



รายงานสหกิจศึกษาแบบสมบูรณ์

ปัญหาที่ส่งผลให้เกิดความล่าช้าในการก่อสร้างบ่อหน่วงน้ำ

โดยวิธีการจมของบ่อคอนกรีต

Problems that result in delays in the construction of retention tanks
by sinking methods.

นายวรเทพ ขวนสำราญ

ภาควิชาวิศวกรรมโยธา

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2561



รายงานสหกิจศึกษาฉบับสมบูรณ์

ปัญหาที่ส่งผลให้เกิดความล่าช้าในการก่อสร้างบ่อหน่วงน้ำ

โดยวิธีการจมของบ่อคอนกรีต

**Problems that result in delays in the construction of retention tanks
by sinking methods.**

นายวรเทพ ชวนสำราญ

ภาควิชาวิศวกรรมโยธา

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2561

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โครงการสหกิจ ปัญหาที่ส่งผลให้เกิดความล่าช้าในการก่อสร้างบ่อหนองน้ำโดยวิธีการถมของ
บ่อคอนกรีต

นักศึกษา นายวรเทพ ชวนสำราญ รหัสประจำตัว 58011094

คณะ วิศวกรรมศาสตร์ สาขาวิชา วิศวกรรมโยธา

อาจารย์นิเทศ ดร.ศลิษา ไชยพุทธ

ผู้นิเทศงาน คุณพิสิทธิ์ ลิขิตชัยมงคล

สถานประกอบการ บริษัท เจ ดับบลิว เอส คอนสตรัคชั่น จำกัด

บทคัดย่อ

ในปัจจุบันพบว่าอาคารสูงทั้งหมดต้องมีการก่อสร้างบ่อหนองน้ำในอาคาร คอนโดมิเนียม เพื่อทำการรองรับปริมาณน้ำฝนที่ตกลงมาในพื้นที่และรองรับน้ำเสียที่ใช้งานจากภายในอาคารและมาพักก่อนที่จะระบายออกสู่ระบบระบายน้ำสาธารณะนิยมก่อสร้างอยู่ภายใต้โครงสร้างของอาคารภายในชั้นดินเพื่อลดปัญหาน้ำท่วมขังผิวการจราจร โดยแบ่งวิธีการสร้างออกเป็น 3 วิธี ได้แก่ 1.หล่อในที่โดยการตอกเข็มพืดพร้อมค้ำยันกันดินพังแล้วขุดดินให้ถึงระดับ 2.หล่อสำเร็จจากโรงงานแล้วนำมาจมลงในที่ 3.หล่อในที่โดยหล่อเป็นระยะแล้วจมลงไปทีละช่วงจนถึงระดับที่ต้องการแล้วเทพื้น

จากการที่ผู้วิจัยได้เข้าไปมีส่วนร่วมกับทีมงานก่อสร้างบริษัท เจ ดับบลิว เอส คอนสตรัคชั่น จำกัด สำหรับกรณีศึกษาการก่อสร้างบ่อหนองน้ำใต้ดิน ณ โครงการนี้ ซึ่งวิธีการทำงานที่เหมาะสมที่สุดคือวิธีการที่ 3 เนื่องจากเป็นวิธีที่ลดความเสี่ยงและปลอดภัยโดยที่ไม่รบกวนต่อความเสียหายของโครงสร้างบริเวณข้างเคียงลดต้นทุนในงานป้องกันดินพังเนื่องจากใช้ผนังบ่อเป็นกำแพงกันดินไปในตัวเหมาะสำหรับไซต์งานที่มีข้อจำกัดทางด้านพื้นที่ที่จำกัด ระยะเวลาการก่อสร้างที่รวดเร็วถึงกระนั้นในเชิงปฏิบัติผู้วิจัยยังไม่อาจทราบได้ว่าจะพบปัญหาที่มีผลกระทบต่อความล่าช้าอะไรบ้าง

จากการศึกษาพบว่า การเคลื่อนพังของบริเวณโดยรอบ มีผลกระทบมากที่สุด รองลงมาด้วยค้ำยันมีการโก่งตัว และการเคลื่อนตัวของผนังมาเทินอยู่บนแนวหัวเสาเข็มทำให้บ่อไม่ยอมจมลง เป็นต้น ดังนั้นการก่อสร้างด้วยวิธีนี้ควรตระหนักถึงปัญหาเหล่านี้มากที่สุดเพื่อเป็นประโยชน์ต่อการก่อสร้างในอนาคต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Cooperative Title Problems that result in delays in the construction of retention tanks by sinking methods

Student Mr.Vorathep Chuansumran ID 58011094

Faculty Engineering **Department** Civil Engineering

Advisor Dr. Salisa Chaipayut

Supervisor Mr. Pisit Likidchaimongkon

Company JWS CONSTRUCTION CO., LTD

ABSTRACT

At present, all high-rise buildings require the construction of a water retention tank in a condominium building to support the amount of rainfall that falls in the area and supports the waste water that is used from inside the building and rest before venting into the drainage system. The retention tank always build under the structure of the building in the ground floor to reduce the flooding problem at traffic surface by dividing the building into 3 ways: 1. Casting in the place by using sheet pile to prevent the soil to collapse and dig the soil to the level 2. Casting from the factory and sinking into place 3. Casting in place by periodically casting and sinking at a time until the desired level

As the researcher took part in the JWS Company's construction team for the case of the construction of groundwater retention ponds at this project, the most appropriate method is method 3 because it is a method that there's least risk without damaging the adjacent area's structure, reducing the cost of preventing soil collapse due to the use of the wall as a retaining wall which good for the site that have limitations of construction area. However the construction period is fast, but in practical way, the researcher may not know which problems that may affect the delay.

According to studies, it has been found that collapse of the surrounding area is a greatest impact, followed by bracing deflection, The movement of the wall was poured on the pile head, causing the pond to not sink. Construction in this way should be aware of these problems as much as possible in order to benefit future construction.

กิตติกรรมประกาศ

ในการทำโครงการสหกิจศึกษานี้ ทางผู้วิจัยต้องขอขอบคุณอาจารย์ศลิษา ไชยพุทธ อาจารย์ณัฐคนัย สินสมุทรผดุง และอาจารย์ไตรรัตน์ เมืองทองอ่อน ที่ได้ให้ความอนุเคราะห์คอยให้คำปรึกษา ข้อเสนอแนะในการทำงานอันเป็นคุณประโยชน์แก่งานวิจัยฉบับนี้ส่งผลให้งานวิจัยสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

ขอขอบคุณบริษัท เจ ดับบลิว เอส คอนสตรัคชั่น จำกัด โซตัสงาน เดอะ ไพรวะชีท่าพระ ที่ได้มอบโอกาสในการเข้าไปร่วมทำสหกิจศึกษา ให้ผู้วิจัยได้ประสบการณ์ในการทำงานจริงและลงมือปฏิบัติงานในฐานะวิศวกรโยธาได้อย่างสมบูรณ์ ตลอดจนขอขอบคุณ

- | | |
|-----------------------------|-----------------|
| 1.คุณ พิสิทธิ์ ลิขิตชัยมงคล | Project Manager |
| 2.คุณ อำนาจ เจริญธรรม | Site Engineer |
| 3.คุณ วิสชุด ปิตานุสรณ์ | Senior Foreman |

และผู้ที่เกี่ยวข้องทุกท่านที่คอยให้คำปรึกษา ข้อเสนอแนะและชี้แนะแนวทางในการทำงานจนทำให้ผู้วิจัยสามารถทำงานวิจัยฉบับนี้ขึ้นมาได้ นอกจากความรู้ในการทำงาน บุคคลเหล่านี้ยังสอนให้รู้เกี่ยวกับการใช้ชีวิตในการทำงานสายงานก่อสร้างจริง จนทำให้ผู้วิจัยมีประสบการณ์และทักษะในการทำงานเพิ่มขึ้น

ขอขอบคุณเพื่อนนักศึกษาและรุ่นพี่ ภาควิชาวิศวกรรมโยธาที่ให้คำแนะนำและข้อเสนอแนะ รวมถึงกำลังใจในการทำโครงการวิจัยฉบับนี้จนสำเร็จ

สุดท้ายนี้ขอขอบคุณบิดา มารดาและครอบครัวอันเป็นที่เคารพรักที่อบรม เลี้ยงดู สั่งสอนคอยให้คำปรึกษา คอยเป็นห่วงและให้กำลังใจเสมอมาโดยตลอดในการทำงานมาตั้งแต่ต้นจนส่งผลให้โครงการวิจัยฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี ทางผู้วิจัยขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูงมา ณ ที่นี้ด้วย

นายวรเทพ ชวนสำราญ

สารบัญ

เรื่อง	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV
สารบัญตาราง	VI
สารบัญรูป	VII
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย	2
1.3 ขอบเขตการวิจัย	2
1.4 วิธีการดำเนินการวิจัย	3
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	3
บทที่ 2 แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	
2.1 ชนิดของกำแพงกันดิน	6
2.2 ทฤษฎีแรงดันดินด้านข้างของ Rankine	7
2.2.1 แรงดันดินด้านข้างในสภาพนิ่ง (At rest lateral earth pressure)	7
2.2.2 แรงดันดินด้านข้างเมื่อดินเคลื่อนตัวดันกำแพง (Active earth pressure)	8
2.2.3 แรงดันดินเมื่อดินกำแพงเคลื่อนตัวดันดิน (Passive earth pressure)	10
2.3 ระบบป้องกันดินงานชุดดินลึกในงานก่อสร้างโครงสร้างใต้ดิน	13
2.4 การบวมขึ้นของดินเหนียวใต้บ่อชุด (Base heave)	19
2.5 การไหลซึมของน้ำผ่านดิน	21
2.6 การก่อสร้างปล่องคอนกรีตด้วยวิธีการจม (Sinking method)	21

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

เรื่อง	หน้า
2.7 การก่อสร้างบ่อหนองน้ำโดยวิธีการถมของบ่อคอนกรีต	23
บทที่ 3 วิธีการดำเนินงานวิจัย	
3.1 ข้อมูลโครงการ	26
3.2 ศึกษาและรวบรวมเอกสารที่เกี่ยวข้อง	26
3.3 ข้อมูลจากงานภาคสนาม	26
บทที่ 4 ผลการวิจัย	
4.1 ปัญหาที่ส่งผลกระทบต่อความล่าช้าของการก่อสร้างบ่อหนองน้ำโดยวิธีการถมของบ่อคอนกรีต	57
4.2 ความล่าช้าที่เกิดขึ้นจากปัญหาที่ส่งผลกระทบต่อกรก่อสร้างบ่อหนองน้ำ โดยยึดจากแผนงาน 3 Week	60
4.3 การจัดลำดับปัญหาและเวลาที่ส่งผลกระทบต่อความล่าช้าของการก่อสร้างบ่อหนองน้ำโดยวิธีการถมของบ่อคอนกรีต	63
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ	
5.1 สรุปผลการวิจัย	65
5.2 ข้อเสนอแนะ	67
เอกสารอ้างอิง	68
ภาคผนวก	70
ประวัติผู้เขียน	79

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า	
2-1	ค่า Coefficient of earth pressure at rest	7
2-2	สรุปสมการที่ใช้คำนวณแรงดันดินด้านข้าง	13
2-3	หน้าตัดเหล็กรูปพรรณที่นิยมใช้เป็น Strut และ Wale	17
4-1	แสดงปัญหาและเทคนิคในการแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นจากการก่อสร้างบ่อคอนกรีต	57
4-2	เวลาที่เกิดจากปัญหาที่ส่งผลกระทบต่อความล่าช้าในการก่อสร้างบ่อผนังน้ำโดยวิธีการถมของบ่อคอนกรีต	62



สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2-1 การขุดเปิดหน้าดิน (1) ชั้นดินลูกรังขุดลึกประมาณ 20 เมตร; (2) ชั้นดินเหนียวอ่อน กรุงเทพมหานครประมาณ 3 เมตร	5
2-2 ระบบกำแพงกันดิน (1) ระบบกำแพงกันดินชั่วคราวเพื่อก่อสร้างประตูระบายน้ำลึก 6 เมตร; (2) ระบบกำแพงกันดินเข็มพืดเหล็กเพื่อก่อสร้างบ่อน้ำใต้ดิน	5
2-3 ชนิดของกำแพงกันดิน	6
2-4 แรงดันดินด้านข้างซึ่งขึ้นอยู่กับลักษณะการเคลื่อนตัวของดิน	7
2-5 แรงดันดินด้านข้างในสภาวะแอคทีฟ	8
2-6 แรงดันดินด้านข้างในสภาวะแอคทีฟ	8
2-7 Mohr circle แสดงสถานะของหน่วยแรงเมื่อดินวิบัติในสภาวะแอคทีฟ	9
2-8 การกระจายของแรงดันดินด้านข้างในสภาวะแอคทีฟ	10
2-9 ตัวอย่างการก่อสร้างที่ก่อให้เกิดแรงดันดินแบบแพชซีฟ	10
2-10 การวิบัติของดินในสภาวะแพชซีฟ	11
2-11 Mohr circle แสดงสถานะของหน่วยแรงเมื่อดินวิบัติในสภาวะแพชซีฟ	11
2-12 การกระจายของแรงดันดินด้านข้างในสภาวะแพชซีฟ	12
2-13 โครงสร้างค้ำยันที่ใช้ในงานขุดดินลึก	13
2-14 เปรียบเทียบขนาดของกำแพง Sheet pile และกำแพง Diaphragm wall	14
2-15 ตัวอย่างการวิบัติของกำแพงและค้ำยันแบบ Ultimate limit state	15
2-16 การคำนวณโมเมนต์คัตสูงสุดในกำแพงเพื่อนำมาใช้ออกแบบ	16
2-17 การคำนวณโมเมนต์คัตใน Wale เพื่อนำมาใช้ออกแบบ	17
2-18 การคำนวณแรงอัดในค้ำยัน strut	18
2-19 การใช้ค้ำยันทแยงเพื่อลดโมเมนต์คัตและการโก่งของ wale	19
2-20 การวิบัติของดินใต้บ่อขุด (a) ดินใต้บ่อขุดบวมตัวขึ้น (b) Failure mechanism ของ Bolton (1993)	20

สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่	หน้า
2-21 กลไกการวิบัติที่เสนอโดย Terzaghi (a) เมื่อชั้นดินแข็งอยู่ตื้น (b) เมื่อชั้นดินแข็งอยู่ลึก	20
2-22 การก่อสร้างปล่องคอนกรีตด้วยวิธีการจม (Sinking Method)	22
2-23 Cutting Edge	23
2-24 การทำผนังผิวนอกบ่อพักเว้าเข้ามา	24
3-1 แผนผังแสดงวิธีการดำเนินการวิจัยตั้งแต่เริ่มต้นจนถึงสิ้นสุดงานวิจัย	25
3-2 แปลนพื้นที่ที่ใช้ในการก่อสร้างบ่อหนองน้ำ	27
3-3 ตำแหน่งที่ใช้ในการก่อสร้างบ่อหนองน้ำ	27
3-4 ดำรงพื้นที่กองเก็บเหล็กซึ่งเป็นพื้นที่จริงที่ใช้ในการก่อสร้างบ่อหนองน้ำ	28
3-5 นำแบคโฮเข้ามาเพื่อทำการขุดเปิดหน้าดินเพื่อเตรียมพื้นที่ในการก่อสร้างจริง	28
3-6 เทคอนกรีตหยาบรอบบ่อเพื่อความสะดวกในการทำงานลำดับถัดไป	29
3-7 เทคอนกรีตหยาบรอบบ่อเพื่อความสะดวกในการทำงานลำดับถัดไป	29
3-8 คัดเสาเข็มเพื่อง่ายต่อการทำงานในลำดับถัดไป	30
3-9 ฝ้าย Survey ให้เส้นแนวผนังโดยอ้างอิงจากเส้น Gridline	30
3-10 ฝ้าย Survey เก็บค่าตัวเลขระยะห่างระหว่างเสาเข็มกับแนวผนังส่งผู้ควบคุมงาน	31
3-11 การหัดขนาดบ่อหลังจากติดปัญหารากตู้ไฟและท่อร้อยสายไฟ	32
3-12 (1)แบบบ่อหนองน้ำแบบเดิม (2) แบบบ่อหนองน้ำที่มีการ Re-design ใหม่	32
3-13 เข้าแบบนอกสูง 2.40 เมตรเพื่อเตรียมลงเหล็กผนังและป้องกันดินไหล	33
3-14 เหล็ก Guide ที่ดินผนังเพื่อไม่ให้ความหนาผนังเปลี่ยนแปลงไป	33
3-15 เหล็ก Guide ระยะห่างระหว่างเหล็ก	34
3-16 ฝ้าย Survey ให้แนวความสูงต่ำพื้นเพื่อฝากเหล็กพื้นแบบ Coupler	34
3-17 ฝากเหล็ก Coupler พื้น หลังจากฝ้าย Survey ให้ระดับความสูงต่ำพื้น	35
3-18 เข้าแบบผนังด้านในพร้อมกับทำค้ำยันแบบ	35
3-19 เทคอนกรีตผนัง Step ที่ 1 โดยใช้ Bucket	36
3-20 แกะแบบผนังบ่อหนองน้ำ	36

สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่	หน้า
3-21 ติดตั้งระบบค้ำยัน(Bracing)	37
3-22 แสดงการค้ำยันผนัง Section Retention tank	38
3-23 ลองแนวสวิงของแขนแบ็คโฮหลังติดตั้งระบบค้ำยัน(Bracing)	38
3-24 ออกแบบการติดตั้งระบบค้ำยัน(Bracing)เพื่อความสะดวกในการขุดของแบ็คโฮ	39
3-25 ฝาย Survey ตรวจสอบค่า Co-ordinate เพื่อเก็บไว้ตรวจสอบการเคลื่อนตัวของบ่อ	40
3-26 เริ่มจมบ่อโดยการนำแบ็คโฮขุดตรงกลางภายในบ่อ	40
3-27 ฝาย Survey คอยควบคุมระดับการจมของบ่ออย่างต่อเนื่อง	41
3-28 หัว Coupler ที่ป็นหักงอจากการกระแทกสิ่งกีดขวางและบุงก็แบ็คโฮ	41
3-29 ทำการต่อทาบเหล็กผนัง Step 2	42
3-30 Water swelling	42
3-31 ติดตั้งWater swelling	43
3-32 ตรวจสอบค่า Co-ordinate บ่อก่อนเทพผนัง Step 2	43
3-33 เทคอนกรีตผนังบ่อ Step 2	44
3-34 ทำการขุดเพื่อทำการจมของบ่อStep 2	45
3-35 ระบบค้ำยันเริ่มมีการ โกงตัวเนื่องจากแรงดันดิน	45
3-36 ออกแบบระบบค้ำยันเพิ่มเพื่อป้องกันบ่อ Crack เนื่องจากแรงดันดินที่มากขึ้น	46
3-37 ผนังเคลื่อนตัวมาเพินบนหัวเสาเข็ม	46
3-38 การสูบน้ำที่เอ่อขึ้นมามาตลอดด้วยเครื่องสูบน้ำและการขุดไปสกัดหัวเข็มไป	47
3-39 การStock ดินในไซค์ให้แห้งก่อนการขนไปทิ้ง	47
3-40 การStock ดินในไซค์ให้แห้งก่อนการขนไปทิ้ง	48
3-41 ผลกระทบจากการเคลื่อนพังและทรุดตัวของพื้นที่โดยรอบเนื่องจากการจมบ่อ	48
3-42 ผลกระทบจากการเคลื่อนพังและทรุดตัวของพื้นที่โดยรอบเนื่องจากการจมบ่อ	49
3-43 ตรวจสอบความต่างระดับของผนังบ่อด้านยาวทั้งสองด้าน โดยฝาย Survey	49
3-44 แสดงการจมผนังบ่อ Retention tank ช่วงที่ 2 เมื่อได้ระดับแล้ว	50

สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่	หน้า
3-45	คำดำเนินการเคลื่อนตัวของผนังบ่อหลังจมลงเสร็จครั้งสุดท้ายเทียบกับครั้งแรก
3-46	เทคอนกรีตหยาบเพื่อล่อคืบผนังบ่อ
3-47	รายละเอียดการแคปต่อหัวเสาเข็ม
3-48	รายละเอียดการเสริมเหล็กเพิ่มจากผู้ออกแบบ
3-49	ลงเหล็กพื้นบ่อ
3-50	เทคอนกรีตพื้นบ่อ
3-51	ปลด Strut เพื่อเตรียมตั้งนั่งร้านรองรับฝาบ่อ
3-52	ตั้งนั่งร้านปูไม้แบบรองรับฝาบ่อและคาน
3-53	ลงเหล็กฝาบ่อ คาน Corbel
3-54	เทคอนกรีตฝาบ่อ คาน Corbel
3-55	แสดงการก่อสร้างฝาบ่อ คสล.
4-1	แผน 3 Week
4-2	กราฟแสดงความสัมพันธ์ของปัญหาและเวลาที่ส่งผลกระทบต่อความล่าช้าในการก่อสร้างบ่อหนองน้ำ

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ

ในปัจจุบันพบว่าอาคารสูงทั้งหมด วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทยในพระบรมราชูปถัมภ์(วสท.) ได้ส่งหนังสือไปยังกระทรวงมหาดไทยให้กำหนดระเบียบการก่อสร้างบ่อหนองน้ำในอาคาร คอนโดมิเนียม เพื่อทำการรองรับปริมาณน้ำฝนที่ตกลงมาในพื้นที่และรองรับน้ำเสียที่ใช้งานจากภายในอาคารจากบ่อบำบัด และมาพักก่อนที่จะระบายออกสู่ระบบระบายน้ำสาธารณะเป็นระบบจัดการน้ำในเขตเมือง

โดยการก่อสร้างบ่อหนองน้ำซึ่งมีความนิยมก่อสร้างอยู่ภายใต้โครงสร้างของอาคารซึ่งจะต้องอยู่ภายในชั้นดินเพื่อลดปัญหาน้ำท่วมขังผิวการจราจรและเพื่อช่วยเหลือระบบการระบายน้ำของทางหน่วยงานภาครัฐและเพื่อแก้ไขปัญหาที่ท่วมขัง โดยแบ่งวิธีการสร้างออกเป็น 3 วิธี ได้แก่

1.1.1.การหล่อในที่โดยการตอกเข็มพืดพร้อมค้ำยันกันดินพังแล้วขุดดินให้ถึงระดับ

เนื่องจากโครงการ The Privacy Thapha interchange ต้องมีการก่อสร้างบ่อหนองน้ำบริเวณหน้าโครงการซึ่งเป็นบริเวณที่ติดกับถนนจรดวนวิทย์และบริเวณที่ทำการก่อสร้างมีพื้นที่ในการก่อสร้างที่คับแคบเนื่องจากมีพื้นที่ในการก่อสร้างบ่อหนองน้ำมีเพียง 75 ตารางเมตร ซึ่งไม่เหมาะที่จะทำการขุดเปิดหน้าดินหรือใช้เข็มพืดเหล็ก (Steel Sheet Pile) เพื่อป้องกันดินซึ่งวิธีเหล่านี้สามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพตามเงื่อนไขที่เหมาะสม และการก่อสร้างด้วยวิธีนี้เป็นวิธีที่สร้างความเสียหายให้กับโครงสร้างในบริเวณข้างเคียงมากที่สุดเนื่องจากการตอกเข็มพืดเหล็ก(Steel sheet pile) โดยเครื่องจักร Vibro hammer เพราะมีความสั่นสะเทือนสูงซึ่งการก่อสร้างด้วยวิธีนี้มีราคาต้นทุนที่สูงหากยังมีความเสียหายจากการทำงานเพิ่มขึ้นมาอีกคงไม่คุ้มค่าและเหมาะสมที่ควรที่จะเลือกใช้วิธีการก่อสร้างวิธีนี้

1.1.2.หล่อสำเร็จจากโรงงานแล้วนำมาจมลงในที่

การหล่อสำเร็จจากโรงงานแล้วนำมาจมลงในที่ซึ่งบ่อหนองน้ำนี้เมื่อหล่อสำเร็จมีน้ำหนักที่มากถึง 37.33 ตัน ทางโครงการไม่มีเครื่องจักรที่สามารถรองรับน้ำหนักได้ สำหรับการยกบ่อหากจะแก้ไขโดยการจัดซื้อจัดจ้างนำ Service crane ที่รองรับน้ำหนักของบ่อได้มาทำการยกถึงกระนั้นก็ไม่สามารถทำได้เนื่องจากพื้นที่ที่จะนำเครื่องจักรเข้าไม่เพียงพอนอกเสียจากว่าต้องจอดบริเวณถนนแล้วทำการยกบ่อลงพื้นที่ซึ่งจะสร้างปัญหาทางการจราจรอย่างมากเนื่องจากถนนจรดวนวิทย์เป็นถนนสายหลักมีรถสัญจรมาก หาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จะทำการปิดถนนต้องมีการทำเอกสารส่งสำนักงานเขตพื้นที่และต้องใช้งบประมาณที่สูงสำหรับการทำเรื่องปิดถนนซึ่งมีความยุ่งยากและเปรี๊ยะงบประมาณที่มากเกินไปจนความจำเป็นเมื่อเทียบกับขนาดบ่อที่ต้องทำการก่อสร้างแล้ว

1.1.3. หล่อในที่โดยหล่อเป็นระยะ แล้วจมนลง ไปที่ละช่วงจนถึงระดับที่ต้องการแล้วเทพื้น

