพลาสติกไปจนถึงจุดที่เริ่มเป็นของเหลว โดยปกติมวลดินที่มีปริมาณเม็ดดินขนาดเล็กกว่าปนอยู่มากกว่าจะมีค่าดัชนีพลาสติกสูงกว่า ค่าดัชนีพลาสติกสามารถใช้บอกช่วงความเป็นพลาสติกของดิน หากค่าดัชนีพลาสติกมีค่าต่ำ แสดงว่าดินมีความเป็นพลาสติกต่ำ และกำลังของดินจะขึ้นอยู่กับมุมเสียดทานมากกว่า หากค่าดัชนีพลาสติกสูง แสดงว่าดินมีปริมาณแร่ดินเหนียว (Clay Minerals) ปะปนอยู่มากจึงปั้นได้ดี กล่าวง่าย ๆ ก็คือ ดินที่มีค่าดัชนีพลาสติกสูงคือ ดินที่มีความเป็นดินเหนียวสูงนั่นเอง

- ค่าดัชนีเหลว (Liquid Index, $LI = \frac{w-PL}{LL-PL}$) คือ อัตราส่วนระหว่างผลต่างความชื้นในธรรมชาติของมวลดินและพิกัดพลาสติกกับผลต่างของพิกัดเหลว และพิกัดพลาสติก ค่านี้จะแสดงให้เห็นว่ามวลดินในธรรมชาติมีสถานะเป็นของเหลวหรือไม่ ถ้าค่าดัชนีเหลวน้อยกว่า 1 แสดงว่ามวลดินไม่อยู่ในสภาพของของเหลวแต่จะอยู่ในสภาพพลาสติก แต่ถ้าค่าดัชนีเหลวมีค่ามากกว่า 1 แสดงว่า มวลดินอยู่ในสภาพของเหลว ดรรชนีความเหลวใช้บอกกำลังของดินคร่าว ๆ ได้ หาก ค่าดัชนีเหลว < 1 แสดงว่าดินอยู่ในสภาพกึ่งของแข็ง (Semi-Solid) มีกำลังรับน้ำหนักสูง และมีพฤติกรรมแบบเปราะ (Brittle) ซึ่งได้แก่ดินบดอัดแน่น (Compacted Soil) ถ้า $0 < \text{ค่าดัชนีเหลว} < 1$ แสดงว่าดินอยู่ในสภาพพลาสติก และถ้า ค่าดัชนีเหลว > 1 แสดงว่าดินอยู่ในสภาพเหลวมากถือเป็นการดินไวตัวสูง (Sensitive Soil) มีกำลังรับน้ำหนักต่ำมาก ****จะเห็นได้ว่ากำลังของดินไม่ได้ดูที่ปริมาณน้ำ (W_n) เพียงอย่างเดียวแต่ต้องดูค่าดัชนีเหลวด้วย**

ดินเม็ดละเอียดที่มีปริมาณน้ำมากกว่าพิกัดเหลว จะมีลักษณะคล้ายเนยนิ่ม ดินเม็ดละเอียดที่มีปริมาณน้ำระหว่างพิกัดพลาสติกและพิกัดเหลว (PL-LL) จะมีลักษณะคล้ายดินน้ำมัน ดินที่มีปริมาณน้ำระหว่างพิกัดหดตัวและพิกัดพลาสติก (SL-PL) จะมีลักษณะคล้ายเนยแข็ง

และดินเม็ดละเอียดที่มีปริมาณน้ำต่ำกว่าพิกัดหดตัวจะมีลักษณะคล้ายลูกกวาดแข็ง ตารางด้านล่าง แสดงระดับความเป็นพลาสติกของดิน



รูปที่ 2.10 สภาพดินซี หนักตำแหน่งปริมาณน้ำในดิน (Water Content) เทียบกับพิกัดหดตัวเบิร์ต

ตารางที่ 2.2 ระดับความเป็นพลาสติกของดิน (Burmister, 1949)

| ดัชนีพลาสติก (PI) | คำบรรยาย |
|-------------------|---------------------------|
| 0 | ไม่มีความเป็นพลาสติก |
| 1-5 | มีความเป็นพลาสติกนิดเดียว |
| 5-10 | มีความเป็นพลาสติกต่ำ |
| 10-20 | มีความเป็นพลาสติกปานกลาง |
| 20-40 | มีความเป็นพลาสติกสูง |
| >40 | มีความเป็นพลาสติกสูงมาก |

ตารางที่ 2.3 ค่าพิกัดพลาสติก พิกัดเหลว และแอกติวิตี ของแร่ดินเหนียวบางชนิด (Das, 2006)

| แร่ดินเหนียว | PL | LL | A |
|------------------------|---------|---------|---------|
| Kaolinite | 20-40 | 35-100 | 0.3-0.5 |
| Illite | 35-60 | 60-120 | 0.5-102 |
| Montmorillonite | 50-100 | 100-900 | 1.5-7.0 |
| Halloysite(hydrated) | 40-60 | 50-70 | 0.1-0.2 |
| Halloysite(dehydrated) | 30-45 | 40-55 | 0.4-0.6 |
| Attapulgate | 100-125 | 150-250 | 0.4-1.3 |
| Allophane | 120-150 | 200-250 | 0.4-1.3 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.4 แสดงคุณสมบัติโดยทั่วไปของชั้นดินเหนียวอ่อน และชั้นดินเหนียวแข็งชั้นแรกในเขตกรุงเทพฯ และ สรุปลักษณะสมบัติทางกายภาพ (Physical Properties) ของดินเหนียวอ่อนและดินเหนียวแข็งในเขตกรุงเทพฯ

| Soil Properties | Soft Clay | Stiff Clay |
|---|--------------------|--------------------|
| Natural Water Content, % | 40-90 | 15-40 |
| Liquid Limit, % | 40-90 | 25-90 |
| Plastic Limit, % | 20-40 | 15-40 |
| Plastic Index, % | 20-60 | 10-50 |
| Liquid Index | 0.2-2.0 | (-0.25)-0.5 |
| Total Unit Weight, (kN/m ³) | 14.5-17.5 | 18.0-21.5 |
| Plastic Index Equation | PI = 0.74(LL-15.5) | PI = 0.73(LL-12.0) |

2.3.1.2 คุณสมบัติทางวิศวกรรม (Engineering Properties)

คุณสมบัติทางวิศวกรรมที่สำคัญ ได้แก่

1. กำลังรับแรงเฉือนแบบไม่ระบายน้ำ (Undrained Shear Strength, S_u) ซึ่งโดยทั่วไป กำลังรับแรงเฉือนชนิดนี้สามารถหาได้จากค่า Unconfined Compressive Strength, q_u ($S_u = q_u/2$) หรือจากการทดสอบในสนามโดยการแปลงจากค่าการตอกแบบมาตรฐาน (Standard Penetration Number, SPT-N) ซึ่งวิธีนี้จะเหมาะสมเฉพาะกับดินเหนียวแข็ง ส่วนดินเหนียวอ่อนควรใช้การหาค่ากำลังรับแรงเฉือนโดยใช้ใบพัด (Field Vane Shear Test)

2. ความสามารถในการยุบตัว (Compressibility) ซึ่งจะพิจารณาค่าที่ได้จากการทดสอบการอัดตัวคายน้ำ (Consolidation Test) เพื่อหาค่าสัดส่วนการอัดตัว (Compression Ratio, CR) หรือ ค่าดัชนีการอัดตัว (Compression Index, C_c) และค่าสัดส่วนการคืนตัว (Recompression Ratio, RR) หรือค่าดัชนีการคืนตัว (Recompression Index, C_r) ตารางที่ 2.5 แสดงค่าคุณสมบัติการยุบตัวทั่วไปของชั้นดินกรุงเทพฯ และตารางที่ 2.6 แสดงสมการความสัมพันธ์ระหว่างค่าคุณสมบัติการยุบตัวและค่าคุณสมบัติทางกายภาพของดินเหนียว

2.3.2 หลักเกณฑ์ทั่วไปที่ใช้ชี้วัดความเป็นดินอ่อน

ในงานทางวิศวกรรม เช่น งานถนน การออกแบบคันทางและโครงสร้างชั้นทางจำเป็นต้องคำนึงถึงว่า ชั้นฐานรากมีกำลังเพียงพอหรือไม่ที่จะรับน้ำหนักภายนอกที่มากกระทำ (น้ำหนักของตัวโครงสร้างข้างทางเองและน้ำหนักจากการจราจร) และการทรุดตัวจะต้องไม่มากเกินไปที่จะก่อให้เกิดความเสียหายต่อโครงสร้างชั้นทาง ด้วยเหตุนี้เองคุณสมบัติที่ใช้ชี้วัดความเป็นดินอ่อนจึงใช้คุณสมบัติทางวิศวกรรมของดินเป็นหลัก ซึ่งโดยทั่วไปค่ากำลังรับแรงเฉือนจะถูกใช้เป็นเกณฑ์ในการแบ่งระดับความเป็นดินอ่อนดัง ตารางที่ 2.5

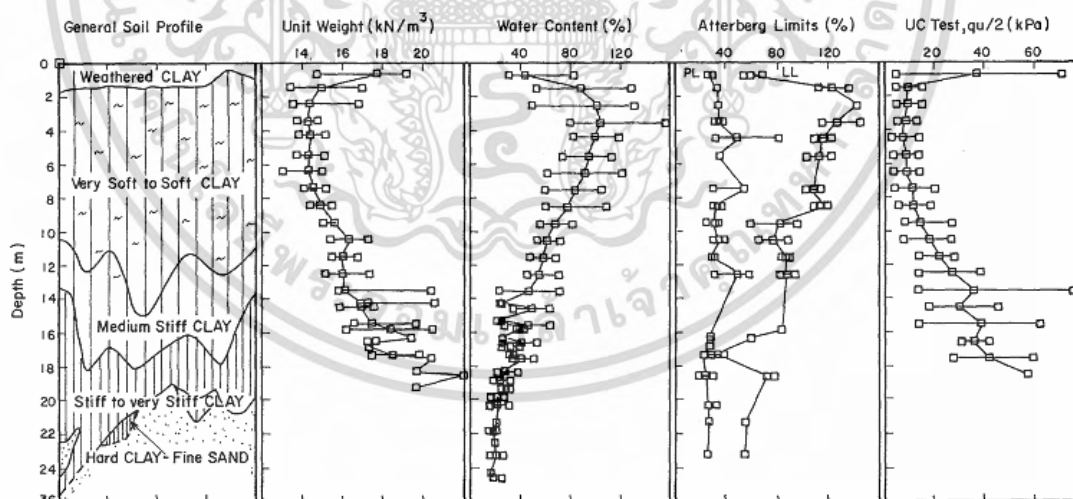
ตารางที่ 2.5 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าการตอกแบบมาตรฐาน (SPT-N) กับค่ากำลังรับแรงเฉือนของดินและเกณฑ์ในการแบ่งระดับความเป็นดินอ่อน (Terzaghi และ Peck, 1967)

| SPT-N (blows/ft) | Undrained Shear Strength, S_u (T/m ²) | Consistency |
|---------------------|--|--------------------|
| < 2 | 0-1.25 | very soft |
| 2 - 4 | 1.25-2.50 | soft |
| 4 - 8 | 2.50-5.00 | medium stiff, firm |
| 8 - 15 | 5.00-10.0 | stiff |
| 15 - 30 | 10.0-20.0 | very stiff |
| > 30 | > 20.0 | hard |

อย่างไรก็ตาม นอกจากการใช้คุณสมบัติทางวิศวกรรมของดิน เช่น ค่ากำลังรับแรงเฉือนเป็นเกณฑ์ในการแบ่งระดับความเป็นดินอ่อนแล้ว การใช้คุณสมบัติทางกายภาพก็อาจเป็นดัชนีอย่างหนึ่งที่ใช้เป็นเกณฑ์ในการแบ่งระดับความเป็นดินอ่อนได้ โดยมีรายละเอียดดังนี้

2.3.2.1 แนวโน้มความชื้นในมวลดินและหน่วยน้ำหนักของชั้นดินกับค่ากำลังรับแรงเฉือน

รูปที่ 2.11 แสดงตัวอย่างของชั้นดินและคุณสมบัติของดินบริเวณสถาบันเทคโนโลยีแห่งเอเชีย ซึ่งเมื่อพิจารณาจะพบว่าหน่วยน้ำหนัก และค่ากำลังรับแรงเฉือนของดินแปรผกผันกับปริมาณน้ำในดินอย่างมีนัยสำคัญ กล่าวคือ การเพิ่มขึ้นของปริมาณน้ำในมวลดิน จะทำให้ค่ากำลังรับแรงเฉือน และหน่วยน้ำหนักของดินจะมีค่าลดลง



รูปที่ 2.11 ตัวอย่างชั้นดิน(Soil Profile) และคุณสมบัติของดินบริเวณสถาบันเทคโนโลยีแห่งเอเชีย (AIT) (Bergado และคณะ, 1991)

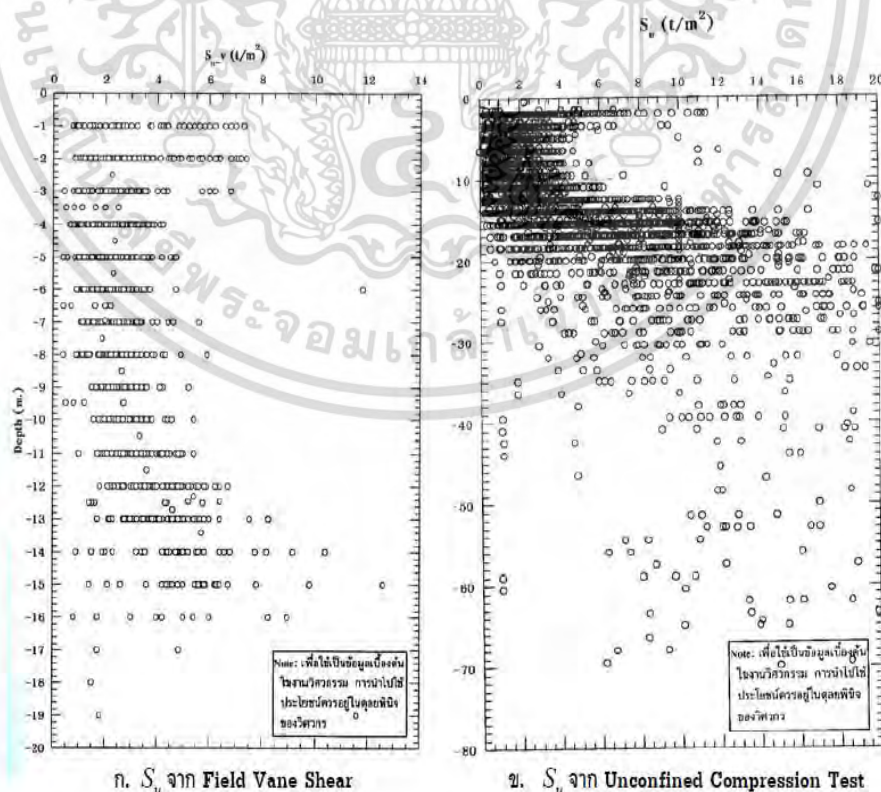
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.2.2 การแปลความหมายจากผลการทดสอบพิกัดอัตรา

1. หากปริมาณความชื้นในมวลดินมีค่าใกล้เคียง หรือมากกว่าค่าพิกัดเหลว (Liquid Limit) แสดงว่าดินมีสภาพอ่อน มีกำลังรับแรงเฉือนต่ำ และมีค่าการทรุดตัวสูง
2. หากปริมาณความชื้นในมวลดินมีค่าใกล้เคียงกับค่าพิกัดพลาสติก แสดงว่าดินมีความแข็งแรง มีกำลังรับแรงเฉือนสูง และมีค่าการทรุดตัวน้อย
3. ดินที่มีค่าดัชนีพลาสติก (Plastic Index) สูงจะเป็นดินที่มีคุณสมบัติเลว มีค่ากำลังรับแรงเฉือนต่ำและมีค่าการทรุดตัวหรือบวมตัวสูง
4. ค่าดัชนีเหลว (Liquidity Index, LI) ถ้า $LI > 1.0$ แสดงว่าดินอยู่ในสภาพเหลว ถ้า $0 < LI < 1.0$ แสดงว่าดินอยู่ในสภาพพลาสติก ถ้า $LI < 0$ แสดงว่าดินมีสภาพแข็ง
5. ดินชนิดที่มีค่าพิกัดเหลวสูงกว่าดินอีกชนิดหนึ่งย่อมบอกได้คร่าว ๆ ว่า ดินชนิดนี้ สามารถดูดน้ำได้รอบเม็ดดินได้มากกว่า

2.3.2.3 ข้อจำกัดของหลักเกณฑ์ทั่วไปที่ใช้ในการชี้วัดความเป็นดินอ่อน

1. การใช้คุณสมบัติทางวิศวกรรมเป็นเกณฑ์ในการชี้วัดความเป็นดินอ่อน ข้อดีประการหนึ่งที่โดดเด่นและเป็นสิ่งสำคัญที่สุดของการใช้คุณสมบัติทางวิศวกรรมเป็นเกณฑ์ในการชี้วัดระดับความเป็นดินอ่อนก็คือ เป็นเกณฑ์ที่ตรงกับวัตถุประสงค์ของงานทางด้านวิศวกรรม แต่อย่างไรก็ตามคุณสมบัติทางด้านวิศวกรรมจะมีความแปรปรวนของข้อมูลสูงดังแสดงใน รูปที่ 2.12 ซึ่งทำให้การที่จะหาค่าที่จะใช้เป็นตัวแทนของชั้นดินแต่ละชั้นทำได้ยาก สาเหตุของความแปรปรวนดังกล่าว สามารถสรุปได้ ดังนี้ โดยรูปที่ 2.12 ได้ทำการอ้างอิงจากข้อมูลสภาพดินลุ่มแม่น้ำเจ้าพระยาตอนล่าง



รูปที่ 2.12 การกระจายตัวของข้อมูลคุณสมบัติทางวิศวกรรมของดินกรุงเทพฯ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาค้นคว้าเท่านั้น ไม่นับผูกพันหาไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- การถูกรบกวนของตัวอย่างที่ถูกลำไปทดสอบ
การเก็บตัวอย่างจากในสนามเพื่อไปทดสอบหาค่าคุณสมบัติทางวิศวกรรมในห้องปฏิบัติการ หากว่าไม่ทำด้วยความระมัดระวังแล้ว ตัวอย่างอาจถูกรบกวนและแปรสภาพ (Disturbed) ได้ ซึ่งในกรณีของดินเหนียวอ่อนกรุงเทพฯ ที่มีค่าความไวต่อการเสื่อมกำลัง (Sensitivity) สูงโดยมีค่าประมาณ 4-8 นั่นคือ หากตัวอย่างที่นำมาทดสอบถูกรบกวนมาก อาจจะมีผลทำให้ค่ากำลังรับแรงเฉือนที่ได้จากการทดสอบต่ำกว่าความเป็นจริงได้ถึง 4-8 เท่า

- ความแตกต่างของวิธีการที่ใช้ในการทดสอบ
เนื่องจากข้อมูลที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้เป็นการรวบรวมข้อมูลจากหลายๆแหล่ง ซึ่งแต่ละแหล่งอาจจะใช้วิธีการทดสอบหาค่ากำลังรับแรงเฉือนของดินต่างกัน เช่น การหาค่าแรงเฉือนในสนาม (Field Vane Shear), Unconfined Compression Test หรือแปลงจากการตอกแบบมาตรฐาน (SPT-N) ทำให้ผลการทดสอบที่ได้อาจมีความคลาดเคลื่อนและไม่เป็นในทิศทางเดียวกัน

- ทักษะของผู้ทำการทดสอบ
การทดสอบหาค่าคุณสมบัติทางวิศวกรรมมีขั้นตอนและวิธีการที่ค่อนข้างสลับซับซ้อนเพราะฉะนั้น ทักษะของผู้ทดสอบจึงมีความสำคัญเป็นอย่างยิ่ง

2. การใช้คุณสมบัติทางกายภาพเป็นเกณฑ์ในการชี้วัดความเป็นดินอ่อน
สำหรับการใช้คุณสมบัติทางกายภาพเป็นเกณฑ์ในการแบ่งระดับความเป็นดินอ่อนนั้นมีข้อดีที่เห็นได้อย่างเด่นชัด คือ การทดสอบหาค่าคุณสมบัติทางกายภาพ เช่น การหาปริมาณน้ำในมวลดิน นั้นสามารถทำได้ง่ายไม่จำเป็นต้องอาศัยทักษะของผู้ทำการทดสอบมาก ทำให้ผลการทดสอบที่เป็นไปในทิศทางเดียวกันและมีความแปรปรวนต่ำกว่าการใช้ค่ากำลังรับแรงเฉือน ซึ่งทำให้การเลือกค่าที่จะใช้เป็นตัวแทนของชั้นดินแต่ละชั้นทำได้ง่ายกว่ากรณีใช้คุณสมบัติทางวิศวกรรม อย่างไรก็ตามข้อเสียและข้อจำกัดของการใช้คุณสมบัติชนิดนี้ ก็มีอยู่ด้วยกันดังต่อไปนี้

- การนำไปใช้ประโยชน์
การออกแบบงานทางด้านวิศวกรรม เช่น งานถนนนั้น สิ่งที่สำคัญอย่างยิ่งสำหรับการออกแบบคือคุณสมบัติทางด้านวิศวกรรมของชั้นดินฐานราก ดังนั้น ผลที่ได้จากการแบ่งระดับความเป็นดินอ่อนโดยใช้คุณสมบัติทางกายภาพเป็นเกณฑ์ชีวิต จึงไม่สามารถนำไปใช้ในการออกแบบงานทางวิศวกรรมได้โดยตรง

- เกณฑ์ที่ใช้แบ่งระดับความเป็นดินอ่อน
ถึงแม้ว่าคุณสมบัติทางกายภาพของดินจะมีความแตกต่างกันในดินที่มีระดับความแข็งอ่อนต่างกันแต่อย่างไรก็ตามยังไม่มีรายงานการศึกษาใดที่ได้สร้างเกณฑ์ที่แน่นอนสำหรับใช้คุณสมบัติทางกายภาพของดินเป็นเกณฑ์การชี้วัดความเป็นดินอ่อนเหมือนกับ ตารางที่ 2.4 ซึ่งใช้กำลังรับแรงเฉือนเป็นเกณฑ์ในการชี้วัด

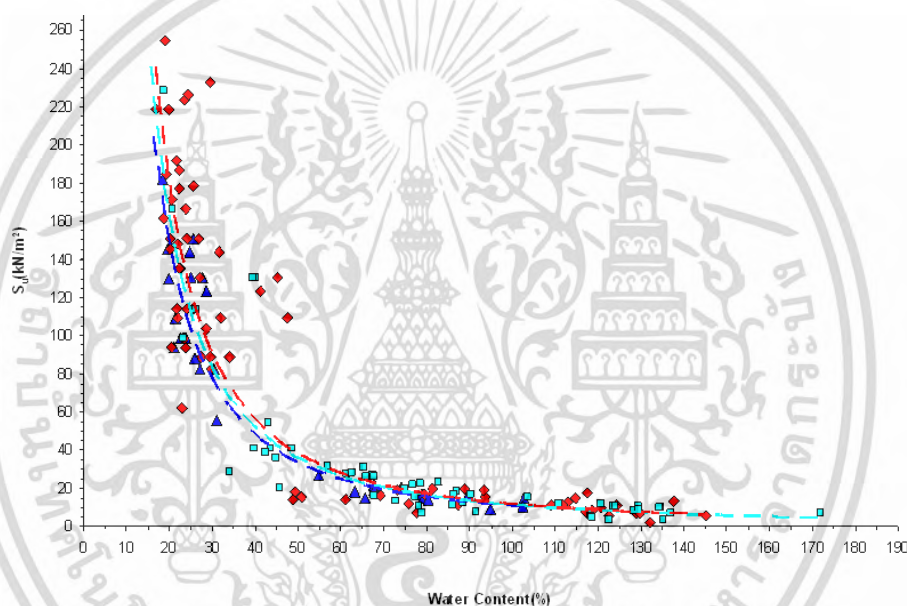
2.3.3 เกณฑ์ที่เสนอใช้ในการชี้วัดความเป็นดินอ่อน

จากที่กล่าวมาแล้ว คุณสมบัติทางกายภาพของดินนั้น แม้ว่าจะมีความแปรปรวนต่ำทำให้ง่ายต่อการเลือกข้อมูลที่จะใช้เป็นตัวแทนของชั้นดินแต่ละชั้น แต่ผลที่ได้ยังไม่สามารถนำมาใช้ออกแบบในงานทางด้านวิศวกรรมได้และยังไม่มีเกณฑ์แน่นอนที่ใช้สำหรับชี้วัดความเป็นดินอ่อนในทางตรงกันข้ามคุณสมบัติทางวิศวกรรม ซึ่งมีเกณฑ์แน่นอนสำหรับชี้วัดระดับการเป็นดินอ่อน และเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการศึกษาไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

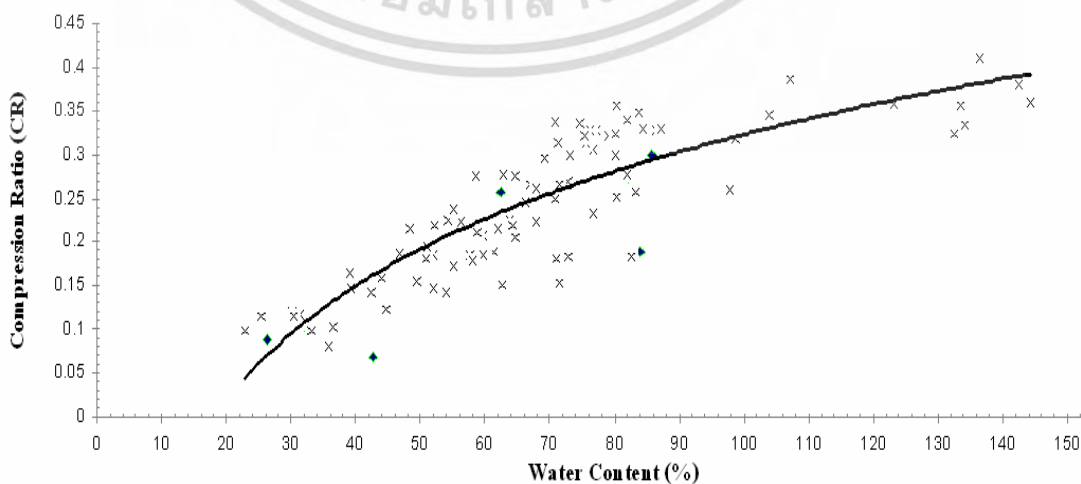
สามารถนำมาใช้ในการออกแบบทางด้านวิศวกรรมได้ กลับมีความแปรปรวนของข้อมูลสูง ทำให้การเลือกข้อมูลสำหรับใช้เป็นตัวแทนของชั้นดินแต่ละชั้นทำได้ยาก

ดังนั้น หากสามารถสร้างความสัมพันธ์ระหว่างคุณสมบัติทางกายภาพและคุณสมบัติทางวิศวกรรมของดินได้ ความสัมพันธ์ที่ได้ย่อมมีส่วนช่วยให้สามารถประยุกต์ใช้คุณสมบัติทางกายภาพซึ่งมีความแปรปรวนของข้อมูลต่ำเป็นเกณฑ์ในการแบ่งระดับความเป็นดินอ่อนรวมทั้งนำผลที่ได้ไปใช้ในการออกแบบได้อีกด้วย

จากประสบการณ์ในการทำงานเกี่ยวกับดินเหนียวอ่อนพบว่าค่ากำลังรับแรงเฉือนของดิน คุณสมบัติการยุบตัวของดิน และหน่วยน้ำหนักของดิน ล้วนแล้วแต่มีความสัมพันธ์กับปริมาณน้ำในมวลดินอย่างเห็นได้ชัดตัวอย่างของความสัมพันธ์ดังกล่าวของโครงการก่อสร้างถนนสายหนึ่งในบริเวณกรุงเทพฯ และปริมณฑล แสดงใน รูปที่ 2.13

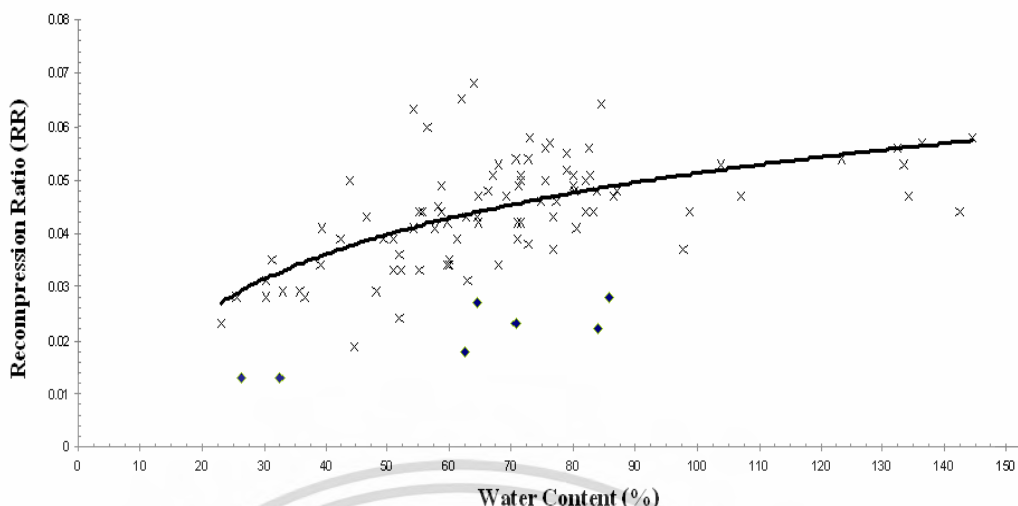


(ก) ความสัมพันธ์ระหว่างค่ากำลังรับแรงเฉือนของดินกับปริมาณน้ำในมวลดิน



(ข) ความสัมพันธ์ระหว่าง Compression Ratio กับปริมาณน้ำในมวลดิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์สำหรับหน่วยงานหนึ่งเพื่อใช้ในการศึกษาเท่านั้น อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(ค) ความสัมพันธ์ระหว่าง Recompression Ratio กับปริมาณน้ำในมวลดิน
รูปที่ 2.13 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ในดินอ่อนกับปริมาณน้ำในมวลดิน

จากความสัมพันธ์ดังกล่าวจึงเสนอแนวคิด ที่จะใช้ปริมาณน้ำในมวลดินเป็นพารามิเตอร์หลักเพียงตัวเดียวในการกำหนดระดับความเป็นดินอ่อน ส่วนค่าพารามิเตอร์ที่จำเป็นสำหรับการออกแบบ ได้แก่ ค่ากำลังรับแรงเฉือนของดิน ค่าการยุบตัวของดิน จะถูกเชื่อมโยงโดยใช้สมการความสัมพันธ์เชิงประสบการณ์ (Empirical Relationships) ที่พัฒนาขึ้นมาจากฐานข้อมูลที่มีอยู่ ซึ่งการใช้เกณฑ์ดังกล่าวจะทำให้การแบ่งกลุ่มพื้นที่ดินอ่อนทำได้ง่าย และเป็นระบบยิ่งขึ้น

2.4 การแปลผลข้อมูลเจาะสำรวจดิน

การศึกษาจัดทำรายงานนี้ เนื่องจากข้อมูลที่ได้มีรูปแบบ (Format) ที่แตกต่างกัน ดังนั้น ก่อนที่จะแปลผลข้อมูลได้จะต้องทำการจัดเก็บให้อยู่ในรูปแบบเดียวกันและทำการตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลพร้อมทั้งตัดข้อมูลในส่วนที่ขาดความน่าเชื่อถือออก สุดท้ายข้อมูลที่ได้เหล่านั้นจะนำมาทำการแปลผลโดยมีหลักเกณฑ์ตามที่ได้กล่าวไว้เบื้องต้น

ความสัมพันธ์ของปริมาณน้ำในมวลดินกับคุณสมบัติด้านอื่น ๆ ของดิน จุดมุ่งหมายก็คือ เพื่อที่จะเชื่อมโยงค่าปริมาณน้ำในมวลดินกับค่าพารามิเตอร์อื่น ๆ ของดินที่จำเป็นต่อการออกแบบงานทางด้านวิศวกรรมโดยเฉพาะอย่างยิ่งงานออกแบบคันทางบนพี ะตื้นดินอ่อน

2.4.1 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำในมวลดินกับคุณสมบัติด้านอื่น ๆ ของดิน

ข้อจำกัดของหลักเกณฑ์ในการพิจารณาคุณสมบัติทางวิศวกรรมของดินซึ่งได้แก่ ความแปรปรวนของค่ากำลังรับแรงเฉือน และจำนวนข้อมูลจำกัดของการทดสอบหาค่าคุณสมบัติการยุบตัวของดินน้ำจึงได้เสนอใช้ปริมาณน้ำในมวลดิน เป็นตัวแปรหลักเพียงตัวเดียวสำหรับการวิเคราะห์หาพารามิเตอร์ตัวอื่น ๆ ซึ่งได้แก่ หน่วยน้ำหนักรวม (Total unit weight), ค่ากำลังรับแรงเฉือน (Undrained Shear Strength) และพารามิเตอร์ในการวิเคราะห์การทรุดตัว ซึ่งความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำในมวลดิน กับคุณสมบัติของดินอื่น ๆ แสดงดัง รูปที่ 2.14 ถึง 2.17 จากนั้นจึงใช้กระบวนการทางสถิติ พิจารณาหาความสัมพันธ์ที่เหมาะสม ซึ่งสามารถสรุปเป็นสมการความสัมพันธ์พร้อมค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ R_2 ได้ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$S_u = 6016 X W_n^{-1.39} \quad R^2 = 0.528 \quad (2.1)$$

$$\gamma_t = 29.87 - 3.31 \ln(W_n) \quad R^2 = 0.743 \quad (2.2)$$

$$CR = 0.1681 \ln(W_n) - 0.4464 \quad R^2 = 0.616 \quad (2.3)$$

$$RR = 0.0171 \ln(W_n) - 0.0274 \quad R^2 = 0.317 \quad (2.4)$$

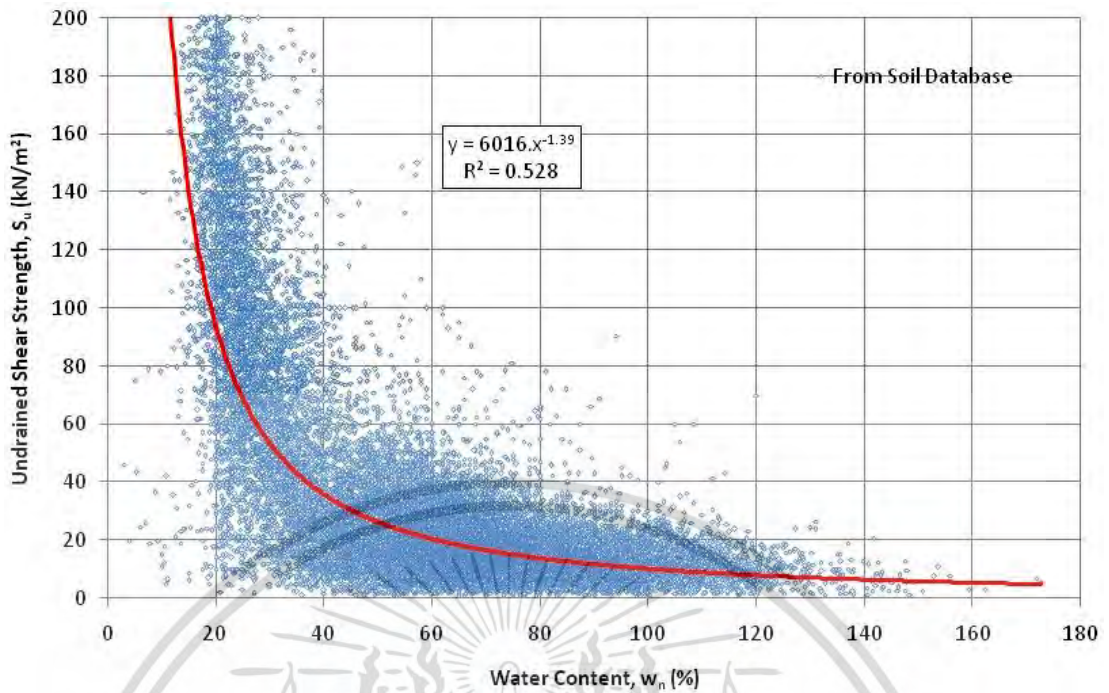
จาก สมการที่ 2.1 ถึง สมการ 2.4 สามารถคำนวณหาความสัมพันธ์ของปริมาณน้ำในมวลดิน กับพารามิเตอร์อื่น ๆ ตามระดับความแข็งแรงของดินเหนียวได้ ดังแสดงใน ตารางที่ 2.5

ตารางที่ 2.6 แสดงค่าความสัมพันธ์ปริมาณน้ำในมวลดิน กับคุณสมบัติทางวิศวกรรมอื่น ๆ

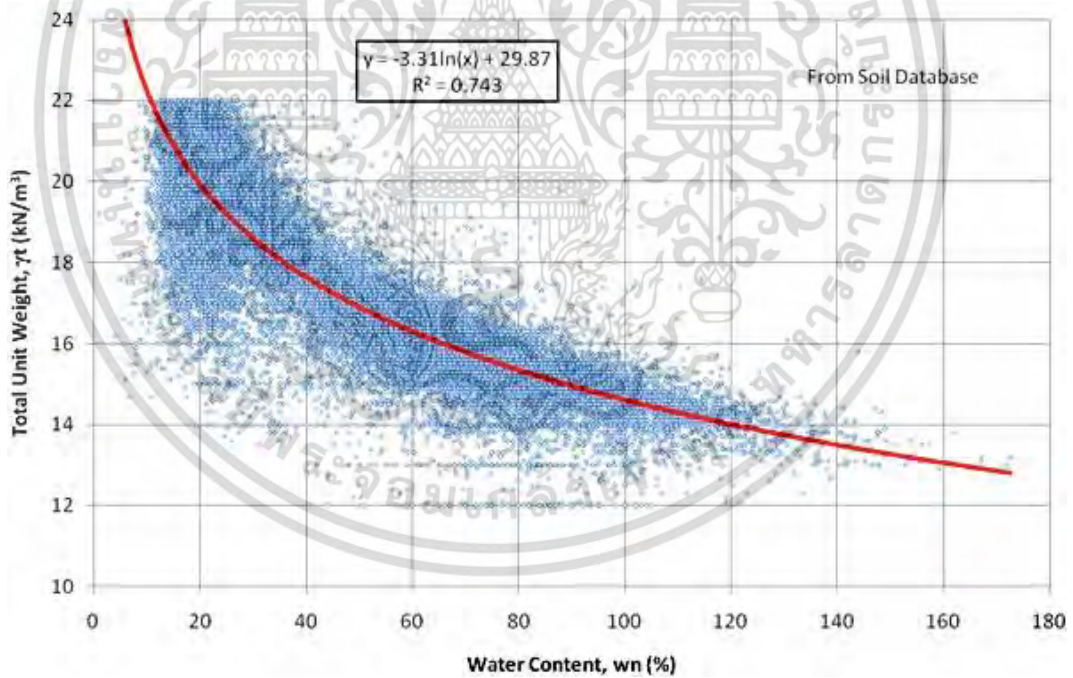
| W_n (%) | $S_u^{(1)}$ (kN/m ²) | $\gamma_t^{(2)}$ (kN/m ³) | CR ⁽³⁾ | RR ⁽⁴⁾ | Consistency |
|--------------|-------------------------------------|--|-------------------|-------------------|---------------|
| >85 | <12.5 | <15.2 | >0.300 | >0.049 | Very Soft |
| 85-52 | 12.5-25 | 15.2-16.8 | 0.218-0.300 | 0.040-0.049 | Soft |
| 52-31 | 25-50 | 16.8-18.5 | 0.131-0.218 | 0.031-0.040 | Medium Stiff |
| <31 | >50 | >18.5 | <0.131 | <0.031 | Stiff to Hard |

หมายเหตุ (1) คำนวณจากสมการ 3.1
(2) คำนวณจากสมการ 3.2
(3) คำนวณจากสมการ 3.3
(4) คำนวณจากสมการ 3.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

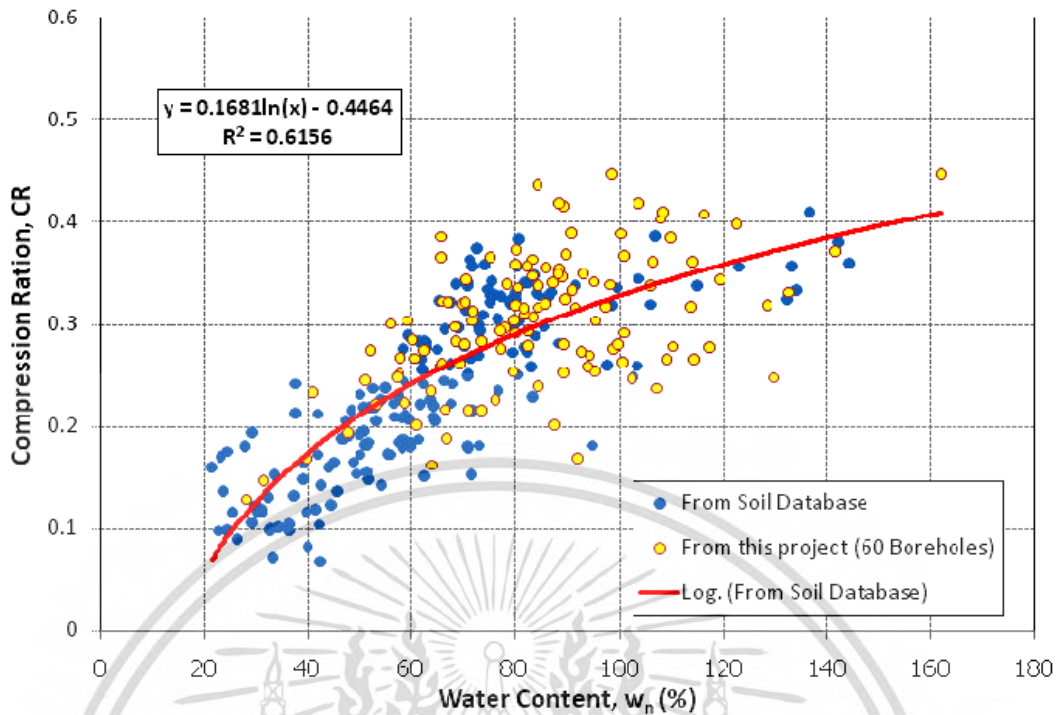


รูปที่ 2.14 ความสัมพันธ์ระหว่าง Water Content กับ Undrained Shear Strength

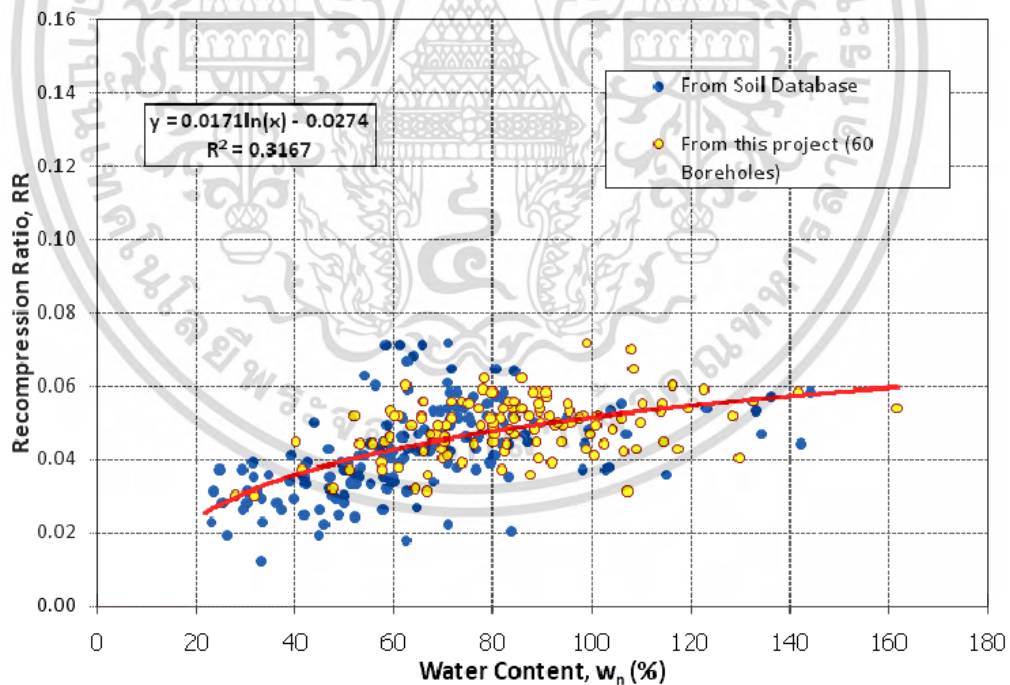


รูปที่ 2.15 ความสัมพันธ์ระหว่าง Water Content กับ Total Unit Weight

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.16 ความสัมพันธ์ระหว่าง Water Content กับ Compression Ratio

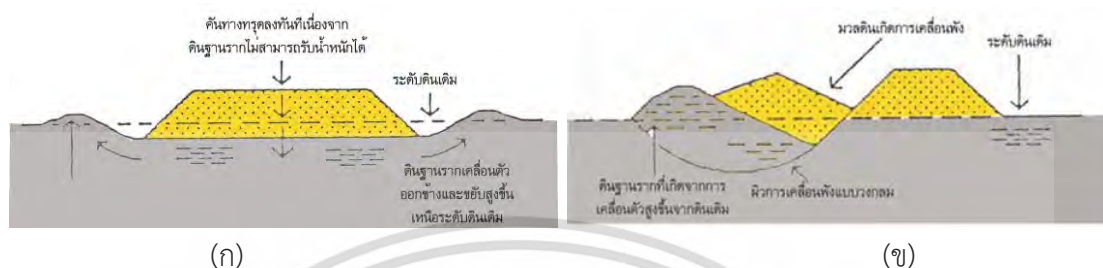


รูปที่ 2.17 ความสัมพันธ์ระหว่าง Water Content กับ Recompression Ratio

2.5 ปัญหาการก่อสร้างถนนบนดินอ่อน

การก่อสร้างถนนบนพื้นที่ดินอ่อนมักจะประสบปัญหาด้านเสถียรภาพของคันทาง เมื่อคันทางมีน้ำหนักเกินกว่าความแข็งแรงของดินอ่อนใต้คันทางที่จะแบกรับได้ ก็จะทำให้เกิดการพังทลายขึ้น โดยเอกสารนี้รูปแบบของการพังทลายของคันทางสามารถจำแนกออกเป็น 2 แบบหลักๆ ด้วยกัน (รูปที่ 2.18) คือ ถ้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. การพังทลายเนื่องจากดินฐานรากไม่สามารถแบกรับน้ำหนักคันทางได้ (Bearing Capacity Failure or Base Failure) มักจะเกิดขึ้นกับคันทางที่มีความกว้างไม่มากนัก
2. การเคลื่อนพังทลายของลาดคันทาง (Slope Failure or Toe Failure) มักจะเกิดขึ้นกับคันทางที่มีความกว้างมาก ๆ

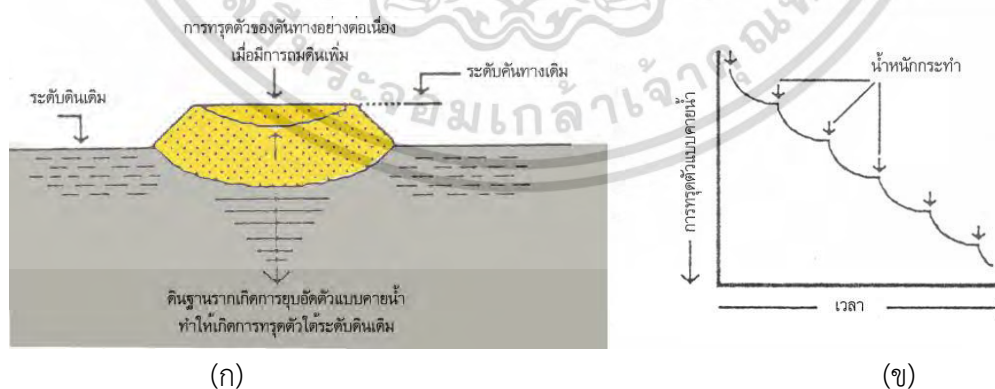


รูปที่ 2.18 การพังทลายของคันทาง

(ก) การพังทลายเนื่องจากดินฐานรากไม่สามารถแบกรับน้ำหนักคันทาง (Bearing Capacity Failure or Base Failure)

