



การศึกษาเปรียบเทียบระบบกำแพงกันดินระหว่าง  
DIAPHRAGM WALL กับ SECANT PILE WALL  
ของดินในเขตกรุงเทพฯ  
(STUDYING THE COMPARISON OF RETAINING WALL  
BETWEEN DIAPHRAGM WALL AND SECANT PILE  
WALL IN BANGKOK)



นายกิตติพงษ์

นางสาวสุมาลี

MR. KITTIPOONG

MISS SUMALEE

หนูห้วง

แต่ประเสริฐ

NOOHUANG

TAEPRASERT

โครงการพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต  
สาขาวิศวกรรมการก่อสร้าง  
คณะวิศวกรรมศาสตร์  
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2537

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้วยการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

034827

**STUDYING THE COMPARISON OF RETAINING WALL  
BETWEEN DIAPHRAGM WALL AND SECANT PILE  
WALL IN BANGKOK**



**A SPECIAL PROJECT SUMMITTED IN FULFILLMENT  
OF THE REQUIREMENTS FOR THE DEGREE  
BACHELOR OF CONSTRUCTION ENGINEER  
DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING  
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG  
1995**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์**  
**สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า เจ้าคุณทหารลาดกระบัง**  
**ใบรับรองโครงการพิเศษ**

---

**หัวข้อโครงการพิเศษ** การศึกษาเปรียบเทียบระบบกำแพงกันดินระหว่าง DIAPHRAGM WALL กับ SECANT PILE WALL ของดินในเขตกรุงเทพฯ  
( Studying The Comparision of retaining wall between Diaphragm wall and Secant pile wall in Bangkok )

**นักศึกษา** นายกิตติพงษ์ หนูห่วง รหัส 34101022

นางสาวสุมาลี แต่ประเสริฐ รหัส 34108449

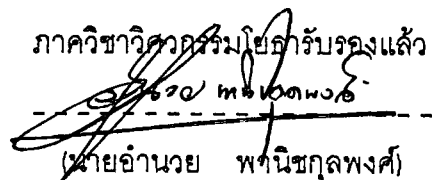
**หลักสูตร** วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชา วิศวกรรมการก่อสร้าง

**ภาควิชา** วิศวกรรมโยธา

**อาจารย์ที่ปรึกษา** อาจารย์ สุพจน์ ศรีนิล

คณะกรรมการสอบโครงการพิเศษ	ลายมือชื่อ
1. อาจารย์ สุพจน์ ศรีนิล	-----
2. อาจารย์ ศิลป์ชัย จานสุวรรณ	-----
3. -----	-----

ภาควิชาวิศวกรรมโยธา รับรองแล้ว

  
(นายอำนาจ พานิชกุลพงศ์)

หัวหน้าภาควิชาวิศวกรรมโยธา

วันที่ \_\_\_\_ เดือน \_\_\_\_ พ.ศ. \_\_\_\_

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# การศึกษาเปรียบเทียบระบบกำแพงกันดินระหว่าง Diaphragm Wall กับ Secant Pile Wall ของดินในเขตกรุงเทพฯ

โดย นายกิตติพงษ์ นนุห่อง  
นางสาวสุมาลี แต่ประเสริฐ

อาจารย์ที่ปรึกษา อาจารย์สุพจน์ ศรีนิล

## บทคัดย่อ

ในปัจจุบันการก่อสร้างอาคารบนที่ดินในเขตกรุงเทพฯ มีปัจจัยหลายอย่าง อาทิเช่น ราคาที่ดินที่สูงมาก กับกฎหมายควบคุมความสูงของตัวอาคาร ทำให้การก่อสร้างอาคารบนที่ดินซึ่งมีขนาดเท่าเดิมและขยายตัวทางด้านความสูงไม่ได้ ต้องหันมาสร้างชั้นใต้ดินแทน ซึ่งนอกจากจะเป็นการเพิ่มพื้นที่ใช้สอยในตัวอาคารให้มากขึ้นแล้ว ยังทำให้อาคารดังกล่าวมีความมั่นคงทางโครงสร้างเพิ่มขึ้นด้วย

ในการก่อสร้างชั้นใต้ดินนั้น จะต้องมีระบบกำแพงกันดิน ซึ่งนอกจากทำหน้าที่รับแรงดันดินทางด้านข้างแล้ว ยังเป็นกำแพงแบบถาวรของชั้นใต้ดินด้วย ระบบดังกล่าวที่แพร่หลายและเป็นที่ยอมรับในการก่อสร้างชั้นใต้ดินของอาคารในประเทศไทยคือ Diaphragm Wall และ Secant Pile Wall ระบบทั้งสองสามารถนำมาใช้งานได้เหมือนกัน แต่มีปัจจัยอีกหลายอย่างที่ทำให้ทั้งสองระบบแตกต่างกันไป เช่น ค่าใช้จ่าย,ระยะเวลาในการก่อสร้าง ดังนั้นถ้าได้มีการศึกษาเปรียบเทียบทั้ง 2 ระบบตามปัจจัยที่กล่าวมาแล้วอย่างจริงจัง ก็จะสามารถเลือกใช้ระบบที่เหมาะสมที่สุดในแต่ละโครงการได้

# STUDYING THE COMPARISON OF RETAINING WALL BETWEEN DIAPHRAGM WALL AND SECANT PILE WALL IN BANGKOK

BY MR. KITTIPONG NOOHUANG  
MISS SUMALEE TAEPRASERT

ADVISOR MR. SUPOT SRINIL

## ABSTRACT

Nowaday there are many factors which affect the construction in Bangkok such as expensive land, the law which control the height of the building, so that building construction on the limited land while can't appending the height of the building must construct underground instead. This construction isn't only adding the area in the building but making the building more stable too.

Underground construction must have retaining wall which not only support lateral force but will be the permanent wall of underground too. Those system which always be used in underground construction in Thailand are Diaphragm walls and Secant piles wall. We can use these two systems in construction, but there are many factors which make these two system different such as ; cost, time in construction, so that if we do study these two systems in cost, time and other factors, We can select the appropriate system for our project.

## กิตติกรรมประกาศ

การศึกษาและค้นคว้าโครงการพิเศษในครั้งนี้สามารถสำเร็จลุล่วงไปด้วยดีโดยได้รับความอนุเคราะห์และช่วยเหลือจากบุคคล หน่วยงานต่างๆ ผู้จัดทำใคร่ขอขอบพระคุณ ดังรายนามต่อไปนี้

- |                  |              |   |
|------------------|--------------|---|
| 1. อาจารย์อำนาจ  | พานิชกุลพงศ์ | หัวหน้าภาควิชาวิศวกรรมโยธา                                    |
| 2. อาจารย์สุพจน์ | ศรีนิล       | อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการ                                       |
| 3. ดร.วิฑูร      | เกียกเจิม    | ผู้จัดการโครงการ บริษัท<br>Precha Nanakit                     |
| 4. คุณสุเมธ      | มโนหาญ       | ผู้จัดการโครงการ บริษัท THAI<br>BAUER (THAILAND)              |
| 5. คุณพีรเดช     | การดำริห์    | ผู้จัดการโครงการ บริษัท<br>SOLETANCHE (THAILAND)              |
| 6. คุณวีระชัย    | อ่วมเจริญ    | วิศวกรโครงการ บริษัท ESCON                                    |
| 7. คุณวีระยุทธ   | จงไกรรัตนกุล | วิศวกรโครงการ บริษัท THAI<br>HONGKONG                         |
| 8. คุณประพันธ์   | เลาวยานนท์   | วิศวกรโครงการ บริษัท CEDA                                     |
| 9. คุณภูษงค์     | นิลประไพ     | วิศวกรโครงการ บริษัท THAI<br>INTERNATIONAL MODERN<br>BUILDING |
| 10. คุณบุญชัย    | ธีรบรรรัตน์  | สถาปนิกโครงการ บริษัท CITY<br>REALTY                          |
| 11. คุณจักรกริช  | นาควิโรจน์   | วิศวกร บริษัท SOLETANCHE<br>(THAILAND)                        |

ตลอดทั้งอาจารย์ และเพื่อน ๆ ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง และที่ขาดเสียมิได้คือ บิดา มารดา และญาติพี่น้องที่กรุณาให้ความอนุเคราะห์ทางด้านทุนทรัพย์และกำลังใจด้วยดีตลอดมา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV
สารบัญตาราง	VI
สารบัญรูป	VII
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการพิเศษ	2
1.3 แนวความคิดที่ใช้ในโครงการพิเศษ	2
1.4 ขอบเขตของโครงการพิเศษ	2
1.5 วิธีการที่ใช้ในการดำเนินโครงการพิเศษ	3
1.6 ผลที่คาดว่าจะได้รับ	3
บทที่ 2 ทฤษฎีเกี่ยวกับการออกแบบกำแพงกันดินและการเคลื่อนตัวด้านข้างของดิน	
2.1 ชนิดของระบบกำแพงกันดินในงานชุดระดับลึก	
2.1.1 ระบบกำแพงแบบยึดหยุน	4
2.1.2 ระบบกำแพงแบบแข็ง	4
2.2 ทฤษฎีที่ใช้ในการออกแบบ	
2.2.1 ความรู้ทั่วไปทางกลศาสตร์ของดิน	6
2.2.2 Effective Stress	7
2.2.3 Shear Strength of Soils	8
2.2.4 Undrained	10
2.2.5 Pore Water Pressure Due to Undrained Loading	13
2.2.6 Lateral Earth Pressure	15
2.2.7 Stability of Retaining Wall	24

	หน้า
บทที่ 3 เทคนิคการก่อสร้าง Diaphragm Wall & Secant Pile Wall	
3.1 ขั้นตอนการก่อสร้าง Diaphragm Wall	30
3.2 ขั้นตอนการก่อสร้าง Secant Pile Wall	45
บทที่ 4 รายละเอียดโครงการ	
4.1 Specification ของโครงการ	62
4.1.1 ระบบ Diaphragm Wall	62
4.1.2 ระบบ Secant Pile Wall	74
4.2 Bill of Quantities ของโครงการ	94
4.2.1 ระบบ Diaphragm Wall	94
4.2.2 ระบบ Secant Pile Wall	94
4.3 Bar Chart ของโครงการ	105
4.3.1 ระบบ Diaphragm Wall	105
4.3.2 ระบบ Secant Pile Wall	105
4.4 Boring Log ของโครงการ	114
4.4.1 ระบบ Diaphragm Wall	114
4.4.2 ระบบ Secant Pile Wall	114
บทที่ 5 การวิเคราะห์และบทสรุป	
5.1 การวิเคราะห์และบทสรุปด้านราคา	134
5.2 การวิเคราะห์และบทสรุปด้านเวลาการดำเนินงาน	154
5.3 การวิเคราะห์และบทสรุปด้าน Boring Log	167
5.4 การวิเคราะห์และบทสรุปด้านการเคลื่อนตัวด้านข้าง	174
บรรณานุกรม	187

## สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 4.1 แสดงใบ Summary of Works ของโครงการ One Place Building	95
ตารางที่ 4.2 แสดงใบราคาส่วน Material ของโครงการ One Place Building	96
ตารางที่ 4.3 แสดงใบราคาส่วน Technical Part ของโครงการ One Place Building	97
ตารางที่ 4.4 แสดงใบราคาส่วน Manpower ของโครงการ One Place Building	98
ตารางที่ 4.5 แสดงใบราคาส่วน Transportation ของโครงการ One Place Building	99
ตารางที่ 4.6 แสดงใบราคาส่วน Equipment ของโครงการ One Place Building	100
ตารางที่ 4.7 แสดงใบ BOQ ของโครงการ ATM Vipavadee Tower	101
ตารางที่ 4.8 แสดงค่า Cost Break Down ของโครงการ Empire Tower	102
ตารางที่ 4.9 แสดงใบ BOQ ของโครงการ Central Galleria	103
ตารางที่ 4.10 แสดงค่า Cost Break Down ของโครงการ Sukhumvit City Tower	104
ตารางที่ 5.1 ตารางเปรียบเทียบค่า Maximum Difflection ที่วัดได้ ในระยะเวลา 8 เดือน	105

## สารบัญรูป

	หน้า
รูปที่ 2.1 แสดงข้อดี - ข้อเสียของกำแพงกันดินชนิดต่างๆ	5
รูปที่ 2.2 รูปแสดง Failure envelope for soil, general Mohr - Coulomb failure criterion	9
รูปที่ 2.3 รูป Strength envelope for clay	11
รูปที่ 2.4 รูปเปรียบเทียบระหว่าง Strength ของ Drained และ Undrained	12
รูปที่ 2.5 รูป Element ของดินภายใต้ Isotropic Stress Application	14
รูปที่ 2.6 รูปแสดงค่า $C_c$	14
รูปที่ 2.7 กราฟระหว่าง $K_0$ กับ OCR ของดินที่เปลี่ยนแปลงตามค่า Plasticity	17
รูปที่ 2.8 รูปการกระจาย Earth Pressure ของสภาวะ Active และ Arching Active	18
รูปที่ 2.9 รูปการกระจาย Earth Pressure สำหรับดิน Cohesive	20
รูปที่ 2.10 รูปลักษณะการเคลื่อนตัวของ Internally Braced Cofferdam	21
รูปที่ 2.11 รูปการออกแบบ Earth Pressure Diagram สำหรับ Internal Braced Flexible Wall	23
รูปที่ 2.12 รูปแสดงความเสี่ยงต่อการเกิด Overtum	26
รูปที่ 2.13 รูปแสดงความเสี่ยงต่อการเกิด Sliding	26
รูปที่ 2.14 รูปแสดงผิวลาดแบบวงกลม	27
รูปที่ 2.15 รูปแสดงการวิเคราะห์ความเสี่ยงภาพโดยวิธีการตัดชิ้นส่วน	27
รูปที่ 2.16 รูปแสดงผิวลาดแบบที่เป็นวงกลมไม่สม่ำเสมอ	29
รูปที่ 3.1 รูปแสดงขั้นตอนในการก่อสร้าง Diaphragm Wall	34
รูปที่ 3.2 รูปแสดงขั้นตอนในการก่อสร้าง Secant Pile Wall	50
รูปที่ 4.1 แสดงหน้าตัดของแต่ละ Panel ในการก่อสร้าง Diaphragm Wall	66
รูปที่ 4.2 แสดงรายละเอียดของ Stop End กับ Water Stop ใน Primary Panel ก่อนเทคอนกรีต	67
รูปที่ 4.3 แสดงรายละเอียดของรอยต่อระหว่าง Panel	68
รูปที่ 4.4 แสดงรายละเอียดในการก่อสร้าง Guide Wall	69
รูปที่ 4.5 แสดง Lay out ของโครงการ Silom Precious Tower	70
รูปที่ 4.6 แสดง Lay out ของโครงการ One Place Building	71
รูปที่ 4.7 แสดง Lay out ของโครงการ ATM Vipavadee Tower	72

## สารบัญรูป (ต่อ)

	หน้า
รูปที่ 4.8 แสดง Lay out ของโครงการ Pratunam Complex	73
รูปที่ 4.9 แสดง Lay out ของโครงการ Empire Tower	78
รูปที่ 4.10 แสดงรูป Secant Pile Wall ชนิด A ของโครงการ Empire Tower	79
รูปที่ 4.11 แสดงรูป Secant Pile Wall ชนิด B ของโครงการ Empire Tower	80
รูปที่ 4.12 แสดงรูป Secant Pile Wall ชนิด C ของโครงการ Empire Tower	81
รูปที่ 4.13 แสดงรูป Secant Pile Wall ชนิด D ของโครงการ Empire Tower	82
รูปที่ 4.14 แสดง Lay out ของโครงการ Central Galleria	83
รูปที่ 4.15 แสดงรายละเอียด Guide Wall ของโครงการ Central Galleria	84
รูปที่ 4.16 แสดงรูปตัดด้านข้าง Secant Pile Wall ของโครงการ Central Galleria	85
รูปที่ 4.17 แสดงรูปแบบเหล็กเสริมที่ติดตั้งใน Secant Pile Wall ชนิด SP - 1 ของโครงการ Central Galleria	86
รูปที่ 4.18 แสดงรูปแบบเหล็กเสริมที่ติดตั้งใน Secant Pile Wall ชนิด Lsp - 1 ของโครงการ Central Galleria	87
รูปที่ 4.19 แสดง Lay out ของโครงการ Sukhumvit City Tower	88
รูปที่ 4.20 แสดง Lay out ของโครงการ Suriwong Complex	89
รูปที่ 4.21 แสดงรายละเอียด Guide Wall ของโครงการ Suriwong Complex	90
รูปที่ 4.22 แสดงรูปตัดด้านข้าง Secant Pile Wall ของโครงการ Suriwong Complex	91
รูปที่ 4.23 แสดงรูปแบบเหล็กเสริมที่ติดตั้งใน Secant Pile ของโครงการ Suriwong Complex	92
รูปที่ 4.24 แสดงรูปแบบเหล็กเสริมที่ติดตั้งใน Long Strip Pile ของโครงการ Suriwong Complex	93
รูปที่ 4.25 แสดงแผนการดำเนินงานของโครงการ Silom Precious Tower	106
รูปที่ 4.26 แสดงแผนการดำเนินงานของโครงการ One Place Building	107
รูปที่ 4.27 แสดงแผนการดำเนินงานของโครงการ ATM Vipavadee Tower	108
รูปที่ 4.28 แสดงแผนการดำเนินงานของโครงการ Pratunam Complex	109
รูปที่ 4.29 แสดงแผนการดำเนินงานของโครงการ Empire Tower	110
รูปที่ 4.30 แสดงแผนการดำเนินงานของโครงการ Central Galleria	111

เอกสารนี้เป็นเอกสารของบริษัทฯ หากมีการนำข้อมูลไปใช้โดยไม่ได้รับอนุญาตให้ถือว่าผิดกฎหมาย และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญรูป (ต่อ)

	หน้า
รูปที่ 4.31 แสดงแผนการดำเนินงานของโครงการ Sukhumvit City Tower	112
รูปที่ 4.32 แสดงแผนการดำเนินงานของโครงการ Suriwong Complex	113
รูปที่ 4.33 แสดงข้อมูลดินของโครงการ Silom Precious Tower	115
รูปที่ 4.34 แสดงข้อมูลดินของโครงการ One Place Building	116
รูปที่ 4.34 (ต่อ) แสดงข้อมูลดินของโครงการ One Place Building	117
รูปที่ 4.35 แสดงข้อมูลดินของโครงการ ATM Vipavadee Tower	118
รูปที่ 4.36 แสดงข้อมูลดินของโครงการ Pratunam Complex	119
รูปที่ 4.36 (ต่อ) แสดงข้อมูลดินของโครงการ Pratunam Complex	120
รูปที่ 4.36 (ต่อ) แสดงข้อมูลดินของโครงการ Pratunam Complex	121
รูปที่ 4.36 (ต่อ) แสดงข้อมูลดินของโครงการ Pratunam Complex	122
รูปที่ 4.37 แสดงข้อมูลดินของโครงการ Empire Tower	123
รูปที่ 4.38 แสดงข้อมูลดินของโครงการ Central Galleria	124
รูปที่ 4.38 (ต่อ) แสดงข้อมูลดินของโครงการ Central Galleria	125
รูปที่ 4.38 (ต่อ) แสดงข้อมูลดินของโครงการ Central Galleria	126
รูปที่ 4.39 แสดงข้อมูลของดินโครงการ Sukumvit City Tower	127
รูปที่ 4.39 (ต่อ) แสดงข้อมูลของดินโครงการ Sukumvit City Tower	128
รูปที่ 4.39 (ต่อ) แสดงข้อมูลของดินโครงการ Sukumvit City Tower	129
รูปที่ 4.40 แสดงข้อมูลดินของโครงการ Suriwong Complex	130
รูปที่ 4.40 (ต่อ) แสดงข้อมูลดินของโครงการ Suriwong Complex	131
รูปที่ 4.40 (ต่อ) แสดงข้อมูลดินของโครงการ Suriwong Complex	132
รูปที่ 4.40 (ต่อ) แสดงข้อมูลดินของโครงการ Suriwong Complex	133
รูปที่ 5.1 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าใช้จ่ายกับระดับชั้นของ Basement	143
รูปที่ 5.2 แผนภาพแสดงการแยกประเภทค่าใช้จ่ายในงาน Secant Pile Wall ของโครงการ Central Galleria	148
รูปที่ 5.3 แผนภาพแสดงการแยกประเภทค่าใช้จ่ายในงาน Secant Pile Wall ของโครงการ Empire Tower	149

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญรูป (ต่อ)

	หน้า
รูปที่ 5.4 แผนภาพแสดงการแยกประเภทค่าใช้จ่ายในงาน Secant Pile Wall ของโครงการ Sukhumvit City Tower	150
รูปที่ 5.5 แผนภาพแสดงการแยกประเภทค่าใช้จ่ายในงาน Secant Pile Wall ของโครงการ Suriwong Complex	151
รูปที่ 5.6 แผนภาพแสดงการแยกประเภทค่าใช้จ่ายในงาน Diaphragm Wall ของโครงการ One Place Building	152
รูปที่ 5.7 แผนภาพแสดงการแยกประเภทค่าใช้จ่ายในงาน Diaphragm Wall ของโครงการ Vipavadee Tower	153
รูปที่ 5.8 กราฟแสดงอัตราการทำงานของแต่ละโครงการ	160
รูปที่ 5.9 แสดงการทำงานของเครื่องวัดการเคลื่อนตัว (Inclinometer)	175
รูปที่ 5.10 แสดงตัวอย่างกราฟการเคลื่อนตัวของ I - 1 ใน Diaphragm Wall	178
รูปที่ 5.11 แสดงตัวอย่างกราฟการเคลื่อนตัวของ I - 2 ใน Diaphragm Wall	179
รูปที่ 5.12 แสดงตัวอย่างกราฟการเคลื่อนตัวของ I - 3 ใน Diaphragm Wall	180
รูปที่ 5.13 แสดงตัวอย่างกราฟการเคลื่อนตัวของ I - 4 ใน Diaphragm Wall	181
รูปที่ 5.14 แสดงตัวอย่างกราฟการเคลื่อนตัวของ Secant Pile Wall	183
รูปที่ 5.14 (ต่อ) แสดงตัวอย่างกราฟการเคลื่อนตัวของ Secant Pile Wall	184

## บทที่ 1

### บทนำ

#### 1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

เนื่องด้วยการก่อสร้างอาคารสูงในเขตกรุงเทพฯ ปัจจุบันนิยมที่จะก่อสร้างห้องใต้ดินควบคู่กันไปด้วย เพื่อที่จะเพิ่มเนื้อที่ใช้สอยหรือทำเป็นที่จอดรถ ดังนั้นจึงต้องมีการเลือกใช้ระบบกำแพงกันดินที่มีความคงทนถาวรซึ่งนอกจากจะต้องต้านทานแรงดันดินทางด้านข้างแล้ว ยังใช้เป็นผนังของห้องใต้ดินไปในตัวด้วย

ระบบกำแพงกันดินที่ใช้ในประเทศไทยที่มีลักษณะดังกล่าว ปัจจุบันมี 2 ระบบ คือ

1. Diaphragm wall จะถูกก่อสร้างโดยการขุดดินลงไปแนวตั้ง ด้วยเครื่องมือที่ออกแบบมา โดยเฉพาะในระหว่างการขุดจะมีการรักษาเสถียรภาพของหลุมขุดด้วย slurry ตลอดเวลา ดินที่ถูกขุดขึ้นมาจะแทนที่ด้วย slurry ทันทีหลังจากขุดได้ขนาดและความลึกที่กำหนดแล้วจะใส่เหล็กเสริมและเทคอนกรีต หลุมที่ถูกเทคอนกรีตเสร็จจะเรียกว่าเป็น panel จากนั้นจึงทำ panel อื่นต่อไปจนครบเป็นวง โดยแต่ละ panel จะยึดกันด้วย shear key จากนั้นจึงขุดดินข้างในออกจนถึงระดับที่ต้องการไป

Diaphragm wall สามารถใช้ได้ทั้ง temporary structure คือ สร้างขึ้นมาเพื่อเป็นกำแพงกันดินสำหรับการก่อสร้างชั้นใต้ดินเท่านั้น และเป็นได้ทั้ง permanent structure คือ สร้างขึ้นมาเพื่อเป็นทั้งกำแพงกันดินและส่วนของโครงสร้างไปเลย ซึ่งในลักษณะนี้จะต้องมีการป้องกันการซึมน้ำใต้ดินโดยการติดตั้งแผ่น water stop ไว้ที่รอยต่อของแต่ละ panel

2. Secant pile wall กำแพงกันดินแบบ Secant pile wall method จะเกี่ยวข้องกับการเจาะทำเสาเข็มเรียงซ้อนกันเป็นแนวกำแพง โดยเข็มมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางมากถึง 1,200 มม. สามารถขุดทำชั้นใต้ดินได้ถึง 6 ชั้น

Secondary piles หรือ Alternate piles จะถูกออกแบบเสริมเหล็กเพื่อให้สามารถรับแรงกระทำในแนวตั้ง (Vertical load) และแรงดันดินหลังการขุด

ในระหว่าง Secondary piles ก็จะเป็น Primary piles ซึ่งเป็นเข็มคอนกรีตที่ไม่มีการเสริมเหล็กใช้ในการป้องกันน้ำซึมระหว่าง Secondary piles ในบางครั้งเราจะใช้ซีเมนต์ผสมกับเบนโทไนท์ในการหล่อ Primary piles (หรือเรียกว่า soft pile) เพื่อช่วยให้ป้องกันน้ำซึมได้ดีขึ้น

ทั้งสองระบบเป็นระบบที่เพิ่งเข้ามาใหม่ จึงยังมิได้มีผู้ใดทำการศึกษาเปรียบเทียบถึงข้อได้เปรียบของระบบกำแพงกันดินสองระบบนี้ทั้งในแง่ของสภาพการใช้งาน, ความลึกที่เหมาะสมใน

## 1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการพิเศษ

เนื่องด้วยการก่อสร้างห้องใต้ดินเป็นการก่อสร้างที่มีวิธีการซับซ้อนยุ่งยาก และเสียค่าใช้จ่ายมากที่สุดในการก่อสร้างอาคารหนึ่งๆ ดังนั้นถ้าได้มีการศึกษาถึงรายละเอียดของระบบกำแพงกันดินที่มีแต่ละระบบอย่างดีพอที่จะสามารถบอกถึงข้อได้เปรียบและเสียเปรียบของแต่ละระบบแล้ว ก็จะเป็นประโยชน์ที่จะสามารถเลือกใช้ระบบที่เหมาะสมกับโครงการมากที่สุดทั้งในแง่ของสภาพการใช้งาน , สภาพแวดล้อมรอบที่ดินที่จะทำการก่อสร้าง, ความลึกในการก่อสร้างและค่าใช้จ่ายในการดำเนินงาน

## 1.3 แนวความคิดที่ใช้ในโครงการพิเศษ

เนื่องจากการก่อสร้างชั้นใต้ดินในปัจจุบัน มีด้วยกันหลายระบบ แต่ละระบบเหมาะสมกับงานแต่ละประเภท ดังนั้นถ้ามีการศึกษาและสรุปผลทางสถิติ ทางด้าน ราคา, ระยะเวลา, ความลึกในการก่อสร้าง, สภาพการใช้งานแล้ว ทำให้สามารถเลือกระบบกำแพงกันดินที่เหมาะสมในการใช้งานต่อไป

## 1.4 ขอบเขตของโครงการพิเศษ

จะทำการศึกษาเปรียบเทียบระบบกำแพงกันดินทั้งสองระบบโดยมีตัวแปรควบคุม คือ สภาพแวดล้อมบริเวณสถานที่ก่อสร้าง เช่น เป็นบริเวณที่มีอาคารสูงอยู่เคียงข้างโดยรอบ, เป็นดินเหนียวในเขตกรุงเทพฯ และตัวแปรที่จะทำการศึกษาคือ จำนวนชั้นใต้ดินที่จะก่อสร้าง, ค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานและสภาพการใช้งานหลังจากก่อสร้างแล้วเสร็จ โดยโครงการพิเศษนี้ทำการศึกษาโครงการดังนี้

1. โครงการ Silom Precious Tower
2. โครงการ One Place Building
3. โครงการ ATM Vipavadee Tower
4. โครงการ Pratunam Complex
5. โครงการ Empire Tower
6. โครงการ Sukhumvit City Tower
7. โครงการ Central Galleria
8. โครงการ Suriwong Complex

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 1.5 วิธีการที่ใช้ในการดำเนินโครงการพิเศษ

1. เก็บรวบรวมข้อมูล เช่น เทคนิคและวิธีการในการดำเนินการก่อสร้างจากบริษัทผู้รับเหมาที่มีความชำนาญเฉพาะ เช่น BAUER, SEAFKO, KIN SUN, SOLETANCHE ฯลฯ ส่วนข้อมูลทางด้านค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานก็ขอจากบริษัทรับออกแบบหรือบริษัทที่ปรึกษา เช่น ESCON, DESIGN 103 ในกรณีที่ไม่สามารถขอจากบริษัทผู้รับเหมาได้
2. ทำการวิเคราะห์ข้อมูลที่เก็บรวบรวมมาได้ เพื่อที่จะหาแนวทางหรือข้อสรุปถึงข้อได้เปรียบและเสียเปรียบของระบบกำแพงกันดินทั้งสอง
3. หาข้อมูลเพิ่มเติม หรือสอบถามพูดคุยกับผู้เชี่ยวชาญเมื่อเกิดข้อสงสัยหรือติดขัดในการวิเคราะห์

## 1.6 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

1. ทราบถึงลักษณะและเทคนิคในการดำเนินงานก่อสร้างของระบบกำแพงกันดินทั้งสองระบบ ซึ่งเป็นขบวนการก่อสร้างที่ซับซ้อนหาได้ยาก
2. ทราบถึงข้อได้เปรียบเสียเปรียบของระบบกำแพงกันดินแต่ละระบบ
3. ได้ศึกษาถึงลักษณะของชั้นดิน และพฤติกรรมทางด้านกลศาสตร์ของดินที่ระดับความลึกต่างๆในเขตกรุงเทพฯ

## บทที่ 2

### ทฤษฎีเกี่ยวกับการออกแบบกำแพงกันดินและการเคลื่อนตัวด้านข้างของดิน

#### 2.1 ชนิดของระบบกำแพงกันดินในงานขุดระดับลึก

ในงานขุดขนาดลึก ระบบกำแพงกันดินแยกได้เป็น 2 ระบบคือ





##### 2.1.1 ระบบกำแพงแบบยืดหยุ่น (Flexible Wall)

ระบบกำแพงแบบนี้ ได้แก่ เชื่อมพืด (Sheet Pile) เป็นระบบที่ใช้เป็นโครงสร้างรับแรงด้านข้างที่มีใช้งานมากในงานทั่วไป ที่มีการขุดดินลึกไม่เกิน 10 m ซึ่งชนิดของวัสดุที่ใช้มีหลายชนิด เช่น ไม้ คอนกรีต และเหล็ก มีการประยุกต์ให้มีระบบค้ำยัน (Bracing) ในระบบ Sheet Pile การก่อสร้างจะมีการ Interlock ระหว่างชิ้น ซึ่งจะใช้ตอกลงไป在地ดินต่อเนื่องกัน แต่การใช้ Sheet Pile มีข้อควรคำนึงถึง คือ การรั่วซึมของน้ำบริเวณ Interlock เข้าภายในบริเวณพื้นที่งาน ในการติดตั้งจะต้องระมัดระวังเป็นพิเศษ นอกจากนี้ยังคำนึงถึงเรื่องการโก่งตัวหรือการเคลื่อนตัวในแนวด้านข้าง เพราะ Sheet Pile เป็นโครงสร้างที่เกิดการโก่งตัวได้ง่าย มีความแข็งแรงแรงหรือ ค่า Stiffness (EI) น้อย ระบบที่เป็นที่นิยมในการสร้างเป็นโครงสร้างกันดินชั่วคราว คือ Steel Sheet Pile เนื่องจากราคาถูก การก่อสร้างง่ายและรวดเร็ว เมื่อเทียบกับวิธีอื่น

##### 2.1.2 ระบบกำแพงแบบแข็ง (Rigid Wall)

ระบบกำแพงแบบนี้ ได้แก่ Diaphragm Wall และ Secant Pile Wall ทั้ง 2 ระบบ ถือเป็นระบบที่ทันสมัยและกำลังเป็นที่นิยมกันมากในประเทศไทย เหมาะสำหรับงานของการขุดดินลึกเพื่อทำ Basement ระบบนี้จะออกแบบเพื่อเป็นโครงสร้างรับแรงด้านข้างซึ่งเกิดจากแรงดันดิน แรงดันน้ำและแรงจาก Surchage ต่างๆ โดยเป็นโครงสร้างที่มีค่า Stiffness(EI) สูง ซึ่งมีผลดีในการป้องกันและการเคลื่อนตัวได้ดี แต่ทั้ง 2 ระบบ ใช้ในงานขุดดินขนาดลึก ทำให้ใช้เทคนิคในการก่อสร้างสูง เป็นผลทำให้ราคาในการก่อสร้างแพง และระยะเวลาทำงานที่ช้า จึงเป็นที่นิยมก่อสร้างในการทำโครงสร้างใต้ดินลึกๆ

**รูปที่ 2.1** แสดงข้อดี-ข้อเสีย ของกำแพงกันดินชนิดต่างๆ ที่ใช้ในงานขุดขนาดลึกของกำแพงกันดินทั้ง 2 ระบบ

Name.	Section	Typical EI Values/Ft. (Kip x Ft <sup>2</sup> )	Advantages	Disadvantages
Steel Sheeting		900-90,000	(1) Can be impervious (2) Easy to handle and construct (3) Low initial cost	(1) Cannot be used in gravelly soils (2) Limited stiffness (3) Interlocks can be lost in hard driving.
Soldier Pile and Lagging		2,000-120,000	(1) Easy to handle and construct (2) Low initial cost (3) Can be driven or augered	(1) Wall is pervious (2) Requires care in placement of lagging
Cast-in-Place Concrete Slurry Wall		288,000-2,300,000	(1) Can be impervious (2) High stiffness (3) Can be part of permanent structure	(1) High initial cost (2) Specialty contractor required to construct (3) Extensive slurry disposal needed (4) Surface can be very rough
Pre-Cast Concrete Slurry Wall		288,000-2,300,000	(1) Can be impervious (2) High stiffness (3) Can be part of permanent structure (4) Can be prestressed	(1) High initial cost (2) Specialty contractor required to construct (3) Slurry disposal needed (4) Very large and heavy members must be handled for deep systems

รูปที่ 2.1 แสดงข้อดีข้อเสีย ของกำแพงกันดินชนิดต่างๆ

## 2.2 ทฤษฎีที่ใช้ในการออกแบบ

### 2.2.1 ความรู้ทั่วไปทางกลศาสตร์ของดิน

การออกแบบระบบกำแพงกันดิน จะต้องวิเคราะห์ถึงคุณสมบัติและพฤติกรรมของ Stress ในดินแต่ละชนิด ที่จะมีผลต่อกำลังของดิน (Soil Strength)

**กำลังของดิน ( Soil Strength )** คือ ความสามารถของดินในการต้านทานแรงเฉือน ( Shearing resistanc ) โดยขึ้นอยู่กับ แรงเสียดทานภายในระหว่างเม็ดดิน (Internalfriction) และ แรงยึดเหนี่ยวระหว่างเม็ดดิน ( Cohesion )

**ดิน** ถ้าแบ่งตามแรงเหนี่ยวระหว่างอนุภาคของเม็ดดิน (Cohesion) จะแบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ

1. **Cohesive Soil** เป็นดินที่มีค่ากำลังต้านทานแรงเฉือนของดิน ขึ้นอยู่กับแรงยึดเหนี่ยวระหว่างเม็ดดินเป็นส่วนใหญ่ ซึ่งจะเปลี่ยนไปตามปริมาณน้ำในดิน ขนาดของเม็ดดิน และความหนาแน่นของเม็ดดิน ดินประเภทนี้ ได้แก่ ดินเหนียว (Clay)

2. **Cohesionless Soil** เป็นดินที่มีค่ากำลังต้านทานแรงเฉือนของดิน ขึ้นอยู่กับแรงเสียดทานภายในระหว่างเม็ดดินเป็นส่วนใหญ่ ซึ่งจะเปลี่ยนไปตามน้ำหนักกดที่กระทำตั้งฉากกับระนาบแรงเฉือน ดินประเภทนี้ ได้แก่ ทราย (Sand) และกรวด (Gravel)

**ดิน** ถ้าแบ่งที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลาย แบ่งออกเป็น 5 ประเภท

1. **Type A** เป็นประเภท Cohesionless Soil ได้แก่ กรวดปนทราย มีเม็ดละเอียดปนบ้างหรือไม่มีเลย ประกอบไปด้วยดินประเภท GW , GP , SW และ SP ( ตามการจำแนกแบบ Unified Soil Classification) คุณสมบัติที่สำคัญของดินประเภทนี้ คือ มีค่าการไหลซึมสูง (High permeability)

2. **Type B** เป็นประเภท Cohesionless Soil ได้แก่ กรวดปนทรายมีตะกอนปนประกอบด้วย ดินประเภท GM-GP, GM-GW, SM-SP และ SM-SW ค่าการไหลซึมจะปานกลาง

3. **Type C** ดินกรวดมีตะกอนปนทรายปนและดินเหนียวปน (Sandy and gravelly soil) ประกอบด้วย GM, GC, SM และ SC เป็นดินประเภทที่มีค่าการไหลซึมต่ำ ซึ่งไม่สามารถระบายน้ำออกได้เร็ว จะมี % water content ที่เพิ่มขึ้นตามจำนวนปริมาณน้ำฝนที่ตก

4. **Type D** ดินตะกอนทรายปนและดินเหนียวปน (Silts and Clays Soil) ประกอบด้วย ML, MH, CL และ CH โดยดินเหนียวจะมีค่าความเหนียวที่สูง (High plasticity) โดยทั่วไปจะมีค่า Liquid Limit (LL) > 40 และค่า Plastic Limit (PL) > 20

5. **Type E** ดินเหนียว (Clays) เป็นดินที่เกิดจากการพัดพาของตะกอนดินเหนียวอัดเข้าหากันเป็นจำนวนมากจนเกิดเป็นชั้น Stiff Clays

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2.2.2 Effective Stress

**Effective Stress** หมายถึง สิ่งที่สำคัญที่ควบคุมพฤติกรรมของดิน โดยที่ **Effective Stress** มีความสัมพันธ์ดังนี้

$$\sigma' = \sigma - U$$

เมื่อ  $\sigma'$  = Effective Stress

$\sigma$  = Total Stress

$U$  = Pore Water Pressure

โดย Vertical Effective Stress ( $\sigma'_v$ ) และ Horizontal Effective Stress ( $\sigma'_h$ ) ทั้งสองจะมีความสัมพันธ์กันโดย At-Rest Coefficient of Stress ( $K_0$ ) ซึ่งเป็นอัตราส่วนของ Initial Horizontal Effective Stress กับ Initial Vertical Effective Stress

$$K_0 = \sigma_{ho} / \sigma_{vo}$$

ในการวิเคราะห์ทางด้านวิศวกรรมนั้น ค่า Soil Strength จะหาได้มาจาก Effective Stress ซึ่งจะต้องคำนวณมาจากค่า Pore Pressure

ใน Cohesive Soil ค่า Pore Water Pressure จะลดลงได้ช้า อาจจะเป็นเดือนหรือเป็นปี ยิ่งกว่านั้นเราไม่สามารถหาการเปลี่ยนแปลงของ Pore Water Pressure ที่เกิดจาก Shear Strain ได้ เพราะว่าเราไม่สามารถคำนวณ Effective Stress ใน Cohesive Soil ก่อนจะทำการก่อสร้างได้ ดังนั้นจึงทำการวัด Pore Water Pressure ในระหว่างการก่อสร้างเพื่อนำไปคำนวณค่า Effective Stress

ค่า Effective Stress จะขึ้นอยู่กับสิ่งต่างๆดังต่อไปนี้ คือ

1. Unit Weight of Soil ( $\gamma_m$ )
2. Stress ที่เกิดจากน้ำหนัก (Surcharge)
3. การเปลี่ยนแปลง Pore Pressure ในมวลดิน (ซึ่งปกติจะถูกควบคุมโดยระดับน้ำใต้ดิน)

### 2.2.3 Shear Strength of Soils

คู่มือนี้ได้ค้นพบเกี่ยวกับการพิบัติของดินเนื่องจากแรงเฉือน โดยพิจารณาถึงความสัมพันธ์ระหว่างหน่วยแรงเฉือนกับหน่วยแรงกดตั้งฉากบนดิน ซึ่งสมมติให้เป็นสมการเส้นตรง ดังรูปที่ 2.2 หรือเขียนได้ดังสูตร

$$\tau = C + \sigma \tan \phi$$

เมื่อ  $\tau$  = หน่วยแรงเฉือน (Shear Stress)

$C$  = แรงยึดเหนี่ยวที่ปรากฏ (Apparent Cohesion)

$\sigma$  = หน่วยแรงกดอัด (Total Compressive Stress)

$\phi$  = มุมเสียดทานภายใน (Angle of Internal Friction)

ค่า  $C$ ,  $\phi$  ที่ได้จากการทดลองจะเป็นค่าคงที่สำหรับดินแต่ละชนิดที่อยู่ภายใต้สภาวะหนึ่งเท่านั้น สำหรับการทดลองของการก่อสร้างในดินเหนียวอ่อนนี้ เราจะใช้การทดลองโดยวิธี Unconfined Compressive Strength ซึ่งจากสมการของ Normal Stress

$$\sigma_1 = \sigma_3 \tan (45 + \phi/2) + 2C \tan (45 + \phi/2)$$

และในการทดลองแบบ Unconfined Compressive Test นี้จะไม่มี Confine Pressure คือ  $\sigma_3 = 0$  ดังนั้นจะได้

$$\sigma_1 = 2C \tan (45 + \phi/2)$$

เนื่องจากการทดลองแบบนี้จะกระทำกับดินเหนียวอ่อนตัวจึงสมมติให้  $\phi = 0$  ก็จะได้ Unconfined Compressive Strength :  $qu = 2C$  หรือ  $C = qu/2$

เมื่อนำค่า  $C$  นี้ไปแทนในสมการของหน่วยแรงเฉือน จะได้

$$\tau = C (\phi = 0)$$

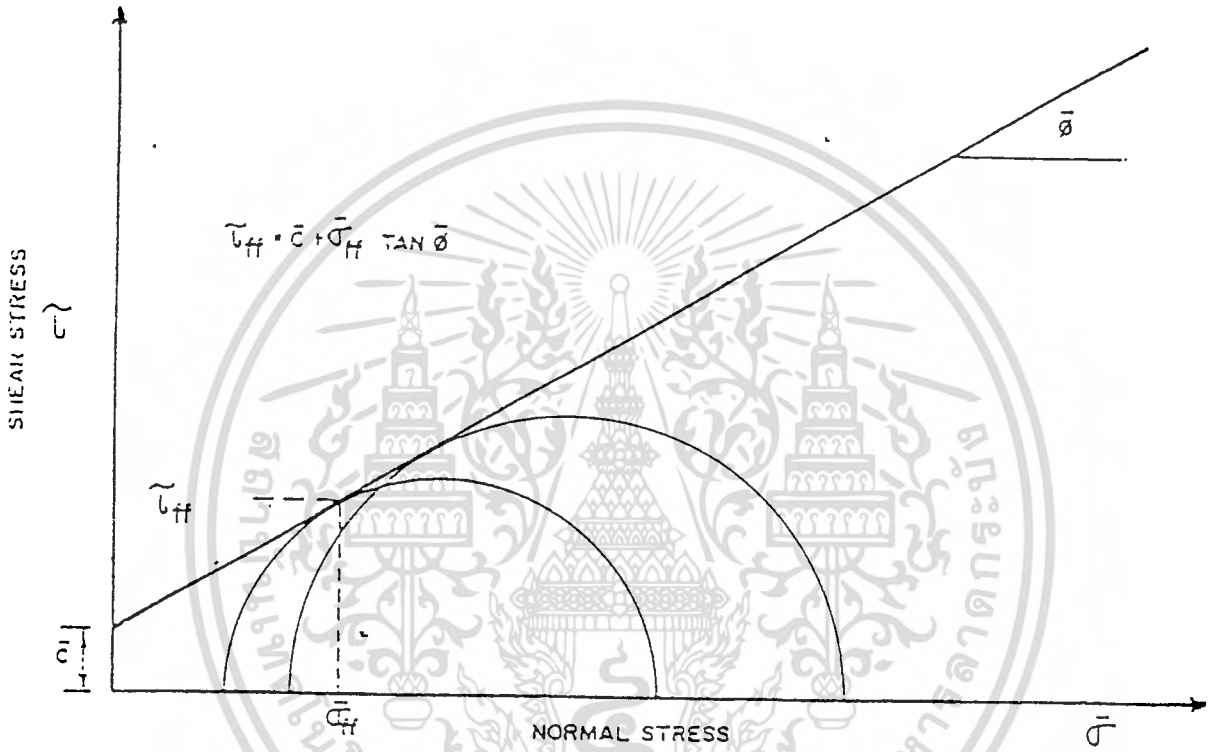
$$\tau = qu/2$$

สำหรับดินที่เป็น Cohesive Soil จะมีค่า Strength ที่สัมพันธ์กับการเปลี่ยนแปลงของ Pore Pressure ซึ่งจะเกิดขึ้นก็ต่อเมื่อมีแรงเฉือนเกิดขึ้น โดยสมการของ Soil Strength ( $\tau = C + \sigma \tan \phi$ ) ก็ยังสามารถใช้ได้ แต่ค่า  $\sigma$  จะต้องเท่ากับ  $\sigma' - u$  ซึ่งเราจะต้องรู้ค่าของ  $\Delta u$  โดยได้มาจากการวัด

จริงๆ เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.2 Failure envelope for soil, general Mohr- Coulomb failure criterion



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น. อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

034827

**รูปที่ 2.3** เป็นการแสดงความแตกต่างของ Strength Envelope ของดินที่เป็น Normally Consolidated และ Over Consolidated Clay ซึ่งจะเห็นความแตกต่างในค่า C

ส่วนดิน Heavily Overconsolidated Clay นั้นอาจจะเป็นไปได้ที่ค่า  $\sigma'_h > \sigma'_v$  ซึ่งจะทำให้เกิด Passive Failure ในดินเนื่องจากการขุดเอาดินออก ซึ่งเป็นการลด Vertical Soil Pressure โดย Passive Failure จะสามารถสังเกตได้จากการเกิด Base Heave ในการขุดดินชนิดนี้และจะต้องมีการวิเคราะห์ Effective Stress ที่ลดลงเมื่อมีการขุดดิน

### 2.2.4 Undrained Strength

ในดิน Cohesive Soil เมื่อมีแรงเฉือนเกิดขึ้น น้ำจะไม่สามารถระบายออกได้เพียงพอ และ Excess Pore Pressure ที่เกิดขึ้นจะไม่สามารถกระจายออกอย่างรวดเร็วได้ ดังนั้นเพื่อความปลอดภัยในการขุดดิน ค่า Shear Strength ก็จะต้องให้ไว้ในสภาพ Undrained Strength ที่ความชื้นของดินตามธรรมชาติ และในดินที่เป็น Normally Consolidated Soil จะมีค่า Pore Pressure เพิ่มขึ้นมากกว่าดินชนิด Overconsolidated Clay

เมื่อ Pore Pressure ( $\Delta U$ ) เปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้น ค่า Effective Stress ในดินก็จะลดลง ทำให้ค่า Shear Strength น้อยลง แต่เมื่อเวลาผ่านไป Pore Pressure ก็จะกระจายไปเนื่องจากน้ำมีการไหลออก จะทำให้ Effective Stress เพิ่มขึ้น และค่า Shear Strength ก็เพิ่มขึ้นด้วย

**รูปที่ 2.4** แสดงความสัมพันธ์ของ Strength 2 เส้นคือ Drain และ Undrain ในเทอมของ Effective Stress

ในสภาวะปกติของ Cohesive Soil จะถือว่ามีค่า  $S_u$  คงที่ตลอด ไม่ว่าจะเป็น Undrained Loading หรือ Unloading โดยไม่คำนึงถึงข้อจำกัดของแรงดันทั้งหมด และค่า  $S_u$  นี้จะมีค่าเท่ากับประมาณครึ่งหนึ่งของแรงกด ( $qu/2$ ) ซึ่งได้จากการทดลอง Compression Test

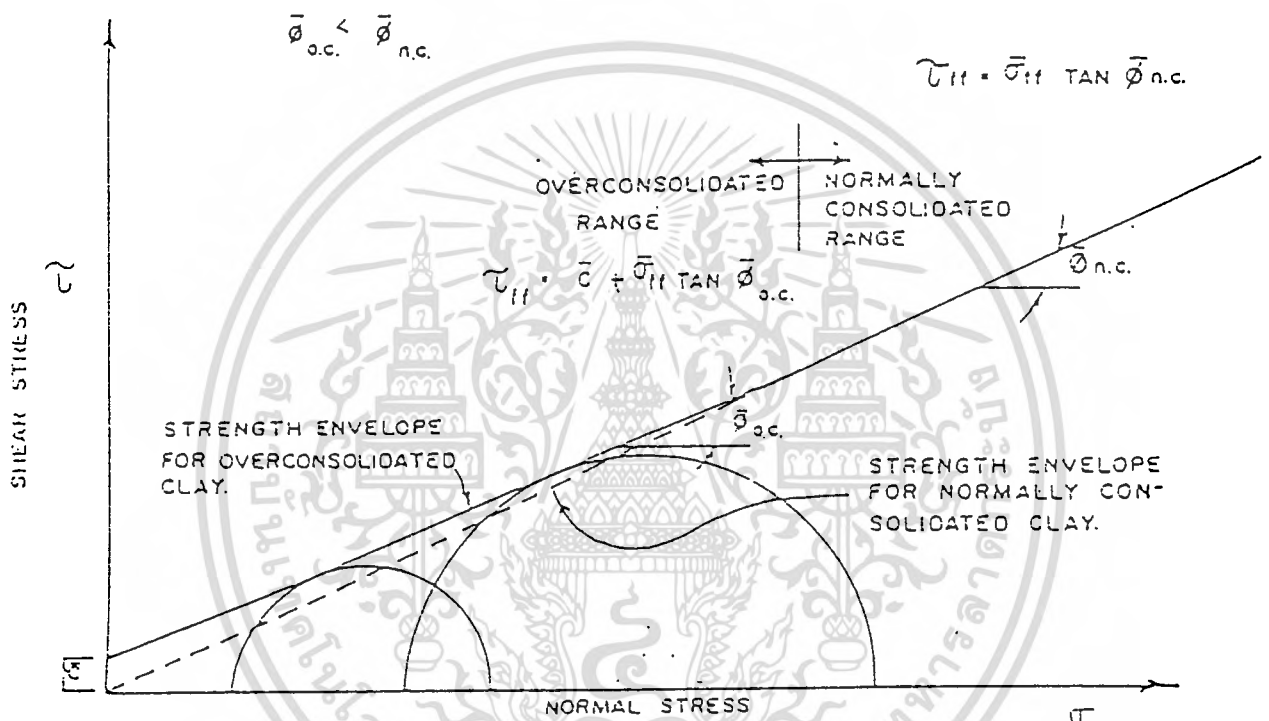
พิจารณาเมื่อมีการขุดดินในดินเหนียวอ่อน ค่า  $S_u$  เริ่มต้นก็จะให้มีค่าเท่ากับที่ได้จากการทดลอง เมื่อมีการเปลี่ยนสภาพของแรงกระทำทันทีทันใดเนื่องจากการขุดดิน ทำให้ Pore Pressure ลดลง แต่ค่า  $\sigma$  และค่า  $S_u$  ก็ยังถือว่ามีค่าที่อยู่เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงน้อย แต่อย่างไรก็ตามเนื่องจาก Excess Pore Pressure จะกระจาย ซึ่งค่า  $S_u$  ของดินก็จะลดลงจนกว่าดินจะคืนสู่สภาพ

Drain Condition แล้ว  $S_u$  จะเพิ่มขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## รูปที่ 2.3

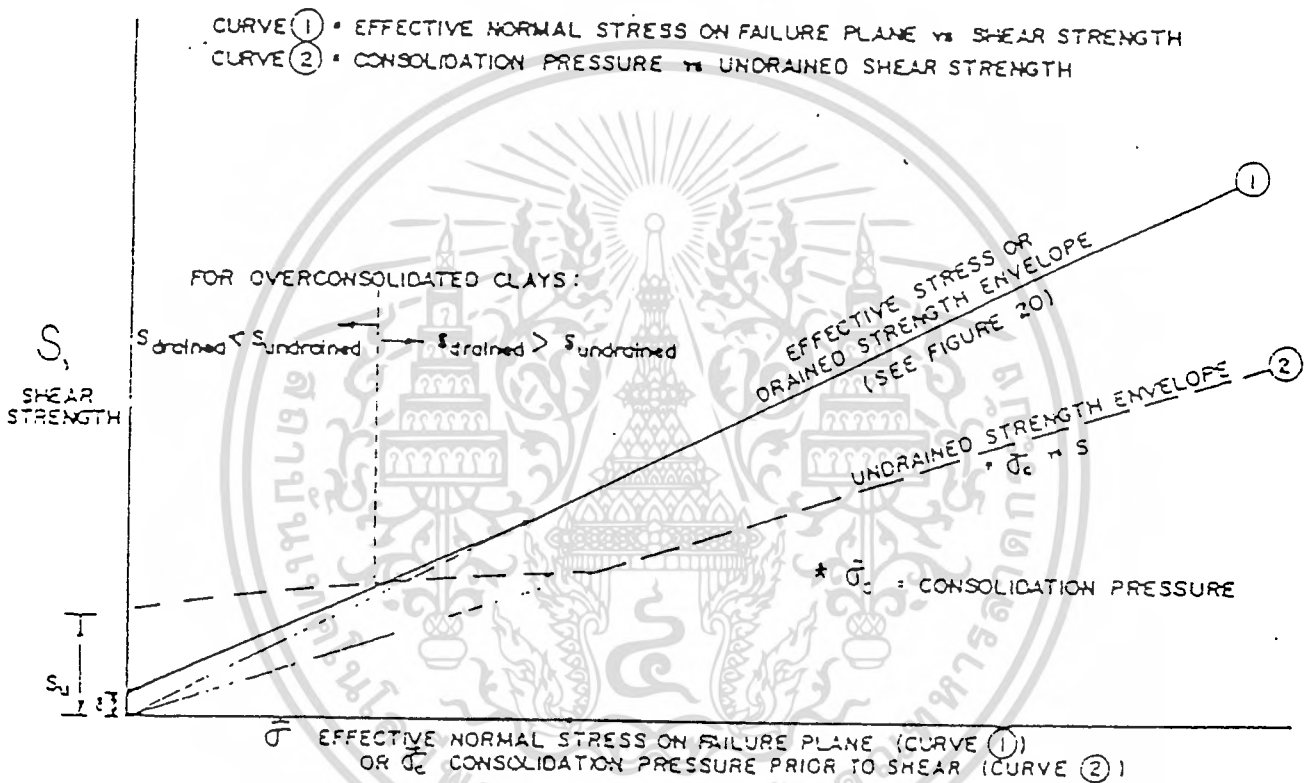
รูป Strength envelope for clay ( based on effective stress )



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 2.4

รูปเปรียบเทียบระหว่าง Strength ของ Drained และ Undrained



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2.2.5 Pore Water Pressure Due to Undrained Loading

จากความรู้ที่ว่า การเพิ่มขึ้นของ Pore Water Pressure ในดิน เนื่องจากสภาวะการเปลี่ยนแปลง Loading โดยไม่มีการระบายน้ำออก (drainage) เป็นสิ่งสำคัญทั้งทางด้านทฤษฎีและการประยุกต์ทางด้าน Soil Mechanics ถ้า Load ที่กระทำเปลี่ยนแปลงอย่างช้า ๆ คือมีเวลาเพียงพอที่จะให้น้ำไหลออกก็จะไม่ทำให้ค่า Pore Water Pressure เพิ่มขึ้นได้ แต่ถ้าดินถูก Load กระทำอย่างรวดเร็ว และดินมีค่าสัมประสิทธิ์ของความซึมได้น้อย (เช่นในกรณีของดินเหนียว) คือมีเวลาไม่เพียงพอที่จะให้น้ำไหลออก ก็จะทำให้ค่า Pore Water Pressure เพิ่มขึ้น

## Pore Water Pressure Developed Due to Isotropic Stress Application

รูปที่ 2.5 แสดง Element ของดินอิ่มตัว (Isotropic Saturated Soil) ซึ่งถูก Isotropic Stress กระทำเพิ่มขึ้นขนาด  $\Delta\sigma$  ถ้าไม่สามารถระบายน้ำออกได้จะทำให้ Pore Water Pressure เพิ่มขึ้นเท่ากับ  $\Delta U$

ค่า Pore Water Pressure ที่เพิ่มขึ้นจะเกิดจากการเปลี่ยนแปลงปริมาตรของช่องว่าง (Pore Fluid) จำนวน  $\Delta V_p$  ซึ่งสามารถเขียนเป็นสมการได้ดังนี้

$$\Delta V_p = nV_o C_p \Delta U \quad (1)$$

เมื่อ  $n$  = ความพรุน (Porosity)

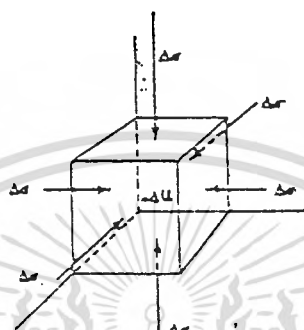
$C_p$  = Compressibility of Pore Water

$V_o$  = ปริมาตรของ Soil Element ในตอนแรก

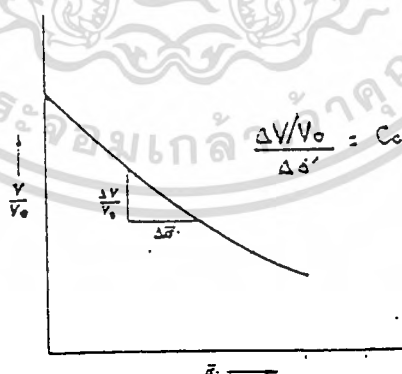
ค่า Effective Stress ที่เพิ่มขึ้นในทุกทิศทางของ Element คือ  $\Delta\sigma' = \Delta\sigma - \Delta U$  การเปลี่ยนแปลงปริมาตรโครงสร้างดิน (Soil Skeleton) เนื่องจาก Effective Stress ที่เพิ่มขึ้นสามารถเขียนได้ดังนี้