สำหรับกรณีศึกษาการก่อสร้างบ่อหนองน้ำใต้ดิน ณ โครงการนี้ ซึ่งวิธีการทำงานที่เหมาะสมที่สุดคือการถมของบ่อคอนกรีตโดยวิธีการนี้เนื่องจากเป็นวิธีที่ลดความเสี่ยงและปลอดภัย โดยที่ไม่รบกวนต่อความเสียหายของโครงสร้างบริเวณข้างเคียงลดต้นทุนในงานป้องกันดินพังเนื่องจากใช้ผนังบ่อเป็นกำแพงกันดินไปในตัวเหมาะสำหรับใช้ในงานที่มีข้อจำกัดทางด้านพื้นที่ที่จำกัด ระยะเวลาการก่อสร้างที่รวดเร็วถึงกระนั้นในเชิงปฏิบัติผู้วิจัยยังไม่อาจทราบได้ว่าการหล่อในที่โดยหล่อเป็นระยะแล้วจมนลงไปที่ละช่วงจนถึงระดับที่ต้องการแล้วเทพื้นจะพบปัญหาเพิ่มเติมที่คาดไม่ถึงอะไรบ้างดังนั้นการทำวิจัยเก็บข้อมูลปัญหาที่มีผลกระทบต่อความล่าช้าเพื่อลำดับความสำคัญของปัญหาเพื่อเป็นประโยชน์ต่อการก่อสร้างในอนาคต

1.2. วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1.2.1. เพื่อระบุปัญหาในการก่อสร้างบ่อหนองน้ำโดยวิธีการถมของบ่อคอนกรีต

1.2.2. เพื่อวิเคราะห์ปัญหาของการก่อสร้างบ่อหนองน้ำโดยวิธีการถมของบ่อคอนกรีตรวมทั้งเทคนิคในการแก้ไขปัญหา

1.2.3. เพื่อจัดลำดับความสำคัญของปัญหาที่เกิดขึ้นจากการก่อสร้างบ่อหนองน้ำโดยวิธีการถมของบ่อคอนกรีต

1.3. ขอบเขตการวิจัย

การศึกษครั้งนี้ ผู้ศึกษาได้ทำการศึกษา ปัญหาที่ส่งผลให้เกิดความล่าช้าในการก่อสร้างบ่อหนองน้ำ โดยวิธีการถมของบ่อคอนกรีต เป็นการศึกษาค้นคว้าข้อมูลจากกรณีศึกษา “โครงการThe Privacy Thaphra Interchange” โดยผู้วิจัยใช้ระยะเวลาในการศึกษาค้นคว้าข้อมูลจากการควบคุมงานและศึกษางานจากงานภาคสนาม จากเอกสารโครงการฯ โดยศึกษาขั้นตอนในการก่อสร้างโดยวิธีการถมของบ่อคอนกรีตควบคู่กับการศึกษาปัญหาที่เกิดขึ้นจากกระบวนการและขั้นตอนในการก่อสร้างรวมทั้งเทคนิคในการแก้ไขปัญหา โดยจัดทำวิจัยตั้งแต่วันที่ 6 สิงหาคม 2561 ถึง 23 พฤศจิกายน 2561 เป็นเวลาทั้งสิ้น 116 วัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.4. วิธีการดำเนินการวิจัย

1.4.1.กำหนดหัวข้องานวิจัยที่จะทำการศึกษา วัตถุประสงค์และขอบเขตของการวิจัย จากการศึกษา งานจากภาคสนามระหว่างการทำสหกิจศึกษา ที่ใช้พื้นฐานทางความรู้ ความเข้าใจ ทฤษฎี ที่สัมพันธ์ในด้าน วิศวกรรมโยธารวมถึงการสอบถามถึงปัญหาที่อาจเกิดขึ้นในเบื้องต้น,วัสดุที่ใช้,ชุดอุปกรณ์เครื่องมือและ เครื่องจักรต่างๆ จาก Foreman , Draftman , Site Engineer, Site Manager ,Project Engineer และ Project Manager

1.4.2.ศึกษาแนวคิด ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการวิจัย สืบค้นและรวบรวมเนื้อหาเพื่อใช้ประกอบการ การทำวิจัย

1.4.3.ศึกษางานภาคสนามเพื่อลำดับขั้นตอนการดำเนินงานการก่อสร้างและปัญหาที่เกิดขึ้นจาก กระบวนการและขั้นตอนในการก่อสร้าง

1.4.4.เก็บรวบรวมข้อมูลที่ได้จากการศึกษาแนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องและการศึกษา งานภาคสนาม

1.4.6.วิเคราะห์ผลของงาน สรุปผล และ รวบรวมข้อมูลจัดทำรูปเล่มโครงงาน

1.5. ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.5.1.สามารถเข้าใจเกี่ยวกับขั้นตอนและหลักการในการทำงานรวมถึงสามารถลำดับขั้นตอนในการ ก่อสร้างโดยวิธีการจมของบ่อคอนกรีต(Sinking Method)ได้

1.5.2.สามารถนำความรู้ที่ได้จากห้องเรียนมาประยุกต์ใช้ในการทำงานจริงและนำไปต่อยอดในการ ทำงานอื่นๆได้ในอนาคต

1.5.3.เพื่อทราบถึงปัญหาและอุปสรรคต่างๆที่เกิดขึ้นที่ส่งผลกระทบต่อความล่าช้าในการก่อสร้าง บ่อหนองน้ำโดยวิธีการจมของบ่อคอนกรีต

1.5.4.ทำให้องค์กรต่างๆที่สนใจในข้อมูลของการก่อสร้างได้รับความรู้มากขึ้นและตระหนักปัญหา ที่อาจเกิดขึ้นได้จากวิธีการจมของบ่อคอนกรีต

บทที่ 2

แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

โครงสร้างใต้ดิน(Underground structure)เมื่อต้องการใช้พื้นที่ใต้ดินในการก่อสร้าง เช่นอุโมงค์ รถไฟ อุโมงค์รถยนต์ อาคารใต้ดิน บ่อใต้ดิน จะต้องมีการก่อสร้างทางเปิดหรือช่องเปิดในชั้นใต้ดินซึ่งจะต้องคำนึงถึง

- แรงกระทำอันเกิดจากแรงดันดินโดยรอบของตัวโครงสร้างเหล่านั้น
- การเคลื่อนตัวของผนังโครงสร้าง ผนังบ่อ ผนังอุโมงค์เข้าสู่ช่องว่างที่ต้องการใช้สอย
- การทรุดตัวของดินเบื้องบน
- อิทธิพลของน้ำใต้ดินในบริเวณนั้นๆ

จึงจำเป็นต้องมีโครงสร้างที่ออกแบบให้สามารถทนต่อแรงดันดินและน้ำได้เป็นอย่างดี

ในการก่อสร้างที่จะต้องมีการขุดหรือถมดินจนเกิดความต่างระดับของผิวดินมากกว่าความสูงที่มวลดินจะสมดุลอยู่ได้ด้วยตนเอง วิศวกรจำเป็นต้องมีการก่อสร้างโครงสร้างกันดิน เพื่อช่วยพยุงป้องกันการพังทลายหรือการเคลื่อนตัวที่มากเกินไปของมวลดินซึ่งจะต้องศึกษาพฤติกรรมและคำนวณแรงดันดินด้านข้างของดินโดยขนาดของแรงที่กระทำด้านข้างนี้ขึ้นอยู่กับน้ำหนักในแนวดิ่งที่กดทับลงมา ชนิดของดิน และที่สำคัญยังขึ้นอยู่กับลักษณะการเคลื่อนที่ของดินอีกด้วยความเข้าใจในพฤติกรรมของแรงดันดินด้านข้างอย่างถูกต้อง มีความสำคัญอย่างยิ่งในการออกแบบโครงสร้างกันดินได้อย่างปลอดภัยและเหมาะสมกำแพงกันดินเป็นโครงสร้างที่ใช้สำหรับกันดินที่มีลักษณะพื้นผิวอยู่ในแนวดิ่ง ที่ต้องใช้กำแพงกันดินนั้นเนื่องมาจากความไม่สมดุลของแรงต้านทานจากดินกับแรงดันจากดินในกรณีที่ดินมีกำลังรับแรงเฉือนสูงมากสามารถขุดดินตั้งเกือบจนได้ลึกถึง 20 เมตรโดยที่ไม่เกิดการวิบัติและสามารถตั้งอยู่ได้เป็นระยะเวลานานหลายปีแต่ในกรณีที่ดินมีกำลังรับแรงเฉือนต่ำเช่นดินเหนียวอ่อนกรุงเทพเมื่อขุดดินลึกเพียง 3 เมตรโดยทิ้งลาดคันดินไว้ก็เกิดการเคลื่อนตัวของดินจนส่งผลกระทบต่อสิ่งปลูกสร้างข้างเคียง ดังรูปที่ 2-1

ในการออกแบบและก่อสร้างกำแพงกันดินนั้นจำเป็นต้องอาศัยทฤษฎีทางด้านกลศาสตร์ของดินและหลักการทางกลศาสตร์ในการคำนวณแรงดันและแรงต้านที่ดินกระทำต่อกำแพง ในบางกรณีในพื้นที่กว้างมากผู้ก่อสร้างมักจะใช้ระบบกำแพงกันดินชนิดตามยถากรรม ดังรูปที่ 2-2(1) ซึ่งเป็นกำแพงกันดินชั่วคราวเพื่อก่อสร้างประจําระบายน้ำที่ติดกับอ่างเก็บน้ำ กำแพงกันดินที่ใช้เป็นท่อนไม้กระถินสดที่ตัดจากในบริเวณพื้นที่ก่อสร้างแล้วนำมาคดลงในดินเพื่อใช้เป็นโครงสร้างกันดิน และได้ใช้ไม้กระถินเช่นกันในการทำค้ำยัน ปัญหาที่เกิดขึ้นคือการไหลของดินผ่านเสาเข็มไม้และการเคลื่อนตัวของดินโดยรอบจนเกิดการวิบัติ การก่อสร้างในกรณีเช่นนี้ใช้ได้กับพื้นที่กว้างที่การขุดเปิดหน้าดินไม่ส่งผลกระทบต่อสิ่งปลูกสร้างหรือระบบสาธารณูปโภคที่อยู่โดยรอบ แต่ในกรณีที่การขุดเปิดหน้าดินอยู่ติดกับโครงสร้างที่อาจเกิดความชำรุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เสียหายได้ถ้าเกิดการเคลื่อนตัวของดินเนื่องจากการขุดดินจำเป็นจะต้องใช้กำแพงกันดินที่มีกำลังต้านทานต่อแรงดันดินเพียงพอที่จะไม่ก่อให้เกิดการวิบัติของดินและโครงสร้าง (Ultimate limit state) หรือก่อให้เกิดการเคลื่อนตัวที่สูงจนสิ่งปลูกสร้างโดยรอบชำรุด (Serviceability limit state) รูปที่ 2 – 2(2) เป็นตัวอย่างของกำแพงกันดินชั่วคราวสำหรับก่อสร้างบ่อน้ำใต้ดิน โดยใช้กำแพงเข็มพืดเหล็ก (steel sheet pile wall) และใช้ระบบค้ำยันโดยมีคานขวางและค้ำยัน



(1)



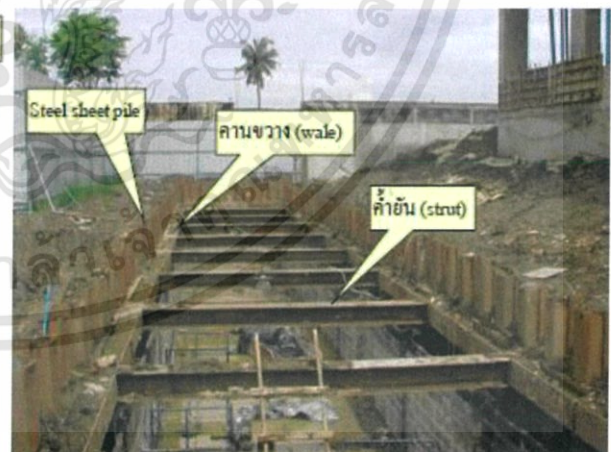
(2)

รูปที่ 2-1 การขุดเปิดหน้าดิน (1) ชั้นดินลูกรังขุดลึกประมาณ 20 เมตร; (2) ชั้นดินเหนียวอ่อนกรุงเทพฯขุดลึกประมาณ 3 เมตร

(ที่มา: หนังสือวิศวกรรมฐานรากของ ดร.พรพจน์ ตันเส็ง)



(1)



(2)

รูปที่ 2-2 ระบบกำแพงกันดิน (1) ระบบกำแพงกันดินชั่วคราวเพื่อก่อสร้างประตูละบายน้ำลึก 6 เมตร; (2) ระบบกำแพงกันดินเข็มพืดเหล็กเพื่อก่อสร้างบ่อน้ำใต้ดิน

(ที่มา: หนังสือวิศวกรรมฐานรากของ ดร.พรพจน์ ตันเส็ง)

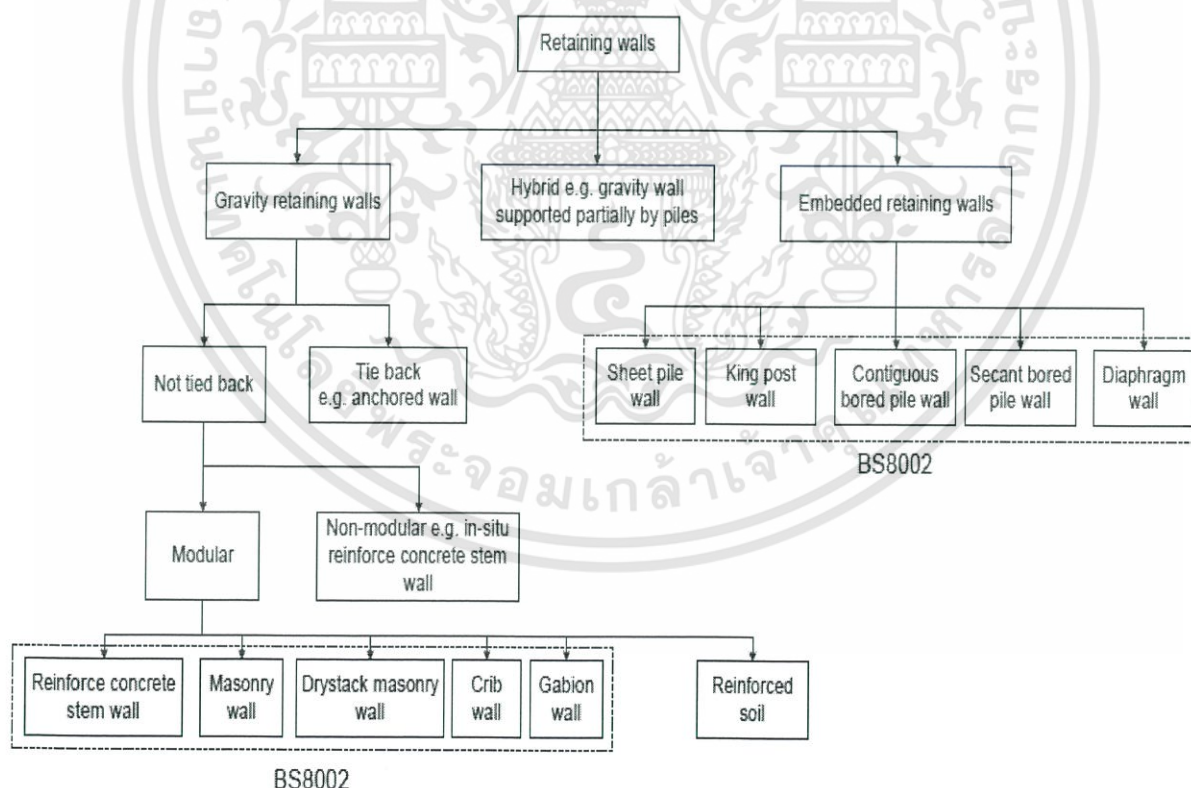
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากที่กล่าวมาข้างต้นจะเห็นได้ว่าการวิเคราะห์และออกแบบกำแพงกันดินให้สามารถต้านทานแรงดันดินได้เป็นสิ่งที่มีความสำคัญเป็นอย่างยิ่งสำหรับงานวิศวกรรมฐานรากในปัจจุบัน สาเหตุหนึ่งอาจเกิดจากความจำกัดของพื้นที่ ทำให้จำเป็นต้องใช้พื้นที่ใต้ดินให้เกิดประโยชน์มากที่สุด และด้วยความจำกัดของพื้นที่เองทำให้ไม่สามารถขุดเปิดหน้าดินโดยไม่ใช้ระบบกำแพงกันดินได้ และจะได้กล่าวถึงวิธีการคำนวณแรงดันดินที่พัฒนาขึ้นมาจากการวัดแรงที่เกิดขึ้นในสนามและนำมาพัฒนาเป็นแรงดันดินเชิงประสบการณ์ และจะได้กล่าวถึงการประมาณการเคลื่อนตัวของดินที่อาจจะส่งผลกระทบต่อสิ่งปลูกสร้างข้างเคียงไว้ด้วย

2.1 ชนิดของกำแพงกันดิน

(Gaba, Simpson et al. 2003) ได้จำแนกกำแพงกันดินจำแนกตามลักษณะของโครงสร้างและการเกิดแรงต้านทานแรงดันดินเป็น 2 ประเภทหลักๆ ได้แก่

- กำแพงกันดิน (Earth retaining wall) ใช้สำหรับรับแรงที่เกิดขึ้นส่วนใหญ่ที่ผิวดิน หรือใกล้กับผิวดิน
- กำแพงฝังลงในดิน (Embedded retaining wall) เป็นกำแพงที่มีบางส่วนของกำแพงฝังลงในดินเพื่อที่จะใช้แรงต้านทานแรงดันดินด้านข้างจากส่วนที่ฝังลงในดิน กำแพงอาจจะมีโครงสร้างมาช่วยรองรับแรงดันดิน ตัวอย่างโครงสร้างรองรับได้แก่ คานขวาง คันทัน สมอรั้ง หรือ แผ่นพื้น เป็นต้น กำแพงชนิดนี้อาจไม่ต้องใช้ค้ำยัน (freestanding) ก็ได้



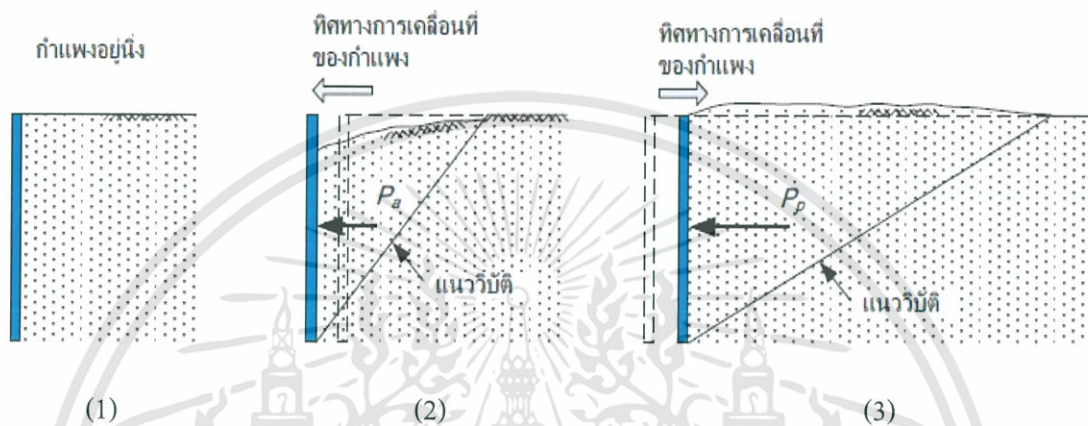
รูปที่ 2-3 ชนิดของกำแพงกันดิน

(ที่มา : Gaba, Simpson et al. 2003)

2.2 ทฤษฎีแรงดันดินด้านข้างของ Rankine

แรงดันดินด้านข้างของดินขึ้นอยู่กับทิศทางการเคลื่อนตัวของกำแพง แบ่งเป็นสามกรณีได้แก่

- แรงดันดินด้านข้างในสภาพนิ่ง (At rest lateral earth pressure)
- แรงดันดินด้านข้างเมื่อดินเคลื่อนตัวดันกำแพง (Active earth pressure)
- แรงดันดินด้านข้างเมื่อดินกำแพงเคลื่อนตัวดันดิน (Passive earth pressure)



รูปที่ 2-4 แรงดันดินด้านข้างซึ่งขึ้นอยู่กับทิศทางการเคลื่อนตัวของดิน

(ที่มา: หนังสือวิศวกรรมฐานรากของ ดร.พรพจน์ ดันเส็ง)

2.2.1 แรงดันดินด้านข้างในสภาพนิ่ง (At rest lateral earth pressure)

ค่า คำนวณได้จากสมการ

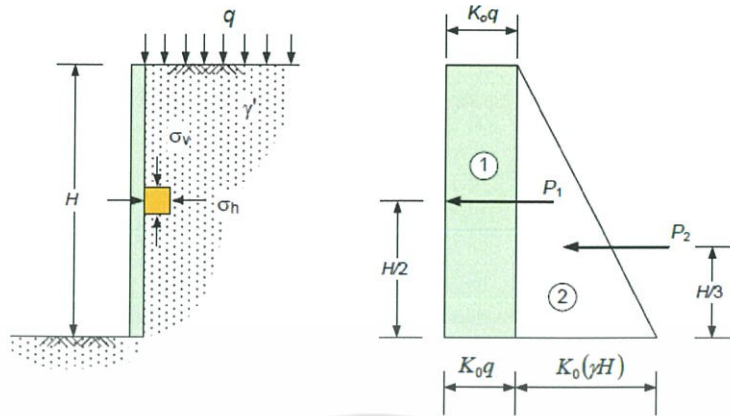
$$\sigma_h = K_0 \sigma_v' + \mu$$

K_0 = Coefficient of at rest earth pressure ค่า สามารถประมาณได้โดยใช้วิธีเชิงประสบการณ์ ดังตารางที่

2-1

ตารางที่ 2-1 ค่า Coefficient of earth pressure at rest

ชนิดของดิน	สมการ
Normally consolidated soil; Jaky (1944)	$K_0 = 1 - \sin \phi$
Normally consolidated clay; Brooker และ Ireland's (1965)	$K_0 = 0.04 + 0.007(PI) \quad PI = 0 - 40\%$ $K_0 = 0.64 + 0.001(PI) \quad PI = 40 - 80\%$
Over consolidated clay; Alpan (1967)	$(K_0)_{oc} = (K_0)_{nc} (OCR)^n$ $PI < 40\%, n = 0.42$ $PI > 40\%, n = 0.32$



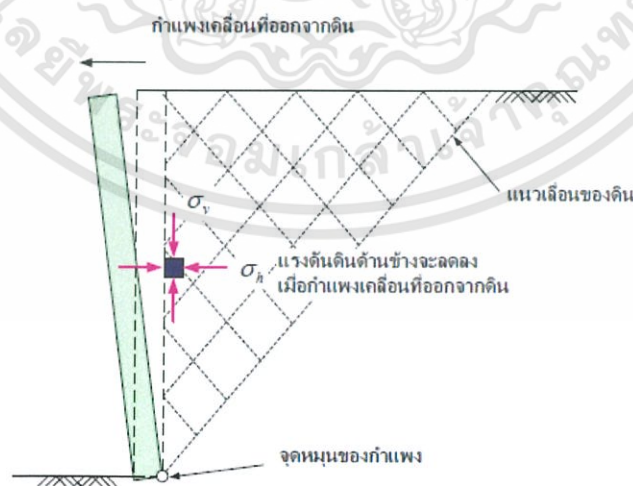
รูปที่ 2-5 แรงดันดินด้านข้างในสภาวะแอคทีฟ

(ที่มา: หนังสือวิศวกรรมฐานรากของ ดร.พรพจน์ ตันเส็ง)

2.2.2 แรงดันดินด้านข้างเมื่อดินเคลื่อนตัวดันกำแพง (Active earth pressure)

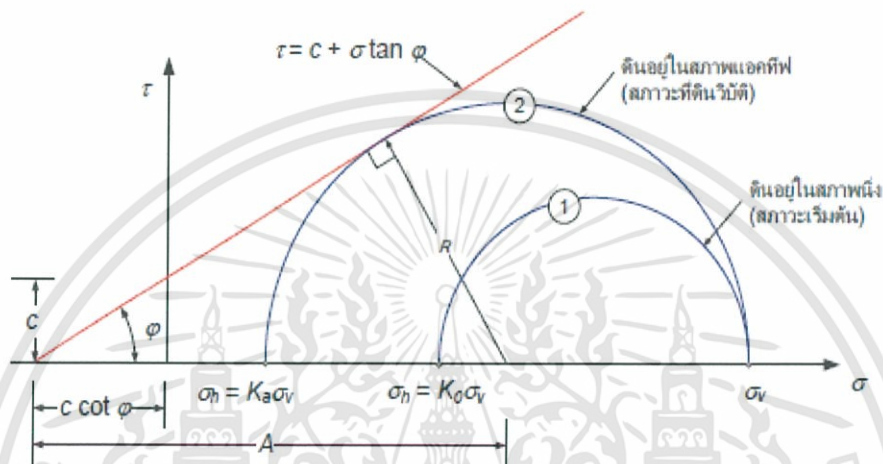
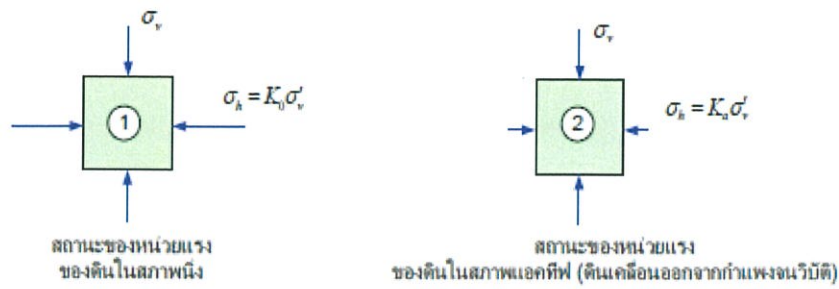
แรงดันดินด้านข้างในสภาวะแอคทีฟ และแพชชีฟที่เสนอโดย Rankine (1857)

