

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การทรุดตัวของดินในเขตบริเวณกรุงเทพ ฯ

และการวิเคราะห์การทรุดตัวของถนนที่ถูกปรับปรุงโดย PVD

LAND SUBSIDENCE IN BANGKOK METROPOLITAN AND SETTLEMENT ANALYSIS
OF ROADWAY IMPROVED BY PREFABRICATED VERTICAL DRAIN



โดย

นายพีรรัฐ

พนาเจริญ ไพบูลย์

นายภากร

คูวุฒยากร

นายวรวัฒน์

เชิญสวัสดิ์

โครงการพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิศวกรรมการก่อสร้าง

ภาควิชาวิศวกรรมโยธา

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2541

ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์

เลขหมึก.....

เลขทะเบียน.....33941

วัน, เดือน, ปี 23 ก.ย. 2542

ขอสงวนสิทธิ์ในการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทรุดตัวของดินในเขตบริเวณกรุงเทพ ฯ
และการวิเคราะห์การทรุดตัวของถนนที่ถูกปรับปรุงโดย PVD

**Land Subsidence in Bangkok Metropolitan
and Settlement Analysis of Roadway Improved by Prefabricated Vertical Drain**

โดย นายพีรรัฐ พนาเจริญไพบูลย์ รหัส 38014354
นายภากร คุณฉายากร รหัส 38014369
นายวรวัฒน์ เขิญสวัสดิ์ รหัส 38014437
ภาควิชา วิศวกรรมโยธา สาขาวิชา วิศวกรรมการก่อสร้าง
อาจารย์ที่ปรึกษา อาจารย์สมเกียรติ ขวัญพุกภัย
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม Dr. Seah, Tian Ho

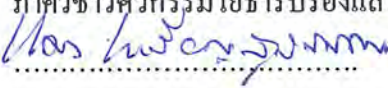
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ใบรับรองโครงการพิเศษ

.....

หัวข้อโครงการพิเศษ การทรุดตัวของดินในเขตบริเวณกรุงเทพ ฯ และการวิเคราะห์การทรุดตัวของ
ถนนที่ถูกปรับปรุงโดย PVD
(LAND SUBSIDENCE IN BANGKOK METROPOLITAN AND
SETTLEMENT ANALYSIS OF ROADWAY IMPROVED BY
PREFABRICATED VERTICAL DRAIN)
นักศึกษา นายพีรรัฐ พนาเจริญ ไพบูลย์ รหัส 38014354
นายภากร คุวุฒยากร รหัส 38014369
นายวรวุฒน์ เชิญสวัสดิ์ รหัส 38014437
หลักสูตร วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชา วิศวกรรมการก่อสร้าง
ภาควิชา วิศวกรรมโยธา
อาจารย์ที่ปรึกษา อาจารย์สมเกียรติ ขวัญพุกภัย
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม Dr. Seah, Tian Ho

คณะกรรมการสอบโครงการพิเศษ	ลายมือชื่อ
1. อาจารย์สมเกียรติ ขวัญพุกภัย	
2. อาจารย์สุพจน์ ศรีนิล	
3. อาจารย์สุวัฒน์ ธิรเศรษฐ์	

ภาควิชาวิศวกรรมโยธารับรองแล้ว

.....
(ผศ.ดร.แดง เจริญสุวรรณ)
หัวหน้าภาควิชาวิศวกรรมโยธา
วันที่.....เดือน.....พ.ศ.2542

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทคัดย่อ

ในการออกแบบและวางแผนโครงการสิ่งก่อสร้างต่าง ๆ มักจะประสบปัญหาในการทรุดตัวของแผ่นดิน เช่น การเสื่อมคุณภาพของถนน การแตกร้าวของตัวอาคาร รบกวนต่อระบบระบายน้ำ และปัญหาการจมตัวของหมุดหลักเขต

ในโครงการพิเศษครั้งนี้จึงได้มีการจัดทำ Contour Map การทรุดตัวของแผ่นดินในบริเวณกรุงเทพฯ เพื่อจะได้เป็นประโยชน์ต่อผู้ออกแบบ โดยการรวบรวมข้อมูลการทรุดตัวในบริเวณกรุงเทพฯ จากกรมทรัพยากรธรณี ตั้งแต่ปี 2534-2540 มาคัดแยก สร้าง Contour Map ขึ้น ปรากฏว่าการทรุดตัวที่วิกฤตจะเกิดขึ้นบริเวณสมุทรปราการคือมีอัตราการทรุดตัวประมาณ 4.5-6.5 ซม./ปี และบริเวณใจกลางเมือง(พหลโยธิน, ลาดพร้าว, บางซื่อ)จะมีอัตราการทรุดตัวเพียงเล็กน้อย คือประมาณ 0.4-2.5 ซม./ปีเมื่อเปรียบเทียบกับหมุดอ้างอิงที่มีความลึก 6098 ฟุต และสามารถสรุปได้ว่าปัญหาการทรุดตัวมีสาเหตุมาจากการสูบน้ำใต้ดินขึ้นมาใช้ และยังมีความสัมพันธ์ต่อสภาพทางธรณีวิทยาของดินในบริเวณนั้นอีกด้วย

สำหรับกรณีที่มีการเร่งการทรุดตัวโดยใช้ PVD นั้นทำให้การทำนายการทรุดตัวสุดท้ายจากข้อมูลสนามแตกต่างกันไปจากการทำนายในกรณีปกติ ซึ่งยังขาดการวิจัยที่กว้างขวางในเรื่องนี้

ในโครงการพิเศษครั้งนี้จึงได้มีการศึกษาที่จะหาความเหมาะสมของ ทฤษฎี Asaoka และ ทฤษฎี Hyperbolic ในการคาดคะเนการทรุดตัวสุดท้าย โดยนำข้อมูล Settlement Plate จากสนามมาทำการทำนายการทรุดตัวสุดท้ายที่เวลาต่างๆ และสรุปได้ว่า ในวิธีของ Asaoka การคาดคะเนการทรุดตัวสุดท้ายจะมีความน่าเชื่อถือ ก็ต่อเมื่อมีข้อมูลการทรุดตัวจนถึง เวลาที่ทำให้เกิดระดับการยุบอัดตัว(U) มากกว่า 60% ขึ้นไป ซึ่งเปอร์เซ็นต์ที่คลาดเคลื่อนจะมีค่าไม่เกิน 10% ได้กราฟแนวโน้มนัดังสมการ $Y = 134.25e^{-0.056X}$ สำหรับพิกัด ระดับการยุบอัดตัว(x)-เปอร์เซ็นต์การคลาดเคลื่อน(y) ส่วนในวิธี Hyperbolic นั้น การคาดคะเนการทรุดตัวสุดท้ายจะมีความน่าเชื่อถือ ก็ต่อเมื่อมีข้อมูลการทรุดตัวจนถึง เวลาที่ทำให้เกิดระดับการยุบอัดตัว(U) มากกว่า 65% ขึ้นไป ซึ่งเปอร์เซ็นต์ที่คลาดเคลื่อนโดยเฉลี่ยจะมีค่าไม่เกิน 10%

ABSTRACT

Normally, the designing and planning of general construction project are always facing the problem of land subsidence. For example, damages of road surface, building crack, disturb the pipe system, sinking of benchmark and etc.

Hence, in this project, the land settlement contour map for Bangkok Metropolitan is made for the designer most benefit. Such contour map is proceed the collected land subsidence data in the area of Bangkok Metropolitan obtained from the Department of Mineral Resources since 1991-1997. The results show that, the area that have critical rate of settlement is in Samutprakarn province at about 4.5-6.5 cm/year and while central zone of Bangkok(Prahonyotin,Ladphrao,Bangsue) is having small rate of settlement, about 0.4-2.5 cm/year while the depths of benchmarks is 6098 ft . From this project, it can be conclude that the effect of land subsidence is mainly caused by under groundwater pumped and geology of soil.

The prediction of final settlement of roadway improve by prefabricated vertical drain from field data is quit different from the case which not used the PVD . However, the research of PVD road settlement prediction is not widely carried on currently.

In this project there is a study for congruity of Asaoka's and Hyperbolic theory in order to predict the final settlement value. By predict the final settlement from field data by settlement plate survey at various times, it can be concluded that, Asaoka's theory can be reliable when the data of settlement have reached degree of consolidation (U) 60% or more, percent different is less than 10% .From this,we have got the equation $Y = 134.25e^{-0.056X}$ when coordinate of degree of consolidation (x)-%difference(y) In Hyperbolic theory the prediction of final settlement land can be reliable when the data of settlement have reached degree of consolidation (U) 65% or more and average of percent different is less than 10% .

กิติกรรมประกาศ

โครงการพิเศษนี้สามารถสำเร็จลงได้ด้วยความอนุเคราะห์จากบุคคลหลายฝ่ายที่ให้ข้อเสนอแนะและข้อมูลต่าง ๆ แก่คณะผู้จัดทำดังรายนามต่อไปนี้

ขอขอบพระคุณ

บิดา-มารดา

ผู้มีพระคุณเหลือนั้นและเป็นทุกสิ่ง
ทุกอย่าง

อาจารย์สมเกียรติ ขวัญพุกฤษ์

อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการพิเศษ

Dr. Seah, Tian Ho

อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

คณาจารย์ภาควิชาวิศวกรรมโยธาทุกท่าน

ที่ประสิทธิ์ประสาทวิชา

เจ้าหน้าที่อาคารปฏิบัติการ ฯ โยธา สจล.

ที่อำนวยความสะดวกในการทดลอง

เจ้าหน้าที่ภาควิชาวิศวกรรมโยธา สจล.

ที่ช่วยในการติดต่อประสานงาน

ข้าราชการกรมทรัพยากรธรณี

ที่อนุเคราะห์ข้อมูลและให้คำปรึกษา

ข้าราชการกรมแผนที่ทหาร

ที่อนุเคราะห์ข้อมูลและให้คำปรึกษา

นายเจตต์ จุลวงษ์

ที่อนุเคราะห์ข้อมูลและให้คำปรึกษา

เจ้าหน้าที่ห้องสมุด AIT

ที่อำนวยความสะดวกในการหาข้อมูล

เจ้าหน้าที่ห้องสมุด สจล.

ที่อำนวยความสะดวกในการหาข้อมูล

และโครงการพิเศษนี้จะไม่สามารถสำเร็จลงได้ถ้าหากขาดบุคคลเหล่านี้

ขอขอบพระคุณ

นางสาวรวีพรรณ แดงทองดี

ที่ช่วยเหลือและให้กำลังใจเสมอมา

นางสาวมณีสุดา ชะมด

ที่ให้กำลังใจเสมอมา

นายวรเชษฐ์ จุลวงษ์

ที่ช่วยเหลือด้านติดต่อประสานงาน

พีชิต

ที่คอยให้คำปรึกษาในทุก ๆ ด้าน

น้องอ้อย และน้องปัด

ผู้เป็นแรงบันดาลใจอันยิ่งใหญ่

เพื่อน ๆ และน้อง ๆ คณะวิศวกรรมศาสตร์ และวิทยาศาสตร์ สจล. ที่ช่วยเหลือและให้

กำลังใจตลอดมา

นายพีรรัฐ พนาเจริญไพบูลย์

นายภากร คูวุฒยากร

นายวรวัฒน์ เชิญสวัสดิ์

นักศึกษาผู้ประกาศ

(26 / เม.ย. / 2542)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

ใบรับรองโครงการ	ก
บทคัดย่อ	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญรูป	จ
สารบัญตาราง	ฉ
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 การทรุดตัวของดินในเขตกรุงเทพ ฯ	1
1.1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
1.1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการพิเศษ	1
1.1.3 ทฤษฎีหรือแนวความคิดที่ใช้ในโครงการพิเศษ	1
1.1.4 ขอบเขตของโครงการพิเศษ	2
1.1.5 วิธีที่ใช้ในการดำเนินงานในโครงการพิเศษ	2
1.1.6 ผลที่คาดว่าจะได้รับ	2
1.2 การวิเคราะห์การทรุดตัวของถนนที่ถูกปรับปรุงโดย PVD	3
1.2.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	3
1.2.2 วัตถุประสงค์ของโครงการพิเศษ	3
1.2.3 ทฤษฎีหรือแนวความคิดที่ใช้ในโครงการพิเศษ	3
1.2.4 ขอบเขตของโครงการพิเศษ	3
1.2.5 วิธีที่ใช้ในการดำเนินงานในโครงการพิเศษ	3
1.2.6 ผลที่คาดว่าจะได้รับ	4
บทที่ 2. เนื้อหาและทฤษฎี	5
2.1 การทรุดตัวของดินในเขตกรุงเทพ ฯ	5
2.1.1 กำเนิดดิน	5
2.1.2 การศึกษาเกี่ยวกับ Land subsidence ที่ผ่านมามีในอดีต	15
2.1.3 Land subsidence	16
2.1.4 แหล่งน้ำบาดาลบริเวณกรุงเทพ ฯ และปริมณฑล	21
2.1.5 โปรแกรม Surfer	27
2.1.6 โปรแกรม Harvard Graphic 98	28

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2. การวิเคราะห์การทรุดตัวของถนนที่ถูกปรับปรุงโดย PVD	29
2.2.1 Prefabricated Vertical Drain (PVD)	29
2.2.2 การประมาณการทรุดตัวสุดท้ายโดยวิธี Asaoka	56
2.2.3 การประมาณการทรุดตัวสุดท้ายโดยวิธี Hyperbolic	58
บทที่ 3 วิธีการทำการทดลอง	60
3.1 การทรุดตัวของดินในเขตกรุงเทพ ฯ	60
3.1.1 วิธีการทำ Contour Map	60
3.1.2 การตรวจสอบข้อมูลที่ได้อีกมา	72
3.2 การวิเคราะห์การทรุดตัวของถนนที่ถูกปรับปรุงโดย PVD	72
3.2.1 ขั้นตอนในการวิเคราะห์การหาค่าทรุดตัวสุดท้ายโดยวิธี Asaoka	76
3.2.2 ขั้นตอนในการวิเคราะห์การหาค่าทรุดตัวสุดท้ายโดยวิธี Hyperbolic	79
บทที่ 4 ผลการทดลอง	103
4.1 การทรุดตัวของดินในเขตกรุงเทพ ฯ	103
4.1.1 Contour Map	103
4.1.2 Case Study	114
4.2 การวิเคราะห์การทรุดตัวของถนนที่ถูกปรับปรุงโดย PVD	116
บทที่ 5 สรุปและข้อเสนอแนะ	123
5.1 การทรุดตัวของดินในเขตกรุงเทพ ฯ	123
5.1.1 วิเคราะห์เกี่ยวกับ Land Subsidence จาก Contour Map	123
5.1.2 สรุปและวิเคราะห์การทรุดตัวของผิวดินที่ทำ Case Study	130
5.2 สรุปและวิเคราะห์การทรุดตัวของถนนที่ถูกปรับปรุงโดย PVD	131
ภาคผนวก	132
ภาคผนวก ก. ข้อมูลการทรุดตัวของดินที่ใช้ PVD ทั้งหมด 11 จุด	132
ภาคผนวก ข. ตารางแสดงค่าระดับของผิวดินที่ทำ Case Study	166
ภาคผนวก ค. Boring Log ในเขตกรุงเทพ ฯ	172
ภาคผนวก ง. อื่นๆ	191
พระราชบัญญัติน้ำบาดาล พ.ศ. 2520	192
ระดับน้ำบาดาล	200
การรังวัดแผ่นดินทรุด จากกรมแผนที่ทหาร ปี 2538-2539	206
เครื่องมือที่ใช้ในการทำระดับพิเศษของกรมทรัพยากร	212

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก จ.	222
การคำนวณโดยใช้ทฤษฎี Asaoka และ Hyperbolic ของจุดที่ 2-11	223
เอกสารอ้างอิง	315



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

		หน้า
รูปที่ 2.1	วัฏจักรทางธรณีวิทยา	5
รูปที่ 2.2	โครงการงานของดินชนิด Dispersion และ Flocculated	10
รูปที่ 2.3	รูปตัดแสดงชั้นดินบริเวณกรุงเทพฯ จากทิศเหนือไปทิศใต้	14
รูปที่ 2.4	รูปตัดแสดงชั้นดินบริเวณ ใกล้เคียงกรุงเทพฯ จากทิศตะวันออกไปทิศตะวันตก	14
รูปที่ 2.5	การเปลี่ยนแปลงแรงดันระหว่างการยุบอัดตัวของดิน	18
รูปที่ 2.6	แผนที่รูปตัดแนวเหนือ – ใต้แสดงชั้นน้ำบาดาลบริเวณกรุงเทพฯ และปริมณฑล	23
รูปที่ 2.7	Typical vertical installation for Highway embankment	30
รูปที่ 2.8	Idealized types of settlement	31
รูปที่ 2.9	Initial and final stresses under the center of the test embankment	31
รูปที่ 2.10	Non-displacement sand drain using water jets	33
รูปที่ 2.11	Prefabricated Vertical Drain	34
รูปที่ 2.12	Geometrical shape of various drain cores	35
รูปที่ 2.13	Configuration of different type of PVD	36
รูปที่ 2.14	Schematic of PVD width drain resistant soil disturbance	38
รูปที่ 2.15	Configuration chart for PVD	41
รูปที่ 2.16	Typical value of vertical discharge capacity	43
รูปที่ 2.17	Relationship of drain spacing to drain influence zone	44
รูปที่ 2.18	Example of variation of degree of consolidation	44
รูปที่ 2.19	Influence of finite drain permeability on consolidation rate	45
รูปที่ 2.20	Influence of smear on consolidation rate	45
รูปที่ 2.21	Ground movement during an after installation sand drain	47
รูปที่ 2.22	Approximation of disturb zone around the mandrel	47
รูปที่ 2.23	Schematic of large scale consolidation test apparatus	48
รูปที่ 2.24	Effect of smear on rate of settlement	48
รูปที่ 2.25	Observed and predicted time settlement relationship	49
รูปที่ 2.26	Laboratory test result of effective pressure	49
รูปที่ 2.27	Suggested variation of permeability with various	53

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 2.28	Variation of coefficient of consolidation from field	53
รูปที่ 2.29	Example of parameter effect	54
รูปที่ 2.30	Consolidation due to vertical and radial drainage	55
รูปที่ 2.31	แสดง slope Asaoka's	57
รูปที่ 2.32	แสดง slope Asaoka's	57
รูปที่ 2.33	Schematic representation of hyperbolic plot	59
รูปที่ 2.34	Reinitialize hyperbolic plot of consolidation	59
รูปที่ 3.1.1	รูปแสดงการแบ่งโซนเพื่อทำการคัดแยกข้อมูล	65
รูปที่ 3.1.2- 3.1.13	การพล็อตเพื่อการคัดข้อมูลสำหรับโซนที่ 1-12	66
รูปที่ 3.2.1ก – 3.2.5ก	กราฟการคำนวณหาค่าการทรุดตัวสุดท้าย โดยวิธี Asaoka ของจุดที่ 1	83
รูปที่ 3.2.1ข – 3.2.6ข	กราฟการคำนวณหาค่าการทรุดตัวสุดท้าย โดยวิธี Hyperbolic ของจุดที่ 1	89
รูปที่ 4.1.1 – 4.1.7	Contour Map แสดงการทรุดตัว	104
รูปที่ 4.1.8	แสดงระดับน้ำบาดาลในบ่อสังเกตการณ์ชั้นน้ำนครหลวง บริเวณท้องฟ้าจำลองและพระโขนง	111
รูปที่ 4.1.9	แสดงระดับน้ำบาดาลในบ่อสังเกตการณ์ชั้นน้ำนครหลวง บริเวณวัดกุณนทรี ห้วยขวาง	111
รูปที่ 4.1.10	แสดงระดับน้ำบาดาลในบ่อสังเกตการณ์ชั้นน้ำ พระประแดงนครหลวง และนนทบุรี บริเวณสนามกอล์ฟ หัวหมาก	112
รูปที่ 4.1.11	แสดงระดับน้ำบาดาลในบ่อสังเกตการณ์ชั้นน้ำพระประแดง นครหลวง และนนทบุรี บริเวณวัดหัวคู่นาราม บางพลี	112
รูปที่ 4.1.12	แสดงระดับน้ำบาดาลในบ่อสังเกตการณ์ชั้นน้ำพระประแดง นครหลวง และนนทบุรี บริเวณศาลากลาง จังหวัดสมุทรสาคร	113
รูปที่ 4.1.13	การทรุดตัวของพื้นดินในบริเวณมหาวิทยาลัยรามคำแหง และระดับน้ำบริเวณสนามกอล์ฟหัวหมาก	113
รูปที่ 4.1.14	แสดงค่าระดับการทรุดตัวของผิวดินบริเวณข้างห้องปฏิบัติการ ของคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์	114
รูปที่ 4.1.15	แสดงค่าระดับการทรุดตัวของผิวดินบริเวณข้างตึก 12 ชั้น สจล.	115
รูปที่ 4.2.1	กราฟแสดงเปอร์เซ็นต์ผลต่างค่าการทรุดตัวที่เปอร์เซ็นต์ต่าง ๆ เปรียบเทียบกับข้อมูลจริงโดยวิธีของ Asaoka	117

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.2.2	กราฟแสดงเปอร์เซ็นต์ผลต่างค่าการทรุดตัวที่เปอร์เซ็นต์ต่าง ๆ เปรียบเทียบกับข้อมูลจริง โดยวิธีของ Hyperbolic	119
รูปที่ ก-1 – ก-11	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างระดับคันดินกับค่าการทรุดตัว ของจุดที่ 2-11	135
รูปที่ ค-1 – ค-18	BORING LOG ของดินบริเวณกรุงเทพฯ	172
รูปที่ ง-1	แสดงระดับน้ำบาดาลในบ่อสังเกตการณ์ชั้นน้ำนครหลวง บริเวณท้องฟ้าจำลองและพระโขนง	201
รูปที่ ง-2	แสดงระดับน้ำบาดาลในบ่อสังเกตการณ์ชั้นน้ำนครหลวง บริเวณวัดกุณนตรี ห้วยขวาง	201
รูปที่ ง-3	แสดงระดับน้ำบาดาลในบ่อสังเกตการณ์ชั้นน้ำพระประแดง นครหลวง และนนทบุรี บริเวณสนามกอล์ฟ ห้วยมาก	202
รูปที่ ง-4	แสดงระดับน้ำบาดาลในบ่อสังเกตการณ์ชั้นน้ำพระประแดง นครหลวง และนนทบุรี บริเวณวัดหัวคู่นาราม บางพลี	202
รูปที่ ง-5	แสดงระดับน้ำบาดาลในบ่อสังเกตการณ์ชั้นน้ำพระประแดง นครหลวง และนนทบุรี บริเวณศาลากลาง จังหวัดสมุทรสาคร	203
รูปที่ ง-6	กล้อง WILD N3	213
รูปที่ ง-7	การอ่าน WILD N3 กับ Staff ชนิด CM.	213
รูปที่ ง-8	Invar Staff	214
รูปที่ ง-9	รายละเอียดของหมุดที่ใช้วัดค่าการทรุดตัว	219
รูปที่ ง-10	แผนที่ทางธรณีวิทยาในเขตพื้นที่กรุงเทพฯ	220
รูปที่ ง-11	ลักษณะทั่วไปของ Piezometric Pressure Profile เนื่องจากการสูบน้ำใต้ดินในกรุงเทพฯ	221
รูปที่ จ-1 – จ-119	กราฟแสดงการหาค่าการทรุดตัวสุดท้าย โดยวิธี Asaoka's และ Hyperbolic	224

สารบัญตาราง

		หน้า
ตารางที่ 2.1	ชนิดของดินตะกอน	7
ตารางที่ 2.2	Type of Vertical Drain	37
ตารางที่ 2.3	Range of possible field value of soft clay	50
ตารางที่ 3.1.1	ค่าระดับและค่าการทรุดตัวของหมุด DMR ตั้งแต่ปี 2534-2540	62
ตารางที่ 3.2.1	แสดงผลโดยวิธี Asaoka และ Hyperbolic ของจุดที่ 1	81
ตารางที่ 3.2.2	แสดงค่าที่ใช้ในการคำนวณ โดยวิธี Asaoka ของจุดที่ 1	82
ตารางที่ 3.2.2	แสดงค่าที่ใช้ในการคำนวณ โดยวิธี Hyperbolic ของจุดที่ 1	88
ตารางที่ 3.2.3	แสดงผลโดยวิธี Asaoka และ Hyperbolic ของจุดที่ 2	93
ตารางที่ 3.2.4	แสดงผลโดยวิธี Asaoka และ Hyperbolic ของจุดที่ 3	94
ตารางที่ 3.2.5	แสดงผลโดยวิธี Asaoka และ Hyperbolic ของจุดที่ 4	95
ตารางที่ 3.2.6	แสดงผลโดยวิธี Asaoka และ Hyperbolic ของจุดที่ 5	96
ตารางที่ 3.2.7	แสดงผลโดยวิธี Asaoka และ Hyperbolic ของจุดที่ 6	97
ตารางที่ 3.2.8	แสดงผลโดยวิธี Asaoka และ Hyperbolic ของจุดที่ 7	98
ตารางที่ 3.2.9	แสดงผลโดยวิธี Asaoka และ Hyperbolic ของจุดที่ 8	99
ตารางที่ 3.2.10	แสดงผลโดยวิธี Asaoka และ Hyperbolic ของจุดที่ 9	100
ตารางที่ 3.2.11	แสดงผลโดยวิธี Asaoka และ Hyperbolic ของจุดที่ 10	101
ตารางที่ 3.2.12	แสดงผลโดยวิธี Asaoka และ Hyperbolic ของจุดที่ 11	102
ตารางที่ 4.1.1	แสดงค่าการทรุดตัวผิวดินบริเวณข้างห้องปฏิบัติการ คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์	114
ตารางที่ 4.1.2	แสดงค่าการทรุดตัวผิวดินบริเวณข้างตึก 12 ชั้น สจล.	115
ตารางที่ 4.2.1	แสดงเปอร์เซ็นต์ผลต่างค่าการทรุดตัวที่เปอร์เซ็นต์ต่าง ๆ เปรียบเทียบกับข้อมูลจริง โดยวิธีของ Asaoka	116
ตารางที่ 4.2.2	แสดงเปอร์เซ็นต์ผลต่างค่าการทรุดตัวที่เปอร์เซ็นต์ต่าง ๆ เปรียบเทียบกับข้อมูลจริง โดยวิธีของ Hyperbolic	118
ตารางที่ 4.2.3	แสดงค่าเปอร์เซ็นต์แตกต่างของการคาดคะเนการทรุดตัวสุดท้าย โดยเปรียบเทียบระหว่างวิธี Asaoka และ Hyperbolic	120
ตารางที่ ก-1 – ก-11	Settlement Plate Survey Data	133
ตารางที่ ข-1 – ข-16	แสดงการทำ Case Study	167

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ง-1	ตารางแสดงปริมาณการใช้น้ำของการประปา และภาคเอกชน	195
ตารางที่ ง-2	ตารางแสดงปริมาณการใช้น้ำบาดาลในเขตกรุงเทพฯ และปริมณฑล	198
ตารางที่ ง-3	ตารางแสดงปริมาณการใช้น้ำแบ่งตามประเภทการใช้น้ำ	199
ตารางที่ ง-4	ข้อมูลแผ่นดินทรุดจากกรมแผนที่ทหาร	206
ตารางที่ ง-5	สถานที่ตั้งหมุด DMR	208
ตารางที่ ง-1 – ง-20	แสดงค่าที่ใช้ในการคำนวณ โดยวิธี Asaoka's และ Hyperbolic	223



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1 การทรุดตัวของดินในเขตบริเวณกรุงเทพ ฯ

1.1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

แหล่งน้ำบาดาลบริเวณกรุงเทพ ฯ และปริมณฑล เป็นแหล่งน้ำขนาดใหญ่และมีคุณภาพดีเหมาะสมในการใช้บริโภค อุปโภค และอุตสาหกรรม ซึ่งปัจจุบันการใช้น้ำบาดาลในบริเวณกรุงเทพ ฯ อยู่ในอัตราที่ค่อนข้างสูงจึงทำให้แรงดันและระดับน้ำบาดาลลดต่ำลงอย่างรวดเร็วซึ่งผลกระทบที่เกิดขึ้นคือแผ่นดินทรุด เป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดปัญหาต่าง ๆ เช่น น้ำท่วมขัง ท่อระบายและท่อประปาชำรุดเสียหาย ตึกทรุด สะพานทรุด พื้นถนนและทางเดินแตกร้าว ฯลฯ ดังนั้นจึงได้การจัดทำ Contour Map ของแผ่นดินทรุดและวิเคราะห์การทรุดตัวของแผ่นดิน

1.1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการพิเศษ

จัดทำ Contour Map และวิเคราะห์การทรุดตัวของแผ่นดินในกรุงเทพ ฯ เพื่อให้ผู้ที่เกี่ยวข้องใช้ประกอบการคาดคะเนและการวางแผนในงานก่อสร้างที่เนื่องมาจากการทรุดตัวของแผ่นดิน

1.1.3 ทฤษฎีหรือแนวคิดที่ใช้ในโครงการพิเศษ

1.1.3.1 การรวบรวมข้อมูลการทรุดตัวของผิวดินในบริเวณกรุงเทพ ฯ ทำการวิเคราะห์และจำแนกข้อมูลเพื่อที่จะให้ข้อมูลมีความน่าเชื่อถือมากที่สุด

1.1.3.2 จัดทำ Contour Map ของการทรุดตัวของแผ่นดินโดยใช้ โปรแกรม Surfer และใช้โปรแกรม Harvard Graphic ในการ Digitize แผนที่เพื่อที่จะนำมาประกอบเข้ากับ Contour Map

1.1.4 ขอบเขตของโครงการพิเศษ

1.1.4.1 ข้อมูลเกี่ยวกับการทรุดตัวของแผ่นดิน (ที่นำมาสร้างลงใน Contour Map) ที่ใช้ในโครงการพิเศษนี้จะเป็นข้อมูลซึ่งได้จากกรมทรัพยากรธรณี เท่านั้น

1.1.4.2 พื้นที่ที่ทำ Contour Map จะเป็นพื้นที่เฉพาะในบริเวณที่มีหมุด DMR (ของกรมทรัพยากรธรณี) เท่านั้น

1.1.4.3 การทรุดตัวของแผ่นดินในการจัดทำ Contour Map ครั้งนี้จะเป็นการพิจารณาเฉพาะการทรุดตัวที่เนื่องมาจาก น้ำบาดาล และ ลักษณะชั้นดิน

1.1.5 วิธีที่ใช้ในการดำเนินงานในโครงการพิเศษ

1.1.5.1 รวบรวมข้อมูลการทรุดตัวของแผ่นดินและความน่าเชื่อถือของข้อมูล

1.1.5.2 รวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับน้ำบาดาล และลักษณะของชั้นดิน

1.1.5.3 วิเคราะห์และกลั่นกรองข้อมูลเพื่อที่จะทำการคัดข้อมูลที่ไม่น่าจะเป็นไปได้ ออก

1.1.5.4 ศึกษาวิธีการจัดทำ Contour โดยใช้ โปรแกรม Surfer

1.1.5.5 นำข้อมูลที่ได้พิจารณาว่าถูกต้องแล้วมาจัดทำ Contour

1.1.5.6 ใช้โปรแกรม Harvard Graphic ในการ Digitize แผนที่กรุงเทพ ฯ เพื่อนำเข้ามาประกอบใน Contour ที่ได้จัดทำขึ้น

1.1.5.7 วิเคราะห์ Contour Map ที่ได้ถึงสาเหตุการทรุดตัว

1.1.5.8 ทำ Case Study การทรุดตัวของแผ่นดินในสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังเพื่อที่จะมาเปรียบเทียบกับ Contour Map ที่ได้จัดทำขึ้น

1.1.6 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

สามารถคาดคะเนการทรุดของแผ่นดิน โดยประมาณจาก Contour Map ที่ได้จัดทำขึ้น

1.2 การวิเคราะห์การทรุดตัวของถนนที่ถูกปรับปรุงโดย PVD

1.2.1 ความเป็นมา

สำหรับกรณีที่มีการเร่งการทรุดตัวโดยใช้ PVD นั้นทำให้การทำนายการทรุดตัวสุดท้ายจากข้อมูลสนามแตกต่างไปจากการทำนายในกรณีปกติ ซึ่งยังขาดการวิจัยที่กว้างขวางในเรื่องนี้

1.2.2 วัตถุประสงค์

สามารถเลือกใช้ทฤษฎี Asaoka และ ทฤษฎี Hyperbolic ในการคาดคะเนการทรุดตัวสุดท้ายของระดับชั้นการยุบอัดตัวของดิน (Degree of Consolidation) ที่ค่าเปอร์เซ็นต์ต่าง ๆ เปรียบเทียบกับค่าการทรุดตัวสุดท้ายได้ตามความเหมาะสมสำหรับข้อมูลดินที่ใช้ PVD

1.2.3 ทฤษฎีหรือแนวความคิดที่ใช้ในโครงการพิเศษ

จะทำการศึกษาทฤษฎี 3 ที่เกี่ยวข้องดังนี้

- 1 ทฤษฎีที่เกี่ยวกับ PVD ในการทำโครงการพิเศษนี้
- 2 ทฤษฎี Asaoka
- 3 ทฤษฎี Hyperbolic

1.2.4 ขอบเขตของโครงการพิเศษ

1.2.4.1 ข้อมูลที่ใช้เป็นการทรุดตัวของดินใช้ PVD

1.2.4.2 การทำโครงการพิเศษครั้งนี้จะศึกษาหาความเหมาะสมของทฤษฎี Asaoka และ ทฤษฎี Hyperbolic เท่านั้น

1.2.5 วิธีที่ใช้ในการดำเนินโครงการพิเศษ

1.2.5.1 รวบรวมข้อมูลการทรุดตัวของถนนโดยใช้ PVD

1.2.5.2 ศึกษาทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับ PVD ที่นำมาใช้ในโครงการนี้

1.2.5.3 ศึกษาทฤษฎี Asaoka และ ทฤษฎี Hyperbolic

1.2.5.4 นำข้อมูลการทรุดตัวมาทำการวิเคราะห์โดยใช้ทฤษฎีที่ทำการศึกษามาแล้ว

1.2.6 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

หาความเหมาะสมของทฤษฎี Asaoka และ ทฤษฎี Hyperbolic ในการคาดคะเนการทรุดตัวสุดท้ายของระดับชั้นการยุบอัดตัวของดิน (Degree of Consolidation) ที่ค่าเปอร์เซ็นต์ต่าง ๆ เปรียบเทียบกับค่าการทรุดตัวสุดท้ายที่เกิดขึ้นจริง



บทที่ 2 เนื้อหาและทฤษฎี

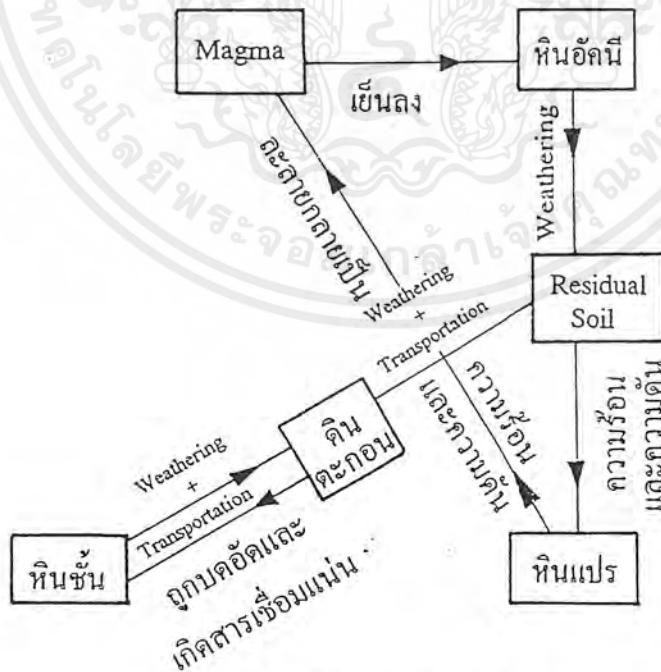
2.1 การทรุดตัวของดินในเขตบริเวณกรุงเทพ ฯ

2.1.1 กำเนิดดิน

ดิน หมายถึง สารที่อยู่บริเวณผิวโลกซึ่งอยู่ในสภาพที่ไม่แข็งแรง (Unconsolidated) ดินประกอบด้วย เม็ดดิน น้ำ อากาศ และสารอินทรีย์ เม็ดดินส่วนมากมีขนาดเล็กกว่า 300 มิลลิเมตร เม็ดดินเกิดจากการสีกกร่อนและสลายตัวของหิน เนื่องจากขบวนการ Weathering และ Mechanical Disintegration เม็ดดินจึงประกอบด้วยแร่ธาตุและสารเคมี

2.1.1.1 ขบวนการกำเนิดดิน

รูปที่ 2.1 แสดงวัฏจักรทางธรณีวิทยา หินที่เป็นต้นกำเนิดของวัฏจักรคือ หินอัคนี (Igneous Rock) ผลของการเกิดการสลายตัว (Disintegration) ทำให้เกิดเป็นดินและดินบางส่วนอาจถูกพัดพา (Transport) มาตกตะกอน (sedimentation) เป็นดินอยู่ที่ตำแหน่งอื่น และหลังจากนั้นดินที่ตกตะกอนบางตำแหน่งอาจถูกความร้อนและความดันอัดแน่นจนกลายเป็นหินชั้นหรือหินตะกอน (Sedimentary Rock) หรือหินแปร (Metamorphic Rock) อีกครั้ง หินชั้นและหินแปรอาจสลายตัวกลับเป็นดิน ได้อีกด้วยขบวนการ Weathering



รูป 2.1 วัฏจักรทางธรณีวิทยา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขบวนการ Weathering คือ ขบวนการทำลายที่เกิดขึ้นกับหินและดิน อันเกิดจากผลของการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพ (Physical Change) และการเปลี่ยนแปลงทางเคมี (Chemical Change) ซึ่งเป็นปรากฏการณ์ของธรรมชาติ ส่วน Mechanical Disintegration ซึ่งเป็นขบวนการหลักในการย่อยทำลายก้อนหินทางกายภาพ คือ การสลายตัวของก้อนหินลงเป็นเม็ดหินย่อยและดินเม็ดหยาบ ซึ่งเกิดจากการกระทำของกระแสน้ำ คลื่น และแรงโน้มถ่วง (Gravity)

ขบวนการ Weathering ที่สำคัญในดิน คือ ขบวนการที่เกิดจากปฏิกิริยาทางเคมี (Chemical Weathering) เพราะทำให้เกิดสารประกอบทางเคมีในดินได้ เช่น พวกสารเคมีเชื่อมแน่น (Chemical Cementation Agent) พวก Oxide ของเหล็ก และ Carbonate ซึ่งมีความสำคัญต่อพฤติกรรมของดินเหนียวทางด้านกำลังรับแรงเฉือนและทางด้านทรุดตัว ส่วนดินเม็ดหยาบก็มีโอกาสที่จะมีสารเชื่อมแน่นเช่นกัน ด้วยผลของปฏิกิริยาทางเคมี

2.1.1.2 ชนิดของดินแยกตามกำเนิดของดิน

ชนิดของดินแยกตามกำเนิดของดินสามารถจำแนกออกได้ 2 ชนิด (ดูรูปที่ 2.1 ประกอบ)

- คือ
1. ดินที่เกิดจากการสลายของหิน ณ ที่ตั้ง (Residual Soil)
 2. ดินที่กำเนิดโดยการพัดพาไปตกตะกอน (Transported Soil)

Residual Soil เป็นดินที่เกิดจากการสลายของหิน โดยผลของ Weathering และหลังจากเป็นดินแล้ว ดินชนิดนี้ยังอยู่ที่เดิม

Transported Soil เป็นดินที่หลังจากเกิดการที่หินถูก Weathering แล้ว ดินเหล่านี้ถูกพัดพาไปตกตะกอนที่อื่น สิ่งที่ทำให้ดินถูกพัดพาได้แก่ แรงโน้มถ่วง (Gravity) ลม (Wind) และธารน้ำแข็ง (Glacial) และการพัดพาอาจเกิดจากกลไกดังกล่าวหลายชนิดรวมกันก็ได้ ชนิดของ Transported Soil แบ่งได้ตามกลไกของการพัดพาและสถานที่ของการตกตะกอนได้แสดงอยู่ในตารางที่ 2.1 เพราะดินเกิดจากการตกตะกอน Transported Soil อาจถูกเรียกว่า Sedimented Soil หรือดินตะกอน

ในการพัดพาและการตกตะกอนของ Transported Soil มักจะเกิดในลักษณะที่ดินเม็ดหยาบตกตะกอนก่อน ส่วนดินเม็ดละเอียดจะตกตะกอนไปไกลออกไป

หลังจากการตกตะกอนของดินแล้ว ดินตะกอนอาจถูก Weathering และชะล้าง (Leaching) และเมื่อระยะเวลาผ่านไปอาจมีการตกตะกอนของดินชนิดอื่นทับถมลงมาอีกก็ได้ กลไกอันนี้อาจเกิดขึ้นได้กับ Residual Soil เช่นกัน

ตารางที่ 2.1

ชนิดของดินตะกอน (Transported Soil)

กลไกของการพัดพา	สถานที่หรือกลไกของการตกตะกอน	ชนิดของดินเรียกตามธรณีวิทยา
น้ำ (Fluvial)	ทะเลสาบ แม่น้ำ ลำธาร น้ำทะเล	Lacustrine Alluvial Marine
น้ำแข็ง (Glacial)	ธารน้ำแข็ง	Till, Moraine
ลม (Aeolian)	ลมและแรงโน้มถ่วง	Loess และ Sand Dune
แรงโน้มถ่วง (Colluvial)	แรงโน้มถ่วง	Talus, Landslide, Hillwash

2.1.1.3 ลักษณะของดินแยกตามการกำเนิดและพฤติกรรมทางด้านวิศวกรรม

2.1.1.3.1 Residual Soil Deposit

ดินชนิด Residual Soil แบ่งออกเป็นชั้น เรียกว่า Horizon รวม 4 ระดับ คือ

Horizon A: ประกอบด้วยดินที่บริเวณผิวและสารอินทรีย์ มักถูกชะล้าง (Leaching) และมีสีเข้ม

Horizon B: เป็นดินที่อยู่ถัดลงไปจาก Horizon A เป็นชั้นดินที่สะสมสารทั้งที่ละลายและไม่ละลายน้ำจาก Horizon A เมื่อเปรียบขนาดของเม็ดดินกับ Horizon A แล้ว ขนาดเม็ดดินใน Horizon B จะใหญ่กว่า มี Plasticity ต่ำกว่า และเริ่มมีเศษหินปนอยู่ในดิน

Horizon C: เป็นชั้นหินที่ยังถูกทำลายไม่หมด ขนาดของเม็ดหินที่ปนอยู่มีขนาดใหญ่และมีดินปนอยู่บ้างเพียงบางส่วนเท่านั้น

Horizon D: เป็นชั้นหิน (Parent Rock)

ดินที่เป็น Residual Soil เป็นดินที่มีสภาพไม่มีความสม่ำเสมอ (Non Uniform) และไม่เป็นเนื้อเดียวกัน (Non Homogeneous) จึงทำให้ยากต่อการออกแบบและก่อสร้าง เพราะความไม่แน่นอนมีมากจำเป็นต้องมีการสำรวจดินอย่างละเอียดและทำด้วยคุณภาพที่ดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.1.3.2 Transported Soil (ดินตะกอน)

การตกตะกอนของ Transported Soil จะแบ่งดินเป็นชั้นค่อนข้างสม่ำเสมอเมื่อเปรียบเทียบกับ Residual Soil แต่สภาพดินอาจมี Local Variation ได้ ชนิดของดินที่เกิดขึ้นและสมบัติทางด้านวิศวกรรมโดยทั่วไปแยกตามกลไกของการตกตะกอน (ดูตาราง 2.1)

(ก) Alluvial อาจเป็นการตกตะกอนในพื้นที่ที่เป็น Flood Plain หรือ Terrace (Flood Plain Deposit หรือ Terrace Deposit) การตกตะกอนอาจเกิดขึ้นบริเวณปากแม่น้ำ Deltaic Deposit และตีนเขา (Piedmont Deposit) ดินพวก Deltaic Deposit มักเป็นดินเม็ดละเอียดหรือดินเหนียวอ่อน และมักจะมีการทรุดตัวมาก ส่วน Deposit ชนิดอื่นชนิดของดินอาจเป็นดินเม็ดหยาบหรือดินเม็ดละเอียดก็ได้และมักจะมีสมบัติทางวิศวกรรมที่ดีกว่าพวก Deltaic Deposit ดินที่อาจสร้างปัญหาได้คือดินที่มาจาก Backswamp (ชนิดหนึ่งของ Flood Plain Deposit) และ Deltaic Deposit ซึ่งการตกตะกอนทั้ง 2 ชนิด ดินที่เกิดขึ้นจะเป็นดินเหนียวที่มีการทรุดตัวค่อนข้างสูง

(ข) Lacustrine เป็นดินที่ตกตะกอนในทะเลสาบที่มีน้ำนิ่ง ชนิดของดินที่ตกตะกอนมักเป็นดินเหนียวอยู่บริเวณตรงกลางทะเลสาบ ส่วนทรายแป้ง (Silt) และทรายจะอยู่บริเวณขอบๆ ความหนาของดินเหนียวไม่แน่นอนและมีการทรุดตัวค่อนข้างมาก ดินเหนียวอาจซ้อนเป็นชั้นๆ ที่มีขนาดเล็ก และมี Plasticity ต่างกัน เช่น พวก Varved Clay ซึ่งเป็นดินมาจากธารน้ำแข็ง โดยมีชั้นดินที่มี Plasticity ต่างกันมาก และหนาเพียง 1/8 ถึง 1/4 นิ้ว ในแต่ละชั้น

(ค) Marine การตกตะกอนอาจเป็นทรายบริเวณชายฝั่งและดินเม็ดละเอียดห่างออกไปจากชายฝั่ง ทรายมักอยู่ในสภาพที่อัดแน่นพอสมควรมีเม็ดหยาบและมีขนาดเม็ดดินใกล้เคียงกัน ดินเม็ดละเอียดอาจมีสารอินทรีย์ปนอยู่ได้ และมักเป็นดินเหนียวที่มีความไว (Sensitive)

(ง) Aeolian ชนิดของดินที่เกิดขึ้นจะเป็นทรายแป้ง (Silt) และทราย ในทรายแป้งจะมีดินเหนียวและทรายปนอยู่บ้างเล็กน้อย ขนาดของเม็ดดินมักจะมีขนาดใกล้เคียงกัน ในสภาพที่แห้ง ทรายแป้งชนิดนี้จะมีสมบัติทางวิศวกรรมที่ดี แต่เมื่อโดนน้ำสมบัติจะเลวลงมาก ทรายแป้งชนิดนี้ เรียกว่า Loess มักจะเกิดในสภาพที่มีอากาศแห้งและอยู่ในสภาพที่

หลวม ในกรณีที่ดินชนิดของดินเป็นทราย การตกตะกอนจะเป็นเนินเตี้ย (Dune) และจะพบในทะเลทราย มีขนาดเม็ดดินเท่ากันอยู่ในสภาพหลวมและมักจะเป็นทรายละเอียด

(จ) Colluvial เป็นดินที่ตกตะกอนบริเวณเชิงเขา หรือเป็นพวกดินเกิดจากการเคลื่อนตัวของมวลดินลงมาจากที่สูง ด้วยผลของแรงโน้มถ่วง (Landslide) Talus เป็นดินเม็ด โด และหิน Hillwash เป็น ได้ทั้งดินเม็ดหยาบและดินเม็ดละเอียด ดินที่ตกตะกอนชนิดนี้มีอันตรายในด้านเสถียรภาพ ไม่เหมาะสำหรับการก่อสร้างฐานราก

(ฉ) Glacial ดินเกิดจากการตกตะกอนของธารน้ำแข็งที่ถูกละลาย ชนิดของดินมีได้ทั้งดินเม็ดละเอียดและดินเม็ดหยาบ

(ช) Organic เป็นดินที่เกิดจากการรวมตัวของสารอินทรีย์ที่มาจากพืชเป็นส่วนมาก ชนิดของดินคือ Peat ที่มีลักษณะเป็น Fiber มีสีดำและมีกลิ่นเหม็น และ Muck คือ Peat ที่ถูกการเปลี่ยนแปลงทางเคมี ทำให้เกิดการผุพัง (Decomposed) จนส่วนของพืชละลายตัวหมดกลายเป็นดิน ทั้ง Peat และ Muck มีน้ำหนักเบาและมีสมบัติทางการทรุดตัวที่เร็ว ไม่แข็งแรงและไม่เหมาะสมในการก่อสร้างฐานรากบนดินชนิดนี้

(ซ) Estuarine เป็นการตกตะกอนผสมกันระหว่าง Alluvial กับ Marine ส่วนมากเป็นดินเม็ดละเอียดและสภาพของชั้นดินมีการเปลี่ยนแปลงมาก

การตกตะกอนของดินเหนียวในน้ำหรือในน้ำทะเล ทำให้ดินเหนียวมีโครงสร้างของดิน (Soil Structure) แตกต่างกันได้ โครงสร้างของดินเหนียวแบ่งออกเป็น 2 ชนิดใหญ่ คือ โครงสร้างชนิด Dispersion และ โครงสร้างชนิด Flocculated ชื่อทั้งสองชนิดนี้ตั้งขึ้นมาเพื่อแสดงความแตกต่างกัน (ดูรูปที่ 2.2) โครงสร้างของดินเหนียวจริงอาจเป็นเพียงชนิดที่มีแนวโน้มจะเป็นชนิดใดชนิดหนึ่งเท่านั้น

โครงสร้างของดินเหนียวแบบ Disperse หมายความว่า เม็ดดินเหนียวซึ่งมีรูปร่างเป็นแผ่นบางเรียงตัวในลักษณะที่เป็นชั้นๆ โดยด้านยาวของเม็ดดินจะเรียงกันในสภาพเกือบขนานกัน ส่วนโครงสร้างแบบ Flocculated นั้น การเรียงตัวของเม็ดดินระเกะระกะโดยเม็ดดินมีการสัมผัสกันมากกว่า

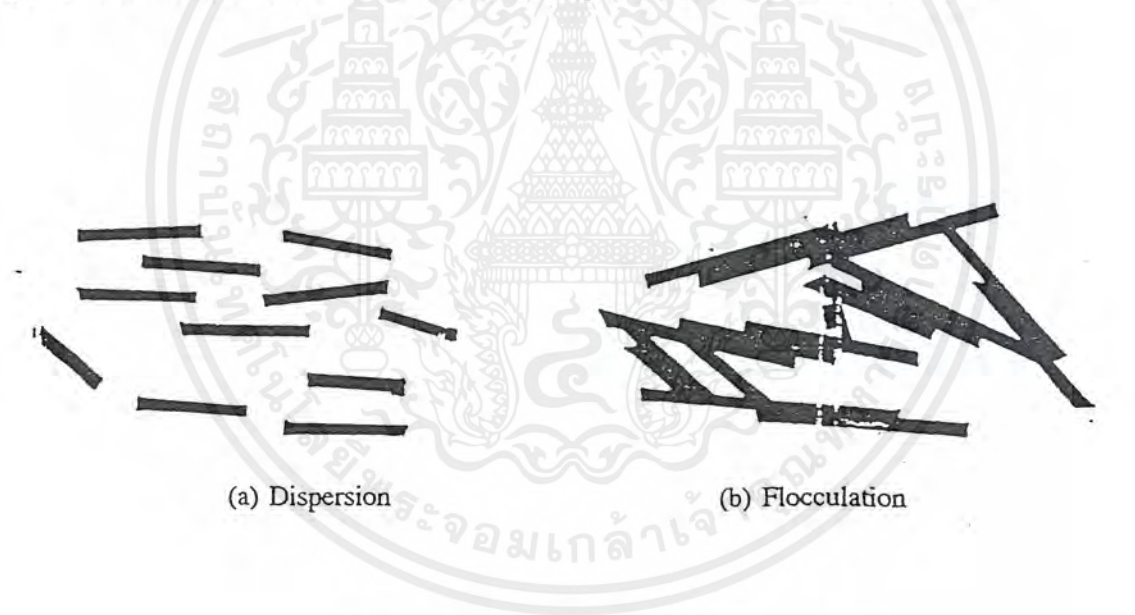
การที่ดินเหนียวจะเป็นโครงสร้างชนิดใด ขึ้นอยู่กับชนิดแร่ธาตุของดินเหนียวและปฏิกิริยาทางฟิสิกส์และเคมีระหว่างเม็ดดิน ซึ่งมีประจุไฟฟ้าลบบอยู่ การเพิ่มปริมาณเกลือในของเหลวในช่องว่างระหว่างเม็ดดิน การเพิ่ม Valency ของ Cation ในของเหลวนั้น และการลดลงของอุณหภูมิ จะทำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ให้ดินเหนียวมีแนวโน้มที่จะมีโครงสร้างเป็นแบบ Flocculated แต่หน่วยแรงเฉือนที่มากจะทำให้โครงสร้างของดินเหนียวเป็นแบบ Disperse ด้วย

โครงสร้างของดินหลังจากการตกตะกอนและจากที่ถูกกระทำด้วยแรงจากการทับถมที่อยู่ส่วนบนเป็นเวลานานตลอดจนเมื่อพิจารณา รวมถึงผลของการเปลี่ยนแปลงของโครงสร้าง เนื่องจากปฏิกิริยาทางเคมีหรือฟิสิกส์ที่เกิดขึ้นในช่วงเวลาต่อมา มีความสำคัญต่อสมบัติทางด้านกำลังรับแรงเฉือน สมบัติทางด้านทรุดตัว และความสามารถของน้ำในการไหลซึมผ่านดิน ตลอดจนสมบัติขั้นพื้นฐานของดินเหนียว

ในปัจจุบันเชื่อกันว่าแรงที่เกิดขึ้นที่จุดสัมผัส (Contact Forces) ระหว่างเม็ดดิน เป็นสิ่งที่ควบคุมสมบัติทางด้านกำลังรับแรงและการทรุดตัวของดินเหนียวชนิดหนึ่ง ผลของหน่วยแรงที่มากระทำต่อการเพิ่มหรือลดการสัมผัสของเม็ดดินจึงเป็นตัวประกอบที่สำคัญ เมื่อเปรียบเทียบกับผลของอุณหภูมิหรือปริมาณของเกลือในน้ำที่อยู่ในช่องว่างระหว่างเม็ดดิน นอกจากนี้ เม็ดดินที่เรียงตัวเป็นโครงสร้างยังจับกลุ่มกันเป็น โครงสร้างของกลุ่มอีกด้วย เรียกว่า Macro Structure ส่วนแรงที่จุดสัมผัสส่วนใหญ่ เกิดจาก Chemical Bond และปฏิกิริยาทางเคมีจาก Absorbed Water



รูปที่ 2.2 โครงสร้างของดินชนิด Dispersion และ Flocculated

2.1.1.4 น้ำในดิน

น้ำอยู่ในช่องว่างของเม็ดดินได้ 5 รูปแบบ คือ น้ำที่มาจากน้ำบาดาล (Ground Water) น้ำที่ค้างอยู่ในดินเนื่องจากแรงดึงผิวของน้ำ (Capillary Moisture) และน้ำที่ปนอยู่ในอากาศในสภาพเป็นไอ (Water Vapor) ส่วนชนิดของน้ำที่เหลืออีก 2 รูปแบบ มีเฉพาะในดินที่มีธาตุดินเหนียว ได้แก่ น้ำที่เกี่ยวข้องกับปฏิกิริยาทางฟิสิกส์และเคมี คือ Absorbed Water และ Water of Hydration ปริมาณความชื้นของดินที่ใช้กันในภาคปฏิบัติ จะหมายถึงน้ำ 3 ชนิดแรกเท่านั้น ซึ่งจะอธิบายต่อไปอย่างละเอียด

ดินที่อยู่ใต้ระดับน้ำบาดาล จะเป็นดินที่น้ำจากดินมาจากน้ำบาดาล และดินจะอึดตัวด้วยน้ำ นอกจากนั้นน้ำในช่องว่างหรือน้ำในโพรงดินจะต่อเนื่องกันและสามารถเคลื่อนตัวได้สะดวกด้วยผลของการเปลี่ยนแปลงของพลังในน้ำ

น้ำส่วนที่มาจากผลของแรงดึงผิวของน้ำซึ่งทำให้เกิดแรง Capillary ดึงน้ำขึ้นมาในดินที่อยู่เหนือระดับน้ำบาดาล อาจทำให้ดินส่วนที่อยู่เหนือระดับน้ำบาดาลอึดตัวด้วยน้ำ หรือไม่อึดตัวด้วยน้ำ นอกจากนี้แรงโน้มถ่วงไม่สามารถทำให้น้ำชนิดนี้เคลื่อนตัวได้

อากาศที่อยู่ในโพรงดินที่อยู่เหนือระดับน้ำบาดาลจะมีไอน้ำปนอยู่ ทำให้ความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศเท่ากับ 100 เปอร์เซ็นต์ และความชื้นสัมพัทธ์จะลดลงในดินที่อยู่ใกล้กับผิวดิน

ผลของแรงดึงผิวที่ทำให้เกิดแรง Capillary จะทำให้น้ำถูกดูดขึ้นมา การอึดตัวด้วยน้ำของดินที่อยู่เหนือระดับน้ำบาดาลมักจะเกิดในดินเม็ดละเอียด เพราะมีแรง Capillary สูง ดินเม็ดละเอียดที่อยู่เหนือระดับน้ำบาดาลจึงมีโอกาสอยู่ในสภาพอึดตัวด้วยน้ำ และความดันน้ำในโพรงจะต่ำกว่าความดันบรรยากาศ ถ้าพิจารณาให้ความดันบรรยากาศเท่ากับศูนย์ ความดันน้ำในโพรงของเม็ดดินละเอียดที่อึดตัวด้วยน้ำแต่อยู่เหนือระดับน้ำบาดาลจะต่ำกว่าศูนย์คือติดลบ และสามารถคำนวณได้โดยสมการที่ 2.1

$$u = -\gamma_w h_c \quad (2.1)$$

- | | | |
|------------|-----|--------------------------------------|
| u | คือ | ความดันน้ำในโพรง |
| γ_w | คือ | ความหนาแน่นของน้ำ |
| h_c | คือ | ระยะส่วนสูงวัดจากระดับน้ำบาดาลขึ้นมา |

ค่า h_c สูงสุดขึ้นอยู่กับชนิดของดิน ดินเหนียวที่มีค่า h_c สูงเกิน 10 เมตรได้ ส่วนทรายแป้งและทราย h_c สูงสุดจะประมาณ 3 เมตรและ 1 เมตร ตามลำดับ ดินในช่วงความลึกเหนือระดับน้ำบาดาลดังกล่าว จะอยู่ในสภาพอิ่มตัวด้วยน้ำ สูงไปจากนั้น ดินจะมีโอกาสที่จะไม่อิ่มตัวด้วยน้ำ และปริมาณของอากาศในช่องว่างระหว่างเม็ดดินก็จะมีมากขึ้น

2.1.1.5 กำเนิดชั้นดินกรุงเทพฯและบริเวณใกล้เคียง

2.1.1.5.1 กำเนิดของชั้นดินกรุงเทพฯ

ชั้นดินกรุงเทพฯเป็นดินตกตะกอน (Transported Soil) ชนิด Marine และ Alluvial ซึ่งเป็นแบบ Terrestrial Deposit (การตกตะกอนจากน้ำหรือสิ่งพัดพาจากพื้นดิน) มีความหนามากกว่า 1,500 เมตร ชั้นล่างเป็นชั้นหินดานซึ่งอยู่ที่ความลึกไม่แน่นอน เชื่อว่าเกินกว่า 1,500 เมตร (ว.ส.ท. 2520)

ถัดจากหินดานขึ้นมาเป็นชั้นดินแยกออกเป็นชั้นๆ เป็นชั้นดินเหนียวแข็งสลับกับชั้นทรายและกรวดในสภาพที่อัดแน่นจนกระทั่งถึงความลึกประมาณ 14-20 เมตรจากผิวดิน จากนั้นดินตกตะกอนเป็นดินเหนียวอ่อนถึงดินเหนียวแข็งปานกลางสีเทา

กลไกการกำเนิดของชั้นดินเหนียวแข็งสลับกับชั้นทรายอัดแน่นได้ชั้นดินอ่อนยังไม่เป็นที่ทราบแน่นอน เชื่อกันว่าเป็นทั้ง Marine และ Terrestrial Deposit (ว.ส.ท. 2520) ข้อมูลจากคุณสมบัติของดินเหนียวแข็งชั้นแรกทั่วได้ แสดงว่าดินชั้นนี้ต้องเกิดก่อนดินเหนียวอ่อนเป็นเวลานาน เพราะข้อมูลแสดงผลของ Weathering และการสึกกร่อน (Erosion) ที่ทำให้ดินเหนียวอยู่ในสภาพอัดแน่นเกิดตัว (Overconsolidated) ค่อนข้างมาก ดินเหนียวแข็งและทรายชั้นแรกเชื่อว่าเป็น Marine Deposit

ในเวลาต่อมาเกิดการเปลี่ยนแปลงของระดับน้ำทะเล ระดับน้ำทะเลสูงขึ้นและดินเหนียวอ่อนจึงตกตะกอน ด้วยเหตุนี้จึงมีหลักฐานที่เชื่อว่าดินเหนียวอ่อนเป็น Marine Deposit ดินเหนียวอ่อนนี้มักจะเริ่มจากระดับ MSL (Mean Sea Level) มีความหนา 14-18 เมตรในบริเวณกรุงเทพฯ ในช่วง 2-3 เมตรสุดท้าย ดินเหนียวอยู่ในสภาพแข็งปานกลาง

ดินเหนียวส่วนบนที่อยู่เหนือดินเหนียวอ่อนมักอยู่ในสภาพที่มีความแข็งปานกลาง ความหนาประมาณ 3-5 เมตร และมักถูกเรียกว่า Weathered Bangkok Clay เพราะถูกแปรสภาพมาก ดินเหนียวส่วนนี้อาจเป็นไปได้ทั้ง Terrestrial และ Marine Deposit (เชื่อว่าเป็น Terrestrial Deposit ใหญ่) ในบริเวณใกล้ปากอ่าว เกือบจะไม่มีชั้นดินชั้นนี้

ดินเหนียวอ่อนและดินเหนียวส่วนบนถูกชะล้าง (Leaching) ในเวลาต่อมา การชะล้างของดินเหนียวอ่อนที่เป็น Marine Deposit ทำให้ปริมาณเกลือในน้ำลดลงไปเป็นผลให้โครงสร้างของ

ดินไม่เสถียรภาพ จึงมีพฤติกรรมที่มีความไวสูง ดินเหนียวส่วนบนก็มีความไวเช่นกันเว้นแต่น้อยกว่าดินเหนียวอ่อนชั้นล่างมาก

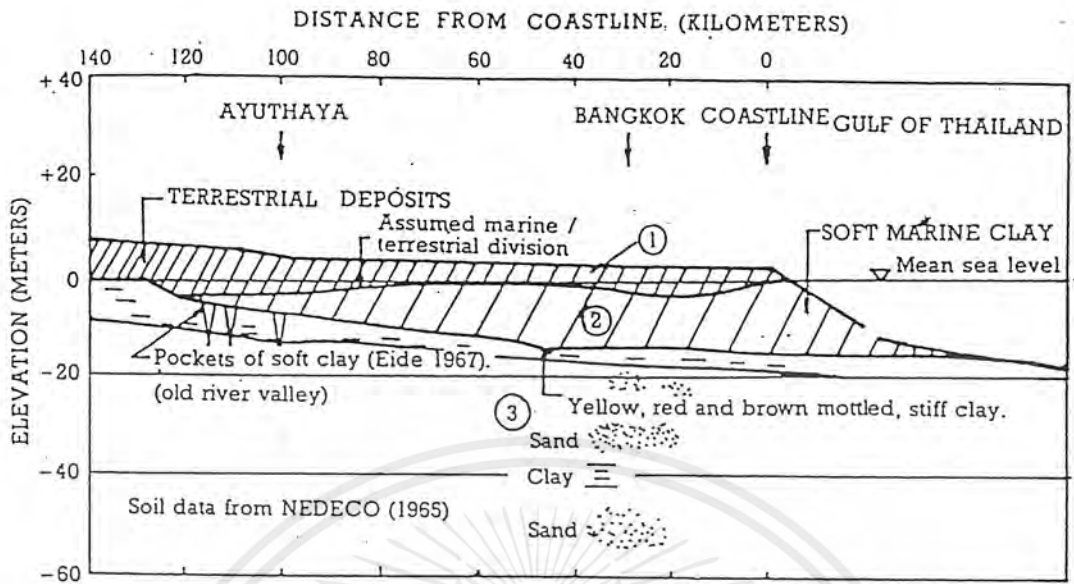
ดินเหนียวในช่วง Weathered Zone ซึ่งส่วนมากเป็น Terrestrial Deposit อยู่ในสภาพอัดแน่นเกินตัว สาเหตุส่วนใหญ่เชื่อว่ามาจากกระบวนการ Weathering โดยเฉพาะมาจาก Chemical Weathering และจากการเปลี่ยนแปลงของระดับน้ำใต้ดิน และ Desiccation ส่วนผลของการเปลี่ยนแปลงของหน่วยแรงเนื่องจากการสึกกร่อน (Erosion) เชื่อว่าไม่ใช่เป็นส่วนประกอบที่สำคัญ

ดินเหนียวอ่อนที่เป็น Marine Deposit ก็อยู่ในสภาพอัดแน่นเกินตัวเช่นกัน กลไกของการเกิดการอัดแน่นเกินตัว เชื่อว่าส่วนใหญ่มาจาก Aging อันเป็นผลของการอัดตัวครั้งที่สอง หรือ Drained Creep

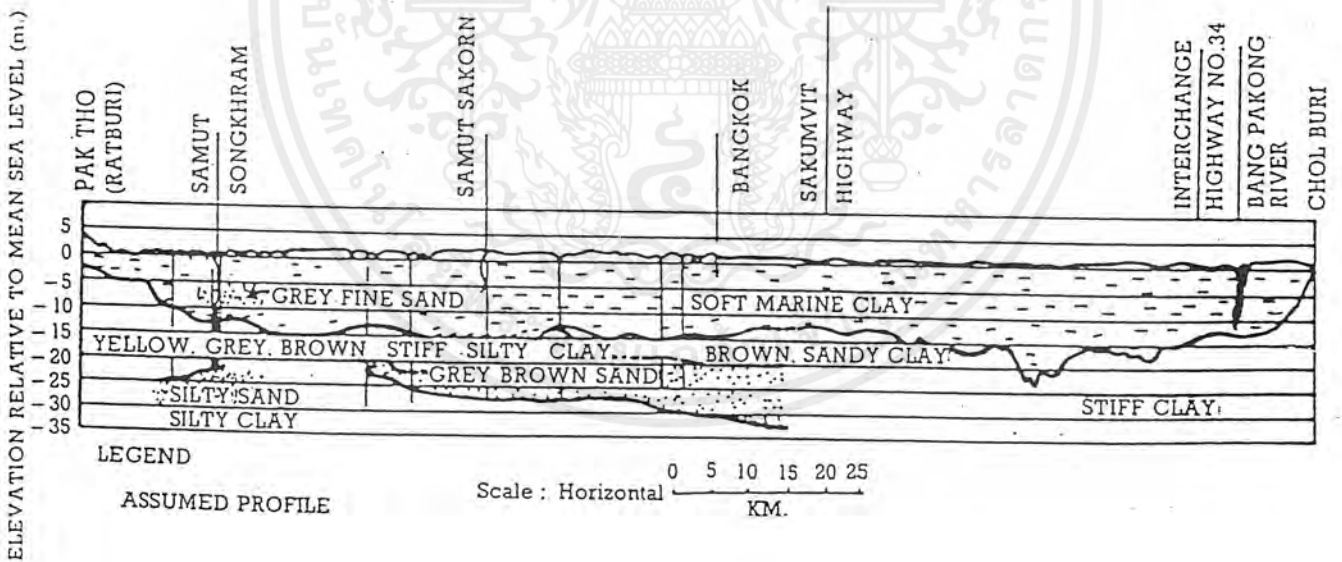
2.1.1.5.2 กำเนิดของชั้นดินบริเวณใกล้เคียงกรุงเทพฯ

รูปที่ 2.3 และ 2.4 แสดงรูปตัดของชั้นดินบริเวณใกล้เคียงกรุงเทพฯ รูปที่ 2.3 แสดงรูปตัดจากอ่าวไทยไปยังอยุธยา (นั่นคือจากทิศใต้ไปทิศเหนือ) ความหนาของชั้นดินอ่อนที่เกิดจาก Marine Deposit เพิ่มขึ้นเมื่อใกล้อ่าวไทย และดินเหนียวบริเวณนั้นมีสมบัติทางวิศวกรรมค่อนข้างเลว จากกรุงเทพฯ ไปอยุธยา ความหนาของชั้นดินอ่อนลดลง แต่ความหนาของดินชั้นที่เป็น Terrestrial Deposit เพิ่มขึ้น จนกระทั่งเลยอยุธยาไป ชั้นดินอ่อนขาดหายไป โดยชั้นดินมีเพียง Terrestrial Deposit ซึ่งเป็นดินเหนียวแข็งปานกลางตั้งอยู่บนชั้นดินเหนียวแข็ง อายุของดินมีแนวโน้มที่จะเพิ่มขึ้นจากบริเวณอ่าวไทยไปยังจังหวัดอยุธยาเช่นกัน ดินเหนียวที่บริเวณอยุธยาจะมีสภาพอัดแน่นเกินตัวมากกว่าดินบริเวณอ่าวไทย

รูปที่ 2.4 แสดงรูปตัดของชั้นดินในบริเวณกรุงเทพฯ จากชลบุรีไปราชบุรี จะเห็นว่าดินอ่อนเป็นแอ่งอยู่ และแนวโน้มของการเปลี่ยนแปลงความหนาของชั้นดินเหนียวอ่อนมีความไม่แน่นอน ความหนาของดินอ่อนใกล้แม่น้ำบางปะกงมีถึง 20 เมตร ความหนาของดินอ่อนเริ่มลดลงอย่างรวดเร็วเมื่อใกล้จังหวัดชลบุรีและจากจังหวัดสมุทรสงครามไปยังจังหวัดชลบุรี โดยทั่วไปอายุของดินอ่อนจะน้อยที่สุดบริเวณ ใกล้จังหวัดชลบุรี จากนั้นอายุของดินและสภาพอัดแน่นเกินตัวมีแนวโน้มที่จะเพิ่มขึ้นในทิศทางไปยังจังหวัดราชบุรี



รูปที่ 2.3 รูปตัดแสดงชั้นดินบริเวณกรุงเทพฯ จากทิศเหนือไปทิศใต้ (ว.ส.ท. 2520)



รูปที่ 2.4 รูปตัดแสดงชั้นดินบริเวณใกล้เคียงกรุงเทพฯ จากทิศตะวันออกไปทิศตะวันตก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.2 การศึกษาเกี่ยวกับ LANSUBSIDENCE ที่ผ่านมามีในอดีต

SA-NGUANSAKDI SUNGKHABURANA (1983)

สำรวจ land subsidence ในพื้นที่จังหวัดสมุทรปราการ ซึ่งมีการทรุดตัวลงเนื่องจากการเจาะน้ำบาดาลที่ชั้นน้ำลึก คุณสมบัติทางกลของ subsidence เป็นความสัมพันธ์โดยตรงระหว่างชั้นดินที่อยู่ภายใต้ compression และระดับใน piezometric drop โดยวิเคราะห์ภายใต้พื้นฐานของข้อมูลการยุบตัวของดินที่ได้จากการวัดจากที่จริง ซึ่งปรากฏว่ามี 4 เขตวิกฤตในการทรุดตัวคือ พื้นที่บริเวณ ถนนปู่เจ้าสมิงพราย , ใจกลางเมืองสมุทรปราการ , อุโมงค์ท่เรือป้อมพระจุลจอมเกล้า และตำโรงแหเนื่อ ผลจากการวัดการยุบตัวของดินในชั้นดินลึก ได้แสดงให้เห็นว่า ทางด้านทิศเหนือของบริเวณพื้นที่ที่ศึกษา เกิด maximum subsidence คือประมาณ 109.8 mm ในปี 1982 ขณะที่ทางด้านใต้มีอัตราการทรุดตัวที่ 50 mm / ปี และทางทิศตะวันออกมีการทรุดตัวประมาณ 14 mm ในเวลา 6 เดือน ที่ใจกลางเมืองสมุทรปราการมีการทรุดตัวประมาณ 18.7 mm ในเวลา 6 เดือน ดังนั้นจึงมีความเหมาะสมที่จะมีการควบคุมการใช้น้ำใต้ดิน และต้องมีการเติมน้ำลงไปในพื้นที่ aquifer ด้วย

KHAW LAI GUAN (1986)

ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับการพังทลายของดินเนื่องจากน้ำใต้ดิน และผลกระทบของ Subsidence ที่เกิดขึ้นใน สถาบัน AIT ในหลายสถานที่และในหลายลักษณะ ขนาดความร้ายแรงของ Subsidence จะเกี่ยวข้องกับคุณสมบัติของดิน และคุณสมบัติที่เกี่ยวข้องนั้นจะต้องถูกสำรวจและทดสอบ ใช้หลุมเจาะทั้งหมด 8 หลุม เก็บดินตัวอย่างแบบ Undisturbed และเข้าห้อง Lab ทดสอบค่าตัวแปรที่ใช้งานเกี่ยวกับการทำนายการยุบตัวของดิน ทฤษฎี One-dimensional consolidation ถูกใช้เป็นพื้นฐานเพื่อพยากรณ์การเกิด settlement เนื่องจากการลดระดับลงของชั้นดินเหนียว ความแตกต่างของความหนาแน่นดินเหนียว คุณสมบัติของดิน สถานที่ และระยะเวลา ได้ถูกนำมาพิจารณาด้วย จากการเจาะสำรวจปรากฏว่า รูปแบบในการลดระดับลงต่างกันสำหรับแต่ละตำแหน่ง ทำให้เกิดการทรุดตัวที่แตกต่างกันในสถาบัน AIT และจากการสังเกตเป็นเวลา 15 เดือน ผลปรากฏว่า ในช่วงฤดูร้อนซึ่งกินเวลาประมาณ 4 เดือนนั้น มีอัตราการทรุดตัวเฉลี่ย 8.39 ซม./ปี และในฤดูฝนอัตราการทรุดตัวจะน้อยกว่ามากคือเฉลี่ยได้ 2.35 ซม./ปี จากจุดสังเกตการณ์ที่ สนามฟุตบอล NZ-Housing และสนามเทนนิส ปรากฏว่า สามารถวัดอัตราการทรุดตัวได้ 3.39 , 1.9 และ 3.96 ซม./ปี ตามลำดับ และเมื่ำนวนทำนายเปรียบเทียบกับข้อมูลดินที่ตำแหน่งเดิมจะได้อัตราการทรุดตัว 2.6 , 1.9 และ 3.9 ซม./ปี จึงสรุปได้ว่าการทำนายนั้นมีความใกล้เคียงกับค่าที่เกิดขึ้นจริง

2.1.3 LAND SUBSIDENCE

2.1.3.1 ทั่วไป

การแสวงหาประโยชน์ส่วนตัวจากแหล่งน้ำใต้ดินจนระดับน้ำใน piezometric ลดลง เป็นสาเหตุให้เกิดแผ่นดินทรุดตัวในหลายพื้นที่ทั่วโลก ในช่วงทศวรรษที่ผ่านมา ประชากรเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว ทำให้มีผลกระทบต่อการศึกษาของแผ่นดินทรุดที่เพิ่มขึ้น และจะกลายเป็นปัญหาหนักปัญหาที่พบเจอนั้นถูกพบในหลายพื้นที่ในหลายลักษณะแตกต่างกัน เช่นที่ โตเกียว เวียดนาม แม็กซิโก ไทเป กรุงเทพฯ เป็นต้น

2.1.3.2 การทรุดตัว (Settlement)

การทรุดตัวทั้งหมด (St) เท่ากับผลรวมของการทรุดตัวแบบ Immediate Settlement และการทรุดตัวแบบ Primary Consolidation Settlement

1. Immediate หรือ Elastic Settlement, S_e เป็นการทรุดตัวที่เกิดจากคุณสมบัติยืดหยุ่นของดิน มักจะเกิดขึ้นระหว่างหรือทันทีหลังจากงานก่อสร้าง

2. Primary Consolidation Settlement, S_c เป็นการทรุดตัวที่เกิดจากปริมาณน้ำหรืออากาศถูกบีบออกจากช่องว่างในชั้นดิน โดยเฉพาะดินประเภท Clayey Soil ทำให้ปริมาตรของดินลดลง การทรุดตัวแบบนี้จะดำเนินต่อไปเรื่อยๆตามเวลาจนสิ้นสุดเมื่อแรงดันน้ำในช่องว่างส่วนที่เกิน (Excess Pore-Water Pressure) ซึ่งเกิดจากน้ำหนักบรรทุกกระทำที่ผิวดินมีค่าเป็น 0

3. Secondary Consolidation Settlement, S_s เป็นการทรุดตัวที่เกิดจากการจัดเรียงตัวใหม่ของอนุภาคดินและ Plastic Deformation จะเกิดขึ้นหลังจากสิ้นสุด Primary Consolidation Settlement แล้ว การทรุดตัวแบบนี้มักมีความสัมพันธ์ในดินประเภท Organic และ Highly Organic Clayey Soil เท่านั้น คือ จะไม่นำมาคำนึงในการคำนวณค่าการทรุดตัวของดินประเภท Inorganic Clayey Soil

2.1.3.3 ทฤษฎี

การลดระดับลงของ piezometric จะทำให้ effective stress ในมวลดินเพิ่มขึ้น การลดลงของ pore pressure นั้นจะเป็นสาเหตุของการทรุดของดิน

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

จากสมการของ effective stress ในขณะที่ total stress คงที่ การเพิ่มขึ้นของ effective stress จะแปรผันตามการลดลงของระดับ pore pressure

รูปที่ 2.5 แสดงถึงการเปลี่ยนแปลงแรงดันระหว่างการยุบอัดตัวของดิน

$$\bar{\sigma} = \sigma - u \quad (2.2)$$

โดยที่

σ = Total Stress

u = pore pressure

$\bar{\sigma}$ = effective stress

ดังนั้นที่ระดับ A-A แผนผังแรงดันของดินนี้จะเขียนได้ดังรูปที่ 2.5ก

เมื่อน้ำหนักกด P กระทำต่อดินอิ่มตัวในทันทีทันใด น้ำหนักกดทั้งหมดนี้จะถูกรับโดยน้ำ ดังนั้นสมการแรงดันประสิทธิผลจะเป็น

$$(\sigma + p) = \sigma' + (u + p) \quad (2.3)$$

และแผนผังแรงดันในชั้นดินเหนียวกรณีนี้จะเขียนได้ดังรูป 2.5ข

ในกรณีดังแสดงในรูป 2.5ข นี้ น้ำถูกรับแรงดัน P และแรงดันจำนวนนี้จะเริ่มถูกขจัดออกในชั้นทรายซึ่งอยู่บนชั้นดินเหนียวนี้จะถูกขจัดออกอย่างรวดเร็ว เนื่องจากความสามารถในการยอมให้น้ำไหลซึมผ่านของทรายสูง ในชั้นดินเหนียวแรงดันนี้จะถูกขจัดออกช้ามาก เนื่องจากความสามารถในการยอมให้น้ำไหลซึมผ่านของดินเหนียวต่ำ แต่ที่เส้นขอบเขตระหว่างดินเหนียวกับทรายจะถูกขจัดออกได้เร็วเช่นกัน ส่วนในเนื้อดินเหนียวเองแทบจะขจัดไม่ได้เลย ดังนั้นหลังจากช่วงเวลา t แรงดันน้ำส่วนเกิน (Excess Pore-Water Pressure) นี้จะถูกขจัดออกไปหมดที่เส้นขอบเขตและแรงดันนี้จะถ่ายทอดไปยังเนื้อดินเป็นแรงดันประสิทธิผล สมการแรงดันประสิทธิผลภายหลังจากเวลา t จะเขียนได้เป็น

$$(\sigma + p) = (\sigma' + \delta p) + (u + p - \delta p) \quad (2.4)$$

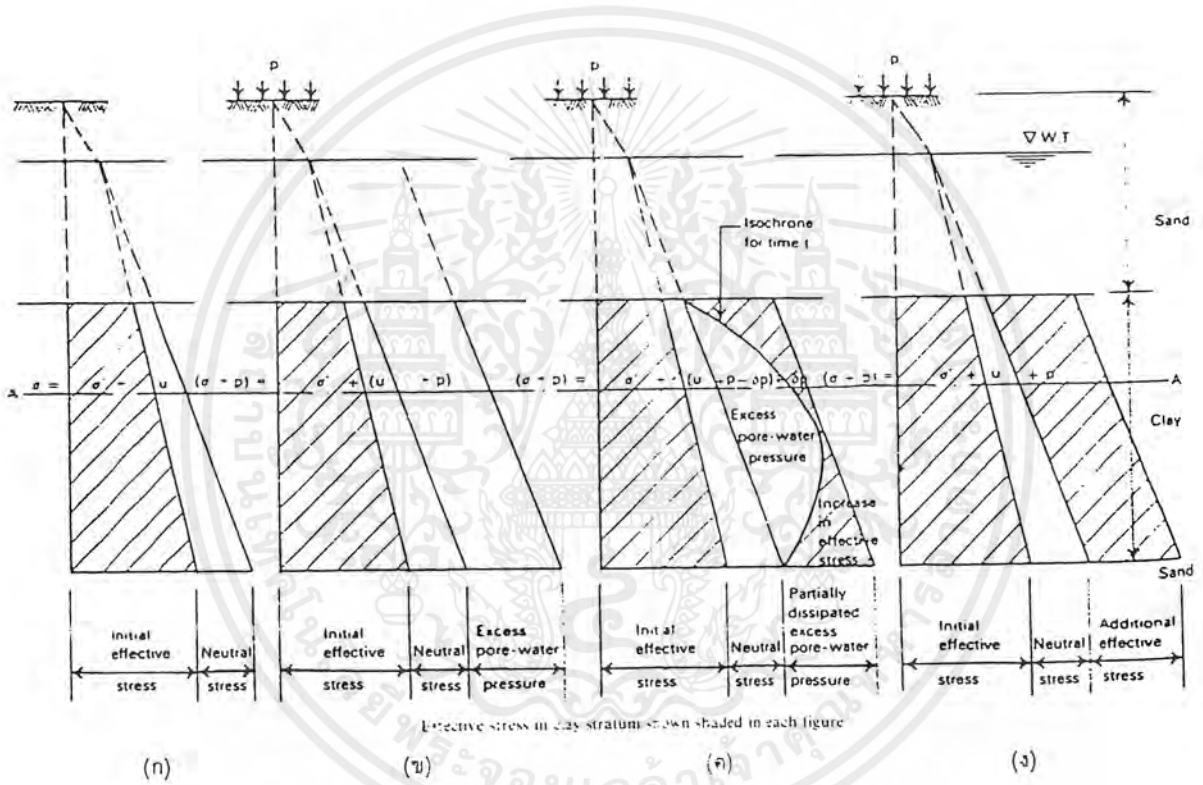
และแผนผังแรงดันในกรณีนี้เขียนได้ดังรูป 2.5ค

การเพิ่มแรงดันประสิทธิผลนี้ทำให้ดินเกิดการยุบอัดตัวขึ้น

การยุบตัวของดินจะสิ้นสุดต่อเมื่อแรงดันน้ำส่วนเกินทั้งหมดถูกถ่ายทอดไปยังเนื้อดินและ
สมการแรงดันประสิทธิผลจะเป็น

$$(\sigma + p) = (\sigma' + p) + u \quad (2.5)$$

แรงดันน้ำส่วนเกินทั้งหมดจะถูกถ่ายทอดออกไปและแผนผังแรงดันเขียนได้ดังรูปที่ 2.5



รูปที่ 2.5 การเปลี่ยนแปลงแรงดันระหว่างการยุบอัดตัวของดิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดังนั้นสำหรับการเพิ่มของ effective stress ในแนวตั้งใช้สมการดังนี้

$$\Delta\bar{\sigma} = -\Delta u \quad (2.6)$$

เมื่อ effective stress ในดินเพิ่มขึ้น การทรุดตัวของดินก็จะเกิดขึ้น และสำหรับการประมาณค่า magnitude of settlement ได้จากทฤษฎีของ Terzaghi's one dimensional consolidation theory

$$\frac{\partial u}{\partial t} = C_v \frac{\partial^2 u}{\partial z^2} \quad (2.7)$$

โดยที่

C_v = the coefficient of consolidation

U = magnitude of settlement

t = period of time

z = depth of consolidation layer

และการทรุดตัวจะสามารถประมาณได้จากการใช้ค่า coefficient of volume change, M_v โดยใช้สมการดังนี้

$$s = H M_v \sigma \Delta \quad (2.8)$$

โดยที่

s = settlement

H = thickness of settlement layer

$\sigma \Delta$ = increment of the applied stress

M_v = coefficient of volume change

และสามารถหาค่า coefficient of volume change, M_v ได้จากสมการดังนี้

$$M_v = \frac{k}{C_v \gamma_w} \quad (2.9)$$

โดยที่

k = permeability of soil

γ_w = unit weight of water

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

C_v = coefficient of consolidation

จากสมการที่ 2.8 magnitude of subsidence จะเกี่ยวข้องกับโดยตรงกับการเปลี่ยนแปลงใน effective stress , ความหนาของ compressible layers และลักษณะของดินภายใต้ compression

magnitude ของ subsidence นั้นจะส่งผลกับประวัติของ stress ในดินนั้น ถ้า effective stress ของดินมีค่าน้อยกว่า past maximum pressure ดินจะอยู่ในสถานะ over consolidation stage ซึ่งจะเกิดการทรุดตัวเล็กน้อย แต่ในทางกลับกัน ถ้า effective stress ของดินมีค่ามากกว่า past maximum pressure ดินจะอยู่ในสถานะ normal consolidation stage ซึ่งจะเกิดการทรุดตัวที่มากกว่า และรุนแรงกว่า



2.1.4 แหล่งน้ำบาดาลบริเวณกรุงเทพมหานคร และปริมณฑล (กรมทรัพยากรธรณี)

2.1.4.1 ชั้นน้ำบาดาล

กรุงเทพมหานครตั้งอยู่บริเวณที่ราบลุ่มเจ้าพระยาตอนใต้ ใต้พื้นดินกรุงเทพฯลงไปมีแหล่งกรวดทรายขนาดใหญ่ เมื่กรวดและเม็ดทรายมีขนาดใหญ่และกลมมนจึงมีช่องว่างสามารถเก็บกักน้ำบาดาลไว้ได้มาก ชั้นกรวดทรายดังกล่าวซึ่งเป็นชั้นน้ำบาดาลจะวางตัวสลับอยู่กับชั้นดินเหนียว จึงทำให้มีชั้นน้ำบาดาลหลายชั้น และแต่ละชั้นแยกจากกันได้โดยตลอด ชั้นน้ำดังกล่าวแผ่ขยายไปทางทิศเหนือถึงจังหวัดชัยนาท และแผ่ขยายไปทางด้านตะวันตกและตะวันออกของกรุงเทพฯ จรดขอบแอ่งเจ้าพระยาและทางใต้จรดอ่าวไทย ดังนั้นกรุงเทพฯจึงมีแหล่งน้ำบาดาลขนาดใหญ่และมีปริมาณมากที่สุด

ความหนาของชั้นกรวดทรายและดินเหนียวดังกล่าวหนามาก ผลจากการเจาะสำรวจปีโตรเลียมทราบได้ว่าบริเวณท้องที่อำเภอภาษีเจริญมีชั้นกรวดทรายสลับกับชั้นดินเหนียวหนาถึง 1,830 เมตร สำหรับชั้นน้ำบาดาลตั้งแต่ระดับผิวดินจนถึงความลึกประมาณ 600 เมตร แบ่งได้เป็น 8 ชั้น (รูปที่ 1) ที่ระดับลึกกว่า 600 เมตรลงไป ก็ยังมีชั้นน้ำบาดาลอยู่อีกแต่ยังไม่มีการใช้

- | | |
|---------------------|----------------------|
| 1. ชั้นน้ำกรุงเทพ | (ลึกประมาณ 50 เมตร) |
| 2. ชั้นน้ำพระประแดง | (ลึกประมาณ 100 เมตร) |
| 3. ชั้นน้ำนครหลวง | (ลึกประมาณ 150 เมตร) |
| 4. ชั้นน้ำนนทบุรี | (ลึกประมาณ 200 เมตร) |
| 5. ชั้นน้ำสามโลก | (ลึกประมาณ 300 เมตร) |
| 6. ชั้นน้ำพญาไท | (ลึกประมาณ 350 เมตร) |
| 7. ชั้นน้ำธนบุรี | (ลึกประมาณ 450 เมตร) |
| 8. ชั้นน้ำปากน้ำ | (ลึกประมาณ 550 เมตร) |

ชั้นน้ำกรุงเทพ (ความลึก 50 เมตร) เป็นชั้นน้ำชั้นบนสุดและส่วนบนสุดของชั้นน้ำชั้นนี้ปกคลุมด้วยดินเหนียวกรุงเทพฯ (Bangkok clay) ซึ่งมีความหนาเฉลี่ย 22 เมตร ชั้นน้ำประกอบด้วยกรวดทรายและมีชั้นดินเหนียวบางๆแทรกอยู่บ้าง ชั้นน้ำหนาประมาณ 20-30 เมตร ชั้นน้ำกรุงเทพมีปริมาณน้ำมากแต่คุณภาพไม่เหมาะสมที่จะบริโภคได้ ส่วนใหญ่จะเป็นน้ำเค็มขกเว้นบริเวณด้านใต้และตะวันตกเฉียงใต้ของกรุงเทพมหานครที่จะมีน้ำกร่อยพอใช้ได้แทรกอยู่ในระดับ 50-60 เมตร

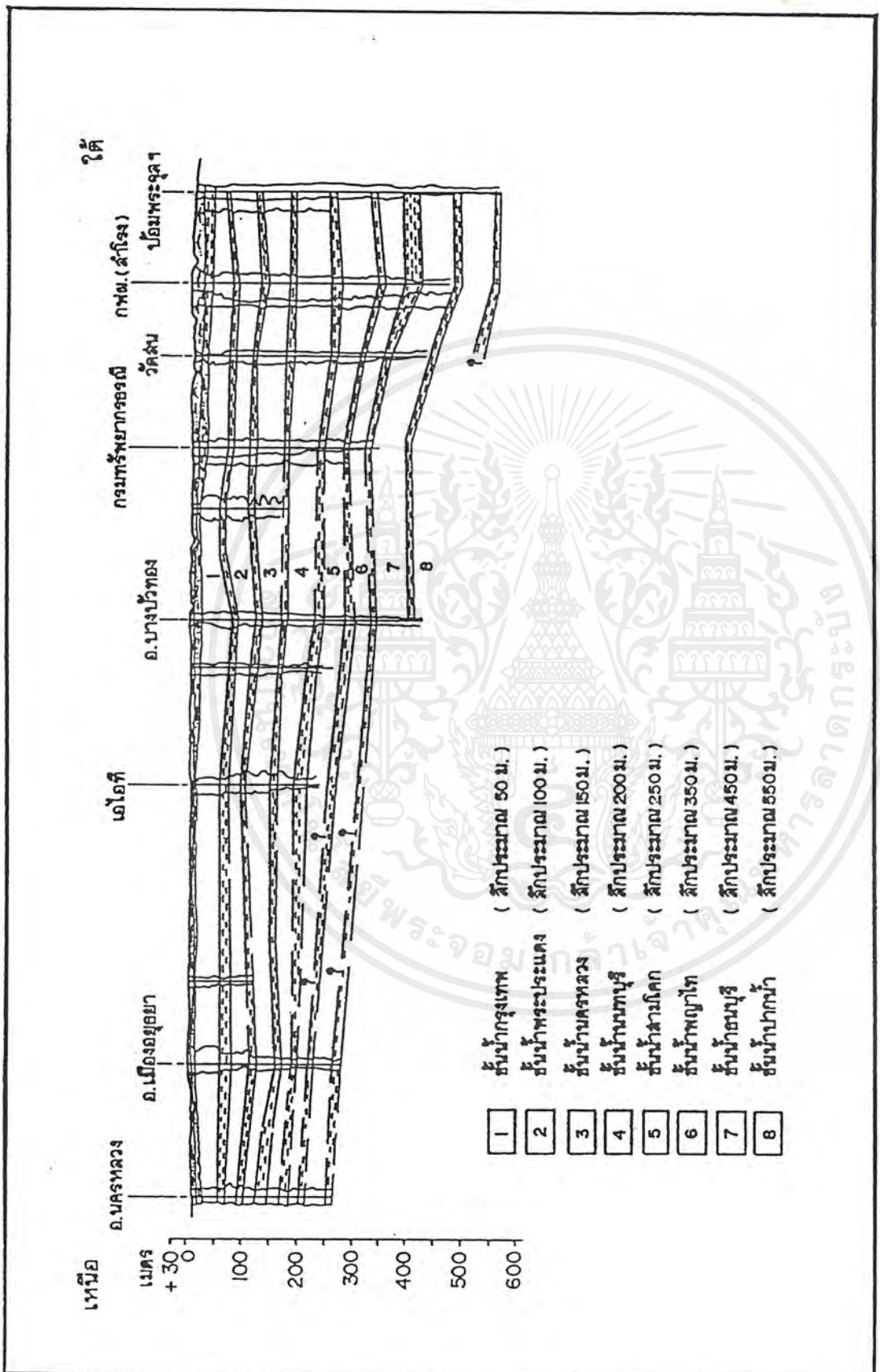
ชั้นน้ำพระประแดง (ความลึก 100 เมตร) เป็นชั้นน้ำที่อยู่ถัดจากชั้นน้ำกรุงเทพลงไปโดยถูกกั้นด้วยชั้นดินเหนียวเนื้อแน่นสีน้ำตาลอมเทา ความหนาไม่น้อยกว่า 10 เมตร (ซึ่งในชั้นดินเหนียวหนามักมีชั้นทรายบางๆแทรกอยู่ด้วย) ระดับบนสุดของชั้นน้ำอยู่ที่ระดับความลึกประมาณ 60-80 เมตร เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมตร ความหนาประมาณ 20-50 เมตร ประกอบไปด้วยกรวดทรายเม็ดเล็กและใหญ่คละกันสีขาวอมเทาหรือสีน้ำตาลอ่อนและมีชั้นดินเหนียวบางๆแทรกอยู่ ปริมาณน้ำในชั้นน้ำนี้มีปริมาณมากแต่คุณภาพกร่อยหรือค่อนข้างเค็มเป็นส่วนใหญ่ ยกเว้นอำเภอพระประแดง อำเภอเมืองสมุทรปราการ และบริเวณฝั่งธนบุรีตอนใต้ ที่แต่เดิมเป็นน้ำจืดได้เปลี่ยนแปลงคุณภาพเป็นน้ำกร่อยและบางแห่งเป็นน้ำเค็มเนื่องจากการสูบน้ำขึ้นมาใช้กันเป็นจำนวนมากและเกิดผลกระทบ โดยเฉพาะบริเวณย่านถนนสุขสวัสดิ์ อำเภอพระประแดง

ชั้นน้ำนครหลวง (ความลึก 150 เมตร) เป็นชั้นน้ำที่อยู่ถัดชั้นน้ำพระประแดงลงไป โดยมีดินเหนียวเนื้อแน่นสีน้ำตาลหนา 3-10 เมตรกั้นอยู่ ระดับความลึกถึงระดับบนสุดของชั้นน้ำอยู่ลึกจากผิวดินประมาณ 100-140 เมตร ทางด้านตะวันออกลึกไม่ถึง 90 เมตร ชั้นน้ำหนา 50-70 เมตร เป็นชั้นน้ำประกอบด้วกรวดทรายแผ่ขยายออกไปในแนวเหนือ-ใต้จนถึงจังหวัดชัยนาท และแผ่ขยายไปทางตะวันออก ตะวันตก ชั้นน้ำนครหลวงเป็นชั้นน้ำที่มีการสูบน้ำขึ้นมาใช้มากที่สุด เนื่องจากเป็นชั้นน้ำที่ให้น้ำดีทั้งปริมาณและคุณภาพ ยกเว้นบริเวณฝั่งธนบุรีและบริเวณตอนใต้กรุงเทพฯ ที่ได้น้ำกร่อยถึงเค็ม บ่อที่เจาะลึกถึงชั้นน้ำนครหลวงสามารถสูบน้ำได้ในอัตรา 100-300 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง

ชั้นน้ำนทบุรี (ความลึก 200 เมตร) ชั้นน้ำนทบุรีวางตัวขนานกับชั้นน้ำนครหลวง มีคุณสมบัติทางอุทกธรณีวิทยาคล้ายคลึงกัน ชั้นน้ำประกอบไปด้วยกรวดและมีชั้นดินเหนียวบางๆแทรกอยู่ ชั้นดินเหนียวที่คั่นอยู่บางตอนจะยอมให้น้ำไหลซึมผ่านไปได้ ระดับความลึกของชั้นน้ำจากผิวดินประมาณ 170-200 เมตร ทางด้านตะวันออกของกรุงเทพฯ อาจจะลึกประมาณ 150 เมตร ความหนาของชั้นน้ำประมาณ 30-70 เมตร สภาพน้ำบาดาลในชั้นน้ำนทบุรีคล้ายคลึงกับชั้นน้ำนครหลวง ปริมาณน้ำสามารถสูบได้ถึง 150-300 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง ในระยะก่อนปี พ.ศ. 2518 ไม่ค่อยมีการเจาะบ่อดักลงไปถึง เนื่องจากชั้นน้ำอยู่ลึกทำให้เสียค่าใช้จ่ายสูง แต่เมื่อชั้นน้ำนครหลวงได้เกิดวิกฤตการณ์น้ำบาดาลขึ้นทำให้คุณภาพน้ำเปลี่ยนแปลงและสูบน้ำได้น้อยลง จึงได้มีการเจาะบ่อดักลงไปเพื่อให้ได้น้ำคุณภาพดีและปริมาณน้ำมากขึ้น ในปัจจุบันบ่อน้ำบาดาลขนาดใหญ่ๆของการประปานครหลวงและโรงงานอุตสาหกรรมขนาดใหญ่ จะเจาะลึกถึงชั้นน้ำนทบุรี จึงทำให้เกิดวิกฤตการณ์น้ำบาดาลในบางบริเวณเช่นเดียวกับชั้นน้ำนครหลวง

ชั้นน้ำสามโคก (ความลึก 300 เมตร) ชั้นน้ำวางตัวอยู่ใต้ชั้นน้ำนทบุรี ระดับบนสุดของชั้นน้ำพบที่ประมาณ 240-250 เมตร ความหนาโดยเฉลี่ยประมาณ 40-80 เมตร ลักษณะชั้นน้ำประกอบไปด้วยชั้นทรายบางๆหลายชั้นวางตัวเรียงสลับกันลงไป โดยมีชั้นดินเหนียวแทรกสลับอยู่กลาง บ่อน้ำบาดาลส่วนใหญ่ที่เจาะในชั้นน้ำนี้จะอยู่บริเวณเหนือจังหวัดนนทบุรีจนถึงตัวจังหวัดปทุมธานี คุณภาพน้ำใกล้เคียงกับชั้นน้ำนทบุรีแต่ปริมาณน้ำจะน้อยกว่า



รูปที่ 2.6 แผนที่รูปตัดแนวเหนือ-ใต้ แสดงชั้นน้ำบาดาลบริเวณกรุงเทพมหานคร และปริมณฑล (กรมทรัพยากรธรณี)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชั้นน้ำพญาไท (ความลึก 350 เมตร) ชั้นนี้มีลักษณะทางอุทกธรณีวิทยาเหมือนกับชั้นน้ำตามโลก คือประกอบด้วยชั้นทรายบางๆหลายชั้นและมีชั้นดินเหนียวแทรกอยู่ โดยแยกจากกันด้วยชั้นดินเหนียวแข็งเนื้อหนาแน่น หนาประมาณ 5-10 เมตร ระดับบนสุดของชั้นน้ำอยู่ลึกประมาณ 275-350 เมตร ชั้นน้ำหนาประมาณ 40-60 เมตร สภาพน้ำบาดาลคล้ายคลึงกับชั้นน้ำตามโลก โดยมีแหล่งน้ำจืดเฉพาะด้านเหนือ ตะวันออกและตะวันตกเฉียงใต้ของกรุงเทพฯ และน้ำเค็มทางด้านใต้และเขตรนบุรี

ชั้นน้ำธนบุรี (ความลึก 450 เมตร) ชั้นนี้วางตัวอยู่ใต้ชั้นน้ำพญาไท โดยมีชั้นดินเหนียวตัวกันอยู่ ชั้นดินเหนียวดังกล่าวบางแห่งหนาถึง 30 เมตร แต่มีบางแห่งหนาประมาณ 1 เมตรเท่านั้น ระดับบนสุดของชั้นน้ำอยู่ลึกจากผิวดินประมาณ 350-400 เมตร ชั้นน้ำประกอบด้วยทรายหนาๆอย่างน้อย 3 ชั้น แต่ละชั้นมีดินเหนียวแทรกอยู่ ความหนาของชั้นน้ำรวมกันประมาณ 50-100 เมตร น้ำบาดาลในชั้นธนบุรีส่วนใหญ่เป็นน้ำจืดหรือค่อนข้างจืด เว้นแต่บริเวณด้านตะวันตกหรือตะวันตกเฉียงใต้ของฝั่งธนบุรี ซึ่งจะได้น้ำกร่อยถึงเค็ม

ชั้นน้ำปากน้ำ (ความลึก 550 เมตร) ชั้นนี้เป็นชั้นน้ำที่ลึกที่สุด ให้น้ำจืดอยู่ทุกบริเวณ เป็นชั้นน้ำที่ประกอบไปด้วยชั้นทรายหนาๆไม่น้อยกว่า 3 ชั้น ทรายชั้นล่างสุด (ประมาณ 550 เมตรลงไป) จะให้คุณภาพน้ำที่ดีที่สุด ระดับบนสุดของชั้นน้ำอยู่ลึกจากผิวดินประมาณ 420-500 เมตร ในปัจจุบันได้มีโรงงานอุตสาหกรรมขนาดใหญ่จะบ่อและสูบน้ำจากชั้นน้ำชั้นนี้ โดยเฉพาะในบริเวณที่ชั้นน้ำระดับตื้นกว่าให้น้ำเค็ม เช่น บริเวณอำเภอพระประแดง จังหวัดสมุทรปราการ บ่อสามารถสูบได้มากกว่า 45 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง และเป็นชั้นน้ำที่ให้ความร้อนอุณหภูมิ 48 องศาเซลเซียส

2.1.4.2 ปริมาณน้ำที่ไหลลงไปเพิ่มเติมแหล่งน้ำบาดาล

จากลักษณะทางธรณีวิทยา บริเวณลุ่มภาคกลางตอนใต้ปกคลุมไปด้วยชั้นดินเหนียวที่อ่อน โดยเฉพาะบริเวณกรุงเทพมหานครชั้นดินเหนียวมีความหนามาก ฉะนั้นน้ำจากน้ำฝนหรือน้ำจากแม่น้ำลำคลองไม่สามารถซึมผ่านลงไปยังแหล่งน้ำบาดาลได้โดยตรง หรืออาจจะมีบางส่วนที่ซึมลงไปบ้างแต่มีปริมาณน้อยมาก ดังนั้น ปริมาณน้ำที่ไหลลงไปเพิ่มเติมในแหล่งน้ำบาดาลส่วนใหญ่ จึงมาจากบริเวณขอบแอ่ง ข้อมูลจากกรมทรัพยากรธรณีได้อ้างว่าจากการศึกษาของสถาบันเทคโนโลยีแห่งเอเชีย (AIT) ประมาณว่าปริมาณน้ำจากน้ำฝนและน้ำจากแม่น้ำลำคลองที่ซึมผ่านลงชั้นดินลงไปใต้ดินในลุ่มภาคกลางตอนใต้ (ไม่รวมลุ่มน้ำแม่กลอง) ประมาณปีละ 3.2 เปอร์เซ็นต์ของปริมาณน้ำฝนที่ตกลงมาซึ่งปริมาณน้ำที่ได้ไหลเข้าไปเติมจำนวนนี้จะเป็นตัวควบคุมระบบน้ำบาดาลในลุ่มภาค

กลางตอนใต้ ส่วนบริเวณกรุงเทพฯและจังหวัดใกล้เคียงจะได้รับน้ำที่ไหลเข้าไปเพิ่มเติมเพียงบางส่วนเท่านั้น

จากการศึกษาอายุน้ำบาดาลในบริเวณที่ราบภาคกลางโดยใช้คาร์บอน-14 และ Stable Isotopes พบว่าน้ำบาดาลในชั้นน้ำตื้นต่างๆบริเวณกรุงเทพฯมีอายุตั้งแต่ประมาณ 10,000-39,000 ปี โดยเฉลี่ยประมาณ 20,000 ปี และน้ำบาดาลจะมีอายุมากขึ้นตามทิศทางของการไหลของน้ำบาดาล คือจากเหนือไปได้ บริเวณที่น้ำจะไหลลงไปเพิ่มเติมแหล่งน้ำบาดาลในกลุ่มเจ้าพระยาตอนใต้ คือ บริเวณตั้งแต่จังหวัดอ่างทองไปถึงจังหวัดชัยนาทและอุทัยธานี ซึ่งในบริเวณนี้เป็นบริเวณที่ประกอบไปด้วยตะกอนกรวดทรายและดินจากลุ่มน้ำหลาก และน้ำบาดาลในบริเวณดังกล่าวเป็นน้ำยุคปัจจุบัน

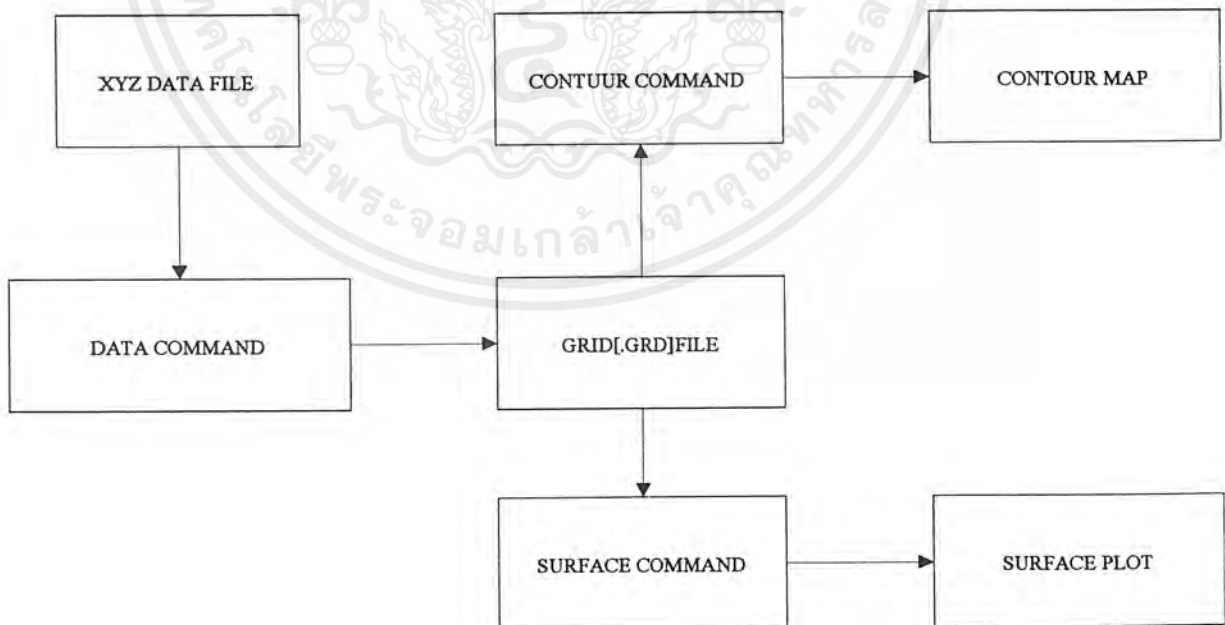


2.1.5 โปรแกรม SURFER

โปรแกรม Surfer เป็นโปรแกรมที่ใช้สร้าง Contour และสร้างพื้นผิว 3 มิติ โดยโปรแกรมนี้จะเรียกใช้ผ่าน Microsoft Windows โปรแกรม Surfer จะนำข้อมูล X,Y,Z (พิกัดตามแกน X,Y,Z) มาแสดงในรูปของ grid ซึ่งจะเปลี่ยนข้อมูลให้ไปอยู่ในรูปของ ไฟล์ (.GRD) ไฟล์ grid นี้จะนำมาใช้สร้าง Contour Map อีกทีหนึ่ง

โปรแกรม Surfer ยังสามารถ

- กำหนดขอบเขตข้อมูล
 - แสดงจุดหลัก (หมุดหลักฐาน) ใน Contour (Post Map)
 - นำ Contour มาประกอบเข้ากับแผนที่
 - วาดแผนที่
 - เพิ่มข้อความลงในแผนที่
 - แสดงเส้น Scale
 - ลงสีให้กับ Contour ซึ่งมีสีให้เลือกหลายสี
- ฯลฯ



ผังการทำงานของโปรแกรม Surfer

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิธีใช้งาน Surfer

ในที่นี้จะขอกล่าวเฉพาะวิธีการสร้าง Contour Map ซึ่งมีขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. สร้างไฟล์ข้อมูล X,Y,Z (Data File)

ไฟล์ข้อมูล X,Y,Z สามารถสร้างในหน้าต่าง Surfer Worksheet , หน้าต่าง Surfer Editor หรืออาจจะสร้างข้างนอกโปรแกรม Surfer

ไฟล์ Data จะประกอบด้วยข้อมูลดิบที่จะใช้ในการสร้าง ไฟล์ grid, ใช้ในการคำนวณต่าง ๆ หรือ แสดง Post Map ข้อมูลแต่ละจุดใน Data file จะประกอบด้วย X,Y,Z โดย X,Y จะเป็น coordinate การทศดัว (หรือระดับแผ่นดิน) ไฟล์ Data จะถูกเก็บอยู่ในรูป (.DAT)

2. สร้าง Grid

Grid file สร้างได้จาก Data file โดยใช้คำสั่ง Data จาก Grid Menu ซึ่งคำสั่งนี้จะเปลี่ยนข้อมูลให้อยู่ในรูปของ (.GRD) ในขั้นตอนสร้าง Grid file มีวิธีการสร้าง Grid ให้เลือกหลายแบบให้เหมาะสมกับงานที่เราทำอยู่ วิธีต่าง ๆ มีดังนี้

- Inverse Distance
- Kriging
- Radial Basis Functions
- Shepard's Method
- Triangulation
- Minimum Curvature
- Polynomial Regression

ซึ่งแต่ละวิธีจะให้รูป Contour Map ที่ไม่เหมือนกัน สำหรับโครงการครั้งนี้จะใช้วิธี Kriging ซึ่งวิธีนี้ใช้ได้กับข้อมูลปานกลางถ้าข้อมูลมาก ๆ ควรใช้วิธีอื่น

3. การสร้าง Contour

ใช้ Contour Command จาก Map Menu สร้าง Contour Map จาก Grid file Contour Map จะสร้างได้จาก Grid file เท่านั้น , Contour Map จะเป็นภาพแสดง 2 มิติ จากข้อมูล 3 มิติ ในการสร้าง Contour Map สามารถนำองค์ประกอบต่าง ๆ ประกอบเข้าไปได้มากมาย เช่น

1. ใส่ Post Map โดยใช้คำสั่ง Post Map ใน Map Menu แล้วทำการวางซ้อนกับ Contour Map โดยใช้คำสั่ง Overlay
2. แสดงระดับของ Contour ในรูปแบบของเส้น Contour หรือ แบบมีสี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. กำหนด Scale ที่ต้องการ
4. สามารถทำให้เส้น Contour เรียบได้ซึ่งสามารถทำได้หลายวิธี
 - ใช้ Option Smoothing ใน Contour Map dialog box
 - ใช้คำสั่ง Spline Smoothing จาก Grid Menu เพื่อสร้าง Grid ใหม่ที่ ให้ผลเรียบกว่า
 - สร้าง Denser Grid จากข้อมูลเดิม
 - เป็นวิธี Gridding ซึ่งบางวิธีอาจให้ผลที่ได้ดีกว่า

5. การประกอบเข้ากับแผนที่

เมื่อเสร็จสิ้นการสร้าง Contour แล้วข้อมูล Contour จะเก็บอยู่ในรูป (.SRF) ซึ่งเป็นข้อมูลสุดท้ายของโปรแกรมนี้

2.1.6 โปรแกรม Harvard Graphic 98

โปรแกรม Harvard Graphic version 98.0.0 เป็นลิขสิทธิ์จากบริษัท Software Publish Corporation. ซึ่งมีการพัฒนาการมาเรื่อยๆ นับตั้งแต่ปี 1991 Harvard Graphic 98 เป็นโปรแกรมสำหรับการสร้างภาพ และการทำ Presentations สามารถสร้าง ตัวอักษร , กราฟ , Chart จากข้อมูลที่ มีอยู่ สามารถวาดภาพได้เอง หรือ โหลดภาพจากโปรแกรมอื่นเข้ามาทำงานได้ Harvard Graphic มี ข้อจำกัดน้อยมากในการทำงานร่วมกับโปรแกรมอื่น โดยเฉพาะกับ Microsoft Office สามารถ ทำงานแบบเชื่อมโยง โครงข่ายระบบ Internet ได้อีกด้วย

2.2 การวิเคราะห์การทรุดตัวของถนนที่ถูกปรับปรุงโดย PVD

2.2.1 PREFABRICATED VERTICAL DRAIN (PVD)

2.2.1.1 ทัวไป

การทรุดตัวสำหรับดินประเภทดินอ่อนนั้นเป็นปัญหามากสำหรับงานวิศวกรรมฐานรากและโครงสร้างบนพื้นดิน เนื่องจากมีสาเหตุจากดินเหนียวที่มีความชื้นน้ำได้ต่ำ ใช้ระยะเวลาสำหรับการทรุดตัวเริ่มแรก จากนั้นจะมีการทรุดตัวค่อนข้างมากในภายหลังเมื่อสิ่งก่อสร้างถูกสร้างขึ้น ดังนั้นเพื่อที่จะขยับย่อช่วงระยะเวลาดังกล่าวให้รวดเร็วขึ้น จึงมีการทำ Soil improvement ประเภท vertical drain ขึ้น โดยทำการติดตั้งเครื่องมือลงไปชั้นดินเพื่อให้เกิดการ drain ในแนวตั้งได้โดยง่าย จากนั้นจึงทำการ preloading โดย surcharge embankment หรือ vacuum pressure วิธี vertical drain นี้เป็นการสร้างให้เกิดการคายน้ำเทียมๆ ขึ้น ซึ่งมีหลายรูปแบบ และลักษณะการที่จะเลือกใช้รูปแบบไหนนั้นก็ขึ้นอยู่กับลักษณะทางกายภาพซึ่งแตกต่างกันออกไป รูปที่ 2.7 เป็นการแสดงให้เห็นถึงการติดตั้ง vertical drain ชนิดหนึ่งให้กับการสร้าง highway embankment โดยวิธีนี้เมื่อทำการ preloading แล้วน้ำสามารถไหลทางแนวราบได้เร็วขึ้นมาก และสามารถไหลทางตั้งได้อย่างอิสระ การติดตั้ง vertical drains นี้ จะเป็นการลดระยะเวลาของการไหลของน้ำในมวลดิน ช่วยขยับระยะเวลา ของกระบวนการทรุดตัวของดินได้ หลังจากนั้นการชื้นน้ำในดินทางแนวราบนั้นก็ถูกปรับปรุงให้เพิ่มขึ้น ดังนั้นจึงสามารถสรุปได้ว่าการติดตั้ง vertical drain สามารถให้ประโยชน์ในเบื้องต้น 2 ประการคือ

1. ช่วยเร่งกระบวนการทรุดตัวให้เร็วขึ้นสำหรับชั้นดินเหนียว
2. ช่วยปรับปรุงความเสถียรภาพให้แก่ดินเหนียว เพื่อรับน้ำหนักโครงสร้างของฐานรากต่อไป

