รายงานสหกิจศึกษาฉบับสมบูรณ์

แนวทางการก่อสร้างบ่อคอนกรีตใต้ดินด้วยวิธีการจม

The Guidelines to Construct Underground Concrete Tank

by Sinking Caisson Method

นายศรุต เก็มเส็น

สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2561

รายงานสหกิจศึกษาฉบับสมบูรณ์

แนวทางการก่อสร้างบ่อคอนกรีตใต้ดินด้วยวิธีการจม

The Guidelines to Construct Underground Concrete Tank

by Sinking Caisson Method

นายศรุต เก็มเส็น

สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2561

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชื่อโครงงานสหกิจศึกษา : แนวทางการก่อสร้างบ่อคอนกรีตใต้ดินด้วยวิธีการจม

ชื่อ-สกุล นักศึกษา : นาย ศรุต เก็มเส็น

คณะ : วิศวกรรมศาสตร์ **ภาควิชา** : วิศวกรรมโยธา

ชื่อ-สกุล อาจารย์นิเทศ : ดร. ศลิษา ไชยพุทธ

ชื่อ-สกุล ผู้นิเทศงาน : นายณัฐวัฒน์ ศรีโชติ

สถานประกอบการ : บริษัท สรธัช เอ็นจิเนียริ่ง

บทคัดย่อ

ในปัจจุบันโครงการก่อสร้างใต้ดินจำพวก บ่อคอนกรีตขนาดใหญ่ มีการก่อสร้างตามวิธีดั้งเดิม อาธิเช่น การขุดเปิดหน้าดินเป็นบริเวณกว้าง การใช้เข็มพืดเหล็ก (Sheet Pile) เพื่อป้องกันไม่ให้ดินบริเวณนั้นเกิดการวิบัติ ซึ่งจะส่งผลกรทบในการก่อสร้าง และ อาคารบ้านเรือนรอบ ๆ แต่อย่างไรก้ตาม จากวิธีที่กล่าวไปข้างต้นนั้นยังมีข้อจำกัดในบางเรื่อง อย่างเช่น พื้นที่ก่อสร้างเป็นบริเวณที่แคบไม่สามารถเปิดหน้าดินเป็นบริเวณกว้างได้ กับการใช้เข็มพืดเหล็กซึ่งค่อนข้างมีค่าใช้จ่ายที่สูง แต่ยังมีอีกหนึ่งวิธีที่น่าสนใจ ซึ่งผู้ทำการศึกษาได้เข้ามาเป็นนักศึกษาฝึกงานที่ บริษัท สรธัช เอ็นจิเนียริ่ง ได้ใช้ในการก่อสร้างบ่อคอนกรีตขนาดใหญ่ของโครงการ ศุภาลัย ซิตี้ รีสอร์ท พระราม 8 โดยใช้วิธีการจมบ่อคอนกรีต (Sinking Method)

โดยโครงงานเล่มนี้จัดทำขึ้นเพื่อศึกษาแนวทางการก่อสร้างบ่อคอนกรีตขนาดกว้าง 5.40 ม. X 22.30 ม. ลึกประมาณ 5.40 ม. โดยวิธีการจมบ่อซึ่งเป็นอีกหนึ่งเทคนิคในการทำบ่อโครงสร้างใต้ดินในพื้นที่แคบๆ โดยผนังบ่อจะทำหน้าที่ป้องกันแรงดันดินและเป็นโครงสร้างถาวรใต้ดินไปในตัว ซึ่งวิธีนี้จะสามารถช่วยลด ค่าใช้จ่าย เวลา อีกทั้งยังมีความปลอดภัยอีกด้วย

โดยโครงงานเล่มนี้จะทำการศึกษาค้นคว้าเทคนิควิธีการดำเนินการก่อสร้าง ข้อดี ข้อเสีย และข้อควรระวัง ในการก่อสร้าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Cooperative Title: The Guidelines to Construct Underground Concrete Tank by Sinking Caisson Method

Student intern name: Mr. Sarut Kemsen

Faculty: Engineering **Department:** Civil Engineering

Advisor name: Dr.Salisa Chaiyaput

Mentor name: Nuttawat Sirichot

Company: Sarathat Engineering Co.,Ltd.

ABSTRACT

At present, underground construction like large concrete pond uses traditional methods such as excavating the ground for a wide area and using steel sheet piles in prevention of damaged soil which can affect the constructions and buildings around. However, there are some limitations in the methods that are mentioned above. For example, the construction area is so narrow that cannot be excavated and the use of steel sheet piles is quite expensive. But there is still another interesting way which I have learned during my internship with Soratach Engineering Company. A caisson sinking method was used for concrete pond construction of Supalai City Resort Rama 8 project. This project is designed to study the construction method of a 5.40 m X 22.30 m wide concrete pond with a depth of about 5.40 m by sinking method which is another technique for making underground structure ponds in narrow spaces. The wall of the pond will protect the soil pressure and become a permanent underground structure. This method can help reduce costs, time and also be safe as well. This project is researched for techniques, advantages, disadvantages and precautions of construction.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ผู้วิจัยได้รับการอนุเคราะห์จาก ดร. ศลิษา ไชยพุทธ ผู้ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาที่คอยให้คำปรึกษาเกี่ยวกับปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ของผู้วิจัย ผู้วิจัยขอขอบคุณเป็นอย่างสูง

นอกจากนี้ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยความกรุณาของทีมงานวิศวกรหน้างานบริษัท สรธัช เอ็นจิเนียร์ริ่ง จำกัด ที่คอยให้คำปรึกษาแนะแนวในการทำวิจัยเล่มนี้มาโดยตลอด

ขอขอบคุณนักศึกษาทุกๆท่านที่คอยให้คำปรึกษารวมถึงให้กำลังใจกันมาโดยตลอดตั้งแต่เริ่มทำปริญญานิพนธ์เล่มนี้จนจบ

สุดท้ายนี้ขอขอบคุณผู้ที่เป็นห่วง ผู้ที่คอยให้กำลังใจ ผู้วิจัยมาโดยตลอด อาทิเช่น บิดา มารดา และผู้ที่เกี่ยวข้อง ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ศรุต เก็มเส็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	i
กิตติกรรมประกาศ	iii
สารบัญ	iv
สารบัญตาราง	vii
สารบัญรูป	viii
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย	1
1.3 ขอบเขตการวิจัย	1
1.4 วิธีการดำเนินงาน	2
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
บทที่ 2 แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	
2.1 ข้อกำหนดเกี่ยวกับกำแพงคอนกรีตเสริมเหล็ก	3
2.2 กำแพงกันดิน (Retaining Wall)	5
2.3 เข็มพืด (Sheet pile)	13
2.4 การก่อสร้างปล่องคอนกรีตด้วยวิธีการจม (Sinking Method)	18
2.5 ค่ากำลังรับน้ำหนักบรรทุกของดิน (Bearing Capacity)	22
2.6 ข้อกำหนดเกี่ยวกับการตอกเสาเข็ม	26

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

หน้า

บทที่ 3 วิธีการดำเนินการวิจัย

3.1 รวบรวมเอกสาร และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 30

3.2 การวางกรอบแนวความคิด ขอบเขต และกำหนดแนวทางในการดำเนินงานวิจัย 30

3.3 การศึกษาแนวทางก่อการสร้างบ่อคอนกรีตใต้ดินด้วยวิธีการจม 31

3.3.1 ศึกษาขั้นตอนการออกแบบบ่อคอนกรีตใต้ดินด้วยวิธีการจม 31

3.3.2 ศึกษาขั้นตอนการก่อสร้างบ่อคอนกรีตใต้ดินด้วยวิธีการจมจากการปฏิบัติจริง 33

บทที่ 4 ผลการวิจัย

4.1 กระบวนการก่อสร้างบ่อคอนกรีตใต้ดินด้วยวิธีการจม 54

4.2 ข้อดีในการก่อสร้างบ่อคอนกรีตใต้ดินด้วยวิธีการจมบ่อ 54

4.2.1 ด้านราคาในการก่อสร้างเมื่อเปรียบเทียบกับการใช้เข็มพืดเหล็ก 54

4.2.2 ด้านระยะเวลาในการก่อสร้างเมื่อเปรียบเทียบกับการใช้เข็มพืดเหล็ก 56

4.3 ข้อเสียในการก่อสร้างบ่อคอนกรีตใต้ดินด้วยวิธีการจมบ่อ 56

4.4 เปรียบเทียบการก่อสร้างบ่อคอนกรีตใต้ดินด้วยการจมบ่อคอนกรีตและการใช้เข็มพืดเหล็ก 58

4.5 ข้อพึงระวังในการก่อสร้างบ่อคอนกรีตใต้ดินด้วยวิธีการจมบ่อ 59

บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย 60

5.2 ข้อเสนอแนะ 60

5.2.1 ข้อเสนอแนะจากการใช้ประโยชน์จากการวิจัย 60

5.2.2 ข้อเสนอแนะในการวิจัยในครั้งต่อไป 61

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

	หน้า
เอกสารอ้างอิง	62
ภาคผนวก ก. คำนิยามปฏิบัติการ	64
ภาคผนวก ข. แบบสำหรับการก่อสร้างบ่อคอนกรีตใต้ดิน โครงการศุภาลัย ซิตี้ รีสอร์ท พระราม 8	66

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่ **หน้า**

2.1 แสดงอัตราส่วนปลอดภัยที่ใช้ในการวิเคราะห์เสถียรภาพของกำแพงกันดิน 10

2. 2 แสดงค่าประมาณความลึกที่ฝัง(d) Cantilever Sheet Pile ขึ้นอยู่กับลักษณะชั้นดิน 16

2.3 ค่าของแรงเสียดทานที่ผิวปล่องระหว่างจม (Terzaghi, Peck et al. 1996) 20

4.1 แสดงราคางานป้องกันแรงดันดินระหว่างการจมบ่อกับเข็มพืดเหล็ก 55

4.2 เปรียบเทียบการก่อสร้างบ่อคอนกรีตใต้ดินด้วยการจมบ่อคอนกรีตและการใช้เข็มพืดเหล็ก 58

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 ภาพแสดงกำแพงกันดินแบบถ่วงน้ำหนัก	5
2.2 ภาพแสดงกำแพงกันดินคอนกรีตเสริมเหล็กแบบ Cantilever Wall	6
2.3 ภาพแสดงกำแพงกันดินคอนกรีตเสริมเหล็กแบบ Counterfort Wall	7
2.4 แสดง (ก)พื้นผิวดินเอียงทำมุม θ (ข) พื้นผิวดินขนานกับพื้นราบ	8
2.5 ภาพแสดส่วนประกอบในการออกแบบกำแพงกันดิน	10
2.6 แสดง (a) กำแพงกันดินขาดเสถียรภาพภายนอก (b) กำแพงกันดินขาดเสถียรภาพภายใน	11
2.7 แสดงแรงดันของดิน	12
2.8 แสดงการวิบัติของกำแพงกันดิน	12
2.9 แสดงการปักเข็มพืดเหล็ก	13
2.10 แสดงหน้าตัดเข็มพืดเหล็ก	13
2.11 แสดง Cantilever Sheet Pile Walls	14
2.12แสดงการวิเคราะห์ Cantilever Sheet Pile	15
2.13แสดงการออกแบบเข็มพืด	15
2.14 แสดงการวิเคราห์แบบวิธี Free earth support method	17
2. 15แสดงวิธี Fix-Earth Support Method	18
2.16 การก่อสร้างปล่องคอนกรีตด้วยวิธีการจม (Sinking Method)	19
2.17 แสดงการติดตั้งปล่องระบบดูด (Suction Caisson Installation)	21
2.18 แสดงตัวแปรปล่องระบบดูด	22
2.19 แสดงการเคลื่อนพังของดินใต้ฐานราก	23
2.20 แสดง Load-Settlement Curve ของน้ำหนักบรรทุกบนฐานแผ่	23
2.21 การวิบัติเนื่องจากแรงเฉือนแบบทั่วไป (General Shear Failure)	24
2.22 การวิบัติเนื่องจากแรงเฉือนแบบเฉพาะที่ (Local Shear Failure)	24
2.23 แสดงการวิบัติเนื่องจากแรงเฉือนแบบเจาะทะลุ (Punching Shear Failure)	25
2.24 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นสัมพัทธ์กับลักษณะการวิบัติของดิน	25
2.25 แสดงการตอกเสาเข็ม	26

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.26 แสดงวิธีการตอกเสาเข็มแบบ Drop hammer 27
3.1 แสดงแปลนของถังบำบัดน้ำเสียขนาด กว้าง 5.40 ม. X 22.30 ม. ลึกประมาณ 5.40 ม. 31
3.2 แสดงตำแหน่งติดตั้งค้ำยันชั่วคราว 32
3.3 แสดงพฤติกรรมของผนังบ่อเมื่อแรงดันดินกระทำ 32
3.4 แสดงขั้นตอนการทำงานในการก่อสร้างบ่อคอนกรีต 34
3.5 แสดงการเทลีนคอนกรีตตามแนวผนังบ่อ 35
3.6 แสดงการวางเหล็กและเข้าแบบนอก 35
3.7 แสดงการติดตั้งแผ่นยางกันน้ำ (Waterstop) 36
3.8 แสดงการติดตั้งทางเดินเพื่อดำเนินการเทคอนกรีต 36
3.9 แสดงผนังบ่อคอนกรีตหลังจากการถอดแบบ 37
3.10 แสดงการติดตั้งค้ำยันเหล็กชั่วคราว 38
3.11 แสดงลำดับการขุดดินออกจากบ่อ 38
3.12 แสดงการขุดดินภายในบ่อคอนกรีตเพื่อทำการจม 39
3.13 แสดงการใช้น้ำหนักกดทับช่วยในการจมของผนังบ่อ 39
3.14 แสดงขั้นตอนการทำงานในการก่อสร้างบ่อคอนกรีตในขั้นตอนที่ 2 40
3.15 แสดงการเข้าแบบในและวางเหล็กเสริม 41
3.16 แสดงการวางเหล็กเสริมและติดตั้งอุปกรณ์ระบบประปา 41
3.17 แสดงการเข้าแบบนอกและการค้ำยันแบบ 42
3.18แสดงค้ำยันชั่วคราวเหล็กชั้นที่ 2 42
3.19 แสดงกาขุดดินภายในบ่อเพื่อทำการจมชั้นที่ 2 43
3.20 แสดงการจมขงผนังบ่อเมื่อได้ระดับในชั้นที่ 2 43
3.21 แสดงการตรวจเสาเข็มว่าสมบูรณ์หรือไม่ 44
3.22 แสดงการย้ายเสาเข็มเพื่อดำเนินการตอก 45
3.23 แสดงหัวปั้นจั่นกำลังตอกเสาเข็ม 45
3.24 แสดงลำดับขั้นตอนการเทพื้นคอนกรีต 48
3.25 แสดงการปรับระดับดินให้เกิดความลาดเอียง 48
3.26 แสดง Sump เพื่อดูดน้ำออกจากบ่อตลอดเวลา 49
3.27 แสดงเหล็ก Dowel ที่ยื่นออกมาจากหัวเสาเข็ม 49

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.28 แสดงการลงเหล็กเสริมพื้น 50
3.29 แสดงการวางเหล็กเสริมผนังย่อย 50
3.30 แสดงการเข้าแบบผนังย่อย 51
3.31 แสดงการตั้งนั่งร้านและเข้าแบบเพื่อเทฝาบ่อ 52
3.32 แสดงการลงเหล็กเสริมฝาบ่อ 52
3.33 แสดงการคอนกรีตฝาบ่อ 53
4.1 แสดงวิธีการก่อสร้างโดยใช้เข็มพืดเหล็ก 56
4.2 แสดงขุดดินออกจากบ่อคอนกรีต 57
4.3 แสดงการตักดินออกขณะที่น้ำใต้ดินท่วมเต็มบ่อทำให้ดินที่ขึ้นมาเป็นดินเลน 57
4.4 แสดงการละเลยไม่ใส่แผ่นยางกันน้ำ 59
4.5 แสดงเมื่อเทผนังบ่อแล้วเสร็จแต่ไม่ใส่แผ่นยางกันน้ำ 59

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ

เริ่มต้นด้วยการที่บริษัท ศุภภาลัย จำกัด(มหาชน) เป็นบริษัทด้านการพัฒนาอสังหาริมทรัพย์ได้จัดตั้งโครงการจากหลายๆ โครงการที่เน้นความสะดวกสบายของผู้พักอาศัยและคุณภาพของชิ้นงาน โดยโครงการนี้มีชื่อว่า ศุภภาลัย ซิตี้ รีสอร์ท พระราม 8 (Supalai City Resort Rama 8) โดยทางบริษัทได้ว่าจ้างบริษัท สรธัช เอ็นจิเนียริ่ง จำกัด เข้ามาเป็นผู้รับเหมาหลักของงานก่อสร้าง

ผู้ศึกษาได้เข้ามาร่วมฝึกงานกับทางบริษัท สรธัช เอ็นจิเนียริ่ง จำกัด ซึ่งกำลังดำเนินงานก่อสร้างของโครงการศุภภาลัย ซิตี้ รีสอร์ท พระราม 8 และในช่วงระหว่างการฝึกงานผู้ศึกษาได้เข้ามาในขณะที่โครงการดำเนินการไปพอสมควรแล้วแต่ยังมีบ่อคอนกรีตใต้ดินขนาดใหญ่ที่มีความลึก ยังไม่ได้ดำเนินการก่อสร้างผู้ศึกษาจึงได้คิดริเริ่มความคิดที่จะจัดทำการวิจัยแนวทางการก่อสร้างบ่อคอนกรีตใต้ดินด้วยวิธีการจม โดยจะดำเนินการศึกษาเกี่ยวกับเรื่องเทคนิควิธีการดำเนินการก่อสร้าง ข้อดี ข้อเสีย และข้อควรระวัง

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาให้เข้าใจเกี่ยวกับการก่อสร้างบ่อคอนกรีตใต้ดินด้วยวิธีการจม
2. เพื่อศึกษาวิธีการและขั้นตอนในการก่อสร้างบ่อคอนกรีตใต้ดินด้วยวิธีการจม
3. เพื่อศึกษาข้อดี ข้อเสีย ข้อควรระวัง ของการก่อสร้างด้วยด้วยวิธีการจม

1.3 ขอบเขตการวิจัย

การศึกษาครั้งนี้ ผู้ศึกษาได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับการการก่อสร้างบ่อคอนกรีตขนาดใหญ่ของโครงการศุภาลัยซิตี้รีสอร์ท พระราม 8 โดยผู้ศึกษามุ่งศึกษาเพื่อเข้าใจเกี่ยวกับแนวทางการก่อสร้างบ่อคอนกรีตใต้ดินด้วยวิธีการจมรวมไปถึงการศึกษาเกี่ยวกับข้อดี ข้อเสีย ข้อควรระวัง ซึ่งระยะเวลาที่ผู้ศึกษาใช้เวลาในการศึกษา และจัดทำโครงงานตั้งแต่วันที่ 1 กันยายน 2561 ถึงวันที่ 1 ธันวาคม 2561 เป็นเวลาทั้งหมด 90 วัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.4 วิธีการดำเนินงาน

- ศึกษาและรวบรวมข้อมูลที่จำเป็นในการก่อสร้างบ่อคอนกรีตใต้ดิน

- ศึกษาการดำเนินงานก่อสร้างบ่อคอนกรีตใต้ดินจากผู้มีประสบการณ์หน้างาน

- ศึกษาแบบก่อสร้างของบ่อคอนกรีตใต้ดินของโครงการศุภภาลัยซิตี้รีสอร์ทพระราม 8

- ศึกษาข้อดี ข้อเสีย ข้อควรระวัง ของการก่อสร้างบ่อคอนกรีตใต้ดินด้วยวิธีการจม

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

- ได้ความรู้และประสบการณ์จากการก่อสร้างหน้างานจริง

- สามารถเข้าใจเกี่ยวกับทฤษฎีและหลักการของการของวิธีการก่อสร้างใต้ดิน

- ฝึกหน้าที่การควบคุมงานและตรวจสอบงานกับผู้รับผิดชอบที่มีประสบการณ์

- สามารถพิจารณาข้อดี ข้อเสีย ข้อควรระวัง ของการก่อสร้างบ่อคอนกรีตใต้ดินด้วยวิธีการจม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

ปัจจุบันการก่อสร้างโครงสร้างใต้ดินนั้นสามารถพบเห็นได้โดยทั่วไปโดยเฉพาะในเขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑล ซึ่งมีการก่อสร้างจำนวนมาก อาจจะเกิดจากเพราะว่าพื้นที่เหล่านี้มีบริเวณที่จำกัดจึงจะต้องใช้ให้เกิดประโยชน์สูงสุด โดยการก่อสร้างโครงสร้างใต้ดินนั้น เราต้องพึงระมัดระวังเกี่ยวกับแรงดันดินด้านข้างที่จะมากระทบต่อไซต์งานก่อสร้างและระวังไม่ให้อาคารบ้านเรือนรอบ ๆ เสียหายจากการพังทลายของดิน ดังนั้นเหล่าวิศวกรจึงคิดวิธีหรือเทคนิคในการก่อสร้างกำแพงกันดินขึ้นมาอย่างหลายหลาย ผู้ศึกษาจึงจะขอรวบรวมแนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องเกี่ยวข้องมาทำการวิจัยในเล่มนี้

โครงสร้างกันดินถูกสร้างเพื่อป้องกันการเคลื่อนตัวของดิน ซึ่งการประยุกต์ใช้โคร้างสร้างกันดินในงานเชิงวิศวกรรมมีมากมาย เช่น งานดินขุด ดินถม งานสะพาน และงานโครงสร้างใต้ดิน โดยโครงสร้างกันดินจะมีหลายรูปแบบ ดังนี้

2.1 ข้อกำหนดเกี่ยวกับกำแพงคอนกรีตเสริมเหล็ก

มาตรฐาน American Concrete Institute (ACI) และวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย (ว.ส.ท.) กำหนดความหนาและปริมาณเหล็กเสริมในกำแพงหรือผนังคอนกรีตเสริมเหล็ก ดังต่อไปนี้ แต่อาจแก้ไขเปลี่ยนแปลงได้ ถ้าหากการวิเคราะห์ทางโครงสร้างแสดงว่าโครงสร้างนั้นมีกำลังและเสถียรภาพดีพอ

1. ความหนาต่ำสุดของกำแพงคอนกรีตเสริมเหล็ก

• ความหนาของกำแพงที่รับน้ำหนัก (Bearing Wall) ต้องไม่น้อยกว่า 1/25 ของความสูงหรือความกว้างระหว่างที่รองรับ ทั้งนี้ให้ใช้ค่าที่น้อยกว่า

• ความหนาของกำแพงที่รับใช้น้ำหนักต้องไม่น้อยกว่า 10 ซม. สำหรับช่วงบนสุด 4 เมตร และให้เพิ่มความหนาอีกอย่างน้อย 2 ซม. ทุก ๆ ความสูง 9 เมตรลงมา แต่อาคารพักอาศัยไม่เกิน 3 ชั้นอาจใช้ความหนา 10 ซม. ตลอดความสูงได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

• ความหนาของกำแพง คสล. ที่ใช้เป็นผนังกั้นห้อง ต้องหนาไม่น้อยกว่า 6 ซม. แต่ต้องไม่น้อยกว่า 1/50 ของระยะระหว่างที่รองรับ และไม่น้อยกว่า 1/50 ของความกว้างของกำแพง

• ความหนาของกำแพงห้องใต้ดิน (Basement Walls) ด้านนอกหรือกำแพงฐานรากหรือกำแพงกันไฟ ต้องไม่น้อยกว่า 15 ซม.