## รูปที่ 2.5

รูป Element ของดินภายใต้ Isotropic Stress Application



## รูปที่ 2.6

รูปแสดงค่า  $C_c$ 

ค่า  $C_c$ : ปริมาตรที่เปลี่ยนไปเนื่องจาก unaxial stress ที่มี excess pore water pressure = 0

โดยที่  $V$  คือ ปริมาตรของ soil element ที่ทุกๆค่าของ  $\sigma'$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\Delta V = 3C_c V_o \Delta \sigma' = 3C_c V_o (\Delta \sigma - \Delta U) \quad (2)$$

ในสมการนี้  $C_c$  เป็นค่า Compressibility of Soil Skeleton ซึ่งได้จากการทดลองภายใต้ Uniaxial Loading ที่มี Excess Pore Pressure เท่ากับศูนย์ ดังแสดงในรูปที่ 2.6 จะสังเกตว่า Compression ที่ทำให้ปริมาตรลดลงจะมีค่าเป็นบวก (Positive)

เพราะว่าการเปลี่ยนแปลงปริมาตรของ Pore Fluid,  $\Delta V_p$ , จะเท่ากับการเปลี่ยนแปลงของ Soil Skeleton,  $\Delta V$ , จากสมการที่ 1 และ 2 เราจะได้

$$nV_o C_p \Delta U = 3C_c V_o (\Delta \sigma - \Delta U)$$

$$\text{และ } \Delta U / \Delta \sigma = B = 1 / [1 + n(C_p / 3C_c)]$$

เมื่อ  $B$  คือ Pore Pressure Parameter (Skempton, 1954)

ค่า Compressibility ของ Pore Water,  $C_p$ , จะมีค่าน้อยมากเมื่อเทียบกับ  $C_c$  ทำให้ค่า  $B$  จะประมาณเท่ากับ 1.0 ดังนั้นในดินอิ่มตัว (Saturated Soil) ค่า Pore Water Pressure ที่เพิ่มขึ้นจะมีค่าเท่ากับ Isotropic Stress ที่เพิ่มขึ้นคือ  $\Delta U = \Delta \sigma$

## 2.2.6 Lateral Earth Pressure

ในหัวข้อนี้จะเป็นการศึกษาถึงขนาดและการกระจายของแรงดันดินด้านข้าง ซึ่งมีอิทธิพลมาจากความลึกในการขุด

### 1. Earth Pressure at Rest

อัตราส่วนของ Horizontal Stress กับ Vertical Stress ของดินโดยทั่วไปมีนิยามว่า

$$K_o = \sigma_h / \sigma_v$$

เมื่อ  $K_o$  = Coefficient of Earth Pressure at Rest

$\sigma_h$  = Horizontal Effective Stress

$\sigma_v$  = Vertical Effective Stress

โดยปกติแล้วค่า  $K_o$  สามารถหาได้จากสมการ

$$K_o = 1 - \sin \phi$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้กันเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อ  $\phi =$  มุมเสียดทานภายในของดิน

สำหรับดิน Cohesive Soil ค่า  $K_0$  จะขึ้นอยู่กับอัตราการทรุดตัว (Overconsolidated Ratio, OCR) ดังแสดงในรูปที่ 2.7 ในดินแบบ Normally Consolidated Clay ค่า  $K_0$  จะสูงขึ้นไปจนถึง 1.0 และในดิน Heavily Overconsolidated Clay (OCR ~ 16) ค่า  $K_0$  จะยิ่งสูงขึ้นไปจนถึง 2.0

## 2. Active Earth Pressure

การเคลื่อนตัวด้านข้างของกำแพง (ดังแสดงในรูป 2.8) เกิดมาจากการเปลี่ยนแปลง Stress ในดินจากสภาพ At Rest ไปเป็นสภาพ Active

จากรายงานของ Madrid, 1972 กล่าวว่า การเคลื่อนตัวด้านข้างจะเกิดขึ้นจนเพียงพอที่จะรับ Active-Earth Pressure โดยการเคลื่อนตัวด้านข้างจะมีค่าประมาณ 0.1% - 0.2% ของความสูงของกำแพง

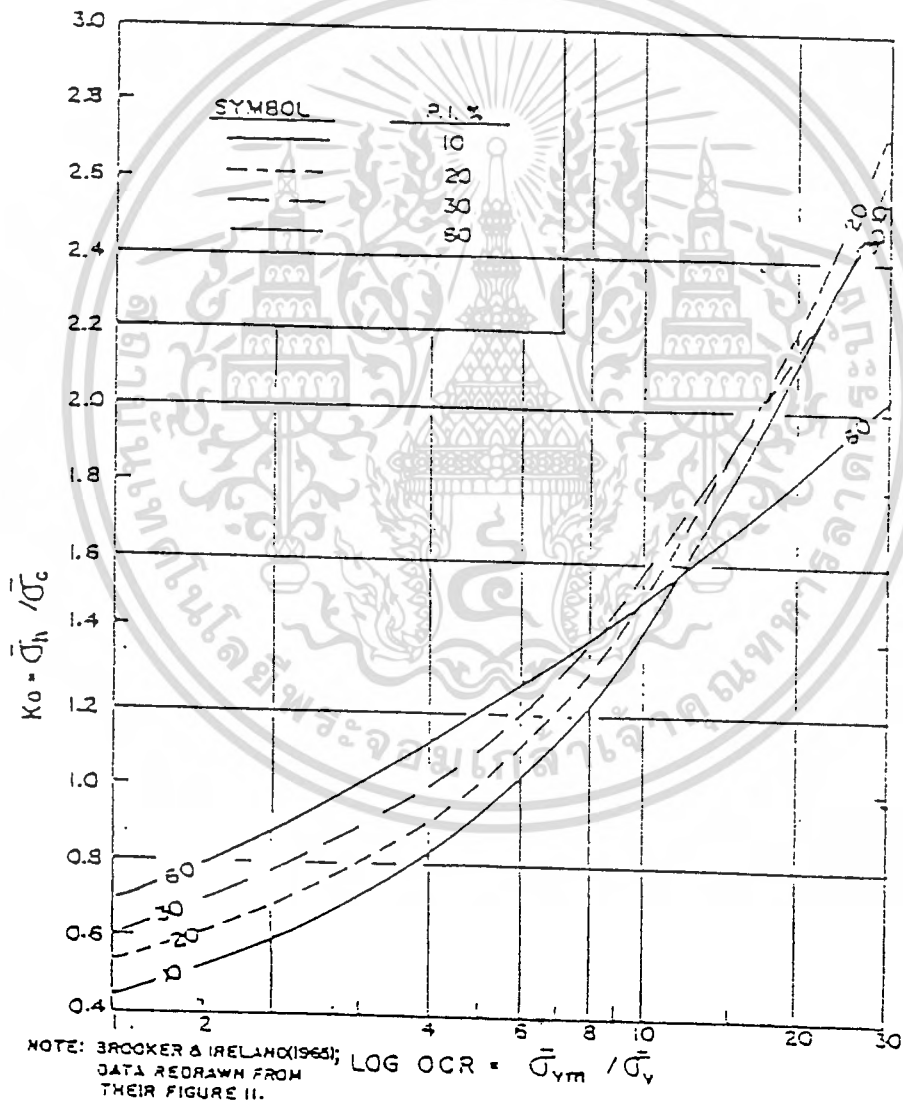
### การกระจายของ Active Earth Pressure

รูปที่ 2.8 แสดงการกระจาย Active Earth Pressure ตามลักษณะการเคลื่อนตัว ในสภาพ Fully Active การเคลื่อนตัวจะเปรียบเสมือนการหมุนรอบฐานหรืออาจจะเคลื่อนไปทั้งหมด การกระจาย Earth Pressure จะเป็นรูปสามเหลี่ยมและแรงลัพธ์จะกระทำที่ความสูง  $1/3$  ของความสูงของกำแพง

สำหรับใน Rigid Retaining Wall จะเป็นกรณี Arching Active ซึ่งจะมีการหมุนรอบจุดบน (Taylor, 1948) การกระจาย Earth Pressure จะเป็นรูป Parabolic โดยจะมีค่ามากกว่า Active ในช่วงบน แต่จะน้อยกว่า Active ในช่วงล่างของกำแพง ในกำแพงที่มีความอ่อนตัว (Flexible) การกระจาย Pressure จะมีค่ามากขึ้นอยู่กับลำดับการขุดดิน และการค้ำยันหรือการเปลี่ยนความหนาแน่นของค้ำยัน

รูปที่ 2.7

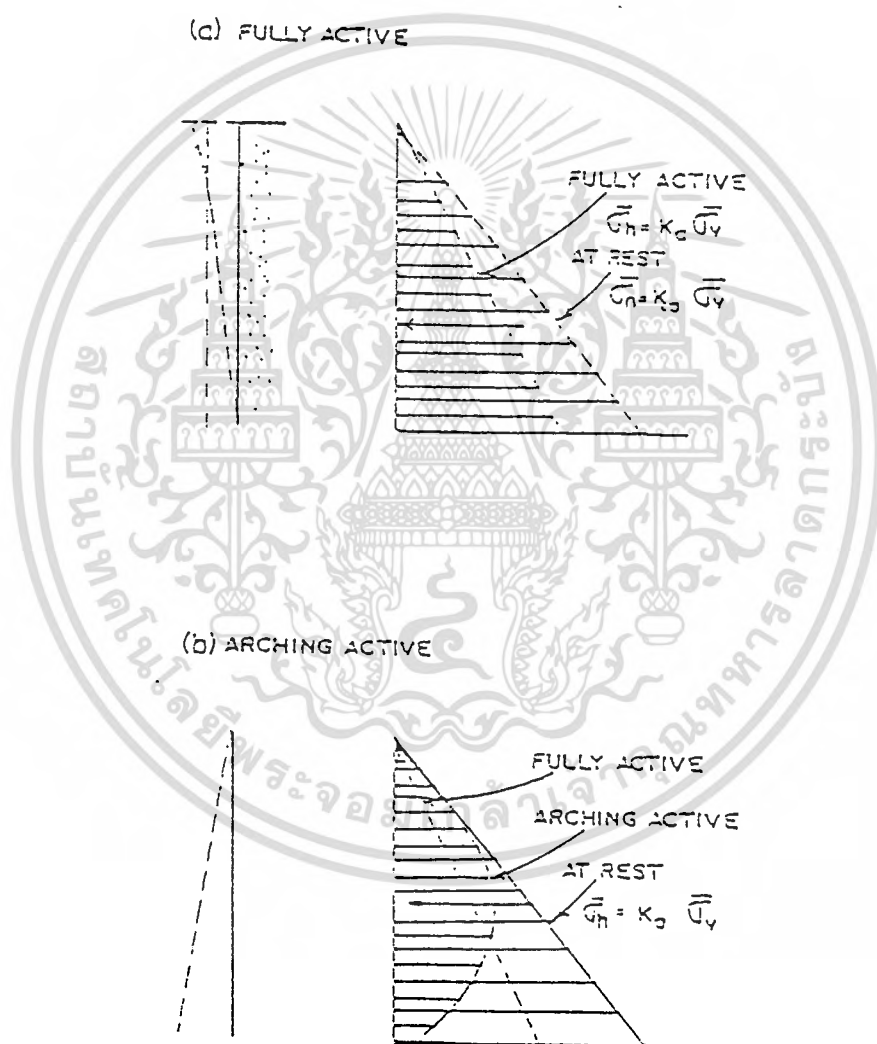
กราฟระหว่าง  $K_0$  กับ OCR ของดินที่เปลี่ยนแปลงตามค่า Plasticity จาก Ladd( 1968 )



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## รูปที่ 2.8

รูปการกระจาย Earth Pressure ของสถานะ Active และ Arching Active



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สัมประสิทธิ์ (Coefficient)

ค่าสัมประสิทธิ์ Active Earth Pressure ของ Rankine,  $K_a$ , เป็นอัตราส่วนของค่า Effective Stress

$$K_a = \sigma_h / \sigma_v = \sigma_a / \sigma_v$$

สำหรับในดินทราย  $K_a = \tan^2 (45 - \phi / 2) = 1 - \sin \phi / 1 + \sin \phi$

สำหรับดิน Cohesive Soil

กรณีทั่วไป ( $\phi, c$ ):  $K_a = \tan^2(45 - \phi / 2) - 2c \tan(45 - \phi / 2) / H$

กรณี ( $\phi=0, c=S_u$ ):  $K_a = 1 - (2S_u/H)$

โดย  $K_a$  = Coefficient of Active Pressure

$\phi, c$  = Friction Angle and Cohesive Intercept

$\sigma_a$  = Active Earth Pressure (Horizontal)

$S_u$  = Undrained Shear Strength (กรณี  $\phi=0$ )

จากค่ากล่าวของ Rankine การกระจาย Pressure ในดิน Cohesive Soil ตามทฤษฎีจะมีแรงดึง (Tension) ด้านบนของกำแพง ดังแสดงในรูปที่ 2.9a ซึ่งด้านบนจะเป็นแรงดันแบบ Negative และที่ด้านล่างจะเป็นแรงดันแบบ Positive สมมติว่าแรงสุทธิเพิ่มขึ้นแบบเส้นตรงกับความลึกของกำแพง จะสามารถเขียน Net Pressure Diagram เป็นรูปการกระจายแบบสามเหลี่ยม ดังแสดงในรูปที่ 2.9b จะได้ค่าแรงดันที่ฐานกำแพงเท่ากับ

$$\sigma_a = \gamma H - 4S_u = \gamma H - 2C$$

โดยวิธีนี้เป็นวิธีของ Terzaghi และ Peck (1968) ซึ่งได้จากการเปรียบเทียบแรงด้านข้างที่วัดได้กับแรงที่คำนวณบน Bracing Cofferdam Wall วิธีนี้เป็นการคิดแบบ Short Term ซึ่งสมมติว่า Undrained Strength จะยังคงอยู่เป็นเวลานาน

## Braced Cofferdams

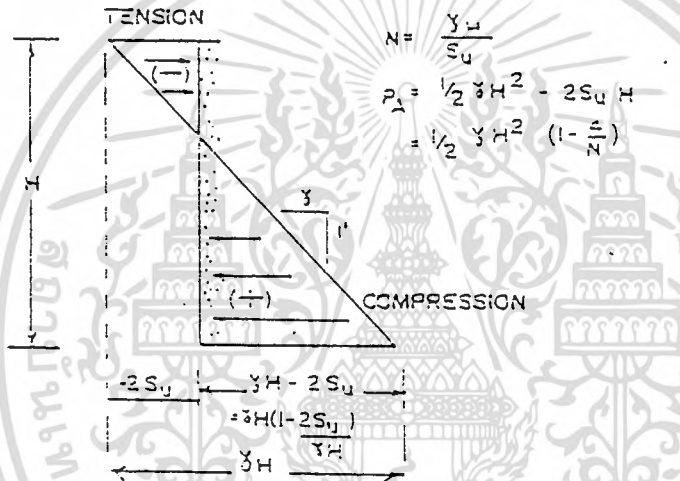
การติดตั้ง Bracing ในเบื้องต้นจะกระทำที่ด้านบนของกำแพงเพื่อป้องกัน Displacement ซึ่งการเคลื่อนตัวที่เกิดขึ้นจากการขุดดินในกรณีที่มี Bracing จะมีลักษณะเป็น ดังในรูปที่ 2.10 (จาก Bjerrum, et al, 1972)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

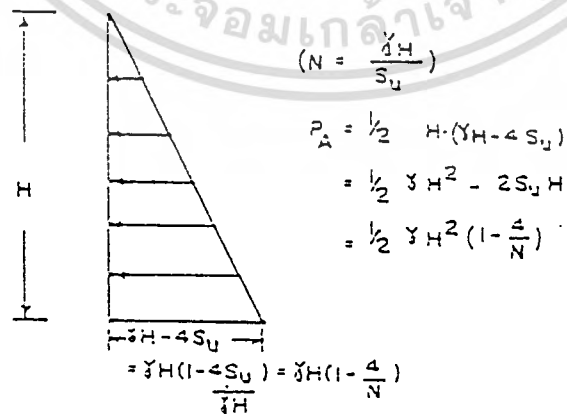
รูปที่ 2.9

รูปการกระจาย Earth Pressure สำหรับดิน Cohesive ( $\phi=0$ )

(a) RANKINE ACTIVE PRESSURE DISTRIBUTION IN COHESIVE SOILS



(b) TRIANGULAR PRESSURE DISTRIBUTION EQUIVALENT TO NET RANKINE FORCE



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลักษณะที่สำคัญคือ การเคลื่อนตัวจะเป็นการหมุนรอบจุดบน (top) การโก่งตัวและการเคลื่อนตัวจะขึ้นอยู่กับแพกเตอร์ต่างๆต่อไปนี้

1. ระยะของ Bracing
2. ความแข็งแรง (Stiffness) ของกำแพง
3. ความแข็งแรง (Stiffness) ของดินที่ด้านล่าง (base) ของกำแพง

โดยปกติลักษณะการเคลื่อนตัวจะมีลักษณะเหมือน Arching Active Condition ดังนั้นการกระจายแรงดันที่มีลักษณะใกล้เคียงกับแรงที่กระทำต่อกำแพงจริงๆ จะเป็นแบบ Parabolic

### ปัจจัยที่ก่อให้เกิด Load กระทำต่อ Strut ได้แก่

1. ความแข็งแรงทนทานและความมั่นคงของการเชื่อมต่อระหว่าง Strut, Wale, และ Wall
2. มีการ Preload ต่อ Strut ก่อนหรือไม่
3. อุณหภูมิของ Bracing ในระหว่างและหลังจากการติดตั้ง (Bracing Load จะเป็นผลมาจากการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ โดยเฉพาะในการขุดดินที่ไม่ได้มีการป้องกันร่มเงา)
4. ระยะห่างของการ Bracing
5. ความแข็งหรืออ่อนของดินใต้ระดับดินที่ขุด
6. น้ำหนัก (Surcharge) ในการก่อสร้าง
7. การเปลี่ยนแปลงของระดับน้ำใต้ดินบ่อยๆ

### การ Design Earth Pressure Diagram

Terzaghi และ Peck (1968) ได้แนะนำให้ใช้ Earth Pressure Diagram สำหรับการออกแบบ Braced Wall ดังแสดงในรูปที่ 2.11 ซึ่ง Strut จะถูกออกแบบให้รับ Load ภายในพื้นที่ระหว่างจุด 2 กลางของ Bracing ด้านบนและด้านล่าง

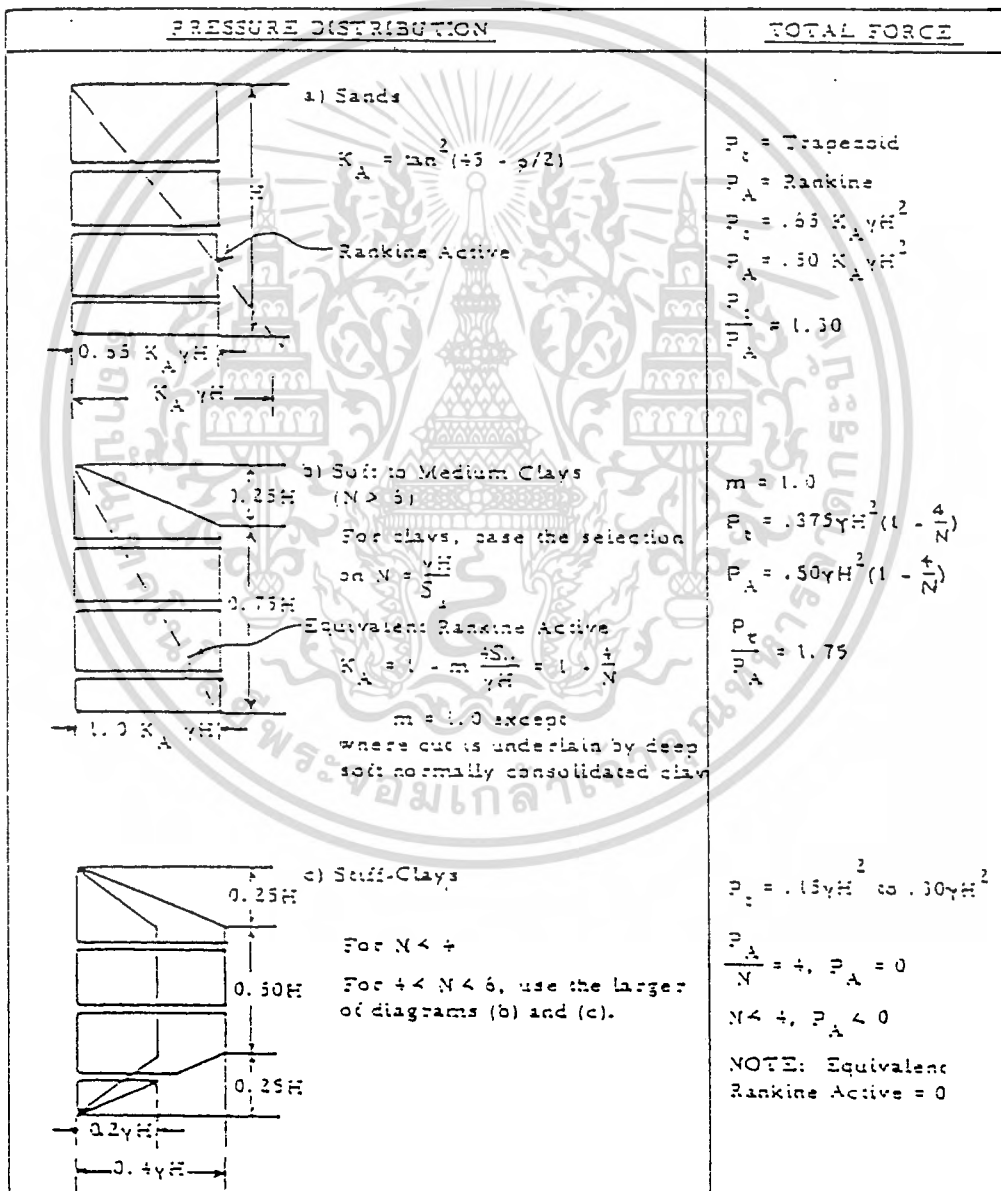
ในกรณีของ Soft to Medium Clay โดอะแกรมที่ใช้ในการออกแบบ ขึ้นอยู่กับ Stability Number, ( $N = \gamma H / S_u$ ) การคำนวณ Earth Pressure ของดิน Clay จะขึ้นอยู่กับ Total Weight of Soil ซึ่งสมมติให้ดินเหนียวมีสภาพเป็น Undrained ดังนั้น Earth Pressure จะขึ้นอยู่กับ Total Unit Weight และ Initial Shear Strength ( $S_u$ ) ของดิน

เมื่อ Stability Number (N) มีค่า 5-6 จะสังเกตว่าโดอะแกรมจะเท่ากับ Rankine Pressure ที่แสดงไว้เปรียบเทียบ ซึ่ง Peck (1969) กล่าวว่าค่า 'm' จะเท่ากับ 0.4 ในดินชนิด Sensitive Clay และจะเท่ากับ 1.0 ในดินชนิด Insensitive Clay

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 2.11

รูปการออกแบบ Earth Pressure Diagram สำหรับ Internal Braced Flexible Wall  
 ( sand, soft to medium clay, stiff fissured clay ) จาก Terzaghi และ Peak (1968)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3. Passive Earth Pressure

แรงดันทางข้างของดินในสภาวะ Passive เป็นแรงที่ต้านทานการเคลื่อนที่ของกำแพงออกจากดินถม ซึ่งสัมประสิทธิ์ของแรงดันทางข้างของดินในสภาวะ Passive สามารถหาได้ดังนี้

$$K_p = p_p/p_v = 1/K_a$$

สำหรับดินที่ไม่มีความเชื่อมแน่นและ  $c = 0$  จะได้

$$\begin{aligned} K_p &= \tan^2 (45 + \phi/2) \\ &= (1 + \sin \phi)/(1 - \sin \phi) \end{aligned}$$

สำหรับดินที่มีความเชื่อมแน่นและ  $\phi = 0$  จะได้

$$K_p = 1 + (2c / \gamma h) = 1 + (q_u / \gamma h)$$

#### 2.2.7 Stability of Retaining Wall

การออกแบบระบบกำแพงกันดิน ความเสถียรภาพ (Stability) มีความสำคัญเป็นอย่างมาก การที่สร้างกำแพงกันดินอยู่ติดกับดินที่มีมวลมาก ๆ ความไม่เสถียรภาพก็จะเกิดขึ้น โดยในกรณีที่เกิดโมเมนต์ที่ไม่สมดุลกัน ทำให้เกิดพังทลาย เรียกว่า การเกิด Overturn ส่วนในกรณีที่เกิดการพังทลายเนื่องจากแรงเฉือนตามบริเวณผิวลาด (Slip surface) มักจะเกิดกับดินที่มีมวลมากรอบ ๆ กำแพงจะทำให้ดินเคลื่อนตัว (Slide) ในที่สุด

##### 1. Overturning

พิจารณาได้จาก รูปที่ 2.12 การพังทลายจะเกิดกับกำแพงกันดินบริเวณรอบ ๆ จุด a โดยผลรวมของโมเมนต์ที่จุด a ดังสมการ

$$P_p/a = P_p/p + Wl_w$$

โดยมีค่า Safety factor ( $F_s$ ) ดังสมการ

$$P_a/a = \frac{1}{F_s} (P_b/b + Wl_w)$$

ปกติค่า Safety factor  $\leq 1.5$

รูปที่ 2.10  
รูปลักษณะการเคลื่อนตัวของ Internally Braced Cofferdam



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2. Sliding

ผลจากการเคลื่อนตัว (Slide) เกิดจากการที่หน่วยแรงเฉือน (Shear Stress) ตามผิวลาดของดินเพิ่มขึ้นจนมีค่าเท่ากับกำลังแรงเฉือนของดิน (Shear Strength) **ดังแสดงในรูปที่ 2.13** (จากตัวอย่างของ Henkel, 1957) ประกอบไปด้วยผิวลาด bc อยู่ในโซน Active มาบรรจบกับผิว ab ที่ฐานของกำแพงกันดินและผิวลาด ad ที่อยู่ในโซน Passive ค่าความปลอดภัยของผิวลาดสามารถคำนวณจากผลรวมของแรงในแนวราบ จะได้สมการ

$$P_p \cos \delta + S = P_a \cos \delta$$

โดย  $S$  = ความต้านทานแรงเฉือน (Shearing resistance) ระหว่างดินกับฐานกำแพงกันดิน ในกำแพงกันดินที่เป็นคอนกรีต ค่า  $S$  จะประมาณให้เท่ากับ ค่า  $S$  ของดินดังสมการ

$$S = B_c + F_n \tan \phi$$

ค่ากำลังเฉือนของดินได้แสดงในสมการ จากนั้นค่า Safety factor หาได้จาก

$$F_n = (P_p \cos \delta + S) / P_a \cos \delta$$

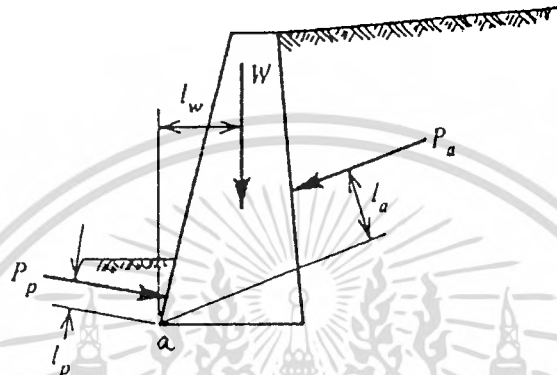
สำหรับกรณีของ Cohesionless Soils ปกติจะพิจารณาที่สภาวะวิกฤติ (Critical Condition) สำหรับดินทั่วไป จะคำนวณจากหน่วยแรงเฉือนประสิทธิผลของกำลังแรงเฉือนของดิน (effective stress shear strength) ในกรณีของความดันเนื่องจากน้ำสามารถประมาณจากระดับน้ำใต้ดินที่คาดว่าจะเกิดในอนาคต

ความต่างของผิวลาด (potential slip surface) ที่มีมากนั้นขึ้นอยู่กับสภาพลักษณะของชั้นดิน ถ้าบริเวณดังกล่าวเป็นชั้น medium หรือ soft clay จะเกิดผิวลาดที่เป็นลักษณะวงกลม (Circular slip surface) **ดังในรูป 2.14** ความร้ายแรงของผิวลาดดังกล่าวจะยิ่งลึกมากในกรณีที่ใช้ soft material

วิธีที่จะใช้ให้เหมาะกับปัญหาเสถียรภาพของดินที่มีลักษณะไม่ใช่เนื้อเดียวกันตลอดและสภาพเนื่องจากแรงดันของน้ำ ขนาดของดิน abcd (รูปที่ 2.15) ซึ่งแบ่งเป็นหมายเลขตามชั้นส่วนต่างๆ (segment) แรงที่เกิดขึ้นแต่ละชั้น จะมาจากความสมดุลของชั้นนั้นๆ ความสมดุลจะพิจารณาจากผลรวมของแรงทั้งหมดที่กระทำบนทุกๆชั้นส่วน

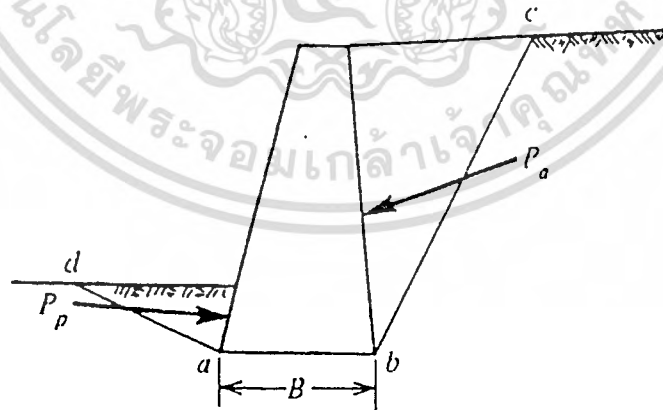
## รูปที่ 2.12

รูปแสดงความเสี่ยงภาพต่อการเกิด Overtun



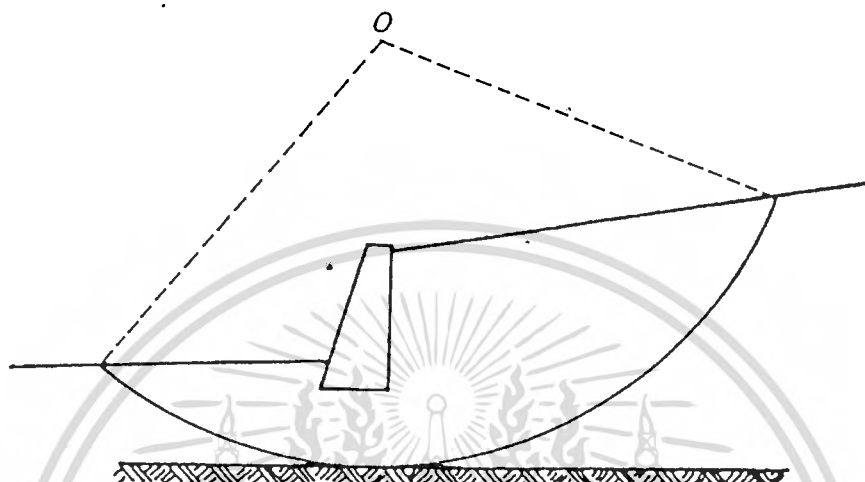
## รูปที่ 2.13

รูปแสดงความเสี่ยงภาพต่อการเกิด Sliding

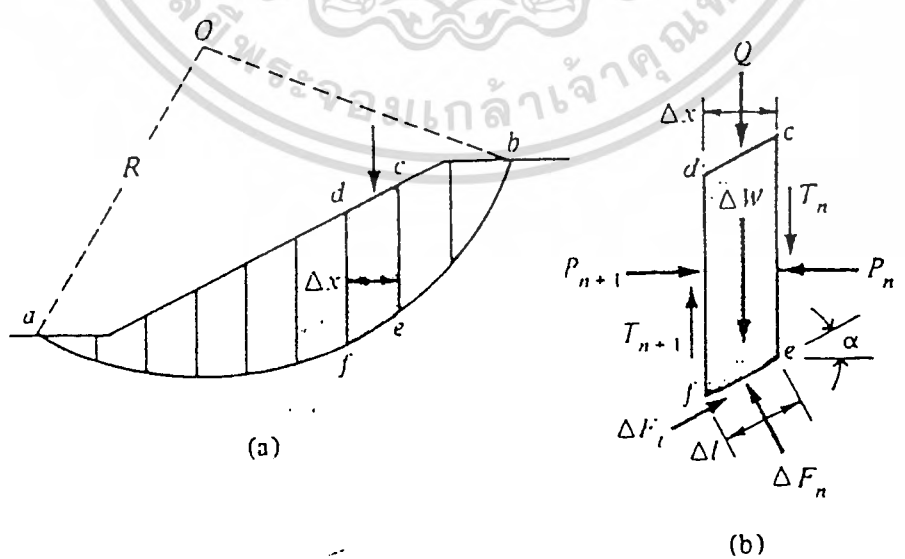


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 2.14  
รูปแสดงนิพจน์แบบวงกลม



รูปที่ 2.15  
รูปแสดงการวิเคราะห์ความเสถียรภาพโดยวิธีการตัดชิ้นส่วน



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พิจารณาแรงที่เกิดช่วง cdfc แรงประกอบไปด้วย น้ำหนัก ( $\Delta W$ ) ของชิ้นส่วนที่ตัดออกมา , น้ำหนักที่กระทำบน Surface ( $Q$ ) , normal และ shear force ( $\Delta F_n$  และ  $\Delta F_t$ ) ที่กระทำบนผิว ef normal และ shear force ( $P_n, T_n, P_{n+1}$  และ  $T_{n+1}$ ) บนแนวตั้งของ ce และ df

การหาค่าตอบโดยวิธีประมาณค่า นั้น จะทำให้ค่าของ  $P_n$  กับ  $T_n$  เท่ากับค่า  $P_{n+1}$  กับ  $T_{n+1}$  ในทิศทางตรงกันข้ามกัน และทับกันพอดี โดยผลลัพธ์ที่ออกมาจะ error ประมาณ 15% ใน safety factor ที่ยอมรับได้ ค่าของ safety factor จะหาจากผลรวมของโมเมนต์ที่ศูนย์กลางการหมุน

$$F_s = \frac{\sum [c\Delta l + (\Delta W + Q) \cos \alpha \tan \phi]}{\sum (\Delta W + Q) \sin \alpha}$$

โดยปริมาณของ  $\Delta l$ ,  $\Delta W$ ,  $Q$  และ  $\alpha$  จะพิจารณาในแต่ละชิ้นส่วน การวิเคราะห์ที่ผ่านไม่ได้แบ่งระหว่าง total stress และ effective stress สามารถนำตัวใดมาใช้ก็ได้ ในกรณีนี้ ความต้านทานแรงเฉือนบนชิ้นส่วนในผิวลาดมาจาก

$$\begin{aligned} s \Delta l &= [ \bar{c} + (\sigma - u) \tan \bar{\phi} ] \Delta l \\ &= \bar{c} \Delta l + [ (\Delta W + Q) \cos \alpha - u \Delta l ] \tan \bar{\phi} \end{aligned}$$

โดยมีค่า safety factor คือ

$$F_s = \frac{\sum \bar{c} \Delta l + [ (\Delta W + Q) \cos \alpha - u \Delta l ] \tan \bar{\phi}}{\sum (\Delta W + Q) \sin \alpha}$$

ในกรณีที่เป็ดินที่ยุบตัวมาก หรือ stiff clay การพังทลายจะเกิดขึ้นบริเวณแนว horizontal หรือ ประมาณให้ขนานไปกับระดับผิวดิน ดังแสดงในรูปที่ 2.16

เสถียรภาพความลาดจะคำนวณโดยวิธีของ Morganstern และ Price (1965) สำหรับการคำนวณโดยวิธีการประมาณนี้ ทำโดยการกำหนด Block ของ abde เป็น free body แรงที่กระทำบน ab และ cd จะประมาณค่าจากการสมมติให้เท่ากันของแรงดัน Active และ Passive โดยผิวของ bd จะกำหนดให้เป็นแผ่นระนาบ และหน่วยต้านทานแรงเฉือนจะกระทำตามแนว bd ดังสมการ

$$S = cl + W \cos\alpha \tan\phi$$

เมื่อ  $l$  = ระยะทางของ  $bd$

$$W = \text{น้ำหนักของชิ้นส่วน } abdc$$

โดย safety factor คือ

$$F_s = \frac{P_p + S}{P_a + W \sin\alpha}$$



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### บทที่ 3

## เทคนิคการก่อสร้าง Diaphragm Wall & Secant Pile Wall

### 3.1 ขั้นตอนการก่อสร้าง Diaphragm Wall

1. Survey เพื่อหาแนวโดยกำหนดค่าพิกัด x,y ของแนวกำแพงจากแนวอ้างอิง
2. ทำ Guide wall เพื่อกำหนดแนวของกำแพง และควบคุมให้การขุดกำแพงเป็นไปในแนวตั้ง  
วิธีการทำโดยขุดดินลึกประมาณ 1-2 เมตร ก่อนในบริเวณที่จะทำหลุมขุด เพื่อจะตั้งแบบสำหรับทำ Guide wall กับคอนกรีตเสริมเหล็ก 2 อันห่างกัน เท่ากับความกว้างของ D-wall รวมกับ clearance 25 mm (minimum) และ 50 mm (maximum) หลังจากทำ Guide wall แล้วจะมีการเอาไม้มาค้ำขึ้น  
กันการเคลื่อนตัวของ Guide wall ถ้ากำแพงโค้ง Clearance จะต้องมากขึ้น ผนังกำแพงต้องถูกควบคุมให้ได้ตั้ง โดยยอมให้คลาดเคลื่อนได้ไม่มากหรือน้อยกว่า 15 mm ในความสูง 3 m ต้องเช็คความสูงให้ได้ระดับเพื่อให้การขุดได้ความลึกที่ถูกต้อง Guide wall มักมีรูปร่างเป็นสี่เหลี่ยมเป็นคานคอนกรีตเสริมเหล็ก ที่มีเหล็กเสริมต่อเนื่องด้านหลัง Guide wall การสร้างเป็น Slab คอนกรีตเพื่อให้รถเครนที่มีน้ำหนักมากกว่า 11 ตัน และอุปกรณ์อื่นๆ ทำงานได้สะดวก ระดับของ Bentonite จะต้องถูกรักษาให้สูงกว่าระดับน้ำใต้ดินประมาณ 1 m แต่ต้องอยู่ใต้ระดับ Guide wall ที่ฐานของ Guide wall จะมีการเท lean concrete หนาประมาณ 20-30 cm. เพื่อกันแนวของ Guide wall ทั้งสองบัพเข้าหากัน นอกเหนือจากการใช้ Bracing

จุดประสงค์ของ Guide wall เพื่อที่จะรักษาปากหลุมขุด (Trench) ตรงบริเวณที่ถูกดันจากแรงเนื่องจากน้ำหนักของอุปกรณ์ เป็นการรักษาปากหลุมให้คงที่ ไม่เปิดกว้างจากผลของ Grab ที่อาจไม่ตรงตำแหน่งในตอนเริ่มขุด และไม่เปิดกว้างจากการบีบ Bentonite ใหม่ลงไปหลุม นอกจากนี้ยังใช้บังคับ Grab ให้ขุดได้ตรงตำแหน่งตามเส้นทางและให้ดีด้วย

3. เริ่มขุดดินโดยใช้ Grab ในการขุดจะมี Bentonite slurry อยู่ในหลุมตลอดตั้งแต่เริ่มขุดเพื่อป้องกันดินร่วงลงไปในพื้นที่หลุม วิธีขุดคล้ายเสาเข็มเจาะต่างกันที่การใส่เหล็กเสริมของกำแพงกันดินใส่เหล็กตลอดความลึกของกำแพง สำหรับลำดับการขุดจะขุด Primary panel ก่อน แล้วทำจนเสร็จขบวนการ จึงจะเริ่มทำ Secondary panel ที่อยู่ระหว่าง Primary panel หลังจากขุดดินแล้วจะใส่ท่อ Tremie ลงก้นหลุม แล้วใช้บีมต่อกับท่อ Tremie เพื่อทำ Air lift ดูดทรายจากก้นหลุมพร้อมกับ Bentonite จากนั้นจึงนำไปเข้าเครื่อง Desander แยกทรายออกจาก Bentonite โดยระหว่างการทำ Air lift จะมีการเติม Bentonite slurry ที่ผ่านการ Desand แล้วกลับลงไปหลุมขุดตลอดเวลา

4. หลังจากทำความสะอาดกันหลุมแล้วใส่ stop end element ลงทั้งสองข้างของหลุมเจาะ เพื่อเป็นแบบทางด้านข้างและเป็นที่ยึด water stop จากนั้นลงเหล็กเสริมเนื่องจากเหล็กเสริมมักจะมีควมยาวมาก จึงแบ่งออกเป็นช่วง หย่อนลงทีละช่วงแล้วเชื่อมติดกัน

### เหล็กเสริม reinforcement

เหล็กเสริมจะถูกผูกติดกันตามแบบ ก่อนเป็น cage และจะถูกนำไปใส่ยังหลุมขุดที่มี Bentonite ที่ผ่านการตรวจสอบคุณสมบัติ และ desand แล้ว โดยเฉพาะอย่างยิ่งต้องตรวจสอบคุณสมบัติ Bentonite ที่กันหลุมให้ดี

Reinforcement Cage จะถูกออกแบบให้มีความแข็งแรง พอที่จะรับแรงที่เกิดขึ้นมากระหว่างการยกและนำไปใส่ และสามารถต้านทานต่อการยกตัวเมื่อเทคอนกรีต ดังนั้นเหล็กผูก (Tie bar) จะต้องมีอยู่มากพอ นอกจากนี้ต้องมีช่องพอให้ใส่ท่อ Tremie ประมาณ 4-6 นิ้ว ลงไปได้โดยสะดวก เพื่อที่จะให้เหล็กเสริมลงไปตรงกลาง ควรมีการติด rolling spacer ไว้ตามระยะบนเหล็กแนวราบ อย่างไรก็ตาม spacer อาจเข้าไปฝังกับดินได้ถ้าดินนิ่ม จึงควรมีการใช้ bar spacer กันที่ปากหลุม

เนื่องจากหลุมขุดมักจะมีควมลึกมาก จึงเป็นการยากที่จะใส่เหล็กลงไปทีเดียว นอกจากนั้น น้ำหนักเหล็กเสริมอาจถูกควบคุมด้วยอุปกรณ์ที่ไ้ยาก , พื้นที่บริเวณ site ทำให้ต้องแบ่งเหล็กเสริมเป็นส่วน ๆ ส่วนที่อยู่ต่ำกว่าจะถูกใส่ลงในหลุมก่อน จนกระทั่งส่วนบนถึงปากหลุม แล้วก็จะแขวนไว้ที่ปากหลุมก่อน แล้วจึงนำส่วนต่อปลายมาติดด้วย bolt ก่อนจึงหย่อนลงไป

ปัญหาสำคัญอย่างหนึ่งในการทำ D-wall คือการเชื่อมเหล็กเสริมของ slab เข้ากับเหล็กเสริมของ D-wall ในขั้นตอนการสร้างส่วนฐานจากการใช้เหล็กเสริมพิเศษใน D-wall ที่ตำแหน่งซึ่งจะมีการเชื่อมกัน เหล็กนี้จะถูกงอกลับ ซึ่งตำแหน่งของมันจะยอมให้มีการคลาดเคลื่อนตามแนวตั้ง ประมาณ 5 cm.

### เหล็กเสริมโดยทั่วไปจะมีลักษณะดังนี้

- เหล็กเสริมในแนวราบไม่ต่อเนื่องกันในแต่ละ panel ดังนั้นแต่ละ panel จะเสริมเหล็กเป็นอิสระต่อกัน โดยเหล็กจะอยู่ห่างกันประมาณ 40 cm.

- ใน panel เดียวกันจะใช้เหล็กที่มี grade เดียวกันและการเชื่อมต่อเหล็กต้องเป็นไปตามข้อกำหนด ใช้กำลังของเหล็ก  $4000 \text{ kg/cm}^2$

- covering 6-7 cm. สำหรับเหล็กเสริมหลักซึ่งควบคุมได้โดยใช้ Rolling spacer

- การผูกเหล็กนิยมผูกที่ site งานเลย เพื่อหลีกเลี่ยงการโก่งตัวระหว่างการขนส่งถ้าผูกที่โรงงาน (Yard)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### ข้อควรระวังในการขนย้ายและการผูกเหล็กเสริม

- 1) bracing ของเหล็กเสริมจะต้องห่างพอที่จะใส่ท่อ Tremie ลงได้โดยสะดวก
- 2) bottom of cage จะสูงกว่ากันหลุมประมาณ 30 cm.
- 3) ด้านหลังของ cage ควรจะทาสีไว้ เพื่อจะได้ใส่ลงได้ถูกด้าน
5. ลงท่อ Tremie แล้วตรวจระดับกันหลุมให้ท่อ Tremie ห่างจากกันหลุมประมาณ 5-10 cm. จากนั้นเทเม็ท foam ลงไปในท่อ Tremie เพื่อเป็นตัวกันระหว่างคอนกรีตและ Bentonite ไม่ให้รวมกัน เพราะคอนกรีตจะดัน Bentonite ให้ไปดันทรายกันหลุมพุ่งออกไป จากนั้นจึงเทคอนกรีตแล้วทิ้งไว้ 24 ชม. แล้วจึงดึง stop end element ออกด้วยเครื่อง Hydraulic แล้วจึงทำ primary panel ตัวต่อไป

### การเทคอนกรีต

ระหว่างการเทคอนกรีตจะสูบล Bentonite กลับไปยังเครื่อง Desander อยู่ตลอดเวลา การเทควรเทให้เร็วที่สุดหรือไม่เกิน 4-5 ชม. หลังจากจุดเสร็จ เวลาที่จะใช้ในการเทขึ้นอยู่กับขนาดของ panel ปริมาตรของหลุมขุด, ปริมาณคอนกรีตที่จัดส่งให้, เส้นผ่านศูนย์กลางและจำนวนของท่อ tremie

ความยาวของท่อ Tremie ที่จมอยู่ในคอนกรีตไม่ควรเกิน 4-6 cm. ถ้าจมถึงระดับนี้ให้ยกท่อ Tremie ขึ้นจนถึงระดับที่จมประมาณ 2-4 cm. (ท่อ Tremie ขนาด 0.2 m สามารถเทคอนกรีตได้ประมาณ 15-20 m<sup>3</sup>/hr.)

ปริมาณคอนกรีตที่เทและความสูงของคอนกรีตที่หลุมจะต้องถูกบันทึกไว้ทุกๆคันรถ เพื่อเช็คปริมาณคอนกรีตที่ใช้ นอกจากนี้ยังสามารถใช้ตรวจสอบได้ด้วยว่าหลุมขุดนั้นมีการพังทลายมากเกินไปหรือไม่ โดยยอมให้ปริมาณคอนกรีตที่เทมากเกินไปกว่าที่ควรจะเป็นประมาณ 20%

ความต่อเนื่องของการส่งคอนกรีตเป็นสิ่งสำคัญมาก การเทควรเสร็จใน 4-6 hr. การขาดความต่อเนื่องจะเป็นโอกาสให้เกิด ชั้นของ slurry cement ขึ้น ซึ่งเวลาที่จะยอมให้สูงสุดประมาณ 30-40 min ถ้ามากกว่านี้อาจเกิดการเซ็ทตัวของคอนกรีต ก่อนที่จะเทเสร็จ

คอนกรีตจะต้องมี Workability และ Fluidity สูง เพื่อให้สามารถไหลลงได้อย่างดี ท่อ Tremie จะต้องฝังอยู่ในเนื้อคอนกรีตอย่างต่อเนื่อง

ปริมาณคอนกรีตอย่างน้อยมีปูนซีเมนต์ 400 kg/cm<sup>3</sup> (British codes)

- Minimum slump 15 cm.

- กำลังคอนกรีต 320 kg/cm<sup>3</sup>

6. ทำกำแพงกันดินจนครบแล้วจึงทำ capping beam เพื่อรัดกำแพงกันดินแต่ละ panel เข้าด้วยกัน และทำให้ settlement เกิดขึ้นเท่ากัน สำหรับการออกแบบ capping beam จะเป็นเสมือนคานที่

เอกสารนเป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อใช้ในการศึกษาเท่านั้น เมื่อผู้ยืมได้หนังสือเรียบร้อยแล้วกรุณาส่งคืน  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มี secondary panel เป็น load กระทำ แล้วจึงถ่ายน้ำหนักไปสู่ primary panel ซึ่งเป็นเหมือนที่รองรับอยู่ทั้งสองข้าง

ในบางจุดของกำแพงกันดินจะมีการติดตั้งท่อสำหรับใส่ Inclinator เพื่อตรวจสอบการเคลื่อนตัวของดิน โดยจะฝังท่อนี้ไว้พร้อมกับการใส่เหล็กเสริม โดย Inclinator จะทำการอ่านค่าระยะที่กำแพงกันดินเคลื่อนตัวทางด้านข้างเนื่องจากแรงดันของดิน ที่ระดับความลึกต่างๆ

### Panel joint

บริเวณรอยต่อของแต่ละ panel โดยทั่วไปมักจะไม่มีเหล็กเสริมเป็นบริเวณที่ใช้คอนกรีตยึดกัน เป็นลักษณะของ shear key shear key จะมีแบบต่างๆตามลักษณะของ stop end element หรืออุปกรณ์ที่ใช้ขุด เช่น ขุดด้วย grab จะเกิด shear key รูปร่างตามแบบของ stop end (Formwork) หรือการขุดด้วย Hydrofraise จะเกิด shear key ตามรูปร่างของมิดที่เป็นหัวขุด (key joint) นอกจาก shear key เหล่านี้จะทำให้แต่ละ panel ยึดติดกันเป็นกำแพงแผ่นเดียวแล้วมันยังสามารถกันน้ำซึมได้พอสมควร โดยเฉพาะลักษณะของ key joint ซึ่งมีระยะทางที่น้ำต้องซึมผ่านมากกว่า Formwork อย่างไรก็ตามถ้าต้องการจะกันน้ำซึมให้ได้ผล สามารถติดตั้งแผ่น water stop ได้

ถึงแม้รอยเชื่อมโดยทั่วไปที่ไม่มีเหล็กเสริมจะสามารถกันน้ำซึม และยึดติดกันได้ดีพอสมควร แต่ในญี่ปุ่นมีการทำ panel joint โดยการเชื่อมกันด้วยเหล็กเสริมไปตลอดแนว โดยมีการติดตั้งแผ่นพลาสติกเพื่อกัน concrete ที่เทอยู่ให้อยู่ในลักษณะเป็น panel วิธีนี้นับว่าเป็นวิธีที่ดีที่สุดอันหนึ่ง เพราะมันทำให้เกิด D-wall มีที่เหล็กเสริมต่อเนื่องกันตลอดแนวกำแพง แทนที่จะแบ่งเหล็กเสริมเป็น panel

panel joint ของ panel ที่มีรูปร่างต่าง ๆ กัน เช่น เมื่อ buttress (รูปตัว T) เชื่อมกับ D-wall ธรรมดา เมื่อต้องการต่อเชื่อมกันก็จะใช้ panel joint ลักษณะต่างๆ

บริเวณมุมของ D-wall จะมีการใส่เหล็กเสริมสองชั้นทำมุมจากกันโดยไม่มีเขี้ยวให้เหล็กเสริมเกี่ยวกัน แล้วจึงเทคอนกรีตเชื่อมเป็นชั้นเดียวกันเป็นรูปมุมจาก D-wall ชั้นที่อยู่ตรงมุมไม่จำเป็นจะต้องเป็น primary panel ทั้งนี้ให้ก่อสร้างไปตามความเหมาะสมของหน้างาน

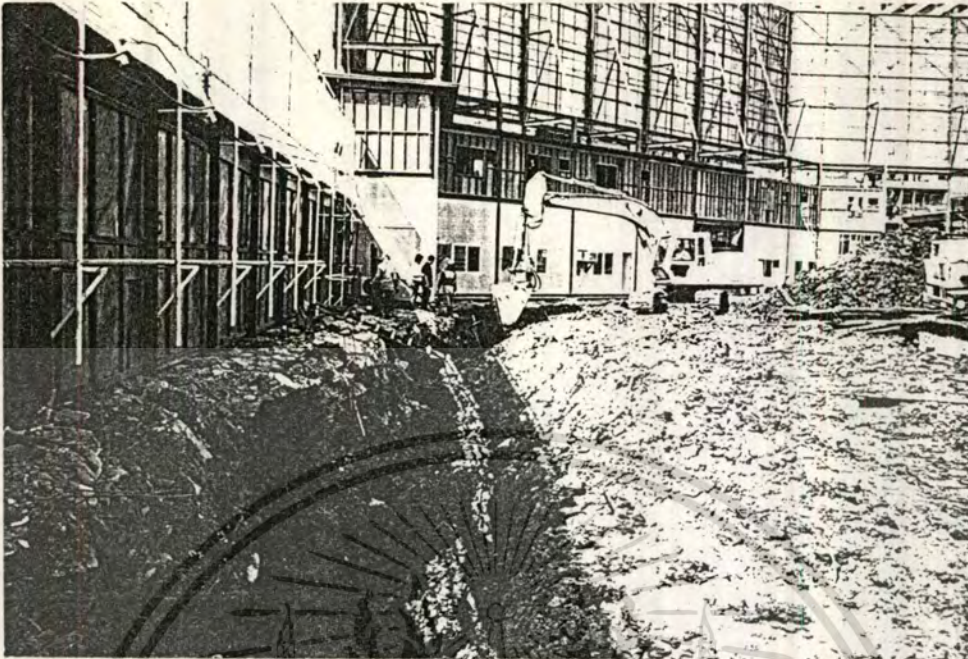
## รูปที่ 3.1

รูปแสดงขั้นตอนในการก่อสร้าง Diaphragm wall

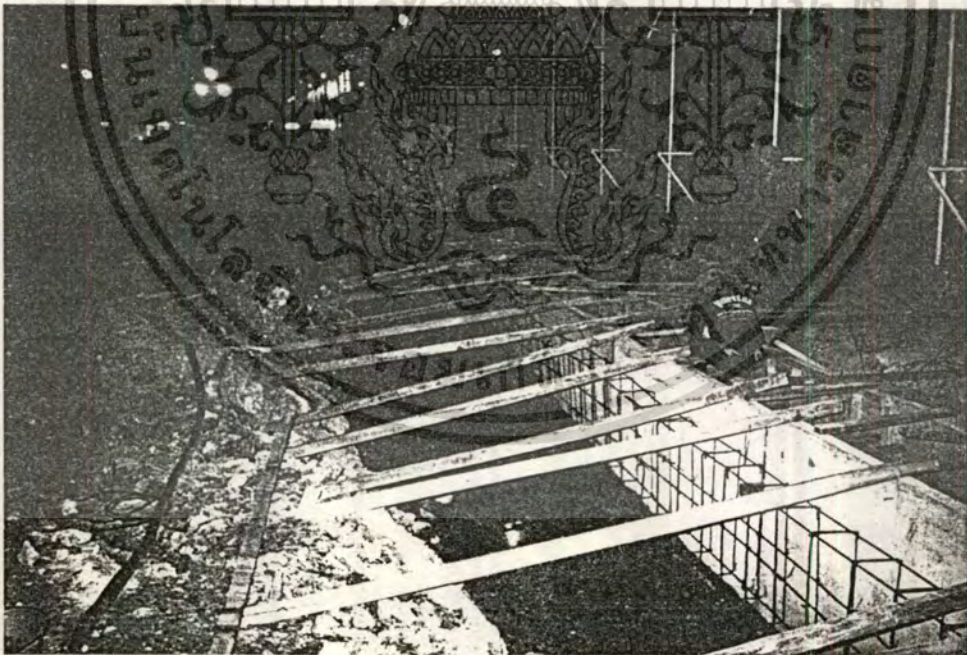


1. ดำเนินการวางแนวและขุดดินเพื่อทำ Guide wall ลึกประมาณ 1 m กว้างประมาณ 2 m

หมายเหตุ ในกรณีที่ตำแหน่งที่จะทำนั้นมีฐานรากและเสาเข็มเก่าต้องทำการรื้อถอน



2. แสดงภาพประกอบการดำเนินขุดดินเสร็จเรียบร้อย (Guide wall)



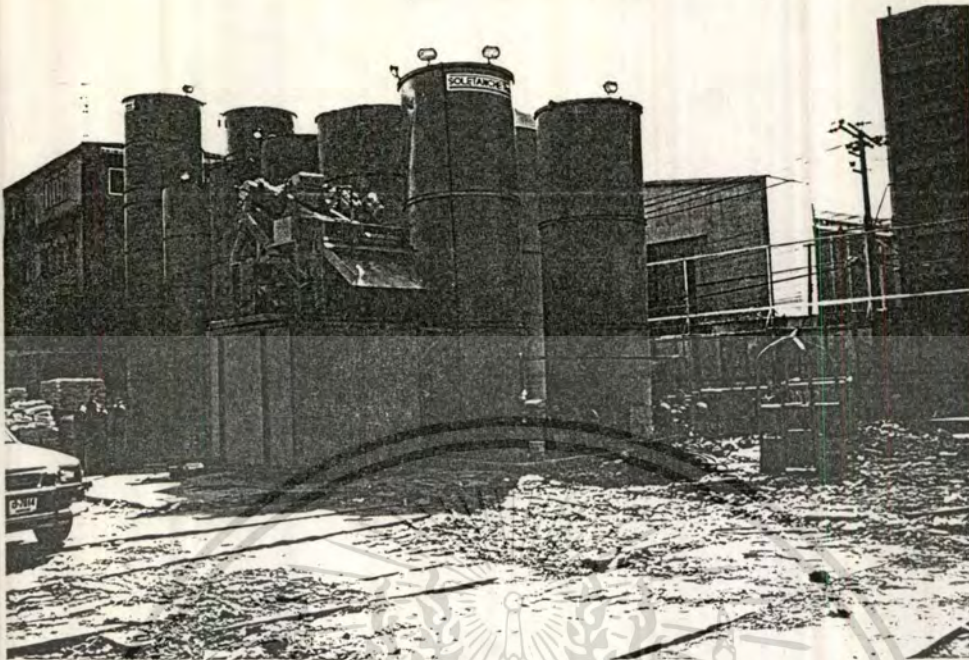
3. ติดตั้งไม้แบบ โดยยึดแนวขอบด้านในของ D-wall โดยความกว้างของไม้แบบ = 0.86 ,1.06 m. สำหรับ D-wall หน้า 0.80, 1.00 m. ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