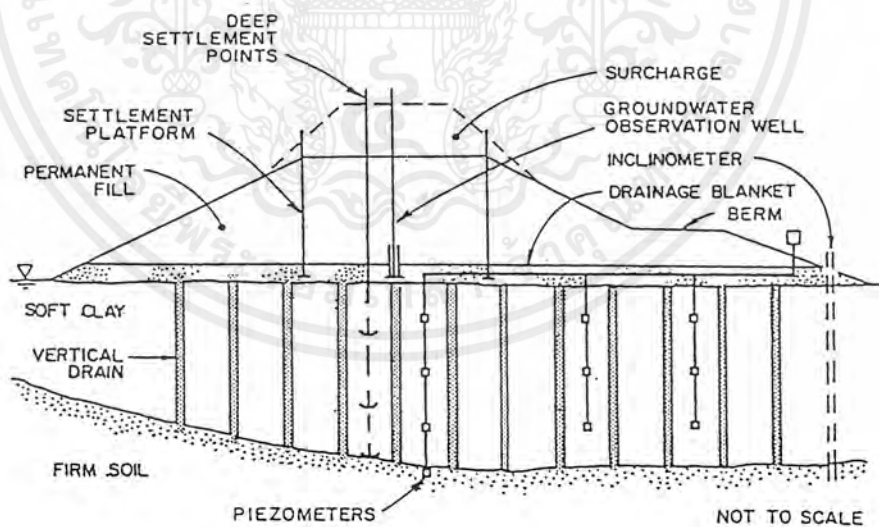
เราสามารถแบ่ง Vertical drain ออกเป็น 3 แบบโดยทั่วๆ ไปดังนี้

1. sand drains
2. fabric encased sand drains
3. prefabricated sand drains

2.2.1.2 PRELOADING

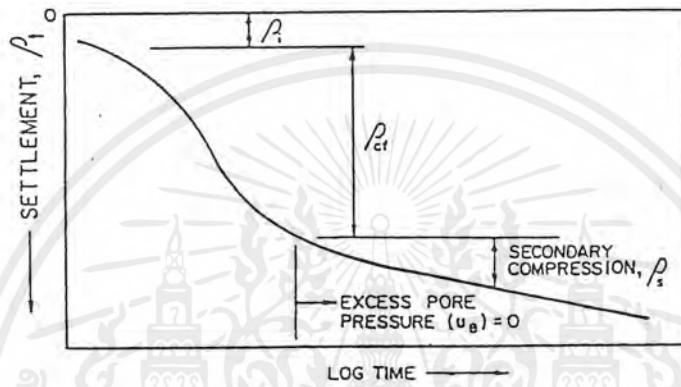
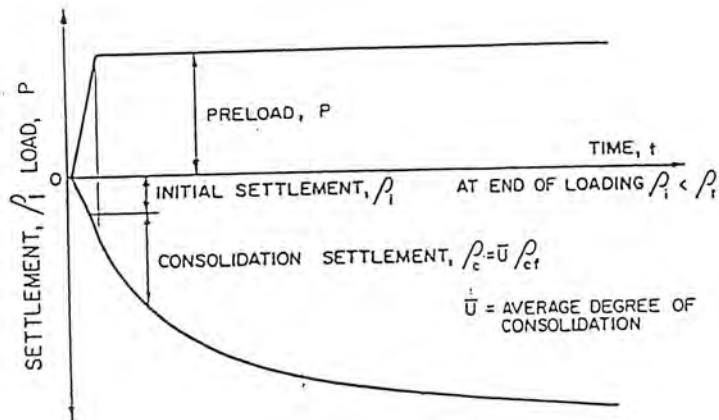
การทำ Preloading เกี่ยวข้องกับการอัดแน่นของดินภายใต้การสร้าง stress ในแนวตั้งแทนน้ำหนักที่ดิน จะต้องถูกรับจริงเมื่อการก่อสร้างเสร็จแล้ว การ preloading เป็นการเร่งให้ดินอ่อนเกิดการทรุดตัวซึ่งทำให้เห็นว่าเกิดการทรุดทั้ง 3 ส่วนคือ immediate, primary และ secondary consolidation ดังรูปที่ 2.8 ซึ่งเป็นการแสดงให้เห็นความสัมพันธ์ต่างๆไปของการทรุดตัวทั้ง 3 ลักษณะของดิน สภาพการอัดตัว ประวัติของความเค้น ขนาดของน้ำหนักที่เคยกระทำในอดีต และความสัมพันธ์ระหว่างพื้นที่รับน้ำหนักและความหนาของชั้นดิน ที่ถูกอัดแน่นเป็นต้น

โดยทั่วไปแล้วการออกแบบ Preloading นั้นมักจะให้ความสำคัญกับ primary consolidation settlement มากที่สุดสำหรับในหลายโครงการ ถึงกับใช้เพียงตัวเดียวในการออกแบบ เทคนิคของการทำ preloading จะถูกพิจารณาตามรายละเอียดแต่ละที่ จุดสำคัญก็คือ น้ำหนัก preload ที่ใช้เป็น surcharge stress นั้นจะต้องมีค่าเกินจาก maximum past pressure สำหรับดินเหนียว รูปที่ 2.9 แสดง initial (σ_{vo}) และ final (σ_{vf}) effective stress ภายใต้การทดสอบเทียบกับ maximum past pressure โดยวิธีของ Casagrande (Bergado et al. 1991)

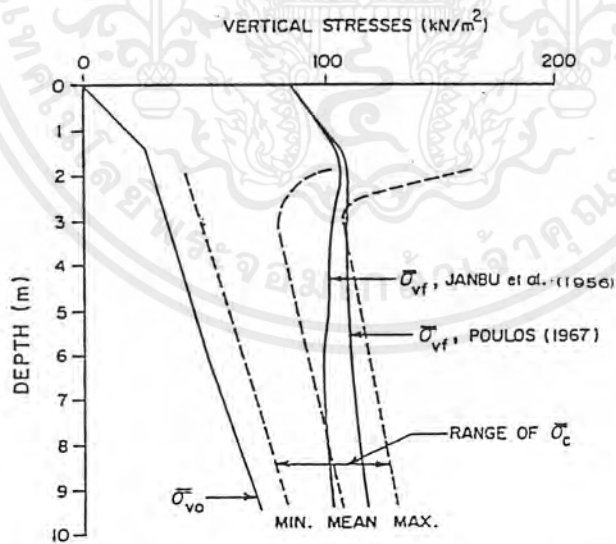


รูปที่ 2.7 Typical Vertical Installation for a Highway Embankment

(Rixner et al. 1986)



รูปที่ 2.8 Idealized Types of Settlement (Rixner et al. 1986)



รูปที่ 2.9 Initial and Final Stresses Under the Center of the Test Embankment with Range of Preconsolidation Pressure (Bergado et al. 1991)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.1.3 SAND DRAINS

การทำ vertical drains เพื่อเร่งอัตราการทรุดตัวของชั้นดินอ่อนนั้นเริ่มแรกเราใช้ทรายก่อน ซึ่งเรียกว่า sand drains ซึ่งรูปแบบเป็นการเติมทรายลงไปในพื้นที่สำหรับชั้นดินอ่อนซึ่งมี 2 รูปแบบใหญ่ๆ คือ

1. Displacement types

วิธีนี้จะใช้ mandrel หรือแกนนำเจาะปลายปิด เจาะและดันลงไปในพื้นที่ดินอ่อน ซึ่งดินจะถูกแทนที่ทั้งแนวตั้ง และแนวนอน ซึ่ง Casagrande และ Poulos (1969) อธิบายว่าวิธีนี้เป็นอันตรายต่อความอ่อนไหวในดินอ่อน เป็นการรบกวนโดยตรงซึ่งมีผลทำให้ มีอัตราการซึมน้ำได้ในดินน้อยลง

2. Non-displacement types

วิธีนี้จะใช้ mandrel ปลายเปิดเจาะและดันลงไปในพื้นที่ดินเช่นเดียวกัน และวิธีนี้จะต้องการ การควักดินใน mandrel ออกด้วยโดยวิธีการใช้เครื่องเจาะหรือ water jet ซึ่งแสดงให้เห็นในรูปที่ 2.10

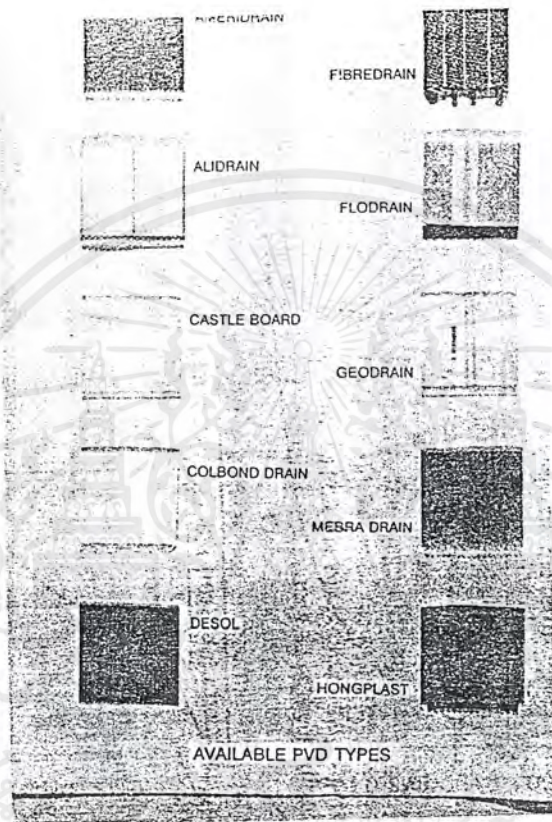
2.2.1.4 คุณสมบัติของ PREFABRICATED DRAINS

คำจำกัดความของคำว่า prefabricated drains นั้น หมายถึงการใช้วัสดุที่มีลักษณะเป็นใยสังเคราะห์ที่มีความสามารถในการกรองสวมหุ้มแกนพลาสติกซึ่งมีความสามารถซึมน้ำได้ปริมาณมาก และสามารถระบายน้ำออกจากแนวตั้งได้สะดวก

วัสดุที่ใช้ห่อหุ้มนั้นจะผลิตมาจากวัสดุที่เรียกว่า non-woven polyester หรือ poly propylene geotextiles หรือกระดาษ synthetic ซึ่งจะทำหน้าที่กรองไม่ให้เศษฝุ่นผงเล็กๆ เข้าไปรบกวนการ drain น้ำในแกน และทำให้เกิดการไหลของน้ำในบริเวณใกล้เคียงให้เข้าสู่ระบบการซึมซับ ส่วนแกนพลาสติกนั้นทำหน้าที่รองรับส่วนที่ใช้ห่อหุ้มและจัดให้น้ำไหลไปตามทางยาวของแกนได้ แม้ว่าจะแรงดันดินด้านข้างกระทำอยู่ก็ตาม รูปที่ 4.5 เป็นชนิดของผลิตภัณฑ์ prefabricated drains ยี่ห้อต่างๆ รูปที่ 4.6 เป็นรายละเอียดของ drain core หรือแกนพลาสติกชนิดต่างๆ รูปที่ 4.7 เป็นรูปแบบชนิดต่างๆ ของ PVD แกน PVD core สามารถแบ่งออกเป็น 3 แบบใหญ่ๆคือ groove core , studded core และ filament core

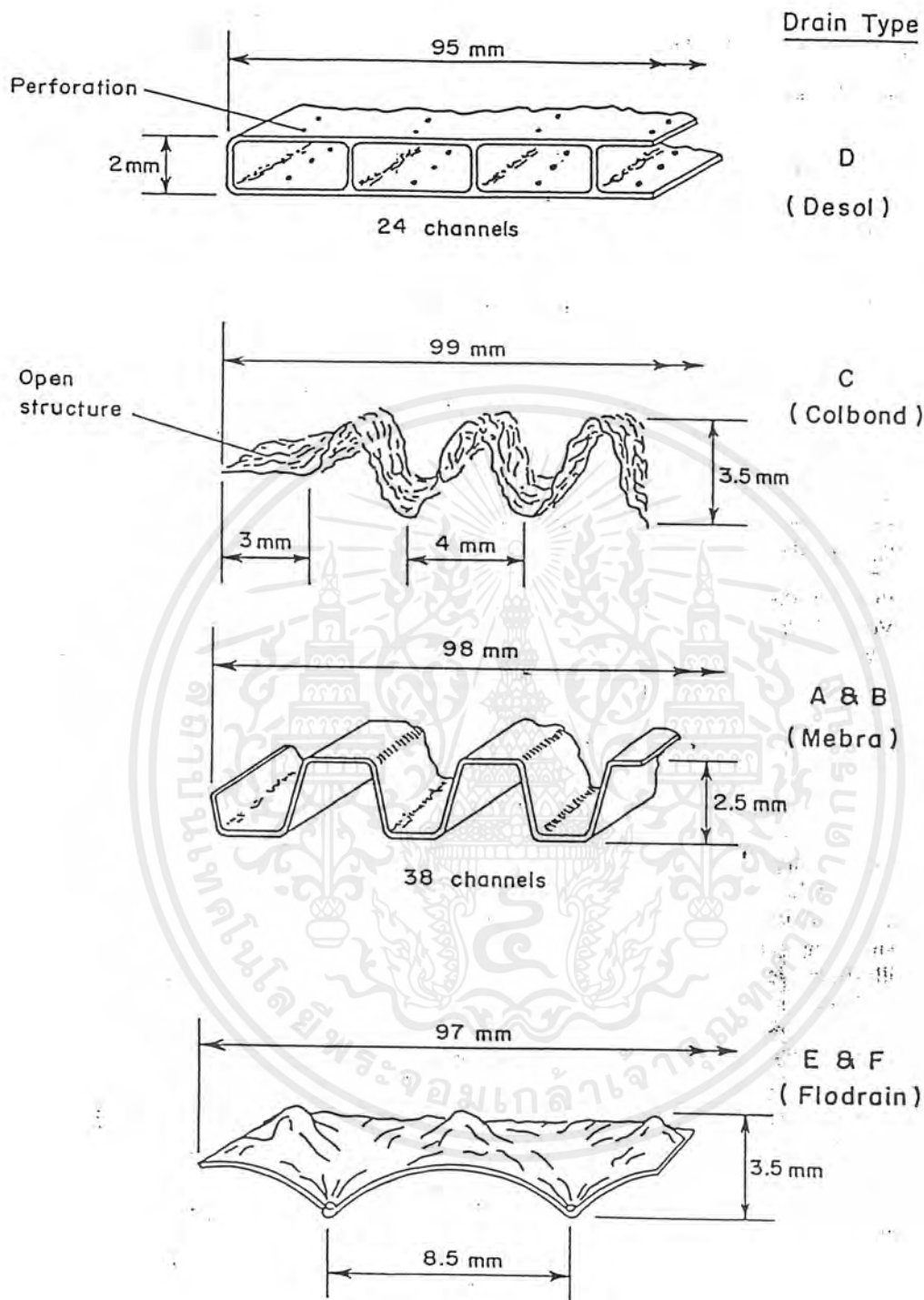


รูปที่ 2.10 Non-Displacement Sand Drains Using Water Jets



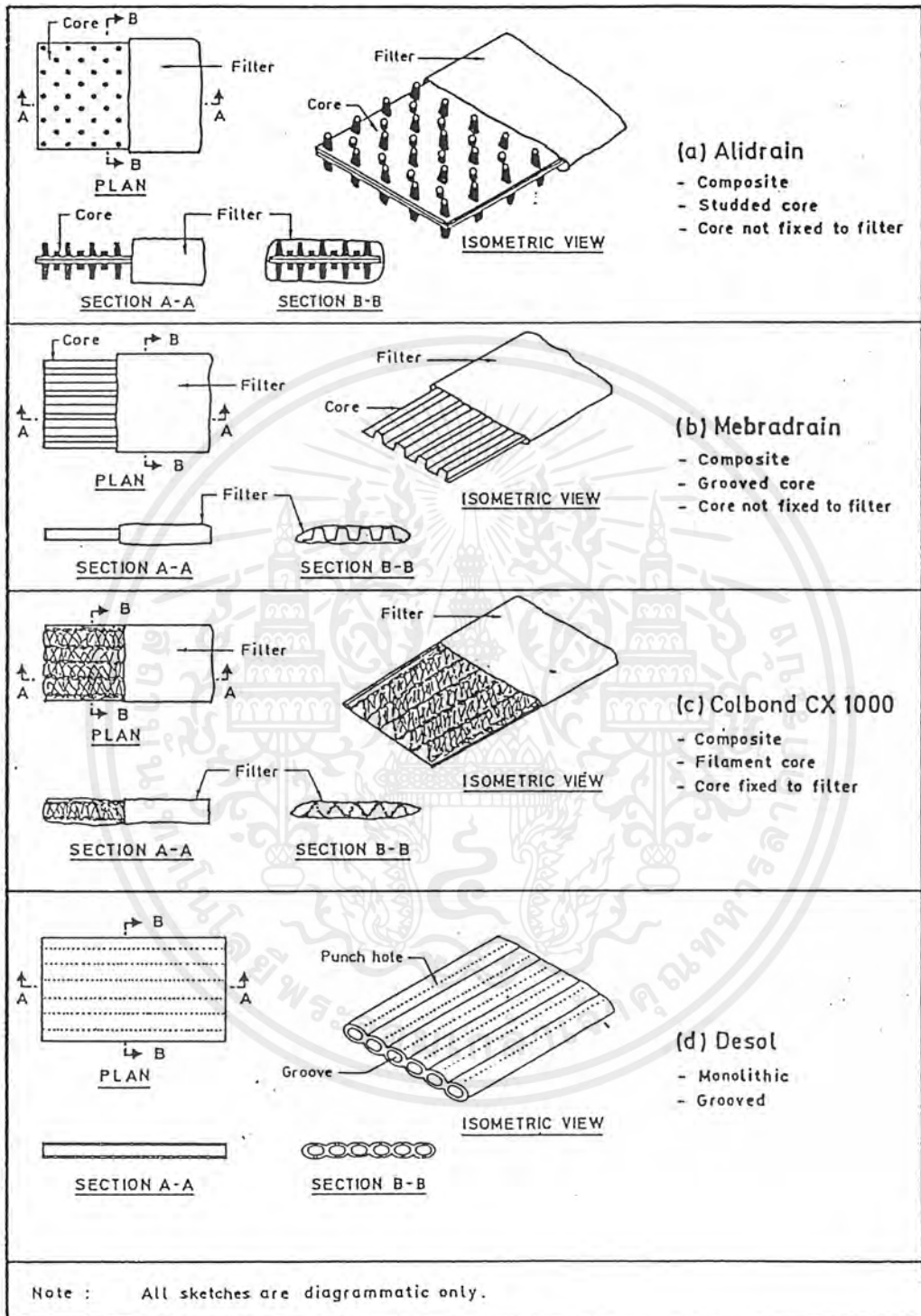
รูปที่ 2.11 Prefabricated Vertical drain

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหากและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.12 Geometrical Shape of Various Drain Cores

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



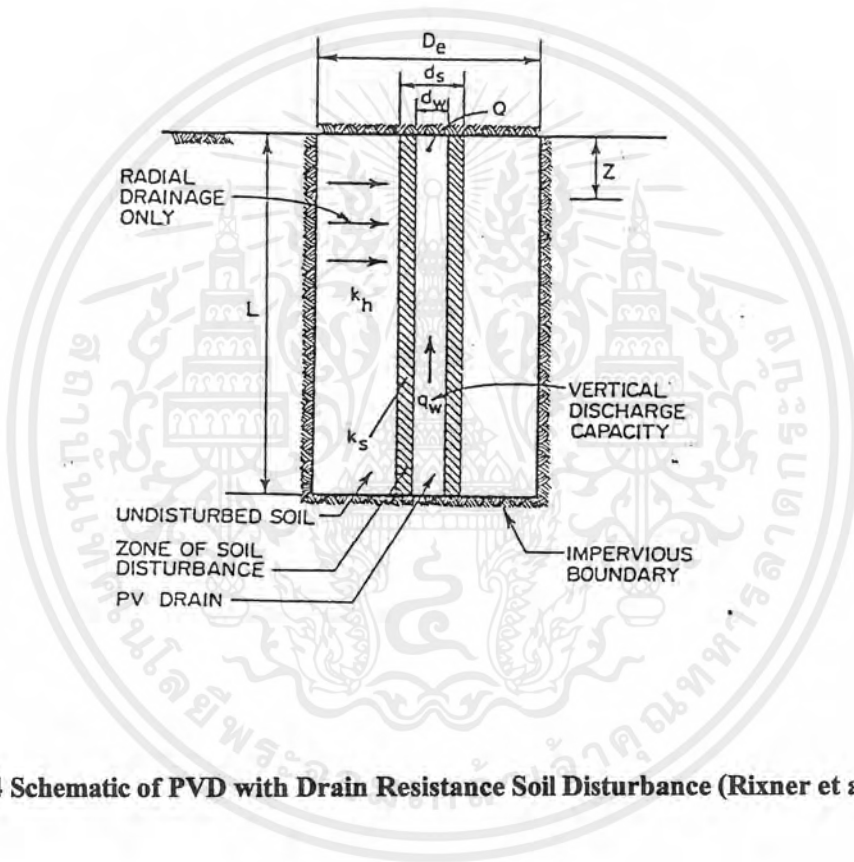
รูปที่ 2.13 Configurations of Different Types of Prefabricated Vertical Drain (PVD)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.2 types of vertical drains (Rixner, 1986)

General type	Sub-type	remarks
Sand Drains	Closed end mandrel	Maximum displacement
	Screw type auger	Limited experience
	Continuous flight hollow stem auger	Limited displacement
	Internal jetting	Difficult to control
	Rotary jet	Can be non-displacement
	Ducth jet-bailer	Can be non-displacement
Fabric Encased Sand Drain	Sandwick, Pack Drain Fabridrain	Full displacement of relative small volume

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.14 Schematic of PVD with Drain Resistance Soil Disturbance (Rixner et al. 1986)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.1.5 การทรุดตัวด้วย VERTICAL DRAINS

Barron(1948) ได้เสนอสมการที่ใช้กับปัญหา เมื่อทดลองการทรุดตัวของดินในกระบอกโดยมีแกนทรายอยู่ตรงกลาง ทฤษฎีของ Barron นั้นอยู่บนพื้นฐานของการคิดการทรุดตัวแบบมิติเดียว (Terzaghi ,1943) โดยการแก้สมการของ Barron นั้นจะอยู่ภายใต้ 2 เงื่อนไข คือ

1. มี vertical strain อิสระ โดยสมมติว่า vertical stress ที่ผิวนั้นคงที่เสมอ และการเคลื่อนที่ของผิวไม่มีรูปแบบตายตัวในระหว่างที่เกิดกระบวนการทรุดตัวขึ้น

2. มี vertical strain ที่เท่ากัน โดยสมมติว่า vertical stress ที่ผิวนั้นไม่มีรูปแบบที่ตายตัว ในกรณีที่มี strain ที่เท่ากัน สมการ differential สำหรับการทรุดตัวคือ

$$\frac{\partial U}{\partial t} = C_h \left[\left(\frac{\partial^2 U}{\partial r^2} \right) + \frac{1}{r} \left(\frac{\partial U}{\partial r} \right) \right] \quad (2.10)$$

u = average excess pore pressure at any point and any given time

r = the radial distance of the considered point from the center of the drained soil cylinder

t = the time after an instantaneous increase of the total vertical stress

C_h = the horizontal coefficient of consolidation

สำหรับกรณีที่มีการ drain เฉพาะแนวรัศมี จะใช้สมการของ Barron (1948)

$$U_h = 1 - \exp \left[\frac{-8T_h}{F(n)} \right] \quad (2.11)$$

โดยที่

$$T_h = \frac{C_h t}{D_e} \quad (2.12)$$

$$F(n) = \frac{n^2}{n^2 - 1} \ln(n) - \frac{3n^2 - 1}{4n^3} \quad (2.13)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

U_h = คีกริการอัดตัวคายน้ำเฉลี่ยในแนวราบ

D_e = the diameter of the equivalent soil cylinder

d_w = the equivalent diameter of drain

n = the spacing ratio = D_e/d_w

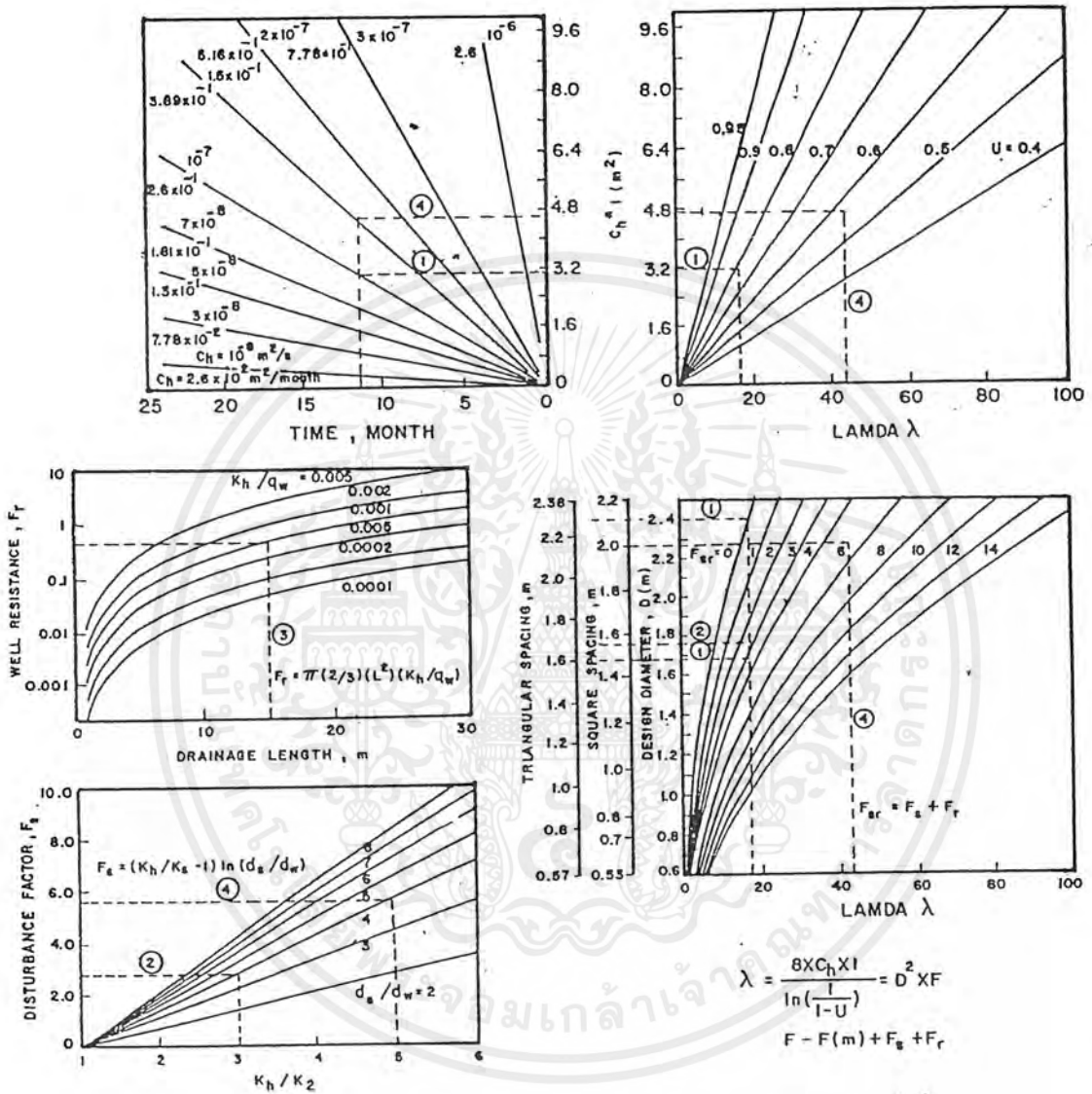
$F(n)$ = drain spacing factor

2.2.1.6 DRAIN PROPERTIES

จากทฤษฎีของการทรุดตัวซึ่งมีการ drain ออกไปตามแนวรัศมีรอบข้างนั้น สมมติว่า ดินถูก drain โคนการ drain ในแนวตั้งด้วยพื้นที่ภาพตัดวงกลม ซึ่งจะถูกกำหนดให้เท่ากับภาพตัดวงกลมของเครื่องมือที่ใช้ และใช้ทฤษฎีเดียวกันกับการ drain ออกไปตามแนวรัศมี จากการศึกษาของ Rixner et al. (1986) และ โดยการสนับสนุนของ Hansbo (1987) ได้แนะนำสูตรสำหรับขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของอุปกรณ์ดังนี้

$$d_w = \frac{[2(a+b)]}{\pi} \quad (2.14)$$

ซึ่งได้มีการเปรียบเทียบ band shaped cross-section ของ prefabricated drain โดย Rixner et al. (1986) ความจุของการ drain ในระบบ prefabricated นั้นมีความต้องการการวิเคราะห์องค์ประกอบความต้านทานการ drain ด้วยซึ่งส่วนใหญ่จะมีการระบุนมาแล้วจากบริษัทที่เป็นผู้ออกแบบและผลิตอุปกรณ์ขึ้น Rixner et al. (1986) ได้รายงานผลจากการทดสอบ vertical discharge capacity ตาม รูปที่ 2.16 แสดงการเปรียบเทียบระหว่างอุปกรณ์แบบต่างๆ แสดงอิทธิพลหลักๆ ของความดันที่จำกัด



รูปที่ 2.15 Configuration Chart for Prefabricated Vertical Drain (Bergado et al. 1991)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.1.7 พื้นที่อิทธิพลของการ DRAIN

เนื่องจากการติดตั้งอุปกรณ์ทำได้สองลักษณะคือ แบบ square pattern และแบบ triangular pattern จึงต้องมีการเปรียบเทียบความแตกต่างของทั้งคู่ ดังแสดงในรูปที่ 2.17 ขนาดพื้นที่อิทธิพลของการ drain จึงมีความสัมพันธ์กับระยะระหว่างอุปกรณ์ดังนี้

$$D_e = 1.13s \text{ (square pattern)} \quad (2.15)$$

$$D_e = 1.05s \text{ (triangular pattern)} \quad (2.16)$$

โดยที่

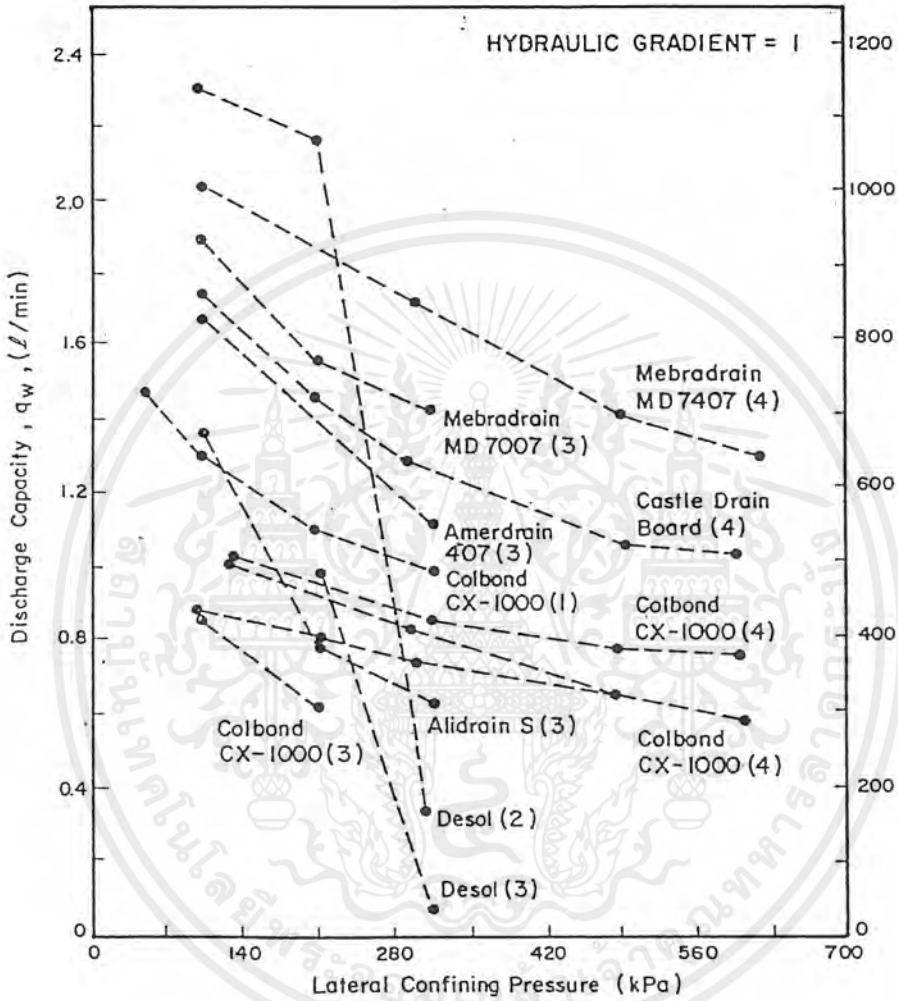
D_e = ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของพื้นที่อิทธิพลการ drain

s = ระยะทางระหว่างอุปกรณ์

แบบ square pattern หรือแบบสี่เหลี่ยมนี้กำหนดง่ายต่อการติดตั้งและควบคุม จึงถือได้ว่าแบบสี่เหลี่ยมนี้มีความสมบูรณ์ อย่างไรก็ตามแบบ triangular pattern ก็มีข้อดีตรงที่จะเกิดการทรุดตัวแบบเป็นรูปแบบในระหว่างการ drain มากกว่า

2.2.1.8 ความต้านทานโดยรอบ WELL-RESISTANCE

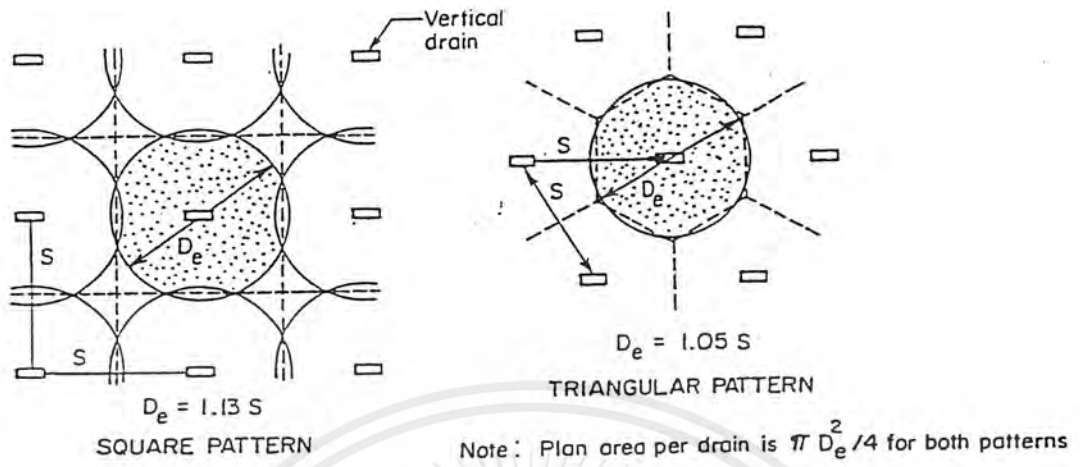
สำหรับสภาพ equal-strain นั้น Hansbo (1979,1981) ได้เสนอสมการสำหรับคำนวณผลจาก well-resistance ในระหว่างการ drain โดยพิจารณาจากการผสมผสานความต่อเนื่องของสมการของการ drain แบบไหลไปข้างหน้า ในการสมมติอัตราการไหลสูงสุด ที่สามารถ drain ได้ ความสามารถในการ drain ของ sand drains จะขึ้นอยู่กับ ความชื้นน้ำได้ของทราย ซึ่งทรายที่ใช้ในการ drain ต้องสะอาด drain ได้ดี และต้องมีคุณสมบัติเป็นตัวกรองมวลเล็กๆ ได้ ความสามารถในการ drain ของ band drain ตามรูปที่ 2.16 นั้นจะขึ้นอยู่กับ การออกแบบสร้างการ drain และการเพิ่มหรือลด แรงดันดินข้าง เนื่องจากเป็นลักษณะของแผ่นกรองที่ออกแบบมาจึงลดพื้นที่หน้าตัดลงได้ อีกทั้งยังมีความสามารถในการ drain ในแนวตั้งได้มากอีกด้วย แต่อย่างไรก็ตามในระหว่างการ drain จะมีมวลดินเล็กๆ ติดอยู่ที่แผ่นกรองทำให้ลดความสามารถในการ drain ลงไป well-resistance นั้นมีผลต่ออัตราการทรุดตัวของดิน U_w ซึ่งมีค่าคงที่เพียงสั้นๆ ตามความลึก ตามรูปที่ 2.18 ในการใส่ผลกระทบจากความต้านทานรอบๆ ไม่เพียงแต่ อัตราการทรุดตัวจะขึ้นอยู่กับค่า C_u และ D_e



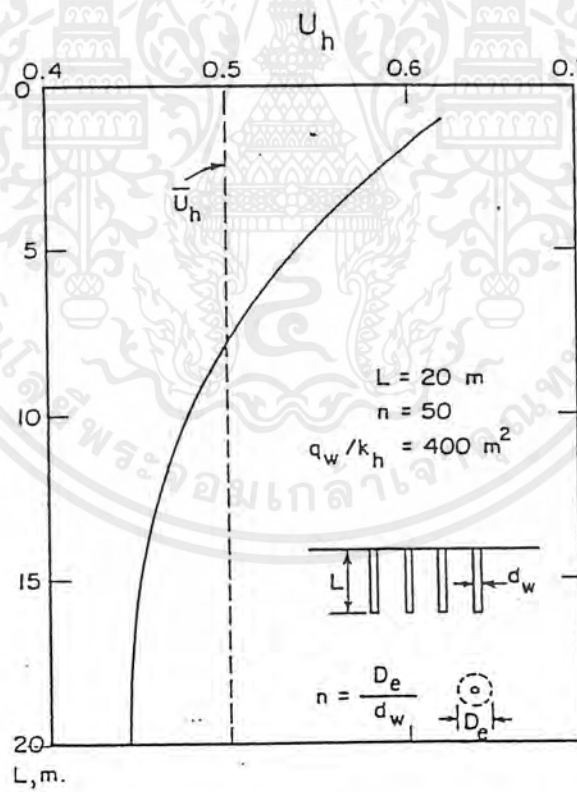
รูปที่ 2.16 Typical Values of Vertical Discharge Capacity (Rixner et al.)

แต่ยังขึ้นอยู่กับอัตราส่วน q_w/k_h ตามรูปที่ 2.19 และยิ่งจะมีผลกระทบมากขึ้นหากการติดตั้ง PVD นั้นลึกมากลงไปอีก ส่วนใหญ่แล้วค่า q_w/k_h มักจะไม่เกิน 500 m^2 ไม่เช่นนั้นจะทำให้เวลาในการทรุดตัวเพิ่มขึ้นไป (Jamolkowski et al. 1983) ดังรูป 2.20

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา 43 และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

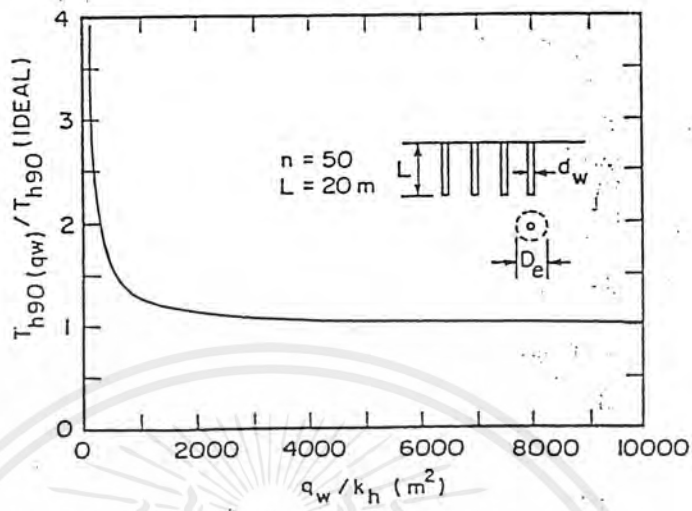


รูปที่ 2.17 Relationship of Drain Spacing (S) to Drain Influence Zone (D) (Rixner et al.1986)

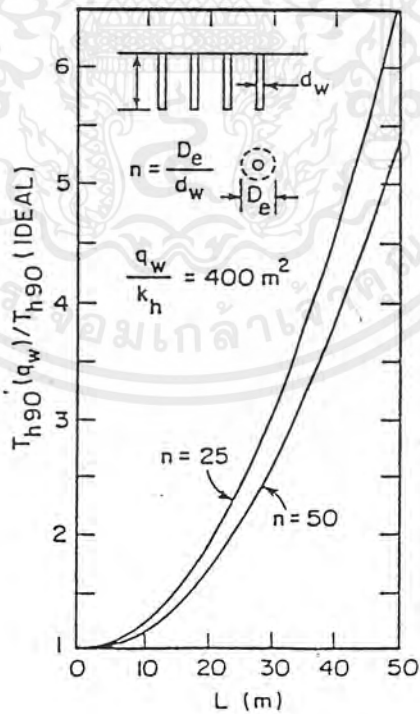


รูปที่ 2.18 Example of Variation of Degree of Consolidation with Depth for Drain with Well resistance (Jamiokowski et al. 1983)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหากและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.19 Influence of Finite Drain Permeability on Consolidation Rate (Jamiolkowski et al.1983)



รูปที่ 2.20 Influence of smear on Consolidation Rate (Jamiolkowski et al.1983)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา 45 ต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.1.9 ผลกระทบเสี้ยนและการรบกวน SMEAR EFFECTS AND DISTURBANCE

ถึงแม้ว่า vertical drain นั้นจะมีจำนวนรูปแบบและวิธีการหลายอย่างซึ่งเป็นจุดเด่น แต่ก็ยังสามารถได้รับผลกระทบจากอิทธิพลโดยตรงซึ่งเป็นผลเสียบ้างในบางอย่าง การประกอบติดตั้งนี้ส่วนใหญ่จะใช้ track-mounted boom cranes ในการส่งแกน mandrel ลงไปในดินนั้นจะทำให้เกิดพื้นที่ที่เกิดการแทนที่ดินทำให้มีการถูกลบป้องกันการ drain ในระหว่างที่เกิดการแทรกลงไปดิน mandrel จะถูกส่งลงไปใต้พื้นดินโดยทั้งแรงโดยตรงและการสั่นสะเทือน รูปที่ 2.21 เป็นการแสดงตัวอย่างการเคลื่อนที่ของดินเหนียวในกรุงเทพฯ เนื่องจากการติดตั้ง sand drain แบบแทนที่ดิน

การติดตั้ง vertical drain นั้นจะทำให้เกิดการรบกวนหรือ disturbance ไปสู่ดินโดยรอบพื้นที่การ drain การรบกวนจะมากแค่ไหนนั้นขึ้นอยู่กับขนาดและรูปร่างของแกน mandrel , โครงสร้างของดิน และกระบวนการติดตั้ง หน้าตัดของ mandrel ควรจะเล็กที่สุดและในขณะที่เดียวกันต้องมีความแข็งแรงเพียงพอด้วย Bergado et al. (1991) ได้ทำการทดลองแบบ full scale ปรากฏว่าการใช้ mandrel ขนาดเล็กกว่าให้ผลการทรุดตัวที่ไวกว่าด้วย สำหรับการออกแบบ Jamiolkowski et al. (1981) ได้ให้สูตรหาพื้นที่ที่ถูกรบกวนเนื่องจาก mandrel ไว้ดังนี้

$$d_s = \frac{(5-6)d_m}{2} \quad (2.17)$$

โดยที่

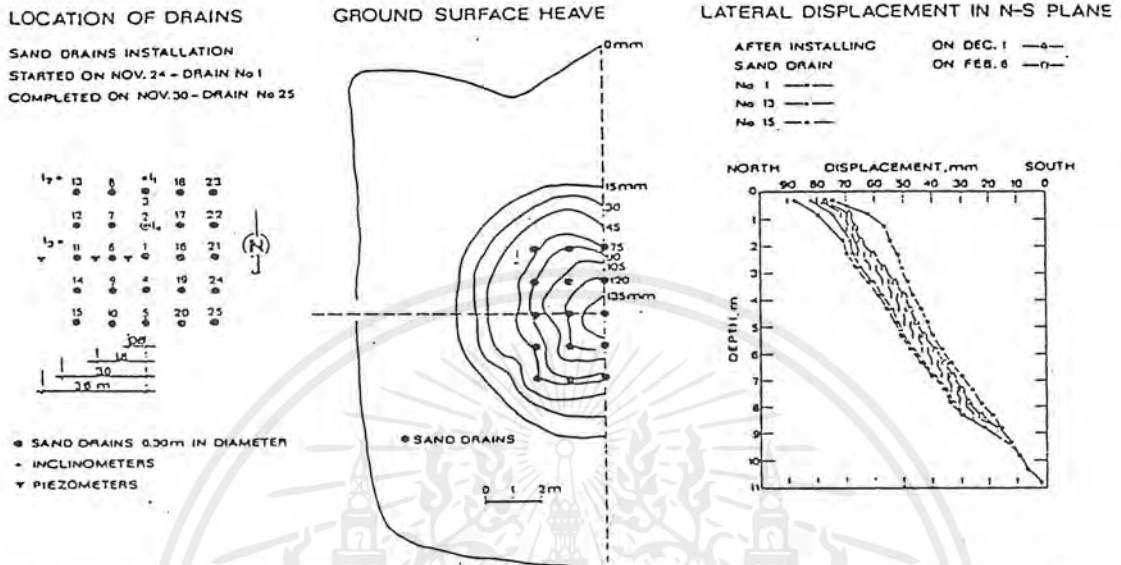
d_m = diameter of a circle with an area equal to the cross-sectional area of the mandrel

ณ ที่ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางนี้ ตามรูปที่ 2.22 ปรากฏว่าจะเกิด shear stain ประมาณ 5% Hansbo et al. (1987) จึงได้เสนอสูตร โดยมีพื้นฐานจาก Haltz and Holms (1973) และ Akagi (1979) ;

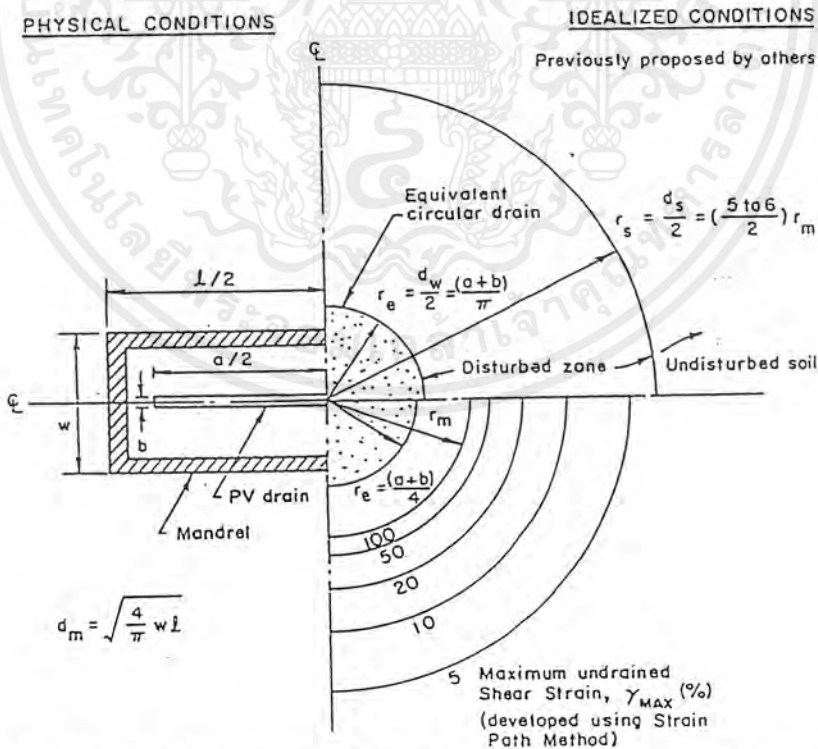
$$d_s = 2d_m \quad (2.18)$$

Bergado et al. (1991) ได้ใช้อุปกรณ์สำหรับทดสอบเป็นพิเศษดังรูปที่ 2.23 เพื่อทดสอบความสัมพันธ์ข้างบน สำหรับดินเหนียวในกรุงเทพฯ ดังนั้นจึงสามารถสรุปได้ว่าอิทธิพลของความเสี้ยนนั้นจะเพิ่มขึ้นเมื่อเพิ่มขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของ mandrel สำหรับ sand drains หรือ prefabricated drains (Hansbo,1981) เวลาการทรุดตัวจะสัมพันธ์กับความเล็กของ mandrel จากการทดสอบแบบ full scale ของ Bergado et al (1991) ซึ่งแสดงดังรูปที่ 2.25 สำหรับ mandrel ขนาดเล็กที่สัมพันธ์กับการพยากรณ์

การทรุดตัว สำหรับการวิเคราะห์การทรุดตัว สำหรับการวิเคราะห์การทรุดตัวสำหรับ PVD นั้นจะใช้ $K_h/K_v = 10$ และ $d_s = 2d_m$ (Bergardo et al.1993)

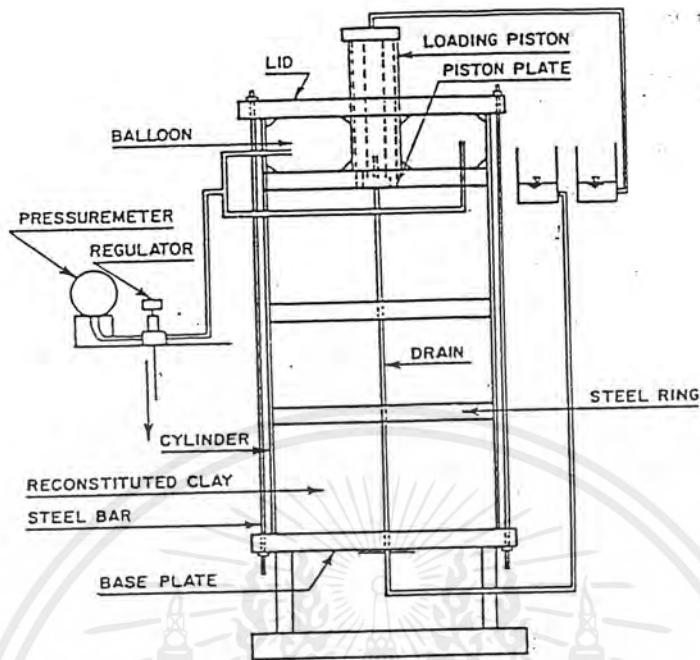


รูปที่ 2.21 Ground Movement During and After Installation of Drive Sand Drains in Soft Bangkok Clay (Akagi,1981)

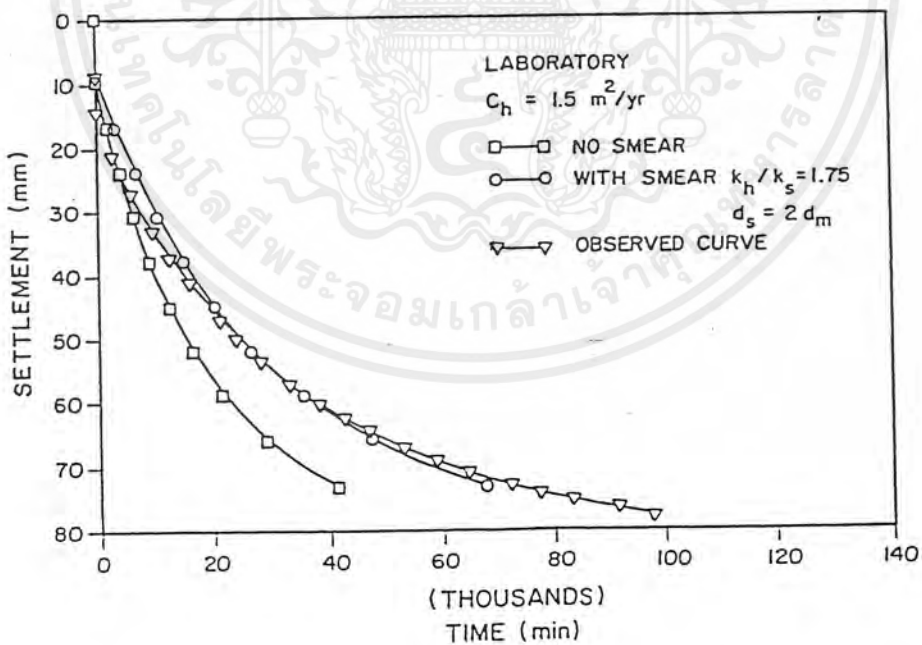


รูปที่ 2.22 Approximation of Disturbed Zone Around the Mandrel (Rixner et al.1983)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา 47 จะต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

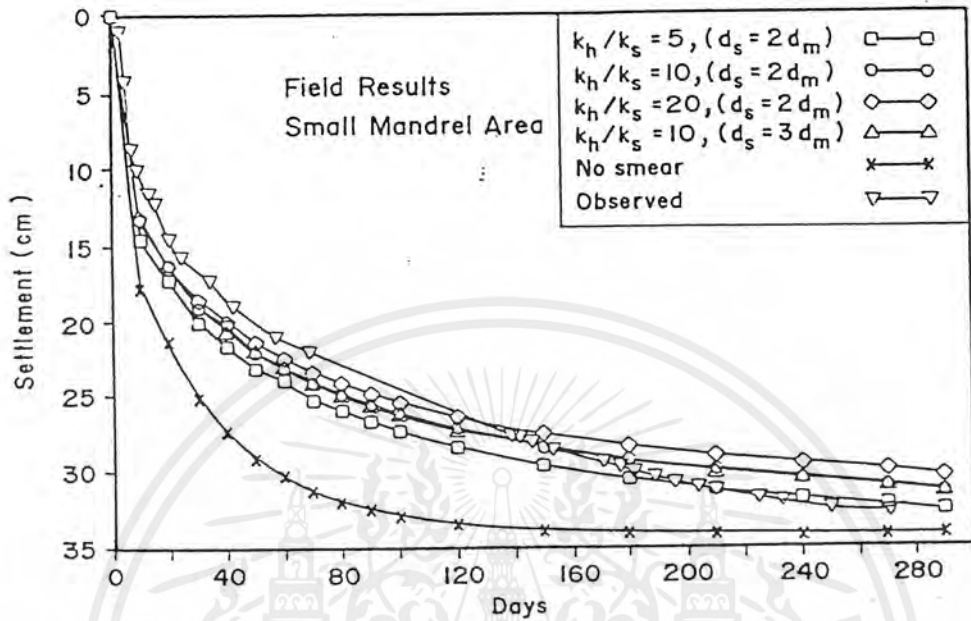


รูปที่ 2.23 Schematic of Large-Scale Consolidation Test Apparatus (Bergado et al. 1991)

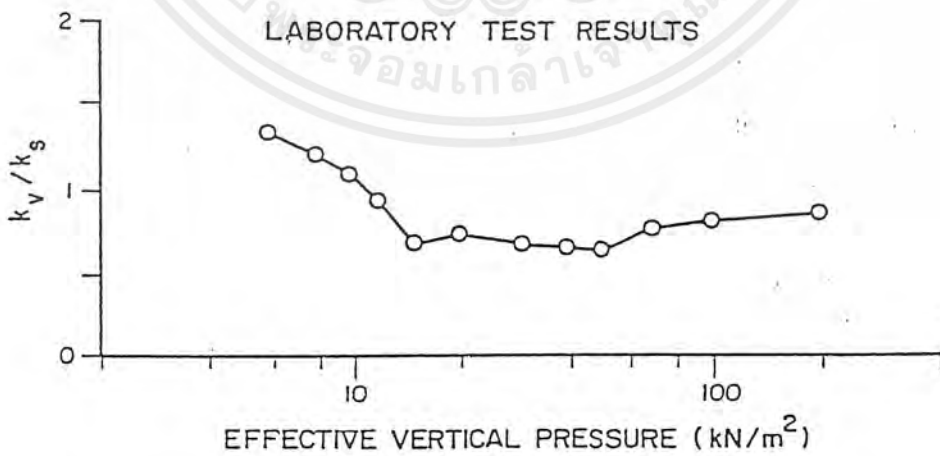


รูปที่ 2.24 Effects of Smear on Rate of Settlement (Bergado et al. 1991)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา 48 และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.25 Observed and Predicted Time-Settlement Relationship from full Scale Field Test
(Bergado et al. 1993)



รูปที่ 2.26 k_v/k_s Values with Effective Pressure (Bergado et al. 1991)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.1.10 RATIO OF HORIZONTAL TO VERTICAL PERMEABILITY

สำหรับโครงสร้างของดินนั้น K_h/K_v สามารถมีค่าสูงมาก อาจเป็นไปได้ว่า $K_h/K_v = 10$ (Bergado et al. 1991) ซึ่งถือว่าเป็นข้อได้เปรียบ ข้อได้เปรียบนี้สามารถที่จะลด หรือทำลาย smeared zone ลงได้ ดังนั้น ความชื้นน้ำได้ของดินบริเวณนี้ K_s จะสามารถมีค่าเท่ากับ K_v เพราะถือว่าปราศจาก smeared zone นั้นเอง Bergado et al. (1991) ได้ใช้ Oedometer ทดสอบกลุ่มตัวอย่างดินเหนียวในกรุงเทพฯ ซึ่งวัฏระยะทางการซึมน้ำได้ออกมา โดยใช้วิธี square root time เทียบกับค่า K_h/K_v แล้วตามรูปที่ 2.26 ผลปรากฏว่าสามารถสนับสนุน ทฤษฎีของ Hansbo et al (1987) ได้ ซึ่งเขียนไว้ว่า K_s จะเท่ากับ K_v ในเขต smeared zone

ในปัจจุบัน Onoue et al. (1991) ได้เสนอเพิ่มขึ้นอีก 2 zone คือ zone2 และ zone3 ซึ่งมีรากฐานมาจาก ข้อมูลทาง void ratio หรืออัตราส่วนช่องว่างนั้นเอง zone2 ถูกเรียกว่า partially-remolded ซึ่งเกิดขึ้นในขณะติดตั้ง เป็นการลดลงของอัตราส่วนช่องว่างในดิน zone3 เรียกว่า fully remolded zone ตามรูปที่ 2.27

2.2.1.11 COEFFICIENT OF HORIZONTAL CONSOLIDATION

ค่าคงที่สำหรับการทรุดตัวในแนวนอนสามารถประมาณการได้จาก ค่า C_v จากสูตร

$$C_h = \left(\frac{k_h}{k_v} \right) C_v \quad (2.19)$$

ตารางที่ 2.3 Range of Possible Field Values of Ratio K_h/K_v for Soft Clays (Rixner et al. 1986)

Nature of clay	K_h/K_v
No or slightly developed macrofabric , essential homogeneous deposits	1 to 1.5
From fairly well to well developed macrofabric, e.g. sedimentary clays with discontinuous lenses and layers of more permeable material	2 to 4
Varved clay and other deposits containing embdded and more or less continuous permeable layers	3 to 15

ที่ซึ่ง C_v คือค่าคงที่สำหรับการทรุดตัวในแนวตั้ง ส่วน ค่า K_h/K_v สามารถวิเคราะห์ได้จากหัวข้อที่แล้ว Bergado et al. (1992) ระบุว่า $K_h/K_v = 4$ to 10 และ $[C_{h(\text{field})}/C_{h(\text{lab})}] = 4$ สำหรับดินเหนียวในกรุงเทพฯ และ $[C_{h(\text{field})}/C_{h(\text{lab})}] = 26$ โดยประมาณ (Bergado et al. 1990) หรือสามารถประมาณโดยหยาบจากตาราง 2.3 เป็นข้อมูลจากการทำ in-situ anisotropy สำหรับการซึมน้ำได้ในดินเหนียว โดย Jamiolkowski et al. (1983) หรือสามารถประมาณค่า C_h และ K_h (Jamiolkowski et al. 1985) ได้จากสมการ

$$C_h = \frac{k_h}{(m_v \gamma_w)} \quad (2.20)$$

โดยที่

γ_w = unit weight of water

M_v = coefficient of volume change

Albakri et al. (1990) ได้แสดงค่า C_h ที่ได้จากสนาม โดย piezocone tests และเปรียบเทียบกับค่าที่ได้จากห้องทดลอง ตามรูปที่ 2.28

2.2.1.12 PARAMETER EFFECTS ON CONSOLIDATION TIME

สำหรับการทรุดตัวภายใต้สภาพเชื่อมกับเวลา, t โดยสัมพันธ์กับ degree of consolidation

$$t = \frac{D_e}{8C_h} \left[\ln \left(\frac{D_e}{d_w} \right) - \frac{3}{4} \right] + \left(\frac{K_h}{K_s} - 1 \right) \ln \left(\frac{d_s}{d_w} \right) \ln \left(\frac{1}{1 - U_h} \right) \quad (2.21)$$

ความสัมพันธ์กับปัจจัยต่างๆ ที่มีผลกระทบได้แสดงไว้ในรูปที่ 2.29 โดย Rixner et al. (1986) ซึ่งเป็นการแสดงผลที่เกิดขึ้นกับการทรุดตัว เมื่อเปลี่ยนแปลงค่า C_h และ D_e ไปต่างๆ ซึ่งจะเห็นได้ว่าผลกระทบที่เกิดขึ้นจาก C_h และ D_e มีมากที่สุด ผลกระทบจาก K_s และ D_e ก็ยังมีผลบ้างและมีความสำคัญ และผลกระทบจาก D_w เป็นเพียงอิทธิพลเล็กน้อยเท่านั้น

2.2.1.13 อัตราการทรุดตัว RATE OF CONSOLIDATION

โดยหลักการแล้ว เรามักจะออกแบบอัตราการทรุดตัวจากเวลาที่ถูกจำกัด โดยการ drain น้ำออกทางแนวคั้ง แต่อย่างไรก็ตาม อัตราการทรุดตัว (u) จะขึ้นอยู่กับผลกระทบทั้งแนวคั้งและแนวนอน Carillo(1942) ได้ให้สมการสำหรับการวิเคราะห์ผลกระทบคั้งกล่าว

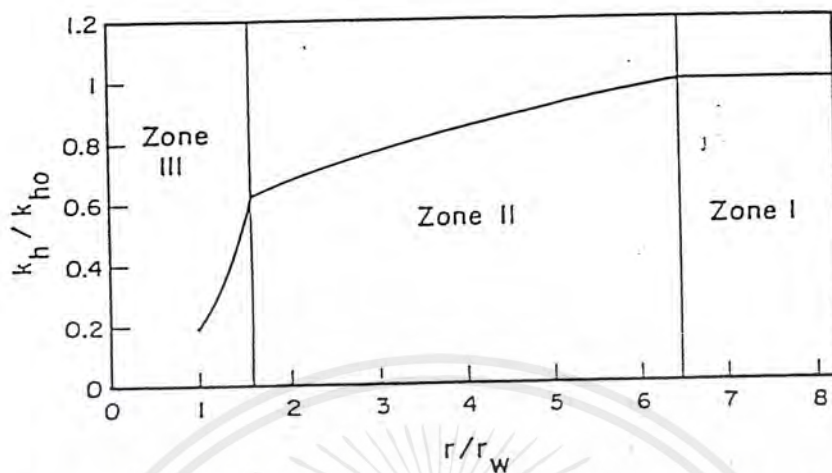
$$U = 1 - (1 - U_h)(1 - U_v) \quad (2.22)$$

โดยที่

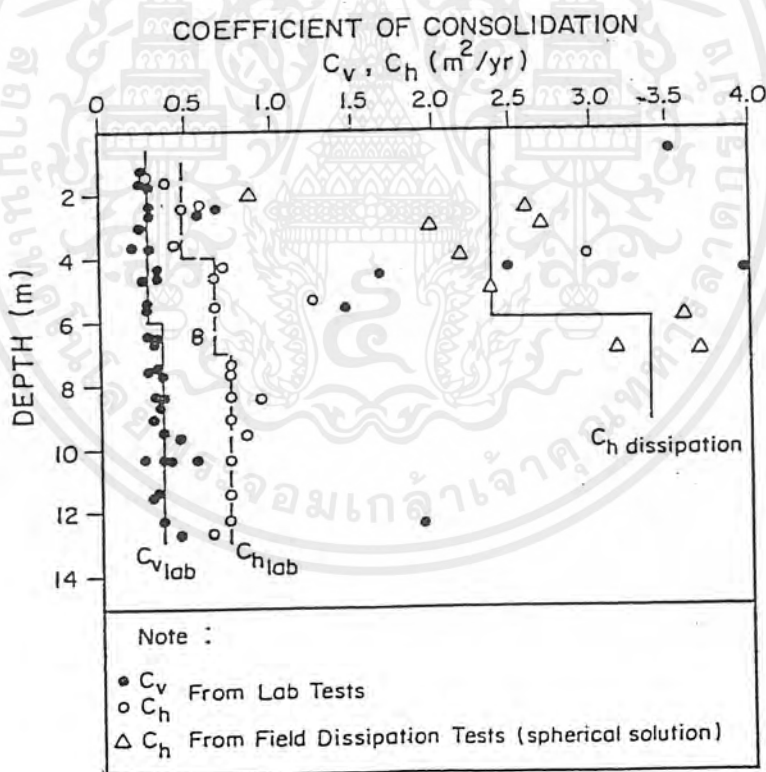
U_h = average of consolidation due to horizontal drainage

U_v = corresponding value due to vertical drainage

รูปที่ 2.30 เป็นการแสดงรายละเอียดการเปรียบเทียบการทรุดตัวแบบมิติเดียว เนื่องด้วยการ drain ในแนวคั้ง และแนวรัศมี



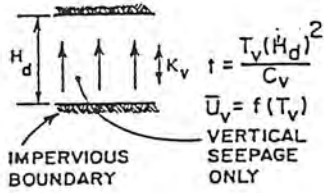
รูปที่ 2.27 Suggested Variation of Permeability with Radius (Onoue et al. 1991)



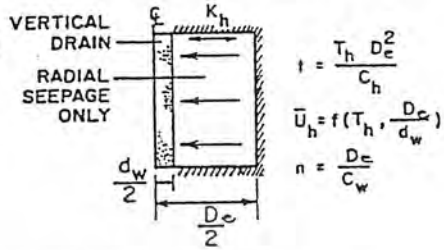
รูปที่ 2.28 Variation of Coefficient of Consolidation from Field and Laboratory Test (Albakri et al. 1990)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา หรือต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

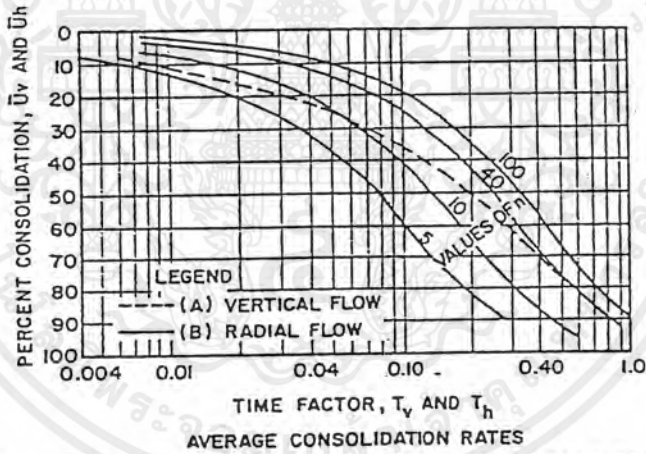
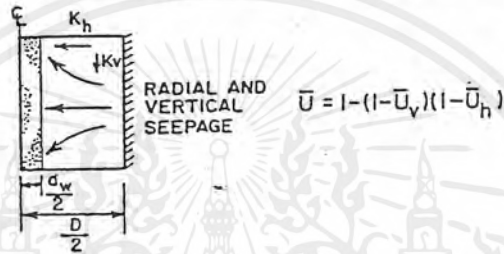
(A) VERTICAL DRAINAGE ONLY



(B) RADIAL DRAINAGE ONLY



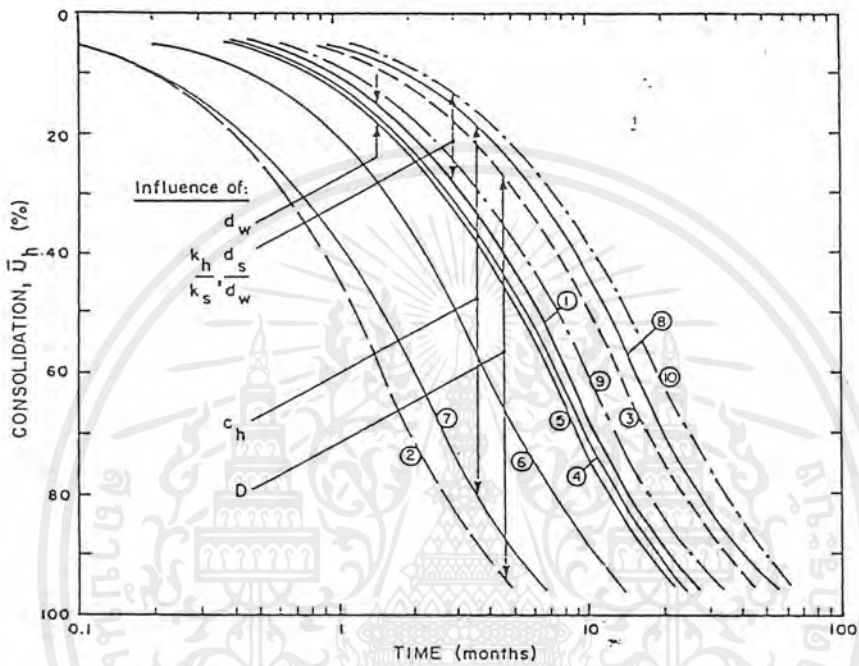
COMBINED VERTICAL AND RADIAL DRAINAGE



- (A) FOR VERTICAL FLOW IN A CLAY STRATUM OF THICKNESS H DRAINED ON BOTH UPPER AND LOWER SURFACES
- (B) FOR RADIAL FLOW TO AXIAL DRAIN WELLS IN CLAY CYLINDERS HAVING VARIOUS VALUES OF n
- (AFTER BARRON, 1948)

รูปที่ 2.29 Example of Parameter Effects on t_{90} (Rixner et al. 1986)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาก่อนและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



$$t = \frac{D^2}{8c_h} \left[\left[\ln \left(\frac{D}{d_w} \right) - \frac{3}{4} \right] + \left(\frac{k_h}{k_s} - 1 \right) \ln \left(\frac{d_s}{d_w} \right) \right] \ln \left(\frac{1}{1 - U_h} \right)$$

CASE	c_h (m^2/yr)	D (m)	d_w (m)	k_h/k_s	d_s/d_w	t_{90} (months)	$\frac{t_{90} \text{ Case 1}}{t_{90} \text{ Case 1}}$
1	2	2	0.05	1	1	20.3	1.00
2	2	1	0.05	1	1	3.9	0.19
3	2	2.5	0.05	1	1	34.1	1.68
4	2	2	0.06	1	1	19.0	0.94
5	2	2	0.07	1	1	18.0	0.87
6	4	2	0.05	1	1	10.2	0.50
7	6	2	0.05	1	1	5.1	0.25
8	1	2	0.05	1	1	40.6	2.00
9	2	2	0.05	2	2	25.1	1.24
10	2	2	0.05	4	4	49.0	2.41

รูปที่ 2.30 Consolidation Due to Vertical and Radial Drainage (Rixner et al. 1986)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.2 การประมาณการทรุดตัวโดยวิธี Curve Fitting ของ Asaoka [Asaoka,A. and

Misumi,K.,(1988)]

Asaoka ได้เสนอวิธีการประมาณปริมาณการทรุดตัวและอัตราการทรุดตัวโดยข้อมูลการทรุดตัวที่วัดได้ในสนาม โดยอาศัยพื้นฐานจากทฤษฎีของ Barron ภายในช่วงเวลาที่เหมาะสม มีขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. พล็อตและลากเส้นการทรุดตัวที่วัดได้จากสนามกับเวลา ในมาตราส่วนเลขคณิต (Arithmetic Scale) แล้วแบ่งเป็นช่วง ๆ โดยให้ช่วงเวลาเท่ากัน เท่ากับ Δt อ่านและสร้างตารางการทรุดตัว ρ_1, ρ_2, ρ_3 ซึ่งสอดคล้องกับเวลา t_1, t_2, t_3, \dots ดังแสดงในรูปที่ 2.31

2. คำนวณการทรุดตัวที่ได้จาก ข้อ 1. นำค่ามาพล็อตในระบบ (ρ_{i-1}, ρ_i) เช่น $(\rho_1, \rho_2), (\rho_2, \rho_3)$ เป็นต้น แล้วลากเส้นตรงผ่านจุดเหล่านั้น ดังแสดงในรูปที่ 2.32

3. ลากเส้นตรงทำมุม 45° ซึ่งเป็นเส้นที่ $\rho_i = \rho_{i-1}$ ดังแสดงในรูปที่ 2.32

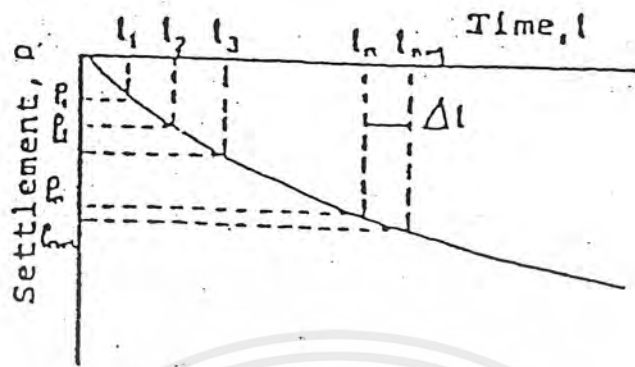
4. จุดตัดเส้นตรงระหว่าง ข้อ 2. และ ข้อ 3. จะเป็นปริมาณการทรุดตัวสุดท้าย (Final Consolidation Settlement) และปริมาณการทรุดตัวที่เวลาใด ๆ (Consolidation Settlement) คำนวณจากสมการ

$$\rho_T = \beta_0 + \beta_1 * \rho_{i-1} \quad (2.23)$$

เมื่อ

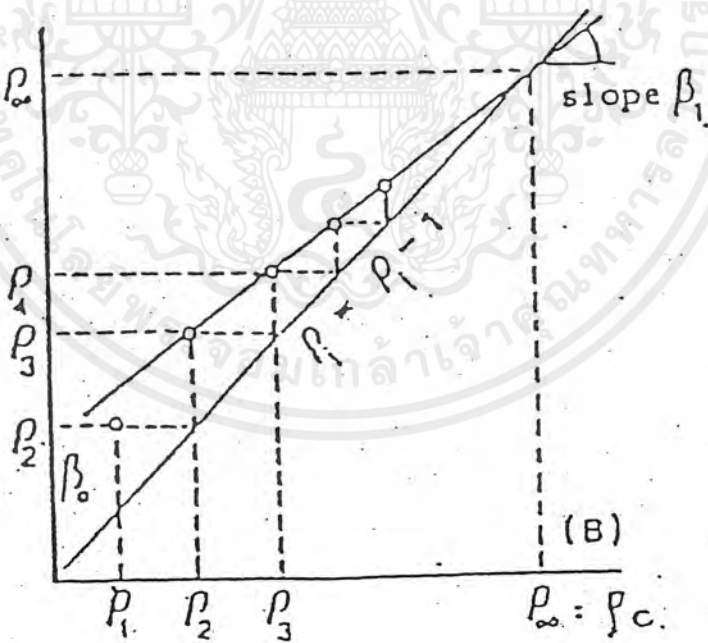
β_0 = ค่าตัดแกนตั้ง

β_1 = ความชันของเส้นตรง



(ก)

รูปที่ 2.31



(ข)

รูปที่ 2.32

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาหรือข้อมูลต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.3 วิเคราะห์การทรุดตัวโดยวิธี Hyperbolic [Tan,T.S.,Inoue,T. and Lee S.L.(1991)]

วิธี Hyperbolic เป็นวิธีที่ใช้ในการวิเคราะห์การทรุดตัว โดยอาศัยความสัมพันธ์ระหว่างการทรุดตัว กับเวลา ซึ่งความสัมพันธ์ระหว่างการทรุดตัว กับเวลานี้ได้มีรูปแบบใกล้เคียงกับโค้ง Hyperbolic โดยอาศัยสมการดังนี้

$$S = \frac{t}{\alpha + \beta t} \tag{2.24}$$

เพราะฉะนั้น

$$\lim_{t \rightarrow \infty} S = \lim_{t \rightarrow \infty} \frac{t}{\alpha + \beta t} = \frac{1}{\beta} \tag{2.25}$$

เขียนสมการ (2.30) ได้ใหม่

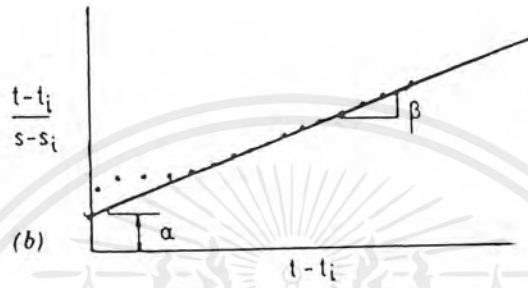
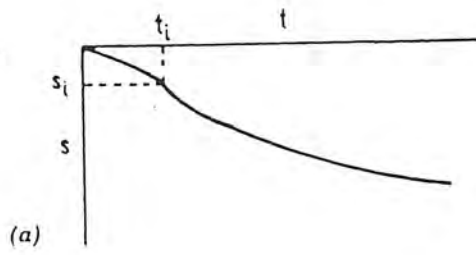
$$\frac{s}{t} = \alpha + \beta t \tag{2.26}$$

เมื่อ

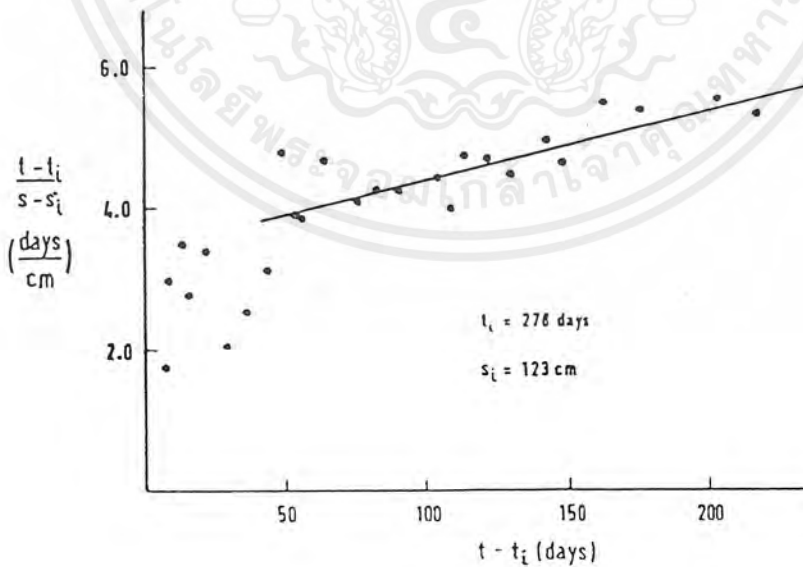
S = การทรุดตัว
t = เวลา
 α และ β = เป็นค่าคงที่

จะเห็นได้ว่า สมการที่ 2.26 จะอยู่ในรูปของสมการเส้นตรง t / s กับ t ส่วนสมการที่ 2.25 จะแสดงให้เห็นว่า final settlement จะมีค่าเท่ากับ $1 / \beta$ ที่เป็นส่วนกลับของความชันจากสมการที่ 2.26 และการทรุดตัวที่เวลาใดๆ จะสามารถคาดคะเนได้จากสมการที่ 2.26 ก็ต่อเมื่อเรามีข้อมูลเพียงพอที่จะแสดงให้เห็นพฤติกรรมของโค้ง Hyperbolic และสามารถประมาณค่า α และ β ได้

ในการดำเนินการทรุดตัวจริงๆ โดยทั่วไปจะพิจารณาที่การเริ่มต้นการทรุดตัว โดยทั่วไปจะใช้ $(t-t_i)/(s-s_i)$ กับ $(t-t_i)$,เมื่อ s_i เป็นการทรุดตัวที่เวลา t_i ใดๆ วิธีการ plot แบบนี้จะเป็นประโยชน์มาก เพราะจะยอมให้มีการ reinitialization ใหม่เมื่อจำเป็น



รูปที่ 2.33 Schematic Representation of Hyperbolic Plot
[Tan, T.S., Inoue, T. and Lee S.L. (1991)]



รูปที่ 2.34 Reinitialized Hyperbolic Plot of Consolidation
[Tan, T.S., Inoue, T. and Lee S.L. (1991)]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

วิธีการทำการทดลอง

3.1 การทวัดตัวของดินในเขตบริเวณกรุงเทพ ฯ

3.1.1 วิธีการทำ Contour Map

โครงการพิเศษนี้ได้ทำเกี่ยวกับเรื่องการทวัดตัวของแผ่นดินบริเวณ กรุงเทพ ฯ จึงได้มีการจัดทำ Contour Map ขึ้นมาเพื่อจะวิเคราะห์ต่อไป

ในการทำ Contour Map นี้มีวิธีการทำตามขั้นตอนต่าง ๆ ดังนี้

- นำข้อมูลการทวัดตัวที่ได้มาจากกรมทรัพยากรธรณีจำนวน 84 หมุดมาจัดทำวิเคราะห์ เพื่อที่จะคัดข้อมูลที่อาจจะไม่คือออก วิธีการวิเคราะห์ข้อมูลทำได้โดยวิธีการต่อไปนี้
 - นำหมุดทั้ง 84 หมุด ทำการแบ่งออกเป็น 12 โซน โดยที่หมุดที่อยู่ในโซนเดียวกัน จะมีพิกัดแกน X,Y ที่ใกล้เคียงกัน
 - Plot เส้นการทวัดตัวของหมุดที่อยู่ในโซนเดียวกันให้ปรากฏอยู่ในกราฟเดียวกัน โดยจะ Plot ทั้งหมด 12 โซนหลักการในการคัดข้อมูลคือ
 - อัตราการทวัดตัวของหมุดในโซน เดียวกันควรมีอัตราที่ใกล้เคียงกัน
 - ข้อมูลที่มีการเปลี่ยนแปลงมากจนแตกต่างเมื่อเทียบกับข้อมูลในโซนเดียวกันจะถูกคัดออก ดังเช่นรูปที่ 3.1.10 จะเห็นได้ว่าข้อมูลของ DMR 47 มีลักษณะการทวัดตัวที่แตกต่างจากข้อมูลในโซนเดียวกันจึงถูกคัดออก เป็นต้น
 - จุดที่มีการทวัดตัวเป็นบวกลคือมีค่าระดับที่เพิ่มมากขึ้น จะถูกคัดออก ดังเช่นรูปที่ 3.1.6 และรูปที่ 3.1.13 ข้อมูลของหมุด DMR 62 และ DMR 32 ตามลำดับ อัตราการทวัดตัวมีลักษณะที่กระ โดดขึ้นจึงถูกคัดออก เป็นต้น
- นำข้อมูลที่ทำการคัดเรียบร้อยแล้วมาจัดทำ Contour Map โดยใช้โปรแกรม Surfer จะมีขั้นตอนดังต่อไปนี้
 - นำข้อมูลพิกัด (X,Y) และการทวัดตัว (Z) ลงในตาราง Work Sheet

- 2.2 จัดทำ Grid file จาก Work Sheet
- 2.3 สร้าง Contour Map. จาก Grid file
3. จัดทำแผนที่เพื่อที่จะใส่เข้าไปใน Contour Map โดยใช้ Harvard Graphic ทำการ Digitize แผนที่กรุงเทพ
4. นำแผนที่ที่ได้จาก Harvard Graphic มาประกอบเข้ากับ Contour ที่ได้จาก โปรแกรม Surfer ซึ่งสิ่งที่สำคัญในขั้นตอนนี้คือ พิกัด และ Scale ในแผนที่ และใน Contour จะต้องเท่ากัน มิฉะนั้นจะเกิดการคาดเคลื่อนได้



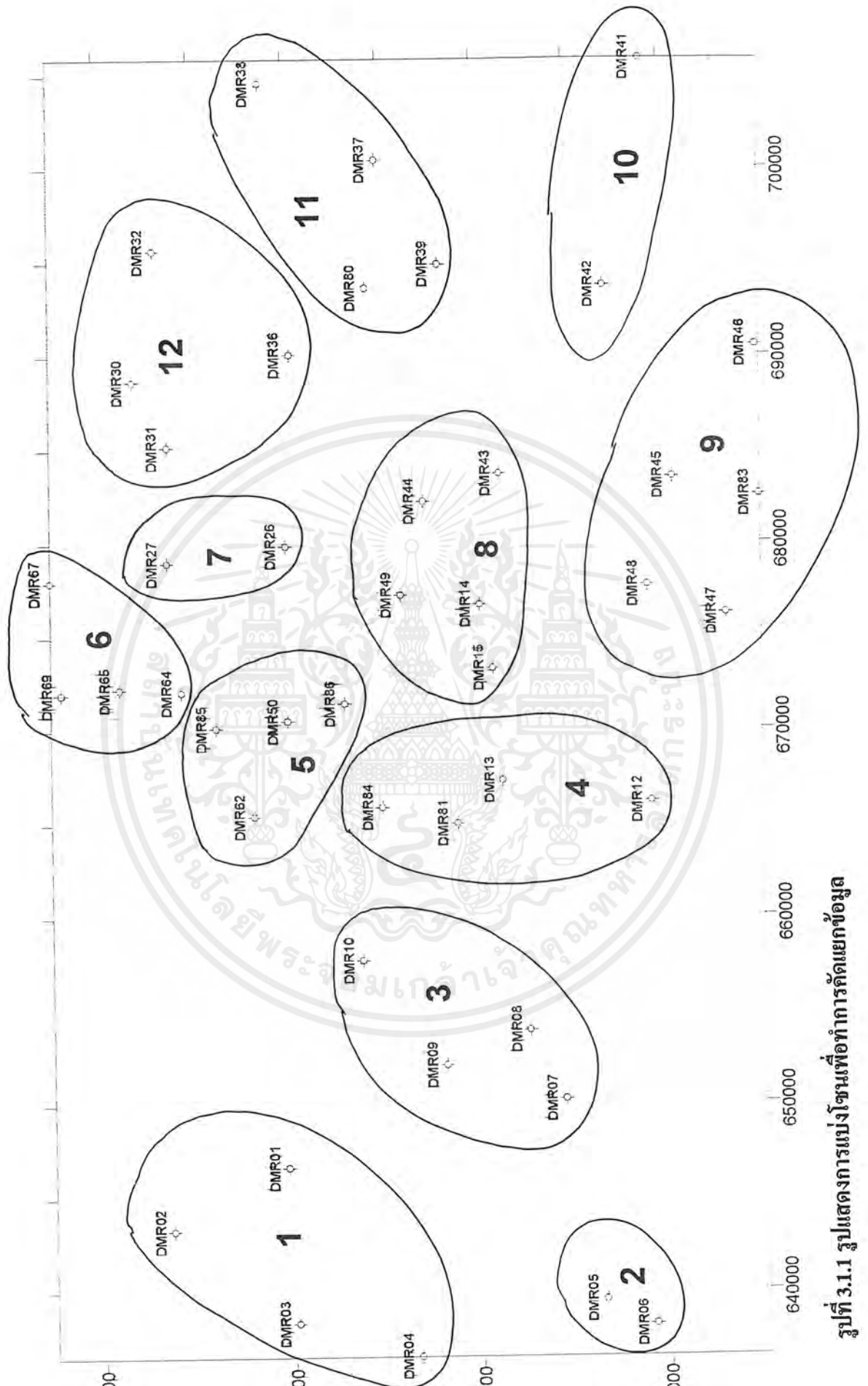
ตารางที่ 3.1.1 ค่าระดับและค่าการทรุดตัวของหมุด DMR ตั้งแต่ปี 2534-2540 (ต่อ)

DMR31	1.5935	1.5331	1.5129	1.4770	1.4202	1.3839	0.0202	0.0359	0.0568	0.0363	0.1290	1526230.000	685170.000				
DMR32	1.6947	1.9609	1.6244	1.6007	1.5664	1.5224	1.4854	0.0237	0.0343	0.0440	0.037	0.1153	0.4755	1526880.000	695650.000		
DMR36	1.2150	1.1613	1.1292	1.0938	1.0445	0.9844	0.9317	0.054	0.0321	0.0354	0.0493	0.0601	0.0528	0.1621	0.2296	1519700.000	690100.000
DMR37	1.5706	1.5336	1.5048	1.4594	1.4324	1.3956	1.3614	0.037	0.0288	0.0454	0.0271	0.0367	0.0342	0.0980	0.1722	1515050.000	700460.000
DMR38	1.6152	1.5826	1.5672	1.5398	1.5137	1.4841	1.4569	0.033	0.0154	0.0274	0.0261	0.0296	0.0272	0.0829	0.1257	1521200.000	704600.000
DMR39	1.2014	1.1708	1.1327	1.0964	1.0615	1.0345	0.0306	0.0381	0.0364	0.0348	0.0271	0.0982	0.1670	1511750.000	694900.000		
DMR41	1.2359	1.1711	1.1128	1.0909	1.0309	1.0099	0.0648	0.0583	0.0219	0.0600	0.0211	0.1030	0.2261	1500900.000	705870.000		
DMR42	1.1048	1.0761	1.0382	1.0188	0.9566	0.9218	0.0287	0.0379	0.0194	0.0622	0.0348	0.1163	0.1830	1502900.000	693720.000		
DMR43	2.1691	2.1129	2.0640	2.0078	1.9447	1.884	0.0562	0.0489	0.0562	0.0631	0.0607	0.1800	0.2851	1508550.000	683700.000		
DMR44	0.8546	0.8230	0.7891	0.7479	0.7059	0.6574	0.0316	0.0339	0.0412	0.0420	0.0485	0.1317	0.1972	1512630.000	682220.000		
DMR45	1.1636	1.1469	1.1223	1.1038	1.088	1.0698	0.0167	0.0246	0.0185	0.0158	0.0182	0.0525	0.0938	1499330.000	683480.000		
DMR46	1.3313	1.2914	1.2510	1.2207	1.1817	1.1616	0.0399	0.0404	0.0304	0.0390	0.0201	0.0894	0.1697	1494900.000	690500.000		
DMR47	1.8632	1.8212	1.7774	1.7243	1.668	1.62								1496550.000	676170.000		
DMR48	1.4646	1.4473	1.4146	1.3828	1.3596	1.3279	0.0173	0.0327	0.0318	0.0232	0.0317	0.0868	0.1368	1500700.000	677700.000		
DMR49	0.9752	0.9461	0.9152	0.8738	0.8382	0.7996	0.0291	0.0309	0.0414	0.0356	0.0386	0.1156	0.1756	1513900.000	677220.000		
DMR50	1.0823	1.0539	1.0361	1.0159	1.0021	0.9727	0.0284	0.0178	0.0202	0.0138	0.0294	0.0634	0.1096	1519980.000	670500.000		
DMR62	1.6828	1.6718	1.6563	1.6479	1.6266	1.663	1.5923	0.011	0.0155	0.0084	0.0213	0.0556	0.0795	1521778.890	665414.074		
DMR64	1.3521	1.3292	1.3177	1.3049	1.2810	1.2658	0.0229	0.0115	0.0128	0.0239	0.0152	0.0519	0.0863	1525570.000	672050.000		
DMR65	1.3630	1.3407	1.3320	1.3118	1.2840	1.2686	0.0223	0.0087	0.0202	0.0278	0.0154	0.0634	0.0944	1528850.000	672220.000		

ตารางที่ 3.1.1 ค่าระดับและค่าการทรุดตัวของพุด DMR ตั้งแต่ปี 2534-2540 (ต่อ)

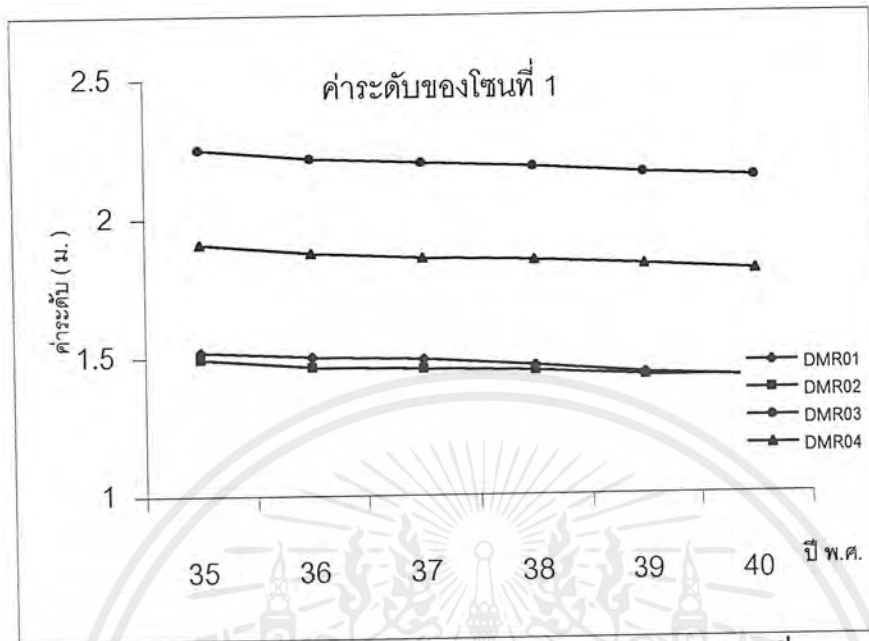
2.3571	2.3370	2.3234	2.2936	2.2552	2.232	0.0201	0.0136	0.0298	0.0384	0.0232	0.0914	0.1251	1532484.922	677954.814
1.8274	1.8011	1.7754	1.7388	1.7029	1.6806	0.0263	0.0257	0.0366	0.0359	0.0223	0.0948	0.1468	1531900.000	671940.000
1.0935	1.0440	1.0038	0.9553	0.9015	0.847	0.0495	0.0402	0.0486	0.0538	0.0545	0.1569	0.2466	1515630.000	693640.000
1.3466	1.3420	1.3119	1.3131	1.2969	1.2877	0.0046	0.0301			0.0092	0.0242	0.0589	1510990.000	665000.000
1.4878	1.4547	1.4286	1.3952	1.3691	1.368	0.0331	0.0261	0.0334	0.0261	0.001	0.0605	0.1197	1494750.000	682500.000
1.9905	1.9864	1.9733	1.9683	1.915	1.9126	0.0041	0.0131	0.0050			0.0607	0.0779	1515000.000	665880.000
		1.7516	1.7325	1.6982	1.6877		0.0191	0.0342	0.0105	0.0639			1523760.000	670120.000
1.8699	1.8393	1.8111	1.7819	1.7595	1.7301	0.0306	0.0282	0.0292	0.0224	0.0294	0.0810	0.1398	1516950.000	671420.000

หมายเหตุ: ข้อมูลที่เป็นตัวเอียงเป็นข้อมูลที่ถูกตัดออกซึ่งพิจารณาจากกราฟ

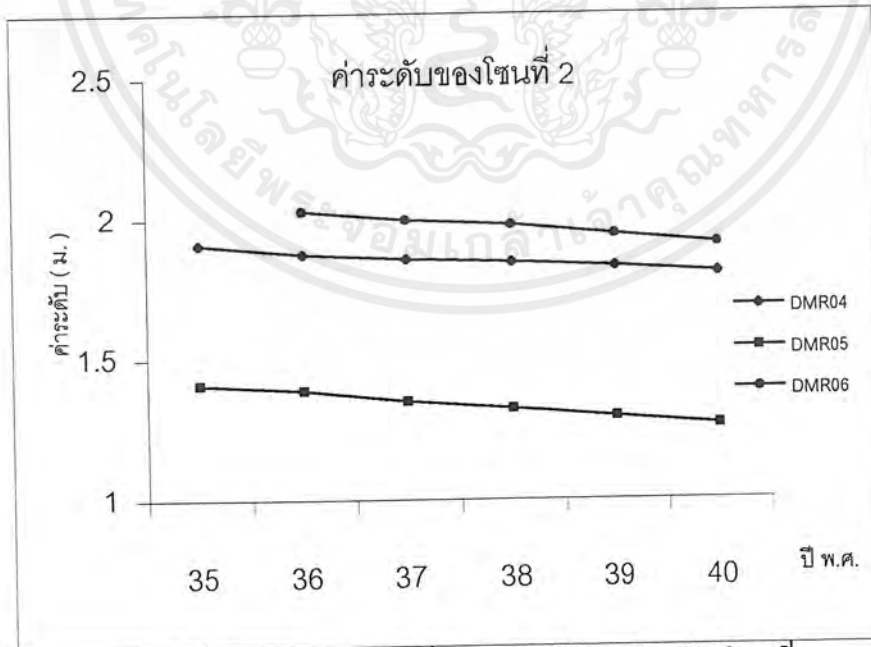


รูปที่ 3.1.1 รูปแสดงการแบ่งโซนเพื่อทำการคัดแยกข้อมูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

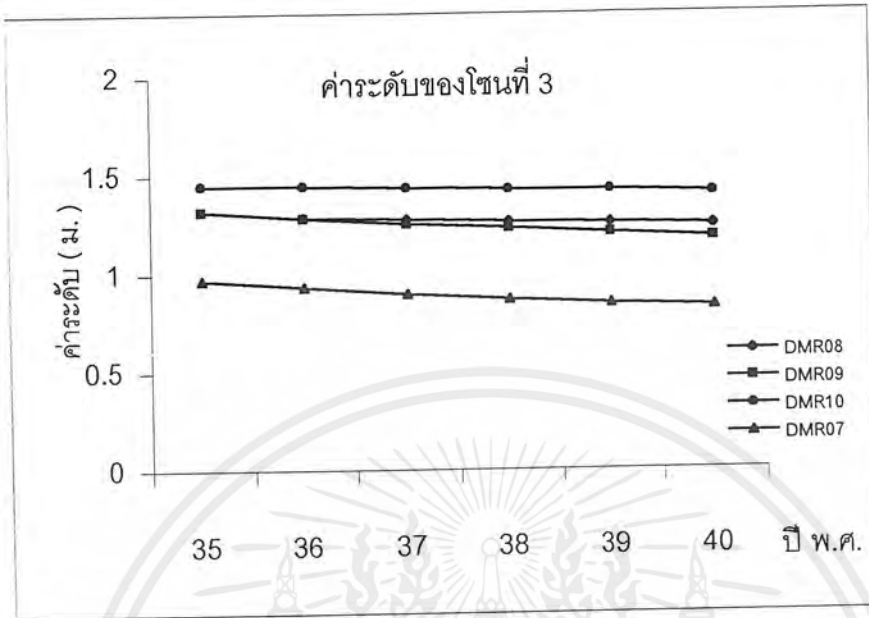


รูปที่ 3.1.2 การ plot เพื่อการตัดข้อมูลสำหรับ โซนที่ 1

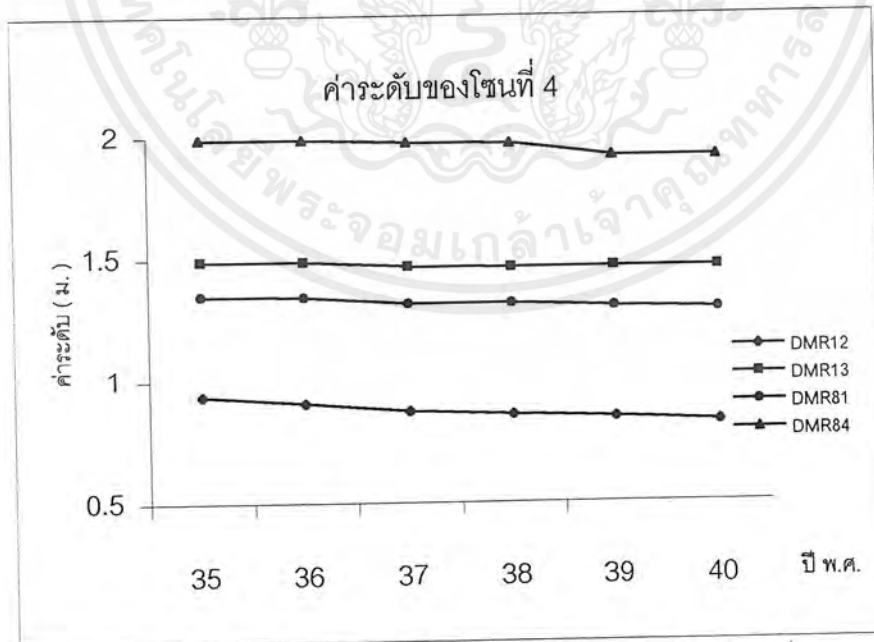


รูปที่ 3.1.3 การ plot เพื่อการตัดข้อมูลสำหรับ โซนที่ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อ 66 และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

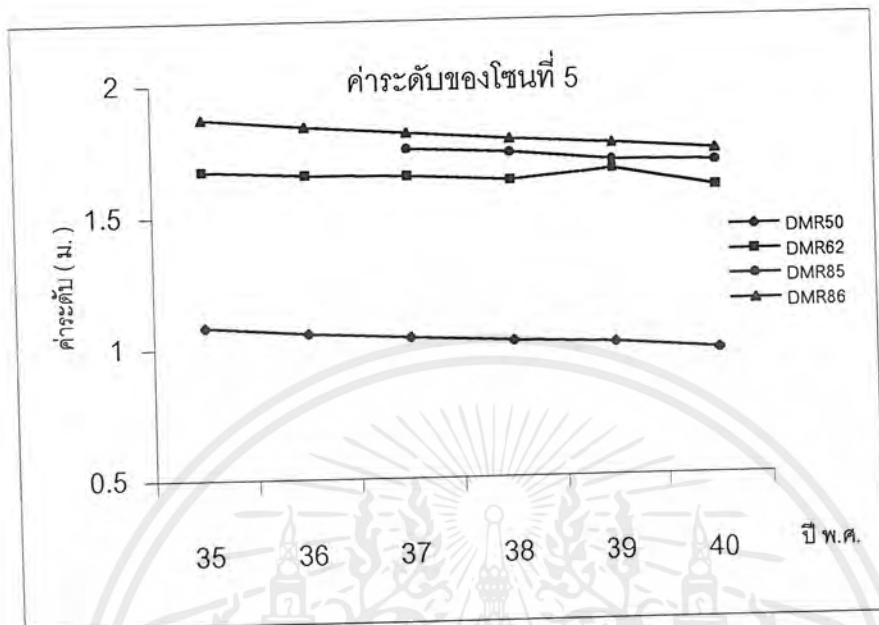


รูปที่ 3.1.4 การ plot เพื่อการคัดข้อมูลสำหรับ โซนที่ 3

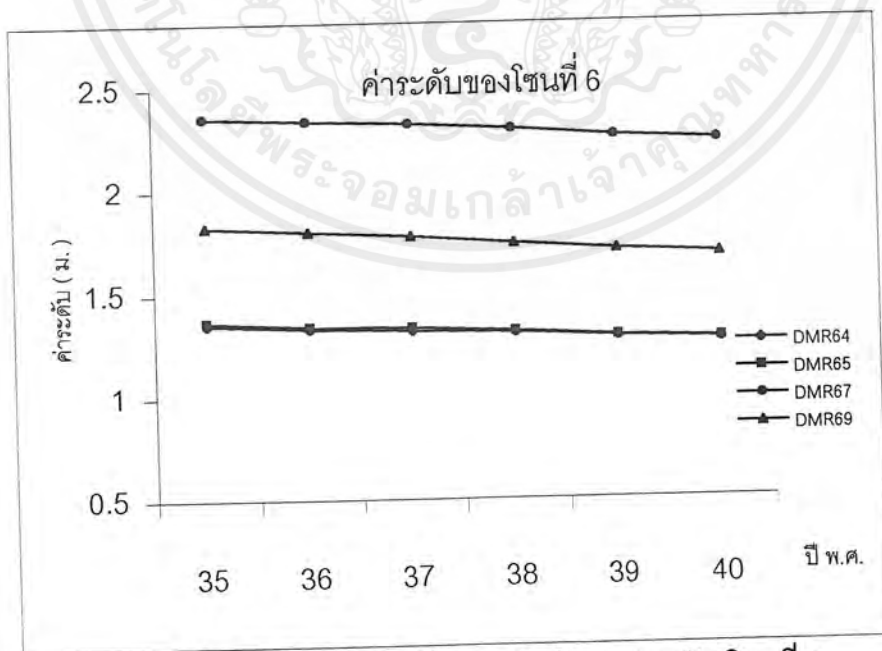


รูปที่ 3.1.5 การ plot เพื่อการคัดข้อมูลสำหรับ โซนที่ 4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อ67 และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

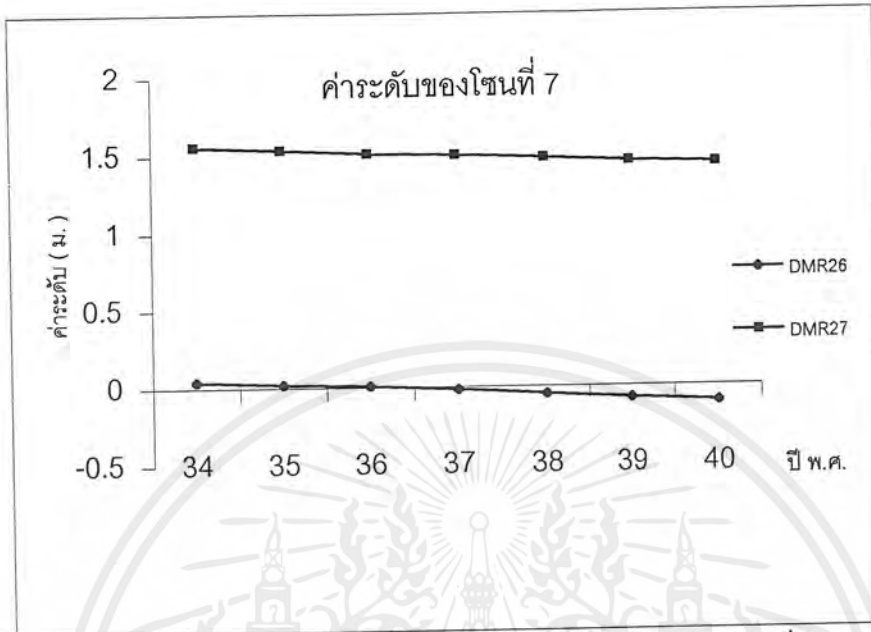


รูปที่ 3.1.6 การ plot เพื่อการตัดข้อมูลสำหรับ โซนที่ 5

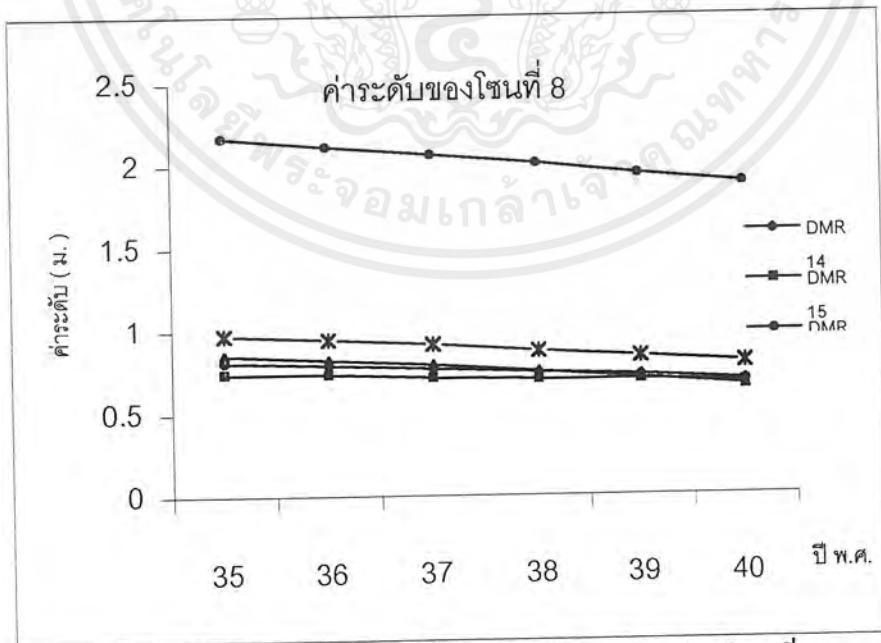


รูปที่ 3.1.7 การ plot เพื่อการตัดข้อมูลสำหรับ โซนที่ 6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อที่ 68 และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

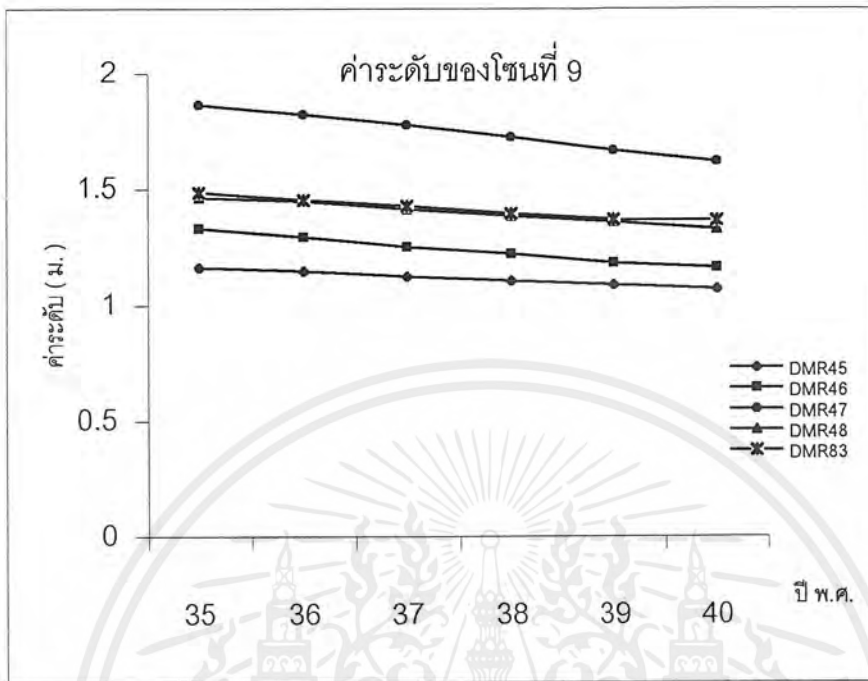


รูปที่ 3.1.8 การ plot เพื่อการคัดข้อมูลสำหรับ โซนที่ 7

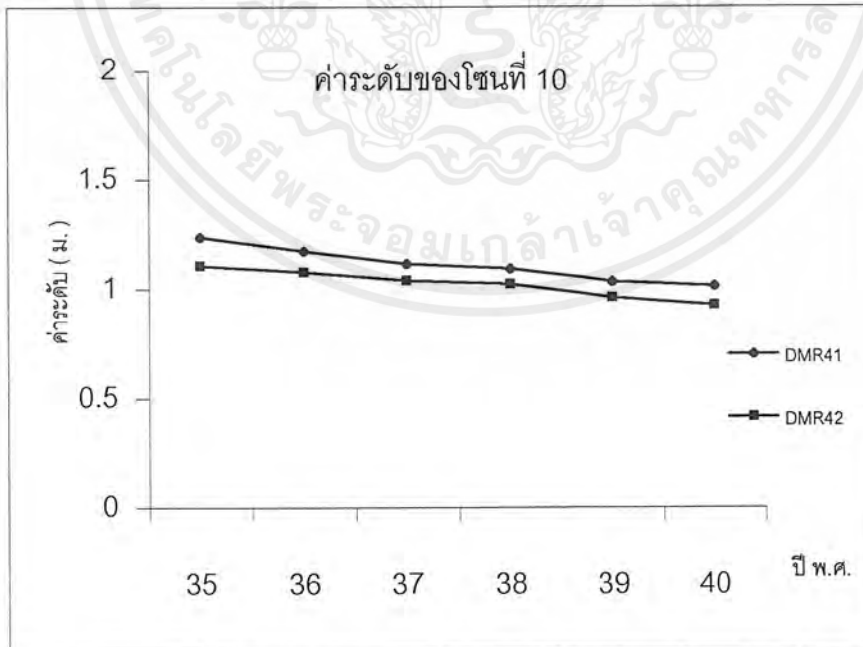


รูปที่ 3.1.9 การ plot เพื่อการคัดข้อมูลสำหรับ โซนที่ 8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา 69 ละต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

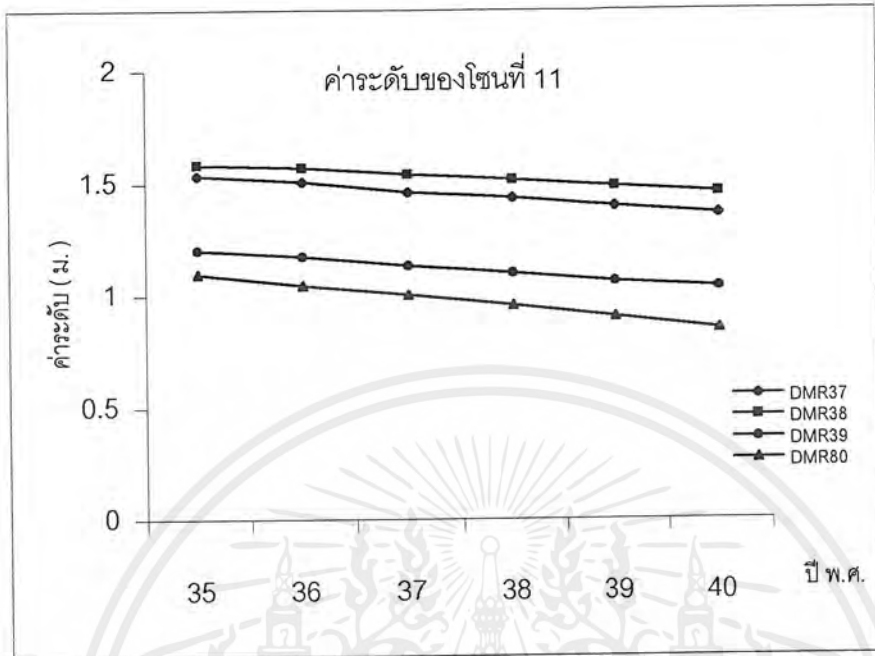


รูปที่ 3.1.10 การ plot เพื่อการตัดข้อมูลสำหรับ ไชนที่ 9

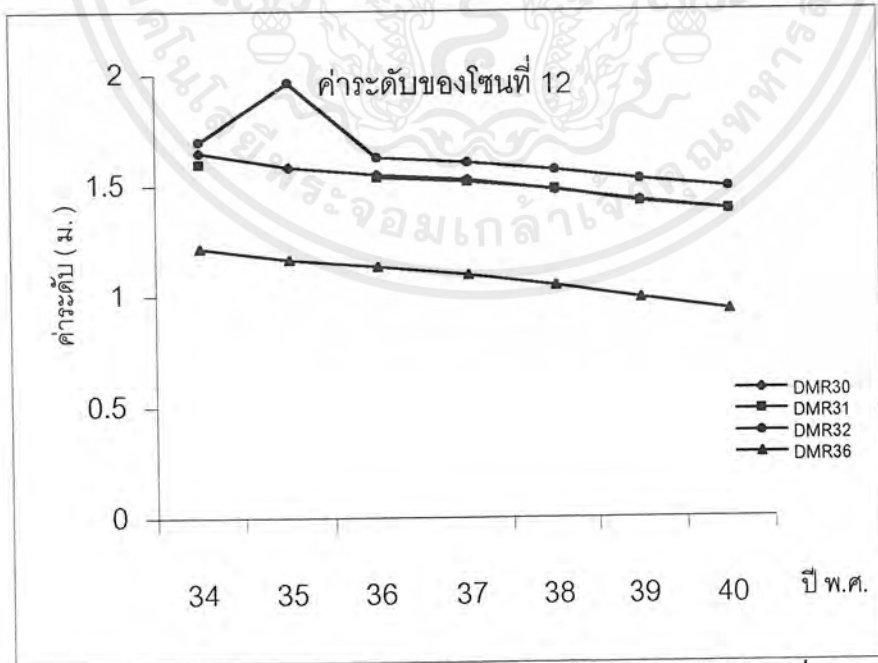


รูปที่ 3.1.11 การ plot เพื่อการตัดข้อมูลสำหรับ ไชนที่ 10

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา 70 และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.1.12 การ plot เพื่อการตัดข้อมูลสำหรับ โซนที่ 11