2. ความยาวประสิทธิผลของกำแพงในแนวนอน

•ในกรณีที่น้ำหนักบรรทุกกระทำแบบจุด ความยาวประสิทธิผลของกำแพงในแนวนอนที่ใช้รับน้ำหนักบรรทุกนั้นต้องไม่เกินกว่าระยะศูนย์ถึงศูนย์ระหว่างน้ำหนักบรรทุก และต้องไม่เกินความยาวของที่รองรับบวกด้วยสี่เท่าของความหนาของกำแพง

3. ปริมาณเหล็กเสริมต่ำสุดในกำแพง

•สำหรับเหล็กเสริมในแนวตั้ง: ต้องไม่น้อยกว่า 0.0015 ของเนื้อที่หน้าตัดผนังส่วนนั้น

•สำหรับเหล็กเสริมในแนวนอน : ต้องไม่น้อยกว่า 0.0025 ของเนื้อที่หน้าตัดผนังส่วนนั้น

•ในกรณีที่ใช้ตะแกรงลวดเชื่อมขนาดไม่เล็กกว่า เบอร์ 10 ของ AS&W ให้ใช้ไม่น้อย กว่า 3/4 ของค่าดังกล่าว

4. การจัดวางเหล็กเสริม

• เหล็กเสริมในแนวตั้งและแนวนอนต้องมีขนาดไม่เล็กกว่า 9มม. และมีระยะเรียงไม่เกิน 30 ซม.

• หากผนังกำแพงหนากว่า 15ซม. (ยกเว้นผนังกำแพงห้องใต้ดิน) ต้องเสริมเหล็กในแต่ละทิศทางเป็นสองชั้น ชั้นหนึ่งประกอบด้วยเหล็กไม่น้อยกว่าครึ่งหนึ่งแต่ไม่เกินสองในสามของเหล็กทั้งหมดที่ต้องการ โดยวางห่างจากผิวด้านนอกไม่น้อยกว่า 3 ซม. แต่ไม่เกินหนึ่งในสามของความหนาของกำแพง ส่วนอีกชั้นหนึ่งให้ใช้เหล็กส่วนที่เหลือวางห่างจากผิวด้านในไม่น้อยกว่า 2 ซม. แต่ไม่เกินหนึ่งในสามของความหนาของกำแพง

• ต้องยึดผนังกำแพง คสล. ให้ติดกับพื้น เสา หรือผนังที่มาบรรจบกันด้วยเหล็กเสริมของแต่ละชั้นซึ่งมีขนาดไม่เล็กกว่า 9 มม. ระยะเรียง 20 ซม. หรือเทียบเท่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

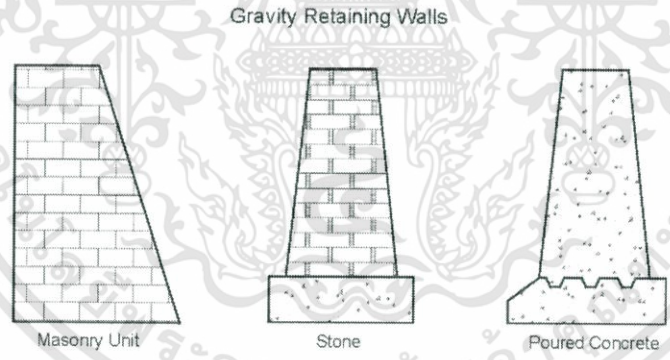
• ที่ช่องเปิดของผนังกำแพง คสล. ต้องเสริมเหล็กเพิ่มพิเศษจากที่กาหนดในข้อ 3 ด้วยเหล็กเส้นขนาดไม่เล็กกว่า 12 มม. อย่างน้อยสองเส้นรอบช่องเปิด โดยยื่นปลายเหล็กเสริมให้เลยจากมุมช่องเปิดไปเป็นระยะอย่างน้อย 60 ซม. และเสริมเหล็กทแยงมุมขนาดไม่เล็กกว่า 12มม. ยาว 1เมตร อย่างน้อย 2 เส้นที่มุมช่องเปิดทุกมุม

5. การถ่ายแรงสู่ฐานรากที่ฐานของกำาแพง ให้เป็นไปตามที่กล่าวในเรื่องฐานราก

2.2 กำแพงกันดิน (Retaining Wall)

• กำแพงกันดินแบบถ่วงน้ำหนัก (Gravity Walls)

เสถียรภาพของกำแพงกันดินชนิดนี้ขึ้นอยู่กับน้ำหนักของตัวมันเอง ต้องมีขนาดและน้ำหนักมากพอที่จะต้านทานแรงดันดิน ไม่ให้เกิดการ เลื่อนไถล (Sliding) ที่ฐาน และไม่ให้เกิดการพลิกคว่ำด้วยน้ำหนักตัวเอง ส่วนมากจะใช้ในกรณีความสูงอยู่ในช่วง 1-5 เมตร และต้องการความกว้างของฐานประมาณ 0.5 – 0.7 เท่าของความสูงของกำแพง

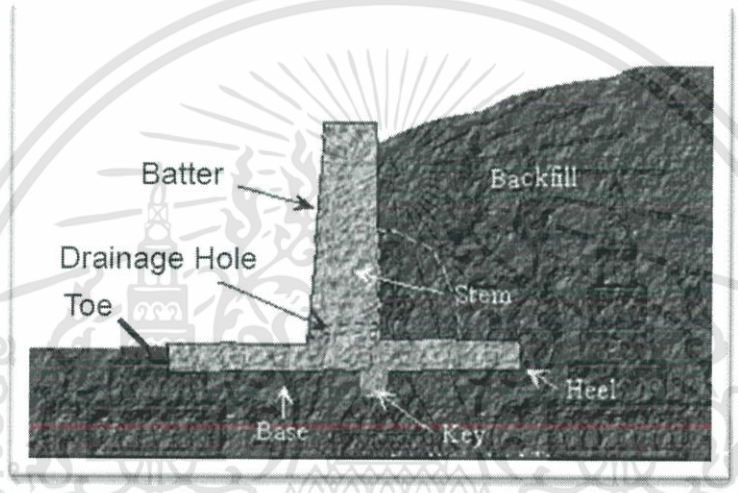


ภาพที่ 2.1 ภาพแสดงกำแพงกันดินแบบถ่วงน้ำหนัก
(ที่มา:เอกสารวิชาวิศวกรรมฐานราก มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

• กำแพงกันดินคอนกรีตเสริมเหล็กแบบ Cantilever Wall

กำแพงคอนกรีตเสริมเหล็กรูปตัว T คว่ำ ผนังและฐานคอนกรีตบาง ต้องรับแรงดันโดยโมเมนต์และ กำลังรับแรงเฉือนของหน้าตัดเอง ส่วนการเกิดการเลื่อนไถล (Sliding) ที่ฐาน และการพลิกคว่ำต้านทานด้วยน้ำหนักของคอนกรีตและดินที่อยู่เหนือฐานขึ้นไป ส่วนมากจะใช้ในกรณีความสูงอยู่ในช่วง 2-10 เมตร และต้องการความกว้างของฐานประมาณ 0.5 – 0.7 เท่าของความสูงของกำแพง



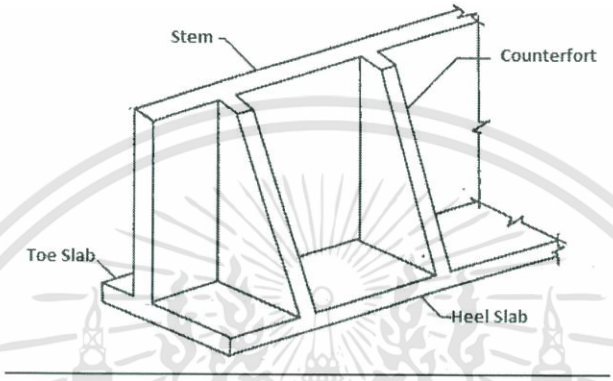
ภาพที่ 2.2 ภาพแสดงกำแพงกันดินคอนกรีตเสริมเหล็กแบบ Cantilever Wall
(ที่มา:เอกสารวิชาวิศวกรรมฐานราก มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี)

เมื่อมีการถมดินด้านหลังกำแพงกันดิน กำแพงกันดินจะเกิดการเคลื่อนตัวเพื่อป้องกันการพลิกคว่ำ ของกำแพงกันดิน กำแพงกันดินจะถูกสร้างให้มีความชันเอียงด้านหน้า ความชันนี้เรียกว่า Batter วัสดุที่ใช้ถมด้านหลังกำแพงกันดินเรียกว่า Backfill จะต้องเป็นวัสดุเม็ดหยาบที่มีความซึมผ่านสูง เช่น ทราย กรวด หรือหินบด (Broken stone) ถ้าเป็นไปได้ควรหลีกเลี่ยงการใช้ดินเม็ดละเอียดพวกดินเหนียวเป็น Backfill เนื่องจากดินประเภทนี้ก่อให้เกิดความดันด้านข้างอย่างมากต่อกำแพงกันดิน วิศวกรผู้ออกแบบจะต้องเลือกวัสดุที่ใช้เป็น Backfill ให้เหมาะสม และจะต้องคำนึงถึงการเพิ่มขึ้นของระดับน้ำใต้ดิน ซึ่งจะเป็นตัวเพิ่มความดันด้านข้างต่อกำแพงกันดิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

• **กำแพงกันดินคอนกรีตเสริมเหล็กแบบ Counterfort Wall**

กำแพงคอนกรีตเสริมเหล็กชนิดนี้มีลักษณะคล้ายกับ Cantilever Wall แต่มักจะนิยมใช้ในกรณีที่แรงดันที่ด้านหน้ากำแพงมีจำนวนมหาศาลประกอบกับต้องการความสูงของตัวกำแพงจึงต้องมีครีบมาช่วยลดโมเมนต์ดัดที่เกิดขึ้น

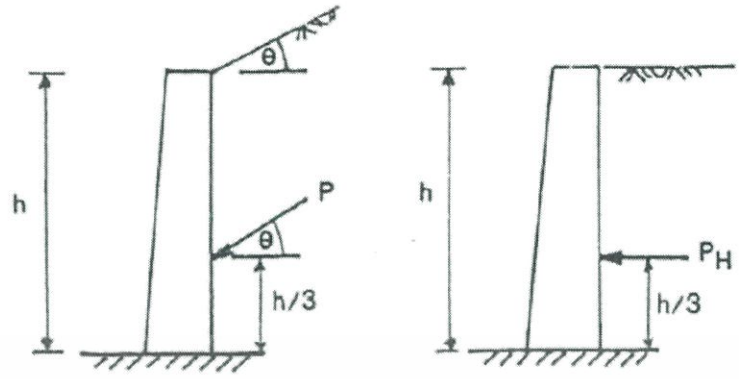


ภาพที่ 2.3 ภาพแสดงกำแพงกันดินคอนกรีตเสริมเหล็กแบบ Counterfort Wall
(ที่มา:www.quora.com/What-are-the-counterforts-in-a-retaining-wall)

แรงดันทางด้านข้างของดิน (Earth Pressure)

แรงดันทางด้านข้างของดินที่กระทำต่อกำแพงกันดินขึ้นอยู่กับชนิดของดินความหนาแน่นของดินจากการบดอัด ความชื้นในดิน มุมเสียดทานระหว่างกำแพงกับดิน มุมลาดเอียงของดินถมหลังกำแพง และมุมลาดเอียงของผนังกำแพง ส่วนน้ำหนักอื่น ๆ ที่กดทับบนดินหลังกำแพง เช่น ถนน จะทำให้กำแพงต้องรับแรงดันด้านข้างเพิ่มมากขึ้นการกระจายของหน่วยแรงดันด้านข้างของดินที่กระทำต่อกำแพงกันดิน จะสมมุติให้กระจายเสมือนกับหน่วยแรงดันของของเหลวคือเป็นรูปสามเหลี่ยมและมีค่าเพิ่มขึ้นเป็นสัดส่วนโดยตรงกับระดับความลึกของดินซึ่ง ขึ้นกับหน่วยน้ำหนักของดินและสัมประสิทธิ์แรงดันของดิน ดังนั้นหน่วยแรงดันของดิน P ที่ระดับความลึก h เมตร จะมีค่าเท่ากับ Kwh กก./เมตร^2 ในเมื่อ K เป็นค่าสัมประสิทธิ์แรงดันของดิน (Coefficient of earth pressure)และw เป็นหน่วยน้ำหนักของดิน กก./เมตร^3 แรงดันทั้งหมดที่กระทำต่อกำแพงยาวหนึ่งเมตรจะเท่ากับ ½ Kwh^2 กก. โดยกระทำที่ระยะ h/3สูงจากฐานกำแพงกันดิน และมีแนวแรงกระทำขึ้นกับความลาดเอียงของดินถมหลังกำแพงกันดิน ดังรูปที่ 2.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.4 แสดง (ก)พื้นผิวดินเอียงทำมุม θ (ข) พื้นผิวดินขนานกับพื้นราบ

การคำนวณหาแรงดันด้านข้างของดินเพื่อนำไปพิจารณาการออกแบบกำแพงกันดินนิยมใช้ทฤษฎีที่เสนอโดย Rankine ที่สมมุติว่าไม่มีความฝืดหรือแรงเสียดทานระหว่างกำแพงกับดิน ซึ่งจะได้หน่วยแรงดันของดิน P ที่ระดับความลึก h และแรงดันทั้งหมด ดังนี้

1. เมื่อกำแพงกันดินขยับออกจากดินถมหลังกำแพง

Active earth pressure : $\mathbf{P_a} = \frac{1}{2} K_a W h$ กก./เมตร^2

Total active force : $\mathbf{P_a} = \frac{1}{2} K_a W h^2$ กก.

2. เมื่อกำแพงกันดินขยับเข้าหาดินถมหน้ากำแพง

Passive earth pressure : $\mathbf{P_p} = K_p W h$ กก./เมตร^2

Total passive force : $\mathbf{P_p} = \frac{1}{2} K_p W h^2$ กก.

โดย **w** = หน่วยน้ำหนักของดิน (กก. /ลบ.เมตร)

h = ความลึกของดิน (เมตร)

$$\mathbf{K_a} = \cos(\theta)\frac{(\cos(\theta))-\sqrt{\cos(\theta)^2-\cos(\varphi)^2}}{(\cos(\theta))+\sqrt{\cos(\theta)^2-\cos(\varphi)^2}}$$

$$\mathbf{K_p} = \cos(\theta)\frac{(\cos(\theta))+\sqrt{\cos(\theta)^2-\cos(\varphi)^2}}{(\cos(\theta))-\sqrt{\cos(\theta)^2-\cos(\varphi)^2}}$$

θ = มุมระหว่างพื้นผิวกำแพงกันดินกับพื้นราบ

φ = มุมเสียดทานภายในของมวลดิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การวิบัติของกำแพงกันดิน

อาจมีสาเหตุมาจาก

1) การทรุดตัวของกำแพงกันดิน เนื่องจากดินใต้ฐานรากไม่สามารถรับแรงอัดที่กระทำได้ หรือส่วนต่างๆของกำแพงกันดินไม่แข็งแรงพอ

2) กำแพงกันดินเลื่อนไถล (sliding) จากที่ตั้งเดิม ซึ่งเกิดจากแรงดันทาง ข้าง มีค่ามากเกินกว่าแรงเสียดทานใต้ฐานกำแพง

3) กำแพงกันดินพลิกคว่ำ (overturning) โดยหมุนรอบจุด 0 ที่ปลายฐานรากหน้ากำแพง ซึ่งมีสาเหตุมาจากแรงดันทางด้านข้างเช่นกัน ความหมายคือ กำแพงกันดินจะวิบัติเมื่อโมเมนต์รอบจุด 0 ที่เกิดจากการกระทำของแรงดันทางด้านข้างมีค่ามากกว่าโมเมนต์รอบจุด 0 ที่ได้จากแรงหรือน้ำหนักของตัวกำแพงและน้ำหนักของดินถมหลังกำแพง ดังนั้น การคำนวณออกแบบจึงต้องมีอัตราส่วนของความปลอดภัยไว้เพื่อไม่ให้เกิดการวิบัติดังกล่าว นั่นคือ

•หน่วยแรงกดอัดที่กระทำใต้ฐานต้องไม่มากกว่าหน่วยแรงกดอัดของดินที่ยอมให้ (allowable soil pressure)

•ใช้อัตราส่วนปลอดภัยเพื่อต้านทาน คืออัตราส่วนระหว่างแรงต้านทานการลื่นไถล (Sliding resistance force) ต่อแรงกระทำ (Sliding force) แรงต้านทานการลื่นไถล คือผลคูณของแรงลัพธ์ในแนวดิ่งที่กระทำต่อฐานของกำแพงกันดินกับสัมประสิทธิ์ความเสียดทาน (Coefficient of friction) ระหว่างฐานของกำแพงกันดินและดินด้านใต้ฐาน ส่วนแรงที่กระทำให้เกิดการลื่นไถลส่วนมากจะเป็นแรงในแนวนอนเนื่องจากแรงดันด้านข้างของดิน Backfill แรงต้านทานการลื่นไถล (S) สามารถคำนวณได้จาก

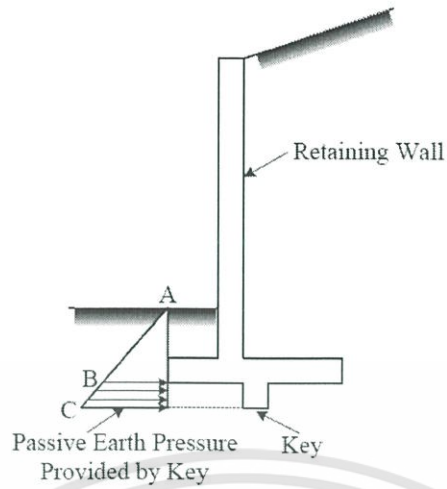
สำหรับฐานรากที่เป็นทราย $S = \sum V \tan(0.67\emptyset)$

สำหรับฐานรากที่เป็นดินเหนียว $S = 0.67SuB$

เมื่อ $\sum v = W_1 + W_2 + ... + W_5 + P_v$

ถ้าในการออกแบบพบว่ากำแพงกันดินแบบฐานเรียบ (Flat-bottomed wall) มีอัตราส่วนปลอดภัยไม่เป็นไปตามที่ต้องการ อาจทำการสร้างตัวต้านทานการลื่นไถลที่เรียกว่า Key ที่ฐานของกำแพงกันดิน ดินด้านหน้าของ Key ทำหน้าที่ต้านทานการลื่นไถลในฐานะของความดันที่สภาวะ Passive ดังแสดงโดยโซน BC แต่อย่างไรก็ตาม ดินด้านหน้าของ Key อาจจะหายไปเนื่องจากการกัดเซาะ ดังนั้น ตัว Key นี้จะมีประสิทธิผลอย่างมากถ้าถูกสร้างใต้ดินแข็งหรือหิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.5 ภาพแสดงส่วนประกอบในการออกแบบกำแพงกันดิน
(ที่มา:เอกสารวิชาวิศวกรรมฐานราก มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี)

ดังนั้น อัตราส่วนปลอดภัยที่ใช้ในการวิเคราะห์เสถียรภาพของกำแพงกันดินควรไม่น้อยกว่าค่าที่แสดงในตาราง

กรณี	อัตราส่วนปลอดภัย	หมายเหตุ	อ้างอิง
การลื่นไถล	1.5 2.0	- สำหรับกรณีที่ไม่พิจารณาแรงดันด้านข้างแบบ Passive ที่ด้านหน้าของกำแงกันดิน - สำหรับกรณีที่พิจารณาแรงดันด้านข้างแบบ Passive ที่ด้านหน้าของกำแงกันดิน	Goodman and Karol (1968)
การพลิกคว่ำ	1.5 2.0	- สำหรับ Backfill ที่เป็นดินเม็ดหยาบ - สำหรับ Backfill ที่เป็นดินเม็ดละเอียด	Goodman and Karol (1968)

ตารางที่ 2.1 แสดงอัตราส่วนปลอดภัยที่ใช้ในการวิเคราะห์เสถียรภาพของกำแพงกันดิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การออกแบบกำแพงกันดินต้องคำนึงถึงสิ่งสำคัญสองประการดังนี้

1) กำแพงต้องมีเสถียรภาพภายนอก (External stability) ซึ่งหมายความว่ากำแพงกันดินต้องตั้ง ดิ่งในตำแหน่งเดิม