- กำแพงอยู่ในแนวดิ่ง
- ไม่มีแรงเสียดทานระหว่างดินกับกำแพง
- ดินถมหลังกำแพงอยู่ในแนวราบและไม่มีหน่วยแรงเฉือนเกิดขึ้นในระนาบราบและระนาบตั้ง
- กำแพงแข็งและยาวไม่สิ้นสุดโดยดินเป็นดินที่มีเนื้อสม่ำเสมอ (homogeneous) และมีคุณสมบัติเหมือนกันในทุกๆ แกนที่พิจารณา (isotropic)
- สภาวะของดินเริ่มแรกจะต้องอยู่ในสภาวะนิ่ง (at-rest state)



รูปที่ 2-6 แรงดันดินด้านข้างในสภาวะแอคทีฟ

(ที่มา: หนังสือวิศวกรรมฐานรากของ ดร.พรพจน์ ตันเส็ง)



รูปที่ 2-7 Mohr circle แสดงสถานะของหน่วยแรงเมื่อดินขยับในสภาวะแอคทีฟ (ที่มา: หนังสือวิศวกรรมฐานรากของ ดร.พรพจน์ ต้นเส็ง)

จากรูปที่ 2-7 เขียนความสัมพันธ์ได้

$$\sin \phi = \frac{R}{A} = \frac{(\sigma_v - \sigma_h) / 2}{(\sigma_v + \sigma_h + 2c \cot \phi) / 2}$$

เมื่อจัดรูปสมการใหม่จะได้

$$\sigma_h (1 + \sin \phi) = \sigma_v (1 - \sin \phi) - 2c \cos \phi$$

หน่วยแรงดันดินด้านข้างในสภาวะแอคทีฟคำนวณได้จาก

$$\sigma_h = \sigma_v \left(\frac{1 - \sin \phi}{1 + \sin \phi} \right) - 2c \sqrt{\frac{1 - \sin \phi}{1 + \sin \phi}}$$

ถ้าให้

$$K_a = \frac{1 - \sin \phi}{1 + \sin \phi}$$

จะได้

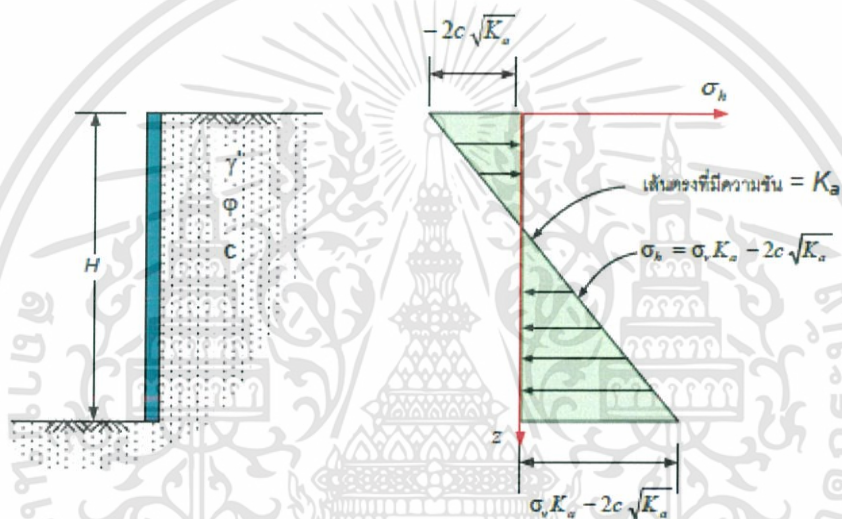
$$\sigma'_h = \sigma'_v K_a - 2c\sqrt{K_a}$$

K_a = Coefficient of active lateral earth pressure K

C = Cohesion of soil

φ = Friction angle

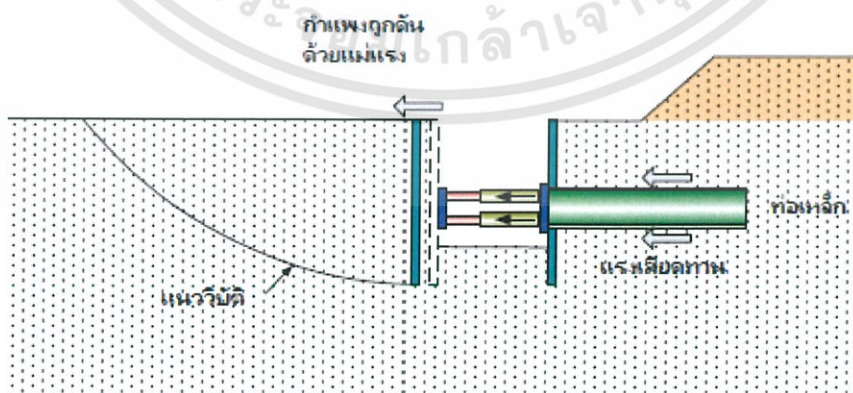
จากสมการของแรงดันดินด้านข้างในสภาวะแอคทีฟสามารถนำไปเขียนเป็น Stress profile ได้ดังรูป



รูปที่ 2-8 การกระจายของแรงดันดินด้านข้างในสภาวะแอคทีฟ

(ที่มา: หนังสือวิศวกรรมฐานรากของ ดร.พรพจน์ ตันเส็ง)

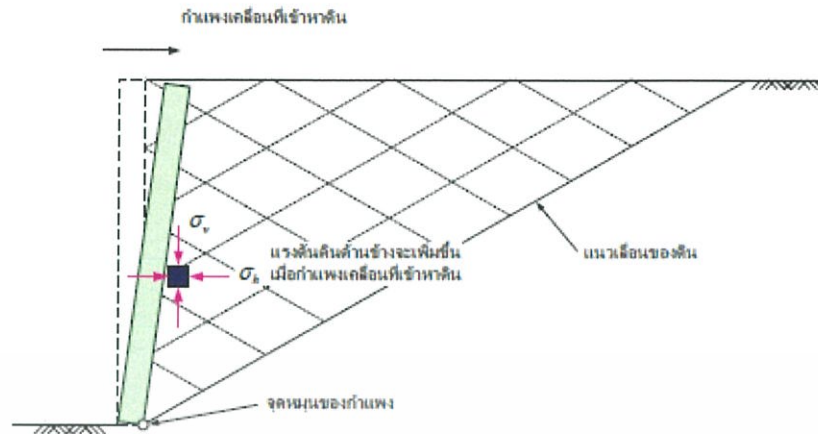
2.2.3 แรงดันดินเมื่อดินกำแพงเคลื่อนตัวดันดิน(Passive earth pressure)



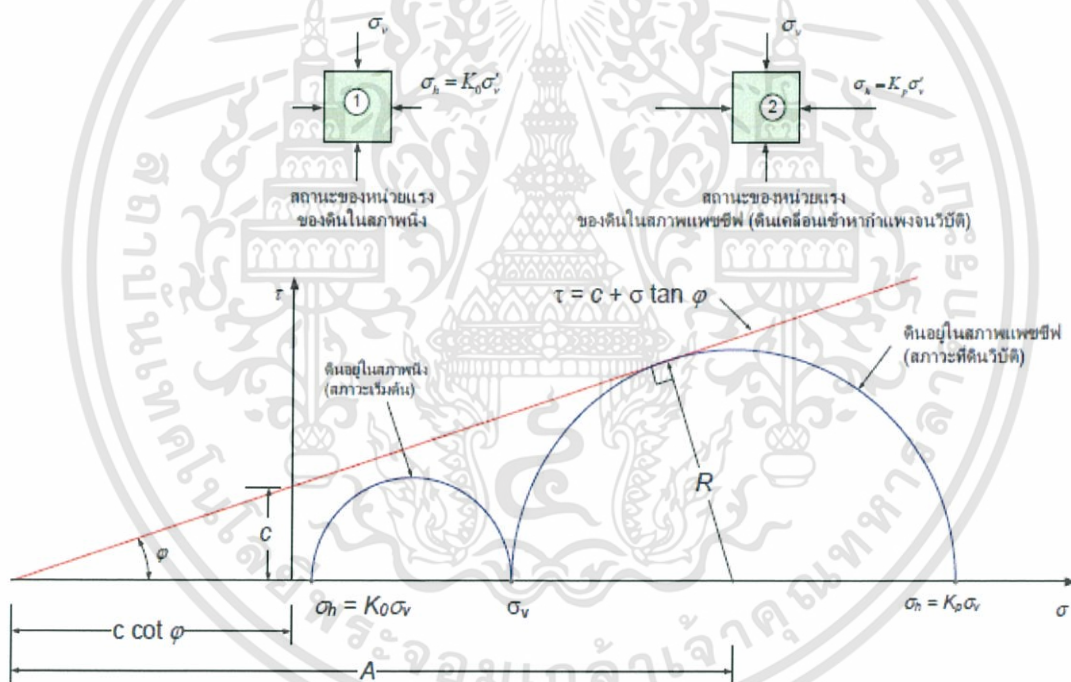
รูปที่ 2-9 ตัวอย่างการก่อสร้างที่ก่อให้เกิดแรงดันดินแบบแพชซีฟ

(ที่มา: หนังสือวิศวกรรมฐานรากของ ดร.พรพจน์ ตันเส็ง)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2-10 การวัดตัวของดินในสภาวะแพชซีฟ
(ที่มา: หนังสือวิศวกรรมฐานรากของ ดร.พรพจน์ ตันเส็ง)



รูปที่ 2-11 Mohr circle แสดงสถานะของหน่วยแรงเมื่อดินบีบในสภาวะแพชซีฟ

(ที่มา: หนังสือวิศวกรรมฐานรากของ ดร.พรพจน์ ตันเส็ง)

จากรูปที่ 2-11 เขียนความสัมพันธ์ได้

$$\sin \phi = \frac{R}{A} = \frac{(\sigma_v - \sigma_h)/2}{(\sigma_v + \sigma_h + 2c \cot \phi)/2}$$

เมื่อจัดรูปสมการใหม่จะได้

$$\sigma_h(1 + \sin \varphi) = \sigma_v(1 - \sin \varphi) - 2c \cos \varphi$$

หน่วยแรงดันดินด้านข้างในสถานะแอคทีฟคำนวณได้จาก

$$\sigma_v = \sigma_h \left(\frac{1 + \sin \varphi}{1 - \sin \varphi} \right) + 2c \sqrt{\frac{1 + \sin \varphi}{1 - \sin \varphi}}$$

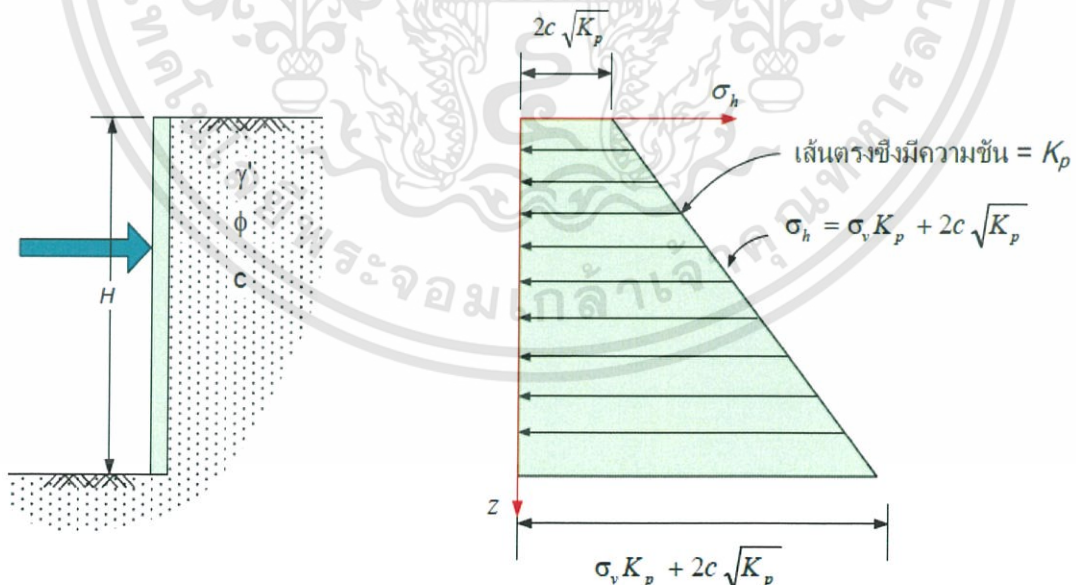
ถ้าให้

$$K_p = \frac{1 + \sin \varphi}{1 - \sin \varphi}$$

จะได้

$$\sigma'_h = \sigma'_v K_p + 2c \sqrt{K_p}$$

K_p = Coefficient of passive lateral earth pressure



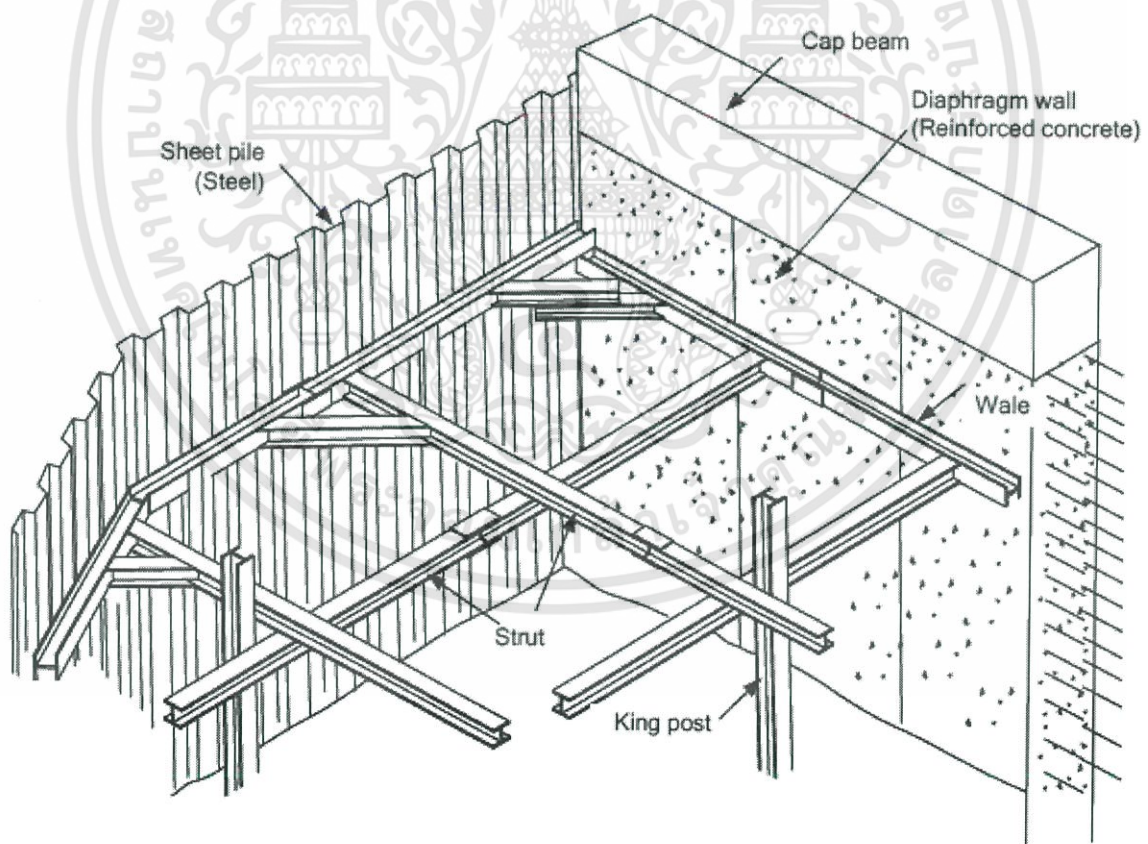
รูปที่ 2-12 การกระจายของแรงดันดินด้านข้างในสถานะแอคทีฟ

(ที่มา: หนังสือวิศวกรรมฐานรากของ ดร.พรพจน์ ตันเส็ง)

ตารางที่ 2-2 สรุปสมการที่ใช้คำนวณแรงดันดินด้านข้าง

สภาวะของดิน	สมการ
สภาวะนิ่ง (At rest)	$\sigma'_h = K_0 \sigma'_v$
สภาวะแอคทีฟ (Active) Rankine (1857)	$\sigma'_h = \sigma'_v K_a - 2c\sqrt{K_a}$ $K_a = \frac{1 - \sin \phi}{1 + \sin \phi}$
สภาวะพาสซีฟ (Passive) Rankine (1857)	$\sigma'_h = \sigma'_v K_p + 2c\sqrt{K_p}$ $K_p = \frac{1 + \sin \phi}{1 - \sin \phi}$

2.3 ระบบป้องกันดินงานขุดดินลึกในงานก่อสร้างโครงสร้างใต้ดิน



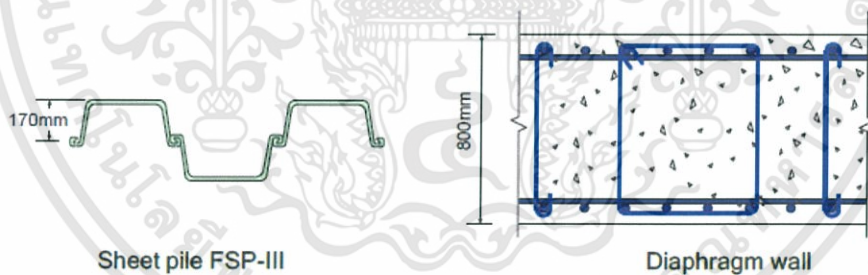
รูปที่ 2-13 โครงสร้างค้ำยันที่ใช้ในงานขุดดินลึก

(ที่มา: หนังสือวิศวกรรมฐานรากของ ดร.พรพจน์ ตันเส็ง)

- ระบบกำแพงกันดิน Sheet pile

ในการใช้งานระบบกำแพงกันดิน Sheet pile สำหรับงานขุดเพื่อก่อสร้างชั้นใต้ดินหรือโครงสร้างใต้ดินนั้นประกอบไปด้วยหลายขั้นตอน และเกี่ยวข้องกับหลายส่วนงานด้วยกัน โดยงานระบบกำแพงกันดินเพื่องานขุดนี้แตกต่างจากการออกแบบโครงสร้างโดยทั่วไป เนื่องจากในการออกแบบจำเป็นต้องพิจารณาประเด็นด้านการก่อสร้างไปพร้อมกัน หรือในบางกรณีในขณะที่ก่อสร้างพบว่าพฤติกรรมของระบบกำแพงกันดินแตกต่างไปจากพฤติกรรมที่ได้ประเมินไว้ในขั้นตอนการวิเคราะห์และออกแบบก็จำเป็นต้องมีการปรับปรุงหรือแก้ไข ซึ่งงานลักษณะนี้ส่วนใหญ่จะมีลักษณะเป็นการออกแบบและก่อสร้างที่ต้องมีการทำงานร่วมกันระหว่างผู้วิเคราะห์ออกแบบและผู้ที่ทำการก่อสร้าง

กำแพงกันดินแบบ Sheet pile นั้นเป็นที่นิยมใช้เป็นกำแพงกันดินสำหรับงานก่อสร้างห้องใต้ดินลึก ซึ่งจำเป็นต้องมีค้ำยันมากกว่า 1 ชั้นเพื่อถ่ายแรงดันดินจากกำแพงฝั่งหนึ่งไปสู่กำแพงอีกฝั่งหนึ่ง สำหรับแรงดันดินที่กระทำต่อ Sheet pile นั้นจะแตกต่างจากกำแพงกันดินที่เรียกว่า Retaining wall¹ ในความเป็นจริง Sheet pile นั้นจะมีสติฟเนสที่ต่ำกว่า Retaining wall เนื่องจากขนาดความหนาของ กำแพง เมื่อเปรียบเทียบกับสติฟเนสของ sheet pile และ retaining wall ที่นิยมใช้ (รูปที่ 2-14) จะเห็นว่าสติฟเนสของ retaining wall คอนกรีตเสริมเหล็ก หนา 800 มิลลิเมตร สติฟเนส สูง กว่า sheet pile เหล็ก FSP-III ถึง 13 เท่า ซึ่งถ้าเราทดลองนำกำแพงมาทำเป็นคานรับน้ำหนักแผ่ 1 หน่วยต่อเมตรจะเห็นว่า sheet pile จะมีค่าเอนตัวที่กึ่งกลางคาน มากกว่า retaining wall ประมาณ 32 เท่า



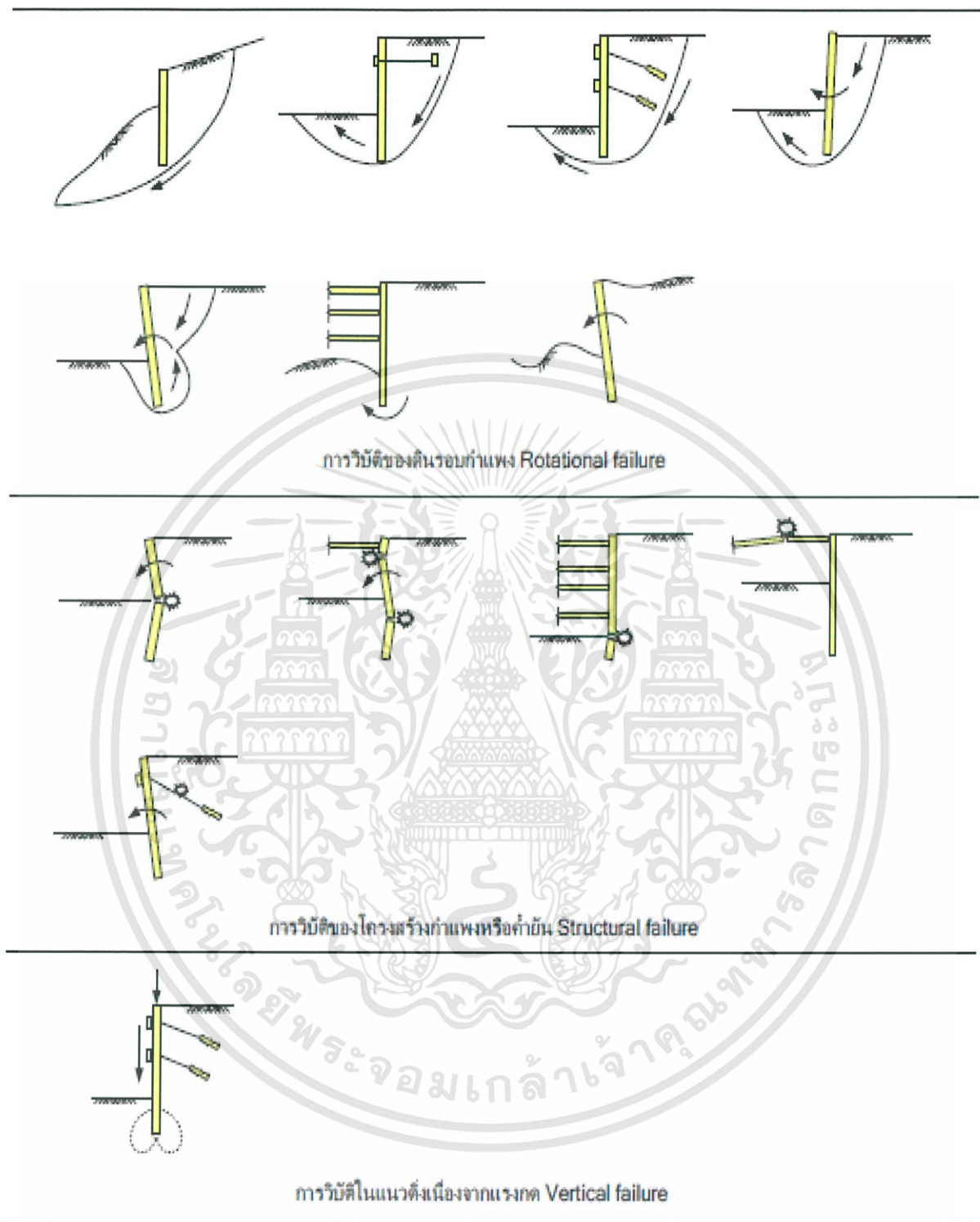
รูปที่ 2-14 เปรียบเทียบขนาดของกำแพง Sheet pile และกำแพง Diaphragm wall

(ที่มา: หนังสือวิศวกรรมฐานรากของ ดร.พรพจน์ ดันเส็ง)

- กำแพงดันดิน Wall

ในการออกแบบกำแพงสิ่งที่จะต้องคำนึงถึงคือน้ำหนักแผ่กระจายที่กระทำบนปากบ่อ ซึ่งได้แก่เครื่องจักรที่ใช้ในการก่อสร้าง วัสดุที่กองไว้บนปากบ่อ เป็นต้น กำแพงกันดินจะต้องต้านทานแรงดันที่เกิดขึ้นเนื่องจากแรงดันดินได้ โดยกำแพงจะต้องไม่วิบัติ และเสถียรภาพของดินรอบ ๆ กำแพงจะต้องไม่วิบัติด้วย ตัวอย่างลักษณะการวิบัติของกำแพงแสดงดังรูปที่ 2-15

¹Retaining wall คือกำแพงกันดินที่เป็น โครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็กใช้ต้านทานแรงดันดิน การไหลของน้ำและต้านทานแรงเนื่องจากน้ำหนักกดทับผิวบน กำแพงประเภทนี้จะกั้นน้ำและป้องกันการรั่วซึมได้ดีไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