รูปที่ 3.1.13 การ plot เพื่อการตัดข้อมูลสำหรับ โซนที่ 12

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อ 71 และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.2 การตรวจสอบข้อมูลที่ได้มา

การวิเคราะห์ Land Subsidence ของกรุงเทพฯ นั้น ทางผู้จัดทำได้มีการทำ contour map จากข้อมูลการทรุดตัวที่ได้มาจากกรมทรัพยากรธรณีซึ่งนับว่ามีความน่าเชื่อถือในระดับหนึ่ง แต่อย่างไรก็ตามจะต้องมีการตรวจสอบความถูกต้องโดยวิธีต่างๆ ดังนี้

3.1.2.1 การทำ Case Study

เป็นการทำการวัดค่าระดับการทรุดตัวของผิวดินภายในบริเวณ สถาบันเทคโนโลยี พระจอมเกล้า เจ้าคุณทหาร ลาดกระบัง เป็นเวลาประมาณ 4 เดือน

อุปกรณ์ที่ใช้ในการทำ Case Study

1. กล้อง Wild ของ สวิตเซอร์แลนด์ เบอร์ NL-30
2. ขาดังกล้อง
3. ไม้ Staff
4. สีพลาستيك
5. หมุดเหล็ก
6. ฆ้อนเหล็ก

1.1 บริเวณข้างห้องปฏิบัติการของคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ KMIT'L

ขั้นตอนในการทำ

1. ทำหมุดที่จะวัดระดับการทรุดตัว 3 จุด บริเวณข้าง shop ใกล้กับหมุด BM ที่ใช้เป็นตัวอย่างอิง
2. ทำการวัดระดับการทรุดตัวเทียบกับหมุด BM (ดูได้จากภาคผนวก ข.)
3. ทำการสรุปวิเคราะห์ (ดูได้จากบทที่ 4 ตารางที่ 4.1.1 และรูปที่ 4.1.14)

1.2 บริเวณตึก 12 ชั้น

ขั้นตอนในการทำ

1. ทำหมุดที่จะวัดระดับการทรุดตัว 3 จุด บริเวณตึก 12 ชั้น โดยใช้ ตัวตึก 12 ชั้นเป็นตัวอย่างอิง
2. ทำการวัดระดับการทรุดตัวเทียบกับตัวตึก 12 ชั้น (ดูได้จากภาคผนวก ข.)
3. ทำการสรุปวิเคราะห์ (ดูได้จากบทที่ 4 ตารางที่ 4.1.2 และรูปที่ 4.1.15)

3.1.2.2 การเทียบเคียงข้อมูลกับแหล่งข้อมูลอื่น

กรมแผนที่ทหาร

กรมแผนที่ทหารได้ทำการสำรวจการทรุดตัวของแผ่นดินเป็นเวลานานด้วยจำนวนหมุดมากมายทั่วทั้งกรุงเทพฯ และปริมณฑล การทำรังวัดของกรมแผนที่ทหารถือว่ามีความน่าเชื่อถือมาก เพราะเกี่ยวข้องกับการทำแผนที่ภูมิศาสตร์ทางการทหาร ซึ่งมีความสำคัญมาก

จาก contour map ที่จัดทำขึ้นสำหรับปี 2538-2539 เทียบเคียงกับข้อมูลจากกรมแผนที่ทหารสำหรับปี 2538-2539 เช่นเดียวกัน

บริเวณใจกลางเมืองกรุงเทพมหานคร ซึ่งได้แก่ เขต ขานนาวา สาทร ปทุมวัน บางรัก พระนคร ข้อมูลจากกรมแผนที่ทหารแสดงให้เห็นว่า อัตราการทรุดตัวในปีนี้มีค่าเพียงเล็กน้อยคือประมาณ 0.6-6.6 มม./ปี ซึ่งใกล้เคียงกับ contour map ซึ่งอยู่ในเขตพื้นที่สีขาวยุคใหม่ คือมีการทรุดตัวประมาณ 5.0-6.0 มม./ปี

บริเวณชานเมืองทางด้านตะวันออก ได้แก่ เขตลาดกระบัง ประเวศ บึงกุ่ม มีนบุรี ข้อมูลจากกรมแผนที่ทหารแสดงให้เห็นว่า อัตราการทรุดตัวในปีนี้มีค่าประมาณ 2.5-4.0 ซม./ปี ซึ่งใกล้เคียงกับ contour map ซึ่งอยู่ในเขตพื้นที่สีขาวยุคใหม่ คือมีการทรุดตัวประมาณ 3.5-5.5 ซม./ปี

บริเวณชานเมืองทางด้านทิศเหนือ ได้แก่ เขต จตุจักร บางซื่อ คอนเมือง และจังหวัดนนทบุรี ข้อมูลจากกรมแผนที่ทหารแสดงให้เห็นว่า อัตราการทรุดตัวในปีนี้มีค่าประมาณ 1.9-3.9 ซม./ปี ซึ่งใกล้เคียงกับ contour map ซึ่งอยู่ในเขตพื้นที่สีเหลืองและเขียว คือมีการทรุดตัวประมาณ 1.5-3.5 ซม./ปี

สำหรับบริเวณใจกลางเมืองสมุทรปราการ จากข้อมูลทั้ง 2 แหล่ง พบว่ามีความใกล้เคียงกันคือประมาณ 1.5-3.5 ซม./ปี

สามารถสังเกตได้ว่าข้อมูลของทั้งสองแหล่งนั้นมีความใกล้เคียงกัน แต่เนื่องจากความแตกต่างกันของทั้งวิธีการรังวัด และตำแหน่งหมุดที่ต่างกันอาจทำให้เกิดการคาดเคลื่อนได้บ้าง จึงยังสามารถสรุปได้ว่าข้อมูลที่ได้มาจากกรมทรัพยากรธรณีนี้นั้น มีความน่าเชื่อถือได้ในระดับหนึ่ง แต่อย่างไรก็ตามสมควรเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องตรวจสอบให้ละเอียดในตัวแปรอื่นๆที่มีผลต่อความคาดเคลื่อน เช่น ความน่าเชื่อถือเกี่ยวกับการรังวัด และความคาดเคลื่อนต่างๆที่เกิดขึ้นได้ ซึ่งทางผู้จัดทำได้รวบรวมข้อมูลมาเสนอเรียบร้อยแล้ว

3.1.2.3 การศึกษาข้อกำหนดสำหรับการรังวัด

ข้อกำหนดสำหรับการรังวัดของทางกรมทรัพยากร ซึ่งเกี่ยวกับความถูกต้องแม่นยำและความคลาดเคลื่อนที่ยอมรับได้ ถือว่ามีความน่าเชื่อถือในระดับที่สูงพอสมควร แต่อย่างไรก็ตามควรพิจารณาตามเห็นเหมาะสม เพราะการทำรังวัดเป็นงานที่ต้องการความละเอียดสูง ในขณะที่เดียวกันก็มีความเป็นไปได้ในการเกิดข้อผิดพลาดในหลายประการ ดังนี้

-ความผิดที่เกิดขึ้นจากเครื่องมือ

-กล้องไม่ได้รับการตรวจสอบและปรับแก้ก่อนที่จะนำไปใช้งาน เพราะฉะนั้นจะทำให้แกนหลอดระดับและแกนกล้องไม่ขนานกัน ซึ่งเราเรียกว่า Collimation Error ถ้าตั้งกล้องไม่อยู่กึ่งกลางจริงก็จะทำให้ความผิดสะสมขึ้นเรื่อยๆ

-Staff มีความยาวไม่ถูกต้อง เช่น ซิคของ Staff ไม่ได้มาตรฐาน จะสามารถตรวจสอบได้โดยการเทียบกับ Tape ที่มีความยาวมาตรฐาน

-ขากล้องหลวมหรือแน่นเกินไป โดยเฉพาะขากล้องหลวมจะมีผลต่อการตั้งกล้อง คือระดับจะเสีย ผลงานที่ออกมาจะผิด

-ความผิดที่เกิดจากธรรมชาติ

-ความโค้งของโลก : ความโค้งของโลกก็สามารถแก้ไขให้หมดไปได้โดยการตั้งกล้องอยู่กึ่งกลางระหว่างไม้ Staff ทั้งสอง

-การหักเหของแสง : การหักเหของแสงจะมีค่าไม่แน่นอนในแต่ละวันเวลา โดยปกติการหักเหจะทำให้แนวกล้องต่ำลง การแก้ไขควรจะต้องตั้งกล้องอยู่กึ่งกลางระหว่าง Staff

-การเปลี่ยนอุณหภูมิ : ความร้อนทำให้ไม้ Staff หดหรือขยายตัวได้ แต่ในงานระดับธรรมดา Ordinary Levelling จะไม่คิดถึงเรื่องนี้ แต่ความร้อนจะมีผลทำให้กล้องขยายตัวทำให้ระดับเสียได้ เพราะฉะนั้นจะต้องกางร่มให้กล้อง นอกจากนั้นถ้าตั้งกล้องส่องผ่านเนินดิน สายใยกล้องสูงจากเนินดินไม่มาก ทำให้แนวกล้องผ่านชั้นของอากาศที่มีความหนาแน่นไม่เท่ากัน จะทำให้แนวกล้องหักเหได้ หรือส่องกล้องผ่านกองโลหะหรือถังโลหะในเวลาร้อนจัด คลื่นความร้อนจากโลหะก็จะทำให้แนวกล้องหักเหได้ ในทำนองเดียวกัน ถ้าส่องกล้องผ่านสี่แยกหรือถนนที่มีการจราจรติดขัดก็จะมีผลเช่นเดียวกัน

-ความผิดที่เกิดจากบุคคล

-การปรับฟองระดับไม่อยู่กึ่งกลาง ถ้าเป็นกล้อง Tilting Level เมื่อปรับระดับได้ระดับแล้วส่องอ่าน แต่ในขณะที่ส่องอ่านระดับจะเคลื่อนออกจากกึ่งกลาง เพราะฉะนั้นเวลาอ่านเสร็จจะต้องดูฟองระดับทันที ในปัจจุบันมีกล้องบางชนิดใช้ Prism สะท้อนภาพฟองระดับให้เห็นภายในตัว Telescope ด้วย ทำให้สะดวกในการส่อง

-Parallax พาราแลกซ์เกิดขึ้นเนื่องจากการปรับภาพของ Staff และสายใยซัดไม่เท่ากัน ทดสอบได้โดยเลื่อนตาขึ้นลง ถ้าภาพของ Staff และสายใยเคลื่อนที่สวนทางกันแสดงว่ามี Parallax อยู่ จะต้องปรับให้หาย คือ เลื่อนตาแล้วภาพ Staff และสายใยเคลื่อนที่ไปด้วยกัน

-การอ่านค่า Staff ผิด ซึ่งมีผลมาจาก Parallax สภาพอากาศไม่ดี ตั้งกล้องห่างจาก Staff มากจนเกินไป การตั้ง Target ไม่ตรงกับสายใยกล้อง

-สายใยราบไม่อยู่ในแนวราบ แก้ไขได้โดยใช้จุดตัดของสายใยอ่านค่า Staff

-การตั้ง Staff ไม่ตรงดิ่ง แก้ไขได้โดยการปรับระดับของ Staff ใหม่

-การตั้ง Staff ยาวและสั้น ไม่เท่ากัน

-การตั้ง Staff ไม่อยู่บนที่เดียวกันในขณะที่ส่อง BS และ FS

-การจดค่า Staff ผิด

-การจับขากล้องหรือโคนขากล้องในขณะที่ส่องกล้อง จะมีผลทำให้ระดับเสีย

3.2 การวิเคราะห์การทรุดตัวของถนนที่ถูกรับปรุงโดย PVD

3.2.1 ขั้นตอนในการวิเคราะห์การหาค่าทรุดตัวสุดท้ายโดยวิธี Asaoka

1. นำข้อมูลที่มีมาเพื่อจะดูว่าการทรุดตัวของช่วงการทำถนนชั้นสุดท้ายจะอยู่ช่วงเวลาที่เท่าไร เพื่อนำเอาข้อมูลช่วงนี้มาพิจารณาในการหาค่าการทรุดตัวสุดท้ายในชั้นสุดท้ายของการทำถนน

2. นำข้อมูลที่ได้จากข้อที่ 1. นำมาพล็อตและลากเส้นการทรุดตัวที่วัดได้ในสนามกับเวลาในมาตราส่วนเลขคณิต (Arithmetic Scale) แล้วแบ่งเป็นช่วง ๆ โดยให้ช่วงเวลาเท่ากัน เท่ากับ Δt อ่านและสร้างตารางการทรุดตัว ρ_1, ρ_2, ρ_3 ซึ่งสอดคล้องกับเวลา t_1, t_2, t_3, \dots ในการทำการวิเคราะห์ครั้งนี้จะเลือกใช้ Δt จะใช้ค่า เท่ากับ 14 วันเพราะเนื่องมาจากว่าการคำนวณหาค่า C_u จากสมการที่ (3.2.4) โดยใช้ Δt เท่ากับ 7 วัน, 14 วัน, 28 วัน มีค่าที่ใกล้เคียงกันจึงเลือกใช้ Δt ที่เท่ากับ 14 วัน เพราะว่าถ้าในสนามมีการทดสอบหาค่าการทรุดตัวโดยใช้ระยะเวลาในการวัดมากกว่า 7 วันจะทำให้มีผลในการพล็อตกราฟของโดยวิธีของ Asaoka และถ้าใช้ Δt เท่ากับ 28 วันผลต่างของเวลาที่ค่อนข้างมาก จุดที่จะนำมาพล็อตมีน้อยจะมีผลกระทบต่อกราฟที่อัตราการทรุดตัวค่าต่างๆ ได้เพราะฉะนั้นจึงเลือกใช้ค่า $\Delta t = 14$ วัน

3. นำค่าการทรุดตัวที่ได้จาก ข้อ 2. นำค่ามาพล็อตในระบบ (ρ_{i-1}, ρ_i) เช่น (ρ_1, ρ_2) , (ρ_2, ρ_3) เป็นต้น แล้วลากเส้นตรงผ่านจุดเหล่านั้นซึ่งจะได้สมการเส้นตรงออกมา

4. ลากเส้นตรงทำมุม 45° ซึ่งเป็นเส้นที่ $\rho_1 = \rho_{i-1}$ โดยจะได้สมการเส้นตรงคือ $Y = X$

5. จุดตัดของสมการเส้นตรงระหว่าง ข้อ 3. และ ข้อ 4. จะเป็นปริมาณการทรุดตัวสุดท้าย (Final Consolidation Settlement) ซึ่งจะคำนวณได้จากสมการที่ได้จากข้อที่ 3. และสมการจากข้อที่ 4. โดยที่จุดตัดระหว่าง 2 สมการจะเป็นค่าการทรุดตัวสุดท้าย

$$\rho_T = \beta_0 + \beta_1 * \rho_{i-1} \quad (3.1)$$

6. ข้อมูลของการทำ PVD (โดยจะอาศัยสมการพื้นฐานจากทฤษฎี Barron (1948))

6.1 ระยะห่างของ PVD (S) จะเท่ากับ 120 เซนติเมตร

6.2 ความกว้าง (b) เท่ากับ 10 เซนติเมตร และความหนา (a) เท่ากับ 0.5 เซนติเมตร

6.3 จากสมการ 2.22 จะสามารถหาค่าของ D_v (โดยจะคิดแบบ triangular)

6.4 ค่า dw จะสามารถหาได้โดยสมการที่ (3.2)

$$dw = 2 * \left(\frac{a+b}{\pi} \right) \quad (3.2)$$

6.5 จะต้องหาค่าของ $F(n)$ สมการที่ (3.3)

$$F_{(n)} = \left(\frac{n^2}{n^2 - 1} * \ln n \right) - \left(\frac{3 * n^2 - 1}{4 * n^3} \right) \quad (3.3)$$

by $n = \frac{De}{dw}$

6.6 หาค่า C_h จากสมการที่ (3.4) โดยใช้ตัวแปรต่างๆ ข้างบน

$$C_h = \frac{-De^2 * F_{(n)} * \ln \beta}{8 * \Delta t} \quad (3.4)$$

7. เมื่อได้สมการเส้นตรงจากข้อที่ 3. แล้วก็นำมาคำนวณค่าหาของ C_h จากสมการที่ (3.4) โดย ค่าของ β จะเท่ากับความชันของกราฟที่ได้จากการพล็อตของข้อมูลทั้งหมด

8. ใช้อัตราส่วนระหว่างค่า C_h ต่อค่า C_v เท่ากับ 10 (จาก Bergado (1991)) ซึ่งค่าของ C_h คำนวณมาจากข้อที่ 7. แล้วจะได้ค่า C_v โดยจะนำไปแทนค่าเพื่อจะหาค่า U_v ในสมการที่ (3.5)

$$U_v = 1 - \frac{8}{\pi^2} \exp \left[\frac{-\pi^2 * C_v * t}{4 * H_d^2} \right] \quad (3.5)$$

ซึ่งค่า H_d = ความหนาของชั้นดินเหนียวอ่อน (เซ็นติเมตร)

t = เวลา (วัน)

เมื่อคำนวณค่าของ U_v สมการที่ (3.5) แล้วจะเห็นว่ามีค่าน้อยมาก เมื่อนำไปแทนในสมการที่ 2.23 จะทำให้ไม่มีผลต่อค่าของ U เพราะฉะนั้นจึงคิดเพียงแต่ค่าของ U_h โดยจะใช้สมการที่ (3.6) ซึ่งจะส่งผลให้คิดค่าของ $U = U_h$

$$U_h = 1 - \exp\left[\frac{-8 * C_h * t}{D_e^2 * F(n)}\right] \quad (3.6)$$

9. เมื่อได้ค่านวนค่าของ U จากสมการที่ (3.6) ในการพิจารณาจะนำข้อมูลที่ค่าของ U ที่มากกว่า 95% มาหาค่าของ การทรุดตัวสุดท้ายของข้อมูลทั้งหมด

10. สมมุติค่าของ t (วัน) นำข้อมูลการทรุดตัวถึงเวลาที่เราสมมุติไว้แล้วจะทำเหมือนข้อที่ 3. ซึ่งจะได้อสมการเส้นตรงออกมาและจะมาแก้สมการเพื่อจะหาค่าการทรุดตัวสุดท้ายโดยจะใช้สมการจากข้อที่ 4. ในการช่วยการแก้สมการหาค่าออกมา

11. จะทำเหมือนข้อที่ 7. โดยจะใช้สมการเส้นตรงที่ได้จากข้อที่ 10. ซึ่งจากข้อนี้จะสามารถหาค่าของ C_h จากสมการที่ (3.4) และจะหาค่าของ U ได้จากสมการที่ (3.6)

12. จะสมมุติค่าของ t (วัน) หลาย ๆ ค่าและทำตามข้อที่ 10. และ ข้อที่ 11.

13. เมื่อได้ค่าจากข้อที่ 12. ก็นำมาหาเปอร์เซ็นต์ผลต่างของค่าการทรุดตัวสุดท้ายของค่า U ต่าง ๆ เปรียบเทียบกับค่าการทรุดตัวของข้อมูลทั้งหมด

14. จากข้อที่ 9. ถึงข้อที่ 13. จะเสร็จสิ้นในการทำของ 1 จุด โดยจะทำทั้งหมด 11 จุด

15. จากข้อที่ 14. โดยให้แกน Y เป็นค่าเปอร์เซ็นต์ผลต่างของค่าการทรุดตัวสุดท้ายของค่า U ต่าง ๆ เปรียบเทียบกับค่าการทรุดตัวของข้อมูลทั้งหมด และแกน X เป็นค่า U ที่ต่าง ๆ ที่ได้จากข้อที่ 11.

ตัวอย่างในการคำนวณของทฤษฎี Asoaka (โดยใช้จุดที่ 1 มาแสดง)

ช่องที่ (1) จะเป็นค่าเวลา t (วัน) ที่สมมุติ เช่น ที่เวลา t = 157 วัน

ช่องที่ (2) จะเป็นสมการเส้นตรงซึ่งได้จากการพล็อตกราฟโดย วิธีของ Asaoka (จากรูปที่ 3.2.1ก ถึง 3.2.8ก) เช่น จากช่องที่ (1) เมื่อค่าของ t = 157 วันจะได้ค่า $Y = 0.8161X + 72.316$ (จากรูปที่ 3.2.2ก)

ช่องที่ (3) จะเป็นค่า C_h ซึ่งคำนวณจากสมการที่ (3.4)

เช่น จากข้อมูลของ PVD ค่าของ $D_w = 126$ เซนติเมตร , ค่าของ $F(n) = 2.19$ และค่าความชันของกราฟเส้นตรง (จากรูปที่ 3.2.2ก) $\beta = 0.8161$ นำไปแทนค่าลงในสมการที่ (3.4)

ซึ่งจะได้ค่า $C_h = 63.09$ ซม.² / วัน

ช่องที่ (4) จะเป็นค่า U ซึ่งคำนวณจากสมการที่ (3.6)

เช่น เมื่อทราบค่าต่าง ๆ ก็ค่าลงในสมการที่ (3.6) ซึ่งจะได้ค่า $U = 90 \%$

ช่องที่ (5) จะเป็นค่าของการคาดคะเนการทรุดตัวสุดท้าย

เช่น จากสมการเส้นตรงที่ได้จากช่องที่ (2) คือ $Y = 0.8161X + 72.316$ และสมการ $Y = X$

นำสองสมการมาแก้สมการเพื่อที่จะหาจุดตัดของสมการเส้นตรง

จะได้เป็น $X = 0.8161X + 72.316$ เมื่อแก้สมการแล้วจะได้ค่า $X = 393.2$ มิลลิเมตรจึง

ถือว่าเป็นค่าการทรุดตัวสุดท้ายเมื่อมีข้อมูลอยู่อย่างจำกัด

ช่องที่ (6) จะเป็นค่าเปอร์เซ็นต์ผลต่างของการทรุดตัวสุดท้ายเมื่อ U ต่างๆ เมื่อเปรียบเทียบกับค่าการทรุดตัวสุดท้ายของข้อมูลทั้งหมด

โดย ค่าเปอร์เซ็นต์ผลต่างจะเท่ากับ (ค่าของค่าการทรุดตัวสุดท้ายเมื่อค่าของ U ต่างๆ ลบ ค่าการทรุดตัวสุดท้ายของข้อมูลทั้งหมด) คูณ 100หาร ด้วยค่าการทรุดตัวสุดท้ายของข้อมูลทั้งหมด

เช่น ค่าเปอร์เซ็นต์ผลต่างของค่า $U = 90\%$ จะเท่ากับ $(393.24 - 392.52) * 100 / 392.52 = 0.18\%$

3.2.2 ขั้นตอนในการทำการหาค่าการทรุดตัวสุดท้ายโดยใช้ ทฤษฎี Hyperbolic

ทฤษฎีของ Hyperbolic จะไม่สามารถหาค่าของเวลาที่ ระดับชั้นการขุดอัดตัวของดิน (U) ได้จึงจำเป็นต้องอ้างอิง ขั้นตอนของทฤษฎี Asaoka ข้อที่ 1-12.

1. นำข้อมูลของการทรุดตัวชั้นสุดท้ายมาพล็อตกราฟที่เวลาต่างๆที่ได้สมมุติไว้ (จากทฤษฎีของ Asaoka ซึ่งจะสามารถคำนวณค่า U ได้) โดยให้ แกน X เป็น $(t-t_i)$ และ แกน Y เป็น $(t-t_i)/(s-s_i)$

โดยที่ t คือ เวลาสะสมตั้งแต่เริ่มทำถนน

t_i คือ เวลาเริ่มต้นของการทรุดตัวชั้นสุดท้ายของการทำถนน

s คือ การทรุดตัวสะสมตั้งแต่เริ่มทำถนน

s_i คือ การทรุดตัวตั้งแต่เริ่มทำถนน

2. ลากเส้นตรงจากการพล็อตกราฟ โดยที่ค่าเริ่มต้นของกราฟยังไม่เป็นเส้นตรงจะไม่นำมา

พิจารณา

3. สมการเส้นตรงที่ได้จากกราฟนั้นจะนำมาใช้ในการคำนวณซึ่ง 1 ส่วนความชัน ($1/(s-s_i)$) จะเป็นการทรุดตัวสุดท้ายของชั้นสุดท้ายเพราะฉะนั้น 1 ส่วนความชัน บวก s_i จะเท่ากับการทรุดตัวสุดท้ายของทั้งหมด

4. ทำการคำนวณหาค่าการทรุดตัวสุดท้ายของเวลาที่ได้สมมุติไว้ (หรือที่ค่า U ที่ต่าง ๆ ที่หามาได้) โดยจะนำมาเปรียบเทียบกับค่าการทรุดตัวสุดท้ายของข้อมูลทั้งหมด ซึ่งจะออกมาเป็นเปอร์เซ็นต์ผลต่าง

5. นำเปอร์เซ็นต์ผลต่างที่คำนวณได้จากข้อที่ 4. มาพล็อตกราฟเพื่อที่จะหาเส้นแนวโน้มของเปอร์เซ็นต์ผลต่างที่เกิดขึ้น

ตัวอย่างในการคำนวณของทฤษฎี Hyperbolic (โดยใช้จุดที่ 1 มาแสดง)โดยจะมีขั้นตอนดังต่อไปนี้

ช่องที่ (1) จะเหมือนกับวิธีของ Asaoka (เป็นการสมมุติของเวลา)

เช่น ให้ค่าเวลาที่สมมุติไว้เท่ากับ 157 วัน

ช่องที่ (2) จะเป็นสมการที่ได้จากการพล็อตกราฟโดยวิธีของ Hyperbolic

เช่น เมื่อเวลาเท่ากับ 157 วัน จะได้สมการ $Y = 0.0078X + 0.5474$

ช่องที่ (3) จะใช้วิธีเดียวกับของ Asaoka

เช่น เมื่อเวลาเท่ากับ 157 วัน ซึ่งจะได้ค่า $C_h = 63.09$ ซม.² / วัน

ช่องที่ (4) จะใช้วิธีเดียวกับของ Asaoka

เช่น เมื่อทราบค่าต่าง ๆ ก็ค่าลงในสมการที่ (3.6) ซึ่งจะได้ค่า $U = 90\%$

ช่องที่ (5) จะเป็นค่าของการคาดคะเนการทรุดตัวสุดท้าย

เช่น จากสมการเส้นตรงที่ได้จากช่องที่ (2) คือ $Y = 0.0078X + 0.5474$ โดย 1 ส่วนความชัน

บวก si จะเป็นการทรุดตัวสุดท้าย ซึ่งจะได้ค่าเท่ากับ 422.2 มิลลิเมตร

($1/0.0078 + 294 = 422.2$) โดยจะเป็นค่าการทรุดตัวสุดท้ายเมื่อมีข้อมูลอยู่อย่างจำกัด

ช่องที่ (6) จะเป็นค่าเปอร์เซ็นต์ผลต่างของการทรุดตัวสุดท้ายเมื่อ U ต่างๆ เมื่อเปรียบเทียบกับ

ค่าการทรุดตัวสุดท้ายของข้อมูลทั้งหมด

โดย ค่าเปอร์เซ็นต์ผลต่างจะเท่ากับ (ค่าของค่าการทรุดตัวสุดท้ายเมื่อค่าของ U ต่างๆ ลบ ค่าการทรุดตัวสุดท้ายของข้อมูลทั้งหมด) คูณ 100หาร ด้วยค่าการทรุดตัวสุดท้ายของข้อมูลทั้งหมด

เช่น ค่าเปอร์เซ็นต์ผลต่างของค่า $U = 90\%$ จะเท่ากับ $(422.2 - 410.3) * 100 / 410.3 = 2.90\%$

ตารางที่ 3.2.1ก แสดงผลโดยวิธี Asaoka ของจุดที่ 1

เวลา (วัน)	สมการเส้นตรง	Ch (ม. ² /ปี)	U (%)	p final (มม.)	% ต่างกับข้อมูลจริง
308	$Y = 0.8142X + 72.930$	2.33	98.9	392.5	0
157	$Y = 0.8161X + 72.316$	2.30	90	393.2	0.19
131	$Y = 0.8233X + 70.008$	2.20	85	396.2	0.94
96	$Y = 0.8277X + 68.617$	2.14	73	398.2	1.46
83	$Y = 0.8356X + 66.127$	2.04	65	402.2	2.48
72	$Y = 0.8532X + 60.617$	1.80	56	412.9	5.20
63	$Y = 0.9099X + 43.120$	1.07	35	478.6	21.93
48	$Y = 0.9375X + 34.108$	0.73	20	545.7	39.04

ตารางที่ 3.2.1ข แสดงผลโดยวิธี Hyperbolic ของจุดที่ 1

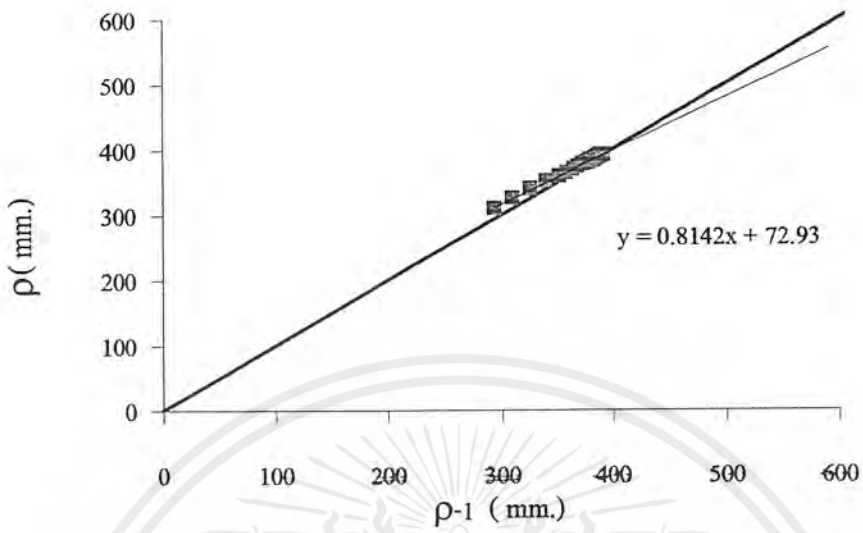
เวลา (วัน)	สมการเส้นตรง	Ch (ม. ² /ปี)	U (%)	p final (มม.)	% ต่างกับข้อมูลจริง
308	$Y = .0086x + .4523$	2.33	98.9	410.3	0
157	$Y = .0078x + .5474$	2.30	90	422.2	2.90
131	$Y = .0076x + .5675$	2.20	85	425.6	3.73
96	$Y = .0084x + .4912$	2.14	73	413	0.66
83	$Y = .0078x + .5285$	2.04	65	422.2	2.90
72	$Y = .0080x + .5185$	1.80	56	419	2.12
63	$Y = .0059x + .6376$	1.07	35	526.6	28.35

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา 81 ละต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

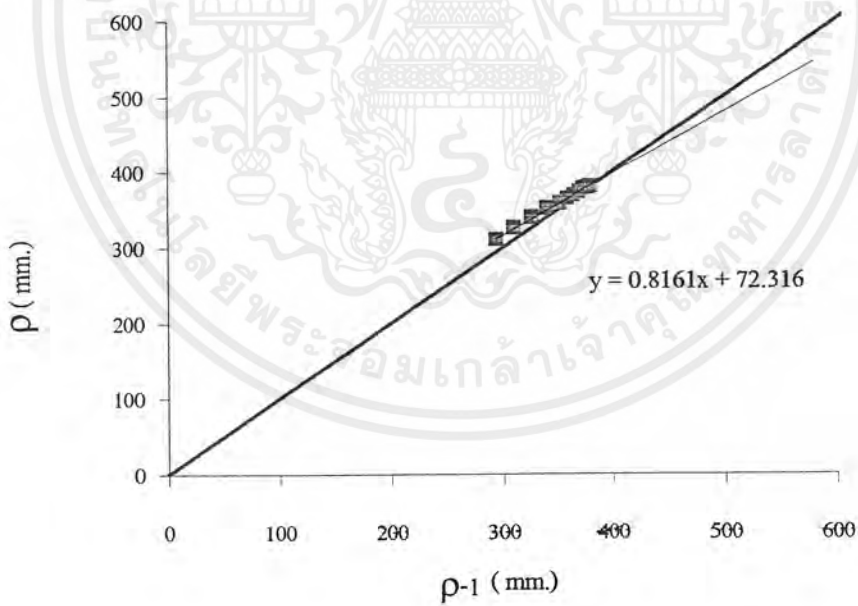
ตารางที่ 3.2.2ก แสดงค่าที่ใช้ในการคำนวณ โดยใช้ทฤษฎี Asaoka จุดที่ 1

ค่า U (%)	วันสะสม	ρ (มม.)	$\rho-1$ (มม.)
	297	294	
	311	310	294
	325	326	310
20%	339	340	326
35%	353	352	340
56%	367	359	352
65%	381	365	359
73%	395	370	365
	409	374	370
85%	423	378	374
	437	380	378
90%	451	382	380
	465	384	382
	479	384	384
	493	385	384
	507	386	385
	521	387	386
	535	388	387
	549	390	388
	563	390	390
	577	392	390
	591	392	392
	605	392	392

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อ82 และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

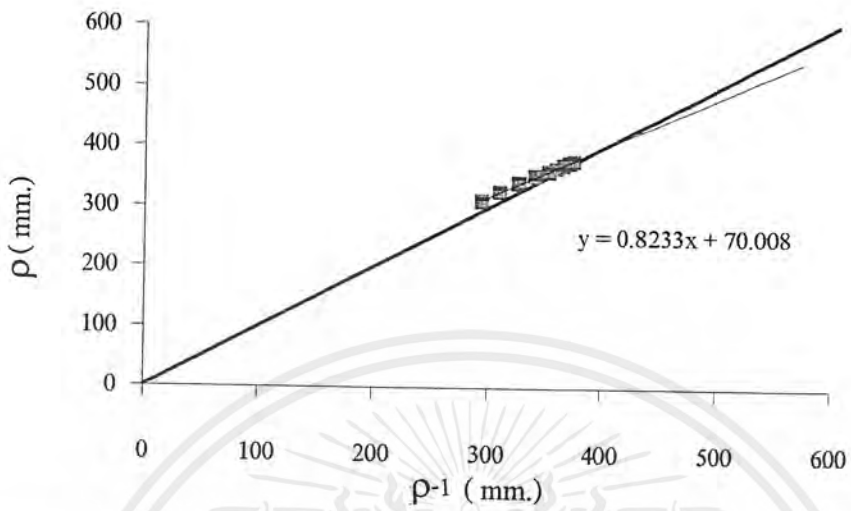


รูปที่ 3.2.1ก กราฟการคำนวณหาค่าการทรุดตัวสุดท้าย โดยวิธี Asaoka ของจุดที่ 1 เมื่อใช้ข้อมูลทั้งหมด

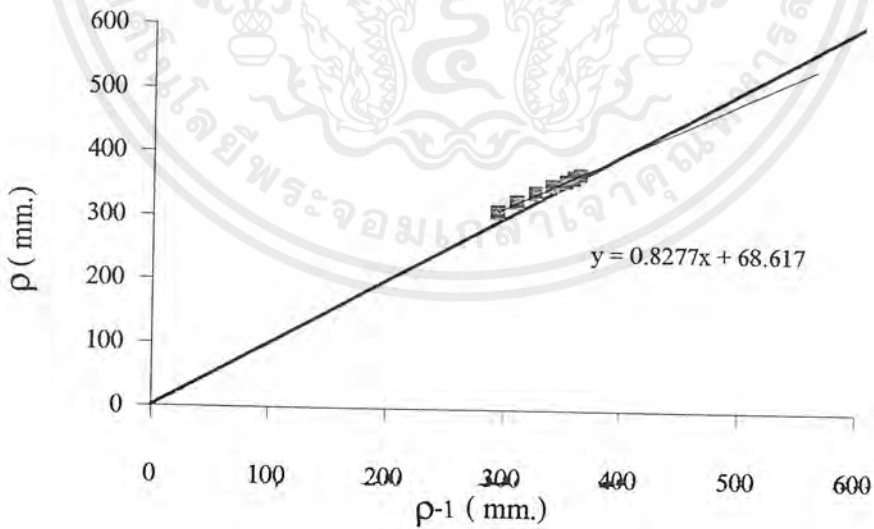


รูปที่ 3.2.2ก กราฟการคำนวณหาค่าการทรุดตัวสุดท้าย โดยวิธี Asaoka ของจุดที่ 1 เมื่อใช้ข้อมูล U= 90%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อ 83 และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

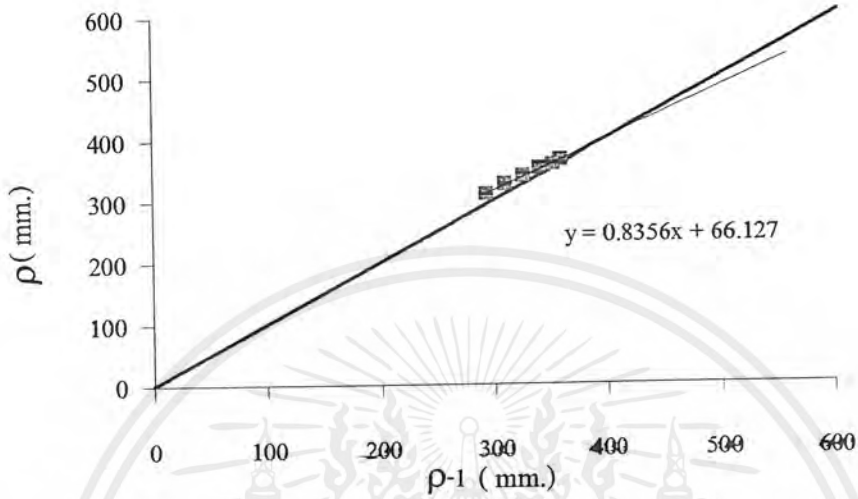


รูปที่ 3.2.3ก กราฟการคำนวณหาค่าการทรุดตัวสุดท้ายโดยวิธี Asaoka ของจุดที่ 1 เมื่อใช้ข้อมูล $U=85\%$

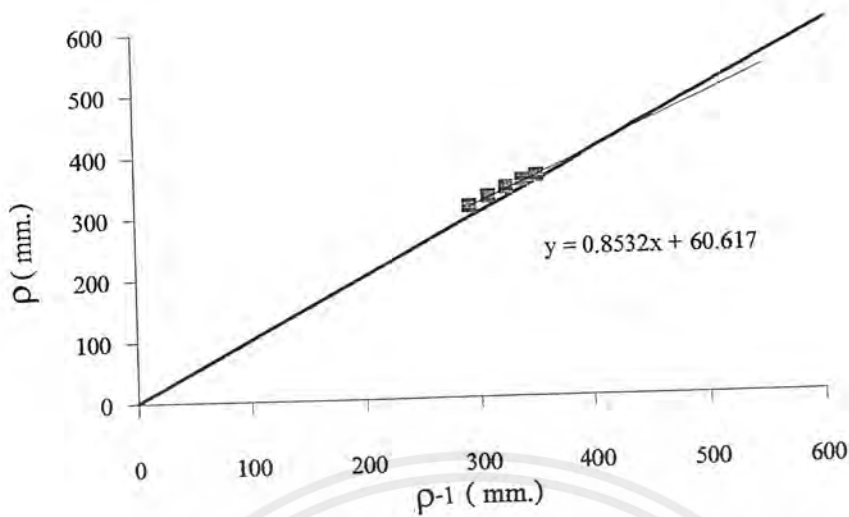


รูปที่ 3.2.4ก กราฟการคำนวณหาค่าการทรุดตัวสุดท้ายโดยวิธี Asaoka ของจุดที่ 1 เมื่อใช้ข้อมูล $U=73\%$

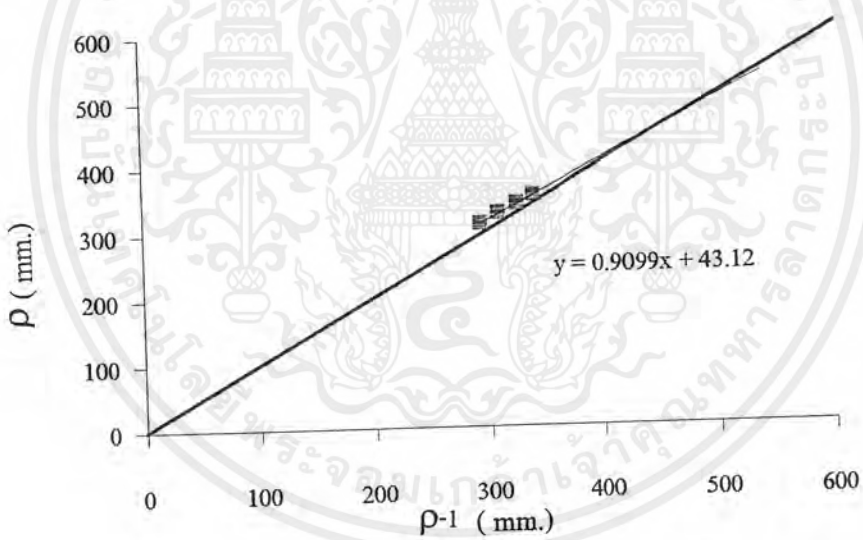
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อ 84 และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.2.5ก กราฟการคำนวณหาค่าการทรุดตัวสุดท้าย โดยวิธี Asaoka ของจุดที่ 1 เมื่อใช้ข้อมูล U=65%

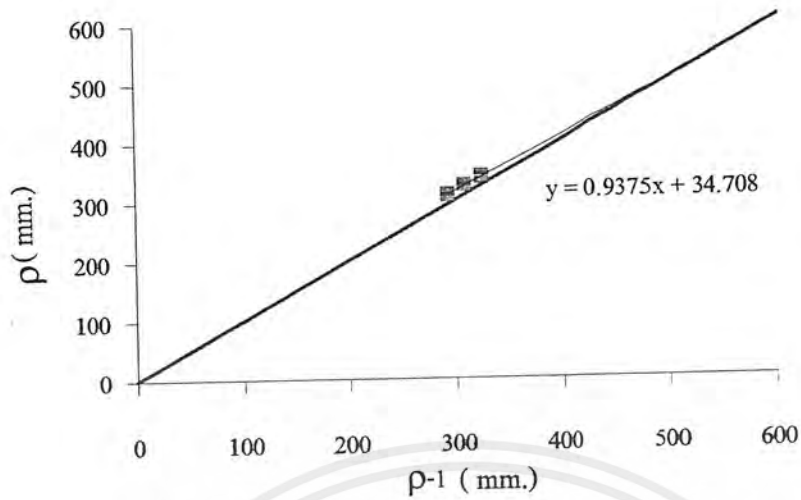


รูปที่ 3.2.6ก กราฟการคำนวณหาค่าการทรุดตัวสุดท้ายโดยวิธี Asaoka ของจุดที่ 1 เมื่อใช้ข้อมูล U=56%



รูปที่ 3.2.7ก กราฟการคำนวณหาค่าการทรุดตัวสุดท้ายโดยวิธี Asaoka ของจุดที่ 1 เมื่อใช้ข้อมูล U=35%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อ 86 และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.2.8ก กราฟการคำนวณค่าการทรุดตัวสุดท้ายโดยวิธี Asaoka ของจุดที่ 1 เมื่อใช้ข้อมูล $U=20\%$

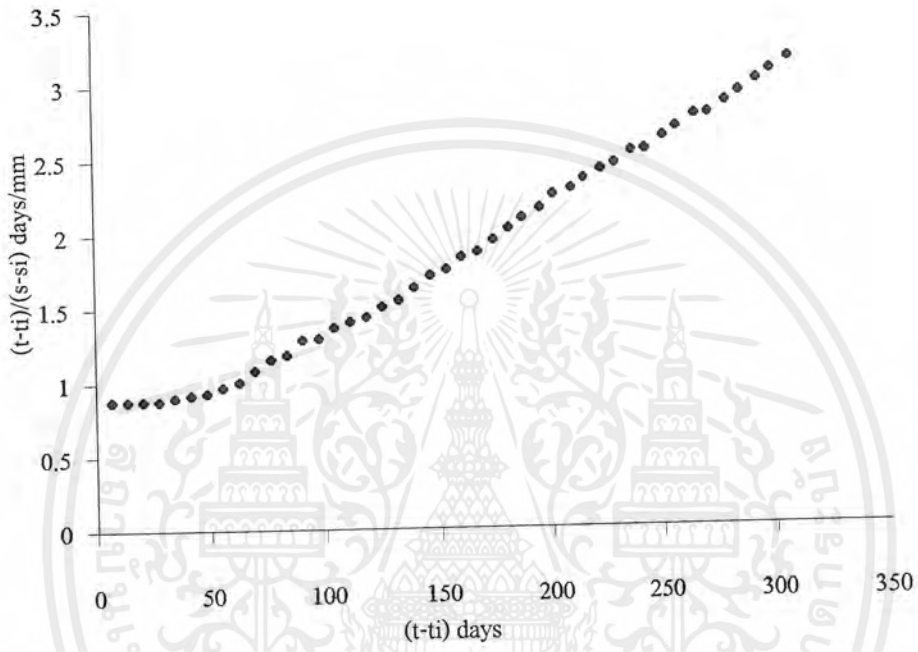


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อ87 และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.2.2ข แสดงค่าที่ใช้ในการคำนวณ โดยใช้ทฤษฎี Hyperbolic จุดที่ 1

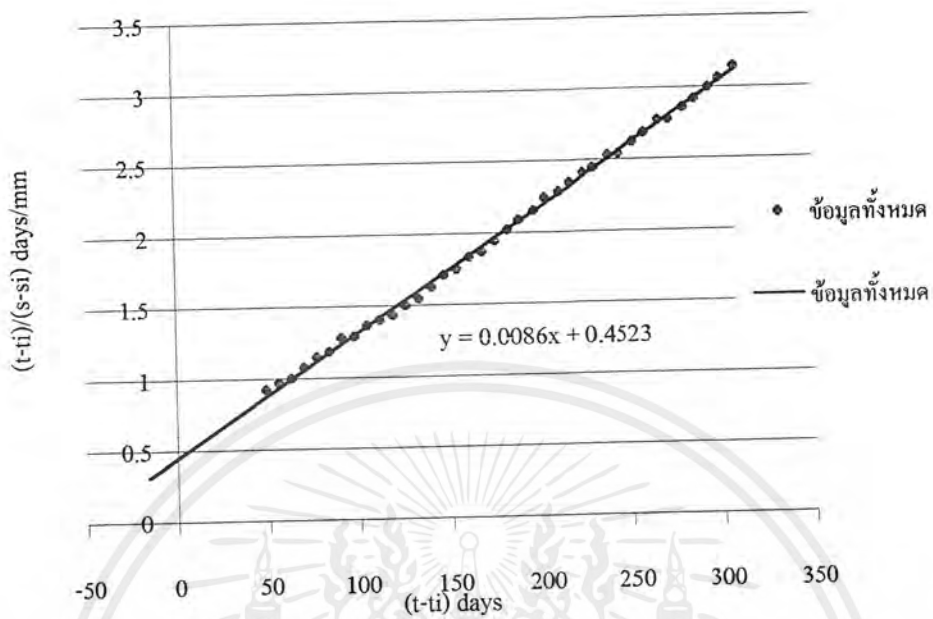
ค่า %U (%)	วันสะสม (วัน)	การทรุดตัว (มม)	(t-ti) (วัน)	(s-si) (มม)	(t-ti)/(s-si) (วัน/มม)	ค่า % U (%)	วันสะสม (วัน)	การทรุดตัว (มม)	(t-ti) (วัน)	(s-si) (มม)	(t-ti)/(s-si) (วัน/มม)
	297	294	0	0	88		458	382	161	88	1.829545
	304	302	7	8	0.875		465	384	168	90	1.866667
	311	310	14	16	0.875		472	384	175	90	1.944444
	318	318	21	24	0.875		479	384	182	90	2.022222
	325	326	28	32	0.875		485	384	188	90	2.088889
	332	333	35	39	0.897436		493	385	196	91	2.153846
	339	340	42	46	0.913043		499	384	202	90	2.244444
	346	347	49	53	0.924528		507	386	210	92	2.282609
	353	352	56	58	0.965517		513	386	216	92	2.347826
35%	360	357	63	63	1		521	387	224	93	2.408602
	367	359	70	65	1.076923		527	388	230	94	2.446809
56%	374	361	77	67	1.149254		535	388	238	94	2.531915
65%	381	365	84	71	1.183099		541	390	244	96	2.541667
73%	388	365	91	71	1.28169		549	390	252	96	2.625
	395	370	98	76	1.289474		555	390	258	96	2.6875
	402	371	105	77	1.363636		563	390	266	96	2.770833
	409	374	112	80	1.4		569	392	272	98	2.77551
	416	377	119	83	1.433735		577	392	280	98	2.857143
85%	423	378	126	84	1.5		583	392	286	98	2.918367
	430	380	133	86	1.546512		591	392	294	98	3
	437	380	140	86	1.627907		597	392	300	98	3.061224
	444	380	147	86	1.709302		605	392	308	98	3.142857
90%	451	382	154	88	1.75						

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา 88 ละต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

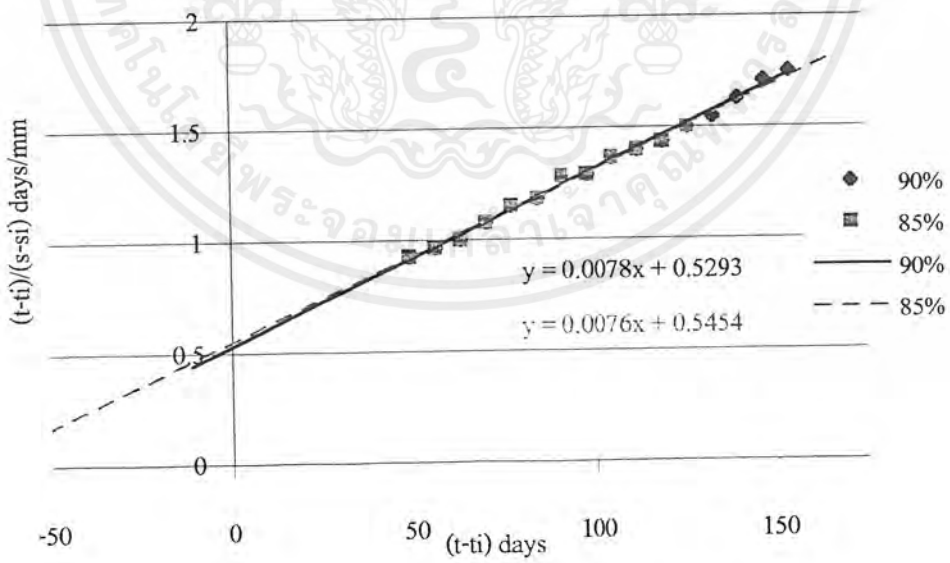


รูปที่ 3.2.1x กราฟแสดงลักษณะการทรุดตัวโดยวิธีHyperbolicของจุดที่1 จากข้อมูลทั้งหมด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อ 89 และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

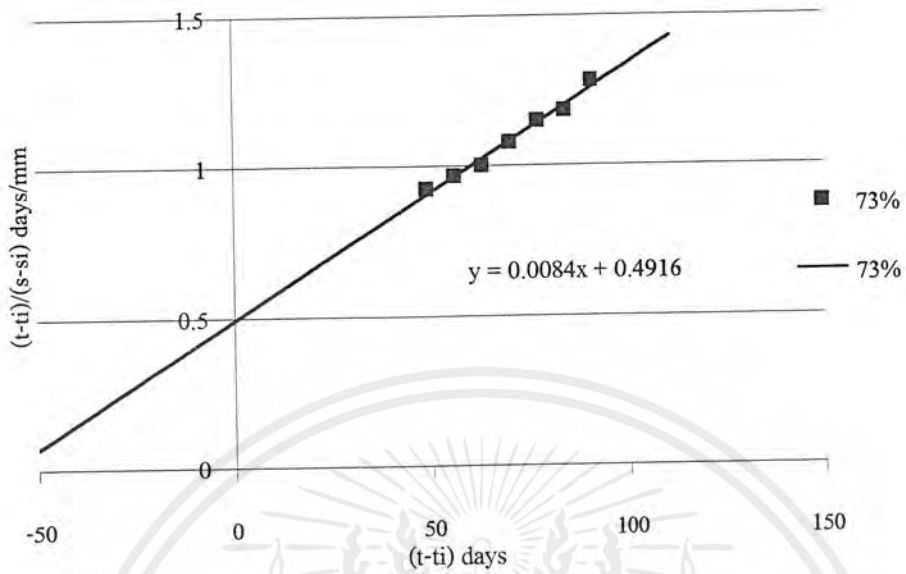


รูปที่ 3.2.2x กราฟการคำนวณหาค่าการทรุดตัวสุดท้าย โดยวิธีHyperbolicของจุดที่ 1 จากข้อมูลทั้งหมด



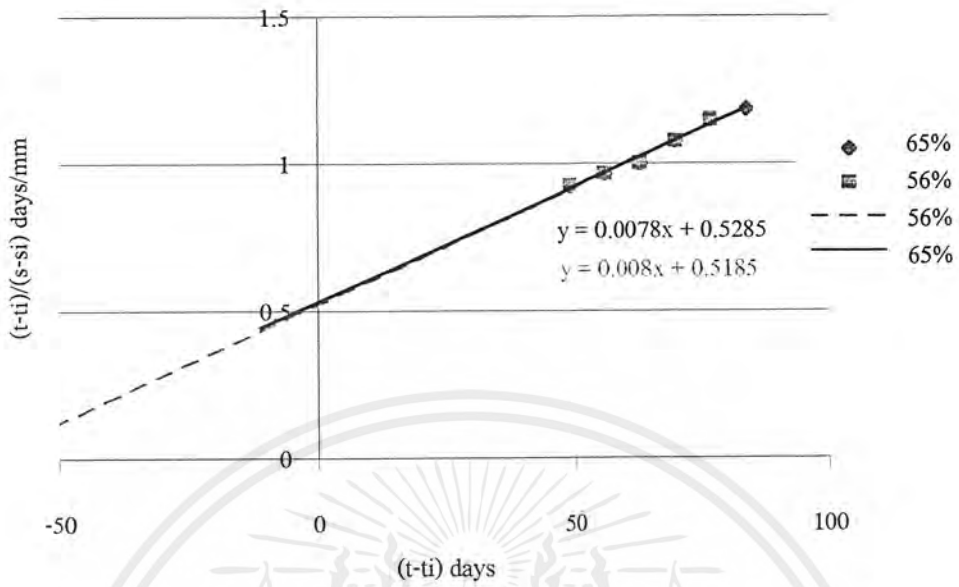
รูปที่ 3.2.3x กราฟการคำนวณหาค่าการทรุดตัวสุดท้าย โดยวิธีHyperbolicของจุดที่ 1 จากข้อมูลU90,85%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา 90 และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

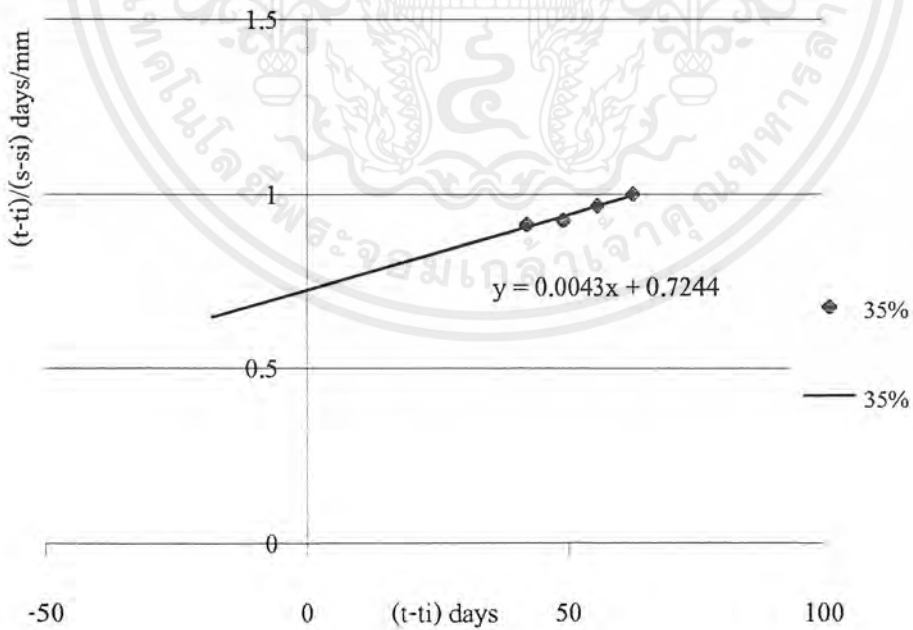


รูปที่ 3.2.4x กราฟการคำนวณหาค่าการทรุดตัวสุดท้าย โดยวิธีHyperbolicของจุดที่ 1 จากข้อมูล U 73%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.2.5 ข กราฟการคำนวณหาค่าการทรุดตัวสุดท้าย โดยวิธีHyperbolicของจุดที่ 1 จากข้อมูล U56,65%



รูปที่ 3.2.6 ข กราฟการคำนวณหาค่าการทรุดตัวสุดท้าย โดยวิธีHyperbolicของจุดที่ 1 จากข้อมูล U35%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.2.3ก แสดงผลโดยวิธี Asaoka ของจุดที่ 2

เวลา (วัน)	สมการเส้นตรง	Ch (ม. ² /ปี)	U (%)	p final (มม.)	% ต่างกับข้อมูลจริง
308	$Y = 0.8326X + 63.586$	2.08	98.23	379.8	0
176	$Y = 0.8119X + 70.372$	2.36	92.7	374.0	-1.53
127	$Y = 0.8011X + 73.848$	2.50	86.5	371.3	-2.24
108	$Y = 0.8057X + 72.389$	2.45	81	372.6	-1.90
93	$Y = 0.8172X + 68.77$	2.29	76.2	376.2	-0.95
80	$Y = 0.8455X + 59.896$	1.90	62	387.7	2.08
71	$Y = 0.8860X + 47.312$	1.37	46	415.0	9.27
62	$Y = 0.9349X + 33.222$	0.76	26	495.0	30.33

ตารางที่ 3.2.3ข แสดงผลโดยวิธี Hyperbolic ของจุดที่ 2

เวลา (วัน)	สมการเส้นตรง	Ch (ม. ² /ปี)	U (%)	p final (มม.)	% ต่างกับข้อมูลจริง
308	$Y = .0096x + .7113$	2.08	98.23	400.2	0
176	$Y = .0107x + .5807$	2.36	92.7	389.5	-2.67
127	$Y = .0131x + .3692$	2.50	86.5	372.3	-6.97
108	$Y = .01241x + .4197$	2.45	81	376.6	-5.90
93	$Y = .0109x + .5311$	2.29	76.2	387.7	-3.12
80	$Y = .0117x + .477$	1.90	62	381.5	-4.67
71	$Y = .01210x + .4487$	1.37	46	378.6	-5.40
62	$Y = .0029x + 1.6311$	0.76	26	640.8	60.12

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.2.4ก แสดงผลโดยวิธี Asaoka ของจุดที่ 3

เวลา (วัน)	สมการเส้นตรง	Ch (ม. ² /ปี)	U (%)	p final (มม.)	% ต่างกับข้อมูลจริง
308	$Y = 0.8256X + 63.358$	2.17	98.5	363.3	0
168	$Y = 0.8032X + 70.431$	2.48	92.8	357.9	-1.49
121	$Y = 0.8060X + 69.577$	2.44	84.5	358.6	-1.29
103	$Y = 0.8148X + 66.916$	2.32	77.8	361.3	-0.55
89	$Y = 0.8401X + 59.330$	1.97	67	371	2.12
77	$Y = 0.8915X + 44.058$	1.30	47	406.1	11.78
59	$Y = 0.9750X + 19.300$	0.29	10	772.0	112.50

ตารางที่ 3.2.4ข แสดงผลโดยวิธี Hyperbolic ของจุดที่ 3

เวลา (วัน)	สมการเส้นตรง	Ch (ม. ² /ปี)	U (%)	p final (มม.)	% ต่างกับข้อมูลจริง
308	$Y = .0103x + .6936$	2.17	98.5	381.1	0
168	$Y = .012x + .4925$	2.48	92.8	367.3	-3.62
121	$Y = .0124x + .4534$	2.44	84.5	364.6	-4.33
103	$Y = .0134x + .3758$	2.32	77.8	358.6	-5.90
89	$Y = .0139x + .3455$	1.97	67	355.9	-6.61
77	$Y = .0153x + .2475$	1.30	47	349.4	-8.32

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.2.5ก แสดงผลโดยวิธี Asaoka ของจุดที่ 4

เวลา (วัน)	สมการเส้นตรง	Ch (ม. ² /ปี)	U (%)	p final (มม.)	% ต่างกับข้อมูลจริง
407	$Y = 0.8203X + 46.137$	2.24	99.68	256.74	0
163	$Y = 0.7933X + 51.638$	2.62	93	249.8	-2.70
115	$Y = 0.7832X + 53.613$	2.77	87	247.3	-3.68
97	$Y = 0.7841X + 53.445$	2.76	82	247.6	-3.56
84	$Y = 0.7925X + 51.867$	2.63	75	249.9	-2.66
73	$Y = 0.8340X + 44.097$	2.06	61	265.7	3.49
63	$Y = 0.9035X + 27.541$	0.90	30	360.0	40.22

ตารางที่ 3.2.5ข แสดงผลโดยวิธี Hyperbolic ของจุดที่ 4

เวลา (วัน)	สมการเส้นตรง	Ch (ม. ² /ปี)	U (%)	p final (มม.)	% ต่างกับข้อมูลจริง
407	$Y = .103x + .5557$	2.24	99.68	270.1	0
163	$Y = .0106x + .5534$	2.62	93	267.3	-1.04
115	$Y = .0115x + .4852$	2.77	87	260	-3.74
97	$Y = .0116x + .4824$	2.76	82	259.2	-4.04
84	$Y = .0112x + .5076$	2.63	75	262.3	-2.89
73	$Y = .0092x + .611$	2.06	61	311.9	15.48
63	$Y = .0078x + .6772$	0.90	30	351.57	30.16

ตารางที่ 3.2.6ก แสดงผลโดยวิธี Asaoka ของจุดที่ 5

เวลา (วัน)	สมการเส้นตรง	Ch (ม. ² /ปี)	U (%)	p final (มม.)	% ต่างกับข้อมูลจริง
407	$Y = 0.8728X + 34.246$	1.54	98	269.23	0
188	$Y = 0.8435X + 40.139$	1.93	90	256.5	-4.73
137	$Y = 0.8185X + 44.971$	2.27	86	247.8	-7.96
104	$Y = 0.8040X + 47.697$	2.47	80	243.4	-9.59
91	$Y = 0.8065X + 47.246$	2.44	75.3	244.2	-9.30
69	$Y = 0.8113X + 46.380$	2.37	64.32	245.8	-8.70

ตารางที่ 3.2.6ข แสดงผลโดยวิธี Hyperbolic ของจุดที่ 5

เวลา (วัน)	สมการเส้นตรง	Ch (ม. ² /ปี)	U (%)	p final (มม.)	% ต่างกับข้อมูลจริง
407	$Y = .0074x + .8063$	1.54	98	299.1	0
188	$Y = .0083x + .7618$	1.93	90	284.5	-4.88
137	$Y = .0078x + .7789$	2.27	86	292.2	-2.31
104	$Y = .0073x + .7939$	2.47	80	301	0.64
91	$Y = .0084x + .7699$	2.44	75.3	283	-5.38
69	$Y = .014x + .6768$	2.37	64.32	235.4	-21.30

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.2.7ก แสดงผลโดยวิธี Asaoka ของจุดที่ 6

เวลา (วัน)	สมการเส้นตรง	Ch (ม. ² /ปี)	U (%)	p final (มม.)	% ต่างกับข้อมูลจริง
350	$Y = 0.8902X + 68.222$	1.32	94.54	621.33	0
277	$Y = 0.8965X + 65.521$	1.24	88.5	633.0	1.88
242	$Y = 0.8929X + 67.036$	1.28	86	625.9	0.74
205	$Y = 0.8831X + 71.037$	1.41	84	607.7	-2.19
177	$Y = 0.8762X + 73.782$	1.50	81.2	596.0	-4.08
154	$Y = 0.8702X + 76.071$	1.58	78.3	586.1	-5.67
117	$Y = 0.8616X + 79.228$	1.69	71.2	572.5	-7.86
102	$Y = 0.8501X + 83.371$	1.84	69.4	556.2	-10.48

ตารางที่ 3.2.7ข แสดงผลโดยวิธี Hyperbolic ของจุดที่ 6

เวลา (วัน)	สมการเส้นตรง	Ch (ม. ² /ปี)	U (%)	p final (มม.)	% ต่างกับข้อมูลจริง
350	$Y = .0023x + .3373$	1.32	94.54	739.8	0
277	$Y = .0021x + .3708$	1.24	88.5	781.2	5.60
242	$Y = .0022x + .3599$	1.28	86	759.5	2.66
205	$Y = .0022x + .3537$	1.41	84	759.5	2.66
177	$Y = .0021x + .368$	1.50	81.2	781.2	5.60
154	$Y = .0022x + .3569$	1.58	78.3	759.5	2.66
117	$Y = .0021x + .362$	1.69	71.2	739.8	0
102	$Y = .0014x + .4202$	1.84	69.4	831.3	12.37

ตารางที่ 3.2.8ก แสดงผลโดยวิธี Asaoka ของจุดที่ 7

เวลา (วัน)	สมการเส้นตรง	Ch (ม. ² /ปี)	U (%)	p final (มม.)	% ต่างกับข้อมูลจริง
251	$Y = 0.6055X + 138.80$	4.08	99.8	356.5	0
90	$Y = 0.6055X + 138.80$	5.68	96	351.8	-1.32
53	$Y = 0.5427X + 159.60$	6.93	90.1	349.0	-2.10
45	$Y = 0.5314X + 163.64$	7.16	86.9	349.2	-2.05
39	$Y = 0.5314X + 163.64$	7.16	83	349.2	-2.05
34	$Y = 0.5455X + 158.73$	6.87	77	349.2	-2.05
29	$Y = 0.5455X + 158.73$	6.87	71.5	349.2	-2.05
26	$Y = 0.5455X + 158.73$	6.87	67.5	349.2	-2.05

ตารางที่ 3.2.8ข แสดงผลโดยวิธี Hyperbolic ของจุดที่ 7

เวลา (วัน)	สมการเส้นตรง	Ch (ม. ² /ปี)	U (%)	p final (มม.)	% ต่างกับข้อมูลจริง
251	$Y = .0268x + .92$	4.08	99.8	362.3	0
90	$Y = .0285x + .8458$	5.68	96	360.1	-0.61
53	$Y = .0316x + .7605$	6.93	90.1	356.6	-1.57
45	$Y = .0308x + .7748$	7.16	86.9	357.5	-1.32
39	$Y = .0294x + .7973$	7.16	83	359	-0.91
34	$Y = .0283x + .8128$	6.87	77	360.3	-0.55
29	$Y = .0283x + .8128$	6.87	71.5	360.3	-0.55
26	$Y = .0223x + .8826$	6.87	67.5	369.8	2.07

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา 98 ละต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.2.9ก แสดงผลโดยวิธี Asaoka ของจุดที่ 8

เวลา (วัน)	สมการเส้นตรง	Ch (ม. ² /ปี)	U (%)	p final (มม.)	% แตกต่างเทียบกับข้อมูลจริง
251	$Y = 0.8092X + 62.866$	2.40	97.75	329.5	0
152	$Y = 0.8317X + 56.608$	2.09	86.5	336.4	2.09
144	$Y = 0.8382X + 54.830$	2.00	83.7	338.9	2.85
122	$Y = 0.8493X + 51.772$	1.85	76	343.5	4.25
105	$Y = 0.8618X + 48.316$	1.69	67.2	349.6	6.10
91	$Y = 0.8685X + 46.518$	1.60	60	353.8	7.37
80	$Y = 0.8685X + 46.518$	1.60	55.3	353.8	7.37
61	$Y = 0.8932X + 39.835$	1.28	39	373.0	13.20
53	$Y = 0.8932X + 39.835$	1.28	35	373.0	13.20

ตารางที่ 3.2.9ข แสดงผลโดยวิธี Hyperbolic ของจุดที่ 8

เวลา (วัน)	สมการเส้นตรง	Ch (ม. ² /ปี)	U (%)	p final (มม.)	% แตกต่างเทียบกับข้อมูลจริง
251	$Y = 0.0111x + 5124$	2.40	97.75	342.1	0
152	$Y = 0.0084x + 7473$	2.09	86.5	371	8.45
144	$Y = 0.0081x + 7688$	2.00	83.7	375.5	9.76
122	$Y = 0.0074x + 8142$	1.85	76	387.1	13.15
105	$Y = 0.0073x + 8196$	1.69	67.2	389	13.71
91	$Y = 0.0078x + 7951$	1.60	60	380.2	11.14
80	$Y = 0.0074x + 8145$	1.60	55.3	387.1	13.15
61	$Y = 0.0065x + 7707$	1.28	39	495.9	44.96

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาหรือข้อมูลจะต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.2.10ก แสดงผลโดยวิธี Asaoka ของจุดที่ 9

เวลา (วัน)	สมการเส้นตรง	Ch (ม. ² /ปี)	U (%)	p final (มม.)	% ต่างกับข้อมูลจริง
251	$Y = 0.8076X + 59.031$	2.42	97.8	306.81	0
151	$Y = 0.8158X + 56.818$	2.31	89	308.5	0.55
130	$Y = 0.8241X + 54.569$	2.37	85.7	310.2	1.10
111	$Y = 0.8259X + 54.089$	2.17	78	310.7	1.27
95	$Y = 0.8218X + 55.184$	2.22	73.6	309.7	0.94
72	$Y = 0.8504X + 47.709$	1.84	56.5	318.9	3.94
63	$Y = 0.8973X + 35.519$	1.23	38.6	345.9	12.74
55	$Y = 0.8973X + 35.519$	1.23	34.7	345.9	12.74

ตารางที่ 3.2.10ข แสดงผลโดยวิธี Hyperbolic ของจุดที่ 9

เวลา (วัน)	สมการเส้นตรง	Ch (ม. ² /ปี)	U (%)	p final (มม.)	% ต่างกับข้อมูลจริง
251	$Y = .0151x + .8074$	2.42	97.8	318.2	0
151	$Y = .0131x + .9789$	2.31	89	328.3	3.17
130	$Y = .0133x + .9658$	2.37	85.7	327.2	2.83
111	$Y = .0133x + .9654$	2.17	78	327.2	2.83
95	$Y = .0139x + .9321$	2.22	73.6	323.9	1.79
72	$Y = .0116x + 1.0387$	1.84	56.5	338.2	6.29
63	$Y = .0098x + 1.1183$	1.23	38.6	405.8	27.53
55	$Y = .0121x + 1.0202$	1.23	34.7	405.8	27.53

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อ 100 ละต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.2.11ก แสดงผลโดยวิธี Asaoka ของจุดที่ 10

เวลา (วัน)	สมการเส้นตรง	Ch (ม. ² /ปี)	U (%)	p final (มม.)	% แตกต่างเทียบกับข้อมูลจริง
317	$Y = 0.8306X + 57.102$	2.10	98.6	337.08	0
173	$Y = 0.8505X + 51.241$	1.83	86.5	342.8	1.70
164	$Y = 0.8577X + 49.117$	1.74	83.4	345.2	2.41
139	$Y = 0.8628X + 47.615$	1.67	77	347.1	2.97
120	$Y = 0.8872X + 40.447$	1.36	64.2	358.6	6.38
104	$Y = 0.9041X + 35.521$	1.14	52.7	370.4	9.88
91	$Y = 0.9041X + 35.521$	1.14	48	370.4	9.88
79	$Y = 0.9286X + 28.492$	0.84	34	399.1	18.40
60	$Y = 0.9628X + 18.913$	0.43	15	508.4	50.82

ตารางที่ 3.2.11ข แสดงผลโดยวิธี Hyperbolic ของจุดที่ 10

เวลา (วัน)	สมการเส้นตรง	Ch (ม. ² /ปี)	U (%)	p final (มม.)	% แตกต่างเทียบกับข้อมูลจริง
317	$Y = .0151x + .3972$	2.10	98.6	340.2	0
173	$Y = .00921x + 1.153$	1.83	86.5	387.5	13.90
164	$Y = .0086x + 1.2037$	1.74	83.4	373	9.64
139	$Y = .0067x + 1.3648$	1.67	77	400.6	17.75
120	$Y = .0054x + 1.4751$	1.36	64.2	443.5	30.36
104	$Y = .0057x + 1.4497$	1.14	52.7	414.8	21.93
91	$Y = .0056x + 1.4552$	1.14	48	412.9	21.37

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.2.12ก แสดงผลโดยวิธี Asaoka ของจุดที่ 11

เวลา (วัน)	สมการเส้นตรง	Ch (ม.^2/ปี)	U (%)	p final (มม.)	% แตกต่างเทียบกับข้อมูลจริง
317	$Y = 0.8145X + 58.583$	1.83	97.6	342.75	0
199	$Y = 0.8297X + 54.471$	2.12	93	319.9	-6.67
142	$Y = 0.8365X + 52.637$	2.02	84	321.9	-6.08
121	$Y = 0.8524X + 48.397$	1.81	75	327.9	-4.33
104	$Y = 0.8973X + 36.481$	1.23	55.3	355.2	3.63
90	$Y = 0.9460 + 23.657$	0.63	30	438.1	27.82
79	$Y = 0.9460 + 23.657$	0.63	27	438.1	27.82
60	$Y = 0.9738X + 16.633$	0.30	11	634.9	85.24
52	$Y = 0.9738X + 16.633$	0.30	9	634.9	85.24

ตารางที่ 3.2.12ข แสดงผลโดยวิธี Hyperbolic ของจุดที่ 11

เวลา (วัน)	สมการเส้นตรง	Ch (ม.^2/ปี)	U (%)	p final (มม.)	% แตกต่างเทียบกับข้อมูลจริง
317	$Y = .0145x + .2342$	1.83	97.6	317	0
199	$Y = .01321x + .4119$	2.12	93	323.8	2.15
142	$Y = .0122x + .5219$	2.02	84	330	4.10
121	$Y = .0122x + .528$	1.81	75	330	4.10
104	$Y = .0136x + .3978$	1.23	55.3	321.5	1.42

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ผลการทดลอง

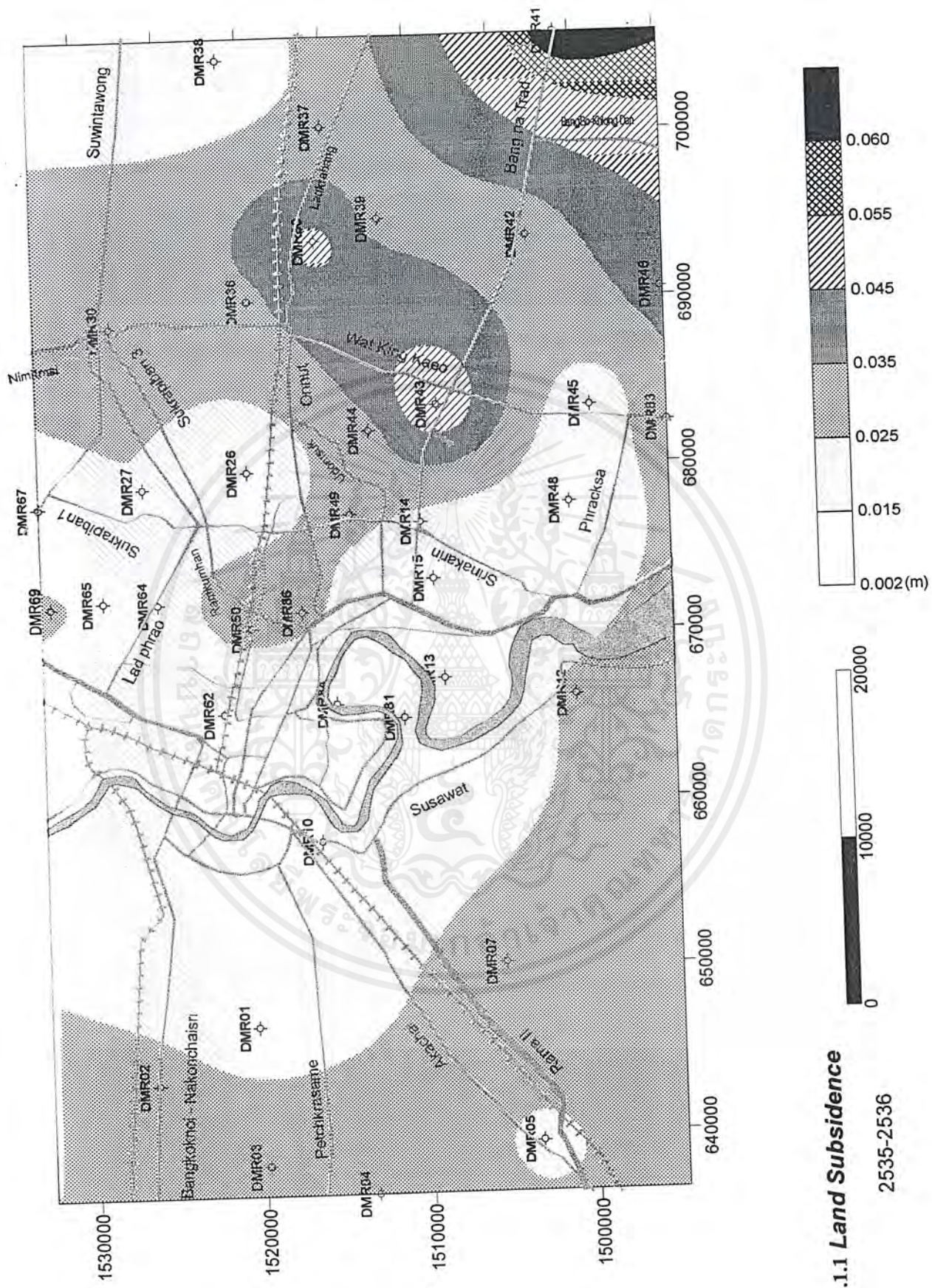
4.1 การทวัดตัวของดินในเขตกรุงเทพฯ

4.1.1 Contour Map

Contour Map คือแผนที่แสดงการทวัดตัวของดิน สำหรับกรุงเทพฯ จากข้อมูลการทวัดตัวของดินในกรุงเทพฯ เป็นระยะเวลา 6 ปี ตั้งแต่ปี 2535-2540 ซึ่งได้จากกรมทรัพยากรธรณีนั้น สามารถสร้างเป็นแผนที่แสดงการทวัดตัวของดิน สำหรับกรุงเทพฯ ได้จำนวน 7 ภาพด้วยกันคือ

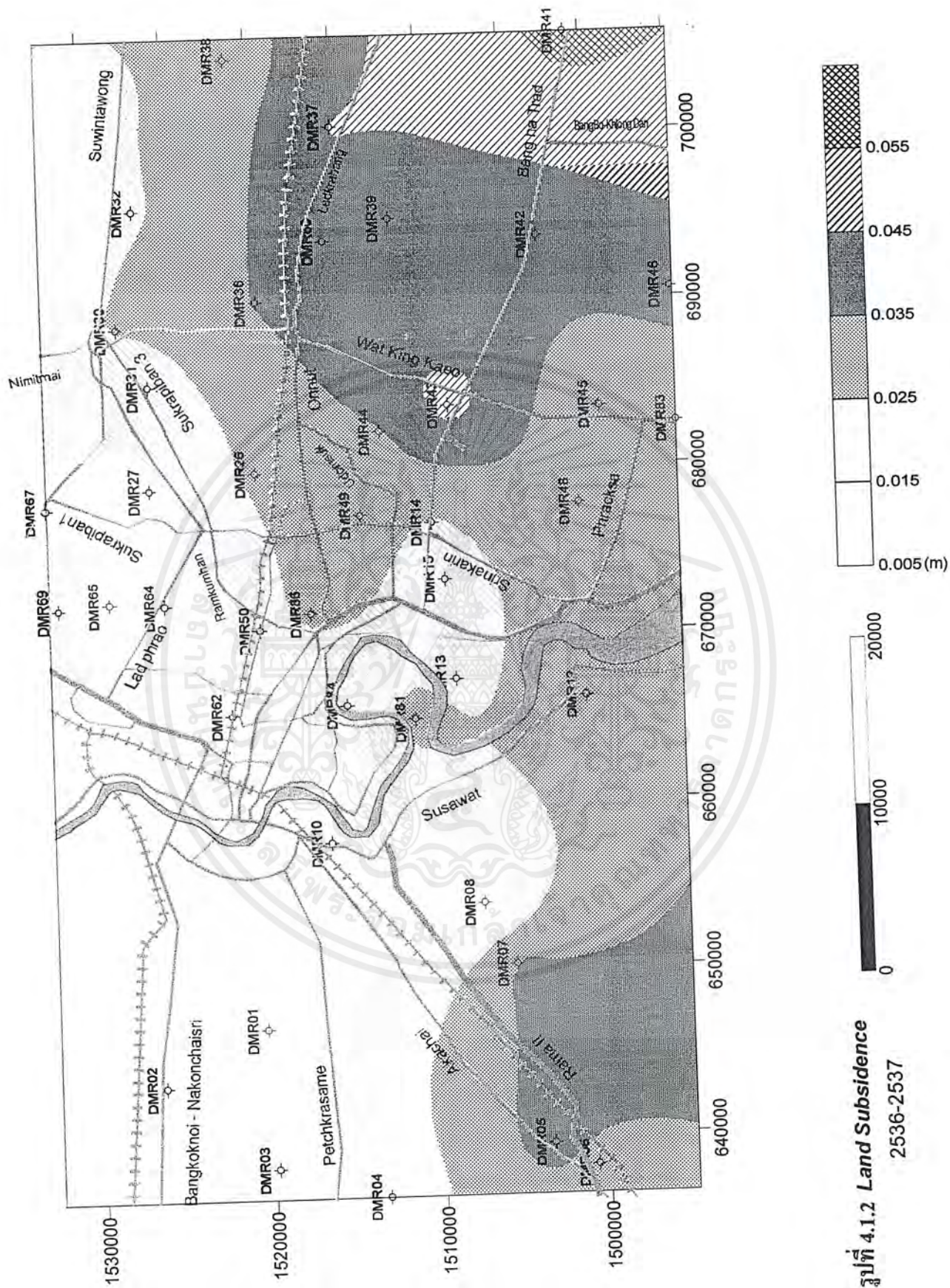
- Contour Map สำหรับปี 2535-2536
- Contour Map สำหรับปี 2536-2537
- Contour Map สำหรับปี 2537-2538
- Contour Map สำหรับปี 2538-2539
- Contour Map สำหรับปี 2539-2540
- Contour Map สำหรับปี 2537-2540
- Contour Map สำหรับปี 2535-2540

ผลที่ได้เป็นดังต่อไปนี้



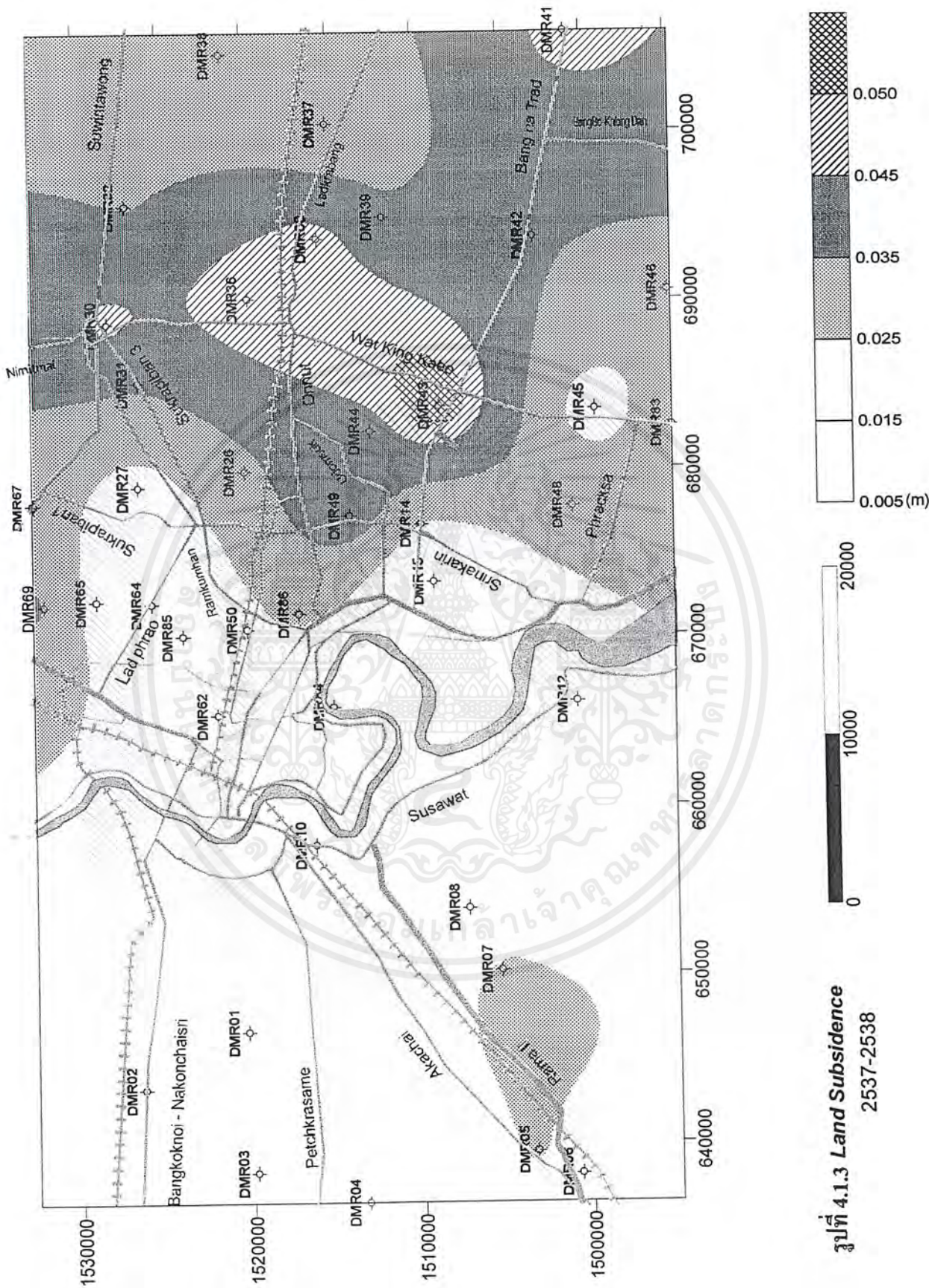
รูปที่ 4.1.1 Land Subsidence
2535-2536

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



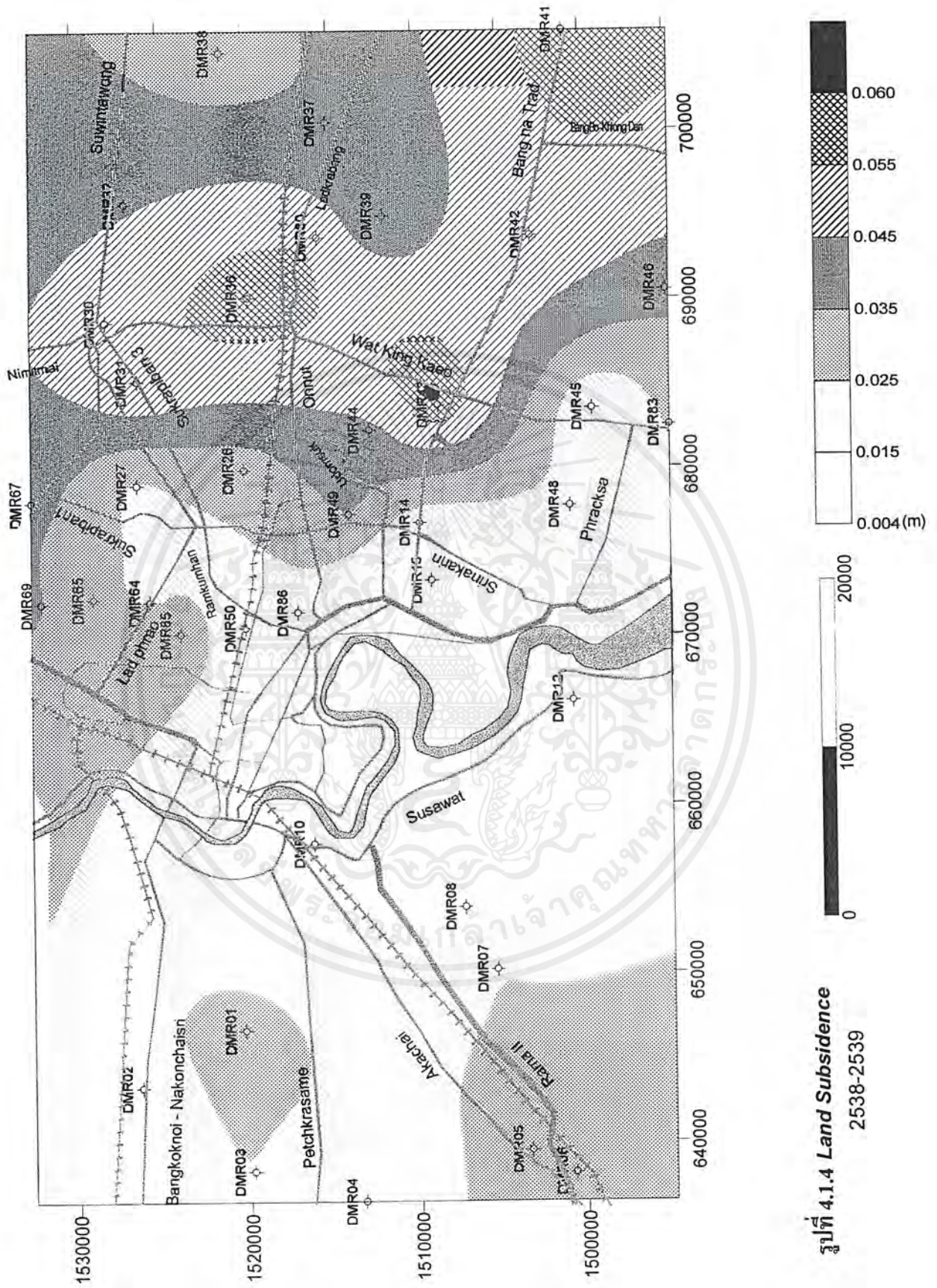
รูปที่ 4.1.2 Land Subsidence
2536-2537

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาสาระต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

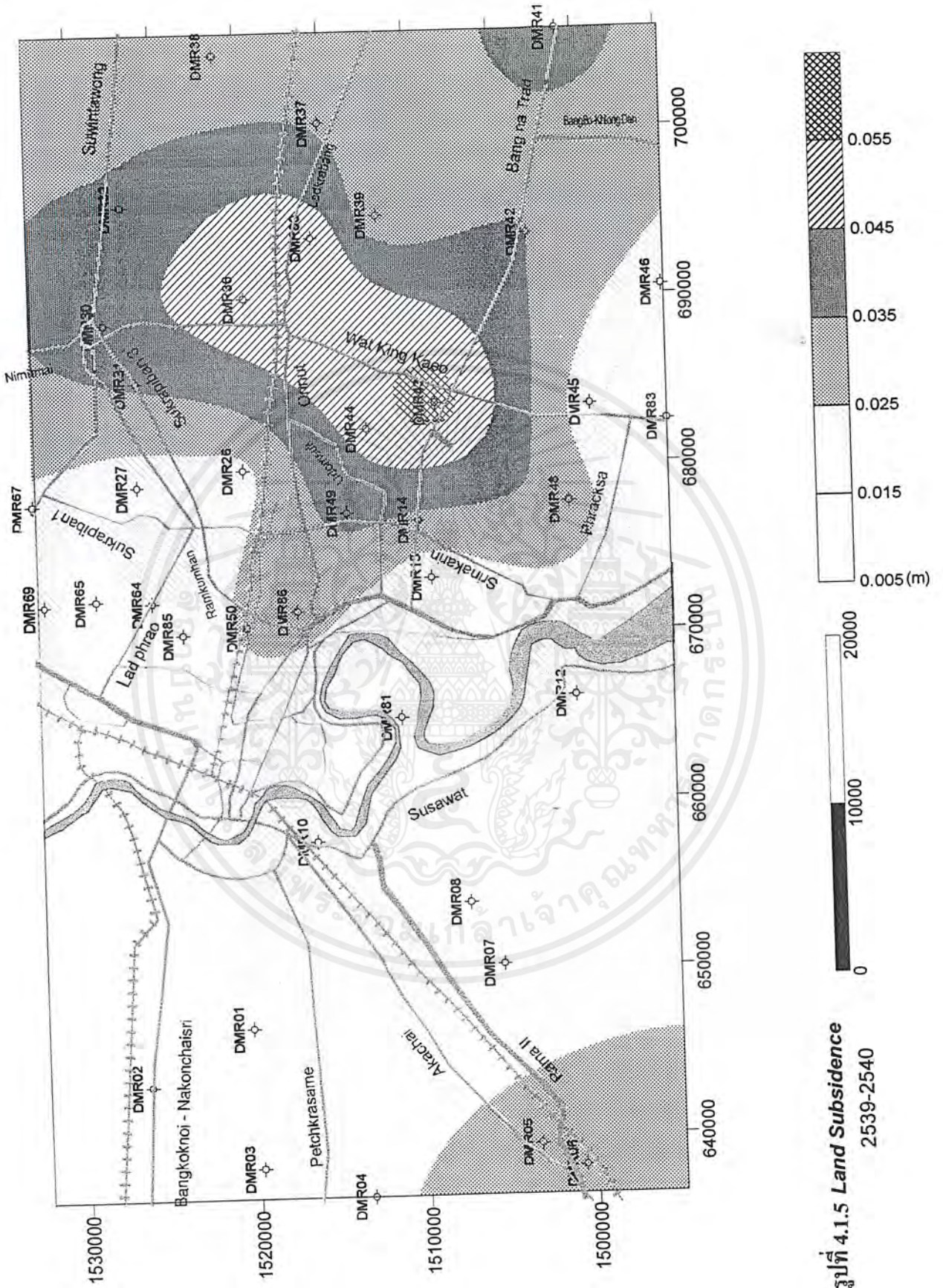


รูปที่ 4.1.3 Land Subsidence
2537-2538

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

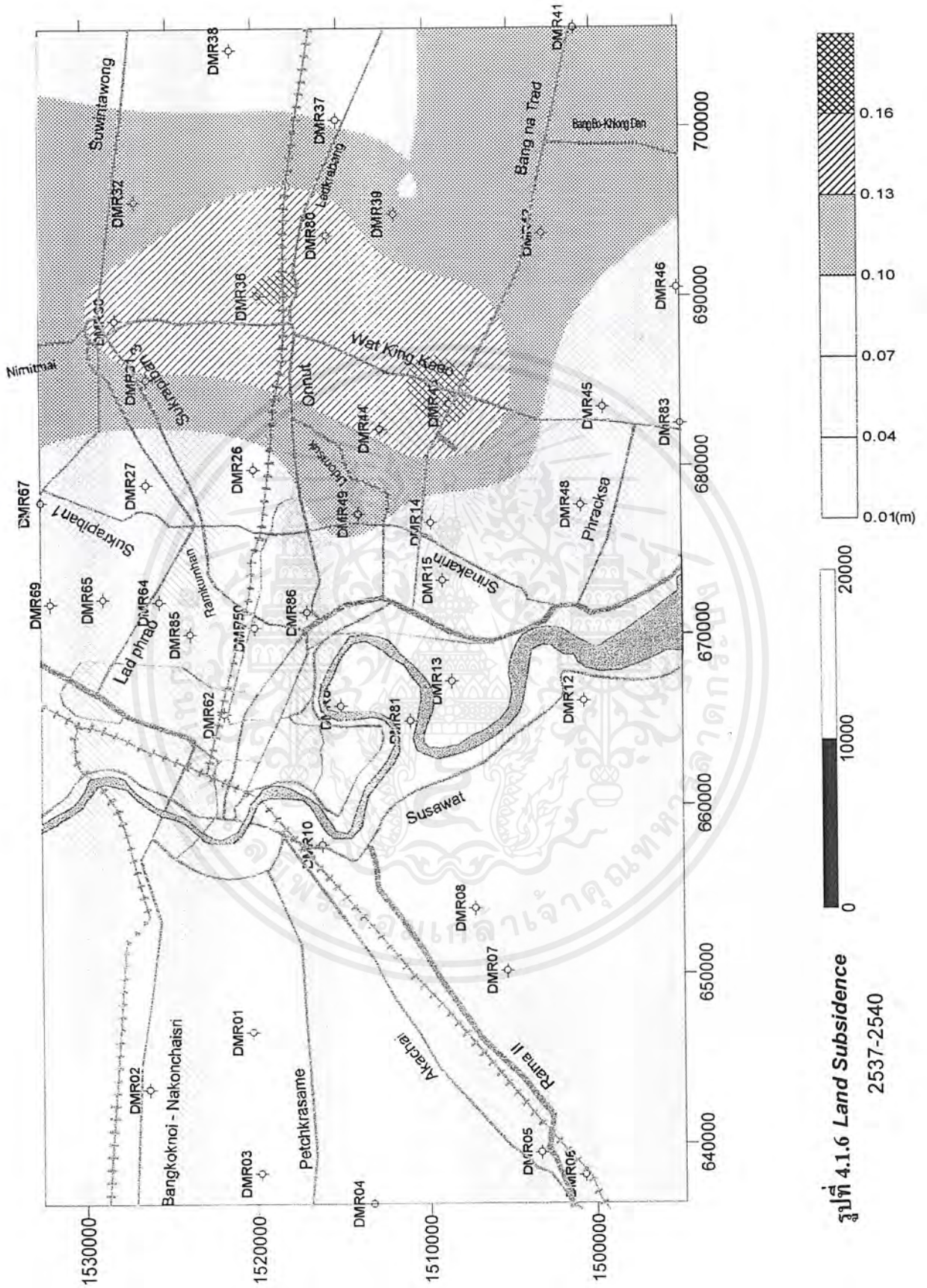


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



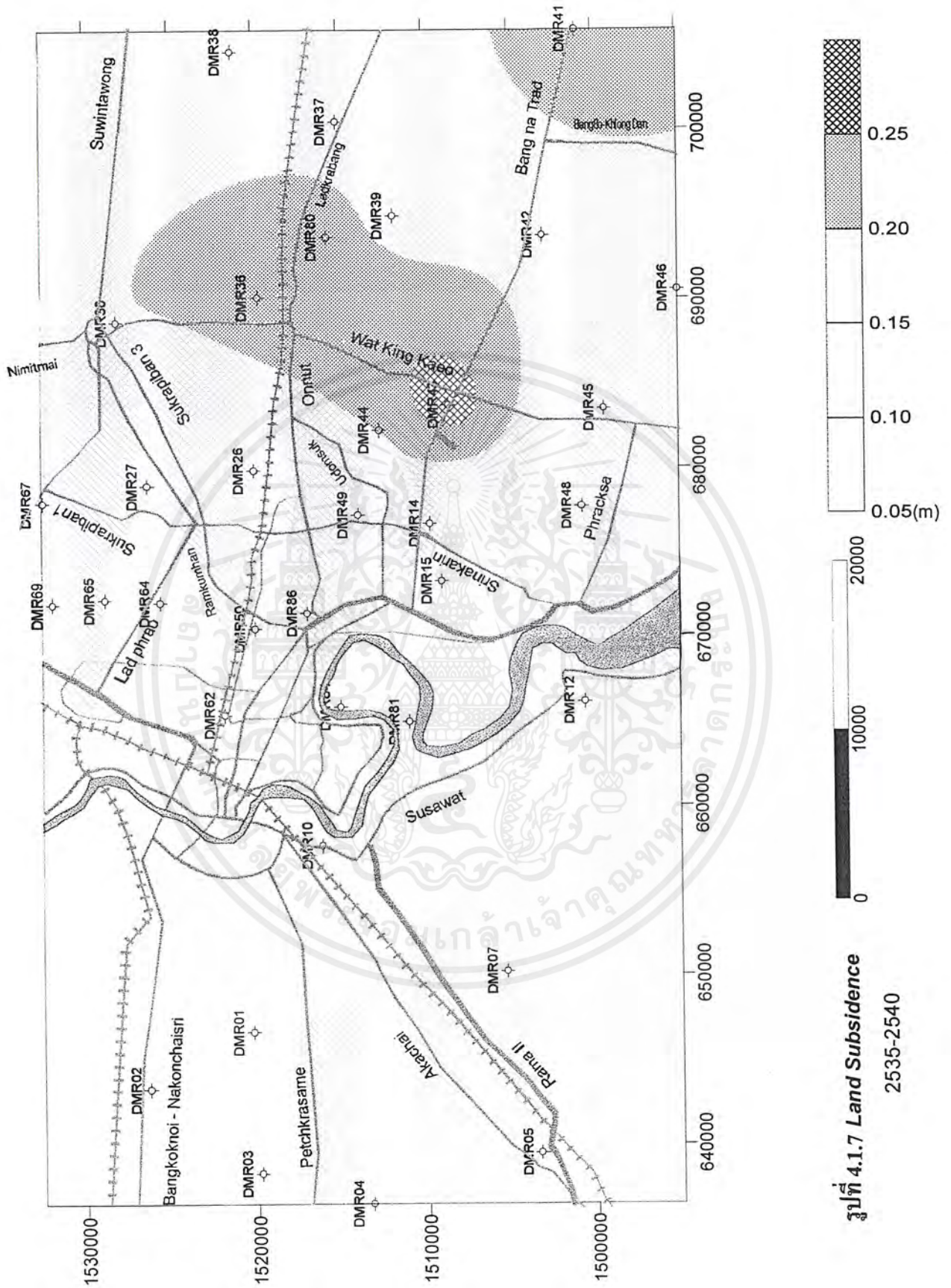
รูปที่ 4.1.5 Land Subsidence 2539-2540

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาละต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



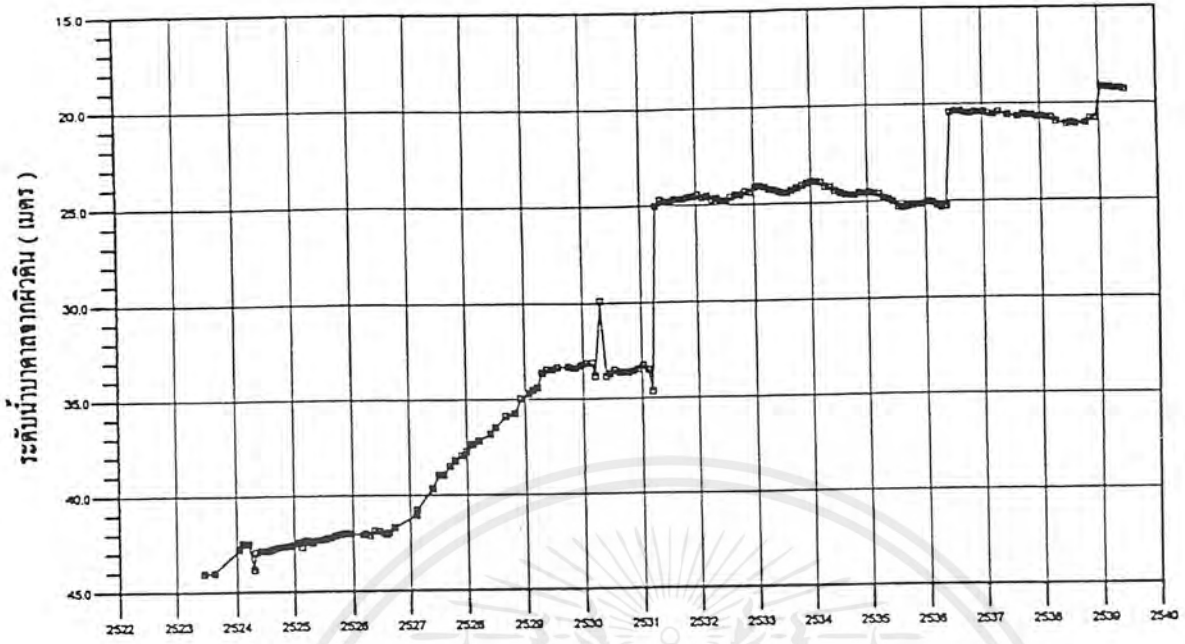
รูปที่ 4.1.6 Land Subsidence
2537-2540

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

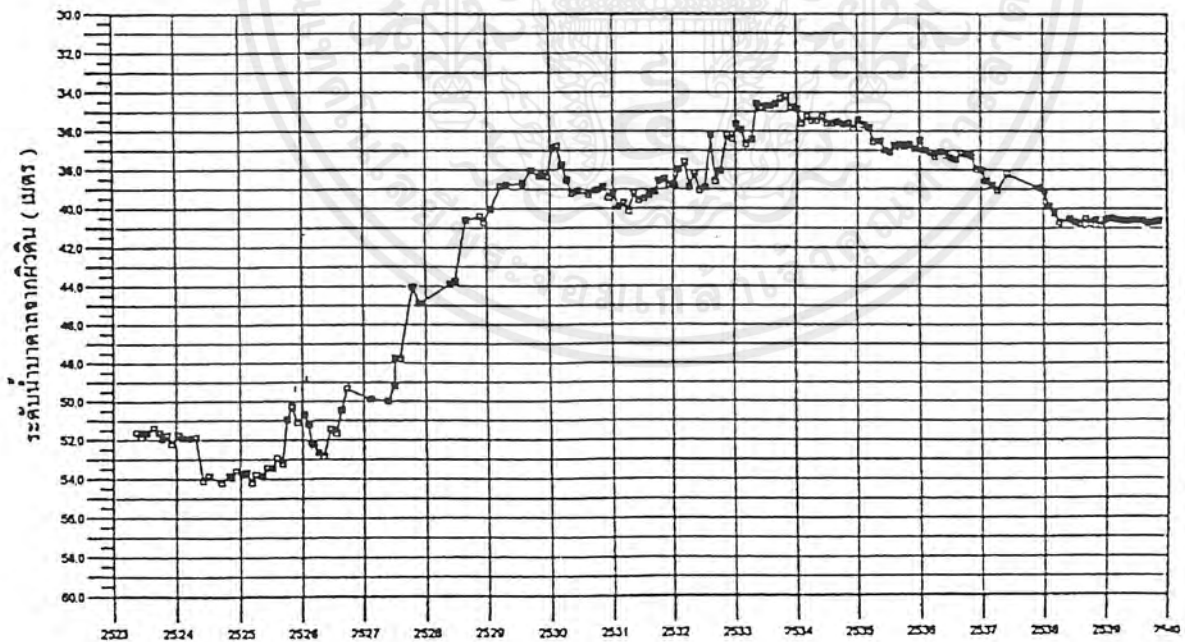


รูปที่ 4.1.7 Land Subsidence
2535-2540

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาละต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

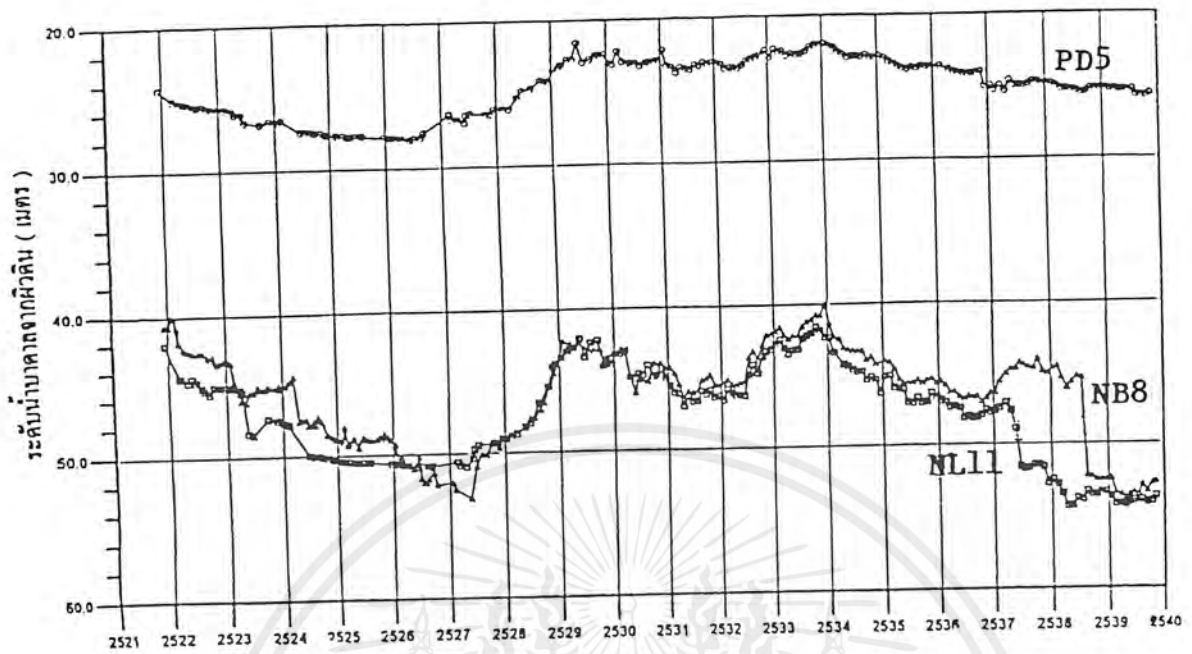


รูปที่ 4.1.8 ระดับน้ำบาดาลในบ่อสังเกตการณ์ชั้นน้ำนครหลวง บริเวณท้องฟ้าจำลอง พระโขนง (กรมทรัพยากรธรณี)

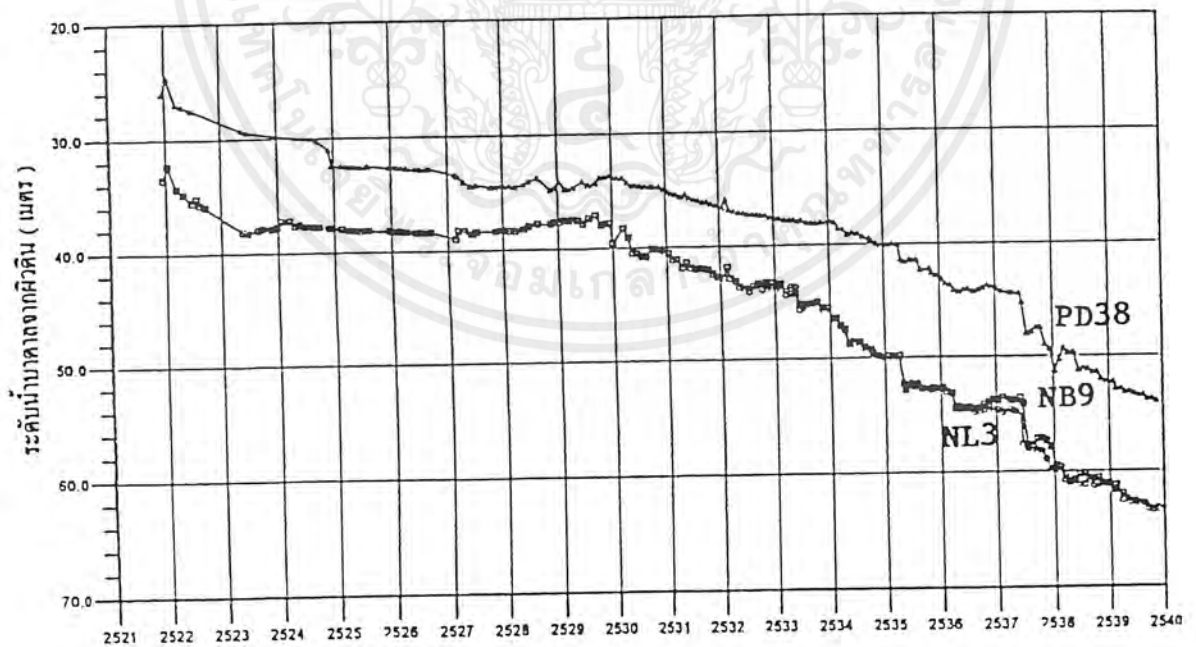


รูปที่ 4.1.9 ระดับน้ำบาดาลในบ่อสังเกตการณ์ชั้นน้ำนครหลวง บริเวณวัดกุนนที ห้วยขวาง (กรมทรัพยากรธรณี)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

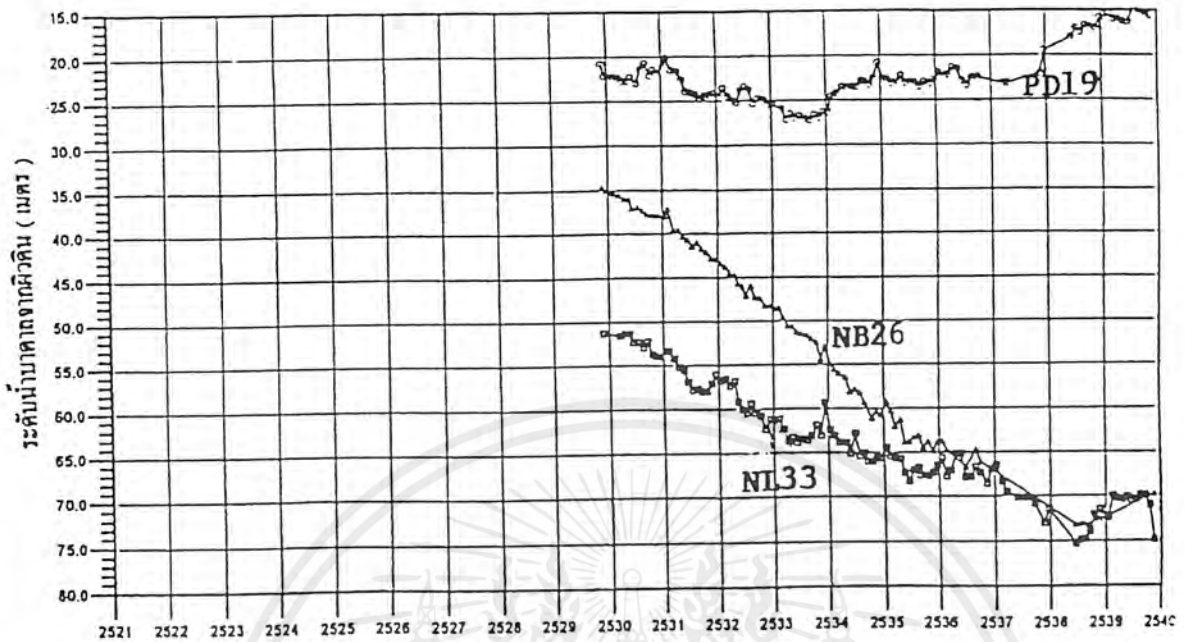


รูปที่ 4.1.10 ระดับน้ำบาดาลในบ่อสังเกตการณ์ชั้นน้ำพระประแดง (PD5) นครหลวง (NL11) และนนทบุรี (NB8) บริเวณสนามกอล์ฟหัวหมาก (กรมทรัพยากรธรณี)