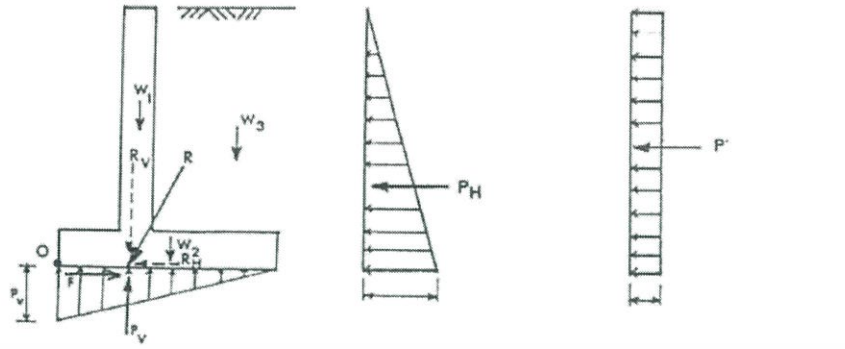
2) กำแพงกันดินต้องมีเสถียรภาพภายใน โดยต้องความสามารถต้านความเค้นที่เกิดขึ้นภายใน โครงสร้างโดยปราศจากการพังทลาย

ภาพที่ 2.6 แสดง (a) กำแพงกันดินขาดเสถียรภาพภายนอก (b) กำแพงกันดินขาดเสถียรภาพภายใน
(ที่มา:เอกสารวิชาวิศวกรรมฐานราก มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี)

การวิเคราะห์เสถียรภาพภายนอกของกำแพงกันดิน

การออกแบบกำแพงกันดินต้านการวิบัติภายนอกนั้น คือ การสมมติขนาดและรูปร่างของกำแพงกันดินและทำการตรวจสอบเสถียรภาพของกำแพงกันดิน ถ้าพบว่าเสถียรภาพของกำแพงกันดินมีค่าต่ำหรือไม่เพียงพอ ก็ทำการเปลี่ยนแปลงขนาดและรูปร่างใหม่และทำการตรวจสอบอีกครั้ง ขั้นตอนนี้จะถูกทำซ้ำ ๆ จนกระทั่งพบว่ากำแพงกันดินที่ออกแบบมีเสถียรภาพเพียงพอต่อการใช้งาน

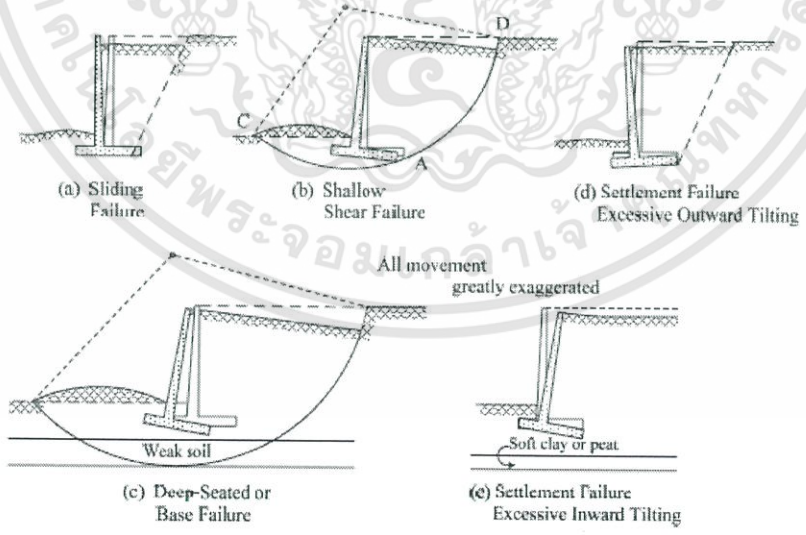
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.7 แสดงแรงดันของดิน

(ที่มา:เอกสารวิชาวิศวกรรมฐานราก มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี)

กำแพงกันดินจะมีเสถียรภาพภายนอก เมื่อกำแพงกันดินไม่มีการเคลื่อนตัวในสามทิศทาง อันได้แก่ในแนวนอน (การลื่นไถล) ในแนวดิ่ง (การทรุดตัวที่มากกว่าปกติ และการวิบัติเนื่องจากแรงแบกทานของดินใต้ฐานราก) และการพลิกคว่ำ การออกแบบเป็นการตรวจสอบเสถียรภาพของการเคลื่อนตัวในสามทิศทางนี้ เพื่อให้ได้อัตราส่วนปลอดภัยที่เหมาะสม การตรวจสอบการเคลื่อนตัวในแนวนอนและการพลิกคว่ำอาศัยหลักการความสถิตย์ (Law of statics) สำหรับการตรวจสอบการเคลื่อนตัวในแนวดิ่งนั้นอาศัยทฤษฎีกำลังรับแรงแบกทานของดิน (Bearing capacity theory)



ภาพที่ 2.8 แสดงการวิบัติของกำแพงกันดิน

(ที่มา:เอกสารวิชาวิศวกรรมฐานราก มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 เข็มพืด (Sheet pile)

เข็มพืดเป็นแผ่นเหล็กยาวที่มีความกว้างประมาณ 30 ถึง 50 เซนติเมตร เข็มพืดจะถูกนำมากดต่อกันเป็นแนวยาวตามแนวดินเพื่อใช้เป็นโครงสร้างกันดินและน้ำ แล้วยังสามารถใช้ร่วมกับระบบค้ำยัน โดยเข็มพืดอาจจะทำมาจากเหล็ก คอนกรีต หรือ ไม้ ซึ่งเป็นโครงสร้างชั่วคราวสำหรับงานก่อสร้างใต้ดิน เช่น งานป้องกันน้ำ โครงสร้างกันดิน และงานโครงสร้างใต้ดิน หากเลือกเข็มพืดเป็นแผ่นเหล็กที่มีความหนาไม่มาก หากใช้เป็นโครงสร้างกันดินในงานดินขุดที่มีความลึกมาก หรือใช้เป็นโครงสร้างกันการเคลื่อนตัวของอาคารข้างเคียงที่มีขนาดใหญ่ อาจก่อให้เกิดการเสียรูปของเข็มพืดและส่งผลให้เกิดเคลื่อนตัวของดินอย่างมาก เพื่อหลีกเลี่ยงการเคลื่อนตัวที่มาก เราต้องมาคำนึงถึงการออกแบบตัวค้ำยัน (Brace Cuts) เพื่อเพิ่มความมั่นคงแข็งแรงให้แก่เข็มพืด ส่วนใหญ่ประเทศไทยนิยมใช้เข็มพืดเป็นรูปตัวยู โดยมีด้วยกัน 4 รุ่นดังนี้

1.รุ่น 2 400x100x10.50 มม. น้ำหนัก 48.00กก./ม.

2.รุ่น 3A 400x150x13.10 มม. น้ำหนัก 58.40กก./ม.

3.รุ่น 3 400x125x13.00 มม. น้ำหนัก 60.00กก./ม.

4.รุ่น 4 400x170x15.50 มม. น้ำหนัก 76.10กก./ม.

ภาพที่ 2.9 แสดงการปักเข็มพืดเหล็ก

ภาพที่ 2.10 แสดงหน้าตัดเข็มพืดเหล็ก

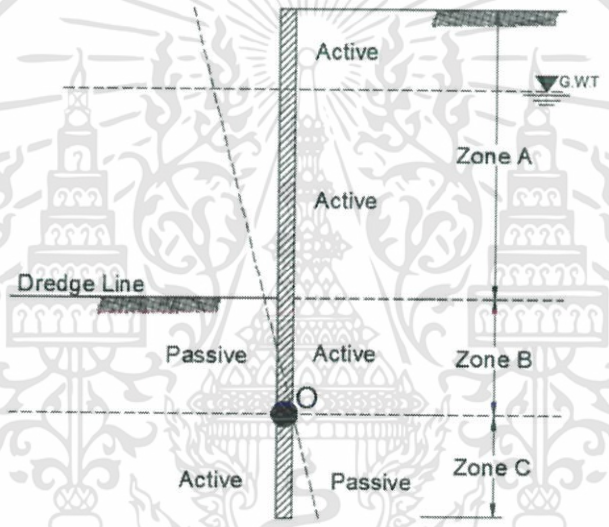
(ที่มา: http://www.petrifond.com/en-service-steel-sheet-pile)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยการใช้งานเข็มพืดจะมีด้วยกันหลายแบบ โดยมีรูปแบบดังนี้

• Cantilever Sheet Pile Walls

เป็นการตอกฝังแผ่นผนังให้จมลงไปในดินระยะที่ปลายล่างของผนังยึดแน่นและรับแรงดันดินด้านข้างได้โดยไม่ล้มตัวลง กำแพงกันดินประเภทนี้มักถูกนำมาใช้เมื่อดินถมด้านหลังเข็มพืดมีความสูงไม่มากนัก เสถียรภาพของเข็มพืดชนิดนี้ขึ้นอยู่กับความต้านทานที่สภาวะ Passive ของดินใต้ระดับผิวดิน (Dredge line)

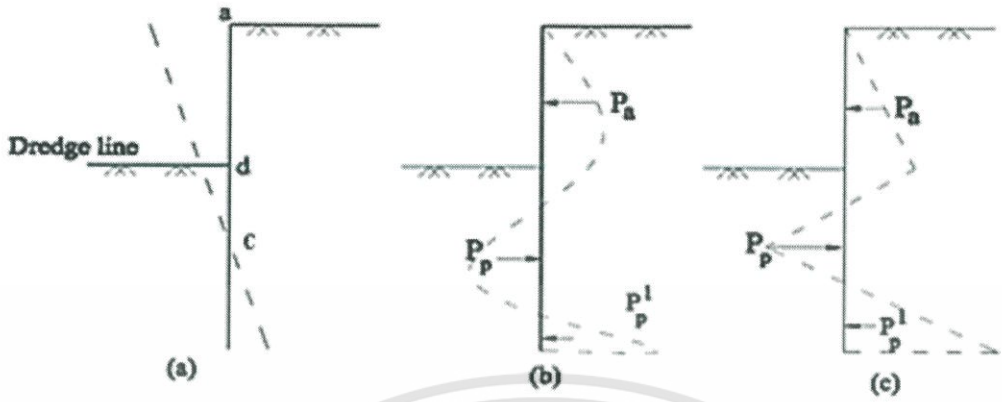


ภาพที่ 2.11 แสดง Cantilever Sheet Pile Walls

(ที่มา: เอกสารวิชาวิศวกรรมฐานราก มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี)

ในการตรวจสอบจะพบว่า แรงดันดินจะกระทำกับผนังกันดิน ทำให้มีแนวโน้มว่าผนังจะเกิดการหมุนที่จุด C ที่จุดที่ต่ำกว่าระดับดินขุด ดังแสดงในรูปa และส่วนแรงดันดินจะกระจายกระทำกับผนัง ดังแสดงในรูป b แต่ในการออกแบบหากเราหาแรงดันดินจากรูป b ซึ่งทำให้การคำณวนทำได้ยากเราจึงสมมุติให้แรงดันดินกระทำกับผนัง ดังแสดงในรูป c

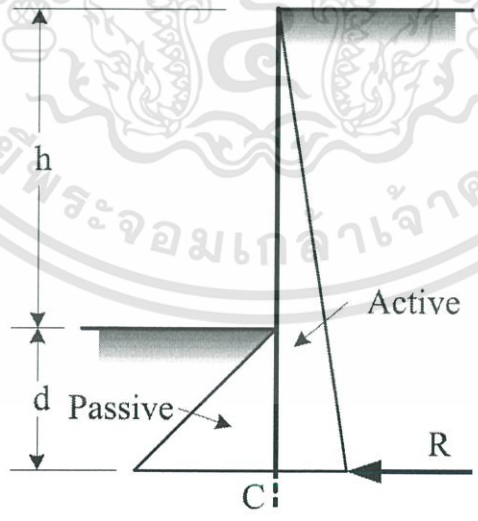
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.12 แสดงการวิเคราะห์ Cantilever Sheet Pile

(ที่มา Prof.T.G. Sitharam Indian Institute of Science, Bangalore)

การออกแบบเข็มพืดโดยทั่วไปมักทำโดยวิธีที่เรียกว่า Simplification ซึ่งแทนแรงลัพธ์ที่สภาวะ Passive ใต้จุด O ด้วยแรง R กระทำที่จุด C (อยู่ต่ำกว่าจุด O เล็กน้อย) ซึ่งจุด C นี้อยู่ที่ความลึก d ใต้ระดับดินขุด ความลึก d สามารถหาได้โดยอาศัยหลักสมดุลของโมเมนต์รอบจุด C โดยพิจารณาค่าแรงต้านทานด้านหน้าเข็มพืดเท่ากับแรงต้านทานที่สภาวะ Passive (P_p) หารด้วยอัตราส่วนปลอดภัย ดังนั้นค่าระยะฝัง (Depth of embedment) ของเข็มพืดที่ต้องการจึงควรมีค่าไม่น้อยกว่า 1.2d แรง R สามารถหาได้โดยอาศัยหลักสมดุลในแนวนอน



ภาพที่ 2.13 แสดงการออกแบบเข็มพืด

(ที่มา: Prof.T.G. Sitharam Indian Institute of Science, Bangalore)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยค่าประมาณความลึกที่ฝัง(d) Cantilever Sheet Pile ขึ้นอยู่กับลักษณะชั้นดิน มีดังนี้

ลักษณะชั้นดิน	ความลึกที่ฝัง (d)
ดินอ่อนมาก (Very Loose)	2H
ดินอ่อน (Loose)	1.5H
ดินแน่น (Firm)	1H
ดินแข็ง (Dense)	0.75H

ตารางที่ 2.2 แสดงค่าประมาณความลึกที่ฝัง(d) Cantilever Sheet Pile ขึ้นอยู่กับลักษณะชั้นดิน

• Anchored Sheet Pile Wall

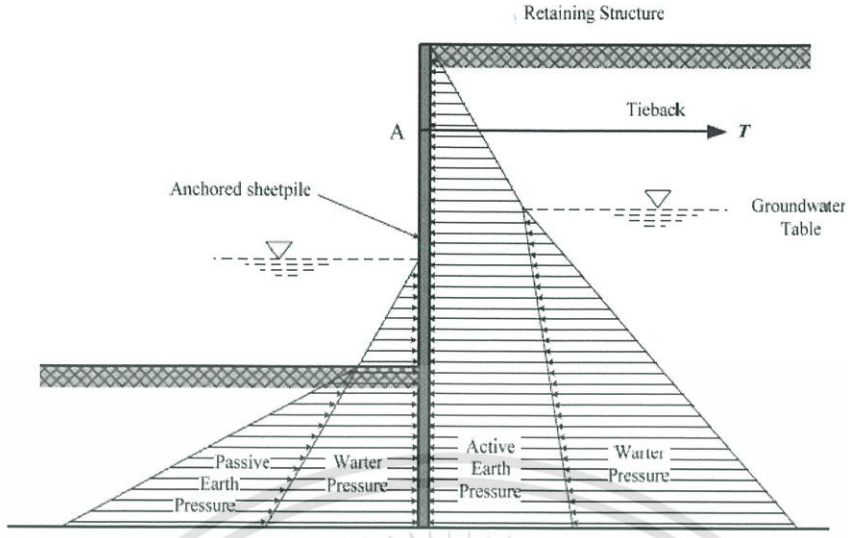
มีลักษณะคล้ายกันกับแบบ Cantilever Sheet Pile Walls เมื่อถมดินหลังกำแพงเข็มพืดมีความสูงมากเกินกว่า 6 เมตร จึงต้องเพิ่มการใช้สมอ (Anchor) หรือ Tie Rod เป็นตัวยึดส่วนบนของผนังกันดินเข้ากับดินหรือวัสดุที่มีการวางน้ำหนักถ่วงไว้ซึ่งการคำนวณหาเสถียรภาพของกำแพงกันดินชนิดนี้มีด้วยกันสองแบบขึ้นอยู่กับลักษณะการจับยึดปลายด้านล่างของเข็มพืดซึ่งจะเป็นปัจจัยกำหนดการเคลื่อนตัวของเข็ม คือ

Free Earth Support Method

วิธี Free Earth Support Method ปลายล่างขยับตัวหรือหมุนตัวได้บ้าง เกิดจากดินโดยรอบไม่แข็งหรือแน่นมากและการตอกหยั่งลงได้ไม่ลึกมากโดยจะเป็นวิธีที่การหาระยะฝังที่น้อยที่สุดที่ไม่ทำให้เกิดการหมุนในตัวเข็มพืด ดังนั้น จุดรองรับที่ปลายเข็มพืดถูกพิจารณาเป็นแบบหมุด (Pin)วิธีการนี้จะ

สมมติว่าความลึกของระยะฝังใต้ระดับการขุดออกของดิน (Excavation level or Dredge line) ไม่มากเพียงพอที่จะทำให้เกิดสภาวะอยู่กับที่ (Fixity) ที่จุดปลายของเข็มพืด ดังนั้น เข็มพืดจะอิสระต่อการหมุนที่จุดปลาย ลักษณะการวิบัติจะเป็นการหมุนรอบจุดต่อของตัวค้ำ (Tie) กับเข็มพืดที่จุด A

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2. 14 แสดงการวิเคราห์แบบวิธี Free earth support method

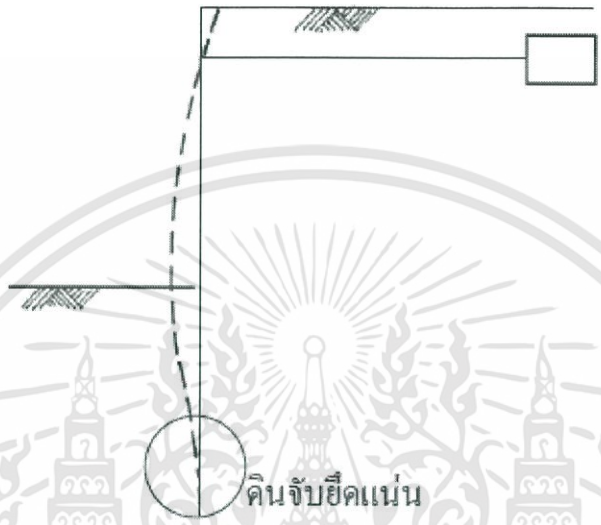
(ที่มา: Prof.T.G. Sitharam Indian Institute of Science, Bangalore)

โดยหลักการในการออกแบบคือโมเมนต์ต้านการหมุนรอบจุด A ต้องมากกว่าโมเมนต์ที่ทำให้เกิดการหมุน ระยะฝังที่ต้องการ (d) ซึ่งสามารถหาได้โดยผลรวมของโมเมนต์รอบจุด A จะต้องเท่ากับศูนย์ หลังจากได้ค่า d แรงที่กระทำในตัวค้ำ (T) สามารถคำนวณได้โดยอาศัยหลักสมดุลของแรงในแนวแกนนอน (ผลรวมของแรงทั้งหมดในแนวแกนนอนต้องเท่ากับศูนย์) และสุดท้ายการออกแบบหน้าตัดของเข็มพืดสามารถทำได้โดยอาศัยแผนภาพการกระจายโมเมนต์ซึ่งระยะฝังควรเป็นค่าที่เพิ่มขึ้นจากระยะ d อีก 20 เปอร์เซ็นต์ เพื่อให้ได้ระยะฝังที่เพียงพอสำหรับสภาวะอยู่กับที่ (Fixity) โดยระยะฝังควรมีค่าไม่น้อยกว่า 1.2d

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Fix-Earth Support Method

วิธี Fix-Earth Support Method ปลายล่างถูกตรึงยึดไม่ขยับตัวและไม่มีการหมุน เมื่อมีการตอกปลายหยั่งลงไปลึก ดังนั้น จุดรองรับที่ปลายเข็มพืดถูกพิจารณาเป็นแบบจุดยึดแน่น (Fix)



ภาพที่ 2. 15แสดงวิธี Fix-Earth Support Method

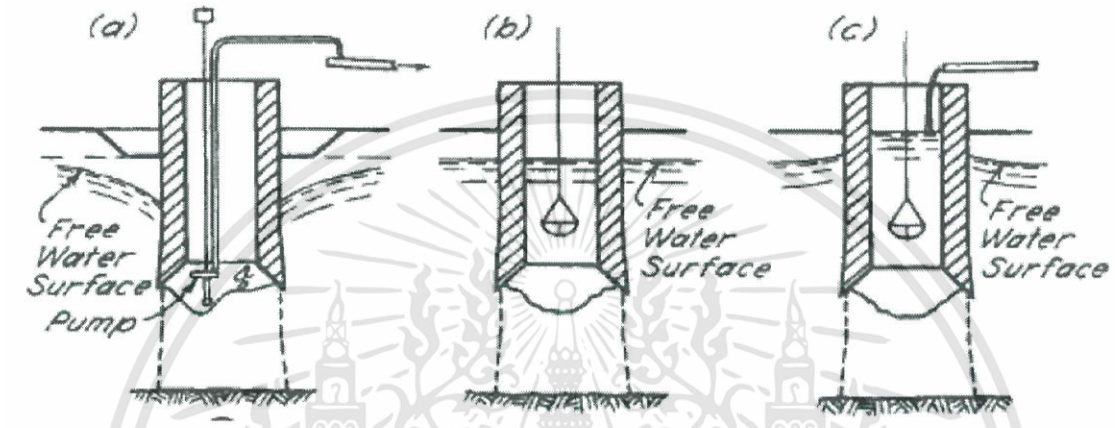
(ที่มา: สื่อการสอน วรากร ไม้แรียง)

2.4 การก่อสร้างปล่องคอนกรีตด้วยวิธีการจม (Sinking Method)