(ข) การเคลื่อนพังทลายของลาดคันทาง (Slope Failure or Toe Failure)

ปัญหาอีกประการหนึ่งที่มักพบกับถนนบนพื้นที่ดินอ่อน คือ การทรุดตัวที่มากเกินปกติภายหลังการก่อสร้าง (รูปที่ 2.19) ที่เกิดจากกระบวนการยุบอัดตัวคายน้ำของชั้นดินเหนียวอ่อน (Consolidation) ทั้งนี้เนื่องจากดินเหนียวอ่อน มีคุณสมบัติที่มีการยุบตัวสูง และระบายน้ำได้ช้า ดังนั้น เมื่อดินเหนียวอ่อนถูกกดทับด้วยน้ำหนักของคันทาง ก็จะทำให้เกิดการทรุดตัวอย่างต่อเนื่องเป็นระยะเวลายาวนานหลายปี บางครั้งมากกว่า 10 ปี โดยอัตราการทรุดตัวในช่วงแรกจะสูงและค่อยๆ ลดลง จนกระทั่งถึงจุดสมดุล อย่างไรก็ตามเมื่อต้องมีการซ่อมแซมและบำรุงรักษาด้านถนนโดยถมคันทางให้สูงขึ้น เพื่อชดเชยการทรุดตัวที่เกิดขึ้น กระบวนการทรุดตัวดังกล่าวก็จะเกิดขึ้นอีก ซึ่งจะเป็นปัญหาอย่างต่อเนื่องไม่มีจุดสิ้นสุดหากไม่ได้รับการแก้ไขอย่างถูกต้อง



รูปที่ 2.19 การพังทลายของคันทาง

(ก) ปัญหาด้านการทรุดตัวที่มากเกินปกติหลังการก่อสร้าง

(ข) การทรุดตัวของคันทางแบบยุบอัดตัวคายน้ำเมื่อมีน้ำหนักมากระทำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทั้งปัญหาทางด้านเสถียรภาพและการทรุดตัวที่มากเกินไปของคันทาง ได้ส่งผลกระทบต่อถนนในรูปแบบต่าง ๆ ทั้งผิวจราจรแตกกร้าว การทรุดแอ่นตัวของผิวจราจรที่มากจนเป็นร่องหรือแอ่งน้ำข้างบนผิวทาง รวมทั้งสะพานกับเชิงลาดคอสะพานมีความต่างระดับที่เพิ่มขึ้น ทำให้เกิดแรงกระแทกจากยานพาหนะขณะที่แล่นบนสะพาน ปัญหาเหล่านี้ นอกจากจะทำให้สิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายในการซ่อมแซมถนนแล้ว ยังทำให้เกิดความไม่สะดวกไม่ปลอดภัยในการใช้รถใช้ถนนได้ รูปที่ 2.20 และ 2.21 แสดงความเสียหายที่เกิดขึ้นบนผิวจราจร เนื่องจากปัญหาด้านเสถียรภาพและการทรุดตัวตามลำดับ



รูปที่ 2.20 ปัญหาเรื่องเสถียรภาพการเคลื่อนพังของคันทาง (Slope Stability)



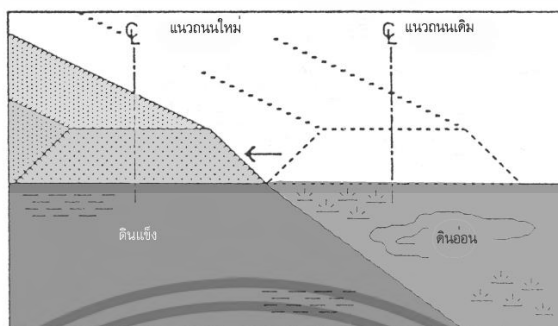
รูปที่ 2.21 ปัญหาการทรุดตัวจากกระบวนการยุบอัดตัวคายนํ้าซซ้ ดินเหนียวอ่อน (Consolidation Settlement)

2.6 แนวทางการแก้ไขปัญหา

แนวทางในการแก้ปัญหาคารก่อสร้างถนนบนพื้นที่ดินอ่อนมีหลายวิธี สำหรับกรณีที่ดินที่ดินอ่อนมีขอบเขตจำกัดและไม่กว้างจนเกินไป วิธีการที่ง่าย สะดวก ประหยัดและเหมาะสมที่สุดในการแก้ไขปัญหาคือ การเปลี่ยนหรือเบี่ยงแนวของถนนเพื่อหลีกเลี่ยงไม่ให้ผ่านบริเวณพื้นที่ที่เป็นดินอ่อน ซึ่งสามารถทำได้ตั้งแต่ช่วงวางแผนแนวเส้นทาง (ดูรูปที่ 2.17 ประกอบ) อย่างไรก็ตาม กรณีพื้นที่ดินอ่อนครอบคลุมเป็นบริเวณกว้าง วิธีการเปลี่ยนแนวถนนมักจะไม่สามารถทำได้เลย หรือถ้าทำได้ก็จะเป็นเพียงการหลบเลี่ยงได้เฉพาะบางส่วนของเส้นทางเท่านั้นด้วยเหตุนี้ในช่วงระยะเวลาหลายสิบปีที่ผ่านมาจึงได้มีการพัฒนาเทคนิค การก่อสร้างถนนพื้นที่ดินอ่อน เพื่อแก้ไขปัญหาด้านเสถียรภาพและการทรุดตัวของคันทาง ซึ่งมีด้วยกันหลายวิธี เช่น การปรับปรุงดินฐานรากให้มีคุณสมบัติด้านกำลัง

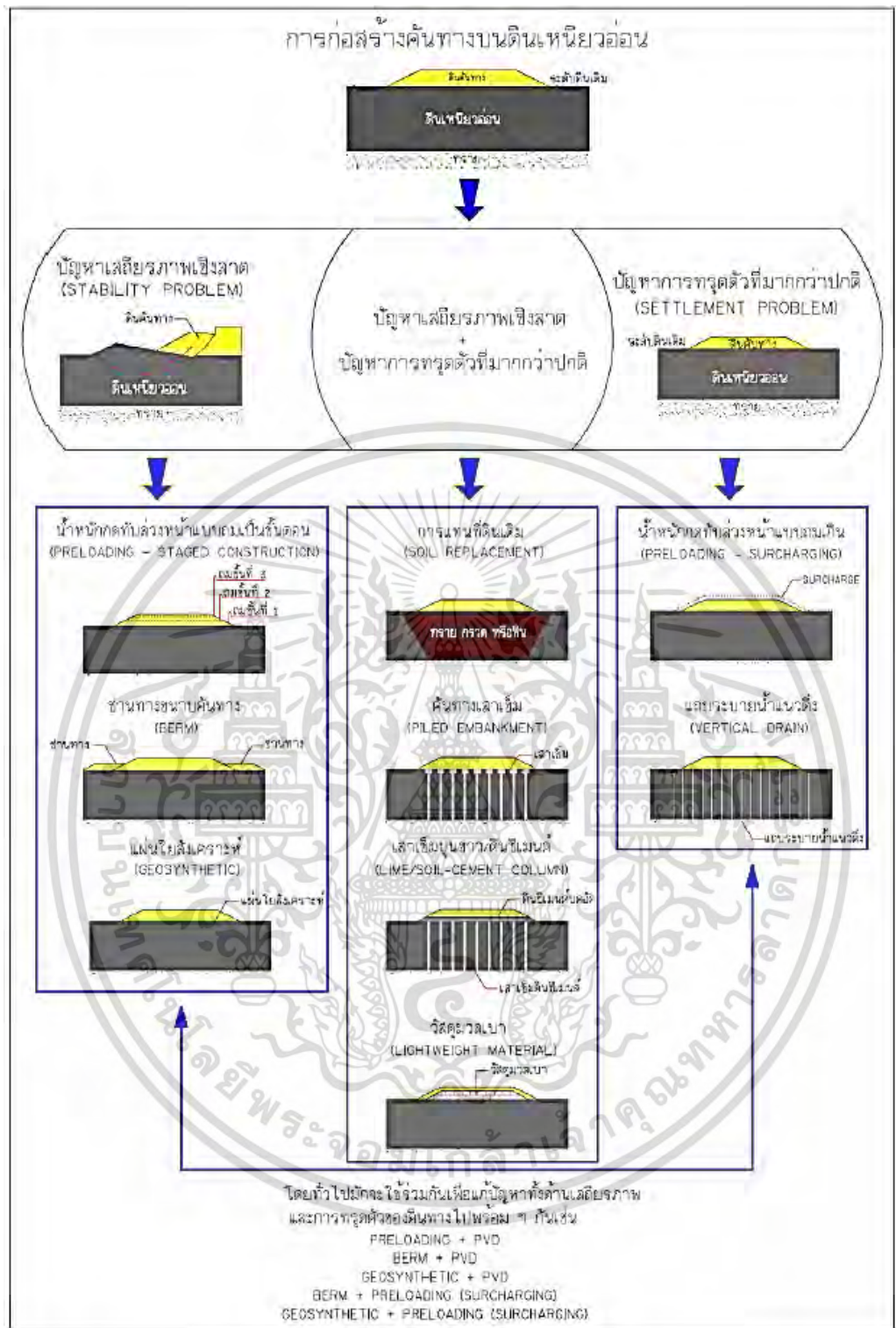
เอกสารนี้เป็นเอกสารพลังจรรยาบรรณวิชาชีพของวิศวกรที่ขอใช้เท่านั้น ซึ่งผู้เป็นเจ้าของเอกสารต้องรับผิดชอบต่อเนื้อหา
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีกรนำมาใช้

และการยุบตัวของดินที่ตึขึ้น การแทนที่ดินอ่อนด้วยวัสดุที่ดีกว่า โดยอาจจะแทนที่ทั้งหมดหรือ บางส่วนการลดน้ำหนักของคันทางลงโดยใช้วัสดุมวลเบา การถ่ายเทน้ำหนักของคันทางไปยังชั้นที่ แข็งแรงกว่า เช่น การใช้ เสาค้ำ เป็นต้น



รูปที่ 2.22 การเบี่ยงแนวของถนนเพื่อหลีกเลี่ยงบริเวณพี หนีดินอ่อน

วิธีการแก้ไขปัญหาการก่อสร้างถนนบนดินอ่อนเหล่านั้น บางวิธีก็มีวัตถุประสงค์เพื่อแก้ปัญหา ด้านเสถียรภาพหรือการทรุดตัวเพียงอย่างเดียวอย่างใดอย่างหนึ่ง แต่ส่วนใหญ่ก็มุ่งเพื่อจะแก้ปัญหาทั้งด้าน เสถียรภาพและการทรุดตัวไปพร้อม ๆ กัน การแบ่งวิธีการปรับปรุงดินอ่อนตามลักษณะการแก้ปัญหา แสดงดัง รูปที่ 2.23 โดยรายละเอียดโดยสรุปของแต่วิธีมีดังนี้

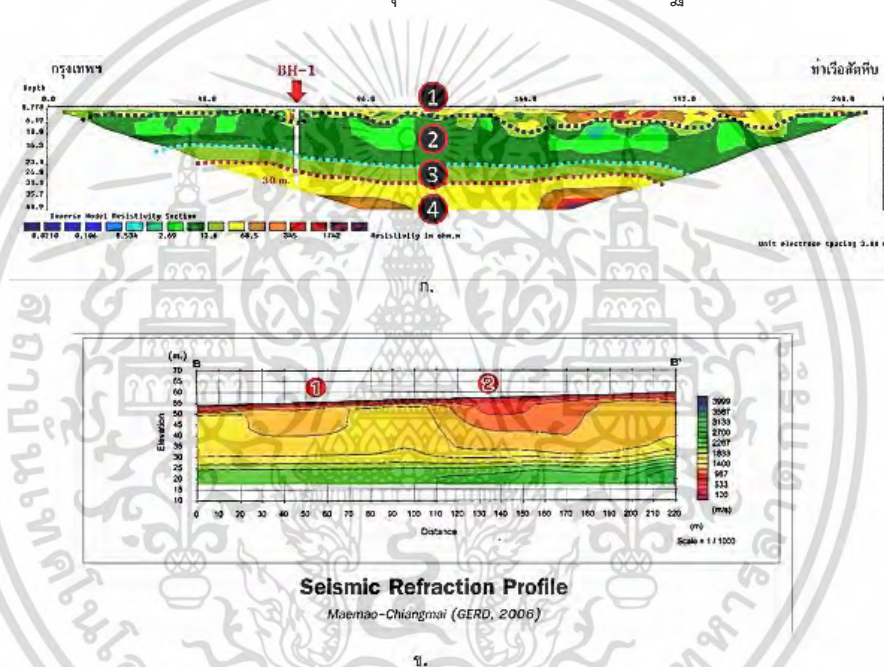


รูปที่ 2.23 ปัญหาและแนวทางการแก้ไขสำหรับการก่อสร้างคันทางบนพื้นที่ที่เป็นดินอ่อน

2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การแก้ปัญหาทางด้านวิศวกรรมของถนนเลียบคันคลองบนพื้นที่ดินอ่อนนี้ สามารถทำได้หลายวิธี และการซ่อมบำรุงในจุดที่เกิดการพิบัติไปแล้วนั้นค่าใช้จ่ายที่ต่ำกว่ามากเทียบกับการเสริมกำลังถนนเลียบคันคลองทั้งสายซึ่งจะเป็นประโยชน์อย่างมากหากวิศวกรสามารถระบุจุดที่เสี่ยงต่อการพิบัติได้ตั้งแต่ขั้นตอนของการสำรวจ การสำรวจหาจุด “Soft Spot” นั้น จากบทความของ สุทธิศักดิ์ เอกสารนี้ได้ตั้งแต่ขั้นตอนของการสำรวจ การสำรวจหาจุด “Soft Spot” นั้น จากบทความของ สุทธิศักดิ์ ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อธิบายอย่างต่อเนื่อง ถึงการได้มีนักวิชาการพยายามหาองค์ความรู้มาพิจารณาจุดที่มีค่าความเป็นดินเหนียวอ่อนมาก โดยใช้วิธีการนำข้อมูลการเจาะสำรวจมาวิเคราะห์เสถียรภาพและทำการตรวจสอบโดยวิธีการ Resistivity survey เพื่อเป็นการหาความชื้น ในชั้นดินที่มีความผิดปกติโดยการหาค่าความต้านทานทางไฟฟ้าของชั้นดินนั้น ๆ ซึ่งจะขึ้นอยู่กับปริมาณความชื้นในมวลดิน กล่าวคือ ดินที่มีความชื้นในมวลดินสูงจะมีค่าความต้านทานไฟฟ้าที่ต่ำ และในทางตรงกันข้ามดินที่มีความชื้นในมวลดินต่ำ ในกรณีของดินแห้งจะมีค่าความต้านทานไฟฟ้าที่สูง ประกอบกับการสำรวจโดยวิธี Seismic refraction ซึ่งจะให้ผลในการหาค่าคุณสมบัติทางวิศวกรรมได้ดีกว่าเนื่องจากการใช้คลื่นกลในการสำรวจการสะท้อนของชั้นดินซึ่งการสะท้อนนี้สัมพันธ์กับความหนาแน่นของวัสดุ ซึ่งวัสดุที่มีความหนาแน่นสูงจะรับความเร็วของการสั่นสะเทือนได้ดีกว่าวัสดุที่มีความหนาแน่นต่ำ การเดินทางในลักษณะของพลังงานจะมีความแม่นยำกว่า ดังนั้นหากมีงบประมาณในการเจาะสำรวจควรทำควบคู่กันกับการเจาะสำรวจชั้นดิน เพื่อสามารถระบุความอ่อนนุ่มของชั้นดินฐานรากได้อย่างชัดเจน



รูปที่ 2.24 การสำรวจชั้นดินด้วยวิธีธรณีฟิสิกส์ เพื่อค้นหาชั้นดินอ่อนหรือหนาผิดปกติ
(ก) ตัวอย่างผลการสำรวจโดยวิธี Resistivity survey
(ข) ตัวอย่างผลการสำรวจโดยวิธี Seismic refraction (สุทธิศักดิ์, 2558)

ซึ่งในงานวิจัยต่าง ๆ ของ รศ.ดร. สุทธิศักดิ์ ศรีลัมภ์ ได้มีการนำวิธีการทั้งสองวิธีมาทำการตรวจสอบข้อมูลชั้นดิน เพื่อการระบุความเป็นดินอ่อนนุ่มของชั้นดินเหนียวอ่อน เพื่อการเสริมความมั่นคงให้แก่ถนนเลียบบคันคลองในจุดที่มีความอ่อนนุ่มของชั้นดินฐานราก

งานวิจัยนี้จึงได้มีแนวคิดในการหา “Soft Spot” ซึ่งผู้วิจัยได้กำหนดความหมายของคำนี้ไว้ว่าเป็นจุดที่ชั้นดินมีความเป็นดินอ่อนนุ่ม ทำให้เสี่ยงต่อการพิบัติและจำเป็นต้องได้รับการพิจารณาเพื่อการออกแบบเสริมกำลังเป็นพิเศษ โดยการประเมินผลจากค่าผลหลุมเจาะสำรวจเบื้องต้นโดยพิจารณาหาความสัมพันธ์จากลักษณะของการพิบัติบนถนนเลียบบคันคลองที่ก่อสร้างบนพื้นที่ดินอ่อน สัมพันธ์กับคุณสมบัติทางกายภาพและคุณสมบัติทางวิศวกรรมของดินเหนียวอ่อน เพื่อเป็นอีกหนึ่งงานวิจัยที่สนับสนุนให้มีการระบุจุดที่มีความเสี่ยงต่อการพิบัติและสามารถป้องกันได้ทัน แต่ชั้นดินตอนการออกแบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่จัดทำขึ้นเพื่อใช้ในการเรียนการสอนเท่านั้น ผู้ใช้เอกสารนี้ต้องรับผิดชอบต่อการใช้งานที่ไม่ถูกต้อง
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

วิธีการศึกษา

3.1 บทนำ

บทนี้จะทำการอธิบายเกี่ยวกับ พื้นที่ศึกษา ว่าในทางปฐพีกลศาสตร์สามารถสรุปชั้นดินในพื้นที่ศึกษานั้นมีคุณสมบัติเป็น อย่างไร รวมทั้งอธิบายถึง อุปกรณ์ที่ใช้ในการสำรวจ วิธีการรวบรวมผลการสำรวจ และสรุปการทำงานทั้งหมดที่เกิดขึ้นตลอดการสำรวจ ตลอดจนการวิเคราะห์ข้อมูลเจ้าของสำรวจเบื้องต้นทั้งหมด

3.2 พื้นที่ศึกษาและสรุปชั้นดิน

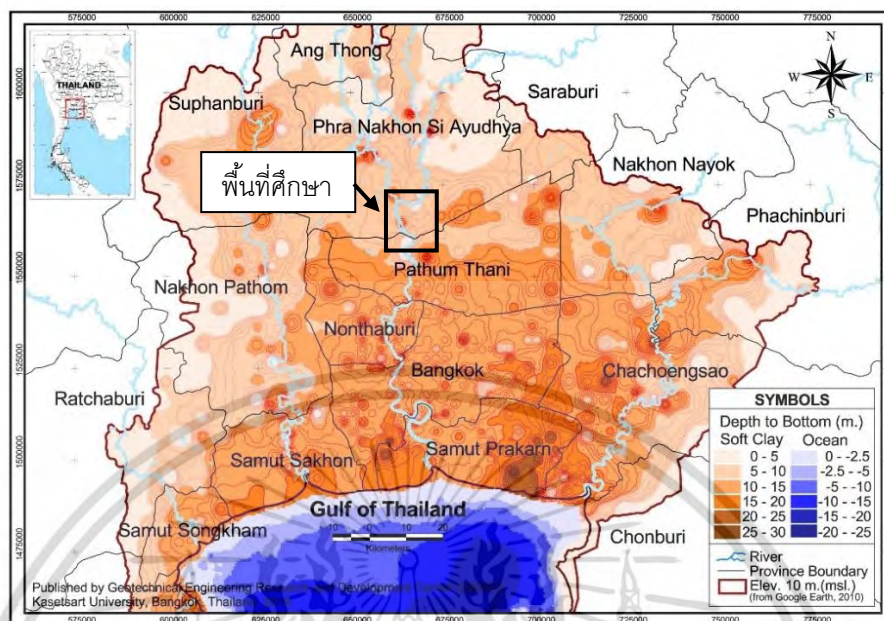
โครงการศึกษานี้เป็น ถนนเลียบบคันคลองเปรมประชากรของกรมทางหลวงชนบท หมายเลข อย.5042 จังหวัด ปทุมธานี มีความระยะทางรวมทั้งสิ้น 21 กิโลเมตร มีจำนวนหลุมเจาะทั้งสิ้น 44 หลุมเจาะ



รูปที่ 3.1 ตำแหน่งของพื้นที่ศึกษา ถนนเลียบบคันคลองเปรมประชากร อย.5042
เมื่อปี พ.ศ.2560 (Google Inc.)

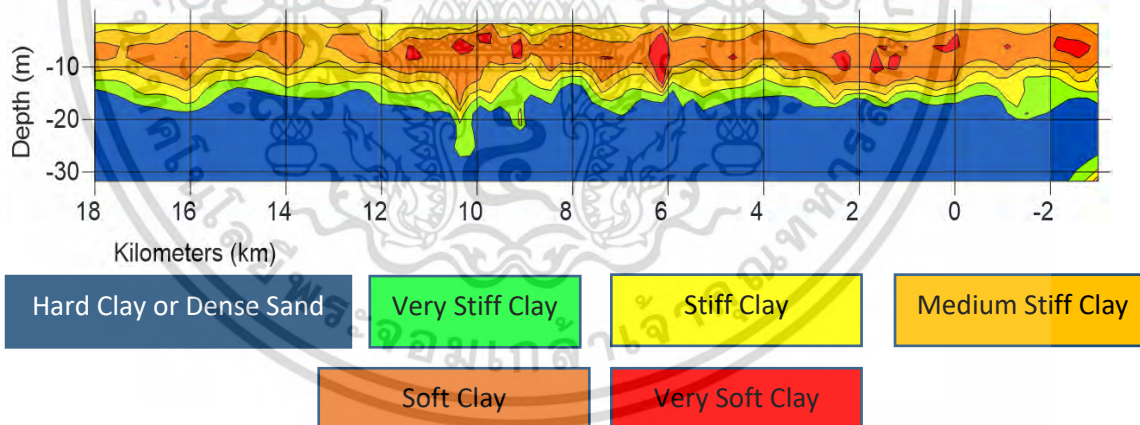
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยพื้นที่ทำการศึกษาจัดอยู่ในบริเวณของดินเหนียวอ่อนกรุงเทพฯ (Bangkok Clay)



รูปที่ 3.2 พื้นที่ดินเหนียวอ่อนกรุงเทพฯ (งานวิจัยของ รศ.ดร.วรากร ไม้เรียง, 2553)

โดยจะสรุปข้อมูลลักษณะชั้นดินของโครงการที่ใช้ในการศึกษาได้ดังรูปที่ 3.3



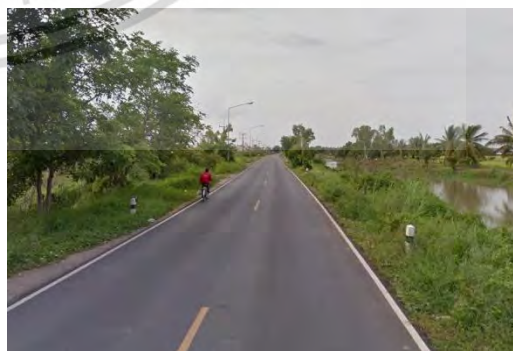
รูปที่ 3.3 แสดงลักษณะชั้นดินของโครงการที่ใช้ในการศึกษา (Soil Profile)

จากข้อมูลการเจาะสำรวจดินพบว่า ดินที่โครงการเป็นไปดังรูปที่ 3.3 สีแดง คือ ชั้นดินเหนียวอ่อนมาก (Very Soft Clay) สีส้มเข้ม (Soft Clay) คือ ชั้นดินเหนียวอ่อน สีส้มอ่อน (Medium Stiff Clay) คือ ชั้นดินเหนียวแข็งปานกลาง สีเหลือง (Stiff Clay) คือ ชั้นดินเหนียวแข็ง สีเขียว (Very Stiff Clay) คือ ชั้นดินเหนียวแข็งมาก และสีน้ำเงิน (Hard Clay or Very Dense Sand) คือ ชั้นดินเหนียวแข็งที่สุด หรือ ชั้นทรายแน่นมาก โดยมากแล้วสีน้ำเงินจะเป็นชั้นทรายแน่นมาก มากกว่า ซึ่งโดยบริเวณความลึกในช่วง 0 ถึง 4 เมตรนั้นเป็น ชั้นดินเหนียวแข็งปานกลางถึงแข็ง ซึ่งจะสังเกตได้ว่า เป็นช่วงชั้นดินที่เป็นดินเหนียวสภาพอัดแน่นเกินปกติ (Overconsolidation Clay, OC Clay) ต่อมาในเอกสารนี้เป็นเอกสารที่ส่งมอบให้สำหรับโครงการเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อนำมาใช้ประโยชน์ด้านการศึกษาไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระดับความลึก 4 ถึง ช่วงประมาณ 11 เมตร เป็นชั้นดินเหนียวอ่อนมากถึงอ่อน และมีชั้นดินเหนียวแข็งปานกลางปนอยู่ในบางช่วงของถนน ซึ่ง ดินประเภทนี้เป็นดินที่มีความอ่อนไหวมากต่อการเปลี่ยนแปลงกำลัง ซึ่งเป็นปัญหาหลักของทาง วิศวกรรมธรณีเทคนิคที่ต้องทำการสำรวจให้พบ เพื่อออกแบบป้องกันไม่ให้เกิดการพิบัติ ชั้นดินต่อมาที่พบ จะเป็น ทรายแน่นมากปะปนกับชั้นดินเหนียวแข็งมากเพียงเล็กน้อยที่ระดับตั้งแต่ 13-15 เมตร จนถึง 30 เมตร ซึ่งดินทรายชนิดนี้ถือได้ว่า มีค่าความต้านทานต่อการเปลี่ยนแปลงกำลังที่สูง ระดับน้ำใต้ดินที่ได้จากการตรวจวัดพบที่ความลึกไม่แน่นอน เนื่องจากการเจาะสำรวจมีปริมาณหลุมเจาะที่มากและระดับดิน 0+000 ในแต่ละหลุมเจาะไม่เท่ากัน ประกอบกับการเจาะดินบนถนนที่มีความลำบากในการเลือกจุดเจาะสำรวจ

3.3 สภาพโครงการที่ใช้ในการศึกษา

แนวเส้นทางโครงการ ถนนของกรมทางหลวงชนบท สายทาง อย.5042 เป็นถนนเลียบริมคลองเปรมประชากร โดยเริ่มต้นจาก ถนนของกรมทางหลวงหมายเลข 3214 (ถนนคลองหลวง) บรรจบถนนของกรมทางหลวง หมายเลข 3309 รวมระยะทางทั้งสิ้น 21 กิโลเมตร ตามข้อมูลเบื้องต้น มีสภาพช่องจราจรเป็นถนนแอสฟัลท์ 2 ช่องจราจรขนาด 7.2 เมตร กว้างช่องจราจรละ 3 เมตรและไหล่ทางทั้ง 2 ทิศทาง กว้างด้านละ 0.6 เมตร แต่บางช่วงของโครงการมีถนนเป็นถนนคอนกรีต สภาพพื้นที่ทั้ง 2 ข้างทาง ข้างหนึ่งเป็นลำคลองชลประทาน ที่ไม่สามารถทราบความกว้างที่แน่นอนของคลองชลประทานได้ เนื่องจากคลองเปรมประชากรมีอายุการก่อสร้างมากกว่า 120 กว่าปี และจากที่ผู้วิจัยได้ทำการเดินสำรวจเบื้องต้นแล้ว ความกว้างของคลองชลประทานมีความกว้างโดยประมาณเท่ากับ 35-40 เมตร และมีความลึก 3-5 เมตร ความชันของคันถนนฝั่งคันคลองเท่ากับ 1:1 และทางประกอบไปด้วยพืชไม้ยืนต้น และหญ้า ในบางจุดของช่วงคันทางมีสิ่งก่อสร้าง อาทิเช่น ห้องน้ำสำหรับสิ่งก่อสร้างของชาวบ้านละแวกนั้น โรงจอดรถชั่วคราว และมีคันถนนในบางจุดที่ได้รับการเสริมกำลังขึ้นแล้ว หรือ มีการพังทลายของคันทางและได้มีการทำการปรับปรุงซ่อมแซมแล้ว (ความชันของคันทางมีการเปลี่ยนแปลงไปแล้ว เนื่องจากเกิดการพิบัติ และเกิดการทรุดตัวบนคันทางแล้ว) อีกด้านหนึ่งของถนนเป็นพืช หญ้า สิ่งปลูกสร้างถาวรและชั่วคราวของชาวบ้านบริเวณนั้น และมีจุดพิบัติทั้งหมด 11 จุด ประกอบกับการทรุดตัวในบางช่วงของถนน



รูปที่ 3.4 ลักษณะกายภาพถนนทางหลวงชนบทหมายเลข 5042 (อย.5042)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4 งานเจาะสำรวจดินฐานรากและการทดสอบชั้นดินบริเวณแนวถนน

การดำเนินการศึกษาโครงการนั้น จะทำการสำรวจตรวจสอบสภาพพื้นผิวดินและสภาพใต้พื้นผิวดินที่จำเป็นสำหรับการวิเคราะห์รายละเอียดของโครงการ รวมทั้งจะดำเนินการศึกษาวิเคราะห์ปัญหาทำการหลุดตัวของคันทางที่จะเกิดขึ้น โดยจะมีการตรวจสอบคุณสมบัติของดิน การสำรวจและศึกษาคุณสมบัติของชั้นดินเพื่อใช้ในการวิเคราะห์แนวทางในการระบุค่าความอ่อนนุ่มของชั้นดินอ่อน โดยจะทำการสำรวจในแนวเส้นทางของถนน การเจาะสำรวจชั้นดินฐานรากของถนน และนำตัวอย่างจากดินจากการสำรวจเหล่านั้นมาทดสอบเพื่อตรวจสอบคุณสมบัติด้านต่าง ๆ

งานเจาะสำรวจดินฐานรากและการทดสอบ โดยเจาะสำรวจสภาพชั้นดินบริเวณแนวถนนตามหลักเกณฑ์ดังนี้

3.4.1 งานเจาะสำรวจดิน (Boring)

การเจาะสำรวจกระทำโดยวิธีฉีดล้าง (Wash Boring) โดยระยะหลุมเจาะสำรวจเดิมทุก ๆ 1 กิโลเมตร แต่ด้วยงบประมาณที่เหลือ จึงได้มีการสั่งเจาะสำรวจเพิ่มเป็นทุก ๆ 500 เมตร และจุดที่เกิดร่องรอยการพิบัติทั้ง 11 จุด รวมจำนวนหลุมเจาะทั้งสิ้น 44 หลุมเจาะ

ลำน้ำที่มีความกว้างไม่เกิน 50 เมตร ให้เจาะบนตลิ่ง 1 หลุม ฝั่งด้านถนน อย.5042 ที่ติดกับคลอง การเจาะให้เจาะจนถึงชั้นทรายแน่นหรือชั้นดินแข็ง โดยพิจารณาจากการตอกทดลองมาตรฐาน (SPT-N Value) หรือ (Blow Counts) เป็นหลัก การทดสอบให้ ทดสอบดังต่อไปนี้ เช่น

1. Sieve Analysis
2. Atterberg Limits
3. Natural Water Content
4. Unit Weight
5. Unconfined Compression (Q_u) – ถ้าทดสอบได้
6. S_u จาก Unconfined Compression = $Q_u/2$
7. S_u จาก Pocket Penetrometer
8. และคุณสมบัติทางวิศวกรรมอื่น ๆ ที่จำเป็น

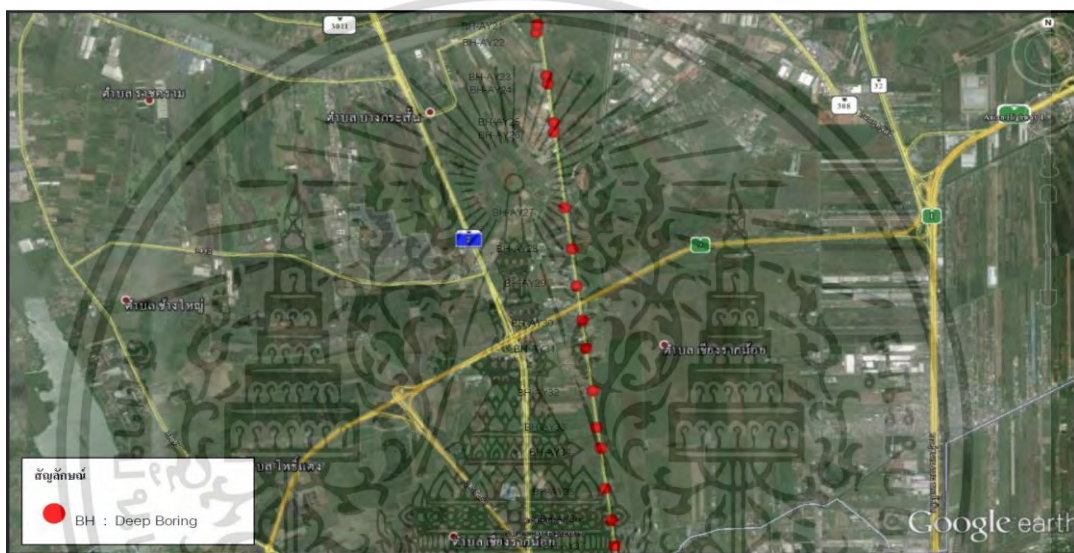
เจาะสำรวจชั้นดิน ในทุก ๆ ระยะ 2.0 กิโลเมตร ตามแนวสายทางที่จะออกแบบ หรือถ้ามีการเปลี่ยนแปลงชนิดลักษณะของดิน หรือลักษณะภูมิประเทศในระยะใกล้เคียง ให้เจาะสำรวจเพิ่มทุก ระยะ 1.0 กิโลเมตร หรือตามความเหมาะสม โดยเจาะสำรวจจนถึงระดับชั้นดินแข็งหรือชั้นทรายแน่น และเจาะเพิ่มในตำแหน่งที่มีร่องรอยการพิบัติ ตำแหน่งที่ทดสอบได้แสดงในตารางที่ 3.1 และรูปที่ 3.5-3.7

ตารางที่ 3.1 รายละเอียดของตำแหน่งหลุมเจาะ (Deep Boring)

| Boring No. | N | E |
|------------|---------|--------|
| BH-AY 21 | 1570085 | 669489 |
| BH-AY 22 | 1569973 | 669476 |
| BH-AY 23 | 1569359 | 669622 |
| BH-AY 24 | 1569245 | 669630 |
| BH-AY 25 | 1568693 | 669711 |
| BH-AY 26 | 1568554 | 669714 |
| BH-AY 27 | 1567482 | 669861 |
| BH-AY 28 | 1566898 | 669962 |
| BH-AY 29 | 1566369 | 670026 |
| BH-AY 30 | 1565880 | 670102 |
| BH-AY 31 | 1565484 | 670152 |
| BH-AY 32 | 1564882 | 670245 |
| BH-AY 33 | 1564357 | 670295 |
| BH-AY 34 | 1564066 | 670355 |
| BH-AY 35 | 1563489 | 670409 |
| BH-AY 36 | 1563038 | 670501 |
| BH-AY 37 | 1562675 | 670547 |
| BH-AY 38 | 1562113 | 670615 |
| BH-AY 39 | 1562015 | 670638 |
| BH-AY 40 | 1561908 | 670649 |
| BH-AY 41 | 1561544 | 670695 |
| BH-AY 42 | 1561437 | 670717 |
| BH-AY 43 | 1560969 | 670781 |
| BH-AY 44 | 1560369 | 670865 |
| BH-AY 45 | 1559862 | 670939 |
| BH-AY 46 | 1559412 | 670978 |
| BH-AY 47 | 1559087 | 671044 |
| BH-AY 48 | 1558782 | 671083 |
| BH-AY 49 | 1558447 | 671129 |
| BH-AY 50 | 1558027 | 671186 |
| BH-AY 51 | 1557932 | 671202 |
| BH-AY 52 | 1557554 | 671235 |
| BH-AY 53 | 1557117 | 671315 |
| BH-AY 54 | 1557061 | 671329 |
| BH-AY 55 | 1556609 | 671387 |
| BH-AY 56 | 1556017 | 671473 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารสงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาดูงาน ไม่อนุญาตให้นำไปเผยแพร่ในวงการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมีเหตุดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

| Boring No. | N | E |
|------------|---------|--------|
| BH-AY 57 | 1555612 | 671526 |
| BH-AY 58 | 1555279 | 671572 |
| BH-AY 59 | 1554425 | 671686 |
| BH-AY 60 | 1553574 | 671806 |
| BH-AY 61 | 1552574 | 671943 |
| BH-AY 62 | 1551562 | 672089 |
| BH-AY 63 | 1550710 | 672210 |
| BH-AY 64 | 1549584 | 672359 |



รูปที่ 3.5 แผนที่แสดงตำแหน่งที่ตั้งจุดสำรวจและทดสอบดิน อย.5042
(รายงานผลการตรวจสอบดินและแหล่งวัสดุ, 2560)



รูปที่ 3.6 แผนที่แสดงตำแหน่งที่ตั้งจุดสำรวจและทดสอบดิน อย.5042

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับกรณีเฉพาะ เพื่อการศึกษานานัปการ ไม่สามารถเผยแพร่ไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
(รายงานผลการตรวจสอบดินและแหล่งวัสดุ, 2560)
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.7 แผนที่แสดงตำแหน่งที่ตั้งจุดสำรวจและทดสอบดิน อย.5042
(รายงานผลการตรวจสอบดินและแหล่งวัสดุ, 2560)

3.4.2 งานเจาะสำรวจในกรณีเป็นสภาพดินพื้นที่ดินอ่อน

ในกรณีเป็นสภาพพื้นที่ดินอ่อน ให้ทดสอบ Field Vane Shear Test อย่างน้อยระยะทางไม่เกิน 500 เมตร ตามลักษณะของดินที่เปลี่ยนแปลงไป ข้อมูลการทดสอบ Field Vane Shear Test ที่สมบูรณ์ควรประกอบด้วยข้อมูลจากชั้นดิน Soft Clay และชั้นอื่น ๆ ให้เพียงพอในการวิเคราะห์เสถียรภาพและการทรุดตัวของโครงสร้างถนน

3.5 การเจาะสำรวจในสนาม (Field Investigation)

ดำเนินการเจาะสำรวจสภาพชั้นดินวัสดุคันทางตามแนวถนน โดยมีรายละเอียดของกำรดำเนินงานในสนามดังนี้

3.5.1 งานเจาะสำรวจสภาพชั้นดินบนถนน อย.5042

การเจาะสำรวจดินจะใช้เครื่องเจาะแบบก๊ว้น (Motorized Cathead) ขนาด 13 แรงม้าควบคู่กับชุด 3 ขา (Portable Tripod) ทำการเจาะแบบฉีดล้าง (Wash Boring) จนกระทั่งสิ้นสุดการเจาะสำรวจ โดยใช้เครื่องสูบน้ำขนาด 11 แรงม้า และเจาะด้วยหัวกระทุ้ง (Chopping Bit) ขนาด 90 มม. ต่อจากก้านเจาะ (Drilling Rod) ขนาด 41 มม. ปล่ายบนต่อกับหัวหมุนน้ำ (Water Swivel) ซึ่งจะต่อไปยังเครื่องสูบน้ำขณะทำการกระทุ้งดินด้วยเครื่องก๊ว้น จะทำการสูบน้ำฉีดหัวเจาะผ่านรูก้านเจาะตลอดเวลา น้ำที่ฉีดจะไหลวนขึ้นมาพาเศษดินขึ้นมาจากหลุมเจาะลงถึงน้ำ น้ำจะเวียนไปใช้อีกต่อไปจากเศษดินที่ถูกล้างขึ้นมามีน้ำชำระล้างตรวจสอบหาชนิดของดิน

การเก็บตัวอย่างดินจะดำเนินการเก็บตัวอย่างดินทุกระยะความลึก 1.50 เมตร ซึ่งมีลักษณะการเก็บตัวอย่างดินทั้งแบบคงสภาพ (Undisturbed Samples) และแบบไม่คงสภาพ (Disturbed Samples)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.8 การเจาะสำรวจชั้นดินแบบ 3 ข้ำ (รูปหน้างานจริง BH-AY 38)

ตัวอย่างดินชนิดคงสภาพ จะดำเนินการเก็บตัวอย่างดินในชั้นดินที่มีลักษณะเป็นดินเหนียวอ่อน หรือแข็งปานกลาง โดยใช้กระบอกรับตัวอย่างชนิดกระบอบ้าง (Thin Wall Tube) ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 100 มม. ยาว 500 มม. ในการเก็บตัวอย่างจะทำการกดกระบอบ้างลงไปบนชั้นดิน ตัวอย่างดินจะติดอยู่ภายในกระบอบ้าง และถูกดึงขึ้นมาพร้อมกับกระบอบ้างปลายทั้งสองด้านของตัวอย่างดินในกระบอบ้าง จะทำการทดสอบกำลังรับแรงเฉือนเบื้องต้นโดยใช้ Pocket Penetrometer จากนั้นจะผึ่งแห้งด้วยฟาร้าฟิน เพื่อป้องกันการสูญเสียน้ำ แล้วทำการส่งห้องปฏิบัติการต่อไป

ตัวอย่างดินชนิดไม่คงสภาพ จะดำเนินการเก็บตัวอย่างดินในชั้นดินที่มีลักษณะเป็นดินเหนียวแข็งและชั้นทราย โดยใช้กระบอกรับตัวอย่างชนิดกระบอบ้าง (Split Spoon Sampler) จะทำควบคู่กับการทดสอบ Standard Penetration Test ในหลุมเจาะ ตัวอย่างที่ได้จะถูกจำแนกประเภทของดินด้วยตาเปล่า (Visual Classification) พร้อมกับกำหนดหมายเลขของตัวอย่างและบันทึกในรายงานสนามทันที เพื่อป้องกันการผิดพลาดเนื่องจากการสับเปลี่ยนตัวอย่างดิน และทำการบรรจุไว้ในถุงพลาสติกและนำส่งห้องปฏิบัติการต่อไป

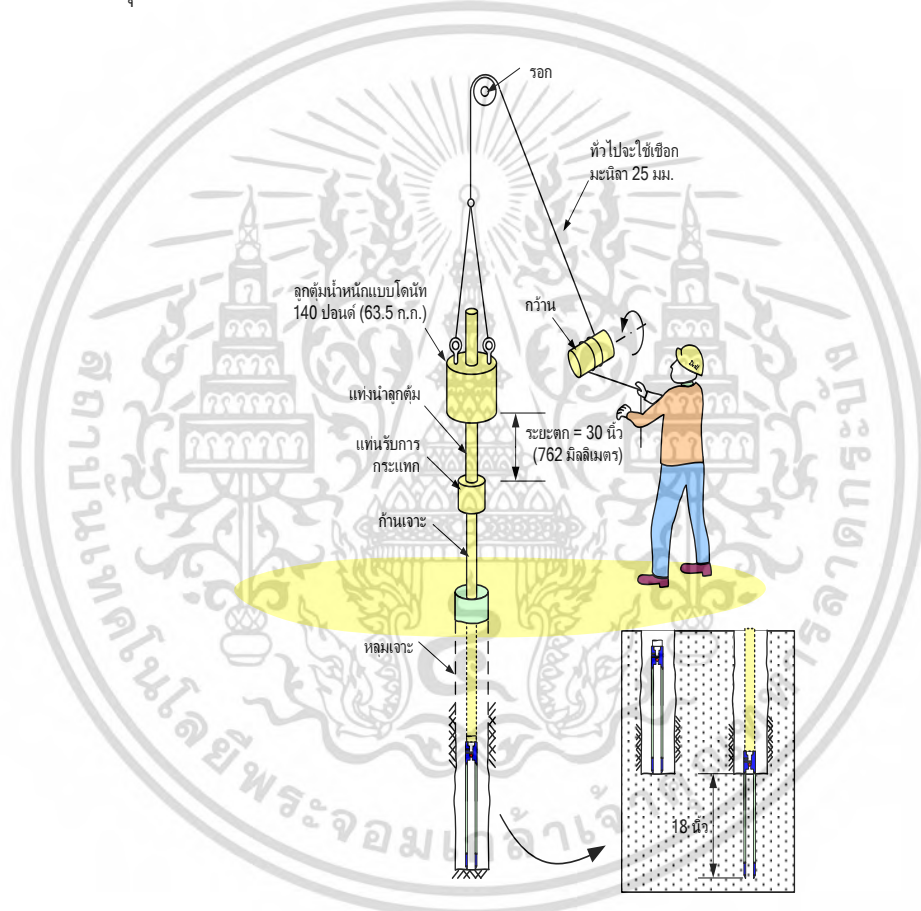


รูปที่ 3.9 กระบอกรับตัวอย่างดิน (ดร.พรพจน์ และ ผศ.ดร.ธนาตล, 2552)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5.1.1 การทดสอบการตอกทดลองมาตรฐาน (SPT)

เป็นการทดสอบเพื่อหาความแข็งแรงของชั้นดินที่นิยมกันวิธีหนึ่ง การทดสอบ Standard Penetration Test (SPT) จะดำเนินการตามมาตรฐาน ASTM D 1586 เป็นการทดสอบที่นิยมใช้มากในการหาค่าความหนาแน่นสัมพัทธ์ของดินทราย และบางครั้งยังใช้วัดค่ากำลังรับแรงเฉือน (Shear Strength) ของดินเหนียวแข็งถึงแข็งมาก (Stiff to Very Stiff Clay) หรือชั้นดินเหนียวดาน (Hard Clay) โดยใช้กระบอกผ่า (Split Spoon Sampler) ต่อเข้ากับก้านเจาะแล้วตอกด้วยตุ้มน้ำหนักขนาด 64 กิโลกรัม (140 ปอนด์) มีระยะตกกระทบ 30 นิ้ว (762 มม.) บันทึกจำนวนครั้งของการกระแทกของลูกตุ้มที่ทำให้กระบอกผ่าจมลงทุก 6 นิ้ว รวม 3 ช่วง ผลรวมจำนวนครั้งของการกระแทกในช่วง 2 ช่วงสุดท้าย (12 นิ้ว) จะเป็นค่า Blow Count หรือค่า “ N ” value มีหน่วยเป็นจำนวนครั้งต่อฟุต ตัวอย่างดินในกระบอกผ่าเป็นตัวอย่างดินชนิดไม่คงสภาพ



รูปที่ 3.10 การทดสอบการตอกทดลองมาตรฐาน (SPT) (เอกสาร ดร.พรพจน์, 2552)

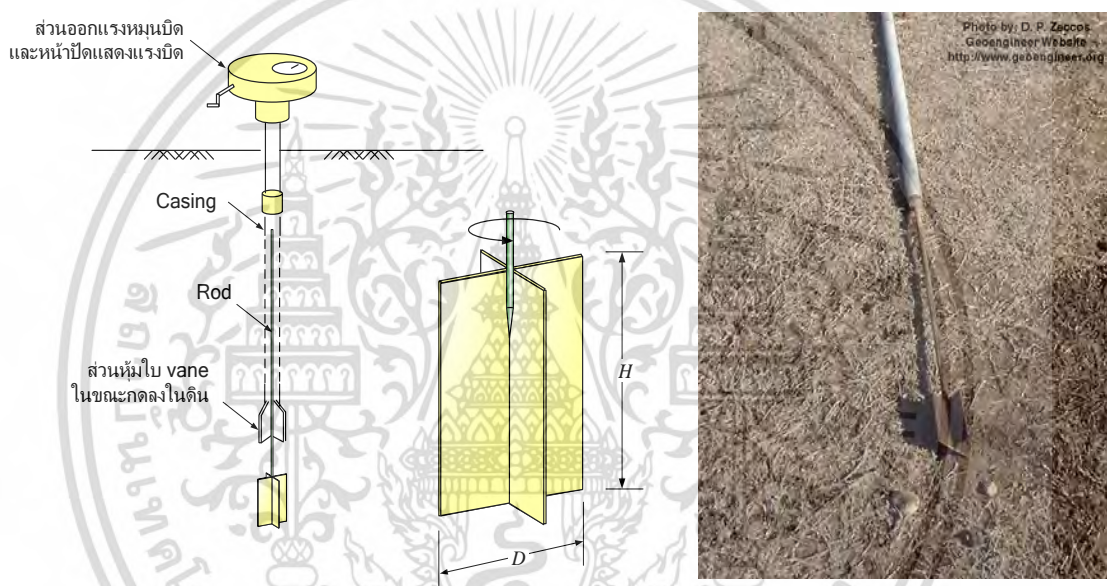
3.5.1.2 การทดสอบโดยเครื่องมือวัดการฝังจม (Pocket Penetrometer)