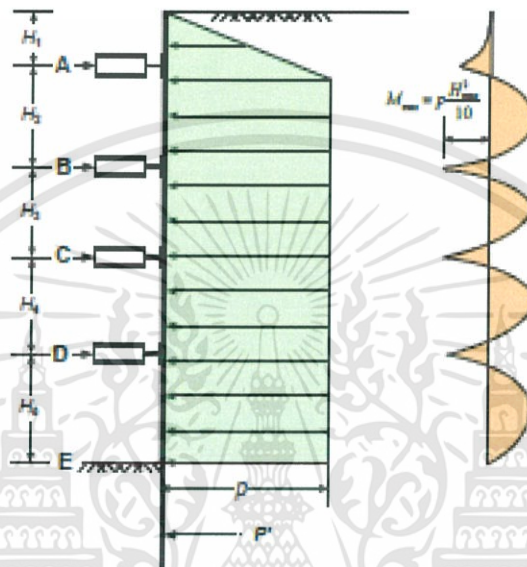
รูปที่ 2-15 ตัวอย่างการวิบัติของกำแพงและค้ำยันแบบ Ultimate limit state (Gaba, Simpson et al. 2003)

(ที่มา: หนังสือวิศวกรรมฐานรากของ ดร.พรพจน์ ตันเส็ง)

การวิเคราะห์แรงในกำแพงที่มีความต่อเนื่อง (Fang 1990)

โมเมนต์ดัดที่นำมาออกแบบจะใช้โมเมนต์ดัดที่คือ โมเมนต์ดัดที่คำนวณโดยใช้ระยะระหว่างค้ำยันที่ ห่างที่สุด ซึ่งในการคำนวณจะคำนวณแรงดันดินต่อความยาว 1 หน่วย

$$M_{\max} = p \frac{H_{\max}^2}{10}$$



รูปที่ 2-16 การคำนวณโมเมนต์ดัดสูงสุดในกำแพงเพื่อนำมาใช้ออกแบบ (Fang 1990)

(ที่มา: หนังสือวิศวกรรมฐานรากของ ดร.พรพจน์ ตันเส็ง)

เมื่อได้โมเมนต์ดัดสูงสุดแล้วนำมาคำนวณหา Section modulus, S จากสมการ

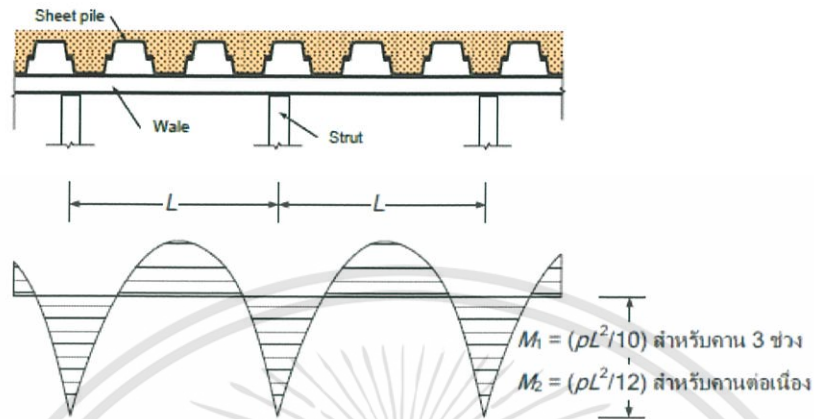
$$S_{req} = \frac{M_{\max}}{F_b}$$

- คานขวาง Wale

ในการออกแบบ Wale จะมีขั้นตอนดังนี้คือ

1. คำนวณโมเมนต์ดัด
2. ทดลองเลือกหน้าตัดจากนั้นคำนวณหน่วยแรงดัดที่เกิดขึ้น
3. คำนวณหน่วยแรงอัด และค่าของแกนหลักและแกนรอง KL/r
4. คำนวณค่า F_a โดยใช้สมการ AISC
5. ตรวจสอบหน่วยแรงรวม (หน่วยแรงอัด + หน่วยแรงดัด) ว่าไม่เกินหน่วยแรงที่ยอมให้โดยใช้ AISC 6.
- ถ้าหน่วยแรงเกินกว่าหน่วยแรงที่ยอมให้ให้คำนวณข้อ 2-5 อีกครั้ง

แรงที่เกิดขึ้นใน Wale ที่สำคัญประการหนึ่งก็คือแรงในแนวแกนซึ่งเกิดขึ้นที่มุมของกำแพงดังแสดง ในรูป โดยปกติค้ำยันหลักจะได้รับผลกระทบเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิซึ่งทำให้หน่วย แรงในค้ำยันเพิ่มขึ้นซึ่งต้องนำมาพิจารณาในการออกแบบด้วย



รูปที่ 2-17 การคำนวณโมเมนต์ค้ำยันใน Wale เพื่อนำมาใช้ออกแบบ

(ที่มา: หนังสือวิศวกรรมฐานรากของ ดร.พรพจน์ ต้นเส็ง)

ตารางที่ 2-3 หน้าตัดเหล็กรูปพรรณที่นิยมใช้เป็น Strut และ Wale

ขนาด	Area (cm ²)	S_x (cm ³)	S_y (cm ³)	r_x (cm)	r_y (cm)
W300X94 kg/m	119.8	1360	450	13.1	7.51
W350X137 kg/m	173.9	2300	776	15.2	8.84
W400X172 kg/m	218.7	3330	1120	17.5	10.10

- ค้ำยัน Struts

1. คำนวณแรงที่ถ่ายลงค้ำยัน ด้วยวิธีดังรูปที่ 2-18
2. ทดลองเลือกขนาดหน้าตัดเหล็ก WF และคำนวณค่า L/r
3. คำนวณแรงอัดที่ยอมให้ของหน้าตัด F_u โดยใช้สมการของ AISC
4. ตรวจสอบว่าแรงที่คำนวณได้ในข้อ 1 น้อยกว่าหน่วยแรงที่ยอมให้ในข้อ 3 หรือไม่ ถ้าไม่ให้ ทดลองเลือกขนาดหน้าตัดให้ใหญ่ ขึ้นจนกระทั่งแรงที่เกิดขึ้นน้อยกว่าแรงที่ยอมให้

หน่วยแรงที่ยอมให้สำหรับหน้าตัดเหล็กรูปพรรณ American Institute of Steel Construction (AISC)

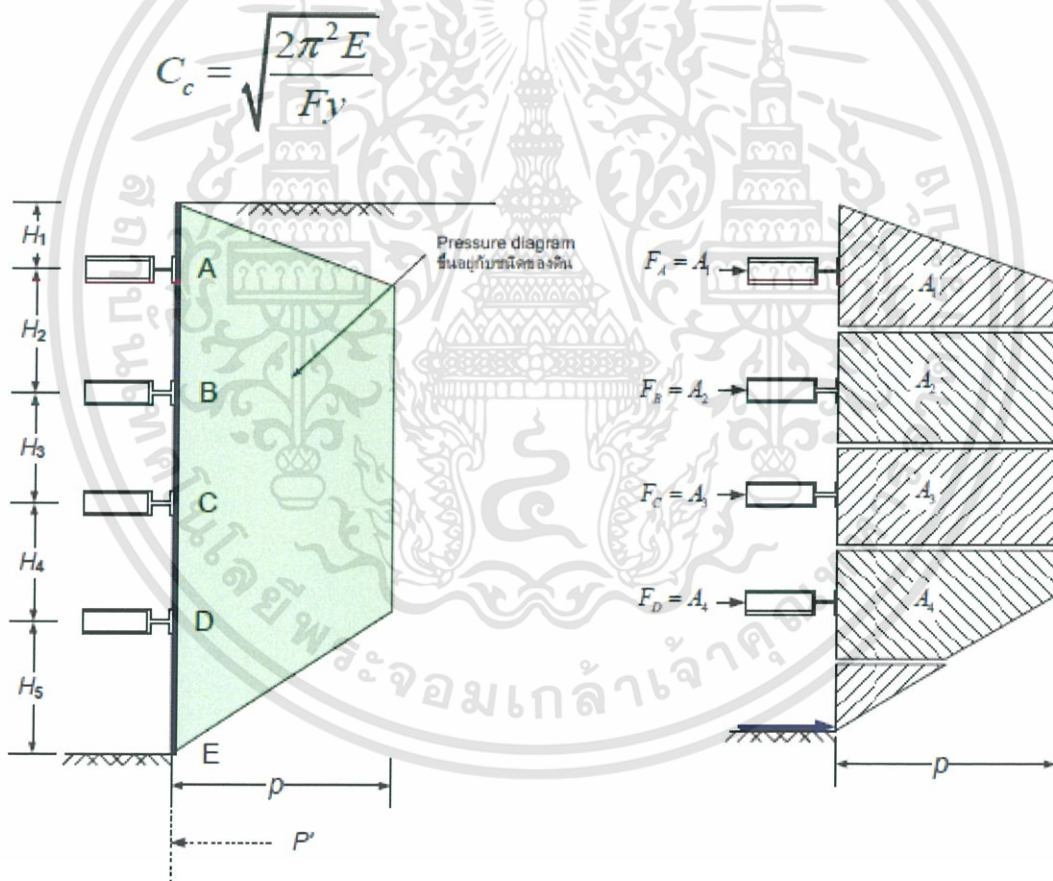
$$\sigma_{allow} = \frac{12\pi^2 E}{23(L/r)^2}$$

$$\text{เมื่อ } C_c \leq \frac{KL}{r} \leq 200$$

$$\sigma_{allow} = \frac{1 - \frac{1}{2} \frac{(kL/r)^2}{(C_c)^2}}{\frac{5}{3} + \frac{3}{8} \frac{(kL/r)}{C_c} - \frac{1}{8} \frac{(kL/r)^3}{(C_c)^3}}$$

$$\text{เมื่อ } \frac{kL}{r} < C_c$$

โดย



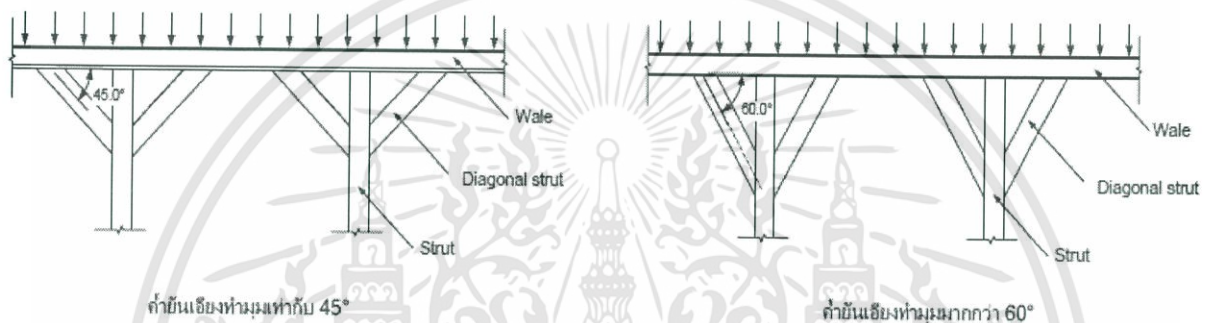
รูปที่ 2-18 การคำนวณแรงอัดในค้ำยัน strut

(ที่มา: หนังสือวิศวกรรมฐานรากของ ดร.พรพจน์ ตันเส็ง)

ในการออกแบบ strut นั้นสิ่งที่ต้องให้ความระมัดระวังเป็นพิเศษคือการเกิด buckling ของ strut เนื่องจาก strut เป็นชิ้นส่วนที่ชะลูดมากเมื่อมีแรงอัดมากจะทำให้เกิดการวิบัติแบบ buckling ซึ่งเป็นการวิบัติแบบฉับพลัน และการวิบัติของค้ำยันเพียงตัวเดียวอาจทำให้ระบบค้ำยันทั้งหมด พังทลายลง ซึ่งเมื่อไม่มีค้ำยันทางด้านข้างแล้วกำแพงกันดินก็จะพังทลายตามลงมา

5.8.6 ข้อแนะนำในการออกแบบระบบค้ำยัน(Horiba and Ishizuka 1995)

โดยทั่วไป wale มักจะถูกออกแบบโดยพิจารณาว่าเป็นคานที่มีความต่อเนื่อง และรองรับด้วย strut โดยในระบบค้ำยันมักจะนำคานหลักรูปพรรณมาเชื่อมต่อกัน สำหรับค้ำยันโดย strut ที่มีช่วง ห่างระหว่างค้ำยันมากทำให้เกิดโมเมนต์ดัดใน wale สูงและเกิดการโก่งของคานในปริมาณมาก จึงมักจะลดระยะห่างของจุดรองรับลงด้วยการเพิ่มค้ำยันทแยงดังรูปที่ 2-19



รูปที่ 2-19 การใช้ค้ำยันทแยงเพื่อลดโมเมนต์ดัดและการโก่งของ wale
(ที่มา: หนังสือวิศวกรรมฐานรากของ ดร.พรพจน์ ต้นเส็ง)

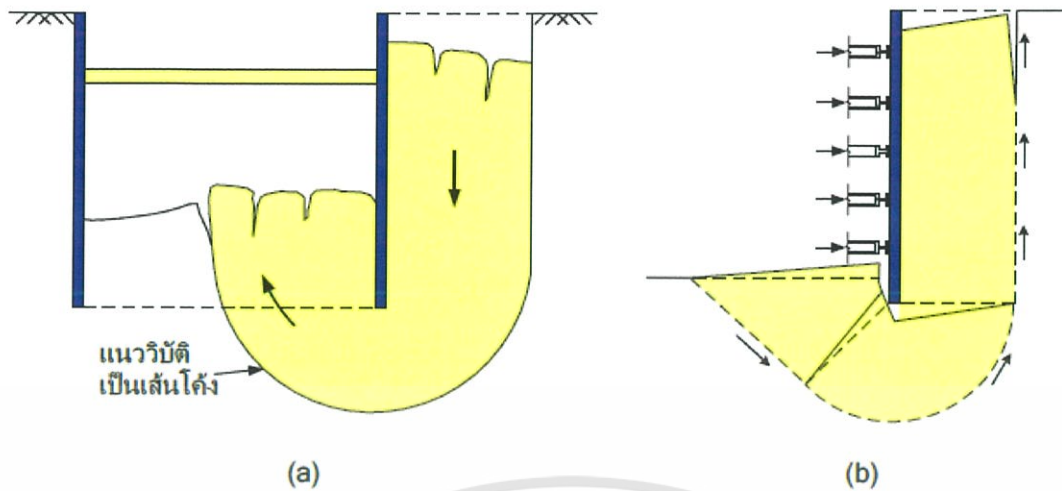
ในกรณีที่ค้ำยันเอียงทำมุมทแยงมากกว่า 60 องศา นั้นจะต้องเสริมบริเวณจุดต่อด้วย stiffener² ที่แผ่น web³ ของ wale เพื่อป้องกันการวิบัติของ web หรืออาจจะใช้คอนกรีตเทลงในบริเวณที่รับ แรงอัดก็ได้เพื่อให้คอนกรีตช่วยถ่ายแรงอัดที่เกิดขึ้น

2.4 การบวมขึ้นของดินเหนียวใต้ข้อุด (Base heave)

ในการขุดดินในชั้นดินเหนียวซึ่งมีกำลังรับแรงเฉือนต่ำนั้น อาจเกิดการวิบัติของดินที่ก้นของบ่อเนื่องจาก Bearing capacity ซึ่งจะก่อให้เกิดการฮูด (heave) ของดินบริเวณก้นบ่อดังรูปที่ 2-20

²web คือ เหล็กแผ่นดัดหรือเรียกอีกอย่างว่าเอวคาน

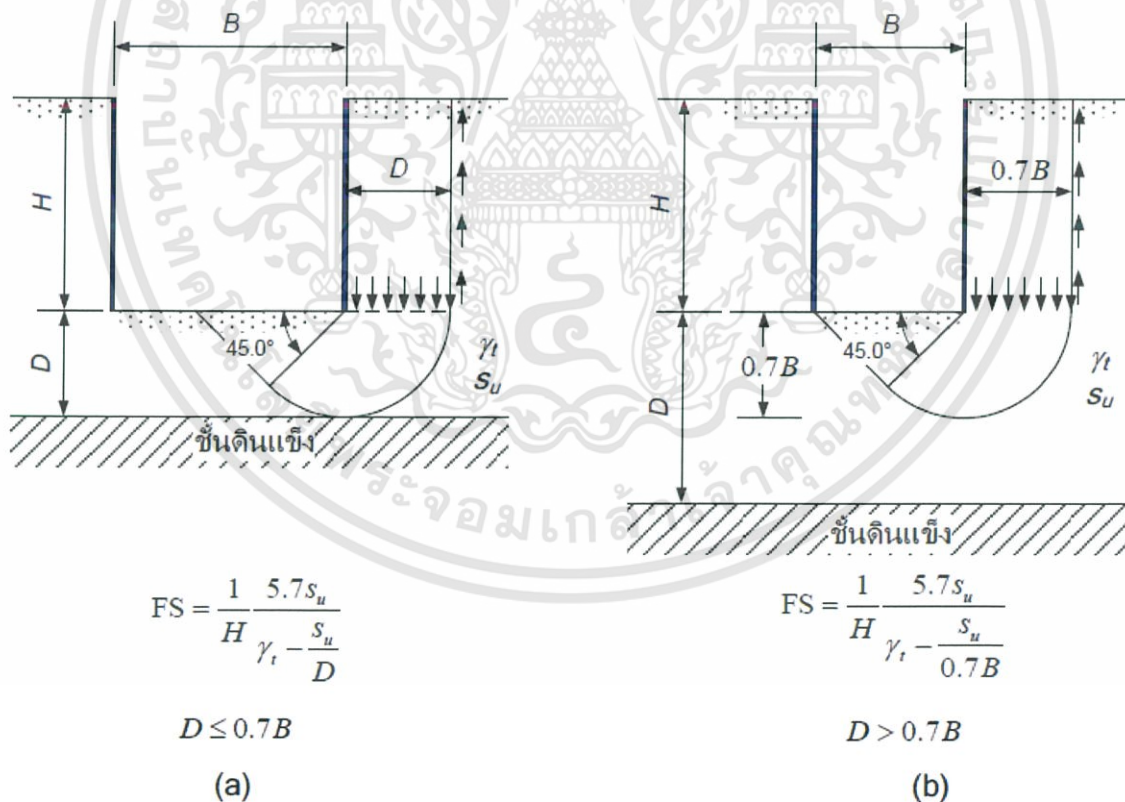
³stiffener คือ แผ่นเหล็กเสริมความแข็งแรงหรือเรียกอีกอย่างว่าเหล็กชายธง



รูปที่ 2-20 การวิบัติของดินได้บ่อชุด (a) ดินได้บ่อชุดบวมตัวขึ้น (b) Failure mechanism ของ Bolton (1993) (Charles, Simons et al. 2004)

(ที่มา: หนังสือวิศวกรรมฐานรากของ ดร.พรพจน์ ตันเส็ง)

สำหรับการคำนวณดินเหนียวในระดับลึกมาก Terzaghi (1943) ได้เสนอกลไกการวิบัติ (Failure Mechanism) ของดินได้บ่อชุดเพื่อใช้คำนวณ Factor of Safety ไว้ดังรูปที่ 2-21



รูปที่ 2-21 กลไกการวิบัติที่เสนอโดย Terzaghi (a) เมื่อชั้นดินแข็งอยู่ตื้น (b) เมื่อชั้นดินแข็งอยู่ลึก (ที่มา: หนังสือวิศวกรรมฐานรากของ ดร.พรพจน์ ตันเส็ง)

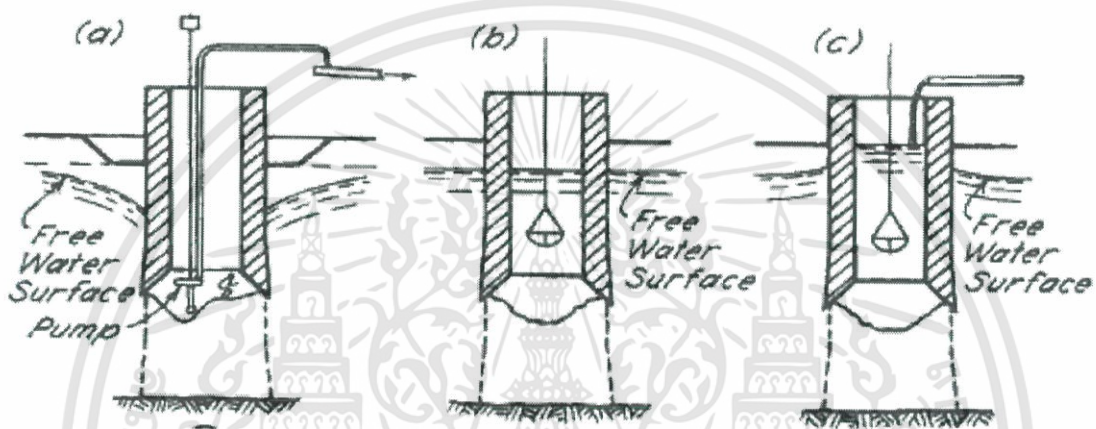
2.5 การไหลซึมของน้ำผ่านดิน

ดินประกอบไปด้วยมวลรวมที่เป็นเม็ดดินที่มีขนาดแตกต่างกันมวลรวมเหล่านี้ไม่ได้เชื่อมติดกันเป็นเนื้อเดียว ดังนั้นจึงเกิดช่องว่างระหว่างมวลรวมขึ้น ช่องว่างเหล่านี้หากมีน้ำบรรจุอยู่น้ำในช่องว่างจะมีความต่อเนื่องกันซึ่งน้ำในช่องว่างนี้สามารถไหลได้หากมีความแตกต่างของแรงดันน้ำ การไหลของน้ำในดินนั้นเป็นไปอย่างช้าๆซึ่งเรียกว่าการซึม ไม่เหมือนการไหลของน้ำทางชลศาสตร์ ความเร็วของการไหลยังขึ้นกับชนิดของดินด้วย ยกตัวอย่างเช่นน้ำไหลซึมผ่านทรายได้เร็วกว่าดินเหนียว อัตราการไหลซึมของน้ำผ่านดินยังส่งผลต่อคุณสมบัติเชิงกลอีกด้วย ตัวอย่างเช่น เมื่อหน่วยแรงในดินเปลี่ยนเนื่องจากแรงกระทำจากภายนอกแรงดันน้ำจะเพิ่มขึ้น แรงดันน้ำที่เพิ่มขึ้นนี้จะระบายออกสู่จุดที่มีแรงดันน้ำต่ำกว่า หากเป็นดินทรายที่ระบายน้ำได้ดีแรงดันน้ำที่เพิ่มขึ้นไหลออกไปได้เร็วทำให้แรงดันน้ำที่เพิ่มขึ้นมีอิทธิพลต่อคุณสมบัติเชิงกลในระยะสั้นๆ แต่หากเป็นดินเหนียวที่ระบายน้ำได้ไม่ดีแรงดันน้ำที่เพิ่มขึ้นจะมีอิทธิพลต่อคุณสมบัติเชิงกลในช่วงระยะเวลานานกว่ากรณีของดินทราย การไหลซึมของน้ำผ่านดินนี้มีความสำคัญทางด้านวิศวกรรมปฐพีบางประเภท เช่นการขุดเพื่อการก่อสร้างฐานราก อาคารในชั้นดินทรายซึ่งมีระดับขุดอยู่ต่ำกว่าระดับน้ำใต้ดิน วิศวกรจำเป็นต้องทราบลักษณะการไหลและอัตราการไหลเพื่อใช้ในการบริหารจัดการน้ำที่ไหลเข้ามาในพื้นที่ทำงาน อันส่งผลให้เป็นอุปสรรคต่อการทำงานเนื่องจากระดับน้ำใต้ดินนั้นอยู่ต่ำกว่าระดับก้นบ่อของการขุดน้ำใต้ดินจึงไหลซึมเข้ามาในบ่อทำให้ไม่สามารถทำการก่อสร้างได้ ซึ่งวิศวกรจำเป็นต้องประเมินปริมาณการไหลเพื่อจัดเตรียมอุปกรณ์สูบน้ำ หรือจัดทำผนังที่บ่อน้ำเพื่อที่จะป้องกันไม่ให้น้ำไม่ท่วมพื้นบ่อขุดจนทำงานไม่ได้ตัวอย่างงานที่ต้องใช้ความรู้ความเข้าใจในการไหลซึมของน้ำผ่านดิน ได้แก่ งานกำแพงกันดินสำหรับงานก่อสร้างชั้นใต้ดิน,งานฝายที่บ่อน้ำที่ต้องการคำนวณแรงยกของน้ำ,งานเขื่อนกักเก็บน้ำ,งานก่อสร้างบ่อน้ำใต้ดินและงานขุดดินที่มีระดับต่ำกว่าน้ำใต้ดิน

2.6 การก่อสร้างปล่องคอนกรีตด้วยวิธีการจม (Sinking Method)