ประเภทของปล่องคอนกรีต(Caisson Types) อาจแบ่งเป็น 2 ประเภทคือ ประเภทแรกเป็นรูปทรงกล่องกลวงสี่เหลี่ยม (Hollow box) ส่วนประเภทที่สองจะเป็นรูปทรงกระบอก (Cylinder) ซึ่งในการก่อสร้างส่วนใหญ่จะดำเนินการก่อสร้างที่ระดับผิวดิน จากนั้นจึงจะทำการจมปล่องคอนกรีตไปยังระดับที่ต้องการด้วยการขุดดินภายในปล่องคอนกรีต ในอดีตการก่อสร้างปล่องคอนกรีตถูกนำมาประยุกต์ใช้ในการก่อสร้างฐานรากสำหรับสะพานข้ามแม่น้ำและถูกทำให้จมลงด้วยการขุดมือของนักดำน้ำแต่ความลึกของการทำงานจะถูกจำกัดที่ระดับความลึกประมาณ 6 เมตรเนื่องจากเทคโนโลยีในสมัยนั้นไม่เอื้ออำนวย แต่มาในช่วงปลายศตวรรษที่ 19 ทีมขุดดินได้ทำการคิดค้นวิธีการดูดทรายขึ้นมาทำให้ได้ระดับความลึกของปล่องคอนกรีตเพิ่มมากขึ้น ต่อมานวัตกรรมการก่อสร้างดีขึ้นโดยจะทำการก่อสร้างตามรูป 2.15 โดยจะทำการขุดดินภายในปล่อง ในสมัยก่อนจะทำการขุดด้วยมือจากนั้นใช้รอกขนถ่ายดินออกจากบ่อ โดยปล่องจะจมด้วยน้ำหนักของตัวมันเอง ณ ปัจจุบันการก่อสร้างประเภทนี้ต้องใช้ความรู้หลายๆอย่าง อาธิ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เช่น วิศวกรรมฐานราก,วิศวกรรมธรณี โดยการประยุกต์ใช้ในงานก่อสร้างจำพวกงานก่อสร้างโครงสร้างใต้ดินที่ลึก การก่อสร้างใต้น้ำและในทะเล โดยสิ่งก่อสร้างเหล่านี้จะต้องนำมาใช้ประโยชน์ในเรื่องป้องกันแรงกระทำทางด้านข้างจากดินหรือน้ำ ในการออกแบบก่อสร้างประเภทนี้จะต้องมีการตรวจสอบข้อมูลที่หลากหลายจำพวกข้อมูลดิน,เทคนิคทางวิศวกรรม ซึ่งถ้าเรามีข้อมูลที่มากจะทำให้การออกแบบมีความถูกต้องจึงจะทำให้การก่อสร้างบรรลุผล



ภาพที่ 2.16 การก่อสร้างปล่องคอนกรีตด้วยวิธีการจม (Sinking Method)
(ที่มา: open caisson Terzaghi, Peck et al. 1996)

การทำฐานรากแบบปล่องมักจะถูกใช้สำหรับฐานรากสะพานหรือโครงสร้างขนาดใหญ่ที่ทำมาจากคอนกรีตเสริมเหล็ก โดยขนาดของมันจะสอนคล้องกับขนาดฐานราก โดยในการทำฐานรากแบบปล่องนั้นมักจะถูกหล่อในที่ตรงตำแหน่งของฐานรากนั้น ๆ ก่อนที่จะให้มันจมลง ถ้าหากก่อสร้างในแม่น้ำหรือทะเลส่วนประกอบโครงสร้างที่ขอบฐานมันจะถูกเสริมเหล็กพิเศษเพื่อเพิ่มความแข็งแรง (Nonveileer 1987)

การจมปล่องคอนกรีตในชั้นดินทรายที่แข็งมากมักจะเกิดความเสี่ยง การจมปล่องคอนกรีตที่ผิดวิธีจะส่งผลทำให้มูลค่าการก่อสร้างเพิ่มขึ้น,เกิดการก่อสร้างที่ล่าช้า และจะส่งผลอันตรายต่อโครงสร้างข้างเคียง ในการจมปล่องคอนกรีตในชั้นดินทรายนั้นจะต้องดำเนินการฉีดอัดน้ำ (Water Jetting) ตรงบริเวรที่เป็นขอบของฐานบ่อซึ่งจะทำให้จมลงง่ายขึ้น ถ้าหากการทำงานไม่สมบูรณ์จะทำให้บ่อเกิดการเอียงได้ ดังนั้นจึงต้องรีบดำเนินการแก้ไขให้เร็วที่สุดและกลับมาดำเนินการจมอีกครั้ง (Abdrabbo and Gaaver 2012)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กระบวนการจมปล่องคอนกรีต โครงสร้างจะจมลงด้วยน้ำหนักของตัวมันเองหรือมีตัวช่วยกดทับให้ได้ระดับความลึกจากผิวดินในลักษณะที่ควบคุมได้ (Solhjell, Sparrevik et al. 1998)

การประมาณค่าแรงเสียดทานที่ผิวระหว่างการจมปล่อง

การจมตัวลงของปล่องคอนกรีตจะถูกควบคมด้วยแรงต้านที่ฐานของปล่องและแรงเสียดทานที่ผิวของผนังปล่อง ดังนั้นถ้าหากที่จะเอาชนะแรงต้านหรือแรงเสียดทานจะต้องมีแรงกระทำบนปล่องเพื่อช่วยในการจม แต่การเพิ่มแรงกระทำนั้นจะส่งผลต่อมูลค่าการก่อสร้างจึงต้องออกแบบบ่อคอนกรีตในลักษณะที่ว่าน้ำหนักของตัวมันเองสามารถที่จะเอาชนะแรงต้านหรือแรงเสียดทานที่ผิวได้ โดยแรงเสียดทานที่ผิวจะขึ้นอยู่กับหลายปัจจัยอาธิ เช่น ชนิดของดิน,รูปร่างของขอบฐานปล่องและขนาดของปล่อง

ชนิดของดิน	แรงเสียดทานที่ผิว(KP_a)
ดินเหนียวอ่อน (Soft clay)	8-30
ดินเหนียวแข็ง (Very stiff clay)	50-100
ทรายหลวม (Loose sand)	13-35
ทรายแข็ง (Dense sand)	35-70
Dense gravel	50-100

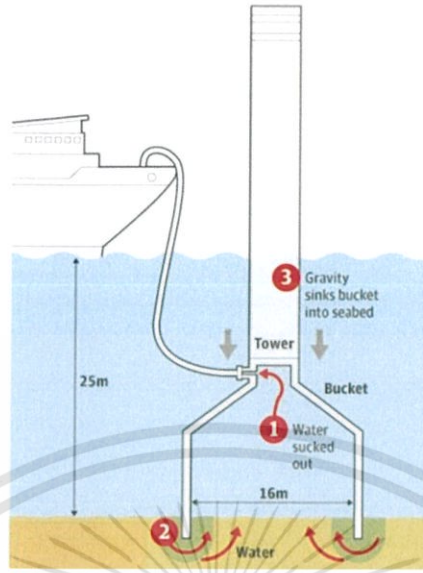
ตารางที่ 2.3 ค่าของแรงเสียดทานที่ผิวปล่องระหว่างจม (Terzaghi, Peck et al. 1996)

ก่อนที่จะดำเนินการจมปล่องคอนกรีตนั้นขั้นแรกต้องดำเนินการเจาะสำรวจดินเพื่อให้ทราบว่าดินบริเวณนั้นเป็นชั้นดินอะไรบ้าง โดยชั้นดินที่เหมาะสมในการจมของบ่อคอนกรีตนั้นต้องเป้นชั้นดินที่ไม่แข็งมากอย่างเช่น ชั้นดินเหนียวอ่อน,ดินเหนียมปนทรายหรือดินทรายหลวม ดินเหล่านี้จะทำให้บ่อคอนกรีตจมลงได้ง่ายเนื่องจากไม่ทำให้แรงเสียดทานที่ผิวสูงเกินไป

การติดตั้งปล่องระบบดูด (Suction Caisson Installation)

ปล่องระบบดูดส่วนใหญ่จะเป็นรูปร่างทรงกระบอกขนาดใหญ่ มักจะทำด้วยเหล็กกล้าโดยส่วนฐานจะเปิดและส่วนบนจะปิดคล้ายๆกับทรงแก้วน้ำที่คว่ำ ส่วนใหญ่นิยมใช้ในการก่อสร้างในทะเล เช่น ทำฐานรากของแท่นขุดเจาะน้ำมันโดยนำมาเป็นฐานรากชนิดตื้นอ(Shallow Foudation) หรือเป็นแบบสมอยึดไว้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.17 แสดงการติดตั้งปล่องระบบดูด (Suction Caisson Installation)

(ที่มา: Abda Berisso Bame)

ในการติดตั้งปล่องระบบดูด สามารถปล่อยให้จมลงด้วยน้ำหนักของตัวมันเองจากนั้นดำเนินการสูบน้ำออกเพื่อให้ปล่องจมลงไปในความลึกที่ต้องการ โดยแรงยึดเกาะจะถูกนำมาคำณวนจาก แรงยึดเกาะที่ผิวนอก,แรงยึดเกาะที่ผิวในและแรงต้านที่ปลายของปล่อง ในการคิดแรงยึดเกาะนี้จะมีหลักการเดียวกันกับการออกแบบเสาเข็มคือ

$$V' = hs_{u1}\alpha_0(\pi D_0) + hs_{u1}\alpha_1(\pi D_i) + (\gamma' hN_q + S_{u2}N_c)(\pi D_t)$$

โดย

D_0 = ระยะขอบนอกถึงขอบนอก

D_i = ระยะขอบในถึงขอบใน

S_{u1} = ค่าเฉลี่ยของกำลังต้านทานแรงกดแบบไม่มีการระบายน้ำ

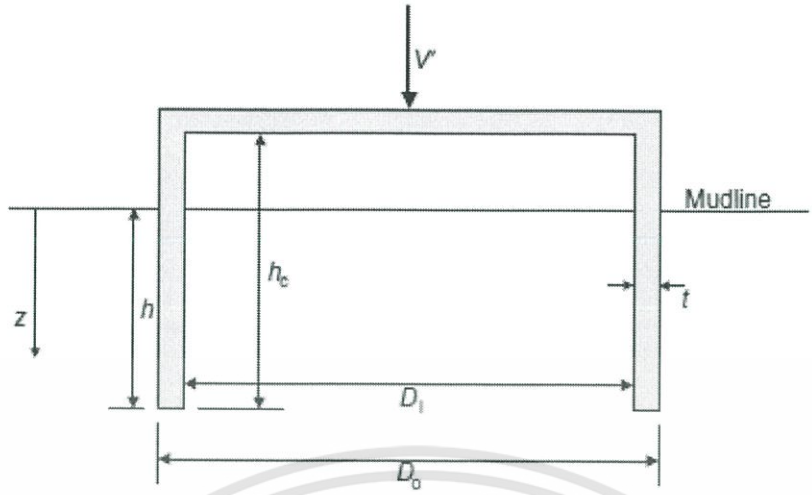
S_{u2} = ค่ากำลังต้านทานแรงกดแบบไม่ระบายน้ำในความลึกนั้นๆ

α_0 = แฟคเตอร์ยึดเกาะด้านนอก

α_1 = แฟคเตอร์ยึดเกาะด้านใน

N_q,N_c = แฟคเตอร์กำลังแบกทานของดิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.18 แสดงตัวแปรปล่องระบบดูด

(ที่มา: Outline of suction caisson (Houlsby and Byrne 2005)

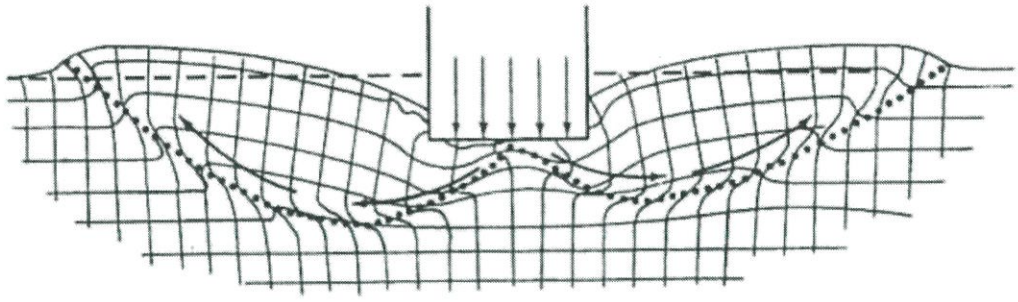
2.5 ค่ากำลังรับน้ำหนักบรรทุกของดิน (Bearing Capacity)

กำลังรับน้ำหนักบรรทุกของดินที่จะส่งผลถึงฐานรากจะขึ้นอยู่กับกับคุณสมบัติของดินค่าแรงยึดเหนี่ยวระหว่างเม็ดดิน,ค่ามุมของแรงเสียดทานภายในของดินและะค่าหน่วยน้ำาหนักของดิน โดยมีค่ากำลังรับน้ำหนักบรรทกสูงสุดของฐานรากคือน้ำหนักที่มากที่สุดที่ไม่ทำให้ฐานรากเกิดการวิบัติ โดยหากมีน้ำหนักบรรทุกมากเกินกว่านี้จะส่งผลให้ฐานรากเกิดการพลิกคว่ำหรือลื่นไถลได้

1. การเคลื่อนพังของดินใต้ฐานราก(Bearing failure of the soils Beneath Footing)

ชั้นดินใต้ฐานรากเมื่อรับน้ำหนักบรรทุกสูงสุดจากสิ่งก่อสร้างด้านบนย่อมจะมีการเคลื่อนตัวดังใน ภาพที่ 2.18 โดยเริ่มตั้งแต่ช่วงยืดหยุ่น(Elastic) ไปจนกระทั่งเกินขีดความสามารถที่ชั้นดินจะรับได้ ก็จะเกิดการวิบัติในที่สุดอีกทั้งยังจะส่งผลกระทบให้ฐานรากเกิดการทรุดตัวจมลงไปในชั้นดินและอาจทำให้โตรงสร้างด้านบนเกิดความเสียหายได้

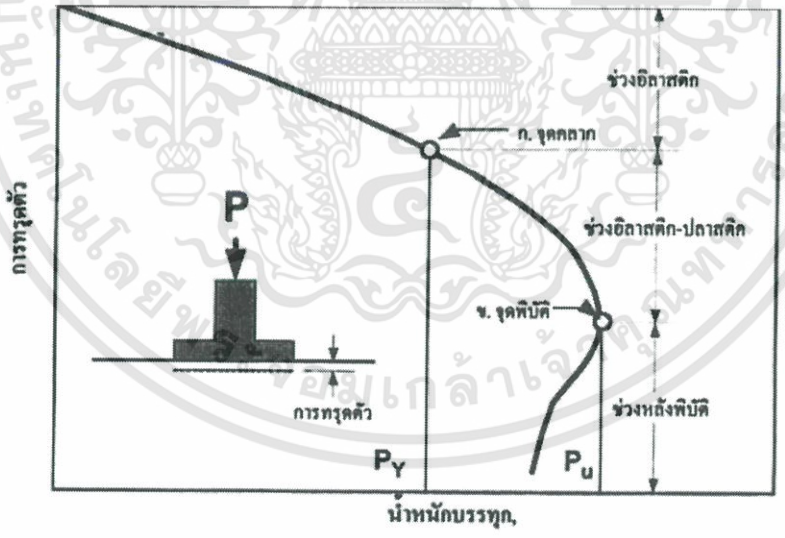
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.19 แสดงการเคลื่อนพังของดินใต้ฐานราก
(ที่มา: เอกสารวิชาวิศวกรรมฐานราก มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี)

การพิบัติของดินที่รองรับฐานรากนั้น เราสามารถที่จะพิจารณาจากกราฟความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักบรรทุกกับการทรุดตัวโดยมีการแบ่งพฤติกรรมของฐานราก 3 จุดคือ

- จุดคลาก (Yield) คือ จุดสุดท้ายของดินที่ยังมีความยืดหยุ่นอยู่
- จุดวิบัติ (failure) คือ จุดที่ชั้นดินมีแรงต้านสูงสุด
- จุดหลังวิบัติ (Post failure) คือ จุดที่ชั้นดินมีการเคลื่อนตัวอย่างรวดเร็ว

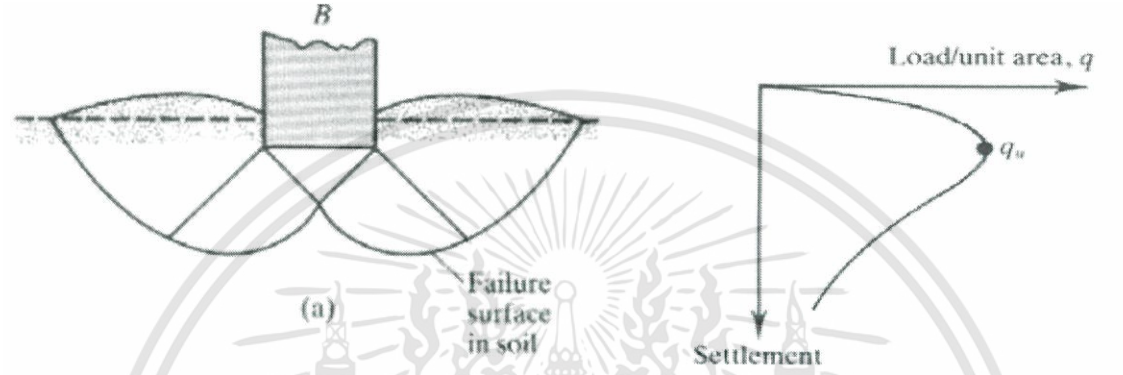


ภาพที่ 2.20 แสดง Load-Settlement Curve ของน้ำหนักบรรทุกบนฐานแผ่
(ที่มา: สื่อการสอน วรากร ไม้เรียง)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

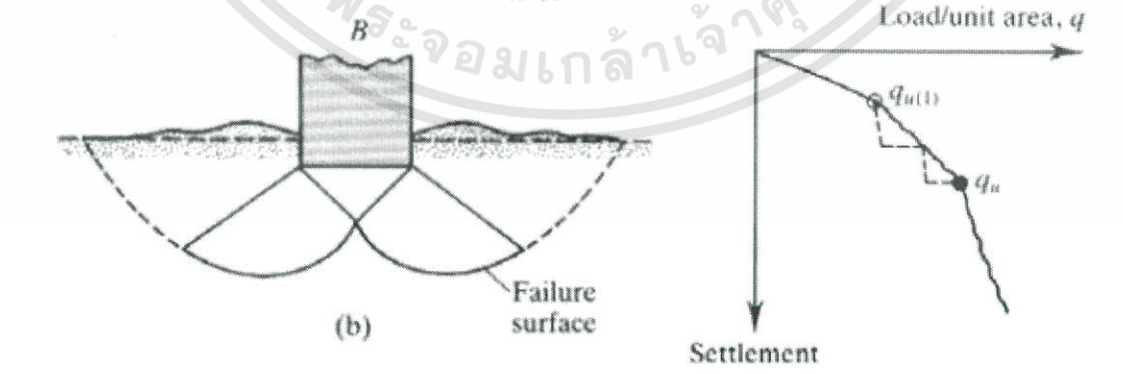
ชนิดของการวิบัติของดินเมื่อรับน้ำหนักบรรทุกประลัย

1. การวิบัติเนื่องจากแรงเฉือนทั่วไป (General Shear Failure) จะเกิดขึ้นกับฐานรากที่วางอยู่บนดินที่มีลักษณะมีความหนาแน่นสูง (ชั้นดินทรายแน่น,ดินเหนียวแข็ง) เมื่อเกิดความเสียหายจะเห็นดินปูดขึ้นมารอบ ๆ ฐานรากอย่างเห็นได้ชัดเจน ถ้าในขณะที่เพิ่มน้ำหนักบรรทุกขึ้นเรื่อย ๆจนถึงน้ำหนักบรรทุกสงสุด การทรุดตัวก็จะมีมากขึ้นและเกิดแนวรอยเลื่อนวิบัติที่มุมและขอบของฐานราก



ภาพที่ 2.21 การวิบัติเนื่องจากแรงเฉือนแบบทั่วไป (General Shear Failure)
(ที่มา: สื่อการสอน วรากร ไม้แรียง)

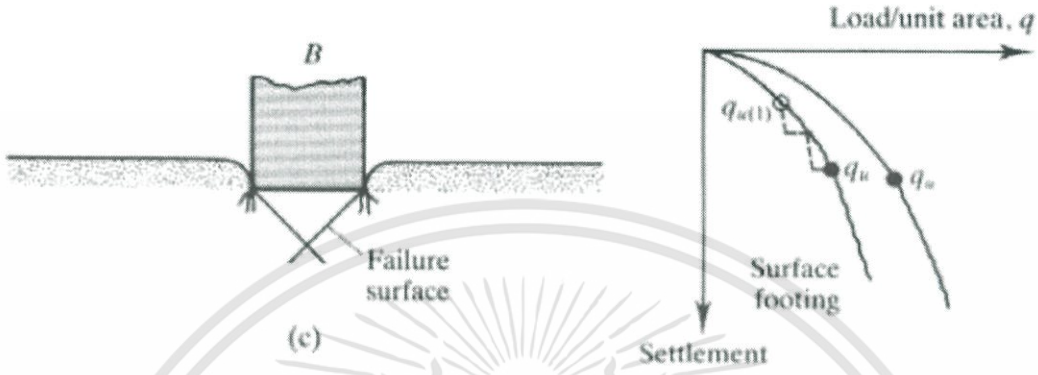
2. การวิบัติเนื่องจากแรงเฉือนเฉพาะที่ (Local Shear Failure) จะเกิดขึ้นในกรณีที่ฐานรากวางอยู่บนชั้นดินที่มีลักษณะหนาแน่นปานกลาง(ทรายแน่นปานกลาง,ดินเหนียวแข็งปานกลาง) ในขณะที่เพิ่มน้ำหนักบรรทุกไปเรื่อย ๆการทรุดตัวก็จะเพิ่มมากขึ้น จนเกิดการวิบัติขึ้นในชั้นดิน ซึ่งแนววิบัติจะไม่ขยายไปยังผิวดิน อย่างไรก็ตามการทรุดตัวจะเกิดขึ้นสูงเมื่อมีการเพิ่มน้ำหนักบรรทุกมากว่าน้ำหนักบรรทุกสูงสุด