เป็นการทดสอบค่ากำลังรับแรงเฉือนสภาวะไม่มีการระบายน้ำของดินเหนียว โดยใช้เครื่องมือวัดการฝังจมแบบพกพา (Pocket Penetrometer) จะทำในทันทีเมื่อเก็บตัวอย่างดินด้วยกระบอกบาง ก่อนที่จะนำกลับเข้ามาทดสอบในห้องปฏิบัติการ

3.5.1.3 งานทดสอบใบเฉือนในสนาม (Field Vane Shear Test)

การทดสอบแรงต้านแรงเฉือนของดินในสนาม (Field Vane Shear Test) จะดำเนินการทดสอบ อย่างน้อยทุก ๆ ระยะไม่เกิน 2.0 กิโลเมตร ตามลักษณะของดินที่เปลี่ยนแปลงไป และทำการเจาะหลุม โดยทำการทดสอบจะกระทำทุก ๆ ความลึก 1.00 เมตร จนถึงดินเหนียวอ่อน ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปานกลางถึงแข็ง (Medium to stiff Clay) ตามมาตรฐาน ASTM D-2573 อุปกรณ์ที่ใช้จะเป็น อุปกรณ์ที่เป็นอิสระจากเครื่องเจาะดิน (Self-borer) ในการทดสอบจะใช้ใบพัด (Vane blade) ขนาด 2.5×5 นิ้ว เมื่อใบพัดถูกส่งลงไปถึงระดับความลึกทดสอบ ใบพัดจะถูกดันออกจากปลอกค้ำกันและทำการหมุนใบพัดจนกว่าดินจะขาดในลักษณะทดสอบกับดินคงสภาพ (Undisturbed) หลังจากนั้นจะทำการหมุนใบพัดจนดินให้ดินมีลักษณะไม่คงสภาพ (Remold) แล้วทำการทดสอบเหมือนตอนแรก แต่ในลักษณะดินไม่คงสภาพอีกครั้ง แรงหมุนสามารถอ่านได้จาก gage ที่ติดอยู่กับชุดทดสอบ ค่าที่อ่านได้จาก gage จะถูกนำไปคำนวณหาค่าแรงเฉือนของดิน (Consolidation – Undrained Shear Strength) ในแต่ละความลึกของการทดสอบ โดยใช้ค่า Correction Factor ของดินแต่ละความลึกที่ปรับแก้ โดยอาศัยค่า PI ค่าแรงเฉือนของดินที่ปรับแก้แล้วในแต่ละความลึกจะถูกนำมา plot เป็นกราฟทั้งค่าจากแรงเฉือนดินคงสภาพและไม่คงสภาพต่อความลึก



รูปที่ 3.11 การทดสอบแรงต้านแรงเฉือนของดินในสนาม (Field Vane Shear Test)
(เอกสาร ดร.พรพจน์, 2552)

3.6 การทดสอบในห้องปฏิบัติการ

ตัวอย่างดินที่เก็บได้จากการเจาะสำรวจในสนามจะนำส่งห้องปฏิบัติการด้วยความระมัดระวัง พร้อมกับใบรายงานในสนาม สำหรับใช้กำกับตัวอย่างดินแต่ละหลุม (Field Note) จากนั้นวิศวกรในห้องทดลองจะทำการคัดเลือก และกำหนดตัวอย่างดินสำหรับใช้ในการทดสอบเพื่อที่จะให้ได้ผลที่ละเอียดถูกต้องเพียงพอในการวิเคราะห์ลักษณะชั้นดิน วิธีการทดสอบที่ใช้ในห้องปฏิบัติการมีรายละเอียดดังต่อไปนี้คือ

3.6.1 การทดสอบหาปริมาณความชื้นในดิน (Water Content)

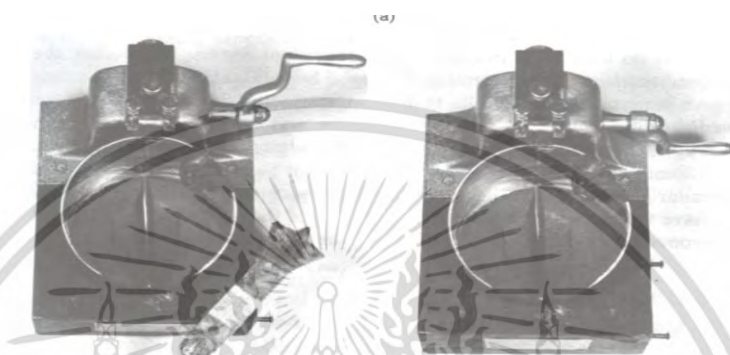
เป็นการหาปริมาณความชื้นในดิน กระทำได้โดยชั่งตัวอย่างดินที่ต้องการ แล้วนำไปเข้าเตาอบ ณ อุณหภูมิ 110 ± 5 °C จนตัวอย่างดินมีน้ำหนักคงที่ คำนวณน้ำหนักตัวอย่างดินที่ชั่งได้ก่อนอบ ลบด้วยน้ำหนักดินหลังการอบหารด้วยน้ำหนักตัวอย่างดินแห้ง คือ ปริมาณความชื้นของตัวอย่างดิน การทดสอบที่ตามมาตรฐาน ASTM D-2216 จะเลือกทำการทดสอบกับทุกตัวอย่างทั้ง ตัวอย่างไม่ถูกรบกวน (Undisturbed) และตัวอย่างถูกรบกวน (Disturbed Sample)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับครูไปงานเพื่อการศึกษาค้นคว้าเท่านั้น ใบอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.6.2 การทดสอบหาค่าจุดเปลี่ยนแปลงสภาพของมวลดิน (Atterberg's Limits)

การทดสอบหาค่าพิกัดอัตราเปิดจะประกอบด้วย การทดสอบหาค่าขีดจำกัดเหลว (Liquid Limit, LL) และการทดสอบหาค่าขีดจำกัดพลาสติก (Plastic Limit, PL)

1. การทดสอบหาค่าขีดจำกัดเหลว (Liquid Limit, LL) ในดินจะกระทำการทดสอบตามมาตรฐาน ASTM D-4318 โดยเตรียมตัวอย่างดินลงไปในถ้วยเคาะและบักตัวอย่างด้วยเครื่องมือบักความชื้น ณ จุดที่เคาะได้ 25 ครั้ง แล้วทำให้รอยบากเคลื่อนมาบรรจบกันยาวประมาณ 1.0 เซนติเมตร คือ ค่าขีดจำกัดเหลว (Liquid Limit, LL)

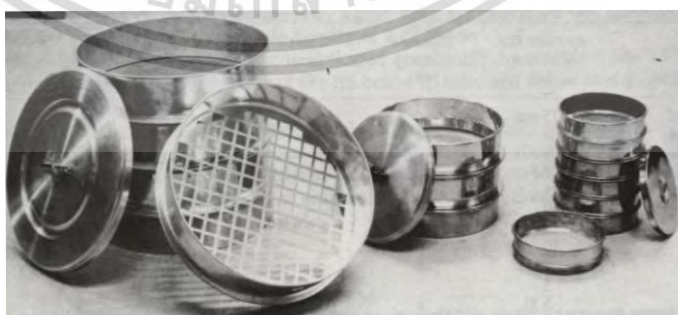


รูปที่ 3.12 การทดสอบหาค่าขีดจำกัดเหลว (Liquid Limit, LL)
(เอกสาร ดร.พรพจน์, 2552)

2. การทดสอบหาค่าขีดจำกัดพลาสติก (Plastic Limit, PL) จะกระทำการทดสอบตามมาตรฐาน ASTM D-4318 โดยปั้นคลึงตัวอย่างดินให้เป็นเส้นยาวขนาด 1/8 นิ้ว แล้วมีรอยแตกปริโดยรอบผิวดินพอดี ความชื้นในมวลดิน ณ จุดนั้น คือ ค่าขีดจำกัดพลาสติก (Plastic Limit, PL)

3.6.3 การทดสอบขนาดเม็ดคละของดิน (Grain Size Distribution)

เป็นการหาขนาดเม็ดคละของดินที่ผ่านตะแกรงหลายขนาด ได้แก่ ขนาด 3/8", #4, #10, #40 และ #200 ซึ่งทำได้โดยการนำตัวอย่างดินมาอบให้แห้งซึ่งน้ำหนักรวมไว้ แล้วจึงนำไปร่อนผ่านตะแกรงขนาดต่าง ๆ ตามลำดับ จากนั้นจึงชั่งน้ำหนักส่วนที่ค้างอยู่บนตะแกรงแต่ละขนาดนำมาคำนวณหาปริมาณดินที่ผ่านตะแกรงแต่ละขนาด การทดสอบทำตามมาตรฐาน ASTM D-421



รูปที่ 3.13 ชุดทดสอบขนาดเม็ดคละของดิน (Grain Size Distribution)
(เอกสาร ดร.พรพจน์, 2552)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.6.4 การทดสอบหาค่ากำลังรับแรงเฉือนของดิน (Unconfined Compressive Test)

เป็นวิธีการทดสอบหาค่ากำลังรับแรงเฉือนแบบไม่ระบายน้ำ (Undrained Shear Strength) ของดิน เหมาะสำหรับดินเหนียวที่อิ่มตัวด้วยน้ำ จะทำการทดสอบกับทุกตัวอย่าง ดินเหนียวอ่อนและแข็งปานกลาง

ฉะนั้น ตัวอย่างดินที่เก็บมาต้องเคลือบด้วยซีฟิ่งทันทีเพื่อป้องกันการสูญเสียความชื้นในตัวอย่างดินหลังจากเจาะสำรวจชั้นดิน ตัวอย่างดินจะถูกนำมาแต่งให้เป็นรูปทรงกระบอก ให้มีความสูงมากกว่า 2 เท่าของเส้นผ่าศูนย์กลาง แล้วนำไปกดด้วยเครื่องกดในแนวตั้งฉากกับตัวอย่าง แรงกดที่อ่านได้สูงสุดหารด้วยพื้นที่ของหน้าตัดของตัวอย่างจะเป็นค่า Unconfined Compressive Strength (Qu) โดยที่ Undrained Shear Strength (Su) = Qu/2

3.7 การแบ่งระดับความรุนแรงและความเสียหาย

การสำรวจความเสียหายของถนนเลียบคันคลอง เป็นการสำรวจเพื่อทำข้อมูลพื้นฐานในบริเวณถนนหรือคันทางที่ได้รับความเสียหาย รวมถึงขนาด ความรุนแรงและสาเหตุของความเสียหายที่เกิดขึ้น โดยการสำรวจนี้ครอบคลุมถึงสภาพพื้นฐานของคันทางในบริเวณใกล้เคียงที่อาจมีความเสี่ยงต่อการเกิดความเสียหายหรือการพังทลายในอนาคต เช่น ถนนสายเดียวกันและตำแหน่งอยู่ด้านข้างของลำน้ำเดียวกันกับที่เริ่มมีความเสียหายแล้ว นอกจากนี้ในกรณีที่ยังไม่พบความเสียหายเกิดขึ้น จะต้องทำการสำรวจหาแนวโน้มของคันทางที่มีความเสี่ยงต่อการเกิดพังทลายในอนาคต การสำรวจนี้มีจุดประสงค์เพื่อให้สามารถทำการประเมินสภาพความเสียหายเพื่อที่จะนำไปพิจารณาเทียบกับข้อมูลการสำรวจ และเป็นข้อมูลสนามในการพิจารณาหาจุดอ่อนมากของชั้นดินเหนียวอ่อนต่อ ๆ ไป

การสำรวจความเสียหายของถนน จะทำให้ทราบถึงลักษณะของความเสียหายที่เกิดขึ้น เพื่อนำมาประเมินระดับความรุนแรงของความเสียหาย และแนวโน้มในการขยายตัวของความเสียหายที่เกิดขึ้น ซึ่งจะบอกถึงความจำเป็นในการซ่อมแซมโดยตรง ในการเดินสำรวจนี้ได้ทำการแบ่งระดับความรุนแรงไว้ด้วยกัน 3 ระดับ

1. ระดับ C ในระดับนี้สภาพถนน ผิวการจราจร และบริเวณไหล่ทางอยู่ในสภาพดี ไม่มี ความเสียหายหรือความเสียหายมีขนาดเล็ก ไม่สามารถสังเกตเห็นเด่นชัด เช่น รอยร้าวที่ผิวทางขนาดเล็ก ประมาณเล็กกว่า 5 เซนติเมตร หรือรอยแยกของไหล่ทางข้าง โดยสายทางยังสามารถใช้งานได้ปกติ ไม่ส่งผลกระทบต่อความปลอดภัยของผู้สัญจรไปมา ดังแสดงใน รูปที่ 3.14 ถนนในระดับนี้ไม่จำเป็นต้องซ่อมแซม แต่ต้องคอยเฝ้าระวังไม่ให้ความเสียหายเล็กน้อยแผ่ขยายออกไป



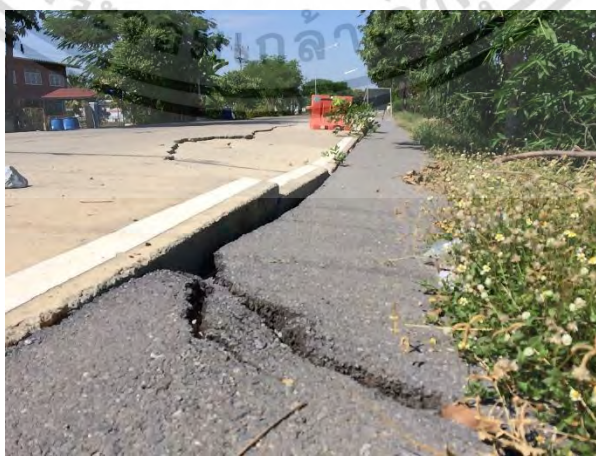
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับรูปที่ 3.14 แสดงตัวอย่างความเสียหายระดับ C ไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ระดับ B สามารถสังเกตเห็นรอยแตกกว้างที่เกิดขึ้นได้ชัดเจนที่ผิวจราจรหรือบริเวณไหล่ทาง มีการแยกตัวของรอยแตกดังกล่าวประมาณ มากกว่าหรือเท่ากับ 5 เซนติเมตร โดยรอบแตกกว้างเกิดเฉพาะบริเวณผิวทาง ยังไม่ลึกลงไปถึงโครงสร้างของคันทาง ดังแสดงในรูปที่ 3.15 เป็นความเสียหายที่ต้องเข้าไปทำการซ่อมแซมหรือตรวจสอบเพิ่มเติมด้วยวิธีการที่ละเอียดกว่าการตรวจสอบด้วยสายตา เพื่อให้ได้ผลการตรวจสอบที่มีความถูกต้องและแม่นยำมากขึ้นเพื่อนำไปสู่การแก้ไขซ่อมแซมแบบปกติ



รูปที่ 3.15 แสดงตัวอย่างความเสียหายระดับ B

3. ระดับ A สามารถสังเกตเห็นการทรุดตัวหรือการพังทลาย การพิบัติของรอยแตกของพื้นผิวถนนที่เกิดขึ้นได้อย่างชัดเจน มีแนวโน้มเกิดการขยายตัวของความเสียหาย และในบางกรณีอาจเกิดการพังทลายของคันทางขึ้นแล้วจนเสียพื้นที่การจราจรไป ดังแสดงใน รูปที่ 3.16 ความเสียหายระดับนี้เป็นระดับขั้นความเสียหายที่ต้องมีการซ่อมแซมโดยเร่งด่วน ความเสียหายที่เกิดขึ้นมีผลต่อความแข็งแรงของโครงสร้างคันทาง หรืออาจก่อให้เกิดอันตรายต่อผู้ใช้ถนนได้



รูปที่ 3.16 แสดงตัวอย่างความเสียหายระดับ A

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.8 ลำดับขั้นตอนการวิเคราะห์

ก่อนหน้านี้ได้มีการทำวิจัยต่าง ๆ อย่างมากมายเกี่ยวกับดินเหนียวอ่อนกรุงเทพฯ ทั้งการวิเคราะห์เสถียรภาพ ทั้งก่อนและหลังการเกิดการพิบัติ แต่ยังไม่มีการนำเสนอข้อมูลในรูปแบบของการวิเคราะห์การเสริมกำลังในจุดที่มีความอ่อนไหวมากของชั้นดิน ตั้งแต่ขั้นตอนการออกแบบด้วยการพิจารณาข้อมูลหลุมเจาะสำรวจเพียงอย่างเดียว ดังนั้นในวิทยานิพนธ์นี้จึงนำเสนอวิธีการทำนาย Soft Spot จากข้อมูลหลุมเจาะสำรวจและสามารถทำนายแนวโน้มในจุดที่ควรทำการสำรวจเพิ่มเติมได้ด้วย ซึ่งในบางส่วนของวิเคราะห์จะทำการเปรียบเทียบกับข้อมูลของบริษัทที่มกรุ๊ป, 2552

3.8.1 ขั้นตอนในการรวบรวมข้อมูลจากหลุมเจาะสำรวจ

เริ่มจากการรวบรวมข้อมูลการสำรวจทั้งหมด เช่น การสำรวจหน้าสนาม ข้อมูลผลการสำรวจจากการทดสอบในห้องปฏิบัติการ เพื่อนำมาวิเคราะห์หาค่าพารามิเตอร์ในส่วนต่อ ๆ ไป

3.8.2 ขั้นตอนการวิเคราะห์ผลข้อมูล

1. นำข้อมูลทั้งหมดที่ได้จากข้อมูลหลุมเจาะสำรวจ (Summary) นำข้อมูลที่ได้ทั้งหมดมากรอกลงในโปรแกรม excel และทำการคำนวณดังแสดงในตารางที่ 3.2
2. นำข้อมูลจากตารางที่ 3.2 มาคำนวณหาค่าพิกัดตัดเบิร์กทั้งหมด ดังแสดงใน ตารางที่ 3.3

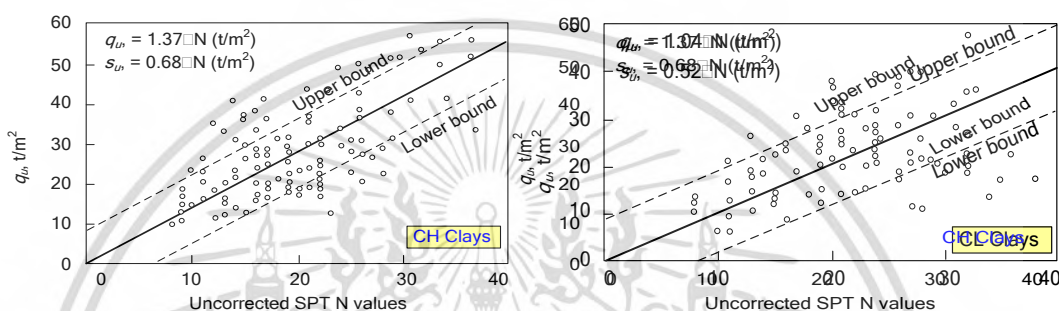
ตารางที่ 3.2 ตัวอย่างตำราสรุป (Summary) จาก ข้อมูลการเจาะสำรวจ ถนน อย.5042

| SUMMARY OF TEST RESULTS | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|-----------|--------|----------------------------|----------------------|------|------|-------------------------------------|--------------------------|------|--|-------|-------------------------|-------------------------|-------------------------------------|----|-------------------|
| PROJECT โครงการสำรวจชั้นดินและวิเคราะห์โครงสร้างถนนเลียบคันคลองในจังหวัดปทุมธานี พระนครศรีอยุธยา อ่างทอง สิงห์บุรี และชัยนาท | | | | | | | | | | LOCATION อย.5042 กม -3+000 อำเภอบางปะอิน จังหวัดพระนครศรีอยุธยา | | | | | | |
| DATE 3/11/2558 | | | BORING NO. BH-AY 22 | | | | OBSERVED W.L. - m. | | | | | JOB NO. P-450/58 | | | | |
| SAMPLE NO. | DEPTH (m) | | WATER CONETENT (%) | ATTERBERG LIMITS (%) | | | WET UNIT WEIGHT (t/m ³) | SEIVE ANALYSIS (% FINER) | | | | | GROUP SYMBOL (U.S.C. S) | UNDRAINED SHEAR STRENGTH, (t/sq.m.) | | SPT (N) blows/ft. |
| | FROM | TO | | LL | PL | PI | | NO.3/8" | NO.4 | NO.10 | NO.40 | NO.200 | | Uc | Up | |
| SS-1 | -1.50 | -1.95 | 20.2 | | | | 1.99 | | | | | | CL | 4.68 | | 9 |
| SS-2 | -3.00 | -3.45 | 21.5 | | | | 1.97 | | | | | | CL | 3.64 | | 7 |
| ST-1 | -4.50 | -5.00 | 70.2 | 70.5 | 32.3 | 38.2 | 1.54 | 100 | 100 | 100 | 98 | 97 | CH | 1.28 | | |
| ST-2 | -6.00 | -6.50 | 72.4 | 70.5 | 32.3 | 38.2 | 1.55 | | | | | | CH | 1.52 | | |
| ST-3 | -7.50 | -8.00 | 70.5 | 70.5 | 32.3 | 38.2 | 1.58 | | | | | | CH | 1.74 | | |
| ST-4 | -9.00 | -9.50 | 67.7 | 76.3 | 34.8 | 41.5 | 1.59 | 100 | 100 | 100 | 97 | 94 | CH | 2.12 | | |
| ST-5 | -10.00 | -10.50 | 58.4 | 76.3 | 34.8 | 41.5 | 1.66 | | | | | | CH | 3.57 | | |
| SS-3 | -11.50 | -11.95 | 19.0 | 30.7 | 16.2 | 14.5 | 2.01 | 100 | 100 | 96 | 92 | 89 | CL | 11.96 | | 23 |
| SS-4 | -13.00 | -13.45 | 20.1 | 30.7 | 16.2 | 14.5 | 1.99 | | | | | | CL | 13.52 | | 26 |
| SS-5 | -14.50 | -14.95 | 21.0 | 30.7 | 16.2 | 14.5 | 1.98 | | | | | | CL | 9.36 | | 18 |
| SS-6 | -16.00 | -16.45 | 20.4 | 33.4 | 19.8 | 13.6 | 1.99 | 100 | 100 | 95 | 91 | 87 | CL | 11.44 | | 22 |
| SS-7 | -17.50 | -17.95 | 16.1 | | | | 2.07 | 100 | 96 | 90 | 62 | 25 | SM | 30.6 | | 51 |
| SS-8 | -19.00 | -19.45 | 15.5 | | | | 2.08 | | | | | | SM | 31.2 | | 52 |
| SS-9 | -20.50 | -20.95 | 15.2 | | | | 2.09 | 100 | 98 | 96 | 75 | 19 | SM | 34.8 | | 58 |

เนื่องจากข้อมูล Atterberg limits ได้ทำการทดลองแค่ในบางความลึกของชั้นดินเท่านั้น จึงทำการสุ่มค่าในชั้นดินอื่น ๆ จากค่าความชื้นในธรรมชาติของมวลดินในชั้นดินนั้น ๆ (ตัวอักษรสีแดง), ค่าหน่วยน้ำหนักของดิน ทำการคำนวณจากสมการที่บริษัทที่มกรุ๊ป ได้ทำเอาไว้ไว้คือ

$$\gamma_t = 29.87 - 3.31 \ln(W_n) \quad (3.1)$$

การแปลงค่าการตอกทดลองมาตรฐาน (SPT-N Value) ไปเป็นค่ากำลังรับแรงเฉือนแบบไม่ระบายน้ำ (Undrained Shear Strength) กระทำโดยเทียบค่าจากสมการของ Pitupakorn(1982)



รูปที่ 3.17 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าการตอกทดลองมาตรฐาน (SPT-N Value) กับค่ากำลังรับแรงเฉือน (Unconfined Compressive Strength) สำหรับดินเหนียว (Pitupakorn, 1982)

ตารางที่ 3.3 ตารางตัวอย่างการคำนวณพิคัตต์แอดด์เบิร์กเพิ่มเติม

| กม. ในหน่วย เมตร | AVG depth | LI | PI |
|------------------|-----------|------|------|
| -3000 | -1.73 | | |
| -3000 | -3.23 | | |
| -3000 | -4.75 | 0.99 | 38.2 |
| -3000 | -6.25 | 1.04 | 38.2 |
| -3000 | -7.75 | 1 | 38.2 |
| -3000 | -9.25 | 0.79 | 41.5 |
| -3000 | -10.25 | 0.56 | 41.5 |
| -3000 | -11.73 | 0.19 | 14.5 |
| -3000 | -13.23 | 0.26 | 14.5 |
| -3000 | -14.73 | 0.33 | 14.5 |
| -3000 | -16.23 | 0.04 | 13.6 |
| -3000 | -17.73 | | |
| -3000 | -19.23 | | |
| -3000 | -20.73 | | |

การศึกษาครั้งนี้ได้ทำการเปรียบเทียบคุณสมบัติต่าง ๆ ของผลการสำรวจชั้นดินตลอดเส้นทางจากข้อมูลหลุมเจาะสำรวจเบื้องต้นทั้ง 44 หลุมเจาะ และ ใช้โปรแกรม Surfer 13 Demo แสดงผลออกมาในรูปแบบของเส้นชั้นความสูง (Contour Map) โดยให้ แกน x เป็นหลักกิโลเมตร แกน y เป็นความลึกของชั้นดิน แกน z เป็น ค่าข้อมูลที่ต้องการ เช่น ค่าดัชนีเหลว ดัชนีพลาสติก ฯลฯ เป็นต้น และจะแสดงผลสรุปข้อมูลในบทที่ 4 โดยจะเน้นวิเคราะห์ในช่วงความลึกของดินเหนียวอ่อนที่เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปเผยแพร่โดยไม่ผ่านการอนุญาตใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระดับ 0 ถึง -15 เมตร โดยประมาณ เนื่องจากแนวการพิบัติจะไม่ตัดผ่านชั้นดินแข็งด้านล่าง และได้ทำการศึกษาเปรียบเทียบหลักหลายความสัมพันธ์ จนได้ผลการวิเคราะห์ค่าความอ่อนนุ่ม “Soft Spot” ของชั้นดินเหนียวที่เด่นชัดจากค่าดัชนีความเหลว (LI) เป็นหลัก ประกอบกับค่าคุณสมบัติอื่นของดินเหนียว

อีกทั้งข้อมูลการสำรวจชั้นดินทั้งหมดจะถูกเก็บข้อมูลลงในโปรแกรมวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ (SPSS Statistics) เพื่อรวบรวมข้อมูลและตัวแปรทั้งหมดที่มีผลกระทบต่อ การเปลี่ยนแปลงของค่าดัชนีเหลว โดยหลักการของตัวโปรแกรมที่นำมาประยุกต์ใช้คือ การนำตัวแปรทั้งหมดมาสร้างสมการที่สามารถคำนวณหาค่าดัชนีเหลว (Liquid Index) ได้ โดยการนำค่าข้อมูลที่ได้จากข้อมูลชั้นดินทั้งหมดมาวิเคราะห์เพื่อสร้างหาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรแต่ละค่า ว่าตัวแปรไหนมีผลกระทบต่อการระบุหาจุด “Soft Spot” ซึ่งตัวโปรแกรมจะประมวลผลออกมาให้ และมีให้เลือกหลายรูปแบบ (Model) โดยแสดงผลออกมาในรูปแบบของสมการหลายตัวแปร

ทางผู้วิจัยเห็นว่า การนำโปรแกรมวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ (SPSS Statistics) มาใช้เป็น การประยุกต์การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติมาใช้ร่วมในงานของวิศวกรรม นั้นสามารถนำผลข้อมูลการสำรวจชั้นดินและผลการทดลองจากห้องปฏิบัติการทั้งหมดมาร่วมวิเคราะห์ เพื่อหาค่าดัชนีเหลวให้มีความแม่นยำ และมีความน่าเชื่อถือมากขึ้น



บทที่ 4

สรุปผลการวิเคราะห์ข้อมูลชั้นดินฐานราก

ผลการสำรวจที่ได้จากการศึกษาด้วยเครื่องมือสำรวจทางวิศวกรรมธรณี บนถนนเลียบบคลองเปรมประชากร ออย.5042 เป็นระยะทาง 21 กิโลเมตรบริเวณชั้นดินเหนียวอ่อนกรุงเทพ จังหวัดปทุมธานี จะสามารถทำการ อภิปรายได้เป็น 3 ส่วน คือ 1. ผลการสำรวจหน้าสนามเบื้องต้น 2. การเดินสำรวจตรวจสอบบริเวณที่เกิดความเสียหาย 3. สรุปผลการวิเคราะห์ผลการสำรวจข้อมูลชั้นดินฐานราก โดยพื้นที่การส าจจะตาม รูปที่ 4.1



รูปที่ 4.1 พื้นที่ศึกษา (Google Map, 2560)

4.1 ผลการสำรวจภาคสนามเบื้องต้น

จากการสำรวจหน้าสนามของถนนเลียบบคันคลองเบื้องต้น เป็นถนนแอสฟัลท์ 2 ช่องจราจร กว้าง 3.5 เมตร ประกอบด้วยไหล่ทางกว้าง 0.5 เมตร และมีบางช่วงของถนนเป็นถนนคอนกรีต ความกว้างของคลองชลประทาน 35-40 เมตร มีความชันของคันคลองเท่ากับ 1:1 และในบางช่วงของถนน มีความชันของคันคลองมากกว่า 1 : 2 ซึ่งคาดว่าอาจเกิดการพังทลายขึ้นแล้วในอดีตและได้มีการซ่อมแซมแล้ว และคันทางได้เกิดการทรุดตัวจนคันทางมีเสถียรภาพแล้วจนมีการเปลี่ยนความชันไป อีกทั้งยังพบ เอกสารนี้เป็นเอกสารที่ส่งมอบไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นับญาติให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สิ่งปลูกสร้าง เช่น โรงจอดรถชั่วคราว ห้องน้ำสุขาถาวร ศาลาที่พักริมทาง ร้านค้าริมทาง ที่มีการก่อสร้างโดยใช้เสาเข็มฝังลงในคันทางและมีการถมดินเพื่อปรับความชันของคันทาง อีกทั้งยังพบต้นไม้และพืชบางชนิดที่สามารถเพิ่มความมั่นคงของลาดคันคลองได้ เช่น ต้นไผ่ พืชยืนต้นที่มีรากแก้ว หรือพืชที่มีรากแผ่ขยาย ซึ่งปัจจัยภายนอกเหล่านี้มีผลให้การวิเคราะห์ความแข็งแรงของชั้นดินมีความซับซ้อนมากขึ้น



รูปที่ 4.2 ช่วงถนนที่เกิดความเสียหาย และการถมดินเพื่อสร้างโรงจอดรถชั่วคราว



รูปที่ 4.3 โรงจอดรถถาวร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.4 สิ่งปลูกสร้างชั่วคราว



รูปที่ 4.5 คับทางในอดีตที่เกิดการพิบัติแล้ว (สังเกตได้จากพืชที่ขึ้นในบริเวณส่วนใกล้ผิวน้ำ แสดงว่ามี คับทางบางส่วนได้เกิดการเคลื่อนตัวลงไปยังส่วนของคลองชลประทานแล้ว)



รูปที่ 4.6 คับทางในอดีตที่เกิดการพิบัติแล้ว (สังเกตได้จากพืชที่ขึ้นในบริเวณส่วนใกล้ผิวน้ำ ู ต่อ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.7 ร้านค้าริมทาง ที่ยื่นออกไปยังส่วนคลองชลประทาน



รูปที่ 4.8 ร้านค้าริมทาง และส่วนของคันดินที่เกิดการพิบัติและเคลื่อนตัวลงในคลองชลประทาน



รูปที่ 4.9 ต้นไม้ และการขุดคันทางเพื่อท ารชบสูบน้ำ จากคลองชลประทาน
เข้าพื้นที่ไร่นาในฤดูนี้ แล้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.10 ต้นไม้ พืช และการถมดินบนคันทาง



รูปที่ 4.11 การถมดินและการเทคอนกรีตบริเวณคันทาง



รูปที่ 4.12 รถบรรทุกที่สัญจรไปมา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.13 โรงจอดรถชั่วคราว และการเสริมก ล้างโดยเสาเข็มขนาดเล็ก



รูปที่ 4.14 ศาลาพักผ่อนทาง



รูปที่ 4.15 สิ่งปลูกสร้างถาวร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.16 แสดงการเอียงตัวของต้นไม้ไปพร้อมกับการเปลี่ยนความชันของคันทาง



รูปที่ 4.17 แสดงความชันของคันทาง และ เสาไฟฟ้าที่ส่งผลต่อกำลังรับแรงฉีกของคันทาง



รูปที่ 4.18 ท่อส่งแก๊ส ผังตรงข้ามคลองชลประทาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อผู้ใดเห็นไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.19 แสดงการเสริมก ลัง ฟ้ งค้ นเลี้ย บคลอ งชลประ ทาน (จาก การ ส ามจ พบ ว่า ข้ างต้ ข้ อง โครงสร้ างถนนนี้เป็ นการถมดินท้ บคลอ งชลประ ทานสายย่ ยเดิ ม กิ โลเม เต รที่ -3+300)

4.2 สภาพของถนนทางหลวงชนบท หมายเลข อย.5042

จากการสำรวจหน้าสนามทั้งหมดพบจุดพิบัติทั้งหมด 11 จุด โดยได้ทำการแบ่งระดับความเสียหายไว้ 3 ระดับด้วยกัน สรุปผลออกมาได้ดังตารางที่ 4.1

4.2.1 ข้อกำหนดจุดเจาะหลุมสำรวจ บนถนน อย.5042

1. ถนนสาย อย.5042 เพิ่มหลุมเจาะสำรวจทุก ๆ 500 เมตร เดิมได้วางแผนการเจาะสำรวจไว้ทุก ๆ 1 กิโลเมตร (จ านว น 13 หลุม, โดยประมาณ)
2. ท าก รเจาะส ารวมเพิ่มเดิ มบริเวณจุดที่พิบัติ 11 จุด ตามตารางที่ 4.1 (11 หลุม)
3. ถ้าหลุมเจาะส ารวมเพิ่มทุก ๆ 500 เมตร (ตามข้อที่ 1) ตรงกับจุดพิบัติแล้ว *ไม่ต้องเจาะเพิ่ม*

4.2.2 ระดับของการพิบัติและความเสียหาย

การศึกษาครั้งนี้ได้ทำการแบ่งระดับการพิบัติจากการเดินสำรวจภาคสนามไว้ 3 ระดับตามความรุนแรงได้ดังนี้

1. ระดับ C ไม่มีความเสียหาย หรือ ความเสียหายเล็กน้อย ไม่สามารถสังเกตเห็นชัดเจน ไม่มีความเสียหายบนผิวการจราจร รอยแตกของถนนหรือไหล่ทางน้อยกว่า 1 เซนติเมตร
2. ระดับ B มีความเสียหายที่เกิดขึ้นบนถนนหรือไหล่ทาง รอยแตกของผิวถนนหรือไหล่ทางมากกว่า 5 เซนติเมตร
3. ระดับ A ความเสียหายความเสียหายที่เกิดขึ้นต่อถนนหรือไหล่ทางมีความชัดเจน รอยแตกกว้างกว่า 10-15 เซนติเมตร และเกิดการยุบตัวของผิวจราจรหรือไหล่ทางได้อย่างชัดเจน และส่งผลต่อสภาพการจราจร (ไม่สามารถสัญจรได้หรือสัญจรแล้วมีความไม่ปลอดภัย)

ตารางที่ 4.1 แสดงจุดสังเกตของร่องรอยการพิบัติบนทางหลวงชนบทหมายเลข อย.5042

| จุดพิบัติที่ | ระดับการพิบัติ | หลักกิโลเมตร | ระยะห่างจากหลักกิโลเมตร (โดยประมาณ) | จุดสังเกต |
|--------------|----------------|--------------|-------------------------------------|---|
| | | -3 | | |
| 1 | C | | -3+300 | ก่อนถึงทางเข้าเขตถนนของ กรมทางหลวง โค้งของถนนบริเวณประตูระบายน้ำ คลองเปรม |
| | | -2 | | |
| 2 | B | | -2+900 | บริเวณบ้านยาเปรมประชา มีโครงการก่อสร้างเซเวน อีเลเวน(บริษัท. ไทเวเซียง) |
| | | 5 | | |
| 3 | A | | 5+400 | จุดพิบัติอยู่ใกล้บริเวณ ประตูระบายน้ำ คลองเปรม มีการกั้นถนน |
| 4 | B | | 5+600 | บริเวณทางสามแยก มีป้าย ป้ายอุบลวัสดุก่อสร้าง |
| | | 6 | | |
| 5 | A | | 6+010 | จุดพิบัติอยู่บริเวณโรงเรียนศาลาพัน มีการน ไม้กั้นมาเสียบบริเวณไหล่ทาง |
| 6 | C | | 6+400 | |
| 7 | B | 7 | 7+000 | ถนนราวเป็นแนวยาวประมาณ 20 เมตร ฟังเรียบ คลองเปรม |
| | | 9 | | |
| 8 | B | | 9+010 | พบการฉีกขาดของไหล่ทางบริเวณแนวต้นกล้วย เรียบคลองเปรม |
| 9 | C | | 9+600 | บริเวณบ้านสวนลุงโต้ง รอยพิบัติเป็นแนวยาว |
| | | 10 | | |
| 10 | B | | 10+300 | รุ่งเจริญ ริโซเคิล |
| | | 11 | | |
| 11 | B | | 11+500 | บริษัท สยามแพ็ค อินดัสทรี |

หมายเหตุ การอ้างอิงหลักกิโลเมตรที่ -3, -2, -1 เป็นการสมมติขึ้นมา หลักกิโลเมตรที่ 8 ไม่พบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.3 รูปภาพประกอบการพิบัติ



รูปที่ 4.21 จุดพิบัติที่ 1 ระดับ C



รูปที่ 4.22 จุดพิบัติที่ 2 ระดับ B (ในจุดพิบัติที่ 2 ค้นพบว่าได้มีการพิบัติเกิดขึ้นแล้ว
และมีการซ่อมแซมไปแล้ว)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.23 จุดพิบัติที่ 3 ระดับ A



รูปที่ 4.24 จุดพิบัติที่ 4 ระดับ B

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.25 จุดพิบัติที่ 5 ระดับ A



รูปที่ 4.26 จุดพิบัติที่ 5 ระดับ A

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.27 จุดพิบัติที่ 6 ระดับ C



รูปที่ 4.28 จุดพิบัติที่ 7 ระดับ B

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.29 จุดพิบัติที่ 8 ระดับ B



รูปที่ 4.30 จุดพิบัติที่ 9 ระดับ C

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.31 จุดพิบัติที่ 10 ระดับ B



รูปที่ 4.32 จุดพิบัติที่ 11 ระดับ B

4.2.4 รูปภาพประกอบการทрудตัว

การทрудตัวของถนน มีการทрудตัวหรือยุบตัวมากกว่า 3-5 เซนติเมตร การทрудตัวถนนสาย อย.5042 นั้น เกิดการทрудตัวในบางช่วงของตัวถนนดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.33 กิโลเมตรที่ 4+000 ถึง 4+100



รูปที่ 4.34 แสดงการซ่อมบ ารูในจุดที่เกิดการทรุดตัวของถนน



รูปที่ 4.35 กิโลเมตรที่ 1+400 ถึง 1+800

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.36 กิโลเมตรที่ -1+900 ถึง 0+200 (ทรุดตัวเป็นแนวยาว)



รูปที่ 4.37 กิโลเมตรที่ -1+000 ถึง -1+300



รูปที่ 4.38 กิโลเมตรที่ -3+000 ถึง -2+000

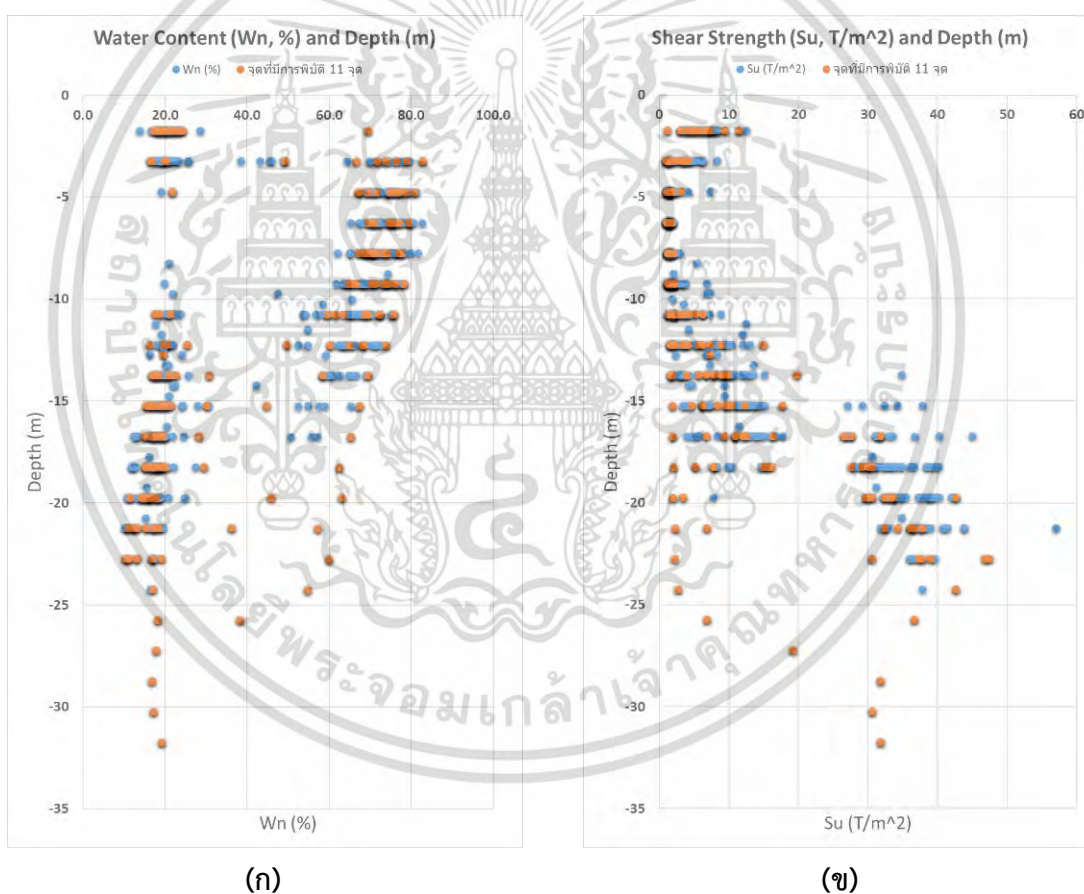
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลชั้นดินฐานราก

เริ่มแรกผู้ทราวิจัย ได้มีแนวคิดที่จะแบ่งค่าความเป็น “Soft Spot” จากคุณสมบัติทางกายภาพ และคุณสมบัติทางวิศวกรรม โดยพิจารณาประกอบกัน แต่จะเน้นวิเคราะห์ค่ากำลังรับแรงเฉือนแบบไม่ระบายน้ำและค่าความชื้นตามธรรมชาติของมวลดินเป็นพิเศษ จึงได้ทำกราฟความสัมพันธ์ของข้อมูลทั้ง 44 หลุมเจาะ ออกมาได้ผลดังต่อไปนี้

4.3.1 คุณสมบัติทางกายภาพและคุณสมบัติทางวิศวกรรมที่สำคัญของถนน อย.5042 ทั้ง 44 หลุมเจาะ

เมื่อทำการวิเคราะห์ผลการทดลองที่ได้จากข้อมูลหลุมเจาะทั้งหมด โดยจุดสีฟ้า คือ ข้อมูลการสำรวจทั้ง 44 หลุมเจาะ และจุดสีส้ม คือข้อมูลหลุมเจาะเฉพาะจุดที่ระบุว่าเกิดการพิบัติทั้ง 11 จุด บนถนน อย.5042



รูปที่ 4.39 (ก) ค่าความชื้นในมวลดินตามธรรมชาติ (Natural Water Content, W_n)
(ข) ค่ากำลังรับแรงเฉือนแบบไม่ระบายน้ำ (Undrained Shear Strength, S_u)

จากรูปที่ 4.39 (ก) ชั้นดินในช่วงระดับความลึก 0 ถึง 3.5 เมตร มีปริมาณน้ำในมวลดินอยู่ในช่วง 10 % ถึง 30 % ที่ระดับความลึก 3.5 ถึง 14 เมตร มีปริมาณน้ำในดินอยู่ในช่วง 65 % ถึง 80 % ที่ระดับความลึก 10 ถึง 25 เมตรมีปริมาณน้ำในมวลดินอยู่ในช่วง 10 % ถึง 30 % และ 45 % เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นำไปเผยแพร่บนสื่อสาธารณะไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ถึง 80 % ในช่วงความลึก 10 ถึง 15 เมตร และจากรูปที่ 4.39 (ข) จากกราฟ ความลึกในช่วง 0 ถึง 4 เมตรนั้นเป็น ชั้นดินเหนียวแข็งปานกลางถึงแข็ง ซึ่งจะสังเกตเห็นได้ว่าเป็นช่วงชั้นดินที่เป็นดินเหนียวสภาพอัดแน่นเกินปกติ (Overconsolidation Clay, OC Clay) ช่วงชั้นดินอ่อนถึงอ่อนมากจะอยู่ในช่วงความลึก 4 ถึงประมาณ 11 เมตร ดังนั้นการพิจารณาความเป็นดินอ่อนมากจะอยู่ในช่วงชั้นดิน 0 ถึงความลึก 11 เมตรเป็นหลัก

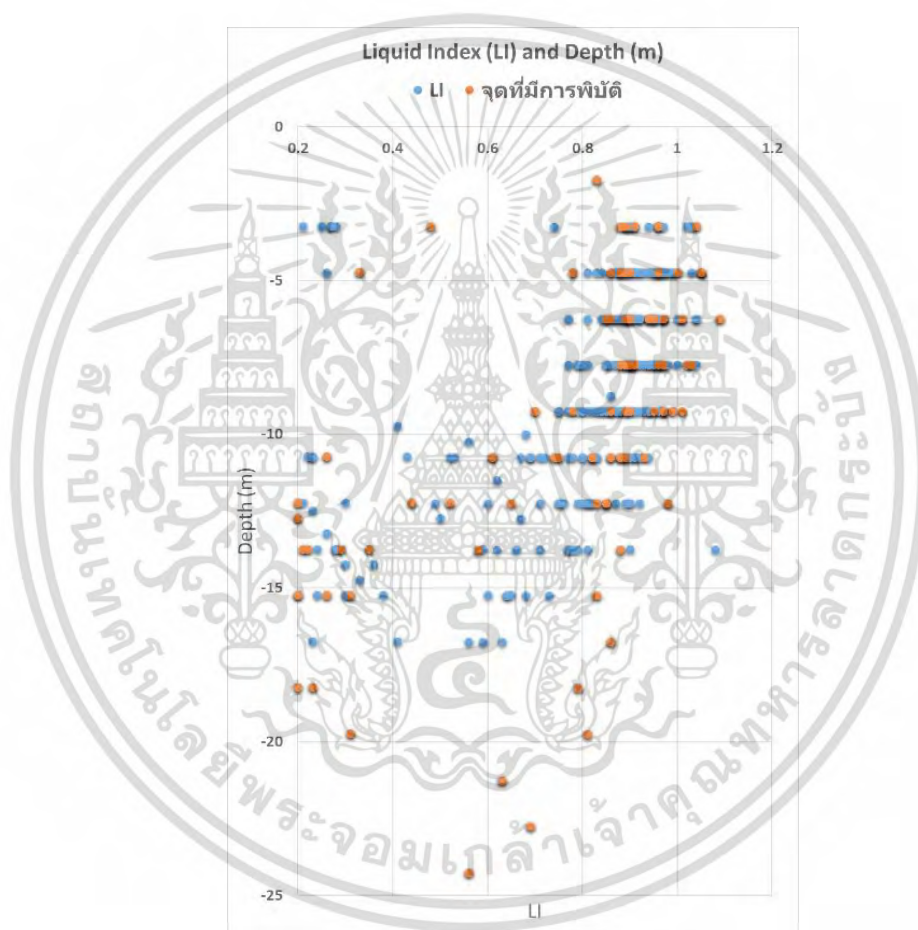
เนื่องจากการวิเคราะห์เสถียรภาพของคันทาง การพิบัติจะไม่ตัดผ่านชั้นดินแข็ง ซึ่งเมื่อทำการขยายมาตราส่วนแล้ว และยังไม่สามารถที่จะนำค่าทั้ง 2 มาระบุความอ่อนมากของชั้นดินเหนียวได้อย่างชัดเจนนักจึงทำการพิจารณาในคุณสมบัติอื่น ๆ ของชั้นดินต่อไป