ประเภทของปล่องคอนกรีต(Caisson Types) อาจแบ่งเป็น 2 ประเภทคือ ประเภทแรกเป็นรูปทรงกล่องกลวงสี่เหลี่ยม (Hollow box) ส่วนประเภทที่สองจะเป็นรูปทรงกระบอก (Cylinder) ซึ่งในการก่อสร้างส่วนใหญ่จะดำเนินการก่อสร้างที่ระดับผิวดิน จากนั้นจึงจะทำการจมปล่องคอนกรีตไปยังระดับที่ต้องการด้วยการขุดดินภายในปล่องคอนกรีต ในอดีตการก่อสร้างปล่องคอนกรีตถูกนำมาประยุกต์ใช้ในการก่อสร้างฐานรากสำหรับสะพานข้ามแม่น้ำและถูกทำให้จมลงด้วยการขุดมือของนักดำน้ำแต่ความลึกของการทำงานจะถูกจำกัดที่ระดับความลึกประมาณ 6 เมตรเนื่องจากเทคโนโลยีในสมัยนั้นไม่เอื้ออำนวย แต่มาในช่วงปลายศตวรรษที่ 19 ทีมขุดดินได้ทำการคิดค้นวิธีการขุดทรายขึ้นมาทำให้ได้ระดับความลึกของปล่องคอนกรีตเพิ่มมากขึ้น ต่อมานวัตกรรมการก่อสร้างดีขึ้นโดยจะทำการก่อสร้างตามรูป 2-22 โดยจะทำการขุดดินภายในปล่อง ในสมัยก่อนจะทำการขุดด้วยมือจากนั้นใช้รถขนถ่ายดินออกจากบ่อ โดยปล่องจะจมด้วย

น้ำหนักของตัวเอง ณ ปัจจุบันการก่อสร้างประเภทนี้ต้องใช้ความรู้หลายอย่าง อาทิ เช่น วิศวกรรมฐานราก, วิศวกรรมธรณี โดยการประยุกต์ใช้ในงานก่อสร้างจำพวกงานก่อสร้างโครงสร้างใต้ดินที่ลึก การก่อสร้างได้น้ำและในทะเล โดยสิ่งก่อสร้างเหล่านี้จะต้องนำมาใช้ประโยชน์ในเรื่องป้องกันแรงกระทำทางด้านข้างจากดินหรือน้ำ ในการออกแบบก่อสร้างประเภทนี้จะต้องมีการตรวจสอบข้อมูลที่หลากหลายจำพวกข้อมูลดิน, เทคนิคทางวิศวกรรม ซึ่งถ้าเรามีข้อมูลที่มากจะทำให้การออกแบบมีความถูกต้องจึงจะทำให้การก่อสร้างบรรลุผล



ภาพที่ 2-22 การก่อสร้างปล่องคอนกรีตด้วยวิธีการจม (Sinking Method)

(ที่มา: open caisson Terzaghi, Peck et al. 1996)

การทำฐานรากแบบปล่องมักจะถูกใช้สำหรับฐานรากสะพานหรือโครงสร้างขนาดใหญ่ที่ทำมาจากคอนกรีตเสริมเหล็ก โดยขนาดของมันจะสอดคล้องกับขนาดฐานราก โดยในการทำฐานรากแบบปล่องนั้น มักจะถูกหล่อในที่ตรงตำแหน่งของฐานรากนั้น ๆ ก่อนที่จะให้มันจมลง ถ้าหากก่อสร้างในแม่น้ำหรือทะเล ส่วนประกอบโครงสร้างที่ขอบฐานมันจะถูกเสริมเหล็กพิเศษเพื่อเพิ่มความแข็งแรง (Nonveileer 1987)

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

กระบวนการจมปล่องคอนกรีต โครงสร้างจะจมลงด้วยน้ำหนักของตัวเองหรือมีตัวช่วยกดทับ ให้ได้ระดับความลึกจากผิวดินในลักษณะที่ควบคุมได้ (Solhjell, Sparrevik et al. 1998)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.7 การก่อสร้างบ่อหน่วงน้ำโดยวิธีการจมของบ่อคอนกรีต

บ่อหน่วงน้ำ (Retention Tank) เป็นบ่อคอนกรีตเสริมเหล็กใช้ประโยชน์ทำการรองรับปริมาณน้ำฝนที่ตกลงมาในพื้นที่และรองรับน้ำเสียที่ใช้งานจากภายในอาคารจากบ่อบำบัดและมาพักก่อนที่จะระบายออกสู่ระบบระบายน้ำสาธารณะเป็นระบบจัดการน้ำในเขตเมือง สามารถสร้างบ่อได้ 3 วิธี

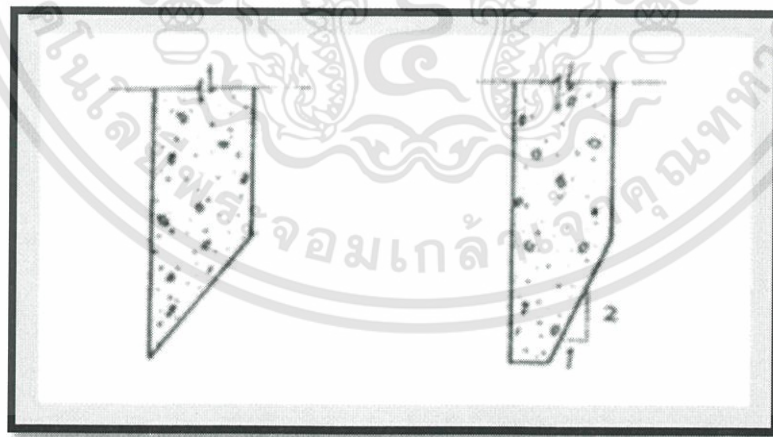
1. หล่อในที่โดยการตอกเข็มพร้อมค้ำยันกันพังแล้วขุดดินให้ถึงระดับ
2. หล่อเป็น caisson ในที่แล้วหล่อเป็นช่วงๆแล้วจมลง(Sink) ไปทีละช่วง จนถึงระดับที่ต้องการแล้วเทพื้น
3. หล่อเป็น caisson สำเร็จจากโรงงานแล้วนำมาจมลง (Sink) ในที่

การจมของบ่อคอนกรีตหรือการซิงค์บ่อ (Sinking Method) บ่อคอนกรีตที่สามารถจมลงไปได้จนถึงระดับความลึกที่ต้องการได้โดยอาศัยน้ำหนักของบ่อคอนกรีตเอง เป็นหลักนั้นจะช่วยให้การจมบ่อเกิดความสะดวกและประหยัดค่าก่อสร้างในการจมบ่อ พักจะมีสิ่งต้านทานต่อการจม คือ

- 1) แรงแบกทาน (Bearing Force) ของดินที่ได้ขบด้านล่างของผนังบ่อพัก
- 2) แรงเสียดทาน (Wall Friction) ระหว่างรอบผนังบ่อพักกับดินโดยรอบ
- 3) สิ่งกีดขวางข้างใต้ขบด้านล่างของผนัง เช่น ก้อนหิน ท่อนไม้ ท่อใต้ดิน ฯลฯ

วิธีการลดแรงแบกทาน

โดยปกติจะทำขบด้านล่างของผนังบ่อพักเป็นรูป Cutting Edge ดัง รูปที่แสดง



รูปที่ 2-23 Cutting Edge

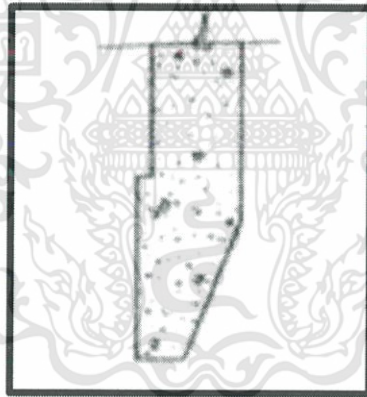
(ที่มา: เทคนิคการจมบ่อคอนกรีต <https://prezi.com/qco3rfdefa-x/copy-of/>)

นอกจากนี้Cutting Edge ยังช่วยในการจมบ่อพักด้วยดังนี้

- 1) เมื่อลดพื้นที่ขอบล่างของบ่อพักลงแรงกดของน้ำหนักบ่อพักต่อดินข้างใต้จะเพิ่มสูงขึ้นจึงมีส่วนช่วยให้บ่อพักจมลงง่ายขึ้น
- 2) การขุดดินบริเวณขอบล่างของผนังบ่อพักจะทำให้สะดวกขึ้น สามารถช่วยให้จมบ่อพักได้รวดเร็วขึ้น
- 3) หากมีสิ่งกีดขวางที่ได้ขอบล่างของผนังบ่อพักในขณะจม ก็สามารถตัด สกัด หรือกำจัดออกได้สะดวกขึ้น
- 4) กรณีที่บ่อพักทรุดเอียงเนื่องจากด้านใดด้านหนึ่งเป็นดินอ่อนกว่า ก็สามารถใส่เสาหรือวัสดุอื่นสอดใต้ขอบล่างผนังบ่อพักหนุนชั่วคราวไว้ได้ สะดวกกว่าเสามีความยาวและแข็งแรงเพียงพอและสอดเข้าไปถึงดิน ข้างนอกที่แข็งมากขึ้น

วิธีการลดแรงเสียดทานระหว่างผนังบ่อพักกับดิน

- 1) เหนือ Cutting Edge ขึ้นมา ให้ทำผนังผิวนอกบ่อพักเว้าเข้ามา กรณีนี้จะใช้ได้ผลดีกับการจมบ่อพักในชั้นดินที่แน่นหรืออยู่ตัวเพราะ ดินเหล่านี้จะ ไหลหรือเคลื่อนตัว มาเกาะจับผนังบ่อพักเข้า



รูปที่ 2-24 การทำผนังผิวนอกบ่อพักเว้าเข้ามา

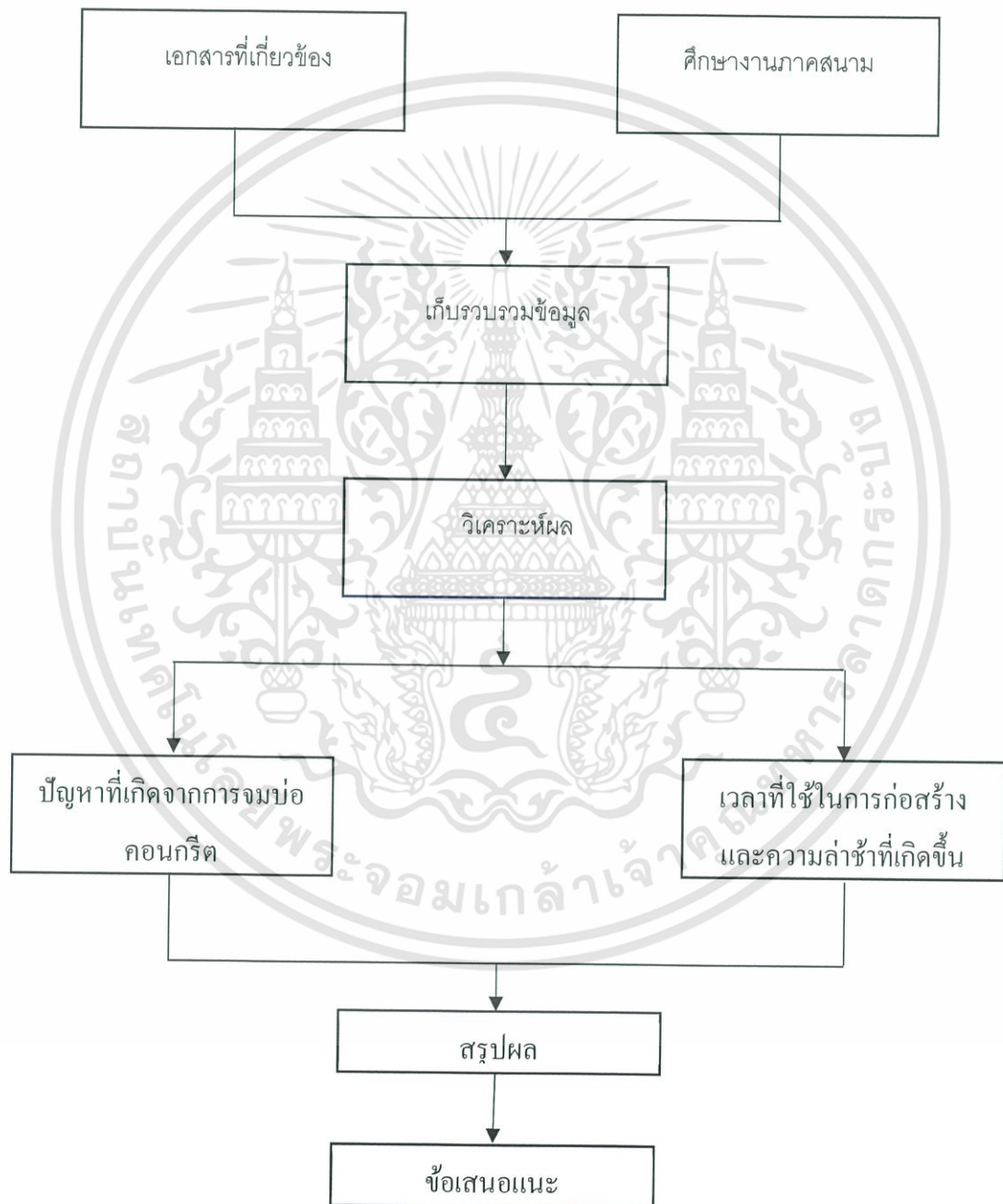
(ที่มา: เทคนิคการจมบ่อคอนกรีต <https://prezi.com/qco3rfdefa-x/copy-of/>)

- 2) ใช้น้ำจืดรอบนอกผนังบ่อพักเพื่อช่วยลดแรงเสียดทานระหว่างผนัง บ่อพักกับดินเหนียว โดยรอบหากเป็นดินทรายและบ่อพักที่จมลึกให้ใช้น้ำผสมเบ็นโทไนท์ช่วยหล่อลื่นเพื่อลดแรงเสียดทานแทน

บทที่ 3

วิธีการดำเนินงานวิจัย

การศึกษาครั้งนี้เป็นการประเมินความเสี่ยงจากการก่อสร้างโดยวิธีการจมนของบ่อคอนกรีตที่มีผลต่อความล่าช้าของโครงการโดยประเมินจากเวลาที่ใช้ในการก่อสร้าง(Construction period)และผลกระทบที่เกิดขึ้นในขณะก่อสร้างโดยมีแผนการดำเนินงานดังนี้



รูปที่ 3-1 แผนผังแสดงวิธีการดำเนินการวิจัยตั้งแต่เริ่มต้นจนถึงสิ้นสุดงานวิจัย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1 ข้อมูลโครงการ

โครงการ The privacy thaphra interchange ตั้งอยู่บนถนนจรุญสนิทวงศ์ แขวงวัดท่าพระ เขต บางกอกใหญ่ กรุงเทพมหานคร บน พื้นที่โครงการจริง 5190.8 ตารางเมตร ประกอบด้วยอาคารพักอาศัย คอนกรีตเสริมเหล็ก 1 อาคาร สูง 22 ชั้น พร้อมชั้นใต้ดินเพื่อเป็นอาคารจอดรถ 2 ชั้น รวมพื้นที่ก่อสร้าง ทั้งหมด 43,000 ตารางเมตร

3.2 ศึกษาและรวบรวมเอกสารที่เกี่ยวข้อง

3.2.1 แบบก่อสร้างก่อนการอนุมัติงานบ่อหนองน้ำ

3.2.2 แบบก่อสร้างหลังการอนุมัติงานบ่อหนองน้ำ

3.2.3 Method statement

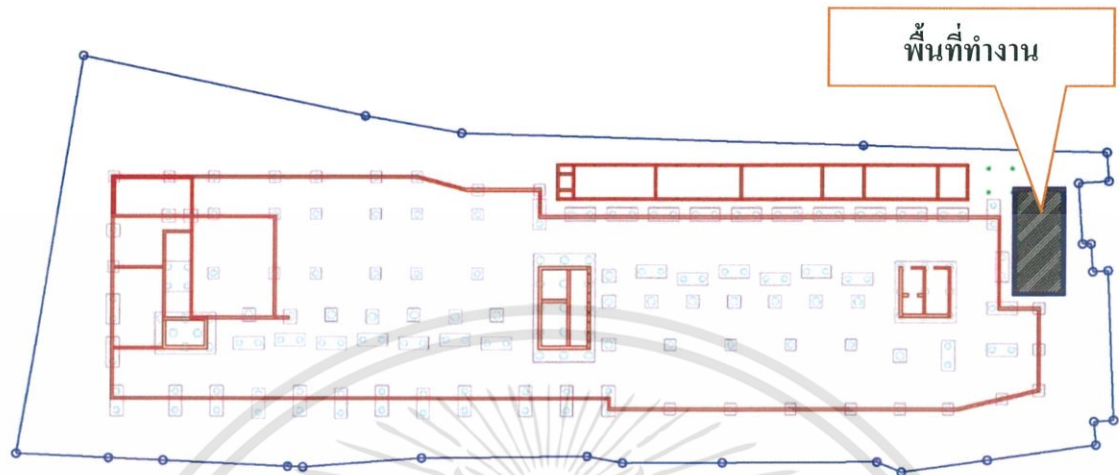
3.2.4 รายการค่าการเคลื่อนตัวบ่อหนองน้ำ

3.2.5 แปลนพื้นที่ที่ใช้ในการก่อสร้างบ่อหนองน้ำ

3.3 ข้อมูลจากงานภาคสนาม

การศึกษางานภาคสนาม เป็นส่วนสำคัญในการเก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อประกอบการวิจัยเพื่อให้ทราบถึงรายละเอียดของการก่อสร้าง เทคนิคและวิธีการทำงาน การบริหารจัดการคน เวลาและทรัพยากร ซึ่งการศึกษางานภาคสนาม เป็นกระบวนการที่ให้คำตอบได้ดีและตรงต่อโจทย์ในการศึกษามากที่สุด เนื่องจากการเรียนรู้การปฏิบัติในหน้างานจริงและเห็นปัญหาที่เกิดขึ้นจริง เสมือนเป็นวิศวกรควบคุมงาน เพื่อให้ได้ข้อมูลที่ต้องการและแม่นยำเพื่อนำไปวิเคราะห์ผลต่อไป โดยการศึกษางานภาคสนามมีจุดประสงค์หลักเพื่อศึกษางานในเรื่องของขั้นตอนการทำงานจริง(Working procedure) ลำดับขั้นตอนในการทำงานก่อนหลัง เวลาที่ใช้เพื่อนำไปเขียนแผนการทำงาน และวัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ในการทำงาน ปัญหาที่เกิดขึ้นโดยในหัวข้อนี้จะกล่าวถึงขั้นตอนในการทำงานหน้างานจริงดังนี้

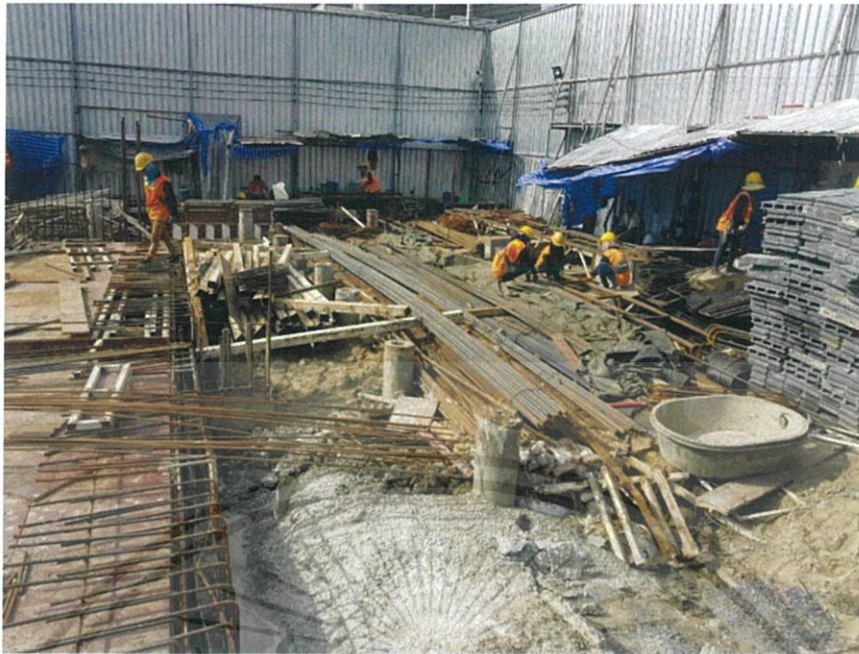
1.เตรียมพื้นที่ก่อสร้าง โดยต้องสำรวจพื้นที่และจัดเตรียมพื้นที่ไม่ให้มีสิ่งกีดขวางเครื่องจักร(แบ็กโฮ)ในการทำงาน โดยพื้นที่เดิมเป็นพื้นที่ในการกองเก็บเหล็กเพื่อนำไปใช้ในการก่อสร้างส่วนต่างๆของโครงสร้างภายในโครงการโดยในขณะที่ทำการสำรวจเพื่อเริ่มการก่อสร้าง พื้นที่ในการก่อสร้างมีเพียง 75 ตารางเมตรเนื่องจากพื้นที่รอบข้างโครงสร้างติดได้เริ่มก่อสร้างในชั้นที่สองแล้วทำให้พื้นที่ในการทำงานกระชับและจำกัดมากขึ้น



รูปที่ 3-2 แปลนพื้นที่ที่ใช้ในการก่อสร้างบ่อหน่วงน้ำ
(ที่มา: Method statement โครงการ The privacy thaphra interchange)

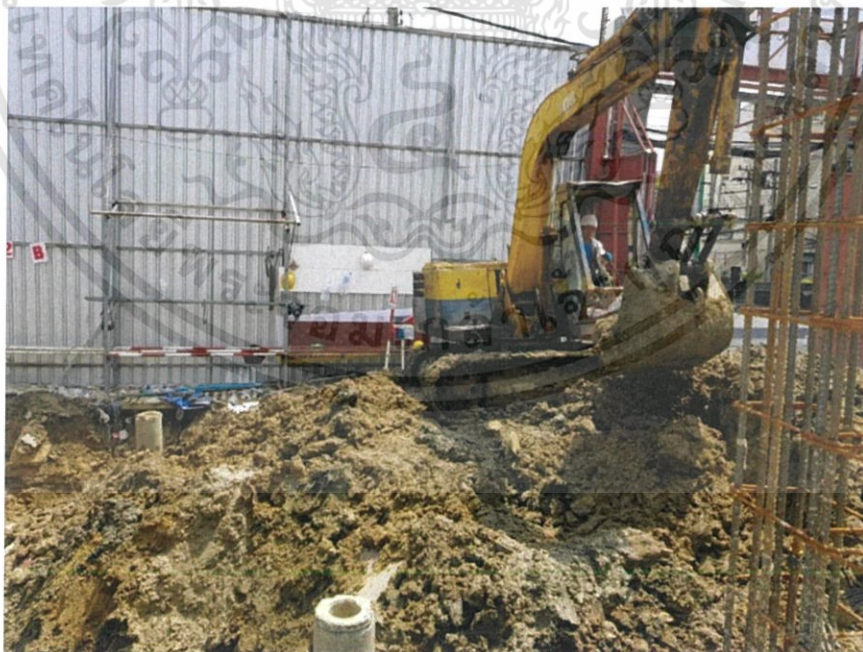


รูปที่ 3-3 ตำแหน่งที่ใช้ในการก่อสร้างบ่อหน่วงน้ำ
(ที่มา: Google Earth)



รูปที่ 3-4 ล้างพื้นที่กองเก็บเหล็กซึ่งเป็นพื้นที่จริงที่ใช้ในการก่อสร้างบ่อหน้าน้ำ
(ที่มา: โครงการ The privacy thaphra interchange)

2. ขนย้ายที่กองเก็บเหล็กและทำการนำแบคโฮเข้ามาเพื่อทำการขุดเปิดหน้าดินแบบลาดเอียงเพื่อเตรียมพื้นที่ในการก่อสร้างจากระดับดินเดิม 1.20 เมตรขุดอย่างระมัดระวังไม่ให้โดนเสาเข็มที่ติดตั้งไว้ตั้งแต่เริ่ม



รูปที่ 3-5 นำแบคโฮเข้ามาเพื่อทำการขุดเปิดหน้าดินเพื่อเตรียมพื้นที่ในการก่อสร้างจริง
(ที่มา: โครงการ The privacy thaphra interchange)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.ฝ่าย Survey ให้ระดับก่อนเทคอนกรีตหยาบโดยเทห่างออกมาจากตัวเสาเข็ม spun pile อย่างน้อยข้างละ 50 เซนติเมตรเพื่อความสะดวกในการทำงานลำดับต่อไป



รูปที่ 3-6 เทคอนกรีตหยาบรอบบ่อเพื่อความสะดวกในการทำงานลำดับถัดไป
(ที่มา: โครงการ The privacy thaphra interchange)



รูปที่ 3-7 เทคอนกรีตหยาบรอบบ่อเพื่อความสะดวกในการทำงานลำดับถัดไป
(ที่มา: โครงการ The privacy thaphra interchange)

4.ตัดหัวเสาเข็มเพื่อง่ายต่อการให้ระดับการวางไม้แบบและการวางเหล็กเสริม โดยตัดจากลูกหมู
ก่อนเพื่อกันรอยร้าวและความเสียหายที่อาจเกิดขึ้นต่อเสาเข็มได้ จากนั้นค่อยทำการสกัดออกตามรอยตัด



รูปที่ 3-8 ตัดเสาเข็มเพื่อง่ายต่อการทำงานในลำดับถัดไป
(ที่มา: โครงการ The privacy thaphra interchange)

5.ฝ่าย Survey ให้แนวผนังโดยยึดจากแนวเส้น Gridline โดยจะมี เส้น Offset จาก Gridline ซึ่ง
ผนังจะห่างจากเส้น Offset ประมาณ 2.65 เมตร แล้วทำการตีเต้าและพ่นสีเพื่อความคมชัดและง่ายต่อการ
สังเกต



รูปที่ 3-9 ฝ่าย Survey ให้เส้นแนวผนังโดยอ้างอิงจากเส้น Gridline
(ที่มา: โครงการ The privacy thaphra interchange)