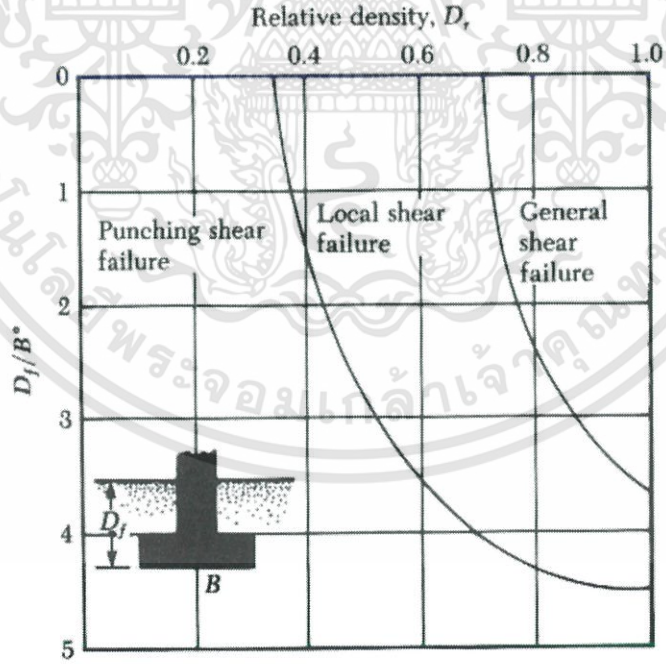
ภาพที่ 2.22 การวิบัติเนื่องจากแรงเฉือนแบบเฉพาะที่ (Local Shear Failure)
(ที่มา: สื่อการสอน วรากร ไม้แรียง)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. การวิบัติเนื่องจากแรงเฉือนแบบเจาะทะลุ (Punching Shear Failure) จะเกิดขึ้นกับฐานรากที่วางอยู่บนชั้นทรายหลวมหรือชั้นดินเหนียวอ่อนลักษณะการวิบัติจะสามารถเห็นได้อย่างชัดเจนแต่สามารถจะสังเกตได้จากการยุบตัวของดินรอบ ๆฐานราก ในแนวการวิบัติจะไม่ขยายไปยังผิวดินแต่จะมีรูปร่างเหมือนลิ่มใต้ฐานราก



ภาพที่ 2.23 แสดงการวิบัติเนื่องจากแรงเฉือนแบบเจาะทะลุ (Punching Shear Failure)
(ที่มา: สื่อการสอน วรากร ไม้แรียง)



ภาพที่ 2.24 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นสัมพัทธ์กับลักษณะการวิบัติของดิน
(ที่มา: สื่อการสอน วรากร ไม้แรียง)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6 ข้อกำหนดเกี่ยวกับการตอกเสาเข็ม

การวางตำแหน่งของเสาเข็มที่จะตอกนั้น ต้องทำให้อยู่ในตำแหน่งที่วิศวกรกำหนดไว้ตามแบบ โดยยอมให้เกิดความผิดพลาดได้ไม่เกิน 5-10 ซม. ถ้าหากตำแหน่งเสาเข็มผิดพลาดมากกว่านี้จะเกิดแรงหนีศูนย์ขึ้นและทำให้เสาเข็มจะรับแรงโมเมนต์ดัด ดังนั้นในระหว่างการตอกเสาเข็มจะต้องมีการควบคุมงานอย่างใกล้ชิด ในการตอกเข็มต้องใช้หมอนรองรับเช่นกระสอบหรือไม้เพื่อลดแรงกระแทกจากลูกตุ้ม เมื่อตอกได้ความต้านทานที่ต้องการแล้วให้หยุดทอกไม่เช่นนั้นหัวเสาเข็มอาจเกิดความเสียหายได้

ภาพที่ 2.25 แสดงการตอกเสาเข็ม
(ที่มา: S&Mรับตอกเสาเข็ม)

ระหว่างตอกเสาเข็ม ผู้ดำเนินการตอกจะต้องคอยปรับแก้ทิศทางของเสาเข็ม ถ้าหากระหว่างการตอกเสาเข็มเกิดการเปลี่ยนทิศทางหรือตอกจมผิดปกติเสาเข็มต้นนั้นอาจเกิดการหักทำให้ใช้งานไม่ได้ ในการตอกเสาเข็มบริเวณดินเหนียวนั้น เมื่อเสาเข็มแทนที่ดินทำให้แรงดันของน้ำในดินเพิ่มขึ้น ทำให้มีกำลังดันเสาเข็มให้ลอยขึ้นมา หรือเรียกว่าเสาเข็มจะรับน้ำหนักได้มากกว่าปกติในช่วงแรกของการตอก

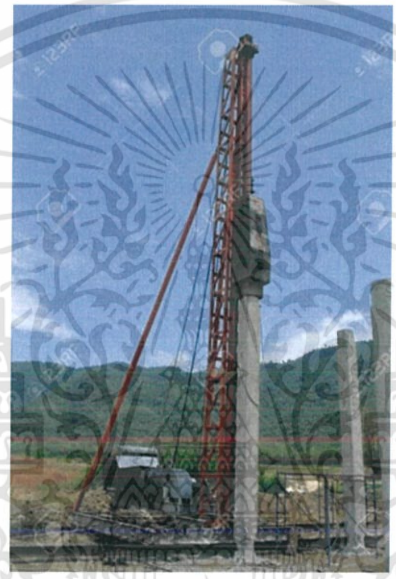
การตอกเสาเข็มในชั้นดินเหนียวบางชนิด ดินจะถูกรบกวนมากส่งผลให้ดินรับน้ำหนักบรรทุกได้น้อยลงซึ่งอาจจะต้องทิ้งไว้หนึ่งถึงสองเดือนจึงมาเริ่มดำเนินการก่อสร้าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การตอกเสาเข็ม

วิธีการตอกเสาเข็มมีอยู่หลายแบบด้วยกัน ยกตัวอย่างเช่น

1. Drop hammer เป็นวิธีที่เก่าแก่ที่สุดและยังคงใช้อยู่ในปัจจุบัน ประกอบด้วยปั้นจั่นตัวใหญ่ พร้อมทั้งลูกตุ้มที่สามารถเลื่อนขึ้นลงได้ ตามความต้องการ โดยใช้สายลวดสลิงเป็นตัวยกลูกตุ้มให้สูงขึ้น แล้วปล่อยตกลงมาบนหัวเสาเข็มลูกตุ้มที่ต้องไม่น้อยกว่า 50 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักของเสาเข็มสำหรับเสาเข็มคอนกรีตเสริมเหล็ก



ภาพที่ 2.26 แสดงวิธีการตอกเสาเข็มแบบ Drop hammer

2. Steam hammer ประกอบด้วยกรอบเหล็กสั้นๆ ซึ่งเป็นรางวางให้ลูกตุ้มวิ่งขึ้นวิ่งลงการบังคับลูกตุ้มบังคับด้วยการระเบิดของไอน้ำหรือแรงกดของอากาศ Steam hammer มีระยะยกคงที่ตอกรัวและเร็วทำ การตอกสม่ำเสมอ มีการสั่นสะเทือนคงที่ การเสียหายเนื่องจากการตอกวิธีนี้น้อยกว่าวิธี Drop hammer

3. Water jet การตอกวิธีนี้เราต้องฝังท่อไว้ในเสาเข็ม แล้วอัดน้ำลงไปตามท่อด้วยความดันสูงไปยังปลายของเสาเข็ม แรงกดดันน้ำจะทำ ให้ดินรอบ ๆ ปลายเสาเข็มหลวม ทำ ให้เข็มจมลงด้วยน้ำหนักตัวมันเอง การตอกเข็มวิธีนี้ เหมาะที่จะใช้กับดินกรวดหรือทราย หรือกับเสาเข็มที่ออกแบบให้รับน้ำหนักที่ปลาย เพราะถ้าตอกบริเวณดินหนียวจะทำ ให้ดินเหนียวรอบ ๆ เสาเข็มเป็นน้ำโคลน ถ้าตอกบริเวณดินตะกอนทำ ให้ดินตะกอนมีลักษณะกึ่งของไหล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. Jacking ถ้าต้องการตอกบริเวณที่มีระยะยกไม่สูงนัก หรือบริเวณที่จะทำ ให้เกิดการสั่นสะเทือนไม่ได้ เราต้องใช้ Hydraulic Jack กดเสาเข็มให้เสาเข็มจมลง

ข้อปฏิบัติในการตอกเสาเข็ม

1. จะต้องมีครอบหัวเสาเข็ม และหมอนรองรับหัวเสาเข็ม กันเสาเข็มแตก

2. การกระแทกของลูกตุ้มตอกบนหัวเสาเข็ม จะต้องลงเต็มหน้า และได้ฉากกับแกนของเสาเข็ม

3. ต้องหยุดการตอกเสาเข็มให้ทันทีก่อนที่เสาเข็มจะเสียหายเพราะ Overdriving เมื่อปรากฏการณ์ในขณะตอกเสาเข็มดังต่อไปนี้

- เสาเข็มมีอาการสั่นและสะบัดใกล้ระดับผิวดิน
- ลูกตุ้มตอกเด้งขึ้น โดยเสาเข็มไม่ทรุดจมเลย
- หัวเสาเข็มแตกทั้งที่ทำ การตอกตามปกติ

4. ต้องหยุดการตอกทันทีที่การทรุดตัวของเสาเข็มแสดงถึงความต้านทานการตอกสูงพอความต้องการ เมื่อผลการตอกเป็นดังนี้

- เสาเข็มไม้ 4 – 5 blows ต่อนิ้ว
- เสาเข็มคอนกรีต 6 – 8 blows ต่อนิ้ว
- เสาเข็มเหล็ก 12 – 15 blows ต่อนิ้ว

5. ลักษณะของเสาเข็มที่ตอกซึ่งแสดงว่าชำ รุดเสียหายแล้ว มีลักษณะอาการให้เห็นดังนี้

- การทรุดตัวของเสาเข็มขณะตอกเพิ่มขึ้นทันที หรือขึ้นๆ ลงๆ ขณะที่ลักษณะของชั้นดินไม่อำนวยให้เป็นเช่นนั้น
- เสาเข็มเปลี่ยนทิศทางทันทีทันใด

6. ในการตอกเสาเข็มจำนวนมากๆ ภายในบริเวณที่ก่อสร้างนั้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งของห้องใต้ดิน เมื่อตอกเสาเข็มเสร็จใหม่ๆ แล้วไม่ควรขุดดินทันที ควรปล่อยทิ้งไว้ประมาณ 1 เดือน ทั้งนี้เพราะดินเมื่อถูกเสาเข็มตอกจะถูกรบกวน (disturbed) ทำ ให้ค่า Shear Strength ของดินลดน้อยลง ซึ่งจะกลับคืนกำ ลังประมาณ 90 % ภายใน 30 – 50 วัน ดังนั้น หากรีบทำ การขุดดินจะเกิดการเลื่อนไถลของดิน ทำ ให้เสาเข็มที่ตอกไว้แล้วเสียหายได้

7. การตอกเข็มกลุ่มให้ตอกเสาเข็มจากต้นกลางกลุ่มออกไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เสาเข็มสั้น Friction Piles ในกรุงเทพ

จากการทดสอบการรับน้ำหนักของเสาเข็มสั้น ค.ส.ล. ยาวประมาณ 10 เมตร ของเสาเข็มรูปต่างๆ กัน 6 แบบ คือเสาเข็มรูปสามเหลี่ยมด้านเท่า รูปสี่เหลี่ยมจัตุรัส รูปดีเอช รูปกลม รูปตัววาย และรูป 8 เหลี่ยม โดยวิธีการ Maintain Loading Test เพิ่มน้ำหนักทุก ๆ 2 เมตริกตัน จนถึงจุด (Ultimate load) วิบัติ และหลังจากนั้นทำ การ Quick Test อีกครึ่งหนึ่ง ได้ผลสรุปดังนี้

1. เสาเข็มสั้นทุกต้นจะถึงจุดวิบัติทันที่เมื่อค่าความฝืดด้านข้างมีค่าสูงสุด
2. ค่าการทรุดตัวของเสาเข็มสั้นที่จุดวิบัติมีค่าประมาณ 4.4 -5.5 มม. (Maintain LoadingTest) เฉลี่ยประมาณ 5 มม.
3. ค่าน้ำหนักปลอดภัยของเสาเข็มสั้นควรใช้เท่ากับครึ่งหนึ่งของค่าน้ำหนักบรรทุกสูงสุดของเสาเข็ม (F.S =2)
4. ในการหาค่าน้ำหนักบรรทุกสูงสุดของเสาเข็มอาจใช้การทดลองแบบ Quick Test ได้ เพราะให้ผลใกล้เคียงกับ Maintain Load test ถ้าหากว่าค่าการทรุดตัวไม่มีผลต่อโครงสร้างมาก
5. ในการคิดค้นค่าเส้นรอบรูปของเสาข็ม ควรใช้เส้นรอบรูปประสิทธิผล สำหรับเสาเข็มที่มีหน้าตัดเป็นรูปเรขาคณิตง่าย ๆ หรือที่มีเส้นรอบรูปเรียบสม่ำเสมอตลอด อาทิเช่น รูปสี่เหลี่ยม แปดเหลี่ยม วงกลม สามเหลี่ยม มีค่า Reduction Factor = 1 เสาเข็มที่มีหน้าตัดไม่ใช่รูปทรงเรขาคณิตง่าย ๆ อาทิเช่น รูปตัวไอ รูปดีเฮช และ รูปตัววาย มีค่า Reduction Factor = 0.86 ยกเว้นเสาเข็มรูปตัววายมีค่าเท่ากับ 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

วิธีการดำเนินการวิจัย

งานวิจัยในครั้งนี้เป็นงานวิจัยเพื่อรวบรวมแนวทางการก่อสร้างและขั้นตอนที่ถูกต้องในการทำบ่อคอนกรีตขนาดใหญ่โดยวิธีการจม(Sinking Method) โดยเริ่มต้นด้วยการศึกษาข้อมูลที่เกี่ยวข้องทั้งหมด ทั้งในอินเตอร์เน็ต หนังสือ หน้างานจริง และเอกสารข้อมูลจากทางบริษัท สรธัชเอ็นจิเนียริ่ง จำกัด โดยผู้ศึกษาจะมุ่งเน้นไปในเรื่องขั้นตอนการทำงาน ข้อดี ข้อเสีย และข้อควรพึงระวัง ของวิธีการก่อสร้างรูปแบบนี้

3.1 รวบรวมเอกสาร และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

เนื่องจากลักษณะการจมบ่อคอนกรีตในครั้งนี้ บ่อคอนกรีตจะมีหน้าที่เปรียบเสมือนกำแพงป้องกันแรงดันดินและเป็นโครงสร้างใต้ดินภายในตัว ดังนั้นผู้วิจัยจะทำการศึกษาตั้งแต่

1. แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องเกี่ยวกับประเภทของโครงสร้างป้องกันดิน
2. แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องที่เกี่ยวกับการก่อสร้างบ่อคอนกรีตขนาดใหญ่ด้วยวิธีการจมบ่อ
3. งานวิจัยหรืองานศึกษาค้นคว้าต่างๆที่เกี่ยวข้อง
4. เอกสารข้อมูลจากทางบริษัท สรธัชเอ็นจิเนียริ่งจำกัด เช่น ข้อมูลการขุดเจาะสำรวจดิน, วิธีการก่อสร้างของการจมบ่อคอนกรีต

3.2 การวางกรอบแนวความคิด ขอบเขต และกำหนดแนวทางในการดำเนินงานวิจัย

การศึกษาแนวทางการก่อสร้างบ่อคอนกรีตใต้ดินด้วยวิธีการจม นั้นเพื่อใช้เป็นแนวทางและขั้นตอนการดำเนินการก่อสร้างเป็นขอบเขตของงานวิจัยชิ้นนี้เพื่อให้เกิดการก่อสร้างทู่กต้องตามหลักทฤษฎีและมีความปลอดภัยในการดำเนินการโดยจะพิจารณาจากหัวข้อย่อยต่อไปนี้

- ทบทวนวัตถุประสงค์ของงานวิจัย
- ทบทวนเนื้อหาและหลักทฤษฎีของโครงสร้างป้องกันแรงดันดิน
- ศึกษาขั้นตอนการก่อสร้างบ่อคอนกรีตใต้ดินด้วยวิธีการจม ของโครงการ ศุภภาลัยซิตี้รีสอร์ท พระราม 8
- ศึกษาข้อดี ข้อเสีย และข้อพึงระวังของวิธีการก่อสร้างในรูปแบบนี้
- วิเคราะห์และสรุปผลงานวิจัย

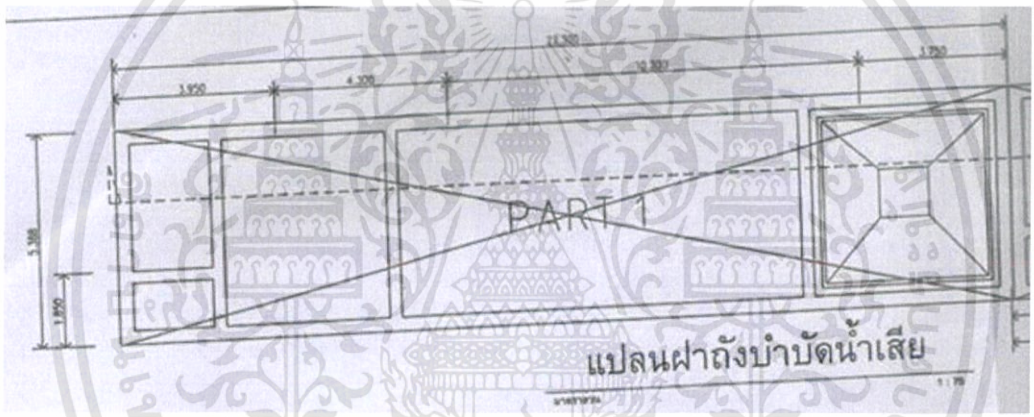
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 การศึกษาแนวทางก่อการสร้างบ่อคอนกรีตใต้ดินด้วยวิธีการจม

การจมบ่อคอนกรีตส่วนใหญ่จะจมบ่อที่มีขนาดที่มีมิติความกว้างและความยาวไม่ใหญ่มากแต่สามารถทำที่ความลึกมากถึง10เมตร อย่างไรก็ตามการจมบ่อที่มีมิติความกว้างและความยาวมากในที่นี้คือ 5.40 ม. X 22.30 ม. ลึกประมาณ 5.40 ม. ซึ่งจะถือเป็นโครงสร้างที่มีมิติใหญ่มาก น้อยกรณีนักที่จะทำ ดังนั้นต้องเริ่มจากแนวคิดตามขบวนการในการออกแบบและวิธีในการก่อสร้าง

***3.3.1* ศึกษาขั้นตอนการออกแบบบ่อคอนกรีตใต้ดินด้วยวิธีการจม**

การก่อสร้างบ่อใต้ดินในกรณีศึกษานี้ เป็นบ่อใต้ดินที่ใช้ในขบวนการบำบัดน้ำ บ่อนี้มีหน้าที่เป็นบ่อหน่วงน้ำให้มีคุณภาพก่อนที่จะปล่อยลงสู่ระบบระบายน้ำสาธารณะโดยมีขนาดือ กว้าง 5.40 ม. X 22.30 ม. ลึกประมาณ 5.40 ม. เมื่อทำบ่อเรียบร้อยจะมีการทำพื้นและผนังย่อยในขั้นตอนต่อไป

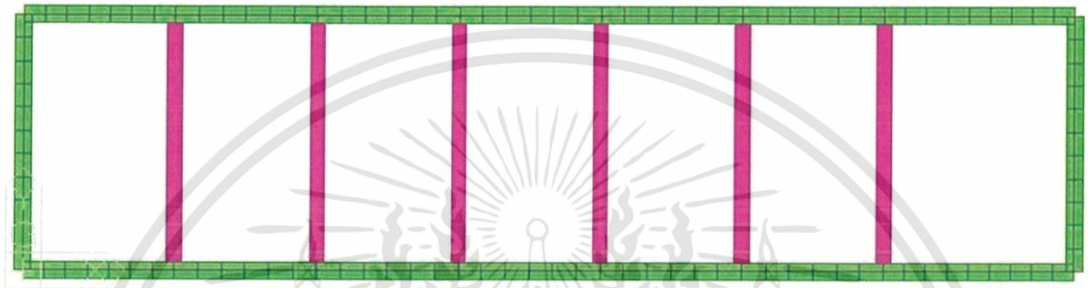


ภาพที่ 3.1 แสดงแปลนของถังบำบัดน้ำเสียขนาด กว้าง 5.40 ม. X 22.30 ม. ลึกประมาณ 5.40 ม.