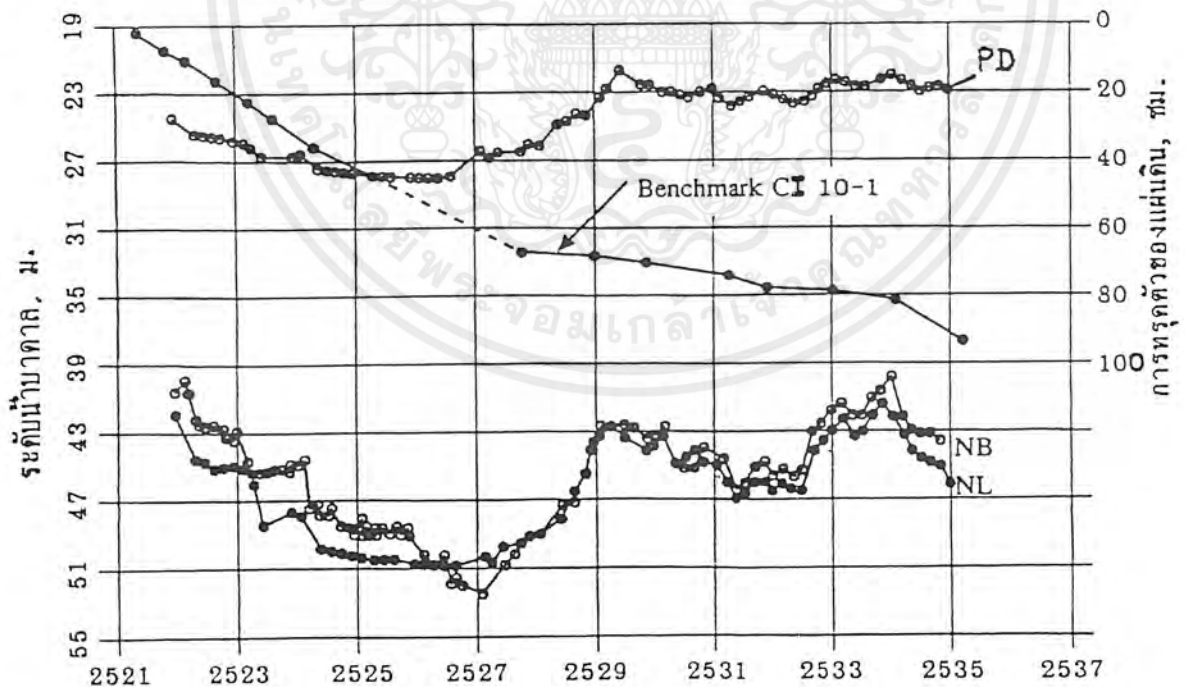


รูปที่ 4.1.11 ระดับน้ำบาดาลในบ่อสังเกตการณ์ชั้นน้ำพระประแดง (PD38) นครหลวง (NL3) และนนทบุรี (NB9) บริเวณวัดหัวคู่นาราม บางพลี (กรมทรัพยากรธรณี)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาหรือข้อมูลต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.1.12 ระดับน้ำบาดาลในบ่อสังเกตการณ์ชั้นน้ำพระประแดง (PD19) นครหลวง (NL33) และ นนทบุรี (NB26) บริเวณศาลากลางจังหวัดสมุทรสาคร (กรมทรัพยากรธรณี)



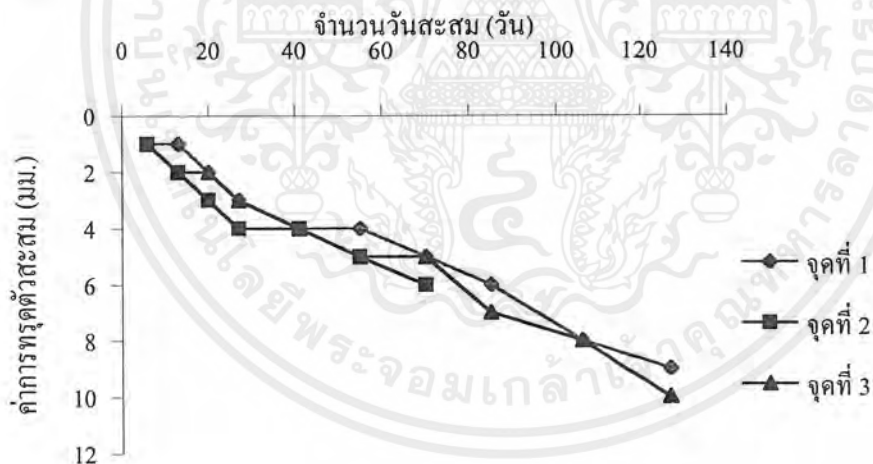
รูปที่ 4.1.13 การทรุดตัวของพื้นดินในบริเวณมหาวิทยาลัยรามคำแหง และระดับน้ำบาดาลบริเวณ สนามกอล์ฟหัวหมาก (กรมทรัพยากรธรณี)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.2 ผลการทำ Case Study

ตารางที่ 4.1.1 แสดงค่าการทรุดตัวของผิวดินบริเวณข้าง ห้องปฏิบัติการของคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ KMITL

ครั้งที่	วัน/เดือน/ปี ที่ทำการวัด	จำนวนวันสะสม (วัน)	ค่าการทรุดตัวของผิวดินสะสม (มม.)		
			จุดที่ 1	จุดที่ 2	จุดที่ 3
1	5/11/41	0	0	0	0
2	11/11/41	6	1	1	1
3	18/11/41	13	1	2	2
4	25/11/41	20	2	3	2
5	2/12/41	27	3	4	3
6	16/12/41	41	4	4	4
7	30/12/41	55	4	5	5
8	14/1/42	70	5	6	5
9	29/1/42	85	6		7
10	19/2/41	106	8		8
11	12/3/42	127	9		10



รูปที่ 4.1.14 แสดงค่าระดับการทรุดตัวของผิวดินบริเวณข้าง ห้องปฏิบัติการของคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ KMITL

คำนวณหาค่าเฉลี่ยการทรุดตัว (มม. /ปี)บริเวณผิวดินจากการทดลอง

จุดที่ 1 จะมีค่าเฉลี่ยการทรุดตัวประมาณ 26 มม. /ปี

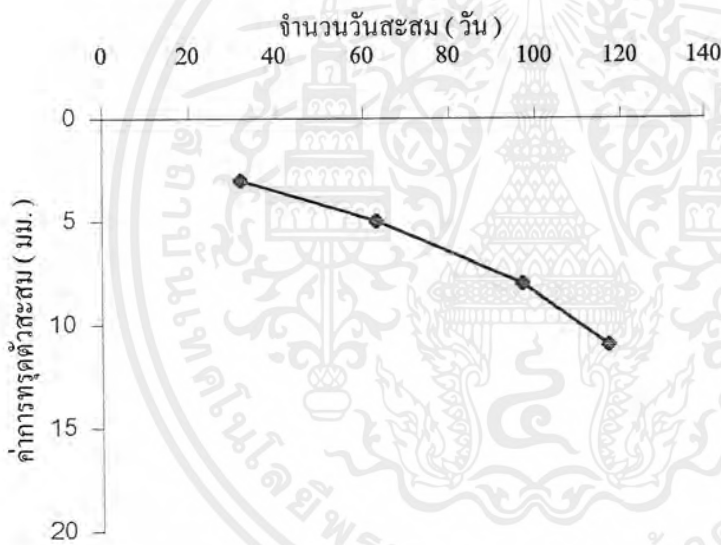
จุดที่ 2 จะมีค่าเฉลี่ยการทรุดตัวประมาณ 31 มม. /ปี

จุดที่ 3 จะมีค่าเฉลี่ยการทรุดตัวประมาณ 28 มม. /ปี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.1.2 แสดงค่าการทรุดตัวของผิวดินบริเวณข้างตึก 12 ชั้น

ครั้งที่	วัน/เดือน/ปี ที่ทำการวัด	จำนวนวันสะสม (วัน)	ค่าการทรุดตัวของผิวดิน สะสม (มม.)
1	19/11/41	0	0
2	21/12/41	32	3
3	22/1/42	63	5
4	24/2/42	97	8
5	16/3/42	117	11



รูปที่ 4.1.15 แสดงค่าระดับการทรุดตัวของผิวดินบริเวณข้างตึก 12 ชั้น

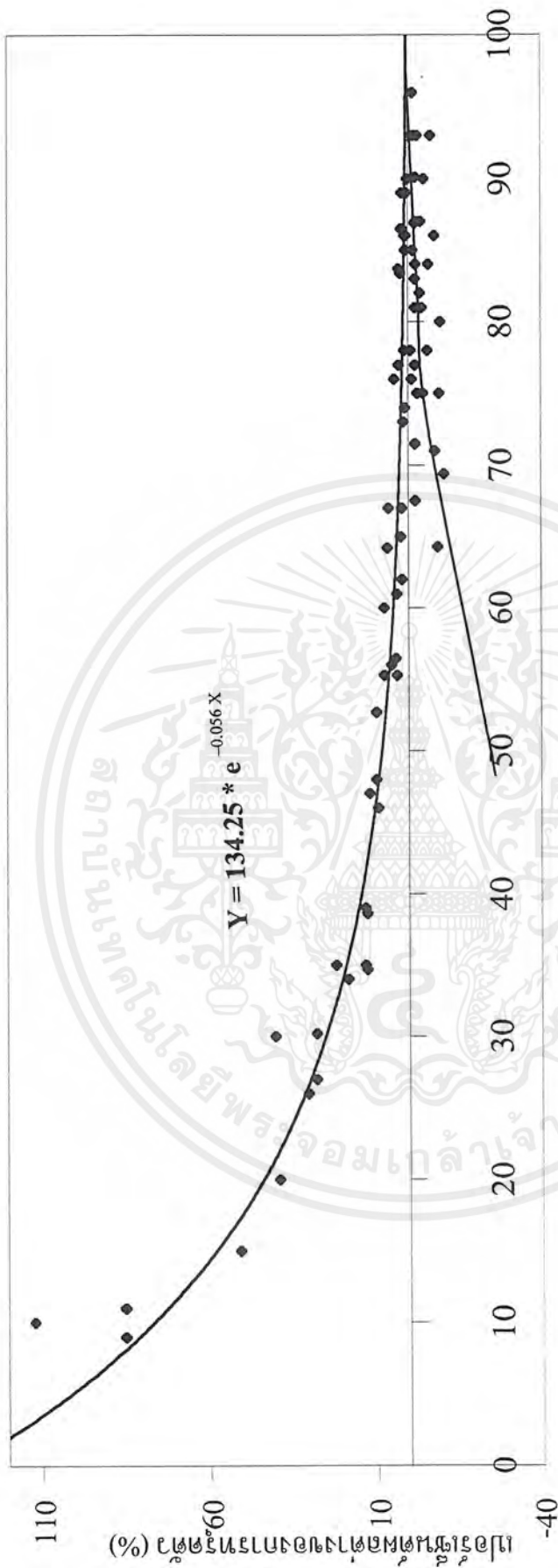
คำนวณหาค่าเฉลี่ยการทรุดตัว (มม. / ปี) บริเวณผิวดินที่ทำการทดลอง โดยจะมีค่าเฉลี่ยการทรุดตัวประมาณ 34 มม./ปี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.2.1 แสดงเปอร์เซ็นต์ผลต่างค่าการทดสอบตัวที่ค่า U ต่าง ๆ เปรียบเทียบกับข้อมูลทั้งหมด
โดยวิธี Asaoka

จุดที่ 1	U %	98.90	90.00	85.00	73.00	65.00	56.00	35.00	20.00	
	p	392.50	393.20	396.20	398.40	402.20	412.90	478.60	545.70	
	%p		0.18	0.94	1.50	2.47	5.20	21.94	39.03	
จุดที่ 2	U%	98.23	93.00	87.00	81.00	76.00	62.00	46.00	26.00	
	p	379.80	374.00	371.30	372.60	376.20	387.70	415.00	495.00	
	%p		-1.53	-2.24	-1.90	-0.95	2.08	9.27	30.33	
จุดที่ 3	U%	98.50	93.00	85.00	78.00	67.00	47.00	10.00		
	p	363.30	357.90	358.64	361.30	371.00	406.10	772.00		
	%p		-1.49	-1.28	-0.55	2.12	11.78	112.50		
จุดที่ 4	U%	99.70	93.00	87.00	82.00	75.00	61.00	30.00		
	p	256.70	249.80	247.30	247.60	250.00	265.70	360.00		
	%p		-2.69	-3.66	-3.54	-2.61	3.51	40.24		
จุดที่ 5	U%	98.00	90.00	86.00	80.00	75.00	64.30			
	p	269.20	256.50	247.80	243.40	244.20	245.80			
	%p		-4.72	-7.95	-9.58	-9.29	-8.69			
จุดที่ 6	U%	95.00	89.00	86.00	84.00	81.00	78.00	71.00	69.40	
	p	621.30	633.00	626.00	608.00	596.00	586.00	572.00	556.20	
	%p		1.88	0.76	-2.14	-4.07	-5.68	-7.93	-10.48	
จุดที่ 7	U%	99.80	96.00	90.10	86.90	83.00	77.00	71.50	67.50	
	p	356.50	351.84	349.00	349.20	349.20	349.20	349.20	349.20	
	%p		-1.31	-2.10	-2.05	-2.05	-2.05	-2.05	-2.05	
จุดที่ 8	U%	97.80	86.50	83.70	76.00	67.00	60.00	55.30	39.00	35.00
	p	329.50	336.40	338.90	343.50	349.60	353.80	353.80	373.00	373.00
	%p		2.09	2.85	4.25	6.10	7.37	7.37	13.20	13.20
จุดที่ 9	U%	97.80	89.00	86.00	78.00	74.00	56.50	38.60	34.70	
	p	306.81	308.46	310.23	310.68	310.00	319.00	345.90	345.90	
	%p		0.54	1.11	1.26	1.04	3.97	12.74	12.74	
จุดที่ 10	U%	98.60	86.50	83.40	77.00	64.20	52.70	48.00	34.00	15.00
	p	337.10	342.80	345.20	347.10	358.60	370.40	370.40	399.10	508.40
	%p		1.69	2.40	2.97	6.38	9.88	9.88	18.39	50.82
จุดที่ 11	U%	97.60	93.00	84.00	75.00	55.30	30.20	27.00	11.00	9.00
	p	342.80	319.90	321.90	327.90	355.20	438.10	438.10	634.90	634.90
	%p		-6.68	-6.10	-4.35	3.62	27.80	27.80	85.21	85.21

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



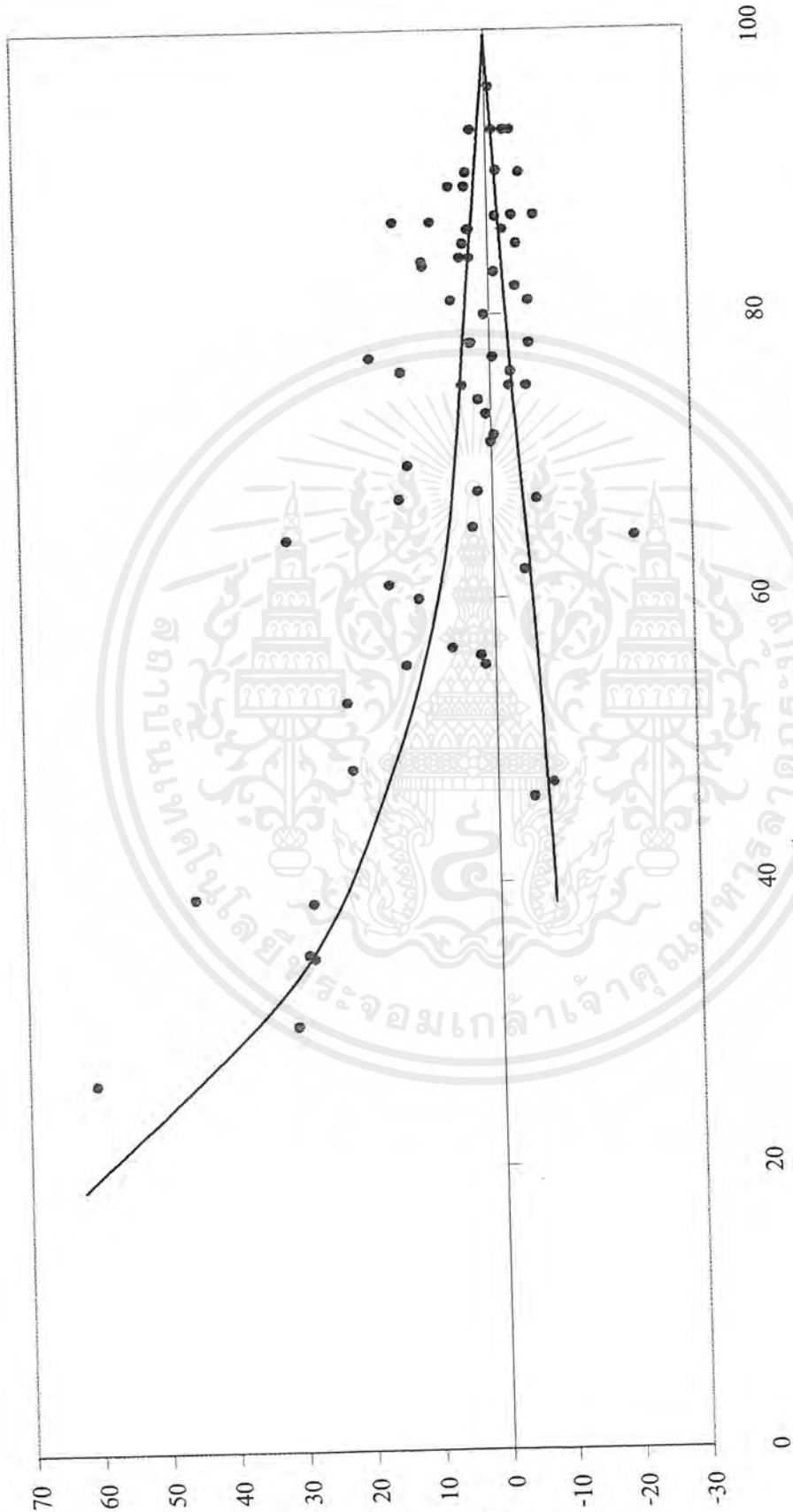
รูปที่ 4.2.1 กราฟแสดงเปอร์เซ็นต์ผลต่างการดูดซับที่ P (%) ต่าง ๆ เปรียบเทียบกับข้อมูลทั้งหมดโดยวิธี Asaoka

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.2.2 แสดงเปอร์เซ็นต์ผลต่างค่าการทรุดตัวที่ค่า U ต่าง ๆ เปรียบเทียบกับข้อมูลทั้งหมด โดยวิธีของ Hyperbolic

จุดที่ 1	U %	98.90	90.00	85.00	73.00	65.00	56.00	35.00	
	p	410.30	422.20	425.60	413.00	422.20	419.00	526.60	
	%p		2.90	3.59	0.66	2.90	2.12	28.35	
จุดที่ 2	U%	98.23	93.00	87.00	81.00	76.00	62.00	46.00	26.00
	p	400.20	389.50	372.30	376.60	387.70	381.50	378.60	640.80
	%p		-2.67	-6.97	-5.90	-3.12	-4.67	-5.40	60.12
จุดที่ 3	U%	98.50	93.00	85.00	78.00	67.00	47.00		
	p	381.10	367.30	364.60	358.60	355.90	349.40		
	%p		-3.62	-4.33	-5.90	-6.61	-8.32		
จุดที่ 4	U%	99.70	93.00	87.00	82.00	75.00	61.00	30.00	
	p	270.10	267.30	260.00	259.20	262.30	311.90	351.57	
	%p		-1.04	-3.74	-4.04	-2.89	15.48	30.16	
จุดที่ 5	U%	98.00	90.00	86.00	80.00	75.00	64.30		
	p	299.10	284.50	292.20	301.00	283.00	235.40		
	%p		-4.88	-2.31	0.64	-5.38	-21.30		
จุดที่ 6	U%	95.00	89.00	86.00	84.00	81.00	78.00	71.00	69.40
	p	739.80	781.20	759.50	759.50	781.20	759.50	739.80	831.30
	%p		5.60	2.66	2.66	5.60	2.66	0.00	12.37
จุดที่ 7	U%	99.80	96.00	90.10	86.90	83.00	77.00	71.50	67.50
	p	362.30	360.10	356.60	357.50	359.00	360.30	360.30	369.80
	%p		-0.61	-1.57	-1.32	-0.91	-0.55	-0.55	2.07
จุดที่ 8	U%	97.80	86.50	83.70	76.00	67.00	60.00	55.30	39.00
	p	342.10	371.00	375.50	387.10	389.00	380.20	387.10	495.90
	%p		8.45	9.76	13.15	13.71	11.14	13.15	44.96
จุดที่ 9	U%	97.80	89.00	86.00	78.00	74.00	56.50	38.60	34.70
	p	318.20	328.30	327.20	327.20	323.90	338.20	405.80	405.80
	%p		3.17	2.83	2.83	1.79	6.29	27.53	27.53
จุดที่ 10	U%	98.60	86.50	83.40	77.00	64.20	52.70	48.00	
	p	340.20	387.50	373.00	400.60	443.50	414.80	412.90	
	%p		13.90	9.64	17.75	30.36	21.93	21.37	
จุดที่ 11	U%	97.60	93.00	84.00	75.00	55.30			
	p	317.00	323.80	330.00	330.00	321.50			
	%p		2.15	4.10	4.10	1.42			

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.2.2 กราฟแสดงเปอร์เซ็นต์ของผลต่างค่าการทรุดตัวที่ P (%) ต่าง ๆ เปรียบเทียบกับข้อมูลทั้งหมดโดยวิธี Hyperbolic ระดับขั้นการยุบตัวของดิน (%)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่ส (%) ผู้ดูแลระบบเอกสารนี้ขอสงวนสิทธิ์ใน ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.2.3 แสดงค่าเปอร์เซ็นต์แตกต่างของการคาดคะเนการทดสอบด้วยวิธี Asaoka และ Hyperbolic

จุดที่ 1	U%	98.90	90.00	85.00	73.00	65.00	56.00	35.00
	P(Asaoka)	392.50	393.20	396.20	398.40	402.20	412.90	478.60
	P(Hyperbolic)	410.30	422.20	425.60	413.00	422.20	419.00	526.60
	% diff (P)	4.54	7.38	7.42	3.66	4.97	1.48	10.03
	U%	98.23	93.00	87.00	81.00	76.00	62.00	46.00
	P(Asaoka)	379.80	374.00	371.30	372.60	376.20	387.70	415.00
จุดที่ 2	P(Hyperbolic)	400.20	389.50	372.30	376.60	387.70	381.50	378.60
	% diff (P)	5.37	4.14	0.27	1.07	3.06	-1.60	-8.77
	U%	98.50	93.00	85.00	78.00	67.00	47.00	10.00
	P(Asaoka)	363.30	357.90	358.64	361.30	371.00	406.10	772.00
จุดที่ 3	P(Hyperbolic)	381.10	367.30	364.60	358.60	355.90	349.40	-
	% diff (P)	4.90	2.63	1.66	-0.75	-4.07	-13.96	-
	U%	99.70	93.00	87.00	82.00	75.00	61.00	30.00
	P(Asaoka)	256.70	249.80	247.30	247.60	250.00	265.70	360.00
จุดที่ 4	P(Hyperbolic)	270.10	267.30	260.00	259.20	262.30	311.90	351.57
	% diff (P)	5.22	7.01	5.14	4.68	4.92	17.39	-2.34

หมายเหตุ : ค่าเปอร์เซ็นต์แตกต่างที่ออกมาเป็นลบแสดงว่าการคาดคะเนโดยวิธี Asaoka จะ ได้ต่ำกว่าค่าวิธี Hyperbolic

ตารางที่ 4.2.3 (ต่อ) แสดงค่าเปอร์เซ็นต์แตกต่างกันของการคาดคะเนการทดสอบด้วยวิธี Asaoka และ Hyperbolic

จุดที่ 5	U%	98.00	90.00	86.00	80.00	75.00	64.30		
	P(Asaoka)	269.20	256.50	247.80	243.40	244.20	245.80		
	P(Hyperbolic)	299.10	284.50	292.20	301.00	283.00	235.40		
	% diff (P)	11.11	10.92	17.92	23.66	15.89	-4.23		
จุดที่ 6	U%	95.00	89.00	86.00	84.00	81.00	78.00	71.00	69.40
	P(Asaoka)	621.30	633.00	626.00	608.00	596.00	586.00	572.00	556.20
	P(Hyperbolic)	739.80	781.20	759.50	759.50	781.20	759.50	739.80	831.30
	% diff (P)	19.07	23.41	21.33	24.92	31.07	29.61	29.34	49.46
จุดที่ 7	U%	99.80	96.00	90.10	86.90	83.00	77.00	71.50	67.50
	P(Asaoka)	356.50	351.84	349.00	349.20	349.20	349.20	349.20	349.20
	P(Hyperbolic)	362.30	360.10	356.60	357.50	359.00	360.30	360.30	369.80
	% diff (P)	1.63	2.35	2.18	2.38	2.81	3.18	3.18	5.90
จุดที่ 8	U%	97.80	86.50	83.70	76.00	67.00	60.00	55.30	39.00
	P(Asaoka)	329.50	336.40	338.90	343.50	349.60	353.80	353.80	373.00
	P(Hyperbolic)	342.10	371.00	375.50	387.10	389.00	380.20	387.10	495.90
	% diff (P)	3.82	10.29	10.80	12.69	11.27	7.46	9.41	32.95

หมายเหตุ : ค่าเปอร์เซ็นต์แตกต่างกันที่ออกมาเป็นลบแสดงว่าการคาดคะเนโดยวิธี Asaoka จะได้ค่ามากกว่าวิธี Hyperbolic

ตารางที่ 4.2.3 (ต่อ) แสดงค่าเปอร์เซ็นต์แตกต่างของการคาดคะเนการทดสอบที่ขั้วของ Asaoka และ Hyperbolic

จุดที่ 9	U%	97.80	89.00	86.00	78.00	74.00	56.50	38.60	34.70
	P(Asaoka)	306.81	308.46	310.23	310.68	310.00	319.00	345.90	345.90
	P(Hyperbolic)	318.20	328.30	327.20	327.20	323.90	338.20	405.80	405.80
	% diff (P)	3.71	6.43	5.47	5.32	4.48	6.02	17.32	17.32
จุดที่ 10	U%	98.60	86.50	83.40	77.00	64.20	52.70	48.00	15.00
	P(Asaoka)	337.10	342.80	345.20	347.10	358.60	370.40	370.40	399.10
	P(Hyperbolic)	340.20	387.50	373.00	400.60	443.50	414.80	412.90	-
	% diff (P)	0.92	13.04	8.05	15.41	23.68	11.99	11.47	-
จุดที่ 11	U%	97.60	93.00	84.00	75.00	55.30	30.20	27.00	11.00
	P(Asaoka)	342.80	319.90	321.90	327.90	355.20	438.10	438.10	634.90
	P(Hyperbolic)	317.00	323.80	330.00	330.00	321.50			
	% diff (P)	-7.53	1.22	2.52	0.64	-9.49			

หมายเหตุ : ค่าเปอร์เซ็นต์แตกต่างที่ออกมาเป็นลบแสดงว่าการคาดคะเนโดยวิธี Asaoka จะได้ตามทฤษฎี Hyperbolic

บทที่ 5

สรุป และข้อเสนอแนะ

5.1 การทรุดตัวของดินในเขตบริเวณกรุงเทพ ฯ

5.1.1 การวิเคราะห์เกี่ยวกับ Land Subsidence จาก Contour map ที่ได้

สาเหตุการทรุดตัวจะแบ่งออกเป็น 2 อย่าง คือ

1.ปริมาณการใช้น้ำบาดาล

ชั้นดินในเขต จ.กรุงเทพ ฯ เป็นชั้นดินเหนียวหนาเพราะฉะนั้นน้ำจากฝนหรือจากแม่น้ำลำคลองจะไม่สามารถซึมผ่านไปได้โดยตรงจากการศึกษาของ AIT ประมาณว่าจะมีปริมาณน้ำเพียงประมาณ 3.2 % ของปริมาณน้ำฝนที่สามารถซึมผ่านไปได้ การสูบน้ำบาดาลไปใช้มาก ๆ เกินกว่าปริมาณของน้ำฝนหรือน้ำจากแม่น้ำลำคลองไหลซึมไปตามธรรมชาติ จะส่งผลกระทบต่อทำให้

- แผ่นดินทรุดตัว
- ระดับน้ำบาดาลลดต่ำอย่างรวดเร็ว
- น้ำเค็มไหลเข้ามาแทรกซึมในแหล่งน้ำจืด

ทางกรมทรัพยากรธรณีได้มีการจัดแบ่งเขตวิกฤตการณ์น้ำบาดาลโดยแบ่งเป็น 3 อันดับ

อันดับที่ 1 จะเป็นลักษณะของพื้นที่ที่มีการทรุดตัวมากกว่า 3 ซม./ปี

อันดับที่ 2 จะเป็นลักษณะของพื้นที่ที่มีการทรุดตัวระหว่าง 1-3 ซม./ปี

อันดับที่ 3 จะเป็นลักษณะของพื้นที่ที่มีการทรุดตัวน้อยกว่า 1 ซม./ปี

ปี 2535-2536 จากข้อมูลการใช้น้ำบาดาลของ กองน้ำบาดาล กรมทรัพยากรธรณี แสดงให้เห็นว่าได้ว่า การใช้น้ำบาดาล

-ในเขต จ.กรุงเทพ ฯ	ปริมาณการใช้น้ำ 177580 ม. ³ /วัน
-ในเขต จ.สมุทรปราการ	ปริมาณการใช้น้ำ 390576 ม. ³ /วัน
-ในเขต จ.สมุทรสาคร	ปริมาณการใช้น้ำ 172574 ม. ³ /วัน

จะเห็นได้ว่า

1.ในเขตของ จ.สมุทรปราการมีปริมาณการใช้น้ำมากที่สุดอาจจะมีสาเหตุคือเป็นแหล่งของโรงงานอุตสาหกรรมทำให้เกิดการทรุดตัวและจากใน Contour Map ที่ได้จัดทำขึ้นจะเห็นว่า การทรุดตัวของเขตบางบ่อ จ.สมุทรปราการ ประมาณ 3.5-6 ซม./ปี และบริเวณรอบ ๆ 2.5-4.5 ซม./ปี จึงถือว่าอยู่ในเขตวิกฤตการณ์อันดับที่ 1

2. ในเขตของ จ.สมุทรสาครมีปริมาณการใช้น้ำใกล้เคียงกับในเขตของ จ.กรุงเทพฯและจากใน Contour Map ที่ได้จัดทำขึ้นจะเห็นได้ว่าการทรุดตัวของเขตของสมุทรสาคร ประมาณ 2.5 - 3.5 ซม./ปี จึงอยู่คาบเกี่ยวระหว่างเขตวิกฤตการณ์อันดับที่ 1 และอันดับที่ 2

3. ในเขตของ จ.กรุงเทพฯ จะเห็นได้ว่าการทรุดตัวไม่เท่ากันเนื่องจากมีการใช้น้ำบาดาลในแต่ละเขตไม่เท่ากันซึ่งสามารถดูได้จากรูปที่ 4.1.8 จะเห็นว่าระดับน้ำในชั้นน้ำนครหลวง (PD) บริเวณ ท้องฟ้าจำลอง พระโขนงมีระดับค่อนข้างคงที่และจากรูป 4.1.10 ชั้นน้ำพระประแดง (PD) ,นครหลวง(NL) และนนทบุรี (NB) มีระดับลดลงบ้างเล็กน้อย จากที่กล่าวมาข้างต้นแสดงให้เห็นว่าการใช้น้ำไม่มากทำให้ระดับน้ำค่อนข้างคงที่จึงทำให้มีการทรุดตัวไม่มากนัก ประมาณ 1.5-2 ซม./ปี (ซึ่งได้จาก Contour Map ที่จัดทำขึ้น) รูป 4.1.11 แสดงระดับน้ำในชั้นน้ำพระประแดง (PD) ,นครหลวง(NL) และนนทบุรี (NB) บริเวณ วัดหัวคู่นาราม อ. บางพลี จ.สมุทรปราการจะเห็นว่าปี 2535-2536 มีการลดลงของระดับน้ำค่อนข้างมาก ซึ่งแสดงถึงการใช้น้ำบาดาลในปริมาณที่ค่อนข้างมากเป็นสาเหตุให้การทรุดตัวในบริเวณนี้ประมาณ 3.5-5 ซม./ปี (ซึ่งได้จาก Contour Map ที่จัดทำขึ้น) ซึ่งสาเหตุในการใช้น้ำค่อนข้างมากอาจจะเป็นเพราะบริเวณนี้เป็นแหล่งอุตสาหกรรม

จากใน Contour Map ที่ได้จัดทำขึ้นจะเห็นได้ว่า

3.1 การทรุดตัวของเขตกรุงเทพฯ จะมีการทรุดตัวมากที่สุดบริเวณ ลาดกระบัง ซึ่งเป็นแหล่งนิคมอุตสาหกรรม อาจจะทำให้มีการใช้น้ำบาดาลมากกว่าเขตอื่น การทรุดตัวของบริเวณนี้จะอยู่ที่ 3.5-5.5 ซม./ปี จึงจัดอยู่เขตวิกฤตการณ์อันดับที่ 1

3.2 บริเวณโดยรอบนี้จะมีการทรุดตัวประมาณ 2.5-3.5 ซม./ปี บริเวณนี้ได้แก่เขตมีนบุรี , บางกะปิ , อ่อนนุช , ประเวศ และ พระโขนง จึงอยู่คาบเกี่ยวระหว่างเขตวิกฤตการณ์อันดับที่ 1 และอันดับที่ 2

3.3 บริเวณส่วนทางด้านเขต ปทุมวัน , บางซื่อ , ดินแดง , พญาไท , ราชเทวี , คลองสาน มีการทรุดตัวประมาณ 1.5-2.5 ซม./ปี จึงจัดอยู่เขตวิกฤตการณ์อันดับที่ 2

3.4 ทางด้านเขต ขานนาวา , บางคอแหลม , สาทร , บางรัก , ราษฎร์บูรณะ , จอมทองมีการทรุดตัวประมาณ 0.2-1.5 ซม./ปี จึงอยู่คาบเกี่ยวระหว่างเขตวิกฤตการณ์อันดับที่ 2 และ อันดับที่ 3

4. การทรุดตัวในเขตนครปฐมอยู่ที่ประมาณ 2.5 – 3.5 ซม./ปี

ปี 2536-2537 จากข้อมูลการใช้น้ำบาดาลของ กองน้ำบาดาล กรมทรัพยากรธรณี แสดงให้เห็นว่าได้ว่า การใช้น้ำบาดาล

-ในเขต กรุงเทพฯ ปริมาณการใช้น้ำ 185431 ม.³/วัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

-ในเขตสมุทรปราการ	ปริมาณการใช้น้ำ 435544 ม. ³ / วัน
-ในเขตสมุทรสาคร	ปริมาณการใช้น้ำ 195634 ม. ³ / วัน

จะเห็นได้ว่า

1. ในเขตของสมุทรปราการมีการใช้น้ำเพิ่มขึ้นจากปีที่แล้วประมาณ 11.05 % อาจจะส่งผลให้บริเวณการทрудมีการขยายพื้นที่เพิ่มขึ้นซึ่งดูได้จาก Contour Map ปี 2536-2537 ที่จัดทำขึ้น การทрудตัวในปีนี้จะอยู่ประมาณ 3.5-5.5 ซม./ปี จึงถือว่าอยู่ในเขตวิกฤตการณ์อันดับที่ 1

2. ในเขตของ จ.สมุทรสาครมีปริมาณการใช้น้ำมากขึ้นกว่าเดิมประมาณ 13.3 % และจากใน Contour Map ที่จัดทำขึ้นจะเห็นได้ว่าการทрудตัวในเขตนี้จะทрудตัวมากในเขตอำเภอเมืองประมาณ 3.5-4.5 ซม./ปี จึงถือว่าอยู่ในเขตวิกฤตการณ์อันดับที่ 1 และจะทрудตัวน้อยลงในเขตกระทู้มแบน การทрудตัวประมาณ 1.5 – 3.5 ซม./ปี จึงอยู่คาบเกี่ยวระหว่างเขตวิกฤตการณ์อันดับที่ 1 และอันดับที่ 2

3. ในเขตของ จ.กรุงเทพฯ ฯ ในปีนี้มีมีการใช้น้ำมากกว่าเดิมประมาณ 4.4 % ซึ่งถือว่าใช้น้ำในอัตราค่อนข้างจะคงที่ การทрудตัวในปีนี้มีลักษณะคล้ายกับปีที่แล้ว โดยที่จะเกิดการทрудตัวมากในเขต ลาดกระบัง มีนบุรี และประเวศ การทрудตัวในแถบนี้จะอยู่ที่ประมาณ 3.5 – 4.5 ซม./ปี ซึ่งเป็นเขตของโรงงานอุตสาหกรรมอาจเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้บริเวณนี้มีมีการทрудตัวค่อนข้างมาก ส่วนด้านเขตสวนหลวง หนองเตย ห้วยขวาง ลาดพร้าว มีการทрудตัวอยู่ที่ประมาณ 1.5 – 3.5 ซม./ปี จึงอยู่คาบเกี่ยวระหว่างเขตวิกฤตการณ์อันดับที่ 1 และอันดับที่ 2 ทางด้านเขตบางซื่อ บางพลัด ภาษีเจริญ พญาไท หนองจอก และธนบุรี มีการทрудตัวค่อนข้างน้อยอยู่ที่ประมาณ 0.5 – 2.5 ซม./ปี สาเหตุอาจเป็นเพราะ พื้นที่เหล่านี้เป็นเขตใจกลางเมืองซึ่งมีอัตราการใช้น้ำบาดาลน้อย ดูได้จากรูป 4.1.8 จะเห็นว่าระดับน้ำบาดาลของชั้นนครหลวงบริเวณท้องฟ้าจำลองพระโขนงระหว่างปี 2536-2537 มีระดับสูงชัน จึงอยู่คาบเกี่ยวระหว่างเขตวิกฤตการณ์อันดับที่ 2 และอันดับที่ 3

4. การทрудตัวในเขตจังหวัดนครปฐม มีการทрудตัวน้อยลงเมื่อเทียบกับการทрудตัวของปีที่แล้ว คือมีการทрудตัวประมาณ 0.5-2.5 ซม./ปี จึงคาบเกี่ยวระหว่างเขตวิกฤตการณ์อันดับที่ 2 และอันดับที่ 3

ปี 2537-2538 จากข้อมูลการใช้น้ำบาดาลของ กองน้ำบาดาล กรมทรัพยากรธรณี แสดงให้เห็นว่าได้ว่า การใช้น้ำบาดาล

-ในเขต กรุงเทพฯ ฯ	ปริมาณการใช้น้ำ 244063 ม. ³ / วัน
-ในเขตสมุทรปราการ	ปริมาณการใช้น้ำ 470411 ม. ³ / วัน
-ในเขตสมุทรสาคร	ปริมาณการใช้น้ำ 218722 ม. ³ / วัน

จะเห็นได้ว่า

1. ในเขตของสมุทรปราการมีการใช้น้ำเพิ่มขึ้นจากปีที่แล้วประมาณ 8.0 % จาก Contour Map ปี 2537-2538 ที่จัดทำขึ้น จะเห็นได้ว่า การทรุดตัวค่อนข้างมากในเขตบางบ่อ และบริเวณเคหะบางพลีอยู่ที่ประมาณ 3.5-5.0 ซม./ปี จึงถือว่าอยู่ในเขตวิกฤตการณ์อันดับที่ 1 และจะทรุดตัวน้อยลงที่ย่านวัดน้อยบางพลีประมาณ 2.5-3.5 ซม./ปี จึงคาบเกี่ยวระหว่างเขตวิกฤตการณ์อันดับที่ 1 และอันดับที่ 2

2. ในเขตของ จ.สมุทรสาครมีปริมาณการใช้น้ำมากขึ้นกว่าเดิมประมาณ 11.0 % แต่จากใน Contour Map ที่ได้จัดทำขึ้นจะเห็นได้ว่าอัตราการทรุดตัวน้อยลงกว่าเดิมอยู่ที่ 1.5 – 3.5 ซม./ปี โดยที่จะเกิดการทรุดตัวมากในเขตอำเภอเมืองประมาณ 2.5 – 3.5 ซม./ปี ซึ่งคาบเกี่ยวระหว่างเขตวิกฤตการณ์อันดับที่ 1 และอันดับที่ 2

3. ในเขตของ จ.กรุงเทพฯ ฯ ในปีนี้มีการใช้น้ำมากขึ้นถึง 31.6 % ทำให้เกิดการทรุดตัวอย่างหนัก และเป็นบริเวณกว้าง ในเขตนิคมอุตสาหกรรมลาดกระบัง มีนบุรี หนองจอก ประเวศ และตามเส้นถนนวัดกึ่งแก้ว อัตราการทรุดตัวอยู่ประมาณ 3.5-5.5 ซม./ปี จึงจัดอยู่ในเขตวิกฤตการณ์อันดับที่ 1 เนื่องจากมีการขยายตัวของธุรกิจอุตสาหกรรม และมีการใช้น้ำมากขึ้นนั่นเอง ส่วนด้านเขตสวนหลวง คลองเตย ห้วยขวาง ลาดพร้าว มีการทรุดตัวอยู่ที่ประมาณ 1.5 – 3.0 ซม./ปี จึงอยู่คาบเกี่ยวระหว่างเขตวิกฤตการณ์อันดับที่ 1 และอันดับที่ 2 ทางด้านเขตบางซื่อ บางพลัด ภาษีเจริญ พญาไท คลองหลาน และธนบุรี มีการทรุดตัวคล้ายกับปีที่ผ่านมา

4. การทรุดตัวในเขตจังหวัดนครปฐม มีการทรุดตัวค่อนข้างเหมือนกับปีที่แล้ว

ปี 2538-2539 จากข้อมูลการใช้น้ำบาดาลของ กองน้ำบาดาล กรมทรัพยากรธรณี แสดงให้เห็นว่าได้ว่า การใช้น้ำบาดาล

-ในเขต กรุงเทพฯ ฯ	ปริมาณการใช้น้ำ	307739 ม. ³ / วัน
-ในเขตสมุทรปราการ	ปริมาณการใช้น้ำ	515279 ม. ³ / วัน
-ในเขตสมุทรสาคร	ปริมาณการใช้น้ำ	246876 ม. ³ / วัน

จะเห็นได้ว่า

1. ในเขตของสมุทรปราการมีการใช้น้ำเพิ่มขึ้นจากปีที่แล้วประมาณ 9.0 % จาก Contour Map ปี 2538-2539 จะเห็นได้ว่า อัตราการทรุดตัวมากขึ้นกว่าเดิมค่อนข้างมาก และกินพื้นที่เป็นบริเวณกว้างขึ้นด้วย พื้นที่วิกฤตนี้จะอยู่ที่ เขตบางบ่อ บริเวณเคหะบางพลี และตามแนวถนนบางนาตราด อัตราการทรุดตัวประมาณ 4.5 – 6.0 ซม./ปี จึงจัดอยู่ในเขตวิกฤตการณ์อันดับที่ 1 และจะทรุดตัวน้อยลงที่ย่านวัดน้อยบางพลีและเขตอำเภอเมืองประมาณ 1.5-3.5 ซม./ปี จึงคาบเกี่ยวระหว่างเขตวิกฤตการณ์อันดับที่ 1 และอันดับที่ 2

2. ในเขตของ จ.สมุทรสาครมีปริมาณการใช้น้ำมากขึ้นกว่าเดิมประมาณ 12.8 % ทำให้อัตราการทรุดตัวขยายตัวกว้างมากกว่าเดิมเล็กน้อยบริเวณอำเภอเมืองคือประมาณ 2.5 – 3.5 ซม./ปี

ซึ่งคาบเกี่ยวระหว่างเขตวิกฤตการณ์อันดับที่ 1 และอันดับที่ 2 และมีอัตราการทรุดตัวค่อนข้างคงที่
ในเขตกระท่อมแบนคือประมาณ 1.5 – 2.5 ซม./ปี

3. ในเขตของ จ.กรุงเทพฯ ฯ ในปีนี้มีการใช้น้ำมากขึ้นถึง 26.1 % ทำให้เกิดการทรุดตัว
อย่างหนัก และเป็นบริเวณกว้างมากขึ้น ในเขตนิคมอุตสาหกรรมลาดกระบัง มีนบุรี หนองจอก
ประเวศ และตามเส้นถนนวัดกึ่งแก้ว อัตราการทรุดตัวอยู่ประมาณ 4.5-6.0 ซม./ปี จึงจัดอยู่ในเขต
วิกฤตการณ์อันดับที่ 1 เนื่องจากมีการขยายตัวของธุรกิจอุตสาหกรรม และมีการใช้น้ำมากขึ้น ส่วน
ด้านเขตสวนหลวง บางกะปิ ลาดพร้าว และบึงกุ่มมีการทรุดตัวอยู่ที่ประมาณ 2.5 – 4.5 ซม./ปี จึงอยู่
คาบเกี่ยวระหว่างเขตวิกฤตการณ์อันดับที่ 1 และอันดับที่ 2 ทางด้านเขตจตุจักร ดินแดง พญาไท
และห้วยขวาง มีการทรุดตัวอยู่ที่ประมาณ 1.5 – 2.5 ซม./ปี จึงจัดอยู่ในเขตวิกฤตการณ์อันดับที่ 2
เขตบางซื่อ บางพลัด คลุสิต บางกอกใหญ่ คลองสาน สาทร ยานนาวา และธนบุรี มีอัตราการทรุดตัว
ค่อนข้างเหมือนปีที่ผ่านมาคือประมาณ 0.4 – 1.5 ซม./ปี จึงจัดอยู่คาบเกี่ยวระหว่างเขตวิกฤตการณ์
อันดับที่ 2 และอันดับที่ 3

4. การทรุดตัวในเขตจังหวัดนครปฐม มีการทรุดตัวมากขึ้นคือประมาณ 1.5 – 3.0 ซม./ปี จัด
เป็นวิกฤตการณ์อันดับที่ 2

ปี 2539-2540 จากข้อมูลการใช้น้ำบาดาลของ กอน้ำบาดาล กรมทรัพยากรธรณี แสดงให้
เห็นว่าได้ว่า การใช้น้ำบาดาล

-ในเขต กรุงเทพฯ ฯ	ปริมาณการใช้น้ำ 330845 ม. ³ / วัน
-ในเขตสมุทรปราการ	ปริมาณการใช้น้ำ 508195 ม. ³ / วัน
-ในเขตสมุทรสาคร	ปริมาณการใช้น้ำ 264780 ม. ³ / วัน

จะเห็นได้ว่า

1. ในเขตของสมุทรปราการมีการใช้น้ำลดลงจากปีที่แล้วประมาณ 1.4 % จาก Contour
Map ปี 2539-2540 จะเห็นได้ว่า อัตราการทรุดตัวน้อยลงอย่างมาก แต่จะมีค่าสูงอยู่ที่บริเวณ
เคหะบางพลีที่เคียว ส่วนเขตบางบ่อที่เคยเป็นจุดวิกฤตที่มีอัตราการทรุดตัว 5.5 – 6.0 ซม./ปี ได้ลด
ลงเหลือเพียง 3.5 – 4.5 ซม./ปี และมีบริเวณแคบลงด้วย สาเหตุครั้งนี้อาจเป็นเพราะการใช้น้ำบาดาล
น้อยลง ทางด้านเขตอำเภอเมืองมีการทรุดตัวน้อยกว่าเดิม คือ 0.5 – 2.5 ซม./ปี จึงจัดอยู่คาบเกี่ยว
ระหว่างเขตวิกฤตการณ์อันดับที่ 2 และอันดับที่ 3

2. ในเขตของ จ.สมุทรสาครมีปริมาณการใช้น้ำมากขึ้นกว่าเดิมประมาณ 9.5 % อัตราการ
ทรุดตัวในปีนี้อ่อนข้างเหมือนกับปีที่แล้วคือประมาณ 2.5 – 3.5 ซม./ปี ซึ่งคาบเกี่ยวระหว่างเขต
วิกฤตการณ์อันดับที่ 1 และอันดับที่ 2 และมีอัตราการทรุดตัวค่อนข้างคงที่ในเขตกระท่อมแบนคือ
ประมาณ 1.5 – 2.5 ซม./ปี

3. ในเขตของ จ.กรุงเทพฯ ฯ ในปีนี้มีการใช้น้ำมากขึ้นประมาณ 3.8 % แสดงว่าอัตราการใช้น้ำเริ่มที่จะคงที่ ส่งผลให้อัตราการทรุดตัวที่วิกฤตมีบริเวณแคบลง แต่ยังคงอยู่ที่ตำแหน่งเดิมคือมีการทรุดตัวอย่างหนัก ในเขตนิคมอุตสาหกรรมลาดกระบัง มีนบุรี หนองจอก ประเวศ และตามเส้นถนนวัดกิ่งแก้ว อัตราการทรุดตัวอยู่ประมาณ 3.5 – 5.5 ซม./ปี จึงจัดอยู่ในเขตวิกฤตการณ์อันดับที่ 1 ส่วนด้านเขตสวนหลวง บางกะปิ ลาดพร้าว และบึงกุ่มมีอัตราการทรุดตัวเหมือนปีที่ผ่านมา ทางด้านเขตจตุจักร ดินแดง พญาไท และห้วยขวาง ก็มีการทรุดตัวเหมือนปีที่ผ่านมา และ เขตบางซื่อ บางพลัด คูสิต บางกอกใหญ่ คลองสาน สาทร ยานนาวา และธนบุรี ก็มีอัตราการทรุดตัวค่อนข้างเหมือนปีที่ผ่านมาอีกเช่นกัน แต่มีพื้นที่แคบลงบ้างเท่านั้น

4. การทรุดตัวในเขตจังหวัดนครปฐม มีอัตราการทรุดตัวคงที่เช่นเดิมกับปีก่อน

ดังนั้นจากที่กล่าวมาทั้งหมดจะเห็นได้ว่าจะมีการทรุดตัวค่อนข้างมากในบริเวณเขตอุตสาหกรรม ซึ่งจากตารางที่ 5 แสดงให้เห็นว่ามีการใช้น้ำปริมาณมากสำหรับธุรกิจ เมื่อเทียบกับปริมาณการใช้น้ำทางด้านอื่นๆ โดยเฉพาะที่จังหวัดสมุทรปราการ ซึ่งเป็นแหล่งโรงงานอุตสาหกรรมมีการใช้น้ำเป็นปริมาณที่สุด จึงสามารถสรุปได้ว่าปริมาณการใช้น้ำเป็นสาเหตุ โดยอย่างที่ทำให้เกิดการทรุดตัวของพื้นแผ่นดิน

เนื่องจากได้มีการนำเอามาตรการควบคุมการใช้น้ำบาดาล 2536-2540 โดยกำหนดให้การใช้น้ำบาดาลของเอกชนลดลงปีละ 10 % จึงทำให้อัตราการทรุดตัวเริ่มน้อยลงในปี 2539-2540 ดังที่แสดงไว้ใน contour map แต่อย่างไรก็ตาม มาตรการนี้ถือว่ายังไม่บรรลุตามเป้าหมายเนื่องจากการใช้น้ำบาดาลของเอกชนกลับสูงขึ้นเฉลี่ยปีละ 12 % ทั้งนี้อาจเป็นเพราะ อัตราการขยายตัวของด้านเศรษฐกิจ และสังคมเพิ่มมากขึ้น ความต้องการใช้น้ำจึงเพิ่มสูงขึ้น ดังนั้นการควบคุมการใช้น้ำบาดาลเพื่อแก้ไขแผ่นดินทรุดจะมีประสิทธิภาพเมื่อสามารถหาแหล่งน้ำอื่นมาทดแทน และหรือการเติมน้ำโดยการอัดน้ำลงในชั้นบาดาล การขยายกิจการน้ำประปาเข้าไปในบริเวณที่เกิดวิกฤตการน้ำบาดาล เป็นสิ่งจำเป็นและรีบด่วน โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ย่านอุตสาหกรรมที่ใช้น้ำบาดาลมากๆ และมีอัตราการลดลงของน้ำบาดาลอย่างรวดเร็ว

2. สาเหตุที่เกิดจากปัจจัยทางด้านธรณีวิทยา

เป็นที่ทราบกันดีอยู่แล้วว่าลักษณะของชั้นดินนั้นมีผลต่อการทรุดตัวของชั้นดิน เป็นอีกสาเหตุหนึ่งของปัญหาการทรุดตัว เนื่องจากกรุงเทพมหานครมีลักษณะชั้นดินที่เป็นดินตะกอนซึ่งมีความหนาประมาณ 1,500 ม. ชั้นล่างเป็นชั้นหินดาน และมีชั้นดินเหนียวอ่อนหนาประมาณ 12-18 ม. โดยมักจะเริ่มมีจากระดับ MSL (Mean Sea Level) ลงไป จึงถือว่ามีชั้นดินอ่อนซึ่งสามารถยุบอัดตัวได้ค่อนข้างมาก โดยเฉพาะบริเวณใกล้อ่าวซึ่งมีการสะสมของตะกอนขนาดเล็กมากทำให้ชั้นดินอ่อนของบริเวณนี้มีความหนามากที่สุด จากรูปที่ 2.3 จะเห็นได้ว่า ความหนาของ soft marine clay เพิ่มขึ้นเรื่อยๆ จากจังหวัดอยุธยาจนถึงอ่าวไทย

จากภาคผนวก ค. จะเห็นได้ว่าความหนาของชั้นดินอ่อนในบริเวณ ใจกลางเมือง ได้แก่ เขาวราช , สาทรใต้ , ประตูน้ำ , ถนนพหลโยธิน , ซอย นานาเหนือ , ถนนสุขุมวิท 1 , ถนนวิฑู และ จรัลสนิทวงศ์ จะอยู่ที่ความหนาประมาณ 12 – 13 เมตร จาก Contour Map รูปที่ 4.1.7 ปรากฏว่าในระยะเวลา 5 ปี บริเวณนี้จะมีอัตราการทรุดตัวโดยเฉลี่ยประมาณ 1.5 – 2.0 ซม. / ปี เมื่อเปรียบเทียบกับบริเวณ เขตลาดกระบังจะเห็นว่ามีความหนาของชั้นดินอ่อนประมาณ 17- 18 เมตร จาก Contour Map รูปที่ 4.1.7 ปรากฏว่าในระยะเวลา 5 ปี บริเวณนี้จะมีอัตราการทรุดตัวโดยเฉลี่ยประมาณ 4.5 –5.0 ซม. / ปี ซึ่งความแตกต่างนี้อาจจะมีความสัมพันธ์กันเนื่องจากความหนาของชั้นดินอ่อนมีผลต่อการทรุดตัวของแผ่นดินโดยตรงแต่อย่างไรก็ตามอาจจะยังต้องใช้องค์ประกอบอื่น มาร่วมในการพิจารณาด้วย

สำหรับบริเวณเขตจังหวัดสมุทรปราการทางตะวันออก จาก Contour Map พบว่ามีอัตราการทรุดตัวมากที่สุดในทุกๆ ปี ก็คือมากกว่า 3.5 –6.0 ซม./ปี ที่เป็นเช่นนั้นก็เป็นเพราะว่าบริเวณนั้นเป็นบริเวณปากแม่น้ำซึ่งเป็นพื้นที่น้ำท่วมถึง เกิดการสะสมตะกอนปากแม่น้ำทำให้ดินมักเป็นดินเม็ดละเอียดหรือดินเหนียวอ่อนและมักจะมีการทรุดตัวมาก ซึ่งเป็นลักษณะของดินตะกอนประเภท alluvial

5.1.2 สรุปและวิเคราะห์การทรุดตัวของผิวดินบริเวณที่ทำ Case Study ทั้ง 2 แห่ง

1.บริเวณข้าง shop เก่า

ค่าเฉลี่ยของการทรุดผิวดินประมาณ 28.3 มม./ปี โดยที่ใช้หมุดอ้างอิงข้าง shop เก่า ซึ่งลึกประมาณ 19 เมตร และจาก contour map ปี 2539-2540 (ปีล่าสุด) อ่านค่าอัตราการทรุดตัวได้ ประมาณ 45-55 มม./ปี ซึ่งแตกต่างกัน อาจมีสาเหตุมาจาก

1.1 หมุดที่ใช้อ้างอิงมีความลึกต่างกันมาก หมุดอ้างอิงของกรมทรัพยากรธรณีที่ใช้ นั่นคือ หมุด BMR 8 ซึ่งมีความลึกถึง 6098 ฟุต แต่เราใช้เพียง 19 ม.หรือ ประมาณ 60 ฟุตเท่านั้น ทำให้อาจยังมีการทรุดเกิดขึ้นในชั้นที่ต่ำกว่านั้นอีกบ้าง

1.2 เวลาที่ใช้ทำการทดลองเพียงช่วงเดือน พ.ย. ถึง มี.ค. เท่านั้น ค่าการทรุดตัวเฉลี่ยที่ได้มาจึงไม่ใช่เป็นการเฉลี่ยตลอดทั้งปี บางช่วงฤดูอาจมีอัตราการทรุดที่แตกต่างออกไป

2.บริเวณข้าง ตึก 12 ชั้น

ค่าเฉลี่ยของการทรุดผิวดินประมาณ 34.0 มม./ปี โดยที่ใช้หมุดอ้างอิงเป็นตึก 12 ชั้นซึ่งมีเสาเข็มลึกมากกว่า 22 ม. และจาก contour map ปี 2539-2540 (ปีล่าสุด) อ่านค่าอัตราการทรุดตัวได้ ประมาณ 45-55 มม./ปี ซึ่งแตกต่างกัน อาจจะมีสาเหตุต่างๆ ดังนี้

2.1 หมุดที่ใช้ในการทดลองนั้น ใช้ข้อมูลได้เพียง 1 จุด ไม่สามารถนำมาอ้างอิงความถูกต้องโดยการหาค่าเฉลี่ยได้ (จริงแล้วทำจุดไว้ 3 จุดแต่ถูกรบกวน 2 จุดจึงไม่นำมาพิจารณา)

2.2 หมุดที่ใช้อ้างอิงมีความลึกต่างกันมาก หมุดอ้างอิงของกรมทรัพยากรธรณีที่ใช้ นั่นคือ หมุด BMR 8 ซึ่งมีความลึกถึง 6098 ฟุต แต่หมุดอ้างอิงที่ทำกัน ใช้มากกว่า 22 ม.หรือมากกว่าประมาณ 73 ฟุตเท่านั้น ทำให้อาจยังมีการทรุดเกิดขึ้นในชั้นที่ต่ำกว่านั้นอีกบ้าง

2.3 เวลาที่ใช้ทำการทดลองเพียงช่วงเดือน พ.ย. ถึง มี.ค. เท่านั้น ค่าการทรุดตัวเฉลี่ยที่ได้มาจึงไม่ใช่เป็นการเฉลี่ยตลอดทั้งปี บางช่วงฤดูอาจมีอัตราการทรุดที่แตกต่างออกไป

5.2 การวิเคราะห์การทรุดตัวของถนนที่ถูกรับปรุงโดย PVD

สรุปและวิเคราะห์

จากผลที่ได้จากบทที่ 3 สามารถสรุปได้ดังตารางที่ 4.2.1 และ 4.2.2 ซึ่งจะเห็นได้ว่า

1. ในวิธีของ Asaoka การคาดคะเนการทรุดตัวสุดท้าย ที่ค่า $U\%$ ต่างๆ สามารถสรุปได้ดัง รูปที่ 4.2.1 ซึ่งจะเห็นว่า การคาดคะเนการทรุดตัวสุดท้ายจะมีความน่าเชื่อถือ ก็ต่อเมื่อมีข้อมูลการทรุดตัวจนถึง เวลาที่ทำให้เกิด U มากกว่า 60% ขึ้นไป ซึ่งเปอร์เซ็นต์ที่คาดเคลื่อนจะมีค่าไม่เกิน 10%

2. ส่วนในวิธี Hyperbolic นั้น การคาดคะเนการทรุดตัวสุดท้าย ที่ค่า $U\%$ ต่างๆ สามารถสรุปได้ดังรูปที่ 4.2.2 ซึ่งจะเห็นว่า การคาดคะเนการทรุดตัวสุดท้ายจะมีความน่าเชื่อถือ ก็ต่อเมื่อมีข้อมูลการทรุดตัวจนถึง เวลาที่ทำให้เกิด U มากกว่า 65% ขึ้นไป ซึ่งเปอร์เซ็นต์ที่คาดเคลื่อน โดยเฉลี่ยจะมีค่าไม่เกิน 10% จากการทำผลจากบทที่ 3 แล้ว ถ้ามีข้อมูลการทรุดตัวค่อนข้างน้อย (U น้อยกว่า 35%) อาจจะไม่สามารถคาดคะเนการทรุดตัวสุดท้ายได้ เนื่องจากการทรุดตัวนั้นยังไม่เข้าสู่พฤติกรรมของโค้ง Hyperbolic หรือถ้าหาได้ก็จะได้เปอร์เซ็นต์ความคาดเคลื่อนสูงมาก ซึ่งดูได้จากรูป

3. จากผลที่ได้ทั้งสองทฤษฎีจะเห็นได้ว่า ข้อมูลที่ได้จากวิธีของ Asaoka จะได้ผลการคาดคะเนที่ค่อนข้างแม่นยำกว่าวิธี Hyperbolic เพราะว่าวิธี Hyperbolic จะได้ผลการคาดเคลื่อนของการคาดคะเนที่ค่อนข้างกระจัดกระจายมากกว่าวิธีของ Asaoka

ข้อเสนอแนะ

เนื่องจากการทำโครงการพิเศษครั้งนี้ ได้ศึกษาการคาดคะเนการทรุดตัวเฉพาะ PVD เท่านั้น ข้อสรุปข้างต้นจึงไม่สามารถนำมาใช้วิเคราะห์สำหรับกรณีอื่นๆ ได้



ภาคผนวก ก.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ n-1 Settlement Plate Survey Data

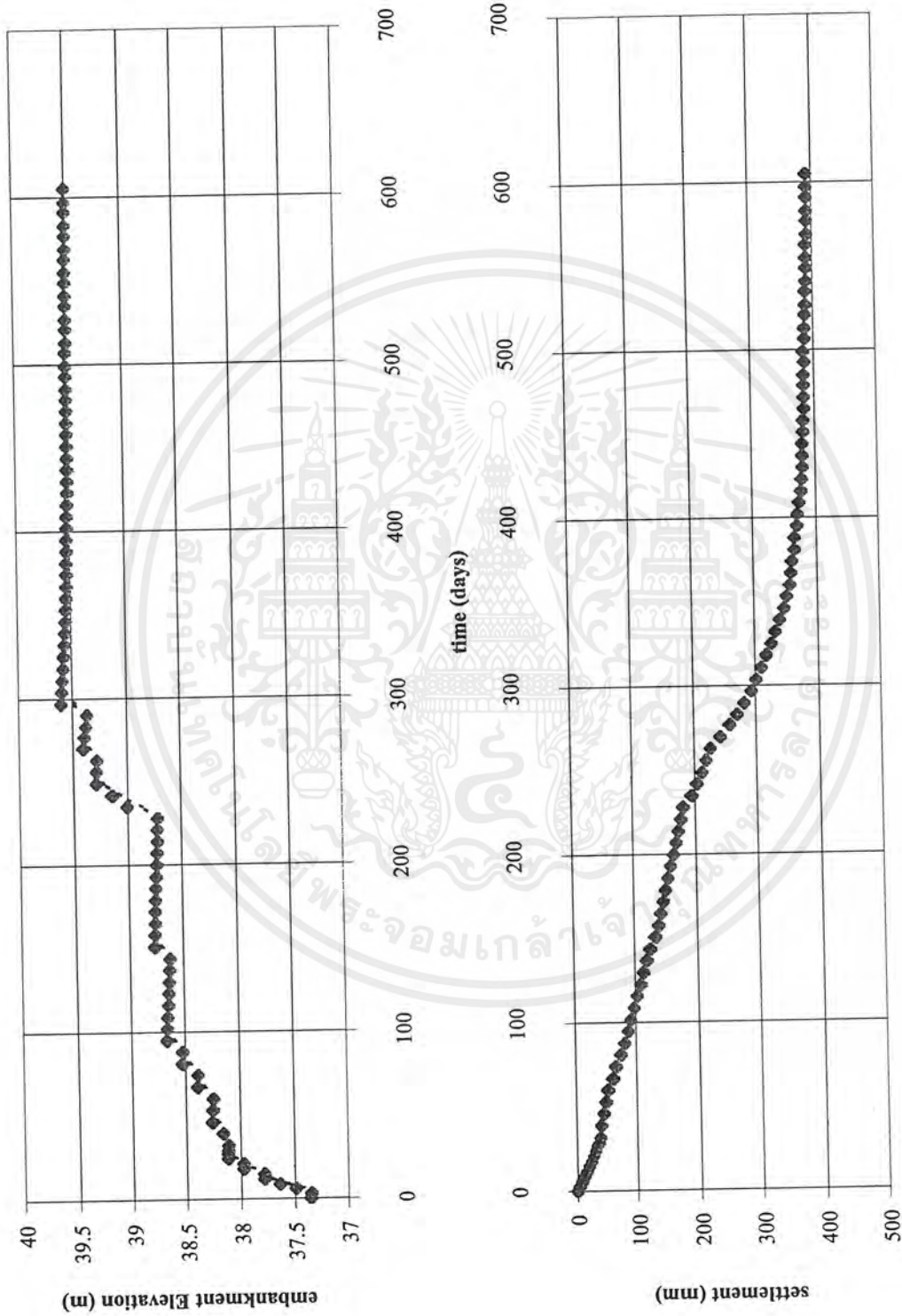
Elaped Time (days)	Station 1			Elaped Time (days)	Station 1		
	Initial Ground EL (m):				Initial Ground EL (m):		
	Initial EL of ssp(m):				Initial EL of ssp(m):		
	Rod EL (m)	Settlement (mm)	Fill EL (m)		Rod EL (m)	Settlement (mm)	Fill EL (m)
0	39.056	0	37.35	283	39.816	270	39.38
3	39.052	4	37.346	290	39.804	282	39.368
6	39.048	8	37.492	297	39.792	294	39.599
9	39.044	12	37.638	304	39.784	302	39.591
12	39.04	16	37.784	311	39.776	310	39.583
15	39.036	20	37.78	318	39.768	318	39.575
18	39.031	25	37.975	325	39.76	326	39.567
21	39.028	28	37.972	332	39.753	333	39.56
24	39.024	32	38.118	339	39.746	340	39.553
27	39.021	35	38.115	346	39.739	347	39.546
29	39.018	38	38.112	353	39.734	352	39.541
32	39.016	40	38.11	360	39.729	357	39.536
39	39.014	42	38.158	367	39.727	359	39.534
46	39.01	46	38.254	374	39.725	361	39.532
53	39.006	50	38.25	381	39.721	365	39.53
60	39.002	54	38.246	388	39.721	365	39.528
67	38.994	62	38.388	395	39.716	370	39.525
74	38.99	66	38.384	402	39.715	371	39.522
81	38.981	75	38.525	409	39.712	374	39.519
88	38.975	81	38.519	416	39.709	377	39.516
95	38.969	87	38.663	423	39.708	378	39.513
102	38.964	92	38.658	430	39.706	380	39.513
109	38.958	98	38.652	437	39.706	380	39.513
116	38.952	104	38.646	444	39.706	380	39.513
123	38.946	110	38.64	451	39.704	382	39.511
130	38.941	115	38.635	458	39.704	382	39.511
137	38.936	120	38.63	465	39.702	384	39.509

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

137	39.966	120	38.63	472	39.702	384	39.509
144	39.961	125	38.625	479	39.702	384	39.509
151	39.952	134	38.766	485	39.702	384	39.509
158	39.947	139	38.761	493	39.701	385	39.509
165	39.943	143	38.757	499	39.702	384	39.509
172	39.939	147	38.753	507	39.7	386	39.509
179	39.935	151	38.749	513	39.7	386	39.507
186	39.931	155	38.745	521	39.699	387	39.507
193	39.926	160	38.74	527	39.698	388	39.505
200	39.921	165	38.735	535	39.698	388	39.505
207	39.916	170	38.73	541	39.696	390	39.503
214	39.912	174	38.726	549	39.696	390	39.503
221	39.908	178	38.722	555	39.696	390	39.503
228	39.904	182	38.718	563	39.696	390	39.503
235	39.891	195	39.005	569	39.694	392	39.501
242	39.882	204	39.146	577	39.694	392	39.501
249	39.874	212	39.288	583	39.694	392	39.501
256	39.867	219	39.281	591	39.694	392	39.501
263	39.86	226	39.274	597	39.694	392	39.501
270	39.843	243	39.407	605	39.694	392	39.501
277	39.828	258	39.392				

Note: When rod is supposed to be extended, accumulated settlement is adjust

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ก-1 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างระดับดินกับค่าการทรุดตัวของจุด 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ n-2 Settlement Plate Survey Data

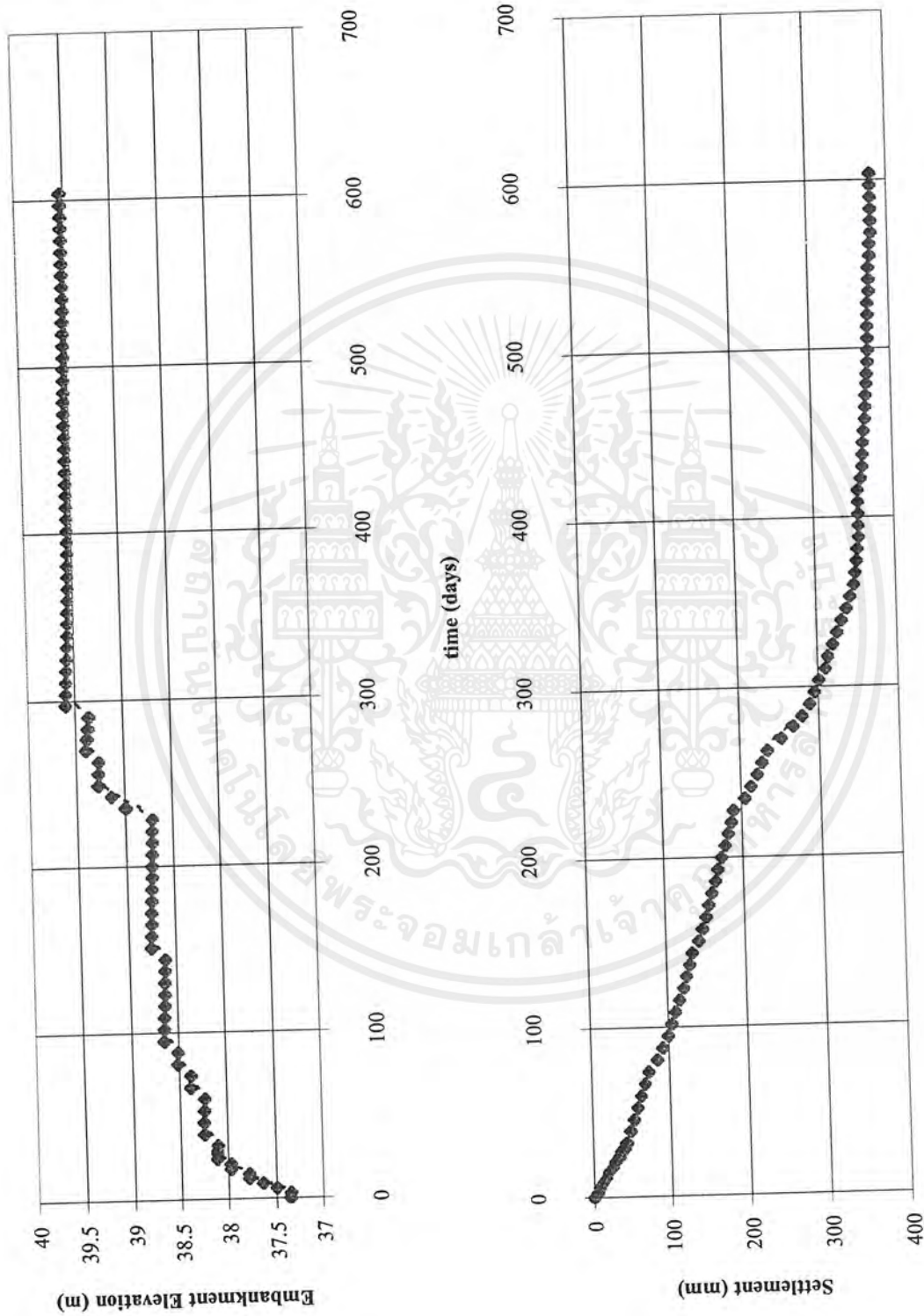
Elaped Time (days)	Station 2			Elaped Time (days)	Station 2		
	Initial Ground EL (m):				Initial EL of ssp(m):		
	Rod EL (m)	Settlement (mm)	Fill EL (m)		Rod EL (m)	Settlement (mm)	Fill EL (m)
0	39.097	0	37.35	283	39.846	280	39.37
3	39.092	5	37.345	290	39.836	290	39.36
6	39.089	8	37.492	297	39.83	296	39.607
9	39.085	12	37.638	304	39.824	302	39.601
12	39.08	17	37.783	311	39.816	310	39.595
15	39.077	20	37.78	318	39.812	314	39.589
18	39.071	26	37.974	325	39.806	320	39.583
21	39.068	29	37.971	332	39.8	326	39.577
24	39.062	35	38.115	339	39.794	332	39.571
27	39.059	38	38.112	346	39.788	338	39.565
29	39.056	41	38.109	353	39.783	343	39.56
32	39.053	44	38.106	360	39.778	348	39.555
39	39.048	49	38.251	367	39.776	350	39.553
46	39.043	54	38.246	374	39.774	352	39.551
53	39.038	59	38.241	381	39.772	354	39.549
60	39.033	64	38.236	388	39.77	356	39.547
67	39.027	70	38.38	395	39.77	356	39.547
74	39.022	75	38.375	402	39.77	356	39.547
81	39.011	86	38.514	409	39.77	356	39.547
88	39.004	93	38.507	416	39.77	356	39.547
95	38.997	100	38.65	423	39.766	360	39.547
102	38.992	105	38.645	430	39.764	362	39.546
109	38.987	110	38.64	437	39.763	363	39.546
116	38.981	116	38.634	444	39.762	364	39.546
123	38.975	122	38.628	451	39.761	365	39.545
130	38.971	126	38.624	458	39.759	367	39.545
137	38.967	130	38.62	465	39.758	368	39.543

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

137	39.996	130	38.62	472	39.757	369	39.543
144	39.992	134	38.616	479	39.756	370	39.543
151	39.984	142	38.758	485	39.755	371	39.541
158	39.979	147	38.753	492	39.754	372	39.539
165	39.974	152	38.748	499	39.753	373	39.537
172	39.97	156	38.744	506	39.753	373	39.535
179	39.966	160	38.74	513	39.753	373	39.533
186	39.961	165	38.735	520	39.752	374	39.531
193	39.957	169	38.731	527	39.752	374	39.529
200	39.952	174	38.726	534	39.75	376	39.527
207	39.947	179	38.721	541	39.75	376	39.525
214	39.943	183	38.717	548	39.75	376	39.525
221	39.939	187	38.713	555	39.748	378	39.525
228	39.936	190	38.71	562	39.748	378	39.525
235	39.921	205	38.995	569	39.746	380	39.525
242	39.913	213	39.137	576	39.746	380	39.525
249	39.905	221	39.279	583	39.746	380	39.525
256	39.898	228	39.272	590	39.746	380	39.525
263	39.891	235	39.265	597	39.746	380	39.525
270	39.873	253	39.397	604	39.746	380	39.525
277	39.858	268	39.382				

Note: When rod is supposed to be extended, accumulated settlement is adjust

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาหรือต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ก-2 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างระดับดินกับค่าการทรุดตัวของจุด 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก-3 Settlement Plate Survey Data

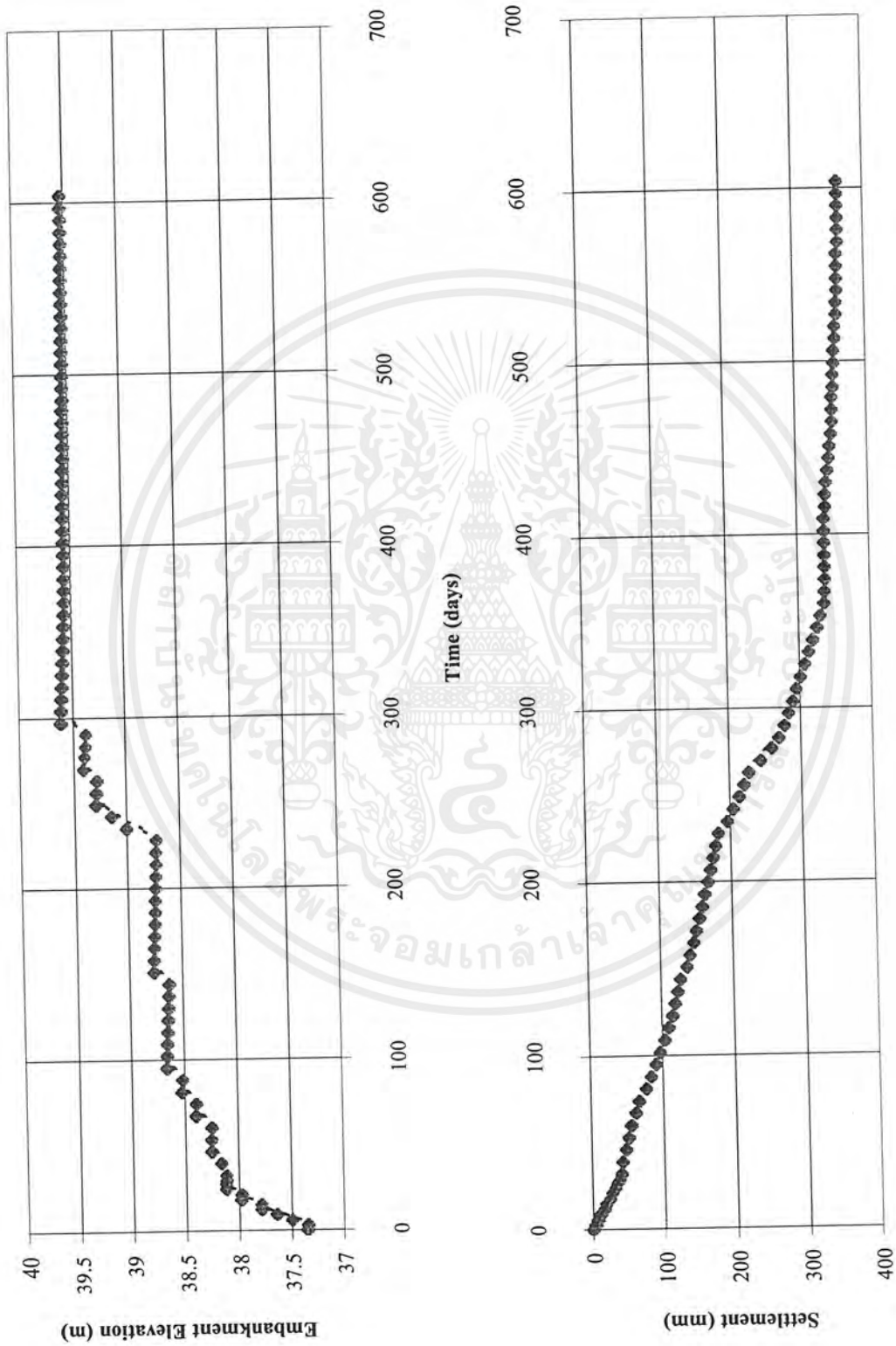
Elaped Time (days)	Station 3			Elaped Time (days)	Station 3		
	Initial Ground EL (m):				Initial Ground EL (m):		
	Initial EL of ssp(m):				Initial EL of ssp(m):		
	Rod EL (m)	Settlement (mm)	Fill EL (m)		Rod EL (m)	Settlement (mm)	Fill EL (m)
0	39.144	0	37.35	283	39.908	270	39.38
3	39.14	4	37.346	290	39.9	278	39.372
6	39.137	7	37.493	297	39.894	284	39.61
9	39.133	11	37.639	304	39.888	290	39.604
12	39.128	16	37.784	311	39.882	296	39.598
15	39.125	19	37.781	318	39.876	302	39.592
18	39.12	24	37.976	325	39.87	308	39.586
21	39.117	27	37.973	332	39.864	314	39.58
24	39.112	32	38.118	339	39.858	320	39.574
27	39.109	35	38.115	346	39.852	326	39.568
29	39.106	38	38.112	353	39.847	331	39.563
32	39.103	41	38.109	360	39.842	336	39.558
39	39.101	43	38.157	367	39.841	337	39.557
46	39.096	48	38.252	374	39.84	338	39.556
53	39.092	52	38.248	381	39.84	338	39.556
60	39.088	56	38.244	388	39.84	338	39.556
67	39.082	62	38.388	395	39.84	338	39.556
74	39.077	67	38.383	402	39.84	338	39.556
81	39.067	77	38.523	409	39.84	338	39.556
88	39.06	84	38.516	416	39.838	340	39.554
95	39.053	91	38.659	423	39.838	340	39.554
102	39.047	97	38.653	430	39.836	342	39.552
109	39.04	104	38.646	437	39.834	344	39.55
116	39.034	110	38.64	444	39.832	346	39.548
123	39.029	115	38.635	451	39.83	348	39.546
130	39.025	119	38.631	458	39.828	350	39.544
137	39.021	123	38.627	465	39.826	352	39.542

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา 139 ต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

137	40.055	123	38.627	472	39.826	352	39.542
144	40.051	127	38.623	479	39.826	352	39.542
151	40.042	136	38.764	485	39.824	354	39.54
158	40.037	141	38.759	492	39.824	354	39.54
165	40.032	146	38.754	499	39.822	356	39.538
172	40.028	150	38.75	506	39.822	356	39.538
179	40.023	155	38.745	513	39.82	358	39.536
186	40.019	159	38.741	520	39.82	358	39.536
193	40.015	163	38.737	527	39.818	360	39.534
200	40.011	167	38.733	534	39.818	360	39.534
207	40.007	171	38.729	541	39.816	362	39.532
214	40.003	175	38.725	548	39.816	362	39.532
221	39.999	179	38.721	555	39.816	362	39.532
228	39.995	183	38.717	562	39.816	362	39.532
235	39.982	196	39.004	569	39.814	364	39.53
242	39.973	205	39.145	576	39.814	364	39.53
249	39.965	213	39.287	583	39.814	364	39.53
256	39.958	220	39.28	590	39.814	364	39.53
263	39.951	227	39.273	597	39.814	364	39.53
270	39.934	244	39.406	604	39.814	364	39.53
277	39.918	260	39.39				

Note: When rod is supposed to be extended, accumulated settlement is adjust

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ก-3 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างระดับดินต้นกับค่าการทรุดตัวของจุด 3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก-4 Settlement Plate Survey Data

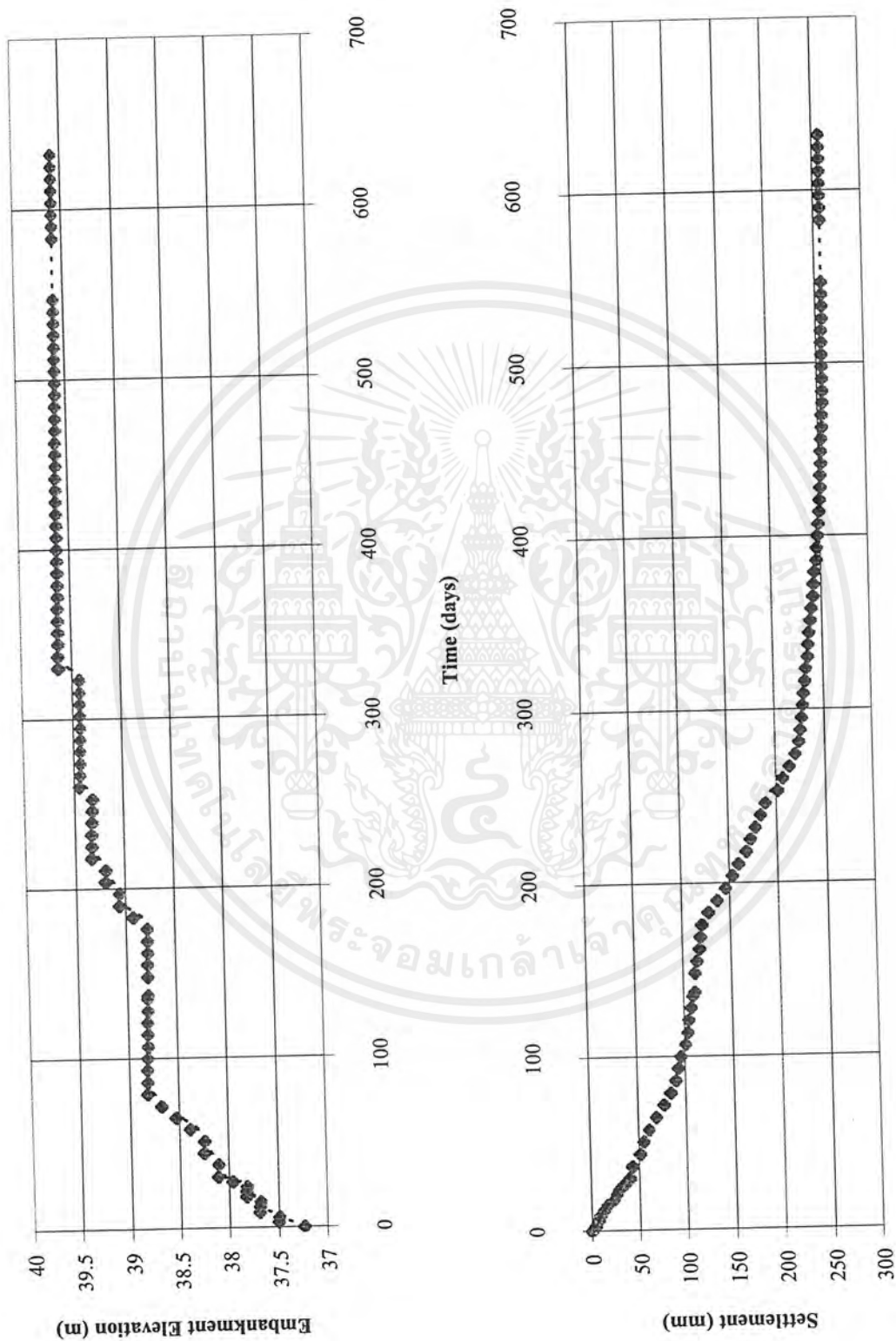
Elaped Time (days)	Station 4			Elaped Time (days)	Station 4		
	Initial Ground EL (m):				Initial Ground EL (m):		
	Initial EL of ssp(m):				Initial EL of ssp(m):		
	Rod EL (m)	Settlement (mm)	Fill EL (m)		Rod EL (m)	Settlement (mm)	Fill EL (m)
0	38.832	0	37.232	281	39.633	224	39.426
3	38.828	4	37.496	288	39.631	226	39.424
6	38.825	7	37.493	295	39.629	228	39.422
9	38.823	9	37.691	302	39.628	229	39.42
12	38.819	13	37.687	309	39.627	230	39.42
15	38.815	17	37.683	316	39.625	232	39.42
18	38.808	24	37.826	323	39.624	233	39.42
21	38.805	27	37.823	330	39.622	235	39.626
24	38.802	30	37.82	337	39.621	236	39.626
27	38.796	36	37.964	344	39.62	237	39.625
30	38.791	41	38.109	351	39.618	239	39.623
37	38.788	44	38.106	358	39.617	240	39.621
44	38.78	52	38.248	365	39.615	242	39.62
51	38.776	56	38.244	372	39.614	243	39.619
58	38.77	62	38.388	379	39.613	244	39.619
65	38.762	70	38.53	386	39.611	246	39.619
65	38.762			393	39.61	247	39.617
72	38.754	78	38.672	400	39.609	248	39.617
79	38.747	85	38.815	407	39.608	249	39.617
86	38.742	90	38.81	414	39.607	250	39.617
93	38.739	93	38.807	421	39.606	251	39.617
93	39.764			428	39.605	252	39.617
100	39.761	96	38.804	435	39.605	252	39.615
107	39.756	101	38.799	442	39.604	253	39.615
114	39.753	104	38.796	449	39.604	253	39.613
121	39.752	105	38.795	456	39.603	254	39.611
128	39.749	108	38.792	463	39.602	255	39.608

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

135	39.747	110	38.79	470	39.602	255	39.607
137	39.745	112	38.788	477	39.601	256	39.605
148	39.744	113	38.787	484	39.601	256	39.603
155	39.742	115	38.785	491	39.601	256	39.602
162	39.739	118	38.782	498	39.601	256	39.601
169	39.738	119	38.781	505	39.601	256	39.601
176	39.736	121	38.779	512	39.601	256	39.601
183	39.729	128	38.922	519	39.601	256	39.601
190	39.72	137	39.063	526	39.6	257	39.6
197	39.711	146	39.054	533	39.6	257	39.6
204	39.703	154	39.196	540	39.6	257	39.6
211	39.697	160	39.19	547	39.6	257	39.6
218	39.689	168	39.332	583	39.6	257	39.6
225	39.684	173	39.327	590	39.6	257	39.6
232	39.679	178	39.322	597	39.6	257	39.6
239	39.673	184	39.316	604	39.6	257	39.6
246	39.668	189	39.311	611	39.6	257	39.6
253	39.655	202	39.305	618	39.6	257	39.6
260	39.65	207	39.443	625	39.6	257	39.6
267	39.643	214	39.436	632	39.6	257	39.6
274	39.637	220	39.43				

Note: When rod is supposed to be extended, accumulated settlement is adjust

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ก-4 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างระดับดินกับค่าการทรุดตัวของจุด 4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา 144 ต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก-5 Settlement Plate Survey Data

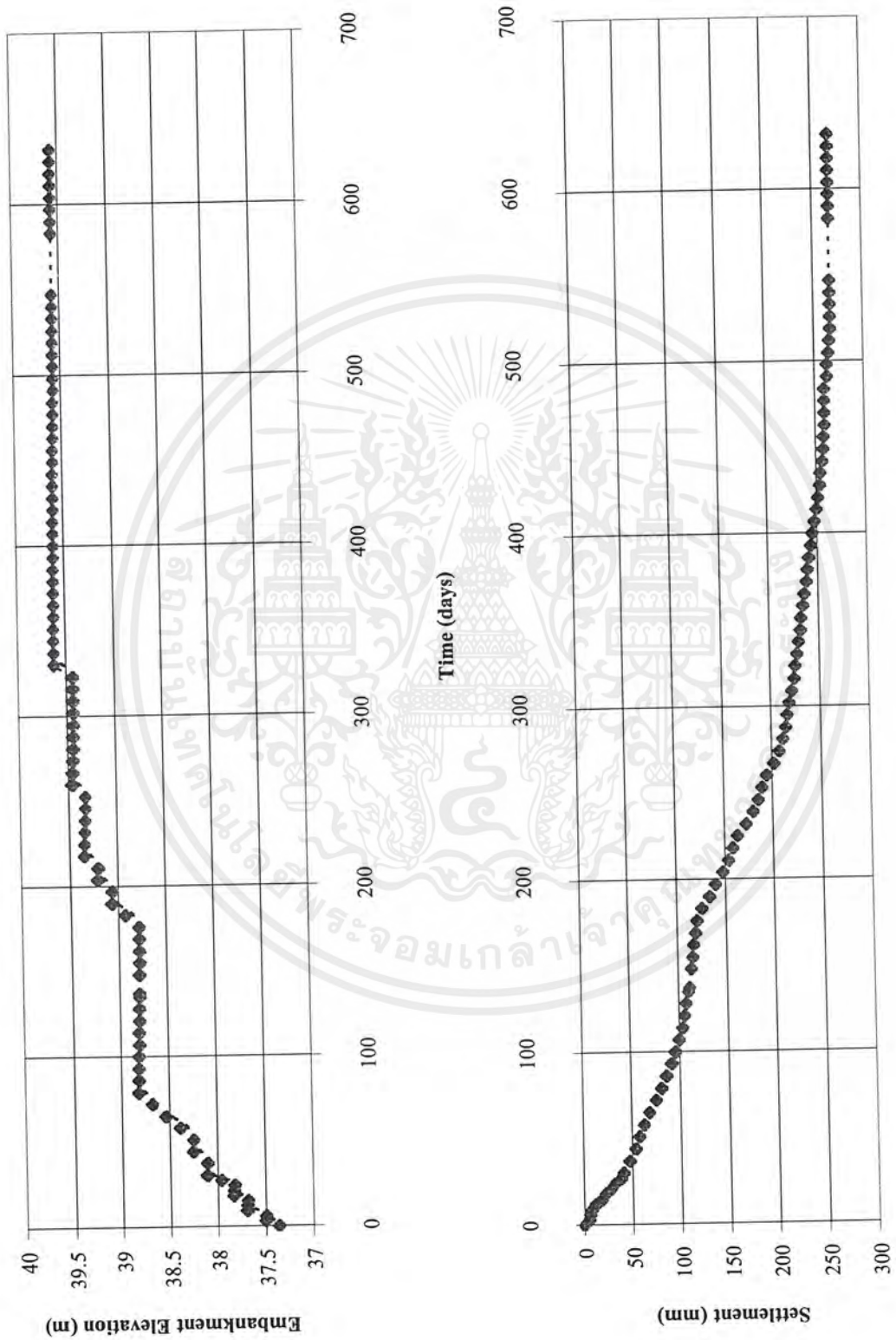
Elaped Time (days)	Station 5			Elaped Time (days)	Station 5		
	Initial Ground EL (m):				Initial Ground EL (m):		
	Initial EL of ssp(m):				Initial EL of ssp(m):		
	Rod EL (m)	Settlement (mm)	Fill EL (m)		Rod EL (m)	Settlement (mm)	Fill EL (m)
0	38.951	0	37.36	281	39.761	212	39.438
3	38.946	5	37.495	288	39.758	215	39.435
6	38.945	6	37.494	295	39.756	217	39.433
9	38.943	8	37.692	302	39.754	219	39.431
12	38.939	12	37.688	309	39.751	222	39.43
15	38.933	18	37.682	316	39.748	225	39.43
18	38.929	22	37.828	323	39.747	226	39.43
21	38.923	28	37.822	330	39.745	228	39.623
24	38.919	32	37.818	337	39.743	230	39.623
27	38.912	39	37.961	344	39.741	232	39.622
30	38.909	42	38.108	351	39.74	233	39.62
37	38.903	48	38.102	358	39.738	235	39.618
44	38.897	54	38.246	365	39.736	237	39.616
51	38.893	58	38.242	372	39.734	239	39.614
58	38.888	63	38.387	379	39.733	240	39.613
65	38.882	69	38.531	386	39.731	242	39.613
65	38.882			393	39.729	244	39.612
72	38.875	76	38.674	400	39.727	246	39.612
79	38.869	82	38.818	407	39.725	248	39.61
86	38.864	87	38.813	414	39.723	250	39.608
93	38.859	92	38.808	421	39.721	252	39.606
93	39.881			428	39.719	254	39.606
100	39.877	96	38.804	435	39.718	255	39.604
107	39.873	100	38.8	442	39.716	257	39.602
114	39.869	104	38.796	449	39.715	258	39.6
121	39.867	106	38.794	456	39.714	259	39.597
128	39.865	108	38.792	463	39.713	260	39.594

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อที่ 145 และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

135	39.862	111	38.789	470	39.713	260	39.591
137	39.861	112	38.788	477	39.713	260	39.588
148	39.859	114	38.786	484	39.713	260	39.585
155	39.857	116	38.784	491	39.71	263	39.582
162	39.856	117	38.783	498	39.71	263	39.582
169	39.854	119	38.781	505	39.708	265	39.58
176	39.852	121	38.779	512	39.707	266	39.579
183	39.847	126	38.924	519	39.706	267	39.578
190	39.839	134	39.066	526	39.706	267	39.578
197	39.833	140	39.06	533	39.706	267	39.578
204	39.825	148	39.202	540	39.706	267	39.578
211	39.819	154	39.196	547	39.706	267	39.578
218	39.814	159	39.341	583	39.706	267	39.578
225	39.809	164	39.336	590	39.706	267	39.578
232	39.8	173	39.332	597	39.706	267	39.578
239	39.793	180	39.327	604	39.706	267	39.578
246	39.787	186	39.322	611	39.706	267	39.578
253	39.783	190	39.317	618	39.706	267	39.578
260	39.778	195	39.455	625	39.706	267	39.578
267	39.771	202	39.448	632	39.706	267	39.578
274	39.765	208	39.442				

Note: When rod is supposed to be extended, accumulated settlement is adjust

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา 146 ละต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ก-5 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างระดับดินต้นกับค่าการทรุดตัวของจุด 5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา 147 และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก-6 Settlement Plate Survey Data

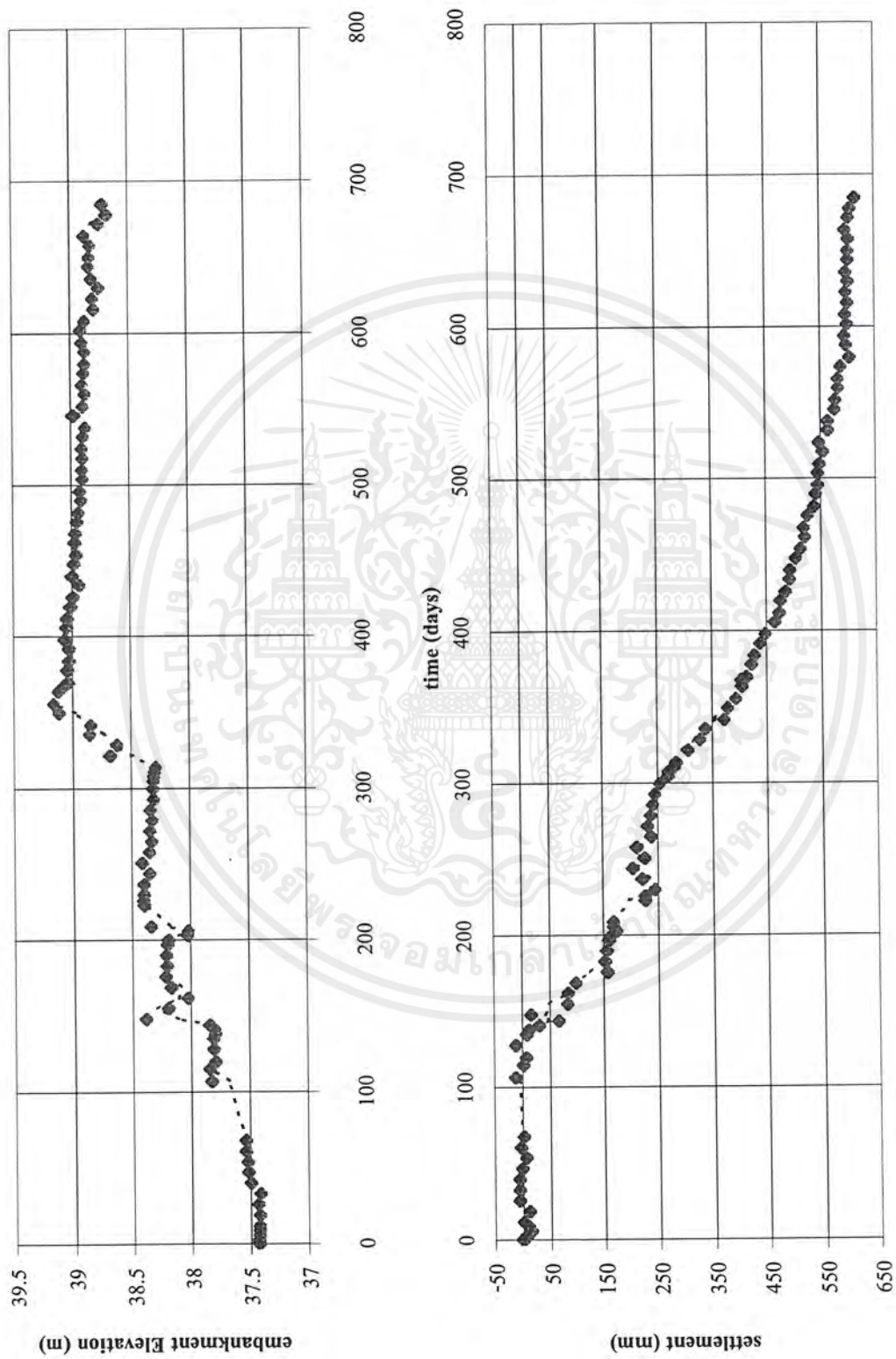
Elaped Time (days)	Station 6			Elaped Time (days)	Station 6		
	Initial Ground EL (m):				Initial Ground EL (m):		
	Initial EL of ssp(m):				Initial EL of ssp(m):		
	Rod EL (m)	Settlement (mm)	Fill EL (m)		Rod EL (m)	Settlement (mm)	Fill EL (m)
0	39.096	0	37.429	336	39.296	338	38.855
1	39.096	0	37.429	342	39.263	371	38.845
3	39.089	7	37.427	350	39.255	379	39.11
6	39.082	14	37.425	356	39.24	394	39.158
9	39.087	9	37.423	364	39.229	405	39.114
12	39.095	1	37.422	368	39.23	404	39.069
19	39.085	11	37.42	370	39.221	413	39.033
26	39.102	-6	37.434	378	39.212	422	39.038
33	39.102	-6	37.415	384	39.206	428	39.023
40	39.102	-6	37.498	392	39.196	438	39.023
47	39.097	-1	37.517	398	39.186	448	39.057
54	39.09	6	37.519	406	39.169	465	39.043
61	39.099	-3	37.535	412	39.161	473	39.039
68	39.094	2	37.536	420	39.158	476	39.008
107	39.108	-12	37.828	426	39.149	485	38.991
115	39.094	2	37.84	434	39.142	492	38.934
120	39.089	7	37.795	440	39.141	493	38.993
128	39.107	-11	37.809	448	39.131	503	38.98
135	39.088	8	37.805	454	39.122	512	38.962
138	39.084	12	37.792	462	39.114	520	38.969
141	39.065	31	37.804	468	39.116	518	38.965
144	39.03	66	37.84	476	39.108	526	38.951
148	39.08	16	38.385	482	39.096	538	38.941
155	39.013	83	38.192	490	39.093	541	38.916
162	39.012	84	38.025	496	39.089	545	38.927
169	38.998	98	38.167	504	39.089	545	38.903
176	38.939	157	38.211	510	39.086	548	38.906

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา 148 จะต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

183	38.943	153	38.201	518	39.08	554	38.903
190	38.94	156	38.206	524	39.087	547	38.906
197	38.936	160	38.197	532	39.071	563	38.897
200	38.932	164	38.187	538	39.071	563	38.879
203	38.921	175	38.026	546	39.059	575	38.982
206	38.928	168	38.022	552	39.056	578	38.898
209	38.928	168	38.337	560	39.051	583	38.876
223	38.869	227	38.398	566	39.051	583	38.902
226	39.407	227	38.401	574	39.046	588	38.886
230	39.39	244	38.398	580	39.03	604	38.876
237	39.413	221	38.398	588	39.036	598	38.879
244	39.429	205	38.349	594	39.039	595	38.902
251	39.409	225	38.412	602	39.034	600	38.91
258	39.422	212	38.348	608	39.037	597	38.879
265	39.396	238	38.329	616	39.033	601	38.793
272	39.402	232	38.344	623	39.036	598	38.803
279	39.397	237	38.322	630	39.032	602	38.749
286	39.393	241	38.339	636	39.036	598	38.816
293	39.389	245	38.306	644	39.032	602	38.839
300	39.38	254	38.312	650	39.032	602	38.836
305	39.365	269	38.306	658	39.031	603	38.826
308	39.364	270	38.303	664	39.037	597	38.878
311	39.354	280	38.299	672	39.031	603	38.752
314	39.35	284	38.291	678	39.028	606	38.684
322	39.329	305	38.685	685	39.019	615	38.719
329	39.306	328	38.624				

Note: When rod is supposed to be extended, accumulated settlement is adjust

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา 149 ละต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 6 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างระดับดินกับค่าการทรุดตัวของจุด 6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก-7 Settlement Plate Survey Data

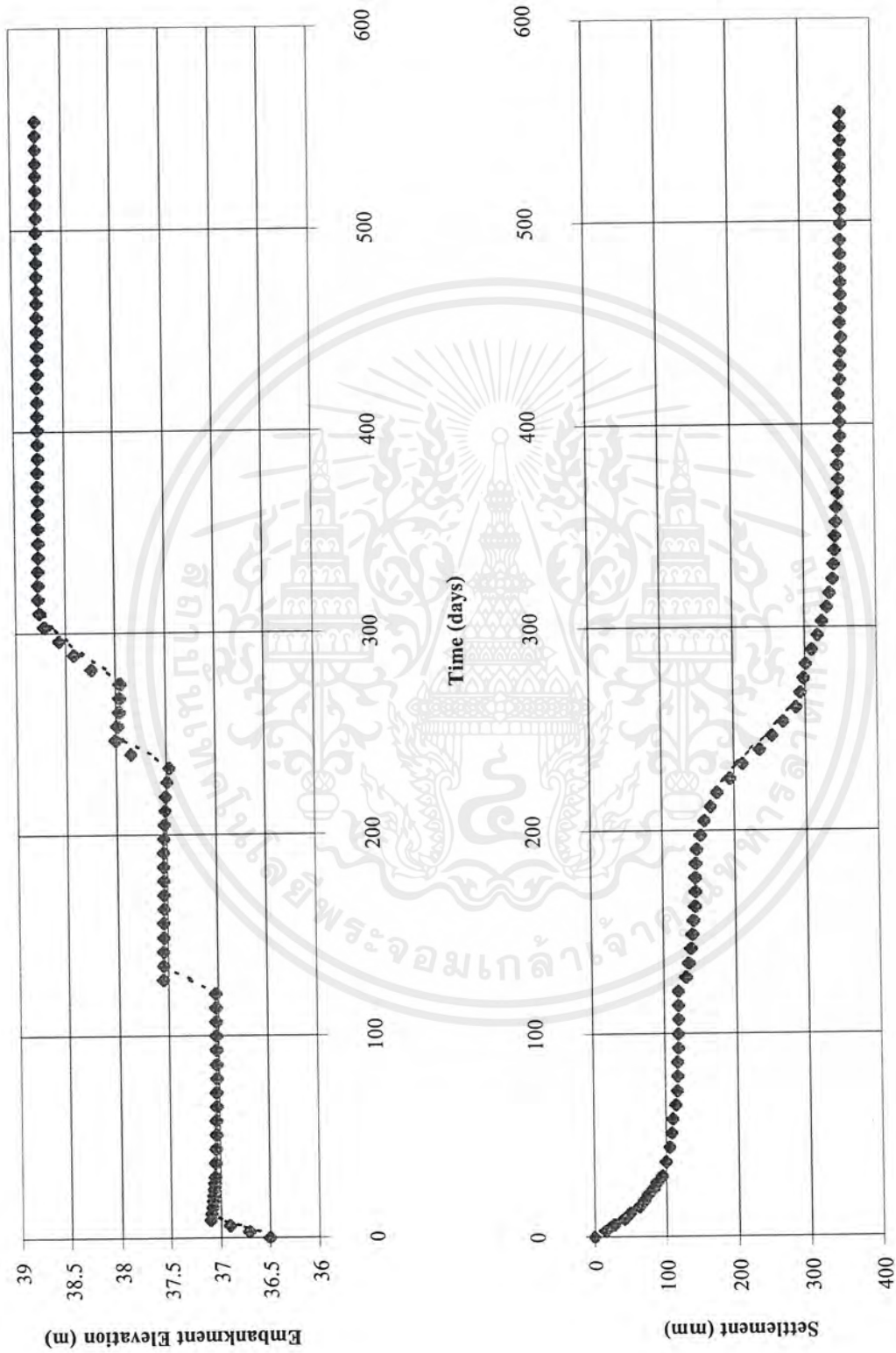
Elaped Time (days)	Station 7			Elaped Time (days)	Station 7		
	Initial Ground EL (m):				Initial Ground EL (m):		
	Initial EL of ssp(m):				Initial EL of ssp(m):		
	Rod EL (m)	Settlement (mm)	Fill EL (m)		Rod EL (m)	Settlement (mm)	Fill EL (m)
0	39.862	0	36.504	261	39.574	288	37.966
3	39.846	16	36.708	268	39.568	294	37.96
6	39.835	27	36.905	275	39.563	299	37.955
9	39.821	41	37.1	282	39.56	302	38.25
12	39.812	50	37.091	289	39.552	310	38.41
15	39.799	63	37.078	296	39.543	319	38.569
18	39.792	70	37.071	303	39.537	325	38.706
21	39.786	76	37.065	310	39.53	332	38.749
24	39.779	83	37.058	317	39.526	336	38.76
27	39.775	87	37.054	324	39.521	341	38.76
30	39.768	94	37.047	331	39.52	342	38.759
37	39.762	100	37.041	338	39.518	344	38.757
44	39.757	105	37.036	345	39.517	345	38.756
51	39.754	108	37.033	352	39.516	346	38.755
58	39.752	110	37.031	359	39.515	347	38.752
65	39.747	115	37.026	366	39.513	349	38.752
72	39.745	117	37.024	373	39.512	350	38.752
79	39.744	118	37.023	380	39.513	349	38.752
86	39.744	118	37.023	387	39.511	351	38.75
93	39.743	119	37.022	394	39.509	353	38.748
100	39.743	119	37.022	401	39.509	353	38.748
107	39.742	120	37.021	408	39.509	353	38.748
114	39.742	120	37.021	415	39.51	352	38.748
121	39.742	120	37.021	422	39.508	354	38.747
128	39.731	131	37.55	429	39.507	355	38.746

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

135	39.727	135	37.546	436	39.507	355	38.746
142	39.724	138	37.543	443	39.506	356	38.746
149	39.722	140	37.541	450	39.507	355	38.746
156	39.72	142	37.539	457	39.506	356	38.745
163	39.718	144	37.537	464	39.506	356	38.745
170	39.717	145	37.536	470	39.506	356	38.745
177	39.717	145	37.536	477	39.506	356	38.745
184	39.716	146	37.535	484	39.506	356	38.745
191	39.715	147	37.534	491	39.506	356	38.745
198	39.709	153	37.528	499	39.505	357	38.745
205	39.704	158	37.523	506	39.505	357	38.745
212	39.694	168	37.513	513	39.505	357	38.744
219	39.685	177	37.504	520	39.505	357	38.744
226	39.667	195	37.486	527	39.505	357	38.744
233	39.649	213	37.468	533	39.505	357	38.744
240	39.625	237	37.853	540	39.504	358	38.744
247	39.608	254	38	547	39.504	358	38.744
254	39.592	270	37.984	554	39.504	358	38.743

Note: When rod is supposed to be extended, accumulated settlement is adjust

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อที่ 152 และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ก-7 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างระดับดินต้นกับค่าการทรุดตัวของจุด 7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา 153 ต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก-8 Settlement Plate Survey Data

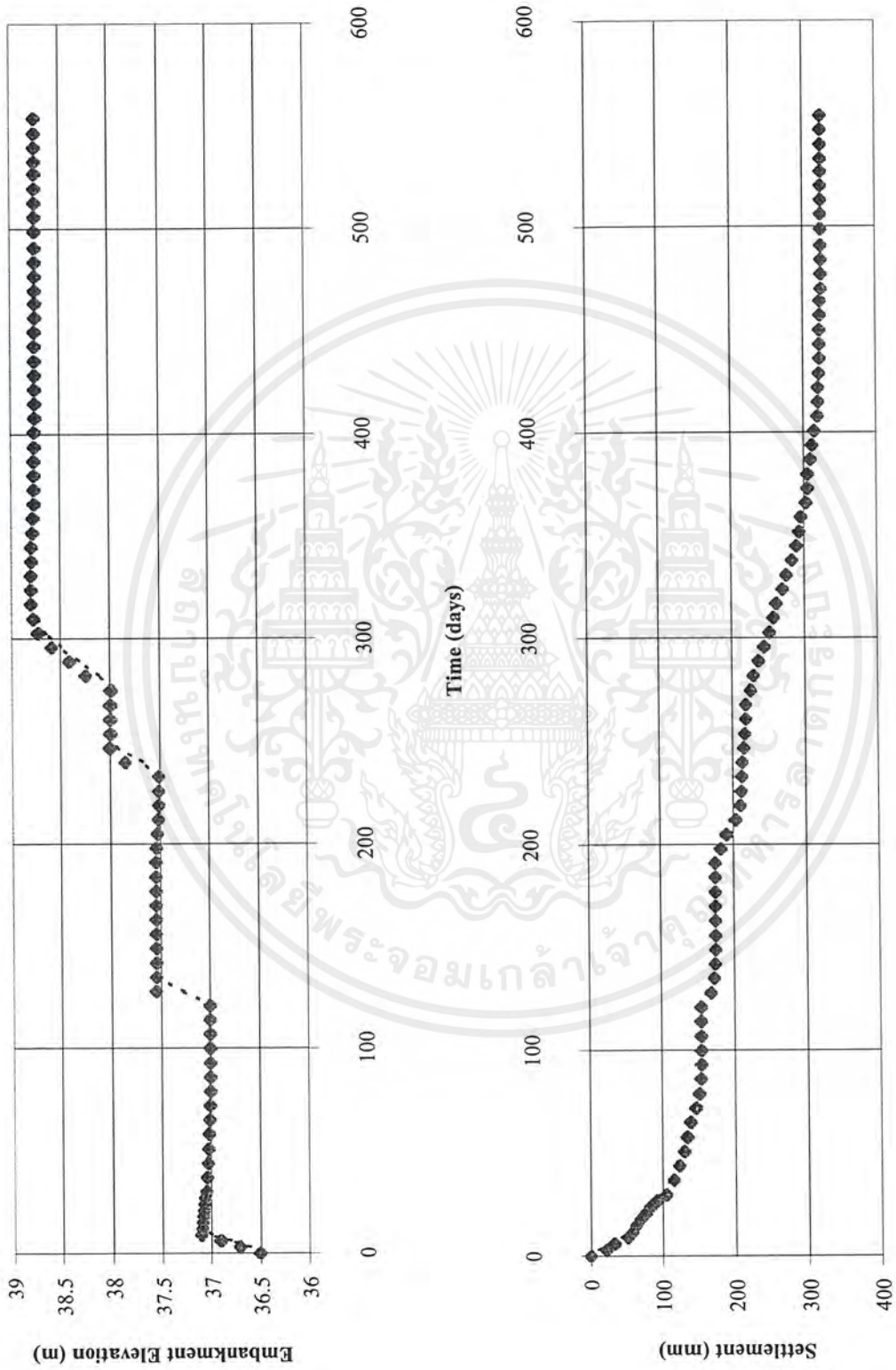
Elaped Time (days)	Station 8			Elaped Time (days)	Station 8		
	Initial Ground EL (m):				Initial Ground EL (m):		
	Initial EL of ssp(m):				Initial EL of ssp(m):		
	Rod EL (m)	Settlement (mm)	Fill EL (m)		Rod EL (m)	Settlement (mm)	Fill EL (m)
0	39.998	0	36.502	261	39.779	219	37.997
3	39.975	23	36.708	268	39.779	219	37.997
6	39.964	34	36.904	275	39.772	226	37.990
9	39.946	52	37.1	282	39.768	230	38.250
12	39.939	59	37.093	289	39.761	237	38.406
15	39.934	64	37.088	296	39.753	245	38.593
18	39.928	70	37.082	303	39.746	252	38.723
21	39.92	78	37.074	310	39.740	258	38.770
24	39.914	84	37.068	317	39.736	262	38.790
27	39.905	93	37.059	324	39.728	270	38.789
30	39.893	105	37.047	331	39.722	276	38.789
37	39.882	116	37.036	338	39.714	284	38.788
44	39.874	124	37.028	345	39.708	290	38.788
51	39.867	131	37.021	352	39.704	294	38.776
58	39.863	135	37.017	359	39.702	296	38.767
65	39.858	140	37.012	366	39.695	303	38.759
72	39.851	147	37.005	373	39.692	306	38.759
79	39.846	152	37	380	39.692	306	38.759
86	39.844	154	36.998	387	39.688	310	38.755
93	39.843	155	36.997	394	39.686	312	38.753
100	39.843	155	36.997	401	39.683	315	38.750
107	39.843	155	36.997	408	39.678	320	38.745
114	39.843	155	36.997	415	39.677	321	38.744
121	39.843	155	36.997	422	39.677	321	38.744
128	39.829	169	37.55	429	39.676	322	38.743
135	39.824	174	37.545	436	39.675	323	38.742
142	39.823	175	37.544	443	39.675	323	38.742

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา 154 และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

149	39.822	176	37.543	450	39.675	323	38.742
156	39.822	176	37.543	457	39.674	324	38.741
163	39.822	176	37.543	464	39.674	324	38.741
170	39.822	176	37.543	470	39.673	325	38.740
177	39.822	176	37.543	477	39.673	325	38.740
184	39.822	176	37.543	484	39.673	325	38.740
191	39.822	176	37.543	491	39.673	325	38.740
198	39.814	184	37.535	499	39.673	325	38.740
205	39.806	192	37.527	506	39.673	325	38.740
212	39.794	204	37.515	513	39.673	325	38.740
219	39.787	211	37.508	520	39.673	325	38.740
226	39.786	212	37.507	527	39.673	325	38.740
233	39.785	213	37.506	533	39.673	325	38.740
240	39.784	214	37.851	540	39.673	325	38.740
247	39.782	216	38	547	39.673	325	38.740
254	39.78	218	37.998	554	39.673	325	38.740