รูปที่ 4.40 (ก) ค่าหน่วยน้ำหนักของดิน (Unit Weight, γ_t)
(ข) ค่าดัชนีพลาสติก (Plastic Index, PI)

จากรูปที่ 4.40 (ก) ค่าหน่วยน้ำหนักของดินสามารถแบ่งได้ 3 ช่วง คือ ความลึก 0 ถึง 3.5 เมตร มีค่าหน่วยน้ำหนักในช่วง 1.9 ถึง 2.1 ตันต่อลูกบาศก์เมตร ซึ่งทางปฐพีศาสตร์การนาค่านี้น่าจะใช้ไม่ควรใช้เกินกว่า 2.4 ตันต่อลูกบาศก์เมตร เนื่องจากเป็นหน่วยน้ำหนักที่ใกล้เคียงกับหน่วยน้ำหนักของคอนกรีตซึ่งน่าจะมีค่าสูงเกินจริง โดยทั่วไปแล้วจะพิจารณาเลือกใช้ไม่เกิน 1.95 ถึง 2.0 ตันต่อลูกบาศก์เมตร เพื่อความถูกต้องในการคำนวณ ถัดมาในความลึก 3.5 ถึง -14 เมตร มีค่าหน่วย

น้ำหนักอยู่ในช่วง 1.5 ถึง 1.65 ตันต่อลูกบาศก์เมตร ซึ่งถือว่าอยู่ในช่วงของดินที่มีโอกาสที่จะเกิดปัญหาได้ และในช่วงความลึก 11 ถึง 24 เมตรมีค่าหน่วยน้ำหนักของดินในช่วง 1.95 ถึง 2.1 ตันต่อลูกบาศก์เมตร ถือเป็นชั้นดินแข็ง ค่าหน่วยน้ำหนักนี้เป็นค่าหน่วยน้ำหนักจากตัวอย่างดินที่เก็บโดยการตอกทดลองมาตรฐาน ซึ่งดินอาจมีความแน่นเกินปกติ จากรูปที่ 4.40 (ข) พบว่าชั้นดินความลึก 0 จนถึง 10 เมตร ค่าดัชนีพลาสติกของดินมีค่าระหว่าง 35 ถึง 50 ซึ่งถือว่าดินในช่วงนี้มีความเป็นดินเหนียวสูงถึงสูงมากมีโอกาสที่ชั้นดินจะเกิดการยุบตัวสูงมาก และในอีกช่วงของชั้นดินยังพบค่าดัชนีพลาสติกอยู่ที่ 12.5 ถึง 20 ดินในความลึก 10 ถึง 20 ในบางช่วงของถนนมีความเป็นพลาสติกปานกลาง และสามารถเกิดการยุบตัวได้ในระดับปานกลาง

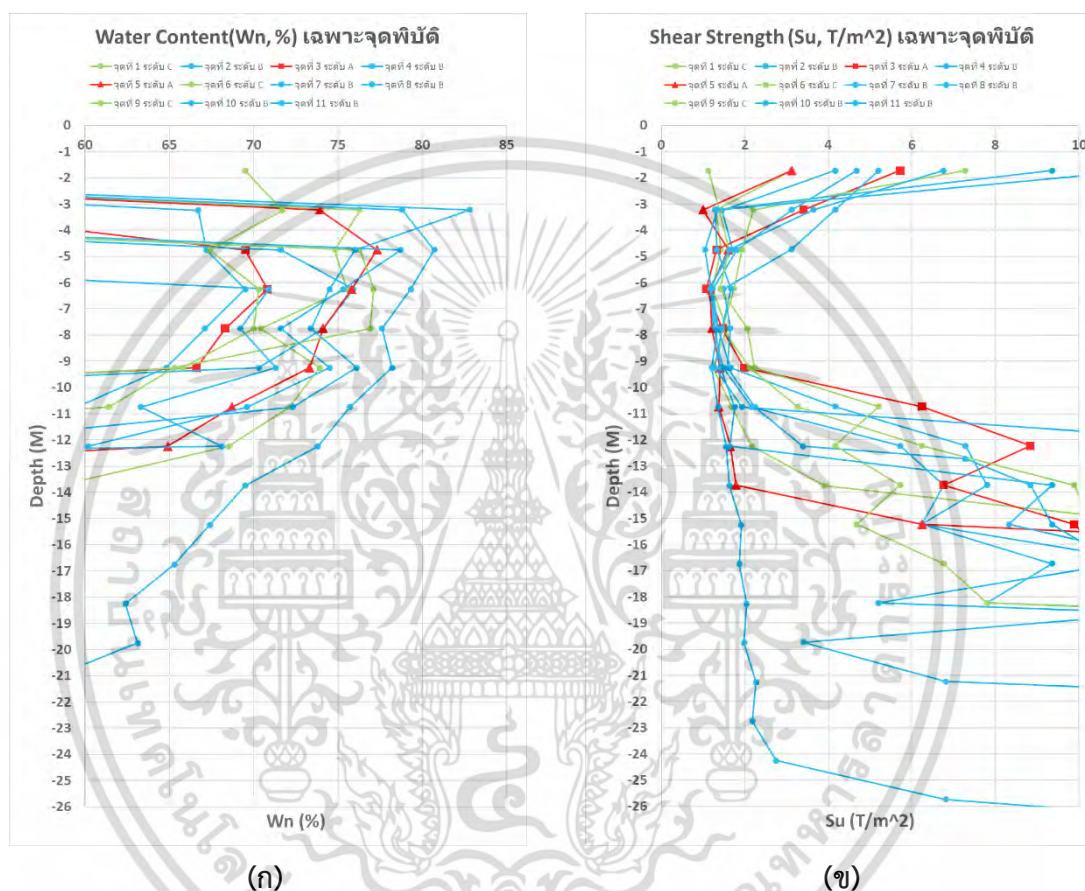


รูปที่ 4.41 ค่าพิกิตเหลว (Liquid Index, LI)

เมื่อพิจารณาค่าพิกิตเหลว (LI) ของดินที่ระดับความลึก 0 ถึง 11 เมตร มีค่าดัชนีเหลวมีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 0.79 ถึง 1.1 ซึ่งหากกล่าวอ้างตามทฤษฎีของการแบ่งสถานะแล้วของออตเบิร์ก แสดงว่าชั้นดินดังกล่าวมีสถานะพลาสติกไปจนถึงเหลวลักษณะคล้ายยาสีฟัน ในทางวิศวกรรมถือว่าดินสามารถรับกำลังได้ต่ำมาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อพิจารณาจากชุดข้อมูลดังกล่าวแล้ว แต่ยังไม่สามารถที่จะระบุนิยามคำว่า “Soft Spot” ได้อย่างถูกต้อง จึงได้ทำวิเคราะห์ต่อ โดยการหาความสัมพันธ์ของค่าข้อมูลเฉพาะหลุมเจาะสำรวจที่ที่เกิดการพิบัติทั้ง 11 จุด (4.2.2) และแยกการพิจารณาออกเป็น 3 ระดับ และพิจารณาเปรียบเทียบระดับการพิบัติของลาดถนนที่ตรวจพบ โดยนำข้อมูลเฉพาะการพิบัติระดับ A (4.2.2) มาพิจารณาเป็นหลักเพื่อให้สามารถกำหนดค่าความเป็น “Soft Spot” ได้ และง่ายต่อการพิจารณา



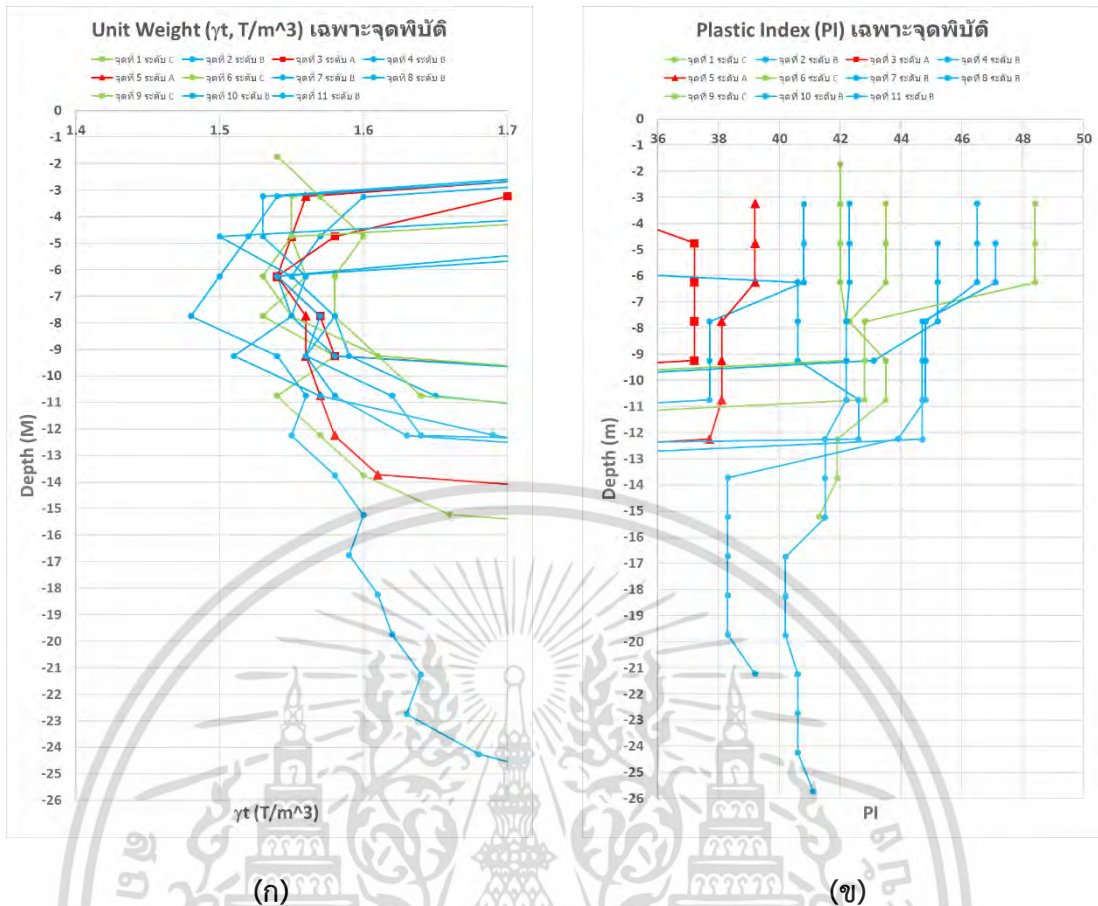
รูปที่ 4.42 (ก) ค่าความชื้นในมวลดินตามธรรมชาติ (Natural Water Content, W_n)

(ข) ค่ากำลังรับแรงเฉือนแบบไม่ระบายน้ำ (Undrained Shear Strength, S_u)

เฉพาะจุดพิบัติ 11 จุด

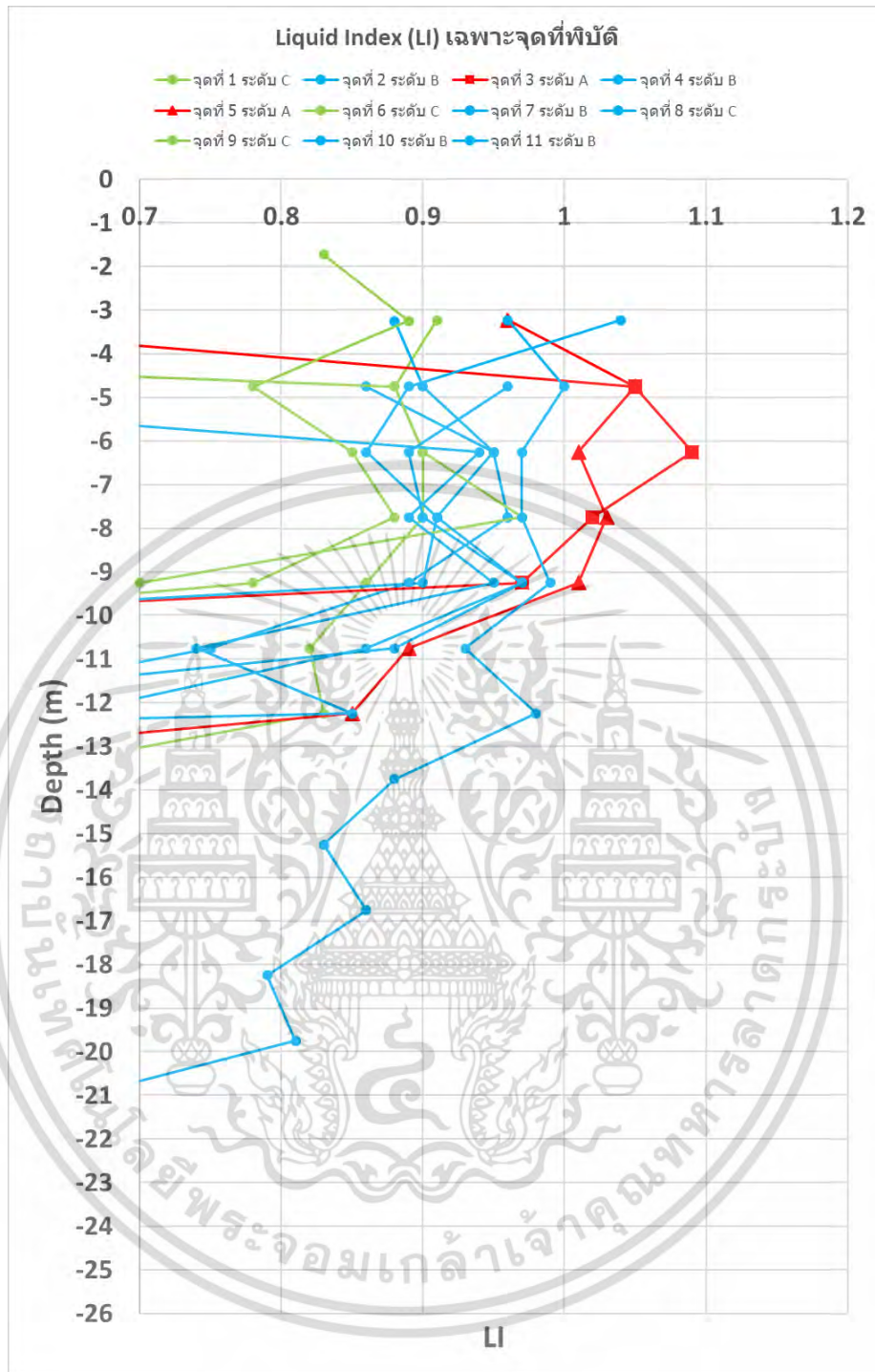
การวิเคราะห์หามวลดินอ่อนมาก (Soft Spot) จะทำการพิจารณาเฉพาะช่วงความลึก 4 ถึง 11 เมตร เป็นพิเศษ เนื่องจากช่วงชั้นดินดังกล่าวเป็นชั้นดินอ่อนถึงอ่อนมาก เมื่อดูรูปที่ (ก) พบว่าค่าความชื้นในมวลดินตามธรรมชาติ อยู่ในช่วง 65 % ถึง 80 % ซึ่งยังอยู่ในค่าที่ไม่สามารถระบุความอ่อนของชั้นดินในจุดการพิบัติระดับ A (สีแดง) ได้ จากรูปที่ (ข) จุดที่เกิดการพิบัติระดับ A (สีแดง) จนถึง ระดับ C (สีเขียว) ที่ความลึก 4 ถึง 10 เมตร ค่าเฉลี่ยของกำลังรับแรงเฉือนแบบไม่ระบายน้ำของชั้นดินจะอยู่ที่ต่ำกว่า 2.1 ตันต่อตารางเมตร ซึ่งถือว่าเป็นชั้นดินอ่อนถึงอ่อนมาก และไม่สามารถระบุออกมาได้อย่างชัดเจนว่าจุดไหนคือจุดที่มีความเป็นดินอ่อนพิเศษของถนนสาย อย.5042

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.43 (ก) ค่าหน่วยน้ำหนักของดิน (Unit Weight, γ_t)
 (ข) ค่าดัชนีพลาสติก (Plastic Index, PI) เฉพาะจุดพิบัติ 11 จุด

จากรูปที่ 4.43 (ก) ค่าหน่วยน้ำหนักของดินทั้ง 11 จุดของการพิบัติ ในระดับความลึก -3 ถึง 9 เมตร ยังคงความเป็นชั้นดินอ่อนที่ 1.5 ถึง 1.6 ตันต่อลูกบาศก์เมตร และที่จุดพิบัติระดับ A (สีแดง) มีค่าหน่วยน้ำหนักของดินอยู่ที่ 1.55 ตันต่อลูกบาศก์เมตร เมื่อพิจารณารูปที่ 4.43 ข. พบว่าค่าดัชนีพลาสติก (PI) อยู่ในช่วง 36 ถึง 48 ในช่วงความลึก -3 ถึง -13 เมตร และในจุดที่เกิดการพิบัติระดับ A (สีแดง) พบว่า ค่าดัชนีพลาสติก (PI) มีค่าเท่ากับ 39 และ 37 ซึ่งต่ำกว่าการพิบัติในจุดอื่น ๆ และเมื่อพิจารณาจากกราฟทั้ง 4 ด้านบน ค่าปริมาณน้ำในมวลดิน ค่ากำลังรับแรงเฉือนแบบไม่ระบายน้ำ ค่าหน่วยน้ำหนักของดิน ค่าดัชนีพลาสติก แล้วยังไม่สามารถระบุความเป็น “Soft Spot” ได้อย่างชัดเจน ผู้ท ำวิจัยจึงได้ท ำการวิเคราะห์ค่าดัชนีเหลวดังกล่าวต่อไป



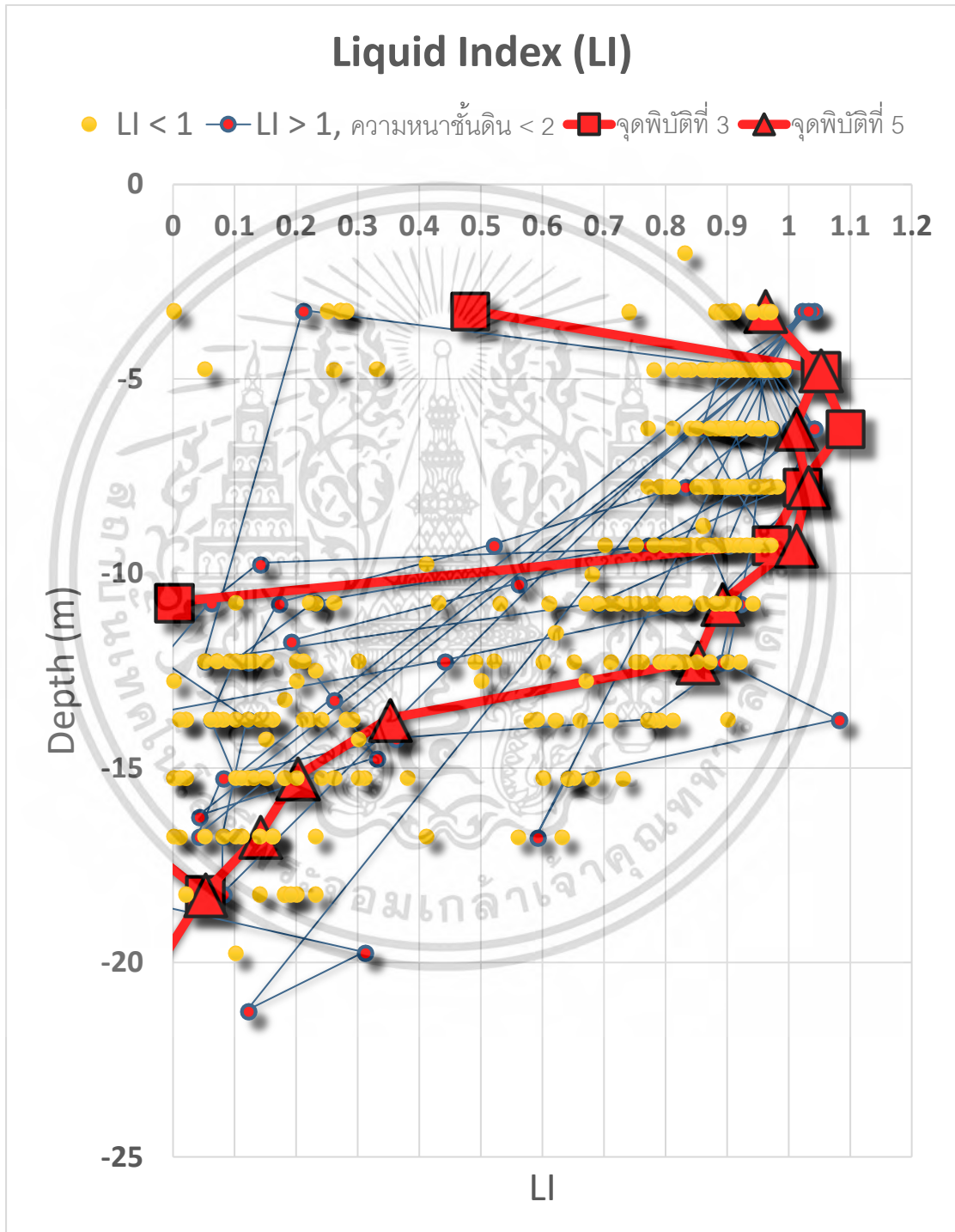
รูปที่ 4.44 ค่าพิกัดเหลว (Liquid Index, LI) เฉพาะจุดพิบัติ 11 จุด

จากรูปที่ 4.44 ค่าดัชนีเหลวในจุดที่เกิดการพิบัติระดับ A (สีแดง) มีค่าสูงกว่า 1 และมีความหนาของชั้นดินต่อเนื่องกันมากกว่า 4 เมตร (ตัวอย่างดินในหลุมเจาะสำรวจหนึ่งมีความสูงประมาณ 1.5 เมตร) จุดที่เกิดการพิบัติระดับ B (สีฟ้า) มีค่าดัชนีเหลวอยู่ที่ 0.9 ถึง 1 บางหลุมเจาะอาจมีค่ามากกว่า 1 แต่คาดการณ์ว่าความหนาของชั้นดินไม่เกิน 4 เมตรจึงไม่เกิดการพิบัติระดับ A (สี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แดง) แต่ยังคงส่งผลต่อเสถียรภาพของคันทางในระดับที่สามารถเห็นความเสียหายได้อย่างชัดเจน และในจุดที่เกิดการพิบัติระดับ C (สีเขียว) มีค่าดัชนีเหลวต่ำกว่า 0.9 และอยู่ระหว่าง 0.8 ถึง 0.9

เพื่อทำการตรวจสอบว่าในช่วงถนนอื่น ๆ ไม่ได้เข้าข่ายการเกิดการพิบัติในระดับ A จึงได้ทำการตรวจสอบข้อมูลทั้ง 44 หลุมเจาะ



รูปที่ 4.45 ค่าดัชนีเหลว ทั้ง 44 หลุมเจาะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จุดสี่เหลี่ยมสีแดง คือจุดพิบัติที่ 3 กิโลเมตรที่ 5+400 และจุดสามเหลี่ยมสีแดง คือ จุดพิบัติที่ 5 กิโลเมตรที่ 6+010 จุดวงกลมสีแดง คือจุดที่มีค่าดัชนีเหลว (LI) ในบางความลึกของชั้นดินมากกว่า 1 แต่มีความหนาของชั้นดินไม่มากกว่า 2 เมตร และจุดสี่เหลี่ยมหมายถึง หลุมเจาะสำรวจที่มีค่าดัชนีเหลว (LI) น้อยกว่า 1

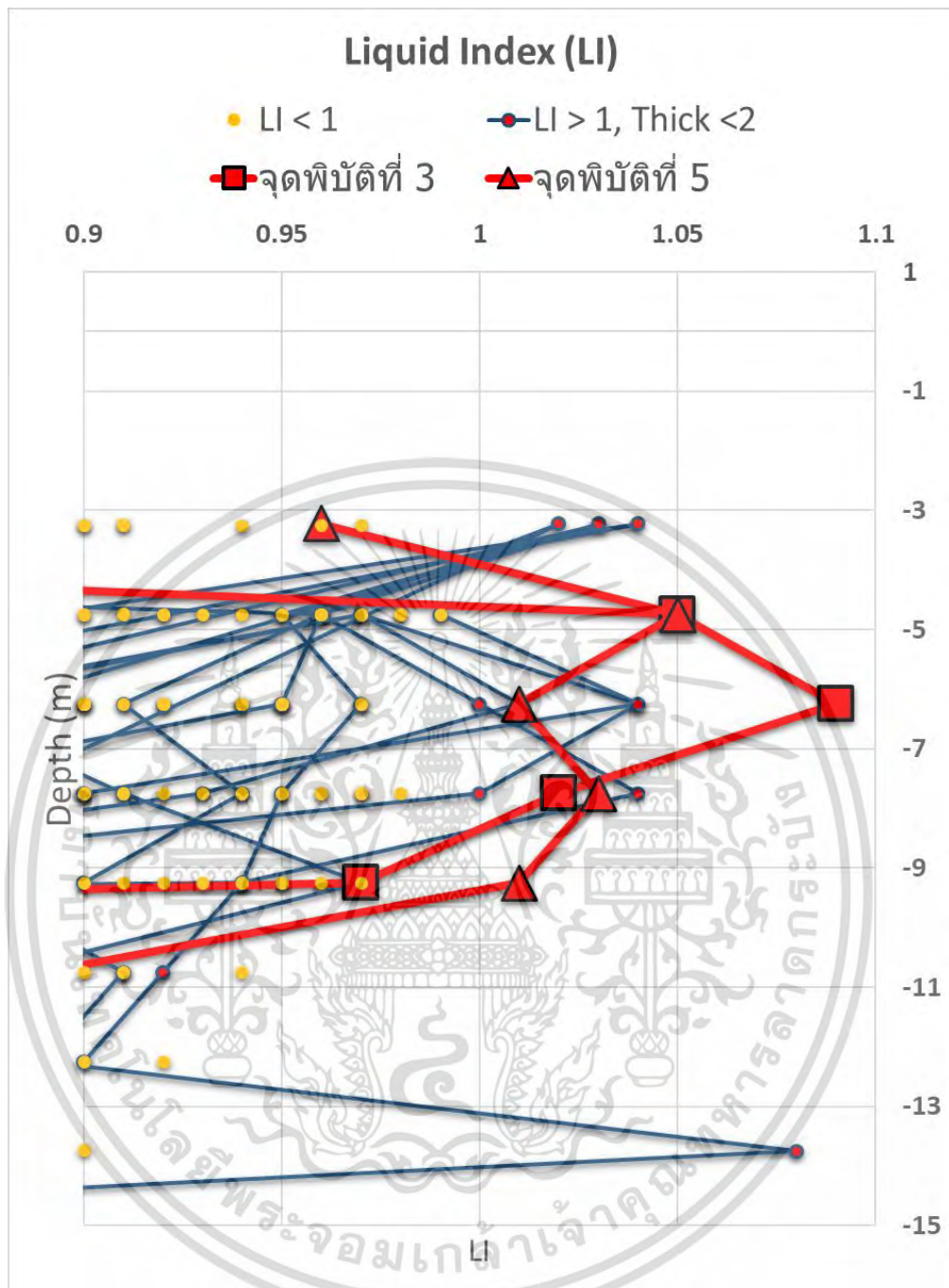


รูปที่ 4.46 แสดงการพิบัติจุดที่ 3 ระดับ A



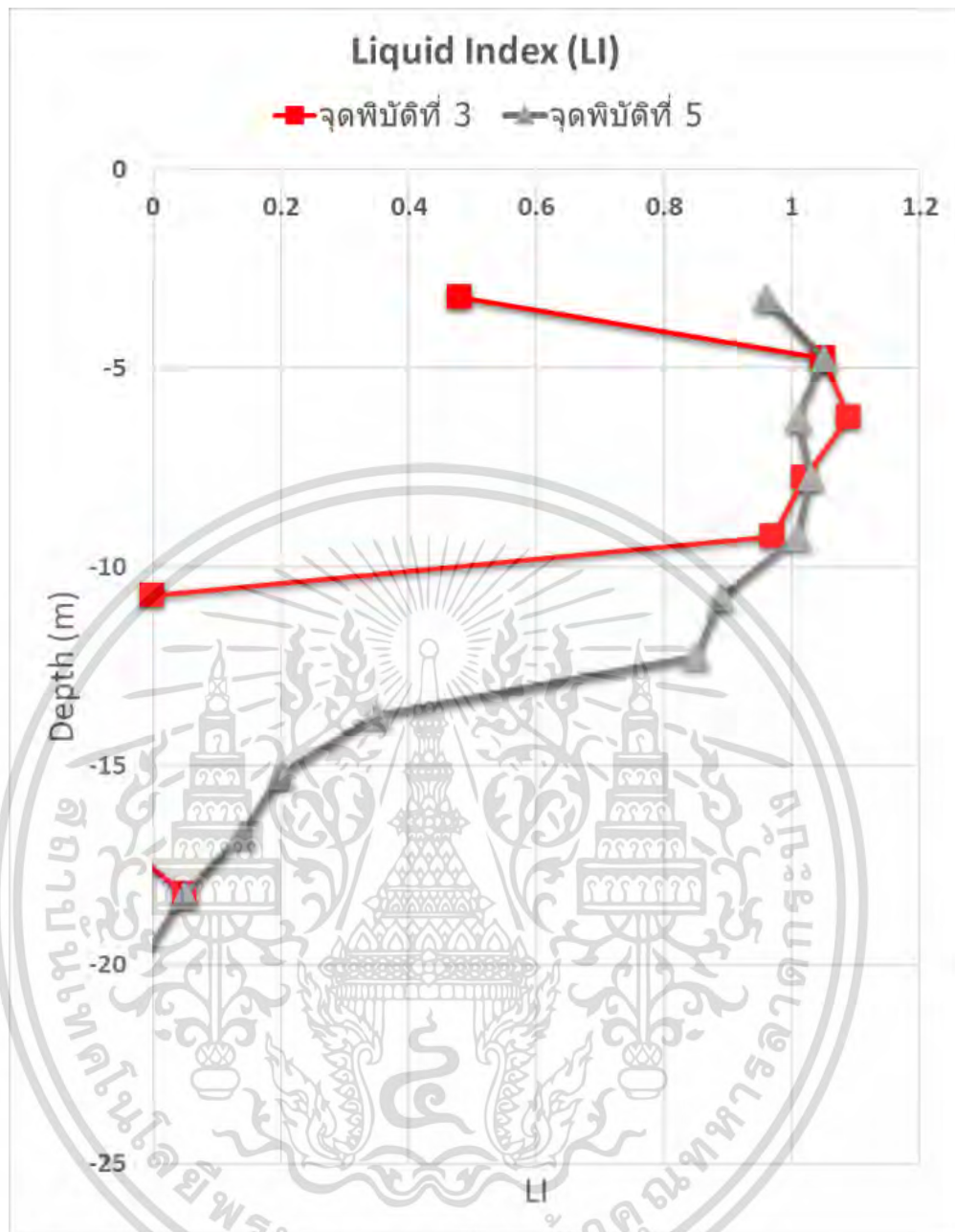
รูปที่ 4.47 แสดงการพิบัติจุดที่ 5 ระดับ A

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เมื่อท การขยายมาตราส่วนจะสามารถเห็นได้ชัดว่าค่าดัชนีเหลวที่มีค่ามากกว่า 1 และมีความหนาต่อเนื่องกันของชั้นดินกันเกิน 4 เมตร เป็นจุดเสี่ยงต่อการพิบัติบนถนนเลียบคันคลอง จึงขอนิยามคำว่า จุดเสี่ยงต่อการพิบัติ หรือค่าที่มีความอ่อนมากของชั้นดิน บนถนนเลียบคันคลองนี้ว่า “Soft Spot”

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

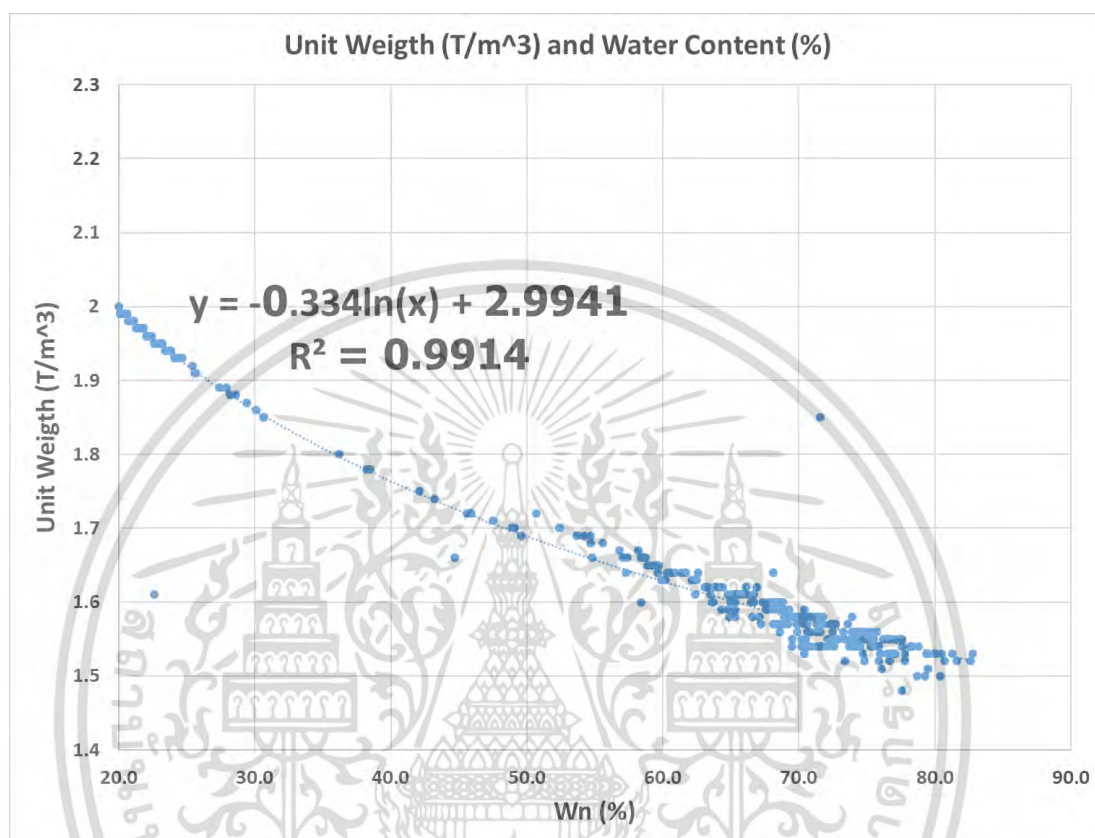


รูปที่ 4.49 ค่าพิกต์เหลว จุดพิบัติที่ 3 และจุดพิบัติที่ 5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

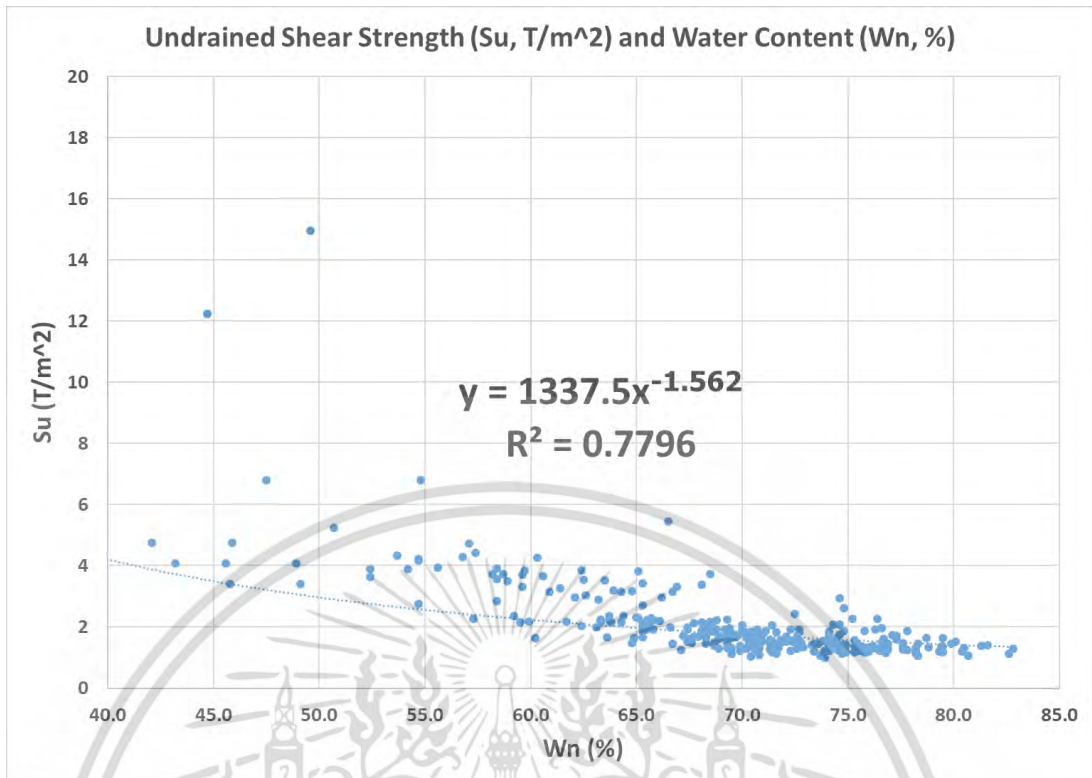
4.3.2 ผลการวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ของคุณสมบัติของมวลดิน

เมื่อนำความสัมพันธ์ของค่าหุ้มน้ำของมวลดินมาหาความสัมพันธ์ของค่าความชื้นในมวลดินตามธรรมชาติทั้ง 44 หุ้มน้ำ มาหาความสัมพันธ์ ดังต่อไปนี้



รูปที่ 4.50 ความสัมพันธ์ระหว่าง หน่วยน้ำหนักของดิน (Unit Weight, γ) และ ความชื้นในมวลดินตามธรรมชาติ (Water Content, W_n)

การนำค่าความชื้นในมวลดินมาหาค่าหน่วยน้ำหนักของดิน จะสังเกตเห็นได้ว่า ค่าที่ได้เป็นสมการเชิงเส้นซึ่งให้ผลที่ค่อนข้างตรงกับการหาในห้องปฏิบัติการจริง และจะยิ่งมีความแม่นยำขึ้นหากค่าความชื้นในมวลดินมีค่าน้อยกว่า 30 % (** R^2 เป็น การวิเคราะห์ความสอดคล้อง (Regression) ของสองตัวแปร คือ X , Y ถ้า R square เข้าใกล้ 1 หมายถึง สองตัวแปรนี้เกี่ยวข้อง แนบแน่น ปกติจะใช้ในการเปรียบเทียบ เช่นเครื่องมือวัด โดยแกน X เป็น Reference เช่นพวกคาลิเบรเตอร์ ส่วนแกน Y เป็น Actual เช่นพวกมิเตอร์ รีเกรสชันหาได้จากการแปรปรวนของค่าผิดพลาดที่มีกับเส้นแนวโน้ม) ดังนั้น สามารถทำการคำนวณหาค่าหน่วยน้ำหนักของดินในบริเวณดินเหนียวกรุงเทพฯได้จากความชื้นในมวลดินได้ค่อนข้างแม่นยำ และเมื่อนำไปเปรียบเทียบกับค่าจากเอกสารวิชาการของบริษัททีมกรุ๊ป (โครงการงานศึกษาจัดทำคู่มือการก่อสร้างถนนบนพื้นที่ดินอ่อน, 2552) ยิ่งเห็นผลได้ชัดว่าค่าที่ได้จากการคำนวณหาค่าหน่วยน้ำหนักของดินมีความสอดคล้องกัน

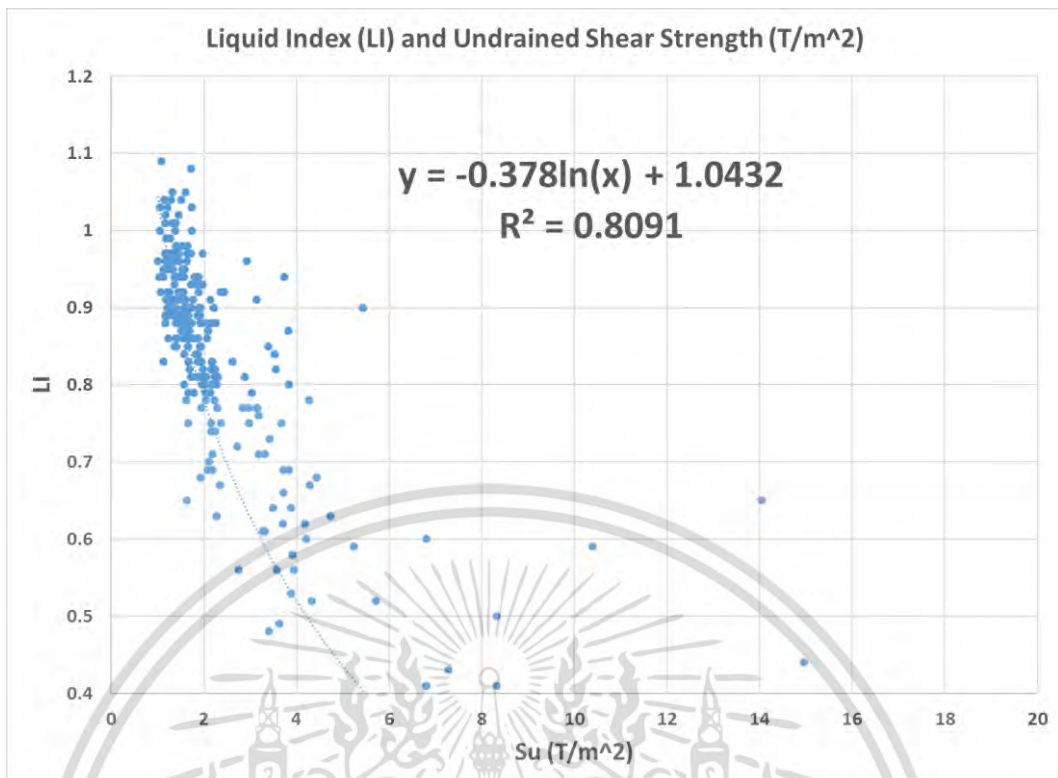


รูปที่ 4.51 ความสัมพันธ์ระหว่าง กำลังรับแรงเฉือนแบบไม่ระบายน้ำ

(Undrained Shear Strength, Su)

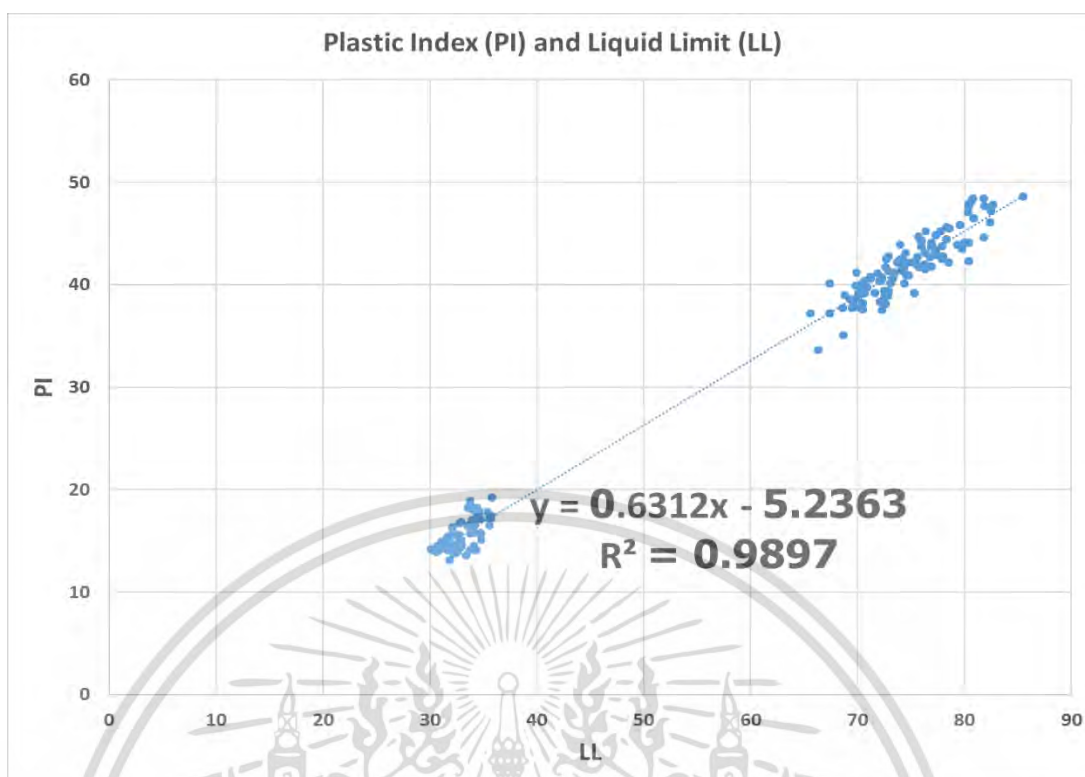
และ ความชื้นในมวลดินตามธรรมชาติ (Water Content, Wn)

จากการหาความสัมพันธ์ดังรูปที่ ทาการหาลำรับแรงเฉือนแบบไม่ระบายน้ำจากค่าความชื้นในมวลดิน ค่าที่ได้จะมีความแม่นยำ ในช่วงค่าความชื้นในมวลดินมีมากกว่า 65 % ทางผู้ทาการวิจัยวิเคราะห์ว่าหากค่าความชื้นในมวลดินมีค่าต่ำกว่า 30 % อาจจะต้องพิจารณาพร้อมกับค่าดัชนีพลาสติกด้วยเนื่องจากดินเหนียวที่มีความเป็นพลาสติกต่างกันย่อมส่งผลต่อการรับน้ำหนักที่ต่างกันของชั้นดินนั้น ๆ



รูปที่ 4.52 ความสัมพันธ์ระหว่าง ค่าดัชนีเหลว (Liquid Index, LI) และ ค่าลึรับแรงเฉือนแบบไม่ระบายน้ำ (Undrained Shear Strength, Su)

การหาค่า ค่าดัชนีเหลวจากค่าค่า ลึรับแรงเฉือนแบบไม่ระบายน้ำของดิน จะให้ค่าที่มีความแม่นยำเมื่อค่า ค่า ลึรับแรงเฉือนที่มีค่าน้อยกว่า 2.5 ตันต่อตารางเมตร และในช่วงที่ค่าลึรับแรงเฉือนมีค่าน้อยกว่า 5.0 ตันต่อตารางเมตรก็สามารถหาค่าดัชนีเหลวได้แม่นยำพอสมควร



รูปที่ 4.53 ความสัมพันธ์ระหว่าง ดัชนีพลาสติก (Plastic Index, PI) และ ดัชนีเหลว (Liquid Limit, LL)

ค่าดัชนีพลาสติกสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ช่วงคือ 15 ถึง 20 และ 35 ถึง 50 ในทางเดียวกันค่าพิกิตเหลวก็สามารถแบ่งได้ 2 ช่วง คือ 30 ถึง 40 และ 65 ถึง 85 เช่นกัน กราฟที่ได้เราสามารถค านวณหาค่าดัชนีพลาสติกได้จากค่าพิกิตเหลวได้อย่างแม่นยำ พอสมควรเนื่องจากเป็นสมการเส้นตรง

การนำค่าดัชนีพลาสติกมาคานวณหาค่ากำลังรับแรงเฉือนแบบไม่ระบายน้ำนั้นก็สามารถทำได้เช่นกัน แต่ไม่สามารถนำมาใช้ได้ และไม่สามารถเชื่อถือได้เนื่องจากค่าข้อมูลมีความกระจายมากเกินไป