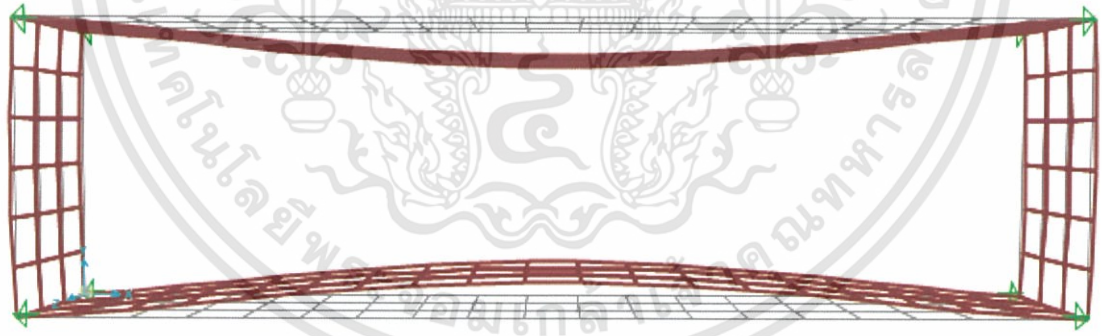
ขณะการติดตั้งบ่อคอนกรีต โครงสร้างของผนังบ่อจะถูกออกแบบโดยพิจารณาจากแรงดันดินเมื่อบ่อถูกทำให้จมลง แรงดันดินจะกระทำรอบผนังบ่อจากภายนอกทำให้ผนังบ่อรับแรงดันดินโดยรอบ ทำให้โครงสร้างต้องต้านทานโมเมนต์และแรงเฉือนที่เกิดขึ้น แต่เนื่องด้วยโครงสร้างของบ่อที่มีมิติความยาวถึง22.30 ม. จำเป็นต้องลดช่วงระหว่างฐานรองรับ (Span) เพื่อลดโมเมนต์ระหว่างการจมและเพื่อให้ประหยัดในการออกแบบทางโครงสร้างจึงต้องออกแบบค้ำยันชั่วคราวตามระยะที่เหมาะสมตามภาพที่3.2 เพื่อลดโมเมนต์สำหรับโครงสร้างนี้เมื่อบ่อคอนกรีตเริ่มถูกทำให้จมลงแรงดันดินจะถูกพัฒนาตามความลึกระยะที่จมของบ่อ พฤติกรรมของบ่อสามารถพิจารณาได้ตามภาพที่ 3.3 ซึ่งในแนวระนาบทั้งแนวดิ่งและแนวรายบ พฤติกรรมการรับแรงจะคล้ายกันเมื่อเริ่มจมบ่อจนถึงเมื่อจมบ่อเสร็จแต่จะต่างกันตรงแรงดันดินที่มากขึ้น แต่สำหรับแนวดิ่งถ้ามีการทำการติดตั้งค้ำยันชั่วคราว เมื่อเริ่มจมปลายของฐานบ่อจะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รับแรงที่ทำให้ปลายโครงสร้างพยายามเคลื่อนที่เข้าหากัน ขณะที่โครงสร้างผนังด้านบนพยายามเคลื่อนที่ออกจากกัน จึงจำเป็นต้องมีโครงสร้างเหล็กชั่วคราวมารอบรับแรงประเภทนี้ จากนั้นเมื่อจมถึงระดับหนึ่งแรงดันดินจะมากขึ้นจะเกิดการถ่ายแรงไปที่ตัวค้ำยันชั่วคราวซึ่งจำเป็นต้องออกแบบคำณวนไม่ให้เหล็กค้ำยันโก่งเดาะได้ และเมื่อจมถึงระดับที่ต้องการทำให้สามารถหล่อพื้นหรือผนังย่อยได้ ตัวเหล่านี้จะเป็นตัวค้ำยันจริงซึ่งสามารถที่จะปลอดตัวค้ำยันที่เป็นเหล็กออกได้



ภาพที่ 3.2 แสดงตำแหน่งติดตั้งค้ำยันชั่วคราว



ภาพที่ 3.3 แสดงพฤติกรรมของผนังบ่อเมื่อแรงดันดินกระทำ

โดยพฤติกรรมของโครงสร้างบ่อระหว่างการติดตั้งและการใช้งานซึ่งต้องมีการคำณวนในช่วงก่อสร้างโดยพิจารณา การรับแรงแบกทานของดิน การลดแรงเสียดทานระหว่างจมดิน และแรงต้านทานของดิน การอูดของดินระหว่างจมและรายการการคำณวนอื่น ๆจะไม่ขอกล่าวรายละเอียดในที่นี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.2 ศึกษาขั้นตอนการก่อสร้างบ่อคอนกรีตใต้ดินด้วยวิธีการจมจากการปฏิบัติจริง

ในขั้นตอนนี้จะทำการศึกษาแนวทางและขั้นตอนการก่อสร้างจากหน้างานจริง โดยเริ่มแรกจะต้องมีการวางแผนในการหล่อบ่อคอนกรีตเสริมเหล็กให้มีประสิทธิภาพ โดยจะต้องมีการเตรียมการหน้างานไว้เช่น เตรียมการติดตั้งเครื่องมือ เครื่องจักรและควรเตรียมทางเข้าออกสำหรับเครื่องจักหนักเอาไว้ด้วย หลังจากที่เตรียมหน้างานพร้อมแล้ว จะมาเริ่มต้นสู่ขั้นตอนการก่อสร้างเนื่องจากบ่อคอนกรีตมีความสูง 5.4 เมตร โดยการก่อสร้างครั้งนี้จะแบ่งเป็นการทำ 4 ขั้นตอนใหญ่ๆ ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1

1. ผู้ควบคุมงานดำเนินการเปิดหน้าดินแบบลาดเอียง(Cut Slope) ลึกลงไปจากระดับดินเดิมประมาณ 1.5 เมตรจากนั้นทำการปรับหน้าดินให้เรียบเพื่อให้สะดวกต่อการทำงาน
2. ดำเนินการหาแนวผนังอย่างคร่าวๆให้ครบเพื่อดำเนินการเทลีนคอนกรีต ในการเทลีนคอนกรีตนั้นจะเทแค่แนวของกำแพงเท่านั้น
3. หลังจากเทลีนคอนกรีตเสร็จแล้ว ผู้ควบคุมงานจะให้ช่างสำรวจดำเนินการหาไลน์ผนังของบ่อเพื่อดำเนินการเข้าแบบในขั้นตอนต่อไป
4. หลังจากได้ไลน์ผนังบ่อแล้วจะดำเนินการเข้าแบบโดยเริ่มจากเข้าแบบด้านในก่อน
   4.1 โดยเริ่มจากเข้าแบบด้านในก่อน ผู้ปฏิบัติงานจะดำเนินการเจาะเสียบเหล็กชิดขอบไลน์ผนังส่วนในให้ตั้งขึ้นบนลีนคอนกรีตเพื่อให้สะดวกต่อการเข้าแบบในและได้ขนาดของปากแบบที่ถูกต้อง
   4.2 ดำเนินการติดตั้งค้ำยันแบบในพร้อมทำการดิ่งเพื่อไม่ให้ผนังบ่อคอนกรีตล้มระหว่างการเทคอนกรีต
   4.3 ก่อนดำเนินการวางเหล็กยืนชั้นด้านใน ผู้ปฏิบัติงานจะต้องดำเนินการเจาะรูไส้อินเนอร์และพลาสติกโคนจากแบบในก่อนเพื่อนช่วยในการประกบแบบ
   4.4 ดำเนินการวางเหล็กยืนและเหล็กปลอกตามระยะความห่างที่แบบกำหนดในชั้นด้านในจากนั้นทำการเชื่อมเหล็กรูปตัวยูติดกับเหล็กเปลอกเพื่อไม่ให้เหล็กชั้นนอกติดกับเหล็กชั้นใน
   4.5 หลังจากดำเนินการติดตั้งเหล็กเสร็จทั้งสองชั้นแล้ว จะดำเนินการแจ้งผู้ควบคุมงานในส่วนของงานระบบเพื่อให้มาทำการติดตั้งอุปกรณ์จำพวกท่อที่แบบกำหนดไว้

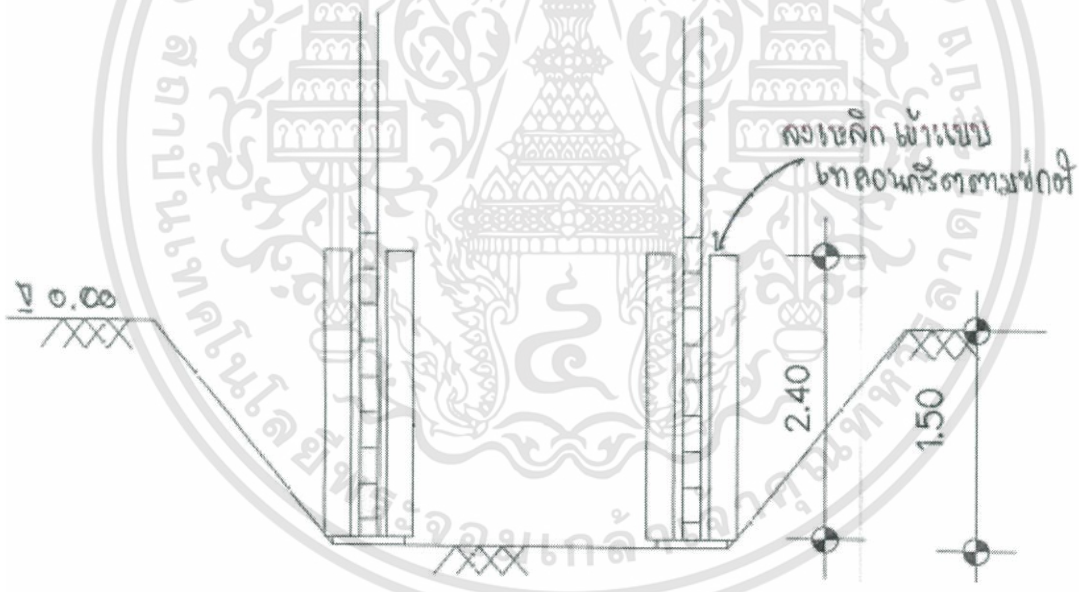
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.6 เมื่อผู้ควบคุมงานระบบดำเนินการติดตั้งท่อเสร็จแล้ว ผู้ควบคุมงานก่อสร้างจะดำเนินการประกบแบบด้านนอกโดยเริ่มจากไล่เจาะรูตรงแบบให้ตรงตำแหน่งเดียวกับแบบในเพื่อที่จะสามารถใส่ไส้อินเนอร์และพลาสติกโคนได้ จากนั้นดำเนินการติดค้ำยันแบบนอกพร้อมขันประกับเขาควายที่ติดกับไส้อินเนอร์ให้แน่น

4.7 เมื่อดำเนินการค้ำยันเสร็จแล้วจะแจ้งให้ช่างสำรวจมาให้ระดับเทคอนกรีตโดยเทชั้นแรกจะเทความสูง 2.4 เมตรจากระดับลีนคอนกรีต หลังจากนั้นผู้ควบคุมงานจะดำเนินการติดตั้งแผ่นยางกันน้ำ (Water stop) ที่ระดับเทคอนกรีตเพื่อไม่ให้น้ำรั่วซึมได้

4.8 จากนั้นผู้ควบคุมงานจะสั่งดำเนินการติดตั้งนั่งร้านและทางเดินเพื่อให้ง่ายต่อการเทคอนกรีตและเดินตรวจสอบงาน

4.9 ผู้ควบคุมงานจะดำเนินการแจ้งผู้ตรวจงานมาทำการตรวจดิ่งผนัง,ตรวจเหล็กเสริม,ระดับเทคอนกรีต,ความสะอาด เพื่อให้เกิดความเรียบร้อยและถูกหลักก่อนการเทคอนกรีต



ภาพที่ 3.4 แสดงขั้นตอนการทำงานในการก่อสร้างบ่อคอนกรีต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 3.5 แสดงการเทลีนคอนกรีตตามแนวผนังบ่อ

ภาพที่ 3.6 แสดงการวางเหล็กและเข้าแบบนอก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 3.7 แสดงการติดตั้งแผ่นยางกันน้ำ (Waterstop)

ภาพที่ 3.8 แสดงการติดตั้งทางเดินเพื่อดำเนินการเทคอนกรีต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

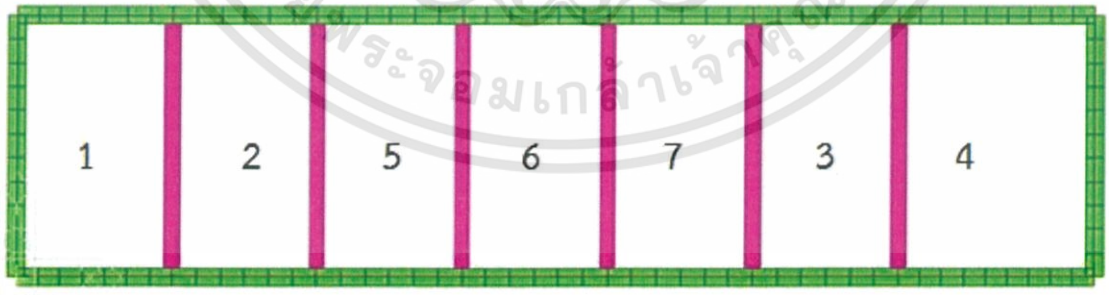
5. ดำเนินการเทคอนกรีต ในการเทคอนกรีตจะดำเนินการเทสูงประมาณ50เซนติเมตรโดยเทวนไปรอบ ๆผนังบ่อจากนั้นใช้เครื่องจี้คอนกรีตเพื่อให้คอนกรีตอัดแน่น พอครบรอบแรกก็ดำเนินการเทที่จุดเริ่มต้นใหม่ทำแบบนี้ไปเรื่อย ๆจนถึงระดับเทคอนกรีต วิธีนี้จะให้ให้คอนกรีตเรียบและเป็นเนื้อเดียวกัน
6. หลังจากดำเนินการเทคอนกรีตเสร็จครบ 48 ชั่วโมง จะดำเนินการถอดแบบใน แบบนอกและค้ำยันเพื่อเตรียมการจมบ่อ
7. ผู้ควบคุมงานจะดำเนินการให้ช่างสำรวจตีไลน์ตำแหน่งของคานเหล็กเฮชบีม(H-Beam) ขนาด 300x300x10x15 มิลลิเมตรตามรายละเอียดที่แบบกำหนดไว้เพื่อเป็นการค้ำยันบ่อคอนกรีตขณะทำการจมลงเพื่อต้านทานแรงดันดินที่กระทำกับผนัง
8. จากนั้นผู้ปฏิบัติติงานจะดำเนินการติดตั้งเพลทเหล็กโดยการใช้สว่านเจาะรูที่ผนัง เจาะที่เพลทเหล็กแล้วดำเนินการอัดน้ำยาเจาะเสียบเหล็กเข้าไปในรูเจาะผนัง จากนั้นตอกเหล็ก DB 16 ความยาวประมาณ 15 เซนติเมตร ฝังลงในผนังประมาณ 8 เซนติเมตร เมื่อตอกเหล็กครบแล้วจะดำเนินการเชื่อมเหล็กที่โผล่ออกมากับเพลทให้ยึดติดกันให้แน่น
9. หลังจากเชื่อมเพลทเหล็กครบแล้วจะดำเนินการติดตั้งคานเหล็กให้ครบตามที่แบบกำหนดไว้

ภาพที่ 3.9 แสดงผนังบ่อคอนกรีตหลังจากการถอดแบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 3.10 แสดงการติดตั้งค้ำยันเหล็กชั่วคราว

10. ขั้นตอนต่อไปจะเริ่มขั้นตอนการจมบ่อ ขั้นตอนนี้เป็นขั้นตอนที่สำคัญมากผู้ควบคุมงานจะต้องควบคุมอย่างใกล้ ชิดเพื่อไม่ให้ผนังบ่อเกิดความเสียหายโดยจะเริ่มขุดดินภายในบ่อเลียงลำดับจากในภาพที่ 3.11 เพื่อป้องกันไม่ให้บ่อเกิดความเอียงมากเกินไปจนแตกหัก นอกจากนี้ต้องมีการควบคุมค่าระดับดับที่ต่างกันของผนังบ่อด้วย โดยหากตำแหน่งไหนอยู่ลึกไปจะดำเนินการหยุดขุดดินบริเวณนั้น ดำเนินการขุดไปเรื่อย ๆจนบ่อจมได้ระดับที่ต้องการข้อสำคัญถ้าเกิดบ่อเอียงขึ้นต้องพยายามปรับแก้ให้บ่อคืนสภาพให้ได้มากที่สุด



ภาพที่ 3.11 แสดงลำดับการขุดดินออกจากบ่อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 3.12 แสดงการขุดดินภายในบ่อคอนกรีตเพื่อทำการจม

ภาพที่ 3.13 แสดงการใช้น้ำหนักกดทับช่วยในการจมของผนังบ่อ

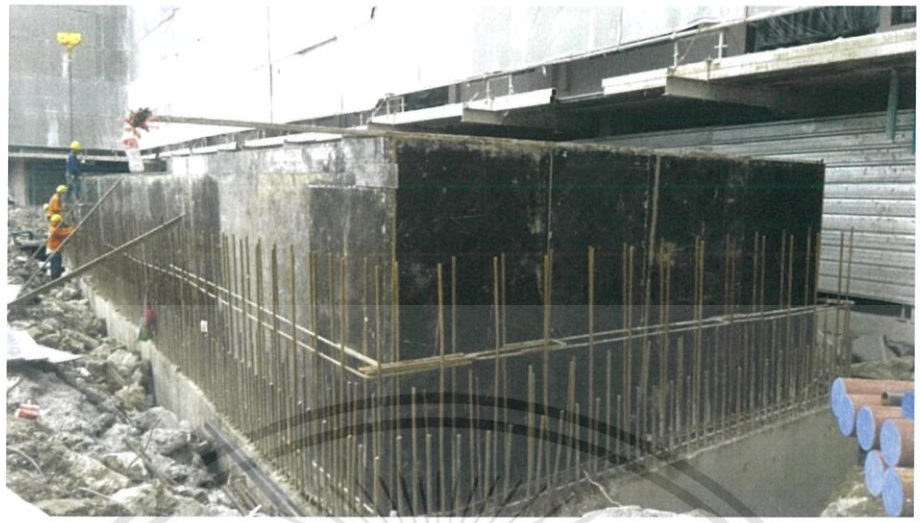
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้นตอนที่ 2

หลังจากทำการจมบ่อคอนกรีตถึงระดับที่ต้องการ จะดำเนินการต่อเหล็กเสริมและเข้าแบบเหมือนกับขั้นตอนที่ 1 จากนั้นดำเนินการเทคอนกรีตขึ้นอีก 2.40 เมตรกล่าวคือ ตอนนี้เราจะมีผนังบ่อความสูง 4.80เมตร จากความสูง 5.30 เมตร ส่วนที่เหลือจะดำเนินการเทเพิ่มขึ้นอีกในขั้นตอนต่อไป เมื่อเทแล้วเสร็จจะดำเนินการถอดแบบ ติดตั้งเพลทพร้อมคานเหล็กค้ำยันชั่วคราว จากนั้นทำการจมบ่อให้ลงไปอีกตามระดับที่ต้องการ

ภาพที่ 3.14 แสดงขั้นตอนการทำงานในการก่อสร้างบ่อคอนกรีตในขั้นตอนที่ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 3.15 แสดงการเข้าแบบในและวางเหล็กเสริม

ภาพที่ 3.16 แสดงการวางเหล็กเสริมและติดตั้งอุปกรณ์ระบบประปา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 3.17 แสดงการเข้าแบบนอกและการค้ำยันแบบ

ภาพที่ 3.18แสดงค้ำยันชั่วคราวเหล็กชั้นที่ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 3.19 แสดงกาขุดดินภายในบ่อเพื่อทำการจมชั้นที่ 2

ภาพที่ 3.20 แสดงการจมของผนังบ่อเมื่อได้ระดับในชั้นที่ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้นตอนที่ 3

หลังจากบ่อจมลงไปได้ระดับแล้วขั้นตอนต่อไปนี้คือขั้นตอนในการทำพื้นและผนังย่อย

1. งานเตรียมการตอกเสาเข็ม ผู้ควบคุมงานตำเนินการตรวจเสาเข็มว่ามีการชำรุดหรือไม่ จำนวนครบหรือไม่ เครื่องจักรที่ใช้ในการตอกมีความสมบูรณ์หรือไม่ ทั้งนี้เพื่อตอนทำงานจะไม่เกิดอุปสรรคใด ๆในการรบกวนการทำงาน
2. จากนั้นผู้ควบคุมงานจะดำเนินการแจ้งช่างสำรวจเพื่อมาให้ตำแหน่งของเสาเข็มตอกตามที่แบบกำหนดไว้
3. หลังจากได้ตำแหน่งของเสาเข็มครบแล้ว ผู้ปฏิบัติงานตอกเสาเข็มจะเริ่มดำเนินการตอกเสาเข็มให้ตรงตามตำแหน่งที่ให้ไว้ ในการตอกเข็มครั้งนี้จะใช้เสาเข็ม I - 22 X 22 X 8 เมตร ในการตอกเข็มนี้จะไม่มีการนับ Blow Count แต่จะกำหนดไว้ว่าให้ตอกจนหัวเสาเข็มโผลออกมาจากดินใต้ฐานบ่อประมาณ50 เซนติเมตร

ภาพที่ 3.21 แสดงการตรวจเสาเข็มว่าสมบูรณ์หรือไม่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 3.22 แสดงการย้ายเสาเข็มเพื่อดำเนินการตอก

ภาพที่ 3.23 แสดงหัวปั้นจั่นกำลังตอกเสาเข็ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

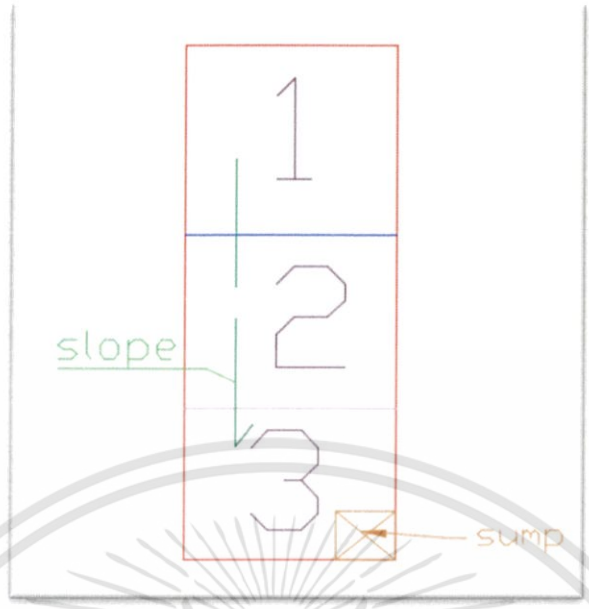
4. หลังจากดำเนินการตอกเสาเข็มครบทุกต้น จะมาถึงขั้นตอนการปรับผิวดินใต้ฐานบ่อเพื่อดำเนินการเทลีนคอนกรีต เนื่องจากตอนนี้ระดับดินที่อยู่ใต้ฐานบ่อคอนกรีตมีค่าประมาณ -5.00 เมตร ซึ่งจะมีน้ำใต้ดินไหลซึมออกมาทำให้เกิดการเทลีนคอนกรีตแบบปกติไม่ได้ ดังนั้นผู้ควบคุมงานแบ่งการเท