Note: When rod is supposed to be extended, accumulated settlement is adjust

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา 155 ต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ก-8 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างระดับดินกับค่าการทรุดตัวของจุด 8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก-9 Settlement Plate Survey Data

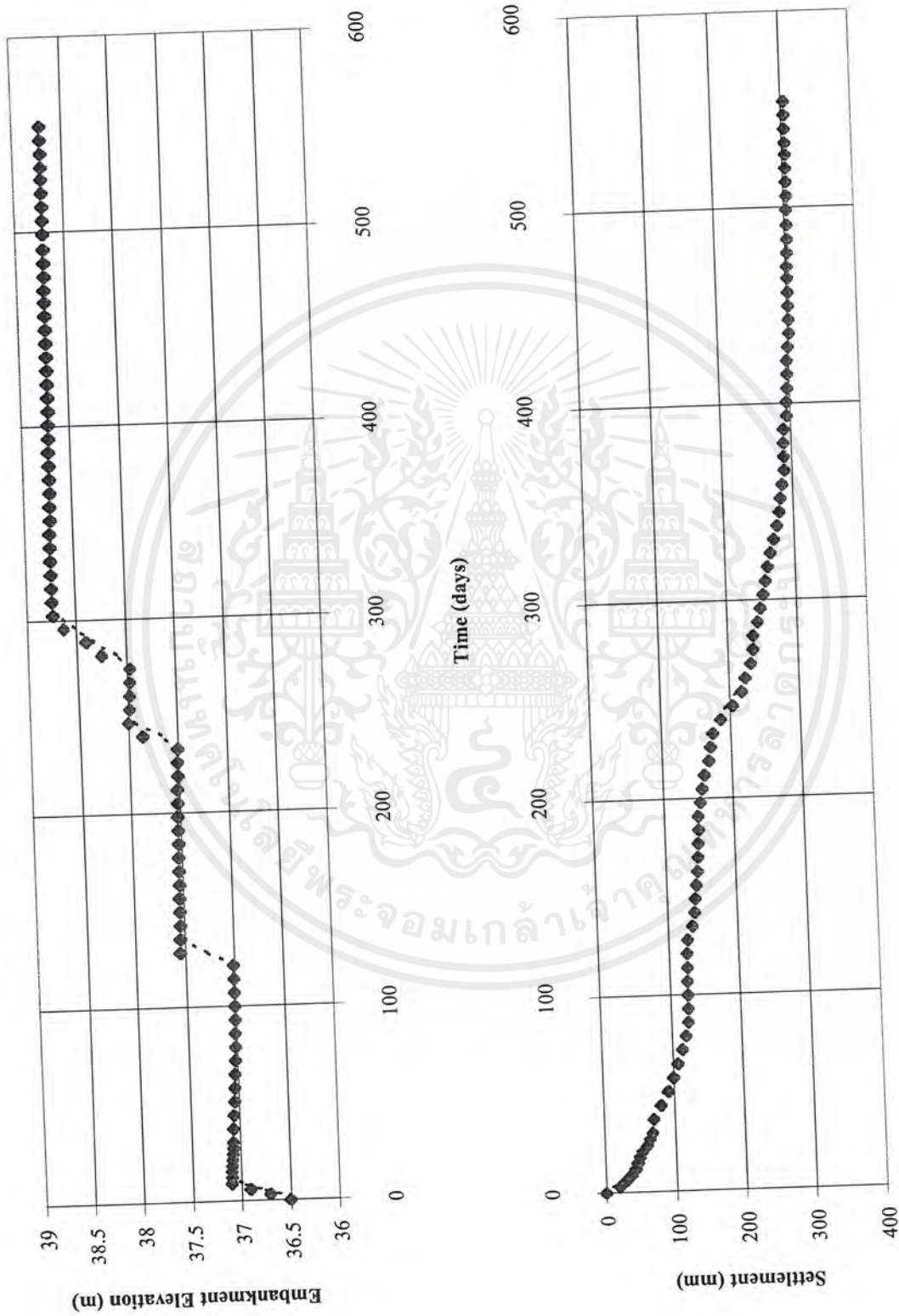
Elaped Time (days)	Station 9			Elaped Time (days)	Station 9		
	Initial Ground EL (m):				Initial Ground EL (m):		
	Initial EL of ssp(m):				Initial EL of ssp(m):		
	Rod EL (m)	Settlement (mm)	Fill EL (m)		Rod EL (m)	Settlement (mm)	Fill EL (m)
0	39.869	0	36.503	261	39.646	223	37.981
3	39.849	20	36.704	268	39.638	231	37.973
6	39.839	30	36.907	275	39.634	235	37.969
9	39.832	37	37.1	282	39.633	236	38.250
12	39.826	43	37.094	289	39.626	243	38.410
15	39.823	46	37.091	296	39.621	248	38.629
18	39.82	49	37.088	303	39.617	252	38.740
21	39.816	53	37.084	310	39.613	256	38.749
24	39.809	60	37.077	317	39.609	260	38.750
27	39.805	64	37.073	324	39.604	265	38.750
30	39.801	68	37.069	331	39.599	270	38.749
37	39.799	70	37.067	338	39.593	276	38.749
44	39.788	81	37.056	345	39.589	280	38.748
51	39.777	92	37.045	352	39.587	282	38.739
58	39.769	100	37.037	359	39.584	285	38.734
65	39.762	107	37.03	366	39.580	289	38.730
72	39.755	114	37.023	373	39.580	289	38.730
79	39.749	120	37.017	380	39.580	289	38.730
86	39.745	124	37.013	387	39.579	290	38.729
93	39.744	125	37.012	394	39.574	295	38.724
100	39.744	125	37.012	401	39.574	295	38.724
107	39.744	125	37.012	408	39.572	297	38.722
114	39.743	126	37.011	415	39.571	298	38.721
121	39.743	126	37.011	422	39.571	298	38.721
128	39.742	127	37.55	429	39.569	300	38.719
135	39.734	135	37.542	436	39.567	302	38.717
142	39.73	139	37.538	443	39.567	302	38.717

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อ 157 และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

149	39.728	141	37.536	450	39.567	302	38.717
156	39.726	143	37.534	457	39.567	302	38.717
163	39.724	145	37.532	464	39.567	302	38.717
170	39.722	147	37.53	470	39.567	302	38.717
177	39.721	148	37.529	477	39.566	303	38.716
184	39.72	149	37.528	484	39.565	304	38.715
191	39.72	149	37.528	491	39.565	304	38.715
198	39.716	153	37.524	499	39.565	304	38.715
205	39.713	156	37.521	506	39.564	305	38.714
212	39.709	160	37.517	513	39.564	305	38.714
219	39.702	167	37.51	520	39.564	305	38.714
226	39.699	170	37.507	527	39.564	305	38.714
233	39.695	174	37.503	533	39.564	305	38.714
240	39.683	186	37.854	540	39.564	305	38.714
247	39.665	204	38	547	39.564	305	38.714
254	39.652	217	37.987	554	39.564	305	38.714

Note: When rod is supposed to be extended, accumulated settlement is adjust

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ก-9 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างระดับดินกับค่าการทรุดตัวของจุด 9

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา 159 และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก-10 Settlement Plate Survey Data

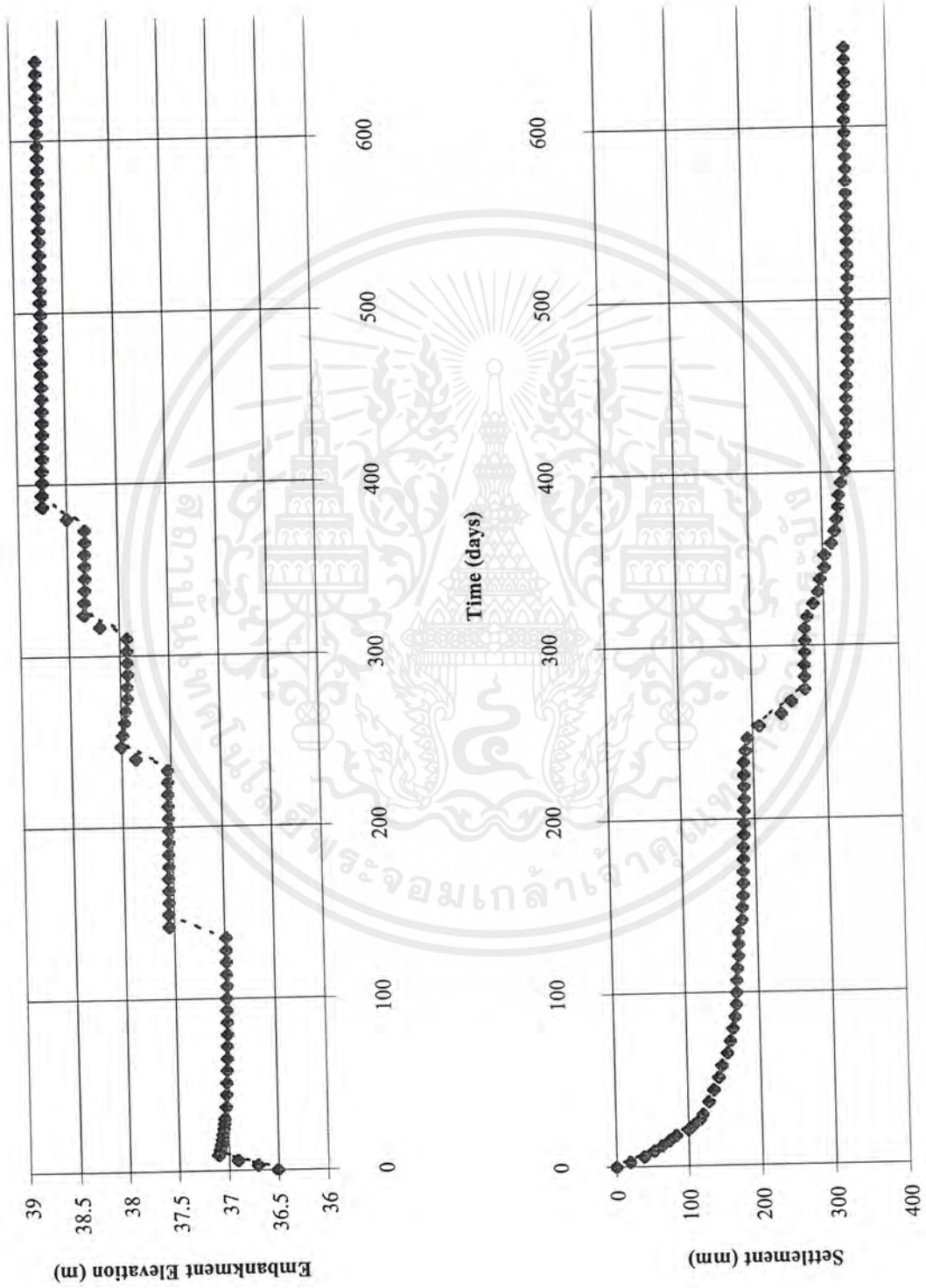
Elaped Time (days)	Station 10			Elaped Time (days)	Station 10		
	Initial Ground EL (m):				Initial Ground EL (m):		
	Initial EL of ssp(m):				Initial EL of ssp(m):		
	Rod EL (m)	Settlement (mm)	Fill EL (m)		Rod EL (m)	Settlement (mm)	Fill EL (m)
0	38.379	0	36.504	310	38.11	269	37.921
3	38.362	17	36.706	317	38.105	274	38.189
6	38.351	28	36.905	324	38.1	279	38.35
9	38.34	39	37.1	331	38.096	283	38.346
12	38.325	54	37.085	338	38.09	289	38.34
15	38.311	68	37.071	345	38.087	292	38.337
18	38.303	76	37.063	352	38.084	295	38.334
21	38.294	85	37.054	359	38.082	297	38.332
24	38.285	94	37.045	366	38.08	299	38.33
27	38.275	104	37.038	373	38.072	307	38.328
30	38.272	107	37.032	380	38.071	308	38.5
37	38.258	121	37.018	387	38.069	310	38.75
44	38.25	129	37.01	394	38.064	315	38.745
51	38.241	138	37.001	401	38.06	319	38.741
58	38.236	143	36.996	408	38.059	320	38.74
65	38.233	146	36.993	415	38.056	323	38.737
72	38.232	147	36.992	422	38.054	325	38.735
79	38.229	150	36.989	429	38.05	329	38.731
86	38.226	153	36.986	436	38.049	330	38.73
93	38.225	154	36.985	443	38.047	332	38.73
100	38.224	155	36.984	450	38.047	332	38.729
107	38.223	156	36.983	457	38.047	332	38.728
114	38.223	156	36.983	464	38.047	332	38.728

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

121	38.222	157	36.982	471	38.046	333	38.728
128	38.222	157	36.982	478	38.046	333	38.728
135	38.222	157	36.982	485	38.046	333	38.727
142	38.216	163	37.55	492	38.046	333	38.727
149	38.213	166	37.547	499	38.046	333	38.727
156	38.211	168	37.545	506	38.046	333	38.727
163	38.209	170	37.543	513	38.046	333	38.727
170	38.207	172	37.541	520	38.045	334	38.726
177	38.206	173	37.54	527	38.045	334	38.726
184	38.205	174	37.539	534	38.045	334	38.726
191	38.203	176	37.534	541	38.045	334	38.726
198	38.2	179	37.533	548	38.045	334	38.726
205	38.199	180	37.532	555	38.045	334	38.726
212	38.198	181	37.531	562	38.045	334	38.726
219	38.197	182	37.531	569	38.045	334	38.726
226	38.197	182	37.531	576	38.045	334	38.726
233	38.197	182	37.531	583	38.045	334	38.726
240	38.194	185	37.851	590	38.045	334	38.726
247	38.189	190	38	597	38.045	334	38.726
254	38.175	204	37.986	604	38.045	334	38.726
261	38.151	228	37.962	611	38.045	334	38.726
268	38.133	246	37.944	618	38.045	334	38.726
275	38.118	261	37.929	625	38.045	334	38.725
282	38.115	264	37.926	632	38.045	334	38.725
289	38.113	266	37.924	639	38.045	334	38.724
296	38.112	267	37.923	646	38.044	335	38.724
303	38.11	269	37.921				

Note: When rod is supposed to be extended, accumulated settlement is adjust

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา 161 ต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ก-10 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างระดับดินกับค่าการทรุดตัวของจุด 10

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา 162 ต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก-11 Settlement Plate Survey Data

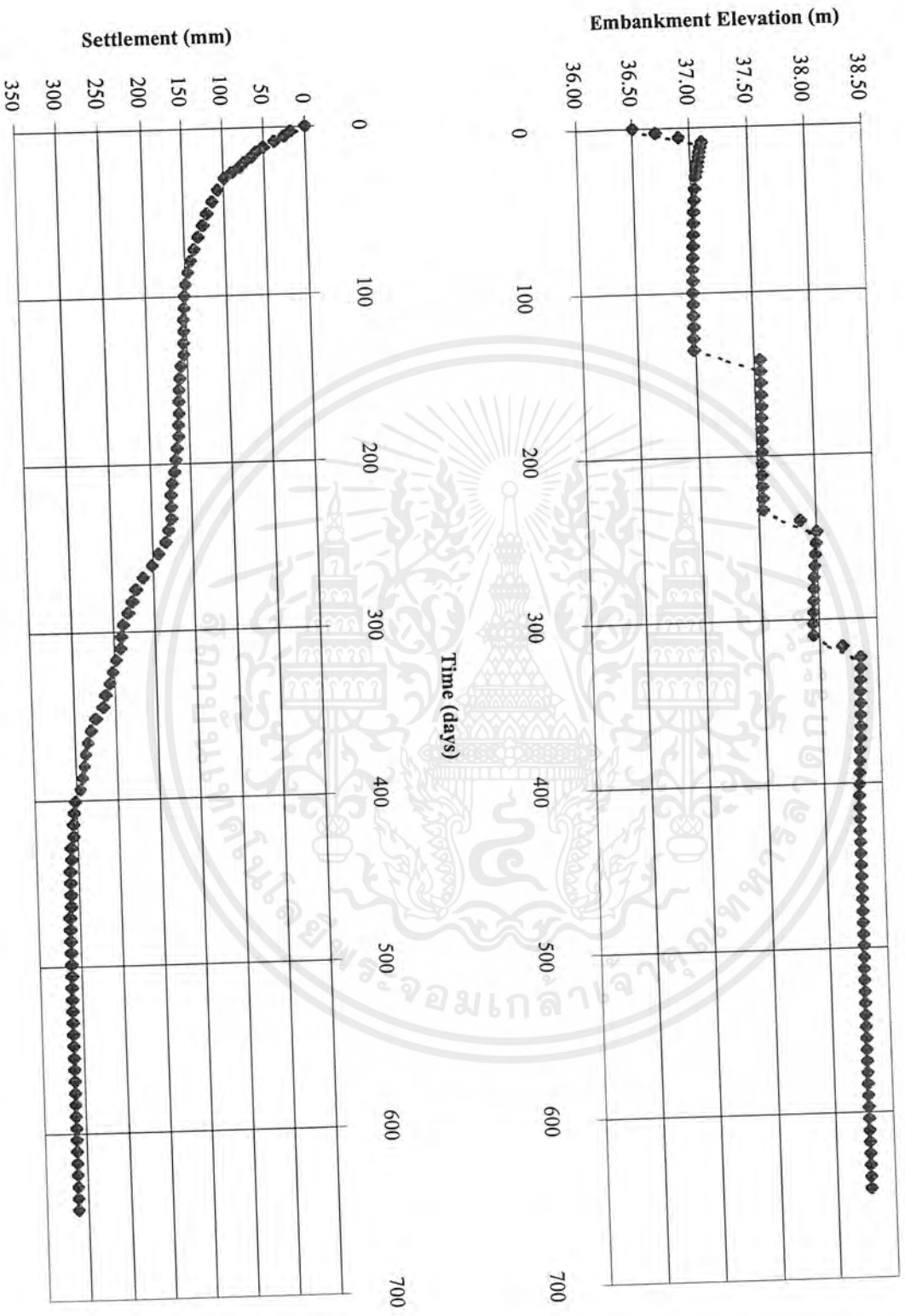
Elaped Time (days)	Station 11			Elaped Time (days)	Station 11		
	Initial Ground EL (m):				Initial Ground EL (m):		
	Initial EL of ssp(m):				Initial EL of ssp(m):		
	Rod EL (m)	Settlement (mm)	Fill EL (m)		Rod EL (m)	Settlement (mm)	Fill EL (m)
0	38.532	0	36.503	310	38.290	242	37.942
3	38.514	18	36.706	317	38.284	248	38.198
6	38.506	26	36.904	324	38.279	253	38.350
9	38.494	38	37.100	331	38.275	257	38.346
12	38.481	51	37.087	338	38.270	262	38.341
15	38.472	60	37.078	345	38.267	265	38.338
18	38.466	66	37.072	352	38.258	274	38.335
21	38.457	75	37.063	359	38.252	280	38.333
24	38.451	81	37.057	366	38.248	284	38.330
27	38.442	90	37.048	373	38.245	287	38.328
30	38.433	99	37.039	380	38.243	289	38.319
37	38.424	108	37.030	387	38.240	292	38.311
44	38.417	115	37.023	394	38.237	295	38.308
51	38.410	122	37.016	401	38.230	302	38.301
58	38.405	127	37.011	408	38.228	304	38.299
65	38.399	133	37.005	415	38.227	305	38.298
72	38.394	138	37.000	422	38.227	305	38.298
79	38.389	143	36.995	429	38.224	308	38.295
86	38.385	147	36.991	436	38.224	308	38.295
93	38.382	150	36.988	443	38.222	310	38.295
100	38.380	152	36.986	450	38.222	310	38.293
107	38.379	153	36.985	457	38.222	310	38.293
114	38.378	154	36.984	464	38.222	310	38.293

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

121	38.378	154	36.984	471	38.220	312	38.293
128	38.377	155	36.983	478	38.220	312	38.293
135	38.377	155	36.983	485	38.220	312	38.291
142	38.373	159	37.550	492	38.220	312	38.291
149	38.371	161	37.548	499	38.220	312	38.291
156	38.370	162	37.547	506	38.220	312	38.291
163	38.369	163	37.546	513	38.219	313	38.290
170	38.369	163	37.546	520	38.219	313	38.290
177	38.368	164	37.545	527	38.219	313	38.290
184	38.368	164	37.545	534	38.219	313	38.290
191	38.365	167	37.542	541	38.219	313	38.290
198	38.363	169	37.540	548	38.219	313	38.290
205	38.361	171	37.538	555	38.219	313	38.290
212	38.358	174	37.535	562	38.219	313	38.290
219	38.356	176	37.533	569	38.219	313	38.290
226	38.356	176	37.533	576	38.219	313	38.290
233	38.356	176	37.533	583	38.219	313	38.290
240	38.352	180	37.857	590	38.219	313	38.290
247	38.348	184	38.000	597	38.219	313	38.290
254	38.339	193	37.991	604	38.219	313	38.290
261	38.330	202	37.982	611	38.219	313	38.290
268	38.318	214	37.970	618	38.219	313	38.290
275	38.310	222	37.962	625	38.219	313	38.290
282	38.305	227	37.957	632	38.219	313	38.290
289	38.300	232	37.952	639	38.219	313	38.290
296	38.294	238	37.946	646	38.219	313	38.290
303	38.291	241	37.943				

Note: When rod is supposed to be extended, accumulated settlement is adjust

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาก่อนและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ก-11 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างระดับดินกับค่าการทรุดตัวของจุด 11



ภาคผนวก ข.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางแสดงการทำระดับการทหุดตัวของผิวดินบริเวณข้าง Shop โยธาท่า

ตารางที่ ข-1

ครั้งที่ 1 วันที่ 5 พย. 2541

Sta.	BS.	HI.	IFS.	FS.	Elve.	Remark
BM	0.852	2.843			1.991	
BM 1			1.548		1.295	จุดที่ 1
TP 1	1.405	2.813		1.435	1.408	
BM 2			1.435		1.378	จุดที่ 2
BM 3			1.446		1.367	จุดที่ 3
BM	1.443	2.851		1.405	1.408	
				0.88	1.991	

ตารางที่ ข-2

ครั้งที่ 2 วันที่ 11 พย. 2541

Sta.	BS.	HI.	IFS.		Elve.	Remark
BM	0.97	2.961			1.991	
BM 1			1.667		1.294	จุดที่ 1
TP 1	1.514	2.921		1.554	1.407	
BM 2			1.544		1.377	จุดที่ 2
BM 3			1.555		1.366	จุดที่ 3
BM	1.549	2.956		1.514	1.407	
				0.965	1.991	

ตารางที่ ข-3

ครั้งที่ 3 วันที่ 18 พย. 2541

Sta.	BS.	HI.	IFS.		Elve.	Remark
BM	0.756	2.747			1.991	
BM 1			1.454		1.294	จุดที่ 1
TP 1	1.215	2.622		1.211	1.407	
BM 2			1.247		1.376	จุดที่ 2
BM 3			1.257		1.365	จุดที่ 3
BM	1.245	2.652		1.215	1.407	
				0.661	1.991	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข-4

ครั้งที่ 4 วันที่ 25 พย. 2541

Sta.	BS.	HI.	IFS.	FS	Elev.	Remark
BM	0.627	2.618			1.991	
BM 1			1.325		1.293	จุดที่ 1
TP 1	1.172	2.579		1.211	1.407	
BM 2			1.204		1.375	จุดที่ 2
BM 3			1.214		1.365	จุดที่ 3
BM	1.233	2.64		1.172	1.407	
				0.649	1.991	

ตารางที่ ข-5

ครั้งที่ 5 วันที่ 2 ธค. 2541

Sta.	BS.	HI.	IFS.	FS	Elev.	Remark
BM	0.93	2.921			1.991	
BM 1			1.629		1.292	จุดที่ 1
TP 1	1.486	2.893		1.514	1.407	
BM 2			1.519		1.374	จุดที่ 2
BM 3			1.529		1.364	จุดที่ 3
BM	1.525	2.932		1.486	1.407	
				0.941	1.991	

ตารางที่ ข-6

ครั้งที่ 6 วันที่ 16 ธค. 2541

Sta.	BS.	HI.	IFS.	FS	Elev.	Remark
BM	0.723	2.714			1.991	
BM 1			1.423		1.291	จุดที่ 1
TP 1	1.155	2.561		1.308	1.406	
BM 2			1.187		1.374	จุดที่ 2
BM 3			1.198		1.363	จุดที่ 3
BM	1.218	2.624		1.155	1.406	
				0.631	1.991	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข-7

ครั้งที่ 7 วันที่ 30 ธค. 2541

Sta.	BS.	HI.	IFS.	FS	Elev.	Remark
BM	0.185	2.806			1.991	
BM 1			1.515		1.291	จุดที่ 1
TP 1	1.264	2.67		1.4	1.406	
BM 2			1.297		1.373	จุดที่ 2
BM 3			1.308		1.362	จุดที่ 3
BM	1.328	2.734		1.264	1.406	
				0.743	1.991	

ตารางที่ ข-8

ครั้งที่ 8 วันที่ 14 มค. 2542

Sta.	BS.	HI.	IFS.	FS	Elev.	Remark
BM	0.745	2.736			1.991	
BM 1			1.446		1.29	จุดที่ 1
TP 1	1.49	2.894		1.332	1.404	
BM 2			1.522		1.372	จุดที่ 2
BM 3			1.532		1.362	จุดที่ 3
BM	1.282	2.686		1.49	1.404	
				0.695	1.991	

ตารางที่ ข-9

ครั้งที่ 9 วันที่ 29 มค. 2542

Sta.	BS.	HI.	IFS.	FS	Elev.	Remark
BM	0.828	2.819			1.991	
BM 1			1.53		1.289	จุดที่ 1
TP 1	1.372	2.775		1.416	1.403	
BM 3			1.415		1.36	จุดที่ 3
BM	1.356	2.759		1.372	1.403	
				0.768	1.991	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาหรือจะต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข-10

ครั้งที่ 10 วันที่ 19 กพ. 2542

Sta.	BS.	HI.	IFS.	FS	Elev.	Remark
BM	0.775	2.766			1.991	
BM 1			1.479		1.287	จุดที่ 1
TP 1	1.316	2.719		1.363	1.403	
BM 3			1.36		1.359	จุดที่ 3
BM	1.333	2.736		1.316	1.403	
				0.745	1.991	

ตารางที่ ข-11

ครั้งที่ 11 วันที่ 12 มีค. 2542

Sta.	BS.	HI.	IFS.	FS	Elev.	Remark
BM	0.866	2.857			1.991	
BM 1			1.571		1.286	จุดที่ 1
TP 1	1.416	2.818		1.455	1.402	
BM 3			1.461		1.357	จุดที่ 3
BM	1.46	2.862		1.416	1.402	
				0.871	1.991	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง ทำการวัดระดับการทรุดตัวของบริเวณตึก 12 ชั้น

ตารางที่ ข-12 ครั้งที่ 1 วันที่ 19/11/41

	BS	HI	FS	Elev.	Remark
BM	0.751	1.751		1.000	สมมติไว้
BM1	1.223	1.594	1.38	0.371	จุดที่ 1
BM			0.594	1.000	

ตารางที่ ข-13 ครั้งที่ 2 วันที่ 21/12/41

	BS	HI	FS	Elev.	Remark
BM	0.685	1.685		1.000	สมมติไว้
BM1	1.365	1.733	1.317	0.368	จุดที่ 1
BM			0.733	1.000	

ตารางที่ ข-14 ครั้งที่ 3 วันที่ 22/1/42

	BS	HI	FS	Elev.	Remark
BM	0.521	1.521		1.000	สมมติไว้
BM1	1.265	1.631	1.155	0.366	จุดที่ 1
BM			0.631	1.000	

ตารางที่ ข-15 ครั้งที่ 4 วันที่ 24/2/42

	BS	HI	FS	Elev.	Remark
BM	0.615	1.615		1.000	สมมติไว้
BM1	1.330	1.693	1.252	0.363	จุดที่ 1
BM			0.693	1.000	

ตารางที่ ข-16 ครั้งที่ 5 วันที่ 16/3/42

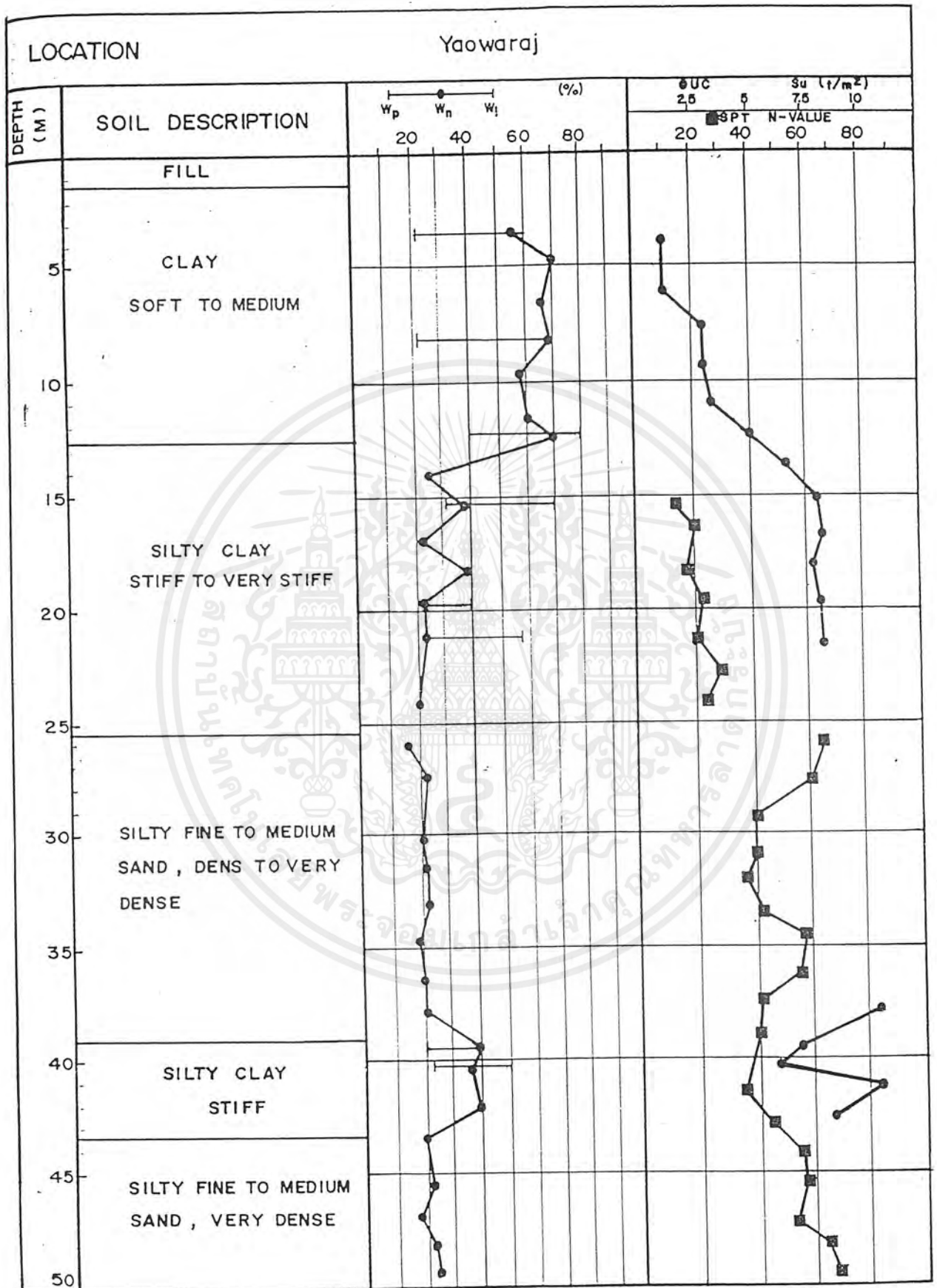
	BS	HI	FS	Elev.	Remark
BM	0.590	1.590		1.000	สมมติไว้
BM1	1.283	1.913	1.229	0.630	จุดที่ 1
BM			0.644	1.000	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อเรื่องและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



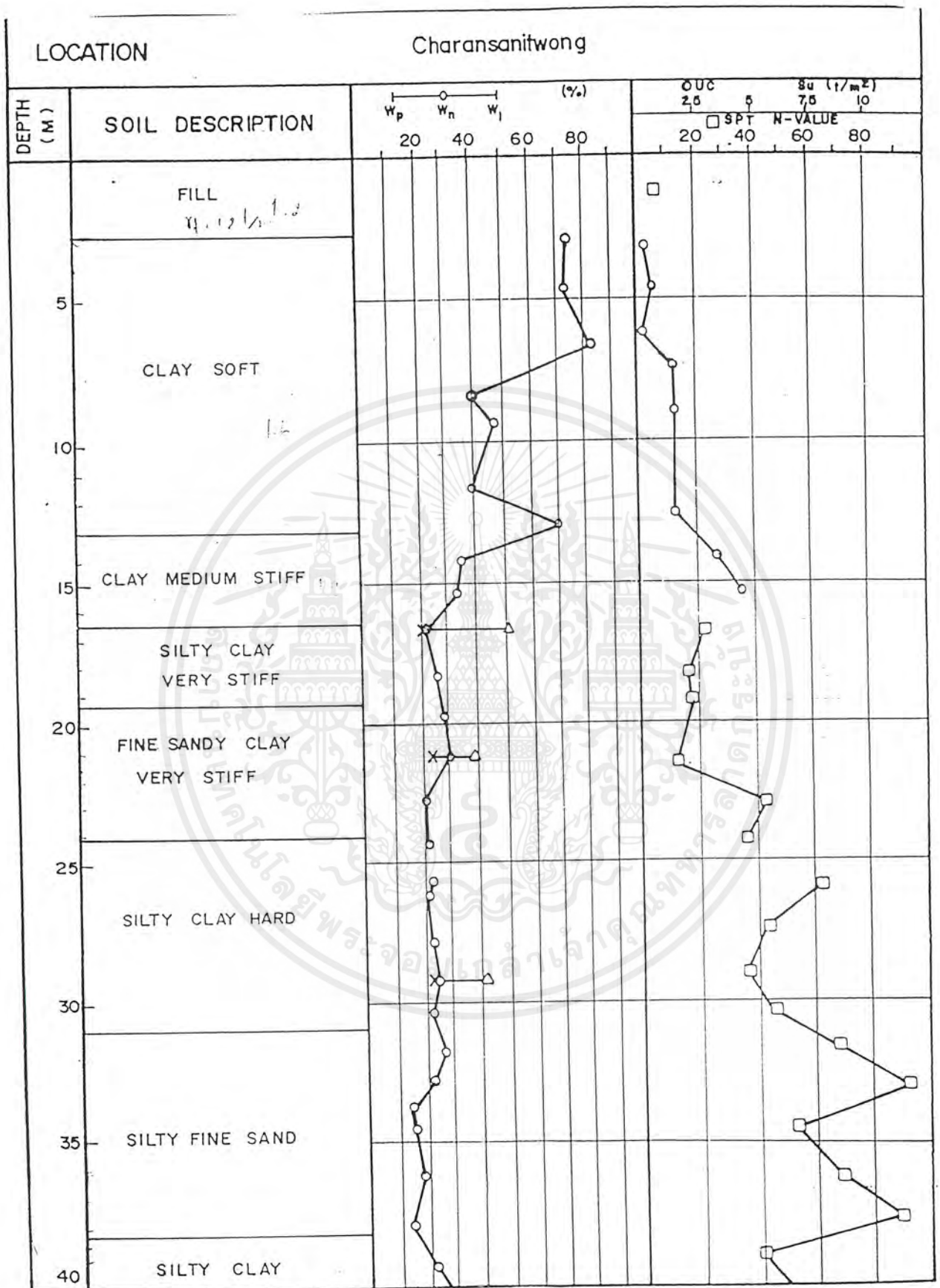
ภาคผนวก ค.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



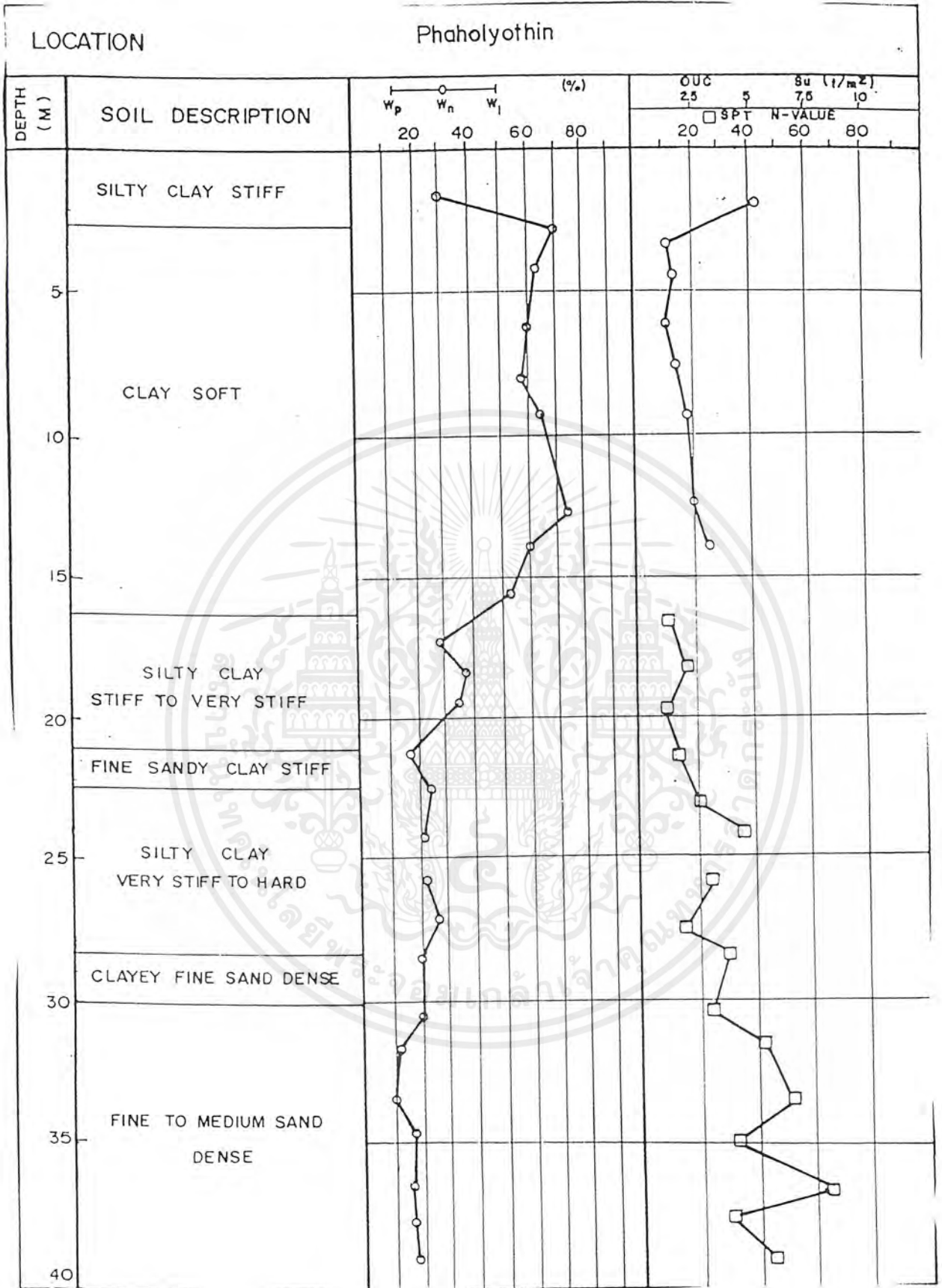
รูปที่ ค-1 BORING LOG บริเวณถนนเขาวราช

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการแข่งขันเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่ออนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



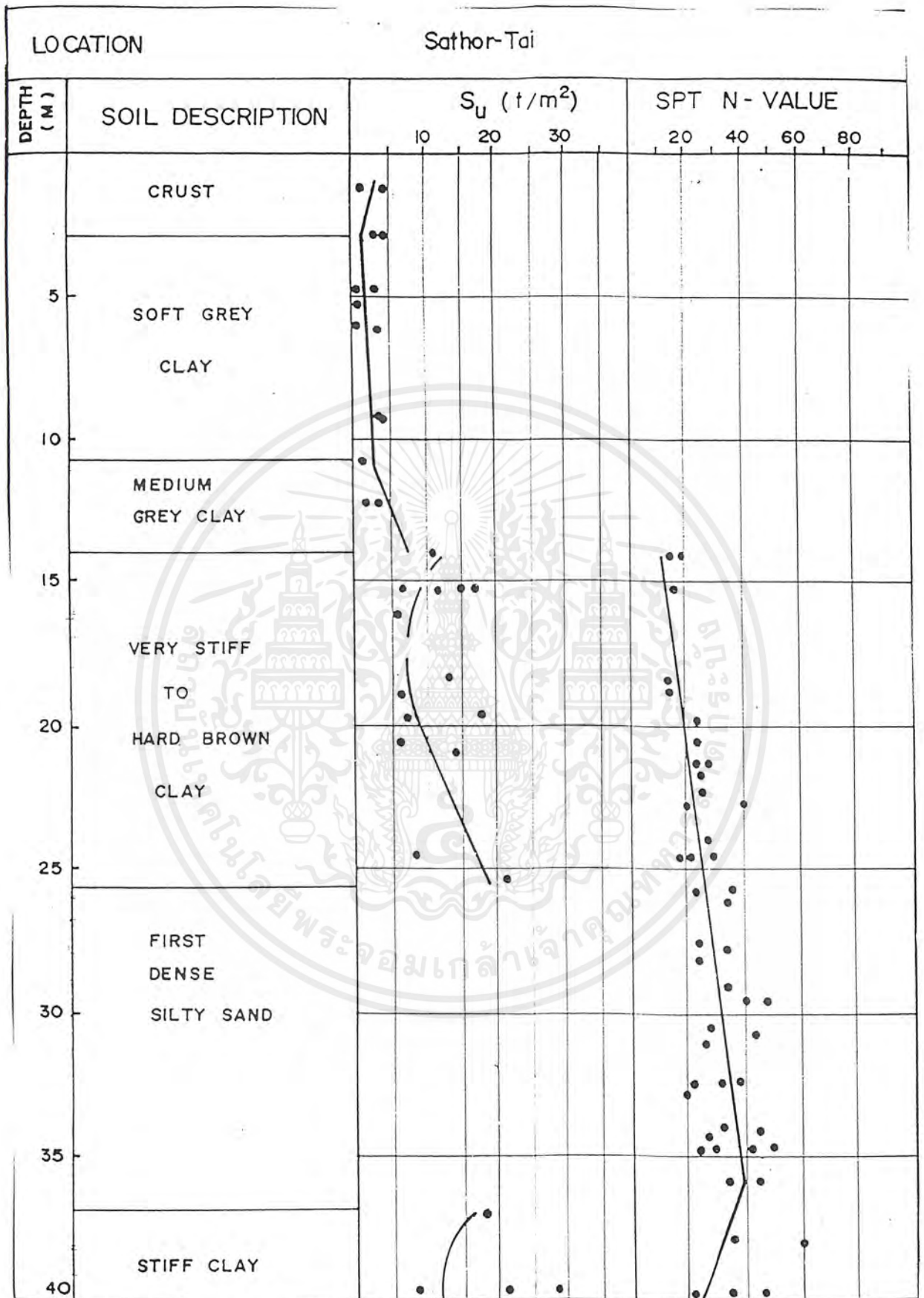
รูปที่ ๒-2 BORING LOG บริเวณถนนรัชดาภิเษก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์หรือการเขียนเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่ออนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

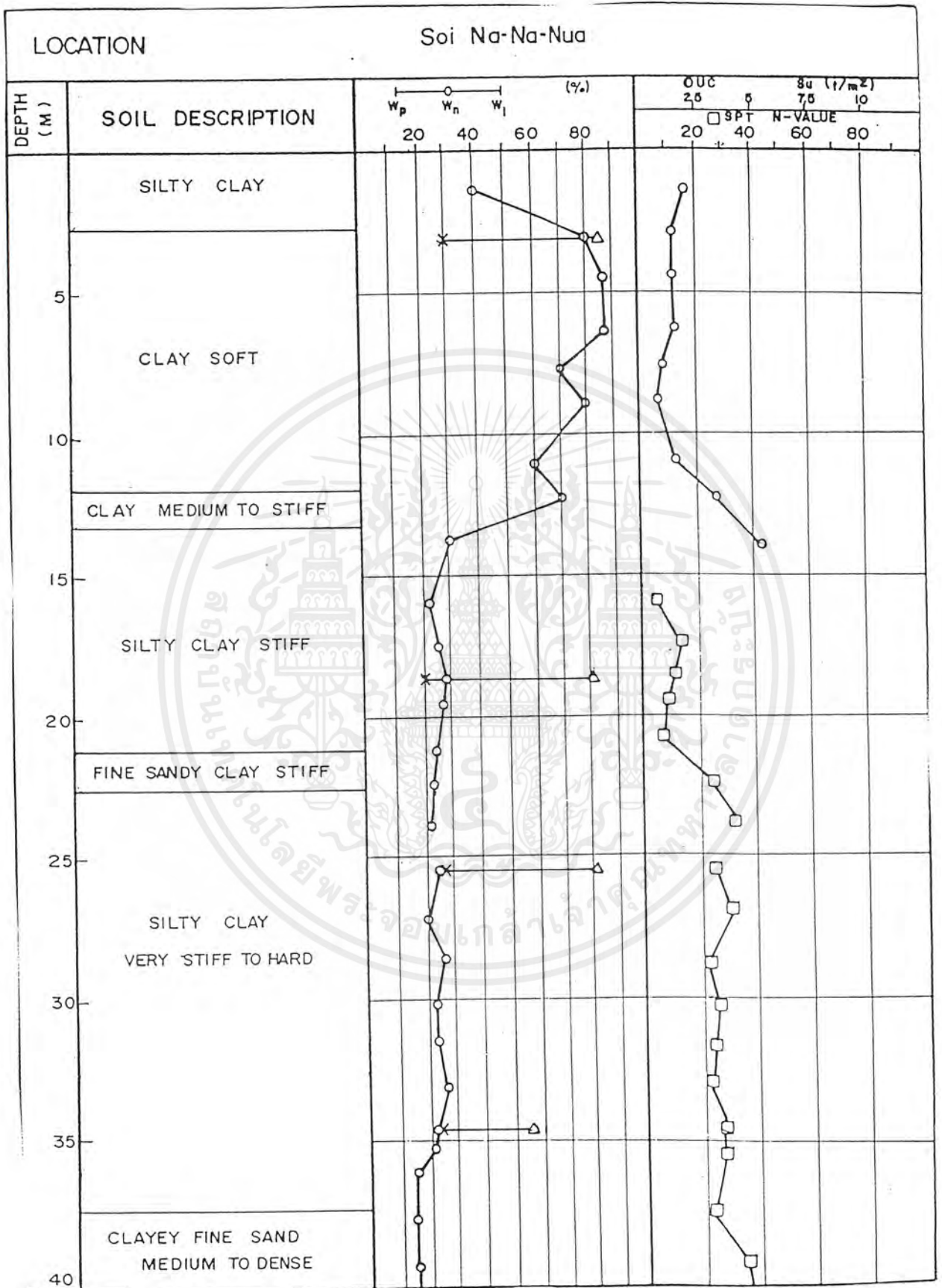


รูปที่ ค-3 BORING LOG บริเวณถนนพหลโยธิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์สำหรับกรรเรียนเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไมอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

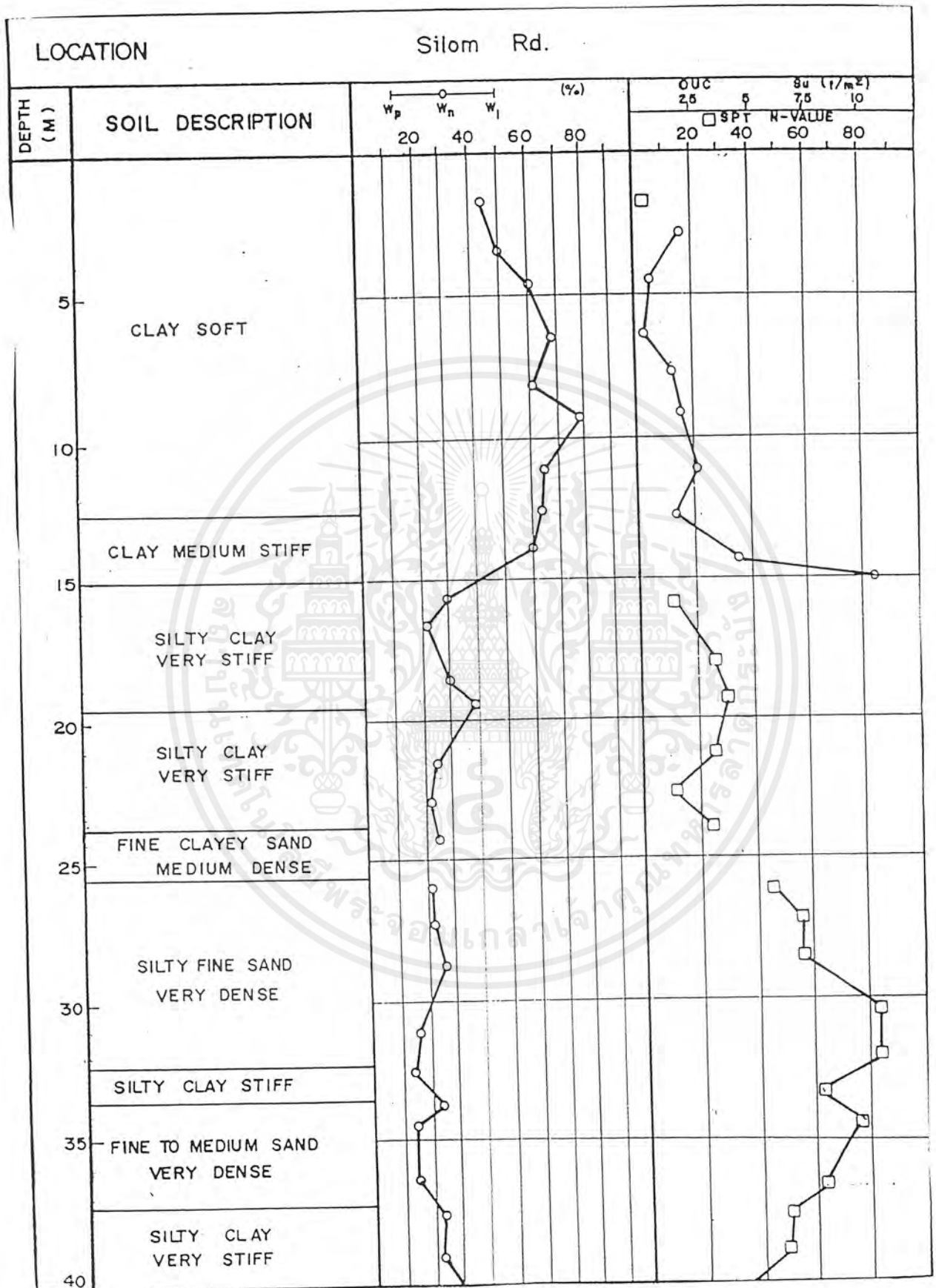


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้รูปที่ ก-4 BORING LOG บริเวณสารไร่
 เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้รูปที่ ก-4 BORING LOG บริเวณสารไร่
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

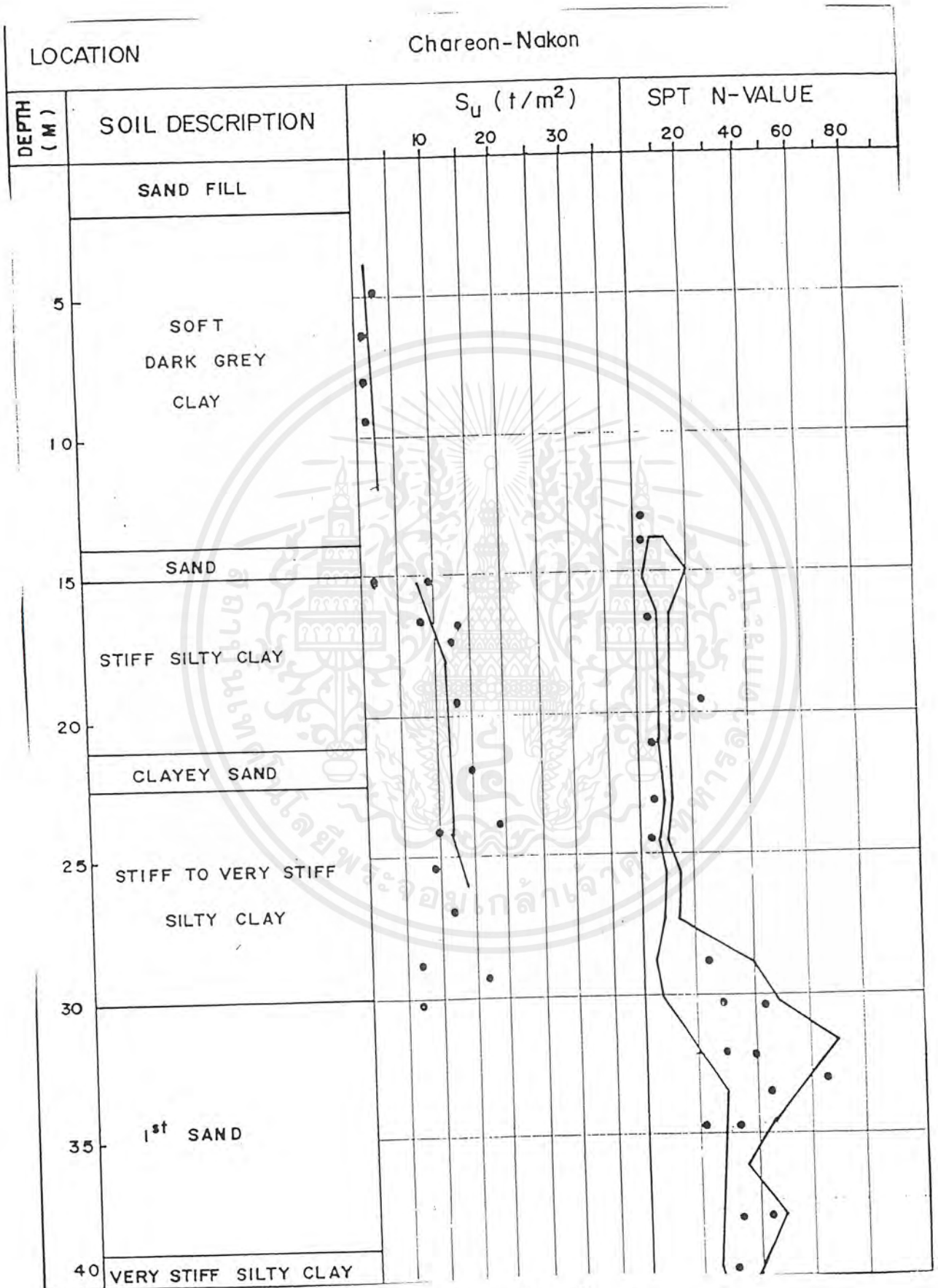


รูปที่ ค-5 BORING LOG บริเวณซอยนาเนาเหนือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์สำหรับการเรียนการสอนเท่านั้น เมื่ออนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

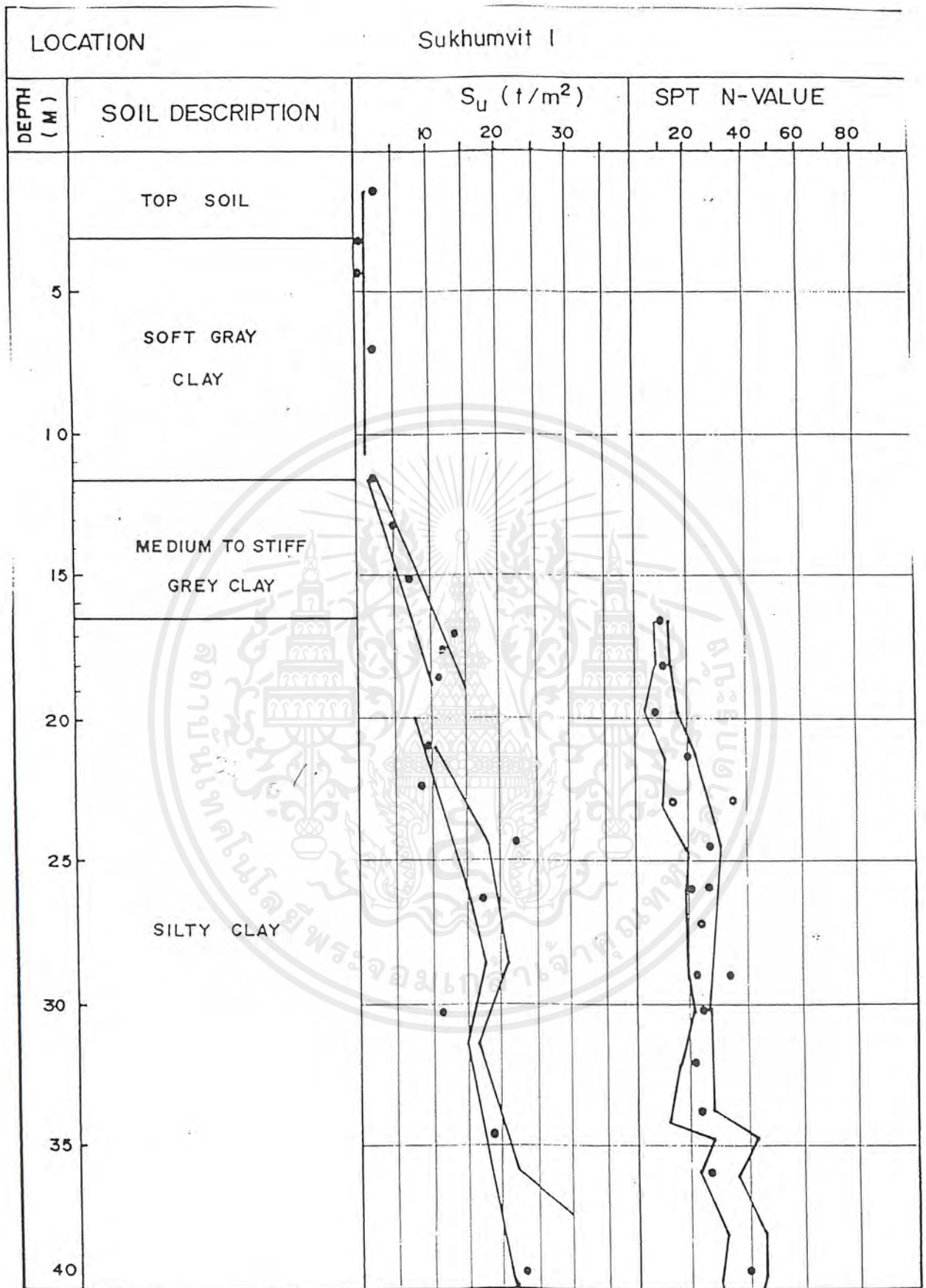


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้เพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่ออนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ค-7 BORING LOG บริเวณเจริญนคร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

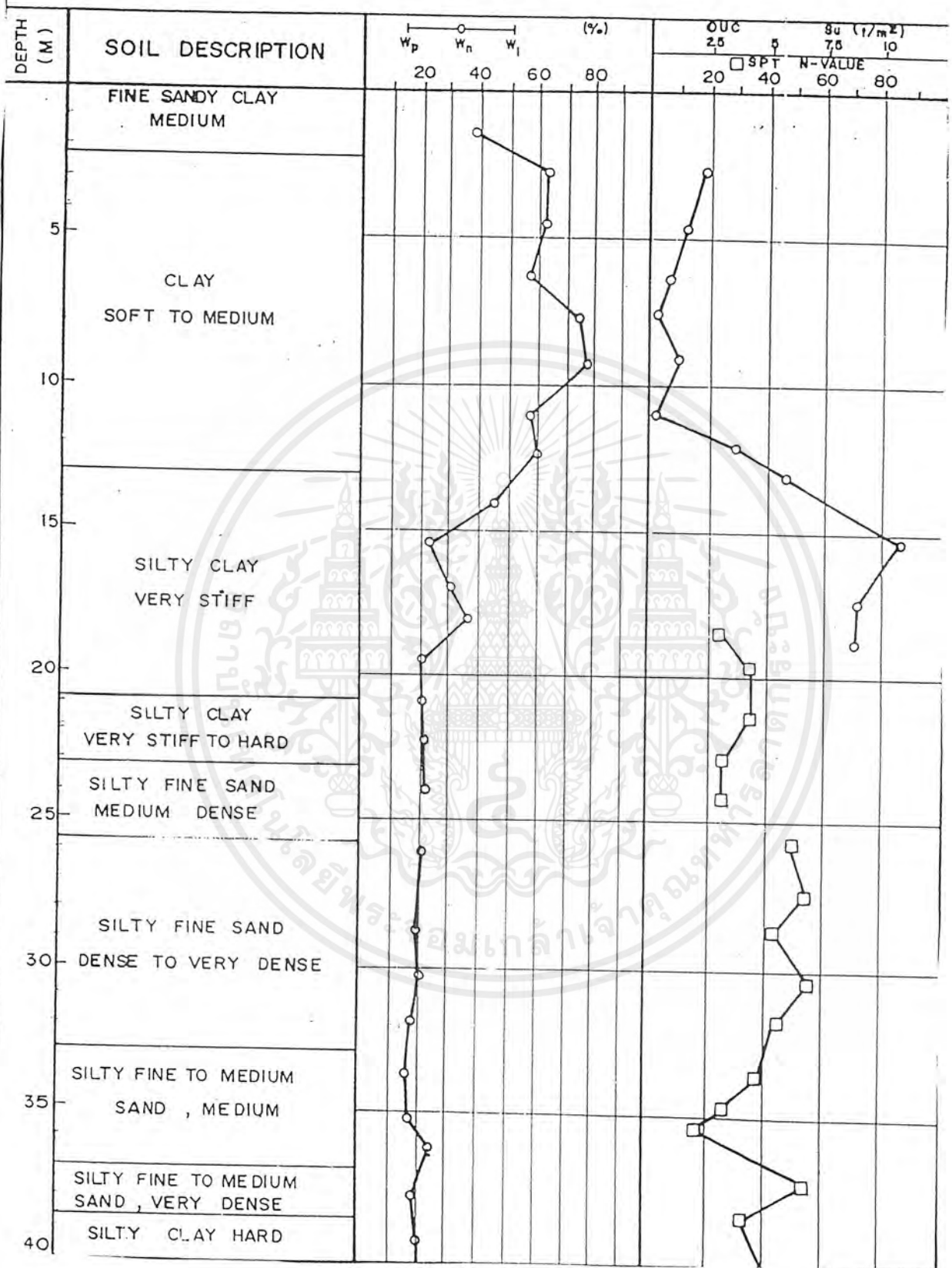


รูปที่ ค-8 BORING LOG บริเวณถนนสุขุมวิท ซอย 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาก่อนและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

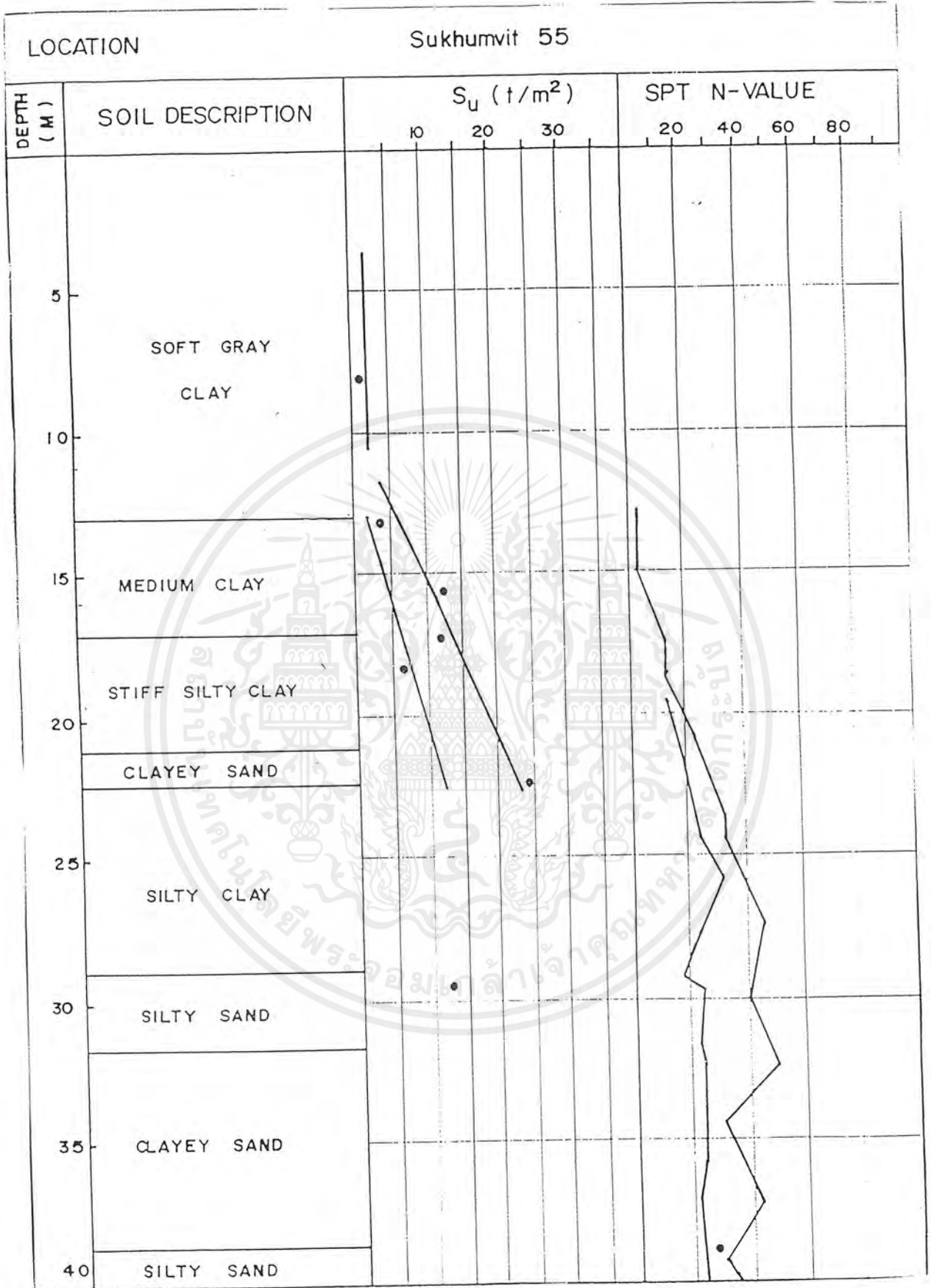
LOCATION

Bangrak



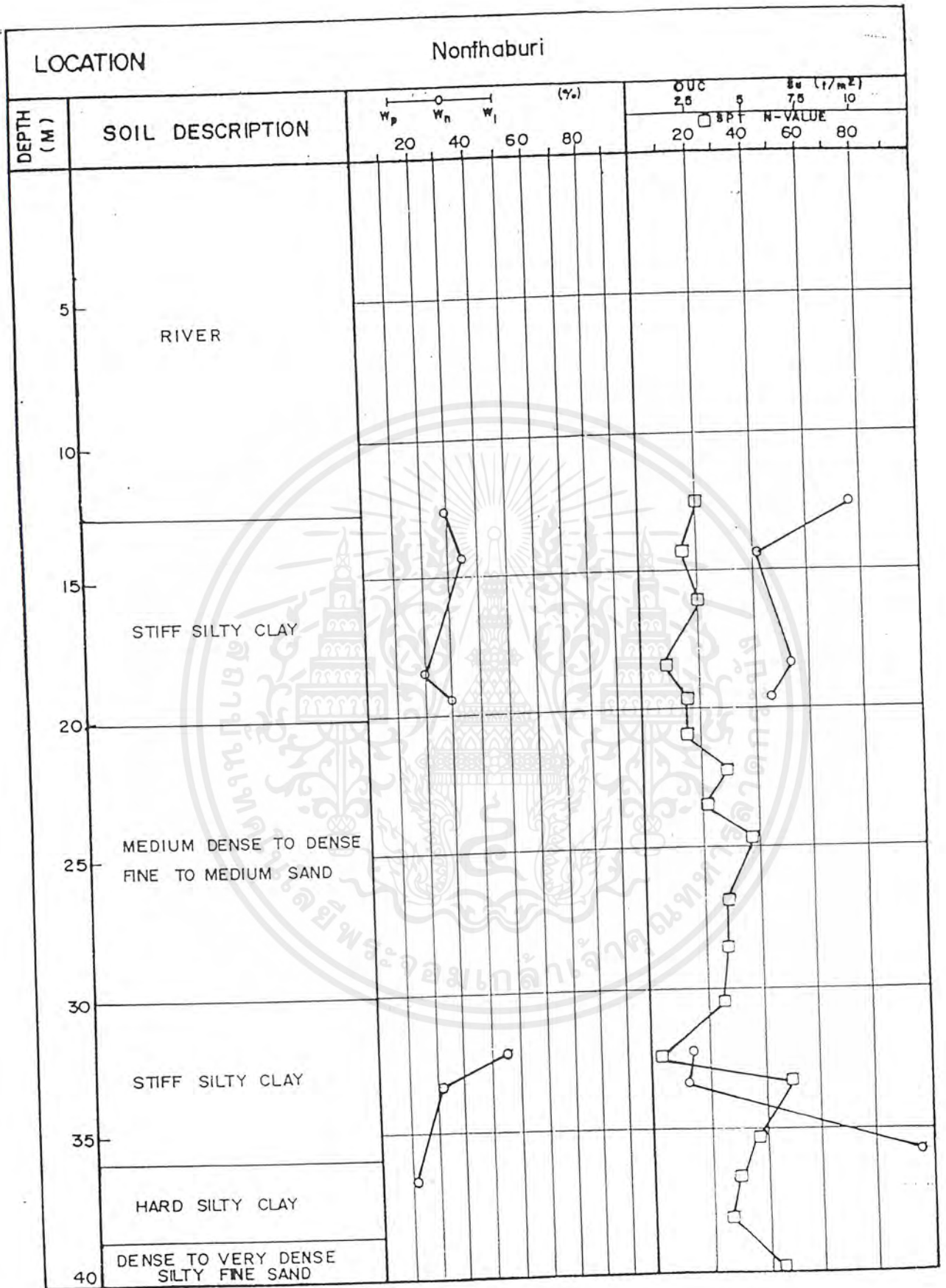
รูปที่ ค-9 BORING LOG บริเวณบางรัก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



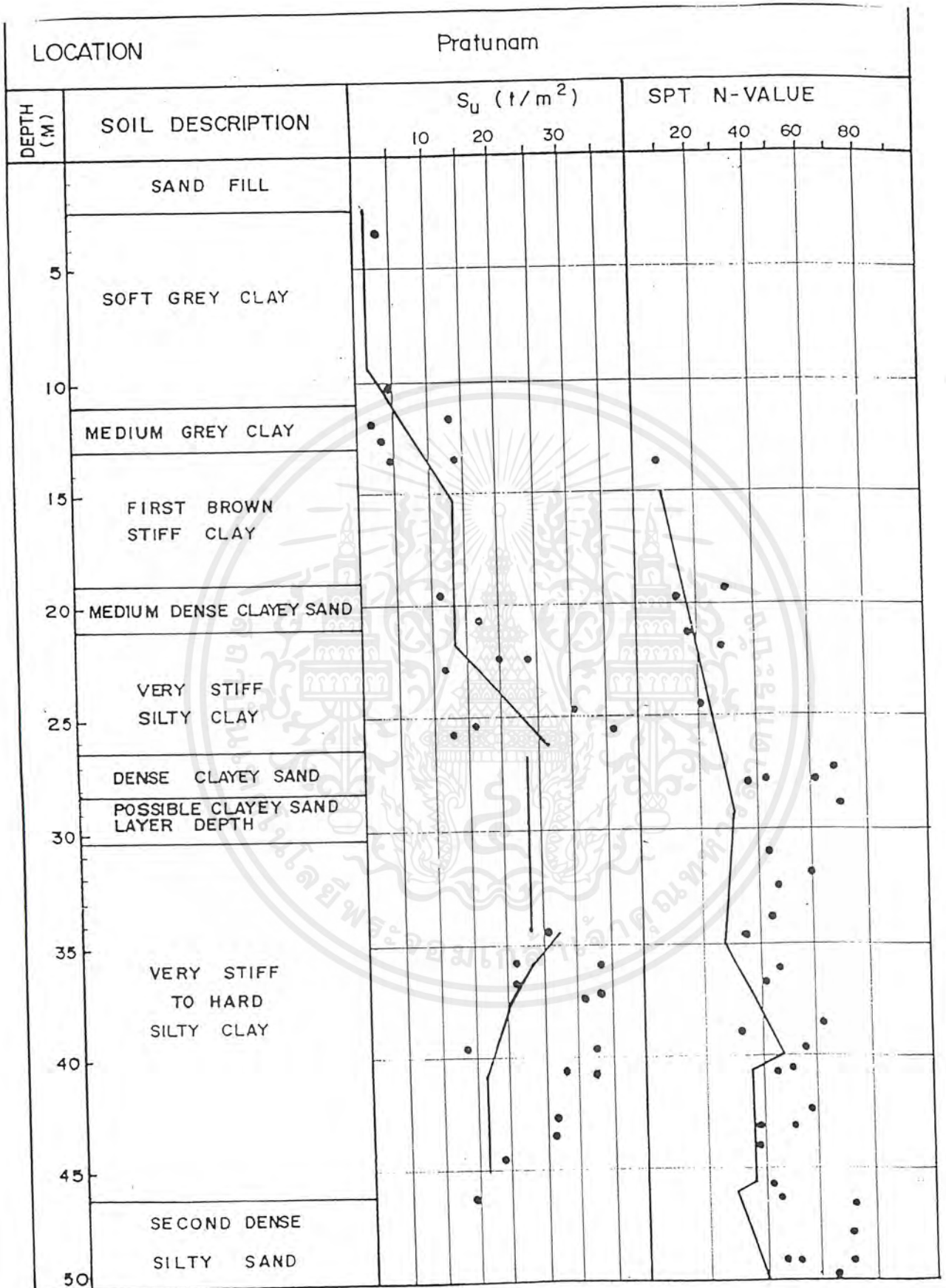
รูปที่ ค-10 BORING LOG บริเวณถนนสุขุมวิท ซอย 55

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ซึ่งการเขียนเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อนุญาตเห็นนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ค-11 BORING LOG บริเวณนนทบุรี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์หรือการเชิงพาณิชย์เพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่ออนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

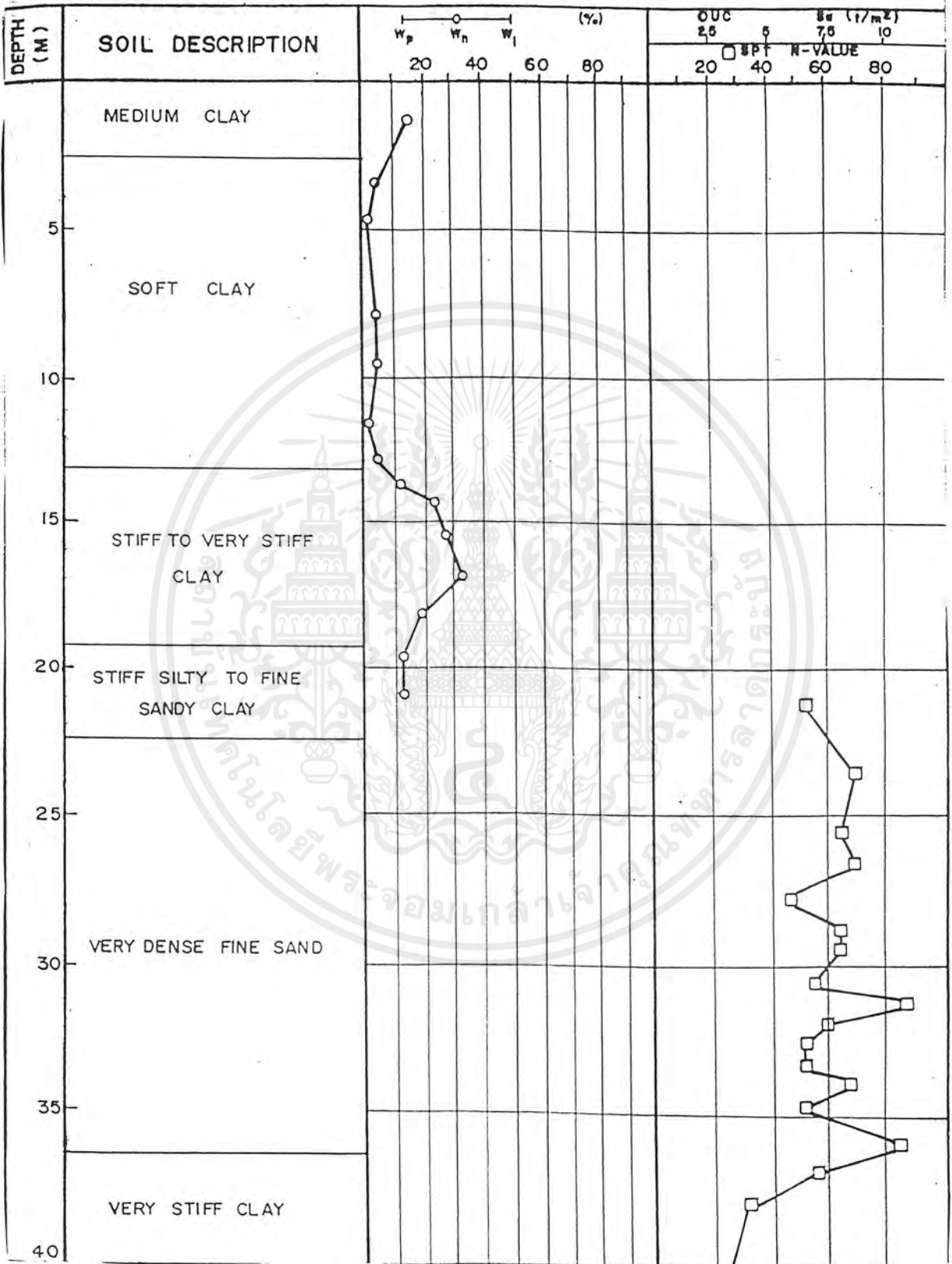


รูปที่ ค-12 BORING LOG บริเวณประตูน้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

LOCATION

Soi Surasak

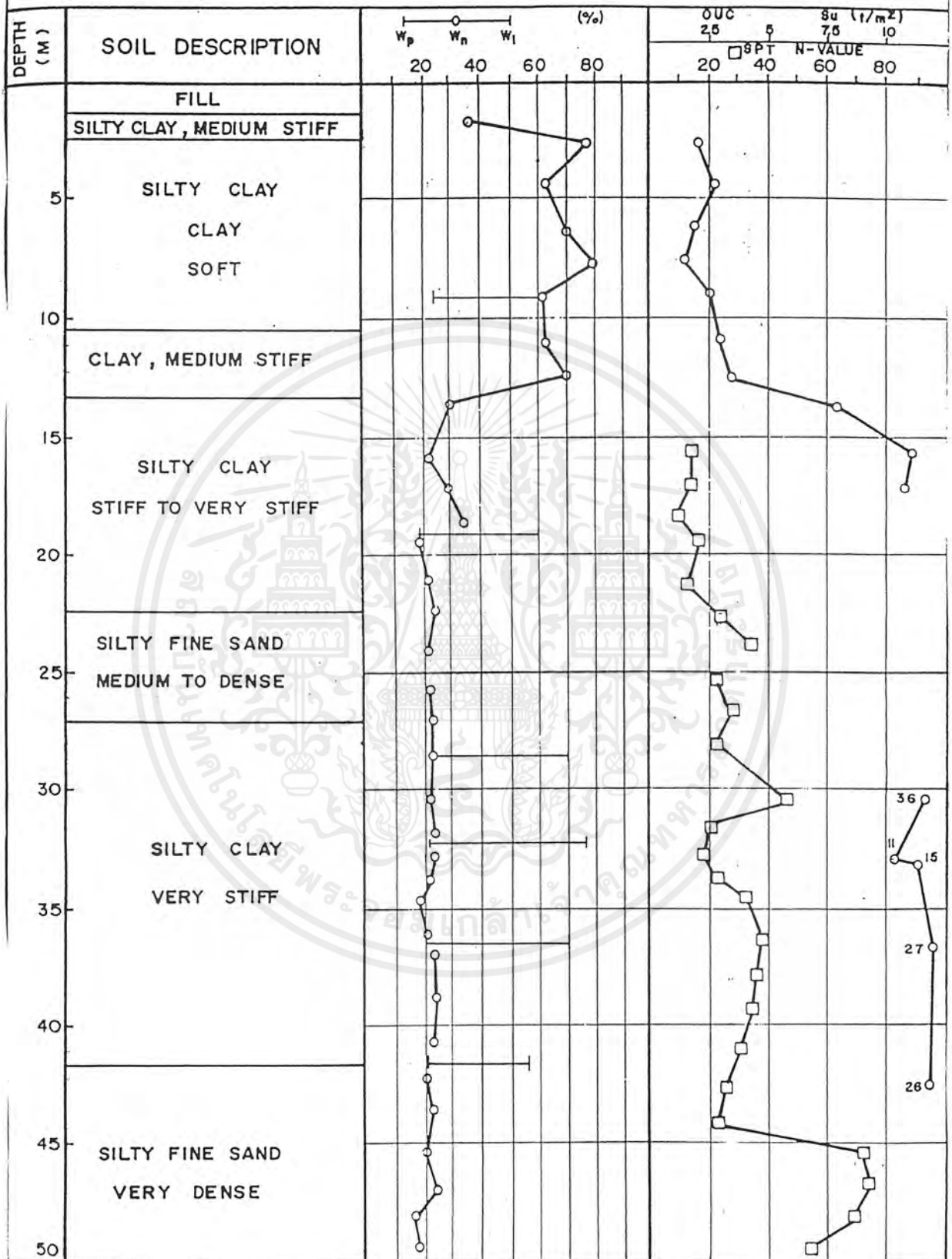


รูปที่ ค-13 BORING LOG บริเวณซอย สุรศักดิ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์สำหรับการเรียนการสอนเท่านั้น เมื่ออนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

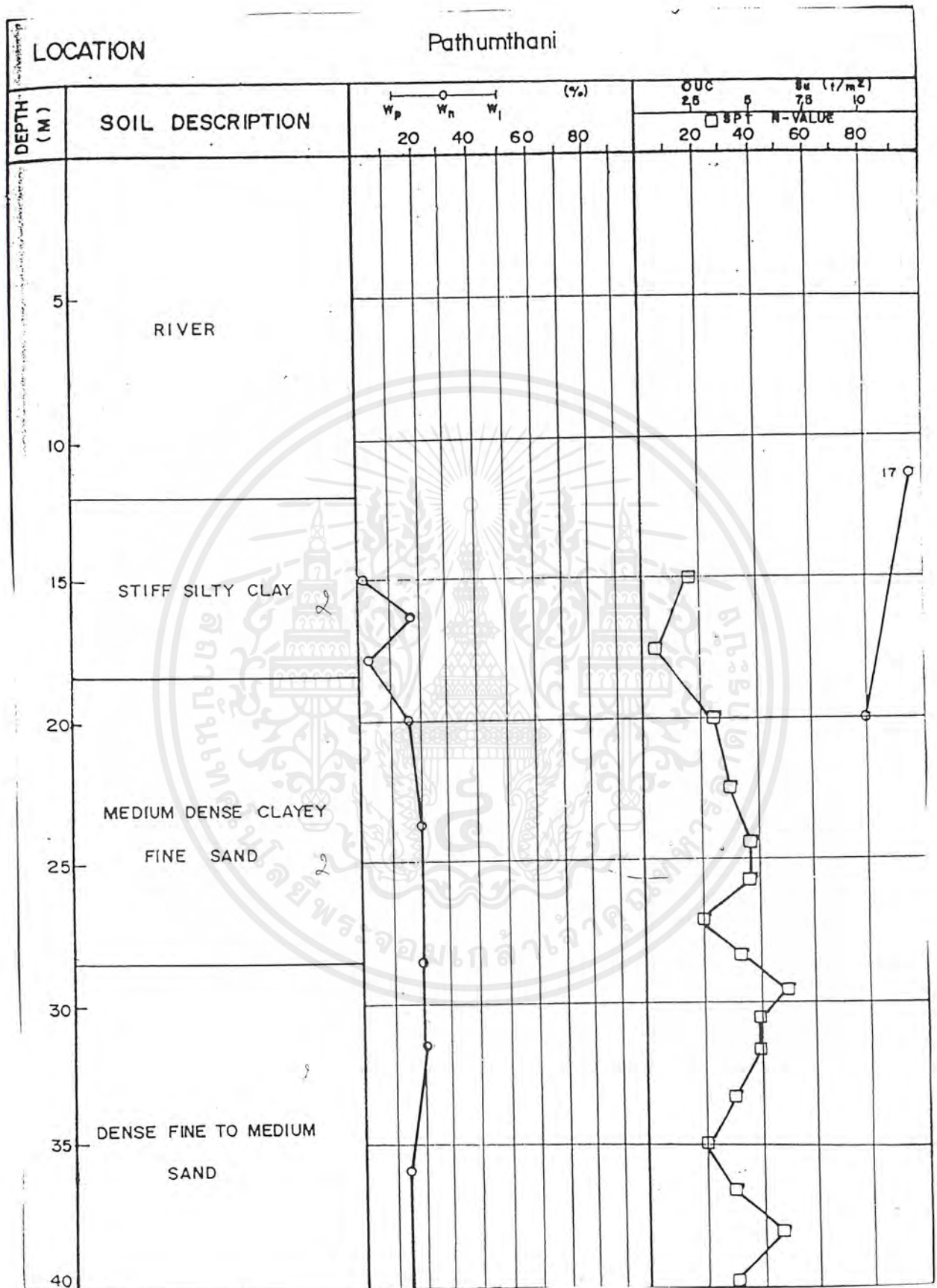
LOCATION

Wireless Rd.



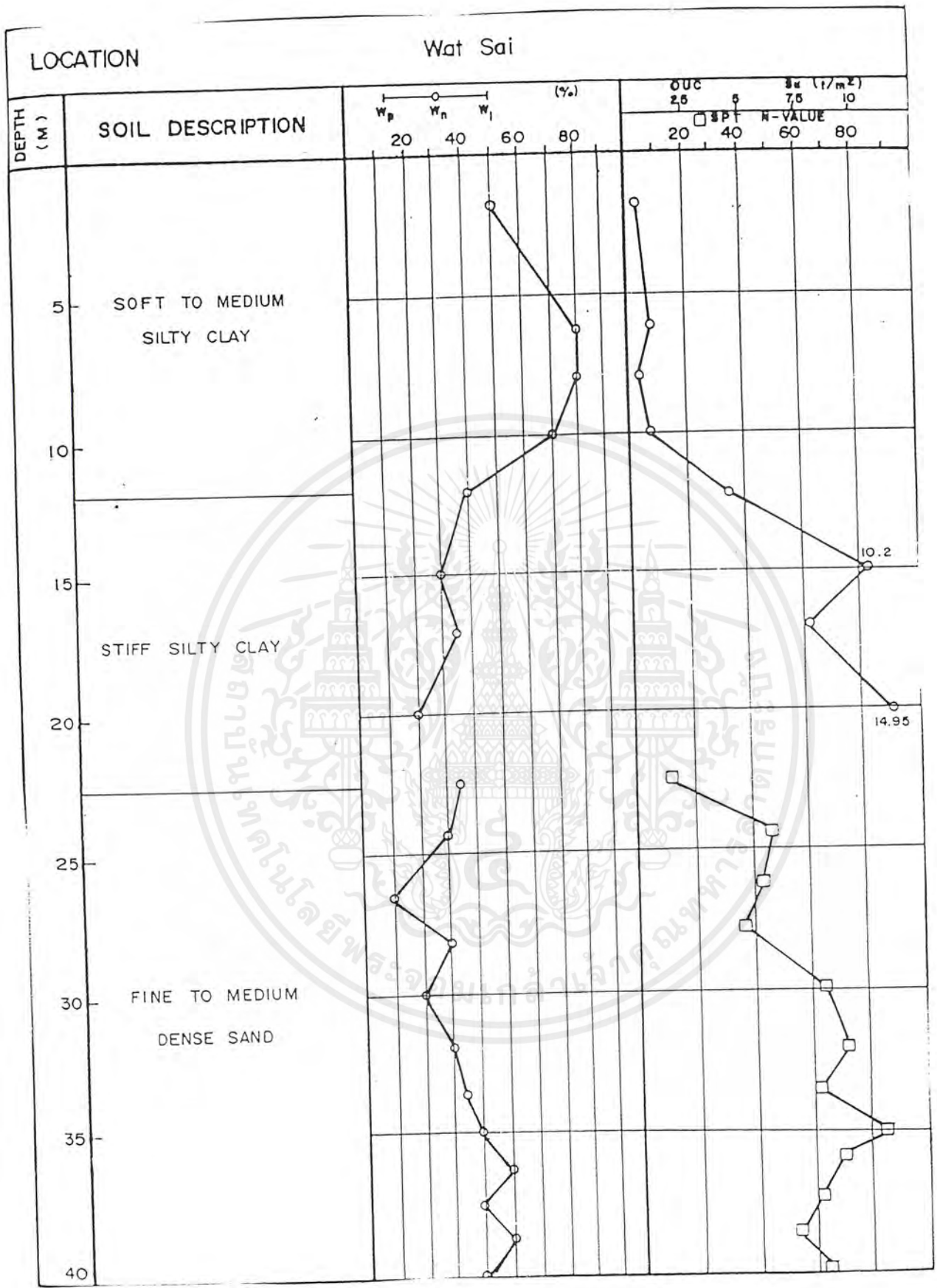
รูปที่ ค-14 BORING LOG บริเวณถนนวิทยุ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้กันเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ค-15 BORING LOG บริเวณปทุมธานี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ค-16 BORING LOG บริเวณวัดสาย

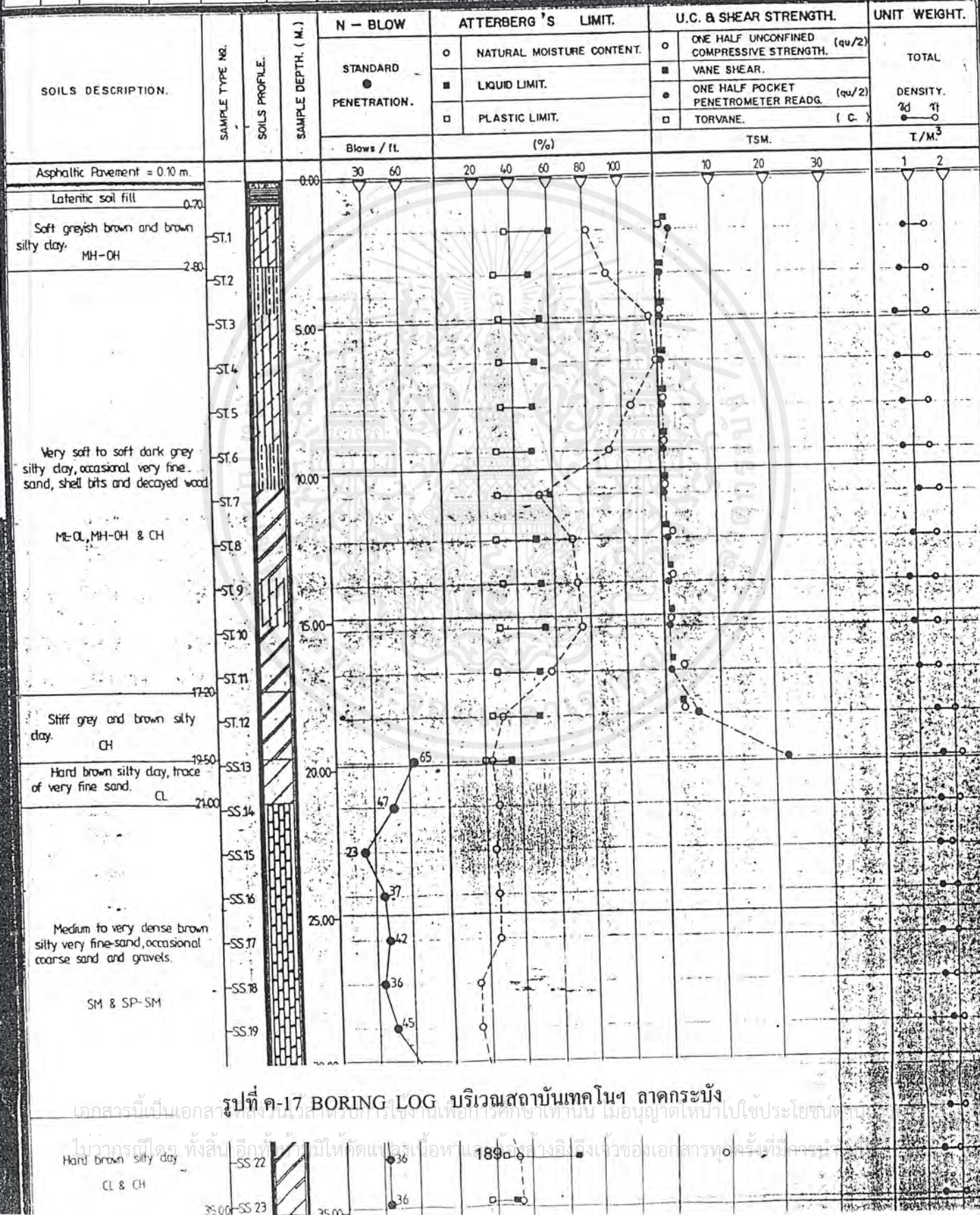
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

PROJECT

SCIENCE FACULTY

FIG. 3

GROUNDWATER OBSERVATION.				W.A.C. BORING LOG.				BORING NO. 1	
DATE.	TIME.	EL. of HOLE BOTTOM. <small>Hand aug. hole Bore hole</small>	EL. of WATER LEVEL. <small>Hand aug. hole Bore hole</small>					GROUND SURFACE EL. -0.973 m.	
				LOCATION. Technology latkabang, BANGKOK				DATE START. 9 / 10 / 35	
				SUB CONTRACTOR.				DATE FINISH. 11 / 10 / 35	



รูปที่ ค-17 BORING LOG บริเวณสถาบันเทคโนโลยี ลาดกระบัง

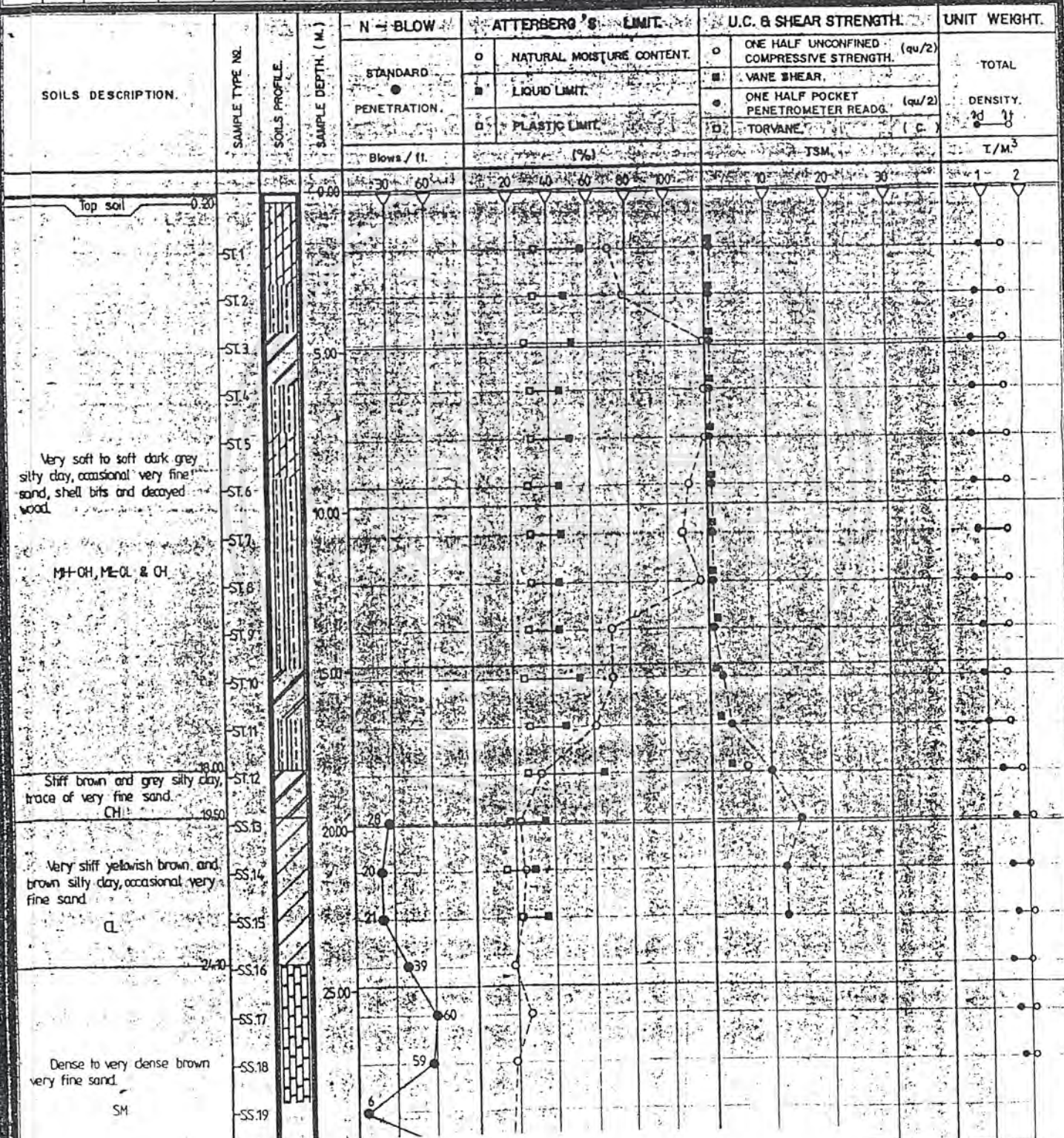
เอกสารนี้เป็นเอกสารลิขสิทธิ์ของ บริษัท วิศวกรรมโยธา จำกัด ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์
 ในวาระที่ออก พังสนิม ลึกที่ 25.00 ให้เกิดแรงเหวี่ยงขึ้นในถังน้ำของเอกสารนี้ ครั้งที่มีคาร์บอน

PROJECT

SCIENCE FACULTY

FIG. 4

GROUNDWATER OBSERVATION.				W.A.C. BORING LOG		BORING NO. 2
DATE	TIME	EL. of HOLE BOTTOM. Hand aug. hole Bore hole	EL. of WATER LEVEL. Hand aug. hole Bore hole	LOCATION. Technology Iatkabang, BANGKOK		GROUND SURFACE EL. -0.963 m.
			1.70 m.	SUB CONTRACTOR.		DATE START. 11 / 10 / 35
						DATE FINISH. 13 / 10 / 35



เอกสารนี้เป็นเอกสารรูปที่ ค-18 BORING LOG บริเวณสถาบันเทคโนโลยี ลาดกระบัง

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Hard greyish brown and brown silty clay, occasional very fine sand
CH





ภาคผนวก ง.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พระราชบัญญัติน้ำบาดาล พ.ศ. 2520

ก่อนที่ พ.ร.บ. น้ำบาดาล พ.ศ. 2520 มีผลบังคับใช้การเจาะบ่อน้ำบาดาลและการใช้น้ำบาดาล เป็นไปอย่างเสรี ใครมีความต้องการน้ำและมีทุนทรัพย์เพียงพอก็สามารถจ้างบริษัทเอกชนผู้รับเหมาให้ ดำเนินการให้ได้โดยไม่มีข้อห้าม บ่อที่ต้องการน้ำปริมาณมากได้ใส่ท่อกรองน้ำหลายระดับเพื่อสูบน้ำ จากชั้นน้ำหลายชั้น ซึ่งหากบ่อดังกล่าวจะไม่ถูกต้องตามหลักวิชาการหรือบ่อไม่ได้มาตรฐาน ก็ทำให้มี การรั่วซึมของน้ำจากชั้นน้ำชั้นอื่นที่คุณภาพไม่เหมาะสมเข้าไปในชั้นน้ำจืดที่ใช้และคุณภาพดี นานเข้า คุณภาพน้ำที่ดีก็ย่อมเปลี่ยนแปลงและเสื่อมไปในที่สุดทำให้สูญเสียทรัพยากรธรรมชาติ นอกจากนี้ สำหรับที่ตั้งของบ่อยังไม่มีการกำหนดระยะห่างระหว่างบ่อที่เหมาะสม บ่อใหญ่อยู่ใกล้กันเกินไป ทำให้มีการแก่งแย่งน้ำซึ่งกันและกันและส่งผลให้ระดับน้ำลดลงมากเกินไป ส่วนข้อมูลการเจาะและการ ใช้น้ำบาดาลก็กระจัดกระจายไม่สามารถรวบรวมได้

กรมทรัพยากรธรณีได้ดำเนินการให้มีพระราชบัญญัติน้ำบาดาลเพื่อควบคุมการประกอบกิจการ น้ำบาดาลซึ่ง พ.ร.บ. น้ำบาดาล พ.ศ. 2520 ได้ประกาศในราชกิจจานุเบกษาเมื่อวันที่ 28 กรกฎาคม 2520 และได้มีผลบังคับใช้อย่างสมบูรณ์เมื่อ 1 มิถุนายน 2521 กล่าวคือ ในระหว่างระยะเวลาดังกล่าว ได้ เตรียมการให้มีการประกาศกฎกระทรวง ประกาศกระทรวงและประกาศกรม ซึ่งออกตามความใน พ.ร. บ. น้ำบาดาล พ.ศ. 2520 กำหนดหลักเกณฑ์และวิธีการตลอดจนได้มีการประกาศเขตน้ำบาดาล กรุงเทพมหานครเป็นเขตควบคุม เขตน้ำบาดาลกรุงเทพมหานครดังกล่าวคลุมพื้นที่ 6 จังหวัด คือ กรุงเทพมหานคร สมุทรปราการ สมุทรสาคร นนทบุรี ปทุมธานี และพระนครศรีอยุธยา

พ.ร.บ. น้ำบาดาล พ.ศ. 2520 ได้ควบคุมการประกอบกิจการน้ำบาดาลทั้งการเจาะ การใช้ และ การระบายน้ำลงบ่อน้ำบาดาล โดยเฉพาะอย่างยิ่งในภาคเอกชน สำหรับในภาครัฐบาลนั้น ได้กำหนดให้ กระทรวง ทบวง กรม หรือองค์กรของรัฐที่มีหน้าที่เกี่ยวกับการจัดหาน้ำเพื่ออุปโภคบริโภคหรือเพื่อ เกษตรกรรมในส่วนที่เกี่ยวกับการเจาะน้ำบาดาล และการใช้น้ำบาดาลไม่อยู่ในเกณฑ์ควบคุม แต่ส่วน ราชการหรือองค์กรของรัฐดังกล่าวต้องปฏิบัติตามประกาศที่ออกตามมาตรา 6 และมาตรา 23 ซึ่งมาตรา 6 เป็นเรื่องเกี่ยวกับหลักเกณฑ์และมาตรการในทางวิชาการสำหรับการเจาะน้ำบาดาล การเติมน้ำ บาดาลและการใช้น้ำบาดาลแบบอนุรักษ์ การระบายน้ำลงบ่อน้ำบาดาล การเลิกใช้บ่อน้ำบาดาล การป้อง กันด้านสาธารณสุข การป้องกันในเรื่องสิ่งแวดล้อมเป็นพิษ กำหนดวิธีการให้ความคุ้มครองแก่คนงาน และความปลอดภัยแก่บุคคลภายนอก ส่วนมาตรา 23 เป็นเรื่องเกี่ยวกับการเจาะพบโบราณวัตถุ ศิลปวัตถุ ซากดึกดำบรรพ์ หรือแร่ที่มีคุณค่าทางเศรษฐกิจหรือทางการศึกษาในด้านธรณีวิทยา ต้องรายงานให้ พนักงานน้ำบาดาลประจำท้องที่หรือกรมทรัพยากรธรณีทราบภายใน 7 วันนับตั้งแต่วันพบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อเรื่องและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับเขตนํ้าบาดาลกรุงเทพมหานครที่ควบคุมนั้น กำหนดให้เอกชนที่ประสงค์จะประกอบกิจการนํ้าบาดาล ไม่ว่าจะใช้นํ้าบาดาลหรือระบายนํ้าลงบ่อนํ้าบาดาลจะต้องขออนุญาต เมื่อได้รับใบอนุญาตแล้วจึงจะดำเนินการได้ ดังนั้นผู้ประสงค์จะเขตนํ้าบาดาลจะต้องขออนุญาตต่อกรมทรัพยากรธรณีแล้วจึงจะเขาได้ เมื่อเขาแล้วเสร็จจะต้องขออนุญาตใช้แล้วจึงจะสูบใช้ได้ สำหรับองค์กรของรัฐที่มีหน้าที่เกี่ยวกับการจัดหานํ้าเพื่ออุปโภคบริโภค หรือเพื่อเกษตรกรรมในส่วนที่เกี่ยวกับการเขตนํ้าบาดาลและการใช้นํ้าบาดาลก็จะต้องปฏิบัติตามประกาศที่ออกตามมาตรา 6 และมาตรา 23

การพิจารณาคําขออนุญาตประกอบกิจการนํ้าบาดาลดังกล่าว พ.ร.บ.นํ้าบาดาล พ.ศ. 2520 ได้กำหนดให้มี “คณะกรรมการนํ้าบาดาล” ประกอบด้วย อธิบดีกรมทรัพยากรธรณีเป็นประธาน อธิบดีกรมโยธาธิการ อธิบดีกรมชลประทาน อธิบดีกรมอนามัย ผู้ว่าการการประปานครหลวง หรือผู้แทนอธิบดี หรือผู้ว่าการดังกล่าว กับผู้ทรงคุณวุฒิอีกไม่เกินสามคน ซึ่งรัฐมนตรีแต่งตั้ง และผู้อํานวยการกองนํ้าบาดาล กรมทรัพยากรธรณีเป็นกรรมการและเลขานุการ คณะกรรมการดังกล่าวมีหน้าที่ให้ความเห็นหรือคําแนะนำแก่รัฐมนตรีในเรื่องการออกกฎกระทรวง หรือประกาศที่ต้องประกาศในราชกิจจานุเบกษา และให้ความเห็นหรือคําแนะนำแก่อธิบดีกรมทรัพยากรธรณี เกี่ยวกับการปฏิบัติตามพระราชบัญญัติ

พ.ร.บ.นํ้าบาดาลฉบับนี้ยังกำหนดบทเฉพาะกาลไว้ด้วย โดยกำหนดให้ผู้ประกอบกิจการนํ้าบาดาลอยู่แล้วในเขตนํ้าบาดาลนี้ ยื่นคําขอรับใบอนุญาตต่อพนักงานประจำท้องที่ภายในกำหนดร้อยยี่สิบวันนับแต่วันที่ได้มีการประกาศเขตนํ้าบาดาลนั้น ด้วยเหตุนี้กรมทรัพยากรธรณีจึงสามารถรวบรวมข้อมูลนํ้าบาดาลในกรุงเทพมหานครได้เพิ่มขึ้น

สถานการณ์นํ้าบาดาลภายหลังการควบคุมตามมาตราฯ

การใช้นํ้าบาดาลในช่วงแรกของมาตราฯ (พ.ศ. 2526-2530)

มาตราฯได้กำหนดให้การประปานครหลวงเลิกใช้นํ้าบาดาลในเขตวิกฤตอันดับ 1 และ 2 ภายในปี 2530 และให้เอกชนสามารถใช้นํ้าบาดาลเพิ่มขึ้นในช่วงปี 2526-2530 ได้ปีละ 5% ทั้งนี้ได้ตระหนักถึงข้อเท็จจริงว่าการประปานครหลวงยังไม่สามารถผลิตนํ้าประปาได้เพียงพอในช่วงเวลาดังกล่าว ดังนั้นจึงได้มีการเปลี่ยนแปลงการใช้นํ้าบาดาลทั้งภาครัฐและภาคเอกชนดังนี้

1. การใช้ น้ำบาดาลภาครัฐเพื่อการประปา

ในปี พ.ศ. 2525 ก่อนใช้มาตรการฯ การประปานครหลวงได้สูบน้ำบาดาลขึ้นมาใช้เพื่อการประปาว้นละ 446,343 ลูกบาศก์เมตร (ตารางที่ 3) และตั้งแต่มาตรการฯมีผลบังคับใช้ การประปานครหลวงได้ลดปริมาณการสูบน้ำบาดาลโดยได้เลิกใช้บ่อและจุดกลบ ซึ่งในปี 2526 ได้จุดกลบบ่อน้ำบาดาลเป็นจำนวน 40 บ่อ ทำให้การใช้ น้ำบาดาลเพื่อการประปาลดลง 12.3% เหลือวันละ 391,311 ลูกบาศก์เมตร ในปี พ.ศ. 2527 ได้มีการจุดกลบบ่อเพิ่มขึ้นทำให้การใช้ น้ำบาดาลลดลงอีก 8.8% เหลือวันละ 356,765 ลูกบาศก์เมตร ในปี พ.ศ. 2528 การใช้ น้ำลดลง 16.0% และในปี 2529 ลดลง 35.4% แต่ในปี พ.ศ. 2530 การใช้เพิ่มขึ้น 7.1% กล่าวคือบ่อบางบ่อที่ปิดไว้ชั่วคราวจากปีก่อนๆได้นำกลับมาใช้ จึงทำให้ปริมาณการใช้ น้ำเพิ่มขึ้น มาตรการฯได้กำหนดให้การประปานครหลวงเลิกใช้น้ำบาดาลในปี พ.ศ. 2530 ซึ่งต่อมากการประปานครหลวงได้ขอขยายเวลาการเลิกใช้น้ำบาดาลในเขตวิกฤตอันดับ 1 และ 2 ออกไปจนถึง พ.ศ. 2531 แต่ในปัจจุบันยังคงใช้น้ำบาดาลอยู่บ้าง

อย่างไรก็ดี จะเห็นได้ว่าปริมาณน้ำที่การประปานครหลวงใช้ในปี พ.ศ. 2525 จำนวน 446,343 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน และในปี พ.ศ. 2530 ใช้ 207,470 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน แตกต่างกันถึง 238,873 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน จึงเท่ากับ 53.5% หรือก็คือในระหว่างปี พ.ศ. 2526-2530 การประปานครหลวงลดการใช้น้ำบาดาลลง 53.5%

2. การใช้ น้ำบาดาลของภาคเอกชนในเขตมาตรการฯ

การควบคุมการใช้น้ำบาดาลของภาคเอกชนกระทำได้โดยอาศัยพ.ร.บ. น้ำบาดาล พ.ศ. 2520 ซึ่งกรมทรัพยากรธรณีเป็นผู้ใช้กฎหมายดังกล่าว การขอเจาะและขอใช้น้ำสำหรับโรงงานอุตสาหกรรมซึ่งใช้น้ำมาก กรมทรัพยากรธรณีได้ส่งเจ้าหน้าที่ไปสำรวจความต้องการใช้น้ำในขบวนการผลิตทุกขั้นตอนและจะอนุญาตให้ใช้เท่าที่จำเป็น จากตารางที่ 3 จะเห็นได้ว่าในปี พ.ศ. 2526 เอกชนใช้น้ำบาดาลเพิ่ม 5.2% และปี พ.ศ. 2527 ใช้เพิ่ม 7.2% เกินอัตราที่กำหนด แต่ในปี พ.ศ. 2528 กรมทรัพยากรธรณีได้เริ่มเก็บค่าใช้น้ำบาดาล การใช้จึงเป็นไปอย่างประหยัดขึ้น มีการใช้น้ำในระบบหมุนเวียนในโรงงานอุตสาหกรรมมากขึ้น นอกจากนี้แต่เดิมเอกชนเจ้าของบ่อจะแจ้งปริมาณการใช้มากเกินกว่าที่ใช้จริงแต่เมื่อมีการเก็บค่าใช้น้ำบาดาลตามใบอนุญาต เจ้าของบ่อจึงติดตั้งมาตรวัดน้ำเพื่อให้เก็บค่าใช้น้ำบาดาลที่ใช้จริงตามมาตร นอกจากนี้บ่อน้ำบาดาลที่เลิกใช้แล้วเจ้าของบ่อละเลยไม่มาแจ้งขอยกเลิกมาตรการเก็บค่าใช้น้ำบาดาลทำให้มีการแจ้งยกเลิก ด้วยเหตุผลดังกล่าวปริมาณการใช้น้ำบาดาลในปี พ.ศ. 2528 แทนที่จะเพิ่มเหมือนเช่นปีก่อนๆกลับลดลงถึง 4.8% และในปี พ.ศ. 2529 ลด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลง 0.9% ในปี 2530 เอกชนใช้เพิ่ม 4.7% อย่างไรก็ตามเมื่อเฉลี่ยการใช้น้ำบาดาลของภาคเอกชนแต่ละในช่วงปี พ.ศ. 2525-2530 จะเห็นได้ว่าเพิ่มขึ้นปีละ 2.3% ซึ่งต่ำกว่าที่มาตรการที่กำหนด และปริมาณการใช้น้ำบาดาลรวมทั้งสิ้น 4 จังหวัดในเขตมาตรการได้ลดลงเฉลี่ยปีละ 1.8% ทั้งนี้จะเห็นได้ว่าการประปานครหลวงมีบทบาทสำคัญในการลดการใช้น้ำบาดาล

ตารางที่ ง-1 ตารางแสดงปริมาณการใช้น้ำของการประปานครหลวง และภาคเอกชน

พ.ศ.	การประปานครหลวง		ภาคเอกชน		ปริมาณน้ำบาดาล ที่ใช้รวมกันทั้งสิ้น	% ลด เพิ่ม
	ปริมาณ น้ำบาดาล	% ลด เพิ่ม	ปริมาณ น้ำบาดาล	% ลด เพิ่ม		
2525	446,334		944,305		1,390,648	
2526	391,311	-12.0	993,842	5.2	1,358,153	-0.4
2527	356,765	-8.8	1,066,029	7.2	1,422,794	2.7
2528	299,721	-16.0	1,014,433	-4.8	1,314,154	-7.6
2529	193,642	-35.4	1,005,192	-0.9	1,198,834	-8.7
2530	207,470	7.1	1,052,496	4.7	1,259,966	5.1
2525-2530				เฉลี่ย +2.3		
2531	196,163	-5.5	1,021,587	-2.9	1,217,750	-3.3
2532	158,080	-19.4	823,192	-19.4	981,252	-19.4
2533	73,425	-53.5	822,843	-0.04	896,268	-8.7
2534	104,000	41.6	930,758	13.1	1,034,758	15.5
2535	120,000	15.4	884,147	-5	1,004,147	-3.0
2531-2535				เฉลี่ย -3.2		
2536	134,368	12.0	944,220	6.6	1,078,588	7.4
2537	250,000	86.0	1,094,292	15.9	1,344,292	24.6
2538	250,000	0.0	1,215,864	11.1	1,465,864	9.0
2539	265,000	6.0	1,396,869	14.9	1,661,869	13.4
2540	265,000	0.0	1,405,702	0.6	1,670,702	0.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การใช้น้ำบาดาลในช่วงที่ 2 ของมาตรการฯ (พ.ศ. 2531-2535)

ในช่วงที่ 2 ของมาตรการฯ ได้เน้นหนักถึงการลดการใช้น้ำบาดาลของภาคเอกชน กล่าวคือ มาตรการฯได้กำหนดในช่วงปี 2531-2535 ให้เอกชนลดการใช้น้ำบาดาลลงปีละ 5% ทั้งนี้ได้คำนึงถึงว่าการประปานครหลวงสามารถบริการน้ำประปาได้เพิ่มมากขึ้น รวมทั้งได้ขยายพื้นที่ส่งน้ำไปได้ไกลขึ้นโดยเฉพาะในย่านชานเมือง

จากตารางที่ 3 จะเห็นได้ว่า ระหว่างปี 2531-2535 การใช้น้ำบาดาลของเอกชนลดลง ทั้งนี้ช่วงต้นปี 2534 กรมทรัพยากรธรณีได้ดำเนินการสำรวจบ่อน้ำบาดาลที่ใบอนุญาตใช้น้ำใกล้หมดอายุและที่หมดอายุลงแล้ว และพบว่าบ่อน้ำจำนวนมากที่เลิกใช้โดยเฉพาะบริเวณที่น้ำประปาถึง กรมทรัพยากรธรณีจึงได้ดำเนินการปรับสถิติข้อมูลการใช้น้ำบาดาลใหม่ ทั้งนี้ข้อมูลก่อนการปรับ ปริมาณการใช้น้ำบาดาลของเอกชนใน 4 จังหวัดที่ควบคุมตามมาตรการฯ คือ กรุงเทพมหานคร สมุทรปราการ นนทบุรี และปทุมธานี ในเดือนเมษายน 2534 เป็นปริมาณถึง 1.28 ล้านลูกบาศก์เมตร แต่หลังปรับแล้วในเดือนถัดมาคือเดือนพฤษภาคม 2534 ปริมาณการใช้น้ำบาดาลของเอกชนเหลือเพียง 0.86 ล้านลูกบาศก์เมตร และจำนวนบ่อน้ำบาดาลลดลงจาก 9,105 บ่อ เหลือ 3,700 บ่อ ซึ่งบ่อที่เหลือเป็นบ่อขนาดใหญ่ อัตราการใช้น้ำสูงมาก ส่วนบ่อที่ยกเลิกเป็นบ่อเล็กๆที่การใช้น้ำไม่มากนัก

อย่างไรก็ตาม สถิติการใช้น้ำบาดาลของเอกชนเมื่อสิ้นปี 2534 เพิ่มขึ้นถึง 13.1% ถึงแม้ว่าในปี 2535 การใช้น้ำจะลดลง 5% ซึ่งส่งผลให้อัตราการใช้น้ำบาดาลของเอกชนในช่วงที่ 2 ของมาตรการฯ คือ ระหว่างปี 2531-2535 ลดลงเฉลี่ยเพียงปีละ 3.2% ซึ่งต่ำกว่าเป้าหมายของมาตรการฯ ที่กำหนดให้เอกชนลดการใช้น้ำบาดาลลงปีละ 5%

การใช้น้ำบาดาลในช่วงที่ 3 ของมาตรการฯ (พ.ศ. 2536-2540)

มาตรการฯกำหนดให้การใช้น้ำบาดาลของเอกชนในช่วงที่ 3 ระหว่างปี พ.ศ. 2536-2540 ลดลงปีละ 10% แต่จากตารางที่ 3 จะเห็นได้ว่า การใช้น้ำบาดาลของภาคเอกชนแทนที่จะลดลงกลับเพิ่มขึ้นเฉลี่ยปีละมากกว่า 12% ทั้งนี้เพราะอัตราการขยายตัวทั้งด้านเศรษฐกิจและสังคมเพิ่มมากขึ้น ความต้องการใช้น้ำจึงเพิ่มสูงขึ้น น้ำประปาที่ผลิตจากน้ำผิวดินไม่เพียงพอจึงมีการใช้น้ำบาดาลเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การใช้น้ำบาดาลของเอกชนในเขต พ.ร.บ.