4. แสดงภาพประกอบหลังดำเนินการเทคอนกรีต Guide wall เสร็จเรียบร้อยแล้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

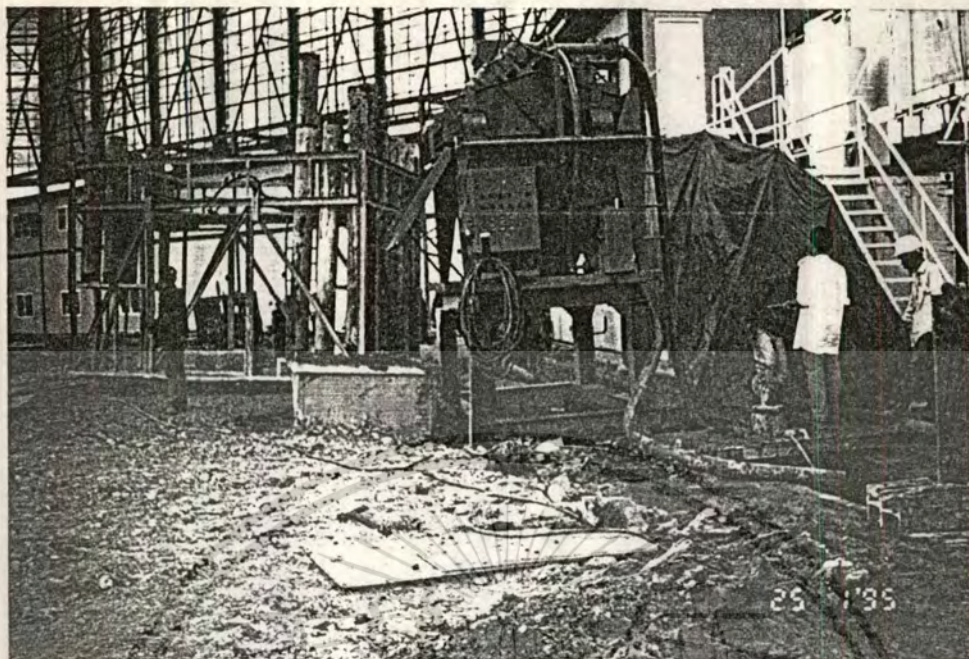


5. แสดงภาพประกอบสถานที่ติดตั้งถังเก็บ bentonite ประจำหน่วยงาน



6. แสดงภาพประกอบการดำเนินงานขุดดินเพื่อทำ Diaphragm wall

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

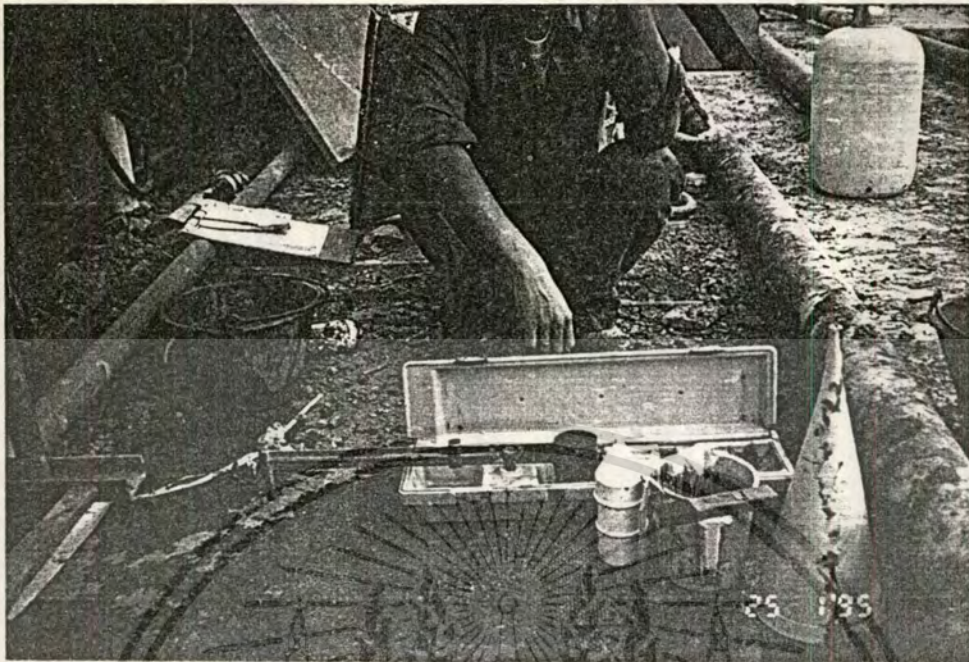


7. แสดงภาพประกอบการดำเนินงาน Desanding หลังจากชุดดินเสร็จเรียบร้อยแล้ว โดยจะต้อง ตรวจสอบคุณสมบัติของ bentonite เป็นระยะๆ



8. แสดงภาพประกอบการดำเนินงานตรวจสอบ Bentonite โดยตรวจสอบหาค่า pH

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

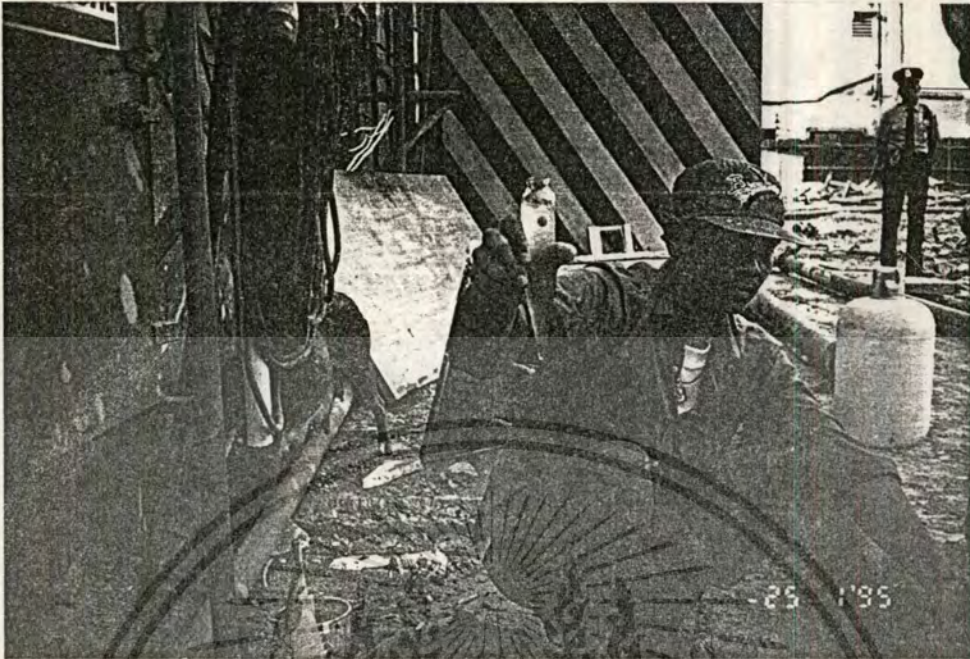


9. แสดงภาพประกอบการดำเนินงานตรวจสอบ Bentonite โดยตรวจสอบค่า Density

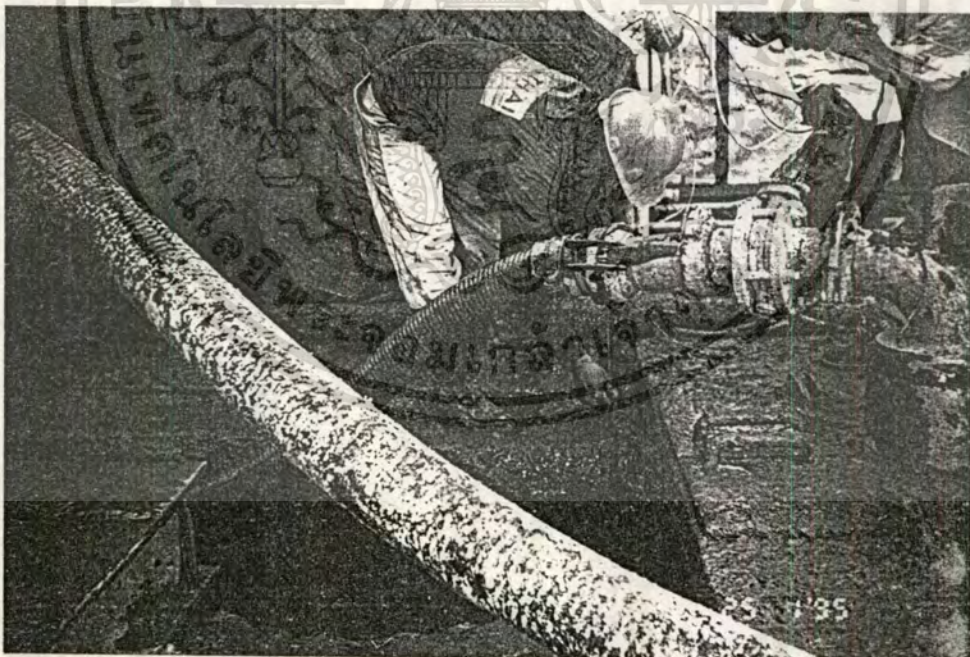


10. แสดงภาพประกอบการดำเนินงานตรวจสอบ Bentonite โดยตรวจสอบค่า Viscosity โดย ต้องอยู่ระหว่าง 30 - 90 SEC

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



11. แสดงภาพประกอบการดำเนินงานตรวจสอบ Bentonite โดยตรวจสอบหาค่า Sand Content ซึ่งจะต้องไม่เกิน 6%



12. แสดงภาพประกอบการดำเนินงานตรวจสอบความลึกของหลุมเจาะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



13. แสดงภาพประกอบการดำเนินงานเตรียมงานเหล็กเสริม Diaphragm wall

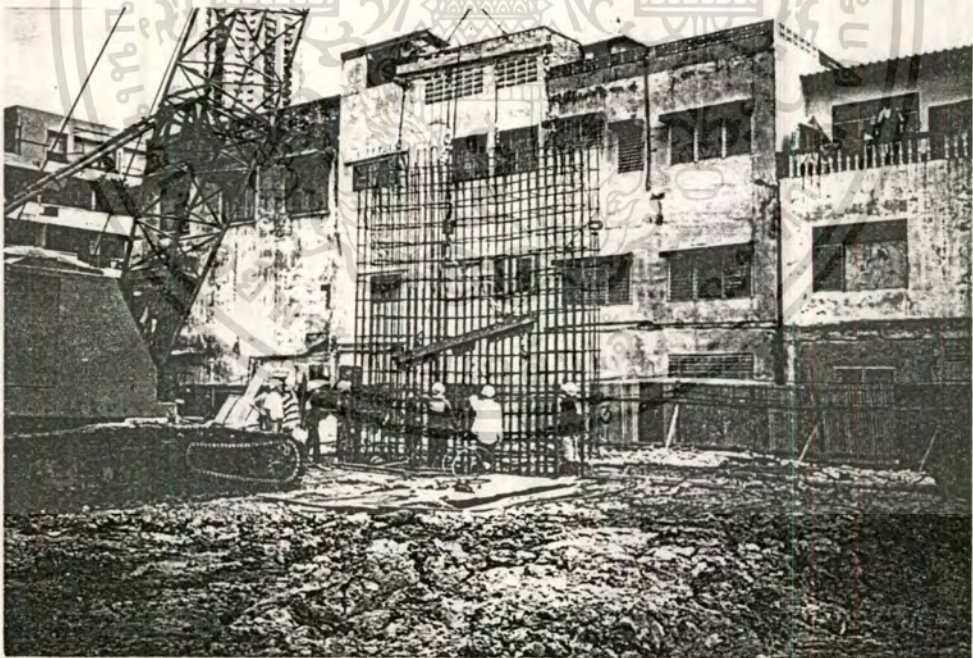


14. แสดงภาพประกอบการดำเนินงานเข็นเหล็กเสริม Diaphragm wall ก่อนนำไปใช้งาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

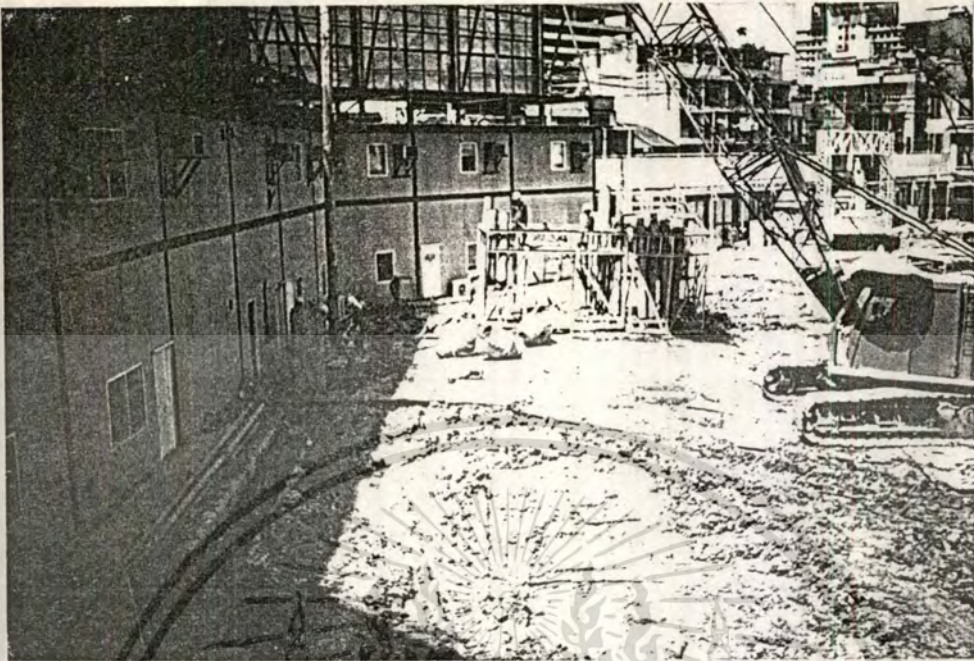


15. แสดงภาพประกอบการดำเนินงานติดตั้ง Water stop กับเหล็กกันระหว่าง Panel



16. แสดงภาพประกอบการดำเนินงานยกเหล็กเสริม Diaphragm wall ใส่งในหลุมเจาะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



17. แสดงภาพประกอบการดำเนินงานยกท่อ Tremie ที่ใช้ในการเทคอนกรีตใส่ลงในหลุมเจาะ



18. แสดงภาพประกอบการดำเนินงานตรวจสอบคุณสมบัติของคอนกรีตซึ่งจะต้องอยู่ระหว่าง 18 - 20 cm และเก็บตัวอย่างเพื่อนำไปทดสอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



19. งานเทคอนกรีต Diaphragm wall



20. แสดงภาพประกอบแนว Diaphragm wall หลังจากเทคอนกรีตเสร็จเรียบร้อยแล้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.2 ขั้นตอนการก่อสร้าง Secant Pile Wall

#### 1. ชนิดของกำแพง

Secant pile wall จะถูกสร้างเป็นแถวเรียงสลับกันระหว่าง Secondary piles เส้นผ่านศูนย์กลาง 1200 mm มีเหล็กเสริมข้างใน กับ Primary piles เส้นผ่านศูนย์กลาง 1225 mm ไม่มีเหล็กเสริมข้างใน โดย Primary piles และ Secondary piles จะเกาะประสานเรียงสลับกันอยู่

เพื่อให้ load ที่ถ่ายน้ำหนักลงมาส่งผ่านระหว่าง primary และ Secondary piles ดังนั้น Secant pile wall จะมีรอยเชื่อมต่อระหว่างกันกว้างประมาณ 200 mm

#### 2. โปรแกรมการทำงาน

การจัดลำดับการทำงานในกลุ่มซึ่งมีเข็ม 5 ต้นจะจัดเรียงลำดับการทำงานดังนี้ คือ 1 5 3 2 4 โดยเลขที่ 1 จะแทน Primary piles และ เลขที่ 5 จะแทน Secondary pile การจัดลำดับของกลุ่มถัดไปก็จะจัดในลักษณะเดียวกัน

การเริ่มต้นทำ Secondary piles ต่อจาก Primary piles จะทำได้ก็ต่อเมื่อ เข็ม Primary pile ต้นสุดท้ายมีอายุอย่างน้อย 12 ชั่วโมงโดยทั่วไปจะกำหนดอายุที่ 18 ชั่วโมงเป็นช่วงเวลาที่เหมาะสม

### 3. ขั้นตอนการก่อสร้าง

#### 3.1 guide wall

ก่อนที่จะเริ่มก่อสร้าง Secant pile wall จะต้องมีการสร้าง Guide wall คอนกรีตเสริมเหล็กในแนวขนานกับแนวกำแพงที่จะสร้างจริง Guide wall จะถูกสร้างก่อนที่จะเริ่มขุด โดยรูปแบบของมันจะเป็นควบคู่ขนานกัน ยึดติดแน่นในแนวระดับ แยกต่างหากออกจากกัน Guide wall จะถูกสร้างให้มีความถูกต้องทั้งความตรงและระดับ เพื่อให้ตำแหน่งของ piles ที่ระดับพื้นผิวมีความถูกต้องตาม การเซ็ทแนวกำแพงทั้งหมดจะต้องทำโดยนักสำรวจที่มีใบอนุญาต และจะต้องมีการตรวจสอบเป็นระยะๆ เพื่อให้มั่นใจว่าไม่มีความผิดพลาด อันเนื่องมาจากขั้นตอนการก่อสร้าง

#### ลำดับขั้นตอนในการติดตั้ง

- ขุด trench
- เซ็ทแนวแกนและจุดหมุน (โดยนักสำรวจ)
- วาง blinding concrete ไว้ที่ระดับพื้นดินเพื่อใช้รองรับไม้แบบ
- ติดตั้งไม้แบบสำเร็จรูปพร้อมด้วยตัวค้ำยันให้แข็งแรง
- ตรวจสอบตำแหน่งไม้แบบอีกครั้งหนึ่งให้แน่ใจโดยนักสำรวจ

เอกสารนี้เป็น เอกชนกริธา วไลยธรรม สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ถอดไม้แบบออก

ขั้นตอนเหล่านี้จะกระทำอย่างต่อเนื่องไปตามเส้นรอบรูปทั้งหมดของหน้างานในรูปแบบการทำเป็นชั้นๆ

### 3.2 การขุดเจาะ

#### 3.2.1 การขุดเจาะ Primary piles : (ไม่เสริมเหล็ก)

Primary piles จะถูกขุดด้วยเครื่องมือไฮดรอลิก BG เส้าเข็มทุกต้นจะถูกขุดโดยการใส่ปลอกเหล็กชั่วคราวกดลงไปทีระดับความลึกมากกว่าส่วนที่ต่ำสุดของการขุดฐานรากอยู่ 2 m ส่วนที่เหลือของความยาวเข็มจะถูกสร้างโดยไม่ใช่เหล็กปลอกแต่ใช้น้ำยาเบนโทไนท์ช่วยกันดินพังแทน

#### 3.2.2 การขุดเจาะ Secondary piles

เส้าเข็ม Secondary piles จะถูกขุดเจาะโดยใช้เครื่องมือชนิดเดียวกันกับ Primary piles หลุมเจาะจะถูกขุดนำร่องและทำให้มั่นคงโดยการใส่ปลอกเหล็กผนัง 2 ชั้น ส่วนปลายของปลอกเหล็กจะถูกติดตั้งด้วยวงแหวนของพื้นที่ทำจากทั้งสแตนคาร์ไบด์ เพื่อใช้ในการกดเข้าไปใน Primary piles ทำให้เกิดการประสานกันขึ้นมา

#### 3.2.3 การตรวจสอบแนวตั้ง

แนวตั้งของหลุมเจาะตลอดการขุดเจาะจะถูกตรวจสอบชั้นต้นโดยใช้ระดับน้ำที่มีความแม่นยำวางทาบไว้ด้านข้างของปลอกเหล็กในขณะที่มีการติดตั้งปลอกเหล็กอยู่ การตรวจวัดจะกระทำในระหว่างช่วงพักในการปฏิบัติงานจะต้องให้ความถูกต้องแน่นอนทางแนวตั้ง 1% ของความลึกผนัง

#### 3.2.4 การทำความสะอาดกันเข็ม

เศษวัสดุและซากปรักหักพังทั้งหมดจะถูกเคลื่อนย้ายออกไปด้วย bucket รูปแบบพิเศษที่ยึดติดกับ Kelly bar ของเครื่องมือขุดเจาะ

### 3.3 การเสริมเหล็ก

เหล็กเสริมตามต้องการซึ่งได้มาจากการออกแบบจะถูกมัดสำเร็จรูปให้เป็นกรงเหล็กตามความยาวที่กำหนดมาล่วงหน้า จะมีการจัดเตรียมวงแหวนและอุปกรณ์ช่วยเหลือนิวอื่น ๆ เพื่อจะได้จัดการยก และติดตั้งกรงเหล็กได้โดยไม่เสียรูป การติดตั้งกรงเหล็กจะใช้เครนบริการที่มีความสูงมากกว่า หรือ จะใช้อุปกรณ์ช่วยตัวอื่นยึดติดกับเครื่องมือขุดเจาะก็ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- เหล็กเสริมตามยาวทั้งหมดจะต้องเป็น SD 40 ตามมาตรฐาน TIS 24-2527

เส้นผ่านศูนย์กลางของกรงเหล็กจะถูกคัดเลือกเพื่อให้มั่นใจว่าระยะของคอนกรีตที่หุ้มเหล็กเสริมซึ่งตั้งอยู่ใต้ระดับที่ขุดไว้ นั้น มีอย่างน้อย 50 mm ลูกป้อนซึ่งผูกติดไว้กับกรงเหล็กจะช่วยเสริมแรงทางด้านข้างและทำให้มั่นใจว่ามีระยะหุ้มของคอนกรีตอย่างเหมาะสม

ดังนั้นระยะหุ้มจะแปรเปลี่ยนจากระยะหุ้มต่ำสุดคือ 50 mm ไปจนถึงระยะหุ้มมากที่สุด คือ 100 mm แล้วแต่กรณีของเสาเข็ม

### 3.4 คอนกรีต

#### 3.4.1 ส่วนผสมคอนกรีต

เพื่อให้เกิดความมั่นใจในด้านความแข็งแรง, ความหนาแน่นที่เหมาะสมและเพื่อป้องกันเหล็กเสริมปริมาณของซีเมนต์อย่างน้อยที่สุดจะต้องมี  $400 \text{ kg/m}^3$  สำหรับ Secondary piles และความแข็งแรงของคอนกรีตที่กำหนดไว้ของ Primary piles จะเป็น 150 ksc และจะต้องควบคุมสมบัติความสามารถในการทำงานได้โดยผ่าน Tremie pipe อัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์สูงสุดจะเท่ากับ 0.50

#### 3.4.2 การเทคอนกรีต

คอนกรีตผสมเสร็จจะถูกจัดหามายังหน้างานโดยรถบรรทุกผสมเสร็จ คอนกรีตจะถูกเทลงในที่ที่ต้องการโดยผ่านท่อ Tremie เพื่อหลีกเลี่ยงปัญหาการแยกตัวและเพื่อให้เกิดความมั่นใจ ความหนาแน่นอย่างสม่ำเสมอของคอนกรีต ความสามารถในการทำงานได้ของส่วนผสมจะถูกตรวจสอบด้วยการ check slump ที่กันหลุมก่อนที่จะมีการเทคอนกรีต

การทดสอบ strength ของคอนกรีตจะทำตามข้อตกลงที่ได้ระบุเอาไว้ใน specifications คอนกรีตทุกๆ 50 ลูกบาศก์เมตร จะมีการเก็บลูกป้อนตัวอย่างมาทดสอบความแข็งแรง 3 ตัวอย่าง ตัวอย่างแรกจะทดสอบที่เวลา 7 วัน และที่เหลืออีก 2 ตัวอย่างจะทดสอบที่อายุ 28 วัน หลังจากเทคอนกรีตเสร็จ

ท่อ Tremie เป็นท่อเหล็ก (เส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 200 mm) ซึ่งถูกต่อด้วยตัวเชื่อมต่อกันน้ำ Tremie จะถูกติดตั้งไว้ที่ศูนย์กลางของเข็มและคอนกรีตจะถูกเทลงใน Tremie โดยใช้ hopper การเทคอนกรีตในเสาเข็มแต่ละต้นจะต้องทำอย่างต่อเนื่องจนเสร็จ

#### การเทคอนกรีตในหลุมแห้ง

ถ้าหลุมเจาะแห้ง Tremie pipe จะถูกวางในระดับที่เมื่อเทคอนกรีตลงไปแล้วคอนกรีตจะไม่ตกแบบอิสระด้วยความสูงเกินกว่า 1.5 m จากปลายสุดของท่อ หรือจากพื้นผิวของส่วนคอนกรีต การคำนวณว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### การเทคอนกรีตในหลุมเปียก

ถ้าหลุมเจาะมีน้ำหรือน้ำยาเบนโทไนท์ซึ่งอยู่ ท่อ Tremie จะถูกวางไว้ถึงก้นหลุมเสาเข็ม ในขณะที่มีการเทคอนกรีตปลายล่างสุดของท่อ Tremie จะต้องจมอยู่ในคอนกรีตที่เพิ่งเทใหม่อย่างน้อย 3 m

### การถอนปลอกเหล็ก

เมื่อจะทำการถอนปลอกเหล็ก (ภายใต้เงื่อนไขทั้งหมด) ระดับบนสุดของคอนกรีตที่เพิ่งเท จะต้องรักษาระดับเอาไว้ให้เหนือกว่าปลายล่างสุดของปลอกเหล็กตลอดเวลา

### Cut-off ของคอนกรีต

เพื่อความมั่นใจในคุณภาพของคอนกรีตตลอดทั้งแท่ง ระดับของคอนกรีตที่เทจะมากกว่าระดับ cut-off ของคอนกรีตอย่างน้อย 300 mm

### 4. การบันทึกข้อมูล

สำหรับหมายเลขเสาเข็มแต่ละเสา จะมีการกรอกข้อมูลที่เกี่ยวข้องลงในแบบฟอร์มพร้อมลายเซ็นต์ของผู้ที่มีตำแหน่งหน้าที่เกี่ยวข้องเซ็นต์กำกับเอาไว้ด้วย

เอกสารข้อมูลทั้งหมดจะถูกเก็บเอาไว้เป็นบันทึกถาวรและทำสำเนาส่งให้ Project manager ณ ข้อตกลงในสัญญา เอกสารในการบันทึกข้อมูลแรกเริ่มทั้งหมดจะถูกส่งไปให้ผู้จัดการโครงการ สำเนาจะถูกส่งกลับไปให้กับผู้รับเหมารายใหญ่สำหรับการบันทึกของเขา

### 5. การควบคุมความถูกต้องของเสาเข็ม

เพื่อความมั่นใจทั้งประสิทธิภาพการกันน้ำซึมเข้าของผนังและความปลอดภัยในการส่งถ่ายแรงเฉือนระหว่าง Primary piles และ Secondary piles ดังนั้นจึงต้องการอุปกรณ์การขุดเจาะที่มีความทนทานแข็งแรงและมีความแม่นยำในการวางตำแหน่ง

เทคนิคที่ใช้ดังกล่าวมีดังนี้

(a) การสร้าง Guide wall ในตำแหน่งที่ถูกต้องแน่นอน

(b) การใช้เครื่องขุดเจาะให้เป็นประโยชน์หลายๆอย่าง ซึ่งลักษณะเด่นของมันคือ เคลื่อนไหวอย่างอิสระได้ทางด้านข้างและปรับแต่งมุมได้

(c) การเลือกใช้เครื่องมือและเหล็กปลอกอย่างเหมาะสม

(d) ตรวจสอบวัดความถูกต้องของหลุมเจาะตลอดเวลาที่ดำเนินการขุดเจาะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 6. รายชื่ออุปกรณ์หลัก

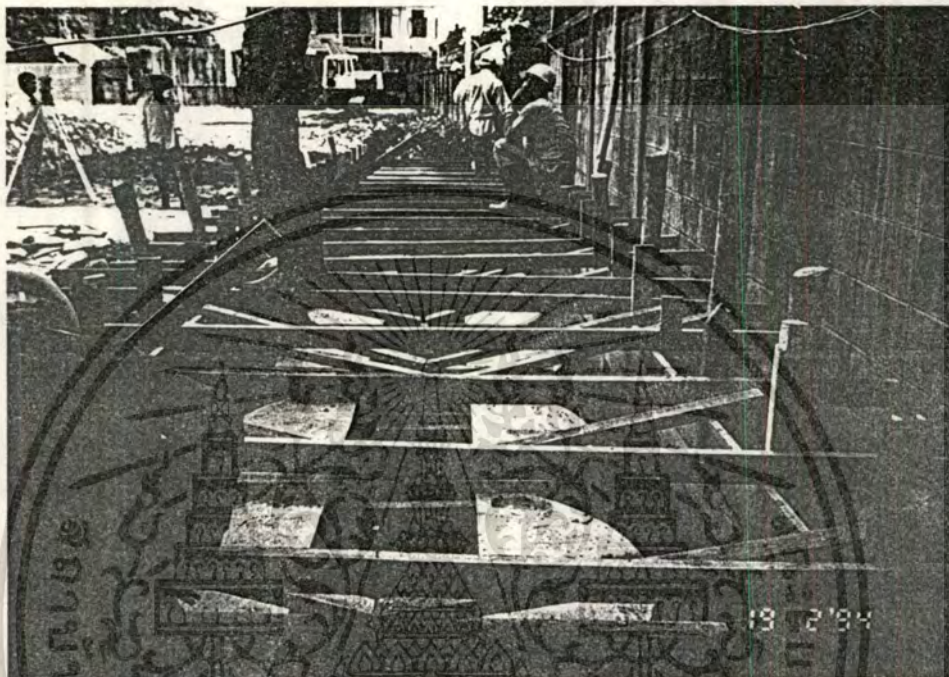
- เครื่องขุดเจาะไฮดรอลิค BAUER BG
- เครื่องสั่นปลอกเหล็กไฮดรอลิค
- ปลอกเหล็กผนัง 2 ชั้น (ภาคตัดความยาว 2-5 เมตร) พร้อมด้วยรอยตัดที่ด้านล่าง
- ทางเลือก
  - ปลอกเหล็กผนังชั้นเดียว (สำหรับ Primary piles)
  - เครื่องสั่นไฮดรอลิค (สำหรับการติดตั้งปลอกเหล็กผนังเดี่ยว)
- เครื่องมือขุดเจาะ
  - ถังตักดินเหนียว
  - สว่านมาตรฐาน
  - สว่านพร้อมด้วยฟันสำหรับตัดคอนกรีต
- เครื่องบริการ

หมายเหตุ ปลอกเหล็กผนังสองชั้นสามารถถอนขึ้นมาได้โดยใช้การขับเคลื่อนหมุนรอบของเครื่องจักร BG หรือ โดยใช้เครื่องสั่นปลอกเหล็ก



### รูปที่ 3.2

รูปแสดงขั้นตอนในการดำเนินการก่อสร้าง Secant pile wall



1. ติดตั้งไม้แบบ Guide wall เพื่อใช้เป็นแนวในการขุด Secant pile wall



2. แสดงภาพประกอบหลังดำเนินการเทคอนกรีต Guide wall เสร็จเรียบร้อย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่ประกอบด้วยภาพประกอบหลังจากดำเนินการเทคอนกรีต Guide wall เสร็จเรียบร้อย การดำเนินการนี้มีความสำคัญอย่างยิ่งในการป้องกันการพังทลายของดินและน้ำใต้ดิน ซึ่งอาจก่อให้เกิดอันตรายต่อชีวิตและทรัพย์สินได้ หากไม่ดำเนินการอย่างถูกต้องและทันเวลา



### 3. แสดงภาพประกอบการชดเชยผนังเข็มเจาะแบบซีคันท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



4. แสดงภาพประกอบการกวดเหล็กปลอกลงในหลุมของเข็มเจาะซีแคนท์

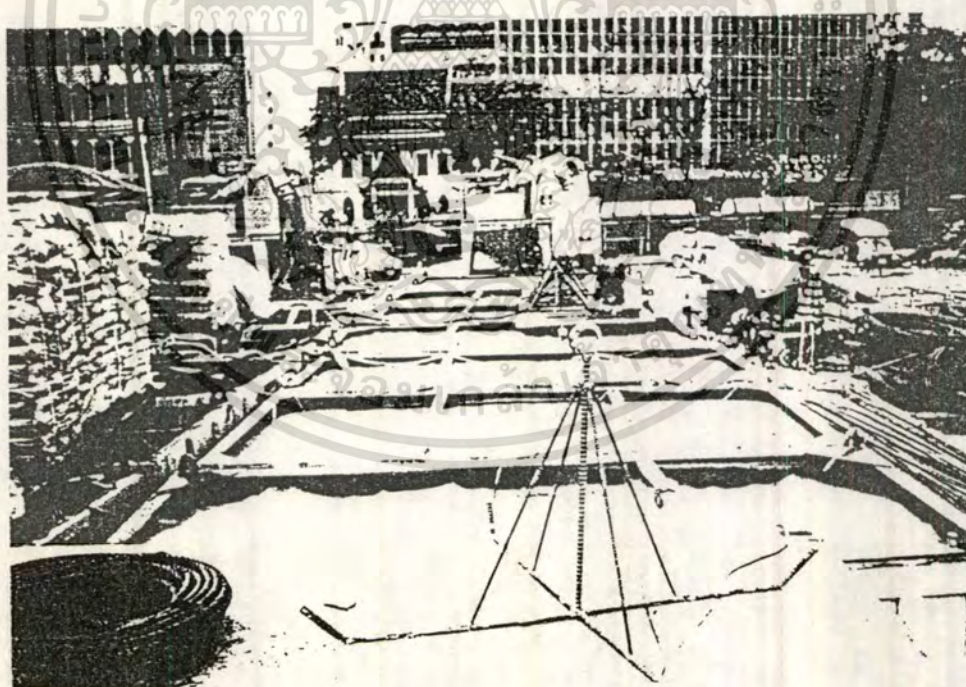


4.1 แสดงภาพประกอบการทาสีตรงรอยต่อของเหล็กปลอกเพื่อให้หล่อลื่นสวมง่าย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



4.2 แสดงภาพประกอบการต่อเหล็กปลอกหลังจากทาวาระบีแล้ว

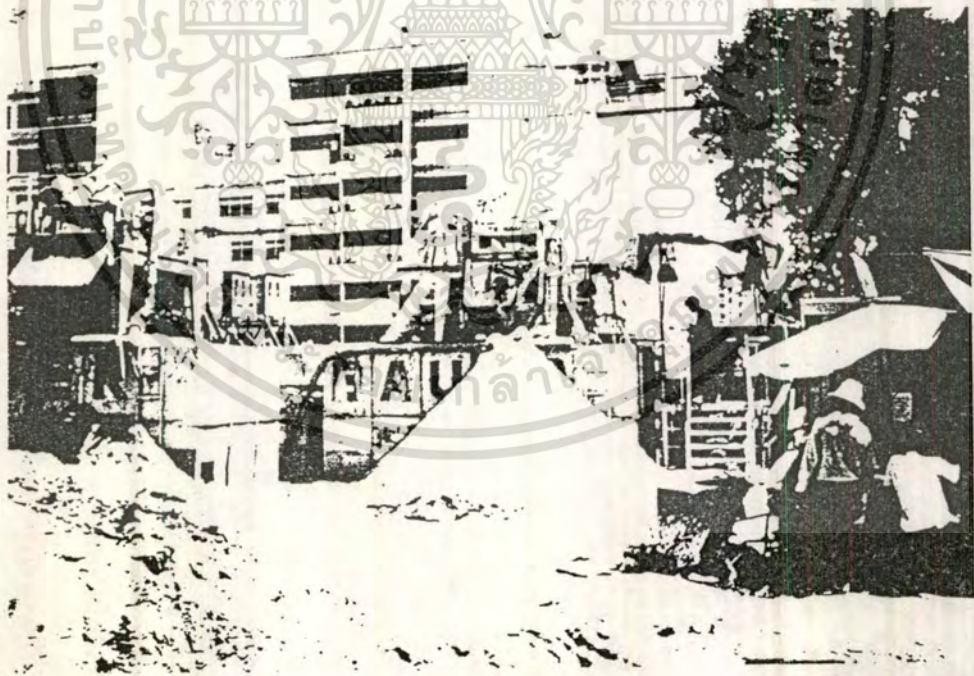


5. แสดงภาพประกอบถึงเก็บน้ำยา Bentonite

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

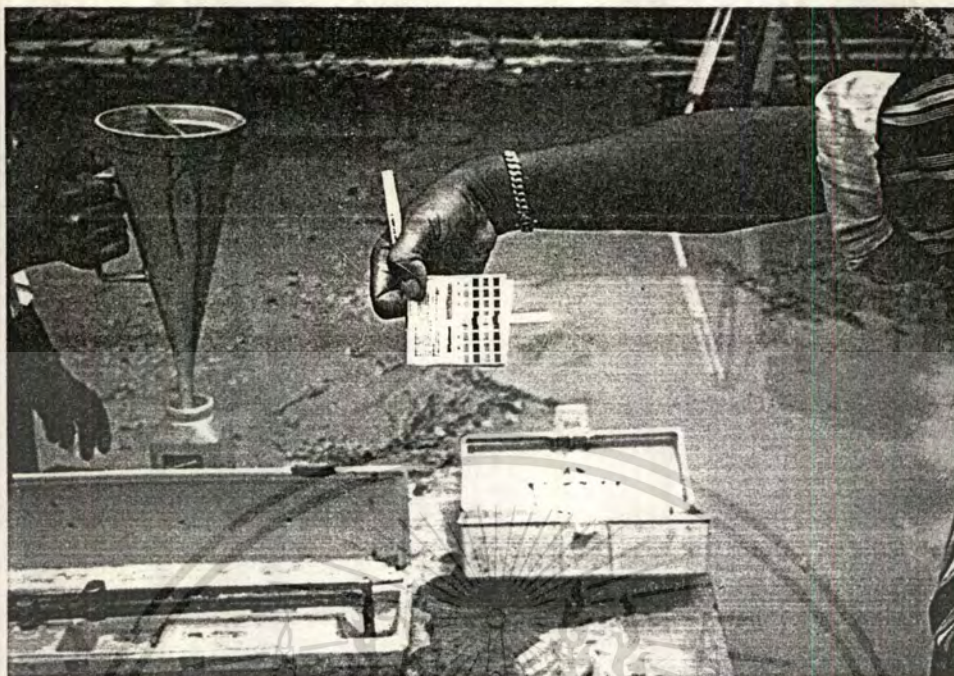


6. แสดงภาพประกอบการติดตั้งคอนกรีตก่อนทรายจากหลุมเจาะ



7. แสดงภาพประกอบการแยกทรายจากน้ำยา Bentonite

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

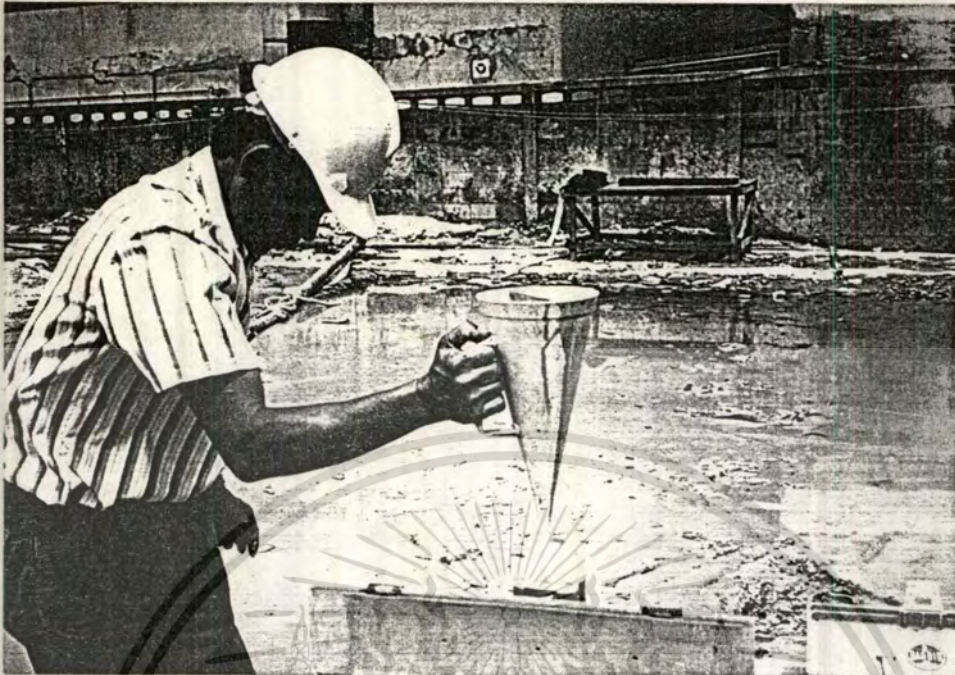


8. แสดงภาพประกอบการดำเนินการตรวจสอบ Bentonite โดยตรวจสอบหาค่า pH



9. แสดงภาพประกอบการดำเนินการตรวจสอบ Bentonite โดยตรวจสอบหาค่า Density

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



10. แสดงภาพประกอบการดำเนินการตรวจสอบ Bentonite โดยตรวจสอบหาค่า  
Viscosity

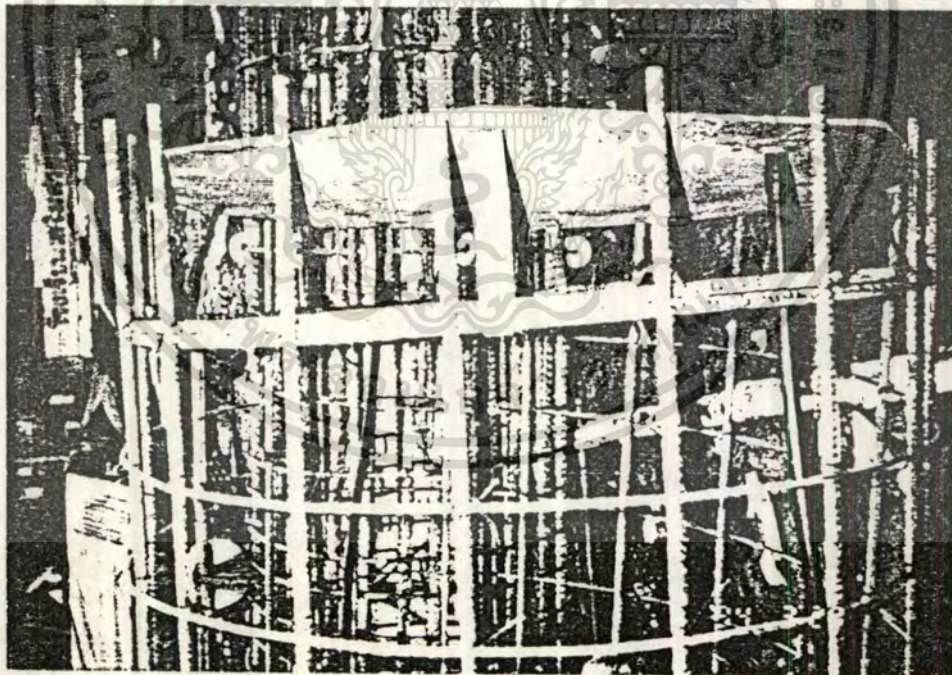


11. แสดงภาพประกอบการดำเนินการตรวจสอบ Bentonite โดยตรวจสอบหาค่า  
Sand Content

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



12. แสดงภาพประกอบการยกเหล็กเสริม secant pile wall ลงในหลุมเจาะ



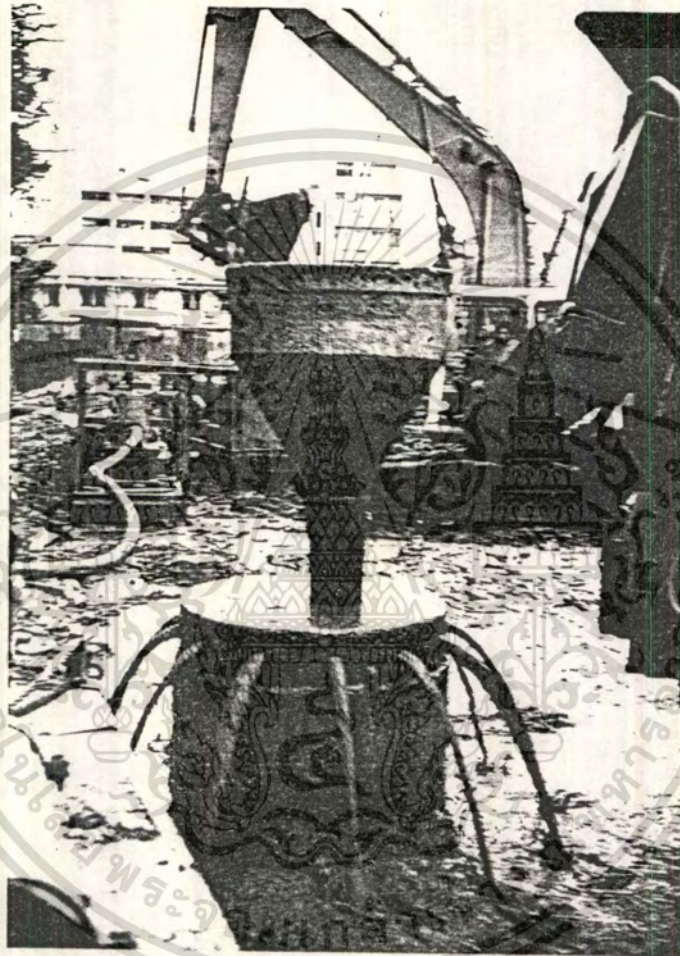
13. แสดงภาพประกอบแผ่นเหล็กที่ปลายเสา secant pile ซึ่งทำหน้าที่กันซึมให้คอนกรีต และbentonite รวมตัวกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



14. แสดงภาพประกอบการเทคอนกรีตลงหลุม secant โดยผ่านท่อ tremie

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



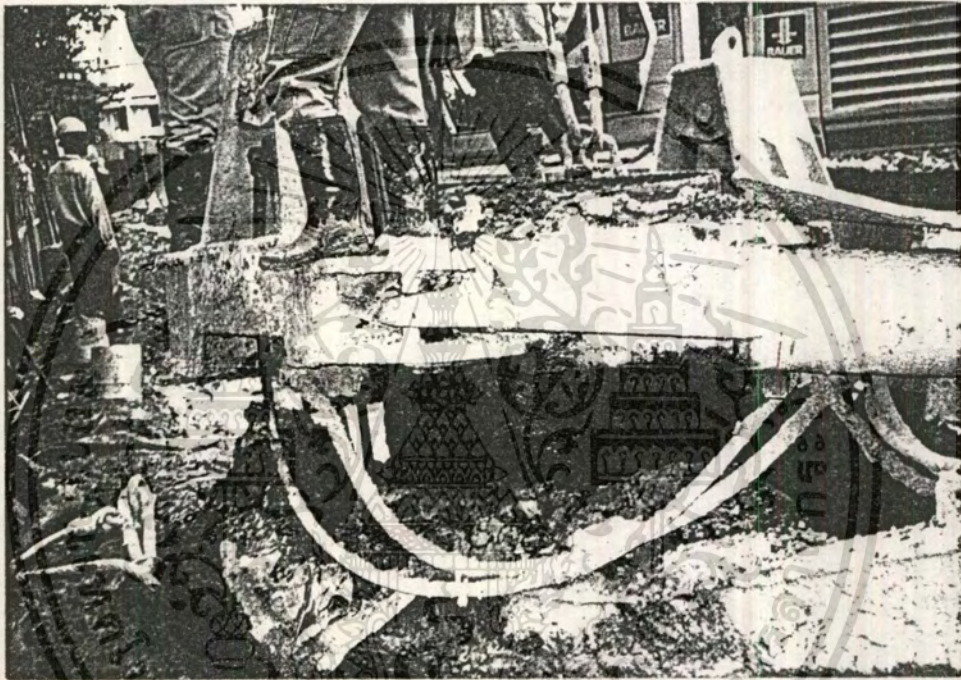
15. แสดงภาพประกอบการทดสอบการแตกของคอนกรีตจนกระทั่งคอนกรีตดีไล่น้ำยา bentonite ที่ผสมกับคอนกรีตขึ้นมาจากปากหลุม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



16. แสดงภาพประกอบการเทคอนกรีตจนกระทั่งคอนกรีตได้ขึ้นมาจากปากหลุมแล้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



17. แสดงภาพประกอบเครื่อง wide blow ที่ใช้ถอนปลอกเหล็กออกจากหลุม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 4 รายละเอียดโครงการ

### 4.1 SPECIFICATION ของโครงการ

#### 4.1.1 ระบบ DIAPHRAGM WALL

##### 1.โครงการ Silom Precious Tower

เป็นโครงการสูง 63 ชั้นตั้งอยู่ริมถนนสีลม ติดกับโรงพยาบาลเลิดสิน การก่อสร้างในส่วน Diaphragm wall ได้ดำเนินการแล้วเสร็จ ในช่วงปี 2534-2535 รายละเอียดในส่วนของ Diaphragm wall ประกอบด้วย

1) Quantity	14,000	m <sup>2</sup>
2) Thickness	1.00	m
3) Width of panel	4	m
4) Toe Depth	-36.00	m
5) Excavation Depth	-20.80	m
6) No. of panel	95	panels
7) Basement	6	levels

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2. โครงการ One Place Building

เป็นโครงการสูง 25 ชั้น ตั้งอยู่ริมถนน เพชรินจิต ตรงข้ามเซ็นทรัลชิดลม การก่อสร้างในส่วน Diaphragm wall ได้ดำเนินการแล้วเสร็จในปี 2537 รายละเอียดในส่วนของ Diaphragm wall ประกอบด้วย

1) Quantity	8,200	m <sup>2</sup>
2) Thickness	1.00	m
3) Width of panel	6	m
4) Toe Depth	-36.00	m
5) Excavation Depth	-21.20, 21.90	m
6) No. of panel	38	panels
7) Basement	6	levels

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3. โครงการ ATM Vipavadee Tower

เป็นโครงการสูง 30 ชั้น ที่ตั้งอยู่ริมถนนวิภาวดี-รังสิต ติดกับโรงพยาบาลวิภาวดี การก่อสร้างในส่วน Diaphragm wall I ได้ดำเนินการแล้วเสร็จในปี 2537 รายละเอียดในส่วนของ Diaphragm wall ประกอบด้วย

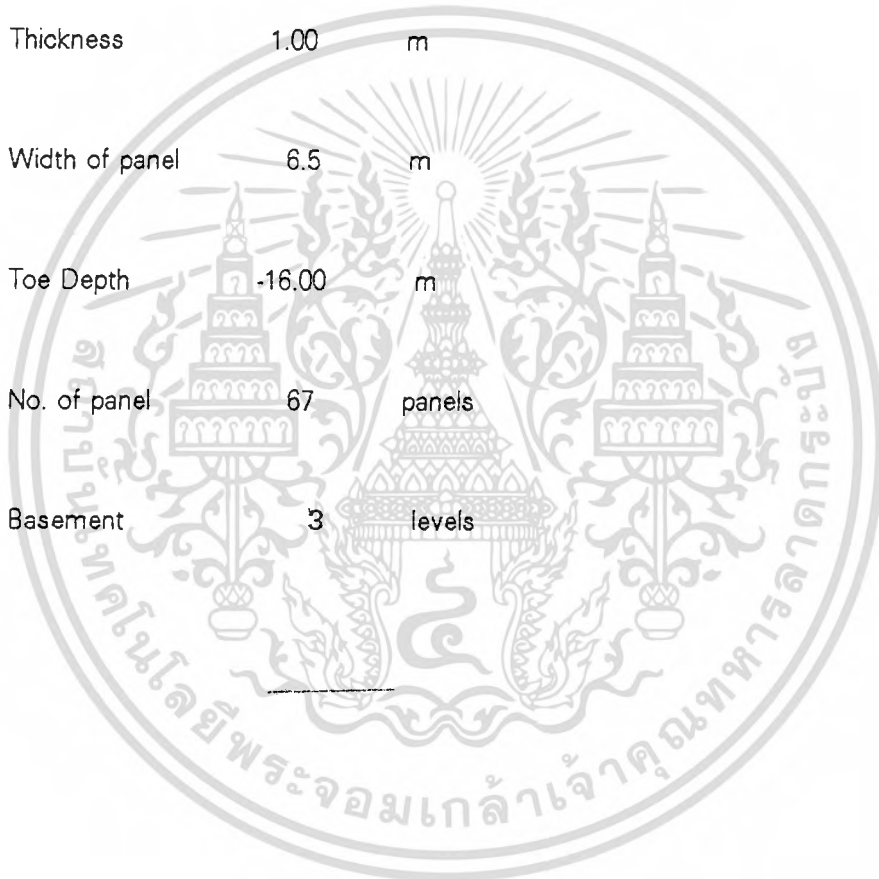
1) Quantity	5,500	m <sup>2</sup>
2) Thickness	1.00, 0.80	m
3) Width of panel	6.3	m
4) Toe Depth		
- Panel 17,19,21,23,25,27,30,31	-50.00	m
- Panel 15,20,22,24,26,29	-16.50	m
- All other panels	-17.50	m
5) Excavation Depth	-10.40	m
6) No. of panel	46	panels
7) Basement	3	levels

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

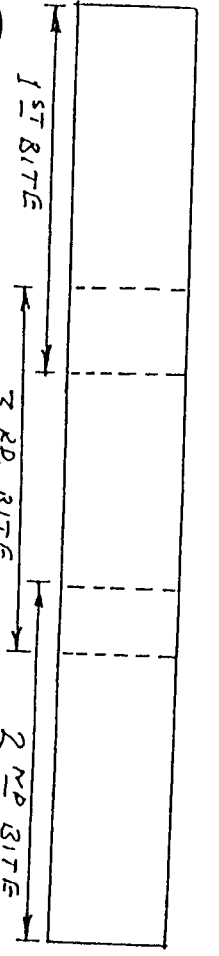
#### 4. โครงการ Pratunam Complex

เป็นโครงการสูง 33 ชั้น ตั้งอยู่ที่แยกราชปรารภ-เพชรบุรี (ประตูน้ำ) การก่อสร้างในส่วน Diaphragm wall กำลังดำเนินการก่อสร้างอยู่ รายละเอียดในส่วน Diaphragm wall ประกอบด้วย

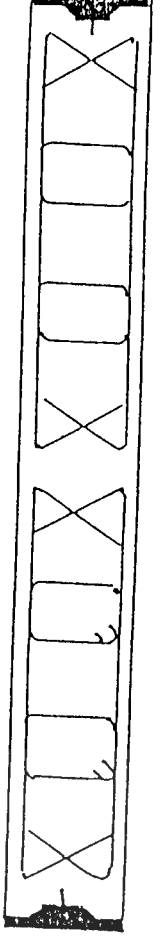
- 1) Quantity 6,940 m<sup>2</sup>
- 2) Thickness 1.00 m
- 3) Width of panel 6.5 m
- 4) Toe Depth -16.00 m
- 5) No. of panel 67 panels
- 6) Basement 3 levels



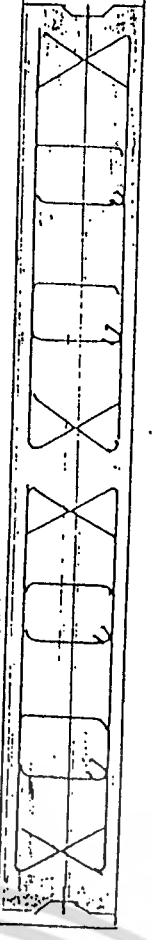
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



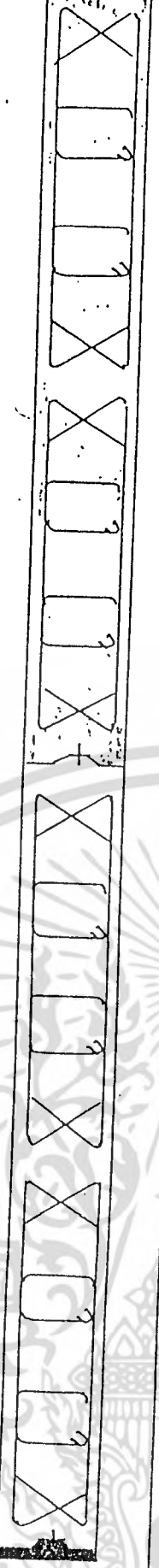
1 EXCAVATE PRIMARY PANEL.



2 PLACE STOPENDS AND CAGES.



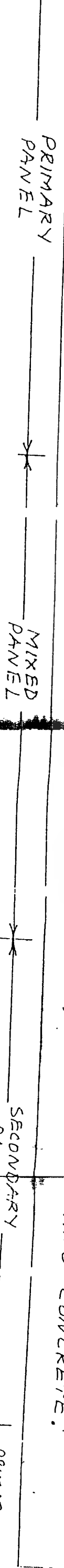
3 PLACE CONCRETE, THEN REMOVE STOPENDS.