จากการวิเคราะห์กราฟที่ได้จากข้อมูลหลุมเจาะสำรวจเบื้องต้นทั้งหมดของถนน อย. 5042 พบว่าการหาค่ากำลังรับแรงเฉือนและการหาหน่วยน้ำหนักของดินจากค่าความชื้นในมวลดินที่มีความเชื่อถือได้คือ ความชื้นในมวลดินต้องน้อยกว่า 30 % สำหรับการหาหน่วยน้ำหนักของดินหรือน้อยกว่า 80 % ก็มีผลค่อนข้างเที่ยงตรง และถ้าความสัมพันธ์มากกว่า 65 % ก็สามารมีความสัมพันธ์ที่ดีในการหาค่ากำลังรับแรงเฉือนในมวลดิน ส่วนการคานวณหาค่าดัชนีเหลวจากค่ากำลังรับแรงเฉือนนั้นก็สามารถหาความสัมพันธ์ที่คานวณได้ผลแม่นยำ เมื่อค่ากำลังรับแรงเฉือนมีค่าต่ำกว่า 2.5 ตันต่อตารางเมตร และให้ผลการคานวณที่แม่นยำรองลงมาเมื่อค่ากำลังรับแรงเฉือนต่ำกว่า 5.0 ตันต่อตารางเมตร การหาค่าดัชนีพลาสติกจากค่าพิกิตเหลวเองก็สามารถหาความสัมพันธ์ที่ดีได้ทุกค่า เนื่องจากเป็นสมการเส้นตรงและให้ผลค่าเฉลี่ยที่ค่อนข้างดี ส่วนการหาค่ากำลังรับแรงเฉือนจากดัชนีพลาสติกนั้นไม่แน่นอน าเนื่องจากค่าที่ได้มีความคลาดเคลื่อนมาก

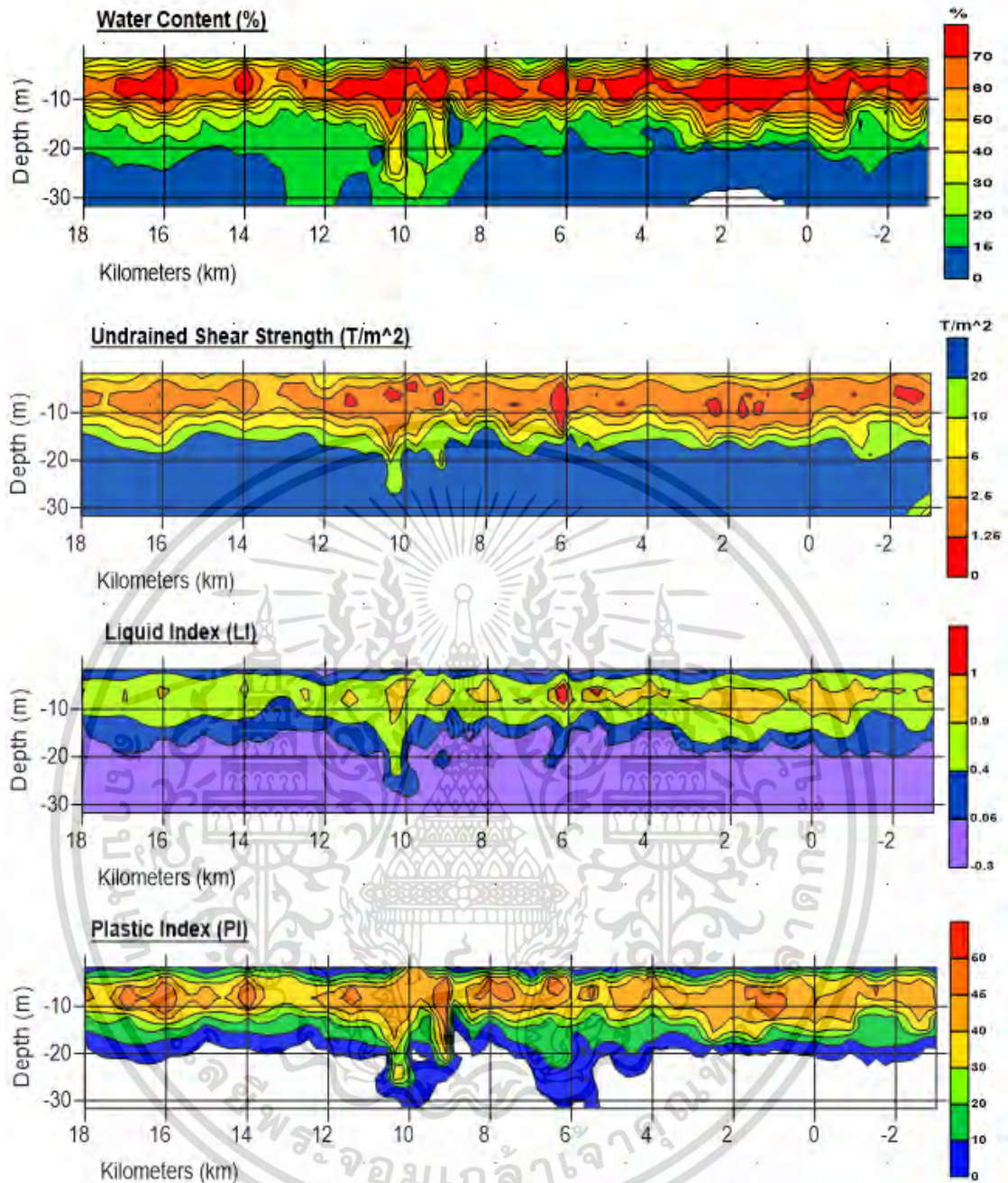
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากกราฟทั้งหมดและค่าที่ได้แนะนำไปสามารถนำไปตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลผลการสำรวจหน้าสนามและในห้องปฏิบัติการได้เฉพาะในชั้นดินที่มีกำลังต่ำตามที่กำหนดไปก่อนหน้านี้ เพื่อดูแนวโน้มในการคำนวณเพื่อนำไปสู่การหาค่าดัชนีเหลว เพื่อในกรณีที่ในบางความลึกของชั้นดินไม่ได้ทำการทดสอบในห้องปฏิบัติการหรือเกิดจากความผิดพลาดใด ๆ ในการเก็บข้อมูลและมีค่าอยู่ในขอบเขตที่ได้ให้ไป ก็จะสามารถหาค่าที่มีอยู่อื่น ๆ มาทำการคำนวณหาค่าต่าง ๆ ทดแทนได้ และให้ผลที่มีความถูกต้องมากยิ่งขึ้น ทางผู้วิจัยแนะนำว่าอย่างน้อย ๆ ควรมีการทำการสำรวจโดยวิธีทดสอบกำลังรับแรงเฉือนหน้าสนามด้วย (FVS) เนื่องจากการแปลงค่ากำลังรับแรงเฉือนแบบไม่ระบายน้ำไปเป็นค่าดัชนีความเหลวในช่วงที่ชั้นดินมีค่าความชื้นในมวลดินมากกว่า 65 % นั้นให้ผลที่ค่อนข้างแม่นยำ และสามารถนำไปใช้เพื่อระบุหาจุด “Soft Spot”

4.3.3 ผลการวิเคราะห์จากการนำเสนอในรูปแบบเส้นชั้นความสูง (Contour)

เมื่อนำข้อมูลทั้งหมดทั้ง 44 หลุมเจาะสำรวจมาทำการพล็อตลงในโปรแกรม Surfur 13 Demo ในลักษณะของเส้นชั้นความสูง ได้ผลดังนี้





รูปที่ 4.54 แสดงความสัมพันธ์คุณสมบัติชั้นดินในรูปแบบของเส้นชั้นความสูง (Contour)

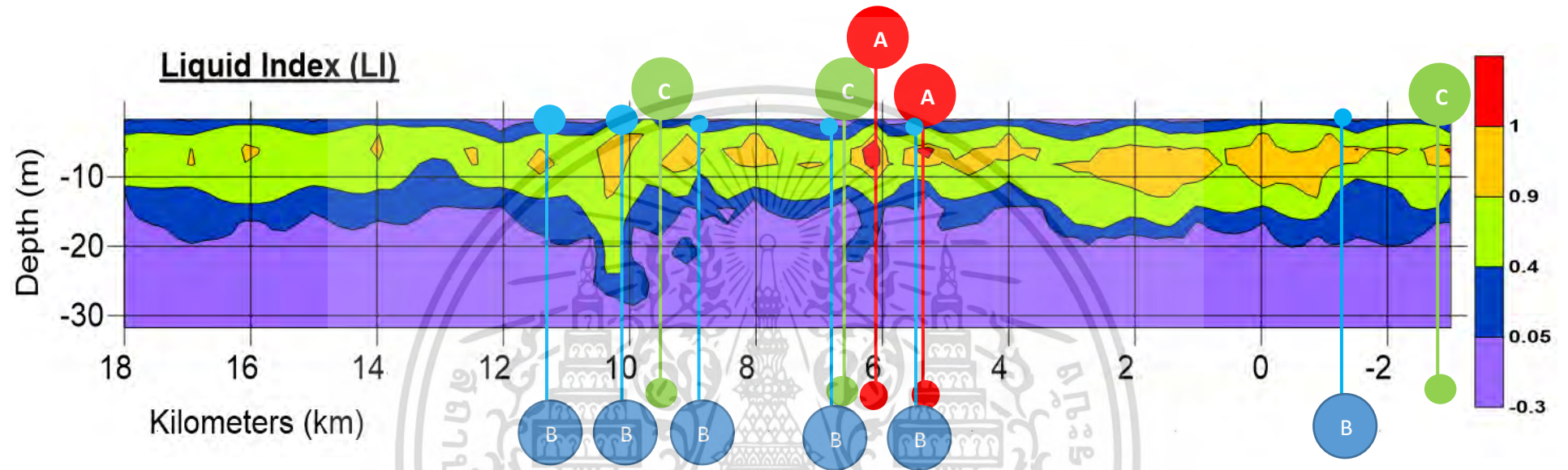
แสดงค่าเส้นชั้นความสูงโดยทุกกราฟ ในแนวแกน X เป็นหลักกิโลเมตร ในแนวแกน Y เป็นความลึกของชั้นดิน ส่วนแกน Z เป็นค่าความมากน้อยของค่าพารามิเตอร์ที่เลือกใช้ในโปรแกรม เรียงจากบนลงล่างเป็นรูปแบบการนำเสนอ ที่สามารถประเมินลักษณะของชั้นดินได้ตามรูปตัดแนว ยาวของชั้นดินฐานรากถนนทั้งสาย โดยสามารถเลือกรูปแบบการนำเสนอได้ดังนี้ 1. ความชื้นในมวล ดินตามธรรมชาติ 2. กำลังรับแรงเฉือนแบบไม่ระบายน้ำ 3. ดัชนีเหลว 4. ดัชนีพลาสติก

เมื่อทำการวิเคราะห์ที่ดูประกอบกับการดูผลวิเคราะห์จากโปรแกรม excel ในหัวข้อที่ 4.3.1 แล้วยิ่งเป็นการย้ำอย่างชัดเจนว่า เราไม่สามารถแบ่งค่าความเป็นดินอ่อนมากของชั้นดินจาก เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เพียงแค่ว่ากำลังรับแรงเฉือนแบบไม่ระบายน้ำและค่าความชื้นในมวลดินเพียงอย่างเดียว เนื่องจากค่าความชื้นในมวลดินหาก มีค่ามาก แต่มีค่าใกล้เคียงกับพิกัดพลาสติก ดินก็จะมีสถานะพลาสติกแต่มีสถานะใกล้เคียงกับกึ่งของแข็ง แต่หากค่าความชื้นในมวลดินมีค่าเท่าเดิมและความชื้นในมวลดินมีค่าใกล้เคียงกับพิกัดเหลวค่าสถานะของดินนั้นก็จะมีสถานะเป็นพลาสติกเช่นกัน แต่มีสถานะค่อนข้างไปทางของเหลวแล้ว ดังนั้นการพิจารณาค่าความชื้นในมวลดินร่วมกับค่าความเป็นพลาสติกของดินจากดัชนีพลาสติกไปด้วย ประกอบกับการนำค่าทั้งหมดมาคำนวณให้อยู่ในรูปของดัชนีเหลว เพื่อหาสถานะของชั้นดินนั้น ๆ จึงมีความจำเป็นที่จะต้องพิจารณากาลังของชั้นดินจากค่าดัชนีเหลวร่วมด้วย และการพิจารณาความเป็นดินอ่อนพิเศษนั้น ควรที่พิจารณาร่วมกันทั้งค่าความเป็นพลาสติกของดินเหนียวชั้นนั้น และประกอบกับการพิจารณาค่าปริมาณความชื้นในมวลดินและค่าพิกัดเหลว พิกัดพลาสติก ร่วมด้วยทั้งหมด

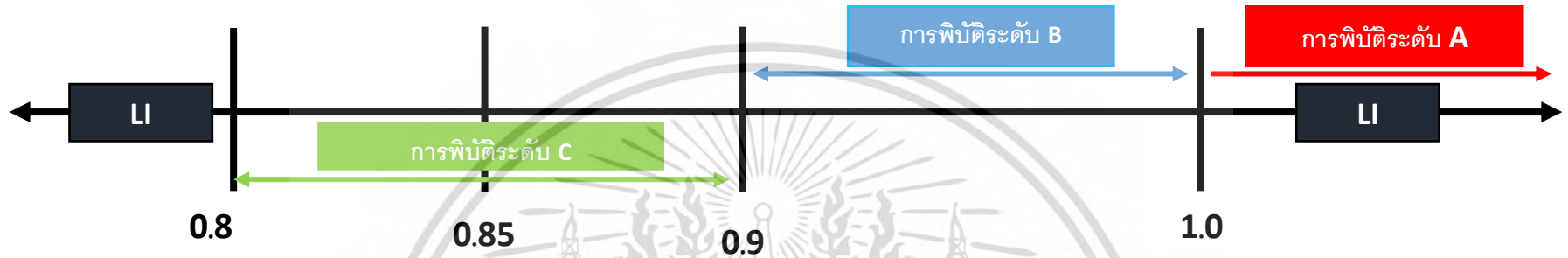


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

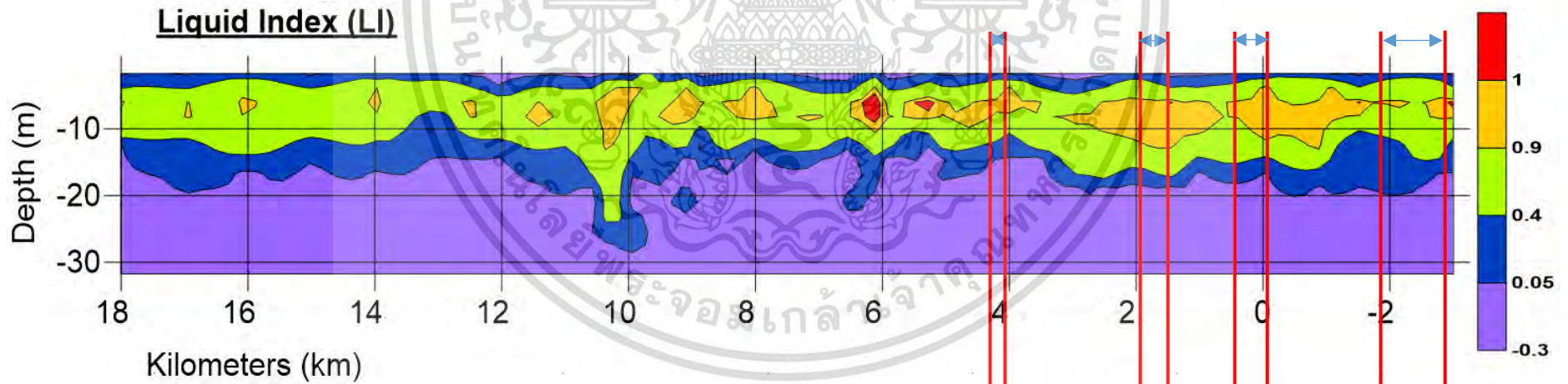


รูปที่ 4.55 กราฟเส้นชั้นความสูง และจุดพิบัติทั้ง 11 จุด เรียงจากขวาไปซ้าย จุดที่ 1 ถึง 11

เมื่อพิจารณาจากหัวข้อ 4.3 จึงสรุปได้ว่า การกำหนดนิยามค่าจุดเสี่ยงต่อการพิบัติหรือ จุดที่มีค่าอ่อนมากของชั้นดินสามารถระบุได้ชัดเจนจากค่าดัชนีความเหลว (LI) ดังต่อไปนี้



รูปที่ 4.56 สรุปผลการวิเคราะห์ค่าดัชนีเหลว



รูปที่ 4.57 แสดงการทรุดตัวในจุดต่าง ๆ บนถนน อย.5

จากการสำรวจหน้าสนามผู้ท ขี้จี้ยังค้นพบว่าการที่ค่าดัชนีเหลวมีค่ามากกว่า 0.85-0.9 และมีความหนาของชั้นดินเกิน 5 เมตร ยังส่งผลต่อการทรุดตัวของผิวถนนอีกด้วย แต่ในบางจุดที่มีค่าความหนาของชั้นดินไม่เกิน 5 เมตร แล้วเกิดการทรุดตัวเกิดขึ้นผู้ทำการวิจัยคาดว่าในกิโลเมตรที่ -3+000 ถึง -2+000 คาดว่าน่าจะเกิดจากการก่อสร้างถนนช่วงนั้นเป็นการถมคลองชลประทานสายย่อยเก่าเพื่อสร้างถนน ซึ่งอาจเป็นสาเหตุของการทรุดตัว

4.3.4 การวิเคราะห์ตัวแปรข้อมูลชั้นดินด้วยโปรแกรมวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ (SPSS Statistics)

เนื่องจากการนำข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์มาใช้เพื่อบ่งบอกว่าถนนนี้มีความเป็น “Soft Spot” นั้นสามารถชี้วัดได้จากค่าพิคต์อัดตะเปิร์กและปริมาณความชื้นในมวลดินตามธรรมชาติ (Water Content) เท่านั้น ซึ่งในหัวข้อนี้จะเสนอวิธีการที่นำข้อมูลพารามิเตอร์อื่น ๆ มาร่วมพิจารณาเพิ่มเติมด้วยเพื่อนำมาหาค่าดัชนีเหลว (Liquid Index, LI) นั่นคือ ค่ากำลังรับแรงเฉือนแบบไม่ระบายน้ำ (Undrained Shear Strength, S_u) และ ค่าหน่วยน้ำหนักของดิน (Unit Weight, γ) และนำมาประยุกต์ใช้โปรแกรมวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ (SPSS Statistics) มาช่วยในการคำนวณสร้างสมการในการหาค่าดัชนีเหลวให้มีความแม่นยำและน่าเชื่อถือมากยิ่งขึ้น อีกทั้งยังเป็นการเก็บข้อมูลเชิงสถิติในพื้นที่นั้น ๆ เพื่อสามารถนำไปใช้ในใช้ต่อไปในอนาคต

4.3.4.1 การใช้โปรแกรมวิเคราะห์สถิติ (SPSS Statistics) ในการวิเคราะห์ข้อมูลชั้นดินอ่อน

การเก็บบันทึกข้อมูลเพื่อนำมาใช้วิเคราะห์ในโปรแกรมวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ (SPSS Statistics) ผู้วิจัยได้ทำการเก็บบันทึกข้อมูลตัวแปรทั้งหมด 6 ตัวแปร คือ

- ค่าความชื้นในมวลดินตามธรรมชาติ (Water Content, W_n)
- ค่ากำลังรับแรงเฉือนแบบไม่ระบายน้ำในมวลดิน (Undrained Shear Strength, S_u)
- ค่าดัชนีพลาสติก (Plastic Index, PI)
- ค่าหน่วยน้ำหนักของดิน (Unit Weight, γ)
- ชนิดของดินเหนียว ได้แก่ (CH, CL)
- ค่าดัชนีเหลว (Liquid Index, LI)
- ประเภทของดินเหนียว (1 = CH, 2 = CL)

| | WaterContent | UndraindShear Strength | PlasticIndex | UnitWeighth | Typeof Soil | Liquid Index |
|----|--------------|------------------------|--------------|-------------|-------------|--------------|
| 1 | 70.20 | 1.28 | 38.20 | 1.54 | 1 | .99 |
| 2 | 72.40 | 1.52 | 38.20 | 1.55 | 1 | 1.04 |
| 3 | 70.50 | 1.74 | 38.20 | 1.58 | 1 | 1.00 |
| 4 | 67.70 | 2.12 | 41.50 | 1.59 | 1 | .79 |
| 5 | 58.40 | 3.57 | 41.50 | 1.66 | 1 | .56 |
| 6 | 19.00 | 11.96 | 14.50 | 2.01 | 1 | .19 |
| 7 | 20.10 | 13.52 | 14.50 | 1.99 | 2 | .26 |
| 8 | 21.00 | 9.36 | 14.50 | 1.98 | 2 | .33 |
| 9 | 20.40 | 11.44 | 13.60 | 1.99 | 2 | .04 |
| 10 | 76.30 | 1.31 | 43.50 | 1.55 | 2 | .91 |
| 11 | 74.80 | 1.43 | 43.50 | 1.55 | 1 | .88 |
| 12 | 75.50 | 1.22 | 43.50 | 1.56 | 1 | .90 |
| 13 | 70.40 | 1.57 | 42.30 | 1.53 | 1 | .90 |

รูปที่ 4.58 การเก็บค่าตัวแปรต่าง ๆ ในโปรแกรม SPSS (ลำดับที่ 1-13 จาก 385 ข้อมูลชั้นดิน)

การพิจารณาค่าดัชนีเหลวสามารถหาการหาค่าได้เฉพาะชั้นดินที่เป็นชั้นดินเหนียวเท่านั้น ดังนั้นการเก็บข้อมูลทั้งหมดจึงเก็บข้อมูลตัวแปรต่าง ๆ เฉพาะชั้นตัวอย่างดินเหนียวเท่านั้น จึงมีจำนวนข้อมูลชั้นดินเหนียวทั้งหมด 385 ตัวอย่าง (ในหนึ่งตัวอย่างเป็นตัวแทนชั้นดินเหนียวซึ่งมีความหนาเฉลี่ย 1.5 เมตรต่อหนึ่งชั้นดินตัวอย่าง) และเมื่อนำข้อมูลที่ได้ทั้งหมดมาทำการหาความสัมพันธ์จากทุกตัวแปรโดยใช้โปรแกรมแล้วจะสามารถแสดงผลดังต่อไปนี้

4.3.4.2 ผลการวิเคราะห์โดยใช้โปรแกรมวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ (SPSS Statistics)

| Model Summary | | | | |
|---------------|-------------------|----------|-------------------|----------------------------|
| Model | R | R Square | Adjusted R Square | Std. Error of the Estimate |
| 1 | .959 ^a | .920 | .920 | .11168 |
| 2 | .976 ^b | .953 | .952 | .08593 |
| 3 | .979 ^c | .959 | .959 | .07972 |
| 4 | .981 ^d | .962 | .961 | .07756 |

a. Predictors: (Constant), WaterContent

b. Predictors: (Constant), WaterContent, PlasticIndex

c. Predictors: (Constant), WaterContent, PlasticIndex, UnitWeighth

d. Predictors: (Constant), WaterContent, PlasticIndex, UnitWeighth, UndraindShearStrength

รูปที่ 4.59 ค่าความถูกต้อง (R^2) ของการหาค่าดัชนีเหลว (Liquid Index, LI) ในแต่ละโมเดลสมการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Coefficients^a

| Model | | Unstandardized Coefficients | | Standardized Coefficients | t | Sig. |
|-------|-----------------------|-----------------------------|------------|---------------------------|---------|------|
| | | B | Std. Error | Beta | | |
| 1 | (Constant) | -0.217 | .013 | | -16.277 | .000 |
| | WaterContent | .016 | .000 | .959 | 66.313 | .000 |
| 2 | (Constant) | -0.081 | .013 | | -6.125 | .000 |
| | WaterContent | .023 | .000 | 1.425 | 46.396 | .000 |
| | PlasticIndex | -0.016 | .001 | -.500 | -16.276 | .000 |
| 3 | (Constant) | 2.018 | .265 | | 7.616 | .000 |
| | WaterContent | .016 | .001 | .965 | 14.921 | .000 |
| | PlasticIndex | -.017 | .001 | -.542 | -18.705 | .000 |
| | UnitWeigth | -.965 | .122 | -.507 | -7.930 | .000 |
| 4 | (Constant) | 1.832 | .261 | | 7.024 | .000 |
| | WaterContent | .016 | .001 | .972 | 15.445 | .000 |
| | PlasticIndex | -.017 | .001 | -.542 | -19.226 | .000 |
| | UnitWeigth | -.846 | .121 | -.444 | -6.996 | .000 |
| | UndraindShearStrength | -.004 | .001 | -.073 | -4.747 | .000 |

a. Dependent Variable: LiquidIndex

รูปที่ 4.60 ค่าคงที่และสัมประสิทธิ์หน้าตัวแปรในสมการหาค่าดัชนีเหลว (Liquid Index, LI) ในแต่ละโมเดล

เมื่อดูจากรูปที่ 5.60 จากตัวโปรแกรมจะหาความสัมพันธ์จากทุกตัวแปรและทำการคำนวณออกมาในรูปแบบของสมการ ซึ่งจะประกอบไปด้วย ค่าคงที่ (Constant), ค่าความชื้นในมวลดินตามธรรมชาติ (Water Content, W_n), ค่าดัชนีพลาสติก (Plastic Index, PI) ค่าหน่วยน้ำหนักของดิน (Unit Weight, γ) และ (Undrained Shear Strength, S_u) จากรูปที่ 5.60 ตัวโปรแกรมแสดงผลในการคำนวณหาค่าดัชนีเหลวในรูปแบบของสมการได้ 4 สมการ ดังต่อไปนี้

$$LI (Model 1) = -0.217 + (0.016)W_n \quad R^2 = 0.920 \quad (4.1)$$

$$LI (Model 2) = -0.217 + (0.023)W_n + (-0.016)PI \quad R^2 = 0.953 \quad (4.2)$$

$$LI (Model 3) = -0.217 + (0.016)W_n + (-0.017)PI + (-0.965)\gamma \quad R^2 = 0.959 \quad (4.3)$$

$$LI (Model 4) = -0.217 + (0.016)W_n + (-0.017)PI + (-0.0846)\gamma + (-0.004)S_u \quad R^2 = 0.962 \quad (4.4)$$

เมื่อดูจากสมการทั้ง 4 จะเห็นได้ว่า สมการที่ 4.4 นั้นมีค่าใกล้เคียงกับค่าดัชนีเหลว (Liquid Index, LI) ของชั้นดินจริงมากที่สุด นั่นแสดงว่าการคำนวณหาค่าดัชนีเหลว (Liquid Index, LI) จากตัวแปรต่าง ๆ นั้นควรพิจารณาทุกตัวแปร ซึ่งถ้าหากอธิบายตามตัวแปรแล้ว หมายความว่า ตัวแปรที่มีผลต่อค่าดัชนีเหลวมากที่สุดคือค่าหน่วยน้ำหนักของดินซึ่งมีค่าสัมประสิทธิ์หน้าตัวแปรมากที่สุด หากอธิบายตามที่ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาโปรแกรมแล้ว สามารถสรุปผลได้ว่า ตัวโปรแกรมได้ทำการอ่าน บันทึกข้อมูลชั้นดินทั้งหมดและนำมาวิเคราะห์ผ่านการพล็อตกราฟหลายมิติ เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปเผยแพร่บนสื่อออนไลน์ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ซึ่งพิจารณาจากทุกตัวแปร ทำให้ได้สมการอยู่ในรูปของค่าคงที่หน้าตัวแปรต่าง ๆ ซึ่งในบางปัจจัยที่มีค่าสัมประสิทธิ์หน้าตัวแปรน้อยอาจไม่ส่งผลต่อค่าดัชนีเหลว (Liquid Index, LI) มากนัก และเมื่อตัวโปรแกรมทำการประมวลผลออกมาแล้วก็จะได้สมการดังที่แสดงก่อนหน้านี ซึ่งสามารถสรุปได้ว่าการที่ใช้โปรแกรมวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ (SPSS Statistics) นั้นช่วยทำให้การวิเคราะห์หาค่าดัชนีเหลว (Liquid Index, LI) มีความแม่นยำมากยิ่งขึ้น ทางผู้วิจัยแนะนำว่าควรใช้สมการเฉพาะในชั้นดินอ่อนเท่านั้น เนื่องจากผู้วิจัยได้ทำการหาค่าดัชนีเหลว (Liquid Index, LI) จากสมการที่ได้จากโปรแกรมวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ (SPSS Statistics) แล้วพบว่าข้อมูลนั้นมีความลึกลับของข้อมูลดัชนีเหลว (Liquid Index, LI) จากการคำนวณสมการเชิงเส้นที่ในโปรแกรมเอ็กซ์เซลล์ (Excel) ในหัวข้อที่ 4.3.2



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปผลการวิเคราะห์และข้อเสนอแนะ

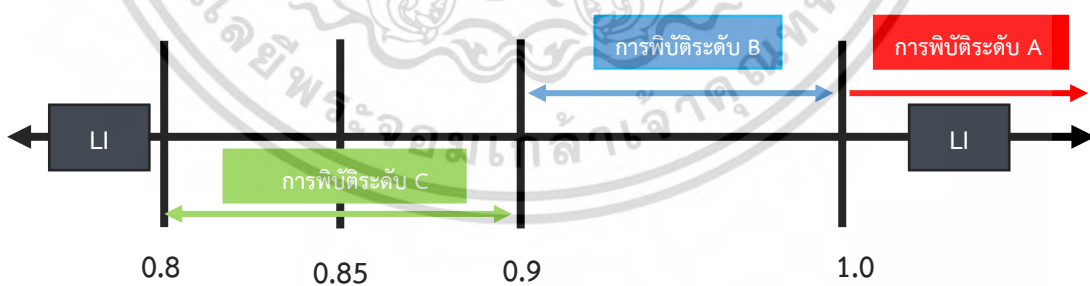
5.1 สรุปผลการวิเคราะห์

จากการศึกษาข้อมูลการเจาะสำรวจเบื้องต้นบนถนนทางหลวงชนบทหมายเลข อย.5042 ได้ข้อสรุปดังนี้

1. จากการศึกษาสามารถแบ่งระดับความเสียหายการพิบัติออกเป็น 3 ระดับ
 - ระดับ A ไม่มีความเสียหาย หรือ ความเสียหายเล็กน้อย ไม่สามารถสังเกตเห็นได้ชัดเจน รอยแตกของผิวถนนหรือไหล่ทางน้อยกว่า 1 เซนติเมตร
 - ระดับ B ความเสียหายที่เกิดขึ้นบนถนน หรือ ไหล่ทางมีความชัดเจน รอยแตกของผิวถนนหรือไหล่ทางมากกว่า 5 เซนติเมตร
 - ระดับ C ความเสียหายความเสียหายที่เกิดขึ้นต่อถนนหรือไหล่ทางมีความชัดเจน รอยแตกของผิวถนนหรือไหล่ทางมากกว่า 10-15 เซนติเมตร และส่งผลต่อสภาพการจราจร

โดยพบจุดพิบัติระดับ A มีจำนวน 2 จุด จุดพิบัติระดับ B มีจำนวน 6 จุด และจุดพิบัติระดับ C จำนวน 3 จุด เมื่อพิจารณารวมกับจุดที่เกิดการพิบัติขึ้นจริงหน้าสนามก็ได้ผลสรุปที่มีแนวโน้มของการพิบัติสัมพันธ์กับค่าดัชนีเหลว (LI) ในแต่ละระดับไปในทางเดียวกันดังรูปที่ 5.1

2. จากการศึกษาวิเคราะห์ผลข้อมูลทั้งหมด พบว่า การพิจารณาค่าความอ่อนมากของชั้นดินนั้น ไม่สามารถระบุได้จาก แค่เพียง 2 ตัวแปร คือ ค่าความชื้นในมวลดินตามธรรมชาติและค่ากำลังรับแรงเฉือนแบบไม่ระบายน้ำของดิน แต่ต้องพิจารณาถึงความเป็นดินเหนียวของดินจากค่าดัชนีพลาสติก ร่วมกับ (พิกัดอัตราพีเร็ก) และได้ทำการสรุปออกมาแล้วว่าต้องพิจารณาจากค่าดัชนีเหลวได้ผลดังต่อไปนี้



รูปที่ 5.1 ขอบ ากหนดของค่าความอ่อนมากของชั้นดินเหนียว

จุดที่เสี่ยงต่อการพิบัติ (Soft Spot) คือการพิบัติระดับ A ซึ่งควรพิจารณาเพื่อการเสริมกำลังอย่างจริงจัง เนื่องจากเป็นจุดที่มีความอ่อนไหวของชั้นดินเป็นพิเศษ และเป็นจุดที่มักจะเกิดร่องรอยของการพิบัติ และได้เกิดการพิบัติขึ้นจริงแล้วในอดีต

และในจุดที่มีค่าดัชนีเหลวเกินกว่า 0.85-0.9 ที่มีความหนาของชั้นดินต่อเนื่องกันเกิน 5 เมตร มีความเสี่ยงที่จะเกิดการทรุดตัวของผิวถนน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. การคำนวณหาค่าดัชนีเหลวจากค่ากำลังรับแรงเฉือนในชั้นดินอ่อนมีค่าแม่นยำ ต่อเมื่อค่ากำลังรับแรงเฉือนของดินมีค่าน้อยกว่า 2.5 ตันต่อตารางเมตร และค่ากำลังรับแรงเฉือนในมวลดินที่แม่นยำสามารถหาค่าได้จากความชื้นในมวลดินที่มีค่ามากกว่า 65 % ขึ้นไป ซึ่งค่าเหล่านี้สามารถนำมาคำนวณเพื่อตรวจสอบค่าอัตราเบิร์ตของชั้นดินอ่อนได้หากในบางความลึกของชั้นดินไม่มีการทดสอบหาค่าอัตราเบิร์ตจากห้องปฏิบัติการ

4. การน โปรแกรมวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ (SPSS Statistics) มาร่วมใช้ในการหาค่าดัชนีเหลว (Liquid Index, LI) นั้น สามารถชี้ให้เห็นได้ว่า ค่าหน่วยน้ำหนักของดิน และค่า กำลังรับแรงเฉือนแบบไม่ระบายน้ำ มีผลต่อการคำนวณหาค่าดัชนีเหลวด้วยซึ่งค่าหน่วยน้ำหนักของดินนั้นเป็นค่าที่ส่งผลการหาค่าดัชนีเหลวมากที่สุด แต่ค่ากำลังรับแรงเฉือนแบบไม่ระบายน้ำนั้นมีผลต่อการคำนวณหาค่าดัชนีเหลวน้อย (สังเกตได้จากสัมประสิทธิ์หน้าตัวแปรในสมการที่ 5.1) และเมื่อทำการวิเคราะห์ออกมาในรูปแบบของสมการหลายมิติ และได้ทา การสร้างสมการหาค่าดัชนีเหลวที่แม่นยำ มากที่สุด

$$LI (Model 4) = -0.217 x (0.016)W_n x (-0.017)PI x (-0.0846)\gamma x (-0.004)Su \quad R^2 = 0.962 \quad (5.1)$$

การกำหนดค่าความเป็นชั้นดินมาก “Soft Spot” นี้ขึ้นมาผู้วิจัยได้ทำการกำหนดจากค่าดัชนีเหลวตามรูปที่ 5.1 ที่ได้จากการเดินสำรวจและวิเคราะห์ร่วมกับข้อมูลชั้นดิน แต่ภายหลังได้มีการนำโปรแกรมวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ (SPSS Statistics) มาร่วมพิจารณาด้วยได้ขอยืนยันว่า การทำนายหาค่าดัชนีเหลวนั้นต้องอาศัยการพิจารณาจากความสัมพันธ์ของทุกตัวแปร เพราะการระบุจุด “Soft Spot” อยู่ที่ชั้นดินชั้นใด นั้นไม่ควรพิจารณาได้จากตัวแปรเพียงบางตัวแต่ควรต้องพิจารณารวมจากทุกตัวแปรที่ได้จากข้อมูลชั้นดิน ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงได้เสนอโปรแกรมวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ (SPSS Statistics) มาช่วยวิเคราะห์ค่าความเป็น “Soft Spot”

5.2 ข้อเสนอแนะ

1. หากต้องการความถูกต้องและแม่นยำมากยิ่งขึ้นของข้อมูลเพื่อป้องกันความผิดพลาดของการวาดรูปแผนภูมิชั้นดิน (Soil Profile) ทางผู้ทนายานพนธ์แนะนำให้มีการใช้วิธีการสำรวจโดยอาศัยความต้านทานทางไฟฟ้าร่วมด้วย (Electrical Resistivity Method) เพื่อที่จะสามารถกำหนดหลุมเจาะสำรวจได้อย่างแม่นยำ และเพื่อที่จะทำการหาจุดเสี่ยงต่อการพิบัติ (Soft Spot) การสำรวจด้วยวิธีนี้อาศัยหลักการที่ว่าความต้านทานทางไฟฟ้าของดินต่างชนิดกันมีความต่างกัน ความต้านทานของดินหนึ่ง ๆ จะขึ้นกับปริมาณความชื้นในดินและความเข้มข้นของเกลือที่ละลายอยู่ในของเหลวโพรง(Pore fluid) กล่าวคือความต้านทานทางไฟฟ้าของดินจะมีค่ามากขึ้นเมื่อค่าปริมาณความชื้นในมวลดินและความเข้มข้นของเกลือมีค่าลดลง เช่น ดินเหนียวอิมตัวด้วยน้ำจะมีปริมาณความชื้นสูง ทำให้มีปริมาณอิออนอิสระมากและส่งผลให้ดินมีความต้านทานไฟฟ้าต่ำ หรือในกรณีของดินทรายแห้งกรวด หรือชั้นหินแข็งจะมีความต้านทานทางไฟฟ้าสูงเพราะมีระดับความอิมตัวต่ำและมีความเข้มข้นของเกลือต่ำ

2. การทำนายหาค่าดัชนีเหลวควรทำการเปรียบเทียบกับข้อมูลในพื้นที่ดินอ่อนอื่น ๆ ด้วยเพื่อการเปรียบเทียบและให้คานียามมีของ “Soft Spot” มีความถูกต้องมากยิ่งขึ้น และสามารถนำไปใช้ได้จริงในอนาคตเพื่อทำนายหาจุดที่มีความอ่อนของชั้นดินเป็นพิเศษ และสามารถหา การเสริมกำลังได้ก่อนที่จะเกิดความเสียหายต่อนอนเสียบังคับคลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

- คณะกรรมการศูนย์วิจัยและพัฒนาวิศวกรรมปฐพีและฐานราก ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ และ คณะทำงาน. 2548. **ข้อมูลสภาพดินบริเวณลุ่มแม่น้ำเจ้าพระยาตอนล่าง**. กรุงเทพฯ : วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทยในพระบรมราชูปถัมภ์
- บริษัท ที เอส เอ็น เอ็นจิเนียริ่ง คอนซัลแตนท์ จำกัด. 2559. **รายงานผลการตรวจสอบดินและแหล่งวัสดุ โครงการสำรวจชั้นดินและวิเคราะห์โครงสร้างถนนเลียบรินคันคลองในจังหวัดปทุมธานี พระนครศรีอยุธยา อ่างทอง สิงห์บุรี และชัยบาด (จังหวัดอยุธยาและปทุมธานี / สาย 5042)**. นนทบุรี
- บริษัท ทีม คอนซัลติ้ง เอนจิเนียริ่ง แอนด์ แมเนจเมนท์ จ จำกัด และ บริษัทวิศวกรรมธรณีและฐานราก จำกัด. 2552. **โครงการงานศึกษาจัดทำคู่มือการก่อสร้างถนนบนพื้นที่ดินอ่อน**. กรุงเทพฯ พรพจน์ ต้นเส็ง. 2554 (ปรับปรุง). **ปฐพีกลศาสตร์ Soil Mechanics**. นครราชสีมา : มหาวิทยาลัย เทคโนโลยีสุรนารี
- พัลลภ วิสุทธิ์เมธานุกุล. 2558. **คู่มือ วิศวกรรมฐานราก**. กรุงเทพฯ : บริษัท ซีเอ็ดยูเคชั่น จำกัด (มหาชน)
- วิศิษฐ์ อ้อยงวัฒนา. 2554. **ปฐพีกลศาสตร์ SOIL MECHANICS**. ครั้งที่ 9. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์โพเพช
- สำนักวิเคราะห์ วิจัยและพัฒนา ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ และกรมทางหลวงชนบท. 2552. **คู่มือแนวทางการออกแบบและก่อสร้างถนนเลียบรินคันคลองโครงการศึกษาและจัดทำคู่มือแนวทางการออกแบบและการก่อสร้างถนนเลียบรินคันคลอง (ระยะที่ 1) พื้นที่ศึกษา : จังหวัดปทุมธานี พระนครศรีอยุธยา และฉะเชิงเทรา**. กรุงเทพฯ : กรมทางหลวงชนบท
- สุขสันต์ หอพิบูลสุข. 2552. **วิศวกรรมฐานราก**. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์แมครอ-ฮิล
- สุทธิศักดิ์ ศรีลัมพ์. 2555. “การแก้ไขปัญหาการพิบัติของตลิ่งแม่น้ำปรีเทินที่มีชั้น Weak Layer.” หน้า 125-141. **วิศวกรรมปฐพีและฐานราก**. กรุงเทพฯ
- สุทธิศักดิ์ ศรีลัมพ์. 2558. “การพิบัติของถนนริมคลอง กรณีภัยแล้ง พ.ศ.2558.” หน้า 42-53. **วิศวกรรมสาร**. ปีที่ 68. ฉบับที่ 4. กรุงเทพฯ : วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทยในพระบรมราชูปถัมภ์
- สุพจน์ ศรีนิล, แหลมทอง เหล่าคงถาวร และ ชลธี เรืองบ้านเกาะ. 2555. **คู่มือปฏิบัติการทดลองปฐพีกลศาสตร์ LABORATORY TESTING**. ครั้งที่ 3. กรุงเทพฯ : สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
- สุรฉัตร สัมพันธ์รักษ์. 2548. **วิศวกรรมปฐพี**. ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ : วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทยในพระบรมราชูปถัมภ์

อ นาง ยานวิริยะกุล. “การศึกษาพฤติกรรมการตอบสนองของชั้นดินเหนียวอ่อนกรุงเทพฯเนื่องจากแผ่นดินไหว” วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมโยธาปฐพีศาสตร์, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 2552

Bangkok Maps. 2017. Google Maps [Online]

Bowles, Joseph E. 1997. **FOUNDATION ANALYSIS AND DESIGN.** Fifth Edition. Singapore : McGraw-Hill Company

Das, Braja M. 1990. **Principles of Foundation Engineering.** Second Edition. United States of America : PWS-KENT Publishing Company

Das, Braja M. 1985. **Principles of Geotechnical Engineering.** Second Edition. United States of America : PWS-KENT Publishing Company

Letoueil, S. Magmam, J.P and Tavenas, F. 1990. **EMBANKMENTS ON SOFT CLAYS.** ELLIS HORWOOD LIMITED : England



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

ข้อมูลหลุมเจาะสำรวจ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SUMMARY OF TEST RESULTS

| PROJECT | | | | | | | | | | | | LOCATION | | | | |
|--|-----------|-------|-------------------|----------------------|------|------|-------------------------------------|--------------------------|-------|--------|--------|---|-------------------------|-------------------------------------|----------------|-------------------|
| โครงการสำรวจชั้นดินและวิเคราะห์โครงสร้างถนนเลียบบคลองในจังหวัดปทุมธานี พระนครศรีอยุธยา อ่างทอง สิงห์บุรี และชัยนาท | | | | | | | | | | | | อย.5042 กม. -3+300 อำเภอบางปะอิน จังหวัดพระนครศรีอยุธยา | | | | |
| DATE | | | BORING NO. | | | | OBSERVED W.L. | | | | | JOB NO. | | | | |
| 8/11/2559 | | | BH-AY 21 | | | | -2.50 m. | | | | | P-450/58 | | | | |
| SAMPLE NO. | DEPTH (m) | | WATER CONTENT (%) | ATTERBERG LIMITS (%) | | | WET UNIT WEIGHT (t/m ³) | SIEVE ANALYSIS (% FINER) | | | | | GROUP SYMBOL (U.S.C.S.) | UNDRAINED SHEAR STRENGTH, (t/sq.m.) | | SPT (N) blows/ft. |
| | FROM | TO | | LL | PL | PI | | NO. 3/8" | NO. 4 | NO. 10 | NO. 40 | NO. 200 | | U _c | U _p | |
| SS-1 | 1.50 | 1.95 | 22.2 | | | | | | | | | CL | | | 6 | |
| SS-2 | 3.00 | 3.45 | 76.3 | 79.8 | 36.3 | 43.5 | 100 | 100 | 100 | 99 | 97 | CH | 1.31 | | | |
| ST-1 | 4.50 | 5.00 | 74.8 | | | | 1.55 | | | | | CH | 1.43 | | | |
| ST-2 | 6.00 | 6.50 | 75.5 | | | | 1.56 | | | | | CH | 1.22 | | | |
| ST-3 | 7.50 | 8.00 | 70.4 | 74.4 | 32.1 | 42.3 | 1.53 | 100 | 100 | 100 | 98 | 96 | CH | 1.57 | | |
| ST-4 | 9.00 | 9.50 | 73.9 | | | | 1.58 | | | | | CH | 1.23 | | | |
| ST-5 | 10.50 | 11.00 | 72.1 | | | | 1.54 | | | | | CH | 1.69 | | | |
| ST-6 | 12.00 | 12.50 | 68.5 | 75.6 | 33.7 | 41.9 | 1.57 | 100 | 100 | 100 | 97 | 95 | CH | 2.17 | | |
| ST-7 | 13.50 | 14.00 | 58.4 | | | | 1.60 | | | | | CH | 3.91 | | | |
| SS-3 | 15.00 | 15.45 | 44.7 | 72.9 | 31.6 | 41.3 | 1.66 | 100 | 100 | 98 | 94 | 91 | CH | | 18 | |
| SS-4 | 16.50 | 16.95 | 16.8 | | NP | | | 100 | 100 | 98 | 77 | 21 | SM | | 53 | |
| SS-5 | 18.00 | 18.45 | 15.1 | | | | | | | | | | SM | | 51 | |
| SS-6 | 19.50 | 19.95 | 15.5 | | NP | | | 100 | 92 | 85 | 63 | 18 | SM | | 71 | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | |

SUMMARY OF TEST RESULTS

| PROJECT | | | | | | | | | | | | | LOCATION | | | | |
|--|-----------|-------|-------------------|----------------------|------|------|-------------------------------------|--------------------------|-------|--------|--------|----------|---|-------------------------------------|----------------|-------------------|--|
| โครงการสำรวจชั้นดินและวิเคราะห์โครงสร้างถนนเลียบบคลองในจังหวัดปทุมธานี พระนครศรีอยุธยา อ่างทอง สิงห์บุรี และชัยนาท | | | | | | | | | | | | | อย.5042 กม. -3+000 อำเภอบางปะอิน จังหวัดพระนครศรีอยุธยา | | | | |
| DATE | | | BORING NO. | | | | OBSERVED W.L. | | | | | JOB NO. | | | | | |
| 3/11/2558 | | | BH-AY 22 | | | | - m. | | | | | P-450/58 | | | | | |
| SAMPLE NO. | DEPTH (m) | | WATER CONTENT (%) | ATTERBERG LIMITS (%) | | | WET UNIT WEIGHT (t/m ³) | SIEVE ANALYSIS (% FINER) | | | | | GROUP SYMBOL (U.S.C.S.) | UNDRAINED SHEAR STRENGTH, (t/sq.m.) | | SPT (N) blows/ft. | |
| | FROM | TO | | LL | PL | PI | | NO. 3/8" | NO. 4 | NO. 10 | NO. 40 | NO. 200 | | U _c | U _p | | |
| SS-1 | 1.50 | 1.95 | 20.2 | | | | | | | | | | CL | | | 9 | |
| SS-2 | 3.00 | 3.45 | 21.5 | | | | | | | | | | CL | | | 7 | |
| ST-1 | 4.50 | 5.00 | 70.2 | 70.5 | 32.3 | 38.2 | 1.54 | 100 | 100 | 100 | 98 | 97 | CH | 1.28 | | | |
| ST-2 | 6.00 | 6.50 | 72.4 | | | | 1.55 | | | | | | CH | 1.52 | | | |
| ST-3 | 7.50 | 8.00 | 70.5 | | | | 1.58 | | | | | | CH | 1.74 | | | |
| ST-4 | 9.00 | 9.50 | 67.7 | 76.3 | 34.8 | 41.5 | 1.59 | 100 | 100 | 100 | 97 | 94 | CH | 2.12 | | | |
| ST-5 | 10.00 | 10.50 | 58.4 | | | | 1.66 | | | | | | CH | 3.57 | | | |
| SS-3 | 11.50 | 11.95 | 19.0 | 30.7 | 16.2 | 14.5 | | 100 | 100 | 96 | 92 | 89 | CL | | | 23 | |
| SS-4 | 13.00 | 13.45 | 20.1 | | | | | | | | | | CL | | | 26 | |
| SS-5 | 14.50 | 14.95 | 21.0 | | | | | | | | | | CL | | | 18 | |
| SS-6 | 16.00 | 16.45 | 20.4 | 33.4 | 19.8 | 13.6 | | 100 | 100 | 95 | 91 | 87 | CL | | | 22 | |
| SS-7 | 17.50 | 17.95 | 16.1 | NP | | | | 100 | 96 | 90 | 62 | 25 | SM | | | 51 | |
| SS-8 | 19.00 | 19.45 | 15.5 | | | | | | | | | | SM | | | 52 | |
| SS-9 | 20.50 | 20.95 | 15.2 | NP | | | | 100 | 98 | 96 | 75 | 19 | SM | | | 58 | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | |

SUMMARY OF TEST RESULTS

| PROJECT | | | | | | | | | | LOCATION | | | | | | |
|--|-----------|-------|-------------------|----------------------|------|------|-------------------------------------|--------------------------|-------|--|--------|----------|-------------------------|-------------------------------------|----------------|-------------------|
| โครงการสำรวจชั้นดินและวิเคราะห์โครงสร้างถนนเลียบบคลองในจังหวัดปทุมธานี พระนครศรีอยุธยา อ่างทอง สิงห์บุรี และชัยนาท | | | | | | | | | | อย.5042 กม.-2+000 อำเภอบางปะอิน จังหวัดพระนครศรีอยุธยา | | | | | | |
| DATE | | | BORING NO. | | | | OBSERVED W.L. | | | | | JOB NO. | | | | |
| 4/11/2558 | | | BH-AY 23 | | | | -1.40 m. | | | | | P-450/58 | | | | |
| SAMPLE NO. | DEPTH (m) | | WATER CONTENT (%) | ATTERBERG LIMITS (%) | | | WET UNIT WEIGHT (t/m ³) | SIEVE ANALYSIS (% FINER) | | | | | GROUP SYMBOL (U.S.C.S.) | UNDRAINED SHEAR STRENGTH, (t/sq.m.) | | SPT (N) blows/ft. |
| | FROM | TO | | LL | PL | PI | | NO. 3/8" | NO. 4 | NO. 10 | NO. 40 | NO. 200 | | U _c | U _p | |
| SS-1 | 1.50 | 1.95 | 18.3 | | | | | | | | | | CL | | | 6 |
| ST-1 | 3.00 | 3.50 | 69.9 | 73.9 | 31.5 | 42.4 | 1.57 | 100 | 100 | 100 | 99 | 97 | CH | 1.22 | | |
| ST-2 | 4.50 | 5.00 | 71.6 | | | | 1.54 | | | | | | CH | 1.12 | | |
| ST-3 | 6.00 | 6.50 | 70.5 | 74.6 | 33.7 | 40.9 | 1.58 | 100 | 100 | 100 | 100 | 98 | CH | 1.57 | | |
| ST-4 | 7.50 | 8.00 | 69.9 | | | | 1.56 | | | | | | CH | 1.39 | | |
| ST-5 | 9.00 | 9.50 | 67.4 | | | | 1.60 | | | | | | CH | 1.98 | | |
| ST-6 | 10.50 | 11.00 | 58.2 | 70.5 | 30.3 | 40.2 | 1.67 | 100 | 100 | 100 | 96 | 91 | CH | 3.72 | | |
| SS-2 | 11.00 | 11.45 | 17.6 | | | | | | | | | | CL | | | 24 |
| SS-3 | 12.00 | 12.45 | 19.6 | | | | | | | | | | CL | | | 25 |
| SS-4 | 13.50 | 13.95 | 22.0 | 34.0 | 18.1 | 15.9 | | 100 | 100 | 95 | 93 | 86 | CL | | | 29 |
| SS-5 | 15.00 | 15.45 | 24.3 | | | | | | | | | | CL | | | 27 |
| SS-6 | 16.50 | 16.95 | 20.0 | | | | | | | | | | CL | | | 25 |
| SS-7 | 18.00 | 18.45 | 20.4 | 32.8 | 17.6 | 15.2 | | 100 | 100 | 97 | 90 | 72 | CL | | | 28 |
| SS-8 | 19.50 | 19.95 | 11.2 | NP | | | | 100 | 98 | 88 | 59 | 22 | SM | | | 51 |
| SS-9 | 21.00 | 21.45 | 17.3 | | | | | | | | | | SM | | | 73 |
| SS-10 | 22.50 | 22.95 | 13.0 | NP | | | | 100 | 92 | 87 | 50 | 17 | SM | | | 63 |
| | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | |

SUMMARY OF TEST RESULTS

| PROJECT | | | | | | | | | | LOCATION | | | | | | |
|--|-----------|-------|-------------------|----------------------|------|------|-------------------------------------|--------------------------|-------|--|--------|----------|-------------------------|-------------------------------------|----------------|-------------------|
| โครงการสำรวจชั้นดินและวิเคราะห์โครงสร้างถนนเลียบบคลองในจังหวัดปทุมธานี พระนครศรีอยุธยา อ่างทอง สิงห์บุรี และชัยนาท | | | | | | | | | | อย.5042 กม.-2+500 อำเภอบางปะอิน จังหวัดพระนครศรีอยุธยา | | | | | | |
| DATE | | | BORING NO. | | | | OBSERVED W.L. | | | | | JOB NO. | | | | |
| 7/1/2559 | | | BH-AY 24 | | | | -2.00 m. | | | | | P-450/58 | | | | |
| SAMPLE NO. | DEPTH (m) | | WATER CONTENT (%) | ATTERBERG LIMITS (%) | | | WET UNIT WEIGHT (t/m ³) | SIEVE ANALYSIS (% FINER) | | | | | GROUP SYMBOL (U.S.C.S.) | UNDRAINED SHEAR STRENGTH, (t/sq.m.) | | SPT (N) blows/ft. |
| | FROM | TO | | LL | PL | PI | | NO. 3/8" | NO. 4 | NO. 10 | NO. 40 | NO. 200 | | U _c | U _p | |
| SS-1 | 1.50 | 1.95 | 20.3 | | | | | | | | | | CL | | | 10 |
| SS-2 | 3.00 | 3.45 | 38.5 | | | | | | | | | | CH | | | 6 |
| ST-1 | 4.50 | 5.00 | 78.3 | 79.6 | 33.8 | 45.8 | 1.54 | 100 | 100 | 100 | 98 | 96 | CH | 1.45 | | |
| ST-2 | 6.00 | 6.50 | 80.5 | | | | 1.53 | | | | | | CH | 1.32 | | |
| ST-3 | 7.50 | 8.00 | 76.6 | | | | 1.55 | | | | | | CH | 1.97 | | |
| ST-4 | 9.00 | 9.50 | 64.3 | 73.5 | 32.3 | 41.2 | 1.62 | 100 | 100 | 98 | 97 | 94 | CH | 3.14 | | |
| SS-3 | 10.50 | 10.95 | 22.4 | | | | | | | | | | CL | | | 12 |
| SS-4 | 12.00 | 12.45 | 20.1 | | | | | | | | | | CL | | | 23 |
| SS-5 | 13.50 | 13.95 | 19.5 | 35.7 | 18.3 | 17.4 | | 100 | 100 | 100 | 99 | 95 | CL | | | 20 |
| SS-6 | 15.00 | 15.45 | 20.2 | | | | | | | | | | CL | | | 21 |
| SS-7 | 16.50 | 16.95 | 19.8 | | | | | | | | | | CL | | | 32 |
| SS-8 | 18.00 | 18.45 | 18.4 | 33.9 | 16.9 | 17.0 | | 100 | 100 | 100 | 96 | 84 | CL | | | 19 |
| SS-9 | 19.50 | 19.95 | 18.9 | | | | | | | | | | SM | | | 13 |
| SS-10 | 21.00 | 21.45 | 17.5 | | NP | | | 100 | 100 | 94 | 76 | 18 | SM | | | 53 |
| SS-11 | 22.50 | 22.95 | 16.8 | | | | | | | | | | SM | | | 61 |
| SS-12 | 24.00 | 24.45 | 16.4 | | NP | | | 100 | 100 | 97 | 65 | 13 | SM | | | 63 |
| | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | |

SUMMARY OF TEST RESULTS

| PROJECT | | | | | | | | | | LOCATION | | | | | | |
|--|-----------|-------|-------------------|----------------------|------|------|-------------------------------------|--------------------------|-------|--|--------|----------|-------------------------|-------------------------------------|----------------|-------------------|
| โครงการสำรวจชั้นดินและวิเคราะห์โครงสร้างถนนเลียบบคลองในจังหวัดปทุมธานี พระนครศรีอยุธยา อ่างทอง สิงห์บุรี และชัยนาท | | | | | | | | | | อย.5042 กม.-1+000 อำเภอบางปะอิน จังหวัดพระนครศรีอยุธยา | | | | | | |
| DATE | | | BORING NO. | | | | OBSERVED W.L. | | | | | JOB NO. | | | | |
| 5/11/2558 | | | BH-AY 25 | | | | -1.30 m. | | | | | P-450/58 | | | | |
| SAMPLE NO. | DEPTH (m) | | WATER CONTENT (%) | ATTERBERG LIMITS (%) | | | WET UNIT WEIGHT (t/m ³) | SIEVE ANALYSIS (% FINER) | | | | | GROUP SYMBOL (U.S.C.S.) | UNDRAINED SHEAR STRENGTH, (t/sq.m.) | | SPT (N) blows/ft. |
| | FROM | TO | | LL | PL | PI | | NO. 3/8" | NO. 4 | NO. 10 | NO. 40 | NO. 200 | | U _c | U _p | |
| SS-1 | 1.50 | 1.95 | 13.8 | | | | | | | | | | CL | | | 7 |
| ST-1 | 3.00 | 3.50 | 75.5 | 76.8 | 34.1 | 42.7 | 1.55 | 100 | 100 | 100 | 100 | 99 | CH | 1.35 | | |
| ST-2 | 4.50 | 5.00 | 74.7 | | | | 1.53 | | | | | | CH | 1.14 | | |
| ST-3 | 6.00 | 6.50 | 71.8 | | | | 1.58 | | | | | | CH | 1.47 | | |
| ST-4 | 7.50 | 8.00 | 72.6 | 74.3 | 32.9 | 41.4 | 1.57 | 100 | 100 | 100 | 99 | 98 | CH | 1.53 | | |
| ST-5 | 9.00 | 9.50 | 68.2 | | | | 1.60 | | | | | | CH | 1.92 | | |
| ST-6 | 10.50 | 11.00 | 66.7 | | | | 1.61 | | | | | | CH | 3.14 | | |
| ST-7 | 12.00 | 12.50 | 65.1 | 70.0 | 31.2 | 38.8 | 1.61 | 100 | 100 | 100 | 97 | 95 | CH | 3.83 | | |
| SS-2 | 13.50 | 13.95 | 66.5 | | | | | | | | | | CH | | | 8 |
| SS-3 | 15.00 | 15.45 | 54.8 | 68.7 | 33.6 | 35.1 | | 100 | 100 | 95 | 92 | 87 | CH | | | 10 |
| SS-4 | 16.50 | 16.95 | 20.0 | | NP | | | 100 | 88 | 70 | 63 | 24 | SM | | | 53 |
| SS-5 | 18.00 | 18.45 | 27.4 | | | | | | | | | | SM | | | 51 |
| SS-6 | 19.50 | 19.95 | 18.4 | | NP | | | 100 | 91 | 85 | 49 | 16 | SM | | | 66 |
| | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | |

SUMMARY OF TEST RESULTS

| PROJECT | | | | | | | | | | | | | LOCATION | | | | |
|--|-----------|-------|-------------------|----------------------|------|------|-------------------------------------|--------------------------|-------|--------|--------|----------|--|-------------------------------------|----------------|-------------------|--|
| โครงการสำรวจชั้นดินและวิเคราะห์โครงสร้างถนนเลียบบคลองในจังหวัดปทุมธานี พระนครศรีอยุธยา อ่างทอง สิงห์บุรี และชัยนาท | | | | | | | | | | | | | อย.5042 กม.-2+900 อำเภอบางปะอิน จังหวัดพระนครศรีอยุธยา | | | | |
| DATE | | | BORING NO. | | | | OBSERVED W.L. | | | | | JOB NO. | | | | | |
| 8/1/2559 | | | BH-AY 26 | | | | -4.00 m. | | | | | P-450/58 | | | | | |
| SAMPLE NO. | DEPTH (m) | | WATER CONTENT (%) | ATTERBERG LIMITS (%) | | | WET UNIT WEIGHT (t/m ³) | SIEVE ANALYSIS (% FINER) | | | | | GROUP SYMBOL (U.S.C.S.) | UNDRAINED SHEAR STRENGTH, (t/sq.m.) | | SPT (N) blows/ft. | |
| | FROM | TO | | LL | PL | PI | | NO. 3/8" | NO. 4 | NO. 10 | NO. 40 | NO. 200 | | U _c | U _p | | |
| SS-1 | 1.50 | 1.95 | 18.8 | | | | | | | | | | CL | | | 8 | |
| ST-1 | 3.00 | 3.45 | 66.7 | 71.2 | 30.4 | 40.8 | 1.60 | 100 | 100 | 100 | 100 | 99 | CH | 1.45 | | | |
| ST-2 | 4.50 | 5.00 | 67.2 | | | | 1.57 | | | | | | CH | 1.71 | | | |
| ST-3 | 6.00 | 6.50 | 69.5 | | | | 1.55 | | | | | | CH | 1.13 | | | |
| ST-4 | 7.50 | 8.00 | 67.1 | 68.6 | 30.9 | 37.7 | 1.58 | 100 | 100 | 100 | 99 | 97 | CH | 1.25 | | | |
| ST-5 | 9.00 | 9.50 | 64.8 | | | | 1.59 | | | | | | CH | 1.48 | | | |
| ST-6 | 10.50 | 11.00 | 59.5 | | | | 1.65 | | | | | | CH | 2.16 | | | |
| SS-2 | 12.00 | 12.45 | 25.4 | 32.7 | 17.4 | 15.3 | | 100 | 100 | 100 | 98 | 95 | CL | | | 11 | |
| SS-3 | 13.50 | 13.95 | 20.9 | | | | | | | | | | CL | | | 13 | |
| SS-4 | 15.00 | 15.45 | 21.5 | | | | | | | | | | CL | | | 12 | |
| SS-5 | 16.50 | 16.95 | 17.7 | 30.3 | 16.1 | 14.2 | | 100 | 100 | 97 | 92 | 87 | CL | | | 18 | |
| SS-6 | 18.00 | 18.45 | 19.0 | | | | | | | | | | CL | | | 15 | |
| SS-7 | 19.50 | 19.95 | 16.2 | NP | | | | 100 | 100 | 96 | 79 | 30 | SM | | | 56 | |
| SS-8 | 21.00 | 21.45 | 15.4 | | | | | | | | | | SM | | | 60 | |
| SS-9 | 22.50 | 22.95 | 13.1 | NP | | | | 100 | 97 | 91 | 64 | 23 | SM | | | 62 | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | |

SUMMARY OF TEST RESULTS

| PROJECT | | | | | | | | | | | | | LOCATION | | | | |
|--|-----------|-------|-------------------|----------------------|------|------|-------------------------------------|--------------------------|-------|--------|--------|----------|---|-------------------------------------|----------------|-------------------|--|
| โครงการสำรวจชั้นดินและวิเคราะห์โครงสร้างถนนเลียบบคลองในจังหวัดปทุมธานี พระนครศรีอยุธยา อ่างทอง สิงห์บุรี และชัยนาท | | | | | | | | | | | | | อย.5042 กม.0+000 อำเภอบางปะอิน จังหวัดพระนครศรีอยุธยา | | | | |
| DATE | | | BORING NO. | | | | OBSERVED W.L. | | | | | JOB NO. | | | | | |
| 23/10/2558 | | | BH-AY 27 | | | | -1.30 m. | | | | | P-450/58 | | | | | |
| SAMPLE NO. | DEPTH (m) | | WATER CONTENT (%) | ATTERBERG LIMITS (%) | | | WET UNIT WEIGHT (t/m ³) | SIEVE ANALYSIS (% FINER) | | | | | GROUP SYMBOL (U.S.C.S.) | UNDRAINED SHEAR STRENGTH, (t/sq.m.) | | SPT (N) blows/ft. | |
| | FROM | TO | | LL | PL | PI | | NO. 3/8" | NO. 4 | NO. 10 | NO. 40 | NO. 200 | | U _c | U _p | | |
| SS-1 | 1.50 | 1.95 | 20.3 | | | | | | | | | | CL | | | 8 | |
| ST-1 | 3.00 | 3.50 | 73.7 | 72.5 | 33.8 | 38.7 | 1.54 | 100 | 100 | 100 | 97 | 95 | CH | 1.05 | | | |
| ST-2 | 4.50 | 5.00 | 70.8 | | | | 1.56 | | | | | | CH | 1.29 | | | |
| ST-3 | 6.00 | 6.50 | 71.4 | | | | 1.56 | | | | | | CH | 1.17 | | | |
| ST-4 | 7.50 | 8.00 | 69.3 | 70.9 | 31.2 | 39.7 | 1.58 | 100 | 100 | 100 | 99 | 98 | CH | 1.31 | | | |
| ST-5 | 9.00 | 9.50 | 68.6 | | | | 1.59 | | | | | | CH | 1.84 | | | |
| ST-6 | 10.50 | 11.00 | 64.4 | | | | 1.62 | | | | | | CH | 2.37 | | | |
| ST-7 | 12.00 | 12.50 | 63.7 | 67.4 | 27.3 | 40.1 | 1.60 | 100 | 100 | 100 | 98 | 93 | CH | 2.22 | | | |
| ST-8 | 13.50 | 14.00 | 58.4 | | | | 1.66 | | | | | | CH | 2.84 | | | |
| SS-2 | 14.00 | 14.45 | 42.1 | | | | | | | | | | CH | | | 7 | |
| SS-3 | 15.00 | 15.45 | 30.6 | | | | | | | | | | CH | | | 17 | |
| SS-4 | 16.50 | 16.95 | 19.2 | 32.9 | 18.5 | 14.4 | | 100 | 100 | 100 | 97 | 88 | CL | | | 34 | |
| SS-5 | 18.00 | 18.45 | 12.8 | | NP | | | 100 | 100 | 98 | 74 | 22 | SM | | | 58 | |
| SS-6 | 19.50 | 19.95 | 11.5 | | | | | | | | | | SM | | | 65 | |
| SS-7 | 21.00 | 21.45 | 10.7 | | NP | | | 100 | 96 | 86 | 57 | 13 | SM | | | 62 | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | |

SUMMARY OF TEST RESULTS

| PROJECT | | | | | | | | | | LOCATION | | | | | | |
|--|-----------|-------|-------------------|----------------------|------|------|-------------------------------------|--------------------------|-------|---|--------|----------|-------------------------|-------------------------------------|----------------|-------------------|
| โครงการสำรวจชั้นดินและวิเคราะห์โครงสร้างถนนเลียบบคลองในจังหวัดปทุมธานี พระนครศรีอยุธยา อ่างทอง สิงห์บุรี และชัยนาท | | | | | | | | | | อย.5042 กม.0+500 อำเภอบางปะอิน จังหวัดพระนครศรีอยุธยา | | | | | | |
| DATE | | | BORING NO. | | | | OBSERVED W.L. | | | | | JOB NO. | | | | |
| 19/12/2558 | | | BH-AY 28 | | | | -1.50 m. | | | | | P-450/58 | | | | |
| SAMPLE NO. | DEPTH (m) | | WATER CONTENT (%) | ATTERBERG LIMITS (%) | | | WET UNIT WEIGHT (t/m ³) | SIEVE ANALYSIS (% FINER) | | | | | GROUP SYMBOL (U.S.C.S.) | UNDRAINED SHEAR STRENGTH, (t/sq.m.) | | SPT (N) blows/ft. |
| | FROM | TO | | LL | PL | PI | | NO. 3/8" | NO. 4 | NO. 10 | NO. 40 | NO. 200 | | U _c | U _p | |
| SS-1 | 1.50 | 1.95 | 28.6 | | | | | | | | | | CL | | | 11 |
| SS-2 | 3.00 | 3.45 | 45.6 | 78.6 | 33.1 | 45.5 | | 100 | 100 | 100 | 98 | 97 | CH | | | 6 |
| ST-1 | 4.50 | 4.95 | 74.8 | | | | 1.52 | | | | | | CH | 1.18 | | |
| ST-2 | 6.00 | 6.50 | 75.4 | | | | 1.54 | | | | | | CH | 1.22 | | |
| ST-3 | 7.50 | 8.00 | 70.3 | 74.4 | 32.5 | 41.9 | 1.58 | 100 | 100 | 100 | 99 | 95 | CH | 1.64 | | |
| ST-4 | 9.00 | 9.50 | 68.1 | | | | 1.57 | | | | | | CH | 1.87 | | |
| ST-5 | 10.50 | 11.00 | 65.5 | | | | 1.61 | | | | | | CH | 2.03 | | |
| ST-6 | 12.00 | 12.50 | 63.8 | 70.7 | 30.3 | 40.4 | 1.62 | 100 | 100 | 100 | 94 | 89 | CH | 2.16 | | |
| ST-7 | 13.50 | 14.00 | 62.6 | | | | 1.64 | | | | | | CH | 3.03 | | |
| SS-3 | 15.00 | 15.45 | 24.1 | 35.6 | 19.1 | 16.5 | | 100 | 100 | 92 | 85 | 71 | CL | | | 13 |
| SS-4 | 16.50 | 16.95 | 21.8 | | | | | | | | | | CL | | | 21 |
| SS-5 | 18.00 | 18.45 | 17.4 | NP | | | | 100 | 100 | 100 | 92 | 20 | SM | | | 57 |
| SS-6 | 19.50 | 19.95 | 15.2 | | | | | | | | | | SM | | | 65 |
| SS-7 | 21.00 | 21.45 | 12.3 | NP | | | | 100 | 100 | 86 | 47 | 12 | SM | | | 63 |
| | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | |

SUMMARY OF TEST RESULTS

| PROJECT | | | | | | | | | | | | | LOCATION | | | | |
|--|-----------|-------|-------------------|----------------------|------|------|-------------------------------------|--------------------------|-------|--------|--------|----------|---|-------------------------------------|----------------|-------------------|--|
| โครงการสำรวจชั้นดินและวิเคราะห์โครงสร้างถนนเลียบบคลองในจังหวัดปทุมธานี พระนครศรีอยุธยา อ่างทอง สิงห์บุรี และชัยนาท | | | | | | | | | | | | | อย.5042 กม.1+000 อำเภอบางปะอิน จังหวัดพระนครศรีอยุธยา | | | | |
| DATE | | | BORING NO. | | | | OBSERVED W.L. | | | | | JOB NO. | | | | | |
| 28/10/2558 | | | BH-AY 29 | | | | -1.40 m. | | | | | P-450/58 | | | | | |
| SAMPLE NO. | DEPTH (m) | | WATER CONTENT (%) | ATTERBERG LIMITS (%) | | | WET UNIT WEIGHT (t/m ³) | SIEVE ANALYSIS (% FINER) | | | | | GROUP SYMBOL (U.S.C.S.) | UNDRAINED SHEAR STRENGTH, (t/sq.m.) | | SPT (N) blows/ft. | |
| | FROM | TO | | LL | PL | PI | | NO. 3/8" | NO. 4 | NO. 10 | NO. 40 | NO. 200 | | U _c | U _p | | |
| SS-1 | 1.50 | 1.95 | 20.2 | | | | | | | | | | CL | | | 15 | |
| SS-2 | 3.00 | 3.45 | 18.7 | | | | | | | | | | CL | | | 12 | |
| ST-1 | 4.50 | 5.00 | 76.0 | 76.2 | 34.3 | 41.9 | 1.53 | 100 | 100 | 100 | 96 | 93 | CH | 1.19 | | | |
| ST-2 | 6.00 | 6.50 | 74.5 | | | | 1.54 | | | | | | CH | 1.25 | | | |
| ST-3 | 7.50 | 8.00 | 77.6 | | | | 1.55 | | | | | | CH | 1.47 | | | |
| ST-4 | 9.00 | 9.50 | 78.2 | 80.4 | 32.5 | 47.9 | 1.54 | 100 | 100 | 100 | 95 | 86 | CH | 1.32 | | | |
| ST-5 | 10.50 | 11.00 | 75.8 | | | | 1.54 | | | | | | CH | 1.88 | | | |
| ST-6 | 12.00 | 12.50 | 71.4 | | | | 1.57 | | | | | | CH | 2.05 | | | |
| ST-7 | 13.50 | 14.00 | 60.3 | 68.8 | 29.8 | 39.0 | 1.64 | 100 | 100 | 100 | 97 | 89 | CH | 4.27 | | | |
| SS-3 | 14.00 | 14.45 | 21.8 | | | | | | | | | | CL | | | 18 | |
| SS-4 | 15.00 | 15.45 | 20.3 | | | | | | | | | | CL | | | 25 | |
| SS-5 | 16.50 | 16.95 | 17.1 | 31.9 | 17.3 | 14.6 | | 100 | 100 | 98 | 86 | 82 | CL | | | 52 | |
| SS-6 | 18.00 | 18.45 | 16.4 | | NP | | | 100 | 100 | 100 | 65 | 18 | SM | | | 64 | |
| SS-7 | 19.50 | 19.95 | 14.2 | | | | | | | | | | SM | | | 71 | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | |

SUMMARY OF TEST RESULTS

| PROJECT | | | | | | | | | | LOCATION | | | | | | |
|--|-----------|-------|-------------------|----------------------|------|------|-------------------------------------|--------------------------|-------|---|--------|----------|-------------------------|-------------------------------------|----------------|-------------------|
| โครงการสำรวจชั้นดินและวิเคราะห์โครงสร้างถนนเลียบบคลองในจังหวัดปทุมธานี พระนครศรีอยุธยา อ่างทอง สิงห์บุรี และชัยนาท | | | | | | | | | | อย.5042 กม.1+500 อำเภอบางปะอิน จังหวัดพระนครศรีอยุธยา | | | | | | |
| DATE | | | BORING NO. | | | | OBSERVED W.L. | | | | | JOB NO. | | | | |
| 20/12/2558 | | | BH-AY 30 | | | | -1.60 m. | | | | | P-450/58 | | | | |
| SAMPLE NO. | DEPTH (m) | | WATER CONTENT (%) | ATTERBERG LIMITS (%) | | | WET UNIT WEIGHT (t/m ³) | SIEVE ANALYSIS (% FINER) | | | | | GROUP SYMBOL (U.S.C.S.) | UNDRAINED SHEAR STRENGTH, (t/sq.m.) | | SPT (N) blows/ft. |
| | FROM | TO | | LL | PL | PI | | NO. 3/8" | NO. 4 | NO. 10 | NO. 40 | NO. 200 | | U _c | U _p | |
| SS-1 | 1.50 | 1.95 | 21.5 | | | | | | | | | | CL | | | 16 |
| SS-2 | 3.00 | 3.45 | 25.7 | | | | | | | | | | CL | | | 7 |
| ST-1 | 4.50 | 5.00 | 79.4 | 80.4 | 32.7 | 47.7 | 1.53 | 100 | 100 | 100 | 99 | 95 | CH | 1.37 | | |
| ST-2 | 6.00 | 6.50 | 82.6 | | | | 1.52 | | | | | | CH | 1.14 | | |
| ST-3 | 7.50 | 8.00 | 71.7 | | | | 1.54 | | | | | | CH | 1.32 | | |
| ST-4 | 9.00 | 9.50 | 70.2 | 75.9 | 31.6 | 44.3 | 1.55 | 100 | 100 | 99 | 96 | 91 | CH | 1.63 | | |
| ST-5 | 10.50 | 11.00 | 72.3 | | | | 1.55 | | | | | | CH | 1.22 | | |
| ST-6 | 12.00 | 12.50 | 71.4 | | | | 1.58 | | | | | | CH | 1.54 | | |
| ST-7 | 13.50 | 14.00 | 68.9 | 65.6 | 28.4 | 37.2 | 1.57 | 100 | 100 | 100 | 93 | 85 | CH | 1.72 | | |
| ST-8 | 15.00 | 15.50 | 52.4 | | | | 1.70 | | | | | | CH | 3.89 | | |
| ST-9 | 16.50 | 17.00 | 50.7 | | | | 1.72 | | | | | | CH | 5.24 | | |
| SS-3 | 18.00 | 18.45 | 15.3 | NP | | | | 100 | 100 | 97 | 65 | 24 | SM | | | 52 |
| SS-4 | 19.50 | 19.95 | 14.2 | | | | | | | | | | SM | | | 58 |
| SS-5 | 21.00 | 21.45 | 12.8 | NP | | | | 100 | 100 | 100 | 74 | 15 | SM | | | 61 |
| | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | |

SUMMARY OF TEST RESULTS

| PROJECT | | | | | | | | | | | | | LOCATION | | | | |
|--|-----------|-------|-------------------|----------------------|------|------|-------------------------------------|--------------------------|-------|--------|--------|----------|---|-------------------------------------|----------------|-------------------|--|
| โครงการสำรวจชั้นดินและวิเคราะห์โครงสร้างถนนเลียบบคลองในจังหวัดปทุมธานี พระนครศรีอยุธยา อ่างทอง สิงห์บุรี และชัยนาท | | | | | | | | | | | | | อย.5042 กม.2+000 อำเภอบางปะอิน จังหวัดพระนครศรีอยุธยา | | | | |
| DATE | | | BORING NO. | | | | OBSERVED W.L. | | | | | JOB NO. | | | | | |
| 23/10/2558 | | | BH-AY 31 | | | | -1.50 m. | | | | | P-450/58 | | | | | |
| SAMPLE NO. | DEPTH (m) | | WATER CONTENT (%) | ATTERBERG LIMITS (%) | | | WET UNIT WEIGHT (t/m ³) | SIEVE ANALYSIS (% FINER) | | | | | GROUP SYMBOL (U.S.C.S.) | UNDRAINED SHEAR STRENGTH, (t/sq.m.) | | SPT (N) blows/ft. | |
| | FROM | TO | | LL | PL | PI | | NO. 3/8" | NO. 4 | NO. 10 | NO. 40 | NO. 200 | | U _c | U _p | | |
| SS-1 | 1.50 | 1.95 | 20.2 | | | | | | | | | | CL | | | 14 | |
| ST-1 | 3.00 | 3.50 | 71.6 | 76.0 | 32.3 | 43.7 | 1.56 | 100 | 100 | 100 | 97 | 92 | CH | 1.36 | | | |
| ST-2 | 4.50 | 5.00 | 74.0 | | | | 1.54 | | | | | | CH | 1.24 | | | |
| ST-3 | 6.00 | 6.50 | 72.7 | | | | 1.57 | | | | | | CH | 1.56 | | | |
| ST-4 | 7.50 | 8.00 | 68.9 | 72.9 | 30.1 | 42.8 | 1.58 | 100 | 100 | 94 | 90 | 72 | CH | 1.62 | | | |
| ST-5 | 9.00 | 9.50 | 70.6 | | | | 1.56 | | | | | | CH | 1.44 | | | |
| ST-6 | 10.50 | 11.00 | 70.4 | | | | 1.59 | | | | | | CH | 1.79 | | | |
| ST-7 | 12.00 | 12.50 | 65.8 | 69.6 | 31.4 | 38.2 | 1.61 | 100 | 100 | 91 | 88 | 69 | CH | 1.91 | | | |
| ST-8 | 13.50 | 14.00 | 60.9 | | | | 1.64 | | | | | | CH | 3.15 | | | |
| ST-9 | 15.00 | 15.50 | 57.4 | | | | 1.66 | | | | | | CH | 4.43 | | | |
| SS-2 | 16.50 | 16.95 | 19.8 | 34.1 | 19.6 | 14.5 | | 100 | 100 | 94 | 85 | 73 | CL | | | 54 | |
| SS-3 | 18.00 | 18.45 | 17.4 | | | | | | | | | | CL | | | 58 | |
| SS-4 | 19.50 | 19.95 | 18.1 | | | NP | | 100 | 97 | 90 | 65 | 17 | SM | | | 67 | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | |

SUMMARY OF TEST RESULTS

| PROJECT | | | | | | | | | | | | | LOCATION | | | |
|--|-----------|-------|-------------------|----------------------|------|------|-------------------------------------|--------------------------|-------|--------|--------|----------|---|-------------------------------------|----------------|-------------------|
| โครงการสำรวจชั้นดินและวิเคราะห์โครงสร้างถนนเลียบบคลองในจังหวัดปทุมธานี พระนครศรีอยุธยา อ่างทอง สิงห์บุรี และชัยนาท | | | | | | | | | | | | | อย.5042 กม.2+500 อำเภอบางปะอิน จังหวัดพระนครศรีอยุธยา | | | |
| DATE | | | BORING NO. | | | | OBSERVED W.L. | | | | | JOB NO. | | | | |
| 21/12/2558 | | | BH-AY 32 | | | | -1.65 m. | | | | | P-450/58 | | | | |
| SAMPLE NO. | DEPTH (m) | | WATER CONTENT (%) | ATTERBERG LIMITS (%) | | | WET UNIT WEIGHT (t/m ³) | SIEVE ANALYSIS (% FINER) | | | | | GROUP SYMBOL (U.S.C.S.) | UNDRAINED SHEAR STRENGTH, (t/sq.m.) | | SPT (N) blows/ft. |
| | FROM | TO | | LL | PL | PI | | NO. 3/8" | NO. 4 | NO. 10 | NO. 40 | NO. 200 | | U _c | U _p | |
| SS-1 | 1.50 | 1.95 | 18.4 | | | | | | | | | | CL | | | 12 |
| SS-2 | 3.00 | 3.45 | 19.3 | | | | | | | | | | CL | | | 8 |
| ST-1 | 4.50 | 5.00 | 74.1 | 74.6 | 33.7 | 40.9 | 1.56 | 100 | 100 | 100 | 96 | 92 | CH | 1.65 | | |
| ST-2 | 6.00 | 6.50 | 76.9 | | | | 1.53 | | | | | | CH | 1.26 | | |
| ST-3 | 7.50 | 8.00 | 73.4 | | | | 1.52 | | | | | | CH | 1.19 | | |
| ST-4 | 9.00 | 9.50 | 77.6 | 80.0 | 35.9 | 44.1 | 1.54 | 100 | 100 | 99 | 98 | 94 | CH | 1.37 | | |
| ST-5 | 10.50 | 11.00 | 75.5 | | | | 1.56 | | | | | | CH | 1.41 | | |
| ST-6 | 12.00 | 12.50 | 70.9 | | | | 1.58 | | | | | | CH | 1.78 | | |
| ST-7 | 13.50 | 14.00 | 64.8 | 76.5 | 34.8 | 41.7 | 1.61 | 100 | 100 | 97 | 95 | 90 | CH | 3.18 | | |
| ST-8 | 15.00 | 15.50 | 65.3 | | | | 1.61 | | | | | | CH | 3.42 | | |
| ST-9 | 16.50 | 17.00 | 57.1 | 72.0 | 31.6 | 40.4 | 1.66 | 100 | 100 | 96 | 91 | 86 | CH | 4.73 | | |
| SS-5 | 18.00 | 18.45 | 12.1 | | NP | | | 100 | 100 | 90 | 66 | 23 | SM | | | 55 |
| SS-6 | 19.50 | 19.95 | 14.5 | | | | | | | | | | SM | | | 63 |
| SS-7 | 21.00 | 21.45 | 10.2 | | NP | | | 100 | 100 | 82 | 75 | 11 | SM | | | 68 |
| | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | |

SUMMARY OF TEST RESULTS

| PROJECT | | | | | | | | | | | | | LOCATION | | | |
|--|-----------|-------|-------------------|----------------------|------|------|-------------------------------------|--------------------------|-------|--------|--------|----------|---|-------------------------------------|----------------|-------------------|
| โครงการสำรวจชั้นดินและวิเคราะห์โครงสร้างถนนเลียบบคลองในจังหวัดปทุมธานี พระนครศรีอยุธยา อ่างทอง สิงห์บุรี และชัยนาท | | | | | | | | | | | | | อย.5042 กม.3+000 อำเภอบางปะอิน จังหวัดพระนครศรีอยุธยา | | | |
| DATE | | | BORING NO. | | | | OBSERVED W.L. | | | | | JOB NO. | | | | |
| 28/10/2558 | | | BH-AY 33 | | | | -1.25 m. | | | | | P-450/58 | | | | |
| SAMPLE NO. | DEPTH (m) | | WATER CONTENT (%) | ATTERBERG LIMITS (%) | | | WET UNIT WEIGHT (t/m ³) | SIEVE ANALYSIS (% FINER) | | | | | GROUP SYMBOL (U.S.C.S.) | UNDRAINED SHEAR STRENGTH, (t/sq.m.) | | SPT (N) blows/ft. |
| | FROM | TO | | LL | PL | PI | | NO. 3/8" | NO. 4 | NO. 10 | NO. 40 | NO. 200 | | U _c | U _p | |
| SS-1 | 1.50 | 1.95 | 23.4 | | | | | | | | | | CL | | | 7 |
| SS-2 | 3.00 | 3.45 | 20.6 | | | | | | | | | | CL | | | 9 |
| SS-3 | 4.50 | 4.95 | 21.8 | 34.3 | 17.2 | 17.1 | | 100 | 100 | 97 | 93 | 89 | CL | | | 8 |
| ST-1 | 6.00 | 6.50 | 70.6 | | | | 1.58 | | | | | | CH | 1.59 | | |
| ST-2 | 7.50 | 8.00 | 74.3 | 75.6 | 32.9 | 42.7 | 1.56 | 100 | 100 | 92 | 90 | 86 | CH | 1.46 | | |
| ST-3 | 9.00 | 9.50 | 69.2 | | | | 1.57 | | | | | | CH | 1.93 | | |
| ST-4 | 10.50 | 11.00 | 65.7 | 70.4 | 30.3 | 40.1 | 1.61 | 100 | 100 | 100 | 94 | 76 | CH | 2.17 | | |
| ST-5 | 12.00 | 12.50 | 54.7 | | | | 1.68 | | | | | | CH | 4.21 | | |
| SS-4 | 12.50 | 12.95 | 24.1 | 31.7 | 16.5 | 15.2 | | 100 | 100 | 95 | 82 | 75 | CL | | | 16 |
| SS-5 | 13.50 | 13.95 | 25.6 | | | | | | | | | | CL | | | 20 |
| SS-6 | 15.00 | 15.45 | 27.9 | 33.0 | 18.4 | 14.6 | | 100 | 100 | 94 | 88 | 81 | CL | | | 27 |
| SS-7 | 16.50 | 16.95 | 24.5 | | | | | | | | | | CL | | | 16 |
| SS-8 | 18.00 | 18.45 | 22.1 | NP | | | | 100 | 96 | 90 | 73 | 19 | SM | | | 50 |
| SS-9 | 19.50 | 19.95 | 24.7 | | | | | | | | | | SM | | | 58 |
| SS-10 | 21.00 | 21.45 | 12.2 | NP | | | | 100 | 98 | 84 | 52 | 15 | SM | | | 95 |
| | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | |

SUMMARY OF TEST RESULTS

| PROJECT | | | | | | | | | | LOCATION | | | | | | |
|--|-----------|-------|-------------------|----------------------|------|------|-------------------------------------|--------------------------|-------|---|--------|----------|-------------------------|-------------------------------------|----------------|-------------------|
| โครงการสำรวจชั้นดินและวิเคราะห์โครงสร้างถนนเลียบบคลองในจังหวัดปทุมธานี พระนครศรีอยุธยา อ่างทอง สิงห์บุรี และชัยนาท | | | | | | | | | | อย.5042 กม.3+500 อำเภอบางปะอิน จังหวัดพระนครศรีอยุธยา | | | | | | |
| DATE | | | BORING NO. | | | | OBSERVED W.L. | | | | | JOB NO. | | | | |
| 22/12/2558 | | | BH-AY 34 | | | | -1.80 m. | | | | | P-450/58 | | | | |
| SAMPLE NO. | DEPTH (m) | | WATER CONTENT (%) | ATTERBERG LIMITS (%) | | | WET UNIT WEIGHT (t/m ³) | SIEVE ANALYSIS (% FINER) | | | | | GROUP SYMBOL (U.S.C.S.) | UNDRAINED SHEAR STRENGTH, (t/sq.m.) | | SPT (N) blows/ft. |
| | FROM | TO | | LL | PL | PI | | NO. 3/8" | NO. 4 | NO. 10 | NO. 40 | NO. 200 | | U _c | U _p | |
| SS-1 | 1.50 | 1.95 | 20.9 | | | | | | | | | CL | | | 9 | |
| SS-2 | 3.00 | 3.45 | 17.7 | 35.4 | 17.6 | 17.8 | 100 | 100 | 94 | 91 | 83 | CH | | | 5 | |
| ST-1 | 4.50 | 5.00 | 70.4 | | | | 1.57 | | | | | CH | 1.85 | | | |
| ST-2 | 6.00 | 6.50 | 72.9 | | | | 1.55 | | | | | CH | 1.34 | | | |
| ST-3 | 7.50 | 8.00 | 70.6 | 74.8 | 33.9 | 40.9 | 1.58 | 100 | 100 | 99 | 96 | 95 | CH | 1.67 | | |
| ST-4 | 9.00 | 9.50 | 69.3 | | | | 1.58 | | | | | CH | 1.42 | | | |
| ST-5 | 10.50 | 11.00 | 65.7 | | | | 1.61 | | | | | CH | 2.29 | | | |
| ST-6 | 12.00 | 12.50 | 62.4 | 70.3 | 30.5 | 39.8 | 1.63 | 100 | 100 | 100 | 83 | 77 | CH | 3.84 | | |
| SS-3 | 13.50 | 13.95 | 18.4 | | | | | | | | | CL | | | 18 | |
| SS-4 | 15.00 | 15.45 | 16.2 | 32.5 | 18.1 | 14.4 | | 100 | 100 | 85 | 71 | 62 | CL | | | 29 |
| SS-5 | 16.50 | 16.95 | 13.0 | | NP | | | 100 | 100 | 100 | 67 | 20 | SM | | | 52 |
| SS-6 | 18.00 | 18.45 | 11.8 | | | | | | | | | | SM | | | 66 |
| SS-7 | 19.50 | 19.95 | 10.7 | | NP | | | 100 | 100 | 99 | 54 | 14 | SM | | | 64 |
| | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | |

SUMMARY OF TEST RESULTS

| PROJECT | | | | | | | | | | LOCATION | | | | | | |
|--|-----------|-------|-------------------|----------------------|------|------|-------------------------------------|--------------------------|-------|---|--------|----------|-------------------------|-------------------------------------|----------------|-------------------|
| โครงการสำรวจชั้นดินและวิเคราะห์โครงสร้างถนนเลียบบคลองในจังหวัดปทุมธานี พระนครศรีอยุธยา อ่างทอง สิงห์บุรี และชัยนาท | | | | | | | | | | อย.5042 กม.4+000 อำเภอบางปะอิน จังหวัดพระนครศรีอยุธยา | | | | | | |
| DATE | | | BORING NO. | | | | OBSERVED W.L. | | | | | JOB NO. | | | | |
| 28/10/2558 | | | BH-AY 35 | | | | -0.90 m. | | | | | P-450/58 | | | | |
| SAMPLE NO. | DEPTH (m) | | WATER CONTENT (%) | ATTERBERG LIMITS (%) | | | WET UNIT WEIGHT (t/m ³) | SIEVE ANALYSIS (% FINER) | | | | | GROUP SYMBOL (U.S.C.S.) | UNDRAINED SHEAR STRENGTH, (t/sq.m.) | | SPT (N) blows/ft. |
| | FROM | TO | | LL | PL | PI | | NO. 3/8" | NO. 4 | NO. 10 | NO. 40 | NO. 200 | | U _c | U _p | |
| SS-1 | 1.50 | 1.95 | 23.0 | | | | | | | | | | CL | | | 8 |
| ST-1 | 3.00 | 3.50 | 74.3 | 77.9 | 34.1 | 43.8 | 1.54 | 100 | 100 | 100 | 96 | 90 | CH | 1.44 | | |
| ST-2 | 4.50 | 5.00 | 76.8 | | | | 1.53 | | | | | | CH | 1.16 | | |
| ST-3 | 6.00 | 6.50 | 70.6 | 72.8 | 33.9 | 38.9 | 1.57 | 100 | 100 | 97 | 87 | 85 | CH | 1.58 | | |
| ST-4 | 7.50 | 8.00 | 68.7 | | | | 1.60 | | | | | | CH | 1.49 | | |
| ST-5 | 9.00 | 9.50 | 63.5 | 69.5 | 31.8 | 37.7 | 1.61 | 100 | 99 | 92 | 84 | 79 | CH | 3.53 | | |
| SS-2 | 9.50 | 9.95 | 47.5 | | | | | | | | | | CH | | | 10 |
| SS-3 | 10.50 | 10.95 | 23.8 | | | | | | | | | | CL | | | 14 |
| SS-4 | 12.00 | 12.45 | 21.8 | | | | | | | | | | CL | | | 20 |
| SS-5 | 13.50 | 13.95 | 18.6 | 32.6 | 17.0 | 15.6 | | 100 | 100 | 100 | 95 | 93 | CL | | | 23 |
| SS-6 | 15.00 | 15.45 | 16.1 | | | | | | | | | | CL | | | 25 |
| SS-7 | 16.50 | 16.95 | 12.3 | 30.8 | 16.4 | 14.4 | | 100 | 100 | 97 | 82 | 67 | CL | | | 53 |
| SS-8 | 18.00 | 18.45 | 20.4 | | | | | 100 | 100 | 100 | 59 | 19 | SM | | | 53 |
| SS-9 | 19.50 | 19.95 | 18.9 | | | | | | | | | | SM | | | 65 |
| | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | |

SUMMARY OF TEST RESULTS

| PROJECT | | | | | | | | | | LOCATION | | | | | | |
|--|-----------|-------|-------------------|----------------------|------|------|-------------------------------------|--------------------------|-------|---|--------|----------|-------------------------|-------------------------------------|----------------|-------------------|
| โครงการสำรวจชั้นดินและวิเคราะห์โครงสร้างถนนเลียบบคลองในจังหวัดปทุมธานี พระนครศรีอยุธยา อ่างทอง สิงห์บุรี และชัยนาท | | | | | | | | | | อย.5042 กม.4+500 อำเภอบางปะอิน จังหวัดพระนครศรีอยุธยา | | | | | | |
| DATE | | | BORING NO. | | | | OBSERVED W.L. | | | | | JOB NO. | | | | |
| 23/12/2559 | | | BH-AY 36 | | | | -1.70 m. | | | | | P-450/58 | | | | |
| SAMPLE NO. | DEPTH (m) | | WATER CONTENT (%) | ATTERBERG LIMITS (%) | | | WET UNIT WEIGHT (t/m ³) | SIEVE ANALYSIS (% FINER) | | | | | GROUP SYMBOL (U.S.C.S.) | UNDRAINED SHEAR STRENGTH, (t/sq.m.) | | SPT (N) blows/ft. |
| | FROM | TO | | LL | PL | PI | | NO. 3/8" | NO. 4 | NO. 10 | NO. 40 | NO. 200 | | U _c | U _p | |
| SS-1 | 1.50 | 1.95 | 18.7 | | | | | | | | | CL | | | 12 | |
| SS-2 | 3.00 | 3.45 | 45.9 | 78.3 | 33.9 | 44.4 | | 100 | 100 | 100 | 99 | 96 | CH | | 7 | |
| ST-1 | 4.50 | 5.00 | 77.3 | | | | 1.55 | | | | | | CH | 1.72 | | |
| ST-2 | 6.00 | 6.50 | 74.1 | | | | 1.56 | | | | | | CH | 1.39 | | |
| ST-3 | 7.50 | 8.00 | 78.2 | 80.4 | 36.3 | 44.1 | 1.54 | 100 | 100 | 100 | 95 | 89 | CH | 1.13 | | |
| ST-4 | 9.00 | 9.50 | 76.7 | | | | 1.55 | | | | | | CH | 1.61 | | |
| ST-5 | 10.50 | 11.00 | 75.2 | | | | 1.56 | | | | | | CH | 2.26 | | |
| ST-6 | 12.00 | 12.50 | 63.9 | 73.7 | 31.5 | 42.2 | 1.62 | 100 | 100 | 99 | 97 | 92 | CH | 3.19 | | |
| SS-3 | 12.50 | 12.95 | 16.2 | | | | | | | | | | CL | | 13 | |
| SS-4 | 13.50 | 13.95 | 17.4 | | | | | | | | | | CL | | 18 | |
| SS-5 | 15.00 | 15.45 | 18.1 | 31.1 | 16.2 | 14.9 | | 100 | 100 | 98 | 91 | 82 | CL | | 26 | |
| SS-6 | 16.50 | 16.95 | 18.3 | | | | | | | | | | CL | | 51 | |
| SS-7 | 18.00 | 18.45 | 15.2 | | | | | | | | | | CL | | 56 | |
| SS-8 | 19.50 | 19.95 | 16.0 | 32.7 | 18.4 | 14.3 | | 100 | 100 | 96 | 84 | 79 | CL | | 62 | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | |

SUMMARY OF TEST RESULTS

| PROJECT | | | | | | | | | | LOCATION | | | | | | | |
|--|-----------|-------|-------------------|----------------------|------|------|-------------------------------------|--------------------------|-------|---|--------|----------|-------------------------|-------------------------------------|----------------|-------------------|----|
| โครงการสำรวจชั้นดินและวิเคราะห์โครงสร้างถนนเลียบบคลองในจังหวัดปทุมธานี พระนครศรีอยุธยา อ่างทอง สิงห์บุรี และชัยนาท | | | | | | | | | | อย.5042 กม.5+000 อำเภอบางปะอิน จังหวัดพระนครศรีอยุธยา | | | | | | | |
| DATE | | | BORING NO. | | | | OBSERVED W.L. | | | | | JOB NO. | | | | | |
| 29/10/2558 | | | BH-AY 37 | | | | -1.50 m. | | | | | P-450/58 | | | | | |
| SAMPLE NO. | DEPTH (m) | | WATER CONTENT (%) | ATTERBERG LIMITS (%) | | | WET UNIT WEIGHT (t/m ³) | SIEVE ANALYSIS (% FINER) | | | | | GROUP SYMBOL (U.S.C.S.) | UNDRAINED SHEAR STRENGTH, (t/sq.m.) | | SPT (N) blows/ft. | |
| | FROM | TO | | LL | PL | PI | | NO. 3/8" | NO. 4 | NO. 10 | NO. 40 | NO. 200 | | U _c | U _p | | |
| SS-1 | 1.50 | 1.95 | 19.7 | | | | | | | | | | CL | | | 14 | |
| SS-2 | 3.00 | 3.45 | 18.1 | | | | | | | | | | CL | | | 9 | |
| ST-1 | 4.50 | 5.00 | 72.5 | 75.8 | 34.1 | 41.7 | 1.56 | 100 | 100 | 100 | 98 | 85 | CH | 1.49 | | | |
| ST-2 | 6.00 | 6.50 | 71.8 | | | | 1.57 | | | | | | CH | 1.58 | | | |
| ST-3 | 7.50 | 8.00 | 67.9 | | | | 1.60 | | | | | | CH | 1.69 | | | |
| ST-4 | 9.00 | 9.50 | 68.2 | 72.9 | 33.5 | 39.4 | 1.59 | 100 | 100 | 97 | 92 | 87 | CH | 1.93 | | | |
| ST-5 | 10.50 | 11.00 | 65.1 | | | | 1.61 | | | | | | CH | 2.28 | | | |
| ST-6 | 12.00 | 12.50 | 60.6 | 70.1 | 30.9 | 39.2 | 1.64 | 100 | 100 | 93 | 88 | 74 | CH | 3.67 | | | |
| SS-3 | 13.50 | 13.95 | 17.2 | | | | | | | | | | CL | | | 17 | |
| SS-4 | 15.00 | 15.45 | 16.3 | 33.9 | 15.8 | 18.1 | | 100 | 98 | 84 | 75 | 69 | CL | | | 22 | |
| SS-5 | 16.50 | 16.95 | 18.8 | | | | | | | | | | CL | | | 24 | |
| SS-6 | 18.00 | 18.45 | 17.5 | | NP | | | | 100 | 100 | 94 | 83 | 22 | SM | | | 51 |
| SS-7 | 19.50 | 19.95 | 15.4 | | | | | | | | | | SM | | | 57 | |
| SS-8 | 21.00 | 21.45 | 15.3 | | NP | | | | 100 | 100 | 99 | 58 | 13 | SM | | | 63 |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | |

SUMMARY OF TEST RESULTS

| PROJECT | | | | | | | | | | LOCATION | | | | | | |
|--|-----------|-------|-------------------|----------------------|------|------|-------------------------------------|--------------------------|-------|---|--------|----------|-------------------------|-------------------------------------|----------------|-------------------|
| โครงการสำรวจชั้นดินและวิเคราะห์โครงสร้างถนนเลียบบคลองในจังหวัดปทุมธานี พระนครศรีอยุธยา อ่างทอง สิงห์บุรี และชัยนาท | | | | | | | | | | อย.5042 กม.5+400 อำเภอบางปะอิน จังหวัดพระนครศรีอยุธยา | | | | | | |
| DATE | | | BORING NO. | | | | OBSERVED W.L. | | | | | JOB NO. | | | | |
| 12/1/2559 | | | BH-AY 38 | | | | -3.00 m. | | | | | P-450/58 | | | | |
| SAMPLE NO. | DEPTH (m) | | WATER CONTENT (%) | ATTERBERG LIMITS (%) | | | WET UNIT WEIGHT (t/m ³) | SIEVE ANALYSIS (% FINER) | | | | | GROUP SYMBOL (U.S.C.S.) | UNDRAINED SHEAR STRENGTH, (t/sq.m.) | | SPT (N) blows/ft. |
| | FROM | TO | | LL | PL | PI | | NO. 3/8" | NO. 4 | NO. 10 | NO. 40 | NO. 200 | | U _c | U _p | |
| SS-1 | 1.50 | 1.95 | 17.8 | | | | | | | | | CL | | | 11 | |
| SS-2 | 3.00 | 3.45 | 49.1 | 66.3 | 32.7 | 33.6 | 100 | 100 | 98 | 95 | 91 | CH | | | 5 | |
| ST-1 | 4.50 | 5.00 | 69.5 | | | | 1.58 | | | | | CH | 1.32 | | | |
| ST-2 | 6.00 | 6.50 | 70.8 | | | | 1.54 | | | | | CH | 1.08 | | | |
| ST-3 | 7.50 | 8.00 | 68.3 | 67.4 | 30.2 | 37.2 | 1.57 | 100 | 100 | 99 | 93 | 88 | CH | 1.46 | | |
| ST-4 | 9.00 | 9.50 | 66.6 | | | | 1.58 | | | | | CH | 1.98 | | | |
| SS-3 | 10.50 | 10.95 | 17.5 | | | | | | | | | CL | | | 12 | |
| SS-4 | 12.00 | 12.45 | 16.2 | 31.6 | 17.5 | 14.1 | | 100 | 100 | 97 | 90 | 74 | CL | | | 17 |
| SS-5 | 13.50 | 13.95 | 16.9 | | | | | | | | | CL | | | 13 | |
| SS-6 | 15.00 | 15.45 | 15.4 | | | | | | | | | CL | | | 19 | |
| SS-7 | 16.50 | 16.95 | 16.8 | 32.7 | 17.9 | 14.8 | | 100 | 100 | 92 | 81 | 65 | CL | | | 21 |
| SS-8 | 18.00 | 18.45 | 18.7 | | | | | | | | | CL | | | 31 | |
| SS-9 | 19.50 | 19.95 | 14.4 | NP | | | | 100 | 100 | 100 | 56 | 12 | SM | | | 50 |
| SS-10 | 21.00 | 21.45 | 13.2 | | | | | | | | | | SM | | | 54 |
| SS-11 | 22.50 | 22.95 | 11.2 | NP | | | | 100 | 100 | 100 | 69 | 11 | SM | | | 63 |
| | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | |

SUMMARY OF TEST RESULTS

| PROJECT | | | | | | | | | | LOCATION | | | | | | |
|--|-----------|-------|-------------------|----------------------|------|------|-------------------------------------|--------------------------|-------|---|--------|----------|-------------------------|-------------------------------------|----------------|-------------------|
| โครงการสำรวจชั้นดินและวิเคราะห์โครงสร้างถนนเลียบบคลองในจังหวัดปทุมธานี พระนครศรีอยุธยา อ่างทอง สิงห์บุรี และชัยนาท | | | | | | | | | | อย.5042 กม.5+500 อำเภอบางปะอิน จังหวัดพระนครศรีอยุธยา | | | | | | |
| DATE | | | BORING NO. | | | | OBSERVED W.L. | | | | | JOB NO. | | | | |
| 5/1/2559 | | | BH-AY 39 | | | | -2.10 m. | | | | | P-450/58 | | | | |
| SAMPLE NO. | DEPTH (m) | | WATER CONTENT (%) | ATTERBERG LIMITS (%) | | | WET UNIT WEIGHT (t/m ³) | SIEVE ANALYSIS (% FINER) | | | | | GROUP SYMBOL (U.S.C.S.) | UNDRAINED SHEAR STRENGTH, (t/sq.m.) | | SPT (N) blows/ft. |
| | FROM | TO | | LL | PL | PI | | NO. 3/8" | NO. 4 | NO. 10 | NO. 40 | NO. 200 | | U _c | U _p | |
| SS-1 | 1.50 | 1.95 | 20.5 | | | | | | | | | | CL | | | 10 |
| SS-2 | 3.00 | 3.45 | 19.4 | | | | | | | | | | CL | | | 7 |
| ST-1 | 4.50 | 5.00 | 74.6 | 80.8 | 32.4 | 48.4 | 1.56 | 100 | 100 | 100 | 94 | 89 | CH | 2.09 | | |
| ST-2 | 6.00 | 6.50 | 79.5 | | | | 1.53 | | | | | | CH | 1.64 | | |
| ST-3 | 7.50 | 8.00 | 77.8 | | | | 1.53 | | | | | | CH | 1.87 | | |
| ST-4 | 9.00 | 9.50 | 74.6 | 76.4 | 31.2 | 45.2 | 1.56 | 100 | 99 | 95 | 82 | 79 | CH | 2.93 | | |
| SS-3 | 10.50 | 11.00 | 20.9 | | | | | | | | | | CL | | | 12 |
| SS-4 | 12.00 | 12.50 | 18.7 | | | | | | | | | | CL | | | 15 |
| SS-5 | 13.50 | 13.95 | 19.6 | 34.6 | 16.7 | 17.9 | | 100 | 98 | 88 | 77 | 64 | CL | | | 19 |
| SS-6 | 15.00 | 15.45 | 18.5 | | | | | | | | | | CL | | | 23 |
| SS-7 | 16.50 | 16.95 | 17.3 | | | | | | | | | | CL | | | 52 |
| SS-8 | 18.00 | 18.45 | 15.6 | 32.9 | 17.8 | 15.1 | | 100 | 96 | 90 | 85 | 69 | CL | | | 55 |
| SS-9 | 19.50 | 19.95 | 16.1 | | | | | | | | | | CL | | | 63 |
| | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | |

SUMMARY OF TEST RESULTS

| PROJECT | | | | | | | | | | LOCATION | | | | | | |
|--|-----------|-------|-------------------|----------------------|------|------|-------------------------------------|--------------------------|-------|---|--------|----------|-------------------------|-------------------------------------|----------------|-------------------|
| โครงการสำรวจชั้นดินและวิเคราะห์โครงสร้างถนนเลียบบคลองในจังหวัดปทุมธานี พระนครศรีอยุธยา อ่างทอง สิงห์บุรี และชัยนาท | | | | | | | | | | อย.5042 กม.5+600 อำเภอบางปะอิน จังหวัดพระนครศรีอยุธยา | | | | | | |
| DATE | | | BORING NO. | | | | OBSERVED W.L. | | | | | JOB NO. | | | | |
| 14/1/2559 | | | BH-AY 40 | | | | -3.00 m. | | | | | P-450/58 | | | | |
| SAMPLE NO. | DEPTH (m) | | WATER CONTENT (%) | ATTERBERG LIMITS (%) | | | WET UNIT WEIGHT (t/m ³) | SIEVE ANALYSIS (% FINER) | | | | | GROUP SYMBOL (U.S.C.S.) | UNDRAINED SHEAR STRENGTH, (t/sq.m.) | | SPT (N) blows/ft. |
| | FROM | TO | | LL | PL | PI | | NO. 3/8" | NO. 4 | NO. 10 | NO. 40 | NO. 200 | | U _c | U _p | |
| SS-1 | 1.50 | 1.95 | 17.1 | | | | | | | | | | CL | | | 9 |
| SS-2 | 3.00 | 3.45 | 16.4 | | | | | | | | | | CL | | | 6 |
| ST-1 | 4.50 | 5.00 | 71.6 | 77.8 | 32.6 | 45.2 | 1.58 | 100 | 100 | 98 | 89 | 82 | CH | 1.82 | | |
| ST-2 | 6.00 | 6.50 | 75.9 | | | | 1.54 | | | | | | CH | 1.23 | | |
| ST-3 | 7.50 | 8.00 | 74.1 | | | | 1.55 | | | | | | CH | 1.35 | | |
| ST-4 | 9.00 | 9.50 | 70.3 | 74.5 | 31.4 | 43.1 | 1.58 | 100 | 100 | 97 | 93 | 90 | CH | 1.66 | | |
| SS-3 | 10.50 | 10.95 | 18.7 | | | | | | | | | | CL | | | 8 |
| SS-4 | 12.00 | 12.45 | 20.5 | | | | | | | | | | CL | | | 14 |
| SS-5 | 13.50 | 13.95 | 20.8 | 35.8 | 16.6 | 19.2 | | 100 | 100 | 98 | 91 | 85 | CL | | | 15 |
| SS-6 | 15.00 | 15.45 | 17.0 | | | | | | | | | | CL | | | 12 |
| SS-7 | 16.50 | 16.95 | 18.2 | 34.7 | 18.9 | 15.8 | | 100 | 100 | 95 | 84 | 73 | CL | | | 23 |
| SS-8 | 18.00 | 18.45 | 15.3 | | | | | | | | | | SM | | | 26 |
| SS-9 | 19.50 | 19.95 | 11.4 | | NP | | | 100 | 100 | 100 | 78 | 18 | SM | | | 56 |
| SS-10 | 21.00 | 21.45 | 12.5 | | | | | | | | | | SM | | | 61 |
| SS-11 | 22.50 | 22.95 | 10.3 | | NP | | | 100 | 100 | 99 | 56 | 12 | SM | | | 65 |
| | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | |

SUMMARY OF TEST RESULTS

| PROJECT | | | | | | | | | | | | | LOCATION | | | | |
|--|-----------|-------|-------------------|----------------------|------|------|-------------------------------------|--------------------------|-------|--------|--------|----------|---|-------------------------------------|----------------|-------------------|--|
| โครงการสำรวจชั้นดินและวิเคราะห์โครงสร้างถนนเลียบบคลองในจังหวัดปทุมธานี พระนครศรีอยุธยา อ่างทอง สิงห์บุรี และชัยนาท | | | | | | | | | | | | | อย.5042 กม.6+000 อำเภอบางปะอิน จังหวัดพระนครศรีอยุธยา | | | | |
| DATE | | | BORING NO. | | | | OBSERVED W.L. | | | | | JOB NO. | | | | | |
| 24/10/2558 | | | BH-AY 41 | | | | -1.20 m. | | | | | P-450/58 | | | | | |
| SAMPLE NO. | DEPTH (m) | | WATER CONTENT (%) | ATTERBERG LIMITS (%) | | | WET UNIT WEIGHT (t/m ³) | SIEVE ANALYSIS (% FINER) | | | | | GROUP SYMBOL (U.S.C.S.) | UNDRAINED SHEAR STRENGTH, (t/sq.m.) | | SPT (N) blows/ft. | |
| | FROM | TO | | LL | PL | PI | | NO. 3/8" | NO. 4 | NO. 10 | NO. 40 | NO. 200 | | U _c | U _p | | |
| SS-1 | 1.50 | 1.95 | 16.6 | | | | | | | | | | CL | | | 13 | |
| SS-2 | 3.00 | 3.45 | 17.3 | | | | | | | | | | CL | | | 10 | |
| ST-1 | 4.50 | 5.00 | 69.8 | 72.3 | 34.8 | 37.5 | 1.57 | 100 | 100 | 98 | 96 | 93 | CH | 1.73 | | | |
| ST-2 | 6.00 | 6.50 | 70.4 | | | | 1.53 | | | | | | CH | 1.04 | | | |
| ST-3 | 7.50 | 8.00 | 71.3 | | | | 1.54 | | | | | | CH | 1.26 | | | |
| ST-4 | 9.00 | 9.50 | 67.6 | 71.6 | 32.4 | 39.2 | 1.59 | 100 | 100 | 100 | 97 | 92 | CH | 1.47 | | | |
| ST-5 | 10.50 | 11.00 | 68.1 | | | | 1.60 | | | | | | CH | 2.14 | | | |
| ST-6 | 12.00 | 12.50 | 62.5 | 69.9 | 28.7 | 41.2 | 1.63 | 100 | 100 | 100 | 94 | 89 | CH | 3.55 | | | |
| SS-3 | 13.50 | 13.95 | 18.5 | | | | | | | | | | CL | | | 25 | |
| SS-4 | 15.00 | 15.45 | 16.9 | 33.9 | 18.1 | 15.8 | | 100 | 100 | 100 | 95 | 93 | CL | | | 52 | |
| SS-5 | 16.50 | 16.95 | 13.2 | | NP | | | 100 | 100 | 100 | 63 | 29 | SM | | | 56 | |
| SS-6 | 18.00 | 18.45 | 12.0 | | NP | | | 100 | 100 | 98 | 52 | 13 | SM | | | 54 | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | |

SUMMARY OF TEST RESULTS

| PROJECT | | | | | | | | | | LOCATION | | | | | | |
|--|-----------|-------|-------------------|----------------------|------|------|-------------------------------------|--------------------------|-------|---|--------|----------|-------------------------|-------------------------------------|----------------|-------------------|
| โครงการสำรวจชั้นดินและวิเคราะห์โครงสร้างถนนเลียบบคลองในจังหวัดปทุมธานี พระนครศรีอยุธยา อ่างทอง สิงห์บุรี และชัยนาท | | | | | | | | | | อย.5042 กม.6+010 อำเภอบางปะอิน จังหวัดพระนครศรีอยุธยา | | | | | | |
| DATE | | | BORING NO. | | | | OBSERVED W.L. | | | | | JOB NO. | | | | |
| 13/1/2559 | | | BH-AY 42 | | | | -1.80 m. | | | | | P-450/58 | | | | |
| SAMPLE NO. | DEPTH (m) | | WATER CONTENT (%) | ATTERBERG LIMITS (%) | | | WET UNIT WEIGHT (t/m ³) | SIEVE ANALYSIS (% FINER) | | | | | GROUP SYMBOL (U.S.C.S.) | UNDRAINED SHEAR STRENGTH, (t/sq.m.) | | SPT (N) blows/ft. |
| | FROM | TO | | LL | PL | PI | | NO. 3/8" | NO. 4 | NO. 10 | NO. 40 | NO. 200 | | U _c | U _p | |
| SS-1 | 1.50 | 1.95 | 23.8 | | | | | | | | | CL | | | 6 | |
| SS-2 | 3.00 | 3.45 | 73.9 | 75.3 | 36.1 | 39.2 | | 100 | 100 | 100 | 97 | 94 | CH | | | |
| ST-1 | 4.50 | 5.00 | 77.3 | | | | 1.55 | | | | | | CH | 1.60 | | |
| ST-2 | 6.00 | 6.50 | 75.8 | | | | 1.54 | | | | | | CH | 1.17 | | |
| ST-3 | 7.50 | 8.00 | 74.1 | 72.6 | 34.5 | 38.1 | 1.56 | 100 | 100 | 99 | 98 | 96 | CH | 1.21 | | |
| ST-4 | 9.00 | 9.50 | 73.3 | | | | 1.56 | | | | | | CH | 1.40 | | |
| ST-5 | 10.50 | 11.00 | 68.7 | | | | 1.57 | | | | | | CH | 1.38 | | |
| ST-6 | 12.00 | 12.50 | 64.9 | 70.3 | 32.6 | 37.7 | 1.58 | 100 | 100 | 98 | 94 | 92 | CH | 1.65 | | |
| SS-3 | 13.50 | 13.95 | 22.6 | | | | 1.61 | | | | | | CL | 1.79 | 8 | |
| SS-4 | 15.00 | 15.45 | 20.3 | | | | | | | | | | CL | | 12 | |
| SS-5 | 16.50 | 16.95 | 19.4 | 32.7 | 17.1 | 15.6 | | 100 | 100 | 100 | 73 | 65 | CL | | 51 | |
| SS-6 | 18.00 | 18.45 | 17.9 | | | | | | | | | | CL | | 53 | |
| SS-7 | 19.50 | 19.95 | 16.1 | 31.9 | 16.3 | 15.6 | | 100 | 100 | 96 | 86 | 57 | CL | | 57 | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | |

SUMMARY OF TEST RESULTS

| PROJECT | | | | | | | | | | LOCATION | | | | | | | |
|--|-----------|-------|-------------------|----------------------|------|------|-------------------------------------|--------------------------|-------|---|--------|----------|-------------------------|-------------------------------------|----------------|-------------------|--|
| โครงการสำรวจชั้นดินและวิเคราะห์โครงสร้างถนนเลียบบคลองในจังหวัดปทุมธานี พระนครศรีอยุธยา อ่างทอง สิงห์บุรี และชัยนาท | | | | | | | | | | อย.5042 กม.6+500 อำเภอบางปะอิน จังหวัดพระนครศรีอยุธยา | | | | | | | |
| DATE | | | BORING NO. | | | | OBSERVED W.L. | | | | | JOB NO. | | | | | |
| 6/1/2559 | | | BH-AY 43 | | | | -2.00 m. | | | | | P-450/58 | | | | | |
| SAMPLE NO. | DEPTH (m) | | WATER CONTENT (%) | ATTERBERG LIMITS (%) | | | WET UNIT WEIGHT (t/m ³) | SIEVE ANALYSIS (% FINER) | | | | | GROUP SYMBOL (U.S.C.S.) | UNDRAINED SHEAR STRENGTH, (t/sq.m.) | | SPT (N) blows/ft. | |
| | FROM | TO | | LL | PL | PI | | NO. 3/8" | NO. 4 | NO. 10 | NO. 40 | NO. 200 | | U _c | U _p | | |
| SS-1 | 1.50 | 1.95 | 18.2 | | | | | | | | | | CL | | | 14 | |
| SS-2 | 3.00 | 3.45 | 16.8 | | | | | | | | | | CH | | | 7 | |
| ST-1 | 4.50 | 5.00 | 76.3 | 81.8 | 33.4 | 48.4 | 1.55 | 100 | 100 | 100 | 95 | 90 | CH | 1.93 | | | |
| ST-2 | 6.00 | 6.50 | 77.1 | | | | 1.53 | | | | | | CH | 1.74 | | | |
| ST-3 | 7.50 | 8.00 | 76.9 | 78.0 | 35.2 | 42.8 | 1.55 | 100 | 100 | 100 | 97 | 92 | CH | 1.46 | | | |
| ST-4 | 9.00 | 9.50 | 65.3 | | | | 1.61 | | | | | | CH | 2.11 | | | |
| ST-5 | 10.50 | 11.00 | 61.4 | | | | 1.64 | | | | | | CH | 3.27 | | | |
| SS-3 | 12.00 | 12.45 | 20.2 | 35.6 | 18.4 | 17.2 | | 100 | 100 | 95 | 84 | 79 | CL | | | 12 | |
| SS-4 | 13.50 | 13.95 | 17.5 | | | | | | | | | | CL | | | 19 | |
| SS-5 | 15.00 | 15.45 | 16.2 | | | | | | | | | | CL | | | 20 | |
| SS-6 | 16.50 | 16.95 | 15.0 | 34.3 | 16.5 | 17.8 | | 100 | 99 | 93 | 84 | 70 | CL | | | 53 | |
| SS-7 | 18.00 | 18.45 | 16.9 | | | | | | | | | | CL | | | 56 | |
| SS-8 | 19.50 | 19.95 | 17.3 | 33.8 | 15.3 | 18.5 | | 100 | 100 | 100 | 91 | 73 | CL | | | 64 | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | |

SUMMARY OF TEST RESULTS

| PROJECT | | | | | | | | | | LOCATION | | | | | | |
|--|-----------|-------|-------------------|----------------------|------|------|-------------------------------------|--------------------------|-------|---|--------|----------|-------------------------|-------------------------------------|----------------|-------------------|
| โครงการสำรวจชั้นดินและวิเคราะห์โครงสร้างถนนเลียบบคลองในจังหวัดปทุมธานี พระนครศรีอยุธยา อ่างทอง สิงห์บุรี และชัยนาท | | | | | | | | | | อย.5042 กม.7+000 อำเภอบางปะอิน จังหวัดพระนครศรีอยุธยา | | | | | | |
| DATE | | | BORING NO. | | | | OBSERVED W.L. | | | | | JOB NO. | | | | |
| 29/10/2558 | | | BH-AY 44 | | | | -1.45 m. | | | | | P-450/58 | | | | |
| SAMPLE NO. | DEPTH (m) | | WATER CONTENT (%) | ATTERBERG LIMITS (%) | | | WET UNIT WEIGHT (t/m ³) | SIEVE ANALYSIS (% FINER) | | | | | GROUP SYMBOL (U.S.C.S.) | UNDRAINED SHEAR STRENGTH, (t/sq.m.) | | SPT (N) blows/ft. |
| | FROM | TO | | LL | PL | PI | | NO. 3/8" | NO. 4 | NO. 10 | NO. 40 | NO. 200 | | U _c | U _p | |
| SS-1 | 1.50 | 1.95 | 19.2 | | | | | | | | | CL | | | 10 | |
| SS-2 | 3.00 | 3.45 | 20.3 | | | | | | | | | CL | | | 8 | |
| SS-3 | 4.50 | 4.95 | 21.7 | 31.2 | 16.9 | 14.3 | | 100 | 100 | 99 | 97 | 92 | CL | | 6 | |
| ST-1 | 6.00 | 6.50 | 70.9 | | | | 1.54 | | | | | | CH | 1.49 | | |
| ST-2 | 7.50 | 8.00 | 69.2 | 73.3 | 32.7 | 40.6 | 1.57 | 100 | 100 | 100 | 96 | 93 | CH | 1.65 | | |
| ST-3 | 9.00 | 9.50 | 71.3 | | | | 1.56 | | | | | | CH | 1.58 | | |
| ST-4 | 10.50 | 11.00 | 63.3 | 74.1 | 31.5 | 42.6 | 1.62 | 100 | 100 | 99 | 94 | 88 | CH | 2.24 | | |
| ST-5 | 12.00 | 12.50 | 68.1 | | | | 1.64 | | | | | | CH | 3.39 | | |
| SS-4 | 12.50 | 12.95 | 19.5 | 30.6 | 16.7 | 13.9 | | 100 | 100 | 95 | 89 | 81 | CL | | 14 | |
| SS-5 | 13.50 | 13.95 | 20.8 | | | | | | | | | | CL | | 17 | |
| SS-6 | 15.00 | 15.45 | 16.9 | | | | | | | | | | CL | | 18 | |
| SS-7 | 16.50 | 16.95 | 17.3 | 35.7 | 18.5 | 17.2 | | 100 | 100 | 98 | 90 | 79 | CL | | 21 | |
| SS-8 | 18.00 | 18.45 | 18.2 | | | | | | | | | | CL | | 10 | |
| SS-9 | 19.50 | 19.95 | 14.1 | NP | | | | 100 | 97 | 83 | 46 | 16 | SM | | 51 | |
| SS-10 | 21.00 | 21.45 | 11.0 | | | | | | | | | | SM | | 63 | |
| SS-11 | 22.50 | 22.95 | 10.9 | NP | | | | 100 | 96 | 89 | 43 | 17 | SM | | 78 | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | |

SUMMARY OF TEST RESULTS

| PROJECT | | | | | | | | | | | | | LOCATION | | | | |
|--|-----------|-------|-------------------|----------------------|------|------|-------------------------------------|--------------------------|-------|--------|--------|----------|---|-------------------------------------|----------------|-------------------|--|
| โครงการสำรวจชั้นดินและวิเคราะห์โครงสร้างถนนเลียบบคลองในจังหวัดปทุมธานี พระนครศรีอยุธยา อ่างทอง สิงห์บุรี และชัยนาท | | | | | | | | | | | | | อย.5042 กม.7+500 อำเภอบางปะอิน จังหวัดพระนครศรีอยุธยา | | | | |
| DATE | | | BORING NO. | | | | OBSERVED W.L. | | | | | JOB NO. | | | | | |
| 7/1/2559 | | | BH-AY 45 | | | | -2.50 m. | | | | | P-450/58 | | | | | |
| SAMPLE NO. | DEPTH (m) | | WATER CONTENT (%) | ATTERBERG LIMITS (%) | | | WET UNIT WEIGHT (t/m ³) | SIEVE ANALYSIS (% FINER) | | | | | GROUP SYMBOL (U.S.C.S.) | UNDRAINED SHEAR STRENGTH, (t/sq.m.) | | SPT (N) blows/ft. | |
| | FROM | TO | | LL | PL | PI | | NO. 3/8" | NO. 4 | NO. 10 | NO. 40 | NO. 200 | | U _c | U _p | | |
| SS-1 | 1.50 | 1.95 | 21.4 | | | | | | | | | | CL | | | 14 | |
| SS-2 | 3.00 | 3.45 | 48.9 | | | | | | | | | | CH | | | 6 | |
| ST-1 | 4.50 | 5.00 | 74.1 | 82.4 | 36.3 | 46.1 | 1.56 | 100 | 100 | 100 | 96 | 87 | CH | 1.72 | | | |
| ST-2 | 6.00 | 6.50 | 75.3 | | | | 1.56 | | | | | | CH | 1.57 | | | |
| ST-3 | 7.50 | 8.00 | 76.2 | | | | 1.55 | | | | | | CH | 1.39 | | | |
| ST-4 | 9.00 | 9.50 | 73.6 | 76.9 | 32.8 | 44.1 | 1.57 | 100 | 100 | 93 | 88 | 79 | CH | 1.45 | | | |
| ST-5 | 10.50 | 11.00 | 69.3 | | | | 1.59 | | | | | | CH | 2.25 | | | |
| ST-6 | 12.00 | 12.50 | 66.2 | | | | 1.61 | | | | | | CH | 2.97 | | | |
| SS-3 | 13.50 | 13.95 | 20.4 | 34.7 | 17.6 | 17.1 | | 100 | 100 | 98 | 94 | 87 | CL | | | 6 | |
| SS-4 | 15.00 | 15.45 | 19.5 | | | | | | | | | | CL | | | 14 | |
| SS-5 | 16.50 | 16.95 | 17.0 | | | | | | | | | | CL | | | 21 | |
| SS-6 | 18.00 | 18.45 | 12.2 | | NP | | | 100 | 100 | 100 | 89 | 35 | SM | | | 56 | |
| SS-7 | 19.50 | 19.95 | 12.9 | | | | | | | | | | SM | | | 65 | |
| SS-8 | 21.00 | 21.45 | 10.3 | | NP | | | 100 | 100 | 100 | 97 | 22 | SM | | | 73 | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | |

SUMMARY OF TEST RESULTS

| PROJECT | | | | | | | | | | | | LOCATION | | | | | |
|--|-----------|-------|-------------------|----------------------|------|------|-------------------------------------|--------------------------|-------|--------|--------|---|-------------------------|-------------------------------------|----------------|-------------------|--|
| โครงการสำรวจชั้นดินและวิเคราะห์โครงสร้างถนนเลียบบคลองในจังหวัดปทุมธานี พระนครศรีอยุธยา อ่างทอง สิงห์บุรี และชัยนาท | | | | | | | | | | | | อย.5042 กม.8+000 อำเภอบางปะอิน จังหวัดพระนครศรีอยุธยา | | | | | |
| DATE | | | BORING NO. | | | | OBSERVED W.L. | | | | | JOB NO. | | | | | |
| 25/10/2558 | | | BH-AY 46 | | | | -0.70 m. | | | | | P-450/58 | | | | | |
| SAMPLE NO. | DEPTH (m) | | WATER CONTENT (%) | ATTERBERG LIMITS (%) | | | WET UNIT WEIGHT (t/m ³) | SIEVE ANALYSIS (% FINER) | | | | | GROUP SYMBOL (U.S.C.S.) | UNDRAINED SHEAR STRENGTH, (t/sq.m.) | | SPT (N) blows/ft. | |
| | FROM | TO | | LL | PL | PI | | NO. 3/8" | NO. 4 | NO. 10 | NO. 40 | NO. 200 | | U _c | U _p | | |
| SS-1 | 1.50 | 1.95 | 22.1 | | | | | | | | | CL | | | 12 | | |
| ST-1 | 3.00 | 3.50 | 79.5 | 78.3 | 32.7 | 45.6 | 1.51 | 100 | 100 | 100 | 99 | 92 | CH | 1.17 | | | |
| ST-2 | 4.50 | 5.00 | 76.8 | | | | 1.53 | | | | | | CH | 1.32 | | | |
| ST-3 | 6.00 | 6.50 | 74.6 | | | | 1.56 | 100 | 100 | 99 | 95 | 90 | CH | 1.76 | | | |
| ST-4 | 7.50 | 8.00 | 70.5 | 72.7 | 30.2 | 42.5 | 1.55 | | | | | | CH | 1.54 | | | |
| ST-5 | 9.00 | 9.50 | 68.8 | | | | 1.60 | | | | | | CH | 1.93 | | | |
| ST-6 | 10.50 | 11.00 | 59.7 | | | | 1.65 | | | | | | CH | 3.84 | | | |
| SS-2 | 12.00 | 12.45 | 20.6 | 34.8 | 19.7 | 15.1 | | 100 | 100 | 100 | 98 | 95 | CL | | 18 | | |
| SS-3 | 13.50 | 13.95 | 19.8 | | NP | | | 100 | 100 | 98 | 83 | 13 | SM | | 58 | | |
| SS-4 | 15.00 | 15.45 | 17.5 | | | | | | | | | | SM | | 63 | | |
| SS-5 | 16.50 | 16.95 | 18.3 | | NP | | | 100 | 100 | 93 | 64 | 18 | SM | | 75 | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | |

SUMMARY OF TEST RESULTS

| PROJECT | | | | | | | | | | | | | LOCATION | | | | |
|--|-----------|-------|-------------------|----------------------|------|------|-------------------------------------|--------------------------|-------|--------|--------|----------|---|-------------------------------------|----------------|-------------------|--|
| โครงการสำรวจชั้นดินและวิเคราะห์โครงสร้างถนนเลียบบคลองในจังหวัดปทุมธานี พระนครศรีอยุธยา อ่างทอง สิงห์บุรี และชัยนาท | | | | | | | | | | | | | อย.5042 กม.8+500 อำเภอบางปะอิน จังหวัดพระนครศรีอยุธยา | | | | |
| DATE | | | BORING NO. | | | | OBSERVED W.L. | | | | | JOB NO. | | | | | |
| 8/1/2559 | | | BH-AY 47 | | | | -2.30 m. | | | | | P-450/58 | | | | | |
| SAMPLE NO. | DEPTH (m) | | WATER CONTENT (%) | ATTERBERG LIMITS (%) | | | WET UNIT WEIGHT (t/m ³) | SIEVE ANALYSIS (% FINER) | | | | | GROUP SYMBOL (U.S.C.S.) | UNDRAINED SHEAR STRENGTH, (t/sq.m.) | | SPT (N) blows/ft. | |
| | FROM | TO | | LL | PL | PI | | NO. 3/8" | NO. 4 | NO. 10 | NO. 40 | NO. 200 | | U _c | U _p | | |
| SS-1 | 1.50 | 1.95 | 19.3 | | | | | | | | | | CL | | | 15 | |
| SS-2 | 3.00 | 3.45 | 22.6 | 33.8 | 18.1 | 15.7 | | 100 | 100 | 100 | 100 | 98 | CH | | | 5 | |
| ST-1 | 4.50 | 5.00 | 75.4 | | | | 1.54 | | | | | | CH | 1.47 | | | |
| ST-2 | 6.00 | 6.50 | 72.6 | | | | 1.55 | | | | | | CH | 1.68 | | | |
| ST-3 | 7.50 | 8.00 | 70.7 | 76.9 | 33.2 | 43.7 | 1.58 | 100 | 100 | 100 | 98 | 96 | CH | 1.93 | | | |
| ST-4 | 9.00 | 9.50 | 68.5 | | | | 1.60 | | | | | | CH | 2.02 | | | |
| ST-5 | 10.50 | 11.00 | 69.7 | | | | 1.58 | | | | | | CH | 1.67 | | | |
| ST-6 | 12.00 | 12.50 | 63.2 | 70.5 | 31.4 | 39.1 | 1.62 | 100 | 100 | 100 | 99 | 95 | CH | 2.89 | | | |
| SS-3 | 13.50 | 13.95 | 18.1 | | | | | | | | | | CL | | | 15 | |
| SS-4 | 15.00 | 15.45 | 17.8 | | | | | | | | | | CL | | | 19 | |
| SS-5 | 16.50 | 16.95 | 19.2 | 32.5 | 17.9 | 14.6 | | 100 | 100 | 99 | 74 | 62 | CL | | | 27 | |
| SS-6 | 18.00 | 18.45 | 18.4 | NP | | | | 100 | 100 | 91 | 54 | 14 | SM | | | 56 | |
| SS-7 | 19.50 | 19.95 | 20.8 | | | | | | | | | | SM | | | 62 | |
| SS-8 | 21.00 | 21.45 | 19.6 | NP | | | | 100 | 100 | 94 | 63 | 15 | SM | | | 64 | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | |

SUMMARY OF TEST RESULTS

| PROJECT | | | | | | | | | | LOCATION | | | | | | |
|--|-----------|-------|-------------------|----------------------|------|------|-------------------------------------|--------------------------|-------|---|--------|----------|-------------------------|-------------------------------------|----------------|-------------------|
| โครงการสำรวจชั้นดินและวิเคราะห์โครงสร้างถนนเลียบบคลองในจังหวัดปทุมธานี พระนครศรีอยุธยา อ่างทอง สิงห์บุรี และชัยนาท | | | | | | | | | | อย.5042 กม.9+000 อำเภอบางปะอิน จังหวัดพระนครศรีอยุธยา | | | | | | |
| DATE | | | BORING NO. | | | | OBSERVED W.L. | | | | | JOB NO. | | | | |
| 30/10/2558 | | | BH-AY 48 | | | | -1.60 m. | | | | | P-450/58 | | | | |
| SAMPLE NO. | DEPTH (m) | | WATER CONTENT (%) | ATTERBERG LIMITS (%) | | | WET UNIT WEIGHT (t/m ³) | SIEVE ANALYSIS (% FINER) | | | | | GROUP SYMBOL (U.S.C.S.) | UNDRAINED SHEAR STRENGTH, (t/sq.m.) | | SPT (N) blows/ft. |
| | FROM | TO | | LL | PL | PI | | NO. 3/8" | NO. 4 | NO. 10 | NO. 40 | NO. 200 | | U _c | U _p | |
| SS-1 | 1.50 | 1.95 | 23.7 | | | | | | | | | CL | | | 24 | |
| SS-2 | 3.00 | 3.45 | 22.4 | 34.8 | 19.1 | 15.7 | | 100 | 100 | 100 | 98 | 96 | CL | | 12 | |
| ST-1 | 4.50 | 5.00 | 74.9 | | | | 1.55 | | | | | | CH | 1.41 | | |
| ST-2 | 6.00 | 6.50 | 76.7 | 76.3 | 33.2 | 43.1 | 1.52 | 100 | 100 | 98 | 97 | 94 | CH | 1.38 | | |
| ST-3 | 7.50 | 8.00 | 72.6 | | | | 1.54 | | | | | | CH | 1.29 | | |
| ST-4 | 9.00 | 9.50 | 68.5 | 70.7 | 31.5 | 39.2 | 1.60 | 100 | 100 | 99 | 93 | 88 | CH | 3.74 | | |
| SS-3 | 9.50 | 9.95 | 21.8 | | | | | | | | | | CL | | 14 | |
| SS-4 | 10.50 | 10.95 | 20.6 | 33.8 | 19.7 | 14.1 | | 100 | 100 | 98 | 92 | 78 | CL | | 17 | |
| SS-5 | 12.00 | 12.45 | 19.3 | | | | | | | | | | CL | | 19 | |
| SS-6 | 13.50 | 13.95 | 18.1 | 31.6 | 16.2 | 15.4 | | 100 | 100 | 96 | 84 | 68 | CL | | 22 | |
| SS-7 | 15.00 | 15.45 | 17.8 | | | | | | | | | | CL | | 28 | |
| SS-8 | 16.50 | 16.95 | 15.4 | NP | | | | 100 | 100 | 98 | 78 | 21 | SM | | 52 | |
| SS-9 | 18.00 | 18.45 | 16.3 | | | | | | | | | | SM | | 67 | |
| SS-10 | 19.50 | 19.95 | 17.2 | NP | | | | 100 | 100 | 91 | 61 | 31 | SM | | 70 | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | |

SUMMARY OF TEST RESULTS

| PROJECT | | | | | | | | | | | | LOCATION | | | | |
|--|-----------|-------|-------------------|----------------------|------|------|-------------------------------------|--------------------------|-------|--------|--------|---|-------------------------|-------------------------------------|----------------|-------------------|
| โครงการสำรวจชั้นดินและวิเคราะห์โครงสร้างถนนเลียบบคลองในจังหวัดปทุมธานี พระนครศรีอยุธยา อ่างทอง สิงห์บุรี และชัยนาท | | | | | | | | | | | | อย.5042 กม.9+010 อำเภอบางปะอิน จังหวัดพระนครศรีอยุธยา | | | | |
| DATE | | | BORING NO. | | | | OBSERVED W.L. | | | | | JOB NO. | | | | |
| 30/12/2558 | | | BH-AY 49 | | | | -3.00 m. | | | | | P-450/58 | | | | |
| SAMPLE NO. | DEPTH (m) | | WATER CONTENT (%) | ATTERBERG LIMITS (%) | | | WET UNIT WEIGHT (t/m ³) | SIEVE ANALYSIS (% FINER) | | | | | GROUP SYMBOL (U.S.C.S.) | UNDRAINED SHEAR STRENGTH, (t/sq.m.) | | SPT (N) blows/ft. |
| | FROM | TO | | LL | PL | PI | | NO. 3/8" | NO. 4 | NO. 10 | NO. 40 | NO. 200 | | U _c | U _p | |
| SS-1 | 1.50 | 1.95 | 24.2 | | | | | | | | | | CL | | | 18 |
| ST-1 | 3.00 | 3.45 | 82.8 | 80.9 | 34.4 | 46.5 | 1.53 | 100 | 100 | 100 | 99 | 94 | CH | 1.29 | | 3 |
| ST-2 | 4.50 | 5.00 | 76.0 | | | | 1.53 | | | | | | CH | 1.33 | | |
| ST-3 | 6.00 | 6.50 | 74.5 | | | | 1.56 | | | | | | CH | 1.67 | | |
| ST-4 | 7.50 | 8.00 | 73.4 | 77.3 | 32.5 | 44.8 | 1.55 | 100 | 100 | 99 | 90 | 86 | CH | 1.45 | | |
| ST-5 | 9.00 | 9.50 | 76.1 | | | | 1.51 | | | | | | CH | 1.28 | | |
| ST-6 | 10.50 | 11.00 | 72.3 | | | | 1.57 | | | | | | CH | 1.93 | | |
| SS-2 | 12.00 | 12.45 | 49.6 | 74.0 | 30.1 | 43.9 | | 100 | 100 | 98 | 89 | 74 | CH | | | 22 |
| SS-3 | 13.50 | 13.95 | 30.7 | | | | | | | | | | CH | | | 29 |
| SS-4 | 15.00 | 15.45 | 30.1 | | | | | | | | | | CH | | | 26 |
| SS-5 | 16.50 | 16.95 | 28.2 | 72.1 | 33.8 | 38.3 | | 100 | 100 | 97 | 82 | 71 | CH | | | 24 |
| SS-6 | 18.00 | 18.45 | 29.4 | | | | | | | | | | CH | | | 22 |
| SS-7 | 19.50 | 19.95 | 45.8 | | | | | | | | | | CH | | | 5 |
| SS-8 | 21.00 | 21.45 | 36.2 | 70.6 | 31.4 | 39.2 | | 100 | 100 | 96 | 80 | 64 | CH | | | 10 |
| SS-9 | 22.50 | 22.95 | 16.9 | NP | | | | 100 | 100 | 96 | 68 | 16 | SM | | | 51 |
| SS-10 | 24.00 | 24.45 | 17.0 | | | | | | | | | | SM | | | 71 |
| SS-11 | 25.50 | 25.95 | 18.1 | NP | | | | 100 | 100 | 94 | 81 | 17 | SM | | | 61 |
| | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | |

SUMMARY OF TEST RESULTS

| PROJECT | | | | | | | | | | | | LOCATION | | | | |
|--|-----------|-------|-------------------|----------------------|------|------|-------------------------------------|--------------------------|-------|--------|--------|---|-------------------------|-------------------------------------|----------------|-------------------|
| โครงการสำรวจชั้นดินและวิเคราะห์โครงสร้างถนนเลียบบคลองในจังหวัดปทุมธานี พระนครศรีอยุธยา อ่างทอง สิงห์บุรี และชัยนาท | | | | | | | | | | | | อย.5042 กม.9+500 อำเภอบางปะอิน จังหวัดพระนครศรีอยุธยา | | | | |
| DATE | | | BORING NO. | | | | OBSERVED W.L. | | | | | JOB NO. | | | | |
| 9/1/2559 | | | BH-AY 50 | | | | -3.00 m. | | | | | P-450/58 | | | | |
| SAMPLE NO. | DEPTH (m) | | WATER CONTENT (%) | ATTERBERG LIMITS (%) | | | WET UNIT WEIGHT (t/m ³) | SIEVE ANALYSIS (% FINER) | | | | | GROUP SYMBOL (U.S.C.S.) | UNDRAINED SHEAR STRENGTH, (t/sq.m.) | | SPT (N) blows/ft. |
| | FROM | TO | | LL | PL | PI | | NO. 3/8" | NO. 4 | NO. 10 | NO. 40 | NO. 200 | | U _c | U _p | |
| SS-1 | 1.50 | 1.95 | 22.7 | | | | | | | | | CL | | | 10 | |
| SS-2 | 3.00 | 3.45 | 43.2 | 74.1 | 32.7 | 41.4 | | 100 | 100 | 100 | 98 | 96 | CH | | 6 | |
| ST-1 | 4.50 | 5.00 | 71.1 | | | | 1.58 | | | | | | CH | 1.88 | | |
| ST-2 | 6.00 | 6.50 | 68.3 | | | | 1.57 | | | | | | CH | 1.67 | | |
| ST-3 | 7.50 | 8.00 | 72.7 | 76.9 | 35.1 | 41.8 | 1.57 | 100 | 100 | 100 | 97 | 92 | CH | 1.92 | | |
| ST-4 | 9.00 | 9.50 | 74.1 | | | | 1.56 | | | | | | CH | 1.84 | | |
| ST-5 | 10.50 | 11.00 | 65.3 | | | | 1.61 | | | | | | CH | 2.72 | | |
| SS-3 | 12.00 | 12.45 | 21.5 | 31.8 | 18.7 | 13.1 | | 100 | 100 | 97 | 82 | 71 | CL | | 10 | |
| SS-4 | 13.50 | 13.95 | 20.6 | | | | | | | | | | CL | | 17 | |
| SS-5 | 15.00 | 15.45 | 19.8 | | | | | | | | | | CL | | 22 | |
| SS-6 | 16.50 | 16.95 | 18.4 | 33.6 | 15.4 | 18.2 | | 100 | 100 | 95 | 85 | 76 | CL | | 31 | |
| SS-7 | 18.00 | 18.45 | 18.7 | NP | | | | 100 | 100 | 94 | 71 | 19 | SM | | 55 | |
| SS-8 | 19.50 | 19.95 | 16.3 | | | | | | | | | | SM | | 54 | |
| SS-9 | 21.00 | 21.45 | 17.2 | NP | | | | 100 | 100 | 89 | 62 | 17 | SM | | 60 | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | |

SUMMARY OF TEST RESULTS

| PROJECT | | | | | | | | | | LOCATION | | | | | | |
|--|-----------|-------|-------------------|----------------------|------|------|-------------------------------------|--------------------------|-------|---|--------|----------|-------------------------|-------------------------------------|----------------|-------------------|
| โครงการสำรวจชั้นดินและวิเคราะห์โครงสร้างถนนเลียบบคลองในจังหวัดปทุมธานี พระนครศรีอยุธยา อ่างทอง สิงห์บุรี และชัยนาท | | | | | | | | | | อย.5042 กม.9+600 อำเภอบางปะอิน จังหวัดพระนครศรีอยุธยา | | | | | | |
| DATE | | | BORING NO. | | | | OBSERVED W.L. | | | | | JOB NO. | | | | |
| 10/1/2559 | | | BH-AY 51 | | | | -1.50 m. | | | | | P-450/58 | | | | |
| SAMPLE NO. | DEPTH (m) | | WATER CONTENT (%) | ATTERBERG LIMITS (%) | | | WET UNIT WEIGHT (t/m ³) | SIEVE ANALYSIS (% FINER) | | | | | GROUP SYMBOL (U.S.C.S.) | UNDRAINED SHEAR STRENGTH, (t/sq.m.) | | SPT (N) blows/ft. |
| | FROM | TO | | LL | PL | PI | | NO. 3/8" | NO. 4 | NO. 10 | NO. 40 | NO. 200 | | U _c | U _p | |
| ST-1 | 1.50 | 1.95 | 69.5 | | | | 1.54 | | | | | | CH | 1.13 | | |
| ST-2 | 3.00 | 3.50 | 71.7 | 76.3 | 34.3 | 42.0 | 1.57 | 100 | 100 | 100 | 98 | 95 | CH | 1.39 | | |
| ST-3 | 4.50 | 5.00 | 67.4 | | | | 1.60 | | | | | | CH | 1.62 | | |
| ST-4 | 6.00 | 6.50 | 70.3 | | | | 1.58 | | | | | | CH | 1.41 | | |
| ST-5 | 7.50 | 8.00 | 70.0 | 74.9 | 32.7 | 42.2 | 1.58 | 100 | 100 | 99 | 94 | 87 | CH | 2.06 | | |
| ST-6 | 9.00 | 9.50 | 65.8 | | | | 1.61 | | | | | | CH | 2.23 | | |
| SS-1 | 10.50 | 10.95 | 21.3 | | | | | | | | | | CL | | | 10 |
| SS-2 | 12.00 | 12.45 | 19.6 | 33.5 | 17.0 | 16.5 | | 100 | 100 | 97 | 89 | 83 | CL | | | 8 |
| SS-3 | 13.50 | 13.95 | 18.4 | | | | | | | | | | CL | | | 11 |
| SS-4 | 15.00 | 15.45 | 19.3 | | | | | | | | | | CL | | | 9 |
| SS-5 | 16.50 | 16.95 | 17.1 | 32.9 | 16.1 | 16.8 | | 100 | 100 | 93 | 84 | 79 | CL | | | 13 |
| SS-6 | 18.00 | 18.45 | 20.1 | | | | | | | | | | CL | | | 15 |
| SS-7 | 19.50 | 19.95 | 17.9 | | | NP | | 100 | 100 | 96 | 71 | 28 | SM | | | 54 |
| SS-8 | 21.00 | 21.45 | 18.4 | | | | | | | | | | SM | | | 57 |
| SS-9 | 22.50 | 22.95 | 19.1 | | | NP | | 100 | 98 | 92 | 66 | 17 | SM | | | 79 |
| | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | |

SUMMARY OF TEST RESULTS

| PROJECT | | | | | | | | | | LOCATION | | | | | | |
|--|-----------|-------|-------------------|----------------------|------|------|-------------------------------------|--------------------------|-------|--|--------|----------|-------------------------|-------------------------------------|----------------|-------------------|
| โครงการสำรวจชั้นดินและวิเคราะห์โครงสร้างถนนเลียบบคลองในจังหวัดปทุมธานี พระนครศรีอยุธยา อ่างทอง สิงห์บุรี และชัยนาท | | | | | | | | | | อย.5042 กม.10+000 อำเภอบางปะอิน จังหวัดพระนครศรีอยุธยา | | | | | | |
| DATE | | | BORING NO. | | | | OBSERVED W.L. | | | | | JOB NO. | | | | |
| 25/10/2558 | | | BH-AY 52 | | | | -1.60 m. | | | | | P-450/58 | | | | |
| SAMPLE NO. | DEPTH (m) | | WATER CONTENT (%) | ATTERBERG LIMITS (%) | | | WET UNIT WEIGHT (t/m ³) | SIEVE ANALYSIS (% FINER) | | | | | GROUP SYMBOL (U.S.C.S.) | UNDRAINED SHEAR STRENGTH, (t/sq.m.) | | SPT (N) blows/ft. |
| | FROM | TO | | LL | PL | PI | | NO. 3/8" | NO. 4 | NO. 10 | NO. 40 | NO. 200 | | U _c | U _p | |
| SS-1 | 1.50 | 1.95 | 18.3 | | | | | | | | | | CL | | | 8 |
| ST-1 | 3.00 | 3.50 | 76.5 | 77.4 | 34.5 | 42.9 | 1.53 | 100 | 100 | 100 | 98 | 93 | CH | 1.23 | | |
| ST-2 | 4.50 | 5.00 | 75.9 | | | | 1.52 | | | | | | CH | 1.17 | | |
| ST-3 | 6.00 | 6.50 | 72.1 | | | | 1.55 | | | | | | CH | 1.52 | | |
| ST-4 | 7.50 | 8.00 | 70.7 | 73.9 | 31.8 | 42.1 | 1.54 | 100 | 100 | 98 | 96 | 90 | CH | 1.48 | | |
| ST-5 | 9.00 | 9.50 | 63.6 | | | | 1.60 | | | | | | CH | 1.67 | | |
| ST-6 | 10.50 | 11.00 | 68.4 | | | | 1.60 | | | | | | CH | 1.95 | | |
| ST-7 | 12.00 | 12.50 | 63.3 | 75.3 | 33.1 | 42.2 | 1.62 | 100 | 100 | 97 | 92 | 84 | CH | 2.18 | | |
| ST-8 | 12.50 | 13.00 | 59.2 | | | | 1.65 | | | | | | CH | 2.35 | | |
| ST-9 | 13.50 | 14.00 | 58.7 | 72.3 | 31.6 | 40.7 | 1.66 | 100 | 100 | 99 | 94 | 83 | CH | 3.72 | | |
| SS-2 | 15.00 | 15.45 | 20.5 | | | | | | | | | | CL | | | 14 |
| SS-3 | 16.50 | 16.95 | 19.8 | 34.6 | 17.3 | 17.3 | | 100 | 100 | 96 | 87 | 73 | CL | | | 28 |
| SS-4 | 18.00 | 18.45 | 17.6 | NP | | | | 100 | 100 | 94 | 73 | 27 | SM | | | 51 |
| SS-5 | 19.50 | 19.95 | 18.7 | | | | | | | | | | SM | | | 55 |
| SS-6 | 21.00 | 21.45 | 18.5 | NP | | | | 100 | 100 | 92 | 84 | 18 | SM | | | 63 |
| | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | |

SUMMARY OF TEST RESULTS

| PROJECT | | | | | | | | | | LOCATION | | | | | | |
|--|-----------|-------|-------------------|----------------------|------|------|-------------------------------------|--------------------------|-------|--|--------|----------|-------------------------|-------------------------------------|----------------|-------------------|
| โครงการสำรวจชั้นดินและวิเคราะห์โครงสร้างถนนเลียบบคลองในจังหวัดปทุมธานี พระนครศรีอยุธยา อ่างทอง สิงห์บุรี และชัยนาท | | | | | | | | | | อย.5042 กม.10+300 อำเภอบางปะอิน จังหวัดพระนครศรีอยุธยา | | | | | | |
| DATE | | | BORING NO. | | | | OBSERVED W.L. | | | | | JOB NO. | | | | |
| 8/1/2559 | | | BH-AY 53 | | | | -2.50 m. | | | | | P-450/58 | | | | |
| SAMPLE NO. | DEPTH (m) | | WATER CONTENT (%) | ATTERBERG LIMITS (%) | | | WET UNIT WEIGHT (t/m ³) | SIEVE ANALYSIS (% FINER) | | | | | GROUP SYMBOL (U.S.C.S.) | UNDRAINED SHEAR STRENGTH, (t/sq.m.) | | SPT (N) blows/ft. |
| | FROM | TO | | LL | PL | PI | | NO. 3/8" | NO. 4 | NO. 10 | NO. 40 | NO. 200 | | U _c | U _p | |
| SS-1 | 1.50 | 1.95 | 21.6 | | | | | | | | | | CL | | | 22 |
| ST-1 | 3.00 | 3.45 | 78.8 | 80.4 | 38.1 | 42.3 | 1.54 | 100 | 100 | 100 | 99 | 97 | CH | 1.34 | | 3 |
| ST-2 | 4.50 | 5.00 | 80.7 | | | | 1.52 | | | | | | CH | 1.05 | | |
| ST-3 | 6.00 | 6.50 | 79.3 | | | | 1.5 | | | | | | CH | 1.19 | | |
| ST-4 | 7.50 | 8.00 | 77.6 | 78.5 | 36.3 | 42.2 | 1.48 | 100 | 100 | 100 | 100 | 98 | CH | 1.34 | | |
| ST-5 | 9.00 | 9.50 | 78.2 | | | | 1.54 | | | | | | CH | 1.21 | | |
| ST-6 | 10.50 | 11.00 | 75.7 | | | | 1.56 | | | | | | CH | 1.36 | | |
| ST-7 | 12.00 | 12.50 | 73.8 | 74.3 | 32.8 | 41.5 | 1.55 | 100 | 100 | 100 | 96 | 94 | CH | 1.55 | | |
| ST-8 | 13.50 | 14.00 | 69.5 | | | | 1.58 | | | | | | CH | 1.63 | | |
| ST-9 | 15.00 | 15.50 | 67.4 | | | | 1.60 | | | | | | CH | 1.91 | | |
| ST-10 | 16.50 | 17.00 | 65.3 | 70.7 | 30.5 | 40.2 | 1.59 | 100 | 100 | 98 | 95 | 92 | CH | 1.87 | | |
| ST-11 | 18.00 | 18.50 | 62.4 | | | | 1.61 | | | | | | CH | 2.04 | | |
| ST-12 | 19.50 | 20.00 | 63.1 | | | | 1.62 | | | | | | CH | 1.98 | | |
| ST-13 | 21.00 | 21.50 | 57.3 | 72.3 | 31.7 | 40.6 | 1.64 | 100 | 100 | 99 | 93 | 87 | CH | 2.27 | | |
| ST-14 | 22.50 | 23.00 | 59.9 | | | | 1.63 | | | | | | CH | 2.18 | | |
| ST-15 | 24.00 | 24.50 | 54.7 | | | | 1.68 | | | | | | CH | 2.75 | | |
| SS-2 | 25.50 | 25.95 | 38.2 | 71.9 | 30.8 | 41.1 | | 100 | 100 | 100 | 96 | 75 | CH | | | 10 |
| SS-3 | 27.00 | 27.45 | 17.8 | | | | | | | | | | CL | | | 37 |
| SS-4 | 28.50 | 28.95 | 16.7 | NP | | | | 100 | 100 | 95 | 81 | 19 | SM | | | 53 |

SUMMARY OF TEST RESULTS

| PROJECT | | | | | | | | | | | | | LOCATION | | | | |
|--|-----------|-------|-------------------|----------------------|------|------|-------------------------------------|--------------------------|-------|--------|--------|----------|--|-------------------------------------|----------------|-------------------|--|
| โครงการสำรวจชั้นดินและวิเคราะห์โครงสร้างถนนเลียบบคลองในจังหวัดปทุมธานี พระนครศรีอยุธยา อ่างทอง สิงห์บุรี และชัยนาท | | | | | | | | | | | | | อย.5042 กม.10+500 อำเภอบางปะอิน จังหวัดพระนครศรีอยุธยา | | | | |
| DATE | | | BORING NO. | | | | OBSERVED W.L. | | | | | JOB NO. | | | | | |
| 15/1/2559 | | | BH-AY 54 | | | | -2.00 m. | | | | | P-450/58 | | | | | |
| SAMPLE NO. | DEPTH (m) | | WATER CONTENT (%) | ATTERBERG LIMITS (%) | | | WET UNIT WEIGHT (t/m ³) | SIEVE ANALYSIS (% FINER) | | | | | GROUP SYMBOL (U.S.C.S.) | UNDRAINED SHEAR STRENGTH, (t/sq.m.) | | SPT (N) blows/ft. | |
| | FROM | TO | | LL | PL | PI | | NO. 3/8" | NO. 4 | NO. 10 | NO. 40 | NO. 200 | | U _c | U _p | | |
| SS-1 | 1.50 | 1.95 | 18.1 | | | | | | | | | | CL | | | 14 | |
| SS-2 | 3.00 | 3.45 | 25.6 | | | | | | | | | | CL | | | 5 | |
| ST-1 | 4.50 | 5.00 | 80.4 | 81.8 | 37.2 | 44.6 | 1.5 | 100 | 100 | 100 | 100 | 98 | CH | 1.19 | | | |
| ST-2 | 6.00 | 6.50 | 77.8 | | | | 1.52 | | | | | | CH | 1.24 | | | |
| ST-3 | 7.50 | 8.00 | 75.3 | | | | 1.54 | | | | | | CH | 1.37 | | | |
| ST-4 | 9.00 | 9.50 | 72.8 | 77.9 | 35.4 | 42.5 | 1.55 | 100 | 100 | 100 | 99 | 97 | CH | 1.48 | | | |
| ST-5 | 10.50 | 11.00 | 69.4 | | | | 1.58 | | | | | | CH | 1.96 | | | |
| ST-6 | 12.00 | 12.50 | 70.1 | | | | 1.58 | | | | | | CH | 1.84 | | | |
| ST-7 | 13.50 | 14.00 | 65.5 | 73.1 | 32.9 | 40.2 | 1.61 | 100 | 100 | 100 | 99 | 98 | CH | 2.23 | | | |
| ST-8 | 15.00 | 15.50 | 58.9 | | | | 1.65 | | | | | | CH | 3.49 | | | |
| ST-9 | 16.50 | 17.00 | 55.6 | | | | 1.68 | | | | | | CH | 3.95 | | | |
| SS-3 | 18.00 | 18.45 | 18.4 | 33.8 | 14.9 | 18.9 | | 100 | 100 | 98 | 94 | 87 | CL | | | 16 | |
| SS-4 | 19.50 | 19.95 | 18.3 | | NP | | | 100 | 99 | 91 | 64 | 16 | SM | | | 50 | |
| SS-5 | 21.00 | 21.45 | 19.2 | | | | | | | | | | SM | | | 54 | |
| SS-6 | 22.50 | 22.95 | 17.4 | | NP | | | 100 | 100 | 98 | 79 | 12 | SM | | | 66 | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | |

SUMMARY OF TEST RESULTS

| PROJECT | | | | | | | | | | LOCATION | | | | | | |
|--|-----------|-------|-------------------|----------------------|------|------|-------------------------------------|--------------------------|-------|--|--------|----------|-------------------------|-------------------------------------|----------------|-------------------|
| โครงการสำรวจชั้นดินและวิเคราะห์โครงสร้างถนนเลียบบคลองในจังหวัดปทุมธานี พระนครศรีอยุธยา อ่างทอง สิงห์บุรี และชัยนาท | | | | | | | | | | อย.5042 กม.11+000 อำเภอบางปะอิน จังหวัดพระนครศรีอยุธยา | | | | | | |
| DATE | | | BORING NO. | | | | OBSERVED W.L. | | | | | JOB NO. | | | | |
| 30/10/2558 | | | BH-AY 55 | | | | - m. | | | | | P-450/58 | | | | |
| SAMPLE NO. | DEPTH (m) | | WATER CONTENT (%) | ATTERBERG LIMITS (%) | | | WET UNIT WEIGHT (t/m ³) | SIEVE ANALYSIS (% FINER) | | | | | GROUP SYMBOL (U.S.C.S.) | UNDRAINED SHEAR STRENGTH, (t/sq.m.) | | SPT (N) blows/ft. |
| | FROM | TO | | LL | PL | PI | | NO. 3/8" | NO. 4 | NO. 10 | NO. 40 | NO. 200 | | U _c | U _p | |
| SS-1 | 1.50 | 1.95 | 18.4 | | | | | | | | | | CL | | | 13 |
| SS-2 | 3.00 | 3.45 | 20.6 | | | | | | | | | | CL | | | 8 |
| ST-1 | 4.50 | 5.00 | 72.7 | 79.3 | 35.4 | 43.9 | 15.7 | 100 | 100 | 100 | 98 | 95 | CH | 1.82 | | |
| ST-2 | 6.00 | 6.50 | 74.6 | | | | 1.55 | | | | | | CH | 1.23 | | |
| ST-3 | 7.50 | 8.00 | 70.9 | | | | 1.58 | | | | | | CH | 1.57 | | |
| ST-4 | 9.00 | 9.50 | 68.3 | 73.4 | 32.2 | 41.2 | 1.60 | 100 | 100 | 98 | 95 | 92 | CH | 1.63 | | |
| ST-5 | 10.50 | 11.00 | 67.7 | | | | 1.60 | | | | | | CH | 1.69 | | |
| ST-6 | 12.00 | 12.50 | 52.4 | | | | 1.70 | | | | | | CH | 3.63 | | |
| SS-3 | 13.00 | 13.45 | 20.8 | 34.2 | 17.7 | 16.5 | | 100 | 100 | 97 | 96 | 94 | CL | | | 14 |
| SS-4 | 13.50 | 13.95 | 20.1 | | | | | | | | | | CL | | | 18 |
| SS-5 | 15.00 | 15.45 | 19.9 | | | | | | | | | | CL | | | 22 |
| SS-6 | 16.50 | 16.95 | 19.2 | 30.1 | 15.9 | 14.2 | | 100 | 100 | 95 | 92 | 86 | CL | | | 27 |
| SS-7 | 18.00 | 18.45 | 18.7 | | | | | | | | | | CL | | | 20 |
| SS-8 | 19.50 | 19.95 | 16.6 | | NP | | | 100 | 100 | 89 | 65 | 21 | SM | | | 56 |
| SS-9 | 21.00 | 21.45 | 16.7 | | | | | | | | | | SM | | | 65 |
| SS-10 | 22.50 | 22.95 | 17.3 | | NP | | | 100 | 98 | 92 | 69 | 18 | SM | | | 60 |
| | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | |

SUMMARY OF TEST RESULTS

| PROJECT | | | | | | | | | | | | | LOCATION | | | |
|--|-----------|-------|-------------------|----------------------|------|------|-------------------------------------|--------------------------|-------|--------|--------|----------|--|-------------------------------------|----------------|-------------------|
| โครงการสำรวจชั้นดินและวิเคราะห์โครงสร้างถนนเลียบบคลองในจังหวัดปทุมธานี พระนครศรีอยุธยา อ่างทอง สิงห์บุรี และชัยนาท | | | | | | | | | | | | | อย.5042 กม.11+500 อำเภอบางปะอิน จังหวัดพระนครศรีอยุธยา | | | |
| DATE | | | BORING NO. | | | | OBSERVED W.L. | | | | | JOB NO. | | | | |
| 16/1/2559 | | | BH-AY 56 | | | | -2.00 m. | | | | | P-450/58 | | | | |
| SAMPLE NO. | DEPTH (m) | | WATER CONTENT (%) | ATTERBERG LIMITS (%) | | | WET UNIT WEIGHT (t/m ³) | SIEVE ANALYSIS (% FINER) | | | | | GROUP SYMBOL (U.S.C.S.) | UNDRAINED SHEAR STRENGTH, (t/sq.m.) | | SPT (N) blows/ft. |
| | FROM | TO | | LL | PL | PI | | NO. 3/8" | NO. 4 | NO. 10 | NO. 40 | NO. 200 | | U _c | U _p | |
| SS-1 | 1.50 | 1.95 | 20.1 | | | | | | | | | | CL | | | 13 |
| SS-2 | 3.00 | 3.45 | 19.8 | | | | | | | | | | CL | | | 7 |
| ST-1 | 4.50 | 5.00 | 78.7 | 80.3 | 33.2 | 47.1 | 1.50 | 100 | 100 | 100 | 99 | 96 | CH | 1.63 | | |
| ST-2 | 6.00 | 6.50 | 75.3 | | | | 1.55 | | | | | | CH | 1.17 | | |
| ST-3 | 7.50 | 8.00 | 71.6 | | | | 1.58 | | | | | | CH | 1.29 | | |
| ST-4 | 9.00 | 9.50 | 74.5 | 75.7 | 31.0 | 44.7 | 1.56 | 100 | 100 | 99 | 98 | 95 | CH | 1.42 | | |
| ST-5 | 10.50 | 11.00 | 69.6 | | | | 1.58 | | | | | | CH | 1.76 | | |
| ST-6 | 12.00 | 12.50 | 60.2 | | | | 1.63 | | | | | | CH | 1.64 | | |
| SS-3 | 13.50 | 13.95 | 17.4 | 32.8 | 16.1 | 16.7 | | 100 | 100 | 96 | 89 | 78 | CL | | | 18 |
| SS-4 | 15.00 | 15.45 | 18.7 | | | | | | | | | | CL | | | 16 |
| SS-5 | 16.50 | 16.95 | 19.1 | 30.9 | 16.8 | 14.1 | | 100 | 100 | 97 | 82 | 71 | CL | | | 24 |
| SS-6 | 18.00 | 18.45 | 16.3 | NP | | | | 100 | 100 | 93 | 65 | 18 | SM | | | 50 |
| SS-7 | 19.50 | 19.95 | 15.1 | | | | | | | | | | SM | | | 56 |
| SS-8 | 21.00 | 21.45 | 17.3 | NP | | | | 100 | 100 | 95 | 72 | 15 | SM | | | 61 |
| | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | |

SUMMARY OF TEST RESULTS

| PROJECT | | | | | | | | | | LOCATION | | | | | | |
|--|-----------|-------|-------------------|----------------------|------|------|-------------------------------------|--------------------------|-------|--|--------|----------|-------------------------|-------------------------------------|----------------|-------------------|
| โครงการสำรวจชั้นดินและวิเคราะห์โครงสร้างถนนเลียบบคลองในจังหวัดปทุมธานี พระนครศรีอยุธยา อ่างทอง สิงห์บุรี และชัยนาท | | | | | | | | | | อย.5042 กม.12+000 อำเภอบางปะอิน จังหวัดพระนครศรีอยุธยา | | | | | | |
| DATE | | | BORING NO. | | | | OBSERVED W.L. | | | | | JOB NO. | | | | |
| 26/10/2558 | | | BH-AY 57 | | | | -1.40 m. | | | | | P-450/58 | | | | |
| SAMPLE NO. | DEPTH (m) | | WATER CONTENT (%) | ATTERBERG LIMITS (%) | | | WET UNIT WEIGHT (t/m ³) | SIEVE ANALYSIS (% FINER) | | | | | GROUP SYMBOL (U.S.C.S.) | UNDRAINED SHEAR STRENGTH, (t/sq.m.) | | SPT (N) blows/ft. |
| | FROM | TO | | LL | PL | PI | | NO. 3/8" | NO. 4 | NO. 10 | NO. 40 | NO. 200 | | U _c | U _p | |
| SS-1 | 1.50 | 1.95 | 18.3 | | | | | | | | | CL | | | 12 | |
| SS-2 | 3.00 | 3.45 | 18.5 | | | | | | | | | CL | | | 16 | |
| SS-3 | 4.50 | 4.95 | 19.1 | 34.1 | 18.3 | 15.8 | | 100 | 100 | 100 | 96 | 93 | CL | | 14 | |
| ST-1 | 6.00 | 6.50 | 69.3 | | | | 1.58 | | | | | | CH | 1.87 | | |
| ST-2 | 7.50 | 8.00 | 68.6 | 77.3 | 33.9 | 43.4 | 1.56 | 100 | 100 | 98 | 97 | 90 | CH | 2.14 | | |
| ST-3 | 9.00 | 9.50 | 71.3 | | | | 1.57 | | | | | | CH | 1.56 | | |
| ST-4 | 10.50 | 11.00 | 59.6 | 71.2 | 30.6 | 40.6 | 1.65 | 100 | 100 | 96 | 93 | 89 | CH | 3.32 | | |
| SS-4 | 12.00 | 12.45 | 19.7 | | | | | | | | | | CL | | 15 | |
| SS-5 | 13.50 | 13.95 | 20.1 | 32.6 | 18.7 | 13.9 | | 100 | 100 | 98 | 94 | 85 | CL | | 18 | |
| SS-6 | 15.00 | 15.45 | 18.7 | | | | | | | | | | CL | | 25 | |
| SS-7 | 16.50 | 16.95 | 17.6 | 31.8 | 17.6 | 14.2 | | 100 | 100 | 91 | 89 | 74 | CL | | 26 | |
| SS-8 | 18.00 | 18.45 | 15.9 | NP | | | | 100 | 98 | 84 | 60 | 28 | SM | | 54 | |
| SS-9 | 19.50 | 19.95 | 16.3 | | | | | | | | | | SM | | 59 | |
| SS-10 | 21.00 | 21.45 | 18.2 | NP | | | | 100 | 100 | 98 | 46 | 24 | SM | | 68 | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | |

SUMMARY OF TEST RESULTS

| PROJECT | | | | | | | | | | LOCATION | | | | | | |
|--|-----------|-------|-------------------|----------------------|------|------|-------------------------------------|--------------------------|-------|--|--------|----------|-------------------------|-------------------------------------|----------------|-------------------|
| โครงการสำรวจชั้นดินและวิเคราะห์โครงสร้างถนนเลียบบคลองในจังหวัดปทุมธานี พระนครศรีอยุธยา อ่างทอง สิงห์บุรี และชัยนาท | | | | | | | | | | อย.5042 กม.12+500 อำเภอบางปะอิน จังหวัดพระนครศรีอยุธยา | | | | | | |
| DATE | | | BORING NO. | | | | OBSERVED W.L. | | | | | JOB NO. | | | | |
| 17/1/2559 | | | BH-AY 58 | | | | -2.00 m. | | | | | P-450/58 | | | | |
| SAMPLE NO. | DEPTH (m) | | WATER CONTENT (%) | ATTERBERG LIMITS (%) | | | WET UNIT WEIGHT (t/m ³) | SIEVE ANALYSIS (% FINER) | | | | | GROUP SYMBOL (U.S.C.S.) | UNDRAINED SHEAR STRENGTH, (t/sq.m.) | | SPT (N) blows/ft. |
| | FROM | TO | | LL | PL | PI | | NO. 3/8" | NO. 4 | NO. 10 | NO. 40 | NO. 200 | | U _c | U _p | |
| SS-1 | 1.50 | 1.95 | 19.4 | | | | | | | | | | CL | | | 8 |
| SS-2 | 3.00 | 3.45 | 19.1 | | | | | | | | | | CL | | | 5 |
| ST-1 | 4.50 | 5.00 | 70.9 | 69.6 | 31.8 | 37.8 | 1.58 | 100 | 100 | 99 | 98 | 92 | CH | 1.74 | | |
| ST-2 | 6.00 | 6.50 | 71.3 | | | | 1.57 | | | | | | CH | 1.46 | | |
| ST-3 | 7.50 | 8.00 | 70.6 | 72.5 | 33.1 | 39.4 | 1.57 | 100 | 100 | 99 | 97 | 90 | CH | 1.25 | | |
| ST-4 | 9.00 | 9.50 | 66.1 | | | | 1.62 | | | | | | CH | 2.19 | | |
| ST-5 | 10.50 | 11.00 | 53.7 | | | | 1.69 | | | | | | CH | 4.33 | | |
| SS-3 | 12.00 | 12.45 | 18.9 | 31.6 | 16.2 | 15.4 | | 100 | 98 | 93 | 85 | 79 | CL | | | 12 |
| SS-4 | 13.50 | 13.95 | 18.2 | | | | | | | | | | CL | | | 20 |
| SS-5 | 15.00 | 15.45 | 19.3 | | NP | | | 100 | 100 | 94 | 51 | 20 | SM | | | 54 |
| SS-6 | 16.50 | 16.95 | 16.5 | | | | | | | | | | SM | | | 67 |
| SS-7 | 18.00 | 18.45 | 17.7 | | NP | | | 100 | 100 | 91 | 35 | 17 | SM | | | 64 |
| | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | |

SUMMARY OF TEST RESULTS

| PROJECT | | | | | | | | | | | | | LOCATION | | | | |
|--|-----------|-------|-------------------|----------------------|------|------|-------------------------------------|--------------------------|-------|--------|--------|----------|--|-------------------------------------|----------------|-------------------|--|
| โครงการสำรวจชั้นดินและวิเคราะห์โครงสร้างถนนเลียบบคลองในจังหวัดปทุมธานี พระนครศรีอยุธยา อ่างทอง สิงห์บุรี และชัยนาท | | | | | | | | | | | | | อย.5042 กม.13+000 อำเภอบางปะอิน จังหวัดพระนครศรีอยุธยา | | | | |
| DATE | | | BORING NO. | | | | OBSERVED W.L. | | | | | JOB NO. | | | | | |
| 31/10/2558 | | | BH-AY 59 | | | | -1.35 m. | | | | | P-450/58 | | | | | |
| SAMPLE NO. | DEPTH (m) | | WATER CONTENT (%) | ATTERBERG LIMITS (%) | | | WET UNIT WEIGHT (t/m ³) | SIEVE ANALYSIS (% FINER) | | | | | GROUP SYMBOL (U.S.C.S.) | UNDRAINED SHEAR STRENGTH, (t/sq.m.) | | SPT (N) blows/ft. | |
| | FROM | TO | | LL | PL | PI | | NO. 3/8" | NO. 4 | NO. 10 | NO. 40 | NO. 200 | | U _c | U _p | | |
| SS-1 | 1.50 | 1.95 | 22.3 | | | | | | | | | | CL | | | 15 | |
| ST-1 | 3.00 | 3.50 | 64.3 | 74.4 | 34.3 | 40.1 | 1.59 | 100 | 100 | 96 | 89 | 87 | CH | 2.16 | | | |
| ST-2 | 4.50 | 5.00 | 69.6 | | | | 1.58 | | | | | | CH | 1.74 | | | |
| ST-3 | 6.00 | 6.50 | 65.3 | | | | 1.58 | | | | | | CH | 1.95 | | | |
| ST-4 | 7.50 | 8.00 | 62.1 | 70.5 | 32.9 | 37.6 | 1.63 | 100 | 99 | 98 | 94 | 30 | CH | 2.96 | | | |
| SS-2 | 8.00 | 8.45 | 21.0 | | | | | | | | | | CH | | | 8 | |
| SS-3 | 9.00 | 9.45 | 19.8 | | | | | | | | | | CH | | | 10 | |
| SS-4 | 10.50 | 10.95 | 20.1 | 31.5 | 16.8 | 14.7 | | 100 | 100 | 97 | 93 | 87 | CH | | | 9 | |
| SS-5 | 12.00 | 12.45 | 17.6 | | | | | | | | | | CH | | | 11 | |
| SS-6 | 13.50 | 13.95 | 18.4 | 34.4 | 16.2 | 18.2 | | 100 | 97 | 88 | 76 | 69 | CL | | | 19 | |
| SS-7 | 15.00 | 15.45 | 15.8 | | | | | | | | | | CL | | | 24 | |
| SS-8 | 16.50 | 16.95 | 16.2 | NP | | | | 100 | 97 | 94 | 46 | 21 | SM | | | 52 | |
| SS-9 | 18.00 | 18.45 | 19.1 | | | | | | | | | | SM | | | 50 | |
| SS-10 | 19.50 | 19.95 | 18.0 | NP | | | | 100 | 100 | 93 | 42 | 11 | SM | | | 56 | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | |

SUMMARY OF TEST RESULTS

| PROJECT | | | | | | | | | | | | LOCATION | | | | | |
|--|-----------|-------|-------------------|----------------------|------|------|-------------------------------------|--------------------------|-------|--------|--------|--|-------------------------|-------------------------------------|----------------|-------------------|--|
| โครงการสำรวจชั้นดินและวิเคราะห์โครงสร้างถนนเลียบบคลองในจังหวัดปทุมธานี พระนครศรีอยุธยา อ่างทอง สิงห์บุรี และชัยนาท | | | | | | | | | | | | อย.5042 กม.14+000 อำเภอบางปะอิน จังหวัดพระนครศรีอยุธยา | | | | | |
| DATE | | | BORING NO. | | | | OBSERVED W.L. | | | | | JOB NO. | | | | | |
| 26/10/2558 | | | BH-AY 60 | | | | -1.30 m. | | | | | P-450/58 | | | | | |
| SAMPLE NO. | DEPTH (m) | | WATER CONTENT (%) | ATTERBERG LIMITS (%) | | | WET UNIT WEIGHT (t/m ³) | SIEVE ANALYSIS (% FINER) | | | | | GROUP SYMBOL (U.S.C.S.) | UNDRAINED SHEAR STRENGTH, (t/sq.m.) | | SPT (N) blows/ft. | |
| | FROM | TO | | LL | PL | PI | | NO. 3/8" | NO. 4 | NO. 10 | NO. 40 | NO. 200 | | U _c | U _p | | |
| SS-1 | 1.50 | 1.95 | 23.2 | | | | | | | | | CL | | | 8 | | |
| ST-1 | 3.00 | 3.50 | 70.0 | 72.2 | 31.8 | 40.4 | 1.58 | 100 | 100 | 100 | 98 | 90 | CH | 1.89 | | | |
| ST-2 | 4.50 | 5.00 | 74.9 | | | | 1.56 | | | | | | CH | 1.17 | | | |
| ST-3 | 6.00 | 6.50 | 79.5 | | | | 1.53 | | | | | | CH | 1.36 | | | |
| ST-4 | 7.50 | 8.00 | 76.6 | 80.6 | 32.5 | 48.1 | 1.55 | 100 | 100 | 99 | 94 | 82 | CH | 1.49 | | | |
| ST-5 | 9.00 | 9.50 | 74.3 | | | | 1.56 | | | | | | CH | 2.07 | | | |
| ST-6 | 10.50 | 11.00 | 65.5 | | | | 1.61 | | | | | | CH | 1.93 | | | |
| ST-7 | 12.00 | 12.50 | 54.7 | 69.8 | 29.9 | 39.9 | 1.69 | 100 | 100 | 96 | 92 | 87 | CH | 4.18 | | | |
| SS-2 | 12.50 | 12.95 | 19.6 | | | | | | | | | | CL | | 14 | | |
| SS-3 | 13.50 | 13.95 | 20.4 | | | | | | | | | | CL | | 17 | | |
| SS-4 | 15.00 | 15.45 | 18.8 | 32.1 | 15.8 | 16.3 | | 100 | 99 | 94 | 86 | 79 | CL | | 25 | | |
| SS-5 | 16.50 | 16.95 | 17.1 | NP | | | | 100 | 100 | 96 | 84 | 15 | SM | | 53 | | |
| SS-6 | 8.00 | 8.45 | 18.3 | | | | | | | | | | SM | | 60 | | |
| SS-7 | 19.50 | 19.95 | 16.5 | NP | | | | 100 | 99 | 97 | 63 | 12 | SM | | 55 | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | |

SUMMARY OF TEST RESULTS

| PROJECT | | | | | | | | | | | | | LOCATION | | | | |
|--|-----------|-------|-------------------|----------------------|------|------|-------------------------------------|--------------------------|-------|--------|--------|----------|--|-------------------------------------|----------------|-------------------|--|
| โครงการสำรวจชั้นดินและวิเคราะห์โครงสร้างถนนเลียบบคลองในจังหวัดปทุมธานี พระนครศรีอยุธยา อ่างทอง สิงห์บุรี และชัยนาท | | | | | | | | | | | | | อย.5042 กม.15+000 อำเภอบางปะอิน จังหวัดพระนครศรีอยุธยา | | | | |
| DATE | | | BORING NO. | | | | OBSERVED W.L. | | | | | JOB NO. | | | | | |
| 31/10/2558 | | | BH-AY 61 | | | | -1.50 m. | | | | | P-450/58 | | | | | |
| SAMPLE NO. | DEPTH (m) | | WATER CONTENT (%) | ATTERBERG LIMITS (%) | | | WET UNIT WEIGHT (t/m ³) | SIEVE ANALYSIS (% FINER) | | | | | GROUP SYMBOL (U.S.C.S.) | UNDRAINED SHEAR STRENGTH, (t/sq.m.) | | SPT (N) blows/ft. | |
| | FROM | TO | | LL | PL | PI | | NO. 3/8" | NO. 4 | NO. 10 | NO. 40 | NO. 200 | | U _c | U _p | | |
| SS-1 | 1.50 | 1.95 | 22.1 | | | | | | | | | | CL | | | 12 | |
| SS-2 | 3.00 | 3.45 | 20.6 | | | | | | | | | | CL | | | 11 | |
| ST-1 | 4.50 | 5.00 | 68.9 | 72.7 | 30.1 | 42.6 | 1.59 | 100 | 100 | 100 | 99 | 98 | CH | 1.28 | | | |
| ST-2 | 6.00 | 6.50 | 67.4 | | | | 1.60 | | | | | | CH | 1.53 | | | |
| ST-3 | 7.50 | 8.00 | 65.3 | 73.9 | 31.8 | 42.1 | 1.60 | 100 | 100 | 99 | 98 | 94 | CH | 1.67 | | | |
| ST-4 | 9.00 | 9.50 | 63.7 | | | | 1.62 | | | | | | CH | 2.35 | | | |
| ST-5 | 10.50 | 11.00 | 54.2 | | | | 1.69 | | | | | | CH | 3.89 | | | |
| SS-3 | 12.00 | 12.45 | 19.9 | 32.5 | 17.9 | 14.6 | | 100 | 100 | 98 | 90 | 73 | CL | | | 16 | |
| SS-4 | 13.50 | 13.95 | 20.1 | | | | | | | | | | CL | | | 26 | |
| SS-5 | 15.00 | 15.45 | 18.6 | | NP | | | 100 | 100 | 98 | 61 | 14 | SM | | | 57 | |
| SS-6 | 16.50 | 16.95 | 19.2 | | | | | | | | | | SM | | | 53 | |
| SS-7 | 18.00 | 18.45 | 17.4 | | NP | | | 100 | 100 | 94 | 54 | 16 | SM | | | 61 | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | |

SUMMARY OF TEST RESULTS

| PROJECT | | | | | | | | | | LOCATION | | | | | | |
|--|-----------|-------|-------------------|----------------------|------|------|-------------------------------------|--------------------------|-------|--|--------|----------|-------------------------|-------------------------------------|----------------|-------------------|
| โครงการสำรวจชั้นดินและวิเคราะห์โครงสร้างถนนเลียบบคลองในจังหวัดปทุมธานี พระนครศรีอยุธยา อ่างทอง สิงห์บุรี และชัยนาท | | | | | | | | | | อย.5042 กม.16+000 อำเภอบางปะอิน จังหวัดพระนครศรีอยุธยา | | | | | | |
| DATE | | | BORING NO. | | | | OBSERVED W.L. | | | | | JOB NO. | | | | |
| 27/10/2558 | | | BH-AY 62 | | | | -1.40 m. | | | | | P-450/58 | | | | |
| SAMPLE NO. | DEPTH (m) | | WATER CONTENT (%) | ATTERBERG LIMITS (%) | | | WET UNIT WEIGHT (t/m ³) | SIEVE ANALYSIS (% FINER) | | | | | GROUP SYMBOL (U.S.C.S.) | UNDRAINED SHEAR STRENGTH, (t/sq.m.) | | SPT (N) blows/ft. |
| | FROM | TO | | LL | PL | PI | | NO. 3/8" | NO. 4 | NO. 10 | NO. 40 | NO. 200 | | U _c | U _p | |
| SS-1 | 1.50 | 1.95 | 21.1 | | | | | | | | | | CL | | | 9 |
| ST-1 | 3.00 | 3.50 | 77.6 | 81.9 | 34.2 | 47.7 | 1.55 | 100 | 100 | 100 | 98 | 96 | CH | 1.26 | | |
| ST-2 | 4.50 | 5.00 | 81.3 | | | | 1.53 | | | | | | CH | 1.39 | | |
| ST-3 | 6.00 | 6.50 | 78.3 | | | | 1.54 | | | | | | CH | 1.07 | | |
| ST-4 | 7.50 | 8.00 | 79.9 | 82.7 | 34.9 | 47.8 | 1.53 | 100 | 100 | 98 | 94 | 87 | CH | 1.46 | | |
| ST-5 | 9.00 | 9.50 | 74.8 | | | | 1.56 | | | | | | CH | 1.87 | | |
| ST-6 | 10.50 | 11.00 | 68.3 | | | | 1.6 | | | | | | CH | 2.08 | | |
| ST-7 | 12.00 | 12.50 | 72.5 | 76.0 | 31.7 | 44.3 | 1.57 | 100 | 100 | 99 | 93 | 76 | CH | 2.44 | | |
| ST-8 | 13.50 | 14.00 | 59.6 | | | | 1.64 | | | | | | CH | 3.71 | | |
| SS-2 | 14.00 | 14.45 | 22.4 | | | | | | | | | | CL | | | 8 |
| SS-3 | 15.00 | 15.45 | 20.6 | 34.3 | 20.2 | 14.1 | | 100 | 100 | 99 | 97 | 90 | CL | | | 14 |
| SS-4 | 16.50 | 16.95 | 19.8 | | | | | | | | | | CL | | | 11 |
| SS-5 | 18.00 | 18.45 | 19.1 | NP | | | | 100 | 100 | 97 | 81 | 18 | SM | | | 26 |
| SS-6 | 19.50 | 19.95 | 18.4 | | | | | | | | | | SM | | | 54 |
| SS-7 | 21.00 | 21.45 | 16.3 | NP | | | | 100 | 100 | 94 | 75 | 16 | SM | | | 55 |
| SS-8 | 22.50 | 22.95 | 17.1 | | | | | | | | | | SM | | | 60 |
| | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | |

SUMMARY OF TEST RESULTS

| PROJECT | | | | | | | | | | | | | LOCATION | | | | |
|--|-----------|-------|-------------------|----------------------|------|------|-------------------------------------|--------------------------|-------|--------|--------|----------|--|-------------------------------------|----------------|-------------------|--|
| โครงการสำรวจชั้นดินและวิเคราะห์โครงสร้างถนนเลียบบคลองในจังหวัดปทุมธานี พระนครศรีอยุธยา อ่างทอง สิงห์บุรี และชัยนาท | | | | | | | | | | | | | อย.5042 กม.17+000 อำเภอบางปะอิน จังหวัดพระนครศรีอยุธยา | | | | |
| DATE | | | BORING NO. | | | | OBSERVED W.L. | | | | | JOB NO. | | | | | |
| 1/11/2558 | | | BH-AY 63 | | | | -1.20 m. | | | | | P-450/58 | | | | | |
| SAMPLE NO. | DEPTH (m) | | WATER CONTENT (%) | ATTERBERG LIMITS (%) | | | WET UNIT WEIGHT (t/m ³) | SIEVE ANALYSIS (% FINER) | | | | | GROUP SYMBOL (U.S.C.S.) | UNDRAINED SHEAR STRENGTH, (t/sq.m.) | | SPT (N) blows/ft. | |
| | FROM | TO | | LL | PL | PI | | NO. 3/8" | NO. 4 | NO. 10 | NO. 40 | NO. 200 | | U _c | U _p | | |
| SS-1 | 1.50 | 1.95 | 23.0 | | | | | | | | | | CL | | | 16 | |
| SS-2 | 3.00 | 3.45 | 21.7 | | | | | | | | | | CL | | | 12 | |
| ST-1 | 4.50 | 5.00 | 74.8 | 82.5 | 35.3 | 47.2 | 1.56 | 100 | 100 | 100 | 97 | 96 | CH | 2.61 | | | |
| ST-2 | 6.00 | 6.50 | 80.1 | | | | 1.53 | | | | | | CH | 1.52 | | | |
| ST-3 | 7.50 | 8.00 | 81.6 | | | | 1.52 | | | | | | CH | 1.41 | | | |
| ST-4 | 9.00 | 9.50 | 76.4 | 85.5 | 36.9 | 48.6 | 1.55 | 100 | 100 | 99 | 98 | 94 | CH | 2.27 | | | |
| ST-5 | 10.50 | 11.00 | 66.9 | | | | 1.62 | | | | | | CH | 3.32 | | | |
| SS-3 | 12.00 | 12.45 | 20.1 | | | | | | | | | | CL | | | 10 | |
| SS-4 | 13.50 | 13.95 | 19.3 | 32.2 | 18.4 | 13.8 | | 100 | 100 | 100 | 97 | 82 | CL | | | 15 | |
| SS-5 | 15.00 | 15.45 | 18.6 | | | | | | | | | | CL | | | 14 | |
| SS-6 | 16.50 | 16.95 | 19.9 | | | | | | | | | | CL | | | 29 | |
| SS-7 | 18.00 | 18.45 | 18.7 | 30.9 | 16.7 | 14.2 | | 100 | 100 | 99 | 66 | 14 | CL | | | 54 | |
| SS-8 | 19.50 | 19.95 | 17.8 | | NP | | | 100 | 100 | 95 | 49 | 20 | SM | | | 50 | |
| SS-9 | 21.00 | 21.45 | 17.4 | | | | | | | | | | SM | | | 69 | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | |

SUMMARY OF TEST RESULTS

| PROJECT | | | | | | | | | | | | | LOCATION | | | | |
|--|-----------|-------|-------------------|----------------------|------|------|-------------------------------------|--------------------------|-------|--------|--------|----------|--|-------------------------------------|----------------|-------------------|--|
| โครงการสำรวจชั้นดินและวิเคราะห์โครงสร้างถนนเลียบบคลองในจังหวัดปทุมธานี พระนครศรีอยุธยา อ่างทอง สิงห์บุรี และชัยนาท | | | | | | | | | | | | | อย.5042 กม.18+000 อำเภอบางปะอิน จังหวัดพระนครศรีอยุธยา | | | | |
| DATE | | | BORING NO. | | | | OBSERVED W.L. | | | | | JOB NO. | | | | | |
| 27/10/2558 | | | BH-AY 64 | | | | -1.80 m. | | | | | P-450/58 | | | | | |
| SAMPLE NO. | DEPTH (m) | | WATER CONTENT (%) | ATTERBERG LIMITS (%) | | | WET UNIT WEIGHT (t/m ³) | SIEVE ANALYSIS (% FINER) | | | | | GROUP SYMBOL (U.S.C.S.) | UNDRAINED SHEAR STRENGTH, (t/sq.m.) | | SPT (N) blows/ft. | |
| | FROM | TO | | LL | PL | PI | | NO. 3/8" | NO. 4 | NO. 10 | NO. 40 | NO. 200 | | U _c | U _p | | |
| SS-1 | 1.50 | 1.95 | 20.0 | | | | | | | | | | CL | | | 16 | |
| SS-2 | 3.00 | 3.45 | 23.2 | | | | | | | | | | CL | | | 11 | |
| ST-1 | 4.50 | 5.00 | 68.8 | 72.6 | 30.9 | 41.7 | 1.60 | 100 | 100 | 99 | 97 | 96 | CH | 2.22 | | | |
| ST-2 | 6.00 | 6.50 | 70.9 | | | | 1.56 | | | | | | CH | 1.59 | | | |
| ST-3 | 7.50 | 8.00 | 65.0 | | | | 1.60 | | | | | | CH | 2.31 | | | |
| ST-4 | 9.00 | 9.50 | 61.7 | 69.3 | 30.7 | 38.6 | 1.64 | 100 | 100 | 99 | 94 | 81 | CH | 2.17 | | | |
| ST-5 | 10.50 | 11.00 | 56.8 | | | | 1.67 | | | | | | CH | 4.28 | | | |
| SS-3 | 12.00 | 12.45 | 19.6 | | | | | | | | | | CL | | | 18 | |
| SS-4 | 13.50 | 13.95 | 16.8 | 32.4 | 18.6 | 13.8 | | 100 | 100 | 99 | 90 | 83 | CL | | | 24 | |
| SS-5 | 15.00 | 15.45 | 20.7 | | | | | | | | | | CL | | | 56 | |
| SS-6 | 16.50 | 16.95 | 18.3 | | NP | | | 100 | 98 | 92 | 69 | 18 | SM | | | 55 | |
| SS-7 | 18.00 | 18.45 | 17.0 | | | | | | | | | | SM | | | 65 | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | |

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-นามสกุล นาย ปุณณวิช ปานกลาง
วัน เดือน ปีเกิด 29 มกราคม 2536 ที่ กรุงเทพมหานคร
ที่อยู่ 5/1 หมู่บ้าน เกษมส ารณ ซอย เกษมส ารณ1 ถนน พญาไท
แขวง คลองตันเหนือ เขต วัฒนา กรุงเทพมหานคร 10110
โทร 0-2391-1535, 061-459-8235
ประวัติการศึกษา 2558 วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ความชำนาญเฉพาะด้าน 1.) วิศวกรรมปฐพี
งานวิจัยที่ได้รับการตีพิมพ์ 1.) ปุณณวิช และธนาตล (2560). การประเมินผลการสำรวจชั้นดินเพื่อ
หาจุดอ่อนไหวต่อการพิบัติสำหรับถนนเลียบบคันคลอง. การประชุม
วิชาการระดับชาติ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน
ครั้งที่ 14



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้