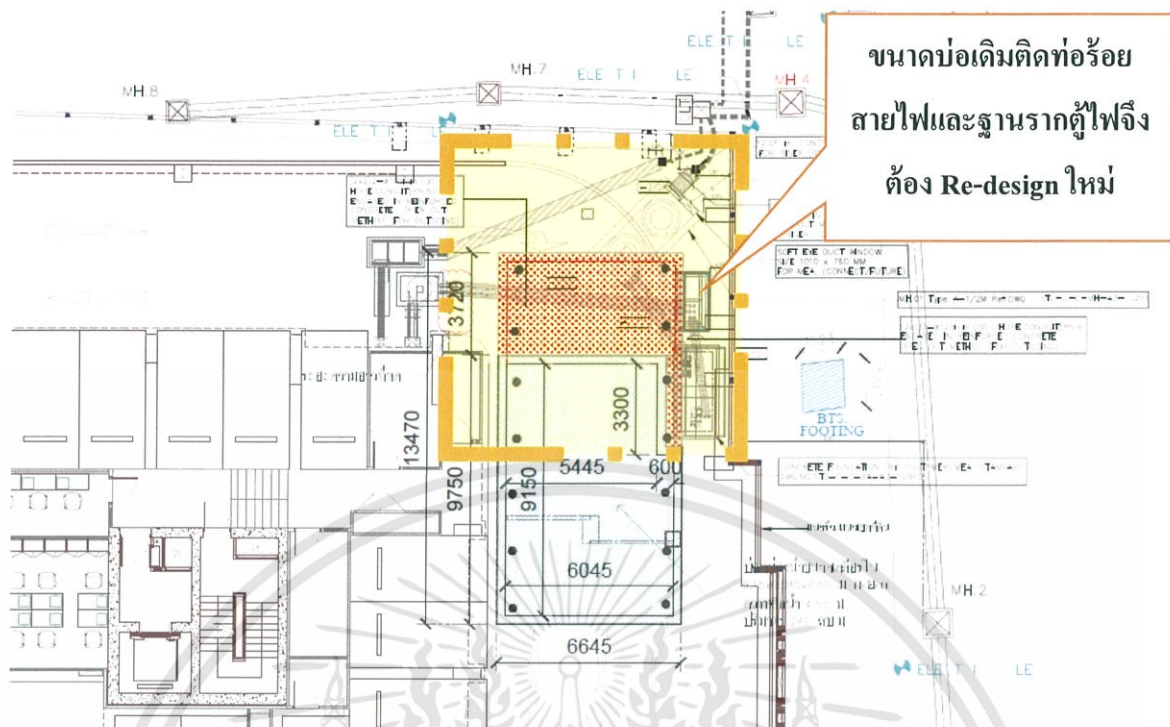
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6.ฝ่าย Survey ทำการเก็บค่าตัวเลขระยะห่างระหว่างเสาเข็มกับแนวมั่งส่งผู้ควบคุมงาน เนื่องจากเกิดปัญหาแนวมั่งเพินอยู่บนหัวเสาเข็มเพราะเนื่องจากเสาเข็มมีการตอกทิ้งไว้ตั้งแต่ตอนเริ่มโครงการและตำแหน่งเสาเข็มมีการเชื่อมจากตำแหน่งที่ควรเป็น จึงทำการเคลียร์แบบและทำการปรึกษา ขอขยายแนวมั่งบ่อเพื่อความสะดวกในการทำงานโดยที่จะได้ไม่ต้องทำงานขุดไปตัดหัวเข็มไปตลอดการทำงานเพราะอาจเกิดอันตรายได้

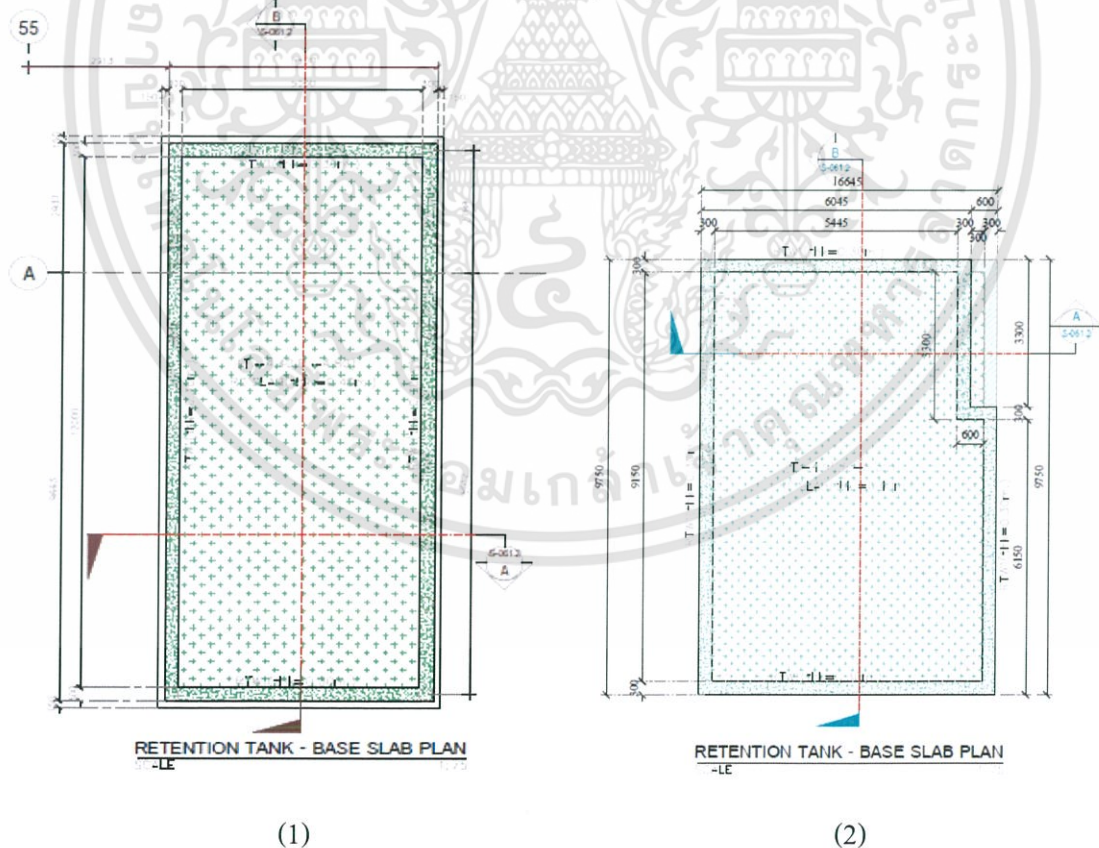


รูปที่ 3-10 ฝ่าย Survey เก็บค่าตัวเลขระยะห่างระหว่างเสาเข็มกับแนวมั่งส่งผู้ควบคุมงาน
(ที่มา: โครงการ The privacy thaphra interchange)

7.เมื่องานภาคสนามดำเนินงานตามลำดับการทำงาน ฝ่ายทีมงานทั้งฝ่ายผู้รับเหมา ผู้ควบคุมงาน และผู้รับเหมางานระบบต้องมีการประชุมเพื่อเคลียร์แบบซึ่งสรุปว่าแบบงานที่ทำไปต้องมีการแก้ไขแบบ เนื่องจากติดปัญหางานระบบ ท่อร้อยสายไฟ(Duck bank) ฐานรากตู้ไฟฟ้าผสมผสานงานหน้างานซึ่งมีปัญหาในเรื่องของแนวมั่งเพินบนหัวเสาเข็มจึงต้องมีการสอบถามผู้ออกแบบเพื่อทำการขอ Re-design บ่อใหม่โดยลดความยาวบ่อและขยายบ่อเพื่อให้แนวมั่งหลุดแนวเสาเข็มซึ่งจากเดิมบ่อมีขนาด 6.045 x 13.450 x 5.10 เมตรเมื่อ Re-design บ่อใหม่ บ่อมีขนาด 6.045x9.750x6.10 เมตร ซึ่งจากก่อนเริ่มงานภาคสนามควรเคลียร์แบบให้เสร็จเรียบร้อยก่อนจากปัญหาดังนี้ทำให้งานมีความล่าช้าในเรื่องของแบบ ทำให้หน้างานต้องหยุดเพื่อรอแบบที่จะปฏิบัติงานต่อซึ่งสรุปได้ว่าที่นำมาแก้ไขออกแบบใหม่มีขนาดที่ลดลงความลึกมากขึ้นเนื่องจากปริมาณความจุน้ำต้องไม่เปลี่ยนแปลงจากเดิมตามที่แบบกำหนดคือ 240 ลูกบาศก์เมตรและมีการลดแนวมั่งบริเวณตู้ไฟฟ้าเข้ามาโดยทำเป็นผนังย่อยเนื่องจากติดปัญหาในเรื่องของฐานรากตู้ไฟฟ้า



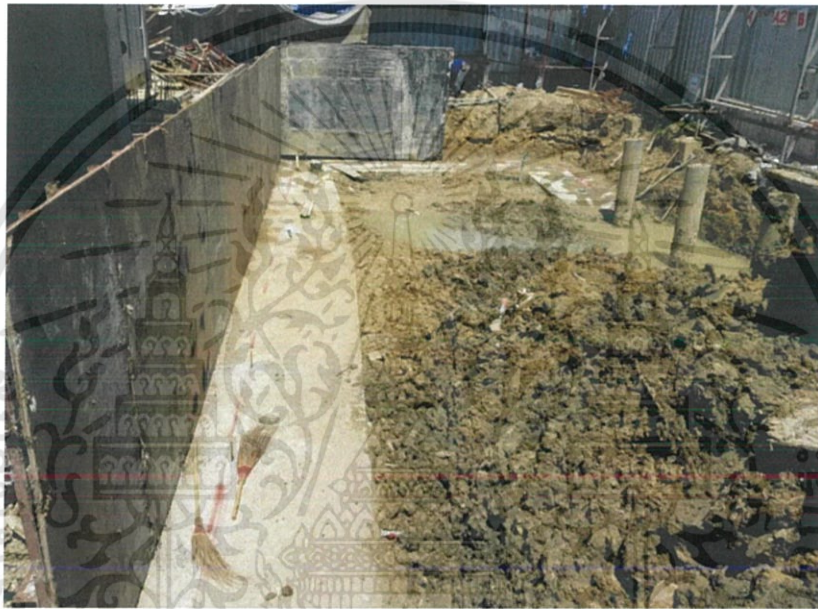
รูปที่ 3-11 การหัดขนาดบ่อหลังจากคิดปัญหาฐานรากตู้ไฟและท่อร้อยสายไฟ
(ที่มา: โครงการ The privacy thaphra interchange)



รูปที่ 3-12 (1)แบบบ่อหนองน้ำแบบเดิม ; (2) แบบบ่อหนองน้ำที่มีการ Re-design ใหม่
(ที่มา: โครงการ The privacy thaphra interchange)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

8. ในส่วนของผนังจะแบ่งการเทคอนกรีตผนังเป็น 2 ครั้ง โดยจะหล่อคอนกรีตผนังบ่อที่ความสูงครึ่งหนึ่งของบ่อโดยรอบเริ่มจากเข้าแบบนอกสูง 2.40 เมตรเพื่อเตรียมลงเหล็กผนังและป้องกันดินไหลลงมาในพื้นที่ก่อสร้างและสามารถรักษาความสะอาดได้ส่วนหนึ่งโดยทำการหล่อที่พื้นดินในจุดที่จะทำการจมนบ่อโดยเหล็กของพื้นบ่อจะฝากเหล็กไว้ในการหล่อคอนกรีตครั้งนี้ลักษณะการฝากเหล็กจะเป็นการฝากเหล็กเสริมพื้นในผนังโดยทำการฝากเหล็กแบบ Coupler โดยก่อนฝากฝ่าย Survey ต้องให้แนวความสูงต่ำของพื้นก่อนที่จะทำการฝากเหล็กและในการลงเหล็กผนังต้องทำเหล็ก Guide ระยะห่างระหว่างเหล็ก และทำเหล็ก Guide ที่ดินผนังเพื่อไม่ให้ความหนาผนังเปลี่ยนแปลงไปและเพื่อความง่ายในการทำงาน



รูปที่ 3-13 เข้าแบบนอกสูง 2.40 เมตรเพื่อเตรียมลงเหล็กผนังและป้องกันดินไหล
(ที่มา: โครงการ The privacy thaphra interchange)

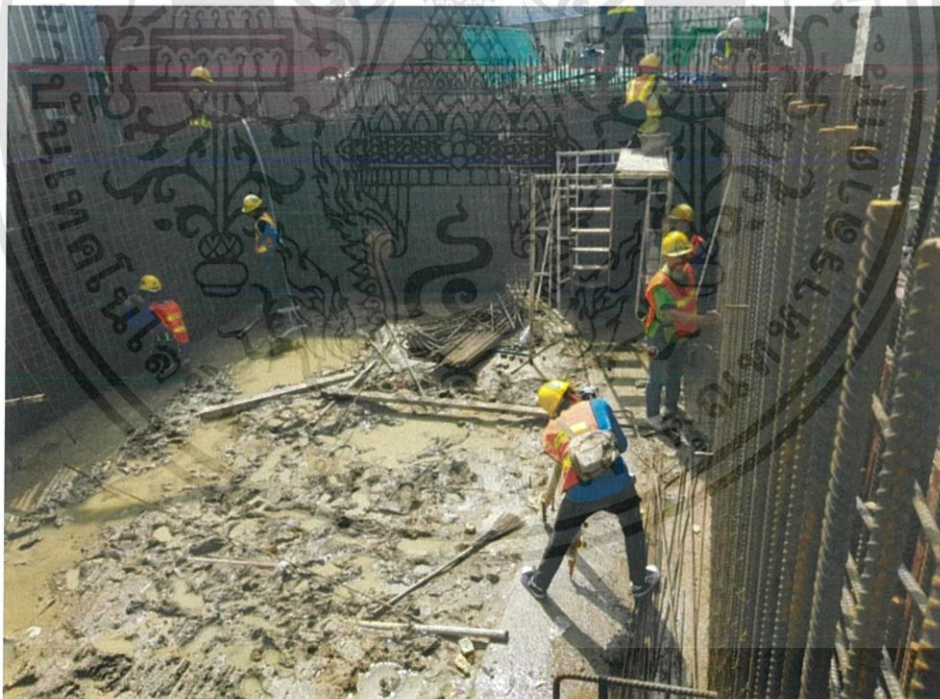


รูปที่ 3-14 เหล็ก Guide ที่ดินผนังเพื่อไม่ให้ความหนาผนังเปลี่ยนแปลงไป

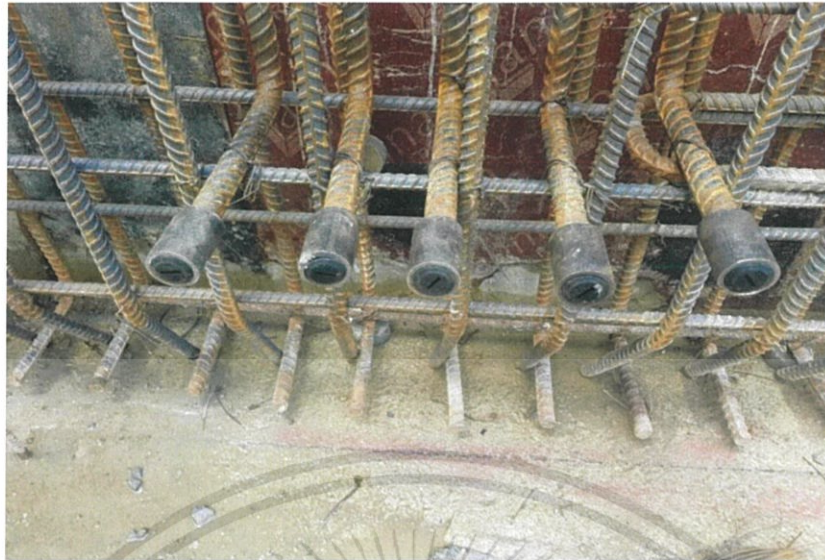
(ที่มา: โครงการ The privacy thaphra interchange)



รูปที่ 3-15 เหล็ก Guide ระยะห่างระหว่างเหล็ก
(ที่มา: โครงการ The privacy thaphra interchange)

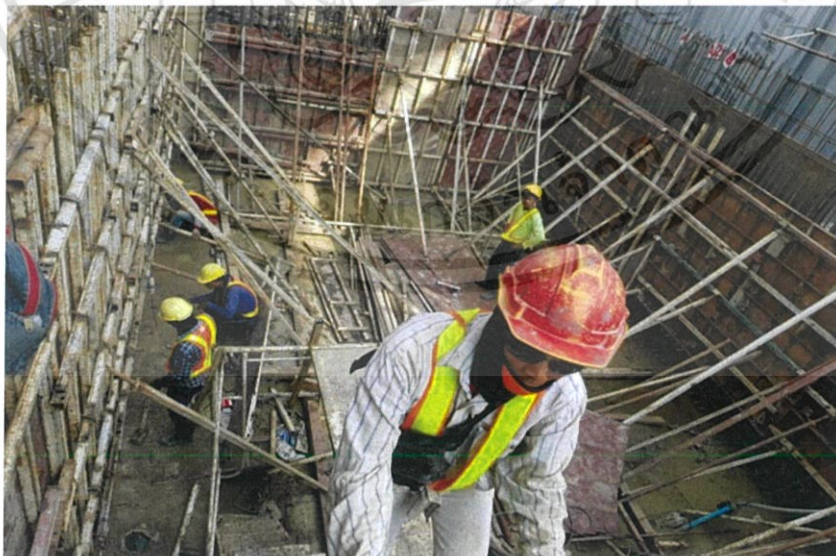


รูปที่ 3-16 ฝาย Survey ให้แนวความสูงต่ำพื้นเพื่อฝากเหล็กพื้นแบบ Coupler
(ที่มา: โครงการ The privacy thaphra interchange)



รูปที่ 3-17 ฝาเหล็ก Coupler พื้น หลังจากฝ้าย Survey ให้ระดับความสูงต่ำพื้น
(ที่มา: โครงการ The privacy thaphra interchange)

9. เข้าแบบผนังด้านในหลังจากงานลงเหล็กเสร็จพร้อมทำค้ำยันแบบรวมทั้งตรวจตั้งแบบใน-นอก ด้วยจากนั้นเทคอนกรีตผนัง Step ที่ 1 โดยใช้คอนกรีตกำลังอัด 320 ksc ชนิดกันซึมโดยก่อนเทต้องมีการเตรียมทางเดินสำหรับเทคอนกรีตและต้องตรวจสอบบิลคอนกรีตเพื่อป้องกันความผิดพลาดและมีการตรวจสอบค่าการยุบตัว (Slump) ไม่เกิน 14.5 ± 2.5 และเก็บตัวอย่างลูกปูนเพื่อนำไปทดสอบกำลังรับแรงอัดเพื่อให้เป็นไปตามบิลคอนกรีตและข้อกำหนดของผู้ออกแบบโดยในขณะเทคอนกรีตต้องมีการจี้เขย่าคอนกรีตโดยเครื่องเขย่าไปด้วยเพื่อไม่ให้คอนกรีตเป็นโพรงอัดตัวแน่นและในขณะเทควรไล่เทเป็น Layer เพื่อป้องกันแบบแตกและให้คอนกรีต Set ตัวเท่าๆกัน และทำการแกะแบบในวันถัดไป



รูปที่ 3-18 เข้าแบบผนังด้านในพร้อมกับทำค้ำยันแบบ
(ที่มา: โครงการ The privacy thaphra interchange)



รูปที่ 3-19 เทคอนกรีตผนัง Step ที่ 1 โดยใช้ Bucket
(ที่มา: โครงการ The privacy thaphra interchange)



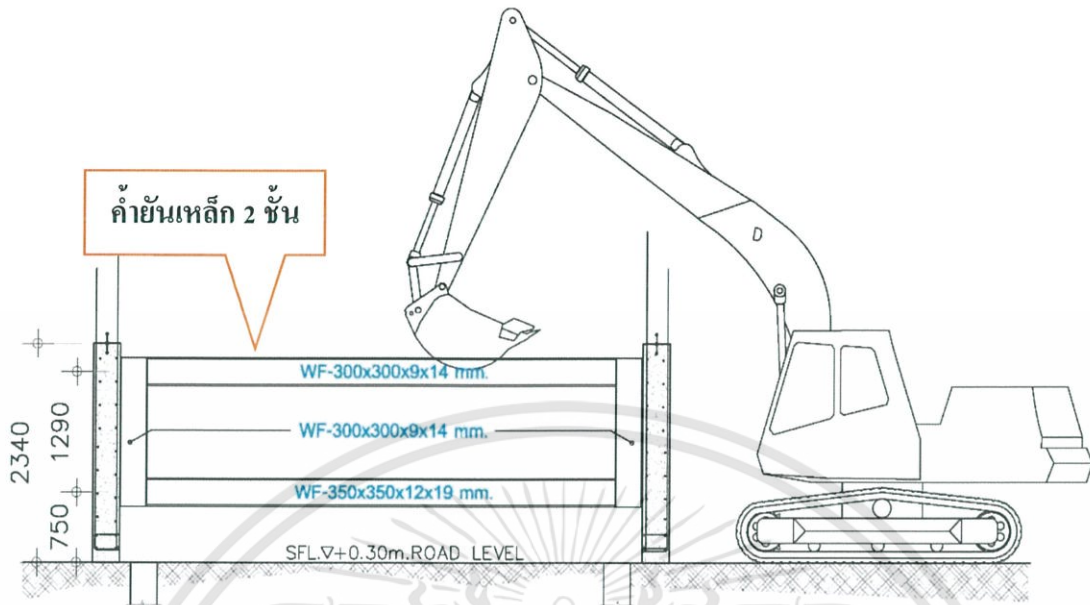
รูปที่ 3-20 แกะแบบผนังบ่อหนองน้ำ
(ที่มา: โครงการ The privacy thaphra interchange)

10.หลังจากที่หล่อผนัง Retention tank แล้วเสร็จก่อนที่จะจมน้ำต้องติดตั้งระบบค้ำยันผนังบ่อซึ่งประกอบด้วย Wale และ Strut เพื่อต้านทานแรงดันดินในระหว่างการจมน้ำ โดยจะใช้ค้ำยันทั้งหมด 3 ชั้น 3 ช่วง โดยใช้เหล็ก WF 350x350x12x14 mm. ในชั้นล่างส่วนชั้นบนอีก 2 ชั้นเป็นเหล็ก WF 300x300x9x14 mm. ส่วนในชั้นบนสุดจะทำการติดตั้งในการจมน้ำคอนกรีตใน Step ที่ 2 แต่ปัญหาที่พบคือบ่อมีการหดขนาดจึงทำให้การติดตั้งระบบค้ำยันเปลี่ยนแปลงบวกกับพื้นที่ในการทำงานแบ็คโฮที่น้อย ดังนั้นในการติดตั้งต้องคำนึงถึงแนวสวิงของบุงก์แบ็คโฮในการขุดด้วยเพราะแบ็คโฮไม่สามารถเคลื่อนที่ได้รอบบ่อดังนั้นจึงต้องมีการคำนวณระบบค้ำยันใหม่ซึ่งทำให้ตรงนี้เกิดความล่าช้าในงานขึ้นเนื่องจากรอรายการคำนวณเพื่อส่งผู้ควบคุมงานอนุมัติเพื่อให้หน้างานดำเนินการต่อไป



รูปที่ 3-21 ติดตั้งระบบค้ำยัน(Bracing)

(ที่มา: โครงการ The privacy thaphra interchange)



รูปที่ 3-22 แสดงการค้ำยันผนัง Section Retention tank
(ที่มา: Method statement โครงการ The privacy thaphra interchange)



รูปที่ 3-23 ลองแนวสวิงของแขนเบ็คโฮหลังติดตั้งระบบค้ำยัน(Bracing)

(ที่มา: โครงการ The privacy thaphra interchange)



รูปที่ 3-24 ออกแบบการติดตั้งระบบค้ำยัน(Bracing)เพื่อความสะดวกในการชุดของแบ็คโฮ
(ที่มา: โครงการ The privacy thaphra interchange)