4 EXCAVATE "MIXED" PANEL, PLACE STOPEND AND CAGES.



5 CONCRETE MIXED PANEL, REMOVE STOPEND. EXCAVATE SECONDARY PANEL, PLACE CAGES AND CONCRETE.

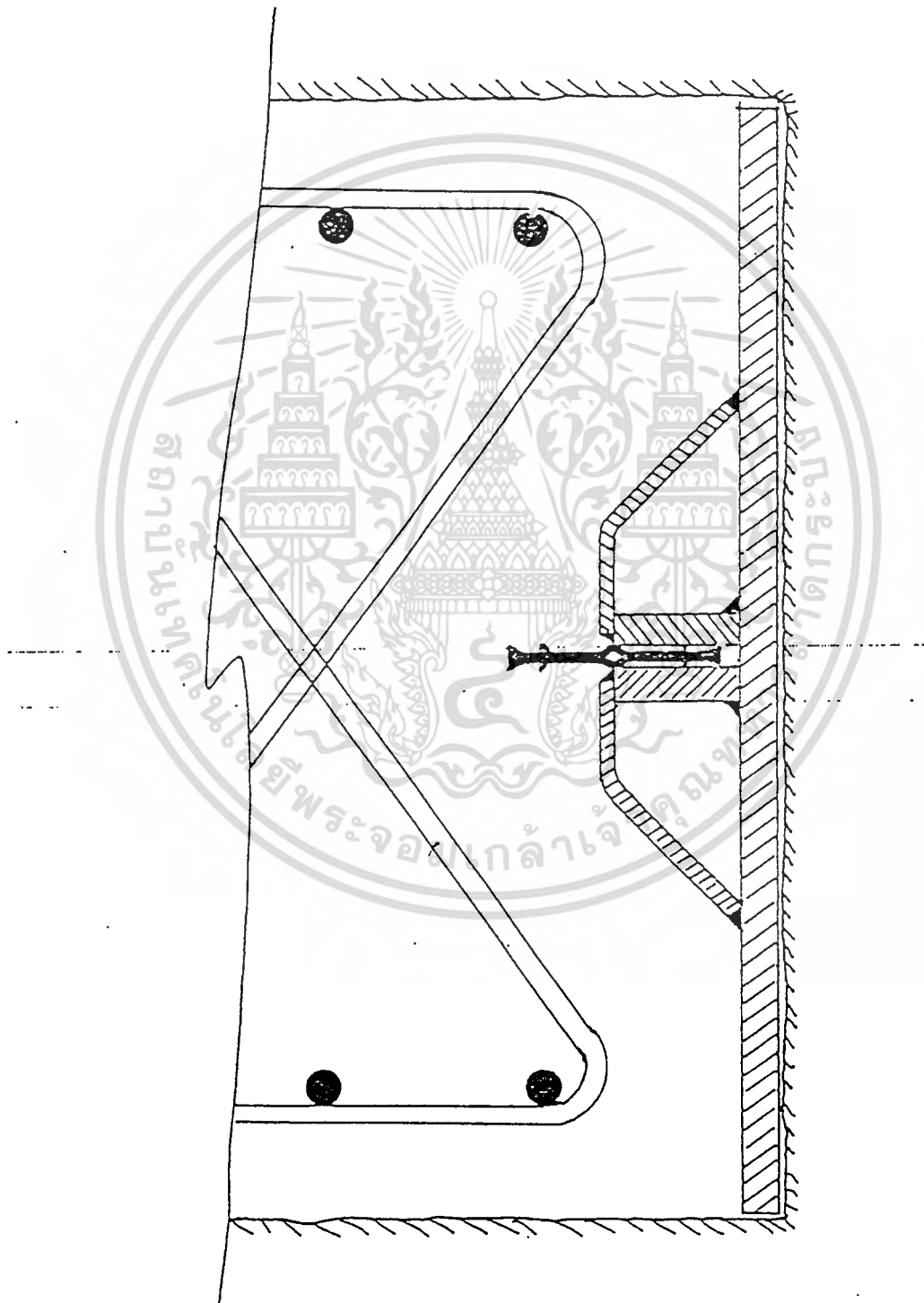


รูปที่ 4.1 แสดงหน้าตัดของแผ่น Panel ในกรณีก่อสร้าง Diaphragm wall.

TYPICAL PANEL CONSTRUCTION SEQUENCE

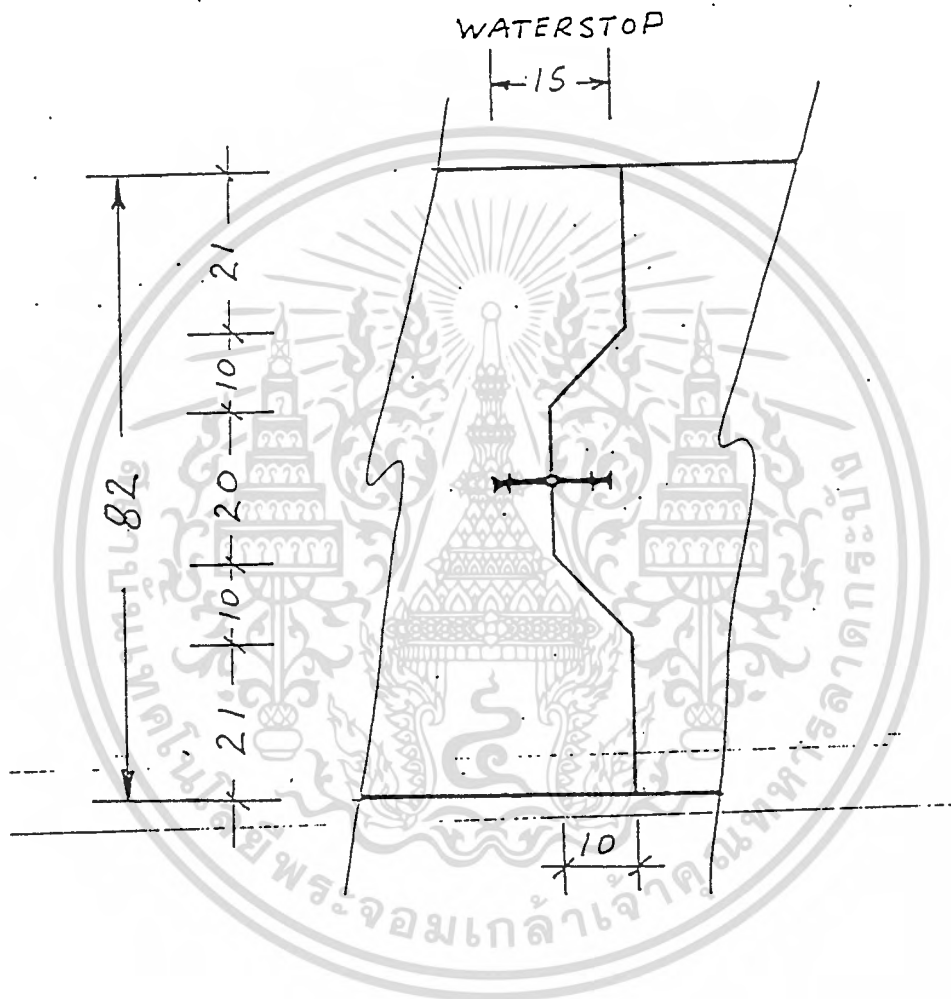
CONSTRUCT OTHER PRIMARIES

รูปที่ 4.2 แสดงรายละเอียดของ Stop end กับ Water stop ใน Primary panel ก่อนที่จะเทคอนกรีต



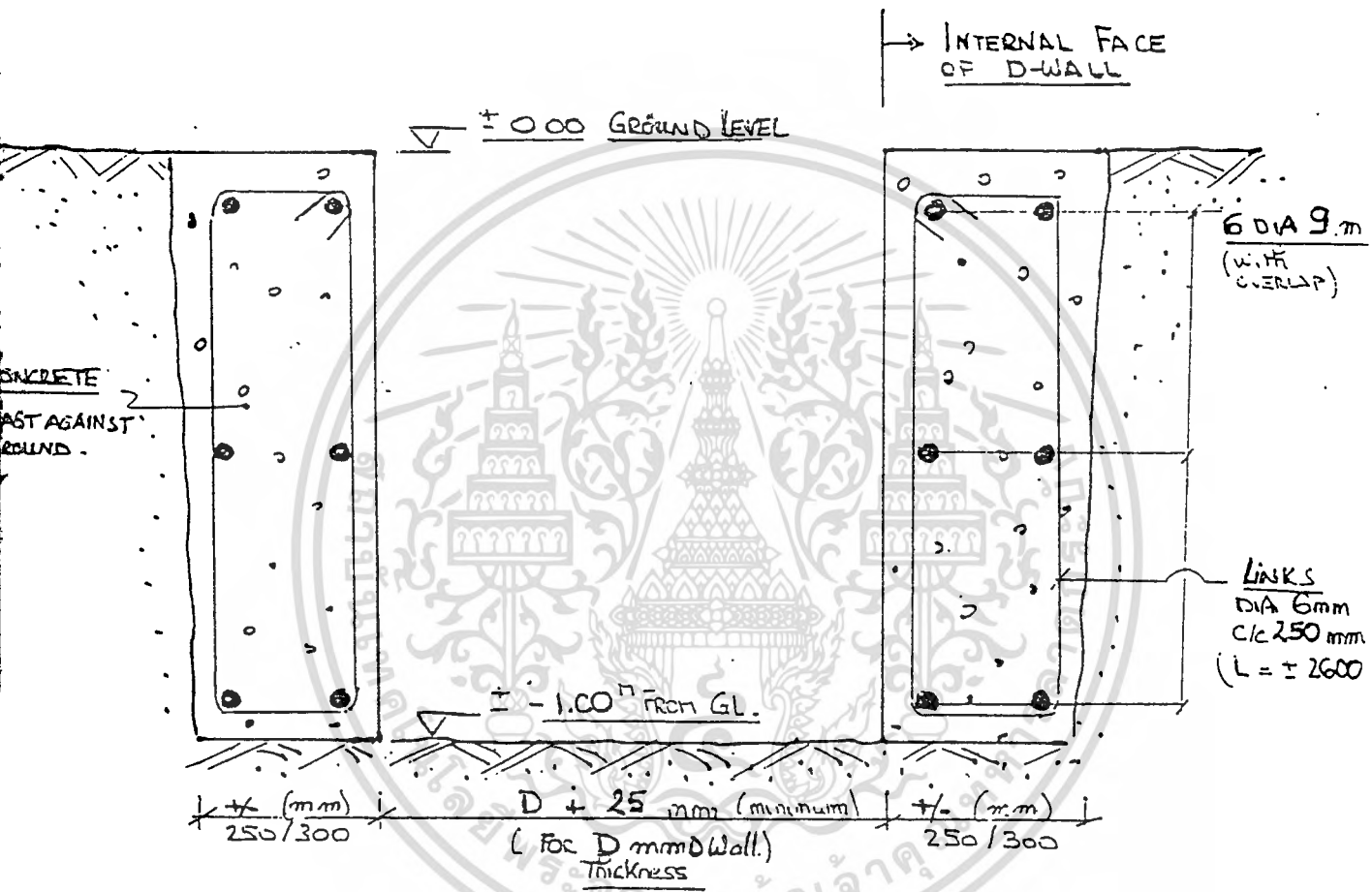
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.3 แสดงรายละเอียดของรอยต่อระหว่าง Panel



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.4 แสดงรายละเอียดในการก่อสร้าง Guide wall



Materials :

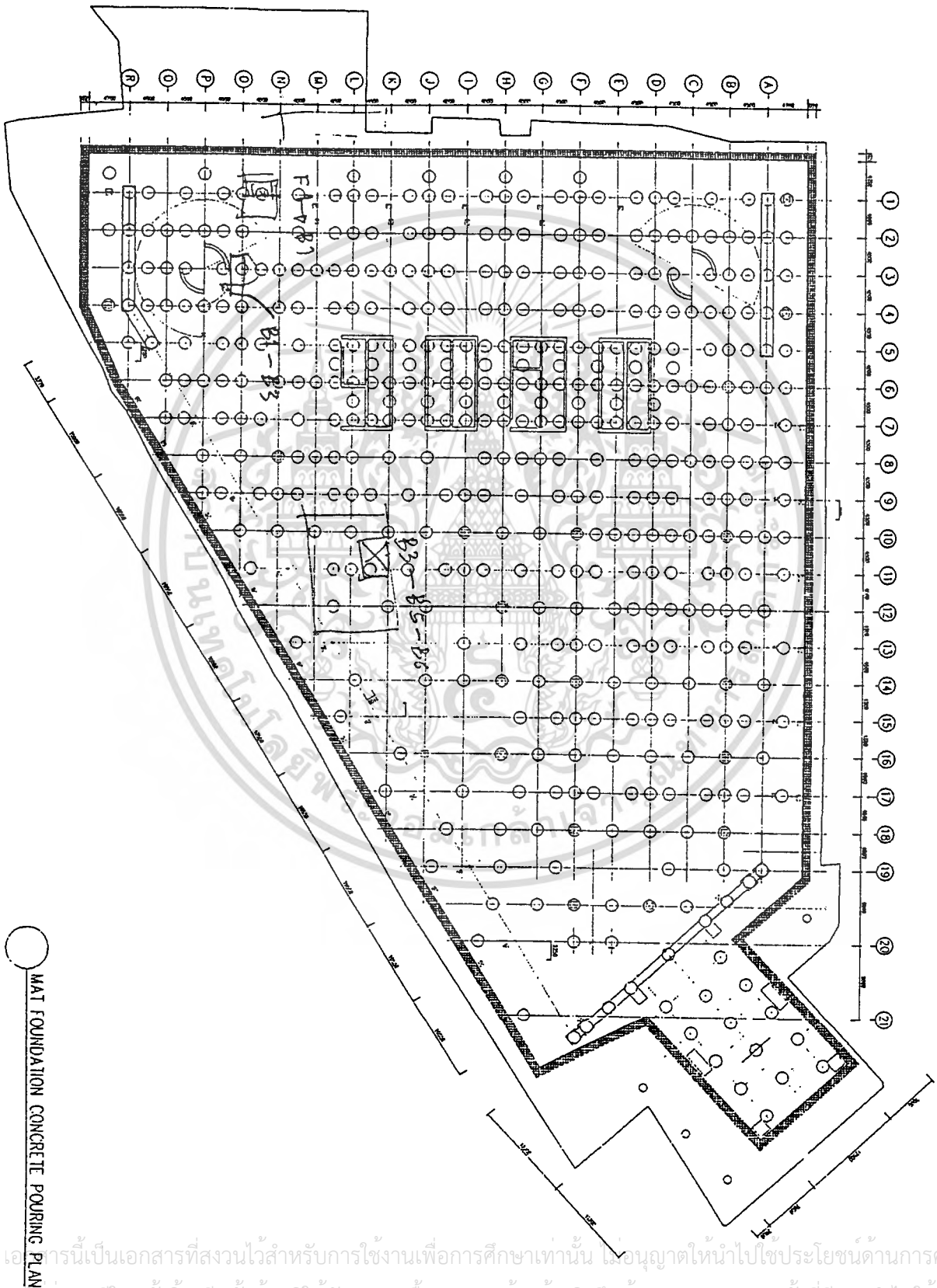
Concrete Minimum cement content : 300 kg/m<sup>3</sup>

Steel SD 30 for all bar dia >= 12mm  
SR24 for all bar dia 6mm

Continuity of the steel reinforcement to be insured by overlapping

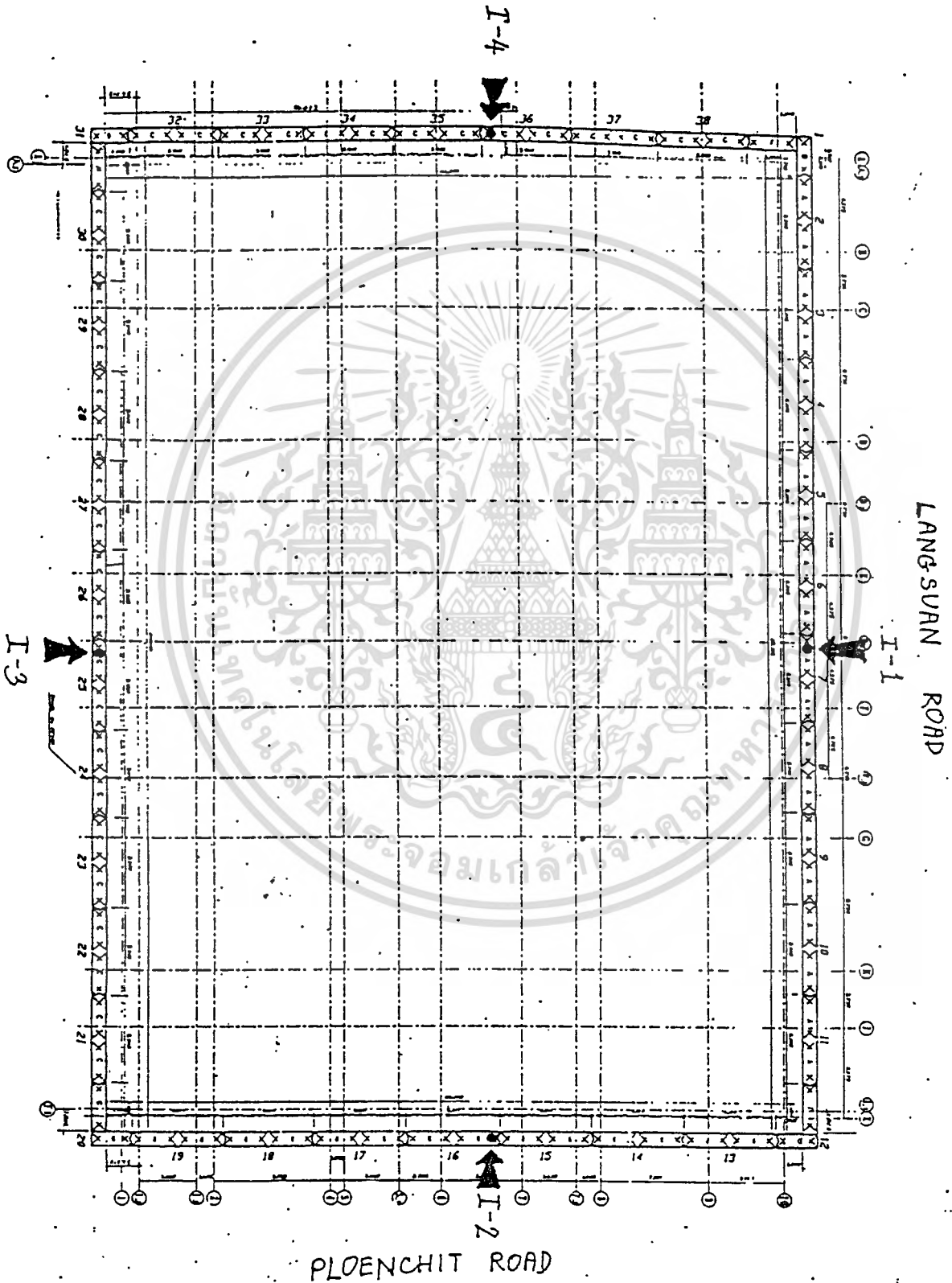
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.5 แสดง Lay out ของโครงการ Silom Precious Tower



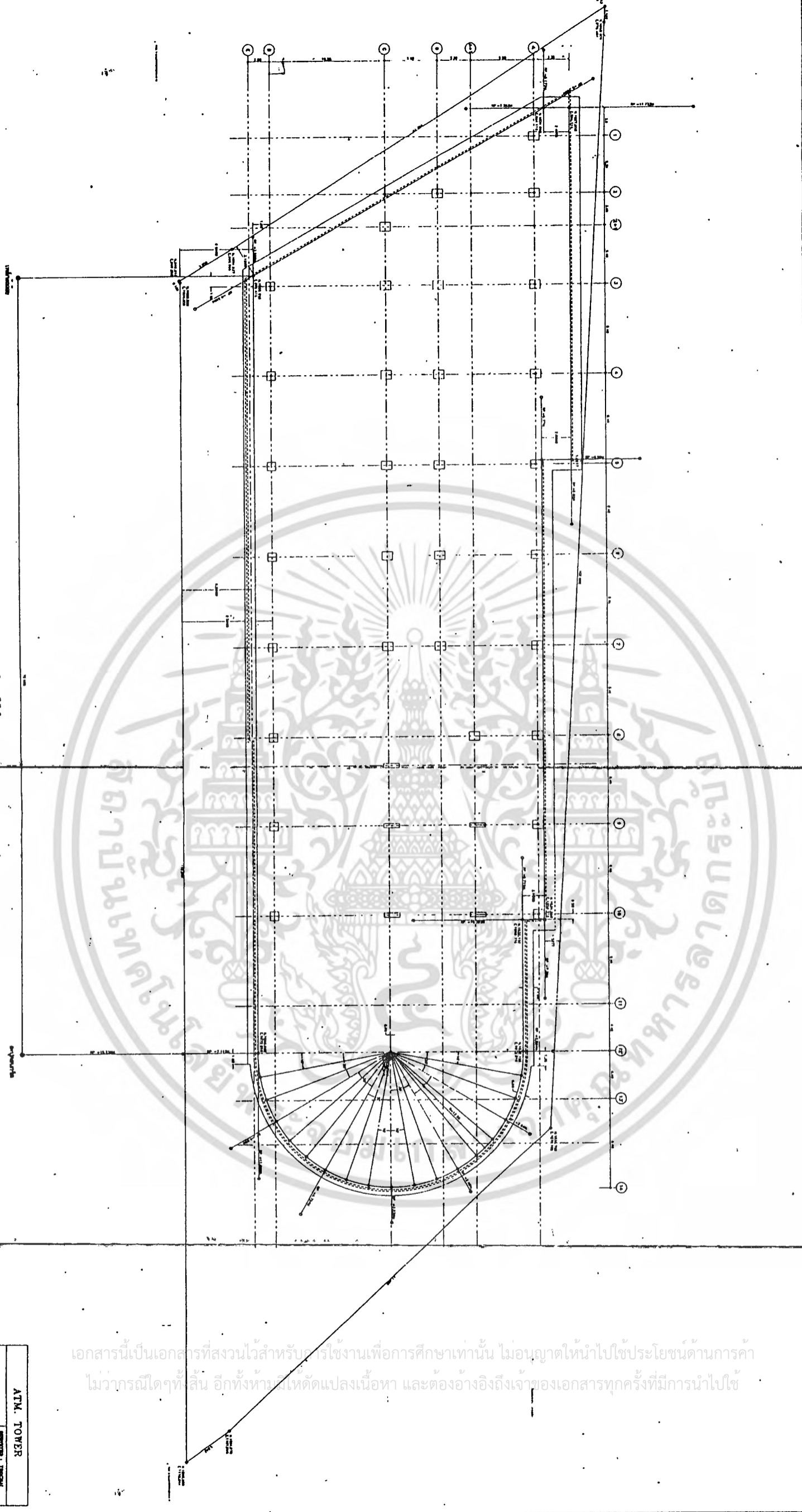
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.6 แสดง Lay out ของโครงการ One Place Building



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.7 แสดง Lay out ของโครงการ ATM Vipavadee Tower



ถนน วิภาวดีรังสิต  
ถนนวิภาวดีรังสิต

ATM. TOWER	
REPRESENTATIVE MAP	REVISIONS / TRACKING
DATE : 21/7/25	
SIS ENGINEERING CONSULTANTS CO.,LTD.	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับครูใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



## 4.1.2 ระบบ SECANT PILE WALL

### 1. โครงการ Empire Towers

เป็นโครงการสูง 60 ชั้น ตั้งอยู่ริมถนนสาทรใต้ การก่อสร้างในส่วน Secant pile wall ได้ดำเนินการก่อสร้างแล้วเสร็จในช่วงปี 2534-2535 รายละเอียด Secondary pile wall ประกอบด้วย

1. Quantity	678	ต้น
2. Secant pile wall		
2.1 Type A		
- Primary pile	∅ 1.225 m * 14 m	จำนวน 34 ต้น
	∅ 1.2 m * 30 m	จำนวน 34 ต้น
- Secondary pile	∅ 1.2 m * 25 m	จำนวน 34 ต้น
	∅ 1.06 m * 60 m	จำนวน 34 ต้น
2.2 Type B		
- Primary pile	∅ 1.225 m * 14 m	จำนวน 58 ต้น
	∅ 1.2 m * 30 m	จำนวน 58 ต้น
- Secondary pile	∅ 1.2 m * 25 m	จำนวน 58 ต้น
	∅ 1.06 m * 30 m	จำนวน 59 ต้น
2.3 Type C		
- Primary pile	∅ 1.225 m * 14 m	จำนวน 16 ต้น
	∅ 1.2 m * 40 m	จำนวน 15 ต้น
- Secondary pile	∅ 1.2 m * 25 m	จำนวน 15 ต้น
	∅ 1.06 m * 40 m	จำนวน 15 ต้น
2.4 Type D		
- Primary pile	∅ 0.9 m * 15 m	จำนวน 62 ต้น
	∅ 0.78 m * 18 m	จำนวน 61 ต้น
- Secondary pile	∅ 0.9 m * 15 m	จำนวน 63 ต้น
	∅ 0.78 m * 18 m	จำนวน 62 ต้น
3. Excavation Depth	-20.20	m
4. Basement	6	levels

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2. โครงการ Central Galleria

เป็นโครงการสูง 33 ชั้น ตั้งอยู่ริมถนนสีลม ตรงข้ามเซ็นทรัลสีลม การก่อสร้างในส่วน Secant pile wall ได้ดำเนินการแล้วเสร็จในช่วงปี 2536-2537 รายละเอียด Secant pile wall ประกอบด้วย

1. Quantity 286 ต้น

### 2. Secondary pile wall

- Primary pile  $\varnothing$  1.2 m \* 22.5 m จำนวน 143 ต้น

- Secondary pile  $\varnothing$  1.2 m \* 29.5 m จำนวน 114 ต้น

- Strip pile  $\varnothing$  1.2 m \* 48 m จำนวน 29 ต้น

3. Excavation Depth -20.70 m

4. Basement 6 levels

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3. โครงการ Sukhumvit City Tower

เป็นโครงการสูง 37 ชั้น ตั้งอยู่ริมถนนสุขุมวิท ซ้างซอยสุขุมวิท 24 การก่อสร้างในส่วน Secant piles wall ได้ดำเนินการแล้วเสร็จในช่วงปี 2536-2537 รายละเอียด Secant pile wall ประกอบด้วย

1. Quantity 802 ต้น

2. Secondary pile wall

- Primary pile  $\varnothing$  0.9 m \* 20 m จำนวน 401 ต้น

- Secondary pile  $\varnothing$  0.9 m \* 20,28 m จำนวน 324 ต้น

- Strip pile  $\varnothing$  0.9 m \* 57 m จำนวน 77 ต้น

3. Excavation Depth -12.00 m

4. Basement 3 levels

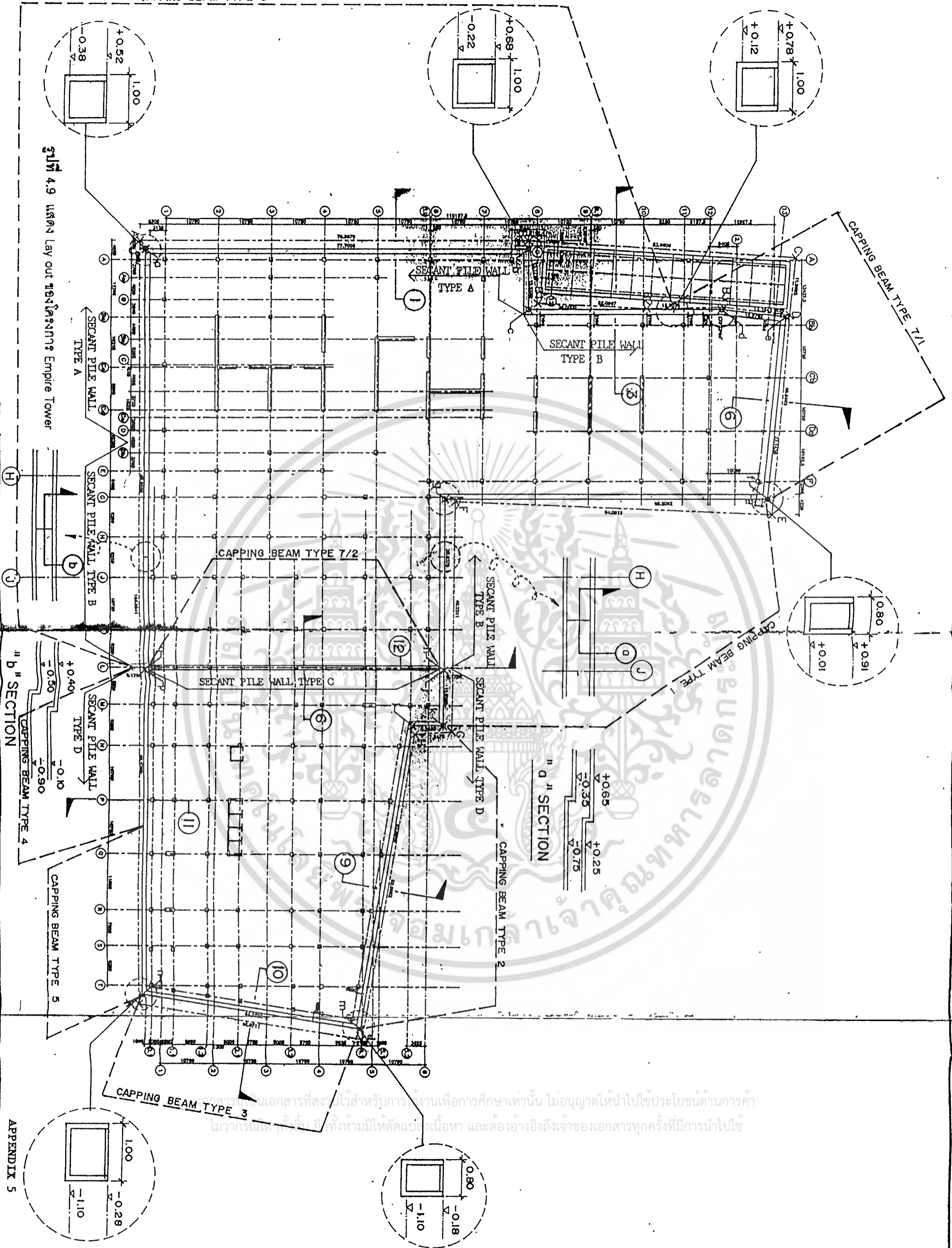
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

#### 4. โครงการ Suriwong Complex

เป็นโครงการสูง 45 ชั้น ตั้งอยู่ริมถนนสุรวงศ์ การก่อสร้างในส่วน Secondary pile wall ได้ดำเนินการก่อสร้างแล้วเสร็จในช่วงปี 2536-2537 รายละเอียด Secondary pile wall ประกอบด้วย

1. Quantity	294	ต้น
2. Secondary pile wall		
- Primary pile	Ø 0.9 m * 17 m	จำนวน 147 ต้น
- Secondary pile	Ø 0.9 m * 23 m	จำนวน 69 ต้น
- Strip pile	Ø 0.9 m * 49 m	จำนวน 72 ต้น
	Ø 1.2 m * 49 m	จำนวน 6 ต้น
3. Excavation Depth	-12.00	m
4. Basement	3	m

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.9 ผัง Lay out ของโครงสร้าง Empire Tower

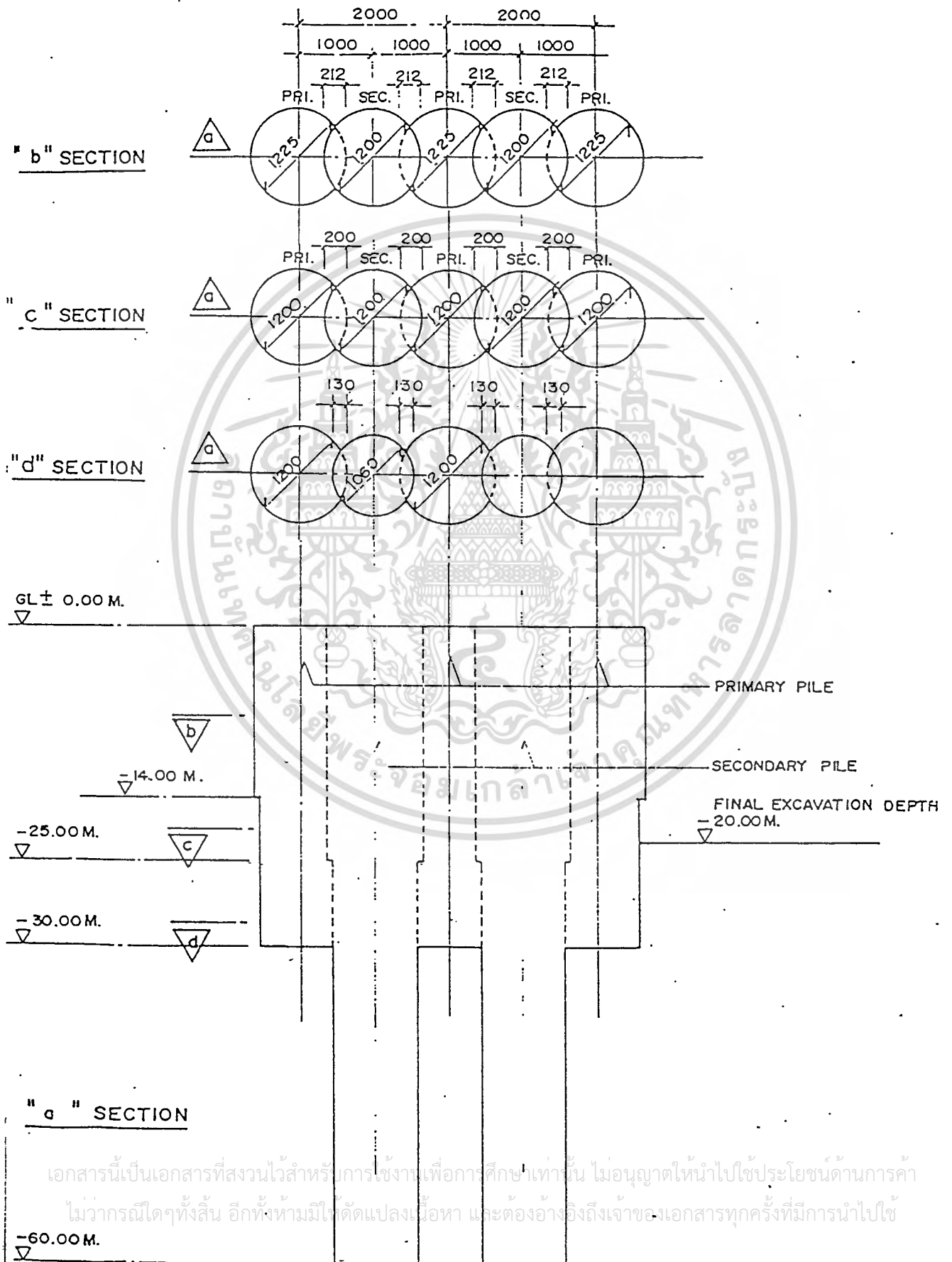
" b " SECTION

" d " SECTION

APPENDIX 5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใด ๆ หนึ่งผู้จัดทำมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

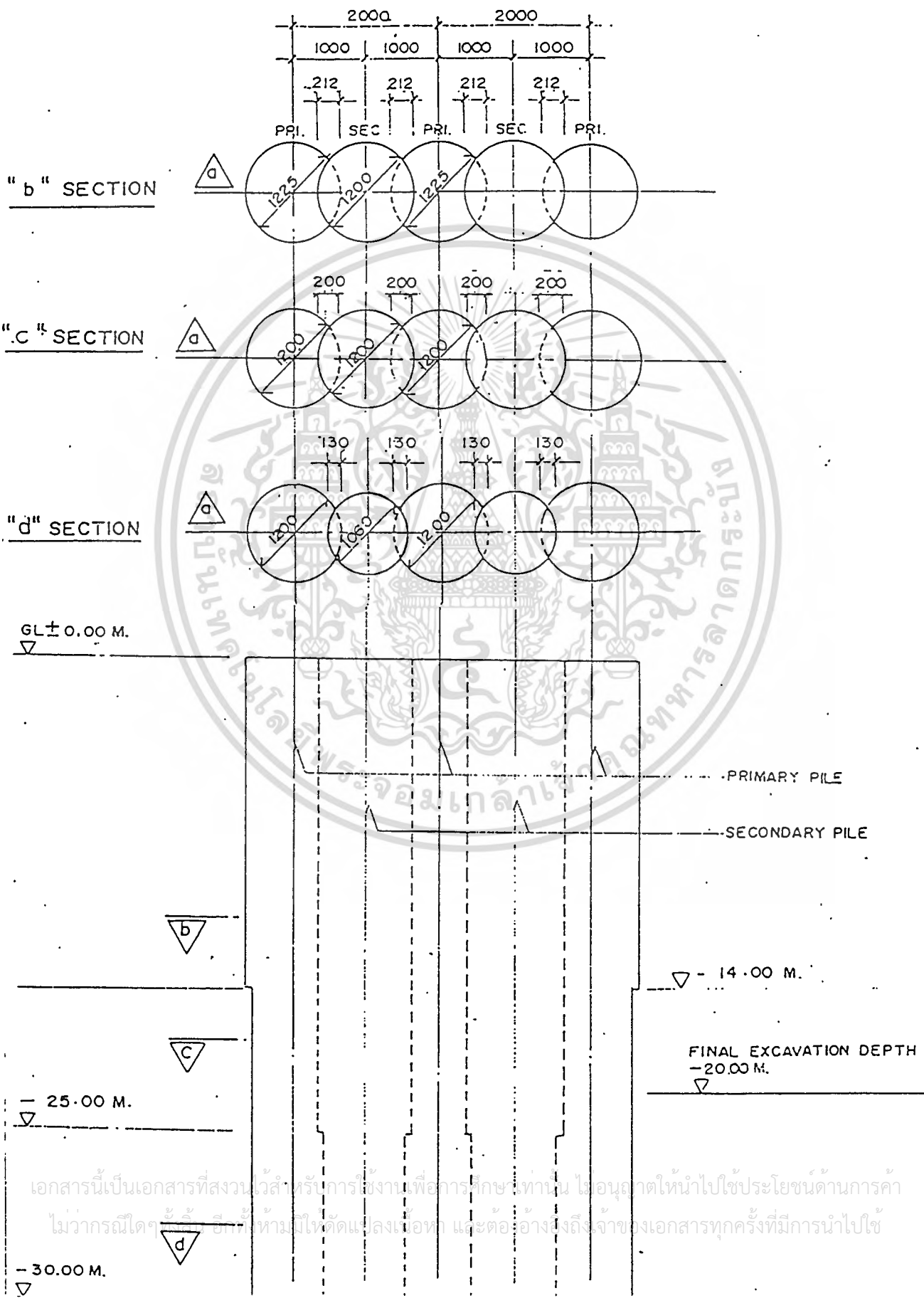
รูปที่ 4.10 แสดงรูป Secant pile wall ชนิด A ของโครงการ Empire Tower



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

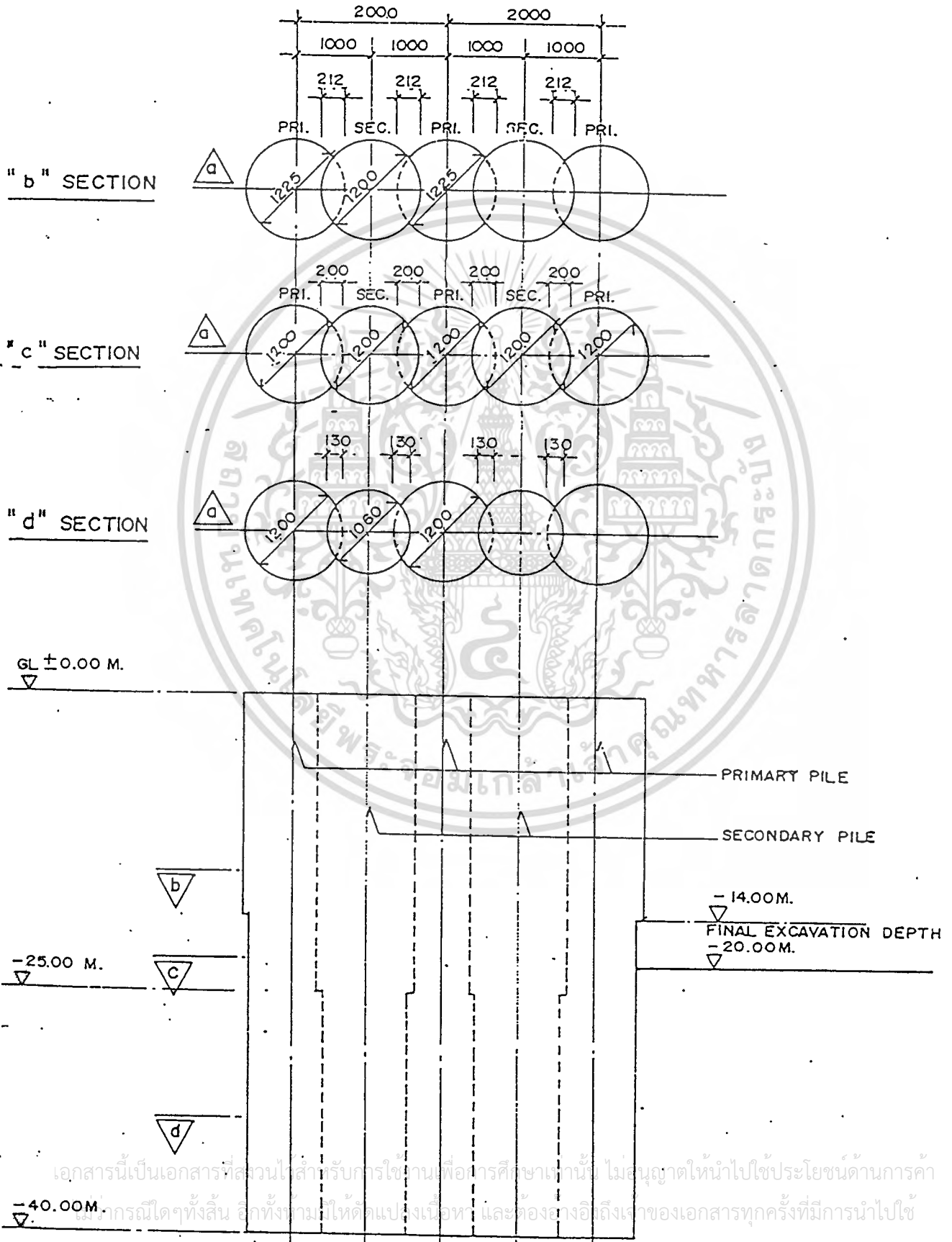
-60.00M.

รูปที่ 4.11 แสดงรูป Secant pile wall ชนิด B ของโครงการ Empire Tower



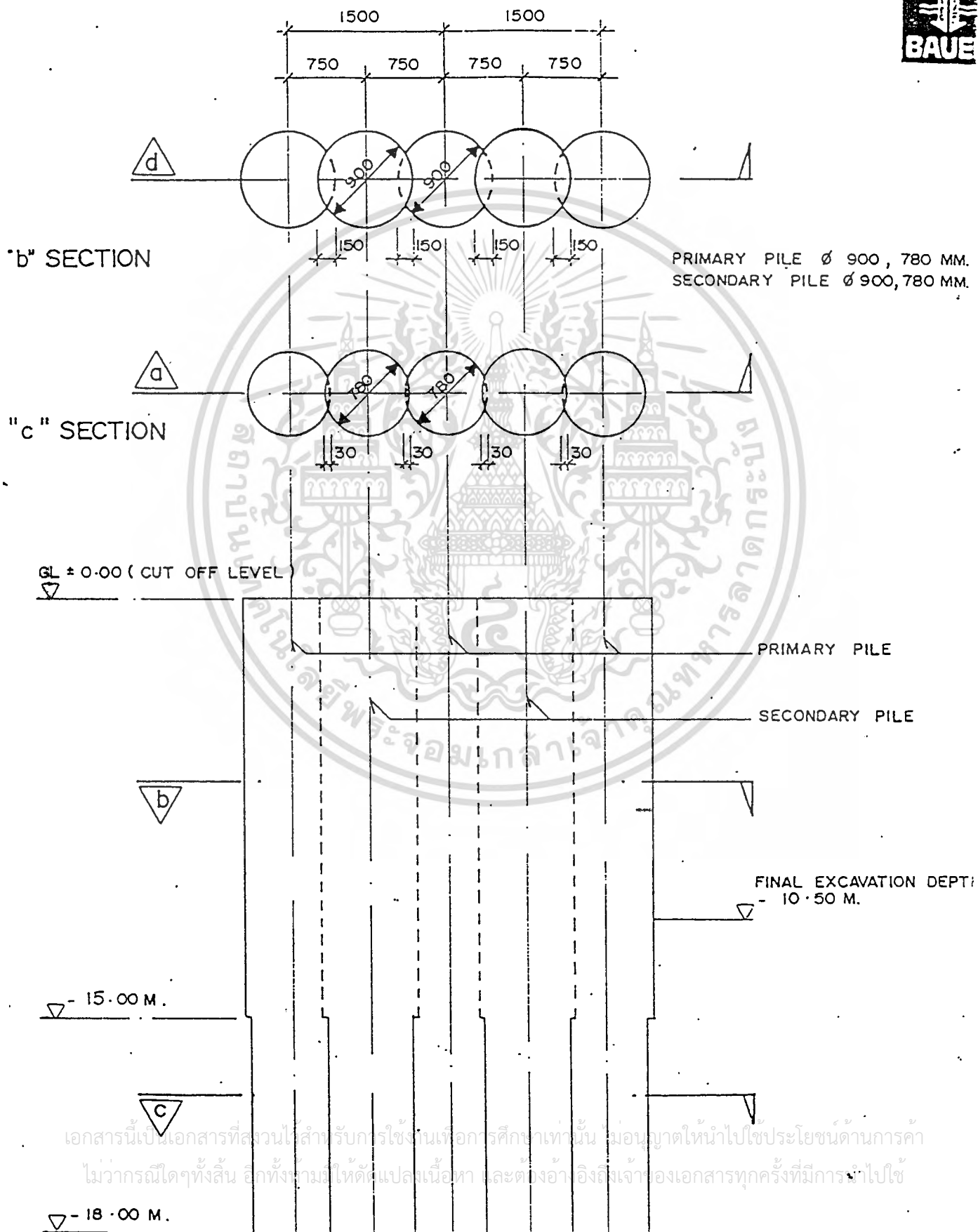
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่ากรณีใดๆก็ตาม หากมีข้อผิดพลาดประการใด ขออภัยเป็นอย่างสูงและขอแจ้งถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.12 แสดงรูป Secant pile wall ชนิด C ของโครงการ Empire Tower



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สแกนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
แม้ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

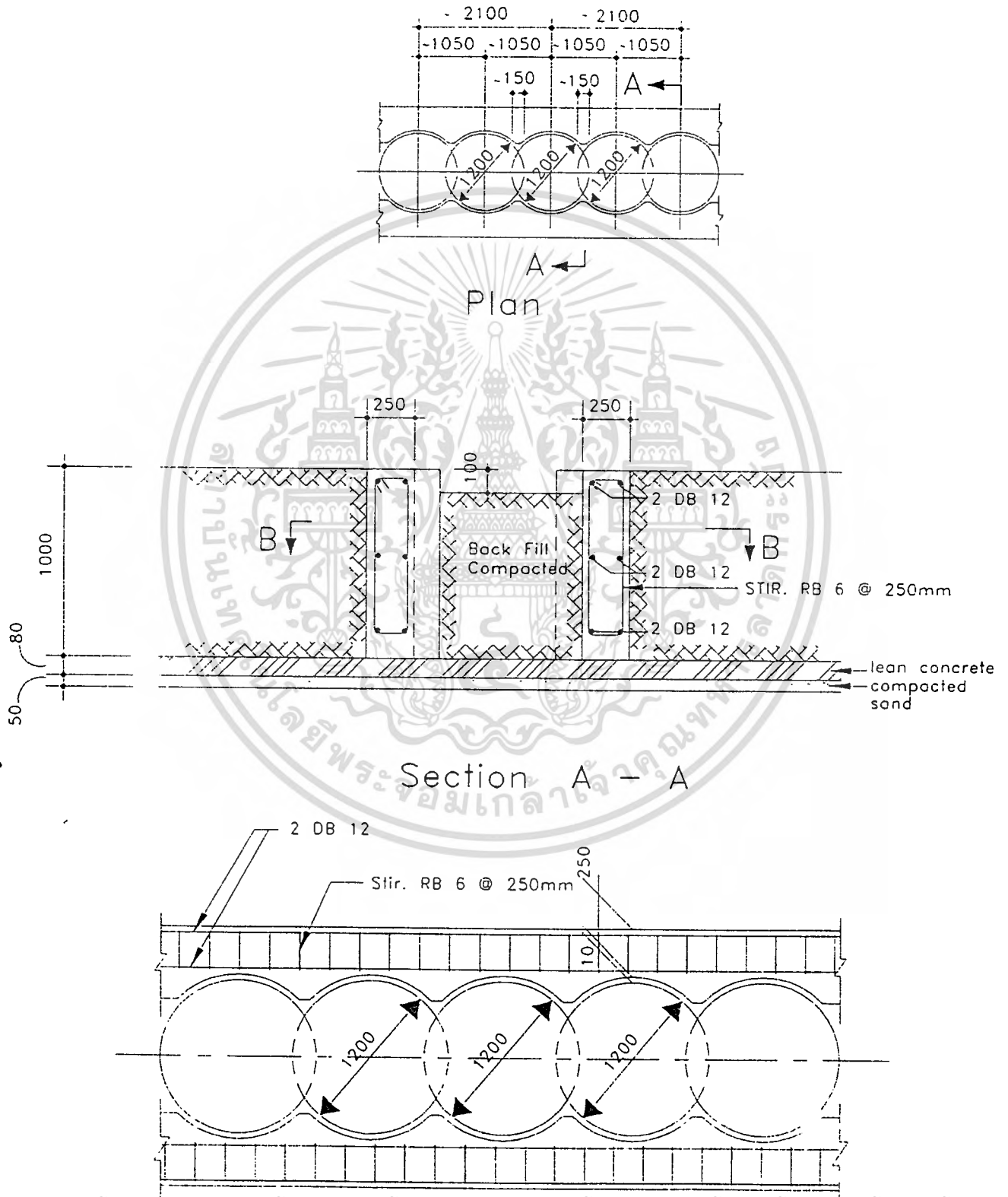
รูปที่ 4.13 แสดงรูป Secant pile wall ชนิด D ของโครงการ Empire Tower



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สวชนได้สำรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามให้คัดแปลงเนื้อหา และตั้งอาอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

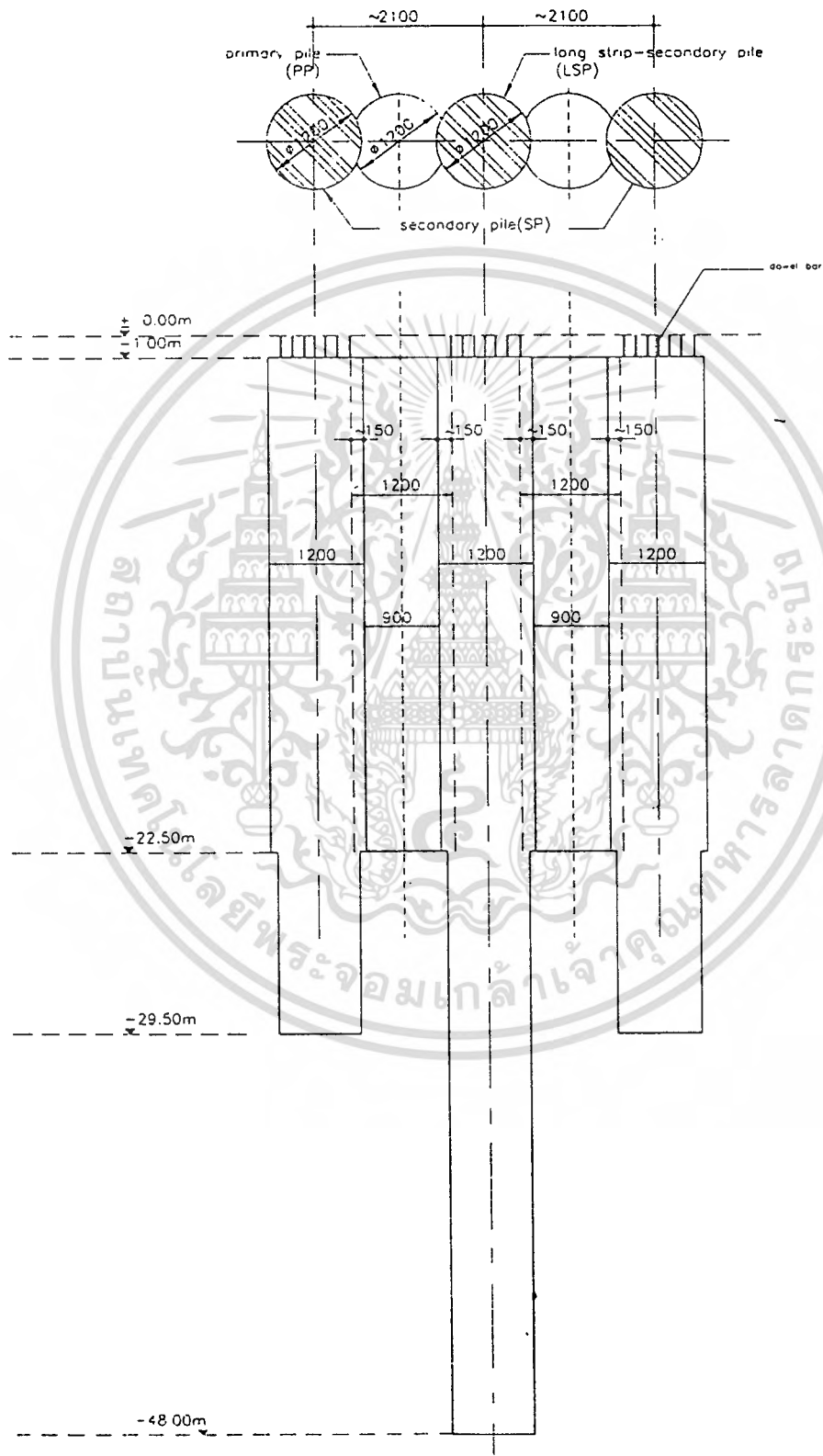


รูปที่ 4.15 แสดงรายละเอียด Guide wall ของโครงการ Central Galleria



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

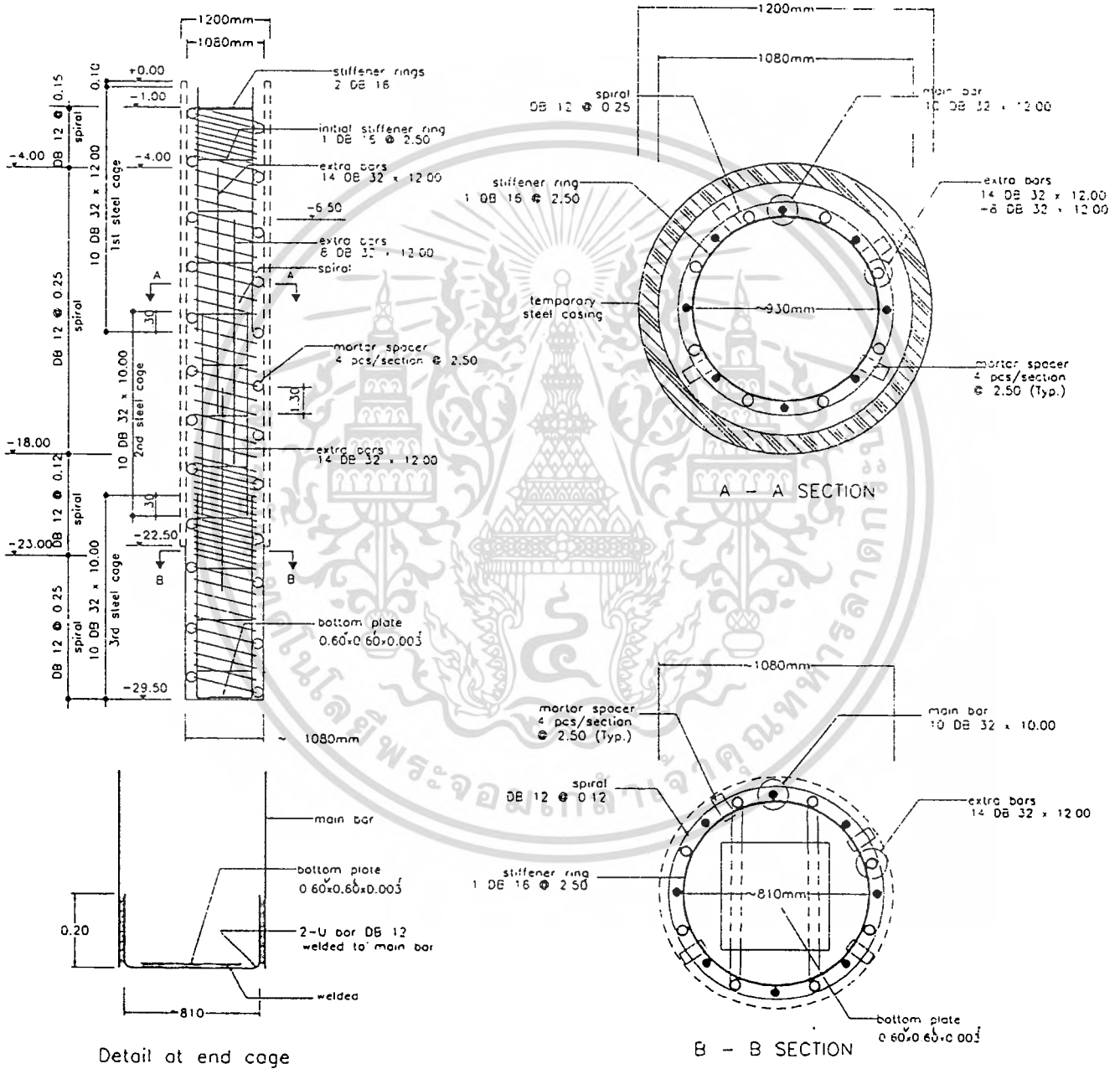
รูปที่ 4.16 แสดงรูปตัดด้านข้าง Secant pile wall ของโครงการ Central Galleria