   ลีนคอนกรีต 3 รอบโดยเรียงลำดับดังแสดงในภาพที่ 3.24 ทำการปรับความชันผิวหน้าของดินทำให้ดินบริเวณโซนที่ 1 จะสูงที่สุด ดังนั้นน้ำจะไหลไปยังดินบริเวณโซนที่ 3 จากนั้นทำการขุดดินขนาดประมาณ 40×40×40 เซนติเมตร เพื่อให้เป็นบ่อรวมน้ำขนาดเล็ก (Sump) และใช้เครื่องปั๊มน้ำดูดถ่ายน้ำออก
5. หลังจากน้ำแห้งผู้ควบคุมงานจะแจ้งช่างสำรวจเพื่อมาให้ค่าระดับลีนคอนกรีตโดยการทำหมุดตอกไว้ หลังจากได้ระดับผู้ปฏิบัติงานจะเริ่มการเทลีนคอนกรีตแค่บริเวณโซนที่ 1 รอให้เซ็ตตัว จากนั้นดำเนินการเทลีนคอนกรีตบริเวณโซนที่ 2,3 ในลำดับต่อไป ในขั้นตอนการเทลีนคอนกรีตแต่ละโซนนี้จะต้องดูดน้ำออกจากบ่อรวมน้ำตลอดเวลาไม่เช่นนั้นน้ำใต้ดินจะซึมผ่านลีนคอนกรีตทำให้การเทครั้งนี้ไม่มีประโยชน์และทำงานในขั้นตอนต่อไปยากขึ้น
6. หลังจากดำเนินการเทลีนคอนกรีตแล้ว ผู้ควบคุมงานจะดำเนินการแจ้งช่างสำรวจเพื่อทำการขอระดับตัดหัวเข็ม(Pile cut off) จากนั้นให้ผู้ปฏิบัติงานดำเนินการตัดหัวเสาเข็มตามระดับที่ช่างสำเร็จให้ไว้ ในการตัดหัวเสาเข็มนั้นขั้นแรกผู้ปฏิบัติงานจะต้องใช่หินเจียกรีดตัดรอบหัวเข็มตรงระดับตัดหัวเสาเข็มเสียก่อน ไม่เช่นนั้นหากผู้ปฏิบัติงานดำเนินการใช้สกัดเลยอาจทำให้เสาเข็มเกิดความเสียหายเนื่องจากรอยที่เกิดจากการตัดจะเป็นตัวหยุดรอยร้าว และอีกสิ่งที่สำคัญคือผู้ปฏิบัติงานจะต้องเหลือเส้นเหล็กเดือย (Dowel rebar) ให้สามารถฝากไว้ในพื้นได้ (เหล็กเดือยจะช่วยรับแรงลอยตัวของบ่อคอนกรีต)
7. เมื่อผู้ปฏิบัติงานดำเนินการตัดหัวเสาเข็มเป็นที่เรียบร้อยแล้วจากนั้นผู้ควบคุมงานจึงทำการแจ้งช่างสำรวจอีกครั้งเพื่อขอระดับของพื้น
8. หลังจากได้ระดับของพื้นเรียบร้อยแล้ว เนื่องจากตอนทำการเทผนังบ่อไม่ได้ฝากเหล็กพื้นเอาไว้ ดังนั้นผู้ปฏิบัติงานจะดำเนินการฝากเหล็กพื้นโดยการ นำสว่านเจาะตรงผนังบ่อให้ได้ระดับเดียวกันกับพื้น โดยทำการเจาะให้ครบตามเหล็กพื้นที่แบบกำหนดมา
9. จากนั้นผู้ปฏิบัติงานจะเนินการใช้น้ำยาเจาะเสียบอัดเข้าไปในรู แล้วจึงดำเนินการตอกเหล็กเข้าไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

10. หลังจากที่ลงเหล็กพื้นครบเรียบร้อยแล้ว ผู้ควบคุมงานจะดำเนินการแจ้งช่างสำรวจอีกครั้งเพื่อขอแนวตำแหน่งของผนังย่อย
11. หลังจากได้แนวของผนังย่อยแล้ว ผู้ปฏิบัติงานจะดำเนินการฝากเหล็กของผนังย่อยไว้กับเหล็กพื้น
12. จากนั้นผู้ควบคุมงานจะเดินตรวจความเรียบร้อยของหน้างาน ในเรื่องเหล็กพื้นครบหรือไม่ เหล็กฝากผนังย่อยครบหรือไม่ ความสะอาดได้หรือไม่ แล้วจะสั่งดำเนินการแก้ไขให้เรียบร้อย
13. หลังจากหน้างานเสร็จเรียบร้อยแล้วผู้ควบคุมงานจะดำเนินการแจ้งผู้ตรวจงานเพื่อให้มาตรวจความเรียบร้อยอีกครั้งและขออนุญาติทำการเทคอนกรีต
14. หลังจากดำเนินการเทคอนกรีตที่พื้นเรียบร้อยแล้ว ขั้นตอนต่อไปผู้ควบคุมงานจะเริ่มดำเนินการเตรียมทำผนังย่อย โดยขั้นแรกจะดำเนินการปลดคานเหล็กค้ำยันชั่วคราวชั้นแรกจากนั้นจะให้ผู้ปฏิบัติงานดำเนินการลงเหล็กผนังย่อยตามที่แบบกำหนด
15. เมื่อผู้ปฏิบัติงานดำเนินการลงเหล็กผนังย่อยเรียบร้อยแล้วจากนั้นผู้ควบคุมงานจะแจ้งผู้ควบคุมงานในส่วนงานระบบเพื่อมาทำการติดตั้งอุปกรณ์ตามที่แบบกำหนดไว้จากนั้นจึงจะเริ่มทำการเข้าแบบเพื่อการเตรียมเทคอนกรีต
16. หลังจากเข้าแบบผนังย่อยเรียบร้อยแล้วผู้ควบคุมงานจะดำเนินการแจ้งผู้ตรวจงาน มาตรวจความเรียบร้อยเพื่อขออนุญาติเทคอนกรีตจากนั้นจะดำเนินการเทคอนกรีตจนได้ระดับที่แบบกำหนดไว้
17. เมื่อเทผนังย่อยครบหมดแล้วผู้ควบคุมงานจึงเริ่มที่จะปลดคานเหล็กค้ำยันชั่วคราวออก เนื่องจากผนังย่อยจะมาต้านแรกดันดินแทนทำให้บ่อไม่เกิดความเสียหาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 3.24 แสดงลำดับขั้นตอนการเทพื้นคอนกรีต

ภาพที่ 3.25 แสดงการปรับระดับดินให้เกิดความลาดเอียง

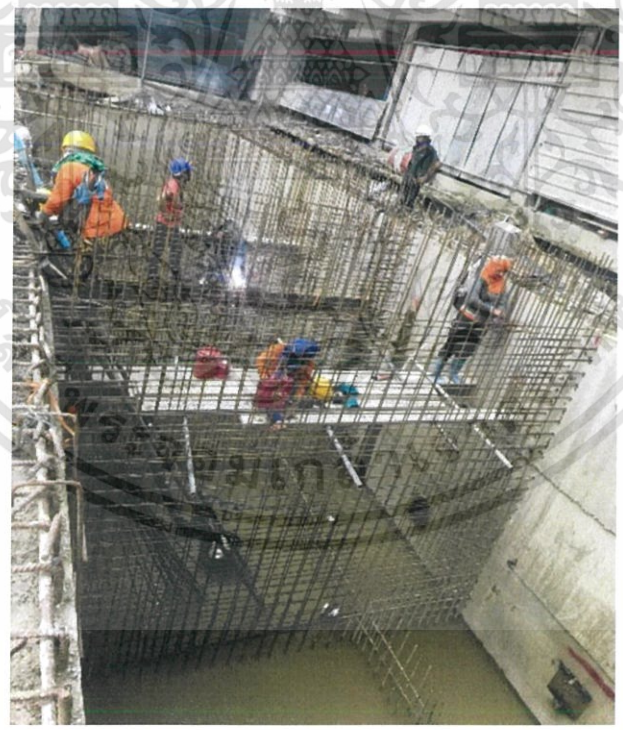
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 3.26 แสดง Sump เพื่อดูดน้ำออกจากบ่อตลอดเวลา

ภาพที่ 3.27 แสดงเหล็ก Dowel ที่ยื่นออกมาจากหัวเสาเข็ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 3.28 แสดงการลงเหล็กเสริมพื้น



ภาพที่ 3.29 แสดงการวางเหล็กเสริมผนังย่อย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 3.30 แสดงการเข้าแบบผนังย่อย

ขั้นตอนที่ 4

หลังจากทำการเทผนังย่อยครบเรียบร้อยแล้วขั้นต่อไปจำดำเนินการเทฝาบ่อโดยมีขั้นตอนดังนี้

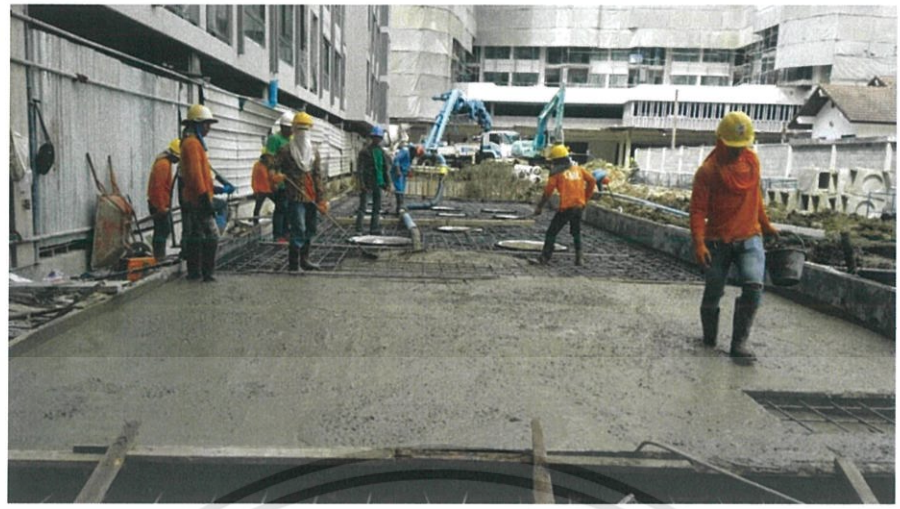
1. เนื่องจากบ่อคอนกรีตมีความสูงมากดังนั้นผู้ควบคุมงานจึงสั่งตั้งนั่งร้านเพื่อให้สะดวกต่อการทำงานและมีความปลอดภัย
2. จากนั้นผู้ควบคุมงานจะดำเนินการแจ้งช่างสำรวจเพื่อขอระดับของท้องฝาบ่อคอนกรีตและแนวของฝาบ่อ
3. ผู้ปฏิบัติงานจะดำเนินการติดตั้งไม้อัดเพื่อรองเป็นท้องฝาบ่อและกรอบของฝาบ่อ
4. จากนั้นผู้ปฏิบัติงานจะทำการวางเหล็กของฝาบ่อตามที่แบบกำหนด
5. เมื่อดำเนินการวางเหล็กครบแล้วจากนั้นผู้ควบคุมงานจะดำเนินการแจ้งผู้ควบคุมงานระบบมาดำเนินการติดตั้งช่องเปิดสำหรับงานท่อระบายน้ำ
6. จากนั้นผู้ควบคุมงานจะดำเนินการแจ้งผู้ตรวจงาน เพื่อมาตรวจความเรียบร้อยและทำถกต้องตามแบบหรือไม่
7. เมื่อตรวจความเรียบร้อยเสร็จแล้วผู้ควบคุมงานจะดำเนินการเทคอนกรีต พร้อมทำการขัดเรียบฝาบ่อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 3.31 แสดงการตั้งนั่งร้านและเข้าแบบเพื่อเทฝาบ่อ

ภาพที่ 3.32 แสดงการลงเหล็กเสริมฝาบ่อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 3.33 แสดงการคอนกรีตฝาบ่อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ผลการวิจัย

4.1 กระบวนการก่อสร้างบ่อคอนกรีตใต้ดินด้วยวิธีการจม

กระบวนการก่อสร้างบ่อคอนกรีตขนาดใหญ่นี้ต้องพิจารณาแนวทางในการก่อสร้างที่หลากหลาย เช่น การก่อสร้างที่ ปลอดภัย ประหยัดค่าใช้จ่ายและเวลาในการดำเนินก่อสร้าง โดยทางวิศกรผู้ควบคุมงานก่อสร้างได้เสนอแนวคิดที่หลากหลาย อาทิเช่น การใช้เข็มพืดเหล็ก การใช้เข็มพืดไม้ การเปิดหน้าดินให้เกิดความลาดชัน และการจมบ่อ เพื่อป้องกันแรงดันดินทางด้านข้างที่จะมาเป็นอุปสรรคในการทำงาน

จากการคัดเลือกเทคนิควิธีในการก่อสร้างบ่อคอนกรีตใต้ดินนั้น ได้ใช้วิธีการระดมสมองจากผู้ที่มีประสบการณ์หลากหลายโดยกระบวนการในการก่อสร้างนั้นจะพิจารณาจาก ค่าใช้จ่าย เวลา และเงื่อนไขในการก่อสร้าง ได้แก่ ช่วงฤดูในการก่อสร้าง พื้นที่ในการทำงานที่จำกัด ในด้านเวลาการก่อสร้างรวมและส่งคืนพื้นที่ที่รวดเร็วอีกทั้งยังมีข้อจำกัดในการเปิดหน้าดิน ดั้งนั้นวิศวกรผู้ควบคุมงานจึงเลือกใช้วิธีการก่อสร้างที่เรียกว่าการจมบ่อคอนกรีต (Sinking Method) โดยโครงสร้างผนังบ่อคอนกรีตจะเป็นคอนกรีตเสริมเหล็กหล่อในที่ตามตำแหน่งที่กำหนดไว้และเสริมความแข็งแรงที่สัมพันธ์กับแรงที่เกิดขึ้นในระหว่างการก่อสร้าง แต่อย่างไรก็ตามวิธีการก่อสร้างแบบนี้จะมีข้อดี ข้อเสีย และข้อควรพังระวัง ดังนั้นผู้ดำเนินการวิจัยจะขอรวบรวมประโยชน์จากการก่อสร้างรูปแบบนี้ ดังนี้

4.2 ข้อดีในการก่อสร้างบ่อคอนกรีตใต้ดินด้วยวิธีการจมบ่อ

4.2.1 ด้านราคาในการก่อสร้างเมื่อเปรียบเทียบกับการใช้เข็มพืดเหล็ก

ค่าใช้จ่ายในการก่อสร้างจะถูกกว่าการใช้เข็มพืดเหล็ก เนื่องจากขั้นตอนในการก่อสร้างวิธีการจมบ่อ บ่อคอนกรีตเสริมเหล็กจะทำหน้าที่เป็นการป้องกันแรงดันดินไปในตัวทำให้ไม่ต้องกดเข็มพืดเหล็กเพื่อป้องกันแรงดันดินหากเปรียบเทียบราคาในงานด้านการป้องกันแรงดันดินทางด้านข้าง ในการก่อสร้างที่ต้องใช้เข็มพืดเหล็กจะมีราคาที่สูงกว่ามากโดยคำณวนคร่าวๆจากข้อมูลดังตาราง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิธีดำเนินงาน	รายการ	ปริมาณ	หน่วย	ราคาต่อหน่วย	ราคา
ใช้เข็มพืดเหล็กเพื่อป้องกันแรงดันดิน	- ค่าเช่า Steel Sheet pile ขนาด 400 x 125 x 3 มม. ยาว 16 เมตร	188,635	กก.	4 บาท	754,540 บาท
	- ค่าขนส่ง ตอกและถอน Steel Sheet Pile	188,635	กก.	5 บาท	943,175 บาท
	- งานติดตั้ง Bracing และขุดดิน พร้อมรื้อถอน	เหมารวม	งาน	-	590,000 บาท
รวม					2,287,715 บาท
การจมบ่อคอนกรีต	- Mobilization BackHole	40	วัน	6,500 บาท	260,000 บาท
	- งานติดตั้งค้ำยันชั่วคราว H-Beam ขนาด 300x300x10x15 มม.	เหมารวม	งาน	-	9,000 บาท
รวม					269,000 บาท

ตารางที่ 4.1 แสดงราคางานป้องกันแรงดันดินระหว่างการจมบ่อกับเข็มพืดเหล็ก

หากเปรียบเทียบราคาในงานด้านการป้องกันแรงดันดินทางด้านข้าง ในการก่อสร้างที่ต้องใช้เข็มพืดเหล็กจะมีราคาที่สูงกว่ามากโดยคำณวนคร่าวๆจากมูลค่างานปริณมาณที่ใกล้เคียงกัน โดยบริษัทรับเหมา ปักเข็มพืดเหล็กจะตีราคาประมาณ 2,287,715 บาทโดยราคานี้คือหน้างานพร้อมดำเนินการหล่อบ่อคอนกรีตได้ทันที กล่าวคือปริมาณดินจำนวนมากทางผู้รับเหมาจะขนออกให้ด้วย แต่ถ้าใช้วิธีการจม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บ่อนั้นจะมีค่าใช้จ่ายจำพวกค่าเช่ารถแบคโฮ งานติดตั้งค้ำยันชั่วคราว โดยค่าเช่ารถแบคโฮพร้อมค่าน้ำมันประมาณวันละ 6,500 บาท งานติดตั้งค้ำยันชั่วคราวเหมารวม 9,000 บาท โดยพอนำมาเปรียบเทียบราคากันในเวลาการก่อสร้าง ประมาณ 40 วัน การเลือกใช้วิธีการจมบ่อจะมีราคาถูกกว่าถึงประมาณ 2,018,715 บาท แต่อย่างไรก็ตามมูลค่างานด้วยวิธีการจมนั้น อาจเพิ่มขึ้นได้ เช่น บางพื้นที่จะมีรถมาขนดินทิ้งให้ฟรี เวลาในการเช่าเครื่องจักรเพิ่มขึ้น และงานเสริมความแข็งแรงของผนังบ่อที่ต้องสังเกตจากหน้างานจริง

4.2.2 ด้านระยะเวลาในการก่อสร้างเมื่อเปรียบเทียบกับการใช้เข็มพืดเหล็ก

หากใช้วิธีการก่อสร้างแบบจมบ่อคอนกรีตจะสามารถประหยัดเวลาในการทำงานเพราะ หากดำเนินการก่อสร้างด้วยเข็มพืดเหล็กจะก่อให้เกิดการเสียเวลาในการปักเข็มพืด การติดตั้งระบบค้ำยัน (Bracing) อีกทั้งเมื่อการก่อสร้างแล้วเสร็จยังต้อง ถมทรายคืนหลังเข็มพืดเหล็กอีกด้วย

ภาพที่ 4.1 แสดงวิธีการก่อสร้างโดยใช้เข็มพืดเหล็ก
(ที่มา www.jnc-machinery.co.th)

4.3 ข้อเสียในการก่อสร้างบ่อคอนกรีตใต้ดินด้วยวิธีการจมบ่อ

1. ในการก่อสร้างแบบจมบ่อคอนกรีตจะมีขั้นตอนการทำงานที่เยอะกว่าแบบใช้เข็มพืด โดยในขั้นตอนที่เพิ่มขึ้นมาคือขั้นตอนการทำให้ผนังบ่อจมลงไปในดิน หากดินบริเวณนั้นเป็นดินแข็ง การจมของบ่อจะทำได้ยาก กล่าวคือถ้าหากบ่อกำลังจมลงไปในดินและผนังบ่อเกิดการเอียง ผู้ควบคุมงานต้อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รีบดำเนินการแก้ไขให้เร็วที่สุดซึ่งหากผนังบ่อเกิดการเอียงและผิดตำแหน่งไปแล้วจะกู้คืนกลับมายากมาก ดังนั้นผู้ควบคุมงานต้องมีประสบการณ์ในการทำมาก่อนและรู้วิธีการแก้ปัญหาเฉพาะหน้า

ภาพที่ 4.2 แสดงขุดดินออกจากบ่อคอนกรีต

2. เสี่ยงต่อปัญหาน้ำใต้ดิน หากเกิดมีปริมาณน้ำใต้ดินเยอะผู้ควบคุมงานจะต้องเร่งดูดน้ำออกให้ได้มากที่สุดและขณะทำการจมบ่อถ้ามีน้ำขังในบ่อมากจะทำการจมบ่อได้ลำบากเนื่องจากรถตักดินไม่สามารถตักดินที่เป็นดินเลนขึ้นมาได้

ภาพที่ 4.3 แสดงการตักดินออกขณะที่น้ำใต้ดินท่วมเต็มบ่อทำให้ดินที่ขึ้นมาเป็นดินเลน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. เสี่ยงต่อปัญหาวัสดุที่มองไม่เห็นใต้ดินเช่น เสาเข็มเก่า ฐานรากเก่า เศษปูนขนาดใหญ่ หากระหว่างทำการจมบ่อลงไปแล้วผนังบ่อไปนั่งตรงตำแหน่งที่กล่าวถึงจะทำให้บ่อคอนกรีตไม่สามารถจมลงไปได้ หากเลวร้ายไปกว่านั้นบ่อจะเกิดการบิดเอียงและเสียรูปไป ดังนั้นหากเกิดสถานะการณ์เช่นที่ผู้ควบคุมงานจะต้องสั่งหยุดการจมแล้วให้ผู้ปฏิบัติงานดำเนินการรื้อสิ่งกีดขวางออกเสียก่อน

4.4 เปรียบเทียบการก่อสร้างบ่อคอนกรีตใต้ดินด้วยการจมบ่อคอนกรีตและการใช้เข็มพืดเหล็ก

ข้อเปรียบเทียบ	ใช้เข็มพืดเหล็กเพื่อป้องกันแรงดันดิน	การจมบ่อคอนกรีต
ด้านค่าใช้จ่าย	มูลค่าสูงเนื่องจากต้องเช่าเข็มพืดเหล็กและติดตั้งระบบค้ำยันต่างๆ	มูลค่าข่อนข้างถูก
ระยะเวลา	เสียเวลาในขั้นตอนการปัก ถอน ขนย้ายเข็มพืดเหล็ก	ใช้เวลาน้อยกว่า แต่จะเสียเวลาขั้นตอนการทำให้ผนังจมลงไปในดิน
ความเสี่ยง	เสี่ยงต่อปัญหาดินเคลื่อนตัวหลังจากถอนเข็มพืดเหล็ก จึงต้องมีการ Back Field กลับไปหลังเข็มพืดเหล็กก่อนการถอน	- เสี่ยงต่อปัญหาวัตถุที่มองไม่เห็นใต้ดิน อาจทำให้การจมบ่อคอนกรีตเกิดความล่าช้า - เสี่ยงต่อการควบคุมไม่ให้ผนังบ่อฝั่งใดฝั่งหนึ่งเกิดการบิดเบี้ยวเอียง ถ้าเจอปัญหานี้ต้องรีบแก้ไขให้เร็วที่สุด