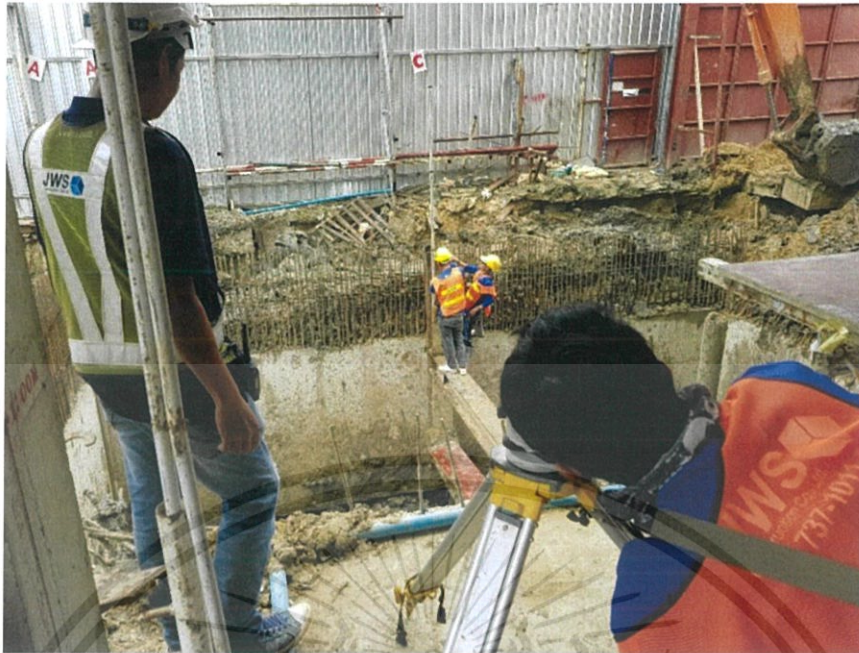
11.ฝ่าย Survey ตรวจสอบค่า Co-ordinate เพื่อเก็บไว้ตรวจสอบการเคลื่อนตัวของบ่อหลังจากที่
จมลงของบ่อเสร็จเมื่อค้ำยันผนังแล้วเสร็จให้เริ่มทำการจมบ่อโดยการชุดดินภายในบ่อออกที่ละ 10-20
ชม. ซึ่งต้องชุดดินออกที่ความลึกเท่าๆกันทั่วทั้งบ่อโดยต้องควบคุมการทรุดตัวของบ่อให้อยู่ในระดับที่
ใกล้เคียงกันให้มากที่สุด จนกว่าระดับความสูงของผนังช่วงแรกจะลงมาถึงระดับผิวดิน โดยฝ่าย Survey
คอยควบคุมระดับการจมของบ่ออย่างต่อเนื่องเพื่อให้บ่อจมลงในปริมาณที่เหมาะสมและอยู่ในระดับที่
ใกล้เคียงกันให้มากที่สุดของผนังด้านยาวทั้ง 2 ด้าน โดยในขั้นตอนนี้พบปัญหาการเคลื่อนตัวของผนังบ่อ
ซึ่งมีการขยับเอียงไปมาและเหล็กพื้นที่ทำการฝากไว้มีการดัดขนาดที่เกินซึ่งเกินจากความผิดพลาดของ
ผู้รับเหมาที่ไม่ชำนาญจึงทำให้หัว Coupler โผล่ออกมาซึ่งตามหลักแล้วไม่ควรโผล่เวลาทำการจมบ่อทำ
ให้หัว Coupler เกิดการกระแทกกับสิ่งกีดขวางรวมถึงบึงก็แบ็คโฮจนหักงอซึ่งความเสียหายนี้ต้องแก้ไข
ในตอนทำเหล็กพื้นบ่อหลังจากที่จมบ่อเสร็จโดยวิธีการเจาะเสียบ



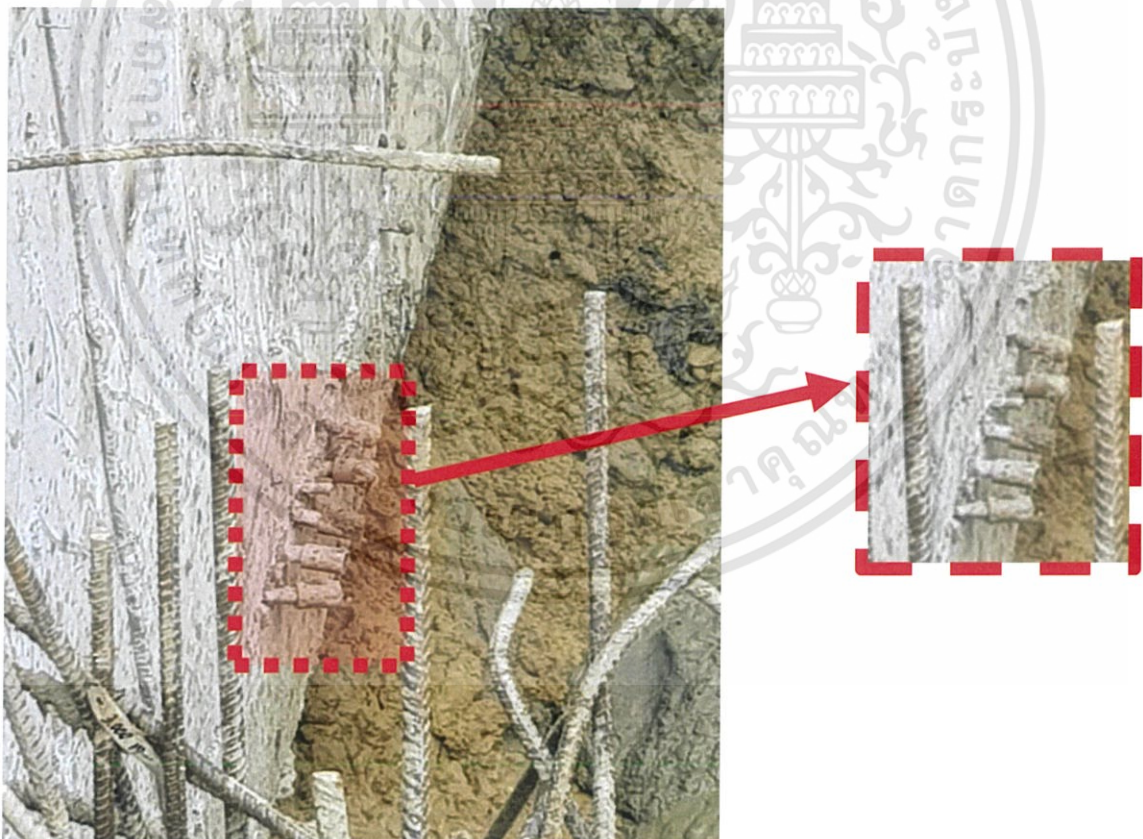
รูปที่ 3-25 ฝ่าย Survey ตรวจสอบค่า Co-ordinate เพื่อเก็บไว้ตรวจสอบการเคลื่อนตัวของบ่อ
(ที่มา: โครงการ The privacy thaphra interchange)



รูปที่ 3-26 เริ่มจมบ่อโดยการนำเบ็คโฮชุดตรงกลางภายในบ่อ
(ที่มา: โครงการ The privacy thaphra interchange)

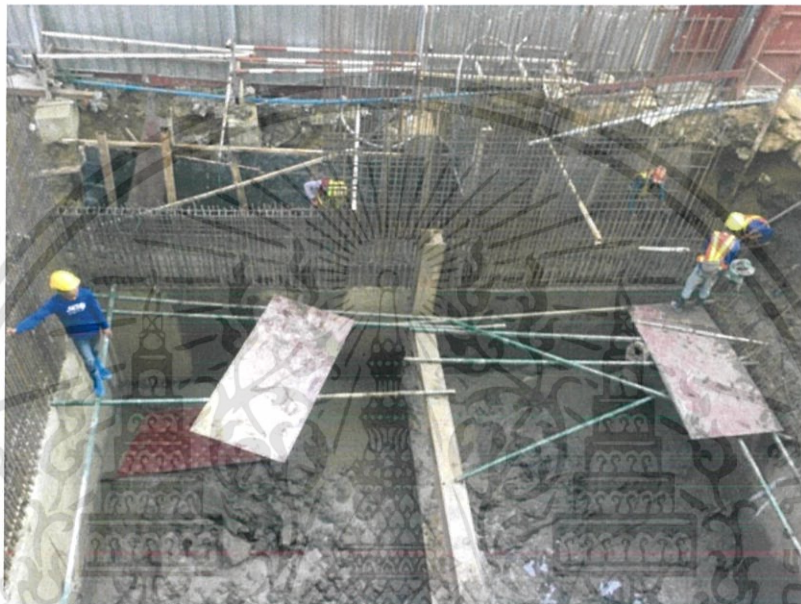


รูปที่ 3-27 ฝ่าย Survey คอยควบคุมระดับการถมของบ่ออย่างต่อเนื่อง
(ที่มา: โครงการ The privacy thaphra interchange)



รูปที่ 3-28 หัว Coupler ที่บิ่นหักจากการกระแทกสิ่งกีดขวางและบุงก็แบ็คโฮ
(ที่มา: โครงการ The privacy thaphra interchange)

12.ทำการต่อทาบเหล็กผนัง Step ที่ 2 ต่อเพื่อความสะดวกในการทำงานควรจมน้ำให้เหลือพื้นที่เนื่องจากมีพื้นที่ให้ทำการเข้าแบบและยังมีส่วนของคอนกรีตไว้เพื่อยึดประสานระหว่างคอนกรีตเก่าผนัง Step แรก กับคอนกรีตใหม่ผนัง Step 2 หากผนังจมน้ำไปหมดจะมีความยากในการทำงานการเข้าแบบและการเทคอนกรีตโดยก่อนเข้าแบบใน-นอกและเทคอนกรีตผนังต้องมีการติดตั้ง Water swelling (ยางซีพม่า)ระหว่างช่วงรอยต่อของผนังรอบบ่อเพื่อป้องกันการรั่วซึมของผนังหลังจากที่เปิดการใช้งานบ่อแล้ว จากนั้นตรวจสอบค่า Co-ordinate บ่อก่อนเทผนัง Step 2 เมื่อเสร็จแล้วทำค้ำยันแบบและเตรียมเทคอนกรีต



รูปที่ 3-29 ทำการต่อทาบเหล็กผนัง Step 2
(ที่มา: โครงการ The privacy thaphra interchange)



รูปที่ 3-30 Water swelling

(ที่มา: โครงการ The privacy thaphra interchange)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3-31 ติดตั้ง Water swelling
(ที่มา: โครงการ The privacy thaphra interchange)



รูปที่ 3-32 ตรวจสอบค่า Co-ordinate ปีก่อนเทพนัง Step 2
(ที่มา: โครงการ The privacy thaphra interchange)



รูปที่ 3-33 เทคอนกรีตผนังบ่อ Step 2
(ที่มา: โครงการ The privacy thaphra interchange)

13. หลังจากเทเสร็จรอทำการแกะแบบแล้วดำเนินการขุดเพื่อจมลงของบ่อในลำดับถัดไปเมื่อทำการจมไปได้ระยะหนึ่งควรตรวจสอบระบบค้ำยันภายในบ่อหากมีการโก่งตัวให้ทำการคำนวณเพื่อเสริมค้ำยันรัดมุมและเพิ่มค้ำยันบริเวณกลางบ่อเป็นแบบ Diagonal แต่ในการเสริมระบบค้ำยันเพิ่มต้องคำนึงถึงการขุดของแบคโฮด้วยเป็นสิ่งสำคัญเนื่องจากแบคโฮสามารถขุดดินได้เพียงที่เดียวไม่สามารถเคลื่อนที่ไปรอบๆบ่อได้เนื่องจากไม่มีพื้นที่และเมื่อทำการจมบ่อต่อไประยะหนึ่งบ่อมีการเคลื่อนที่แนวผนัง ซึ่งแนวผนังเคลื่อนตัวไปเทินอยู่บนหัวเสาเข็มกรณีที่เกิดปัญหานี้เนื่องจากการไม่มีการทำ Guide beam ที่มุมบ่อเพื่อควบคุมแนวการเคลื่อนตัวผนังจึงทำให้ต้องมีการขุดไปตัดเสาเข็มไปเติมดินด้านข้างไปด้วยเพื่อดันแนวผนังให้มีการเคลื่อนตัว เมื่อทำการขุดจมบ่อในระดับที่ลึกขึ้นปัญหาที่ทำให้การทำงานลำบากมากยิ่งขึ้นคือน้ำใต้ดินและฝนที่ตกเนื่องจากเป็นฤดูฝนซึ่งส่งผลกระทบตามมาหลายอย่าง คือการขุดดินของแบคโฮที่ลำบากขึ้นยากต่อการสังเกตสิ่งกีดขวางต่างๆใต้ดินเมื่อน้ำเยอะขึ้นในการขุดดินทิ้งรถบรรทุกที่ขุดดินนั้นตามเส้นทางที่ขุดไปทั้งน้ำจะไหลไปตามทางซึ่งส่งผลกระทบต่อการทำงานที่ล่าช้าเนื่องจากสำนักงานเขตทำเรื่องสั่งปิดไซต์หากไม่แก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นโดยการแก้ไขให้ทำการ Stock กักเก็บดินในไซต์ก่อนจนแห้งแล้วจึงค่อยขุดไปทิ้ง ส่วนน้ำใต้ดินที่ขึ้นมาตลอดเวลาแก้ไขปัญหโดยการสูบน้ำสู่ตลิ่งโดยเครื่องสูบน้ำไคว์ว่ประกอบด้วยมีการเคลื่อนพังของบริเวณโดยรอบทำให้หน้างานที่ต้องหยุดชะงักเพื่อทำการซ่อมพื้นที่โดยรอบเนื่องมาจากปัญหาคือเมื่อจมบ่อไปแล้วดินด้านนอกรอบบริเวณด้านข้างบ่อไม่มีทำให้ดินมีการเคลื่อนพังลงมาที่ละน้อยจนทำให้พื้นถนนแตกร้าวเร็วโครงการเริ่มมีการเอียงเสาไฟหน้า

โครงการเอียงจนเกือบล้มจนต้องมีการป้องกันชั่วคราวก่อนโดยการไปทำค้ำยันและทำการกรอกปูน strength สูง(Non – shrink grout)ลงในรอยแตกพื้นและเทคอนกรีตหยาบทับชั่วคราวก่อน



รูปที่ 3-34 ทำการขุดเพื่อทำการถมของบ่อ Step 2
(ที่มา: โครงการ The privacy thaphra interchange)



รูปที่ 3-35 ระบบค้ำยันเริ่มมีการโก่งตัวเนื่องจากแรงดันดิน
(ที่มา: โครงการ The privacy thaphra interchange)



รูปที่ 3-36 ออกแบบระบบล้ยันเพิ่มเพื่อป้องกันบ่อ Crack เนื่องจากแรงดันดินที่มากขึ้น
(ที่มา: โครงการ The privacy thaphra interchange)



รูปที่ 3-37 ผนังเคลื่อนตัวมาเทินบนหัวเสาเข็ม
(ที่มา: โครงการ The privacy thaphra interchange)



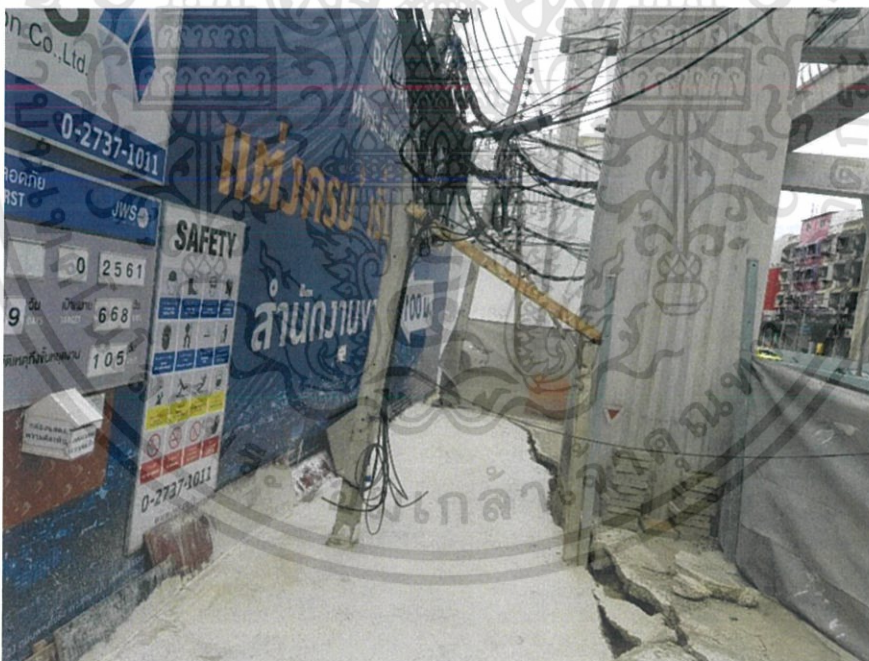
รูปที่ 3-38 การสูบน้ำที่เอ่อขึ้นมาตลอดด้วยเครื่องสูบน้ำและการขุดไปสกัดหัวเข็มไป
(ที่มา: โครงการ The privacy thaphra interchange)



รูปที่ 3-39 การStock ดินในไซตให้แห้งก่อนการขนไปทิ้ง
(ที่มา: โครงการ The privacy thaphra interchange)



รูปที่ 3-40 การStock ดินในไซต์ให้แห้งก่อนการขนไปทิ้ง
(ที่มา: โครงการ The privacy thaphra interchange)



รูปที่ 3-41 ผลกระทบจากการเคลื่อนพังและทรุดตัวของพื้นที่โดยรอบเนื่องจากการถมบ่อ
(ที่มา: โครงการ The privacy thaphra interchange)

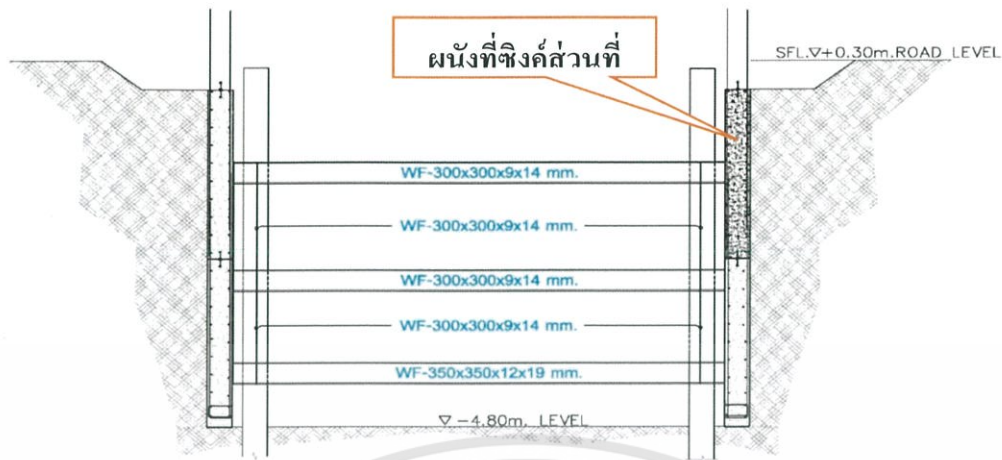


รูปที่ 3-42 ผลกระทบจากการเคลื่อนพังและทรุดตัวของพื้นที่โดยรอบเนื่องจากการถมบ่อ
(ที่มา: โครงการ The privacy thaphra interchange)

14.เมื่อบ่อใกล้ได้ระดับควรตรวจสอบระดับอย่างต่อเนื่องโดยฝ่าย Survey และตรวจสอบการเคลื่อนตัวของบ่อก่อนปรับผิวดินได้ฐานบ่อและเทคอนกรีตหยาบเพื่อทำการล็อกดินผนังบ่อเพื่อไม่ให้บ่อจมไปเกินระดับ



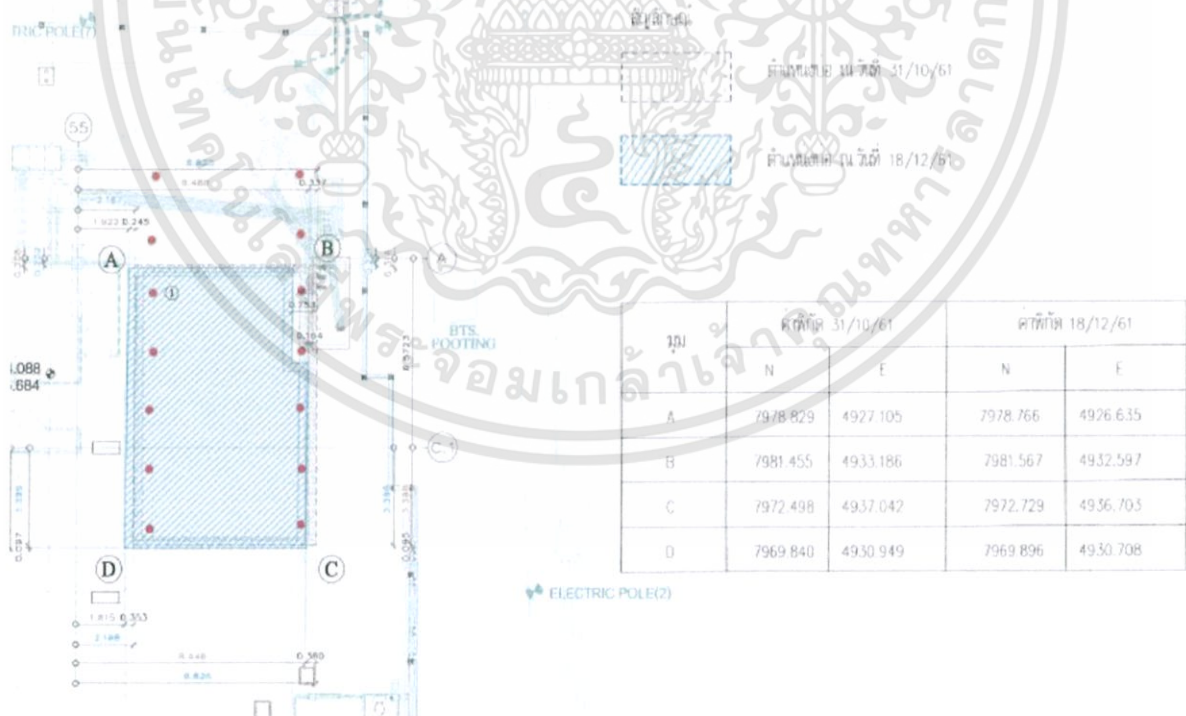
รูปที่ 3-43 ตรวจสอบความต่างระดับของผนังบ่อด้านยาวทั้งสองด้านโดยฝ่าย Survey
(ที่มา: โครงการ The privacy thaphra interchange)



รูปที่ 3-44 แสดงการจมน้ำบ่อ Retention tank ช่วงที่ 2 เมื่อได้ระดับแล้ว

(ที่มา: Method statement โครงการ The privacy thaphra interchange)

15.ตรวจสอบค่า Co – ordinate เพื่อเปรียบเทียบกับครั้งแรกเนื่องจากเมื่อเปรียบเทียบแล้วพบว่า บ่อมีการเคลื่อนตัวพอสมควรแต่ทำให้ตำแหน่งบ่อหลุดออกจากตำแหน่งฐานรากตู้ไฟฟ้าทำให้ยากต่อการทำงานและทำให้งานเร็วขึ้นเนื่องจากทำการสอบถามผู้ออกแบบโดยไม่ขอทำผนังย่อยเนื่องจากหลุดออกจากตำแหน่งฐานรากตู้ไฟแล้ว



รูปที่ 3-45 ค่าตำแหน่งการเคลื่อนตัวของผนังบ่อหลังจมน้ำเสร็จครั้งสุดท้ายเทียบกับครั้งแรก

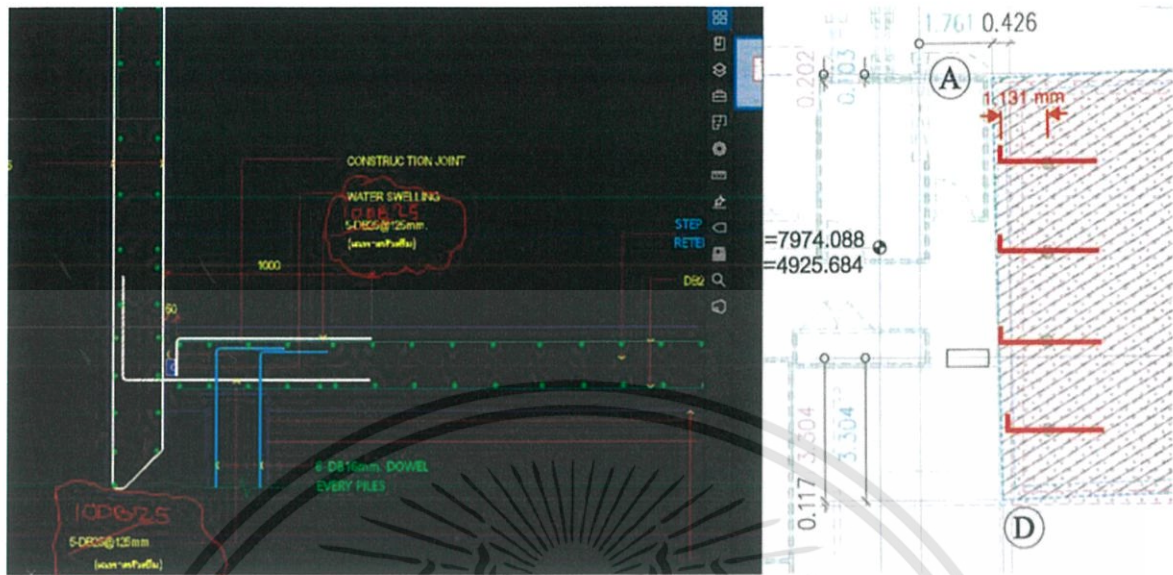
(ที่มา: โครงการ The privacy thaphra interchange)



รูปที่ 3-46 เทคอนกรีตหยาบเพื่อลื้อคตินผนังบ่อ
(ที่มา: โครงการ The privacy thaphrainterchange)

16. แคลต่อหัวเสาเข็มขึ้นมาเนื่องจากหัวเสาเข็มต่ำกว่าระดับพื้นบ่อ 20 – 30 เซนติเมตร เพราะการตัดหัวเสาเข็มขณะทำการขุดไปด้วยในช่วงที่บ่อใกล้ระดับแล้วบ่อมีการเคลื่อนตัวจนเห็นบนหัวของเสาเข็ม ที่ต้องทำการแคลขึ้นมาเพื่อให้เป็นไปตามการออกแบบของผู้ออกแบบคือพื้นบ่อต้องนั่งอยู่บนหัวเสาเข็มจากนั้นปลด Strut ชั้นล่างและทำการลงเหล็กพื้นบ่อหลังจากที่ทำการแคลต่อหัวเสาเข็มเสร็จซึ่งจากความล่าช้าในส่วนนี้คือการทำเหล็กพื้นเนื่องจากก่อนหน้านี้ที่ทำการฝากเหล็กพื้นแบบ Coupler แล้วเหล็ก Coupler บิ่น หักงอจึงต้องทำการสอบถามผู้ออกแบบในเรื่องการเสริมเหล็กพื้นใหม่เนื่องจากการสอบถามผู้ออกแบบแต่ละครั้งนั้นจะใช้เวลาในการสอบถามและรอคำตอบจากผู้ออกแบบทำให้งานหน้างานที่เกิดขึ้นนั้นหยุดชะงักและไม่สามารถดำเนินงานต่อไปได้เนื่องจากต้องรอรายละเอียดจากผู้ออกแบบ โดยการแก้ไขปัญหานี้เป็นการเจาะเสียบเหล็กและเนื่องจากระยะจากขอบถึงเสาเข็ม มีค่ามากกว่าระยะเดิมมาก (ขึ้นมากขึ้น) จึงต้องเพิ่ม ดังนั้นจึงต้องเปลี่ยนเหล็ก ด้านที่ยื่นเยอะ เกิน 0.50 เมตร เป็น 10 DB25