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

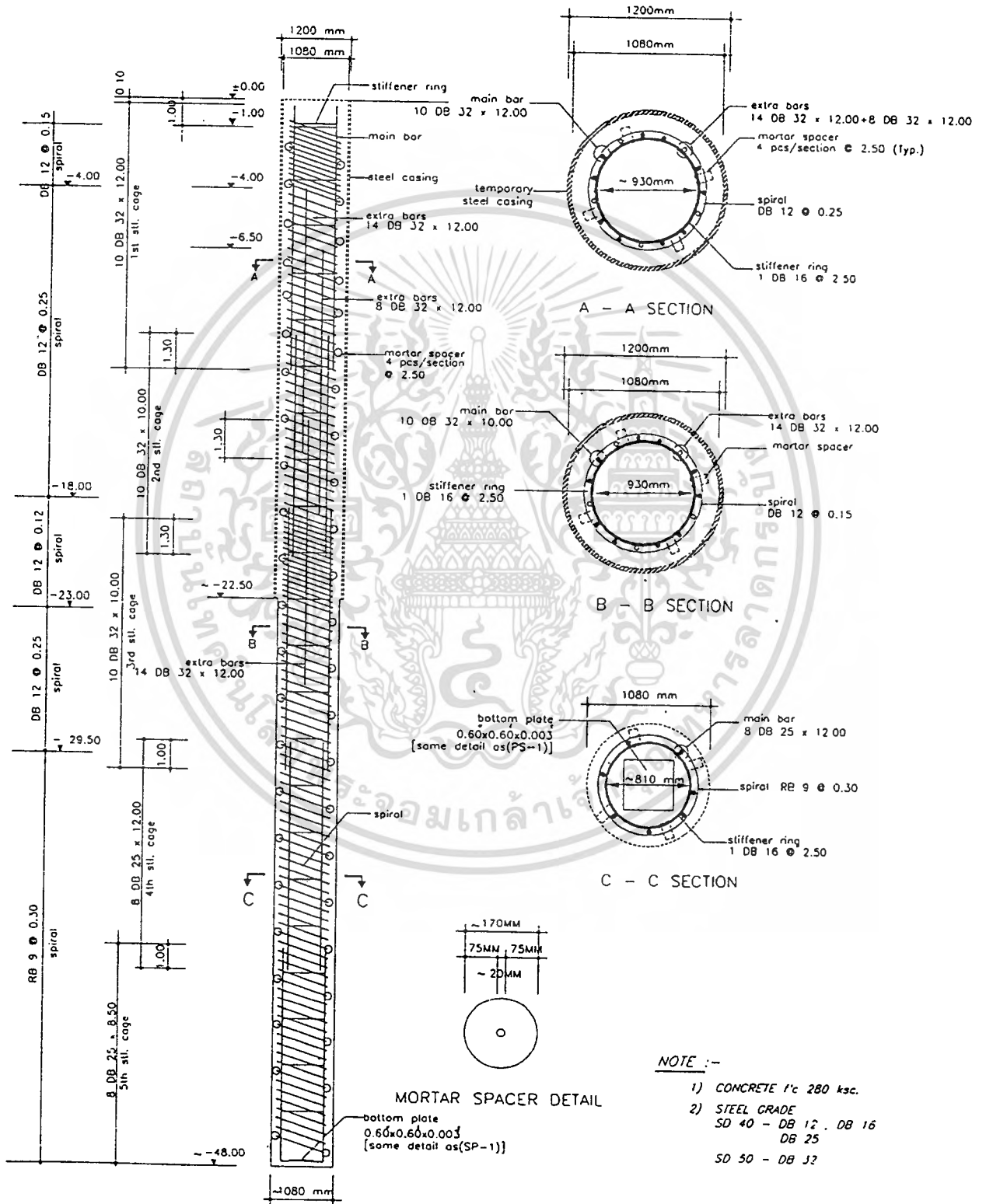
รูปที่ 4.17 แสดงรูปแบบเหล็กเสริมที่ติดตั้งใน Secant pile wall ชนิด SP-1

ของโครงการ Central Galleria



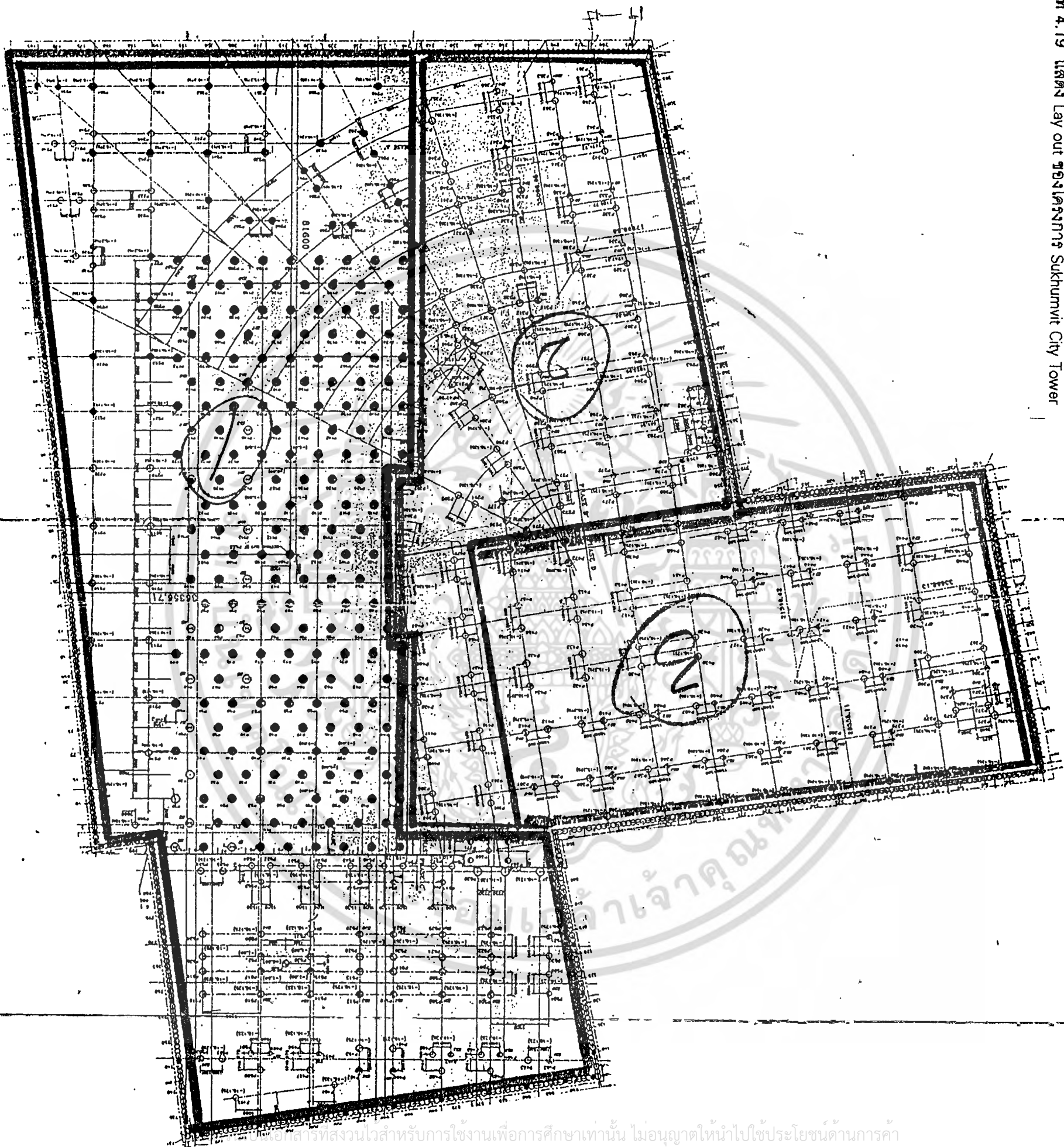
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.18 แสดงรูปแบบเหล็กเสริมที่ติดตั้งใน Secant pile wall ชนิด Lsp-1 ของโครงการ Central Galleria



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.19 แสดง Lay out ของโครงการ Sukhumvit City Tower



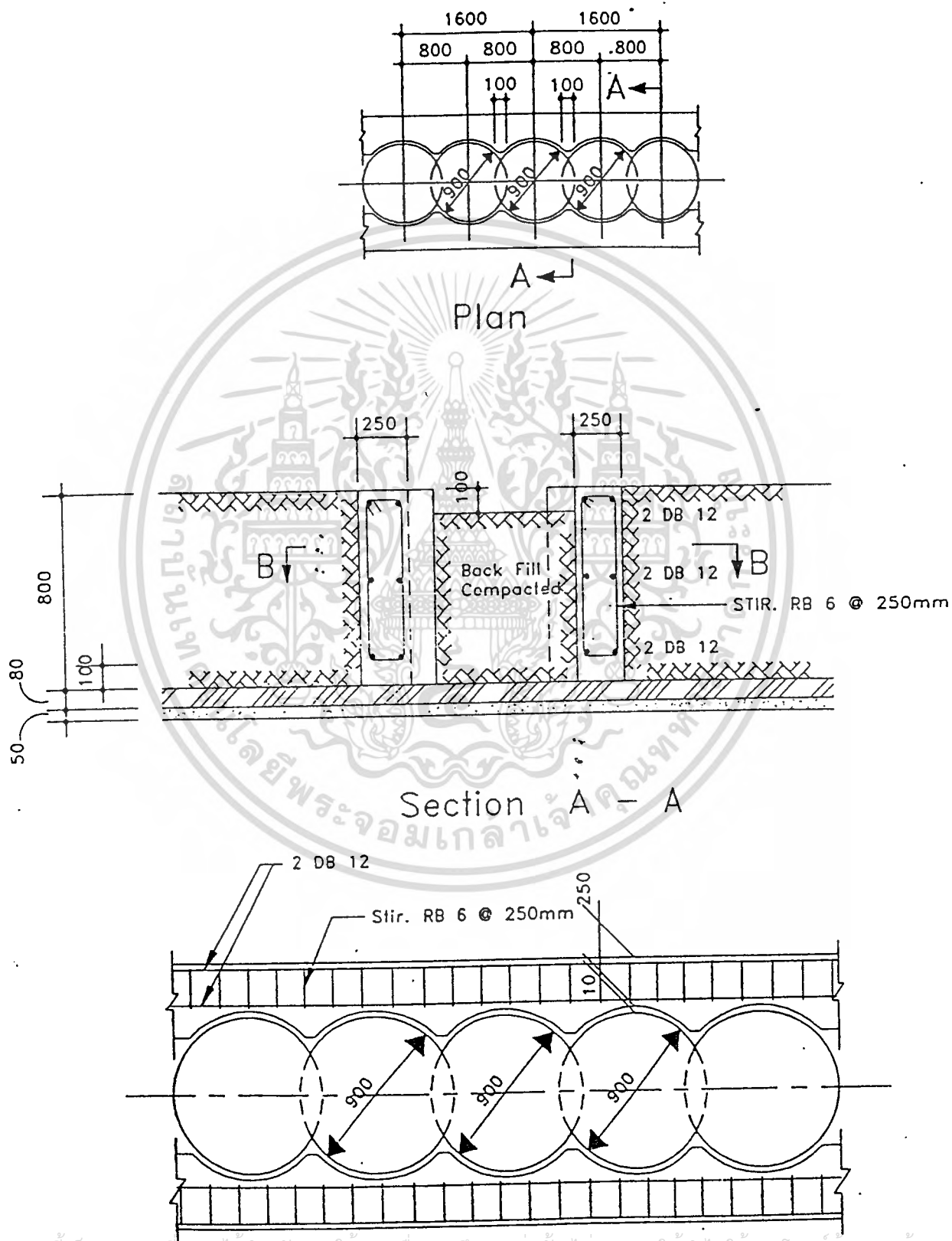
เอกสารที่ส่งมอบไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

14 OCT 1993

IN BARER

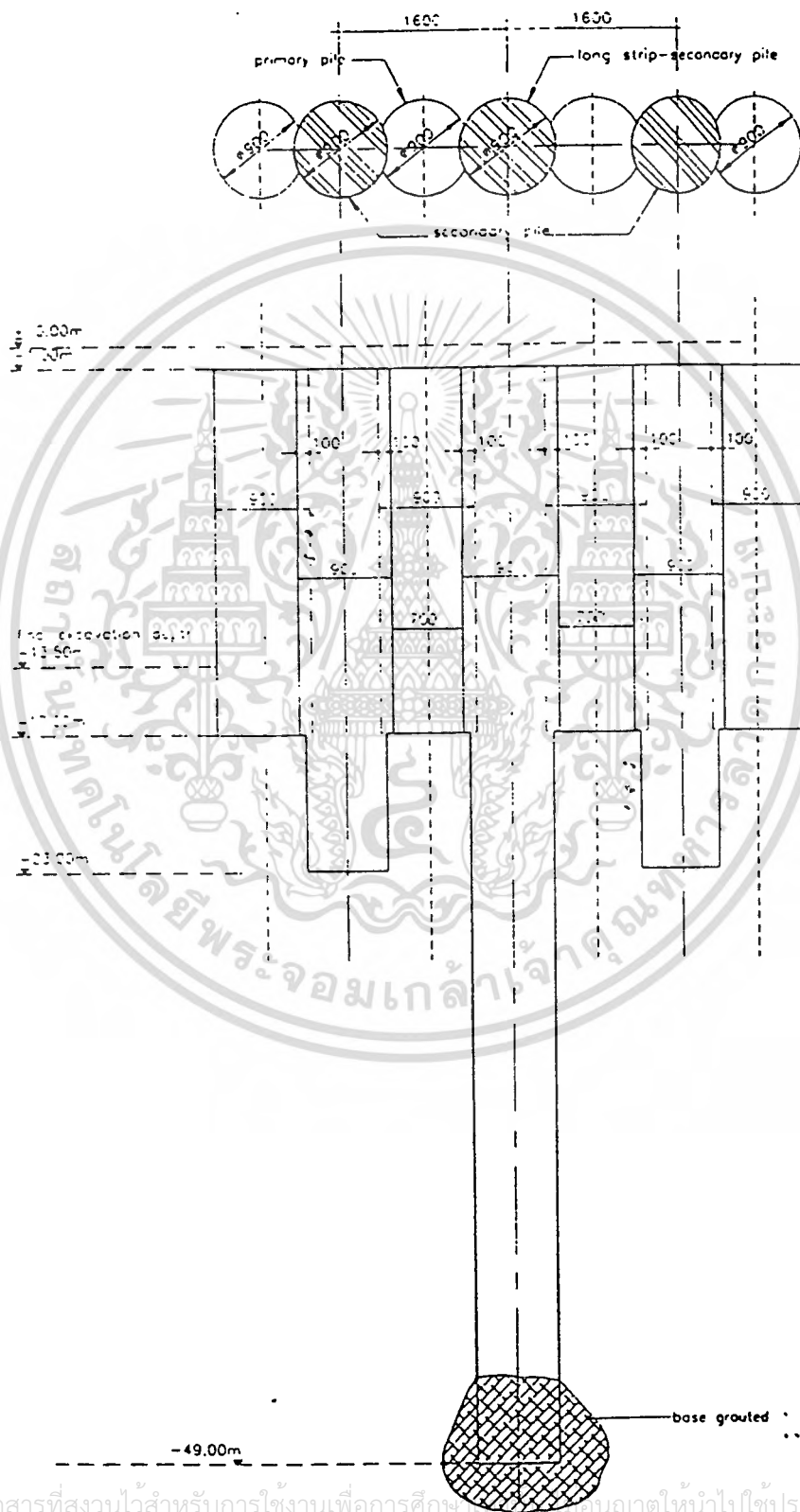


รูปที่ 4.21 แสดงรายละเอียด Guide wall ของโครงการ Suriwong Complex



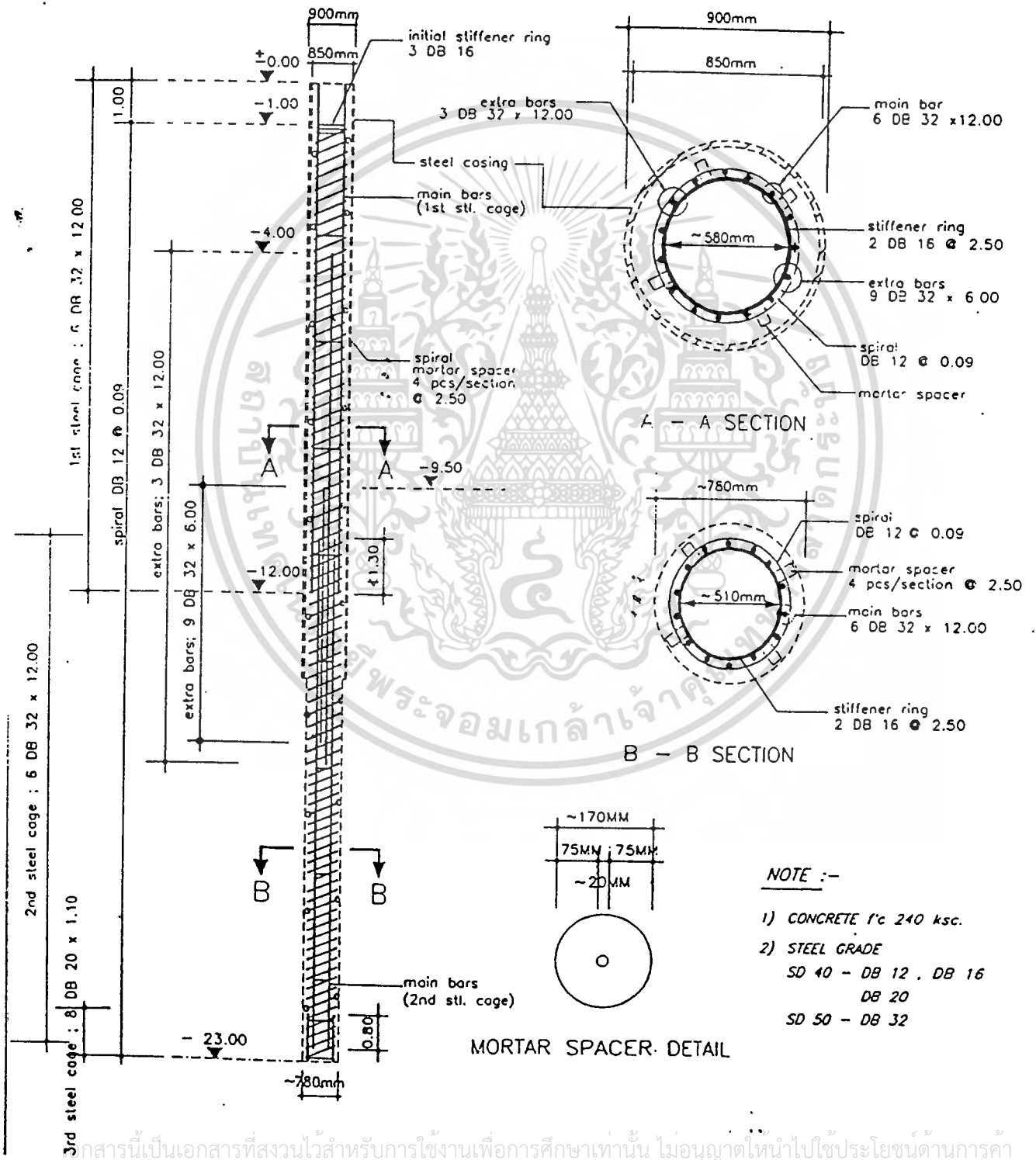
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.22 แสดงรูปตัดด้านข้าง Secant pile wall ของโครงการ Suriwong Complex



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษา โดยอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.23 แสดงรูปแบบเหล็กเสริมที่ติดตั้งใน Secondary pile ของโครงการ Suriwong Complex



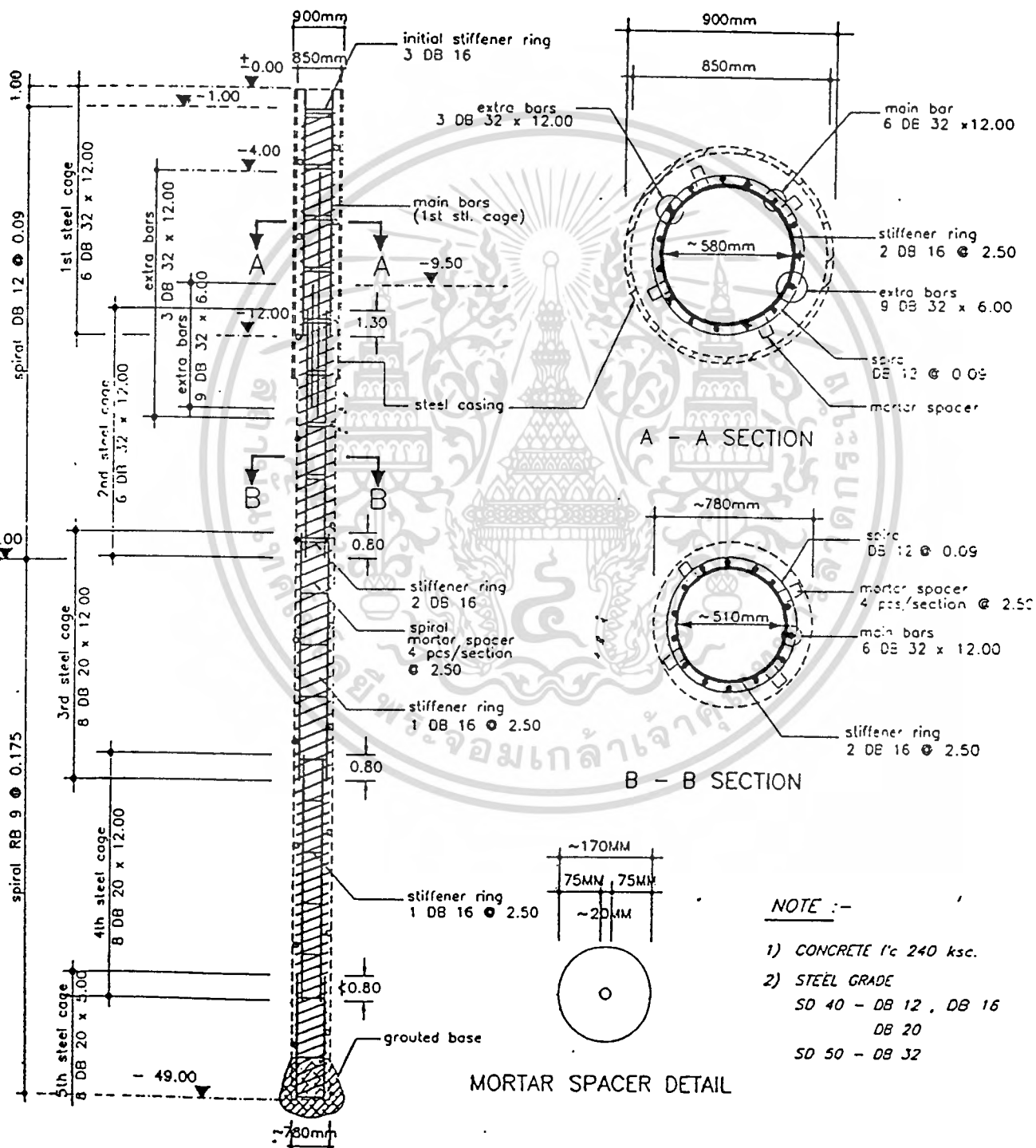
NOTE :-

- 1) CONCRETE f'c 240 ksc.
- 2) STEEL GRADE  
SD 40 - DB 12 , DB 16  
DB 20  
SD 50 - DB 32

MORTAR SPACER DETAIL

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.24 แสดงรูปแบบเหล็กเสริมที่ติดตั้งใน Long strip pile ของโครงการ Suriwong Complex



- NOTE :-**
- 1) CONCRETE f'c 240 ksc.
  - 2) STEEL GRADE  
 SD 40 - DB 12 , DB 16  
 DB 20  
 SD 50 - DB 32

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 4.2 BILL OF QUANTITIES ของโครงการ

### 4.2.1 ระบบ DIAPHRAGM WALL

1. โครงการ Silom Precious Tower
  - Lum sum price = 76,000,000 บาท
2. โครงการ One Place Building
  - ดังตารางที่ 4.1 - 4.6
3. โครงการ ATM Vipavadee Tower
  - ดังตารางที่ 4.7
4. โครงการ Pratunam Complex
  - Lum sum price = 35,911,088 บาท

### 4.2.2 ระบบ SECANT PILE WALL

1. โครงการ Empire Tower
  - ดังตารางที่ 4.8
2. โครงการ Central Galleria
  - ดังตารางที่ 4.9
3. โครงการ Sukhumvit City Tower
  - ดังตารางที่ 4.10
4. โครงการ Suriwong Complex
  - Lum sum price = 48,450,000 บาท

BILL OF QUANTITIES  
ONE PLACE PROJECT  
DIAPHRAGM WALL WORKS : SUMMARY OF WORKS

ITEM	DESCRIPTION	TOTAL AMOUNT	REMARKS
1	MATERIALS	22390621.14	
2	TECHNICAL PART	384451.00	
3	MANPOWER	2173170.00	
4	TRANSPORTATION/SUPPLIER	894520.00	
5	EQUIPMENT/MAINTENNANCE	2074997.50	
<b>GRAND TOTAL</b>		<b>27917759.64</b>	

BAHT

ตารางที่ 4.1 แสดงใบ Summary Of Works ของโครงการ One Place Building

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.2 แสดงใบราคาสวน Material ของโครงการ One Place Building

BILL OF QUANTITIES  
ONE PLACE PROJECT  
DIAPHRAGM WALL WORKS : MATERIAL

MATERIAL LIST	QUANTITY	UNIT	UNIT COST (BAHT)	TOTAL COST (BAHT)	REMARKS
<b>GUIDE WALL</b>					
-FORMWORK	50.00	SET	900.00	45000.00	
-STEEL BAR					
RB 6 MM.	1.70	TON	12000.00	20400.00	
DB 12 MM.	3.90	TON	11000.00	42900.00	
-STEEL WIRE	350.00	KG.	17.00	5950.00	W/B=62.5KG./T.
-CONC. 210 KSC.	362.00	Cu. M.	982.08	355511.15	
<b>DIAPHRAGM WALL</b>					
-STEEL BAR					
DB 16-32 MM.	950.00	TON	10500.00	9975000.00	
-STARTER BAR (DB16 MM.)	60.00	TON	10500.00	630000.00	
-STEEL WIRE	12350.00	KG.	17.00	209950.00	W/B=13 KG./T.
-WELDING ROD	1140.00	KG.	23.00	26220.00	B/R=1.2KG./T.
-CONC. 280 KSC.	7543.00	Cu. M.	1100.25	8301386.25	
<b>MISCELLANEOUS</b>					
-BOX OUT	1381.00	SQR. M.	360.00	497160.00	
-BENTONITE	50.00	TON	6100.00	305000.00	
-SODIUM BICARBONATE	7.00	TON	7250.00	50750.00	
-ENCLINOMETER SET	4.00	SET	19000.00	76000.00	30 M. DEEP
-OXYGEN	60.00	BOTTLE	100.00	6000.00	CASING
-ACETELYNE	20.00	BOTTLE	350.00	7000.00	
-RUBBER WATER STOP	1200.00	M.	150.00	180000.00	
-TIMBER 1.5"*3"	3000.00	M.	28.00	84000.00	
-CONC. PLANT SLAB (210 KSC.)	50.00	Cu. M.	982.08	49103.75	
-STEEL RB 9 MM. (PLANT SLAB)	1.00	TON	12000.00	12000.00	
-CONC. 210 KSC. (STEEL FIXER SLAB)	40.00	Cu. M.	982.08	39283.00	
-STEEL RB 9 MM. (STEEL FIXER SLAB)	0.60	TON	12000.00	7200.00	

SUBTOTAL BAHT 20925814.15

SUBTOTAL (PLUS VAT 7%) BAHT 22390621.141

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.3 แสดงใบราคาส่วน Technical Part ของโครงการ One Place Building

**BILL OF QUANTITIES  
ONE PLACE PROJECT  
DIAPHRAGM WALL WORKS : TECHNICAL PART**

DESCRIPTION	QUANTITY	UNIT	UNIT COST (BAHT)	TOTAL COST (BAHT)	REMARKS
STEEL TESTING	3	TIME	3500.00	10500.00	
INCLINOMETER (CALBRATION&REPORT)	15	TIME	12500.00	187500.00	
SEISMIC TEST	71	NO	500.00	35500.00	
RELIEVE WELL @ -18.00 M.DEEP	2	NO	14700.00	29400.00	
PIEZOMETER 1 @ -16 M. DEEP	2	NO	12400.00	24800.00	
1 @ -22 M. DEEP	2	NO	16300.00	32600.00	
---					
SURVEY WITH REPORT	3	DAY	6500.00	19500.00	
KODEN(DRILLING-- -MONITORING TEST)	3	PANEL	6500.00	19500.00	

SUBTOTAL BAHT 359300.00

SUBTOTAL (PLUS VAT 7%) BAHT 384451.00

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.4 แสดงใบราคาส่วน Manpower ของโครงการ One Place Building

BILL OF QUANTITIES  
ONE PLACE PROJECT  
DIAPHRAGM WALL WORKS : MANPOWER/SUBCOTRACTOR

POSITION	QUANTITY	UNIT COST (BAHT)	TOTAL WORKING TIME (MONTH)	TOTAL COST (BAHT)	REMARK.
<b>SOLTHAI</b>					
PROJECT ENGINEER	1	35000.00	3	105000.00	
SITE ENGINEER	1	30000.00	3	90000.00	
FOREMAN	2	15000.00	3	90000.00	
SITE CLERK	1	5500.00	3	16500.00	
MAID	1	3500.00	3	10500.00	
GRAB OPERATOR	2	30000.00	3	180000.00	
SERVIVCE OPERATOR	4	27000.00	3	324000.00	
SKILL. WORKER	14	7500.00	3	315000.00	
WORKER	20	5500.00	3	330000.00	
			SUBTOTAL	1461000.00	
REBAR FIXER	950	600		570000.00	
			SUBTOTAL	570000.00	
SUBTOTAL BAHT				2031000.00	
SUBTOTAL (PLUS VAT 7%) BAHT				<u>2173170.00</u>	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.5 แสดงใบราคาส่วน Transportation ของโครงการ One Place Building

BILL OF QUANTITIES  
ONE PLACE PROJECT  
DIAPHRAGM WALL WORKS : TRANSPORTATION/SUPLIER

DESCRIPTION	QUANTITY	UNIT	UNIT COST (BAHT)	TOTAL COST (BAHT)	REMARKS
<b>MOBILIZATION</b>					
-EXC. CRANE (100 T.)	1	TRIP	42000.00	42000.00	
-SERVICE CRANE (50 T.)	1	TRIP	13000.00	13000.00	
-NORMAL TRAILOR	15	TRIP	2500.00	37500.00	
-BACK HOE	1	TRIP	3500.00	3500.00	
<b>DEMobilIZATION</b>					
-SAME AS MOB.				96000.00	
<b>BENTONITE AWAY</b>					
-6 WHEEL TRUCK	50	TIME	3000.00	150000.00	WIHTOUT VAT
<b>MUCK AWAY</b>					
-10 WHEEL TRUCK	1250	TRIP	200.00	250000.00	WIHTOUT VAT
<b>CLEANING</b>					
-WATER DRAINAGE (TUNEL)	1	TIME	7000.00	7000.00	WIHTOUT VAT
<b>FINE FOR POLICE</b>					
-POLICEMAN	3	MONTH	5000.00	15000.00	WIHTOUT VAT
<b>POWER SUPPLY</b>					
	3	MONTH	55000.00	165000.00	WIHTOUT VAT
<b>WATER SUPPLY</b>					
	3	MONTH	19000.00	57000.00	WIHTOUT VAT

SUBTOTAL BAHT 836000.00

SUBTOTAL (PLUS VAT 7%) BAHT 894520.00

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**BILL OF QUANTITIES  
ONE PLACE PROJECT  
DIAPHRAGM WALL WORKS : EQUIPMENT/MAINTENANCE**

EQUIPMENT	QUANTITY	UNIT	UNIT COST (BAHT)	TOTAL COST (BAHT)	REMARKS
HEAVY -SERVICE CRANE	3	NO	260000.00	780000.00	
MAINTENANCE *DIESEL *					
-EXC. CRANE 100 T.	650	HR.	335.00	217750.00	
-SERV. CRANE 80 T.	1400	HR.	335.00	469000.00	
-SERV. CRANE 50 T.	1050	HR.	200.00	210000.00	
-BACK HOE	1500	HR.	175.00	262500.00	
<b>SUBTOTAL BAHT</b>				<b>1939250.00</b>	
<b>SUBTOTAL (PLUS VAT 7%) BAHT</b>				<b>2074997.50</b>	

**ตารางที่ 4.6 แสดงใบราคาสวน Equipment ของโครงการ One Place Building**

ตารางที่ 4.7 แสดงใบ BOQ ของโครงการ ATM Vipavadee Tower

**BILL OF QUANTITIES**

gs- 18/12/93

PROJECT

**ATM TOWER VIBAVADEE PROJECT - BANGKOK**

DIAPHRAGM WALL WORKS

Contract no. STC- 139195

No.	Description	Qty.	U.	Unit Cost baht	Grand Total Baht
	Diaphragm wall Work				
1.1-	Mobilisation, site set up, design preparation	1	LS	797 000,00	797 000,00
1.2-	Guide wall construction including supply & installation materials	242	m	2 900,00	701 800,00
1.3	Diaphragm wall construction including supply & installation materials	4 315	m <sup>2</sup>	5 520,00	23 819 800,00
1.4-	Barrettes 2.7 x 1000 @ -50m excavation from base of d- wall down to -50m including supply & installation materials	8	no.	340 000,00	2 720 000,00

TOTAL WORKS AMOUNT ..... baht 28 037 600,00  
(excluding VAT)

VAT Tax ..... baht 1 962 632,00  
Total: 7%

TOTAL CONTRACT AMOUNT including VAT ..... baht 30 000 232,00

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้เฉพาะในโครงการนี้ ไม่สามารถนำไปใช้ประโยชน์อื่นใด  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งทั้งในรูปแบบ

# THAI - BAUER CO., LTD.

## COST BREAK DOWN

APPENDIX "A"

(Secant Pile Wall)

Project: JB 054 -- EMPIRE TOWER      Date: 24 TH JANUARY, 1992      Calculated By W. U.

Client: WISE POWER CONSULTANTS (THAILAND) LTD.

Item No.	Description of Work	Quantity	Unit	Unit Rate (Baht)		Total Amount (Baht)
				Labour Cost	Material Cost	
1.	MOBILIZATION	-	LS	-	-	3,000,000.00
2.	SECANT PILE WALL					
2.1	TYPE A - DIA 1200 MM x 30 & 60 M TIP	136	UNIT	113,000.00	-	15,368,000.00
2.2	TYPE B - DIA 1200 MM x 30 M TIP	234	UNIT	83,100.00	-	19,445,400.00
2.3	TYPE C - DIA 1200 MM x 40 M TIP	60	UNIT	93,500.00	-	5,610,000.00
2.4	TYPE D - DIA 900 MM x 18 M TIP	265	UNIT	41,500.00	-	10,582,600.00
3.	MATERIALS					
3.1	CONCRETE	22,915	M3	-	-	BY CLIENT
3.2	STEEL (REBAR)	2,244	TON	-	-	BY CLIENT
3.3	LEAN CONCRETE	95	M3	-	-	BY CLIENT
<p>NOTE: 1. OUR OFFER IS INCLUSIVE OF ALL APPLICABLE TAXES AS OF DATE OF OUR OFFER.</p> <p>2. MATERIALS SHALL BE SUPPLIED BY CLIENT TO THE JOB SITE</p>						
<b>TOTAL</b>						<b>61,005,900.00</b>

ตารางที่ 4.8 แสดงค่า Cost Break Down ของโครงการ Empire Tower

LIST OF QUANTITIES

PROJECT : CENTRAL SILOM 3

Quoted by : THAI BAUER CO., LTD.

cm	Description	Unit	Qty.	Unit Cost		Total Cost		Grand Total
				Material	Labour	Material	Labour	
3.	Secant Pile Wall (Substitutive to Diaphragm Wall)							
	Bored Pile 1.20 m. dia.	No.	206	67,800.00	62,600.00	19,390,000.00	17,903,600.00	37,294,400.00
	Primary Pile - 22.50 m. depth							
	Secondary Pile - 29.00 m. depth							
	Strip Pile - 48.00 m. depth							
	Note : 1) Joint for slab connection propose drill & grout method which shall be performed by other.							
	2) Price based on Thai Bauer's design and calculation.							
						19,390,000.00	17,903,600.00	37,294,400.00

ตารางที่ 4.9 แสดงใบ BOQ ของโครงการ Central Galleria

# THAI BAUER CO.,LTD. COST BREAK DOWN

( V O / 7 ) REVISION

Project: SUKHUMVIT CITY TOWER Date: 28/9/94 Calculated By: S. M. Page: 1 of 1

Client: CITY REALTY CO.,LTD.

Item No.	Description of Work	Quantity			Unit	Labour Cost			Material Cost			Total Rate			Total Amount (Baht)											
		VO.6	REV	VO.7		VO.6	REV	VO.7	VO.6	REV	VO.7	VO.6	REV	VO.7	VO.6	REV	VO.7									
B.	SECANT PILE WALL WORK																									
1.	MOBILIZATION	1	1	0	LS																					
2.	SECANT PILE WALL WORK																									
2.1	DIA. 900 MM. x 20, 22, 28, 57 M TIP.	802	802	0	NO.	33,500.00	33,500.00	0.00	29,800.00	29,800.00	0.00	63,300.00	63,300.00	0.00	50,766,600.00	50,766,600.00	0.00									
2.2	ADD. COST FOR PILE. NO. 274,278,280,282,296,298,300,304,306 and 308	10	10	0	NO.	2,460.00	21,460.00	0.00	24,009.00	24,009.00	0.00	45,469.00	45,469.00	0.00	454,690.00	454,690.00	0.00									
3.	SEISMIC TEST	200	401	201	NO.	500.00	500.00	0.00	-	-	-	500.00	500.00	0.00	100,000.00	200,500.00	100,500.00									
4.	CORE 100 MM DIAMETER HOLE	3	3	0	NO.	40,000.00	40,300.00	0.00	-	-	-	40,000.00	40,000.00	0.00	120,000.00	120,000.00	0.00									
5.	DESIGN BUT NOT CONSTRUCTION OF SHORING & STRUTTING SYSTEM TO SUPPORT SECANT PILE WALL IN COMPATIBLE WITH THE RECOMMENDED SEQUENCE OF EXCAVATION	1	1	0	LS	100,000.00	100,000.00	0.00	-	-	-	100,000.00	100,000.00	0.00	100,000.00	100,000.00	0.00									
6.	INCLINOMETER (Exc.Monitoring)	11	11	0	Set	10,000.00	10,000.00	0.00	38,500.00	38,500.00	0.00	48,500.00	48,500.00	0.00	533,500.00	533,500.00	0.00									
NOTE: INCLUDING VAT																										
<b>TOTAL</b>																										

ตารางที่ 4.10 แสดงค่า Cost Break Down ของโครงการ Sukhumvit City Tower

## 4.3 BARCHART ของโครงการ

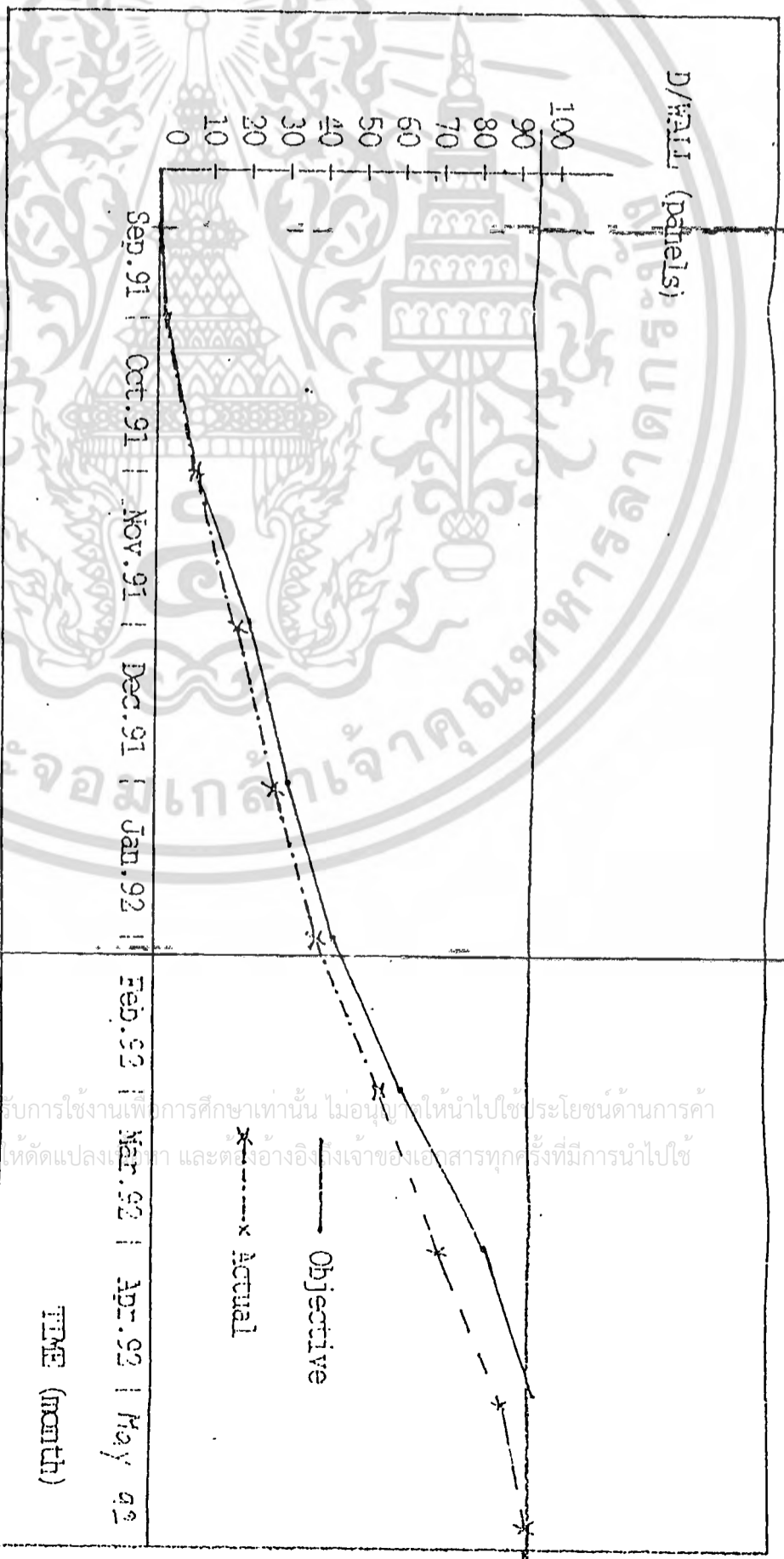
### 4.3.1 ระบบ DIAPHRAGM WALL

1. โครงการ Silom Precious Tower  
- ดังรูปที่ 4.25
2. โครงการ One Place Building  
- ดังรูปที่ 4.26
3. โครงการ ATM Vipavadee Tower  
- ดังรูปที่ 4.27
4. โครงการ Pratunam Complex  
- ดังรูปที่ 4.28

### 4.3.2 ระบบ SECANT PILE WALL

1. โครงการ Empire Tower  
- ดังรูปที่ 4.29
2. โครงการ Central Galleria  
- ดังรูปที่ 4.30
3. โครงการ Sukhumvit City Tower  
- ดังรูปที่ 4.31
4. โครงการ Suriwong Complex  
- ดังรูปที่ 4.32

PROJECT : RANGSAN SILOM PRECIOUS TOWER  
 JOB NO. : 119176  
 PREPARED BY U.THANASE DATE 09 MAR. 1992  
 REV.NO. : 1



ESTIMATE	MONTH	SEP '91	OCT '91	NOV '91	DEC '91	JAN '92	FEB '92	MAR '92	APR '92	MAY '92
		MONTHLY	MONTHLY	MONTHLY	MONTHLY	MONTHLY	MONTHLY	MONTHLY	MONTHLY	MONTHLY
ESTIMATE		1	6	12	12	12	18	20	14	
	ACCUMULATE	1	7	19	31	43	61	81	95	
ACTUAL		1	6	10	11	10	14	16	17	10
	ACCUMULATE	1	7	17	28	38	52	68	85	95

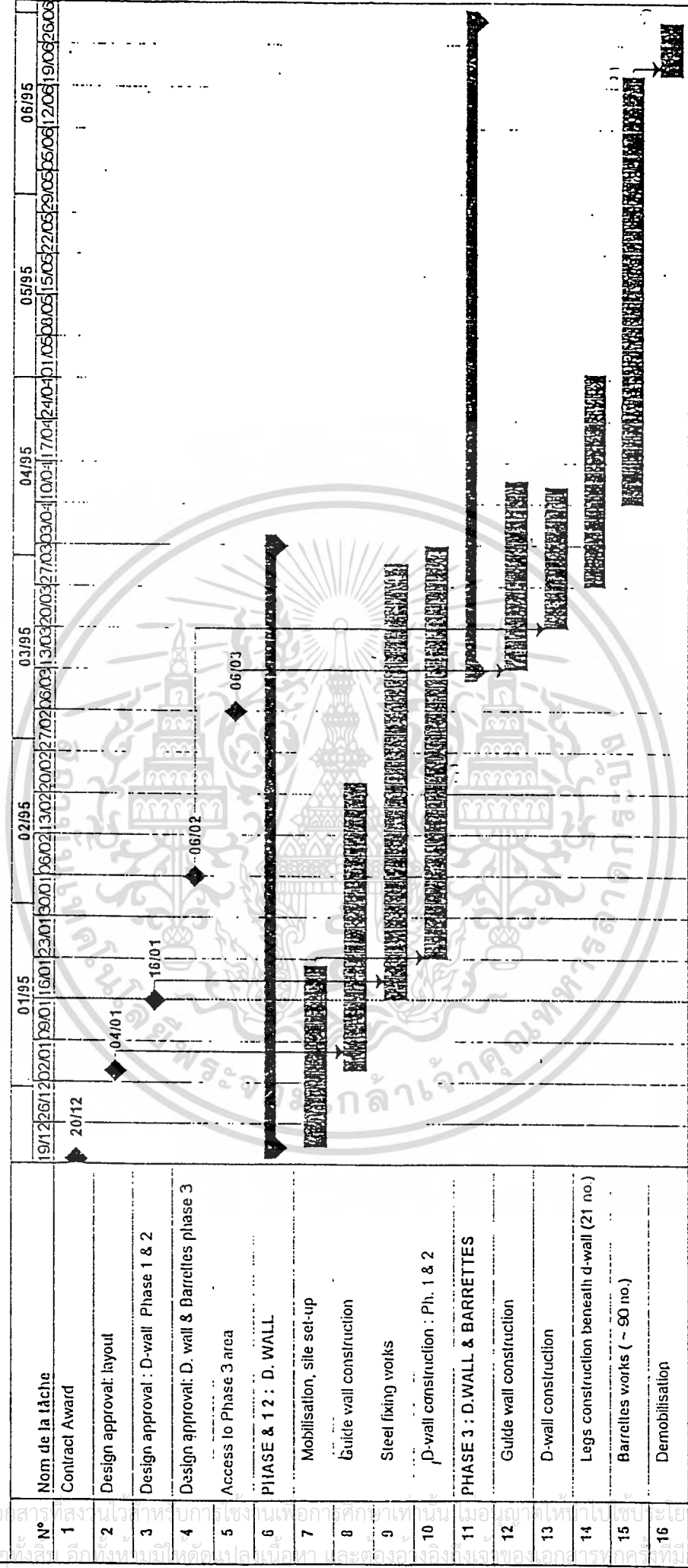
Panel Furniture

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 มาตรการใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้





PRATUNAM COMPLEX - DIAPHRAGM WALL WORKS  
TENTATIVE BAR CHART PROGRAMME



Tâche Progrès Jalón			
Projct: PRATUNAM COMPLEX - BIKK Date: 16/01/95			





SUKHUMVIT CITY PROJECT  
 BORED PILE AND SECANT PILE WALL WORK  
 REVISED WORKING PROGRAMME  
 DATE : 14/10/93

รูปที่ 4.31 แสดงแผนการดำเนินงานของโครงการ Sukhumvit City Tower



NO.	ACTIVITY	DURATION (DAYS)																								REMARK
		8/7	15/7	22/7	20/8	26/8	27/9	30/9	146	DAYS	23/02/94															
1	MOBILIZATION	[Gantt bar from 8/7 to 15/7]																								
	SURVEY SETTING OUT	[Gantt bar from 15/7 to 22/7]																								
A.1	APPROVAL FOR GUIDE WALL CONSTRUCTION	[Gantt bar from 22/7 to 20/8]																								
2	GUIDE WALL CONSTRUCTION	[Gantt bar from 20/8 to 27/9]																								
2.1	GUIDE WALL DEMOLITION	[Gantt bar from 27/9 to 30/9]																								
A.2	PARTIAL APPROVAL FOR CONSTRUCTION BORED PILE IN MAT AREA (PHASE A)	[Gantt bar from 30/9 to 146 days]																								
A.3	PARTIAL APPROVAL FOR CONSTRUCTION BORED PILE OUTSIDE MAT AREA (PHASE A)	[Gantt bar from 146 days to 23/02/94]																								
A.4	PARTIAL APPROVAL FOR COMMENCE SECANT P.W (PHASE A)	[Gantt bar from 23/02/94 to 146 days]																								
A.5	APPROVAL OF V.O.	[Gantt bar from 146 days to 23/02/94]																								
3	BORED PILE (23/7/93) to (30/09/93)	[Gantt bar from 23/7 to 30/9]																								261 PILES IN PHASE A
3.1	BP1	[Gantt bar from 23/7 to 30/9]																								61 PILES IN PHASE A
3.2	61+75=136 BORED PILE	[Gantt bar from 23/7 to 30/9]																								75 PILES IN PHASE C
3.3	BP2	[Gantt bar from 23/7 to 30/9]																								20 PILES IN PHASE D
	20+90=110 BORED PILE	[Gantt bar from 23/7 to 30/9]																								90 PILES IN PHASE B
3.4	BP3	[Gantt bar from 23/7 to 30/9]																								104 PILES IN PHASE D
	104 BORED PILE	[Gantt bar from 23/7 to 30/9]																								
	≈ 2.5NO/DAY=42 DAYS	[Gantt bar from 23/7 to 30/9]																								
4	SECANT PILE	[Gantt bar from 30/9 to 146 days]																								
4.1	SPM1	[Gantt bar from 30/9 to 146 days]																								#107 TO #1
	SECANT PILE=829.5m	[Gantt bar from 30/9 to 146 days]																								#802 TO # 571
	≈ 30m/DAY=64 DAYS	[Gantt bar from 30/9 to 146 days]																								
4.2	SPM2	[Gantt bar from 30/9 to 146 days]																								#106 TO #242
	SECANT PILE=364.6m	[Gantt bar from 30/9 to 146 days]																								
	≈ 140m/DAY=26 DAYS	[Gantt bar from 30/9 to 146 days]																								
4.3	SPM3	[Gantt bar from 30/9 to 146 days]																								#243 TO #351
	SECANT PILE=322.4m	[Gantt bar from 30/9 to 146 days]																								
	≈ 150m/DAY=22 DAYS	[Gantt bar from 30/9 to 146 days]																								
4.4	SPM4	[Gantt bar from 30/9 to 146 days]																								#352 TO #570
	SECANT PILE=412.3m	[Gantt bar from 30/9 to 146 days]																								
	≈ 140m/DAY=30 DAYS	[Gantt bar from 30/9 to 146 days]																								
5	TEST PILE CONSTRUCTION	[Gantt bar from 30/9 to 146 days]																								
	• 1500 2 NO.	[Gantt bar from 30/9 to 146 days]																								
	• 1200 1 NO.	[Gantt bar from 30/9 to 146 days]																								
	• 1000 2 NO.	[Gantt bar from 30/9 to 146 days]																								
6	BATCHING PLANT ERECTION	[Gantt bar from 30/9 to 146 days]																								
	DISMANTLE 10 DAYS	[Gantt bar from 30/9 to 146 days]																								
7	PILE LOAD TEST	[Gantt bar from 30/9 to 146 days]																								
	• 1500 2 NO.	[Gantt bar from 30/9 to 146 days]																								
	• 1200 1 NO.	[Gantt bar from 30/9 to 146 days]																								
	• 1000 2 NO.	[Gantt bar from 30/9 to 146 days]																								
8	DEMOBILIZATION	[Gantt bar from 30/9 to 146 days]																								

REPORT  
 1 OCT 1993

FILE SCITY/PLAN4



## 4.4 BORING LOG ของโครงการ

### 4.4.1 ระบบ DIAPHRAGM WALL

1. โครงการ Silom Precious Tower

- ดังรูปที่ 4.33

2. โครงการ One Place Building

- ดังรูปที่ 4.34

3. โครงการ ATM Vipavadee Tower

- ดังรูปที่ 4.35

4. โครงการ Pratunam Complex

- ดังรูปที่ 4.36

### 4.4.2 ระบบ SECANT PILE WALL

1. โครงการ Empire Tower

- ดังรูปที่ 4.37

2. โครงการ Central Galleria

- ดังรูปที่ 4.38

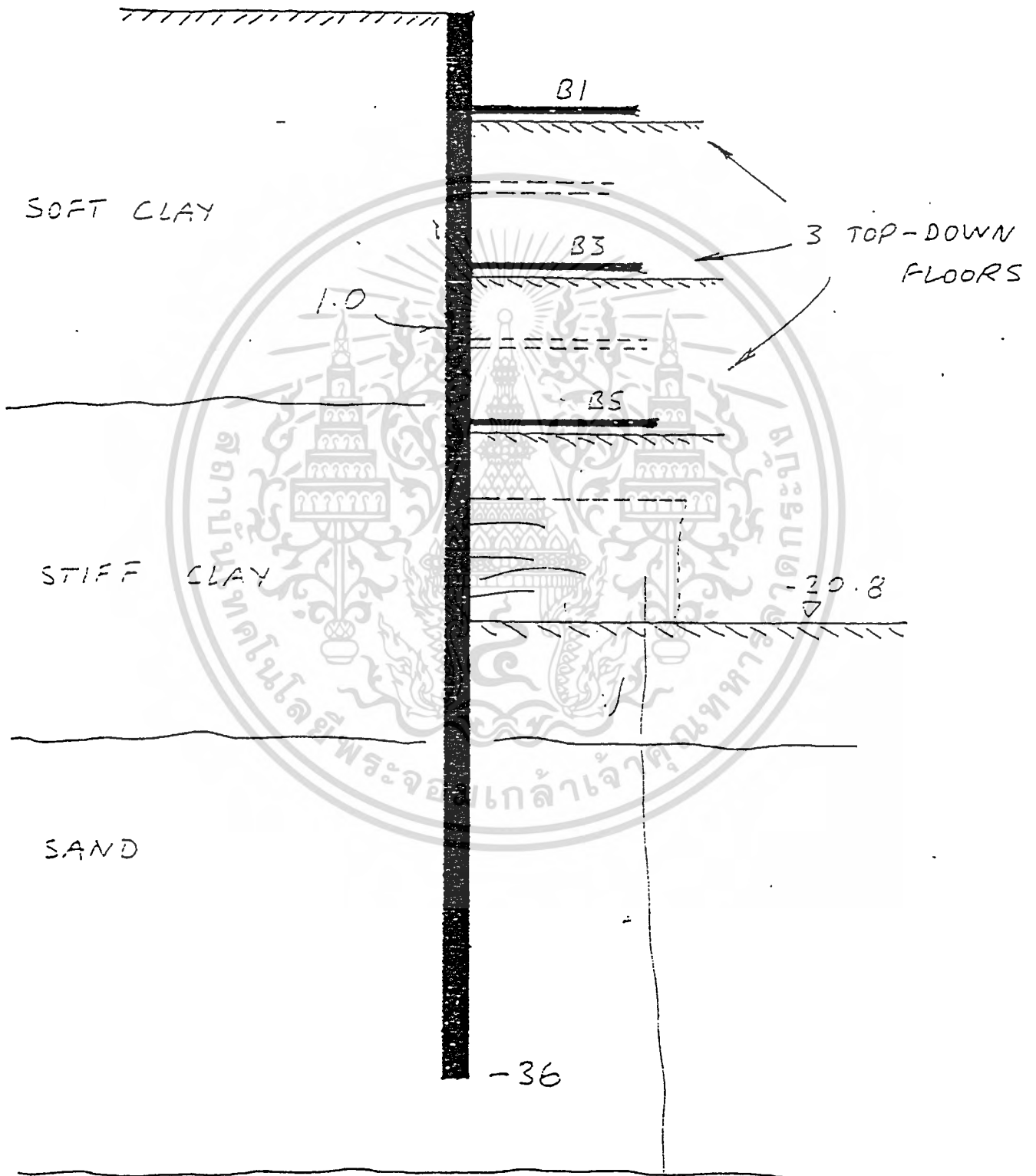
3. โครงการ Sukhumvit City Tower

- ดังรูปที่ 4.39

4. โครงการ Suriwong Complex

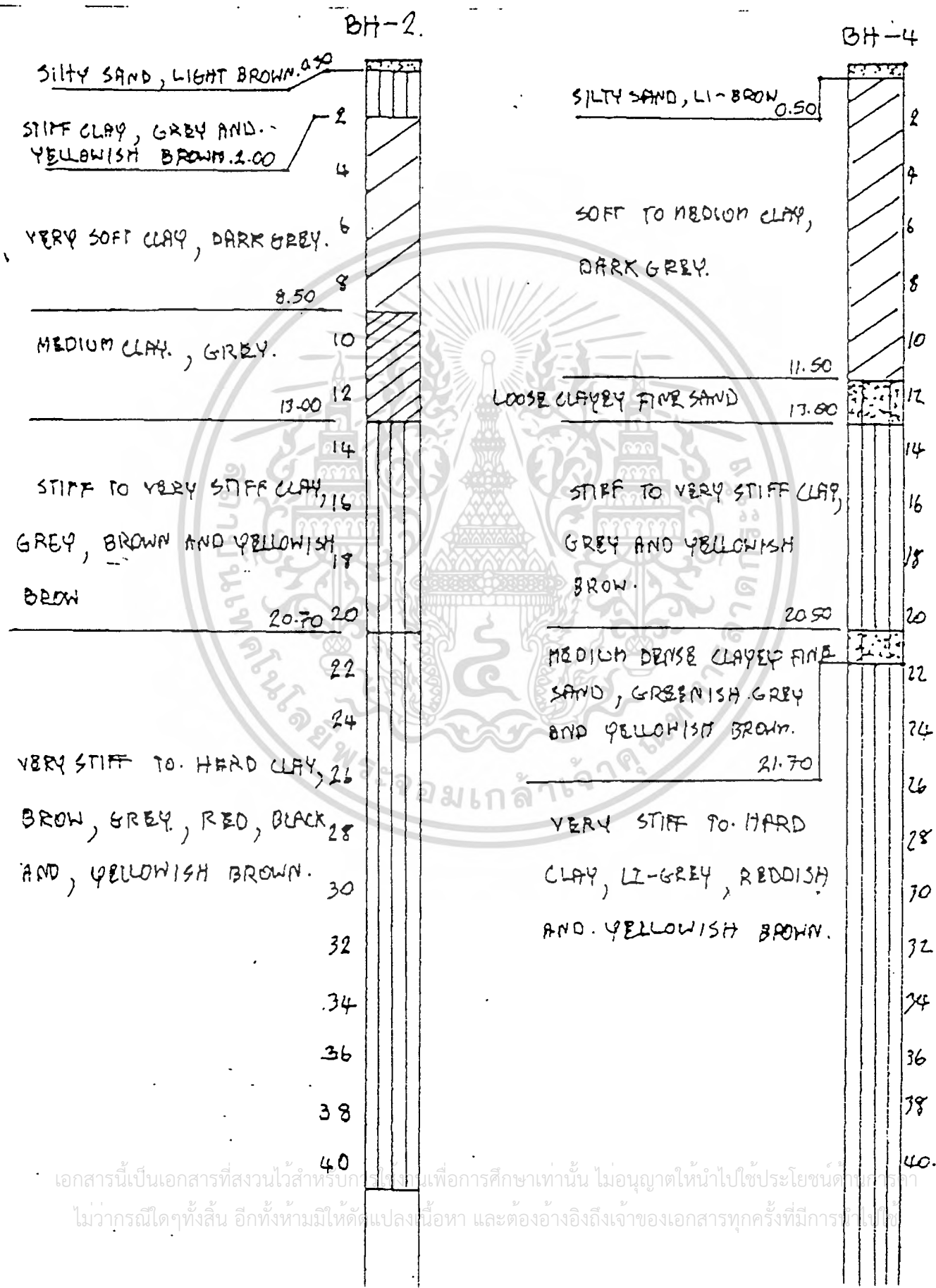
- ดังรูปที่ 4.40

รูปที่ 4.33 แสดงข้อมูลดินของโครงการ Silom Precious Tower



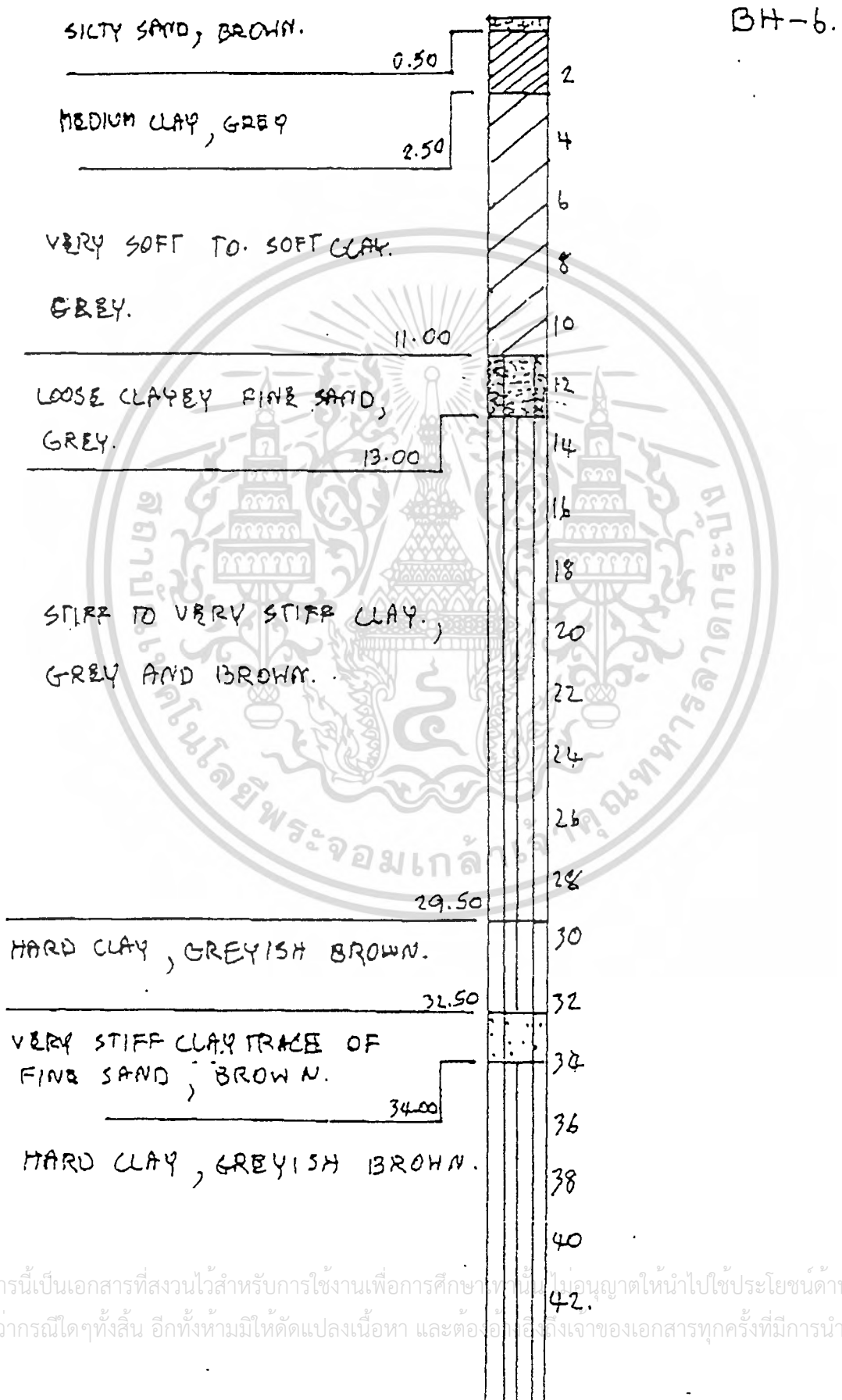
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.34 แสดงข้อมูลดินของโครงการ One Place Building