เขต พ.ร.บ. หรือเขตน้ำบาดาลกรุงเทพมหานครที่ประกาศตามความใน พ.ร.บ.น้ำบาดาล พ.ศ. 2520 กลุ่มท้องที่ 6 จังหวัด คือ กรุงเทพมหานคร นนทบุรี ปทุมธานี สมุทรปราการ สมุทรสาคร และ พระนครศรีอยุธยา ซึ่งมีพื้นที่มากกว่าเขตของมาตรการป้องกันและแก้ไขวิกฤตการณ์น้ำบาดาลใน บริเวณกรุงเทพมหานคร กล่าวคือ เขตมาตรการฯกลุ่มพื้นที่ 4 จังหวัด ได้แก่ กรุงเทพมหานคร สมุทรปราการ นนทบุรี และปทุมธานี

การใช้น้ำบาดาลในเขต พ.ร.บ. ตั้งแต่ พ.ศ. 2521 ถึง 2539 แสดงไว้ในตารางที่ 4 และกราฟ ปริมาณการใช้น้ำบาดาลทั้งภาครัฐและเอกชน แต่ละประเภทในเขตน้ำบาดาลตามมาตรการฯ 4 จังหวัด และเขตน้ำบาดาลตาม พ.ร.บ. 6 จังหวัด แสดงไว้ในรูปที่ 6

เนื่องจากได้มีการใช้น้ำบาดาลมากเกินไปตามความสมดุลทางธรรมชาติ ทำให้เกิดผลกระทบเสียหายต่อทรัพยากรดินและทรัพยากรธรรมชาติ และเพื่อเป็นการอนุรักษ์น้ำบาดาลให้ใช้ได้ตลอดไป กระทรวงอุตสาหกรรมจึงได้ประกาศเขตน้ำบาดาลทั่วประเทศ เมื่อวันที่ 8 กันยายน 2537 ตามประกาศ กระทรวงอุตสาหกรรมฉบับที่ 8 (พ.ศ. 2537) ออกตามความในพระราชบัญญัติน้ำบาดาล พ.ศ. 2520 เรื่อง กำหนดเขตน้ำบาดาลและความลึกของน้ำบาดาล โดยกำหนดให้ท้องที่จังหวัดของแต่ละจังหวัด เป็นเขตน้ำบาดาล ยกเว้นเขตน้ำบาดาลกรุงเทพมหานครยังคงเดิมซึ่งได้รวมพื้นที่ 6 จังหวัดของ กรุงเทพมหานคร นนทบุรี ปทุมธานี พระนครศรีอยุธยา สมุทรปราการ และสมุทรสาคร ตามประกาศ กระทรวงดังกล่าว ได้กำหนดให้ที่ทำการเขตจังหวัดนครปฐมอยู่ที่กองน้ำบาดาล กรมทรัพยากรธรณี ซึ่งเป็นเขตเดียวกับเขตน้ำบาดาลกรุงเทพมหานคร

การใช้น้ำบาดาลของเขตน้ำบาดาลกรุงเทพมหานครและนครปฐม แสดงไว้ในตารางที่ 5

ตารางที่ ง-2 ตารางแสดงปริมาณการใช้น้ำบาดาลในเขตกรุงเทพฯ และปริมณฑล จากปี 2521-2541

พ.ศ.	กรุงเทพมหานคร	นนทบุรี	สมุทรปราการ	ปทุมธานี	สมุทรสาคร	พระนครศรีอยุธยา	ปริมาณน้ำที่ใช้รวม	จำนวนบ่อ	% การใช้น้ำเพิ่ม-ลด
2521	339,496	26,472	228,115	59,919	27,835	2,183	684,020	7,319	
2522	363,164	29,082	244,534	60,767	29,268	2,435	729,250	8,022	6.6
2523	418,354	34,368	264,347	75,048	35,431	2,557	830,105	8,721	13.8
2524	465,361	42,010	285,277	76,793	39,165	3,460	911,766	9,237	9.8
2525	498,837	45,210	316,153	84,105	52,006	3,666	999,977	9,592	9.6
2526	522,299	53,409	319,261	98,873	58,281	4,582	1,056,705	9,837	5.6
2527	542,894	55,777	353,226	114,132	61,337	6,380	1,133,746	10,085	7.3
2528	499,566	51,709	343,028	110,130	69,040	8,996	1,092,469	9,711	-3.6
2529	476,941	46,148	364,001	118,102	78,972	12,649	1,106,813	9,503	1.3
2530	485,331	56,650	382,350	126,165	86,759	13,629	1,150,884	9,487	4.0
2531	489,617	59,479	396,704	156,210	99,807	14,914	1,216,731	9,550	5.7
2532	501,773	62,644	426,031	192,959	126,243	54,950	1,331,570	9,857	9.4
2533	512,002	70,560	460,828	214,320	143,646	37,476	1,438,832	110,113	8.1
2534	229,798	46,697	410,553	243,710	148,325	60,164	1,139,247	4,893	20.8
2535	177,580	43,462	390,579	272,526	472,574	68,936	1,125,657	1,788	-1.2
2536	185,431	43,154	435,544	280,091	195,634	95,133	1,234,987	5,274	9.7
2537	244,063	49,831	470,411	329,987	218,722	123,596	1,436,610	6,243	16.3
2538	307,739	78,704	515,279	388,852	246,876	158,151	1,682,531	6,913	17.1
2539	330,845	93,732	508,195	464,097	264,781	167,307	1,828,957	7,221	8.7
2541	343,689	98,167	497,145	490,801	289,911	177,642	1,897,355	7,359	3.7
(ม.ค.)									

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ง-3 ตารางปริมาณการใช้แบ่งตามประเภทการใช้สำหรับเขตกรุงเทพฯ และปริมณฑล ปี 2540

ประเภทการใช้	อุบลราชธานี		สุโขทัย		เกษตรกรรม		องค์กรของรัฐ		ส่วนราชการ		รวม		เพิ่ม/ลด	
	จำนวน	ปริมาณ (ลบ.ม./วัน)	จำนวน	ปริมาณ (ลบ.ม./วัน)	จำนวน	ปริมาณ (ลบ.ม./วัน)	จำนวน	ปริมาณ (ลบ.ม./วัน)	จำนวน	ปริมาณ (ลบ.ม./วัน)	จำนวน	ปริมาณ (ลบ.ม./วัน)	จำนวน	ปริมาณ (ลบ.ม./วัน)
กรุงเทพมหานคร	682	153,611	634	178,303	33	3,395	4	65,808	25	1,875	1,378	402,992	2	2,821
สมุทรปราการ	502	48,770	1,431	459,534	20	300	8	42,840	124	9,920	2,085	561,364	-	-1,436
สมุทรสาคร	333	36,530	948	229,533	12	4,103	5	4,774	263	28,930	1,561	303,870	7	5,415
นนทบุรี	229	50,967	234	41,949	6	140	0	0	84	6,720	553	99,776	-1	-15
ปทุมธานี	692	164,574	834	304,059	20	100	30	48,157	150	13,500	1,726	530,390	12	1,716
พระนครศรีอยุธยา	254	29,247	369	137,016	21	1,430	27	15,298	892	75,820	1,563	528,811	3	268
นครปฐม	126	24,767	441	111,645	24	613	0	0	314	23,550	905	160,575	4	740
รวม	2,818	508,466	4,891	1,462,039	136	10,081	74	176,877	1,852	160,315	9,771	2,317,778	27	9,509
เพิ่ม/ลด	21	7,382	6	2,127	-	-	-	-	-	-	27	9,509	-	-

องค์กรของรัฐ ได้แก่ การประปานครหลวง และการประปาส่วนภูมิภาค

ส่วนราชการ ได้แก่ รพช. กรมโยธาธิการ กรมอนามัย กรมทรัพยากรธรณี

เปรียบเทียบระหว่างเดือน มกราคม พ.ศ. 2540

กองควบคุมกิจการน้ำบาดาล กรมทรัพยากรธรณี

หมายเหตุ

ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ที่มา

รายงานประจำปีการดำเนินงาน

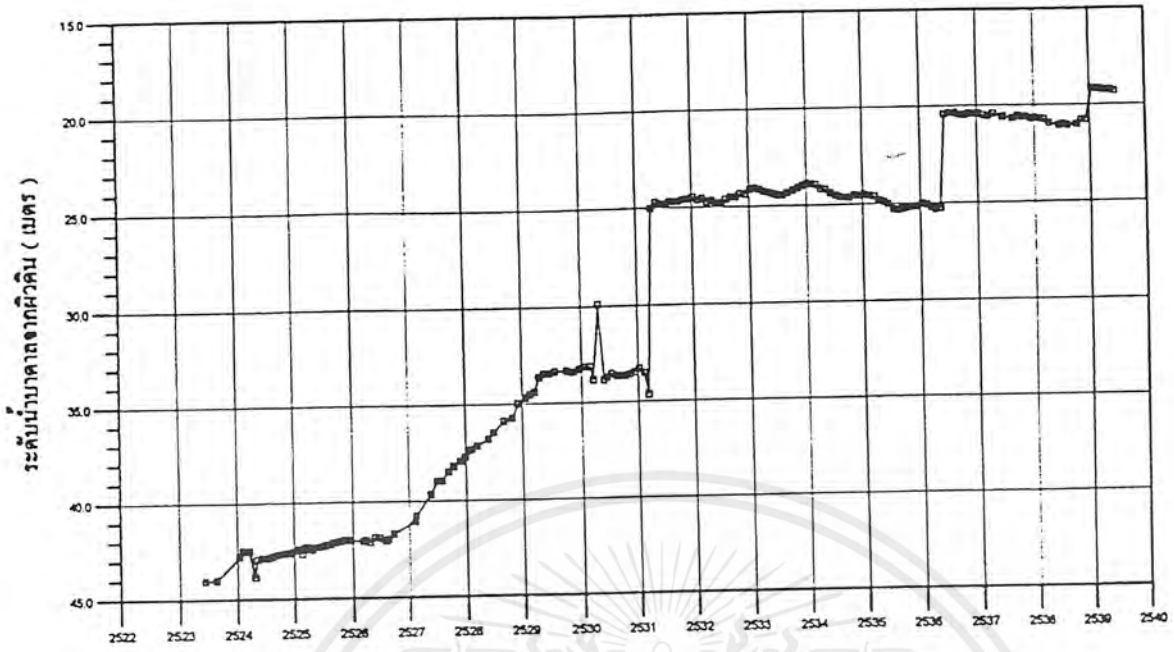
ระดับน้ำบาดาล

ระดับน้ำในกรุงเทพฯ และชานเมือง

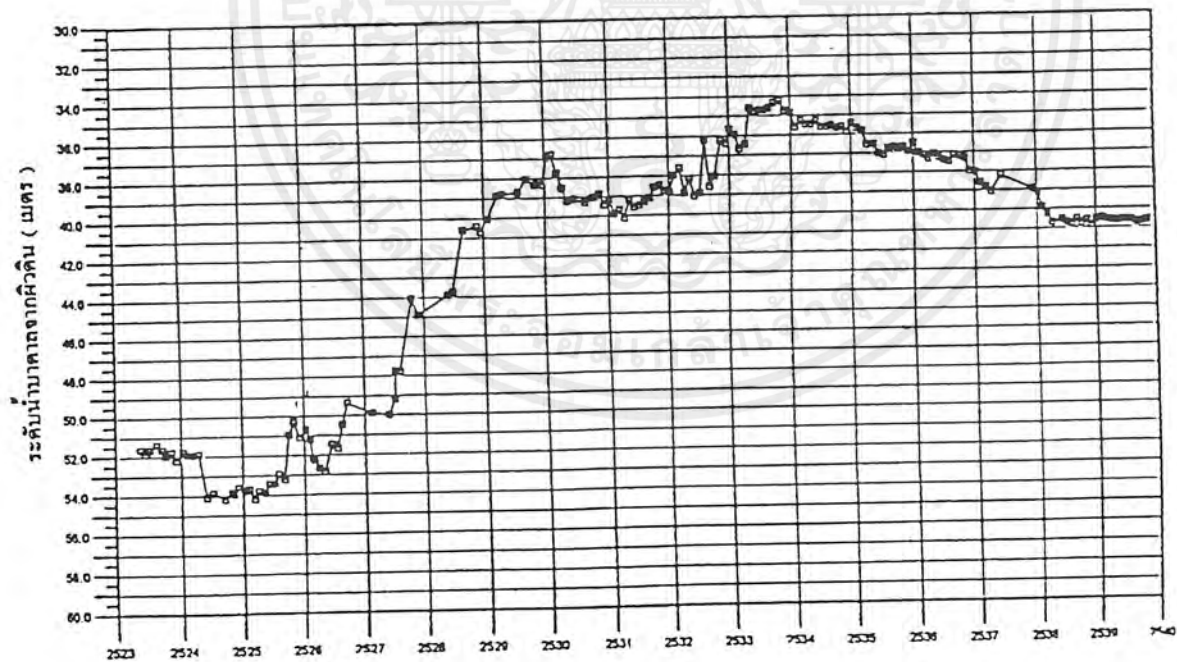
ในช่วงแรกของมาตรการฯ (พ.ศ.2526-2530) ผลจากการควบคุมการใช้น้ำบาดาลตามมาตรการป้องกันและแก้ไขวิกฤตการณ์น้ำบาดาลและแผ่นดินทรุดและจากมาตรการเก็บค่าใช้น้ำบาดาล ทำให้ปริมาณการใช้น้ำลดลง ซึ่งส่งผลให้ระดับน้ำบาดาลสูงขึ้น นับจากปี พ.ศ. 2526 ถึง 2530 การประปานครหลวงลดการใช้น้ำบาดาลลง 53.5% และจากการที่การประปานครหลวงลดการใช้น้ำบาดาลลงนี้ รวมทั้งมาตรการเก็บค่าใช้น้ำบาดาลซึ่งการใช้ในภาคเอกชนประหยัดขึ้น ทำให้ปริมาณการใช้น้ำบาดาลรวมลดลงในช่วงนี้ถึง 9.4% บ่อส่วนใหญ่ที่การประปานครหลวงยกเลิกการใช้ตั้งอยู่ในใจกลางกรุงเทพฯ จึงทำให้ระดับน้ำบาดาลในใจกลางกรุงเทพฯ บริเวณเขตวิกฤตอันดับ 2 ซึ่งได้แก่ เขตดุสิต พญาไท ปทุมวัน บางรัก ยานนาวา และบางส่วนของเขตวิกฤตอันดับ 1 ซึ่งได้แก่ เขตบางกะปิ เขตพระโขนง สูงขึ้นอย่างรวดเร็วประมาณ 8-18 เมตร หรือเฉลี่ยปีละ 2-4 เมตร ระดับน้ำอยู่ลึกจากพื้นดินประมาณ 30-38 เมตร ส่วนในย่านชานเมืองด้านตะวันออกน้ำประปายังส่งไปไม่ถึง แหล่งน้ำดิบจึงต้องพึ่งน้ำบาดาลเป็นส่วนใหญ่ แต่จากมาตรการเก็บค่าใช้น้ำบาดาลดังกล่าวทำให้การใช้ในภาคเอกชนประหยัดขึ้น รวมทั้งอิทธิพลจากการลดปริมาณการใช้น้ำบาดาลในย่านใจกลางกรุงเทพฯ ได้ขยายขอบเขตไปในรัศมีรอบๆ ด้วยจึงเป็นผลให้ระดับน้ำในบริเวณชานเมืองตะวันออกเพิ่มขึ้นในอัตราเฉลี่ยปีละ 1-3 เมตร

ดังจะเห็นได้จากระดับน้ำในบ่อสังเกตการณ์ บ่อ NL 17 ที่บริเวณท้องฟ้าจำลอง เขตพระโขนง (รูปที่ 7) ซึ่งอยู่ในเขตวิกฤตอันดับ 1 ระดับน้ำสูงขึ้นจาก 42 เมตร ในปี พ.ศ. 2526 มาอยู่ที่ 30 เมตร ในปี พ.ศ. 2530 สูงขึ้น 12 เมตร ในช่วงเวลา 4 ปี และที่บ่อ NL 25 บริเวณวัดกุณนที่รุทราราม เขตห้วยขวาง ระดับน้ำในกลางปี 2525 อยู่ที่ 54 เมตร แต่ในต้นปี พ.ศ. 2530 อยู่ที่ 37 เมตร สูงขึ้น 17 เมตร ในระยะเวลา 4.5 ปี (รูปที่ 8)

ส่วนบริเวณย่านชานเมืองตะวันออกระดับน้ำจะเริ่มสูงขึ้นตั้งแต่ปี พ.ศ. 2527 กล่าวคือ เป็นเวลาหนึ่งปีหลังจากมาตรการฯมีผลบังคับใช้ ทั้งนี้เพราะในปี พ.ศ. 2526 การประปานครหลวงยังบริการน้ำประปาไม่ถึง ทั้งการประปานครหลวงเองก็ยังคงสูบน้ำบาดาลจ่ายให้ประชาชนและเอกชนก็ยังไม่มีความจำเป็นต้องหาน้ำอื่นนอกจากน้ำบาดาล แต่ในปี พ.ศ. 2527 การบริการน้ำประปาขยายไปถึงชานเมืองด้านตะวันออก จึงทำให้การประปานครหลวงหยุดสูบน้ำบาดาลและยกเลิกบ่อที่มีอยู่ในบริเวณดังกล่าว รวมทั้งบ้านจัดสรรหลายแห่งได้เลิกสูบน้ำบาดาลเปลี่ยนมาใช้บริการน้ำประปาแทน ระดับน้ำบริเวณดัง

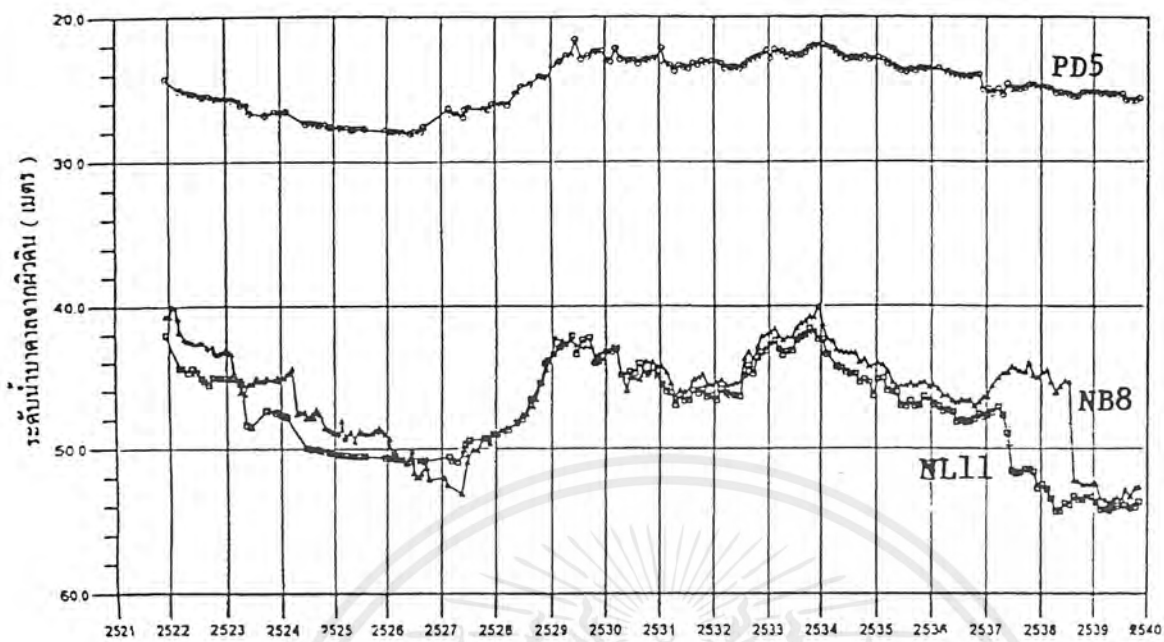


รูปที่ ง-1 ระดับน้ำบาดาลในบ่อสังเกตการณ์ชั้นน้ำนครหลวง บริเวณท้องฟ้าจำลอง พระโขนง

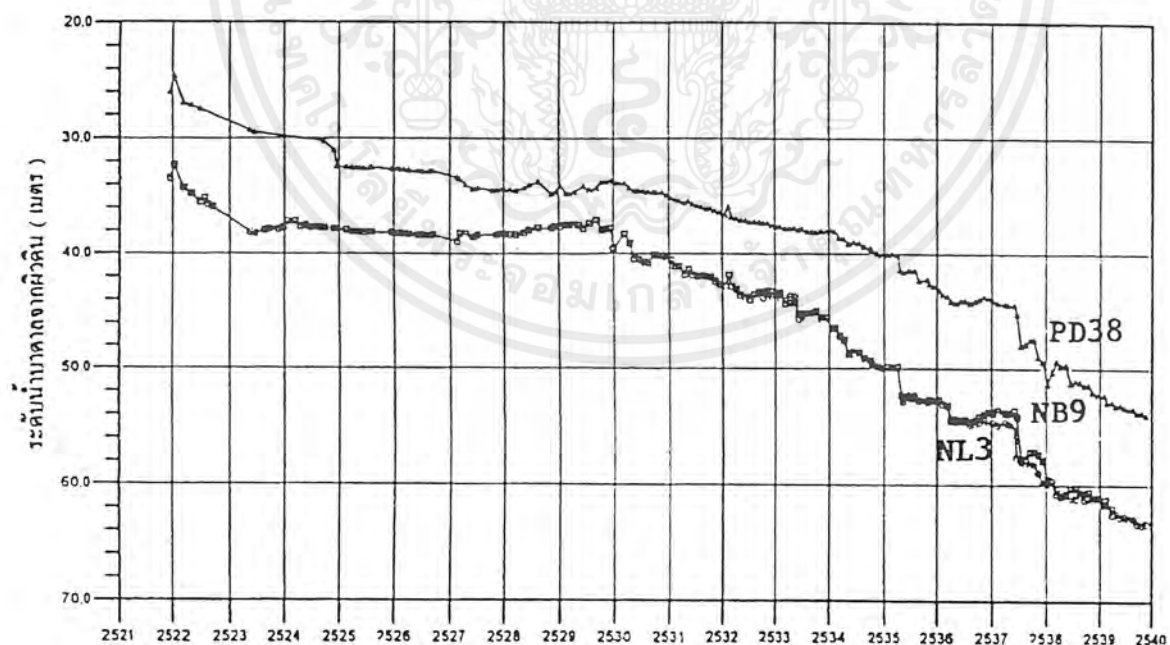


รูปที่ ง-2 ระดับน้ำบาดาลในบ่อสังเกตการณ์ชั้นน้ำนครหลวง บริเวณวัดกุนนที ห้วยขวาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

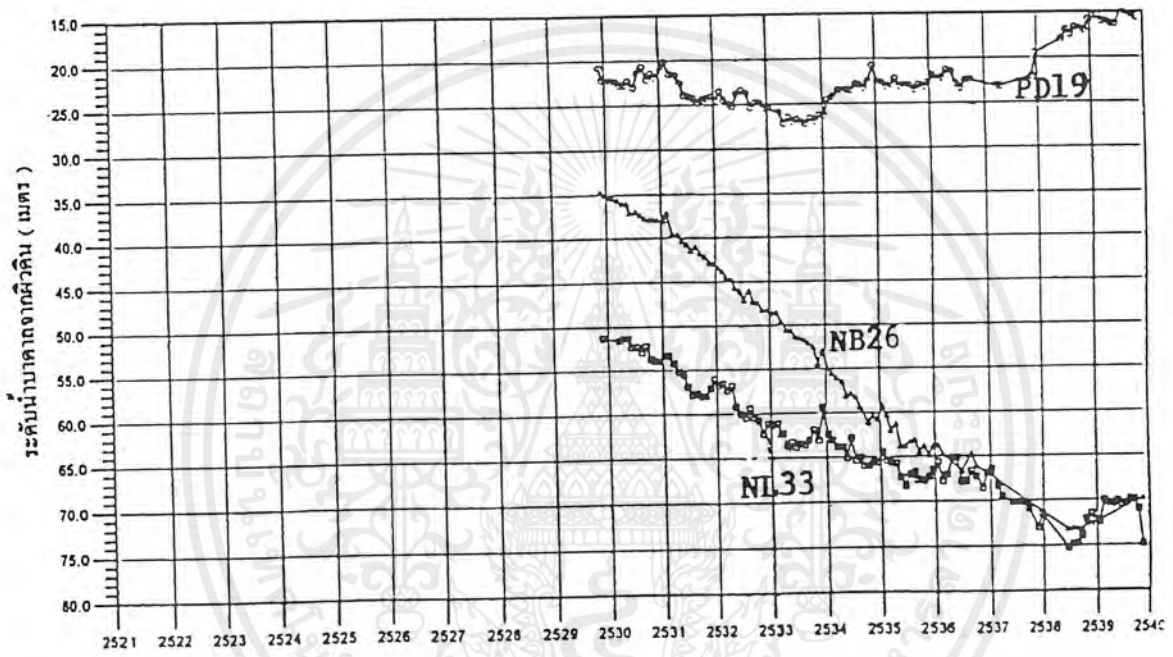


รูปที่ ง-3 ระดับน้ำบาดาลในบ่อสังเกตการณ์ชั้นน้ำพระประแดง (PD5) นครหลวง (NL11) และนนทบุรี (NB8) บริเวณสนามกอล์ฟหัวหมาก



รูปที่ ง-4 ระดับน้ำบาดาลในบ่อสังเกตการณ์ชั้นน้ำพระประแดง (PD38) นครหลวง (NL3) และนนทบุรี (NB9) บริเวณวัดหัวกุ่มารมย์ ออบางพลี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ง-5 ระดับน้ำบาดาลในบ่อตักการณีน้หน้าพระประแดง (PD19) นครหลวง (NL33) และนนทบุรี (NB26) บริเวณตลิ่งกลางจังหวัดสมุทรสาคร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กล่าวถึงสูงขึ้น ดังจะเห็นได้จากบ่อสังเกตการณ์ NL 11 ชั้นน้ำนครหลวงและ NB 8 ชั้นน้ำนนทบุรี ที่บริเวณสนามกอล์ฟหัวหมาก บางกะปิ (รูปที่ 9) ระดับน้ำในชั้นนครหลวงได้สูงขึ้นจาก 52 เมตร ในปี พ.ศ. 2527 มาอยู่ที่ระดับ 43 เมตร ในปี พ.ศ. 2529 ระดับน้ำสูงขึ้น 9 เมตร ในเวลา 2 ปี ส่วนระดับน้ำในชั้นนนทบุรีในช่วงเวลาเดียวกันสูงขึ้น 10 เมตร

ระดับน้ำบาดาลในช่วงระหว่างปี พ.ศ. 2526-2529 ที่เคยเพิ่มสูงขึ้นในอัตราเร็วเริ่มเปลี่ยนแปลง กล่าวคือในปี พ.ศ. 2530 และ 2531 ระดับน้ำบาดาลบางท้องที่ก็เพิ่มขึ้นบ้างเล็กน้อย แต่ในบางท้องที่ก็ลดลง ทั้งนี้เพราะปริมาณการใช้น้ำบาดาลรวมทั้ง 4 จังหวัดเพิ่มขึ้น กล่าวคือ การประปานครหลวงใช้น้ำบาดาลในปี พ.ศ. 2530 เพิ่มขึ้นจากปี พ.ศ. 2529 ในปริมาณ 7.1% ส่วนเอกชนใช้เพิ่มขึ้น 4.7% ส่วนในปี พ.ศ. 2531 เพิ่มขึ้น 2.2% จึงเป็นผลให้ระดับน้ำบาดาลบางแห่งลดลงบ้าง แต่บางแห่งที่อิทธิพลการเพิ่มสูบน้ำบาดาลขยายไปไม่ถึง ระดับน้ำบาดาลจึงสูงขึ้น

สำหรับในช่วงที่ 2 ของมาตรการฯ (พ.ศ. 2531-2535) ระดับน้ำในระยะแรกระหว่างปี 2531 ถึง 2533 ระดับน้ำในชั้นน้ำพระประแดงสูงขึ้น 8 เมตร ในชั้นน้ำนครหลวงบริเวณใจกลางกรุงเทพฯ สูงขึ้น 2 เมตร ส่วนบริเวณชานเมืองด้านตะวันออกลดลง 1 เมตร แต่ตั้งแต่ต้นปี 2534 ถึงปลายปี 2535 ระดับน้ำบาดาลลดลงอย่างรวดเร็วทุกชั้นน้ำ (ตารางที่ 1 และ 2) ระดับน้ำบาดาลในชั้นพระประแดงย่านบางพลีลดลงมาอยู่ที่ระดับ 40 เมตร ส่วนระดับน้ำในชั้นน้ำนครหลวงบริเวณเขตลาดกระบัง และมีนบุรี อยู่ลึก 55 เมตร อัตราการลดของระดับน้ำบาดาลในช่วงปี 2533-2535 ปีละ 3 เมตร และบางแห่งอยู่สูงกว่า 3 เมตร (รูปที่ 10)

ในช่วงที่ 3 มาตรการฯ (พ.ศ. 2536-2540) ระดับน้ำของชั้นน้ำพระประแดง นครหลวง และ นนทบุรีลดลงอย่างรวดเร็วทุกบริเวณ ทั้งในบริเวณชานเมืองกรุงเทพฯ และจังหวัดใกล้เคียง รวมทั้งบริเวณใจกลางกรุงเทพฯ บ่อสังเกตการณ์ที่วัดหัวคู่นาราม อำเภอบางพลี ระดับน้ำในชั้นน้ำนครหลวงลดลงจาก 54 เมตร ในปี 2536 มาอยู่ที่ 64 เมตร ในปลายปี 2539 ระดับน้ำลดลงปีละ 2.50 เมตร

ระดับน้ำบาดาลในย่านอุตสาหกรรมรอบนอก

1. ย่านอุตสาหกรรมปู่เจ้าสมิงพราย ก่อนมาตรการฯ ใช้บังคับ ระดับน้ำในย่านอุตสาหกรรมบริเวณนี้ลดต่ำลงในอัตราที่สูงมาก แต่ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2526 ระดับน้ำเพิ่มสูงขึ้นในอัตราที่น่าพอใจ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กล่าวคือ ในปี พ.ศ. 2525 ระดับน้ำต่ำสุดอยู่ลึก 46 เมตรจากพื้นดิน ในปี พ.ศ. 2539 ระดับน้ำอยู่ลึก 37 เมตร สูงขึ้น 9 เมตร ในปี พ.ศ. 2530 และ 2531 ระดับน้ำกลับลดลงปีละ 1 เมตร อย่างไรก็ตามในช่วงปี 2531-2533 ระดับน้ำสูงขึ้นถึงปีละ 4 เมตร และในปี 2535 ระดับน้ำบริเวณบึงเจ้าสมิงพรายอยู่ลึก 34 เมตร

จะเห็นได้ว่าระดับน้ำต่ำสุดก่อนปี พ.ศ. 2531 อยู่บริเวณย่านอุตสาหกรรมบึงเจ้าสมิงพราย แต่นับจากปี 2531 เป็นต้นมา ระดับน้ำต่ำสุดในชั้นพระประแดงอยู่ที่อำเภอบางพลี ทั้งนี้บริเวณย่านอุตสาหกรรมบึงเจ้าสมิงพรายมีข้อจำกัดในเรื่องคุณภาพน้ำซึ่งบ่อที่เจาะไว้เดิมหลายบ่อที่เปลี่ยนแปลงคุณภาพเป็นกร่อยและเค็มต้องปิดและเลิกใช้ ชื้นน้ำเสื่อมคุณภาพลง และนอกจากนี้น้ำประปาได้ขยายไปถึงการใช้น้ำบาดาลจึงไม่เพิ่มขึ้น

2.ระดับน้ำบาดาลในย่านอุตสาหกรรมบางพลีและสมุทรสาคร ถึงแม้ว่าระดับน้ำ

บาดาลในบริเวณกรุงเทพมหานครจะเพิ่มสูงขึ้นในอัตราที่น่าพอใจ แต่ที่น่าเป็นห่วงคือบริเวณย่านอุตสาหกรรมบางพลีของจังหวัดสมุทรปราการ และบริเวณท้องที่อำเภอเมืองและอำเภอกระทุ่มแบนของจังหวัดสมุทรสาคร ทั้งนี้เพราะการใช้น้ำบาดาลในบริเวณดังกล่าวอยู่ในอัตราที่เพิ่มสูงขึ้นทุกปี ระดับน้ำจึงลดลงมากติดต่อกันทุกปีเช่นกัน โดยเฉพาะอย่างยิ่งบริเวณย่านอุตสาหกรรมอำเภอเมืองสมุทรสาคร ดังเช่นระบบน้ำในบ่อสังเกตการณ์ของกรมทรัพยากรธรณีที่บริเวณศาลากลาง จังหวัดสมุทรสาคร ซึ่งได้เจาะและเริ่มติดตามระดับน้ำมาตั้งแต่เดือนธันวาคม 2529 พบว่า

ระดับน้ำในชั้นน้ำพระประแดง (บ่อ PD 19) ไม่เปลี่ยนแปลงมากนัก กล่าวคือ ระดับน้ำในเดือนธันวาคม 2529 อยู่ลึก 20 เมตร ส่วนในปี 2535 อยู่ลึก 24 เมตร แต่ระดับน้ำลดลงมากในชั้นน้ำนครหลวงและชั้นน้ำนันทบุรี กล่าวคือ ชั้นน้ำนครหลวง (บ่อ NL 33) ระดับน้ำลดลงจาก 51 เมตร ซึ่งวัดในเดือนธันวาคม 2529 มาอยู่ที่ระดับลึก 67 เมตร ในปี 2535 (รูปที่ 11) อัตราการลดของระดับน้ำในช่วงนี้ถึงปีละประมาณ 3 เมตร ส่วนบ่อในชั้นน้ำนันทบุรี (บ่อ NB 26) ระดับน้ำในเดือนธันวาคม 2529 อยู่ลึก 35 เมตร ได้ลดลงมาอยู่ที่ระดับลึก 62 เมตร ในปลายปี 2535 ซึ่งมีอัตราการลดของระดับน้ำในช่วงนี้ถึงปีละ 4.5 เมตร และอัตราดังกล่าวเป็นอัตราการลดของระดับน้ำบาดาลสูงสุดที่เคยเกิดขึ้น ส่วนระดับน้ำระหว่างปี 2536-2539 ลดลงปีละ 2.50 เมตร ในปลายปี 2539 อยู่ลึก 75 เมตร

ข้อมูลของบ่อสังเกตการณ์ที่วัดบางบึง จังหวัดสมุทรสาคร มีอัตราการลดของระดับน้ำในชั้นน้ำนครหลวงระหว่างปี 2523-2535 ปีละ 1.5 เมตร และชั้นน้ำนันทบุรีระหว่างปี 2532-2535 ปีละ 4.5 เมตรเช่นกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ง-4

ข้อมูลการรังวัดแผ่นดินทรุด จากกรมแผนที่ทหาร สำหรับปี 2538-2539

ที่ตั้งหมวดหลักฐาน	ค่าระดับสูง ปี38 (ม.)	ค่าระดับสูง ปี39 (ม.)	ทรุดตัว (มม./ปี)
วัดสังฆราชา เขตลาดกระบัง	1.1411	1.1018	-39.3
ริมครองฝั่งตรงข้าม อ.ลำลูกกา		2.0822	
กรมอุทกศาสตร์ กองทัพเรือ	1.8416	1.8438	2.2
ประตุน้ำวัดตำหรุ จ.สมุทรปราการ	1.7329	1.7127	-20.2
สถานีรถไฟกรุงเทพฯ ชานชาลาที่ 7	1.9973	1.9907	-6.6
สถานีรถไฟสวนจิตรลดา	2.2461	2.2301	-16
สถานีกาชาด สว่างคณิวาส บางปู	1.2082	1.1764	-31.8
ร.ร.อ้อมน้อยฯ (เสริมหมุดปี 34)	1.2517	1.193	-58.7
วัดเกียรติประดิษฐ์ ถ.สุขสวัสดิ์ กทม.	1.0499	1.0333	-16.6
วัดราษฎร์รังสรรค์ ถ.พระรามที่2	0.9084	0.8887	-19.7
ศาลากลาง จ.สมุทรสาคร	1.8242	1.7906	-33.6
อนุสาวรีย์พิทักษ์รัฐธรรมนูญ บางเขน	1.8665	1.8441	-22.4
สหกรณ์การเกษตรมีนบุรี	1.7135	1.6716	-41.9
สนง.การเคหะฯ ดินแดง	1.1112	1.0758	-35.4
ร.ร.วัดมงคลนิมิตร ถ.เทพารักษ์	0.6271	0.599	-28.1
ร.ร.หุมชนบางบ่อ จ.สมุทรปราการ	0.9681	0.9685	0.4
วัดคลองขวาง อ.ไทรน้อย จ.นนทบุรี	2.3442	1.3845	40.3
วัดบัวแก้วเกษร อ.ลาดหลุมแก้ว	2.2912	2.298	6.8
วัดสุวรรณจินดาราม จ.ปทุมธานี	1.964	1.9644	0.4
ร.1 พัน 2 รอ. ถ.แจ้งวัฒนะ	1.9295	1.9105	-19
เทศบาลเมืองนนทบุรี	1.7742	1.7676	-6.6
พิพิธภัณฑ์ทหารอากาศดอนเมือง	2.5185	2.4805	-38
การประปาเชิงรอก จ.ปทุมธานี	1.7905	1.7662	-24.3
หมุดฐานเหนืออุทธารเรือพระจุลจอมเกล้า	2.079	2.0547	-24.3
หมุดฐานใต้อุทธารเรือพระจุลจอมเกล้า	2.3122	2.2916	-20.6
โรงจักรพระนครใต้ ปากบ่อน้ำบาดาล 5	2.6973	2.6891	-8.2
สนง.เขตหนองแขม	1.936	1.9157	-20.3
วัดสัมเกลียง ถ.คลังชั้น-บางบัวทอง	1.831	1.8127	-18.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ง-4

ข้อมูลการรั้งวัดแผ่นดินทรุด จากกรมแผนที่ทหาร สำหรับปี 2538-2539 (ต่อ)

ที่ตั้งหมวดหลักฐาน	ค่าระดับสูง ปี38 (ม.)	ค่าระดับสูง ปี39 (ม.)	ทรุดตัว (มม./ปี)
ศาลากลาง จ.ปทุมธานี	3.0161	3.013	-3.1
วัดศรีจันทาราม อ.เมืองสมุทรปราการ	1.0566	1.059	2.4
หมวดการทางเศรษฐกิจ อ.เมืองสมุทรสาคร	1.3637	1.3261	-37.6
ร.ร.หลวงพ่อบาน อ.คลองด่าน	1.0307	1.0193	-11.4
สนง. เขตบางขุนเทียน	1.0089	0.9602	-48.7
วัดเทียนถวาย ถ.คิวนนท์	1.7476	1.7404	-7.2
วัดสุทธิสะอาด เขตมีนบุรี	2.3154	2.3109	-4.5
สถานีอนามัยบุญศรีสวัสดิ์ กิ่ง อ.พุทธมณฑล	2.5988	2.5628	-3.6
วัดเพรียง อ.ไทรน้อย	2.0667	2.0618	-4.9
ร.ร.เทศบาลวัดลหาร อ.บางบัวทอง	2.5623	2.5557	-6.6
พุทธมณฑล นครชัยศรี	1.8383	1.8291	-9.2
หุ้มนายก เอกชัย เขตบางขุนเทียน	1.1082	1.0748	-33.4
ที่ว่าการอำเภอลาดบัวหลวง	3.3545	3.3856	31.1
สนง. เขตภาษีเจริญ	1.4256	1.4239	-1.7
อนุสาวรีย์สมเด็จพระเจ้าตากสิน	1.9113	1.9128	1.5
สำนักงานผังเมือง ถ.พระรามที่ 9	1.1113	1.0708	-40.5
ร.ร.ครองบ้านพร้าว อ.สามโคก จ.ปทุมธานี	2.5368	2.5408	4
วัดคู่สร้าง กิ่ง อ.พระสมุทรเจดีย์	0.6438	0.9452	-28.6
กองบังคับคดี เขตคลองสาน	2.1368	2.1252	-11.6
ศาลาประชาคม อ.ไทรน้อย	2.665	2.6777	12.7
ร.ร.จันทศิริวิทยา เขตหนองแขม กทม.	1.2575	1.2413	-16.2
วัดโพธิ์แจ้ง ถ.เอกชัย จ.สมุทรสาคร	1.3157	1.3044	-11.3
วัดศรีบูรณวาส ถ.เอกชัย จ.สมุทรสาคร	1.9275	1.8964	-34.1
วัดคลองครุ ถ.เศรษฐกิจ จ.สมุทรสาคร	1.3683	1.3215	-46.8
วัดบางปิ้ง ถ.เศรษฐกิจ จ.สมุทรสาคร	1.3362	1.3106	-25.6
ร.ร.บ้านคลองกระทุ่ม แบน จ.สมุทรสาคร	1.1243	1.0997	-24.6
ร.ร.วัดราษฎร์บำรุง อ.กระทุ่มแบน	0.7969	0.7782	-18.7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

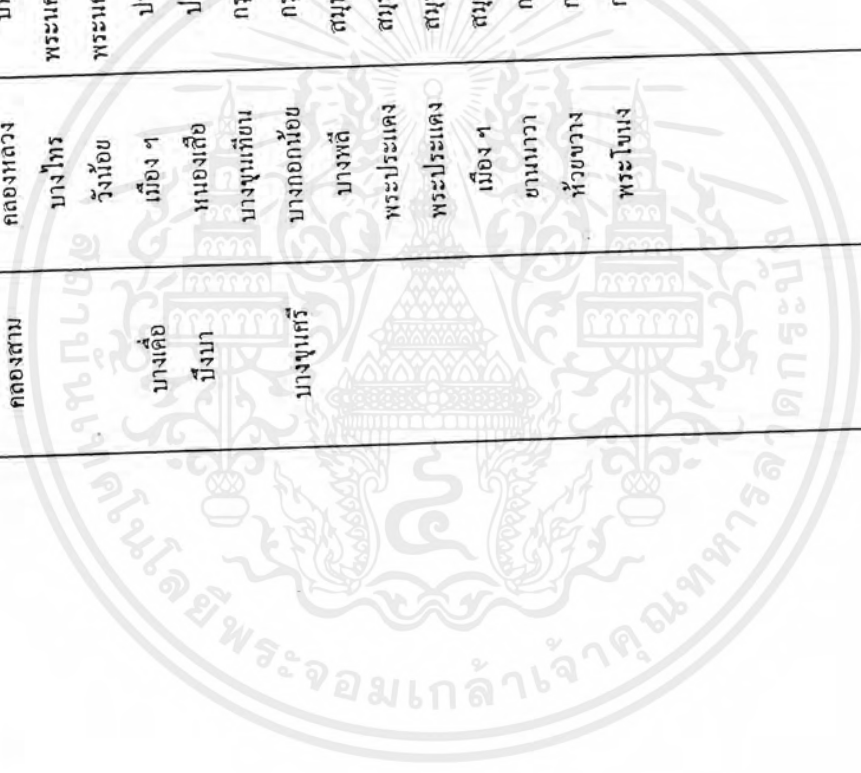
หมู่หลักฐาน	สถานที่ตั้งหมู่หลักฐาน	ตำบล	อำเภอ	จังหวัด	ค่าระดับปี 88 (ม.)	ทุดตัว (มม./ปี)	พิกัดฉาก N	พิกัดฉาก E
DMR 01	โรงเรียนทวีวัฒนา	ทวีวัฒนา	ตลิ่งชัน	กรุงเทพฯ ๑	1.4648	-25.2	1520450	646100
DMR 02	โรงเรียนวัดศาลาวัน	ศาลาวัน	พุทธมณฑล	นครปฐม	1.4462	-8.7	1526300	643400
DMR 03	วัดท่าซุด	ไร่ซิง	สามพราน	นครปฐม	2.1806	-15.8	1519850	638350
DMR 04	วัดอ้อมใหญ่	อ้อมใหญ่	สามพราน	นครปฐม	1.8446	-9.7	1513150	636550
DMR 05	วัดบางบึง	นาคี	เมือง ๑	สมุทรสาคร	1.3228	-26.0	1503350	639500
DMR 06	องค์การบริหารส่วนจังหวัดสมุทรสาคร	มหาชัย	เมือง ๑	สมุทรสาคร	1.9764	-18.7	1497800	638050
DMR 07	วัดพรหมรังษี	แสลงดำ	บางขุนเทียน	กรุงเทพฯ ๑	0.8674	-26.9	1505350	650200
DMR 08	วัดตะเกنگาม	แสลงดำ	บางขุนเทียน	กรุงเทพฯ ๑	1.2631	-12.1	1507200	653900
DMR 09	วัดนิตยาราม	บางบอน	บางขุนเทียน	กรุงเทพฯ ๑	1.2284	-24.8	1511740	652040
DMR 10	วัดโคกอน	บางหว่า	ภาษีเจริญ	กรุงเทพฯ ๑	1.4256	-8.0	1516150	657650
DMR 12	วัดผู้สร้าง		พระสมุทรเจดีย์	สมุทรปราการ	0.8569	-17.7	1500600	666150
DMR 13	วัดบางขี้แพรง		พระประแดง	สมุทรปราการ	1.4599	-6.2	1508500	667300
DMR 14	วัดห้องพลอย		พระโขนง	กรุงเทพฯ ๑	0.7419	-23.9	1509700	676700
DMR 15	วัดค่าน้ำโรง		เมือง ๑	สมุทรปราการ	0.7001	-13.6	1509010	673290
DMR 16	วัดบางแพรกเหนือ		เมือง ๑	นนทบุรี	2.2327	-4.8	1531520	661860
DMR 17	โรงเรียนคลองเกลือ		ปากเกร็ด	นนทบุรี	2.5399	-15.8	1536780	666770
DMR 18	วัดดอนเมือง		ดอนเมือง	กรุงเทพฯ ๑	2.0779	-43.1	1539370	673250
DMR 19	วิทยาลัยเกษตรกรรมปทุมธานี		ลำลูกกา	ปทุมธานี	2.0052	-35.5	1545650	674520
DMR 20	โรงเรียนอนุสุราษฎร์บำรุง		คลองหลวง	ปทุมธานี	2.6674	-30.5	1548300	674600
DMR 21	วัดคุณหญิงก้นเงิน		คลองหลวง	ปทุมธานี	3.3637	2.3	1562200	675100
DMR 22	วัดศาลาหญ		คลองหลวง	ปทุมธานี	2.6593	-3.1	1560560	687220
DMR 23	วัดชัยกิจการาม	คลองหก	ลำลูกกา	ปทุมธานี	2.8675	-9.6	1552930	694050
DMR 24	วัดพิริยดิปิตยาราม	บึงสามพัน	ชัยบุรี	ปทุมธานี	3.4981	4.6	1556780	704540

หยุดยถลักษณ์	สถานที่ตั้งหยุดยถลักษณ์	ตำบล	อำเภอ	จังหวัด	ค่าระดับปี 98 (ม.)	ทรุดตัว (ม./ปี)	พิกัดฉาก N	พิกัดฉาก E
DMR 25	วัดมุดจินดาราม	บึงขัง	ชัยบุรี	ปทุมธานี	2.7225	-14.4	1548920	684900
DMR 26	สนามกอล์ฟกรุงเทพกรีฑา	บึงขัง	บางกะปิ	กรุงเทพฯ ๑	-0.0500	-32.5	1520000	679870
DMR 27	โรงเรียนประสาทวิทยา	สามวาตะวันตก	บางกะปิ	กรุงเทพฯ ๑	1.4746	-21.1	1526540	680050
DMR 28	วัดคูบัว	สามวาตะวันตก	บางกะปิ	กรุงเทพฯ ๑	1.8007	-26.4	1531800	681000
DMR 29	วัดเป็นทองโสภาราม	สามวาตะวันตก	มีนบุรี	กรุงเทพฯ ๑	1.9100	-55.8	1535400	684870
DMR 30	วัดแสนสุข	สามวาตะวันตก	มีนบุรี	กรุงเทพฯ ๑	1.4740	-46.8	1528040	688660
DMR 31	วัดบำเพ็ญเหนือ	สามวาตะวันตก	มีนบุรี	กรุงเทพฯ ๑	1.4770	-35.9	1526230	685170
DMR 32	วัดใหม่ด่านเกษม	สามวาตะวันตก	หนองออก	กรุงเทพฯ ๑	1.5664	-34.3	1526880	695650
DMR 34	วัดพิชจุฑาม	ลำลูกกา	ลำลูกกา	ปทุมธานี	2.7393	-1.5	1543380	704000
DMR 35	วัดนั่งตัดจันตรี	ลำลูกกา	ลำลูกกา	ปทุมธานี	2.7490	-17.6	1540740	689100
DMR 36	วัดบารุงริน	บึงคำพร้อย	ลาดกระบัง	กรุงเทพฯ ๑	1.0445	-49.3	1519700	690100
DMR 37	วิเศษวิทย	บึงคำพร้อย	ลาดกระบัง	กรุงเทพฯ ๑	1.4324	-27.1	1515050	700460
DMR 38	วัดถ้ำด้อยตึง	บึงคำพร้อย	ลาดกระบัง	กรุงเทพฯ ๑	1.5137	-26.1	1521200	704600
DMR 39	วัดศรีวารีน้อย	บึงคำพร้อย	บางพลี	สมุทรปราการ	1.0964	-36.4	1511750	694900
DMR 40	โรงเรียนพุทธเจติยวิทยาคม	บึงคำพร้อย	บางพลี	สมุทรปราการ	1.1077	-73.5	1505500	688600
DMR 41	วัดบางพลีน้อย	บึงคำพร้อย	บางบ่อ	สมุทรปราการ	1.0909	-21.9	1500900	705870
DMR 42	วัดมงคลมิมิต	บึงคำพร้อย	บางพลี	สมุทรปราการ	1.0188	-19.4	1502900	693720
DMR 43	ชุมชนไทยศัพทภัณฑ์	บึงคำพร้อย	บางพลี	สมุทรปราการ	2.0078	-56.2	1508550	683700
DMR 44	วัดทุ่งตานา	บึงคำพร้อย	พระโขนง	กรุงเทพฯ ๑	0.7479	-41.2	1512630	682220
DMR 45	วัดน้อยสุวรรณาราม	บึงคำพร้อย	บางพลี	สมุทรปราการ	1.1038	-18.5	1499330	683480
DMR 46	สถานีวิจัยการนิคมบางปลา	บึงคำพร้อย	เมือง ๑	สมุทรปราการ	1.2207	-30.4	1494900	690500
DMR 47	วัด 12 ธันวาคม	บึงคำพร้อย	เมือง ๑	สมุทรปราการ	1.7243	-53.1	1496550	676170
DMR 48	วัดแพรกษา	บึงคำพร้อย	เมือง ๑	สมุทรปราการ	1.3828	-31.8	1500700	677700

หมู่ผลิตภัณฑ์	สถานที่ตั้งหมู่ผลิตภัณฑ์	ตำบล	อำเภอ	จังหวัด	ค่าระดับปี 88 (ม.)	หตุตัว (ม.ม./ปี)	พิกัดฉาก N	พิกัดฉาก E
DMR 49	วัดวิจิตรธรรมสาริณี	มิ่งกะสัย	พระทองคำ	กรุงเทพฯ ๑	0.8738	-41.4	1513900	677220
DMR 50	สถานีวิทยุโทรทัศน์ ช่อง 11	คูคต	ราชเทวี	กรุงเทพฯ ๑	1.0159	-20.2	1519980	670500
DMR 51	วัดสายไหม	บางปรอก	ลำลูกกา	ปทุมธานี	2.2281	-42.3	1540420	679500
DMR 52	ศาลากลางจังหวัดปทุมธานี	บางเขน	เมือง ๑	ปทุมธานี	3.1926	0.3	1550300	664800
DMR 53	วัดชินนารามวรวิหาร	โสมบอย	เมือง ๑	ปทุมธานี	2.4632	-2.9	1544200	665750
DMR 54	วัดละหาร	ไทรน้อย	บางบัวทอง	นนทบุรี	1.9588	-30.0	1538500	654250
DMR 55	โรงเรียนวัดไทรใหญ่	ไทรน้อย	ไทรน้อย	นนทบุรี	2.4601	-18.6	1545250	641800
DMR 56	โรงเรียนถินฤกษ์วัดนา	หนองปรือ	ไทรน้อย	นนทบุรี	1.9448	21.9	1535500	642500
DMR 57	วัดพิศุณจิน	บางม่วง	บางใหญ่	นนทบุรี	1.9321	-16.6	1531200	654080
DMR 58	วัดตาก้อง	ราษฎร์นิยม	ไทรน้อย	นนทบุรี	2.5798	-25.0	1538700	645100
DMR 59	วัดบ้านแก้วนคร	ระแหง	ศาลาแดง	ปทุมธานี	2.7422	-0.5	1552300	653900
DMR 60	วัดป่าตา	โคกช้าง	บางไทร	พระนครศรีอยุธยา	2.4499	9.8	1562270	664050
DMR 61	ข้างเรือนแพหน้าสวนจตุจักร	ทุ่งพญาไท	จตุจักร	กรุงเทพฯ ๑	1.4924	-21.1	1527640	668720
DMR 62	กรมทรัพยากรธรณี		ราชเทวี	กรุงเทพฯ ๑	1.6266	-21.3	1521680	665420
DMR 63	วัดแก้วฟ้าจุฬามณี		บางซื่อ	กรุงเทพฯ ๑	1.9524	-5.4	1525580	664710
DMR 64	โรงเรียนพิบูลย์อุปถัมภ์		ลาดพร้าว	กรุงเทพฯ ๑	1.3049	-12.8	1525570	672050
DMR 65	วัดสิริกมลาวาส		ลาดพร้าว	กรุงเทพฯ ๑	1.3118	-20.2	1528850	672220
DMR 66	วัดลาดบัวขาว		ประเวศ	กรุงเทพฯ ๑	0.5719	-35.9	1522700	685600
DMR 67	วัดศิริพงษ์ธรรมนิมิตร	อนุสาวรีย์	บางเขน	กรุงเทพฯ ๑	2.2936	-29.8	1532700	677740
DMR 68	โรงเรียนศรีสังวาลย์		ปากเกร็ด	นนทบุรี	2.3185	-6.6	1537050	663000
DMR 69	วัดบางบัว		บางเขน	กรุงเทพฯ ๑	1.7388	-36.6	1531900	671940
DMR 70	ชุมชนไทยศัพท์รังสิต		คลองหลวง	ปทุมธานี	3.3832	-15.1	1551700	674700
DMR 71	วิทยาลัยครูเพชรบุรี		บางปะอิน	พระนครศรีอยุธยา	2.6033	-4.5	1562800	674600

ค่าระดับมูลค่าฐาน ณ สถานที่นำบาดาลของกรมทรัพยากรธรณี

มูลค่าฐาน	สถานที่ตั้งมูลค่าฐาน	ตำบล	อำเภอ	จังหวัด	ค่าระดับปี 88 (ม.)	ทรุดตัว (มม./ปี)	พิกัดฉาก N	พิกัดฉาก E
DMR 72	วัดกล้าขุ่ม	คลองตอง	คลองหลวง	ปทุมธานี	2.8883	-27.6	1551940	677780
DMR 73	วัดพระธรรมกาย	คลองตอง	คลองหลวง	ปทุมธานี	2.5140	-30.3	1555900	679100
DMR 74	วัดโบสถ์	บางเคือง	บางไทร	พระนครศรีอยุธยา	3.4876	13.5	1569550	665150
DMR 75	วัดลาดทราย	บางเคือง	วังน้อย	พระนครศรีอยุธยา	3.7687	10.3	1571350	681920
DMR 76	วัดโพธิ์ฟ้า	บึงบา	เมือง ๑	ปทุมธานี	1.9178	-6.4	1547750	660500
DMR 77	ที่ว่าการอำเภอหนองเสือ	บึงบา	หนองเสือ	ปทุมธานี	3.7703	-3.3	1562700	697080
DMR 78	โรงเรียนบางมดวิद्या	บางขุนศรี	บางขุนเทียน	กรุงเทพฯ ๑	1.1085	-12.0	1512750	658720
DMR 79	วัดไชยทิศ	บางขุนศรี	บางกอกน้อย	กรุงเทพฯ ๑	2.1553	-7.4	1521000	659000
DMR 80	วัดหัวสุวรรณ		บางพลี	สมุทรปราการ	0.9553	-48.6	1515630	693640
DMR 81	วัดกรก		พระประแดง	สมุทรปราการ	1.3131	1.2	1510990	665000
DMR 82	วัดทวงษ์		พระประแดง	สมุทรปราการ	1.6336	-19.3	1509050	673300
DMR 83	วัดตำหู		เมือง ๑	สมุทรปราการ	1.3952	-33.4	1494750	682500
DMR 84	สถานีไฟฟ้าอ้อยทุ่งบางนา		ชานนา	กรุงเทพฯ ๑	1.9683	-5.0	1515000	665880
DMR 85	วัดถนนเทิดทูนธรรม		หัวขวาง	กรุงเทพฯ ๑	1.7325	-19.1	1523760	670120
DMR 86	ห้องฟ้าจำลอง		พระโขนง	กรุงเทพฯ ๑	1.7819	-29.2	1516950	671420

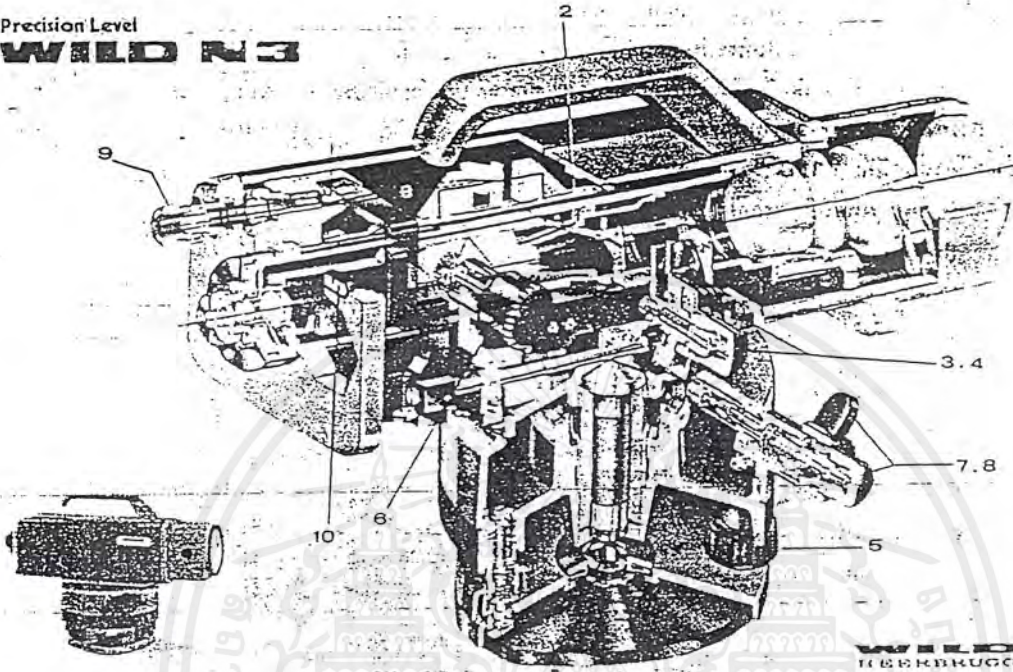


เครื่องมือที่ใช้ในการทำระดับพิเศษ

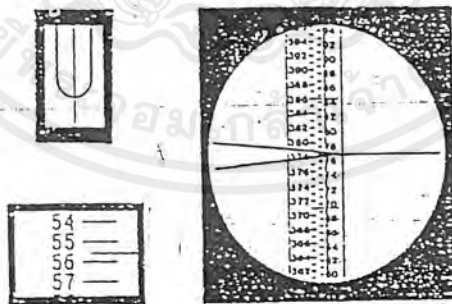
1. กล้อง Precise Level หรือกล้องชนิดที่ 1 ซึ่งเป็นกล้องที่ประกอบด้วย plan parallel plate micrometer เช่น กล้อง WILD N3
2. Invar Staff เป็น Staff ที่ทำจากโลหะอินวาร์ ซึ่งมีการขยายตัวน้อยที่สุด ประมาณ 1.3 micron ต่อเมตร ต่อ 1 องศาเซลเซียส ตัวเลขทั้งสองข้างเป็นตัวเลขที่มีหน่วยเป็น เซนติเมตร สำหรับกล้อง WILD จะบอกทีละ 2 เซนติเมตร อ่านทั้งซ้ายและขวา ผลต่างของตัวเลขทางซ้ายและทางขวามือเท่ากับ 301.55 เซนติเมตร
3. Ground Plate ใช้ในการตั้ง Staff มีน้ำหนัก 5 กิโลกรัม ซึ่งเป็นมาตรฐานสำหรับใช้ในบริเวณที่พื้นมีความแข็ง
4. ขาดัง Staff (Pair of Struts) จะคั่นติดส่วนบนของ Staff และขานี้จะมี Clamp Screw และ Tangent Screw ซึ่งใช้ปรับระดับฟองกลมของ Staff ให้ได้ระดับ
5. วงแหวน (Guiding Ring) เป็นวงแหวนที่ขันต่อที่ตีน Staff ป้องกันไม่ให้ Staff ตกจาก Ground Plate
6. ขากล้อง ขากล้องจะต้องเป็นขาชนิดที่เลื่อนเข้า-ออก(slide)ไม่ได้
7. เทอร์โมมิเตอร์ ใช้ 2 อัน ที่ Staff ทาง BS และ FS และต้องอ่านอุณหภูมิทุกครั้งที่อ่านค่า Staff
8. เทปวัดระยะ
9. รั้วใหญ่ ใช้กางให้กล้องป้องกันการขยายตัวเนื่องจากความร้อน
10. สมุดสนาม
11. Spike หรือ ตะปู
12. มีด ขวาน ฆ้อน เหล็กสกัด
13. เครื่องคำนวณ
14. สีนํ้ามัน หรือ สีสเปรย์
15. เครื่องเขียนต่างๆ
16. กรวยสะท้อนแสง ใช้สำหรับป้องกันอุบัติเหตุจากการจราจร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Precision Level
WILD N3



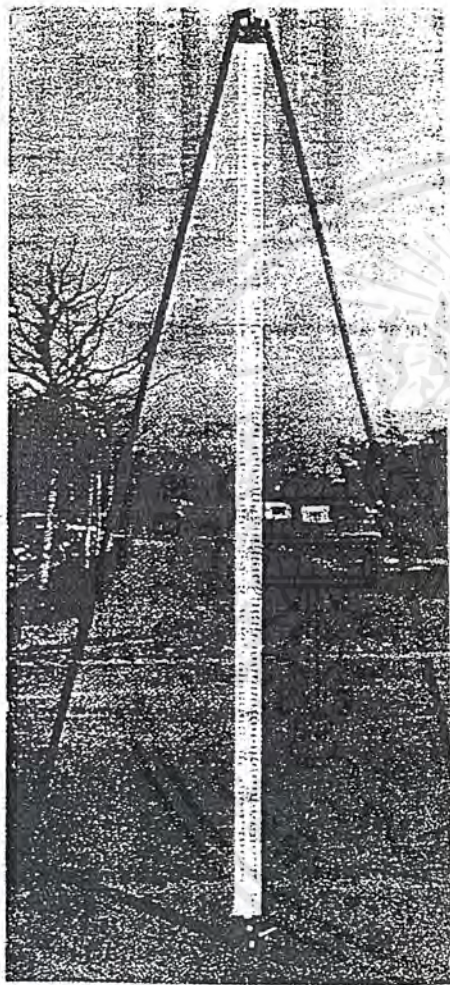
รูปที่ ง-6 กล้อง WILD N3



NA 2 field of view with invar levelling staff	
Setting of wedge-shaped hairs	77 cm
GPM 3 Micrometer	0.556 cm
Total reading	77.556 cm

รูปที่ ง-7 การอ่าน WILD N3 กับ STAFF ชนิด CM.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไมอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



Invar levelling staff set up by a pair of struts



A pair of struts, fastened and hinged to the top of a GPLE staff

GPLE 3
metre

396	96
394	94
392	92
390	90
388	88
386	86
384	84
382	82
380	80
378	78
376	76
374	74
372	72
370	70
368	68
366	66
364	64
362	62
360	60
358	58
356	56
354	54
352	52
350	50
348	48
346	46
344	44
342	42
340	40
338	38
336	36
334	34
332	32
330	30
328	28
326	26
324	24
322	22
320	20
318	18
316	16
314	14
312	12
310	10
308	8
306	6
304	4

รูปที่ ง-8 Invar Staff

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เกณฑ์ความถูกต้องและข้อกำหนดต่าง ๆ

ในการปฏิบัติงานระดับพิเศษในสนามนั้น จะต้องมีเกณฑ์ในการปฏิบัติงานตามข้อกำหนดของงานระดับชั้นที่ 1 ซึ่งทางกองรังวัด กทธ. ได้กำหนดเกณฑ์และวิธีการปฏิบัติงานไว้ ดังนี้

1. ออกแบบให้โครงข่ายการระดับ สำหรับพื้นที่ในเมือง 2-15 กิโลเมตร และพื้นที่นอกเมืองมากกว่า 15 กิโลเมตร

2. ระยะห่างของหมุดหลักฐาน (BM) 1-2 กิโลเมตร

3. การเดินระดับเป็นตอนการระดับแบบไป-กลับ โดยต่างวันและเวลากัน (การเดินระดับใช้วิธี Differential Levelling)

4. ใช้หมุดหลักฐานการระดับของกรมแผนที่ทหารหมายเลข BMR 8 บริเวณหมู่บ้านชัชฎาวิลล่า แขวงบางแวก เขตภาษีเจริญ กรุงเทพมหานคร เป็นหมุดควบคุมโครงข่ายการระดับ (เดิมเป็นหลุมเจาะสำรวจปิโตรเลียม มีความลึก 6,098 ฟุต มีค่าระดับ 1.5482 เมตร)

5. ระยะจากกล้องไปยังไม้วัดระดับ ไม่เกิน 50 เมตร ส่วนความแตกต่างของระยะในการตั้งกล้องแต่ละครั้งระหว่าง BS และ FS ไม่เกิน 2 เมตร และความแตกต่างของผลรวมระยะในตอนการระดับระหว่าง BS และ FS ไม่เกิน 4 เมตร

6. ค่าความต่างของการอ่านไม้วัดระดับ (ตัวเลขของไม้วัดระดับด้านซ้ายและขวา) ไม่เกิน บวกลบ 0.25 มม. โดยยึดหลักตัวเลข 3.01550 เมตร เป็นตัวคงที่ในการตรวจสอบผลต่างเพราะตัวเลขใน Invar Staff ผลต่างของด้านซ้ายและด้านขวาของ Staff จะเท่ากับ 3.01550 เมตร

7. ไม้วัดระดับตัวแรกออก และตัวเข้าบรรจุในแต่ละตอนการระดับจะต้องเป็นตัวเดียวกัน

8. ค่าความคลาดเคลื่อนบรรจุของวงรอบการระดับ ไม่เกิน บวกลบ 4 มม. \sqrt{K} เมื่อ K คือ ระยะทางเป็นกิโลเมตร

9. การเดินระดับผ่านสถานีบ่อสังเกตการณ์น้ำบาดาล หมุดหลักฐาน ณ สถานีน้ำบาดาล และสถานีวัดแผ่นดินทรุดของสำนักงานสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ให้ใช้หมุดหลักฐานตัวที่ลึกที่สุดของสถานีนั้นเป็นหลัก แล้วรังวัดไปยังหมุดหลักฐานตัวอื่น โดยวิธี Intermediate Foresight

10. บันทึกค่าอุณหภูมิ และสภาพอากาศตลอดการรังวัด

11. ตรวจสอบแนวเล็งของกล้อง (Collimation Error) ทุกวัน อย่างน้อยวันละ 1 ครั้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

12. ระหว่างการปฏิบัติงาน ถ้ามีอุปสรรคทำให้ต้องพักงานกลางคันด้วยเหตุใดก็ตาม เพื่อให้การถ่ายค่าระดับที่ได้ทำมาแล้วใช้ทำต่อในวันถัดไป หรือในวันหลังๆ ต้องสร้างหมุด BMT อย่างน้อย 2 หมุด เพื่อใช้ตรวจสอบเมื่อมาต่องานในวันหลัง

13. ก่อนที่จะทำการอ่านค่าระดับ จะต้องปรับระดับฟองยาว (เขาควาย) ให้ขบกันพอดีทุกครั้ง โดยใช้ Tilting Screw

14. ในการอ่านค่าบนไม้วัดระดับต้องปฏิบัติดังนี้ ให้เล็งกล้องไปยังไม้วัดระดับหลัง (BS) แล้วเลื่อนสายใยไปทางตัวเลขบน Invar Staff ด้านซ้าย อ่านตัวเลขที่ได้แล้วจดลงบนสมุดสนาม จากนั้นหมุนกล้องไปยังไม้วัดระดับหน้า (FS) ปรับเขาควายแล้วเลื่อนสายใยไปทางตัวเลขบน Invar Staff ด้านซ้าย อ่านตัวเลขที่ได้แล้วจดลงบนสมุดสนาม จากนั้นให้หมุนกล้องระดับไปที่ไม้วัดระดับหลัง (BS) อีกครั้งหนึ่ง แต่คราวนี้หลังจากปรับเขาควายให้เลื่อนสายใยกล้องไปทางตัวเลขบน Invar Staff ด้านขวาอ่านตัวเลขที่ได้แล้วจดลงบนสมุดสนาม เสร็จแล้วก็หมุนกล้องไปที่ไม้วัดระดับหน้า (FS) ปรับเขาควายเลื่อนสายใยกล้องไปทางตัวเลขบน Invar Staff ด้านขวา อ่านและจดตัวเลขที่ได้บนสมุดสนาม

15. สำหรับการอ่านค่าสายใยบนและสายใยล่าง (Stadia) ให้เลื่อนสายใยกล้องไปทางแล้วอ่านตัวเลขบน Invar Staff ด้านซ้ายหรือขวาก็ได้ ซึ่งในทางปฏิบัติให้อ่านค่าตัวเลขเพียงด้านใดด้านหนึ่งเท่านั้น ทั้งนี้เพื่อสะดวกในการคำนวณระยะทางจะได้ไม่มีการสับสน

16. ในการอ่านค่าระดับจะต้องอ่านด้วยความรวดเร็วที่สุดเท่าที่จะทำได้ ทั้งนี้เพื่อขจัดความคลาดเคลื่อนต่างๆ ที่อาจจะเกิดขึ้นได้

17. ขณะที่อุณหภูมิสูงขึ้นในขณะที่ปฏิบัติงาน ให้พยายามตั้งขากล้องให้สูงจากพื้นดินให้มากที่สุด เพราะไอความร้อนที่ลอยตัวขึ้นมาจากผิวดินจะส่งผลกระทบต่อ การอ่านค่าบนไม้วัดระดับได้

18. ไม้วัดระดับต้องมีการตรวจเป็นครั้งคราว เมื่อเกิดกระทบกระเทือนหรือสงสัยว่าจะมีความคลาดเคลื่อน อย่างน้อยที่สุดเดือนละ 1 ครั้ง

ความผิดในการทำระดับ (Errors in Levelling)

สาเหตุของความผิดในการถ่ายระดับมี 3 ประการ คือ

1. ความผิดจากเครื่องมือ (Instrument Error)
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ความผิดที่เกิดขึ้นจากธรรมชาติ (Natural Error)

3. ความผิดที่เกิดขึ้นจากบุคคล (Personal Error)

1. ความผิดที่เกิดขึ้นจากเครื่องมือ

- กล้องไม่ได้รับการตรวจสอบและปรับแก้ก่อนที่จะนำไปใช้งาน เพราะฉะนั้นจะทำให้แกนหลอดระดับและแกนกล้องไม่ขนานกัน ซึ่งเราเรียกว่า Collimation Error ถ้าตั้งกล้องไม่อยู่ที่กึ่งกลางจริงก็จะทำให้ความผิดสะสมขึ้นเรื่อยๆ

- Staff มีความยาวไม่ถูกต้อง เช่น ขีดของ Staff ไม่ได้มาตรฐาน จะสามารถตรวจสอบได้โดยการเทียบกับ Tape ที่มีความยาวมาตรฐาน

- ขากล้องหลวมหรือแน่นเกินไป โดยเฉพาะขากล้องหลวมจะมีผลต่อการตั้งกล้องคือระดับจะเสีย ผลงานที่ออกมาจะผิด

2. ความผิดที่เกิดจากธรรมชาติ

- ความโค้งของโลก : ความโค้งของโลกก็สามารถแก้ไขให้หมดไปได้โดยการตั้งกล้องอยู่ที่กึ่งกลางระหว่างไม้ Staff ทั้งสอง

- การหักเหของแสง : การหักเหของแสงจะมีค่าไม่แน่นอนในแต่ละวันเวลา โดยปกติการหักเหจะทำให้แนวกล้องต่ำลง การแก้ไขควรจะต้องตั้งกล้องอยู่ที่กึ่งกลางระหว่าง Staff

- การเปลี่ยนอุณหภูมิ : ความร้อนทำให้ไม้ Staff หดหรือขยายตัวได้ แต่ในงานระดับธรรมดา Ordinary Levelling จะไม่คิดถึงเรื่องนี้ แต่ความร้อนจะมีผลทำให้กล้องขยายตัวทำให้ระดับเสียได้ เพราะฉะนั้นจะต้องกางร่มให้กล้อง นอกจากนั้นถ้าตั้งกล้องส่องผ่านเนินดิน สายโยกกล้องสูงจากเนินดินไม่มาก ทำให้แนวกล้องผ่านชั้นของอากาศที่มีความหนาแน่นไม่เท่ากัน จะทำให้แนวกล้องหักเหได้ หรือส่องกล้องผ่านกองโลหะหรือถังโลหะในเวลาร้อนจัด คลื่นความร้อนจากโลหะก็จะทำให้แนวกล้องหักเหได้ ในทำนองเดียวกัน ถ้าส่องกล้องผ่านสี่แยกหรือถนนที่มีการจราจรติดขัดก็จะมีผลเช่นเดียวกัน

3. ความผิดที่เกิดจากบุคคล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

-การปรับฟองระดับไม่อยู่กึ่งกลาง ถ้าเป็นกล้อง Tilting Level เมื่อปรับระดับได้ระดับแล้วส่องอ่าน แต่ในขณะที่ส่องอ่านระดับจะเคลื่อนออกจากกึ่งกลาง เพราะฉะนั้นเวลาอ่านเสร็จจะต้องดูฟองระดับทันที ในปัจจุบันมีกล้องบางชนิดใช้ Prism สะท้อนภาพฟองระดับให้เห็นภายในตัว Telescope ด้วย ทำให้สะดวกในการส่อง

-Parallax พาราแลกซ์เกิดขึ้นเนื่องจากการปรับภาพของ Staff และสายใยขัดไม่เท่ากัน ทดสอบได้โดยเหลือบตาขึ้นลง ถ้าภาพของ Staff และสายใยเคลื่อนที่สวนทางกันแสดงว่ามี Parallax อยู่ จะต้องปรับให้หาย คือ เหลือบตาแล้วภาพ Staff และสายใยเคลื่อนที่ไปด้วยกัน

-การอ่านค่า Staff ผิด ซึ่งมีผลมาจาก Parallax สภาพอากาศไม่ดี ตั้งกล้องห่างจาก Staff มากจนเกินไป การตั้ง Target ไม่ตรงกับสายใยกล้อง

-สายใยราบไม่อยู่ในแนวราบ แก้ไขได้โดยใช้จุดตัดของสายใยอ่านค่า Staff

-การตั้ง Staff ไม่ตรงดิ่ง แก้ไขได้โดยการปรับระดับของ Staff ใหม่

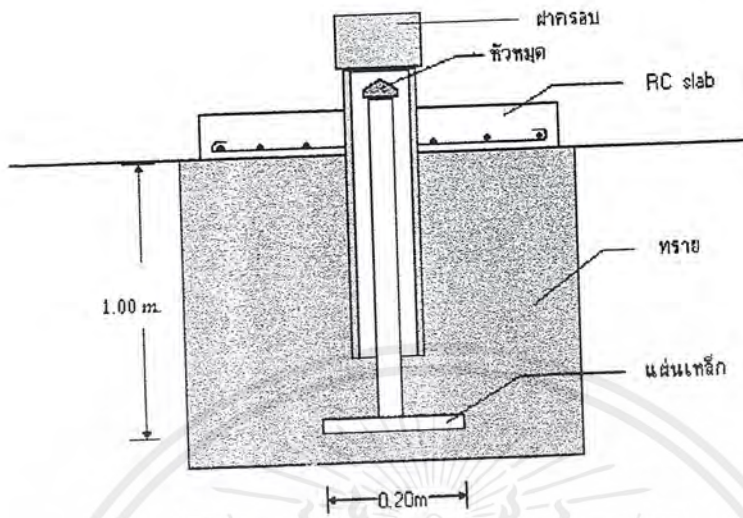
-การตั้ง Staff ยาวและสั้นไม่เท่ากัน

-การตั้ง Staff ไม่อยู่บนที่เดียวกันในขณะที่ส่อง BS และ FS

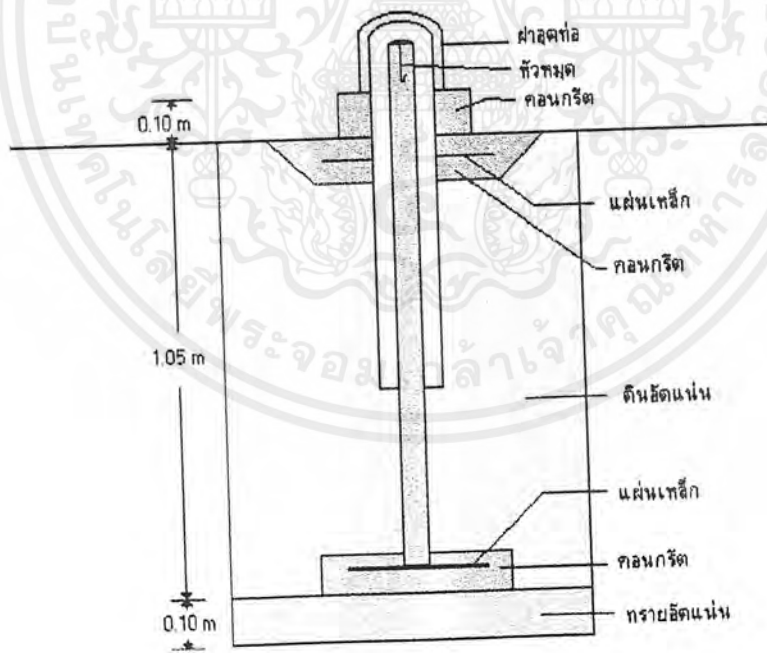
-การจดค่า Staff ผิด

-การจับขากล้องหรือโดนขากล้องในขณะที่ส่องกล้อง จะมีผลทำให้ระดับเสีย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



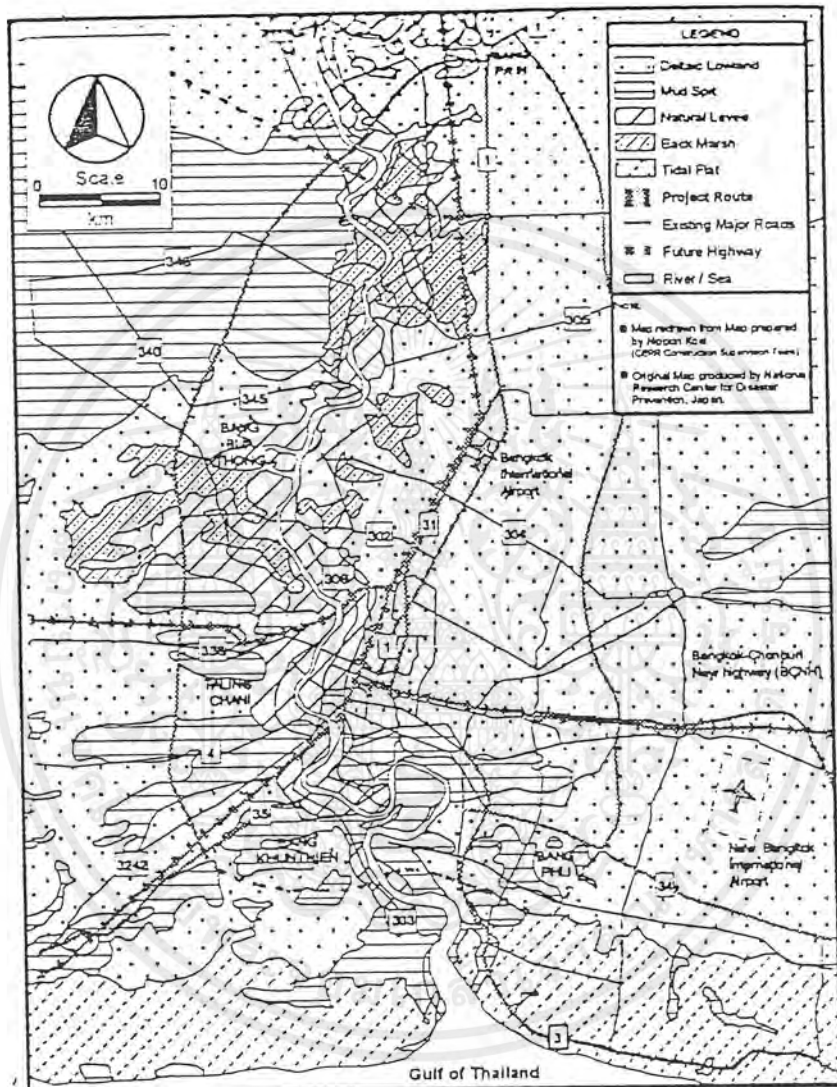
ทฤษฎีฐาน dmi ของกรมทรัพยากรธรณี สำหรับการตรวจสอบการทรุดตัวของผิวดิน



ทฤษฎีฐาน test indicator (TI) สำหรับการตรวจสอบการทรุดตัวของผิวดิน

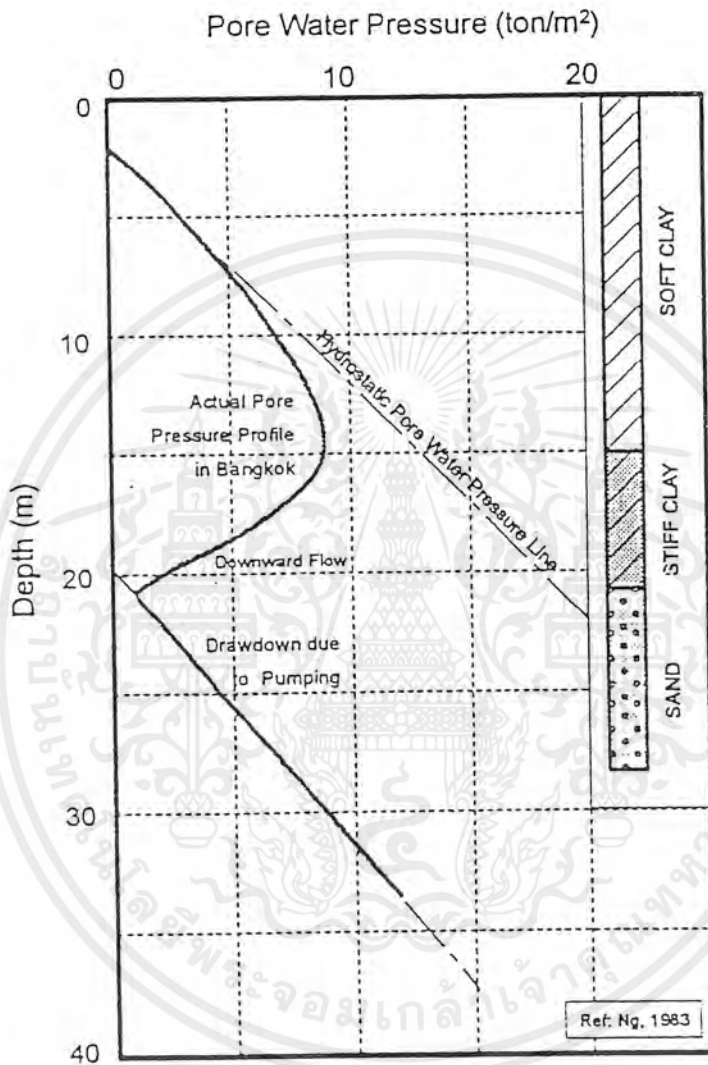
รูปที่ ง-9 แสดงรายละเอียดของหมุดที่ใช้วัดค่าการทรุดตัว (กรมทรัพยากรธรณี และกรมแผนที่ทหาร)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 10 แผนที่ธรณีวิทยาของพื้นที่ในเขตกรุงเทพมหานคร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ง-11 ลักษณะทั่วไปของ Piezometric Pressure Profile เนื่องจากการสูบน้ำใต้ดินในกรุงเทพฯ

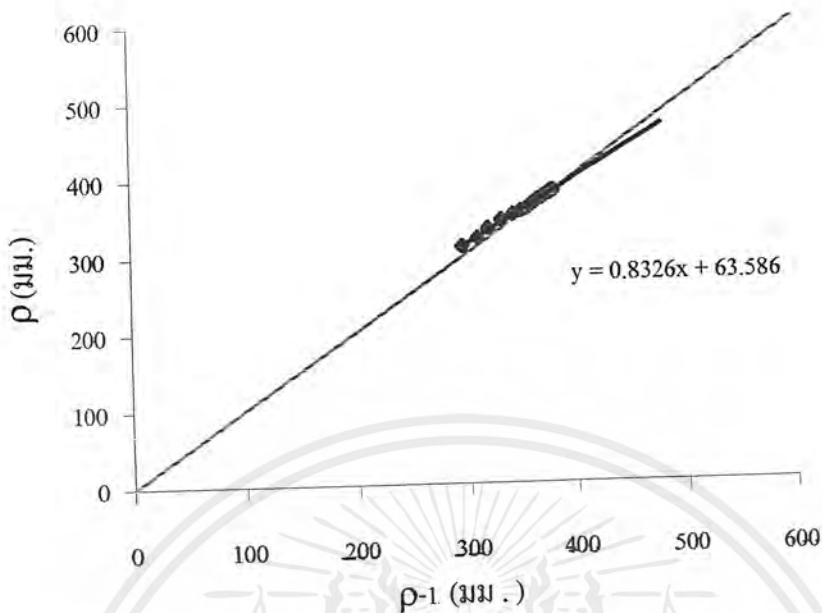


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

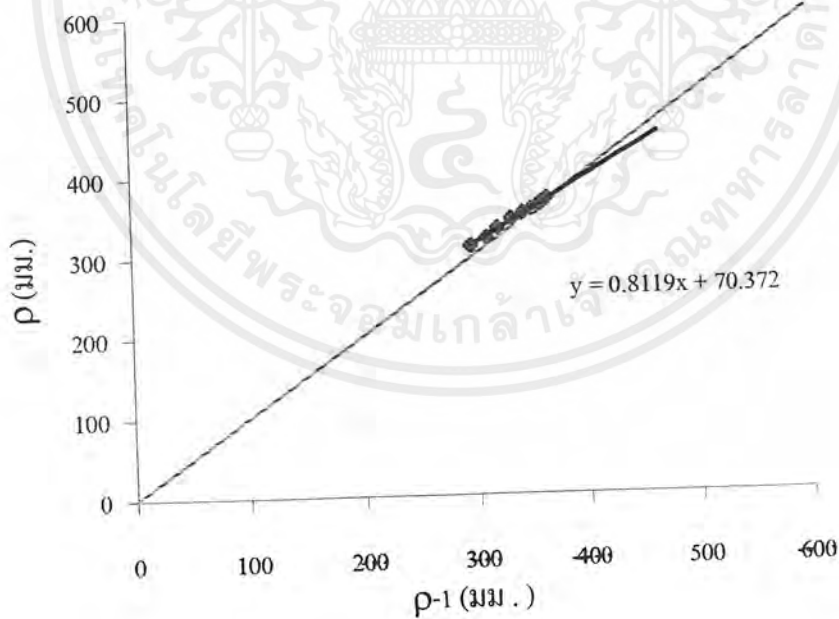
ตารางที่ จ-1 แสดงค่าที่ใช้ในการคำนวณ โดยใช้ทฤษฎี Asaoka จุดที่ 2

ค่า U (%)	วันสะสม	ρ (มม.)	$\rho-1$ (มม.)
	297	296	
	311	310	296
	325	320	310
	339	332	320
26%	353	343	332
46%	367	350	343
62%	381	354	350
76%	395	356	354
81%	409	358	356
87%	423	360	358
	437	363	360
	451	365	363
93%	465	368	365
	479	370	368
	493	372	370
	507	373	372
	521	374	373
	535	376	374
	549	376	376
	563	378	376
	577	380	378
	591	380	380
	605	380	380

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

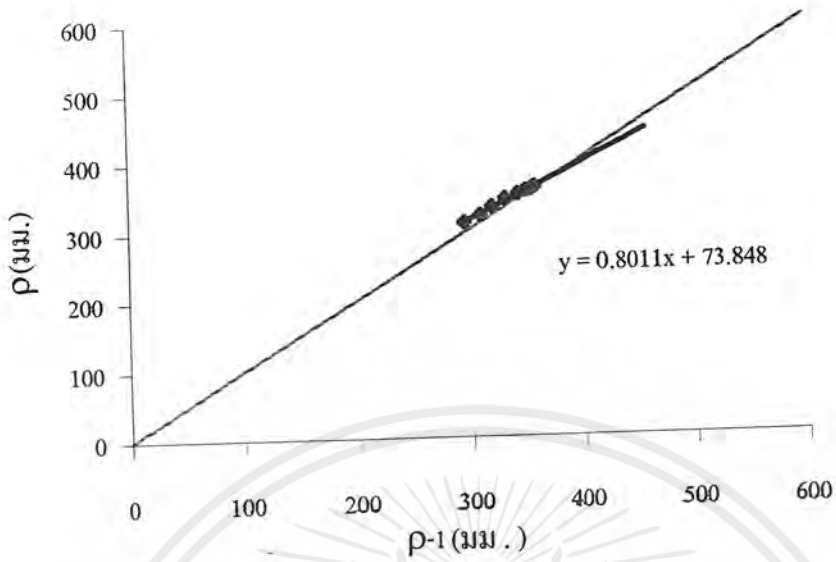


รูปที่ จ-1 กราฟการคำนวณหาค่าการทรุดตัวสุดท้ายโดยวิธี Asaoka ของจุดที่ 2 เมื่อใช้ข้อมูลทั้งหมด

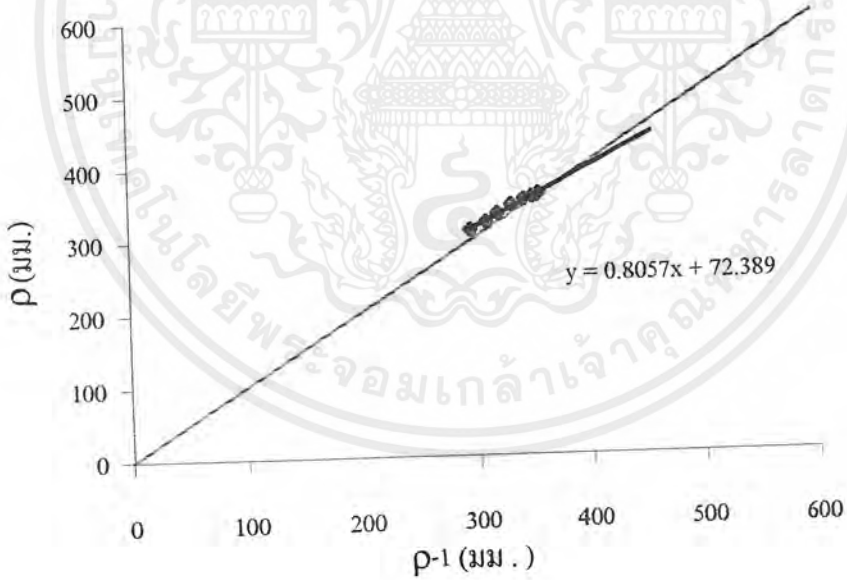


รูปที่ จ-2 กราฟการคำนวณหาค่าการทรุดตัวสุดท้ายโดยวิธี Asaoka ของจุดที่ 2 เมื่อใช้ข้อมูล $U=93\%$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

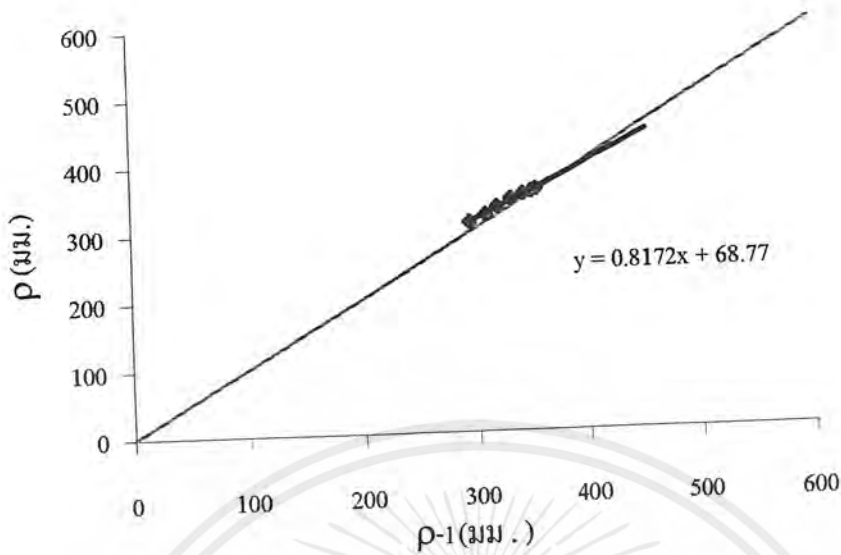


รูปที่ จ-3 กราฟการคำนวณหาค่าการทรุดตัวสุดท้ายโดยวิธี Asaoka ของจุดที่ 2 เมื่อใช้ข้อมูล $U=87\%$

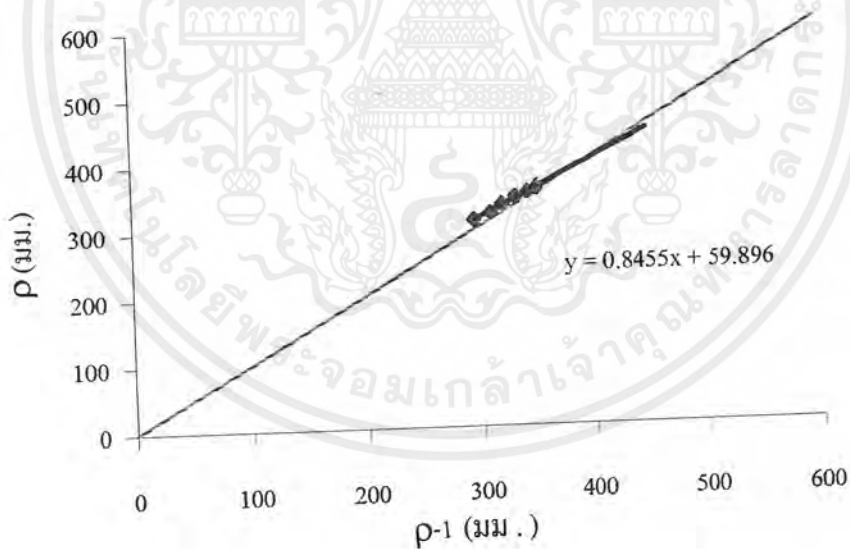


รูปที่ จ-4 กราฟการคำนวณหาค่าการทรุดตัวสุดท้ายโดยวิธี Asaoka ของจุดที่ 2 เมื่อใช้ข้อมูล $U=81\%$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

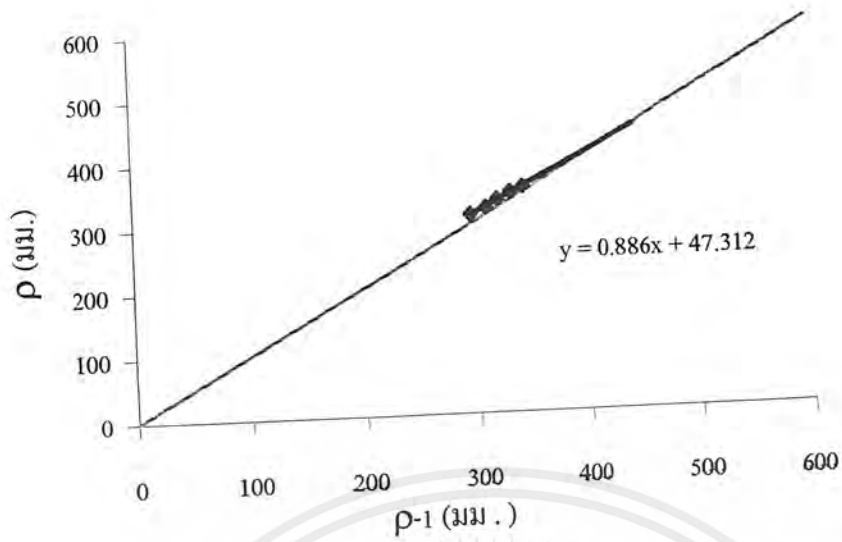


รูปที่ จ-5 กราฟการคำนวณหาค่าการทรุดตัวสุดท้ายโดยวิธี Asaoka ของจุดที่ 2 เมื่อใช้ข้อมูล $U=76\%$

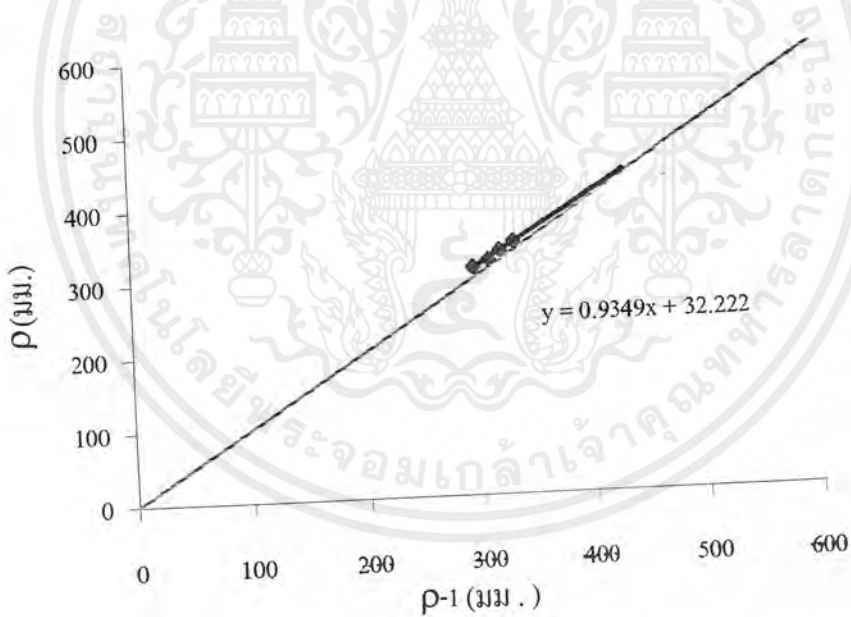


รูปที่ จ-6 กราฟการคำนวณหาค่าการทรุดตัวสุดท้ายโดยวิธี Asaoka ของจุดที่ 2 เมื่อใช้ข้อมูล $U=62\%$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ จ-7 กราฟการคำนวณหาค่าการทรุดตัวสุดท้ายโดยวิธี Asaoka ของจุดที่ 2 เมื่อใช้ข้อมูล U=46%



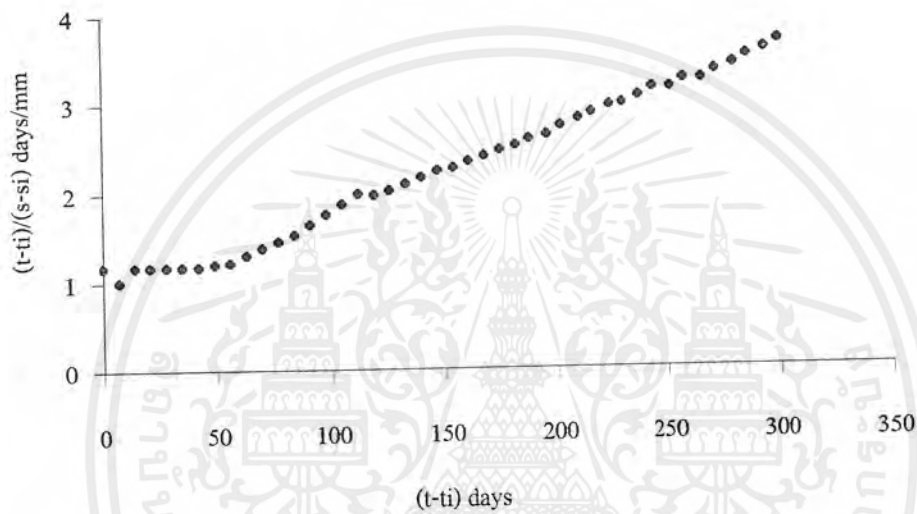
รูปที่ จ-8 กราฟการคำนวณหาค่าการทรุดตัวสุดท้ายโดยวิธี Asaoka ของจุดที่ 2 เมื่อใช้ข้อมูล U=26%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ จ-3 แสดงค่าที่ใช้ในการคำนวณ โดยใช้ทฤษฎี Hyperbolic จุดที่2

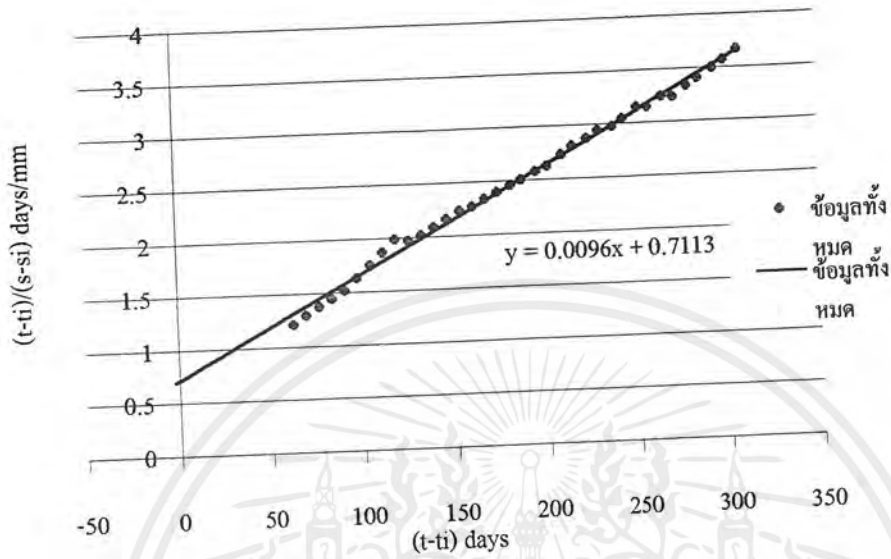
ค่า %U (%)	วันสะสม (วัน)	การทรุดตัว (มม)	(t-ti) (วัน)	(s-si) (มม)	(t-ti)/(s-si) (วัน/มม)	ค่า % U (%)	วันสะสม (วัน)	การทรุดตัว (มม)	(t-ti) (วัน)	(s-si) (มม)	(t-ti)/(s-si) (วัน/มม)
	297	296	0	0			458	367	161	71	2.267606
	304	302	7	6	1.166667		465	368	168	72	2.333333
	311	310	14	14	1	93%	472	369	175	73	2.39726
	318	314	21	18	1.166667		479	370	182	74	2.459459
	325	320	28	24	1.166667		485	371	188	75	2.506667
	332	326	35	30	1.166667		493	372	196	76	2.578947
	339	332	42	36	1.166667		499	373	202	77	2.623377
	346	338	49	42	1.166667		507	373	210	77	2.727273
	353	343	56	47	1.191489		513	373	216	77	2.805195
26%	360	348	63	52	1.211538		521	374	224	78	2.871795
46%	367	350	70	54	1.296296		527	374	230	78	2.948718
62%	374	352	77	56	1.375		535	376	238	80	2.975
	381	354	84	58	1.448276		541	376	244	80	3.05
76%	388	356	91	60	1.516667		549	376	252	80	3.15
	395	356	98	60	1.633333		555	378	258	82	3.146341
81%	402	356	105	60	1.75		563	378	266	82	3.243902
	409	356	112	60	1.866667		569	380	272	84	3.238095
	416	356	119	60	1.983333		577	380	280	84	3.333333
87%	423	360	126	64	1.96875		583	380	286	84	3.404762
	430	362	133	66	2.015152		591	380	294	84	3.5
	437	363	140	67	2.089552		597	380	300	84	3.571429
	444	364	147	68	2.161765		605	380	308	84	3.666667
	451	365	154	69	2.231884						

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

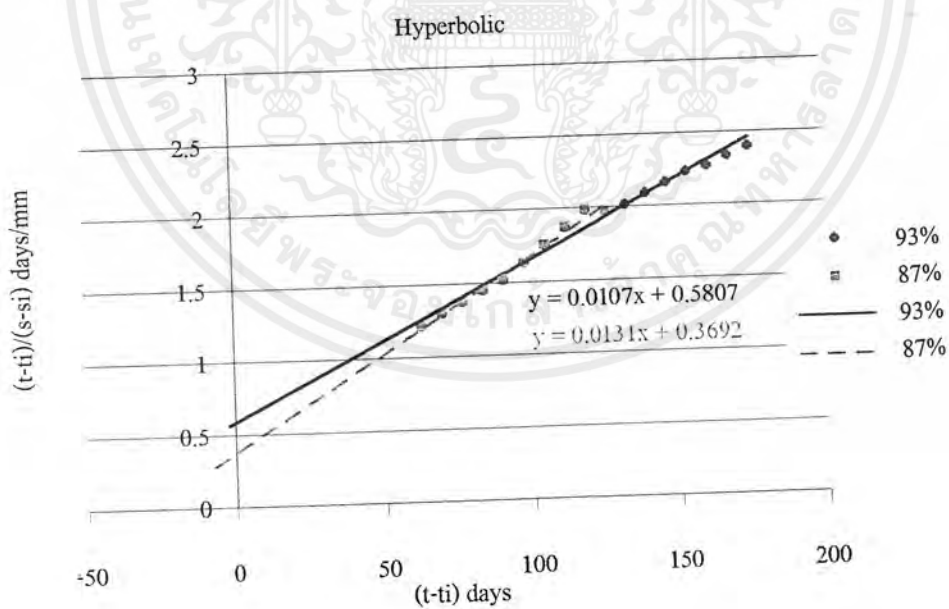


รูปที่ ๙-๙ กราฟแสดงลักษณะการทรุดตัวโดยวิธีHyperbolicของจุดที่ 2 จากข้อมูลทั้งหมด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

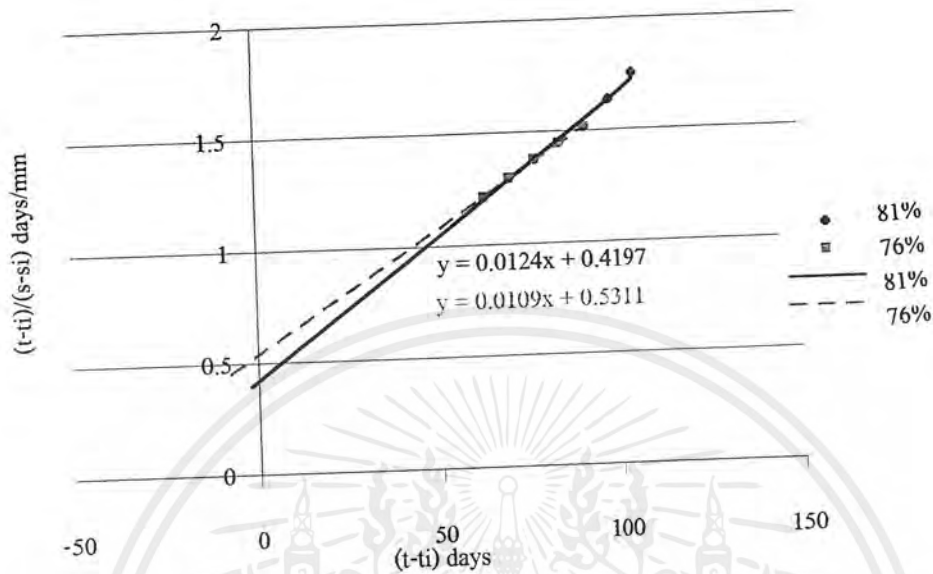


รูปที่ จ-10 | กราฟการคำนวณหาค่าการทรุดตัวสุดท้าย โดยวิธีHyperbolicของจุดที่ 2 จากข้อมูลทั้งหมด

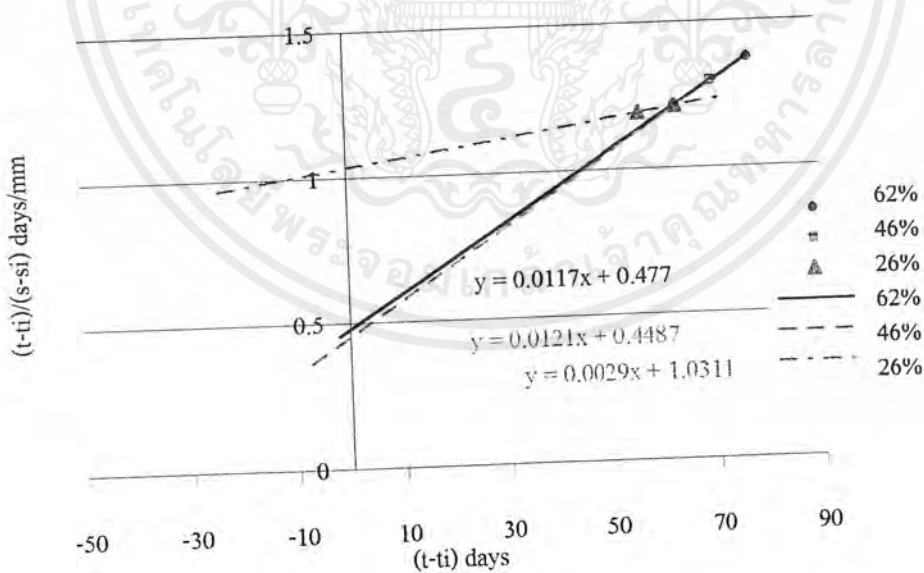


รูปที่ จ-11 | กราฟการคำนวณหาค่าการทรุดตัวสุดท้าย โดยวิธีHyperbolicของจุดที่ 2 จากข้อมูล 87,93%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ จ-12 กราฟการคำนวณหาค่าการทรุดตัวสุดท้ายโดยวิธีHyperbolicของจุดที่ 2 จากข้อมูลU76,81%



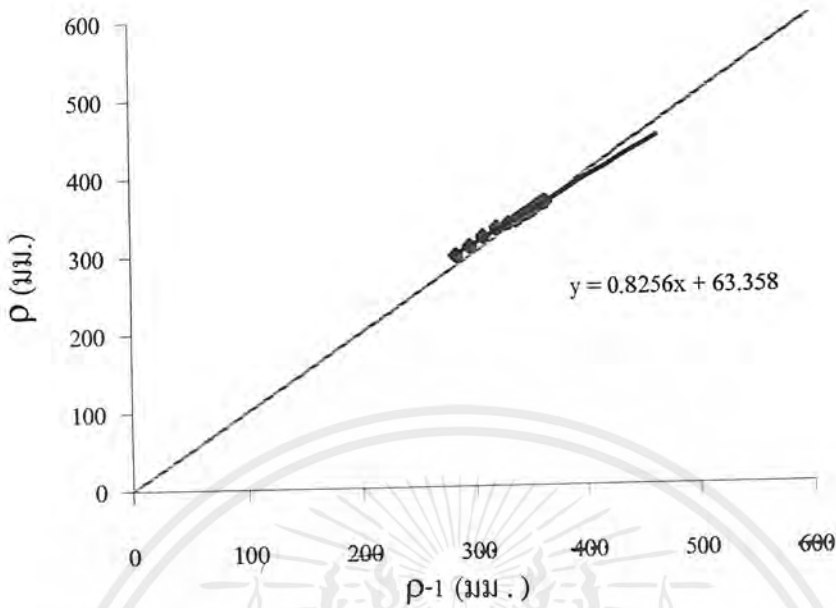
รูปที่ จ-13 กราฟการคำนวณหาค่าการทรุดตัวสุดท้ายโดยวิธีHyperbolicของจุดที่ 2 จากข้อมูลU26,46,62%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