ตารางที่ 4.2 เปรียบเทียบการก่อสร้างบ่อคอนกรีตใต้ดินด้วยการจมบ่อคอนกรีตและการใช้เข็มพืดเหล็ก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.5 ข้อพึงระวังในการก่อสร้างบ่อคอนกรีตใต้ดินด้วยวิธีการจมบ่อ

1. ในการเทผนังคอนกรีต เนื่องจากแบ่งเทเป็นสองครั้ง ครั้งละ 2.6 เมตร ทำให้เกิดรอยต่อของผนังจึงจำเป็นต้องมีการใส่วอเตอร์สต๊อป (WaterStop) ไว้ระหว่างคอนกรีตแต่ละส่วน (Section) ที่มีการหยุดเท เนื่องจากคอนกรีตทั้ง 2 ส่วนที่แข็งตัวไม่พร้อมกันนั้นจะไม่ประสานเข้าเป็นเนื้อเดียวกันและมีรอยแยกระหว่างรอยต่อ รอยแยกนี้เองเป็นสาเหตุให้น้ำรั่วหรือไหลเข้ามาจึงจำเป็นต้องใส่วอเตอร์สต๊อปไว้ระหว่างรอยต่อนี้

ภาพที่ 4.4 แสดงการละเลยไม่ใส่แผ่นยางกันน้ำ

ภาพที่ 4.5 แสดงเมื่อเทผนังบ่อแล้วเสร็จแต่ไม่ใส่แผ่นยางกันน้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

แนวทางการก่อสร้างบ่อคอนกรีตใต้ดินด้วยวิธีการจม เป็นวิธีการจมบ่อคอนกรีต ซึ่งถือเป็นอีกประสบการณ์หนึ่งของทีมงานการก่อสร้างและเป็นอีกแนวทางในการเลือกการก่อสร้างรูปแบบนี้ เพื่อตอบสนองต่อการใช้ประโยชน์ในเงื่อนไขต่างๆ จากประสบการณ์การก่อสร้างบ่อขนาดใหญ่นี้สามารถประยุกต์ใช้ในงานทำสาธารณูประโภคใต้ดิน เช่น บ่อเดินท่อสายไฟใต้ดิน ท่อประปาและระบบน้ำเสียที่มีขนาดใหญ่ ซึ่งความรู้ที่ได้สามารถนำมาประยุกต์ใช้และแก้ปัญหานี้ได้ แต่อย่างไรก้ตามจำเป็นต้องเก็บเกี่ยวประสบการณ์จากหน้างานและเทคนิคต่างๆ และระบบการจัดการทั้งหมดเพื่อให้ได้ผลงานที่มีประสิทธิภาพมากที่สุด โดยเฉพาะอย่างยิ่งต้องออกแบบคำณวนค้ำยันชั่วคราวเหล็กให้เกิดความปลอดภัยและสอดคล้องกับพฤกติกรรมของผนังบ่อ อีกทั้งด้านงานงบประมาณต้องควบคุมดูแลไม่ให้เพิ่มมากขึ้นอีกด้วย

5.2 ข้อเสนอแนะ

5.2.1 ข้อเสนอแนะจากการใช้ประโยชน์จากการวิจัย

ข้อมูลที่เกิดขึ้นในงานวิจัยฉบับนี้ เกิดขึ้นจากการการรวบรวมข้อมูลจากแหล่งต่างๆ และได้รับมาจากการทำงานและผู้มีประสบการณ์ในการหน้างาน ทั้งหมดนี้ก็เพื่อให้สอดคล้องและเป็นไปตามกำหนดตามเงื่อนไขของวิศวกรผู้ออกแบบพร้อมทั้งให้ผู้รับจ้างทำงานเกิดความมั่นใจ ดังนั้นผู้ที่สนใจจะศึกษาหรืออ้างอิงข้อมูลจากการวิจัยเล่มนี้ควรจะเข้าใจจุดประสงค์ของการวิจัยเพื่อที่จะให้ผู้ที่ต้องการจะใช้ประโยชน์จากการวิจัยเล่มนี้จะเข้าใจก่อนว่า การวิจัยนี้มีขึ้นเพื่อจัดทำแนวทางเพื่อให้ผู้ที่สนใจทำการศึกษาข้อมูลต่างๆที่ผู้วิจัยได้ทำการวิจัยขึ้นมา ได้ศึกษาขั้นตอนเหล่านี้เพื่อที่ท่านจะได้นำไปปรับใช้หรือค้นคว้าต่อไปสำหรับงานวิจัยของท่านในอนาคต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2.2 ข้อเสนอแนะในการวิจัยในครั้งต่อไป

การศึกษาการวิจัยในครั้งนี้ผู้ที่สนใจจะวิจัยในหัวข้ออื่นๆทีมีความใกล้เคียงหรือเพิ่มเติมจากการวิจัยนี้ก็เป็นไปได้ โดยการวิจัยที่อาจเป็นไปได้ เช่น มีการเพิ่มรายการการคำณวนค้ำยันชั่วคราวขึ้นมา หรือการก่อสร้างบ่อคอนกรีตที่มีมิติใหญ่กว่านี้ และอื่นๆ ผู้วิจัยเสนอให้ท่านนำการวิจัยนี้ไปใช้ในการอ้างอิงเพื่อเป็นแนวทางให้อ้างอิงการทำวิจัยต่อไป

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

- เอกสารการสอนของผศ.ดร.ธนาดล คงสมบูรณ์ Department of Civil Engineering kmitl.
- พรพจน์ ตันเส็ง,เอกสารประกอบการสอนวิชาวิศวกรรมฐานราก,สาขาวิศวกรรมโยธา สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี, 2554
- Open Caisson Terzaghi, Peck et al. 1996
- เทคนิคการจมบ่อใต้ดินขนาดใหญ่สำหรับติดตั้งเครื่องจักร โดยเฉลิมเกียรติ วงศ์วนิชทวี
- New Method of Sinking Caisson Tunnel in Soft Soil โดย Abda Berisso Bame.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก.

คำนิยามปฏิบัติการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คำนิยามปฏิบัติการ

1. ผู้ควบคุมงาน หมายถึง บุคคลผู้รับผิดชอบเกี่ยวกับการก่อสร้างหน้างาน

2. ผู้ปฏิบัติงาน หมายถึง บุคคลที่ได้รับมอบหมายจากผู้ควบคุมงานให้ปฏิบัติงานนั้นๆ

3. ผู้ตรวจงาน หมายถึง บุคคลที่ได้รับมอบหมายจากผู้ว่าจ้างให้มาควบคุมผู้ควบคุมงาน

4.วิศวกร หมายถึง วิศวกรที่เป็นสมาชิกและได้รับใบประกอบวิชาชีพวิศวกรควบคุมของสภาวิศวกร

5. รายการข้อกำหนด หมายถึง เอกสารซึ่งจัดเตรียมขึ้นมาเพื่อใช้ในการควบคุมงานก่อสร้าง

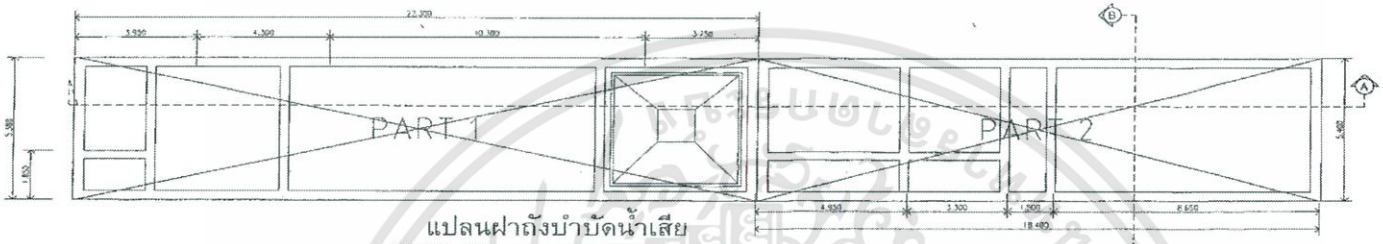
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข.

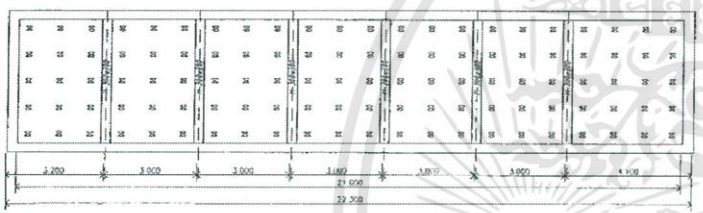
แบบสำหรับการก่อสร้างบ่อคอนกรีตใต้ดิน

โครงการศุภาลัย ซิตี้ รีสอร์ท พระราม 8

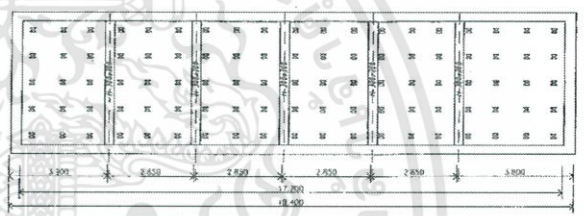
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



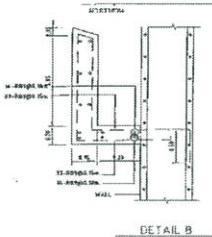
แปลนฝาถังบำบัดน้ำเสีย



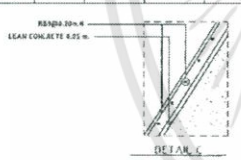
แปลนฝาถังบำบัดน้ำเสีย PART 1



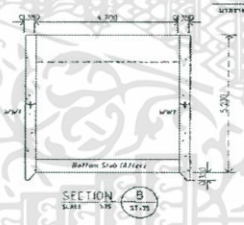
แปลนฝาถังบำบัดน้ำเสีย PART 2



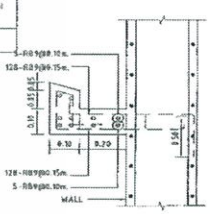
DETAIL B
(SECTION)



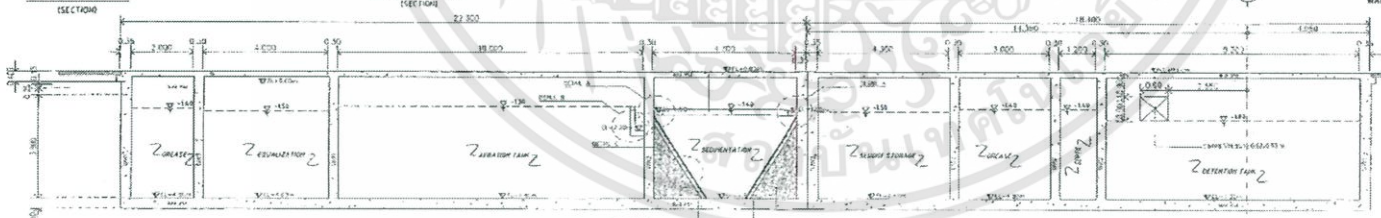
DETAIL C
(SECTION)



SECTION B



DETAIL A
(SECTION)



APPROVED

(นายเศรษฐา โพธิลักษณ์)

วิศวกรสถานี

ศูภวลัย

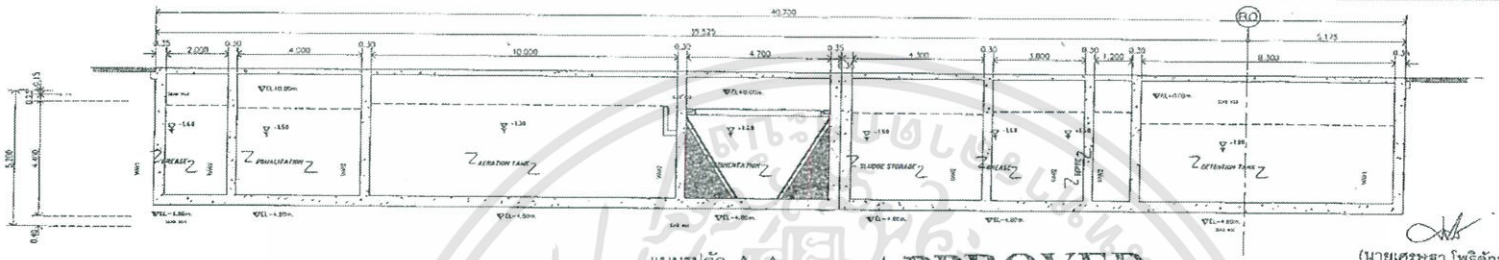
นริษัท ศูภวลัย จำกัด (มหาชน)

DRAWING PACKAGE
SHOP DRAWING

DRAWING TITLE
แปลนฝาถังบำบัดน้ำเสีย
แปลนพื้นถังบำบัดน้ำเสีย
แปลนสายงานถังบำบัดน้ำเสีย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ทางการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

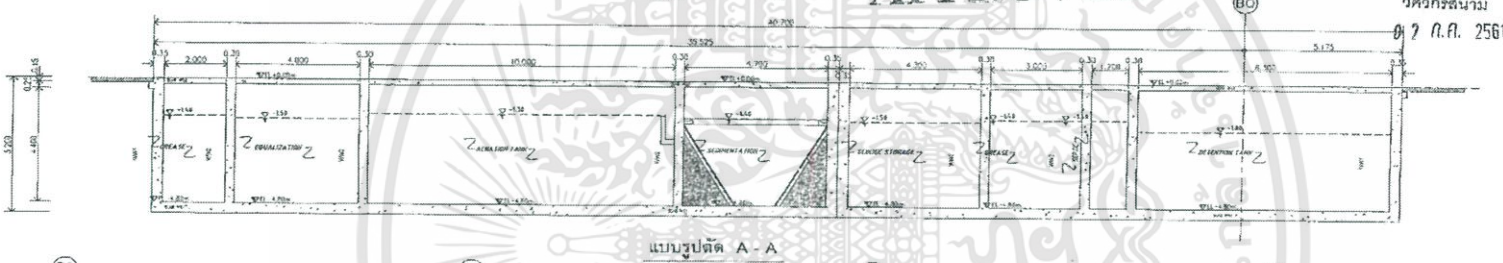
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



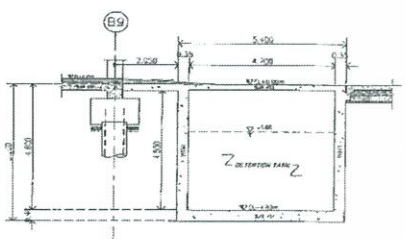
แบบรูปตัด A - A

APPROVED

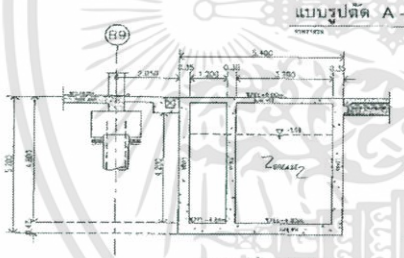
(นายเศรษฐรา โพธิลักษณ์)
วิศวกรสนาม
๑๒ ก.ค. 2561



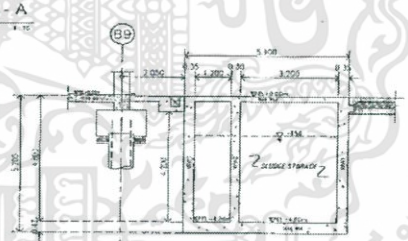
แบบรูปตัด A - A



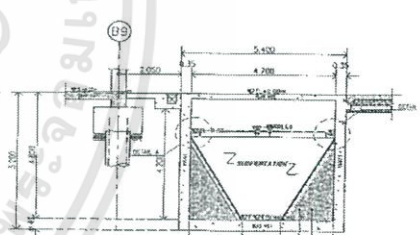
แบบรูปตัด C - C



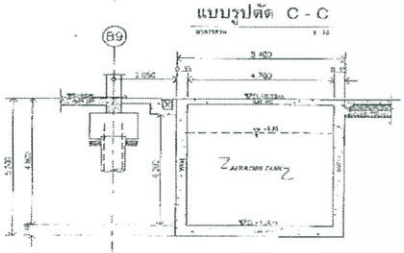
แบบรูปตัด D - D



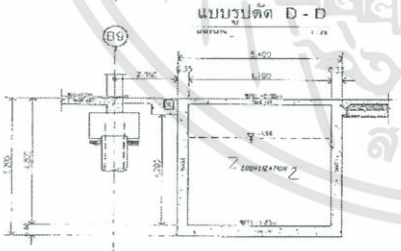
แบบรูปตัด E - E



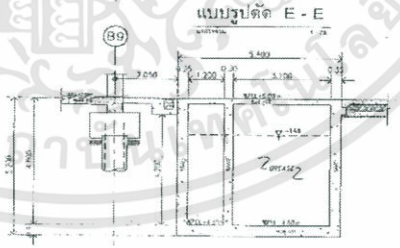
แบบรูปตัด F - F



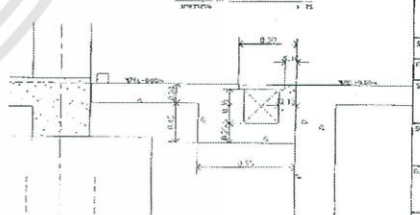
แบบรูปตัด G - G



แบบรูปตัด H - H



แบบรูปตัด I - I

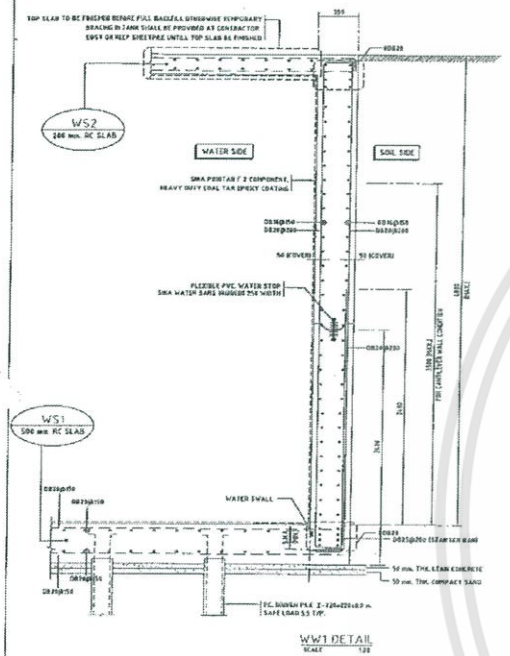


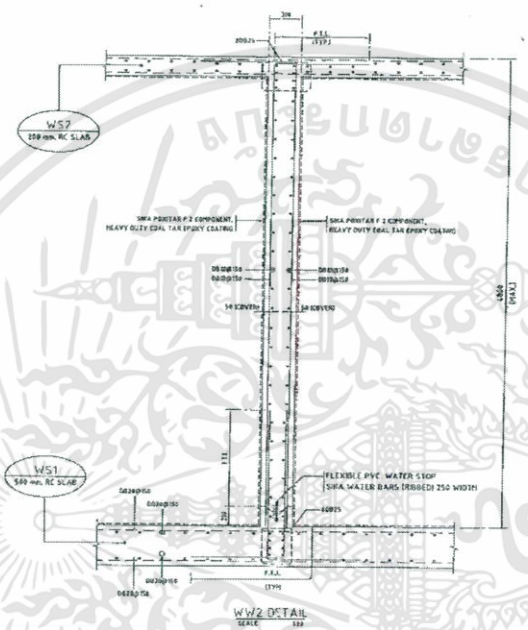
DRAWING PACKAGE
SHOP DRAWIN

DRAWING TITLE
แบบรายการรูปตัดถังทำปัดน้ำ
รูปตัด A - A, B - B, C
รูปตัด D - D, E - E, F
รูปตัด G - G, H - H, I

STARTED/DATE
FINISH/DATE
SHEET NO
SCALE
1 : 75
DATE
01/07/2561
DRAWING
ST
APPROVE
DRAWN B
CHECKED

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



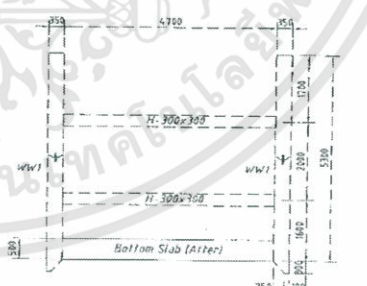


ตารางสำหรับการปรับหน่วยเหล็ก

ขนาดเหล็ก/ระยะ ซ.	จำนวน/ม.	พื้นที่หน้าตัด/เส้น	พื้นที่หน้าตัด/ม.
DB20@0.20 m.	5 เส้น	3.14 cm2	15.84
DB25@0.25 m.	4 เส้น	4.90 cm2	19.60
DB28@0.30 m.	4 เส้น	6.15 cm2	24.60

ADDITIONAL REINFORCEMENT SCHEDULE

MARK	REINFORCEMENT
T1	13-DB20@150 (TOP)
T2	H.S.-1T-DB20@150 (TOP)
B1	13-DB20@150 (BOTTOM)
B2	H.S.-1T-DB20@150 (BOTTOM)



For WW1(Outer Wall) :
-CONCRETE THK. = 350MM.
-VERTICAL DB20MM.@200MM.
-HORIZONTAL DB16MM.@150MM.

For WW2 (Inner Wall) :
-CONCRETE THK. = 300MM.
-VERTICAL DB12MM.@150MM.
-HORIZONTAL DB12MM.@150MM.

For Bottom Slab :
-CONCRETE THK. = 500MM.
-TOP BAR DB20MM.@150MM.
-BOTTOM BAR DB20MM.@150MM.

APPROVED

(นายเศรษฐา โพธิลักษณ์)
วิศวกรสนาม
วันที่ ก.ค. 2561

บริษัท สุภาลัย จำกัด

DRAWING PACKAGE
SHOP DRAWIN

DRAWING TITLE
รายละเอียดถังบำบัดน้ำเสีย

DRAWING NO.
ST-7

SCALE
AS SHOWN

DATE
27/01/61

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยทุกครั้งที่มีการนำไปใช้