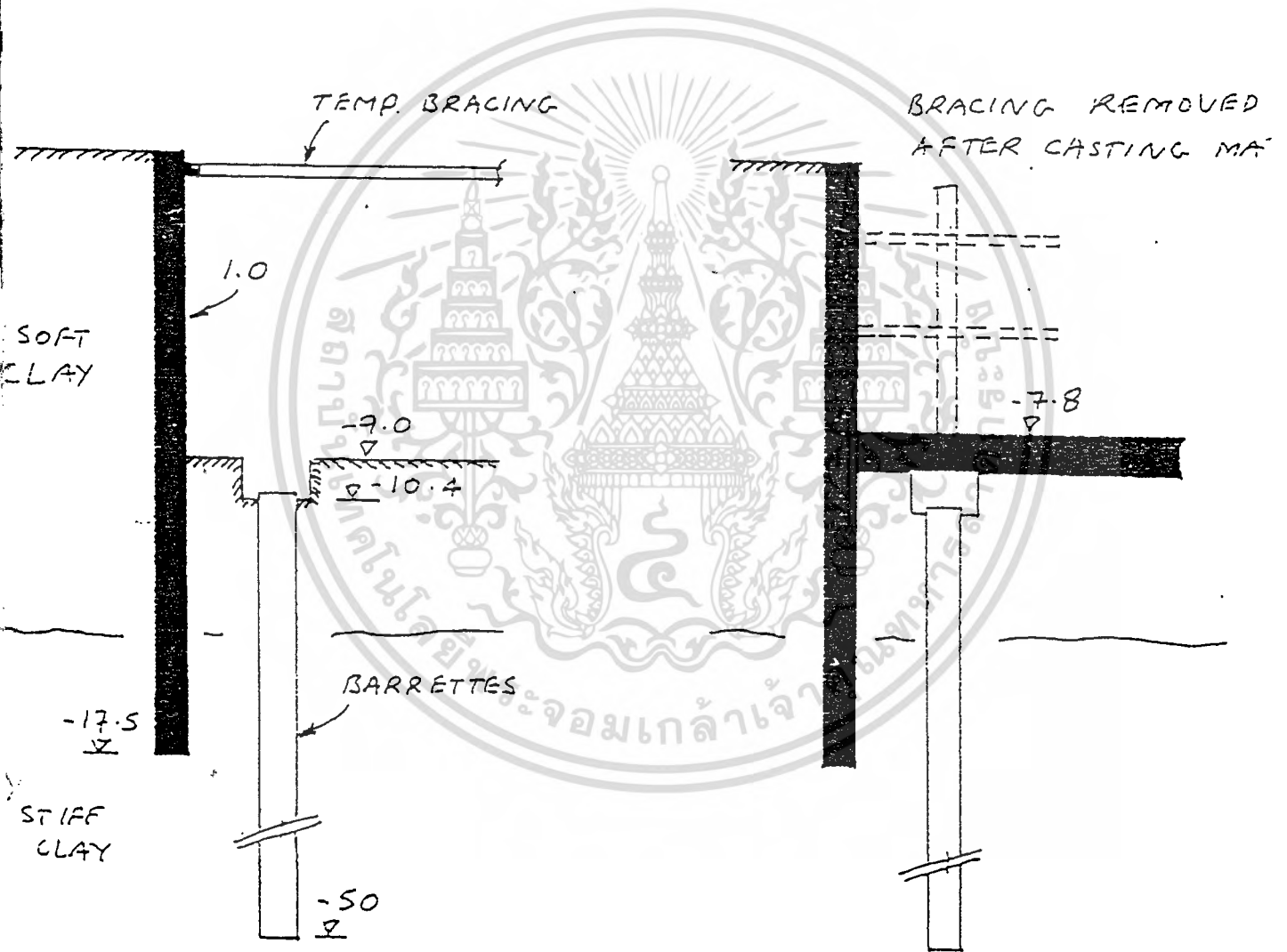
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์อื่นใด  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.34(ต่อ) แสดงข้อมูลดินของโครงการ One Place Building



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต่ออายุของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.35 แสดงข้อมูลดินของโครงการ ATM Vipavadee Tower



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.36 แสดงข้อมูลดินของโครงการ Pratunam Complex

K. ENGINEERING CONSULTANTS CO., LTD.

BORING LOG

PROJECT ประตูน้ำคอมเพล็กซ์  
 LOCATION ถนนเพชรบุรีตัดใหม่ ราชเทวี กทม.

BORING NO. BH-1  
 DEPTH (m.) 80.15  
 COORD. \_\_\_\_\_

GROUND ELEV.(m.) \_\_\_\_\_  
 OBSERVED WL (m.) -0.15  
 DATE STARTED 8/5/94  
 DATE FINISHED 14/5/94.

SOIL DESCRIPTION	DEPTH (m.)	GRAPHIC LOG	METHOD SAMPLING & RECOVERY	SPT - N (blows / ft)				PL W <sub>n</sub> LL (%)				S <sub>v</sub> (1/m <sup>2</sup> )				γ <sub>t</sub> (1/m <sup>3</sup> )		
				10	20	30	40	20	40	60	80	1	2	3	4	1.6	1.8	2.0
CONCRETE	0.40		PA															
STIFF CLAY, BROWN (CH)	2.50		ST 1 WO									8.29						
MEDIUM CLAY, BROWN (CH)	4.50		ST 2 WO															
SOFT FINE SANDY CLAY, GREY (CH)	6.00		ST 3 WO															
SOFT CLAY, GREY (CH)	9.00		ST 4 WO ST 5 WO															
MEDIUM CLAY, GREY (CH)	13.50		ST 6 WO ST 7 WO ST 8 WO															
	14.00		ST 9 SS 10									8.15						
STIFF TO VERY STIFF CLAY, BROWN (CH)	16.00		SS 11 WO SS 12 WO	12														
	18.00		SS 13 WO SS 14 WO	16														
	20.50		SS 15 WO	13														
MEDIUM DENSE CLAYEY FINE SAND, BROWN (SC)	22.50		SS 16 WO	19														
VERY DENSE SILTY FINE SAND, BROWN (SM)	24.00		SS 17 WO SS 18 WO	37														
	26.00		SS 19 WO SS 20 WO	50/11														
	28.00		SS 21 WO SS 22 WO	50/10														
DENSE CLAYEY FINE TO MEDIUM SAND, BROWN (SC)	29.20		SS 23 WO SS 24 WO	38														
	30.00		SS 25 WO SS 26 WO	34														
	32.00		SS 27 WO SS 28 WO	33								12.96						
HARD CLAY, BROWN (CH, CL)	34.00		SS 29 WO SS 30 WO	30														
	36.00		SS 31 WO SS 32 WO	32														
	38.00		SS 33 WO SS 34 WO	45														
	40.00		SS 35 WO SS 36 WO	45														

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ของสำนักงานที่อาคารศึกษาดุสิต มลลพลาตให้มาใช้ประโยชน์ด้านการศึกษา  
 ไม่สามารถนำออกให้ผู้อื่น และต้องนำออกของเอกสารทุกครั้งที่มาไปให้

K. ENGINEERING CONSULTANTS CO., LTD.

BORING LOG

PROJECT โครงการศูนย์คอมพิวเตอร์  
 LOCATION ถนนเพชรบุรีตัดใหม่ ราชเทวี กทม.

BORING NO. BH-1 GROUND ELEV.(m.) \_\_\_\_\_  
 DEPTH (m.) 80.15 OBSERVED WL (m.) -0.15  
 COORD. \_\_\_\_\_ DATE STARTED 8/5/94  
 DATE FINISHED 14/5/94

SOIL DESCRIPTION	DEPTH (m.)	GRAPHIC LOG	METHOD SAMPLING & RECOVERY	SPT - N (blows/ft)				PL W <sub>n</sub> LL (%)			S <sub>u</sub> (1/m <sup>2</sup> )				γ <sub>t</sub> (1/m <sup>3</sup> )			
				10	20	30	40	20	40	60	80	1	2	3	4	1.6	1.8	2.0
HARD CLAY, BROWN (CL)	42	SS 119	WO	53														
	44	SS 120	WO	30														
	44	SS 121	WO	34														
	45.80	SS 122	WO	33														
	46	SS 123	WO	50/6														
	48	SS 124	WO	56/7														
	50	SS 125	WO	50/9														
	52	SS 126	WO	50/7														
	54	SS 127	WO	50														
	54	SS 128	WO	50/8														
DENSE TO VERY DENSE SILTY FINE TO MEDIUM SAND, BROWN (SM, SP-SM)	56	SS 129	WO	43														
	58	SS 130	WO	50/6														
	60	SS 131	WO	50/7														
	62	SS 132	WO	50/9														
	64	SS 133	WO	50/10														
	66	SS 134	WO	50														
	68	SS 135	WO	50/8														
	70	SS 136	WO	50/9														
	72	SS 137	WO	50/9														
	74	SS 138	WO	50/10														
	76	SS 139	WO	50														
	78	SS 140	WO	50/8														
	80	SS 141	WO	50/9														
	80.15	SS 142	WO	45														
																		22.05

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ของ บริษัท วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์  
 ไม่ควรนำมาเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาต

K. ENGINEERING CONSULTANTS CO., LTD.

BORING LOG

BORING NO. BH-2

GROUND ELEV.(m.) -0.120

DEPTH (m.) 60.18

OBSERVED WL (m.) -0.50

COORD.

DATE STARTED 1/02/94

PROJECT ประตูน้ำ คอมเพล็กซ์  
 LOCATION ถนนเพชรบุรีตัดใหม่ เขตราชเทวี กรุงเทพฯ

DATE FINISHED 15/02/94

SOIL DESCRIPTION	DEPTH (m.)	GRAPHIC LOG	METHOD SAMPLING & RECOVERY	SPT - N (blows/ft)				PL W <sub>n</sub> LL (%)				S <sub>v</sub> (t/m <sup>2</sup> )				γ <sub>t</sub> (t/m <sup>3</sup> )		
				10	20	30	40	20	40	60	80	1	2	3	4	1.5	1.8	2.0
VERY SOFT TO SOFT CLAY, DARK GREY (CH)	2.00 - 12.00	PA, WO, ST 1-6	WO															
LOOSE SILTY FINE SAND, GREY (SM)	12.00 - 12.50	SS 7	WO															
STIFF FINE SANDY CLAY, DARK GREY (CL)	12.50 - 13.50	SS 8	WO	8														
STIFF TO VERY STIFF CLAY, BROWN (CL, CH)	13.50 - 20.50	SS 9-14	WO	13, 14, 15, 16, 18														
DENSE CLAYEY FINE SAND, BROWN (SC)	20.50 - 22.00	SS 15	WO	13														
VERY STIFF FINE SANDY CLAY, BROWN (CL)	22.00 - 23.50	SS 16	WO	31														
VERY DENSE SILTY FINE TO MEDIUM SAND, BROWN (SM)	23.50 - 27.00	SS 17-19	WO	27, 50/10														
VERY DENSE CLAYEY FINE TO MEDIUM SAND, BROWN (SC/CL)	27.00 - 29.00	SS 20	WO	39									14, 48					
VERY STIFF TO HARD CLAY, BROWN (CL, CH)	29.00 - 60.18	SS 21-24	WO	24, 52/6, 47, 51, 49														

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์...  
 ไม่ควรนำออกให้ผู้อื่น...  
 วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์

รูปที่ 4.36 (ต่อ) แสดงข้อมูลดินของโครงการ Pratunam Complex

K. ENGINEERING CONSULTANTS CO., LTD.

BORING LOG

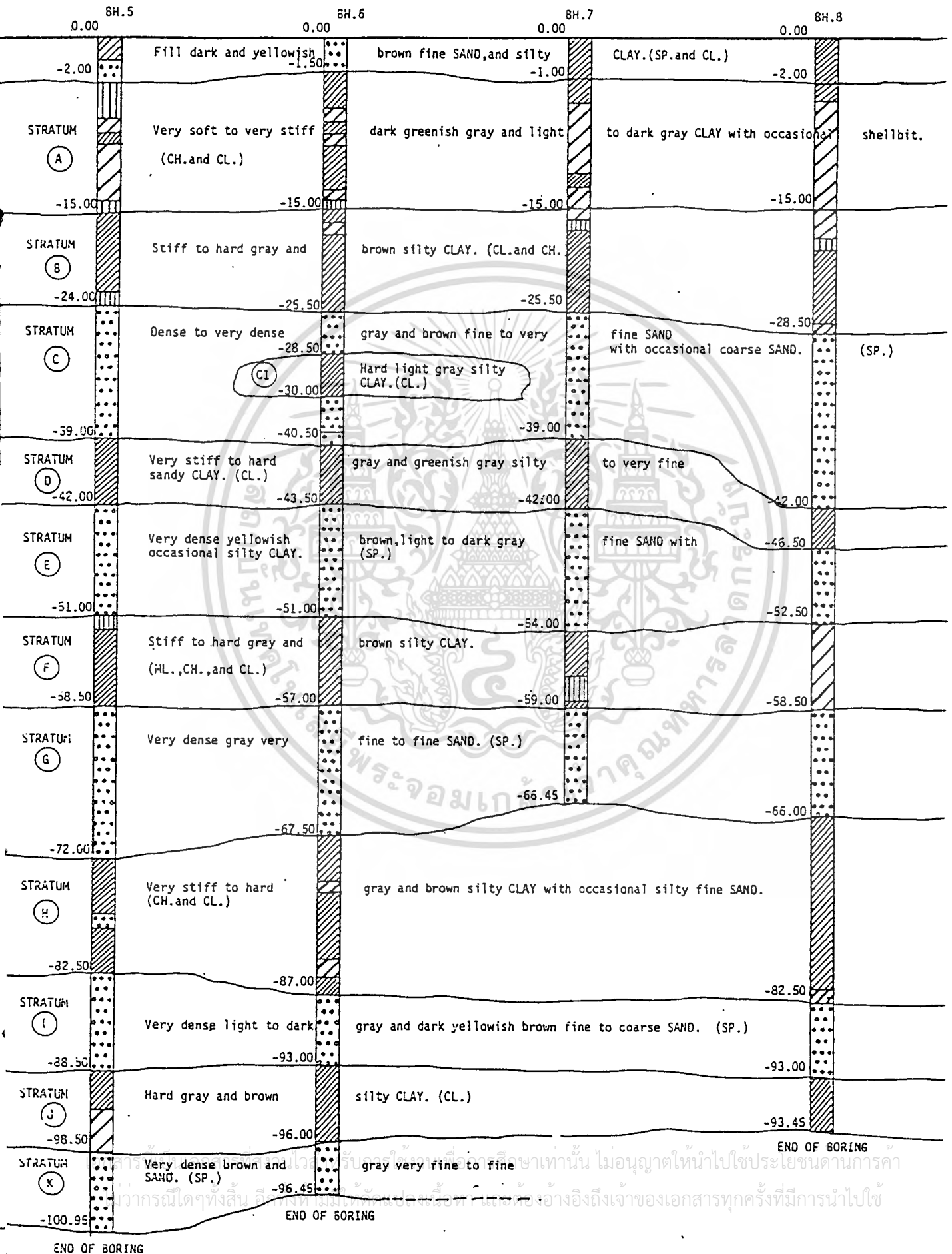
PROJECT ประตูน้ำ คอมเพล็กซ์  
 LOCATION ถนนเพชรบุรีตัดใหม่ เขตราชเทวี กรุงเทพฯ

BORING NO. BH-2 GROUND ELEV.(m.) -0.150  
 DEPTH (m.) 60.18 OBSERVED WL (m.) -5.00  
 COORD. \_\_\_\_\_ DATE STARTED 11/02/94  
 DATE FINISHED 13/02/94

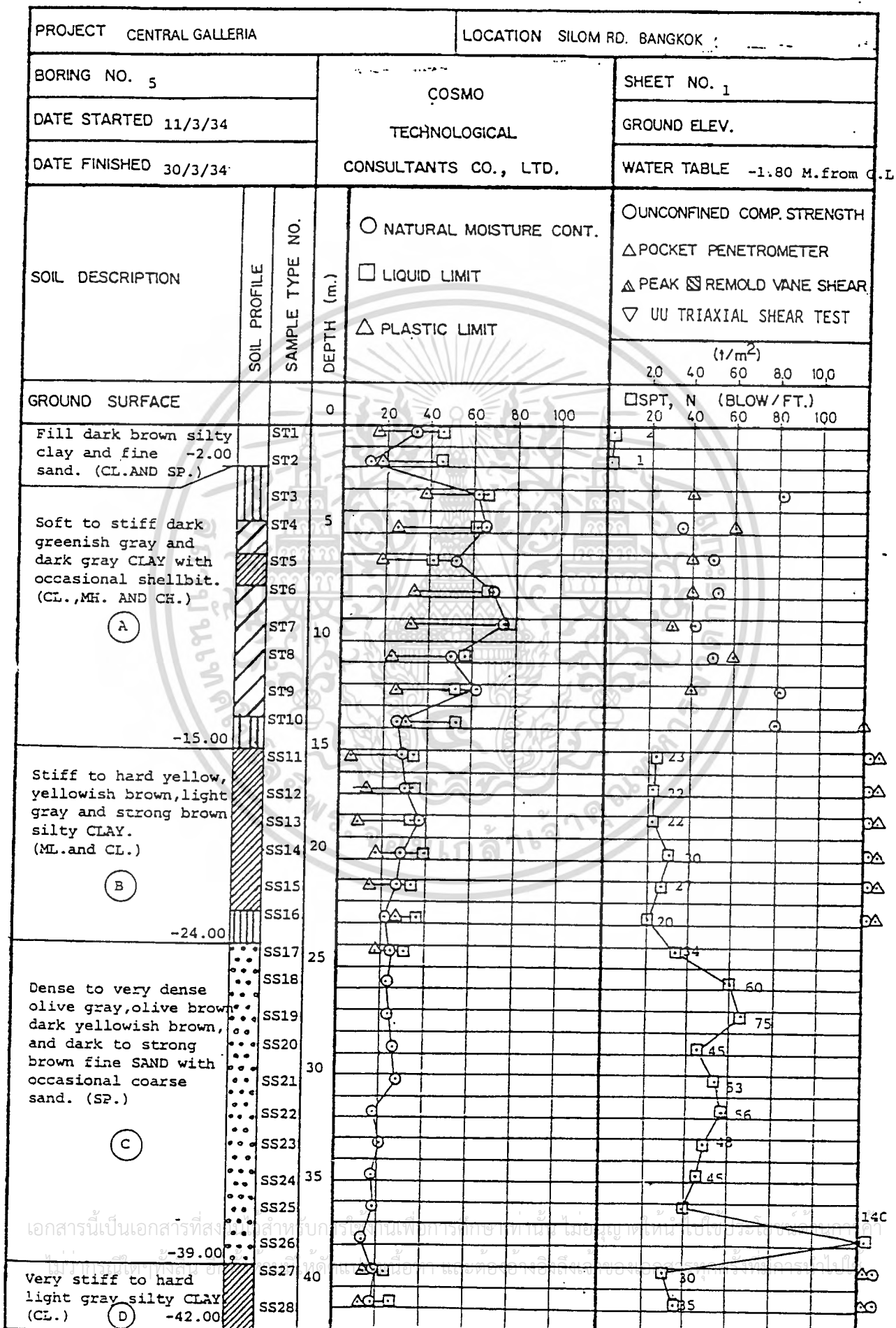
SOIL DESCRIPTION	DEPTH (m.)	GRAPHIC LOG	METHOD SAMPLING & RECOVERY	SPT - N (blows/ft)				PL W <sub>p</sub> LL (%)				S <sub>v</sub> (t/m <sup>2</sup> )				γ <sub>t</sub> (t/m <sup>3</sup> )			
				10	20	30	40	20	40	60	80	1	2	3	4	1.6	1.8	2.0	
HARD CLAY, BROWN (CL)	42.00	[Symbol]	WO			45													
			SS 20																
HARD CLAY WITH FINE SAND, BROWN (CL)	44.00	[Symbol]	WO			44													
			SS 22																
			WO																
			SS 23																
FINE TO VERY DENSE SILTY FINE TO MEDIUM SAND, BROWN (SM, SP-SM)	47.50	[Symbol]	WO			40													
			SS 24																
			WO																
			SS 25																
			WO																
			SS 26																
			WO																
			SS 27																
			WO																
			SS 28																
60.18	60.18	[Symbol]	WO			50/8													
			SS 29																
			WO																
			SS 31																
60.18	60.18	[Symbol]	WO			50/5													
			SS 31																
60.18	60.18	[Symbol]	WO			50/7													

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษเท่านั้น ไม่อนุญาตให้แก้ไขหรือเปลี่ยนแปลง  
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.37 แสดงข้อมูลดินของโครงการ Empire Tower

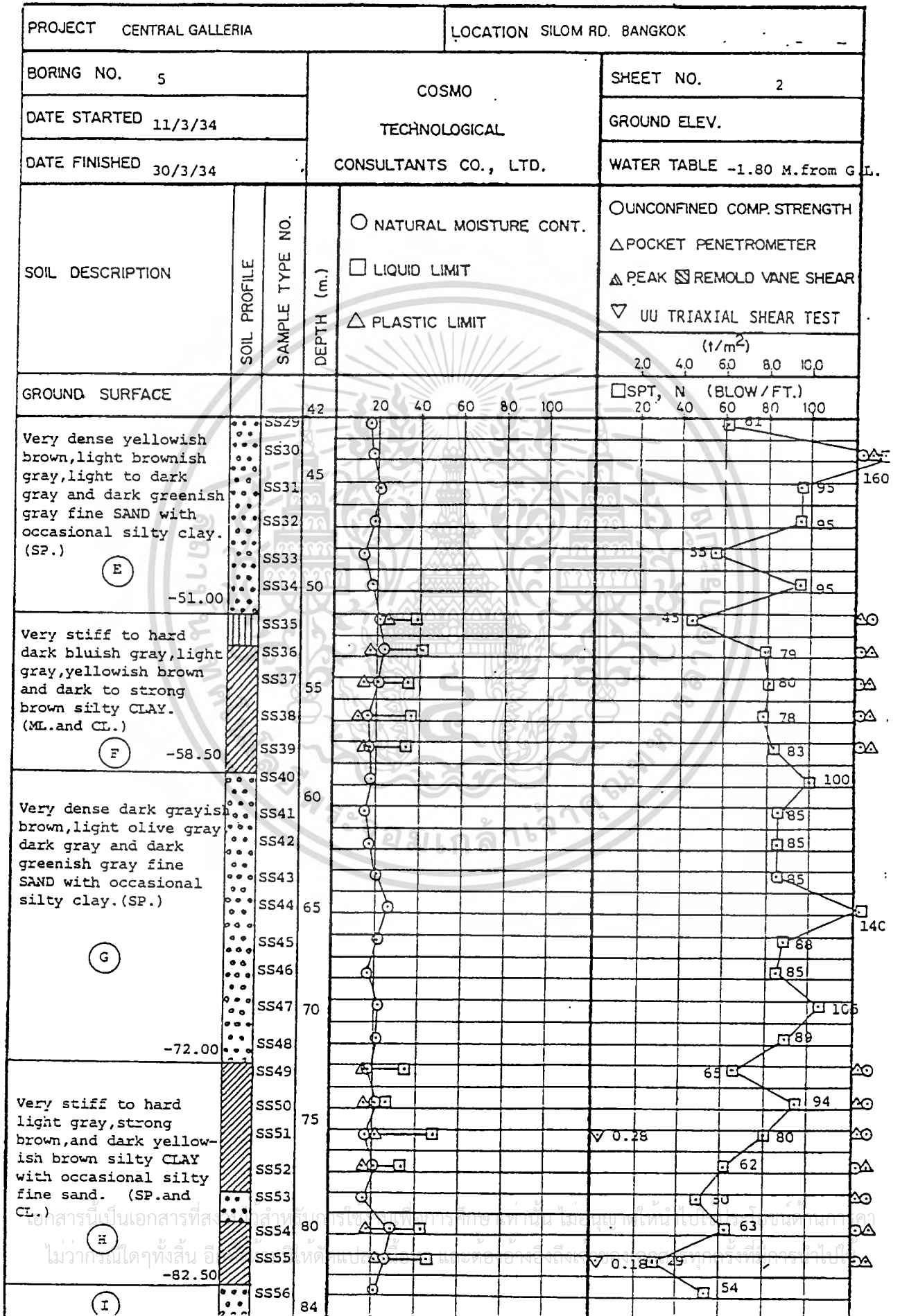


รูปที่ 4.38 แสดงข้อมูลดินของโครงการ Central Galleria

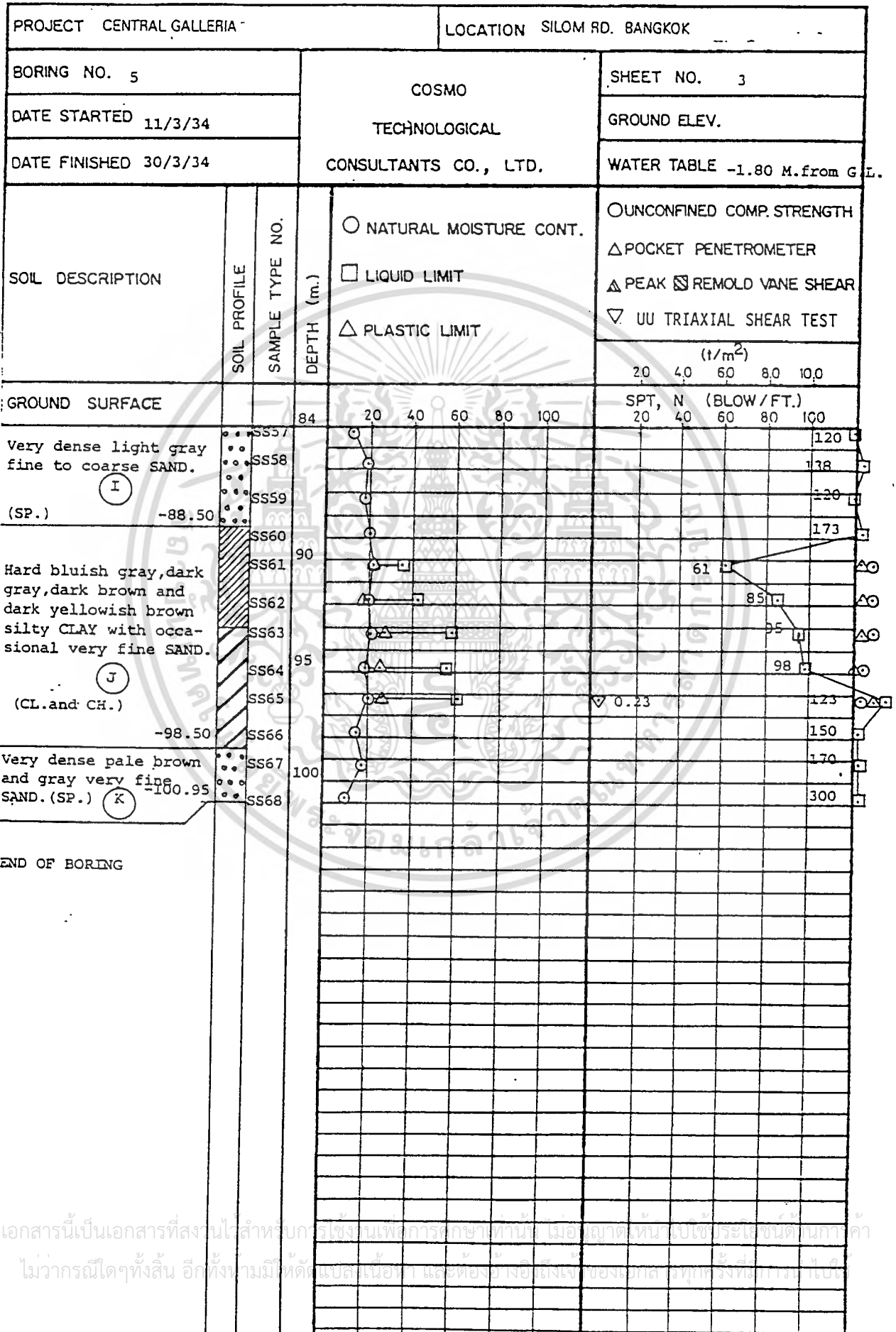


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ของกรมโยธาธิการและผังเมือง กรุงเทพมหานคร ห้ามเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาต

รูปที่ 4.38 (ต่อ) แสดงข้อมูลดินของโครงการ Central Galleria



รูปที่ 4.38 (ต่อ) แสดงข้อมูลดินของโครงการ Central Galleria



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่ส่งมอบให้สำหรับใช้ในการเรียนการสอนเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่ควรนำเอาไปใช้เพื่อวัตถุประสงค์อื่นใด  
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งยังมีข้อผิดพลาดและข้อบกพร่องอยู่บ้าง ขออภัยเป็นอย่างสูง

รูปที่ 4.39 แสดงข้อมูลดินของโครงการ Sukhumvit City Tower

LOG OF BORING No. BH-6

PROJECT NAME. SUKHUMVIT CITY TOWER		LOCATION. SUKHUMVIT 24							
TYPE OF SAMPLE	SAMPLE DIST. RECOVERY	DESCRIPTION OF MATERIAL	GRAPHIC LOG	O Natural Water Content X Plastic Limit Δ Liquid Limit (%)			O Su (UC)    ● Su (UC) Δ Su (FV)    ▲ Su (FV) x Qp/2 (t/m <sup>2</sup> ) 2.5    5    7.5		
				□ SPT, N (Blow/ft) 20    40    60    80    100    20    40    60					
ST		Silty CLAY trace fine sand and decayed wood, brown, medium stiff. (CH) 2.5 m							
ST		CLAY trace decayed wood, dark grey, soft to medium stiff. (CH)							
ST									
ST									
ST		CLAY trace decayed wood, dark grey, soft to medium stiff. (CH) 15.0 m							
ST									
SS		Silty CLAY trace fine sand, li-greyish brown, stiff. 19.0 m							
SS									
SS									
SS		Fine sandy CLAY, greyish li-brown, stiff. (CL) 20.5 m							
SS		Clayey fine SAND, brown, medium dense. (SC) 22.0 m							
SS		Silty CLAY trace fine sand, li-greyish brown, stiff to very stiff. (CH)							
SS									

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่ออนุญาตเห็นไปใช้ประโยชน์ตามการค

รูปที่ 4.39 (ต่อ) แสดงข้อมูลดินของโครงการ Sukhumvit City Tower

LOG OF BORING No.

PROJECT NAME		LOCATION				
SUKHUMVIT CITY TOWER		SUKHUMVIT RD.				
DEPTH (m)	TYPE OF SAMPLE	DESCRIPTION OF MATERIAL	GRAPHIC LOG	Soil Properties		
				○ Su (UC)	△ S <sub>u</sub> (FV)	× Cp/2
				(1/m <sup>2</sup> ) 2.5    5    7.5 □ SPT, N (Blow/ft)		
				(%) 20    40    60    80    100		
27.5	SS	Silty CLAY trace fine sand, li-greyish brown, stiff to very stiff. (CH)	○	□ 13		
28.0	SS			□ 19		
28.8	SS	Fine sandy CLAY, greyish brown, very stiff. (CL)				
29.5	SS	Clayey fine SAND, brown to li-grey, medium dense. (SC)		□ 29		
	SS		○	□ 20		
	SS		○	□ 18		
	SS		○	□ 15		
	SS		○	□ 25		
	SS	Silty CLAY trace fine sand, li-brownish li-grey, mottled with red spot, stiff to hard. (CL)	○	□ 29		
	SS		○	□ 23		
	SS		○	□ 27		
	SS		○	□ 27		
	SS		○	□ 29		
	SS		○	□ 31		
	SS		○	□ 41		
	SS		○	□ 37		
	SS		○	□ 35		
	SS		○	□ 33		



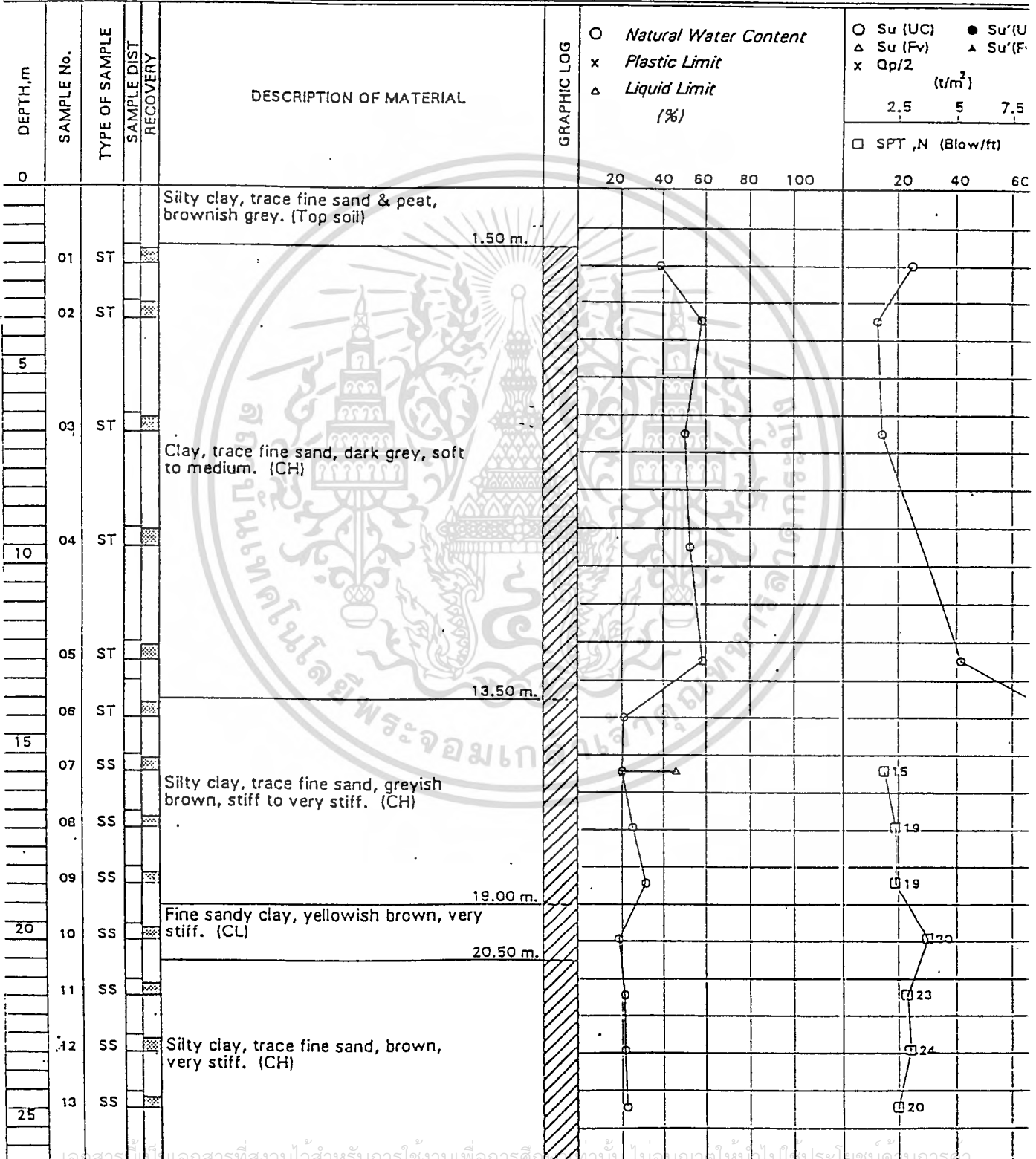
รูปที่ 4.40 แสดงข้อมูลดินของโครงการ Suriwong Complex

LOG OF BORING No. BH-1

PROJECT : สุรวงศ์คอมเพล็กซ์  
 โถงดิน 3 ชั้น

LOCATION : ถนนสุรวงศ์ กรุงเทพมหานคร

OWNER :



**STS ENGINEERING** ทั้งหมดมีให้ดู  
**CONSULTANTS CO.,LTD.**

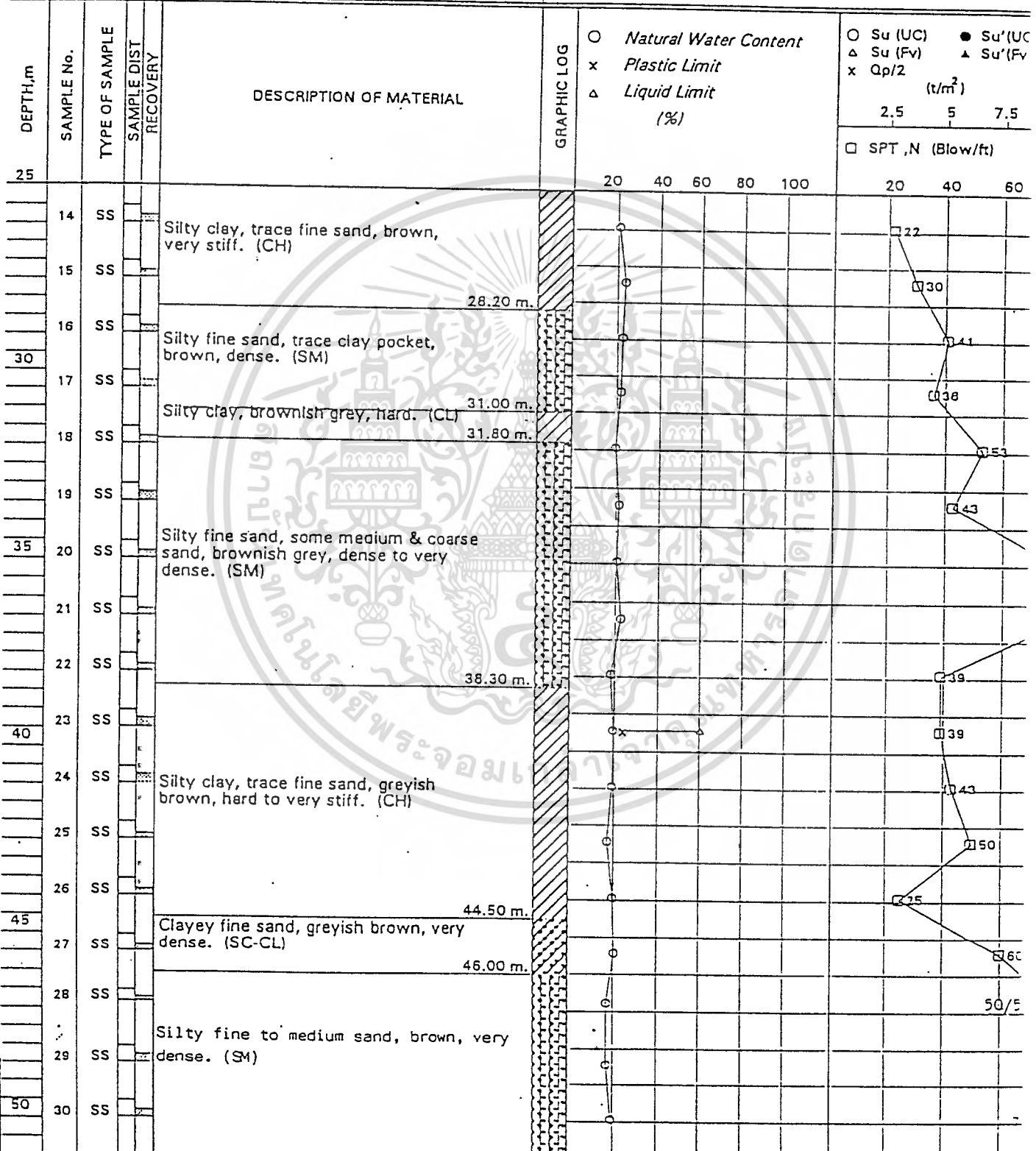
BORING STARTED. 25/09/93      RIG. ACKER      WL. -1.20 M. 24 r  
 BORING FINISHED. 29/09/93      FOREMAN SW      AFTER BOF

JOB No. 4300

รูปที่ 4.40 (ต่อ) แสดงข้อมูลดินของโครงการ Suriwong Complex

LOG OF BORING No. BH-1

PROJECT: สุรวงศ์คอมเพล็กซ์ ชั้น 3 ขึ้น  
 LOCATION: ถนนสุขุมวิท กรุงเทพมหานคร  
 OWNER :



**STS ENGINEERING CONSULTANTS CO., LTD.**  
 BORING STARTED. 25/09/93      RIG. ACKER      WL. -1.20 M.      24 H. AFTER BOR.  
 BORING FINISHED. 29/09/93      FOREMAN SW      JOB No. 4300

รูปที่ 4.40 (ต่อ) แสดงข้อมูลดินของโครงการ Suriwong Complex

LOG OF BORING No. BH-1

PROJECT : สุรวงศ์คอมเพล็กซ์ ไอทีบี 3 ชั้น				LOCATION : ถนนสุรวงศ์ กรุงเทพมหานคร													
OWNER :																	
DEPTH, m	SAMPLE No.	TYPE OF SAMPLE	SAMPLE DIST RECOVERY	DESCRIPTION OF MATERIAL	GRAPHIC LOG	○ Natural Water Content x Plastic Limit △ Liquid Limit (%)			○ Su (UC)    ● Su'(UC) △ Su (Fv)    ▲ Su'(Fv) x Qp/2 (t/m <sup>2</sup> ) 2.5    5    7.5 □ SPT ,N (Blow/ft)								
						20	40	60	80	100	20	40	80				
50																	
	31	SS		Silty fine to medium sand, brown, very dense. (SM)													
				52.50 m.													
	32	SS															
	33	SS															
55																	
	34	SS		Silty clay, trace fine sand, greyish brown, hard. (CH)													
	35	SS															
	36	SS															
				59.50 m.													
60																	
	37	SS		Clay, trace fine sand seam, dark grey, stiff. (CH)													
	38	SS															
				62.30 m.													
	39	SS															
65																	
	40	SS		Silty fine sand, trace to some medium sand, very dense. (SM)													
	41	SS															
70																	
	42	SS															
				70.30 m.													
	43	SS		Silty clay, trace fine sand, greyish brown, hard. (CH)													
	44	SS															
75																	

รูปที่ 4.40 (ต่อ) แสดงข้อมูลดินของโครงการ Suriwong Complex

LOG OF BORING No. BH-1

PROJECT : สุริวงค์คอมเพล็กซ์  
ที่ดิน 3 ไร่

LOCATION : ถนนสุริวงค์ กรุงเทพมหานคร

OWNER :

DEPTH, m	SAMPLE No.	TYPE OF SAMPLE	SAMPLE DIST RECOVERY	DESCRIPTION OF MATERIAL	GRAPHIC LOG	Natural Water Content (%)			Su (UC) (t/m <sup>2</sup> )			Su (Fv) (t/m <sup>2</sup> )			Qp/2 (t/m <sup>2</sup> )			
						○	×	△	○	●	△	▲	×	□	□	□	□	□
75						20	40	60	80	100	20	40	60	80	100	20	40	60
45	SS			Silty clay, trace fine sand, greyish brown, hard. (CH)														
				77.50 m.														
46	SS			Fine to coarse sand, brownish light grey, very dense. (SM-SP)														
80																		
47	SS			80.30 m.														
				END OF BORING														
85																		
90																		
95																		
100																		

## บทที่ 5

### การวิเคราะห์และบทสรุป

#### 5.1 การวิเคราะห์และบทสรุปด้านราคา (COST ANALYSIS)

##### ระบบ Secant pile

##### 1.โครงการ Empire tower

1. ราคา Secant pile ทั้งหมด	=	106,275,644.8	บาท
- ค่า Material	=	48,850,228.75	บาท
- ค่า Labour	=	54,005,900.00	บาท
- Tax	=	3,419,516	บาท
2. พื้นที่ Secant pile	=	21,509.290	ตร.ม.

##### รายละเอียดการหาพื้นที่ Secant pile

สูตรที่ใช้ในการหาพื้นที่ Secant pile

Area = (Diameter \* No. of pile \* Depth) - (Interlock between primary and secondary pile \* No. of pile \* Depth)

##### Type A

###### Primary

$$- 1.225*34*14 - 0.212*33*14 = 583.10 - 97.94 = 485.16 \text{ ตร.ม.}$$

$$- 1.200*34*30 - 0.130*33*30 = 1224.00 - 128.70 = 1095.30 \text{ ตร.ม.}$$

###### Secondary

$$- 1.200*34*25 - 0.200*33*25 = 1020.00 - 165.00 = 855.00 \text{ ตร.ม.}$$

$$- 1.060*34*60 - 0.130*33*60 = 2162.40 - 257.40 = 1905.00 \text{ ตร.ม.}$$

##### Type B

###### Primary

$$- 1.225*58*14 - 0.212*57*14 = 994.70 - 169.17 = 825.52 \text{ ตร.ม.}$$

$$- 1.200*58*30 - 0.130*57*30 = 2088.00 - 222.30 = 1865.70 \text{ ตร.ม.}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**Secondary**

$$- 1.200*58*25 - 0.200*57*25 = 1740.00 - 285.00 = 1455.00 \text{ ตร.ม.}$$

$$- 1.060*59*30 - 0.130*58*30 = 1876.20 - 226.20 = 1650.00 \text{ ตร.ม.}$$

**Type C****Primary**

$$- 1.225*16*14 - 0.212*15*14 = 274.00 - 44.52 = 229.88 \text{ ตร.ม.}$$

$$- 1.200*15*40 - 0.130*14*40 = 7200.00 - 72.80 = 7127.20 \text{ ตร.ม.}$$

**Secondary**

$$- 1.200*15*25 - 0.200*14*25 = 450.00 - 70.00 = 380.00 \text{ ตร.ม.}$$

$$- 1.060*15*40 - 0.130*14*40 = 636.00 - 72.80 = 563.20 \text{ ตร.ม.}$$

**Type D****Primary**

$$- 0.900*62*15 - 0.150*61*15 = 837.00 - 137.25 = 699.75 \text{ ตร.ม.}$$

$$- 0.780*61*18 - 0.030*60*18 = 856.44 - 32.40 = 824.04 \text{ ตร.ม.}$$

**Secondary**

$$- 0.900*63*15 - 0.150*62*15 = 850.50 - 139.50 = 711.00 \text{ ตร.ม.}$$

$$- 0.780*62*18 - 0.030*61*18 = 870.48 - 32.94 = 837.54 \text{ ตร.ม.}$$

$$\text{รวมพื้นที่ทั้งหมด} = 21,509.29 \text{ ตร.ม.}$$

$$\begin{aligned} 3. \text{ ราคาต่อพื้นที่ทั้งหมด} &= 106,275,644.8 / 21,509.29 \\ &= 4,940.9 \text{ บาท/ตร.ม.} \end{aligned}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2.โครงการ Central Galleria

1. ราคา Secant pile ทั้งหมด = 39,905,008 บาท
2. พื้นที่ Secant pile ทั้งหมด = 8,150.90 ตร.ม.

### รายละเอียดการหาพื้นที่ Secant pile ทั้งหมด

- ความยาวรอบ site = 286.60 เมตร
- ความลึกเฉลี่ยทั้งหมด = ผลรวมของความลึกทั้งหมด  
จำนวน Secant pile ทั้งหมด
- = 8,077.50/286 เมตร
- = 28.24 เมตร

### รายละเอียดของการหาผลรวมของความลึกทั้งหมด

- Primary = จำนวนต้นทั้งหมด \* ความลึก  
= 128 \* 22.5  
= 2,880 เมตร
- Secondary = 129 \* 29.5  
= 3,805.50 เมตร
- Strip = 29 \* 48  
= 1,392 เมตร
- รวมความลึกทั้งหมด = 2,880 + 3,805.5 + 1,392  
= 8,077.50 เมตร

3. ราคาต่อพื้นที่ทั้งหมด = 39,905,008/8,150.90  
= 4,846.65 บาท/ตร.ม.

### 3.โครงการ Suriwong Complex

เนื่องจากข้อมูลทางด้านราคาของโครงการต่างๆที่นำมาเป็นกรณีศึกษาของระบบ Secant pile นั้นมีรายละเอียดของราคา Secant pile แยกเป็นหัวข้อดังนี้ คือ

1. ค่า Preliminary
2. ค่า Instrument
3. ค่าก่อสร้าง Secant pile
4. ค่าภาษี 7%

แต่ข้อมูลทางด้านราคาของโครงการ Suriwong Complex ที่ได้มาเป็นลักษณะเหมาจ่ายไม่มีรายละเอียดของราคาในด้านต่างๆแยกย่อยมาดังเช่นโครงการอื่นๆ ดังนั้นการวิเคราะห์จึงได้เทียบค่าใช้จ่ายด้านต่างๆของโครงการ Suriwong Complex กับโครงการ Central Galleria ดังนี้

1. ค่า Preliminary	= 0.4%	ของราคา Secant pile ทั้งหมด
2. ค่า Instrument	= 4.24%	"
3. ค่า Secant pile	= 88.8%	"
4. ค่าภาษี 7%	= 6.54%	"

ราคาเหมาจ่ายของโครงการ Suriwong Complex = 48,450,000 บาท ดังนั้นราคาในด้านต่างๆของโครงการจะมีรายละเอียดดังนี้ คือ

1. ค่า Preliminary	=	$(0.4 * 48,450,000) / 100$	=	193,800	บาท	
2. ค่า Instrument	=	$(4.24 * 48,450,000) / 100$	=	2,054,280	บาท	
3. ค่าภาษี 7%	=	$(6.54 * 48,450,000) / 100$	=	3,169,599	บาท	
ค่าใช้จ่ายที่ไม่รวม Secant pile				=	5,417,679	บาท

ราคาหักค่า Preliminary, Instrument และ ค่าภาษี 7% แล้วจะเท่ากับ

$$= 48,450,000 - 5,417,679 \quad \text{บาท}$$

$$= 43,032,321 \quad \text{บาท}$$

ราคา 43,032,321 นี้เป็นราคาของ Bored pile และ Secant pile รวมกันที่หักค่า Preliminary, Instrument และค่าภาษี 7% ออกไปแล้ว ดังนั้นถ้าต้องการหาราคาค่าก่อสร้างเฉพาะ Secant pile ก็จะต้องหักราคาค่าก่อสร้าง Bored pile ออกไปก่อน ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## Specification ของ Bored pile

ชนิด	Pile Tip	Cut off	เส้น $\emptyset$	จำนวนต้น
1. N - G1	49	13.2	1.2	88
2. KN- G1	49	13.2	1.2	29
3. N - G2	49	12.2	1.2	9
4. KN- G2	49	12.2	1.2	4
5. T - G	49	0	1.2	3
6. A - G	48	0	1.2	4

หมายเหตุ Bored pile ชนิด KN - G1 และ KN - G2 มีเหล็กรูปพรรณตัวเลข H - 350 \* 350 \*137 kg/m ยาว 14.7 เมตร จำนวน 33 ต้น โดยมีราคา 10,000 บาท/ท่อน (1 ท่อน = 6 เมตร) การหาปริมาณคอนกรีตของ Bored pile ทั้งหมด

$$\text{ปริมาณคอนกรีต} = (\text{Pile Tip} - \text{Cut off}) * \text{พื้นที่หน้าตัด} * \text{จำนวนต้น}$$

ชนิดเข็มเจาะ	ปริมาณคอนกรีต		
1. N - G1	$(49-13.2)*(\pi/4)*(1.2)^2*88$	=	3,563.02 m <sup>3</sup>
2. KN- G1	$(49-13.2)*(\pi/4)*(1.2)^2*29$	=	1,174.18 m <sup>3</sup>
3. N - G2	$(49-12.2)*(\pi/4)*(1.2)^2*9$	=	374.58 m <sup>3</sup>
4. KN- G2	$(49-12.2)*(\pi/4)*(1.2)^2*4$	=	166.48 m <sup>3</sup>
5. T - G	$(49- 0)*(\pi/4)*(1.2)^2*3$	=	55.42 m <sup>3</sup>
6. A - G	$(49- 0)*(\pi/4)*(1.2)^2*4$	=	217.15 m <sup>3</sup>

$$\text{รวมปริมาณคอนกรีตของ Bored Pile} = 5,550.83 \text{ m}^3$$

## Specification ของ Secant pile

ชนิด	Pile Tip	Cut off	เส้น $\emptyset$	จำนวนต้น
1. PP	17	1	0.9	133
2. SP	23	1	0.9	69

เอกสารนี้เป็น LP1-Gar ที่สูง 49 วัสดุสำหรับการใช้งาน 1 เพื่อการศึกษา 0.9 นั้น ไม่อนุญาตให้ 63 ไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. PP1	17	1	1.2	14
5. LP2-G	49	1	0.9	15

### การหาปริมาณคอนกรีตของ Secant pile ทั้งหมด

ปริมาณคอนกรีต = (Pile Tip - Cut off) \* พื้นที่หน้าตัด \* จำนวนต้น

ชนิดเข็มเจาะ

ปริมาณคอนกรีต

1. PP	$(17-1) * (\pi/4) * (0.9)^2 * 133 = 1,353.78 \text{ m}^3$
2. SP	$(23-1) * (\pi/4) * (0.9)^2 * 69 = 965.71 \text{ m}^3$
3. LP1-G	$(49-1) * (\pi/4) * (0.9)^2 * 63 = 1923.79 \text{ m}^3$
4. PP1	$(17-1) * (\pi/4) * (1.2)^2 * 14 = 253.34 \text{ m}^3$
5. LP2-G	$(49-1) * (\pi/4) * (1.2)^2 * 15 = 458.05 \text{ m}^3$

รวมปริมาณคอนกรีตของ Secant Pile = 4,954.66 m<sup>3</sup>

ปริมาณคอนกรีตของ Bored Pile + Secant pile = 10,505.49 m<sup>3</sup>

ปริมาณคอนกรีตของ Secant pile =  $\frac{4,954.66 * 100}{10,505.49}$

= 46.25 %

ปริมาณคอนกรีตของ Bore pile =  $\frac{5,550.83 * 100}{10,505.49}$

= 53.75 %

ราคาของคอนกรีตที่หักเหลือรูปพรรณ = 43,032,321 - 808500 บาท

= 42,223,921 บาท

ราคาของคอนกรีตคิดต่อ ลบ.ม. =  $\frac{42,223,921}{10,505.49}$

10,505.49

= 4,019.21

บาท/ม<sup>3</sup>

เพราะฉะนั้นราคาของ Secant pile = 4,019.21 \* 4,954.66

= 19,913,823.9 บาท

คิดค่า Preliminary, Instrument และค่าภาษี 7% ของเฉพาะ Secant pile จากทั้งหมดโดยคิดเทียบกับเปอร์เซ็นต์ปริมาณงานของ Secant pile กับปริมาณงานทั้งหมด ดังนี้

เอกสารนี้คือค่า Preliminary, Instrument และภาษี 7% ของ Secant pile เท่านั้นให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$= (46.25 * 5,417,679) / 100$$

$$= 2,505,676.54$$

บาท

เพราะฉะนั้นค่าก่อสร้าง Secant pile บวกกับค่า Preliminary, Instrument และค่าภาษี 7% เท่ากับ

$$= 2,505,676.54 + 19,913,823.9$$

$$= 22,419,500.44$$

บาท

$$1. \text{ ราคาทั้งหมด} = 22,419,500.44$$

บาท

$$2. \text{ พื้นที่ Secant pile ทั้งหมด} = 5,950$$

ตร.ม.