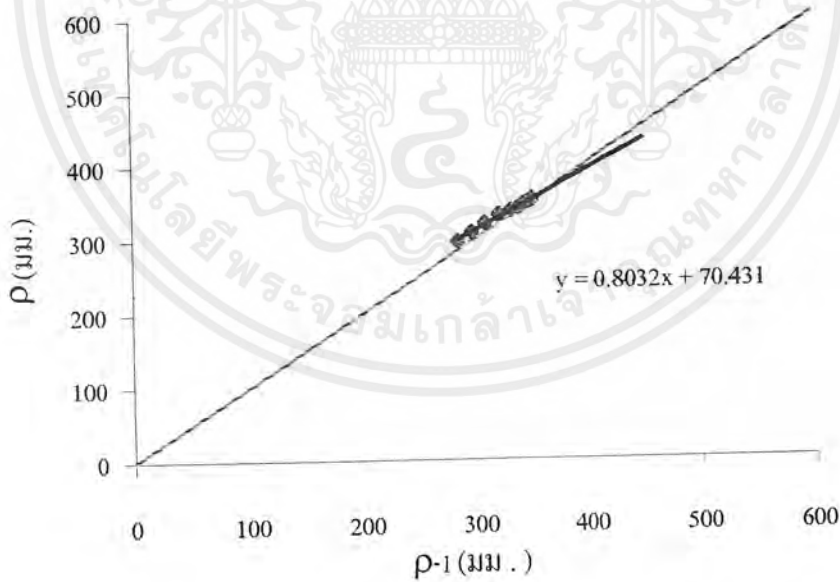
ตารางที่ จ-2 แสดงค่าที่ใช้ในการคำนวณโดยใช้ทฤษฎี Asaoka จุดที่ 3

ค่า U (%)	วันสะสม	ρ (มม.)	$\rho-1$ (มม.)
	297	284	
	311	296	284
	325	308	296
	339	320	308
10%	353	331	320
47%	367	337	331
67%	381	340	337
78%	395	342	340
	409	345	342
85%	423	347	345
	437	349	347
	451	350	349
93%	465	352	350
	479	352	352
	493	354	352
	507	356	354
	521	358	356
	535	360	358
	549	362	360
	563	362	362
	577	364	362
	591	364	364
	605	364	364

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

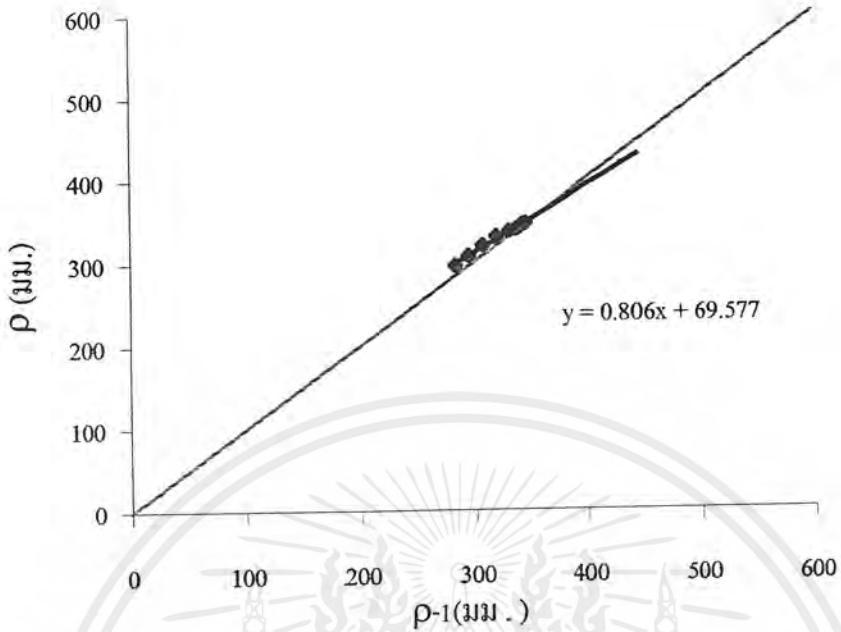


รูปที่ จ-14 กราฟการคำนวณหาค่าการทรุดตัวสุดท้ายโดยวิธี Asaoka ของจุดที่ 3 เมื่อใช้ข้อมูลทั้งหมด

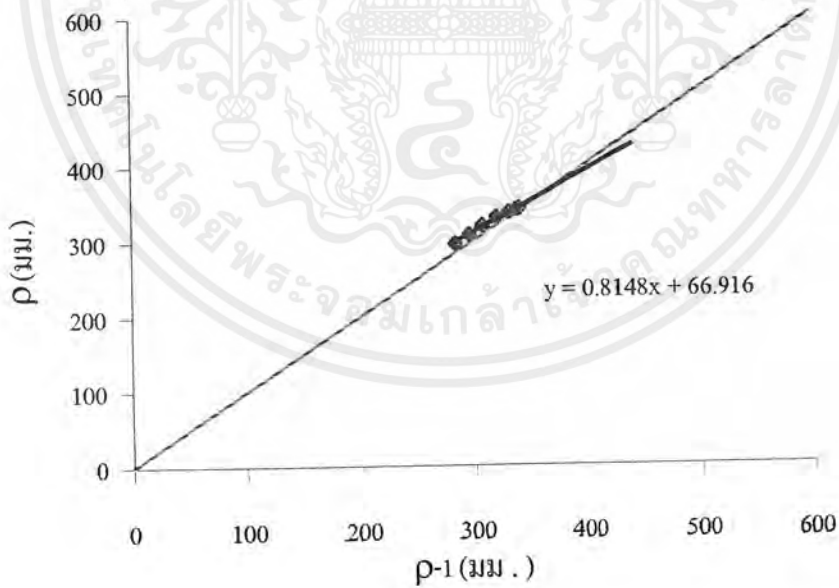


รูปที่ จ-15 กราฟการคำนวณหาค่าการทรุดตัวสุดท้ายโดยวิธี Asaoka ของจุดที่ 3 เมื่อใช้ข้อมูล U=93%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

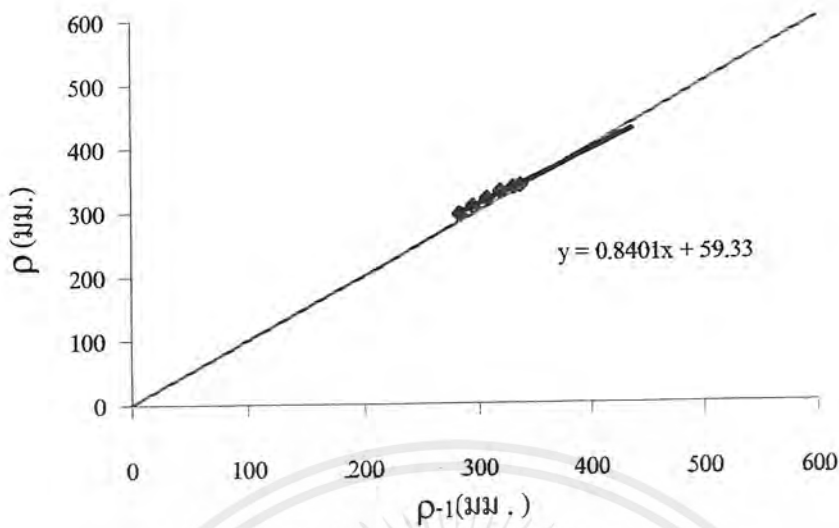


รูปที่ จ-16 กราฟการคำนวณหาค่าการทรุดตัวสุดท้ายโดยวิธี Asaoka ของจุดที่ 3 เมื่อใช้ข้อมูล $U=85\%$

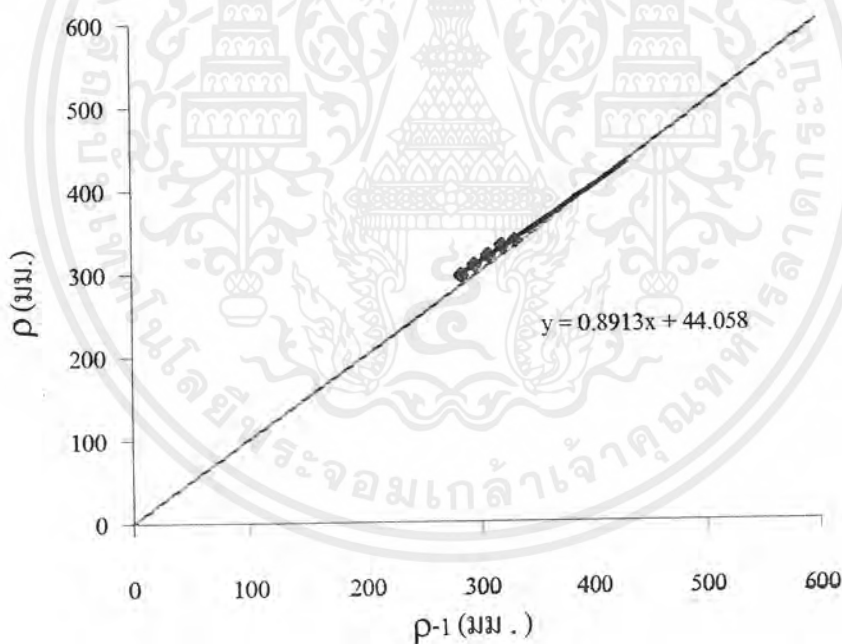


รูปที่ จ-17 กราฟการคำนวณหาค่าการทรุดตัวสุดท้ายโดยวิธี Asaoka ของจุดที่ 3 เมื่อใช้ข้อมูล $U=78\%$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

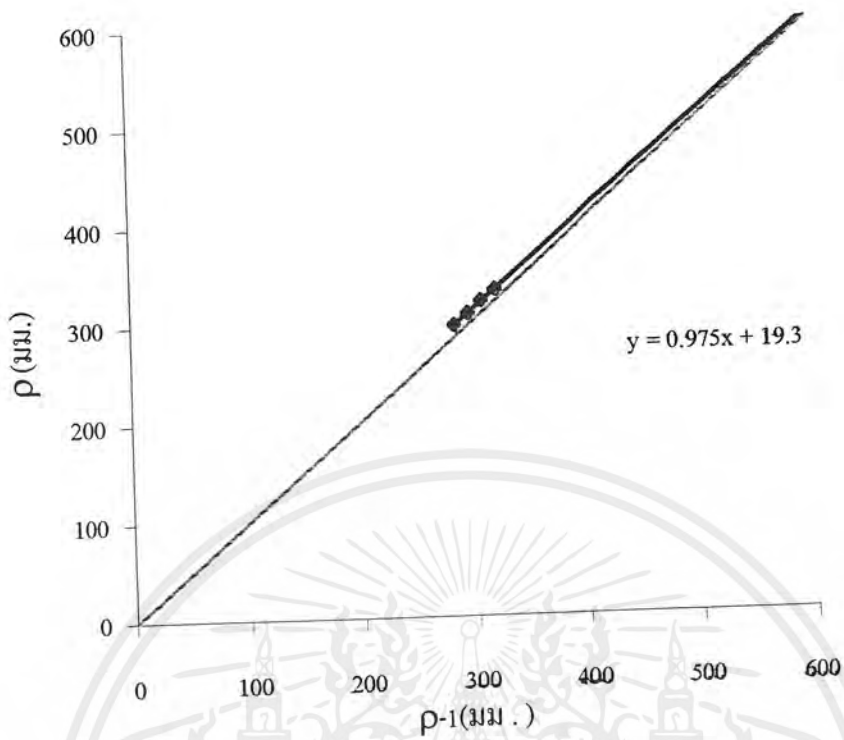


รูปที่ จ-18 กราฟการคำนวณหาค่าการทรุดตัวสุดท้ายโดยวิธี Asaoka ของจุดที่ 3 เมื่อใช้ข้อมูล U=67%



รูปที่ จ-19 กราฟการคำนวณหาค่าการทรุดตัวสุดท้ายโดยวิธี Asaoka ของจุดที่ 3 เมื่อใช้ข้อมูล U=47%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



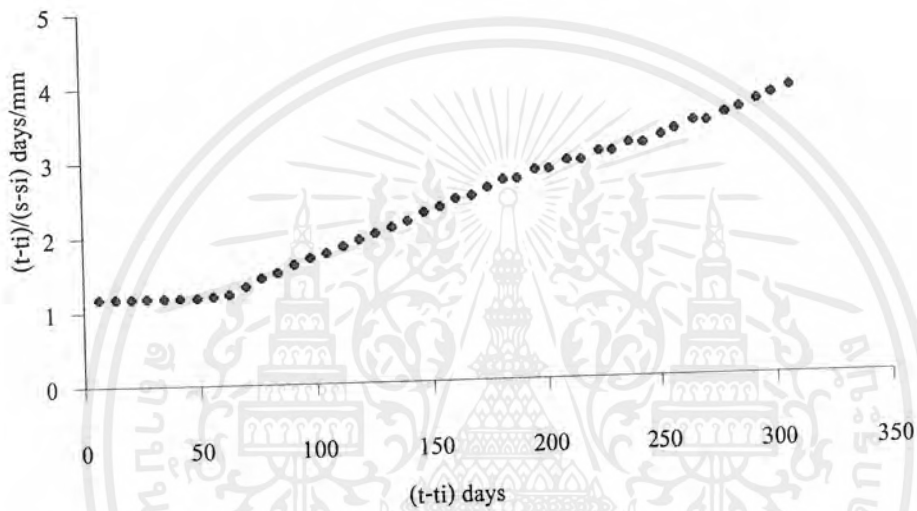
รูปที่ จ-20 กราฟการคำนวณหาค่าการทรุดตัวสุดท้ายโดยวิธี Asaoka ของจุดที่ 3 เมื่อใช้ข้อมูล $U=10\%$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ จ-4 แสดงค่าที่ใช้ในการคำนวณโดยใช้ทฤษฎี Hyperbolic จุดที่ 3

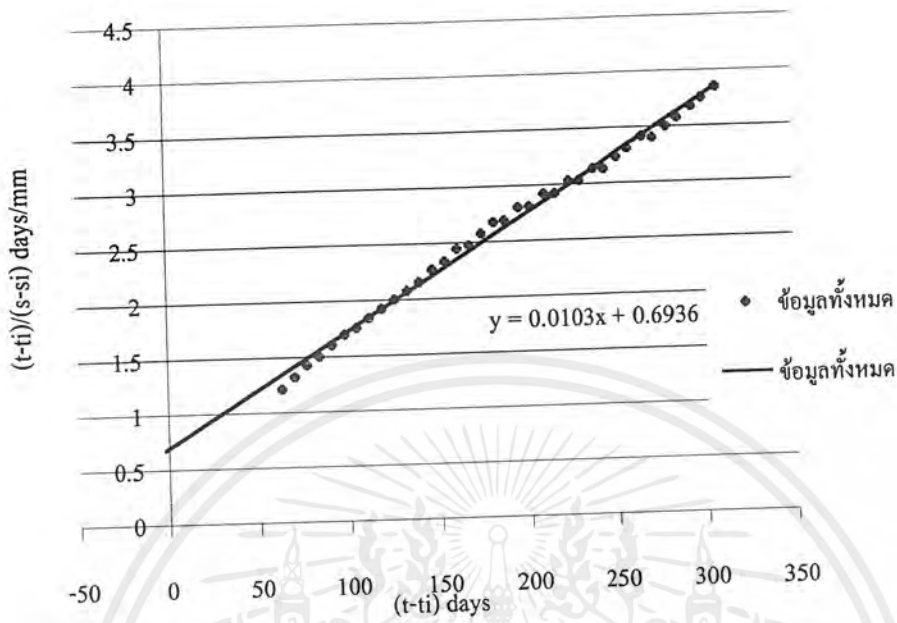
ค่า %U (%)	วันสะสม (วัน)	การทรุดตัว (มม)	(t-ti) (วัน)	(s-si) (มม)	(t-ti)/(s-si) (วัน/มม)	ค่า % U (%)	วันสะสม (วัน)	การทรุดตัว (มม)	(t-ti) (วัน)	(s-si) (มม)	(t-ti)/(s-si) (วัน/มม)
	297	284	0	0			458	350	161	66	2.439394
	304	290	7	6	1.166667	93%	465	352	168	68	2.470588
	311	296	14	12	1.166667		472	352	175	68	2.573529
	318	302	21	18	1.166667		479	352	182	68	2.676471
	325	308	28	24	1.166667		485	354	188	70	2.685714
	332	314	35	30	1.166667		493	354	196	70	2.8
	339	320	42	36	1.166667		499	356	202	72	2.805556
	346	326	49	42	1.166667		507	356	210	72	2.916667
	353	331	56	47	1.191489		513	358	216	74	2.918919
	360	336	63	52	1.211538		521	358	224	74	3.027027
	367	337	70	53	1.320755		527	360	230	76	3.026316
47%	374	338	77	54	1.425926		535	360	238	76	3.131579
67%	381	340	84	56	1.5		541	362	244	78	3.128205
	388	341	91	57	1.596491		549	362	252	78	3.230769
78%	395	342	98	58	1.689655		555	362	258	78	3.307692
	402	344	105	60	1.75		563	362	266	78	3.410256
	409	345	112	61	1.836066		569	364	272	80	3.4
85%	416	346	119	62	1.919355		577	364	280	80	3.5
	423	347	126	63	2		583	364	286	80	3.575
	430	348	133	64	2.078125		591	364	294	80	3.675
	437	349	140	65	2.153846		597	364	300	80	3.75
	444	349	147	65	2.261538		605	364	308	80	3.85
	451	350	154	66	2.333333						

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

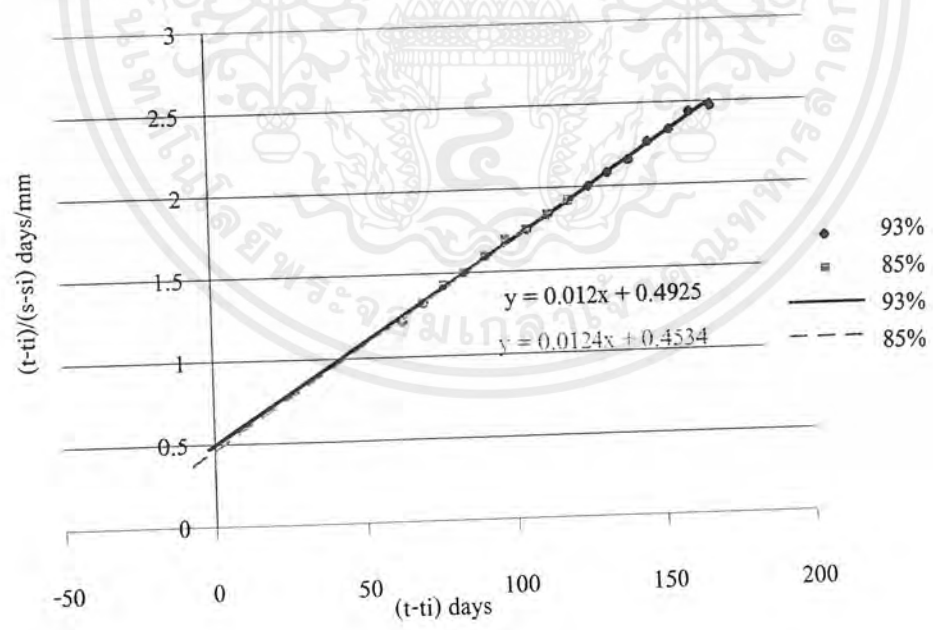


รูปที่ จ-21 กราฟแสดงลักษณะการทรุดตัว โดยวิธี Hyperbolic ของจุดที่ 3 จากข้อมูลทั้งหมด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

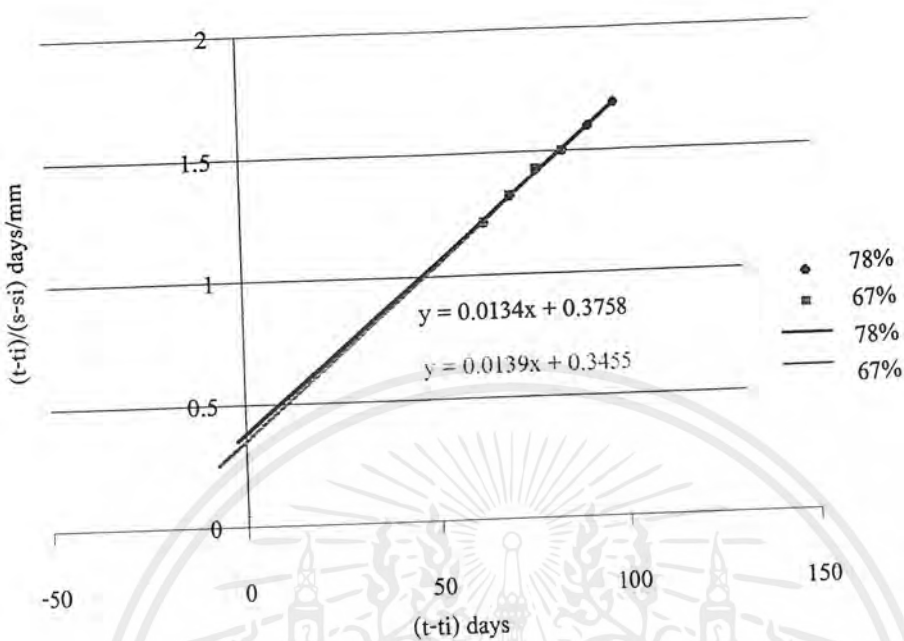


รูปที่ จ-22 กราฟการคำนวณหาค่าการทรุดตัวสุดท้ายโดยวิธีHyperbolicของจุดที่ 3 จากข้อมูลทั้งหมด

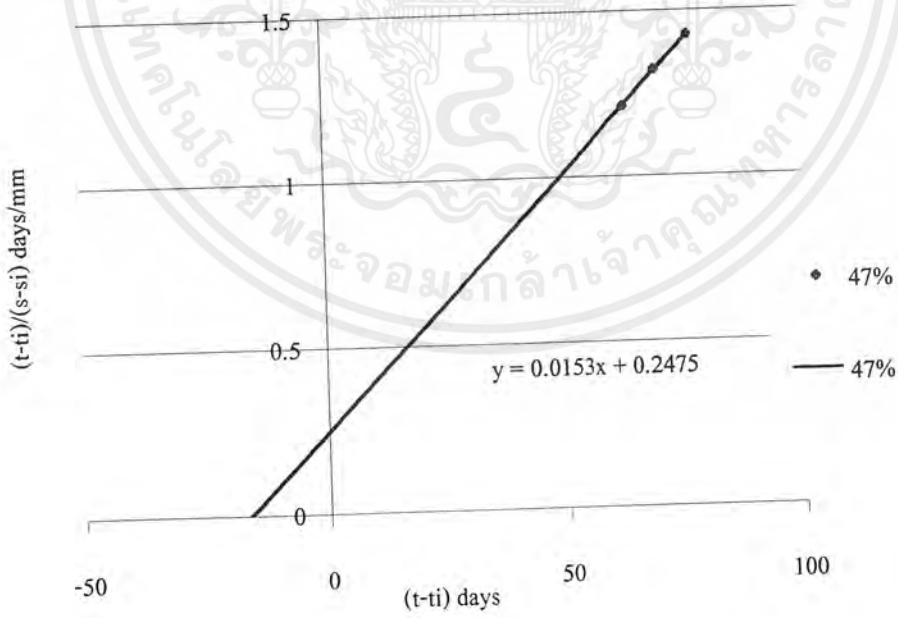


รูปที่ จ-23 กราฟการคำนวณหาค่าการทรุดตัวสุดท้ายโดยวิธีHyperbolicของจุดที่ 3 จากข้อมูลU85,93%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ จ-24 กราฟการคำนวณหาค่าการทรุดตัวสุดท้ายโดยวิธีHyperbolicของจุดที่ 3 จากข้อมูลU67,78%



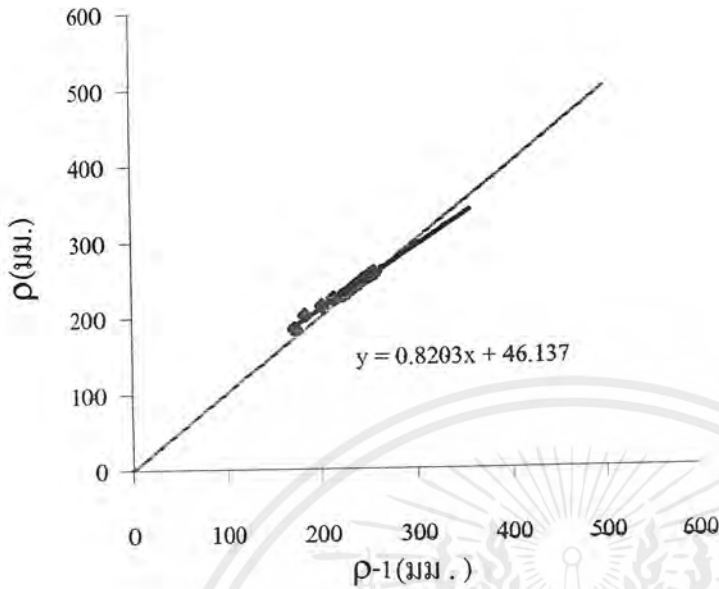
รูปที่ จ-25 กราฟการคำนวณหาค่าการทรุดตัวสุดท้ายโดยวิธีHyperbolicของจุดที่ 3 จากข้อมูลU47%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

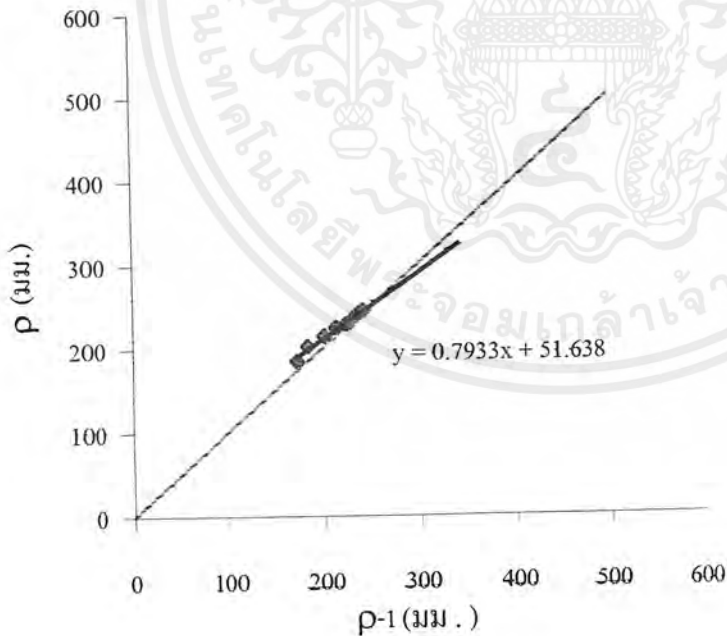
ตารางที่ จ-5 แสดงค่าที่ใช้ในการคำนวณโดยใช้ทฤษฎี Asaoka จุดที่ 4

ค่า U (%)	วันสะสม	ρ (มม.)	$\rho-1$ (มม.)
	225	173	
	239	184	173
	253	202	184
	267	214	202
30%	281	224	214
61%	295	228	224
75%	309	230	228
82%	323	233	230
87%	337	236	233
	351	239	236
	365	242	239
93%	379	244	242
	393	247	244
	407	249	247
	421	251	249
	435	252	251
	449	253	252
	463	255	253
	477	256	255
	491	256	256
	505	256	256
	519	256	256
	533	257	256
	547	257	257
	590	257	257
	604	257	257
	618	257	257
	632	257	257

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

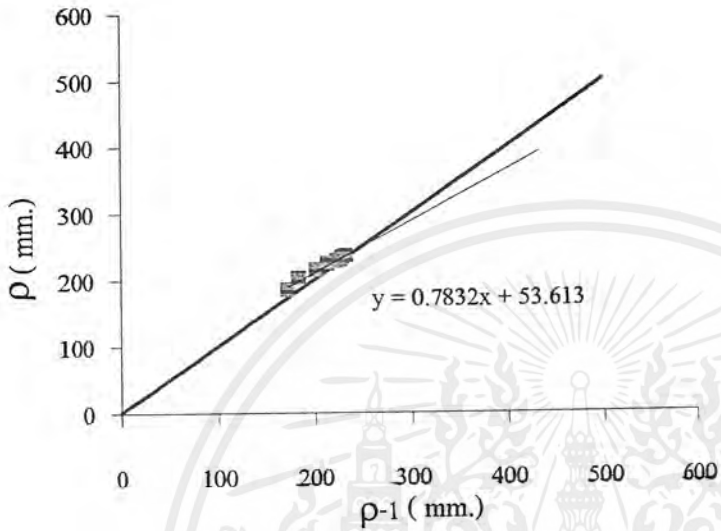


รูปที่ จ-26 กราฟการคำนวณหาค่าการทรุดตัวสุดท้ายโดยวิธี Asaoka ของจุดที่ 4 เมื่อใช้ข้อมูลทั้งหมด

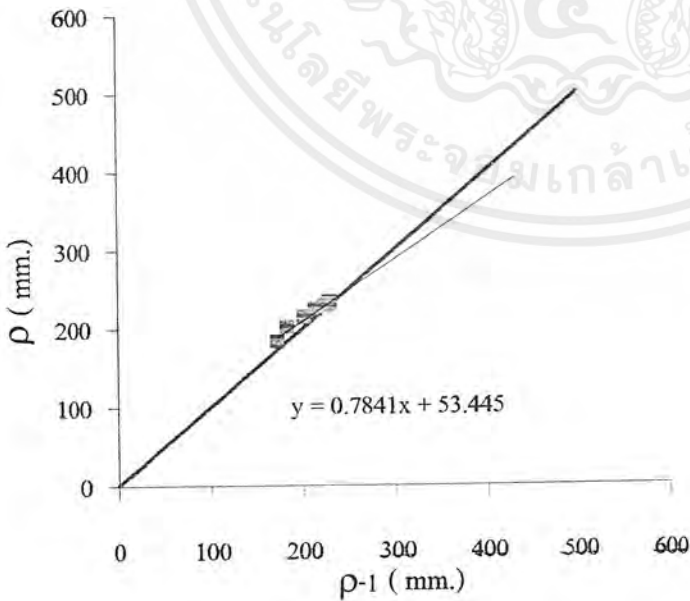


รูปที่ จ-27 กราฟการคำนวณหาค่าการทรุดตัวสุดท้ายโดยวิธี Asaoka ของจุดที่ 4 เมื่อใช้ข้อมูล $U=93\%$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

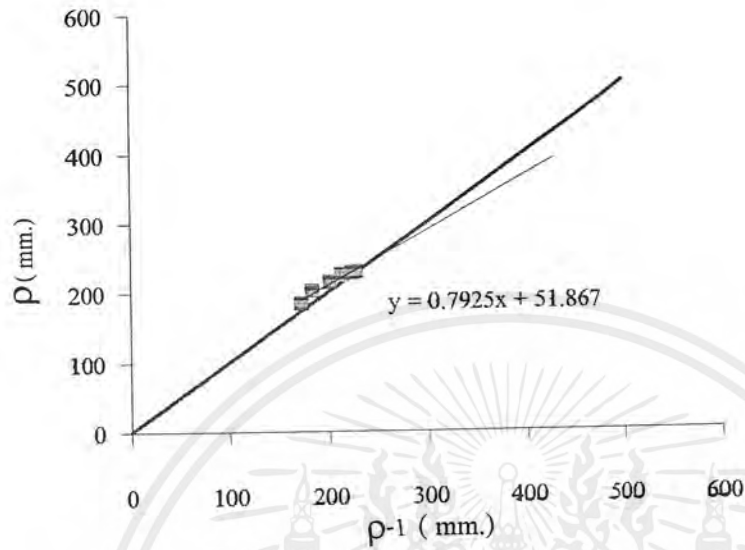


รูปที่ จ-28 กราฟการคำนวณหาค่าการทรุดตัวสุดท้ายโดยวิธี Asaoka ของจุดที่ 4 เมื่อใช้ข้อมูล $U=87\%$

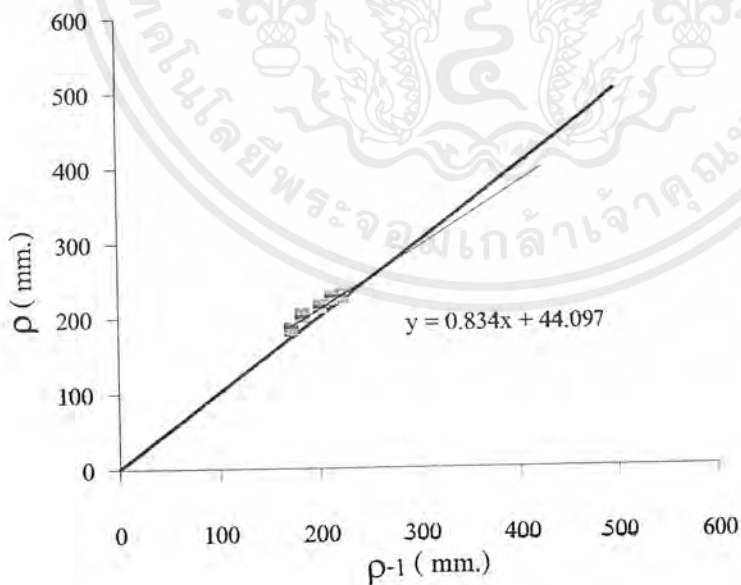


รูปที่ จ-29 กราฟการคำนวณหาค่าการทรุดตัวสุดท้ายโดยวิธี Asaoka ของจุดที่ 4 เมื่อใช้ข้อมูล $U=82\%$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

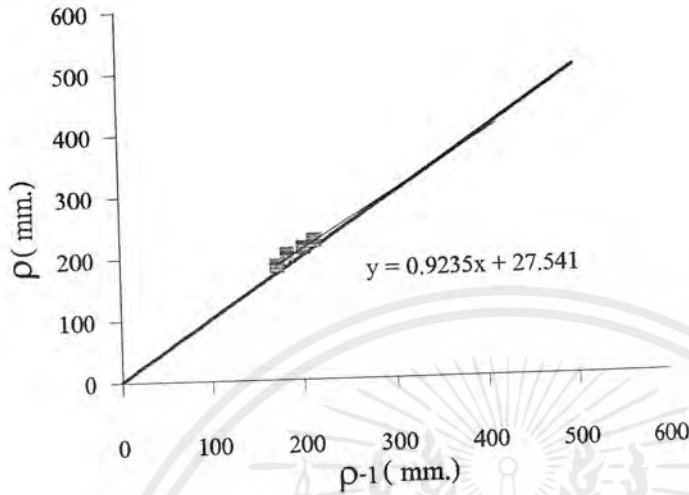


รูปที่ จ-30 กราฟการคำนวณหาค่าการทรุดตัวสุดท้ายโดยวิธี Asaoka ของจุดที่ 4 เมื่อใช้ข้อมูล $U=75\%$



รูปที่ จ-31 กราฟการคำนวณหาค่าการทรุดตัวสุดท้ายโดยวิธี Asaoka ของจุดที่ 4 เมื่อใช้ข้อมูล $U=61\%$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

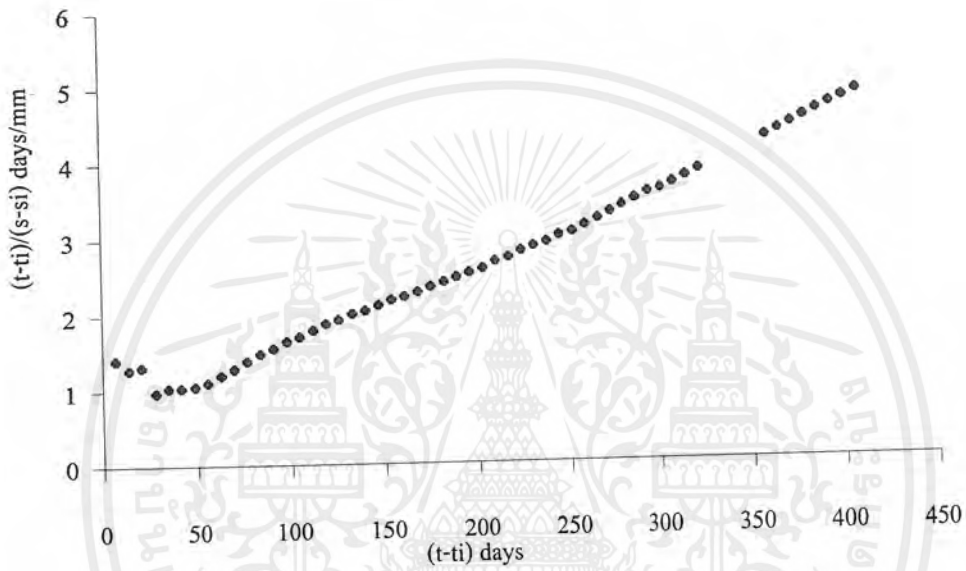


รูปที่ จ-32 กราฟการคำนวณหาค่าการทรุดตัวสุดท้ายโดยวิธี Asaoka ของจุดที่ 4 เมื่อใช้ข้อมูล $U=30\%$

ตารางที่ จ-6 แสดงค่าที่ใช้ในการคำนวณ โดยใช้ทฤษฎี Hyperbolic จุดที่ 4

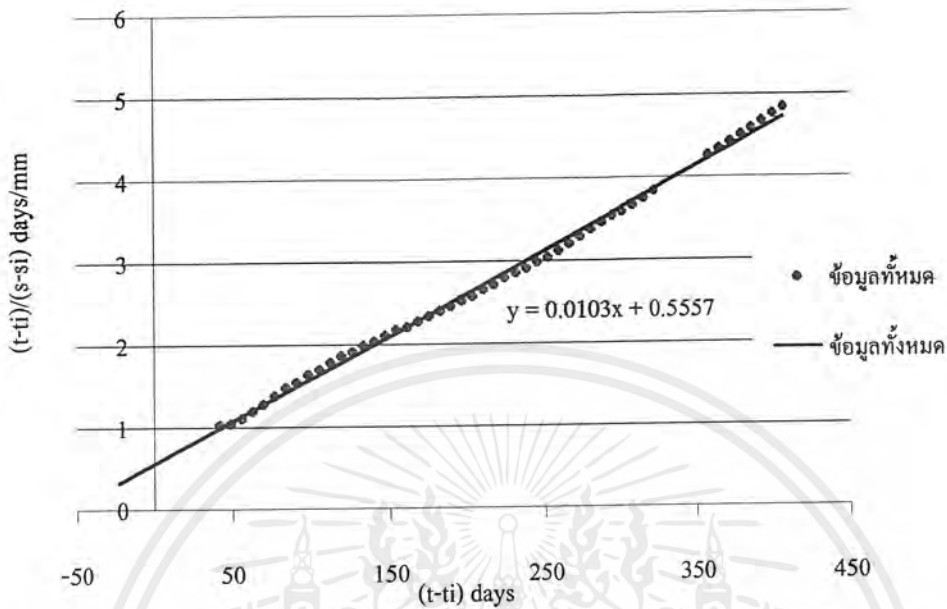
ค่า %P (%)	วันสะสม (วัน)	การทรุดตัว (มม)	(t-ti) (วัน)	(s-si) (มม)	(t-ti)/(s-si) (วัน/มม)	ค่า % P (%)	วันสะสม (วัน)	การทรุดตัว (มม)	(t-ti) (วัน)	(s-si) (มม)	(t-ti)/(s-si) (วัน/มม)
	225	173	0	0			421	251	196	78	2.512821
	232	178	7	5	1.4		428	252	203	79	2.56962
	239	184	14	11	1.272727		435	252	210	79	2.658228
	246	189	21	16	1.3125		442	253	217	80	2.7125
	253	202	28	29	0.965517		449	253	224	80	2.8
	260	207	35	34	1.029412		456	254	231	81	2.851852
	267	214	42	41	1.02439		463	255	238	82	2.902439
	274	220	49	47	1.042553		470	255	245	82	2.987805
	281	224	56	51	1.098039		477	256	252	83	3.036145
30%	288	226	63	53	1.188679		484	256	259	83	3.120482
61%	295	228	70	55	1.272727		491	256	266	83	3.204819
	302	229	77	56	1.375		498	256	273	83	3.289157
75%	309	230	84	57	1.473684		505	256	280	83	3.373494
	316	232	91	59	1.542373		512	256	287	83	3.457831
82%	323	233	98	60	1.633333		519	256	294	83	3.542169
	330	235	105	62	1.693548		526	257	301	84	3.583333
87%	337	236	112	63	1.777778		533	257	308	84	3.666667
	344	237	119	64	1.859375		540	257	315	84	3.75
	351	239	126	66	1.909091		547	257	322	84	3.833333
	358	240	133	67	1.985075		583	257	358	84	4.261905
	365	242	140	69	2.028986		590	257	365	84	4.345238
	372	243	147	70	2.1		597	257	372	84	4.428571
	379	244	154	71	2.169014		604	257	379	84	4.511905
93%	386	246	161	73	2.205479		611	257	386	84	4.595238
	393	247	168	74	2.27027		618	257	393	84	4.678571
	400	248	175	75	2.333333		625	257	400	84	4.761905
	407	249	182	76	2.394737		632	257	407	84	4.845238
	414	250	189	77	2.454545						

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

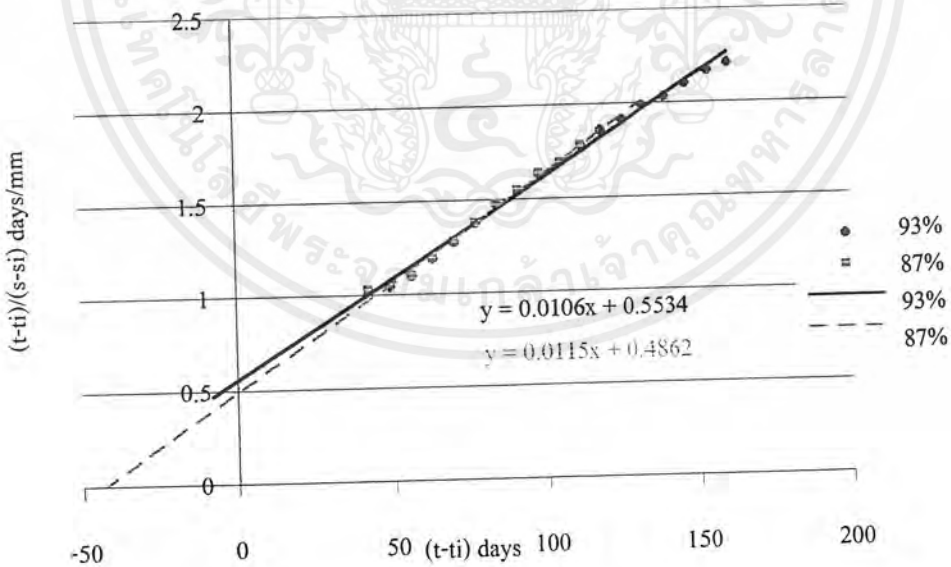


รูปที่ จ-33 กราฟแสดงลักษณะการทรุดตัวโดยวิธีHyperbolicของจุดที่ 4 จากข้อมูลทั้งหมด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

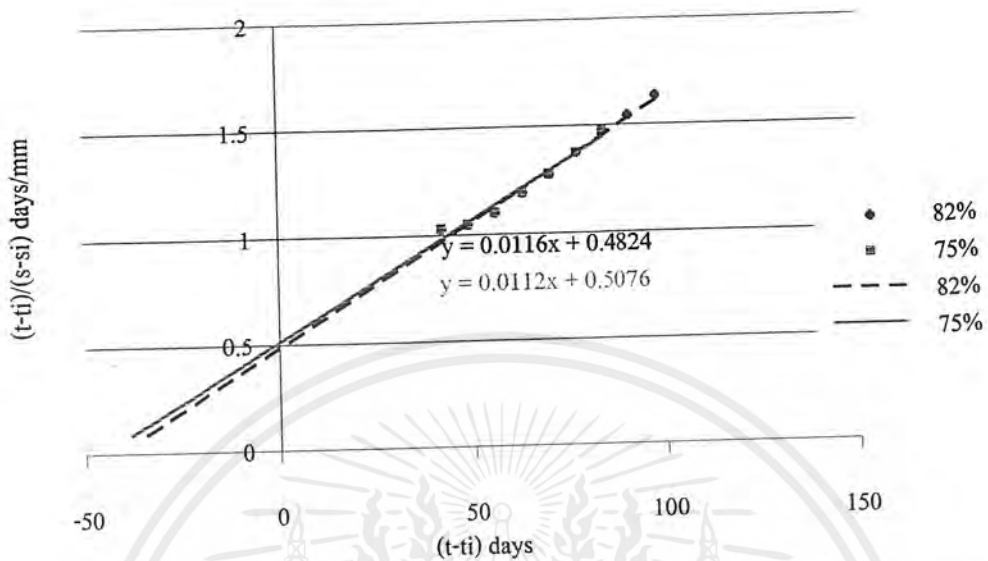


รูปที่ จ-34 กราฟการคำนวณหาค่าการทรุดตัวสุดท้ายโดยวิธีHyperbolicของจุดที่ 4 จากข้อมูลทั้งหมด

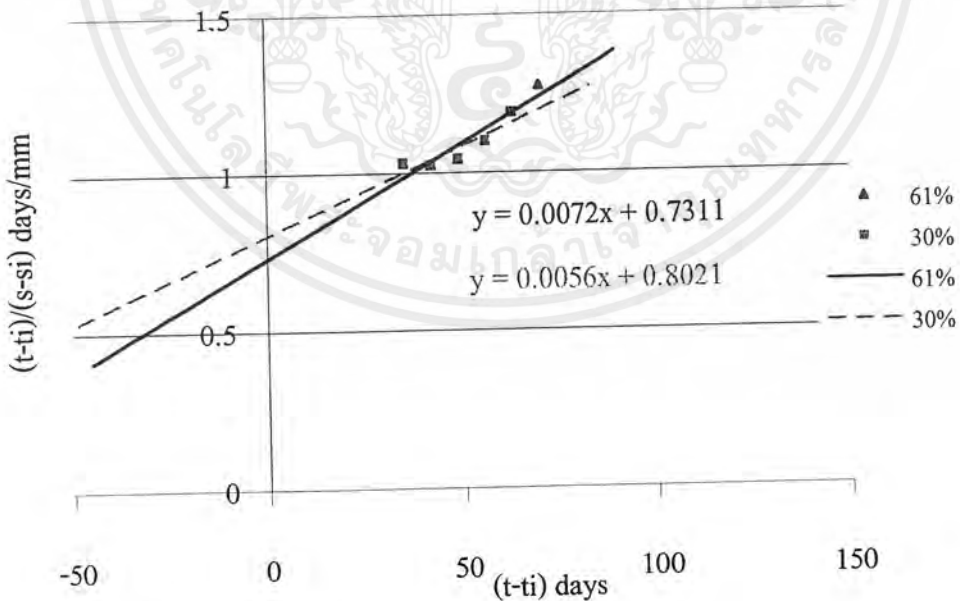


รูปที่ จ-35 กราฟการคำนวณหาค่าการทรุดตัวสุดท้ายโดยวิธีHyperbolicของจุดที่ 4 จากข้อมูล 87,93%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ จ-36 กราฟการคำนวณหาค่าการทรุดตัวสุดท้ายโดยวิธีHyperbolicของจุดที่ 4 จากข้อมูล U75,82%



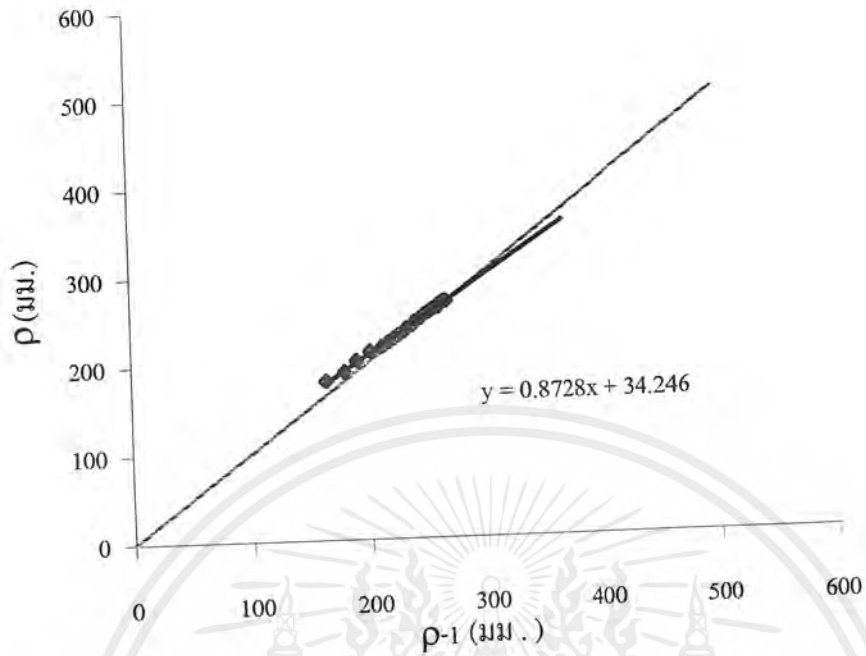
รูปที่ จ-37 กราฟการคำนวณหาค่าการทรุดตัวสุดท้ายโดยวิธีHyperbolicของจุดที่ 4 จากข้อมูล U30,61%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

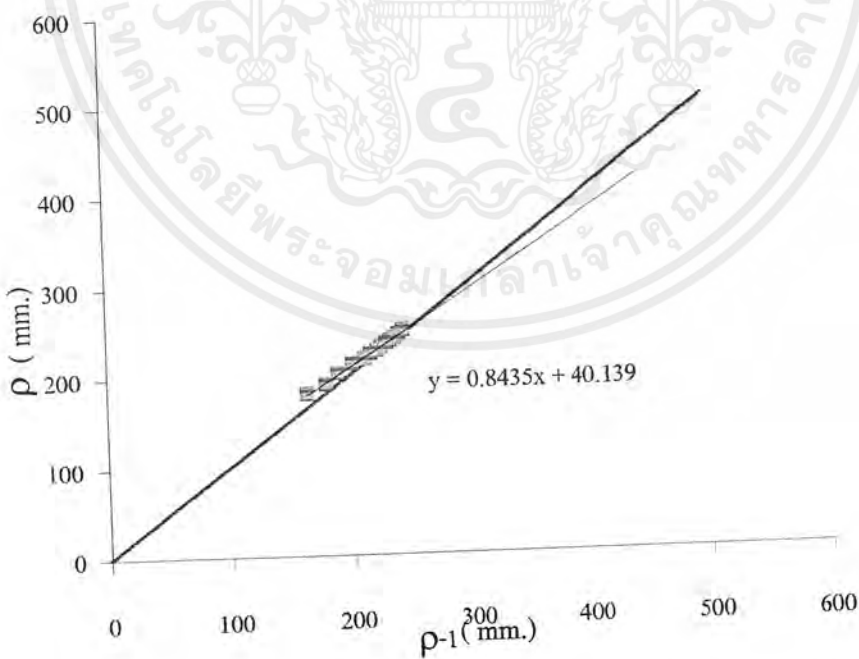
ตารางที่ จ-7 แสดงค่าที่ใช้ในการคำนวณ โดยใช้ทฤษฎี Asaoka จุดที่ 5

ค่า U (%)	วันสะสม	ρ (มม.)	$\rho-1$ (มม.)
	225	164	
	239	180	164
	253	190	180
	267	202	190
	281	212	202
64.30%	295	217	212
75%	309	222	217
80%	323	226	222
	337	230	226
	351	233	230
86%	365	237	233
	379	240	237
	393	244	240
90%	407	248	244
	421	252	248
	435	255	252
	449	258	255
	463	260	258
	477	260	260
	491	263	260
	505	265	263
	519	267	265
	533	267	267
	547	267	267
	590	267	267
	604	267	267
	618	267	267
	632	267	267

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

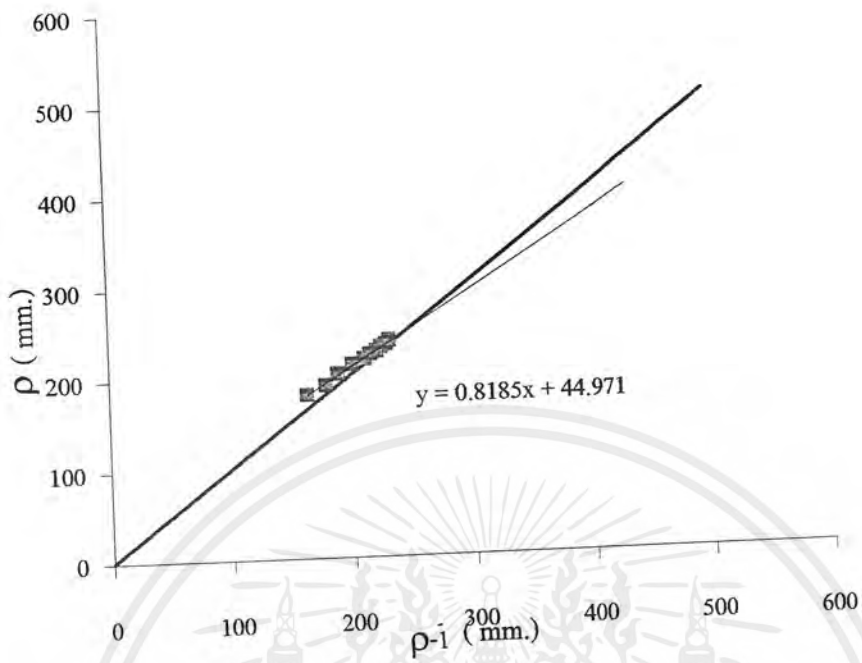


รูปที่ จ-38 กราฟการคำนวณหาค่าการทรุดตัวสุดท้ายโดยวิธี Asaoka ของจุดที่ 5 เมื่อใช้ข้อมูลทั้งหมด



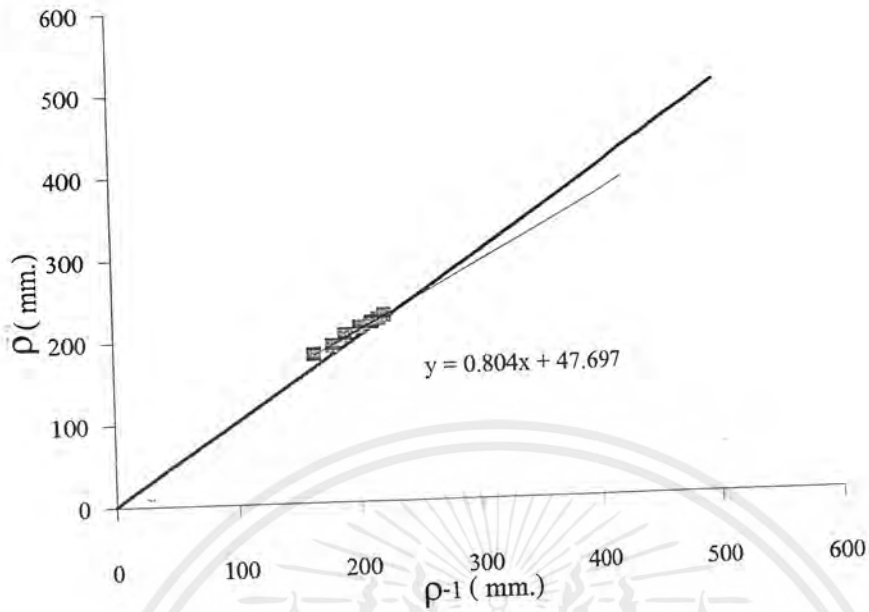
รูปที่ จ-39 กราฟการคำนวณหาค่าการทรุดตัวสุดท้ายโดยวิธี Asaoka ของจุดที่ 5 เมื่อใช้ข้อมูล $U=90\%$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

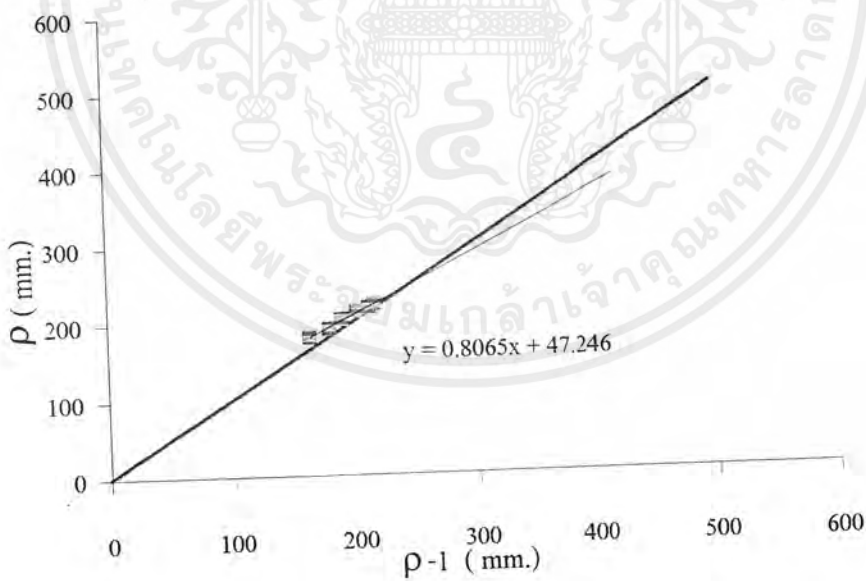


รูปที่ จ-40 กราฟการคำนวณหาค่าการทรุดตัวสุดท้าย โดยวิธี Asaoka ของจุดที่ 5 เมื่อใช้ข้อมูล $U=86\%$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

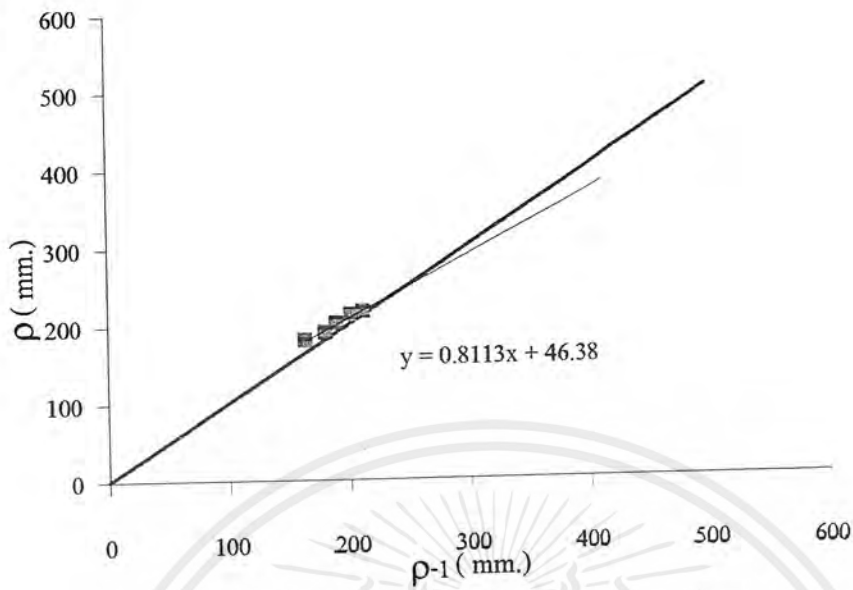


รูปที่ จ-41 กราฟการคำนวณหาค่าการทรุดตัวสุดท้ายโดยวิธี Asaoka ของจุดที่ 5 เมื่อใช้ข้อมูล U=80%



รูปที่ จ-42 กราฟการคำนวณหาค่าการทรุดตัวสุดท้ายโดยวิธี Asaoka ของจุดที่ 5 เมื่อใช้ข้อมูล U=75%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



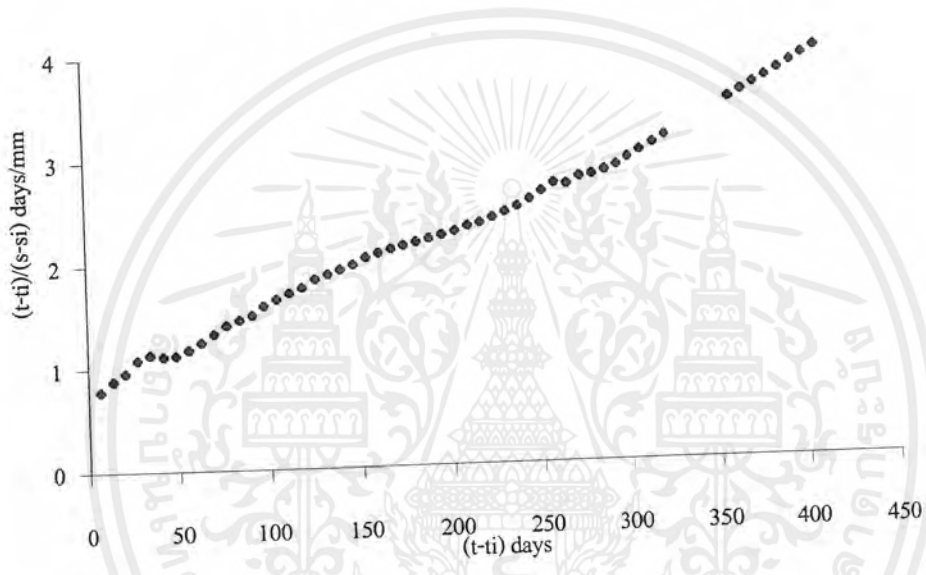
รูปที่ 3.2.36ก กราฟการคำนวณหาค่าการทรุดตัวสุดท้ายโดยวิธี Asaoka ของจุดที่ 5 เมื่อใช้ข้อมูล $U=64.3\%$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ จ-8 แสดงค่าที่ใช้ในการคำนวณโดยใช้ทฤษฎี Hyperbolic จุดที่ 5

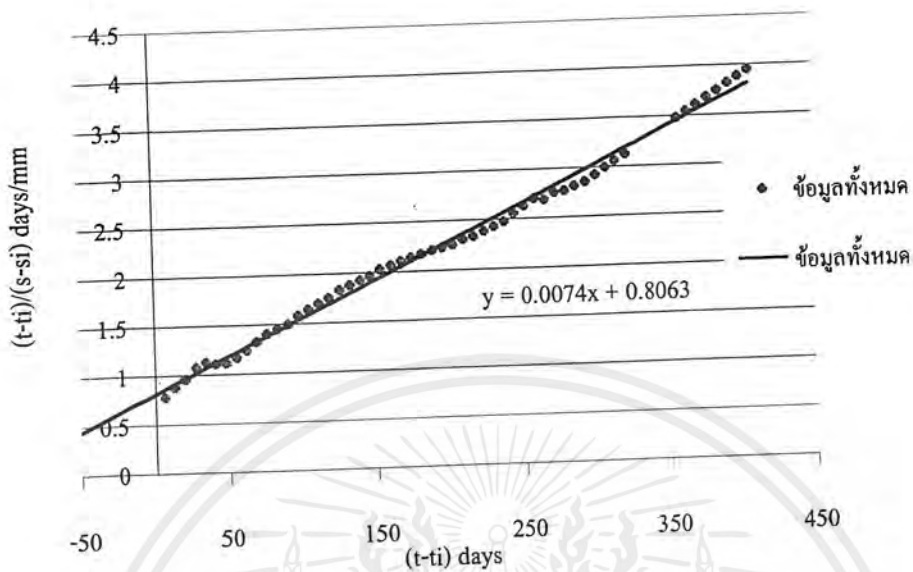
ค่า %U (%)	วันสะสม (วัน)	การทรุดตัว (มม)	(t-ti) (วัน)	(s-si) (มม)	(t-ti)/(s-si) (วัน/มม)	ค่า % U (%)	วันสะสม (วัน)	การทรุดตัว (มม)	(t-ti) (วัน)	(s-si) (มม)	(t-ti)/(s-si) (วัน/มม)
64.3%	225	164	0	0			421	252	196	88	2.227273
	232	173	7	9	0.777778		428	254	203	90	2.255556
	239	180	14	16	0.875		435	255	210	91	2.307692
	246	186	21	22	0.954545		442	257	217	93	2.333333
	253	190	28	26	1.076923		449	258	224	94	2.382979
75%	260	195	35	31	1.129032		456	259	231	95	2.431579
	267	202	42	38	1.105263		463	260	238	96	2.479167
	274	208	49	44	1.113636		470	260	245	96	2.552083
80%	281	212	56	48	1.166667		477	260	252	96	2.625
	288	215	63	51	1.235294		484	260	259	96	2.697917
86%	295	217	70	53	1.320755		491	263	266	99	2.686869
	302	219	77	55	1.4		498	263	273	99	2.757576
	309	222	84	58	1.448276		505	265	280	101	2.772277
	316	225	91	61	1.491803		512	266	287	102	2.813725
	323	226	98	62	1.580645		519	267	294	103	2.854369
	330	228	105	64	1.640625		526	267	301	103	2.92233
	337	230	112	66	1.69697		533	267	308	103	2.990291
	344	232	119	68	1.75		540	267	315	103	3.058252
	351	233	126	69	1.826087		547	267	322	103	3.126214
	358	235	133	71	1.873239		583	267	358	103	3.475728
90%	365	237	140	73	1.917808		590	267	365	103	3.543689
	372	239	147	75	1.96		597	267	372	103	3.61165
	379	240	154	76	2.026316		604	267	379	103	3.679612
	386	242	161	78	2.064103		611	267	386	103	3.747573
	393	244	168	80	2.1		618	267	393	103	3.815534
	400	246	175	82	2.134146		625	267	400	103	3.883495
	407	248	182	84	2.166667		632	267	407	103	3.951456
	414	250	189	86	2.197674						

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

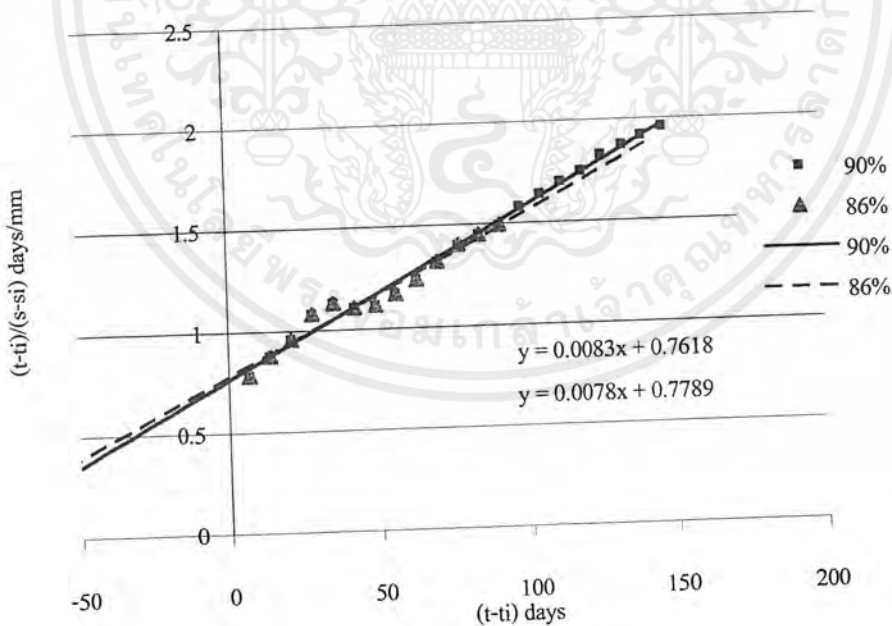


รูปที่ จ-43 กราฟแสดงลักษณะการทรุดตัวโดยวิธีHyperbolicของจุดที่ 5 จากข้อมูลทั้งหมด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

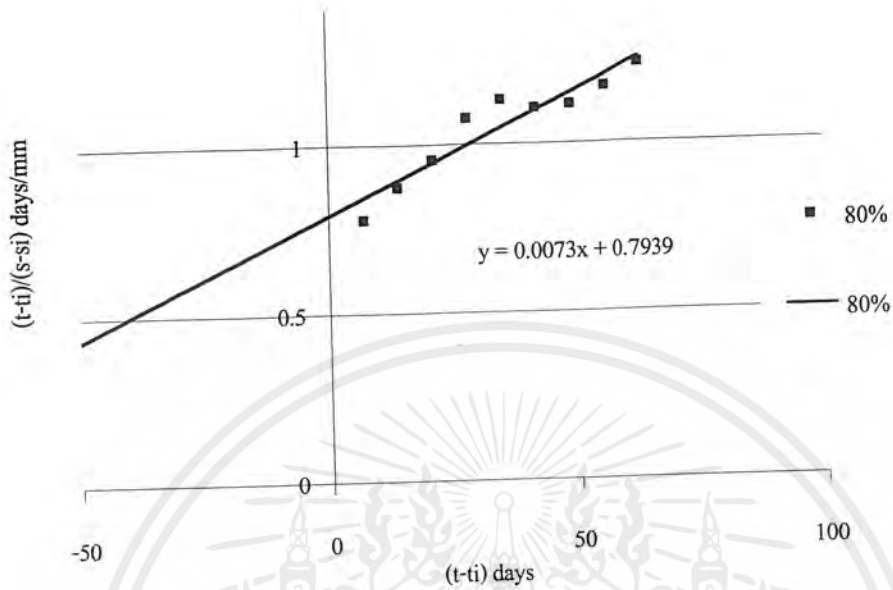


รูปที่ จ-44 กราฟการคำนวณหาค่าการทรุดตัวสุดท้ายโดยวิธีHyperbolicของจุดที่ 5 จากข้อมูลทั้งหมด

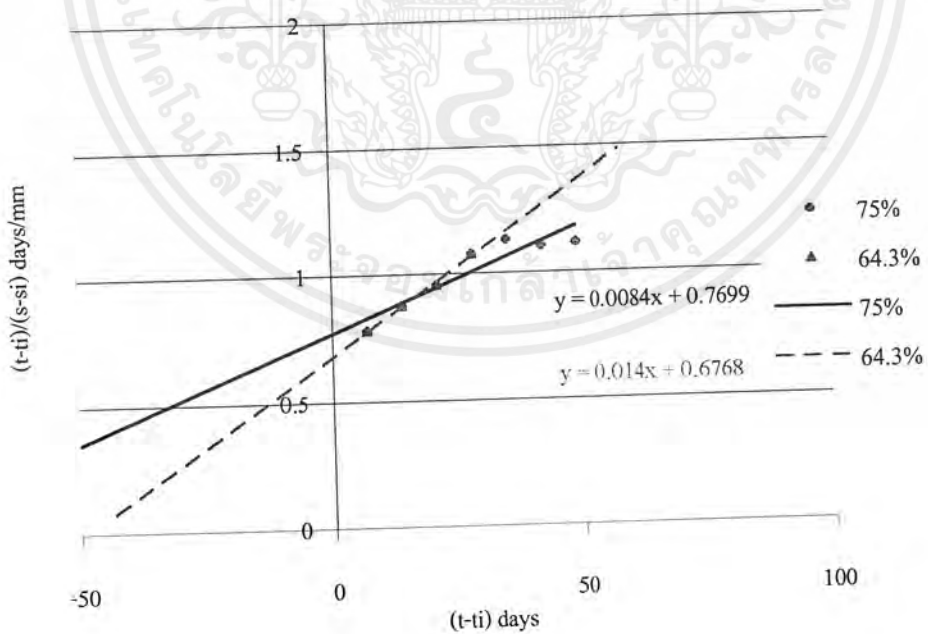


รูปที่ จ-45 : กราฟการคำนวณหาค่าการทรุดตัวสุดท้ายโดยวิธีHyperbolicของจุดที่ 5 จากข้อมูล 86,90%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ จ-46 กราฟการคำนวณหาค่าการทรุดตัวสุดท้ายโดยวิธีHyperbolicของจุดที่ 5 จากข้อมูล U80%



รูปที่ จ-47 กราฟการคำนวณหาค่าการทรุดตัวสุดท้ายโดยวิธีHyperbolicของจุดที่ 5 จากข้อมูล U75,64.3%

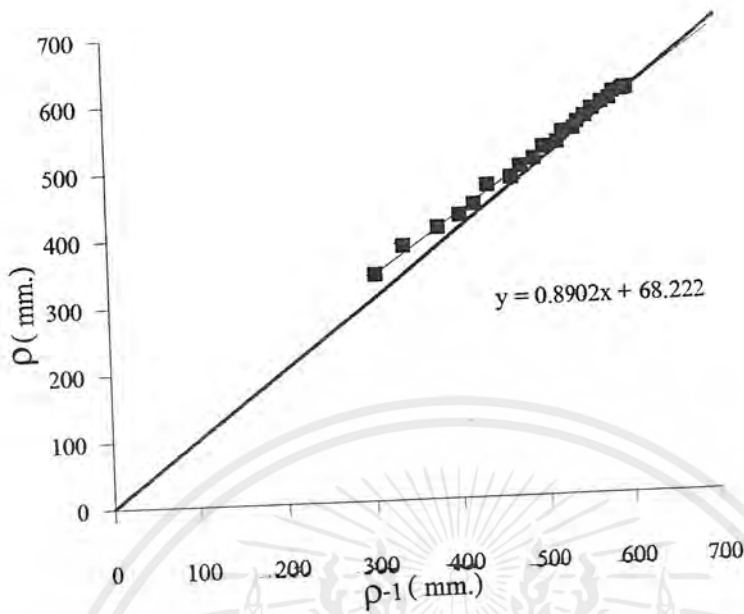
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ จ-9

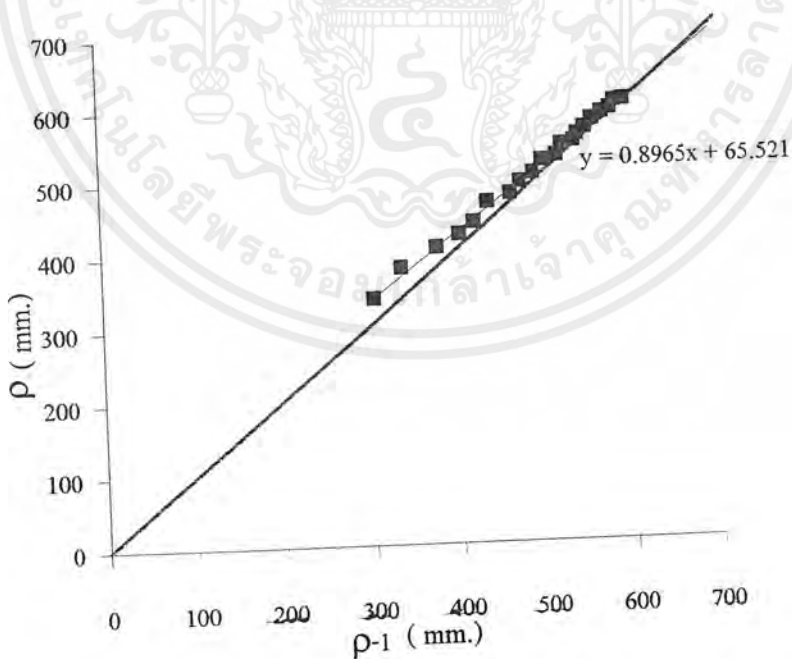
แสดงค่าที่ใช้ในการคำนวณโดยใช้ทฤษฎี Asaoka จุดที่ 6

ค่า U (%)	วันสะสม	p (มม.)	p-1 (มม.)
	322	305	
	336	338	305
	350	379	338
	364	405	379
	378	422	405
	392	438	422
	406	465	438
69.40%	420	476	465
71%	434	492	476
	448	503	492
	462	520	503
78%	476	526	520
	490	541	526
81%	504	545	541
	518	554	545
84%	532	563	554
	546	574	563
86%	560	583	574
	574	588	583
	588	598	588
89%	602	600	598
	616	601	600
	630	602	601
	644	602	602
	658	603	602
	672	603	603

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

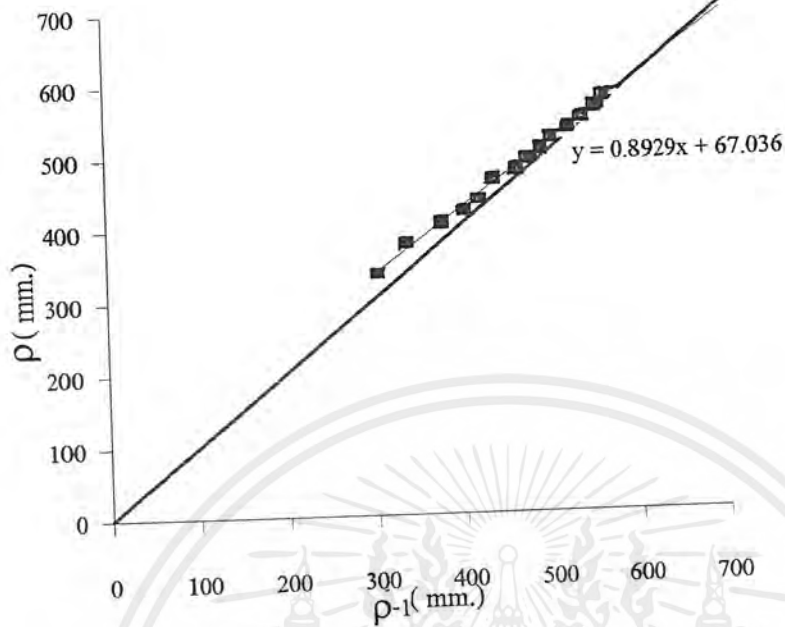


รูปที่ จ-48 กราฟการคำนวณหาค่าการทรุดตัวสุดท้ายโดยวิธี Asaoka ของจุดที่ 6 เมื่อใช้ข้อมูลทั้งหมด

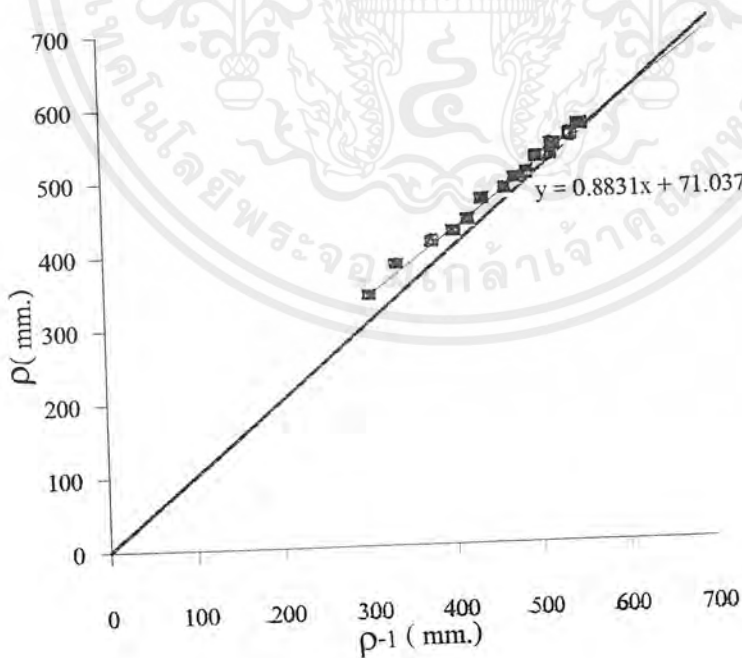


รูปที่ จ-49 กราฟการคำนวณหาค่าการทรุดตัวสุดท้ายโดยวิธี Asaoka ของจุดที่ 6 เมื่อใช้ข้อมูล $U=89\%$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

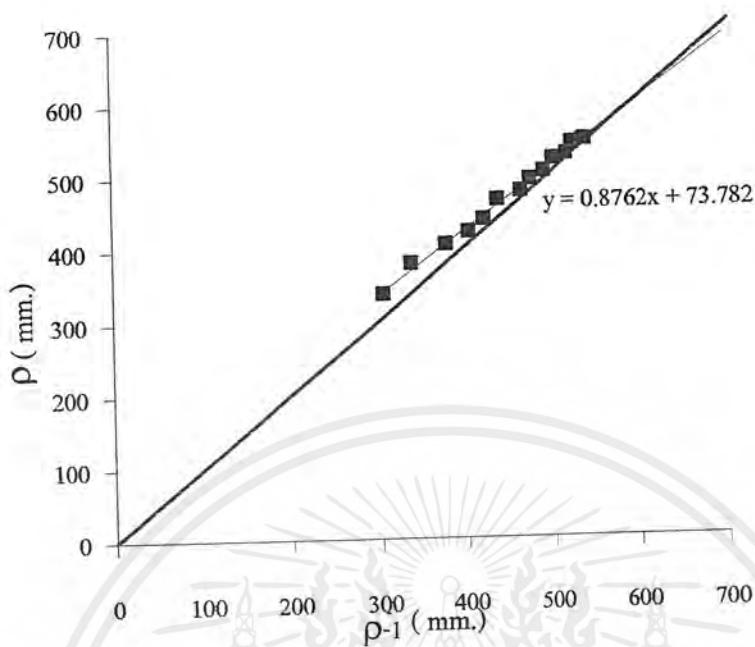


รูปที่ จ-50 กราฟการคำนวณหาค่าการทรุดตัวสุดท้ายโดยวิธี Asaoka ของจุดที่ 6 เมื่อใช้ข้อมูล U=86%

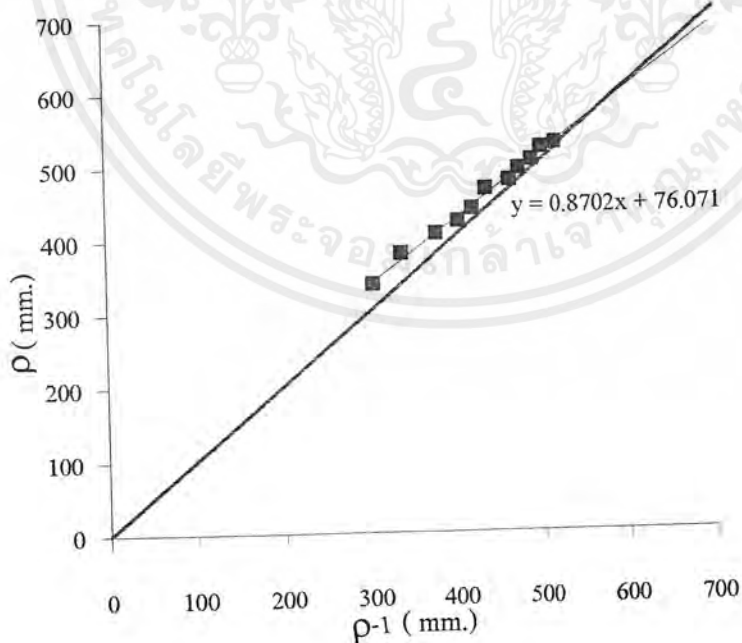


รูปที่ จ-51 กราฟการคำนวณหาค่าการทรุดตัวสุดท้ายโดยวิธี Asaoka ของจุดที่ 6 เมื่อใช้ข้อมูล U=84%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

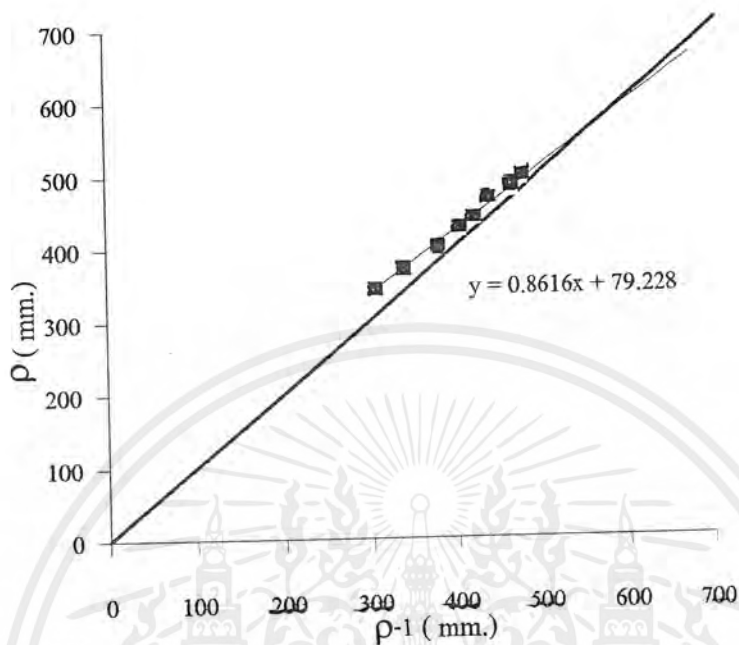


รูปที่ จ-52 กราฟการคำนวณหาค่าการทรุดตัวสุดท้ายโดยวิธี Asaoka ของจุดที่ 6 เมื่อใช้ข้อมูล U=81%

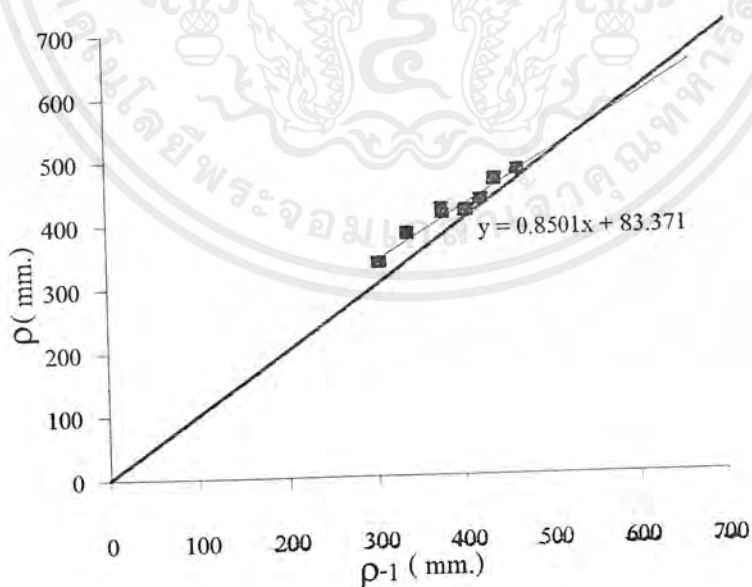


รูปที่ จ-53 กราฟการคำนวณหาค่าการทรุดตัวสุดท้ายโดยวิธี Asaoka ของจุดที่ 6 เมื่อใช้ข้อมูล U=78%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ จ-54 กราฟการคำนวณหาค่าการทรุดตัวสุดท้ายโดยวิธี Asaoka ของจุดที่ 6 เมื่อใช้ข้อมูล U=71%



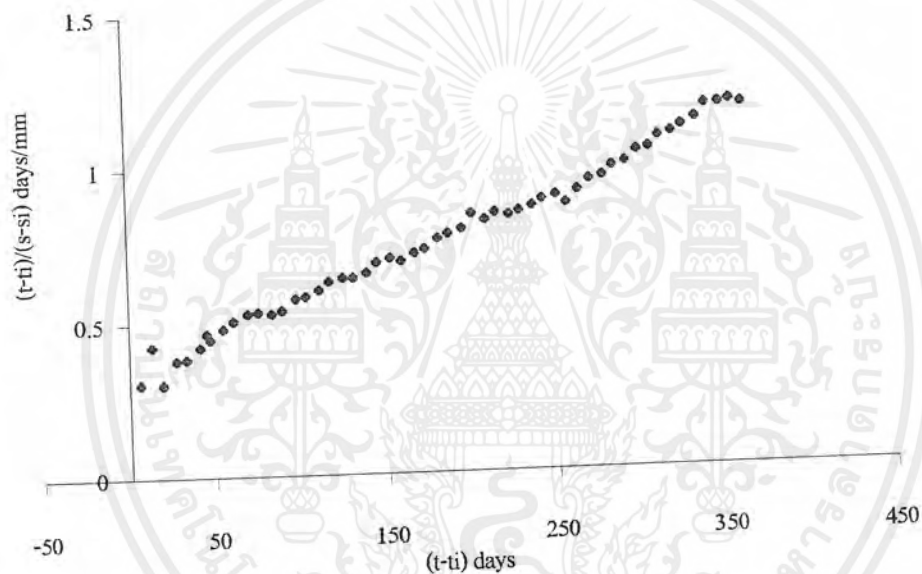
รูปที่ จ-55 กราฟการคำนวณหาค่าการทรุดตัวสุดท้ายโดยวิธี Asaoka ของจุดที่ 6 เมื่อใช้ข้อมูล U=69.4%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ จ-10 แสดงค่าที่ใช้ในการคำนวณโดยใช้ทฤษฎี Hyperbolic จุดที่ 6

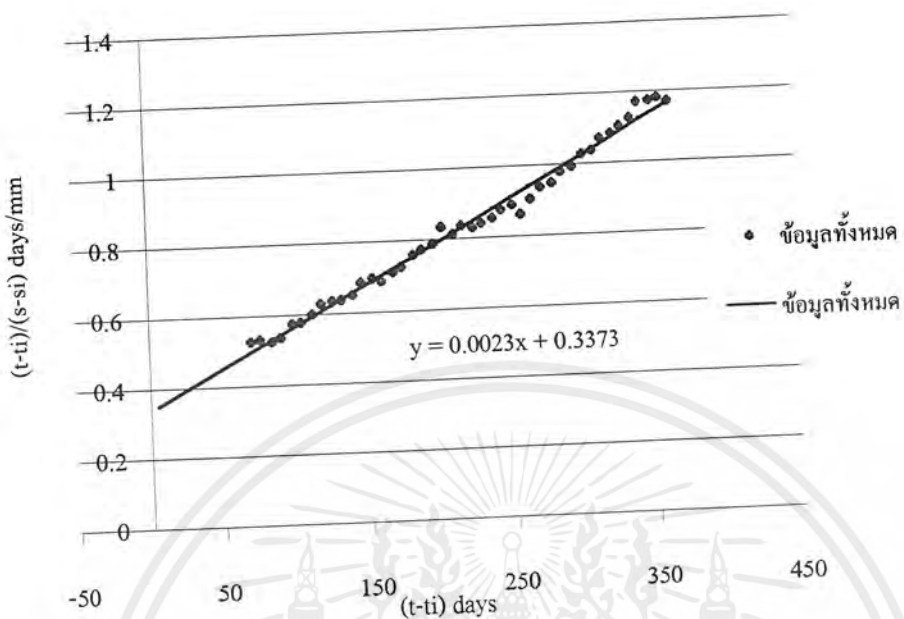
ค่า %U (%)	วันสะสม (วัน)	การทรุดตัว (มม)	(t-ti) (วัน)	(s-si) (มม)	(t-ti)/(s-si) (วัน/มม)	ค่า % U (%)	วันสะสม (วัน)	การทรุดตัว (มม)	(t-ti) (วัน)	(s-si) (มม)	(t-ti)/(s-si) (วัน/มม)
	322	305	0	0			504	545	182	240	0.758333
	329	328	7	23	0.304348		510	548	188	243	0.773663
	336	338	14	33	0.424242		518	554	196	249	0.787149
	342	371	20	66	0.30303	84%	524	547	202	242	0.834711
	350	379	28	74	0.378378		532	563	210	258	0.813953
	356	394	34	89	0.382022		538	563	216	258	0.837209
	364	405	42	100	0.42		546	575	224	270	0.82963
	368	404	46	99	0.464646		552	578	230	273	0.842491
	370	413	48	108	0.444444	86%	560	583	238	278	0.856115
	378	422	56	117	0.478632		566	583	244	278	0.877698
	384	428	62	123	0.504065		574	588	252	283	0.890459
	392	438	70	133	0.526316		580	604	258	299	0.862876
	398	448	76	143	0.531469		587	598	265	293	0.904437
	406	465	84	160	0.525	89%	594	595	272	290	0.937931
	412	473	90	168	0.535714		602	600	280	295	0.949153
69%	420	476	98	171	0.573099		608	597	286	292	0.979452
	426	485	104	180	0.577778		616	601	294	296	0.993243
	434	492	112	187	0.59893		623	598	301	293	1.027304
71%	440	493	118	188	0.62766		630	602	308	297	1.037037
	448	503	126	198	0.636364		636	598	314	293	1.071672
	454	512	132	207	0.637681		644	602	322	297	1.084175
	462	520	140	215	0.651163		650	602	328	297	1.104377
	468	518	146	213	0.685446		658	603	336	298	1.127517
78%	476	526	154	221	0.696833		664	597	342	292	1.171233
	482	538	160	233	0.686695		672	603	350	298	1.174497
	490	541	168	236	0.711864		678	606	356	301	1.182724
81%	496	545	174	240	0.725		685	615	363	310	1.170968

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



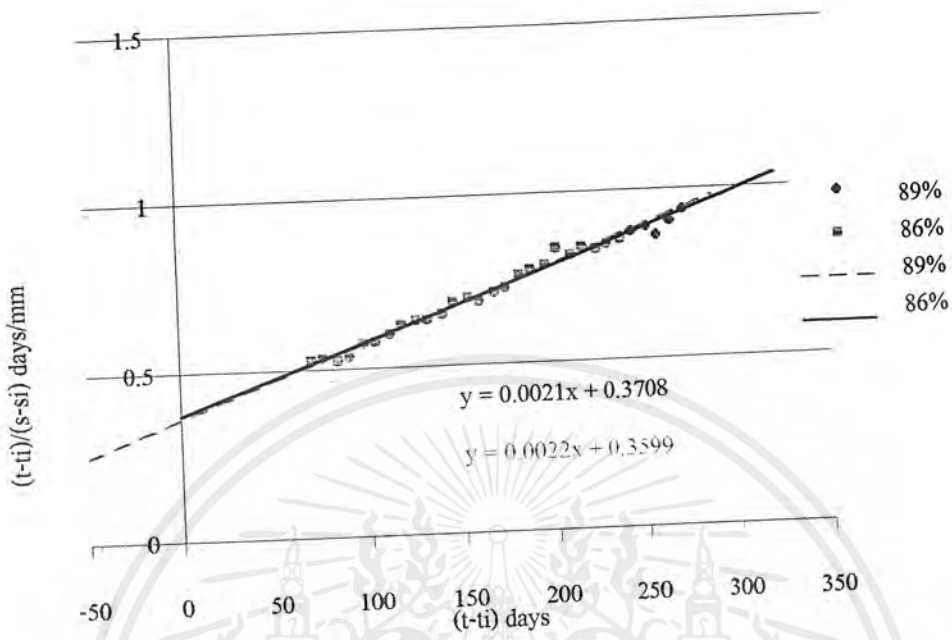
รูปที่ จ-56 กราฟแสดงลักษณะการทรุดตัวโดยวิธีHyperbolicของจุดที่ 6 จากข้อมูลทั้งหมด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

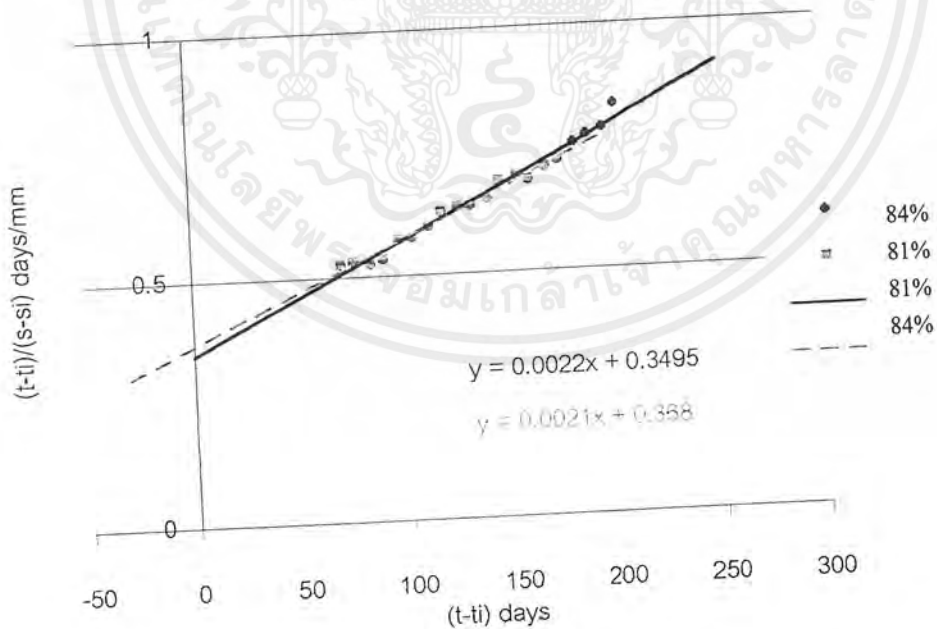


รูปที่ จ-57 กราฟการคำนวณหาค่าการทรุดตัวสุดท้ายโดยวิธีHyperbolicของจุดที่ 6 จากข้อมูลทั้งหมด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

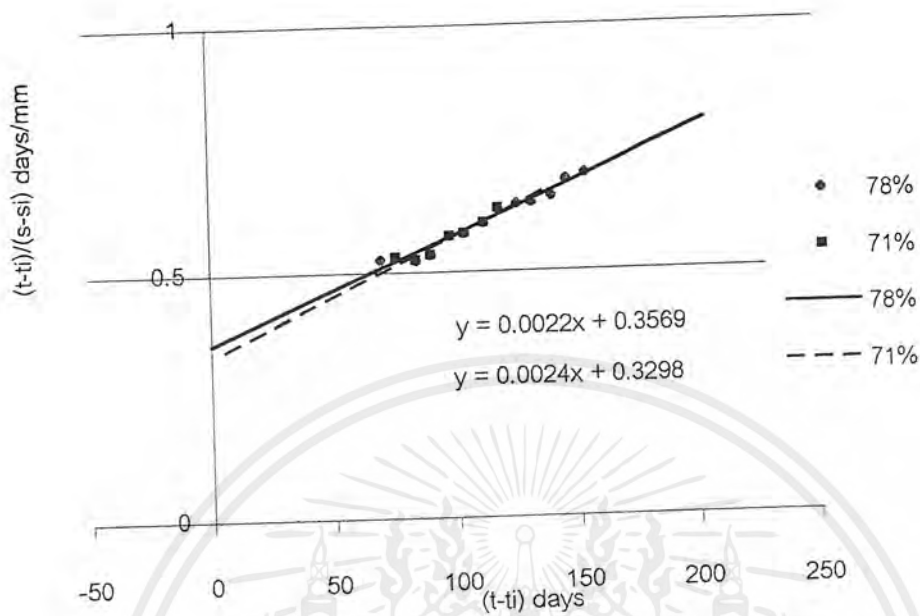


รูปที่ จ-58 กราฟการคำนวณหาค่าการทรุดตัวสุดท้าย โดยวิธีHyperbolicของจุดที่ 6 จากข้อมูลU86,89%

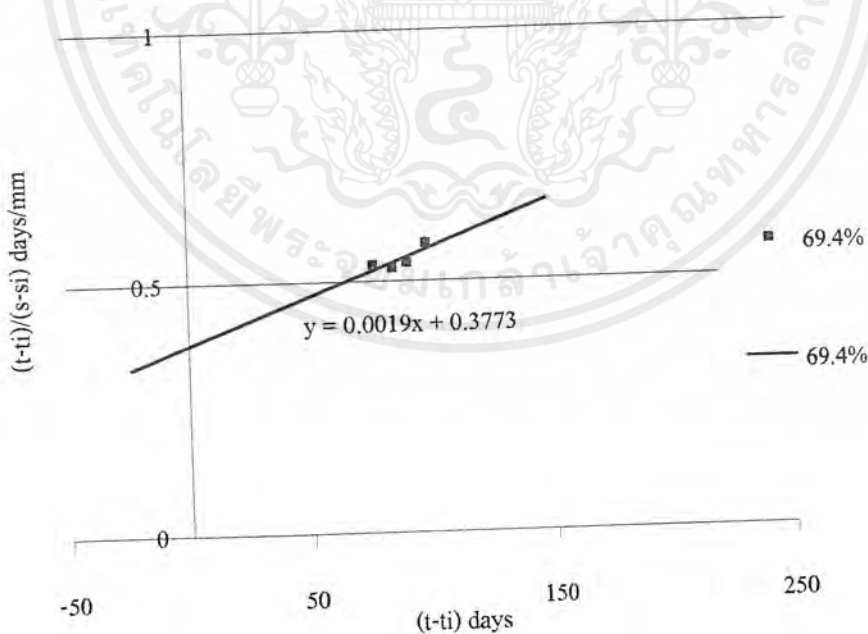


รูปที่ จ-59 กราฟการคำนวณหาค่าการทรุดตัวสุดท้าย โดยวิธีHyperbolicของจุดที่ 6 จากข้อมูลU81,84%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ จ-60 กราฟการคำนวณหาค่าการทรุดตัวสุดท้าย โดยวิธีHyperbolicของจุดที่ 6 จากข้อมูล P71,78%



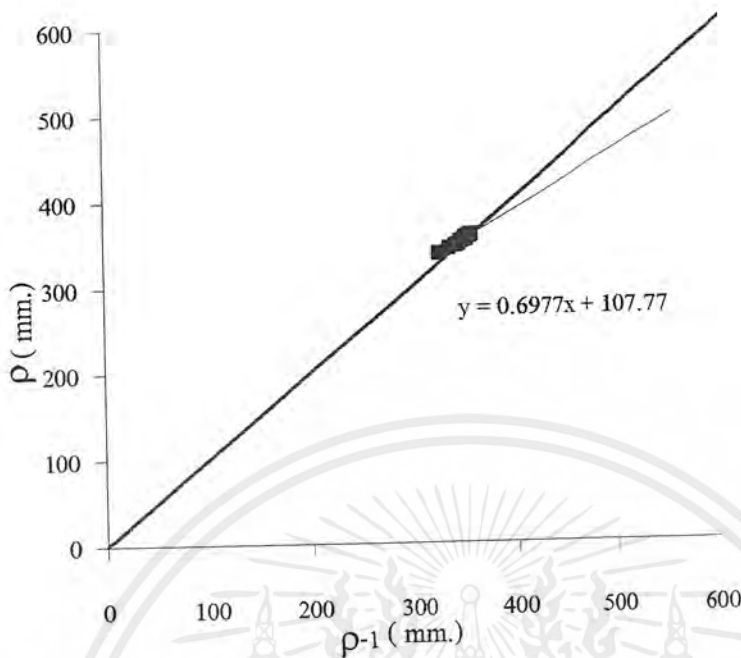
รูปที่ จ-61 กราฟการคำนวณหาค่าการทรุดตัวสุดท้าย โดยวิธีHyperbolicของจุดที่ 6 จากข้อมูล P69.4%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

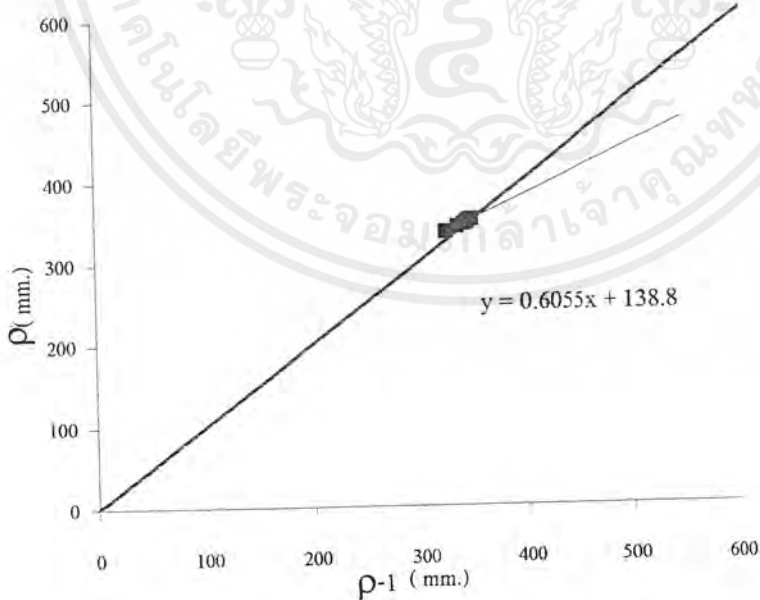
ตารางที่ จ-11 แสดงค่าที่ใช้ในการคำนวณ โดยใช้ทฤษฎี Asaoka จุดที่ 7

ค่า U (%)	วันสะสม	p (มม.)	p-1 (มม.)
	303	325	
	317	336	325
67.5 , 71.5 , 77%	331	342	336
83 , 86.9 %	345	345	342
90.10%	359	347	345
	373	350	347
96%	387	351	350
	401	353	351
	415	352	353
	429	355	352
	443	356	355
	457	356	356
	470	356	356
	484	356	356
	499	357	356
	513	357	357
	527	357	357
	540	358	357
	554	358	358

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

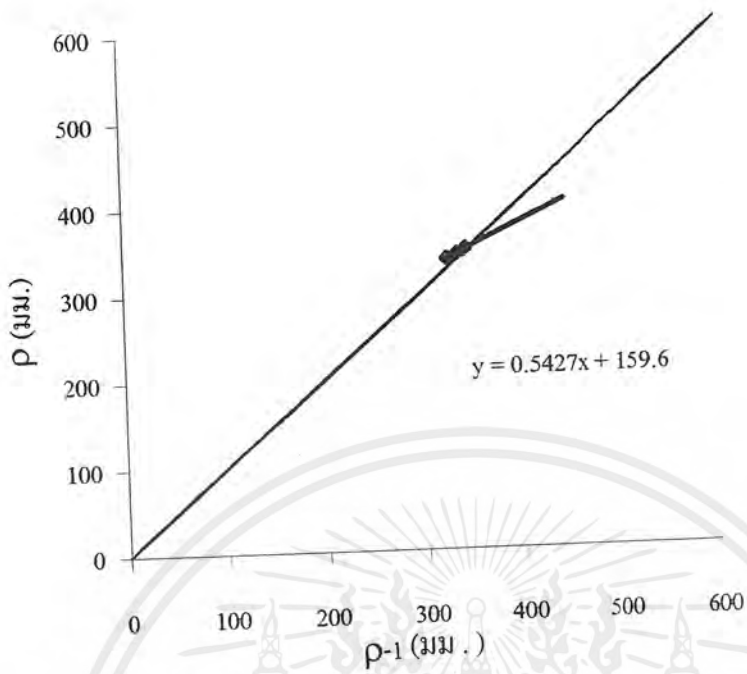


รูปที่ จ-62 กราฟการคำนวณหาค่าการทรุดตัวสุดท้ายโดยวิธี Asaoka ของจุดที่ 7 เมื่อใช้ข้อมูลทั้งหมด

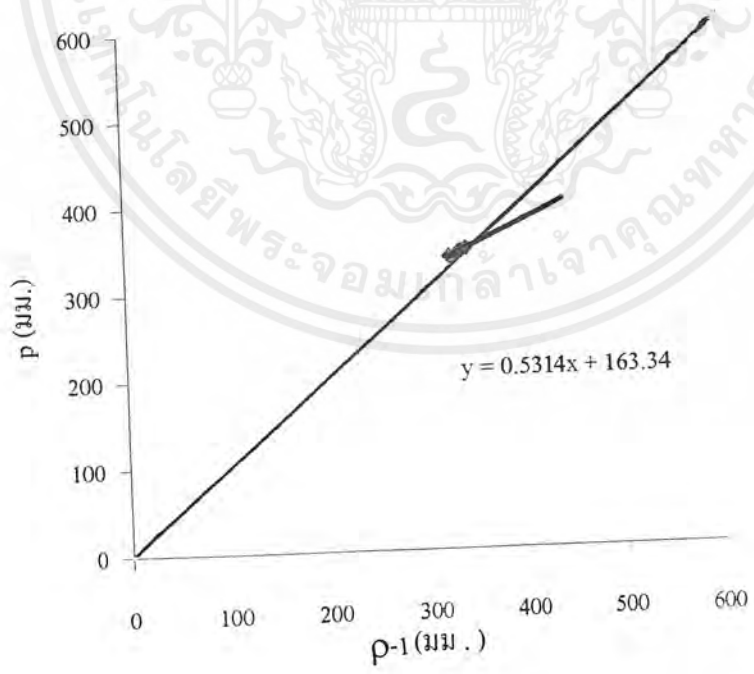


รูปที่ จ-63 กราฟการคำนวณหาค่าการทรุดตัวสุดท้ายโดยวิธี Asaoka ของจุดที่ 7 เมื่อใช้ข้อมูล $U=96\%$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

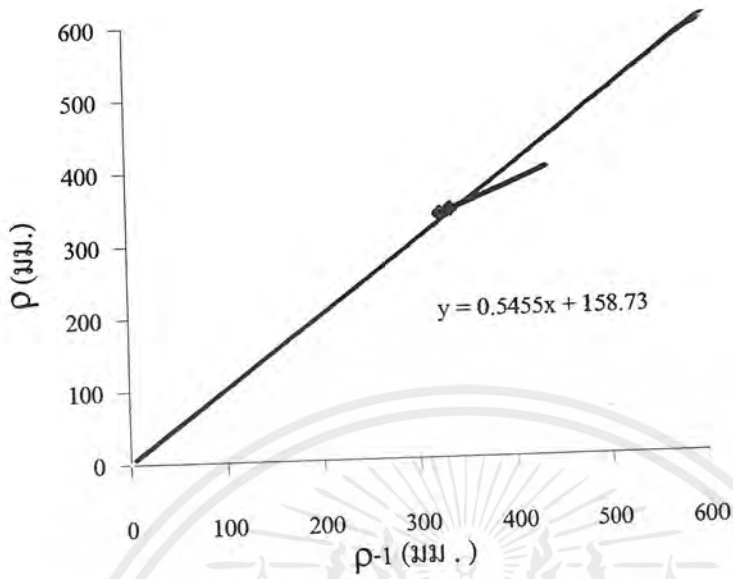


รูปที่ จ-64 กราฟการคำนวณหาค่าการทรุดตัวสุดท้ายโดยวิธี Asaoka ของจุดที่ 7 เมื่อใช้ข้อมูล U=90.1%



รูปที่ จ-65 กราฟการคำนวณหาค่าการทรุดตัวสุดท้ายโดยวิธี Asaoka ของจุดที่ 7 เมื่อใช้ข้อมูล U=83 , 86.9%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



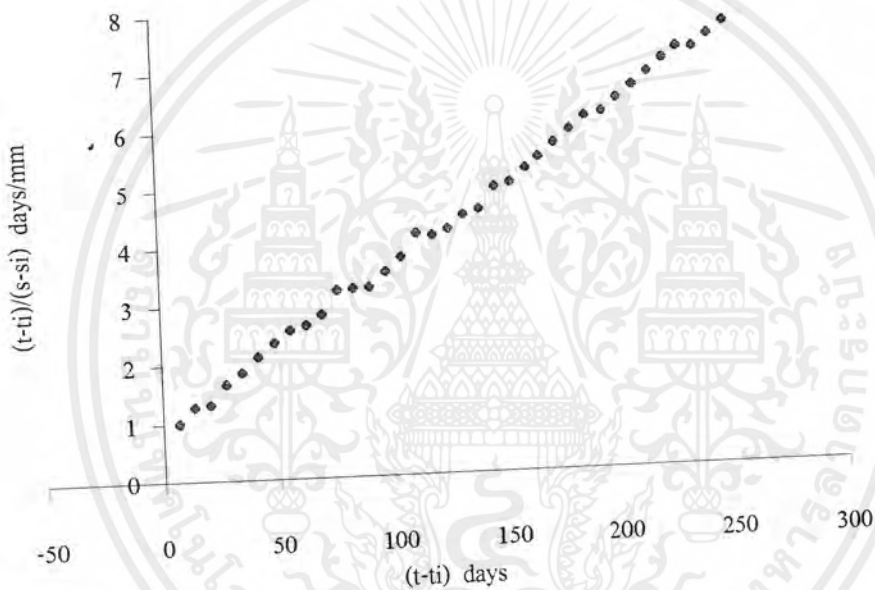
รูปที่ จ-66 กราฟการคำนวณหาค่าการทรุดตัวสุดท้ายโดยวิธี Asaoka ของจุดที่ 7 เมื่อใช้ข้อมูล $U=67.5, 71.5, 77\%$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ จ-12 แสดงค่าที่ใช้ในการคำนวณโดยใช้ทฤษฎี Hyperbolic จุดที่ 7

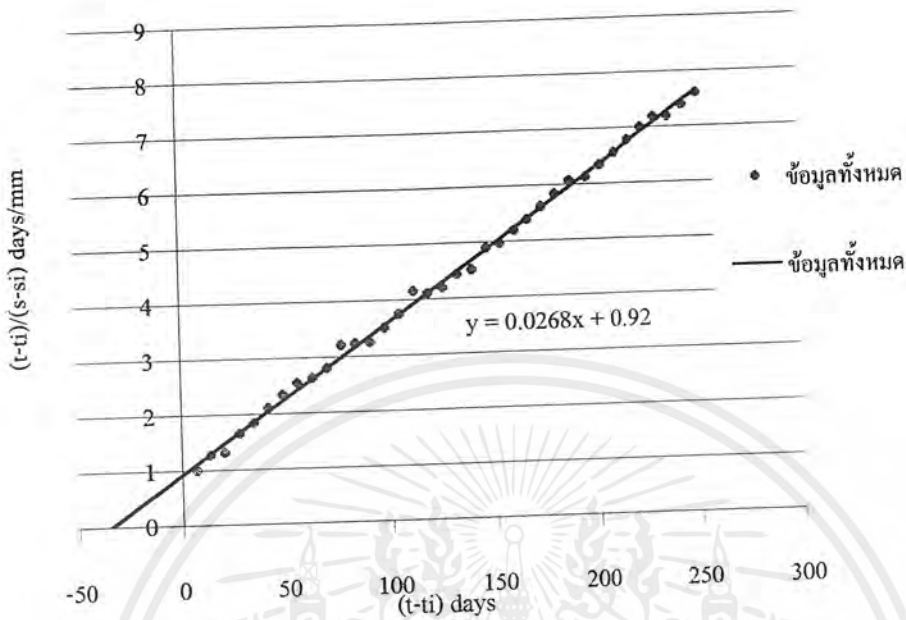
ค่า %U (%)	วันสะสม (วัน)	การทรุดตัว (มม)	(t-ti) (วัน)	(s-si) (มม)	(t-ti)/(s-si) (วัน/มม)	ค่า % U (%)	วันสะสม (วัน)	การทรุดตัว (มม)	(t-ti) (วัน)	(s-si) (มม)	(t-ti)/(s-si) (วัน/มม)
	303	325	0	0			436	355	133	30	4.433333
	310	332	7	7	1		443	356	140	31	4.516129
	317	336	14	11	1.272727		450	355	147	30	4.9
67.5%	324	341	21	16	1.3125		457	356	154	31	4.967742
77%	331	342	28	17	1.647059		464	356	161	31	5.193548
83%	338	344	35	19	1.842105		470	356	167	31	5.387097
86.9%	345	345	42	20	2.1		477	356	174	31	5.612903
90.1%	352	346	49	21	2.333333		484	356	181	31	5.83871
	359	347	56	22	2.545455		491	356	188	31	6.064516
	366	349	63	24	2.625		499	357	196	32	6.125
	373	350	70	25	2.8		506	357	203	32	6.34375
	380	349	77	24	3.208333		513	357	210	32	6.5625
	387	351	84	26	3.230769		520	357	217	32	6.78125
96%	394	353	91	28	3.25		527	357	224	32	7
	401	353	98	28	3.5		533	357	230	32	7.1875
	408	353	105	28	3.75		540	358	237	33	7.181818
	415	352	112	27	4.148148		547	358	244	33	7.393939
	422	354	119	29	4.103448		554	358	251	33	7.606061
	429	355	126	30	4.2						

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

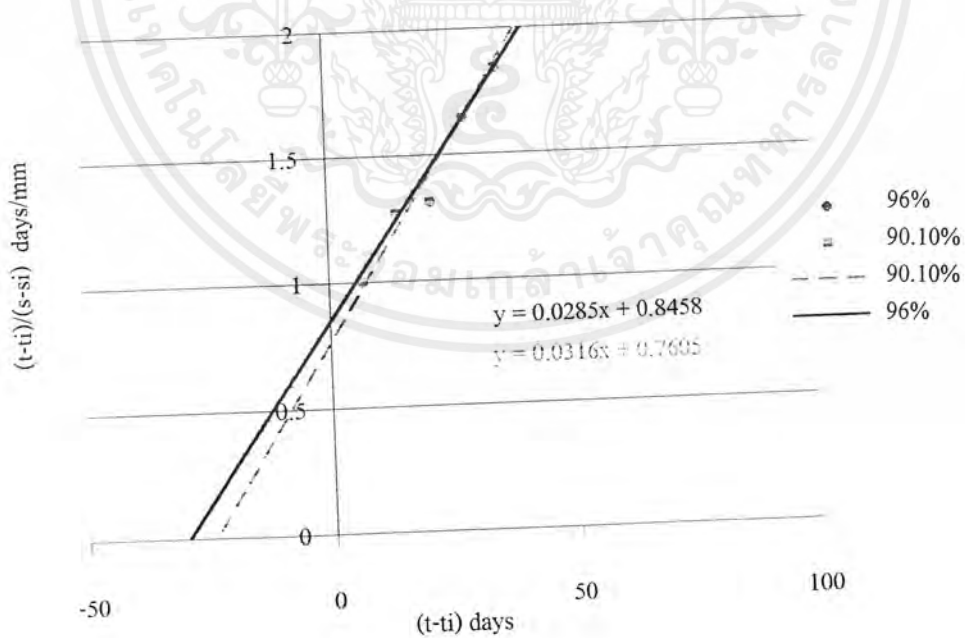


รูปที่ จ-67 กราฟแสดงลักษณะการทรุดตัวโดยวิธีHyperbolicของจุดที่ 7 จากข้อมูลทั้งหมด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

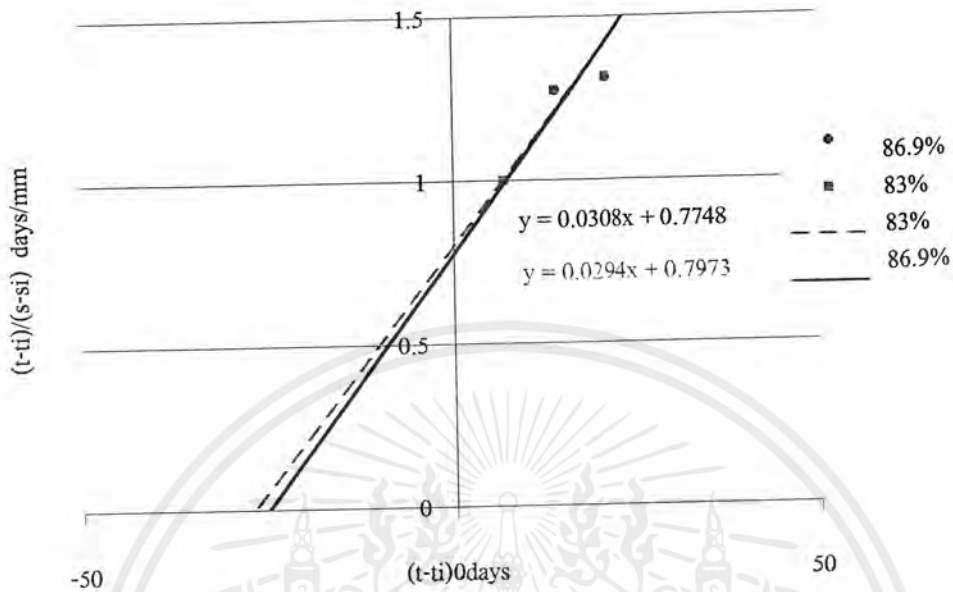


รูปที่ จ-68 กราฟการคำนวณหาค่าการทรุดตัวสุดท้ายโดยวิธีHyperbolicของจุดที่ 7 จากข้อมูลทั้งหมด

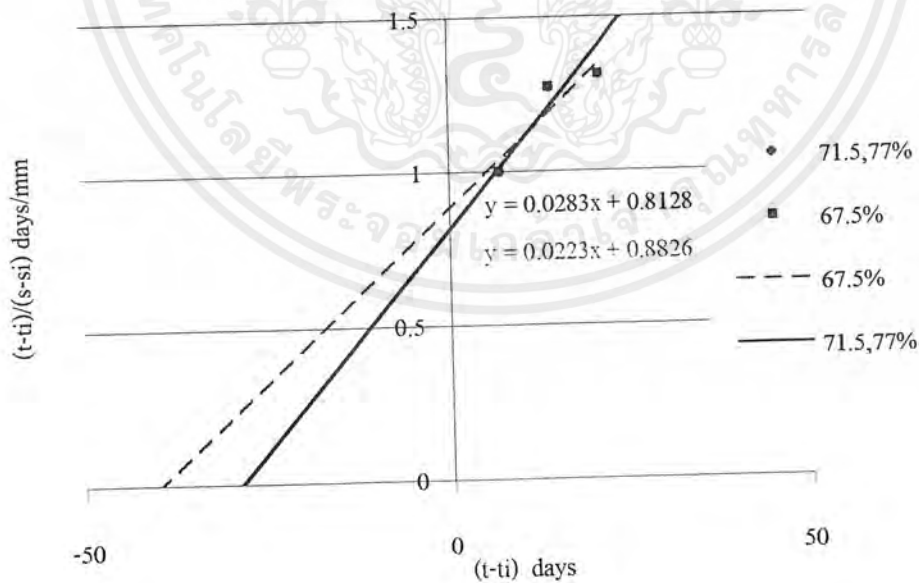


รูปที่ จ-69 กราฟการคำนวณหาค่าการทรุดตัวสุดท้ายโดยวิธีHyperbolicของจุดที่ 7 จากข้อมูล90.1,96%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ จ-70 กราฟการคำนวณหาค่าการทรุดตัวสุดท้ายโดยวิธีHyperbolicของจุดที่ 7 จากข้อมูล U83,86.9%



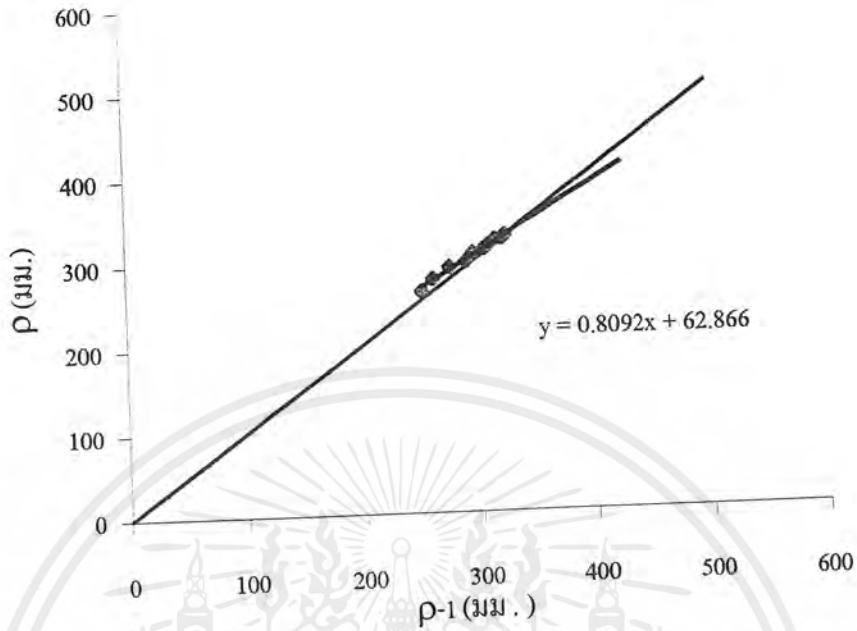
รูปที่ จ-71 กราฟการคำนวณหาค่าการทรุดตัวสุดท้ายโดยวิธีHyperbolicของจุดที่ 7 จากข้อมูล U67.5,71.5%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

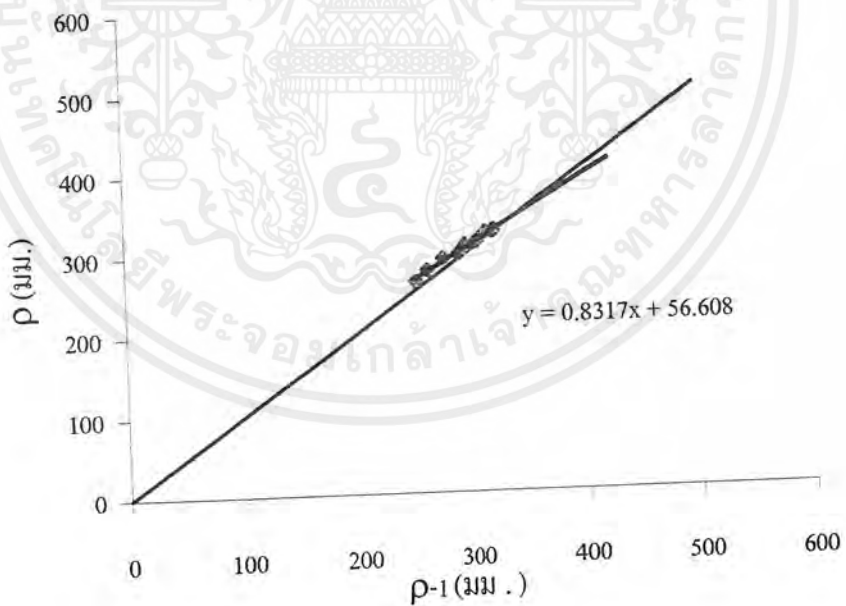
ตารางที่ จ-13 แสดงค่าที่ใช้ในการคำนวณโดยใช้ทฤษฎี Asaoka จุดที่ 8

ค่า U (%)	วันสะสม	ρ (มม.)	$\rho-1$ (มม.)
	303	252	
	317	262	252
	331	276	262
	345	290	276
35, 39%	359	296	290
	373	306	296
55.3, 60%	387	310	306
67%	401	315	310
	415	321	315
76%	429	322	321
83.70%	443	323	322
86.50%	457	324	323
	470	325	324
	484	325	325
	499	325	325
	513	325	325
	527	325	325
	540	325	325
	554	325	325

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

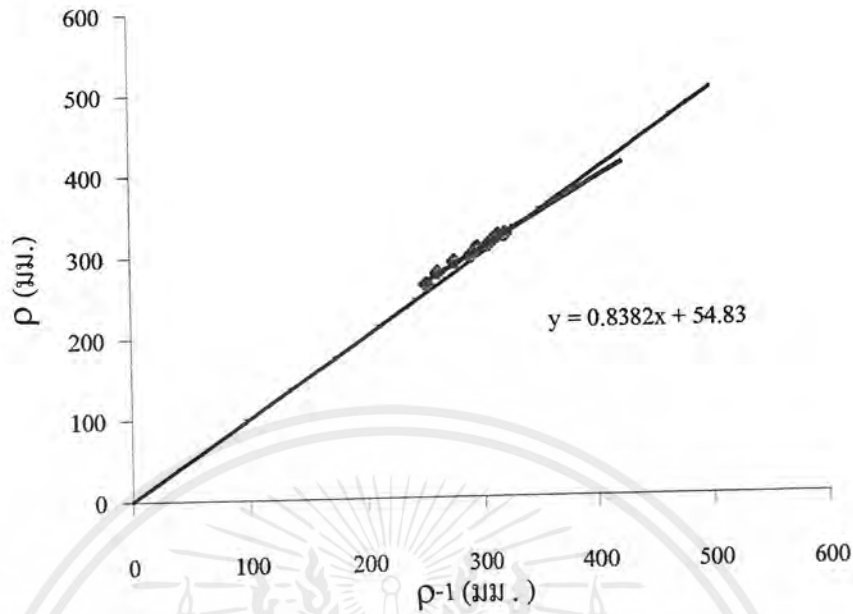


รูปที่ จ-72 กราฟการคำนวณหาค่าการทรุดตัวสุดท้ายโดยวิธี Asaoka ของจุดที่ 8 เมื่อใช้ข้อมูลทั้งหมด

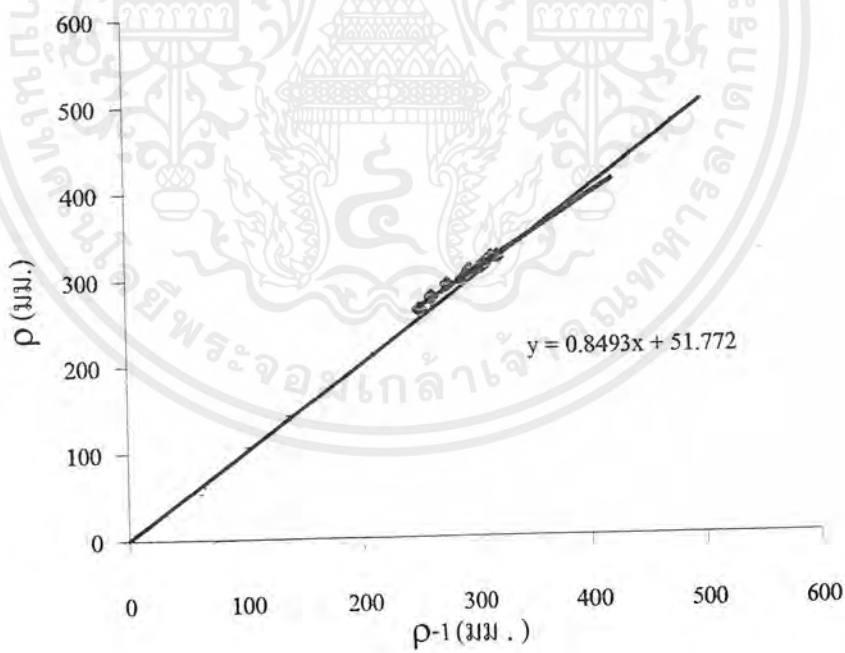


รูปที่ จ-73 กราฟการคำนวณหาค่าการทรุดตัวสุดท้ายโดยวิธี Asaoka ของจุดที่ 8 เมื่อใช้ข้อมูล $U=86.5\%$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

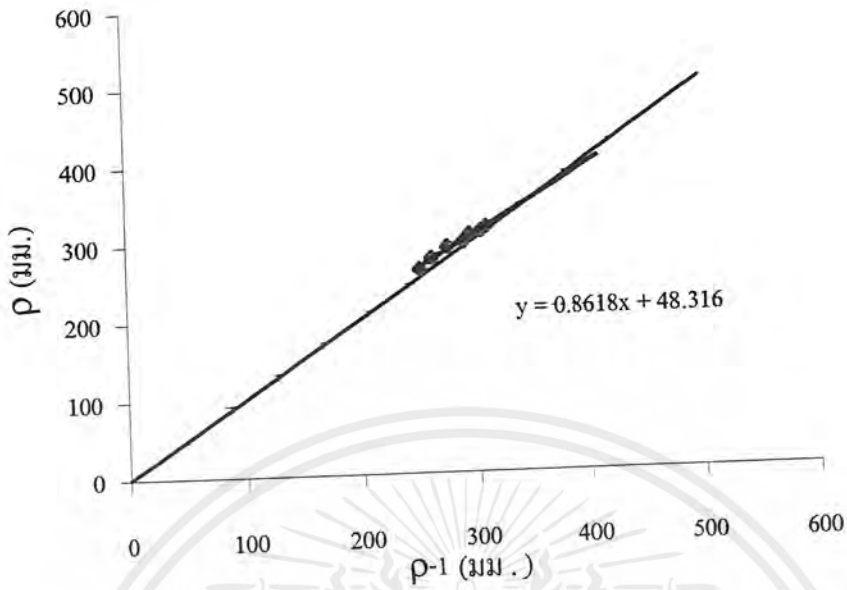


รูปที่ จ-74 กราฟการคำนวณหาค่าการทรุดตัวสุดท้ายโดยวิธี Asaoka ของจุดที่ 8 เมื่อใช้ข้อมูล U=83.7%

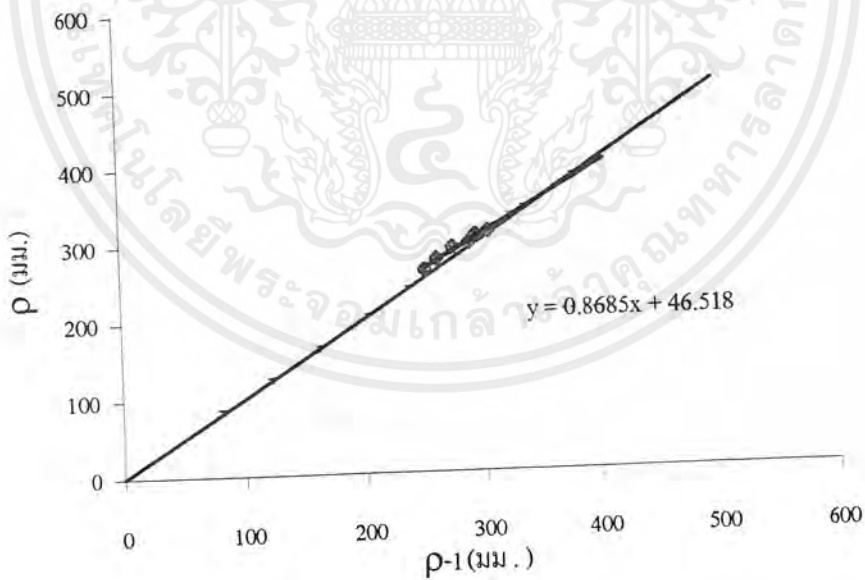


รูปที่ จ-75 กราฟการคำนวณหาค่าการทรุดตัวสุดท้ายโดยวิธี Asaoka ของจุดที่ 8 เมื่อใช้ข้อมูล U=76%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

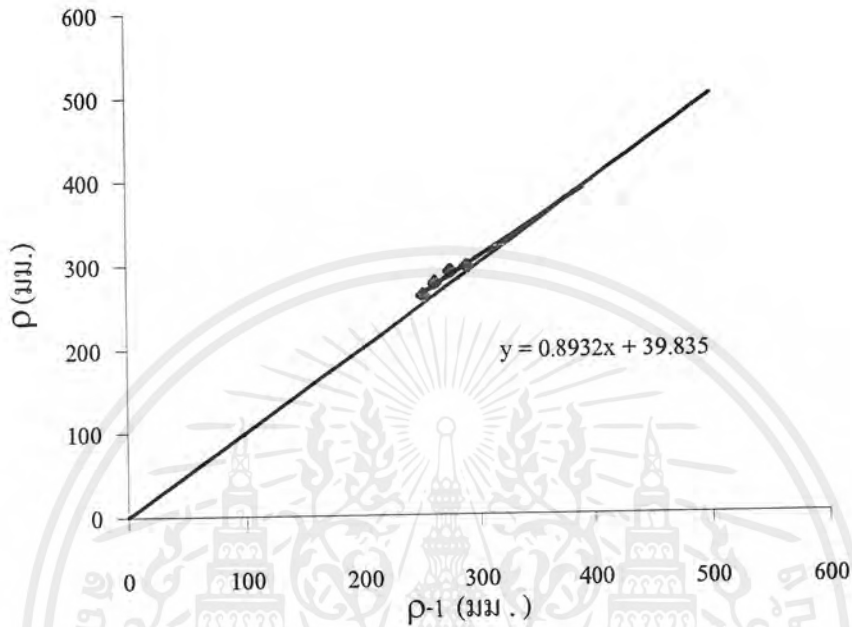


รูปที่ จ-76 กราฟการคำนวณหาค่าการทรุดตัวสุดท้ายโดยวิธี Asaoka ของจุดที่ 8 เมื่อใช้ข้อมูล $U=67\%$



รูปที่ จ-77 กราฟการคำนวณหาค่าการทรุดตัวสุดท้ายโดยวิธี Asaoka ของจุดที่ 8 เมื่อใช้ข้อมูล $U=55.3, 60\%$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



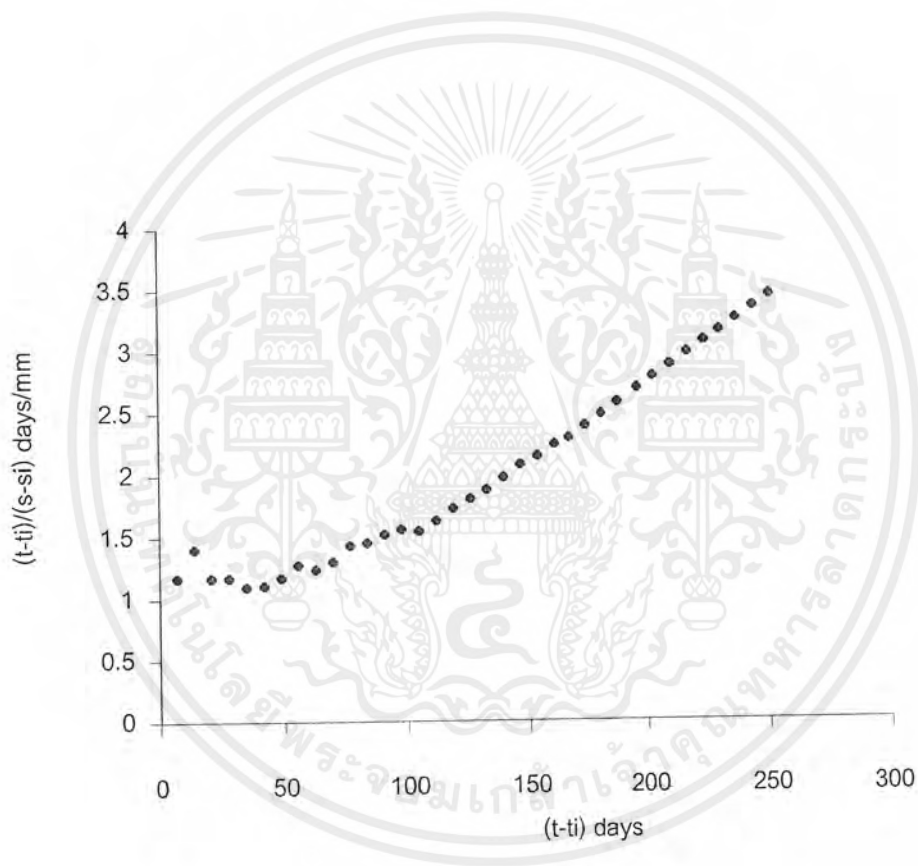
รูปที่ จ-78 กราฟการคำนวณหาค่าการทรุดตัวสุดท้าย โดยวิธี Asaoka ของจุดที่ 8 เมื่อใช้ข้อมูล U=35, 39%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ จ-14 แสดงค่าที่ใช้ในการคำนวณ โดยใช้ทฤษฎี Hyperbolic จุดที่ 8

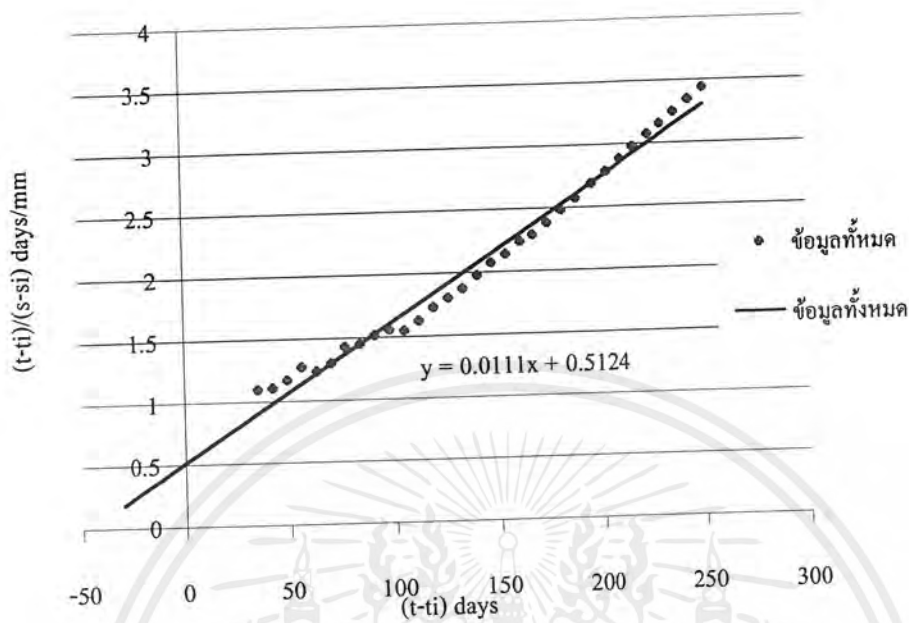
ค่า % U (%)	วันสะสม (วัน)	การทรุดตัว (มม)	(t-ti) (วัน)	(s-si) (มม)	(t-ti)/(s-si) (วัน/มม)	ค่า % U (%)	วันสะสม (วัน)	การทรุดตัว (มม)	(t-ti) (วัน)	(s-si) (มม)	(t-ti)/(s-si) (วัน/มม)
	303	252	0	0			436	323	133	71	1.873239
	310	258	7	6	1.166667	83.7%	443	323	140	71	1.971831
	317	262	14	10	1.4	86.5%	450	323	147	71	2.070423
	324	270	21	18	1.166667		457	324	154	72	2.138889
	331	276	28	24	1.166667		464	324	161	72	2.236111
	338	284	35	32	1.09375		470	325	167	73	2.287671
	345	290	42	38	1.105263		477	325	174	73	2.383562
	352	294	49	42	1.166667		484	325	181	73	2.479452
39%	359	296	56	44	1.272727		491	325	188	73	2.575342
	366	303	63	51	1.235294		499	325	196	73	2.684932
	373	306	70	54	1.296296		506	325	203	73	2.780822
55.3%	380	306	77	54	1.425926		513	325	210	73	2.876712
	387	310	84	58	1.448276		520	325	217	73	2.972603
60%	394	312	91	60	1.516667		527	325	224	73	3.068493
	401	315	98	63	1.555556		533	325	230	73	3.150685
67%	408	320	105	68	1.544118		540	325	237	73	3.246575
	415	321	112	69	1.623188		547	325	244	73	3.342466
76%	422	321	119	69	1.724638		554	325	251	73	3.438356
	429	322	126	70	1.8						

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

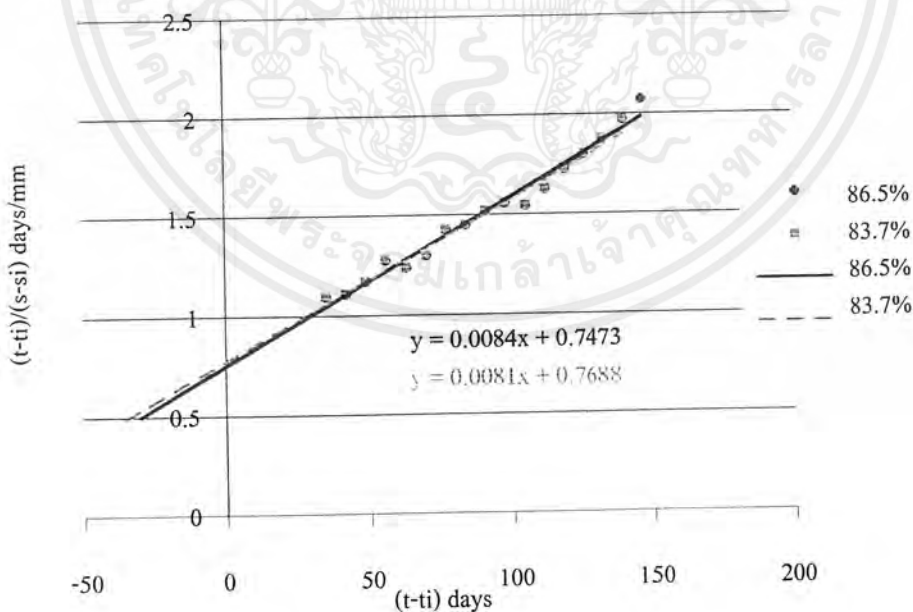


รูปที่ จ-79 กราฟแสดงลักษณะการทรุดตัวโดยวิธีHyperbolicของจุดที่ 8 จากข้อมูลทั้งหมด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

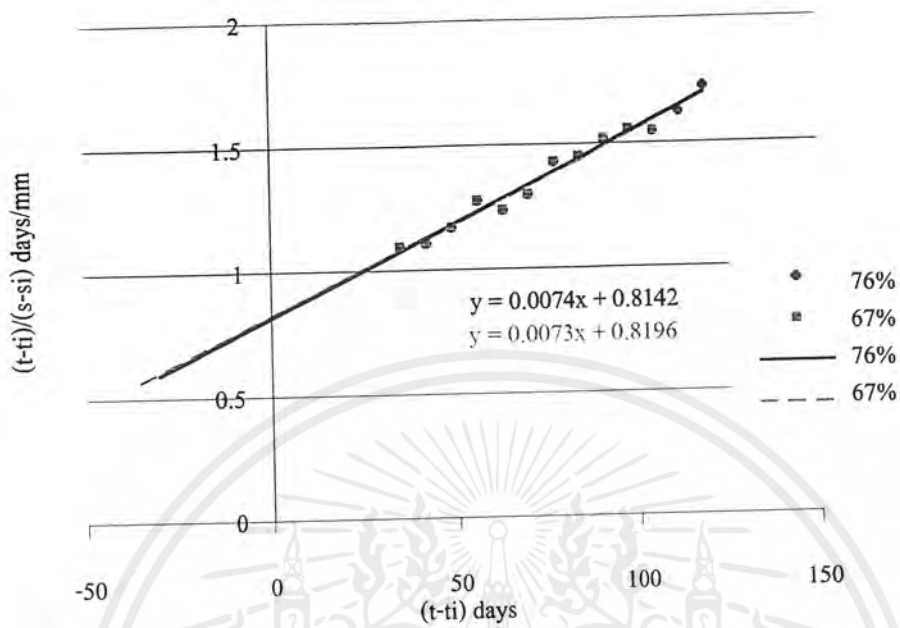


รูปที่ จ-80 กราฟการคำนวณหาค่าการทรุดตัวสุดท้ายโดยวิธีHyperbolicของจุดที่ 8 จากข้อมูลทั้งหมด

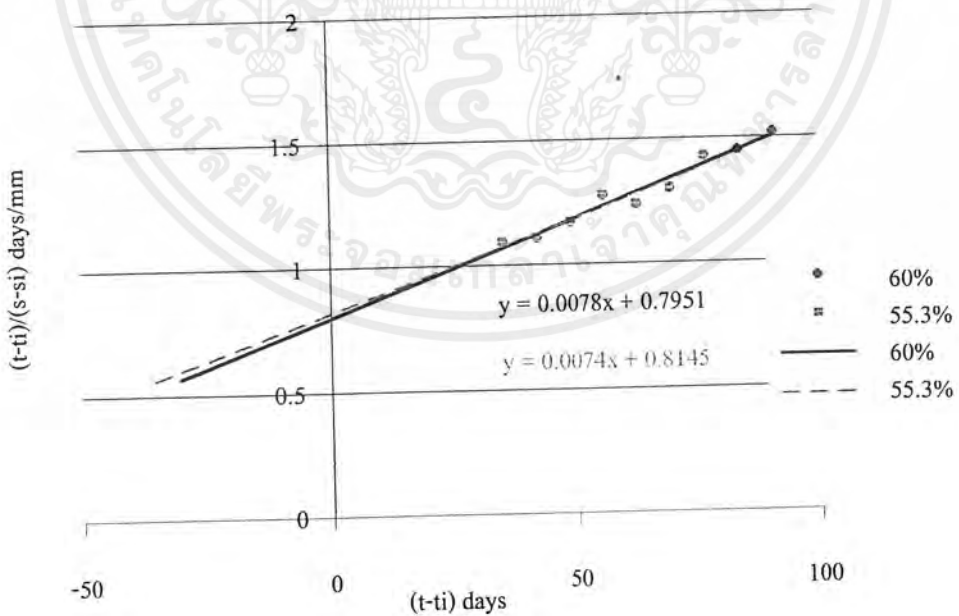


รูปที่ จ-81 กราฟการคำนวณหาค่าการทรุดตัวสุดท้ายโดยวิธีHyperbolicของจุดที่ 8 จากข้อมูล 83.7, 86.5%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

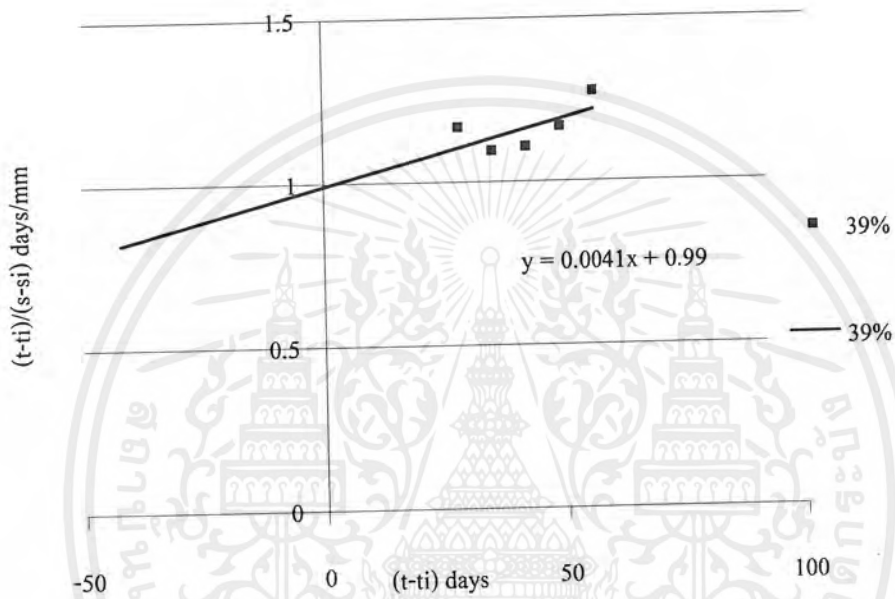


รูปที่ จ-82 กราฟการคำนวณหาค่าการทรุดตัวสุดท้ายโดยวิธีHyperbolicของจุดที่ 8 จากข้อมูล U67,76%



รูปที่ จ-83 กราฟการคำนวณหาค่าการทรุดตัวสุดท้ายโดยวิธีHyperbolicของจุดที่ 8 จากข้อมูล U55.3,60%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



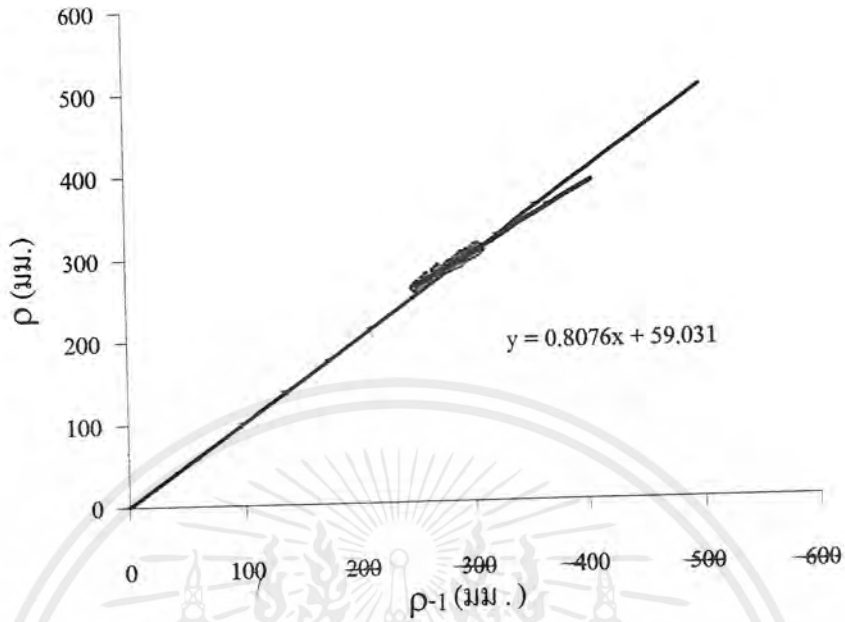
รูปที่ จ-84 กราฟการคำนวณหาค่าการทรุดตัวสุดท้ายโดยวิธีHyperbolicของจุดที่ 8 จากข้อมูลB39%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

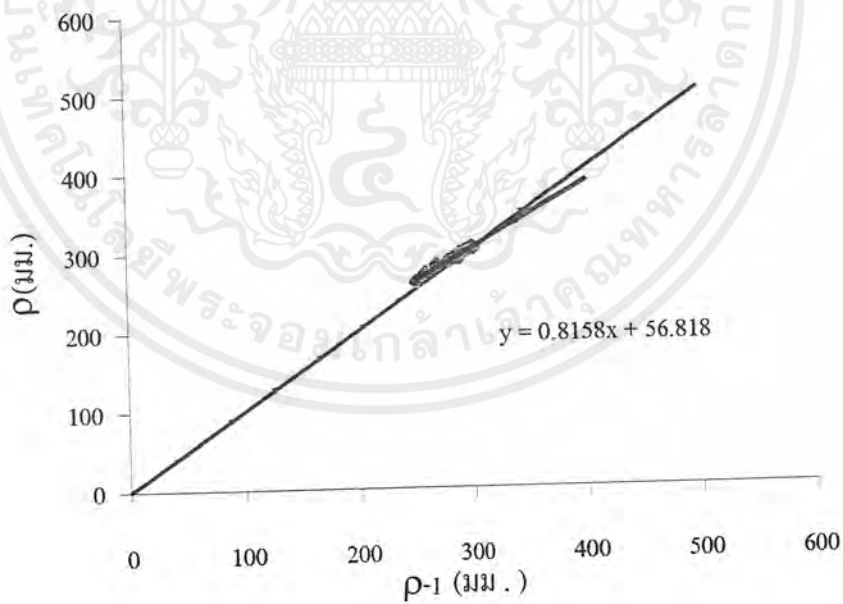
ตารางที่ จ-15 แสดงค่าที่ใช้ในการคำนวณโดยใช้ทฤษฎี Asaoka จุดที่ 9

ค่า U (%)	วันสะสม	ρ (มม.)	$\rho-1$ (มม.)
	303	252	
	317	260	252
	331	270	260
	345	280	270
34.7, 38.6%	359	285	280
56.50%	373	289	285
	387	290	289
71%	401	295	290
78%	415	298	295
86%	429	300	298
	443	302	300
89%	457	302	302
	470	302	302
	484	304	302
	499	304	304
	513	305	304
	527	305	305
	540	305	305
	554	305	305

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

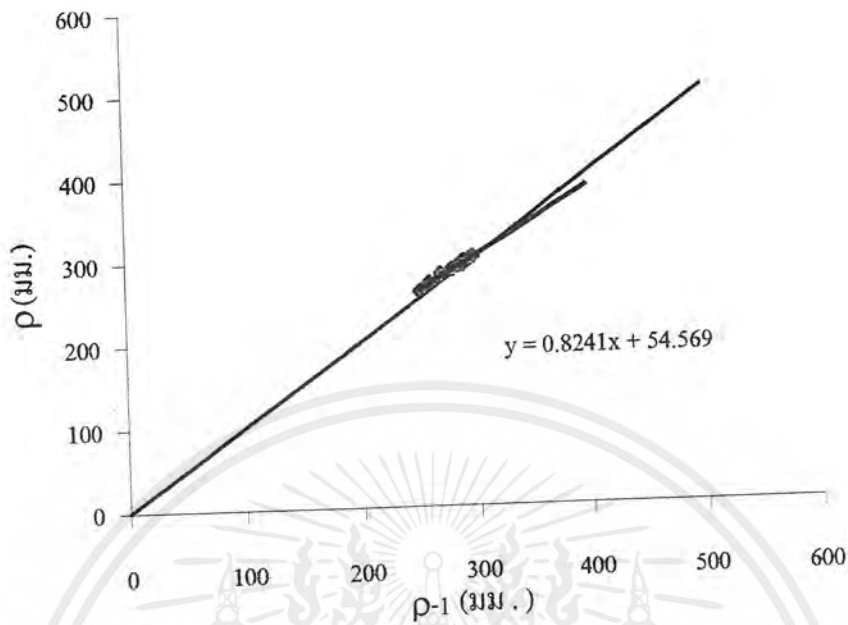


รูปที่ จ-85 กราฟการคำนวณหาค่าการทรุดตัวสุดท้าย โดยวิธี Asaoka ของจุดที่ 9 เมื่อใช้ข้อมูลทั้งหมด

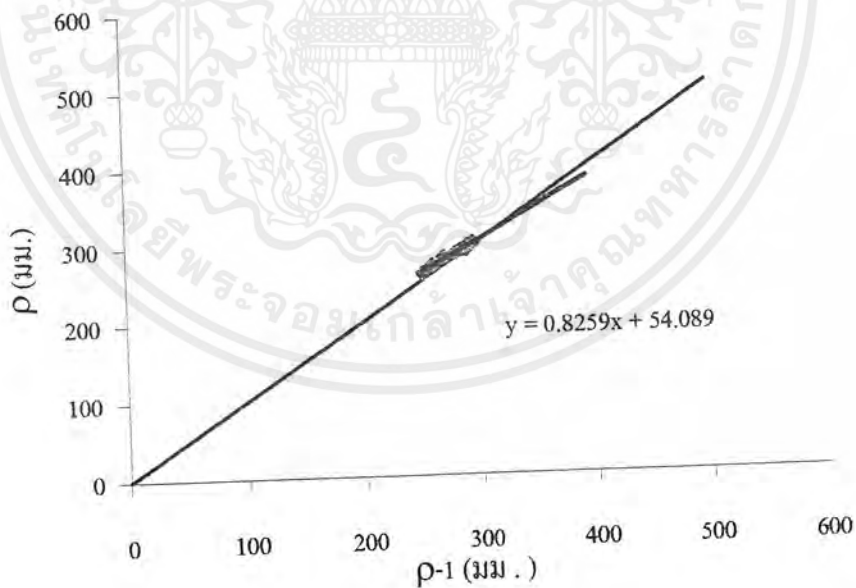


รูปที่ จ-86 กราฟการคำนวณหาค่าการทรุดตัวสุดท้ายโดยวิธี Asaoka ของจุดที่ 9 เมื่อใช้ข้อมูล U=89%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

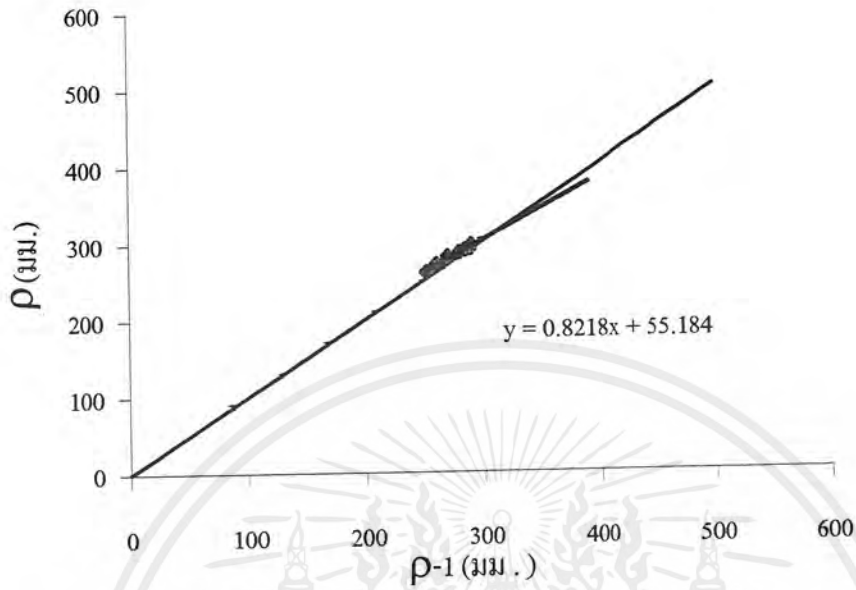


รูปที่ จ-87 กราฟการคำนวณหาค่าการทรุดตัวสุดท้าย โดยวิธี Asoka ของจุดที่ 9 เมื่อใช้ข้อมูล $U=86\%$

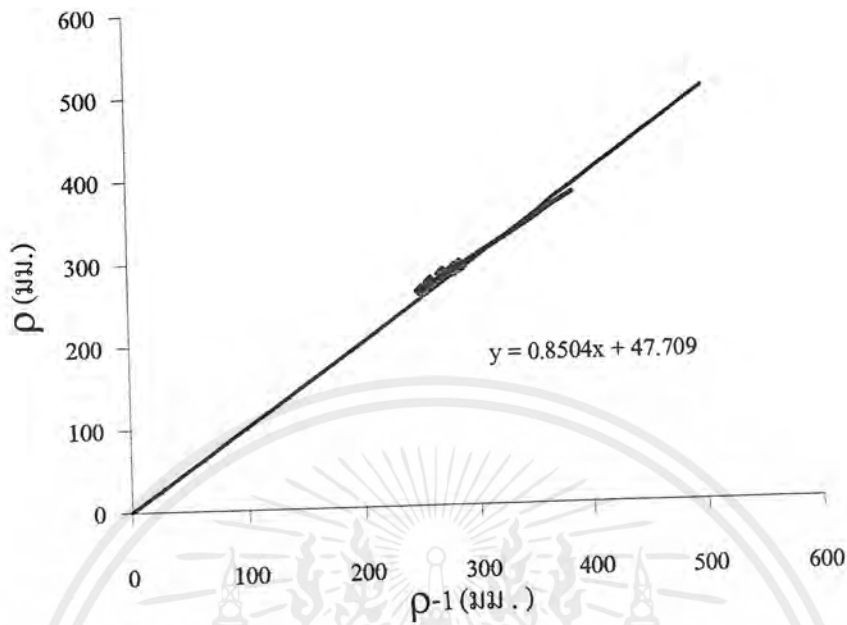


รูปที่ จ-88 กราฟการคำนวณหาค่าการทรุดตัวสุดท้ายโดยวิธี Asoka ของจุดที่ 9 เมื่อใช้ข้อมูล $U=78\%$

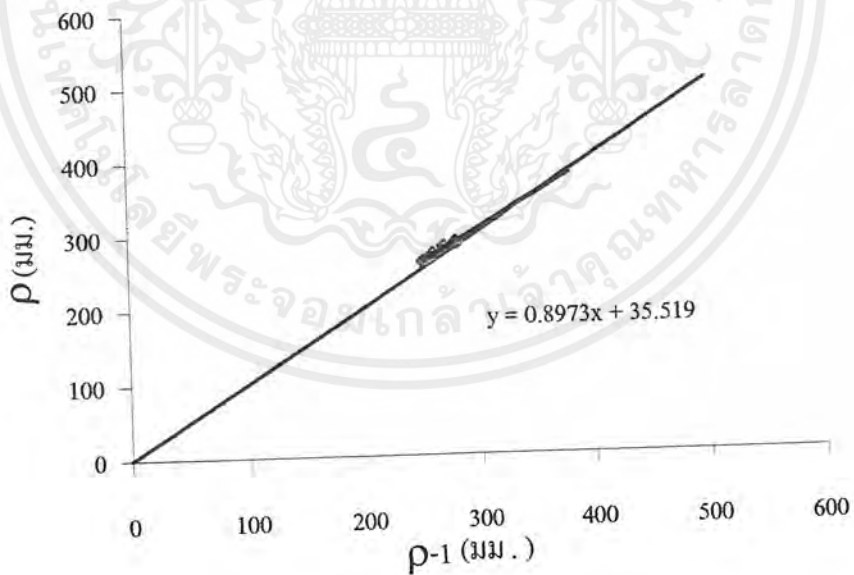
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ จ-89 กราฟการคำนวณหาค่าการทรุดตัวสุดท้ายโดยวิธี Asaoka ของจุดที่ 9 เมื่อใช้ข้อมูล U=74%



รูปที่ จ-90 กราฟการคำนวณหาค่าการทรุดตัวสุดท้ายโดยวิธี Asaoka ของจุดที่ 9 เมื่อใช้ข้อมูล $U=56.5\%$



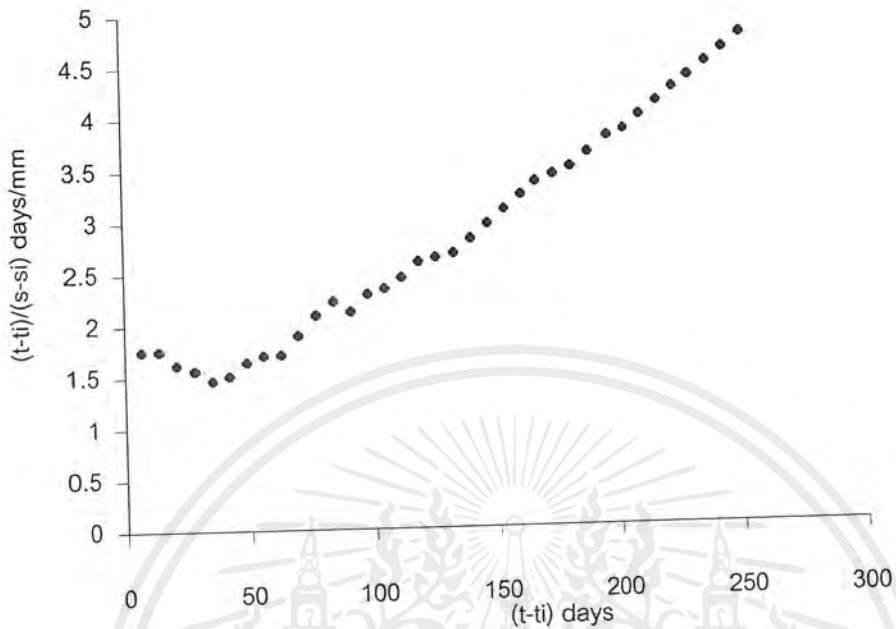
รูปที่ จ-91 กราฟการคำนวณหาค่าการทรุดตัวสุดท้ายโดยวิธี Asaoka ของจุดที่ 9 เมื่อใช้ข้อมูล $U=34.7, 38.6\%$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ จ-16 แสดงค่าที่ใช้ในการคำนวณ โดยใช้ทฤษฎี Hyperbolic จุดที่ 9

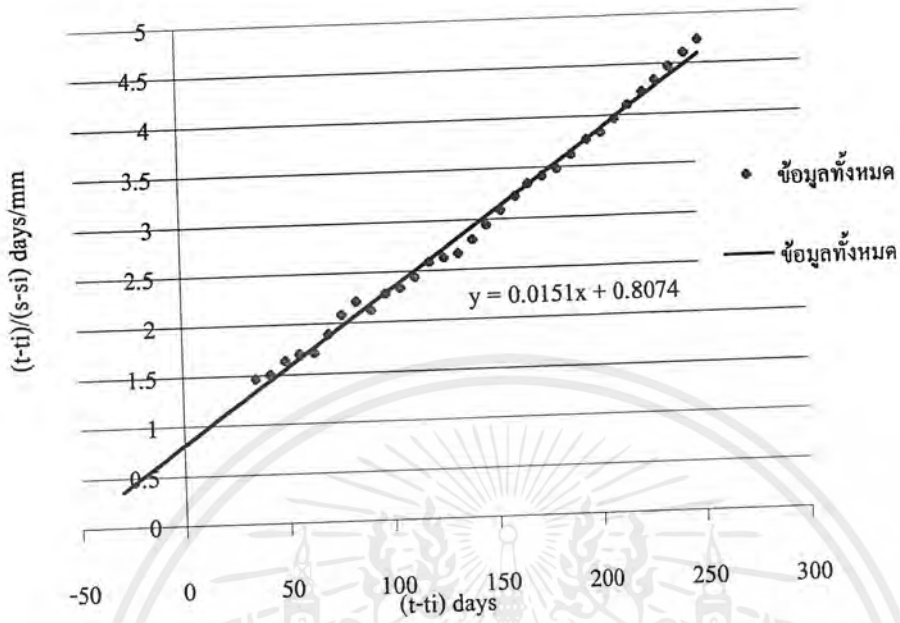
ค่า %P (%)	วันสะสม (วัน)	การทรุดตัว (มม)	(t-ti) (วัน)	(s-si) (มม)	(t-ti)/(s-si) (วัน/มม)	ค่า % P (%)	วันสะสม (วัน)	การทรุดตัว (มม)	(t-ti) (วัน)	(s-si) (มม)	(t-ti)/(s-si) (วัน/มม)
	303	252	0	0			436	302	133	50	2.66
	310	256	7	4	1.75		443	302	140	50	2.8
	317	260	14	8	1.75	89%	450	302	147	50	2.94
	324	265	21	13	1.615385		457	302	154	50	3.08
	331	270	28	18	1.555556		464	302	161	50	3.22
	338	276	35	24	1.458333		470	302	167	50	3.34
	345	280	42	28	1.5		477	303	174	51	3.411765
	352	282	49	30	1.633333		484	304	181	52	3.480769
34.7%	359	285	56	33	1.69697		491	304	188	52	3.615385
38.6%	366	289	63	37	1.702703		499	304	196	52	3.769231
56.5%	373	289	70	37	1.891892		506	305	203	53	3.830189
	380	289	77	37	2.081081		513	305	210	53	3.962264
	387	290	84	38	2.210526		520	305	217	53	4.09434
74%	394	295	91	43	2.116279		527	305	224	53	4.226415
	401	295	98	43	2.27907		533	305	230	53	4.339623
	408	297	105	45	2.333333		540	305	237	53	4.471698
78%	415	298	112	46	2.434783		547	305	244	53	4.603774
	422	298	119	46	2.586957		554	305	251	53	4.735849
86%	429	300	126	48	2.625						

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

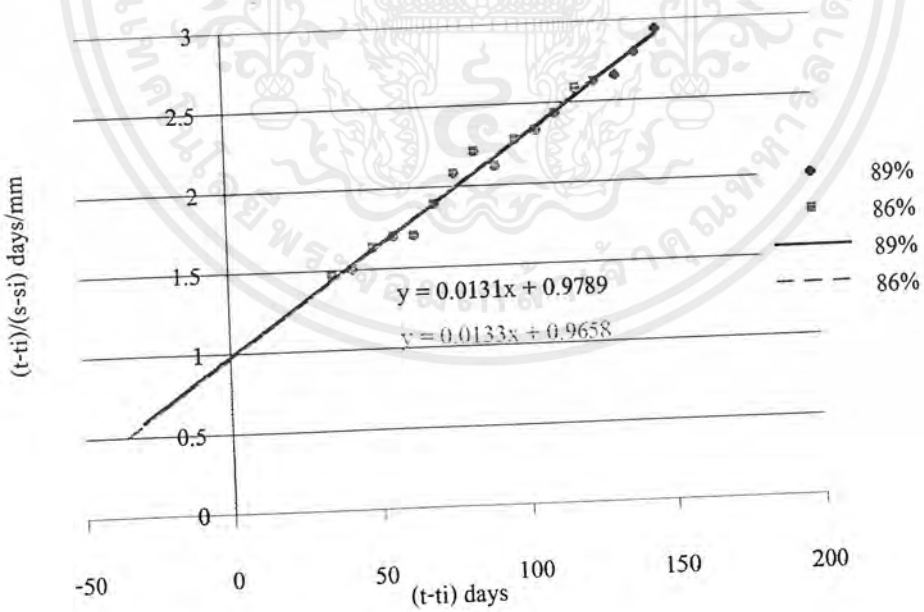


รูปที่ จ-92 กราฟแสดงลักษณะการทรุดตัวโดยวิธีHyperbolicของจุดที่ 9 จากข้อมูลทั้งหมด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

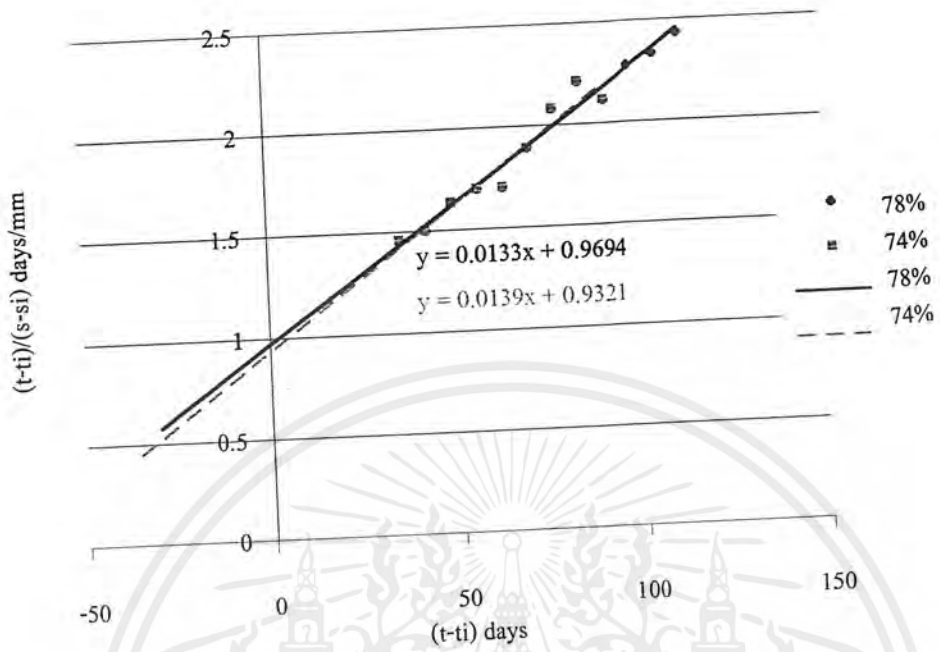


รูปที่ จ-93 กราฟการคำนวณหาค่าการทรุดตัวสุดท้ายโดยวิธีHyperbolicของจุดที่ 9 จากข้อมูลทั้งหมด

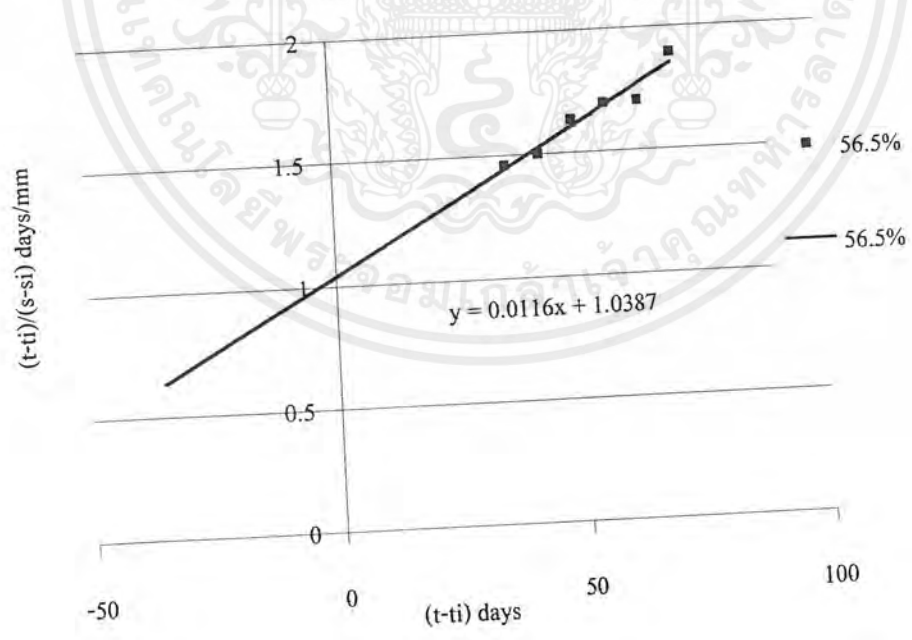


รูปที่ จ-94 กราฟการคำนวณหาค่าการทรุดตัวสุดท้ายโดยวิธีHyperbolicของจุดที่ 9 จากข้อมูล 86,89%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

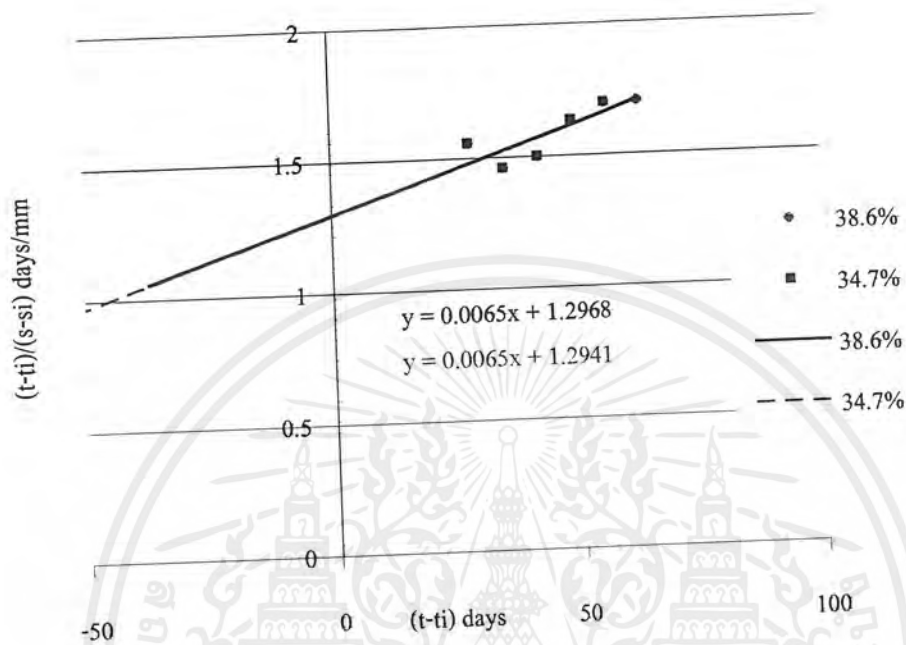


รูปที่ จ-95 กราฟการคำนวณหาค่าการทรุดตัวสุดท้ายโดยวิธีHyperbolicของจุดที่ 9 จากข้อมูล U74,78%



รูปที่ จ-96 กราฟการคำนวณหาค่าการทรุดตัวสุดท้ายโดยวิธีHyperbolicของจุดที่ 9 จากข้อมูล U56.5%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



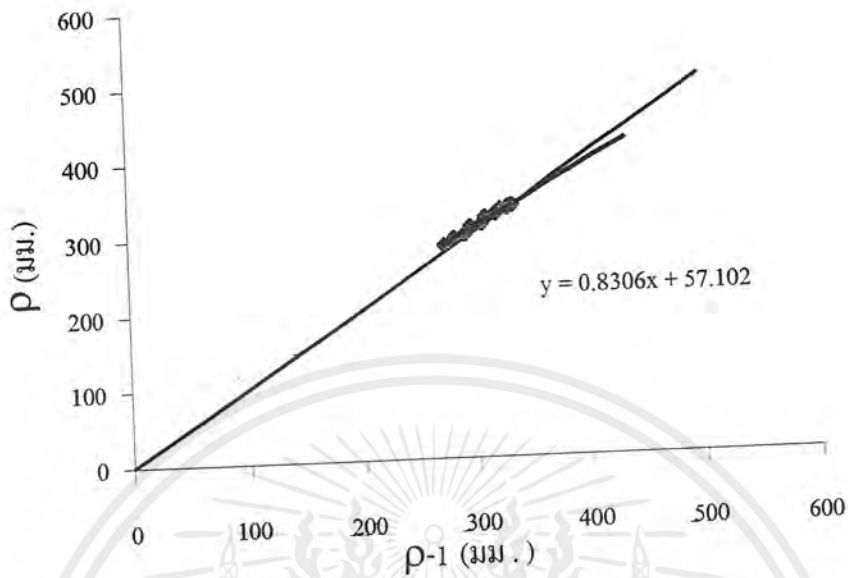
รูปที่ จ-97 กราฟการคำนวณหาค่าการทรุดตัวสุดท้ายโดยวิธีHyperbolicของจุดที่ 9 จากข้อมูล U34.7, 38.6%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

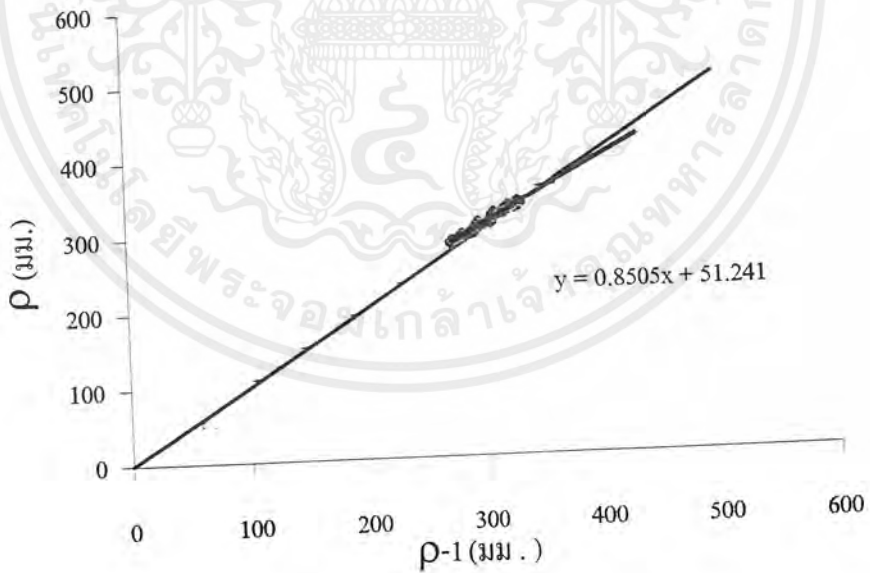
ตารางที่ จ-17 แสดงค่าที่ใช้ในการคำนวณ โดยใช้ทฤษฎี Asaoka จุดที่ 10

ค่า U (%)	วันสะสม	ρ (มม.)	$\rho-1$ (มม.)
	317	274	
	331	283	274
	345	292	283
	359	297	292
15%	373	307	297
	387	310	307
34%	401	319	310
48, 52.7%	415	323	319
	429	329	323
64.20%	436	330	329
	443	332	330
77%	457	332	332
83.40%	471	333	332
86.50%	499	333	333
	513	333	333
	527	334	333
	541	334	334
	555	334	334
	569	334	334
	583	334	334
	597	334	334
	611	334	334
	625	334	334
	639	334	334

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

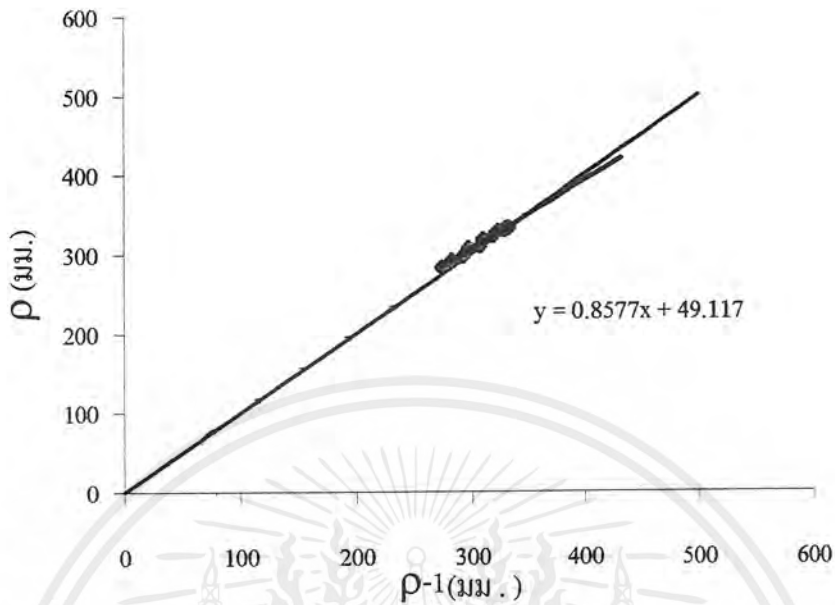


รูปที่ จ-98 กราฟการคำนวณหาค่าการทรุดตัวสุดท้ายโดยวิธี Asaoka ของจุดที่ 10 เมื่อใช้ข้อมูลทั้งหมด

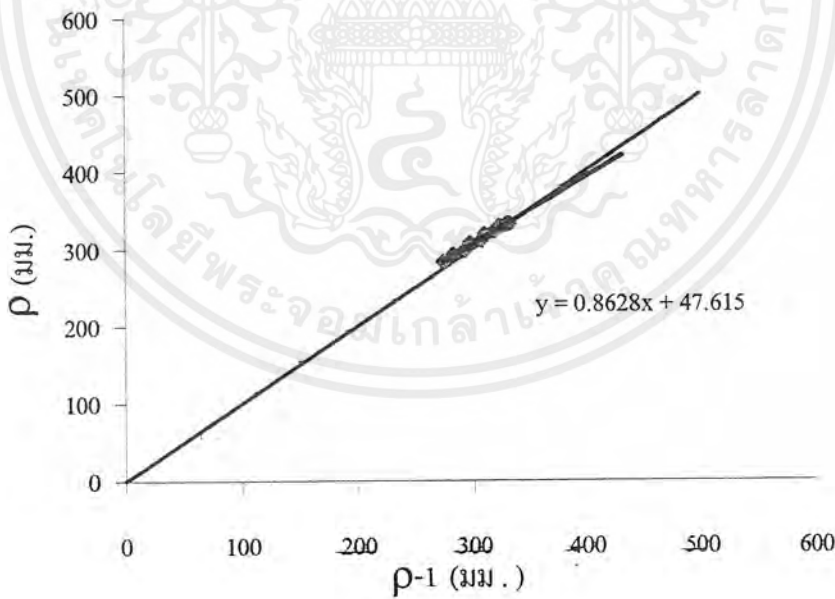


รูปที่ จ-99 กราฟการคำนวณหาค่าการทรุดตัวสุดท้ายโดยวิธี Asaoka ของจุดที่ 10 เมื่อใช้ข้อมูล U=86.5%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

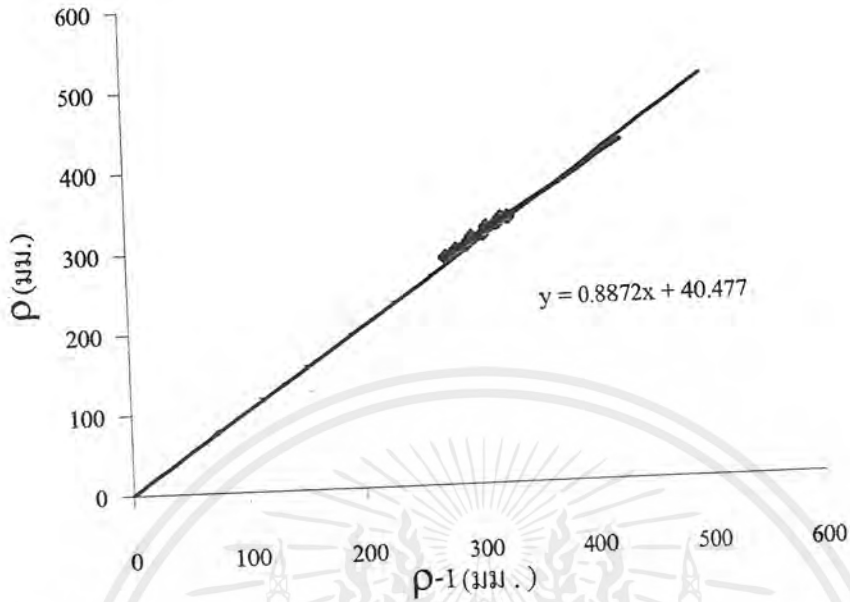


รูปที่ จ-100 กราฟการคำนวณหาค่าการทรุดตัวสุดท้ายโดยวิธี Asaoka ของจุดที่ 10 เมื่อใช้ข้อมูล U=83.4%

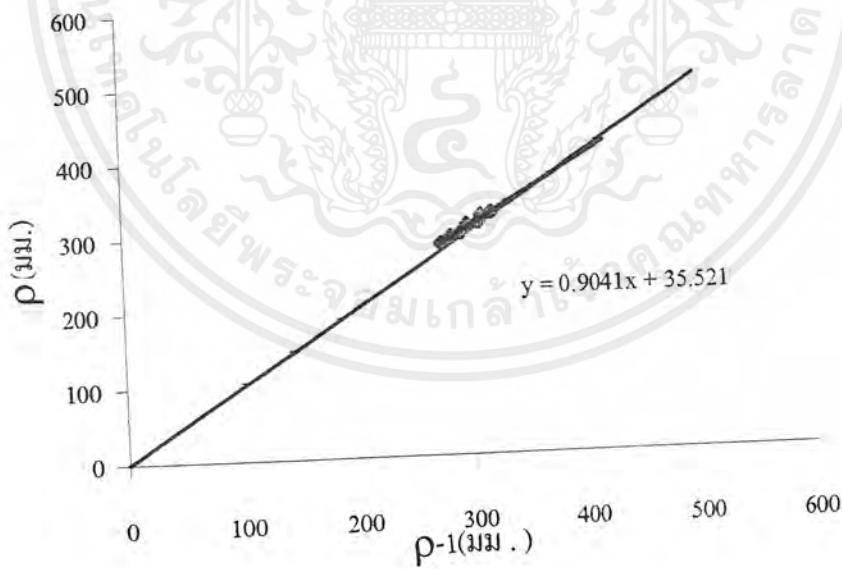


รูปที่ จ-101 กราฟการคำนวณหาค่าการทรุดตัวสุดท้ายโดยวิธี Asaoka ของจุดที่ 10 เมื่อใช้ข้อมูล U=77%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

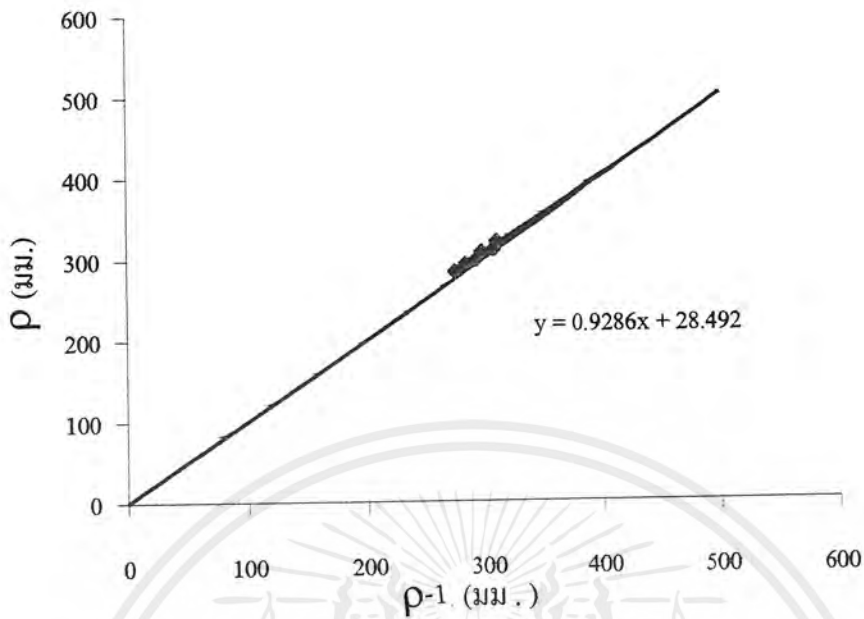


รูปที่ จ-102 กราฟการคำนวณหาค่าการทรุดตัวสุดท้ายโดยวิธี Asaoka ของจุดที่ 10 เมื่อใช้ข้อมูล $U=64.2\%$

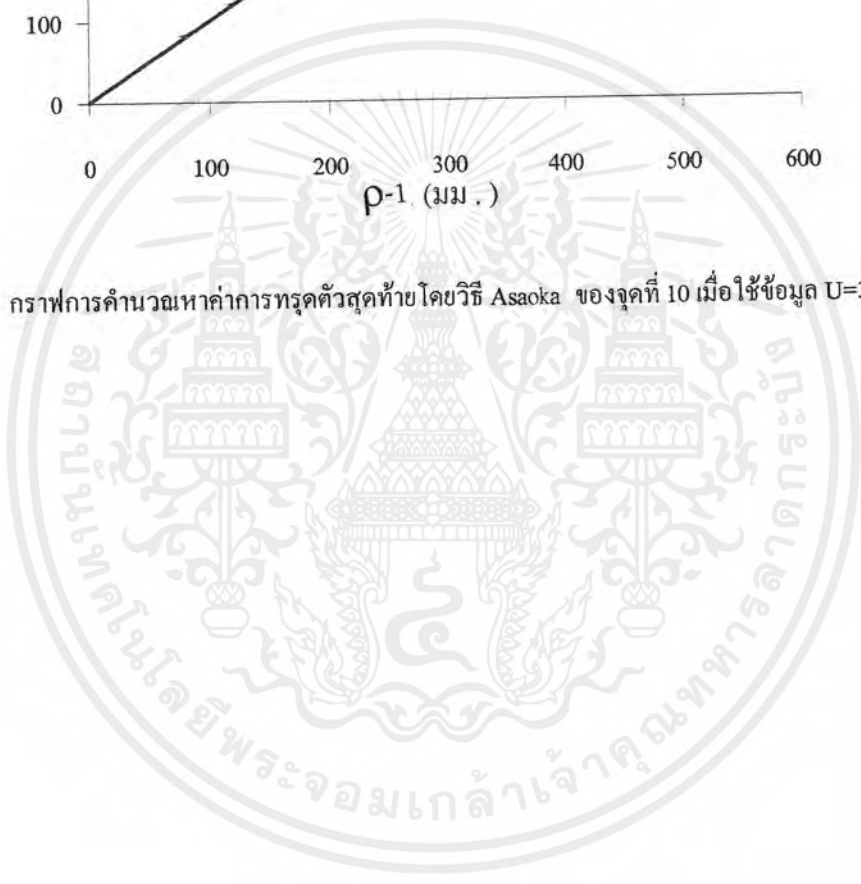


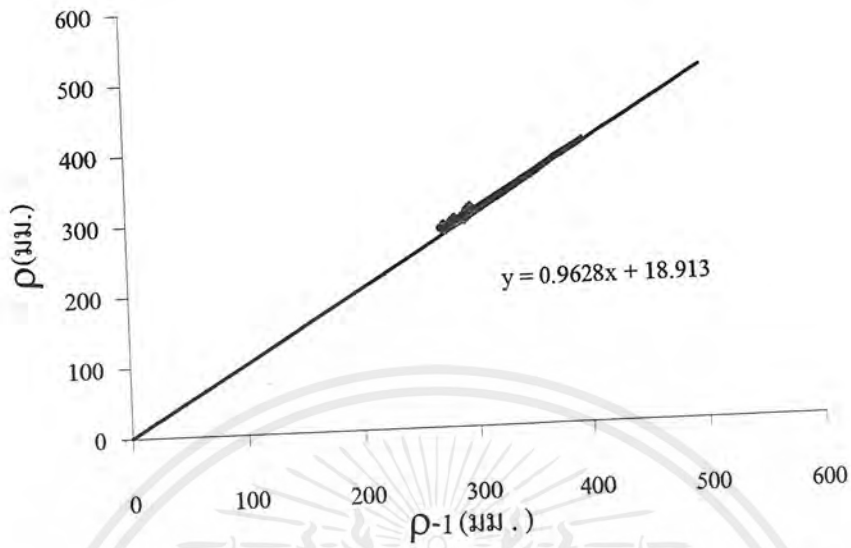
รูปที่ จ-103 กราฟการคำนวณหาค่าการทรุดตัวสุดท้ายโดยวิธี Asaoka ของจุดที่ 10 เมื่อใช้ข้อมูล $U=48, 52.7\%$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ จ-104 กราฟการคำนวณหาค่าการทรุดตัวสุดท้ายโดยวิธี Asoka ของจุดที่ 10 เมื่อใช้ข้อมูล U=34%





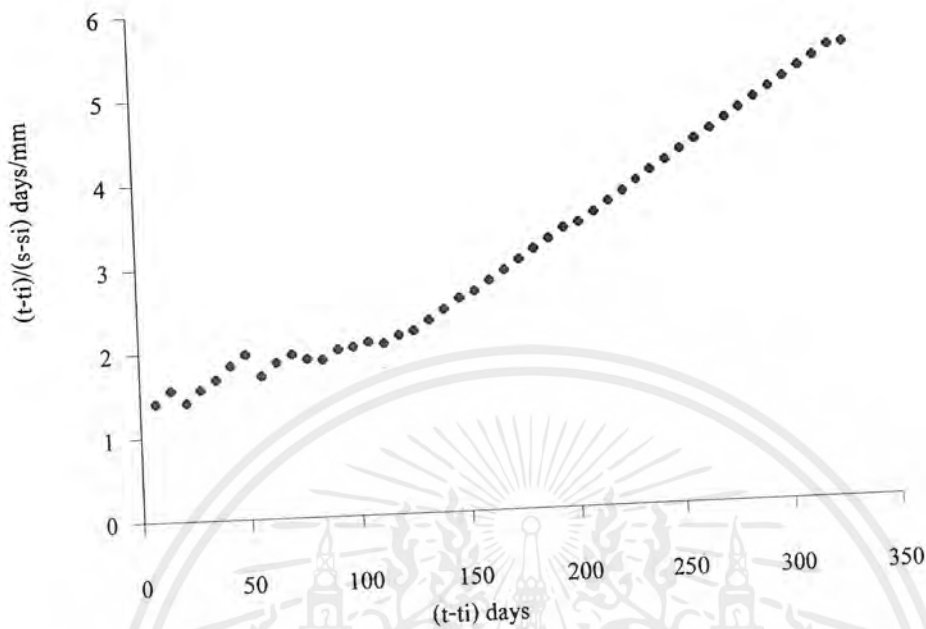
รูปที่ จ-105 กราฟการคำนวณหาค่าการทรุดตัวสุดท้าย โคยวิธี Asaoka ของจุดที่ 10 เมื่อใช้ข้อมูล $U=15\%$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหากและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

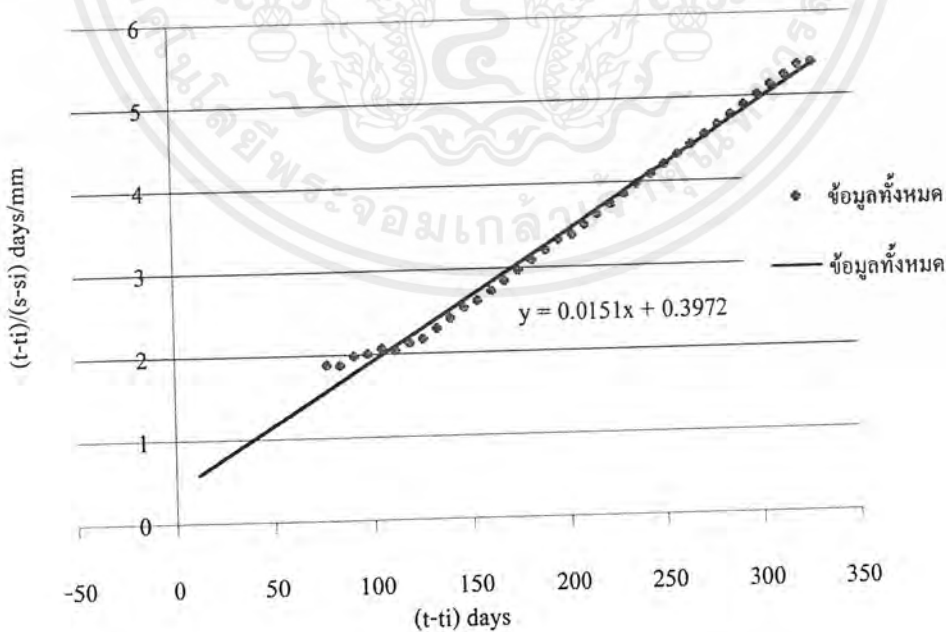
ตารางที่ จ-18 แสดงค่าที่ใช้ในการคำนวณโดยใช้ทฤษฎี Hyperbolic จุด 10

ค่า %U (%)	วันสะสม (วัน)	การทรุดตัว (มม)	(t-ti) (วัน)	(s-si) (มม)	(t-ti)/(s-si) (วัน/มม)	ค่า % U (%)	วันสะสม (วัน)	การทรุดตัว (มม)	(t-ti) (วัน)	(s-si) (มม)	(t-ti)/(s-si) (วัน/มม)
	317	274	0	0		86.5%	485	333	168	59	2.847458
	324	279	7	5	1.4		492	333	175	59	2.966102
	331	283	14	9	1.555556		499	333	182	59	3.084746
	338	289	21	15	1.4		506	333	189	59	3.20339
	345	292	28	18	1.555556		513	333	196	59	3.322034
	352	295	35	21	1.666667		520	334	203	60	3.383333
	359	297	42	23	1.826087		527	334	210	60	3.5
	366	299	49	25	1.96		534	334	217	60	3.616667
	373	307	56	33	1.69697		541	334	224	60	3.733333
	380	308	63	34	1.852941		548	334	231	60	3.85
	387	310	70	36	1.944444		555	334	238	60	3.966667
	394	315	77	41	1.878049		562	334	245	60	4.083333
	401	319	84	45	1.866667		569	334	252	60	4.2
48%	408	320	91	46	1.978261		576	334	259	60	4.316667
	415	323	98	49	2		583	334	266	60	4.433333
52.7%	422	325	105	51	2.058824		590	334	273	60	4.55
	429	329	112	55	2.036364		597	334	280	60	4.666667
64.2%	436	330	119	56	2.125		604	334	287	60	4.783333
	443	332	126	58	2.172414		611	334	294	60	4.9
	450	332	133	58	2.293103		618	334	301	60	5.016667
77%	457	332	140	58	2.413793		625	334	308	60	5.133333
	464	332	147	58	2.534483		632	334	315	60	5.25
	471	333	154	59	2.610169		639	334	322	60	5.366667
83.4%	478	333	161	59	2.728814		646	335	329	61	5.393443

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

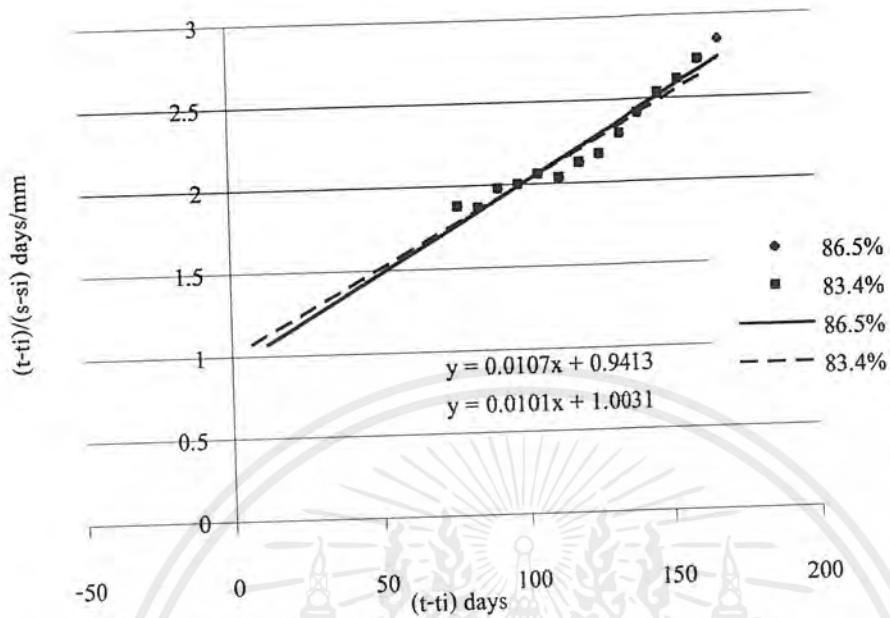


รูปที่ จ-106 กราฟแสดงลักษณะการทรุดตัวโดยวิธีHyperbolicของจุดที่ 10 จากข้อมูลทั้งหมด

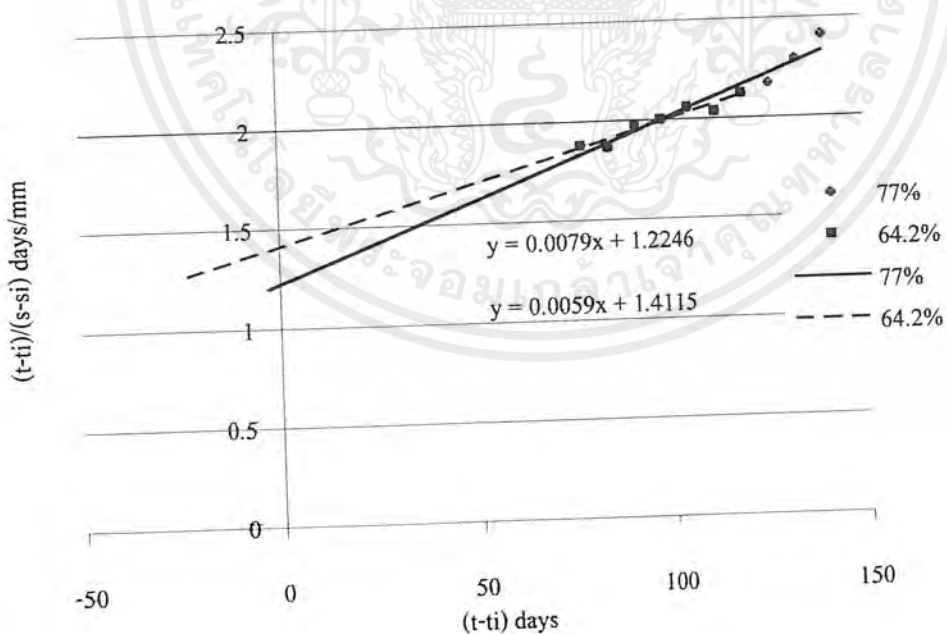


รูปที่ จ-107 กราฟการคำนวณหาค่าการทรุดตัวสุดท้ายโดยวิธีHyperbolicของจุดที่ 10 จากข้อมูลทั้งหมด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

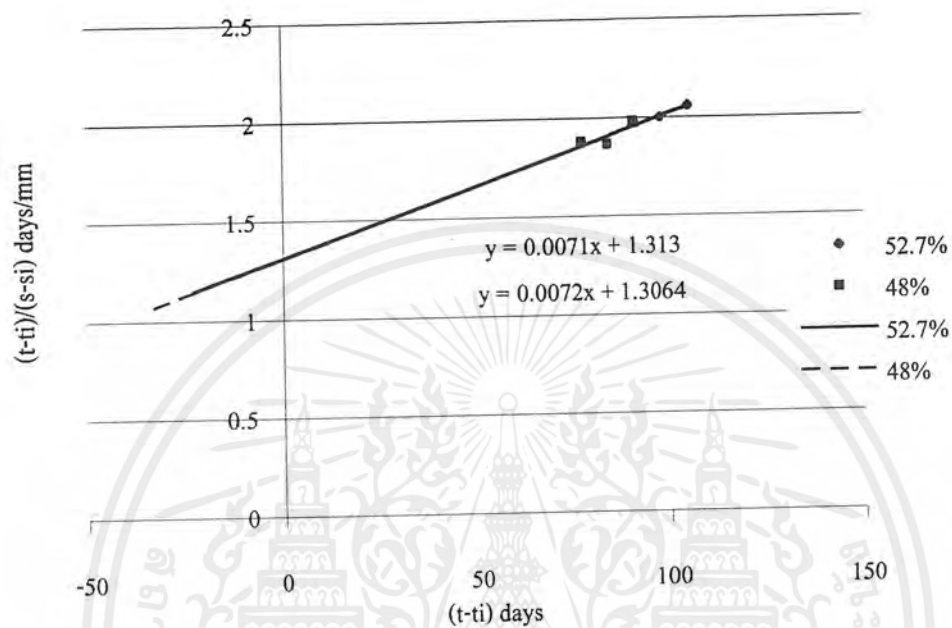


รูปที่ จ-108 กราฟการคำนวณหาค่าการทรุดตัวสุดท้ายโดยวิธีHyperbolicของจุดที่ 10 จากข้อมูล U 83.4, 86.5%



รูปที่ จ-109 กราฟการคำนวณหาค่าการทรุดตัวสุดท้ายโดยวิธีHyperbolicของจุดที่ 10 จากข้อมูล U 64.2, 77 %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



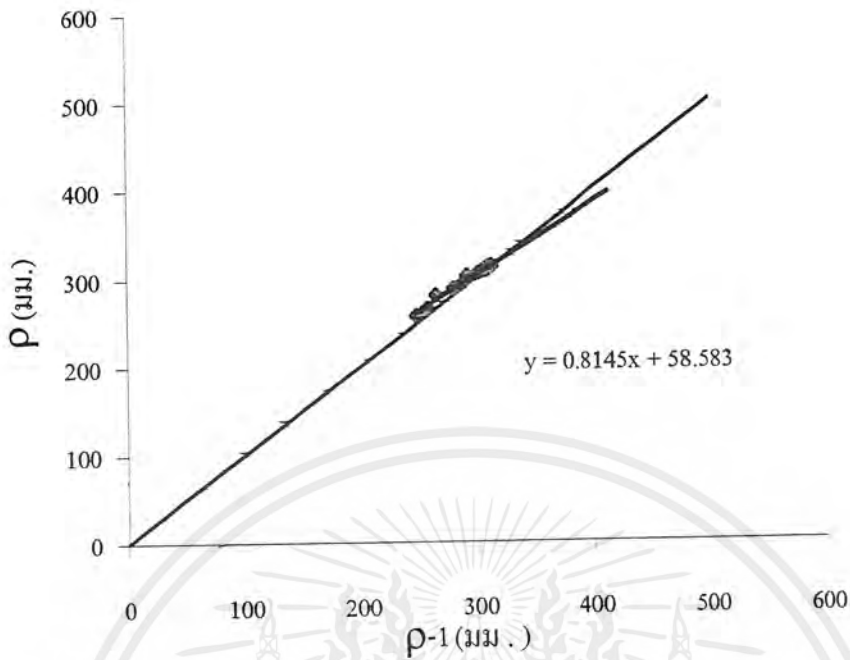
รูปที่ จ-110 กราฟการคำนวณหาค่าการทรุดตัวสุดท้ายโดยวิธีHyperbolicของจุดที่ 10 จากข้อมูลU48,52.7%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

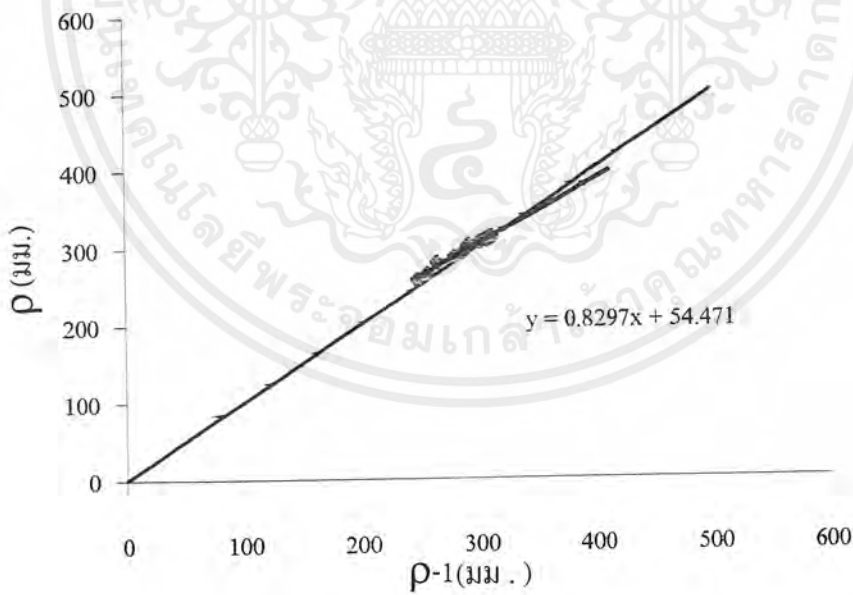
ตารางที่ จ-19 แสดงค่าที่ใช้ในการคำนวณโดยใช้ทฤษฎี Asaoka จุดที่ 11

ค่า U (%)	วันสะสม	ρ (มม.)	$\rho-1$ (มม.)
	317	248	
	331	257	248
	345	265	257
	359	280	265
9, 11%	373	287	280
	387	292	287
27, 30.2 %	401	302	292
55.30%	415	305	302
	429	308	305
75%	436	308	308
	443	310	308
84%	457	310	310
	471	312	310
	499	312	312
93%	513	313	312
	527	313	313
	541	313	313
	555	313	313
	569	313	313
	583	313	313
	597	313	313
	611	313	313
	625	313	313
	639	313	313

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

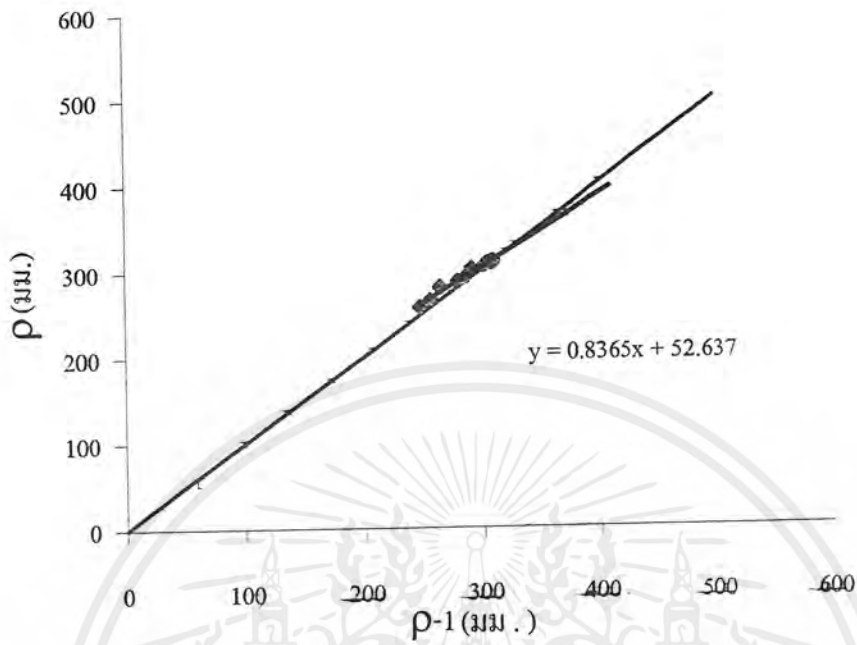


รูปที่ จ-111 กราฟการคำนวณหาค่าการทรุดตัวสุดท้ายโดยวิธี Asaoka ของจุดที่ 11 เมื่อใช้ข้อมูลทั้งหมด

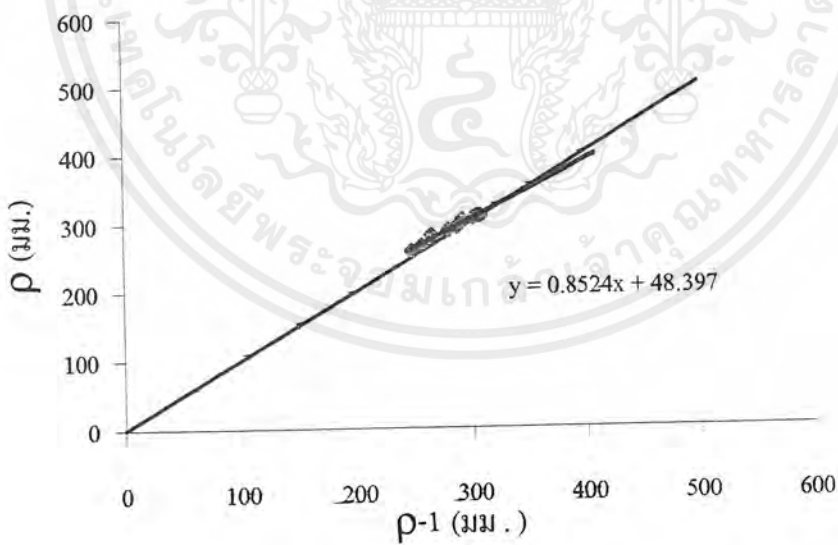


รูปที่ จ-112 กราฟการคำนวณหาค่าการทรุดตัวสุดท้ายโดยวิธี Asaoka ของจุดที่ 11 เมื่อใช้ข้อมูล U=93%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

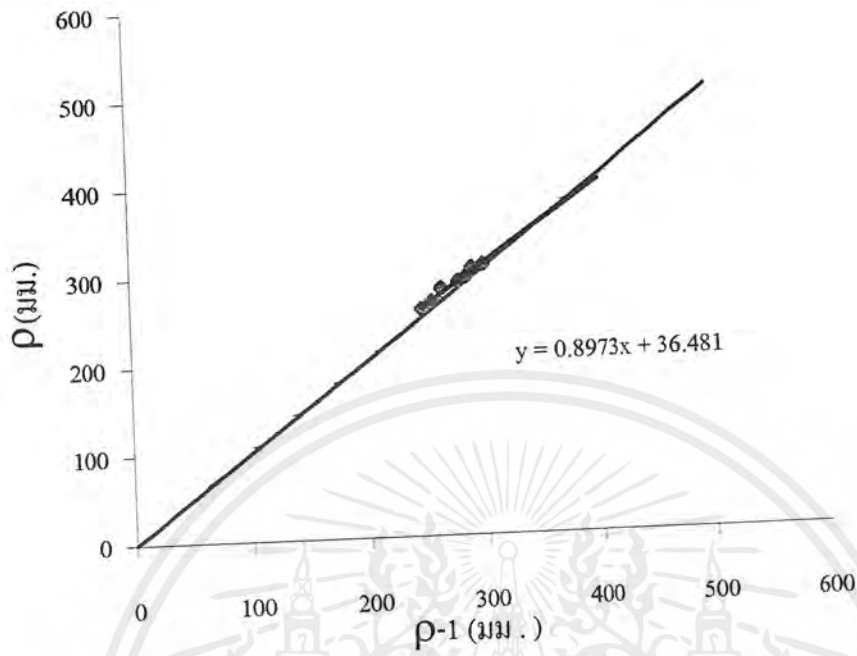


รูปที่ จ-113 กราฟการคำนวณหาค่าการทรุดตัวสุดท้ายโดยวิธี Asaoka ของจุดที่ 11 เมื่อใช้ข้อมูล $U=84\%$

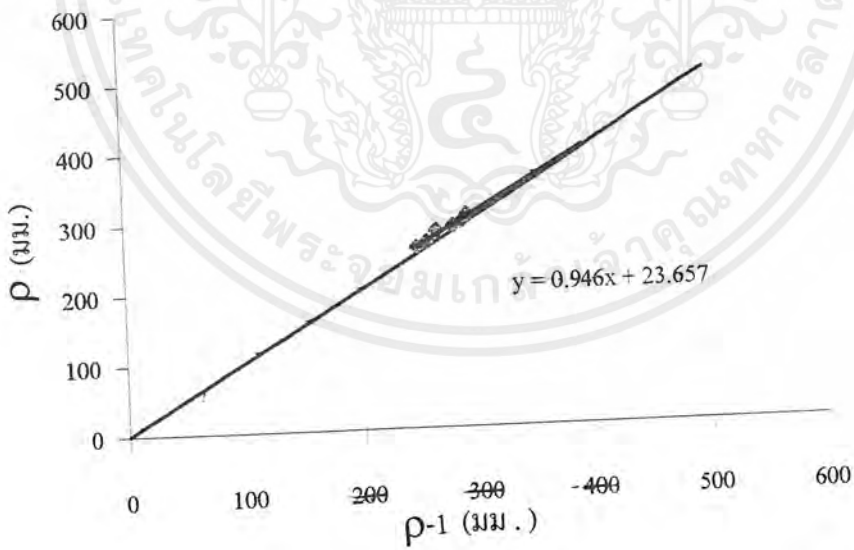


รูปที่ จ-114 กราฟการคำนวณหาค่าการทรุดตัวสุดท้ายโดยวิธี Asaoka ของจุดที่ 11 เมื่อใช้ข้อมูล $U=75\%$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

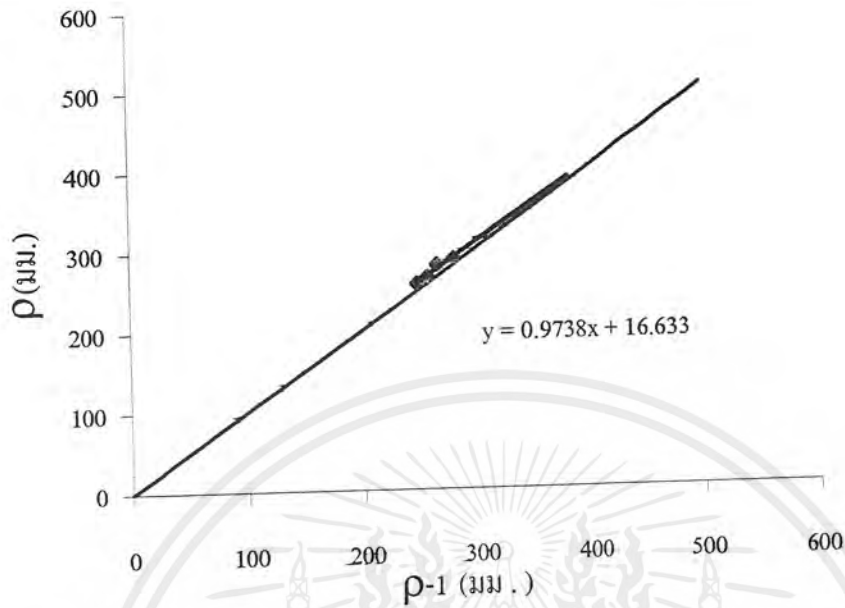


รูปที่ 3.2.76 กราฟการคำนวณหาค่าการทรุดตัวสุดท้ายโดยวิธี Asaoka ของจุดที่ 11 เมื่อใช้ข้อมูล $U=55.3\%$



รูปที่ 3.2.77 กราฟการคำนวณหาค่าการทรุดตัวสุดท้ายโดยวิธี Asaoka ของจุดที่ 11 เมื่อใช้ข้อมูล $U=27, 30.2\%$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาลงและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



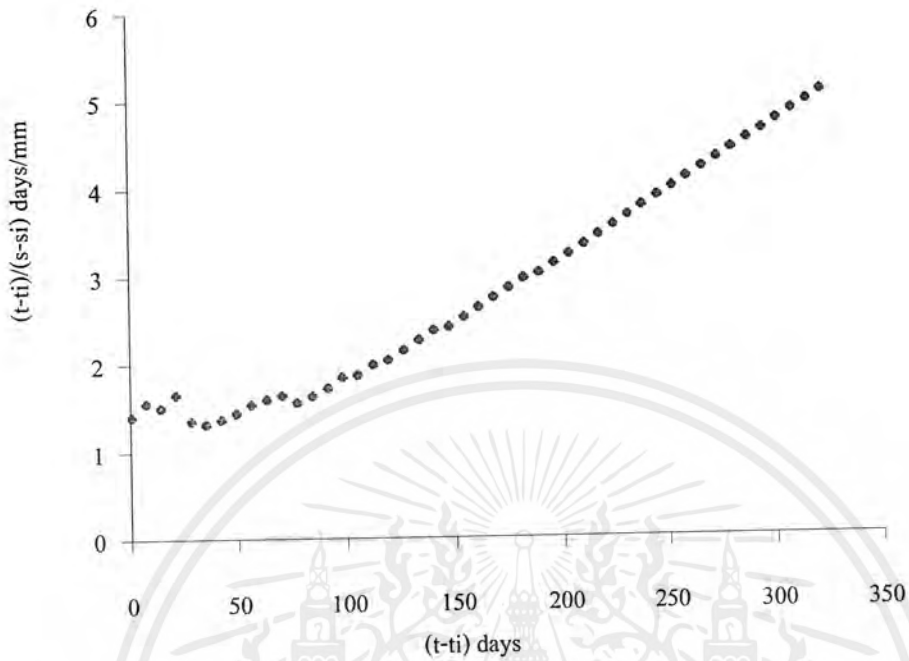
รูปที่ จ-115 กราฟการคำนวณหาค่าการทรุดตัวสุดท้ายโดยวิธี Asaoka ของจุดที่ 11 เมื่อใช้ข้อมูล $U=9, 11\%$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

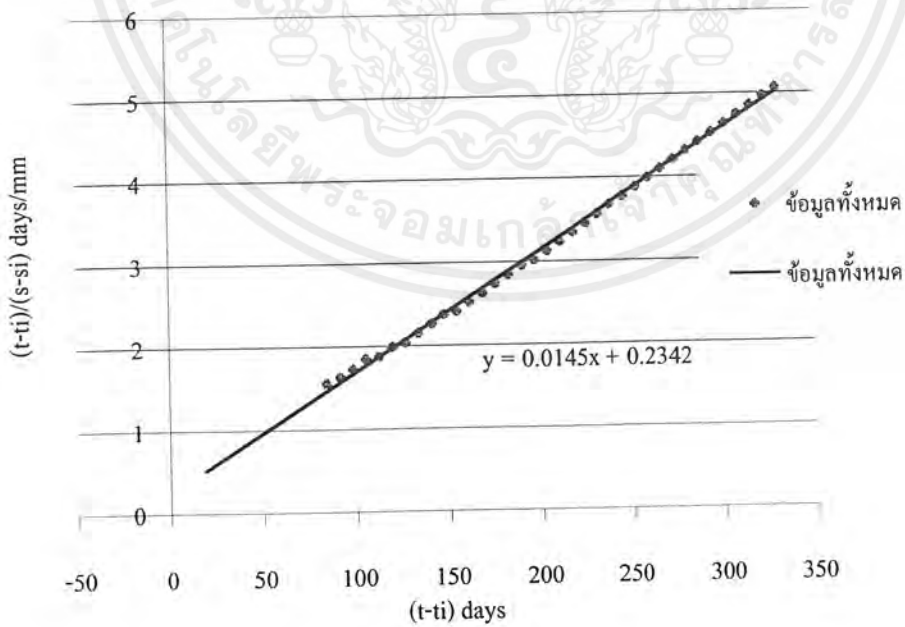
ตารางที่ จ-20 แสดงค่าที่ใช้ในการคำนวณโดยใช้ทฤษฎี Hyperbolic จุดที่ 11

ค่า %U (%)	วันสะสม (วัน)	การทรุดตัว (มม)	(t-ti) (วัน)	(s-si) (มม)	(t-ti)/(s-si) (วัน/มม)	ค่า % U (%)	วันสะสม (วัน)	การทรุดตัว (มม)	(t-ti) (วัน)	(s-si) (มม)	(t-ti)/(s-si) (วัน/มม)
	317	248	0	0			485	312	168	64	2.625
	324	253	7	5	1.4		492	312	175	64	2.734375
	331	257	14	9	1.555556		499	312	182	64	2.84375
	338	262	21	14	1.5		506	312	189	64	2.953125
	345	265	28	17	1.647059	93%	513	313	196	65	3.015385
	352	274	35	26	1.346154		520	313	203	65	3.123077
	359	280	42	32	1.3125		527	313	210	65	3.230769
	366	284	49	36	1.361111		534	313	217	65	3.338462
	373	287	56	39	1.435897		541	313	224	65	3.446154
	380	289	63	41	1.536585		548	313	231	65	3.553846
	387	292	70	44	1.590909		555	313	238	65	3.661538
	394	295	77	47	1.638298		562	313	245	65	3.769231
	401	302	84	54	1.555556		569	313	252	65	3.876923
55.3%	408	304	91	56	1.625		576	313	259	65	3.984615
	415	305	98	57	1.719298		583	313	266	65	4.092308
75%	422	305	105	57	1.842105		590	313	273	65	4.2
	429	308	112	60	1.866667		597	313	280	65	4.307692
80%	436	308	119	60	1.983333		604	313	287	65	4.415385
	443	310	126	62	2.032258		611	313	294	65	4.523077
	450	310	133	62	2.145161		618	313	301	65	4.630769
84%	457	310	140	62	2.258065		625	313	308	65	4.738462
	464	310	147	62	2.370968		632	313	315	65	4.846154
	471	312	154	64	2.40625		639	313	322	65	4.953846
	478	312	161	64	2.515625		646	313	329	65	5.061538

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

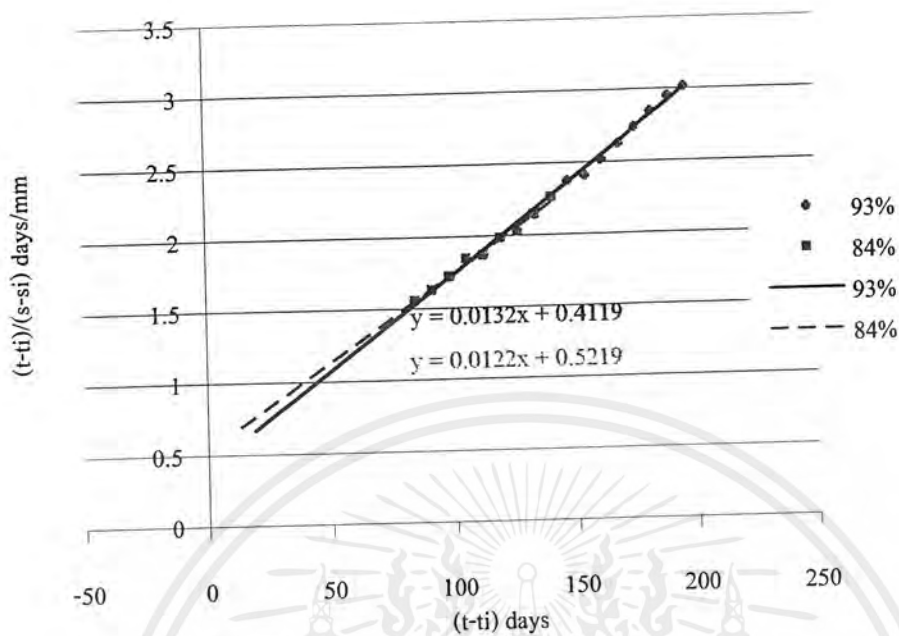


รูปที่ จ-116 กราฟแสดงลักษณะการทรุดตัวโดยวิธีHyperbolicของจุดที่ 11 จากข้อมูลทั้งหมด

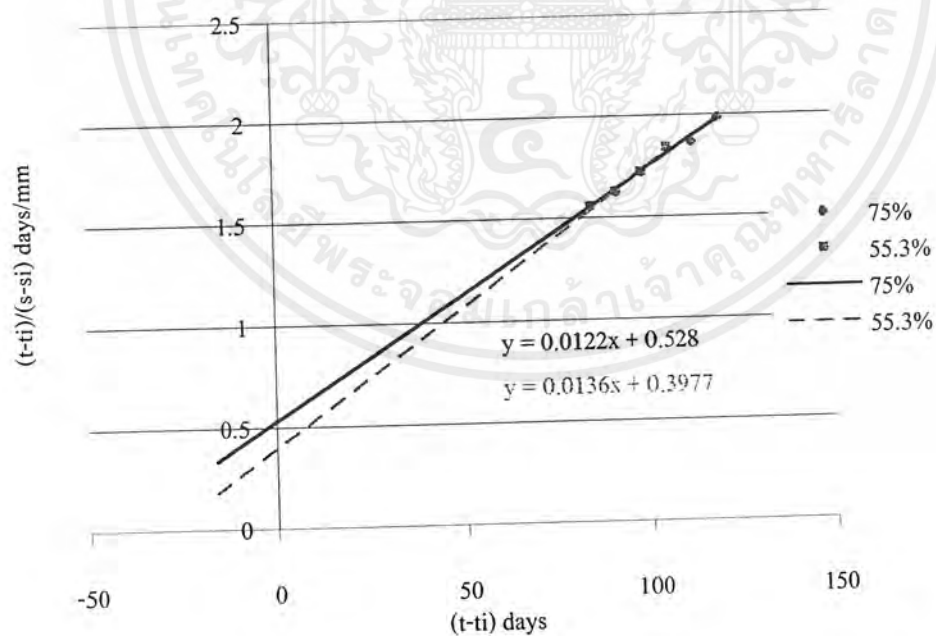


รูปที่ จ-117 กราฟการคำนวณหาค่าการทรุดตัวสุดท้ายโดยวิธีHyperbolicของจุดที่ 11 จากข้อมูลทั้งหมด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ จ-118 กราฟการคำนวณหาค่าการทรุดตัวสุดท้ายโดยวิธีHyperbolicของจุดที่ 11 จากข้อมูล U84,93%



รูปที่ จ-119 กราฟการคำนวณหาค่าการทรุดตัวสุดท้ายโดยวิธีHyperbolicของจุดที่ 11 จากข้อมูล U55.3,75%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

มณเฑียร กังคคินิยม (2531), กลศาสตร์ของดินด้านวิศวกรรม, สมาคมศิษย์เก่าวิศวกรรมชลประทานในพระบรมราชูปถัมภ์, หน้าที่ 166-187

สัมภาษณ์ สมคิด บัวเพ็ญ, นายช่าง กองน้ำบาดาล กรมทรัพยากรธรณี, 15 มกราคม 2542.

Asaoka, A. and Misumi, K.,(1988), Analysis and Prediction of Consolidation Settlement of Normally Consolidated Clay Foundation under Embankment Loading, Soil and Foundations, Vol.28, No.3, pp. 35-50

Bergado, D.T., et al. (1996), Soft Ground Improvement, American Society of Engineer., pp.88-185

Guan, K.L. (1986), Subsidence Effects and Prediction of Settlement in Soft Clay Layer at AIT Campus, M.Eng. Thesis No.GT-82-19 AIT, Bangkok, Thailand.

Keckler, D., (1994), Surfer for Windows, Golden Software, Inc, 1994

Khwanpruk, s. (1998), Performance of Full Scale Embankment with Hexagonal Wire Mesh Reinforcement and Gabion Facing, M.Eng. Thesis No. AIT, Bangkok, Thailand., pp.17-32.

Sungkhaburana, S.(1983), Site Investigation on Land Subsidence in The Samut Prakan Area due to Deep Well Pumping, M.Eng. Thesis No.GT-82-19 AIT, Bangkok, Thailand.

Tan, T.S., Inoue, T. and Lee S.L. (1991), Hyperbolic Method for Consolidation Analysis, Journal of Geotechnical Engineering: ASCE, Vol. 117, No. 11, pp. 1723-1737