รายละเอียดการหาพื้นที่ Secant pile ทั้งหมด

$$- \text{ ความยาวรอบ site} = 229.8$$

ตร.ม.

- การหาความลึกเฉลี่ยทั้งหมด

วิธีการหา =  $\frac{\text{จำนวนต้น} * \text{ความลึกของ Secant pile ชนิดต่าง ๆ}}{\text{จำนวน Secant pile ทั้งหมด}}$

จำนวน Secant pile ทั้งหมด

$$- \text{ PP} = 147 * 16 = 2,352 \quad \text{m}$$

$$- \text{ SP} = 69 * 22 = 1,518 \quad \text{m}$$

$$- \text{ LP} = 78 * 48 = 3,744 \quad \text{m}$$

$$\text{รวม} = 7,614 \quad \text{m}$$

$$\text{ความลึกเฉลี่ยทั้งหมด} = 7,614 / 294$$

$$= 25.89 \quad \text{m}$$

$$\text{เพราะฉะนั้นพื้นที่ Secant pile ทั้งหมด} = 229.8 * 25.89$$

$$= 5,950 \quad \text{m}^2$$

$$3. \text{ ราคาต่อพื้นที่ทั้งหมด}$$

$$= \frac{22,419,500.44}{5,950}$$

$$= 3,768$$

$$= 3,768$$

บาท/ตร.ม.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 4.โครงการ Sukhumvit City

1. ราคาทั้งหมด	=	52,375,290	บาท
2. พื้นที่ Secant pile ทั้งหมด	=	15,297.6	ตร.ม.

## รายละเอียดการหาพื้นที่ Secant pile ทั้งหมด

## Specification ของ Secant pile

ชนิดของ Secant pile	เส้น $\varnothing$	Pile Tip	จำนวน
NORMAL	0.9	-20.00	621
AS2	0.9	-22.00	59
AS3	0.9	-28.00	58
AT1	0.9	-57.00	43
AT2	0.9	-57.00	19
AT3	0.9	-57.00	11
AT4	0.9	-57.00	7

## สูตรที่ใช้ในการหาพื้นที่ Secant pile

$$\text{Area} = (\text{Diameter} * \text{No. of pile} * \text{Depth}) - (\text{Interlock between primary and secondary pile} * \text{No. of pile} * \text{Depth})$$

$$\text{Area Normal} = 582 * 0.9 * 20 - 582 * 0.10 * 20 = 10,476 - 1,164 = 9,312.0 \text{ m}^2$$

$$\text{Area AS2} = 59 * 0.9 * 22 - 59 * 0.10 * 22 = 1,168.2 - 129.8 = 1,038.4 \text{ m}^2$$

$$\text{Area AS3} = 58 * 0.9 * 28 - 58 * 0.10 * 28 = 1,416.6 - 162.4 = 1,299.2 \text{ m}^2$$

$$\text{Area AT1} = 43 * 0.9 * 57 - 43 * 0.10 * 57 = 2,205.9 - 245.1 = 1,960.8 \text{ m}^2$$

$$\text{Area AT2} = 19 * 0.9 * 57 - 19 * 0.10 * 57 = 974.7 - 108.3 = 866.4 \text{ m}^2$$

$$\text{Area AT3} = 11 * 0.9 * 57 - 11 * 0.10 * 57 = 564.3 - 62.7 = 501.6 \text{ m}^2$$

$$\text{Area AT4} = 7 * 0.9 * 57 - 7 * 0.10 * 57 = 359.1 - 39.9 = 319.2 \text{ m}^2$$

$$\text{รวมพื้นที่ Secant pile ทั้งหมด} = 15,297.6 \text{ m}^2$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\begin{aligned}
 3. \text{ ราคา/ตร.ม.} &= \underline{52,375.290} \\
 &15,297.6 \\
 &= \mathbf{3,423.75 \text{ บาท/ตร.ม.}}
 \end{aligned}$$

### ระบบ Diaphragm wall

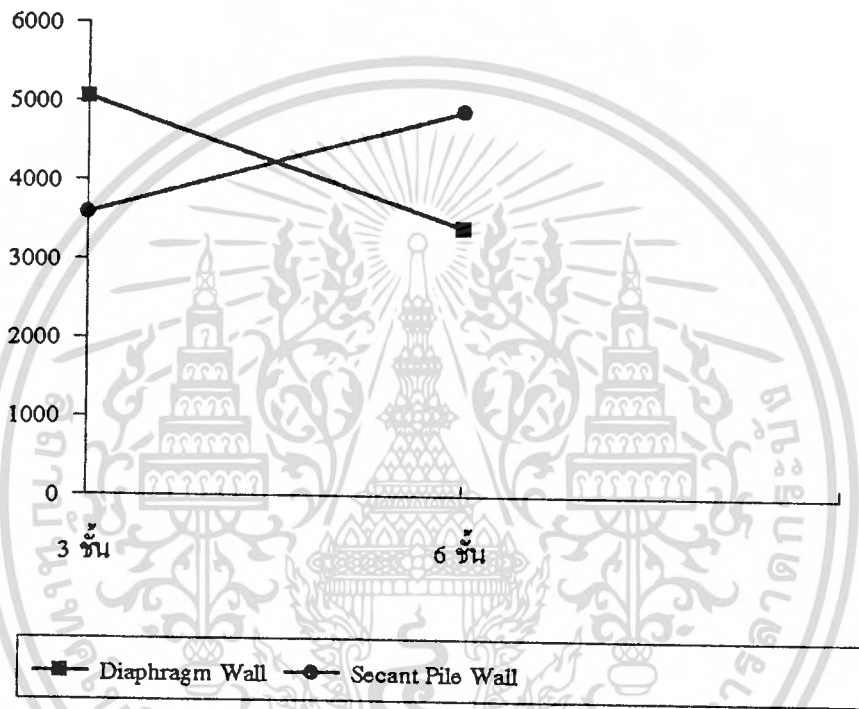
ชื่อโครงการ	ราคา D-Wall ทั้งหมด	พื้นที่ D-Wall ทั้งหมด	ราคาต่อพื้นที่ทั้งหมด
1.Silom Precious Tower	76,000,000	14,000	5,428.57
2.One Place Building Bangkok	31,605,572	8,200	3,854
3.ATM Tower Vipavadee Bangkok	27,089,832	5,500	4,925.4
4.Pratunam Complex Bangkok	35,911,088	6,937	5,177

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### รูปที่ 5.1

กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าใช้จ่ายกับระดับชั้นของ Basement

ค่าใช้จ่าย/ ตร.ม.



ระดับชั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## การวิเคราะห์

1. ค่าใช้จ่ายในการก่อสร้างคิดเทียบต่อพื้นที่ Secant pile ทั้งหมดของห้องใต้ดิน 3 ชั้น เฉลี่ย จากโครงการกรณีศึกษา 2 โครงการ คือ โครงการ Surawong Complex และ Sukhumvit City จะได้

$$\begin{aligned} \text{ค่าใช้จ่ายต่อพื้นที่ Secant pile เฉลี่ย} &= \frac{3,768 + 3423.75}{2} \\ &= 3,595.58 \quad \text{บาท/ตร.ม.} \end{aligned}$$

ค่าใช้จ่ายในการก่อสร้างคิดเทียบต่อพื้นที่ Secant pile ทั้งหมดของห้องใต้ดิน 6 ชั้น เฉลี่ยจาก โครงการกรณีศึกษา 2 โครงการ คือ โครงการ Central Galleria และ Empire Tower จะได้

$$\begin{aligned} \text{ค่าใช้จ่ายต่อพื้นที่ Secant Pile เฉลี่ย} &= \frac{4,941 + 4,846.7}{2} \\ &= 4,893.85 \quad \text{บาท/ตร.ม.} \end{aligned}$$

2. ค่าใช้จ่ายในการก่อสร้างคิดเทียบต่อพื้นที่ Secant pile ทั้งหมด จะแปรผันตรงกับจำนวนชั้น ใต้ดิน คือ ถ้ายิ่งสร้างลึก ค่าใช้จ่ายจะยิ่งสูงขึ้น ดังนี้

$$\begin{aligned} \text{เปอร์เซ็นต์ต่างของค่าใช้จ่ายระหว่าง Secant pile 3 ชั้น กับ 6 ชั้นหาได้จาก} \\ \text{ค่าใช้จ่าย 3,595.88 คิดเป็นเปอร์เซ็นต์} &= 100\% \\ \text{ค่าใช้จ่าย (4,893.85 - 3,595.88) จะคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ได้} &= \frac{1,298 * 100}{3,595.88} \\ &= 36.1\% \end{aligned}$$

สาเหตุที่ทำให้เป็นเช่นนั้น เนื่องจากการป้องกันการพังทลายของหลุมขุดที่ใช้ทำ Secant pile นั้น ที่ระดับผิวดินถึงประมาณ -14 เมตร (ชั้นใต้ดินประมาณ 3 ชั้น) จะใช้เหล็กปลอก (casing) เป็นตัวป้องกันการพังทลาย แต่ถ้าลึกลงไปกว่านี้จะใช้น้ำยา bentonite เป็นตัวป้องกันการพังทลายของหลุมขุด ซึ่งการใช้น้ำยา bentonite จะทำให้ต้องเพิ่มค่าใช้จ่ายด้วยเหตุผลดังนี้คือ

1. bentonite นั้นมีราคาประมาณ 6,100 บาท/ตัน และ 1 ตันใช้ได้กับพื้นที่ประมาณ 164 ตารางเมตร

2. นอกจากตัวน้ำยา bentonite แล้ว ยังต้องมีเครื่องมือและอุปกรณ์อีกหลายอย่างที่ต้องใช้ร่วมกัน เช่น

- เครื่อง desander ที่ใช้กรองทรายออกจากน้ำยา bentonite เพื่อนำน้ำยาที่กรองแล้วไปใช้วนได้

- ถังเก็บน้ำยา bentonite

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- อุปกรณ์ที่ใช้ตรวจสอบคุณสมบัติของ bentonite เช่น อุปกรณ์ตรวจสอบความหนาแน่น, อุปกรณ์ตรวจค่า sand content, อุปกรณ์ตรวจค่า viscosity, อุปกรณ์ตรวจค่า pH

3. กรรมวิธีการเทคอนกรีตจะเปลี่ยนเป็นการเทคอนกรีตใต้น้ำซึ่งยุ่งยากและซับซ้อนกว่าการเทคอนกรีตในหลุมแห้งมาก

4. ระดับคอนกรีตที่เทจะต้องเผื่อจากระดับ cut off มากกว่าการคอนกรีตในหลุมแห้ง เพราะคอนกรีตด้านบนจะเป็นคอนกรีตเสีย (คอนกรีตที่ผสม bentonite) ต้องสกัดทิ้ง

3. ค่าใช้จ่ายในการก่อสร้างคิดเทียบต่อพื้นที่ Diaphragm wall ทั้งหมดของห้องใต้ดิน 3 ชั้น เฉลี่ยจากโครงการกรณีศึกษา 2 โครงการ คือ โครงการ ATM Vipavadee Tower และ Pratumam Complex จะได้

$$\begin{aligned} \text{ค่าใช้จ่ายต่อพื้นที่ Diaphragm wall เฉลี่ย} &= \frac{4,925.4 + 5177}{2} \\ &= 5,051.2 \text{ บาท/ตร.ม.} \end{aligned}$$

ค่าใช้จ่ายในการก่อสร้างคิดเทียบต่อพื้นที่ Diaphragm wall ทั้งหมดของห้องใต้ดิน 6 ชั้น เฉลี่ยของโครงการกรณีศึกษา 2 โครงการ คือ โครงการ Silom Precious Tower และ Central Galleria จะได้

$$\begin{aligned} \text{ค่าใช้จ่ายต่อพื้นที่ Diaphragm wall เฉลี่ย} &= \frac{3,428.57 + 3,404.6}{2} \\ &= 3,416.6 \text{ บาท/ตร.ม.} \end{aligned}$$

4. ค่าใช้จ่ายในการก่อสร้างคิดเทียบต่อพื้นที่ Diaphragm wall ทั้งหมดจะแปรผกผันกับจำนวนชั้นใต้ดิน คือ ถ้ายังสร้างลึกค่าใช้จ่ายจะยิ่งถูกลง ดังนี้

เปอร์เซ็นต์ต่างของค่าใช้จ่ายระหว่าง Diaphragm wall 3 ชั้นกับ 6 ชั้นหาได้จาก

$$\begin{aligned} \text{ค่าใช้จ่าย 3,416.6 คิดเป็นเปอร์เซ็นต์} &= 100\% \\ \text{ค่าใช้จ่าย (5,051.2 - 3,416.6) จะคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ได้} &= \frac{1,634.6 * 100}{3,416.6} \\ &= 47.84\% \end{aligned}$$

สาเหตุที่ทำให้เป็นเช่นนี้ เนื่องจาก

1. การก่อสร้าง Diaphragm wall ไม่ว่าจะ 3 ชั้น หรือ 6 ชั้น กรรมวิธีจะเหมือนกัน คือจะใช้ น้ำยา bentonite ในการป้องกันการพังทลายของหลุมขุด เพราะ Diaphragm wall ไม่มีการใช้เหล็กปลอก (casing)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. เนื่องจากในพื้นที่หน้างานที่เท่ากันถ้าต้องเสียค่าใช้จ่ายในการ clearing & cleaning site และค่า เครื่องมือที่ใช้ตรวจสอบคุณภาพ Diaphragm wall ซึ่งขึ้นอยู่กับจำนวน panel เท่ากันแล้ว การทำ Diaphragm wall ที่มีขนาดความหนาเท่ากันแต่สั้นกว่าจะเสียค่าใช้จ่ายเฉลี่ยต่อตารางเมตรแพงกว่าการทำ Diaphragm wall ที่มีขนาดยาวกว่า

5. จากกราฟจะสรุปได้ว่า ที่ความลึกระดับ 3 ชั้น ค่าใช้จ่ายที่ใช้ในการก่อสร้าง Secant pile จะถูกกว่าการก่อสร้าง Diaphragm wall โดยสามารถคิดเทียบเป็นเปอร์เซ็นต์ได้ดังนี้

$$\begin{aligned} \text{ค่าใช้จ่าย } 3,595.88 \text{ คิดเป็นเปอร์เซ็นต์} &= 100\% \\ \text{ค่าใช้จ่าย } (5,051.2 - 3,595.88) \text{ จะคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ได้} &= \frac{1,455.32 * 100}{3,595.88} \\ &= 40.47\% \end{aligned}$$

สาเหตุที่ทำให้เป็นเช่นนี้ เนื่องจาก

1. ค่า Preliminary ของระบบ Diaphragm wall จะสูงกว่าระบบ Secant pile ดังนั้นถ้าสร้างจำนวนชั้นได้ดินน้อยจะทำให้ระบบ Diaphragm wall เสียเปรียบ เพราะจำนวนพื้นที่ในการหารค่า Preliminary มีน้อย ระบบ Secant pile จึงถูกกว่า

6. จากกราฟจะเห็นว่าเส้นกราฟแสดงค่าใช้จ่ายต่อพื้นที่ของทั้งสองระบบตัดกัน เมื่อลากจากจุดตัดมาตั้งฉากกับแกน X ซึ่งแสดงถึงระดับชั้น จะได้ว่าตัดที่ 4.5 ชั้น แสดงว่า ตั้งแต่ชั้น 4.5 เป็นต้นไป การก่อสร้างกำแพงกันดินระบบ Diaphragm wall ถูกกว่าระบบ Secant pile โดยคิดเทียบเป็นเปอร์เซ็นต์ได้ดังนี้

$$\begin{aligned} \text{ค่าใช้จ่าย } 3,416.6 \text{ คิดเป็นเปอร์เซ็นต์} &= 100\% \\ \text{ค่าใช้จ่าย } (4,893.85 - 3,416.6) \text{ จะคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ได้} &= \frac{1,477.25 * 100}{3,416.6} \\ &= 43.23\% \end{aligned}$$

สาเหตุที่เป็นเช่นนี้ เนื่องจาก

1. จากเหตุผลที่กล่าวมาแล้วข้างต้น คือ ถ้าจำนวนชั้นน้อยระบบ Diaphragm wall จะเสียเปรียบ แต่ถ้าจำนวนชั้นมากขึ้นและการก่อสร้าง Secant pile ยิ่งลึก ค่าใช้จ่ายจะยิ่งสูง ก็จะทำให้ค่าใช้จ่ายของระบบ Secant pile สูงกว่า ระบบ Diaphragm wall

2. ค่า labour ของ Secant pile เมื่อเทียบกับค่าใช้จ่ายทั้งหมดแล้วมีเปอร์เซ็นต์สูงกว่าระบบ Diaphragm wall มาก (ดังตัวอย่างข้างล่าง) ดังนั้นถ้าใช้ material ในการก่อสร้างพอกัน ระบบ Secant pile จะเสียค่าใช้จ่ายสูงกว่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวอย่าง โครงการ One Place (ระบบ Diaphragm wall 6 ชั้น)

- ค่า material = 80.2%
- ค่า labour = 19.8%

โครงการ Central Galleria (ระบบ Secant pile 6 ชั้น)

- ค่า material = 52%
- ค่า labour = 48%

โครงการ Empire Tower (ระบบ Secant pile 6 ชั้น)

- ค่า material = 49.18%
- ค่า labour = 50.82%

## สรุป

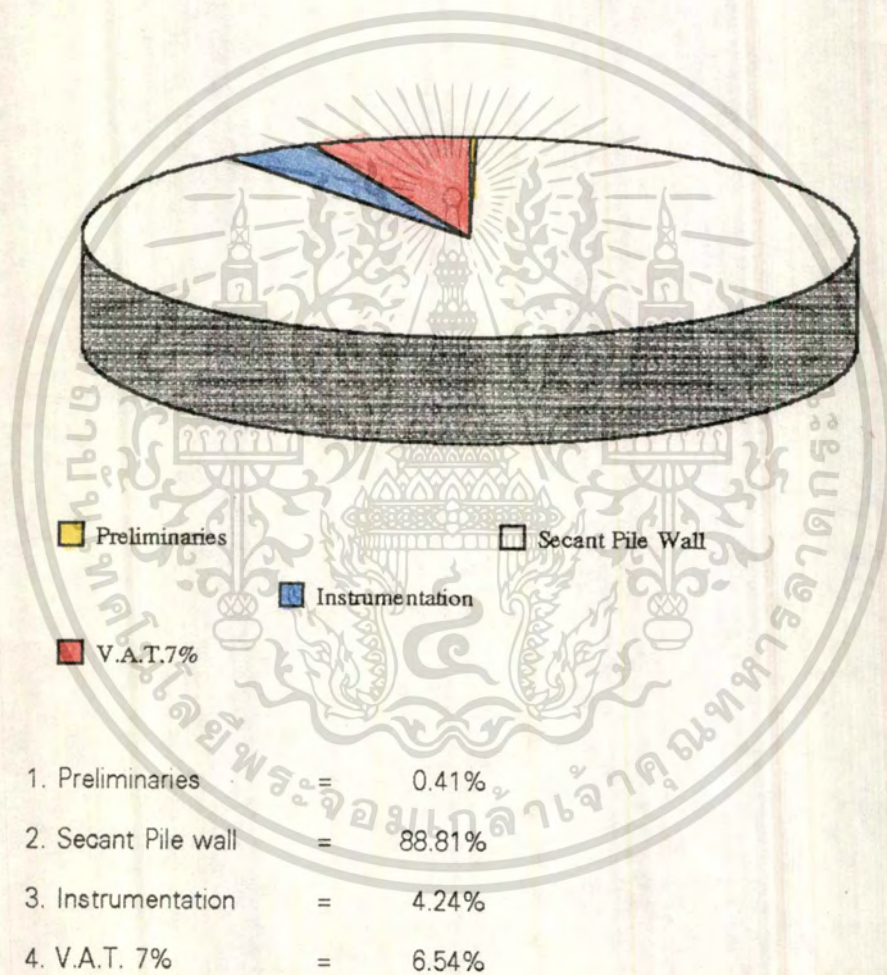
โครงการ	ค่าใช้จ่ายต่อพื้นที่ในการสร้างกำแพงกันดินระบบ Secant pile หรือ Diaphragm wall (บาท / ตารางเมตร)
Sukhumvit City	3,423.75
Surawong Complex	3,768.00
Central Galleria	4,846.65
Empire Tower	4,941.00
Vipavadee Tower	4,925.40
Pratunam Complex	5,177.00
One Place	3,404.60
Silom Precious Tower	5,428.57

**หมายเหตุ** โครงการ Silom Precious Tower สร้างในปี ค.ศ. 1991 จากการสอบถามกับบริษัทผู้รับเหมาได้ความว่า ค่าใช้จ่ายในการก่อสร้างปี 1994 ได้ลดลงมา ตารางเมตรละ 2,000 บาท จะเห็นว่าเมื่อลดราคาต่อตารางเมตรของโครงการ Silom Precious Tower ลงแล้วราคาจะใกล้เคียงกับโครงการ One Place ซึ่งสร้างขึ้นในปี ค.ศ. 1994

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## รูปที่ 5.2

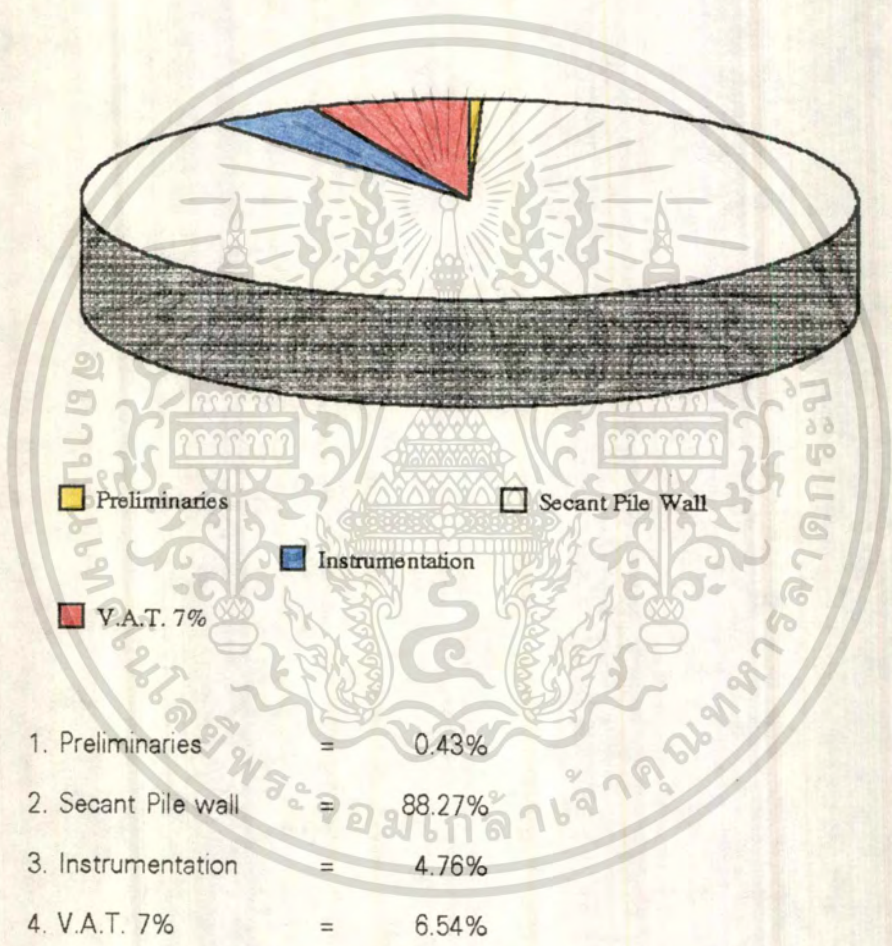
แผนภาพแสดงการแยกประเภทค่าใช้จ่ายในงาน Secant Pile Wall ของโครงการ Central Galleria



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 5.3

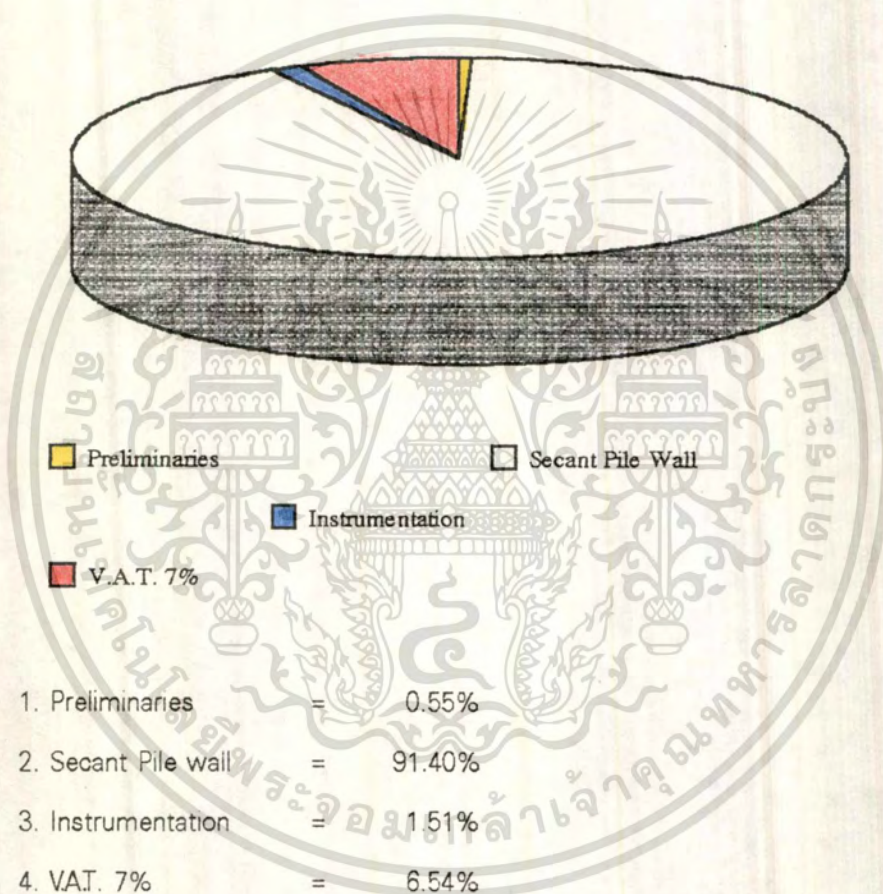
แผนภาพแสดงการแยกประเภทค่าใช้จ่ายในงาน Secant Pile Wall ของโครงการ Empire Tower



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## รูปที่ 5.4

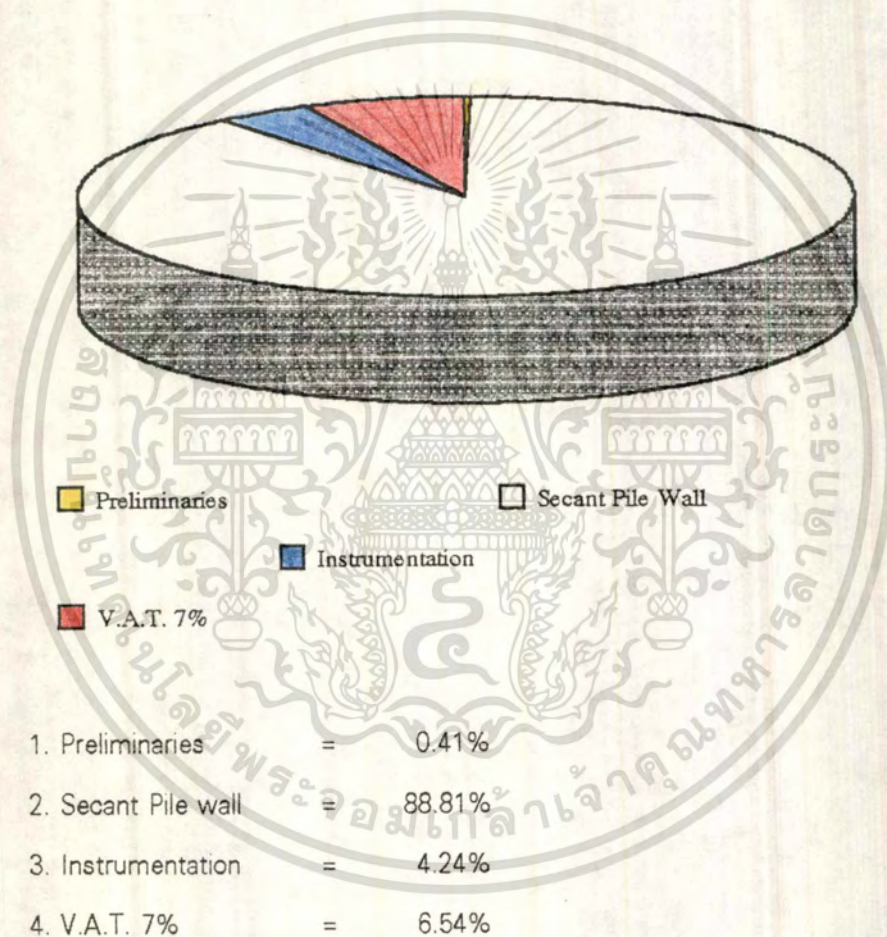
แผนภาพแสดงการแยกประเภทค่าใช้จ่ายในงาน Secant Pile Wall ของโครงการ Sukhumvit  
City



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## รูปที่ 5.5

แผนภาพแสดงการแยกประเภทค่าใช้จ่ายในงาน Secant Pile Wall ของโครงการ  
Suriwong Complex

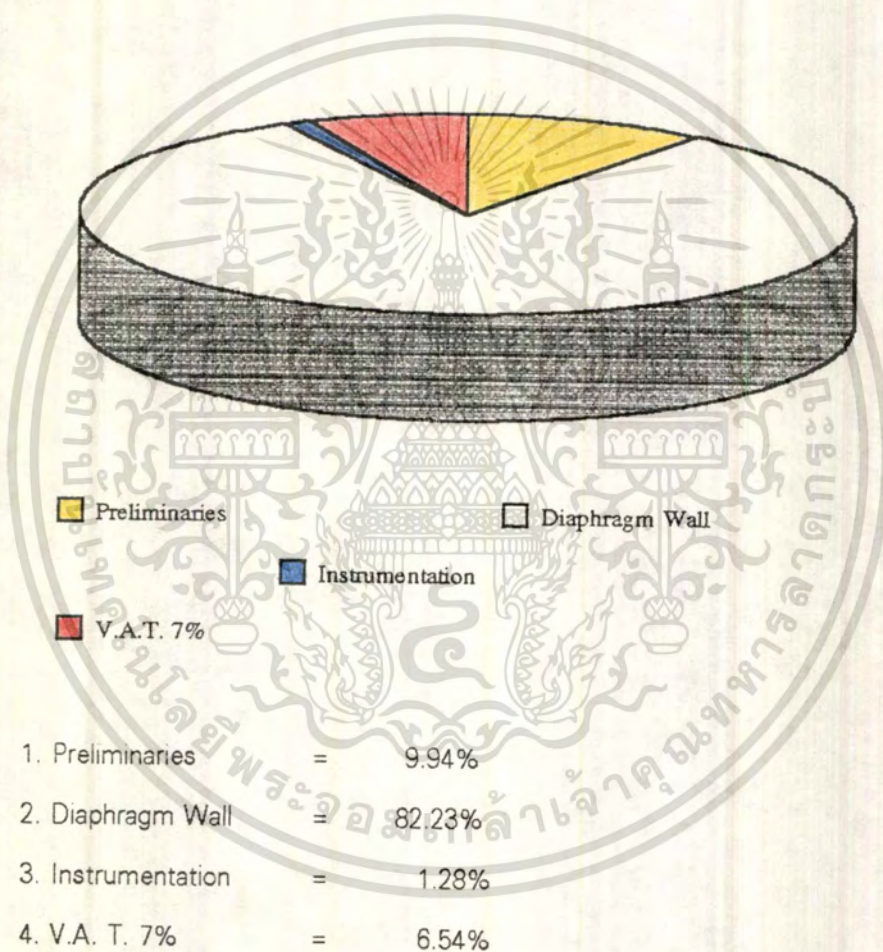


**หมายเหตุ** โครงการ Suriwong Complex ค่าใช้จ่ายต่างๆเปรียบเทียบกับโครงการ  
Central Galleria

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## รูปที่ 5.6

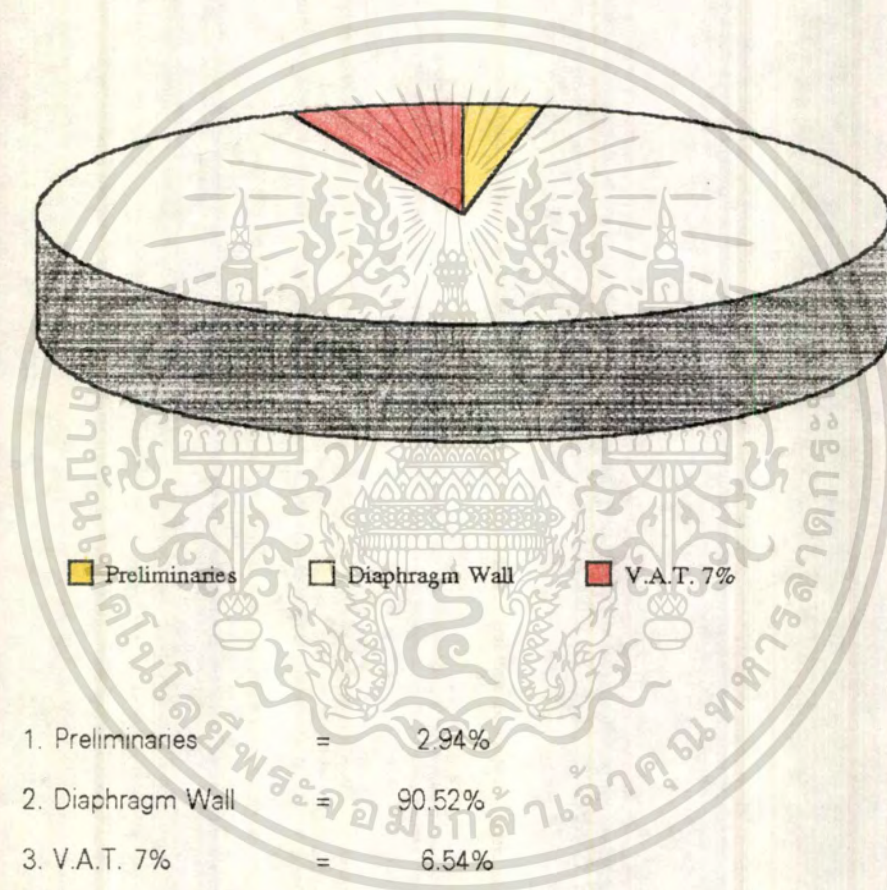
แผนภาพแสดงการแยกประเภทค่าใช้จ่ายในงาน Diaphragm Wall ของโครงการ  
One Place Building



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## รูปที่ 5.7

แผนภาพแสดงการแยกประเภทค่าใช้จ่ายในงาน Diaphragm Wall ของโครงการ  
Vipavadee Tower



- หมายเหตุ**
1. ค่า Instrumentation ไม่ได้ระบุใน B.O.Q
  2. ส่วนโครงการ Silom Precious Tower และ โครงการ Pratunam Complex ไม่สามารถแยกค่าใช้จ่ายได้ เนื่องจากราคาที่ได้มาเป็น LS.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 5.2 การวิเคราะห์และบทสรุปด้านเวลาการดำเนินงาน (BARChart ANALYSIS)

### ระบบ Secant pile

การคิดระยะเวลาทำ Guide Wall กับเวลาการทำ Secant pile (หรือ Diaphragm wall) แยกออกจากกัน

#### 1.โครงการ Sukhumvit City

1.1 ระยะเวลาในการทำ Guide Wall	=	160	วัน
ความยาวรอบ site	=	623	m
ดังนั้น อัตราในการทำ Guide Wall ต่อ วัน	=	3.894	m/วัน
1.2 ระยะเวลาในการทำ Secant pile	=	142	วัน
พื้นที่ Secant pile ทั้งหมด	=	15,297.6	m <sup>2</sup>
ดังนั้นอัตราเร็วในการทำ Secant pile ต่อวัน	=	107.7	m <sup>2</sup> /วัน

#### 2.โครงการ Suriwong Complex

2.1 ระยะเวลาในการทำ Guide Wall	=	45	วัน
ความยาวรอบ site	=	229.8	m
ดังนั้น อัตราในการทำ Guide Wall ต่อ วัน	=	5.1	m/วัน
2.2 ระยะเวลาในการทำ Secant pile	=	92	วัน
พื้นที่ Secant pile ทั้งหมด	=	5,950	m <sup>2</sup>
ดังนั้นอัตราเร็วในการทำ Secant pile ต่อวัน	=	64.67	m <sup>2</sup> /วัน

### 3.โครงการ Central Galleria

3.1 ระยะเวลาในการทำ Guide Wall	=	42	วัน
ความยาวรอบ site	=	288.6	m
ดังนั้น อัตราในการทำ Guide Wall ต่อ วัน	=	6.87	m/วัน
3.2 ระยะเวลาในการทำ Secant pile	=	85	วัน
พื้นที่ Secant pile ทั้งหมด	=	8,150.9	m <sup>2</sup>
ดังนั้นอัตราเร็วในการทำ Secant pile ต่อวัน	=	95.9	m <sup>2</sup> /วัน

### 4.โครงการ Empire Tower

4.1 ระยะเวลาในการทำ Guide Wall	=	100	วัน
ความยาวรอบ site	=	619.71	m
ดังนั้น อัตราในการทำ Guide Wall ต่อ วัน	=	6.2	m/วัน
4.2 ระยะเวลาในการทำ Secant pile	=	145	วัน
พื้นที่ Secant pile ทั้งหมด	=	21,509.3	m <sup>2</sup>
ดังนั้นอัตราเร็วในการทำ Secant pile ต่อวัน	=	148.3	m <sup>2</sup> /วัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ระบบ Diaphragm wall

### 1.โครงการ ATM Vipavadee Tower

1.1 ระยะเวลาในการทำ Guide Wall	=	15	วัน
ความยาวรอบ site	=	248.64	m
ดังนั้น อัตราในการทำ Guide Wall ต่อ วัน	=	16.576	m/วัน
1.2 ระยะเวลาในการทำ Diaphragm Wall	=	54	วัน
พื้นที่ Diaphragm Wall ทั้งหมด	=	5,500	m <sup>2</sup>
ดังนั้นอัตราเร็วในการทำ D - Wall ต่อวัน	=	101.85	m <sup>2</sup> /วัน

### 2.โครงการ Pratunam Complex

2.1 ระยะเวลาในการทำ Guide Wall	=	83	วัน
ความยาวรอบ site	=	433	m
ดังนั้น อัตราในการทำ Guide Wall ต่อ วัน	=	5.22	m/วัน
2.2 ระยะเวลาในการทำ Diaphragm Wall	=	115	วัน
พื้นที่ Diaphragm Wall ทั้งหมด	=	6,936.66	m <sup>2</sup>
ดังนั้นอัตราเร็วในการทำ D - Wall ต่อวัน	=	60.32	m <sup>2</sup> /วัน

### 3.โครงการ One Place

3.1 ระยะเวลาในการทำ Guide Wall	=	25	วัน
ความยาวรอบ site	=	219	m
ดังนั้น อัตราในการทำ Guide Wall ต่อ วัน	=	8.76	m/วัน
3.2 ระยะเวลาในการทำ Diaphragm Wall	=	90	วัน
พื้นที่ Diaphragm Wall ทั้งหมด	=	8,200	m <sup>2</sup>
ดังนั้นอัตราเร็วในการทำ D - Wall ต่อวัน	=	91.11	m <sup>2</sup> /วัน

### 4.โครงการ Silom Precious Tower

4.1 ระยะเวลาในการทำ Guide Wall	=	43	วัน
ความยาวรอบ site	=	378.45	m
ดังนั้น อัตราในการทำ Guide Wall ต่อ วัน	=	8.8	m/วัน
4.2 ระยะเวลาในการทำ Diaphragm Wall	=	154	วัน
พื้นที่ Diaphragm Wall ทั้งหมด	=	14,000	m <sup>2</sup>
ดังนั้นอัตราเร็วในการทำ D - Wall ต่อวัน	=	90.90	m <sup>2</sup> /วัน

การคิดระยะเวลาทำ Guide Wall ร่วมกับระยะเวลาการทำ Secant pile (หรือ Diaphragm wall) เข้าด้วยกัน

### ระบบ Secant pile

#### 1.โครงการ Sukhumvit City Tower

ระยะเวลาทำ Guide Wall กับ Secant pile	=	192	วัน
จำนวนพื้นที่ Secant pile ที่ต้องทำ	=	15,297.6	m <sup>2</sup>
อัตราเร็วในการทำงาน	=	79.7	m <sup>2</sup> /วัน

#### 2.โครงการ Suriwong Complex

ระยะเวลาทำ Guide Wall กับ Secant pile	=	98	วัน
จำนวนพื้นที่ Secant pile ที่ต้องทำ	=	5,950	m <sup>2</sup>
อัตราเร็วในการทำงาน	=	60.71	m <sup>2</sup> /วัน

#### 3.โครงการ Central Galleria

ระยะเวลาทำ Guide Wall กับ Secant pile	=	108	วัน
จำนวนพื้นที่ Secant pile ที่ต้องทำ	=	8,150.9	m <sup>2</sup>
อัตราเร็วในการทำงาน	=	75.50	m <sup>2</sup> /วัน

#### 4.โครงการ Empire Tower

ระยะเวลาทำ Guide Wall กับ Secant pile	=	168	วัน
จำนวนพื้นที่ Secant pile ที่ต้องทำ	=	21,509.3	m <sup>2</sup>
อัตราเร็วในการทำงาน	=	128.03	m <sup>2</sup> /วัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ระบบ Diaphragm wall

### 1.โครงการ One Place Tower

ระยะเวลาทำ Guide Wall กับ Diaphragm wall	=	90	วัน
จำนวนพื้นที่ Diaphragm wall ที่ต้องทำ	=	8,200	m <sup>2</sup>
อัตราเร็วในการทำงาน	=	91.11	m <sup>2</sup> /วัน

### 2.โครงการ Silom Precious Tower

ระยะเวลาทำ Guide Wall กับ Diaphragm wall	=	197	วัน
จำนวนพื้นที่ Diaphragm wall ที่ต้องทำ	=	14,000	m <sup>2</sup>
อัตราเร็วในการทำงาน	=	71.07	m <sup>2</sup> /วัน

### 3.โครงการ Pratunam Complex

ระยะเวลาทำ Guide Wall กับ Diaphragm wall	=	101	วัน
จำนวนพื้นที่ Diaphragm wall ที่ต้องทำ	=	6,936.66	m <sup>2</sup>
อัตราเร็วในการทำงาน	=	68.70	m <sup>2</sup> /วัน

### 4.โครงการ ATM Vipavadee Tower

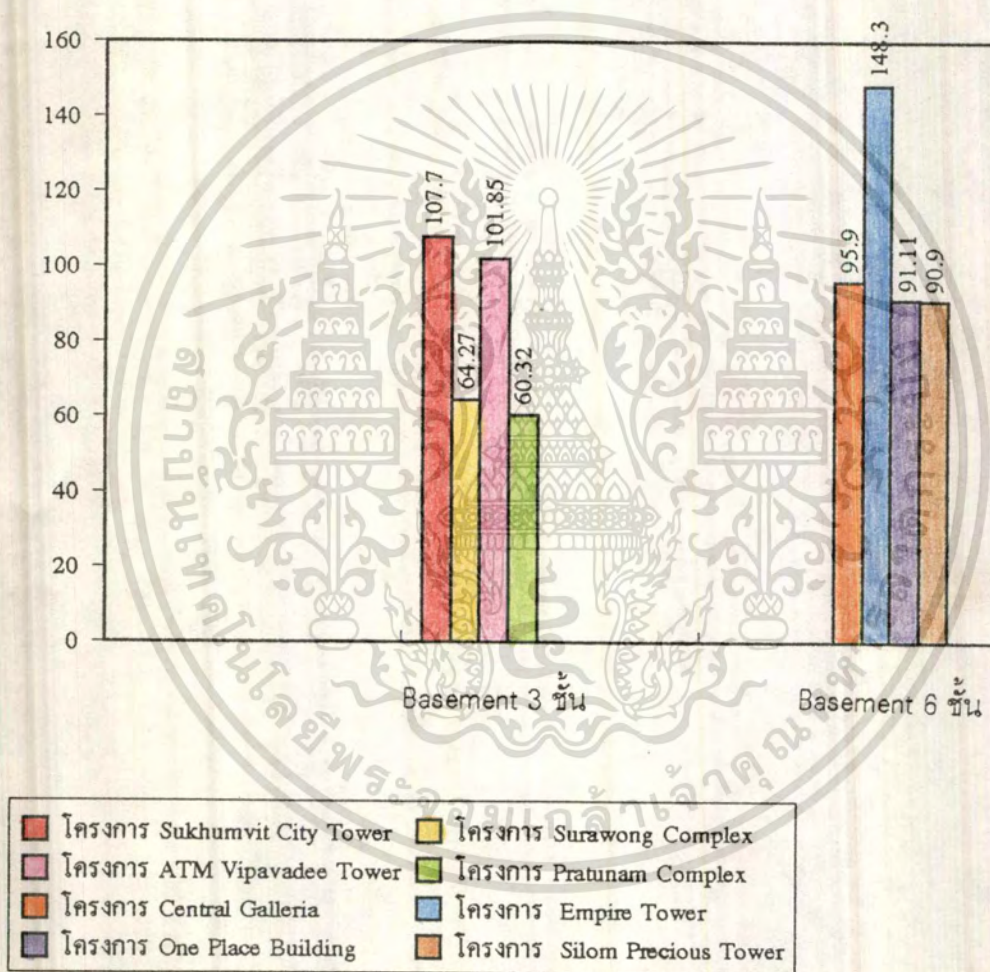
ระยะเวลาทำ Guide Wall กับ Diaphragm wall	=	69	วัน
จำนวนพื้นที่ Diaphragm wall ที่ต้องทำ	=	5,000	m <sup>2</sup>
อัตราเร็วในการทำงาน	=	72.50	m <sup>2</sup> /วัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 5.8

กราฟแสดงอัตราการทำงาน (ตร.ม./ วัน) ของแต่ละโครงการ

อัตราการทำงาน ( ตร.ม./ วัน )



**Diaphragm Wall**

- 1.โครงการ ATM Vipavadee Tower
- 2.โครงการ Pratunam Complex
- 3.โครงการ One Place Building
- 4.โครงการ Silom Plecious Tower

**Secant Pile Wall**

- 1.โครงการ Sukhumvit City Tower
- 2.โครงการ Surawong Complex

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 3.โครงการ Central Galleria  
 4.โครงการ Empire Tower  
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทสรุปวิเคราะห์เรื่องระยะเวลาในการดำเนินงานก่อสร้าง

1. ระยะเวลาในการก่อสร้างทั้งระบบ Secant pile และ Diaphragm wall จะแบ่งออกเป็นงานใหญ่ๆ ได้ 4 งาน คือ

- Mobilization
- Guide Wall
- Secant pile (หรือ Diaphragm wall)
- Demolization

แต่ไม่สามารถที่จะระบุได้ว่าแต่ละงานเป็นกี่เปอร์เซ็นต์ของงานทั้งหมด เพราะสภาพของแต่ละ site งานจะแตกต่างกันไปทำให้ระยะเวลาของงานแต่ละงานแตกต่างกัน

2. จากกรณีศึกษาการทำ Guide Wall ระบบ Secant pile จากโครงการสุวรรณค์ , สุขุมวิทซิติ, เอ็มไพร์ทาวเวอร์ และ เซ็นทรัลแกลเลอรีเทียบกับระบบ Diaphragm wall จากโครงการ ATM Vipavadee , ประตูน้ำ , One Place และ Silom Precious Tower จะพบว่าอัตราเร็วในการทำ Guide Wall ของระบบ Diaphragm wall จะเร็วกว่าระบบ Secant pile เนื่องจากทำงานง่ายกว่า คือไม่ต้องทำ Guide Wall หยักตามรูปทรงของ Pile เหมือนระบบ Secant pile

3. จากแผนภูมิแท่งจะพบว่า ในการก่อสร้างชั้นใต้ดินทั้ง 3 และ 6 ชั้น ระบบ Secant pile จะมีอัตราเร็วในการทำงานคิดเทียบเป็น  $m^2/วัน$  ได้มากกว่าระบบ Diaphragm wall

อัตราเร็วในการทำงานของระบบ Secant pile ของโครงการสุวรรณค์ มากกว่าระบบ Diaphragm wall ของโครงการประตูน้ำ

$$= \frac{64.27 - 60.32}{60.32} * 100 = 6.55\%$$

อัตราเร็วในการทำงานของระบบ Secant pile ของโครงการสุขุมวิทซิติ มากกว่าระบบ Diaphragm wall ของโครงการ ATM

$$= \frac{107.7 - 101.85}{101.85} * 100 = 5.74\%$$

อัตราเร็วในการทำงานระบบ Diaphragm wall ของโครงการเซ็นทรัลแกลเลอรี มากกว่าระบบ Diaphragm wall ของโครงการ One Place

$$= \frac{95.9 - 91.11}{91.11} * 100 = 5.26\%$$

อัตราเร็วในการทำงานระบบ Diaphragm wall ของโครงการเอ็มไพร์ทาวเวอร์ มากกว่าระบบ

$$\begin{aligned} \text{Diaphragm wall ของโครงการ Silom Precious Tower} &= \frac{148.3 - 90.9}{90.9} * 100 \\ &= 63.15\% \end{aligned}$$

หมายเหตุ 1) ค่าที่ error 63.15% นั้นเป็นผลเนื่องมาจากการเพิ่มอัตราการทำงาน คือ การเพิ่มเครื่องจักรกลในการทำงาน ทำให้ได้ พท./วัน มากขึ้น

2) สรุปแล้วอัตราเร็วในการทำงานของระบบ Secant pile มากกว่าระบบ Diaphragm wall อยู่ 5.3% - 6.5%

4. ในกรณีที่โครงการ ATM ซึ่งก่อสร้างเป็นชั้นใต้ดิน 3 ชั้นด้วยระบบ Diaphragm wall มีอัตราเร็วในการทำงานคิดเทียบเป็น  $m^2/\text{วัน}$  ได้มากกว่าโครงการประตูน้ำคอมเพล็กซ์ซึ่งก่อสร้างเป็นชั้นใต้ดิน 3 ชั้นด้วยระบบ Diaphragm wall เช่นเดียวกัน เพราะโครงการวิภาวดีมีระยะเวลาในการดำเนินงานสั้นกว่าโครงการประตูน้ำประมาณ 57% ทั้งที่มีปริมาณงานน้อยกว่าเพียง 20.71% ดังนั้นแสดงว่าได้มีการเพิ่มอุปกรณ์เครื่องจักรและบุคลากรเข้ามาทำมากขึ้น เป็นผลให้อัตราเร็วในการทำงานของโครงการ ATM สูงกว่าโครงการประตูน้ำ

5. ในกรณีที่โครงการสุขุมวิทซึ่งก่อสร้างเป็นชั้นใต้ดิน 3 ชั้นด้วยระบบ Secant pile มีอัตราเร็วในการทำงานคิดเทียบเป็น  $m^2/\text{วัน}$  ได้มากกว่าโครงการสุรวงศ์ซึ่งก่อสร้างเป็นชั้นใต้ดิน 3 ชั้นเช่นกัน เพราะโครงการสุขุมวิทมีพื้นที่และปริมาณงาน (จำนวนต้นของ Secant pile) มากกว่ามาก ดังนั้นจึงได้มีการเพิ่มอุปกรณ์เครื่องจักรและบุคลากรเข้ามาทำงานมากขึ้น เป็นผลให้อัตราเร็วในการทำงานของโครงการสูงกว่าโครงการสุรวงศ์

6. ในกรณีศึกษาโครงการเอ็มไพร์ทาวเวอร์ (Secant pile 6 ชั้น) กับโครงการ Silom Precious Tower (Diaphragm wall 6 ชั้น) พบว่าพื้นที่ในการทำ Secant pile ของโครงการเอ็มไพร์ทาวเวอร์มีมากกว่าโครงการ Silom Precious Tower แต่ใช้เวลาในการก่อสร้างน้อยกว่า เป็นผลเนื่องมาจากการเพิ่มเครื่องจักรกลเข้ามาทำงาน ซึ่งพิจารณาได้จาก Basement ซึ่งมีเวลาการทำงานของ Secant pile แต่ละ Type เวลาจะเหลื่อมกัน ทำให้ได้พื้นที่ในการทำงานต่อวันมากกว่าโครงการ Silom Precious Tower

7. อัตราการทำกำแพงกันดินระบบ Secant pile จะเร็วกว่า Diaphragm wall ดังนี้

$$\begin{aligned} &= \frac{85.9 - 75.8}{75.8} * 100 \\ &= 13.3\% \end{aligned}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## การหารายละเอียดระยะเวลาในการก่อสร้าง Diaphragm wall ของโครงการ Silom Precious Tower

เนื่องด้วยข้อมูลด้านระยะเวลาของโครงการ Silom Precious Tower เป็นเพียงแค่ระยะเวลารวม ในการทำ Diaphragm wall แล้วเสร็จ ไม่มีรายละเอียดแยกย่อยมาให้ว่าแต่ละงานใช้ระยะเวลาเท่า ไร ซึ่งต้องนำมาใช้ในการวิเคราะห์ด้วย ดังนั้นจึงใช้วิธีเทียบหาระยะเวलगานต่างๆของการทำ Diaphragm wall จากโครงการ One Place เพราะว่ามีพื้นที่หน้างานใกล้เคียงกับ One Place มากกว่าโครงการประตูน้ำ กล่าวคือ

โครงการ Silom Precious Tower มีพื้นที่หน้างานเท่ากับ 6,973.64 m<sup>2</sup>

โครงการ One Place มีพื้นที่หน้างานเท่ากับ 2,864.4 m<sup>2</sup>

โครงการประตูน้ำ มีพื้นที่หน้างานเท่ากับ 14,095.9 m<sup>2</sup>

### วิธีการเทียบระยะเวลาทำดังนี้

#### สำหรับโครงการ One Place

- ระยะเวลา mobilization เมื่อเทียบกับระยะเวลาในการทำงานทั้งหมด

$$= \frac{10 * 100}{140} = 7.14\%$$

- ระยะเวลา demobilization เมื่อเทียบกับระยะเวลาในการทำงานทั้งหมด

$$= \frac{15 * 100}{140} = 10.71\%$$

#### สำหรับโครงการ Silom Precious Tower

ระยะเวลารวมในการทำ Diaphragm wall แล้วเสร็จ = 242 วัน

- ควรจะมีระยะเวลา mobilization =  $\frac{7.143}{100} * 242 = 17.29$  วัน

- ควรจะมีระยะเวลา demolization =  $\frac{10.71}{100} * 242 = 25.92$  วัน

- ควรจะมีระยะเวลาในการทำ Guide Wall =  $\frac{378.45}{8.76} = 43.2$  วัน

- ควรจะมีระยะเวลาในการทำ D-Wall =  $\frac{14.000}{91.11} = 153.66$  วัน

เอกสารนี้รวมระยะเวลาในการทำงานทั้งหมดเพื่อการศึกษาเท่านั้น = 17.29 + 25.92 + 43.2 + 153.66 การค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

= 241 วัน

แต่ตาม schedule จริงๆ เป็น 242 วัน แต่หาได้ 241 วัน ก็ถือว่าผิดพลาดน้อยมาก แสดงว่าอัตราเร็วในการทำ Guide Wall และ Secant pile ของโครงการ One Place ที่นำมาเทียบนั้น ใช้ได้

### การหารายละเอียดระยะเวลาในการก่อสร้าง Diaphragm wall ของโครงการ ATM

เนื่องด้วยข้อมูลด้านระยะเวลาของโครงการ ATM เป็นเพียงแค่วะยะเวลารวมในการทำ Diaphragm wall แล้วเสร็จ ไม่มีรายละเอียดแยกย่อยมาให้ว่าแต่ละงานใช้ระยะเวลาเท่าไร ซึ่งต้องนำมาใช้ในการวิเคราะห์ด้วย ดังนั้นจึงใช้วิธีเทียบหาระยะเวลาดังกล่าวของโครงการ Diaphragm wall จากโครงการ One Place เพราะว่ามีพื้นที่หน้างานใกล้เคียงกับ One Place มากกว่าโครงการประตูน้ำ กล่าวคือ

โครงการ ATM มีพื้นที่หน้างานเท่ากับ 2,540.2 m<sup>2</sup>

โครงการ One Place มีพื้นที่หน้างานเท่ากับ 2,864.4 m<sup>2</sup>

โครงการประตูน้ำ มีพื้นที่หน้างานเท่ากับ 14,095.9 m<sup>2</sup>

#### วิธีการเทียบระยะเวลาทำดังนี้

#### สำหรับโครงการ One Place

- ระยะเวลา mobilization เมื่อเทียบกับระยะเวลาในการทำงานทั้งหมด

$$= \frac{10 * 100}{140} = 7.14\%$$

- ระยะเวลา demobilization เมื่อเทียบกับระยะเวลาในการทำงานทั้งหมด

$$= \frac{15 * 100}{140} = 10.71\%$$

#### สำหรับโครงการ ATM

ระยะเวลารวมในการทำ Diaphragm wall แล้วเสร็จ = 83 วัน

- ควรจะมีระยะเวลา mobilization =  $\frac{7.143}{100} * 83$  = 5.90 วัน

- ควรจะมีระยะเวลา demobilization =  $\frac{10.71}{100} * 83$  = 8.89 วัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ควรจะมีระยะเวลาในการทำ Guide Wall =  $\frac{248.64}{16.8}$  = 14.8 วัน

- ควรจะมีระยะเวลาในการทำ D-Wall =  $\frac{5.500}{103}$  = 53.39 วัน

รวมระยะเวลาในการทำงานทั้งหมด =  $5.9 + 8.59 + 14.8 + 53.39$   
= 83 วัน

- อัตราในการทำ Guide Wall/วัน ของ ATM = 16.8 m/วัน

- อัตราในการทำ D-Wall ของ ATM = 103 m<sup>2</sup>/วัน



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โครงการ	อัตราเร็วในการทำ		อัตราเร็วรวมในการทำ
	Guide wall	Secant pile	Secant or D-wall
	(m/day)	(m <sup>2</sup> /day)	(m <sup>2</sup> /day)
Sukhumvit	3.894	107.7	79.7
Surawong	5.1	64.47	60.71
Central	6.2	148.3	128.03
Empire	6.87	95.9	75.5
Vipavadee	16.58	101.85	72.50
Pratunam	5.22	60.32	68.70
One Place	8.76	91.11	91.11
Silom	8.8	90.90	71.07

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 5.3 การวิเคราะห์และบทสรุปด้าน Boring Log

### กรรมวิธีการขุดเจาะในระบบ Secant Pile Wall

#### การแยกประเภทวิธีการเจาะ

#### 1. หลุมที่เจาะโดยใช้ปลอกเหล็ก

##### 1.1 การขุดเจาะโดยใช้เครื่องขุดแบบสายพานตักหรือเครื่องสว่านเจาะ

1.1.1 การใช้เครื่องขุดเจาะที่ติดตั้งบนฐานยันตึ้นตะขาบหรือรถบรรทุก ซึ่งจะดันแกนสว่านลงไปบนดินเพื่อทำการขุดเจาะ โดยมีเครื่องขับเคลื่อนกำเนิดพลังต่างหาก แกนสว่านจะชักขึ้นลงในขณะทำการขุดเจาะ ในการขุดวิธีนี้ ซึ่งเป็นการขุดเจาะหลุมไม่ลึกนัก ปลอกแกนสว่านจะมีแรงสั่นสะเทือนและถูกชักขึ้นลงในขณะขุด

1.1.2 เครื่องขุดเจาะบาวเออร์ รุ่น บีจี 26 ซึ่งมีระบบกำเนิดพลังงานแบบโรตารีซึ่งจะขับให้สว่านหมุนเกลียวขุดลงไปบนดิน ซึ่งเป็นระบบติดตั้งต่างหากในการนี้

1.1.3 เครื่องขุดเจาะบาวเออร์ รุ่นบีจี ขนาดกระทัดรัด ซึ่งมีการติดตั้งปลอกสว่านชนิดโยกไปมาเพื่อทำการขุดเจาะระดับลึก

1.1.4 เครื่องขุดเจาะบาวเออร์ รุ่นบีจี ชนิดมีเครื่องกำเนิดพลังแบบโรตารี ติดตั้งคู่อยู่ 2 เครื่อง

##### 1.2 เครื่องบาวเออร์รุ่น บีจี - ไฮเนส

1.2.1 ซึ่งมีคุณสมบัติพิเศษในการบีบน้ำสะอาดลงไปตามท่อ ไปยังกันหลุมโดยท่อส่งน้ำนี้ติดตั้งอยู่ข้างในแกนสว่าน และจะเอาน้ำที่ผสมอยู่กับดินขึ้นไปตามเกลียวสว่าน ดินและน้ำจะถูกลำเลียงขึ้นไปโดยการหมุนของเกลียวสว่าน ส่วนปลอกแกนสว่านจะช่วยนำเศษดินขึ้นสู่พื้นดิน เครื่องสว่านเจาะคู่นี้จะติดตั้งอยู่บนแท่นเจาะรุ่น บีจี 7

1.2.2 เครื่องบาวเออร์รุ่น บีจี ลำเลียงคูเคษดินระบบหมุนเวียน เครื่องชนิดนี้จะดูดน้ำและดินขึ้นผ่านแกนสว่านเจาะ และน้ำสะอาดจะไหลลงสู่กันหลุม โดยผ่านระหว่างแกนสว่านและปลอกสว่าน ซึ่งติดตั้งบนเครื่องขุดเจาะรุ่น บีจี 7

#### 2. หลุมที่เจาะโดยไม่ใช้ปลอกสว่าน

##### 2.1 ผังของหลุมจะถูกอัดให้แน่นและแข็งแรงโดยตัวดอกสว่าน

โดยทำการขุดเจาะด้วยสว่านเจาะอย่างต่อเนื่อง ส่วนคอนกรีตเหล่านั้นจะถูกฉีดออกไปด้วยแรงอัดสูงจากก้านสว่านที่มีรูปทรงแท่งจะเคลือบผนังของหลุมเจาะตามการนี้ขึ้นประเพื่อรักษาความไม่ร่วงรั่วใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปลอดภัยเครื่องบีบลมแรงดันนั้น ควรใช้เครื่องรักษาระดับแรงอัดอัตโนมัติ และเหล็กเสริมจะถูกดันเข้าไปในคอนกรีตโดยการสั่นสะเทือน

## 2.2 ผนังของหลุมเจาะที่ถูกอัดให้แน่นและแข็งแรงโดยแรงอัดของของเหลว

ซึ่งคล้ายคลึงกับระบบที่ได้ชี้แจงแล้วในข้อ 2 ข้างต้น ตัวส่วงานเจาะจะต้องออกแบบสร้างอย่างพิเศษเพื่อไม่ให้เกิดช่องว่างของอากาศที่จุดใดจุดหนึ่ง เมื่อถูกชักออกจากดิน

2.2.1 โดยใช้แรงอัดของน้ำ ซึ่งวิธีการนี้จะใช้ไม่ได้ผลในเนื้อดินร่วนที่ไม่มีความหนาแน่น

2.2.2 โดยการใช้น้ำมัน เป็นตัวรองรับการติดตั้งเครื่องมือเครื่องใช้เพื่อการนี้ ต้องมีค่าใช้จ่ายจำนวนมาก ฉะนั้นกรรมวิธีนี้จะใช้ได้อย่างประหยัด ต้องนำไปใช้กับโครงการก่อสร้างขนาดใหญ่

## 3. ระบบบาวเออร์ บีจี

ในไม่กี่ปีที่ผ่านมา บาวเออร์ได้ริเริ่มโครงการออกแบบเครื่องมือชุดเจาะที่จะเหมาะสมกับการใช้งานในประเทศที่มีค่าจ้างแรงงานสูง จึงได้ผลิตเครื่องเจาะรุ่นใหม่ออกมาที่มีความสามารถในการเจาะหลุมที่กว้างถึง 2,400 มม. (95 นิ้ว) ซึ่งมีเส้นผ่านศูนย์กลาง โดยมีลักษณะดังนี้

- เสาค้ำยันชุดเจาะที่แข็งแรงและสูงขึ้นโดยมีกำลังทนแรงยึดได้สูงขึ้น
- มีกำลังขับเคลื่อนที่แรงขึ้น ส่วนแกนส่วงานนั้นสามารถเลื่อนขึ้นลงได้บนรางเลื่อน
- ระบบกระบอกไฮดรอลิค ซึ่งสามารถยกวางเลื่อนแกนส่วงานขึ้นและลงได้ โดยมีเครื่อง

กำเนิดกำลังระบบโรตารี ซึ่งมีความรุนแรงระหว่าง 150-400 กิโล-นิวตัน (33,700-89,900 ปอนด์) แล้วแต่ว่าจะเป็นเครื่องชุดเจาะรุ่นไหน

- ระบบชุดเจาะสายพานที่สามารถล๊อคเข้ากับเพลลาโรตารีได้

เครื่องชุดเจาะแบบนี้เมื่อเปรียบเทียบกับเครื่องชุดเจาะธรรมดา ซึ่งมีความสามารถในการเคลื่อนไหวจำกัด จะได้เปรียบในการใช้ดังต่อไปนี้

- เครื่องชนิดนี้สามารถออกแรงกดได้อย่างสูง ทั้งๆที่ขนาดของเครื่องเจาะนั้นมีขนาดเล็ก ดังนั้นตัวส่วงานเจาะจึงสามารถผ่านไปยังชั้นดินต่างๆได้ตั้งแต่ชั้นดินที่อ่อนนุ่ม จนถึงชั้นดินที่มีความแข็งเท่ากับคอนกรีต และ หินดินดานที่มีความแกร่งปานกลางได้อย่างสบาย

- เมื่อปลอกส่วงานสามารถที่จะล๊อคติดเข้ากับเพลลาโรตารีได้ ฉะนั้นปลอกส่วงานจึงมีทั้งแรงหมุนบิดและแรงดันลงไปบนดิน ระหว่าง 150-400 กิโล-นิวตัน (33,700-89,900 ปอนด์) เพื่อที่จะดันแกนส่วงานลงไปบนดิน หรือชักแกนส่วงานออกมาจากพื้นดิน ฉะนั้นในหลายกรณีปลอกส่วงานแบบสั่นสะเทือนจึงไม่มีความจำเป็น

การพัฒนาการทำหลุมเจาะสำหรับเสาเข็มเป็นผลมาจากความสำเร็จในการประยุกต์ทำผนังกันดิน เครื่องชุดชนิดใหม่ของบาวเออร์รุ่นเซอร์เรอร์เทรนซ์ คัทเตอร์ ซึ่งเป็นเครื่องชุดระบายน้ำ หรือวางท่อใต้ดินชนิดใหม่ ซึ่งได้พัฒนาให้ก้าวหน้ากว่าเครื่องรุ่นเก่า เครื่องชนิดนี้จะทำให้เนื้อดินร่วนอยู่ตลอดเวลา แล้วค่อยอัดแน่นโดยใช้น้ำสูบฉีดผสมลงไป在地 ดินที่ขุดออกมาจากคูหรือห้องร่อนนั้นจะถูกแยกออกจากปริมาณน้ำที่ผสมอยู่ โดยเครื่องแยกที่ออกแบบพิเศษ

เทคนิคที่ก้าวหน้าอันนี้ได้ถูกนำมาใช้กับเครื่องชุดเจาะแบบโรตารีด้วยการร่วมทุนออกแบบและสร้างโดย บริษัท บาวเออร์-เรย์มอนด์ ในขณะที่ในประเทศสหรัฐอเมริกาได้ทำการเสริมสร้างฐานรากให้แก่สะพานรถไฟให้กับประเทศนั้น

### ระบบอิเล็กทรอนิกส์ควบคุมแท่นเจาะหลุมฝังเสาเข็ม

คล้ายกับอุตสาหกรรมด้านอื่น ๆ อุตสาหกรรมกาพัฒนาเครื่องชุดเจาะหลุมเสาเข็มขนาดลึกก็ขึ้นอยู่กับอิทธิพลใหญ่ ๆ 2 ชนิดด้วยกัน กล่าวคือ

- การเพิ่มของค่าแรงงานอย่างต่อเนื่องบังคับให้มีการปรับปรุงทางด้านเครื่องจักร
- การพัฒนาเทคโนโลยีอย่างต่อเนื่อง ทำให้มีเทคโนโลยีและวิธีการใหม่ๆ เกิดขึ้นอยู่

ตลอดเวลา ที่เห็นได้ชัดในเรื่องนี้ต้องดูอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์เป็นแบบอย่าง

ในการที่จะพัฒนาเครื่องชุดเจาะที่สามารถเพิ่มกำลังชุดเจาะได้มากขึ้นและเพื่อที่จะพัฒนาความคงทนของใบมีดสว่านให้ใช้งานได้นานขึ้นจึงมีความจำเป็นที่จะต้องทดสอบความสามารถของเครื่องชุดเจาะให้เกินกำลังความจำเป็นในการใช้ไว้เสมอ หากเมื่อใดมีการใช้เครื่องชุดเจาะเกินกำลังความสามารถที่กำหนดไว้ ความบิ่นหรือที่ของใบมีดแกนสว่านจะเกิดขึ้นอยู่ภายในขอบเขตการชุดเจาะแบบธรรมดา

ผู้ผลิตแท่นชุดเจาะต่าง ๆ จึงได้เริ่มหันมาพัฒนาระบบชุดเจาะแบบอิเล็กทรอนิกส์ เพื่อป้องกันการสึกหรอและการใช้เครื่องเกินกำลัง เป็นต้นว่า บาวเออร์สามารถที่จะติดตั้งระบบอิเล็กทรอนิกส์ควบคุมระบบการชุดเจาะ เพื่อกำกับแรงดันในการกดแกนสว่านลง在地 และการถอนแกนสว่านขึ้นจากพื้นดินเข้ากับเครื่องชุดเจาะทุกรุ่น ระบบควบคุมชนิดนี้มีประโยชน์มาก เมื่อมีการใช้เครื่องชุดเจาะพื้นดินที่มีความหนาแน่นหรือความแข็งมากๆ เครื่องชุดเจาะขนาดใหญ่เหล่านี้ยังสามารถติดตั้งระบบควบคุมแบบอิเล็กทรอนิกส์ เพื่อควบคุมการเจาะของแกนสว่านอย่างต่อเนื่อง โดยใช้แรงกดและความเร็วรอบที่คงที่ได้อีกด้วย ระบบควบคุมที่ว่านี้ใช้ประโยชน์ได้ดีเมื่อการชุดเจาะนั้นจำเป็นจะต้องใช้แรงอัดของน้ำเข้าไปฉีดทำให้ดินร่วน ดังที่ได้อธิบายมาแล้ว

ส่วนในการขุดเจาะพื้นดินที่มีความอ่อนนุ่มหรือดินร่วน ความเร็วและแรงกดของแกน  
สว่านและการอัดฉีดน้ำลงไปในหลุมเจาะ ก็สามารถควบคุมให้ใช้แรงขับเคลื่อน และ แรงอัดน้ำโดย  
ใช้แรงน้อยที่สุดได้ โดยที่แกนสว่านนั้นจะได้ลำเลียงเศษดินและน้ำขึ้นมาระหว่างเกลียวสว่านและ  
ปลอกแกนสว่านได้อย่างต่อเนื่องและอย่างสม่ำเสมอ และแยกดินและน้ำออกจากกัน

ท้ายสุดนี้ ยังมีระบบบันทึกแบบอิเล็กทรอนิกส์ซึ่งสามารถบันทึกชั่วโมงการทำงานล่วงหน้า  
และข้อมูลอื่นๆ เช่น :-

- ปริมาตรในการไหลและแรงอัดของน้ำยาไฮดรอลิคตามท่อของแต่ละวงจรไฮดรอลิค
- การควบคุมแรงกดและความเร็วในการหมุนของแกนสว่าน
- การควบคุมความลึกของหลุมที่เจาะ
- ปริมาตรในการไหลของแรงอัดรวมทั้งปริมาตรน้ำหนักของน้ำที่ใช้สูบฉีดไปยังกันหลุม  
ฉะนั้นการเก็บบันทึกข้อมูลในการขุดเจาะจะสามารถเก็บบันทึกไว้ได้อย่างแม่นยำและโดย

อัตโนมัติ



## กรรมวิธีการขุดเจาะในระบบ Diaphragm wall

ในที่ที่มีโอกาสจะขุดแนวง่าย เช่น ดินที่นุ่มมากหรือแข็งมากอาจทำการเจาะนำที่ปลาย panel ในการขุดทั่วไปจะขุดด้านริมของ panel แรกก่อนและเอาส่วนกลางออกทีหลัง ความเร็วในการขุดจะขึ้นอยู่กับองค์ประกอบต่าง ๆ ความลึก (ควบคุมเวลาในการขึ้นลงของ Grab) ความแข็งของชั้นดิน การเสียหายของอุปกรณ์ ความคลาดเคลื่อนที่ยอมรับได้ ฯลฯ โดยทั่วไปขุดด้วย Grab ขุดได้ถึง Stiff clay และ ballast แต่ความสามารถในการขุดจะลดลงเมื่อความลึกมากขึ้น สำหรับดินที่แข็งขึ้นต้องใช้ Special cable-suspended grab และใช้ Chisel ช่วยเจาะ ถ้าเป็นพื้นที่ที่แข็งมากจะใช้ Rotary-percussive drilling machine หรือ Hydrofraise (อุปกรณ์ Chiselling คือ Chisels หนักประมาณ 5 tons ใช้ร่วมกับ Grab เมื่อขุดเจอชั้นดินแข็ง หรือ สิ่งกีดขวาง เช่น ฐานรากเดิม)

### อัตราการขุด

- ในชั้นทราย

Cable controlled grab	สามารถขุดได้	1.3 m <sup>2</sup> /hr
reverse curculatory bit drill	สามารถขุดได้	1.7 m <sup>2</sup> /hr

- ใน pelocene

Kelly bar controlled grab	สามารถขุดได้	2.5 m <sup>2</sup> /hr
Cable controlled grab	สามารถขุดได้	1.8 m <sup>2</sup> /hr

### ขนาดของ panel

ขนาด panel ถูกจำกัดด้วยปัจจัยหลายตัว ความกว้างอย่างน้อย 50 cm เพื่อให้ใส่ท่อ tremie ได้ ความกว้างของหลุมขึ้นอยู่กับขนาดของอุปกรณ์ขุด

panel ถูกกำหนดไว้ที่ 130 m<sup>3</sup> ในเมือง สำหรับท่อ tremie เดียว เพื่อจะสามารถเท concrete ได้ใน 4 ชม. เพื่อให้เสร็จก่อนคอนกรีตเริ่มแข็งตัว แต่ในปัจจุบันนิยมใช้ท่อ tremie 2-3 ท่อ จึงต้องวางแผนการส่งคอนกรีตให้ต่อเนื่อง และทำให้เกิดความสูงของคอนกรีตรอบๆ แต่ละท่อใกล้เคียงกัน

ความสูงของ panel ขึ้นอยู่กับ Soil stability อย่างไรก็ดี ถ้ามี Joint มากก็มีโอกาสที่จะเกิด Seepage มากขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## อุปกรณ์ในการขุด

- รถ 4W - D
- รถดั้มพ์ 2 ตัน/1ชุดเครื่องมือ
- รถเครนสำหรับยก grab 1 คัน
- service crane สำหรับยกเหล็กเสริม และ stop end element
- centrifugal pump ประมาณ 10-15 cm สำหรับปั๊ม Bentonite ระหว่างหลุมขุดเครื่องผสม
- เครื่อง desander
- เครื่องผสม bentonite เข้ากับน้ำ
- ท่อ tremie และจะต้องมี screwed joint ที่ปลายทุกอัน
- แผ่น stop end element ยาวเต็มความลึกหลุมขุด จะเป็นตัวยึดแผ่น water stop ให้ฝังกับ concrete
- Hydraulic entractor ใช้ใส่หรือถอนแผ่น stop end element แต่บางทีก็ไม่ใช่โดยใช้ถอน stop end element ด้วย crane โดยตรง
- Chisel ใช้เป็นตัวเจาะเมื่อเจอกับสิ่งกีดขวางแข็งๆ
- Grab ใช้เป็นตัวขุดตักดิน

## มาตรฐานระหว่างการขุดของ Bentonite slurry

น้ำ bentonite ตามปกติมีค่าความเข้มข้นของ bentonite ประมาณ 4-7% น้ำ bentonite ที่มี ความเข้มข้นต่ำใช้ในสภาพที่หลุมค่อนข้างมั่นคง ถ้าความเข้มข้น bentonite สูง ความหนืดมากเกินไปจะทำให้ยากแก่การปั๊มและการขุด

อย่างไรก็ตามมี Diaphragm wall หลายอันประสบความสำเร็จ แม้จะใช้ density มากกว่า 1.1 g/ml, ค่า pH ต้องไม่มากกว่า 11 และไม่น้อยกว่า 7.5 Sand content เป็นสิ่งที่สำคัญเพราะหลังจากการขุดมักจะมีทรายออกมาพร้อมกับ bentonite ประมาณ 20% ซึ่งจะทำให้ density มากกว่า 1.1 g/ml และ Viscosity มากเกินไปด้วย ดังนั้นจึงมีการทำ Air lift ซึ่งหลังจาก Desand แล้วก่อนเท คอนกรีตจะต้องมี Sand content น้อยกว่า 3% ซึ่งเป็นค่ามาตรฐาน

## บทสรุปของการวิเคราะห์

1. จากลักษณะของตัวอุปกรณ์และขั้นตอนวิธีการขุด จะเห็นว่า ลักษณะชั้นดินกรุงเทพฯ จะไม่เป็นปัญหาในการก่อสร้างกำแพงกันดินระบบ Diaphragm wall เนื่องจากอุปกรณ์ที่ใช้สำหรับขุดเจาะชั้นดินมีหลายประเภทเหมาะกับลักษณะชั้นดินต่างๆกันดังนี้

- Grab ขุดได้ถึง Stiff clay และ ballast แต่ความสามารถในการขุด เจาะจะลดลงเมื่อความลึกมากขึ้น

- Special Cable - Suspended Grab ใช้ขุดดินที่แข็งขึ้น

- Chisel ใช้เจาะเมื่อขุดเจาะชั้นดินแข็งหรือสิ่งกีดขวาง เช่น ฐานรากเดิม

- Rotary - percussive drilling machine หรือ Hydrofraise ใช้ขุดพื้นที่แข็งมากๆ

2. นอกจากเครื่องมือ และวิธีการเจาะที่เหมาะสมกับลักษณะดินแบบต่างๆแล้ว ยังได้มีการนำน้ำยา bentonite ซึ่งตามปกติมีความเข้มข้นประมาณ 4 - 7 % มาป้องกันการพังทลายของหลุมเจาะอีกด้วย

3. จากรายละเอียดของอุปกรณ์เครื่องขุดเจาะบาวเออร์ BG จะเห็นว่าไม่ว่าจะเป็นลักษณะดินแข็ง หรือ ดินอ่อนตัว เครื่องก็สามารถที่จะขุดและนำดินออกมาจากหลุมได้ นอกจากนี้ การก่อสร้าง Secant piles wall นอกจากจะใช้ bentonite ช่วยกันการพังทลายของดินกันหลุมเช่นเดียวกับระบบ Diaphragm wall แล้ว ยังได้มีการนำเอาปลอกเหล็ก (casing) มาใช้กันดินพังทลายในช่วงวปากหลุมจนถึงระดับ -14 เมตร ด้วย ดังนั้นลักษณะชั้นดินในกรุงเทพฯจึงไม่เป็นปัญหาในการก่อสร้างกำแพงกันดินด้วยระบบ Secant piles wall

## 5.4 การวิเคราะห์และสรุปการเคลื่อนตัวด้านข้าง

### 1. การติดตั้งระบบ Inclinometer

Inclinometer เป็นเครื่องมือที่วัดการเคลื่อนตัวในแนวราบของกำแพงในทิศทางตั้งฉากกับแนวกำแพง ขณะที่ทำการขุดดินด้านภายในกำแพงลงไปในแต่ละช่วงของชั้นดิน

### 2. วัสดุและอุปกรณ์

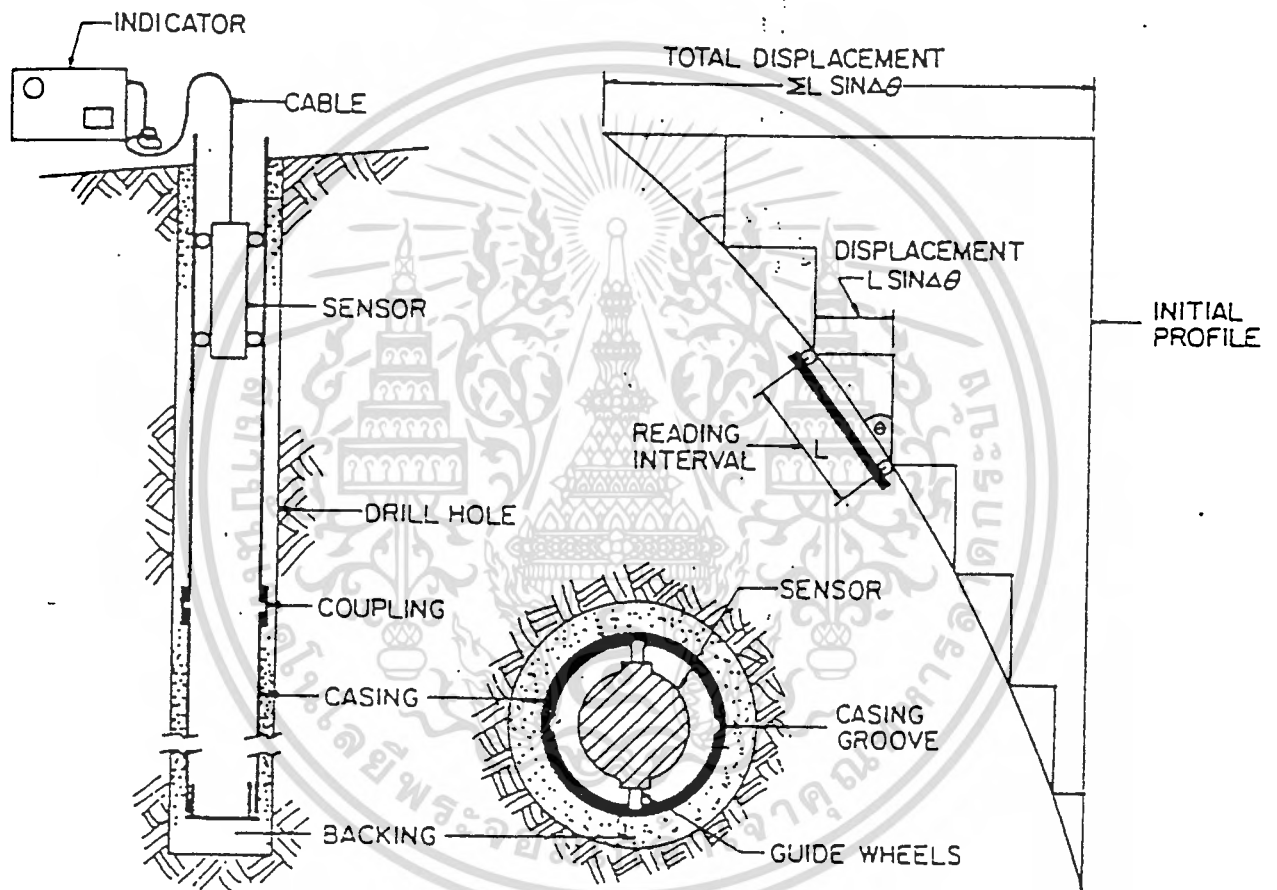
1. ท่อปลอกชั่วคราว PVC หรืออลูมิเนียมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 4" พร้อมข้อต่อและครอบปิด
2. ท่อ Access Tube PVC ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2" พร้อมข้อต่อ
3. ปูนซีเมนต์และเบนโทไนท์ สำหรับ Grout ปิดระหว่างท่อ Access Tube กับท่อปลอกชั่วคราว
4. ชุดเครื่องมือวัดความลาดเอียง (Inclinometer Instrument)

### 3. ขั้นตอนการทำงาน

1. ติดตั้งท่อปลอกชั่วคราว (Casing) อาจจะเป็นปลอกอลูมิเนียม หรือปลอกพลาสติก (PVC) ลงในกำแพง หรือใส่ลงพร้อมกับเหล็กเสริม ก่อนที่จะทำการเทคอนกรีต
2. ประกอบติดตั้ง Access Tube ลงในท่อปลอกชั่วคราวภายหลังจากการเทคอนกรีตแล้ว ต่อท่อให้ปลายบนของ Access Tube สูงจากขอบกำแพงประมาณ 1 m จากนั้นผสมปูนซีเมนต์และเบนโทไนท์เข้าด้วยกัน ผสมน้ำให้ได้สัดส่วนแล้วเทเปิดช่องว่างระหว่าง Access Tube กับท่อปลอกชั่วคราวจนเต็มช่องว่างทั้งหมด
3. ทำการตรวจวัดความลาดเอียงเบื้องต้น (Initial Reading Record) ของท่อ Access Tube แต่ละตำแหน่งภายหลังจากการติดตั้งครบทุกตำแหน่งแล้วประมาณ 1 สัปดาห์แล้วทำการวัดในแต่ละช่วง นำค่าที่อ่านได้แต่ละตำแหน่งไปทำการคำนวณและทำการ Plot Profile
4. ทำการตรวจวัดค่าการเคลื่อนตัวในแต่ละช่วง (Monitoring) ของการขุดดิน
5. ทำรายงานผลการตรวจวัดค่าการเคลื่อนตัวของแต่ละช่วง และทำการ Plot กราฟ Deflection หาระยะที่เคลื่อนตัวออกมา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 5.9  
แสดงการทำงานของเครื่องวัดการเคลื่อนตัว (Inclinometer)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

#### 4. ผลการศึกษาการเคลื่อนตัวด้านข้าง



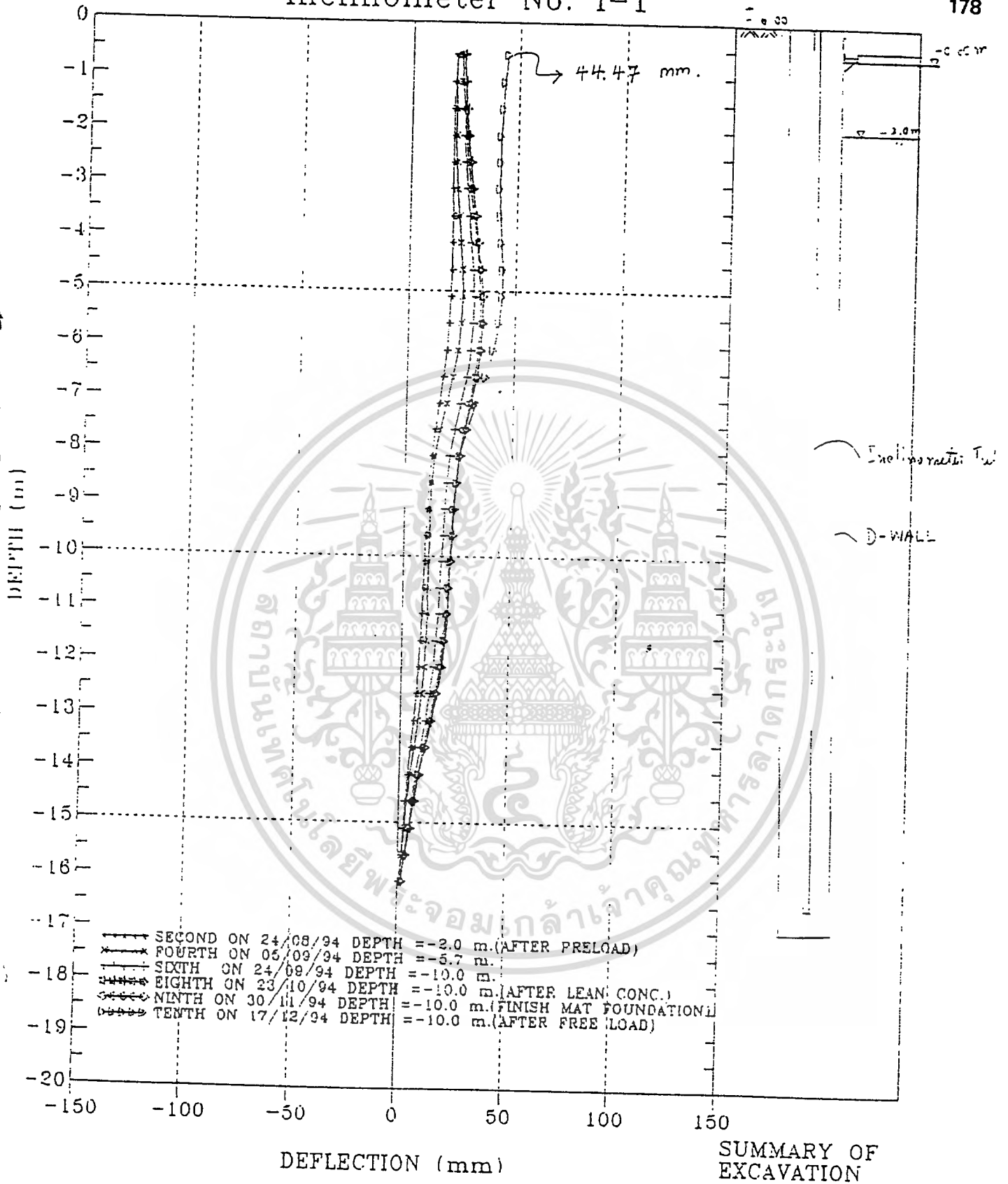
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



4.1 ตัวอย่างผลการศึกษากการเคลื่อนตัวด้านข้างระบบ  
Diaphragm wall ของโครงการ Vipavadi Tower

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

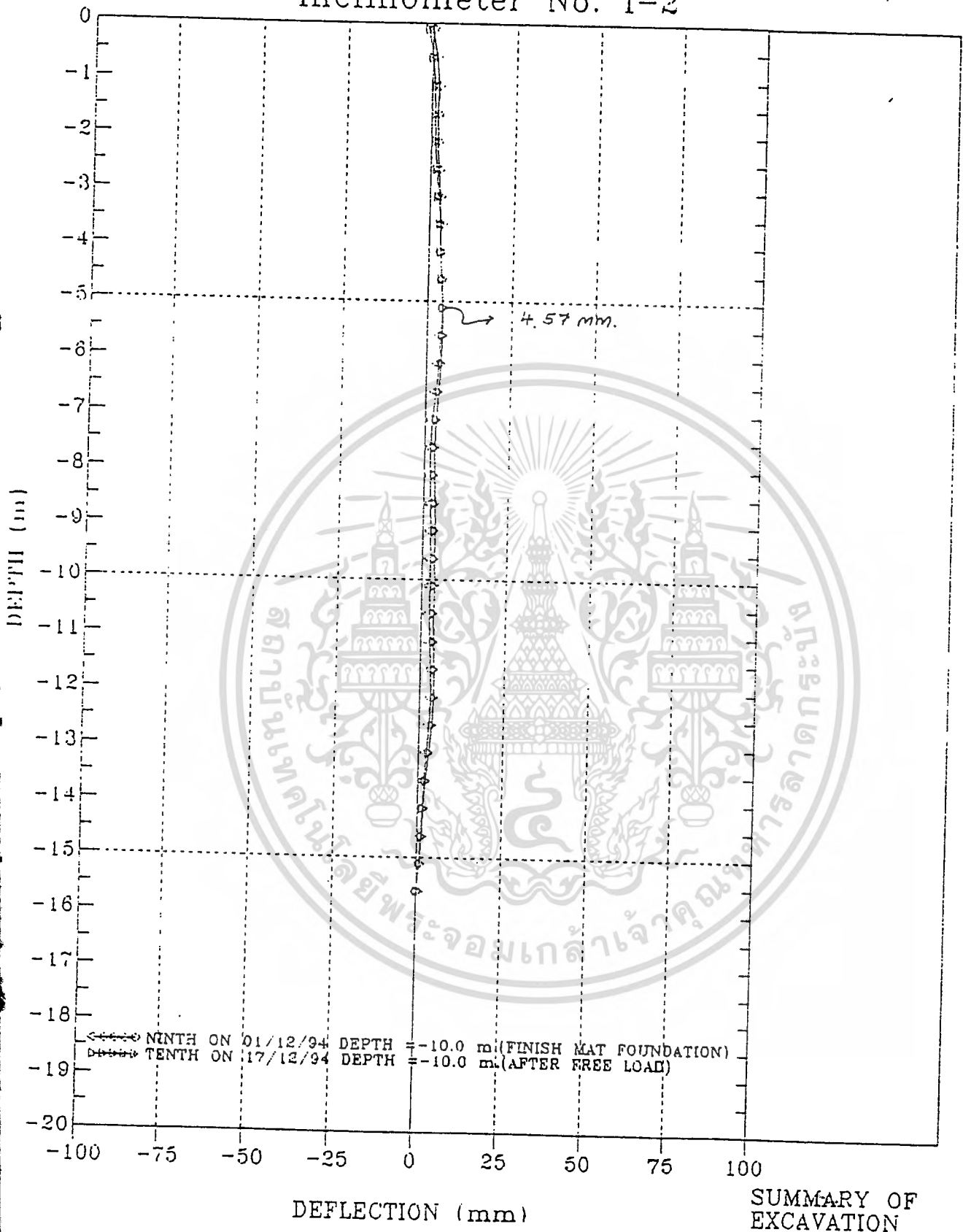
VIPAVADI TOWER  
 Incliner Monitoring Results  
 Incliner No. I-1



รูปที่ 5.10 แสดงตัวอย่างกราฟการเคลื่อนตัวของ I-1 ใน DIAPHRAGM WALL

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่วาระณใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

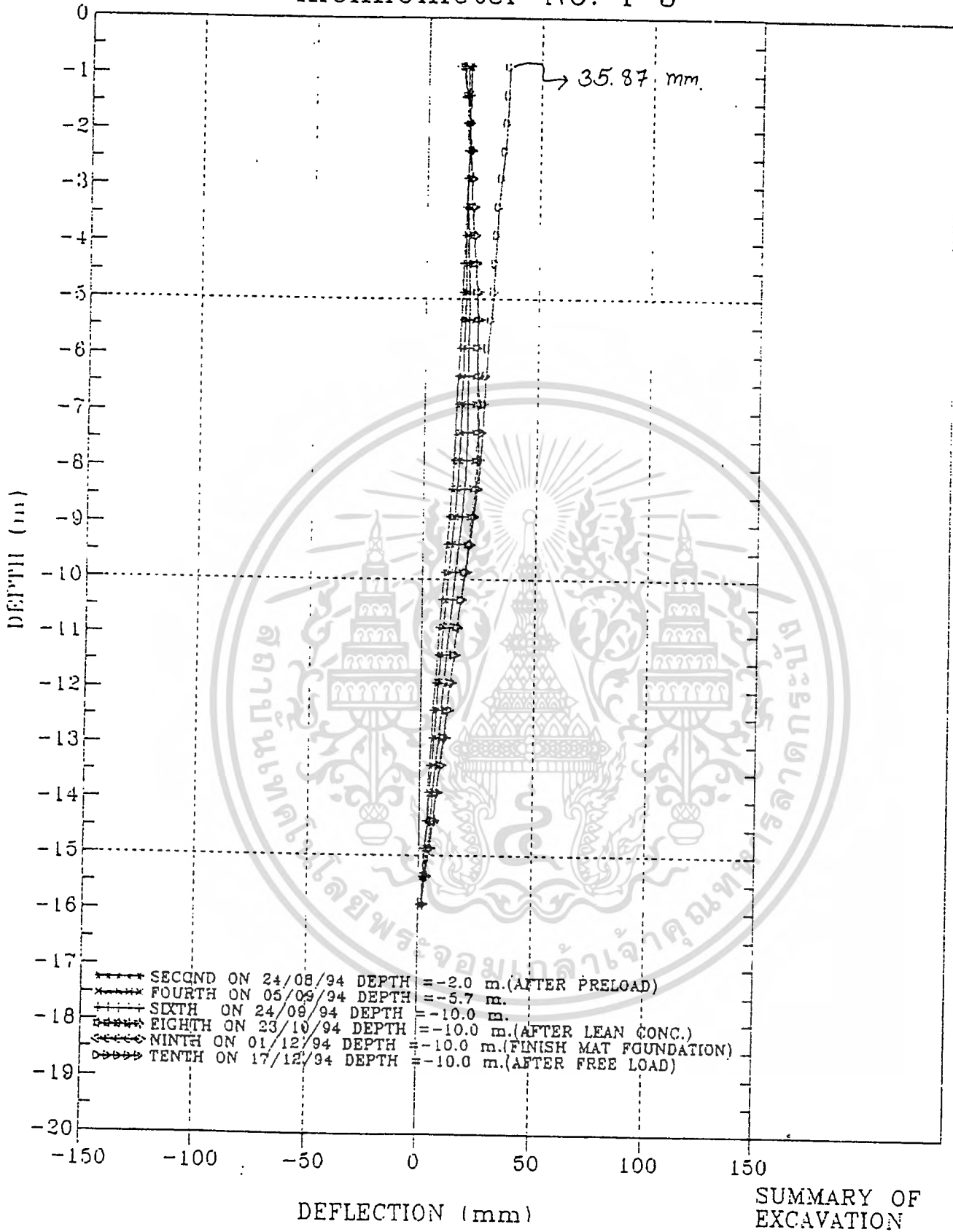
V I P A V A D I T O W E R  
 Inclinator Monitoring Results  
 Inclinator No. I-2



รูปที่ 5.11 แสดงตัวอย่างกราฟการเคลื่อนตัวของ I-2 ใน DIAPHRAGM WALL

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งยังมีให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

VITPAVADI TOWER  
 Inclinator Monitoring Results  
 Inclinator No. I-3



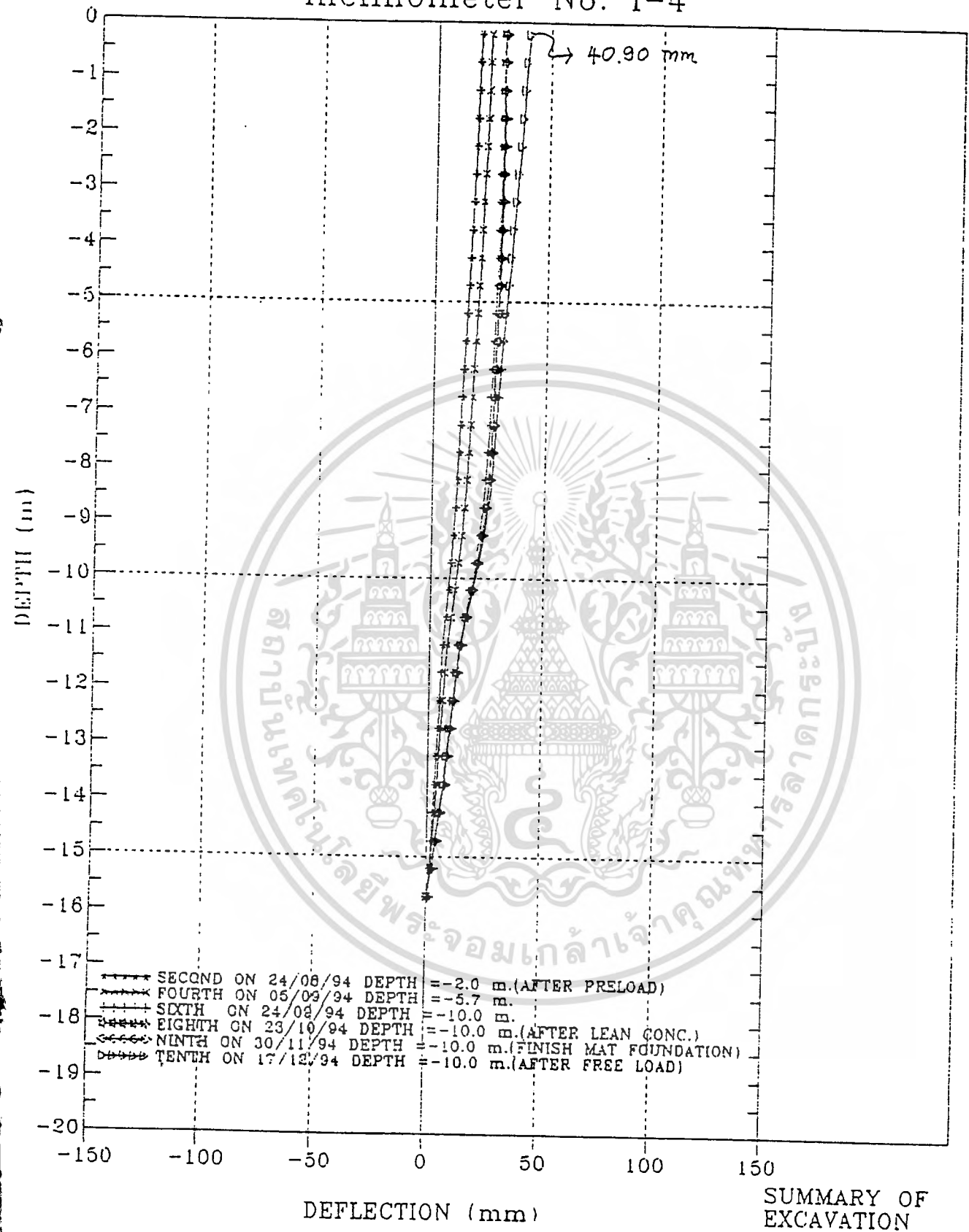
รูปที่ 5.12 แสดงตัวอย่างกราฟการเคลื่อนตัวของ I-3 ใน DIAPHRAGM WALL

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# V I P A V A D I T O W E R

## Inclinometer Monitoring Results

### Inclinometer No. I-4



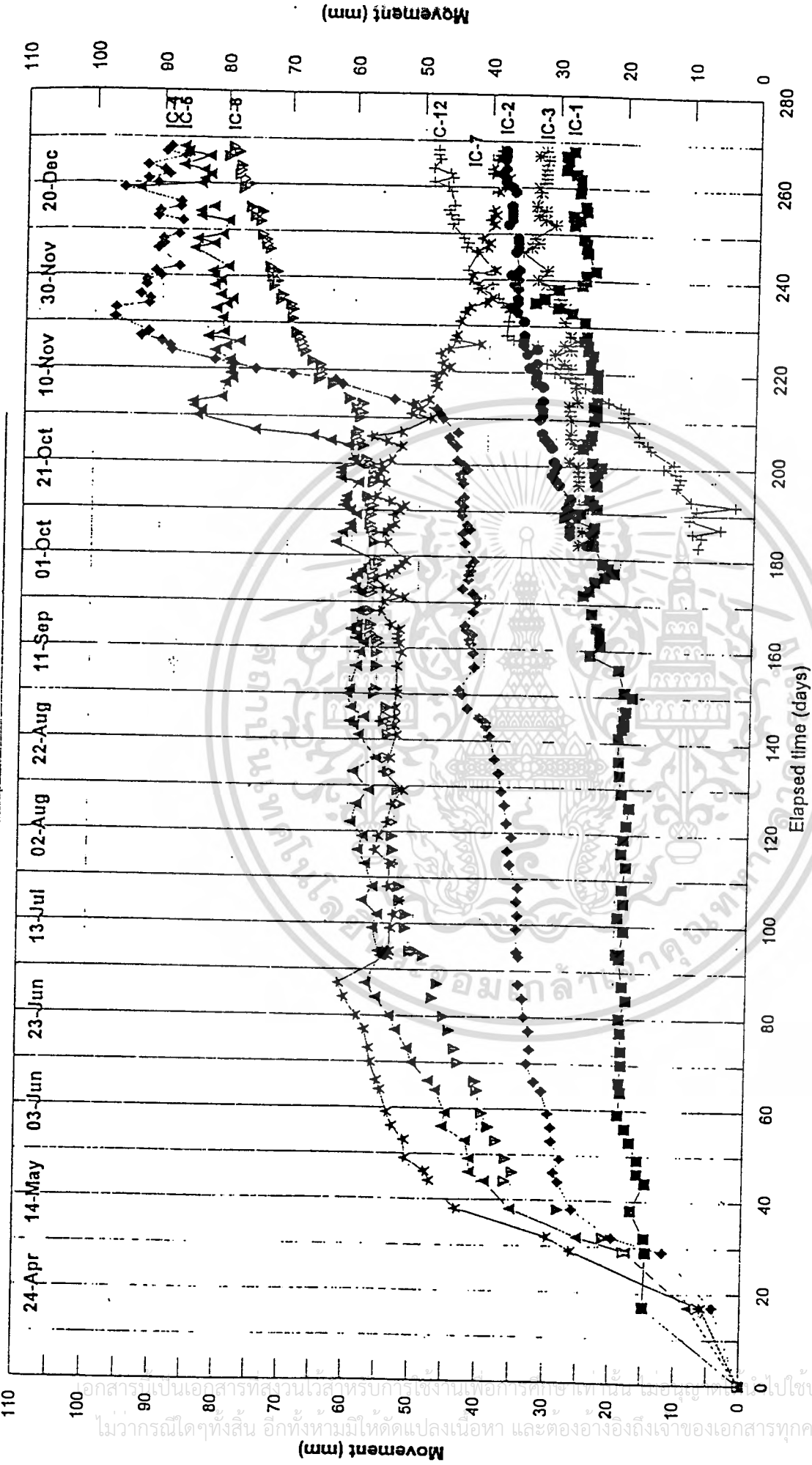
รูปที่ 5.13 แสดงตัวอย่างกราฟการเคลื่อนตัวของ I-4 ใน DIAPHRAGM WALL

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ๕. วิศวกรณใด ๆ ที่รับงาน อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



#### 4.2 ตัวอย่างผลการศึกษการเคลื่อนตัวด้านข้างระบบ Secant pile wall ของโครงการ Sukhumvit City Tower

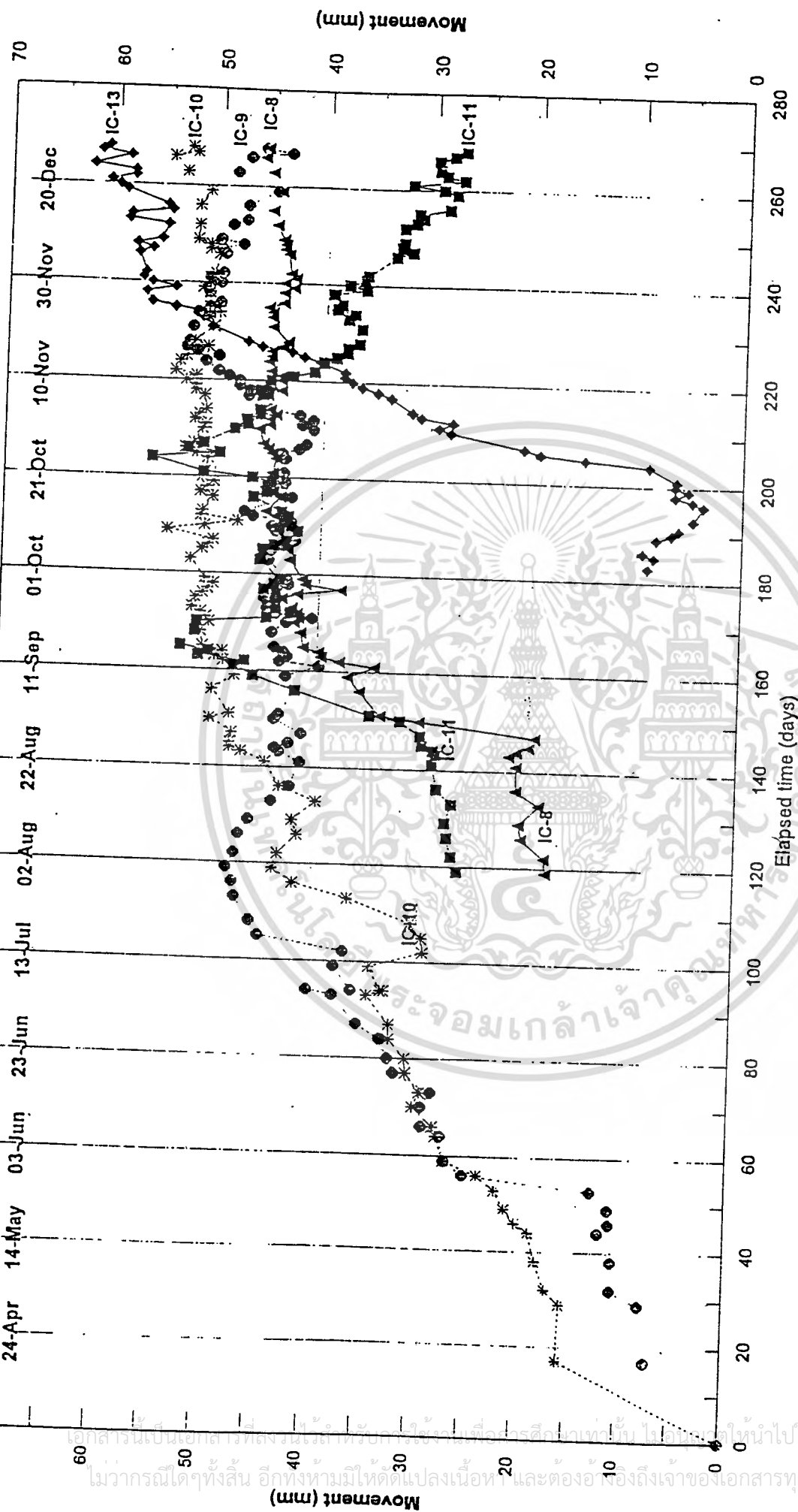
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



The Inclinometer readings took place after excavation to -2.0 m (-1.5 m at secant pile and 3 m slope to -2.0 m) had been completed. Any possible movements due to the above excavation are excluded from this chart.

รูปที่ 5.14 แสดงตัวอย่างกราฟการเคลื่อนตัวของ SECANT PILE WALL

เอกสารนี้เป็นเอกสารทสงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาค้นคว้าเท่านั้น ไม่ใช่ว่าจะนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น หากท่านใดต้องการนำเอกสารฉบับนี้ไปใช้ จะต้องแจ้งถึงเจ้าของเอกสารฉบับนี้ที่การนำไปใช้



The inclinometer readings took place after excavation to -2.0 m (-1.5 m at secant pile and 3 m slope to -2.0 m) had been completed. Any possible movements due to the above excavation are excluded from this chart.

รูปที่ 5.14 (ต่อ) แสดงตัวอย่างภาพการเคลื่อนตัวของ SECANT PILE WALL

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์และใช้เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งยังมีให้ตีแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### ตารางที่ 5.1

ตารางเปรียบเทียบค่า Maximum Deflection ที่วัดได้ในระยะเวลา 8 เดือน

PROJECT	INCLINOMETER ( NO.)	MAXIMUM DEFLECTION ( mm. )
ATM Vipavadee Tower (Diaphragm Wall)	I-1	44.47
	I-2	4.57
	I-3	35.87
	I-4	40.97
Sukhumwit City Tower ( Secant Pile Wall )	I-1	29
	I-2	38
	I-3	32
	I-4	87
	I-5	83
	I-6	80
	I-7	40

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทสรุปของการวิเคราะห์

1. ในการศึกษาการเคลื่อนตัวด้านข้างของดินโดยใช้ Inclinometer เป็นตัวทำการวัดค่าโครงการที่ไม่ได้นำมาเป็นตัวอย่างในการวิเคราะห์เปรียบเทียบ ได้แก่

- 1) โครงการ Sukhumvit City Tower
- 2) โครงการ Central Galleria
- 3) โครงการ Empire Tower
- 4) โครงการ Pratunam Complex
- 5) โครงการ One Place Building
- 6) โครงการ Silom Precious Tower

สาเหตุที่ไม่ได้นำมาศึกษาเนื่องจาก

- โครงการ 1,2 และ 3 ยังไม่ได้ทำการเปิดหน้าดิน จึงไม่สามารถวัดค่าการเคลื่อนตัวนำมาเปรียบเทียบได้
- โครงการ 4 การก่อสร้าง Diaphragm wall ยังไม่เสร็จ
- โครงการ 5 ข้อมูลของ Inclinometer ที่มีนั้นทำการวัดเพียงครั้งเดียว แล้วไม่ทำการวัดอีก เนื่องจากไม่ยอมเสียค่าใช้จ่ายในส่วนนี้ ทำให้ไม่ได้ข้อมูลนำมาเปรียบเทียบได้
- โครงการ 6 เป็นโครงการที่สร้าง Diaphragm wall แล้วเสร็จมากกว่า 4 ปี ทำให้บริษัทที่ติดต่อขอข้อมูลไม่ได้เก็บข้อมูลไว้

2. จากตารางการเปรียบเทียบค่า Maximum Deflection ที่ระยะเวลา 8 เดือนนับจากการก่อสร้างทั้ง Diaphragm wall และ Secant piles wall เสร็จ ดังนั้นสรุปจากตัวอย่างของทั้ง 2 โครงการที่ Basement 3 ชั้นเท่ากัน ได้ว่า ระบบ Secant piles wall เกิด Deflection มากกว่าระบบ Diaphragm wall เมื่อเปรียบเทียบแล้วมากกว่าถึง 42.53 mm

3. ค่า Deflection มีความสัมพันธ์กับระยะเวลา ถ้าเวลาผ่านไปมาก ๆ จะทำให้ค่า Deflection มากตามไปด้วย ดังนั้นในการก่อสร้างชั้นใต้ดิน จะต้องดำเนินการให้เสร็จโดยเร็วที่สุด

## บรรณานุกรม

1. มณฑิเยร กังคศิเทียม , กลศาสตร์ของดินด้านวิศวกรรม , ความรู้ทั่วไปทางกลศาสตร์ของดิน
2. Haus F. Winterkorn , Foundation Engineering Handbook , Types of Soils and Retaining Walls
3. Gibert J. Salvi , Foundation Underground , Diaphragm Wall Techniques New Developments and Application
4. วินิต ช่อวิเชียร , Soil Mechanics , Shear Strength of Soils and Lateral Earth Pressure



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้