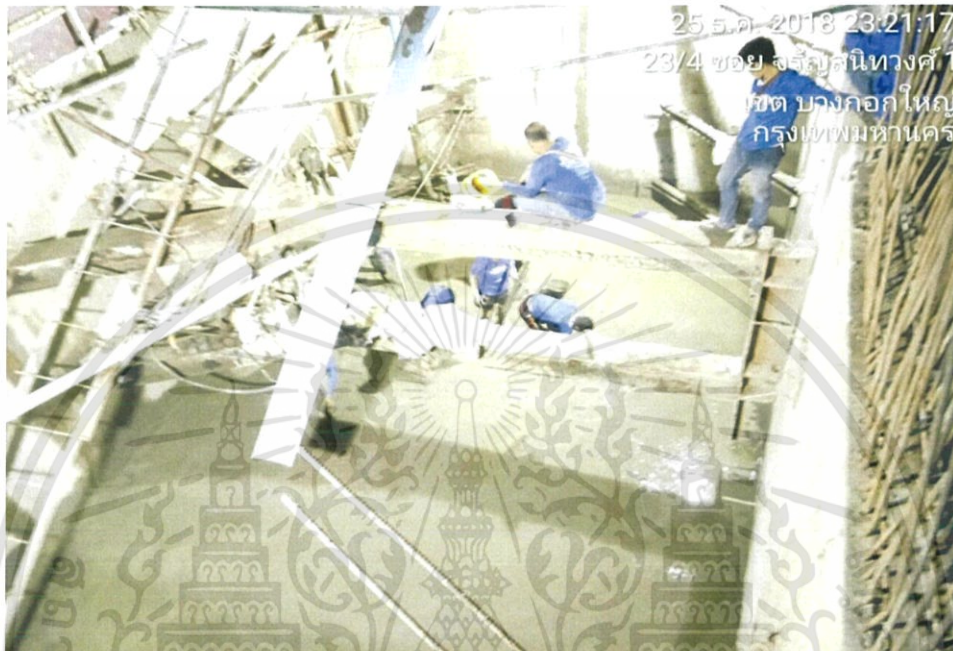


รูปที่ 3-48 รายละเอียดการเสริมเหล็กเพิ่มจากผู้ออกแบบ
(ที่มา: โครงการ The privacy thaphra interchange)



รูปที่ 3-49 ลงเหล็กพื้นบ่อ
(ที่มา: โครงการ The privacy thaphra interchange)

17. เทคอนกรีตพื้นบ่อหลังจากเทคอนกรีตเสร็จและแบบแล้วขอระดับท้องพื้นฝาบ่อจากฝ่าย Survey จากนั้นปลด Strut เพื่อทำการตั้งนั่งร้านรองรับฝาบ่อ โดยเหลือตรงกลางไว้ 1 ชั้น หลังจากเทคานเชื่อมผนังที่ฝาบ่อเสร็จค่อยปลดและนำออก หลังจากตั้งนั่งร้านเสร็จ ลงเหล็ก Corbel ฝาบ่อ คาน และทำการเทคอนกรีตพร้อมกัน



รูปที่ 3-50 เทคอนกรีตพื้นบ่อ
(ที่มา: โครงการ The privacy thaphra interchange)



รูปที่ 3-51 ปลด Strut เพื่อเตรียมตั้งนั่งร้านรองรับฝาบ่อ
(ที่มา: โครงการ The privacy thaphra interchange)



รูปที่ 3-52 ตั้งนั่งร้านปูไม้แบบรองรับฝาบ่อและคาน
(ที่มา: โครงการ The privacy thaphra interchange)

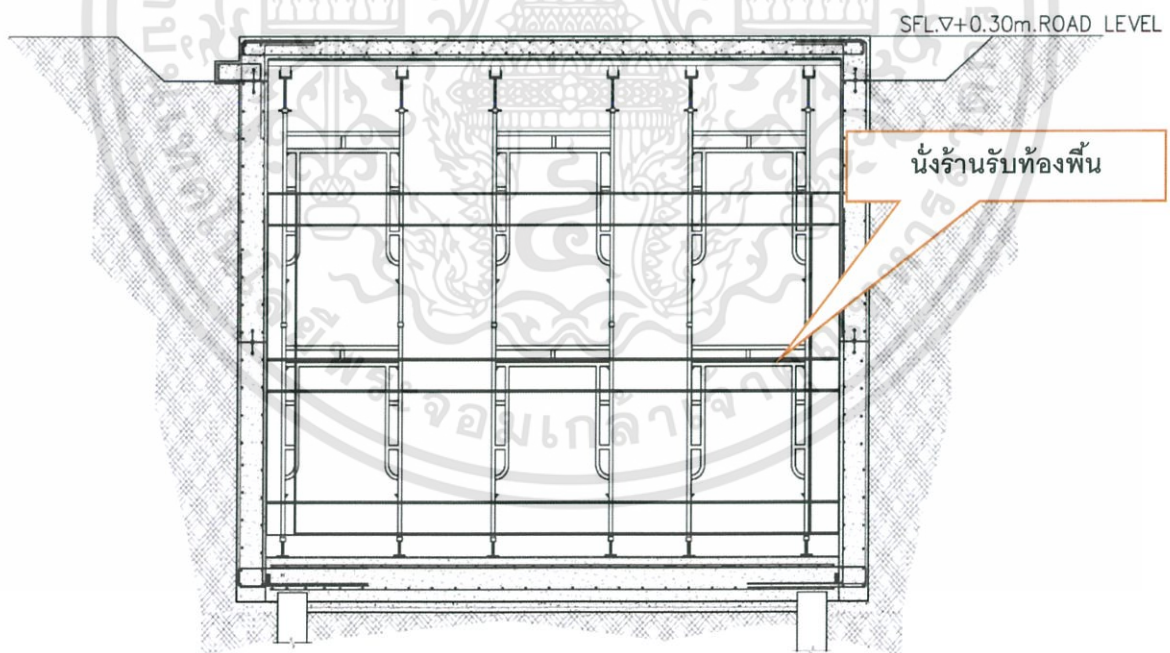


เหล็ก Corbel

รูปที่ 3-53 ลงเหล็กฝาบ่อ คาน Corbel
(ที่มา: โครงการ The privacy thaphra interchange)



รูปที่ 3-54 เทคอนกรีตฝาบ่อ กาน Corbel
(ที่มา: โครงการ The privacy thaphra interchange)



รูปที่ 3-55 แสดงการก่อสร้างฝาบ่อ คสล.
(ที่มา: โครงการ The privacy thaphra interchange)

บทที่ 4

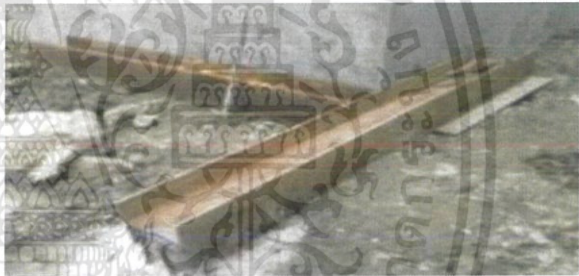
ผลการวิจัย

4.1 ปัญหาที่ส่งผลกระทบต่อความล่าช้าของการก่อสร้างบ่อหนองน้ำโดยวิธีการถมของบ่อคอนกรีต

โครงการ The Privacy Thapha interchange มีการก่อสร้างบ่อหนองน้ำบริเวณหน้าโครงการตามแบบก่อสร้างซึ่งในการก่อสร้างนั้นเป็นการก่อสร้างแบบวิธีการถมของบ่อคอนกรีตซึ่งเป็นการก่อสร้างที่มีความเฉพาะทางและขั้นตอนที่หลากหลายดังนั้นในความเฉพาะทางและขั้นตอนที่หลากหลายนั้นต้องมาพร้อมกับปัญหาซึ่งส่งผลกระทบต่อความล่าช้าในการก่อสร้างบ่อหนองน้ำซึ่งปัญหาที่พบและและเทคนิคการแก้ไขปัญหามีสามารถรวบรวมได้ดังนี้

ตารางที่ 4.1 แสดงปัญหาและเทคนิคในการแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นจากการก่อสร้างบ่อคอนกรีต

ปัญหาที่เกิดขึ้น	รูปแบบปัญหา	เทคนิคในการแก้ไขปัญหา
1.ขนาดบ่อติดท่อร้อยสายไฟและฐานรากตู้ไฟจากขั้นตอนในการทำงานที่ 7 จากการศึกษาขั้นตอนในงานภาคสนาม	Design และการเปลี่ยนแบบที่ไม่เปลี่ยน	1.Re-design บ่อใหม่ให้บ่อมีขนาด 6.045x9.750x6.10 เมตร ซึ่งจากเดิมบ่อมีขนาด 6.045 x 13.450 x 5.10 เมตร
2.Coupler ที่ฝากไว้เป็นเหล็กฝากพื้นโผล่ออกมาจากผนังมากเกินไปทำให้บิ่น หัก งอ เนื่องจากกระแทกกับวัสดุสิ่งกีดขวางและบั้งก็เบ็คโศจากขั้นตอนที่ 8	ผู้รับเหมารายย่อยขาดทักษะเทคนิคเฉพาะทาง	2.สอบถามผู้ออกแบบถึงรายละเอียดการเสริมเหล็กและแก้ไขด้วยวิธีการเจาะเสียบ
3.ค้ำยันที่ออกแบบเบ็คโศไม่สามารถขุดได้เนื่องจากเบ็คโศไม่สามารถ	การคาดการณ์ปัญหาจากขั้นตอนในการ	3.ก่อนเชื่อมล๊อคควรลองแนวสวิงของบั้งก็เบ็คโศก่อนเพื่อป้องกันไม่ให้เสียเวลารื้อถอนหรือคาดการณ์พื้นที่ในการเคลื่อนที่ของเบ็คโศก่อน

เคลื่อนที่ได้รอบบ่อใน ขั้นตอนที่ 10	ดำเนินงานที่ไม่ ถี่ถ้วน	
4. ค้ำยันมีการโก่งตัว เนื่องบ่อจมลึกมากขึ้น แรงดันดินมากขึ้นจึงทำให้ ค้ำยันเสียรูปไปในขั้นตอนที่ 13	ขั้นตอนในการ ก่อสร้างและ การออกแบบที่ ไม่สัมพันธ์กัน	4.ออกแบบค้ำยันรัศมีเพิ่มและเพิ่มตรงกลางเป็น แบบ Diagonal 
5.แนวผนังมีการเคลื่อน ตัวเนื่องจากในขั้นตอนการ ก่อสร้างไม่มีค้ำที่มุมเพื่อ บังคับการจมจึงทำให้บ่อจม ลงแล้วมีการเคลื่อนตัว เกิดขึ้นในขั้นตอนที่ 13	ขั้นตอนในการ ก่อสร้าง	5.1.ทำ Guide beam ที่มุมบ่อเพื่อควบคุมแนวการ เคลื่อนตัวผนัง  5.2.การนำดินที่ขุดมาเติมข้างบ่อเพื่อดันแนว ผนังให้หลุดจากแนวเสาเข็มเนื่องจากบ่อยังไม่ลึกมาก สามารถแก้ปัญหาในส่วนนี้ได้  ผนังบ่อด้านที่ เทินบนเสาเข็ม เติมดินผนังบ่อด้าน นี้เพื่อช่วยดันบ่อให้

6.น้ำใต้ดินและฝนที่ตกหนักทำให้น้ำท่วมบ่อตลอดเวลาในชั้นตอนที่ 13	น้ำใต้ดินและสภาพฤดู	6.สูบน้ำสู่ตลอดเวลาเพื่อให้ทำงานได้สะดวกด้วยเครื่องสูบน้ำ Daivo ทุกวันก่อนเริ่มการทำงานในแต่ละวัน 
7.ในการขุดดินทิ้งรถบรรทุกที่ขุดดินนั้นตามเส้นทางที่ขุดไปทิ้งน้ำจะไหลไปตามทางเป็นปัญหาที่มีผลพวงมาจากปัญหาข้อที่ 6 ในชั้นตอนที่ 13	ขั้นตอนในการก่อสร้างที่ส่งผลกระทบต่อสาธารณะ	7.ทำการ Stock กักเก็บดินในไซค์ก่อนจนแห้งแล้วจึงค่อยขนไปทิ้ง 
8.การเคลื่อนพังของถนนและบริเวณโดยรอบเนื่องมาจากการถมของบ่อที่รอบข้างบ่อไม่มีดินในชั้นตอนที่ 13	ขั้นตอนในการก่อสร้างที่ส่งผลกระทบต่อสาธารณะ	8.ทำการซ่อมบริเวณที่พังก่อนเพื่อป้องกันอันตรายที่อาจเกิดขึ้นได้โดยการกรอกปูน Non-shrink grout บริเวณรอยแยกที่เกิดขึ้นและเทคอนกรีตหยาบ Strength 140 ksc เพื่อล็อกพื้นหยุดรอยแตกร้าวที่อาจนำไปสู่ผลกระทบต่อต่อหม้อที่รองรับรางรถไฟฟ้าสถานีท่าพระ ถนนจรูญสนิทวงศ์และเสาไฟฟ้าที่เอียงรวมถึงค้ำยันเสาไฟฟ้าและรั้วโครงการเพื่อป้องกันไม่ให้เอียงล้มลงมาซึ่งอาจโดนผู้คนและรถที่สัญจรบริเวณนั้นได้

9.การเคลื่อนตัวของผนังมาเทินอยู่บนแนวหัวเสาเข็มทำให้บ่อไม่ยอมจมลงในชั้นตอนที่ 13	ขั้นตอนในการก่อสร้าง	9.ตัดเข็มไปชุดไปแต่เพื่อป้องกันอันตรายที่อาจเกิดขึ้นได้โยอยู่ในเรือขนของและทำการสกัดหัวเสาเข็มเพื่อป้องกันบ่อทรุดตัวลงมาทับคนงาน 
---	-----------------------------	--

4.2 ความล่าช้าที่เกิดขึ้นจากปัญหาที่ส่งผลกระทบต่อ การก่อสร้างบ่อหนองน้ำโดยยึดจากแผนงาน 3 Week

ซึ่งจากการก่อสร้างบ่อหนองน้ำนั้นในการทำงานก่อสร้างต้องมีแผนงานเริ่มและแผนงานสิ้นสุด ซึ่งแผนงานที่งานวิจัยนี้อ้างอิงเป็นแผนงาน 3 week ของบริษัท JWS Construction ใช้ตั้งงาน The privacy thaphra interchange ซึ่งจะแสดงรายละเอียดตั้งแต่เริ่มงานจนถึงสิ้นสุดงานว่าในแต่ละงานควรใช้เวลาไปเท่าไรซึ่งตามหลักวันที่ต้องเสร็จสิ้นงานบ่อหนองน้ำวันที่ 2 ธันวาคม พ.ศ. 2561 แต่บ่อเสร็จงานคือวันที่ 16 มกราคม พ.ศ. 2562 ซึ่งบ่อเริ่มก่อสร้างตั้งแต่วันที่ 6 พฤศจิกายน พ.ศ. 2561 ใช้เวลาในการก่อสร้าง 71 วัน โดยหากถ้ายึดตามแผนทุกอย่างต้องก่อสร้างแล้วเสร็จใช้เวลา 26 วันแต่เมื่อยึดตามหน้างานจริงทำให้พบว่าการก่อสร้างบ่อหนองน้ำโดยวิธีการถมของบ่อคอนกรีตนี้มีความล่าช้าไปจากแผน 45 วันซึ่งมีผลพวงมาจากปัญหาที่เกิดขึ้นข้างต้นซึ่งวิเคราะห์โดยการเก็บข้อมูลประจำวันจากหน้างานเป็นจำนวนวันที่ล่าช้าไปดังนี้

โครงการ THE PRIVACY THAPHRA INTERCHANGE

เจ้าของงาน : บริษัท พญาธร อินเตอร์สตาต จำกัด (มหาชน)

ผู้ควบคุมงาน : บริษัท ทีบี คอนสตรัคชั่น แมเนจเม้นท์ จำกัด

ผู้รับจ้าง : บริษัท เอ ออโต้ เอส คอนสตรัคชั่น จำกัด

SYMBOL :

Plan

Actual

รายละเอียดการทำงานประจำวัน (เขียนแบบ Construction)

No.	Description	UNIT	Qty	จำนวนวัน	การดำเนินงาน เริ่ม	สิ้นสุด	ผังหน้าตัดวันที่	Nov-18	Dec-18
1	RETENTION TANK WORK								
1	ขุดดินถมบ่อลึก 1.20 m	m ³	95.00	2	6/11/2018	6/11/2018	Plan		
							Actual		
1.1	เทคอนกรีตคาน	m ³	3.00	1	7/11/2018	7/11/2018	Plan		
							Actual		
1.2	ลงเหล็กคาน	kg		2	8/11/2018	9/11/2018	Plan		
							Actual		
1.3	ใช้แบบคาน 1/2	m ²		3	9/11/2018	9/11/2018	Plan		
							Actual		
1.4	เทคอนกรีตคาน 1/2	m ³	27.00	1	10/11/2018	10/11/2018	Plan		
							Actual		
1.5	งานขุดดินถมบ่อ 1/2	m ³	155.00	3	11/12/2018	11/12/2018	Plan		
							Actual		
1.6	ลงเหล็กคาน 2/2	kg		2	12/11/2018	12/11/2018	Plan		
							Actual		
1.7	ใช้แบบคาน 2/2	m ²		3	17/11/2018	17/11/2018	Plan		
							Actual		
1.8	เทคอนกรีตคาน 2/2	m ³	27.00	1	18/11/2018	18/11/2018	Plan		
							Actual		
1.9	ขุดดินถมบ่อ 2/2	m ³	155.00	3	23/11/2018	25/11/2018	Plan		
							Actual		
2	เทพื้น	m ³	5.00	1	25/11/2018	25/11/2018	Plan		
							Actual		
2.1	ลงเหล็กพื้น	kg		2	26/11/2018	27/11/2018	Plan		
							Actual		
2.2	เทคอนกรีตพื้น	m ³	34.00	1	28/11/2018	28/11/2018	Plan		
							Actual		
2.3	ค้ำยัน	m ²	87.00	1	29/11/2018	29/11/2018	Plan		
							Actual		
2.4	ลงเหล็ก คาน , ฝ้าบ่อ , Corbel	kg		2	30/11/2018	1/12/2018	Plan		
							Actual		
2.5	เทคอนกรีต คาน , ฝ้าบ่อ , Corbel	m ³	17.30	1	2/12/2018	2/12/2018	Plan		
							Actual		

รูปที่ 4-1 แผน 3 Week

(ที่มา: โครงการ The privacy thaphra interchange)

ตารางที่ 4.2 เวลาที่เกิดจากปัญหาที่ส่งผลกระทบต่อความล่าช้าในการก่อสร้างบ่อหนองน้ำโดยวิธีการจมของบ่อคอนกรีต

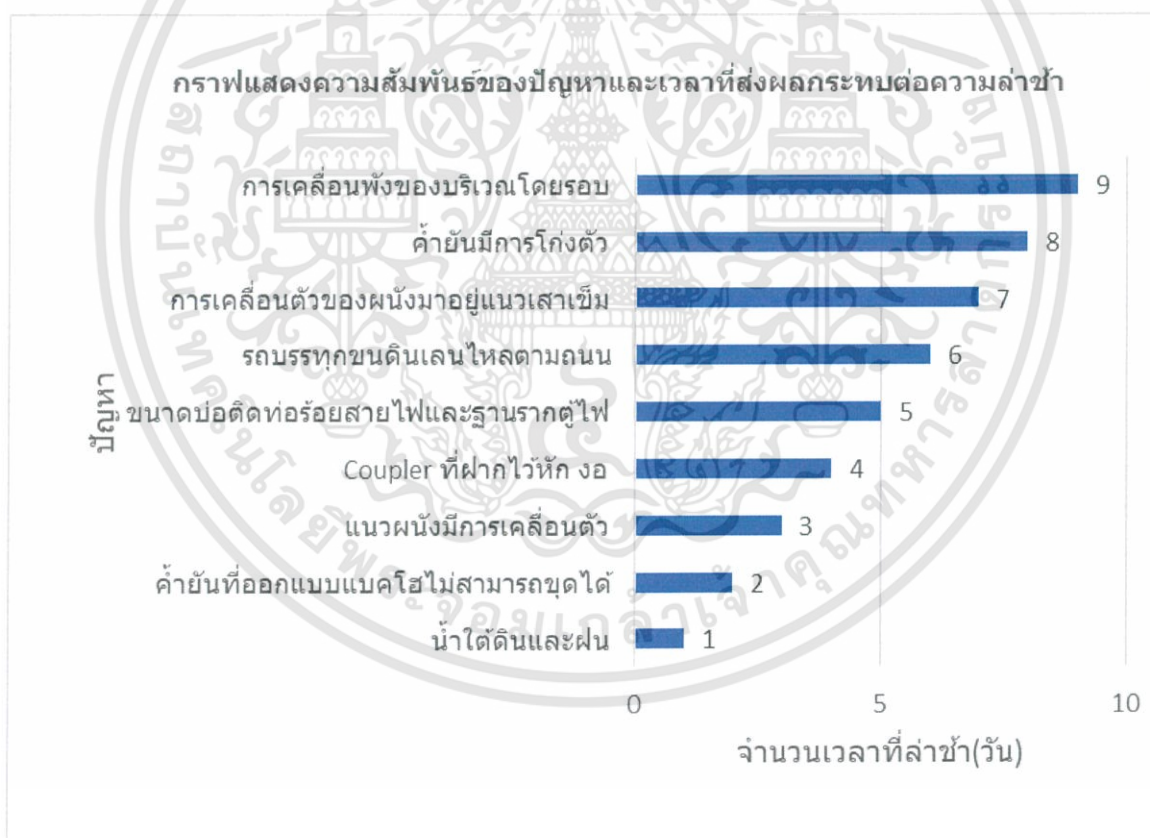
ปัญหาที่เกิดขึ้น	ระยะเวลาความล่าช้าที่ส่งผลกระทบต่อการก่อสร้างบ่อหนองน้ำ												รวม เวลา	
	พฤศจิกายน 2561				ธันวาคม 2561				มกราคม 2562					
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4		
1.ขนาดบ่อติดท่อร้อยสายไฟและฐานรากตู้ไฟ	5													5
2. Coupler ที่ฝากไว้เป็นเหล็กโผล่ออกมาจากผนังมากเกินไปทำให้บ้น หักงอ							4							4
3.ค้ำยันที่ออกแบบแบคโฮไม่สามารถขุดได้				2										2
4.ค้ำยันมีการโก่งตัว					7	1								8
5.แนวผนังมีการเคลื่อนตัว			3											3
6.น้ำใต้ดินและฝนที่ตกหนักทำให้น้ำท่วมบ่อตลอดเวลา							1							1
7.ในการขุดดินทิ้งรถบรรทุกที่ขุดดินนั้นตามเส้นทางที่ขุดไปทิ้งน้ำจะไหลไปตามทาง				6										6
8.การเคลื่อนพังของบริเวณโดยรอบ					7	2								9

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่ส่งมอบไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

9.การเคลื่อนตัวของ ผนังมาเทินอยู่บน แนวหัวเสาเข็มทำให้ บ่อไม่ยอมจมลง						7						7
---	--	--	--	--	--	---	--	--	--	--	--	---

4.3 การจัดลำดับปัญหาและเวลาที่ส่งผลกระทบต่อความล่าช้าของการก่อสร้างบ่อหนองน้ำโดยวิธีการมของบ่อคอนกรีต

จากข้อมูลจำนวนวันที่ได้ในตารางที่ 4.2 เป็นการการเก็บรวบรวมข้อมูลโดยการจดบันทึกการทำงานแต่ละวันของผู้วิจัยและปัญหาที่เกิดขึ้นว่าส่งผลกระทบไปเป็นเวลาที่วันถึงเริ่มการทำงานได้ซึ่งจากการวิเคราะห์นี้เป็นการวิเคราะห์กรณีศึกษาไซต์งาน The privacy thaphra interchange ซึ่งสามารถสรุปเป็นกราฟความสัมพันธ์ได้ดังนี้



รูปที่ 4-2 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของปัญหาและเวลาที่ส่งผลกระทบต่อความล่าช้าในการก่อสร้างบ่อหนองน้ำ

จากกราฟแสดงความสัมพันธ์ของปัญหาและเวลาที่ส่งผลกระทบต่อความล่าช้าในการก่อสร้างบ่อหนองน้ำทำให้สามารถจัดลำดับปัญหาที่ควรระวังในกรณีที่มีการก่อสร้างบ่อคอนกรีตโดยวิธีการจบบ่อซึ่งสามารถจัดอันดับได้ดังนี้

อันดับที่ 1 การเคลื่อนพังของบริเวณโดยรอบ

อันดับที่ 2 ค้ำยันมีการ โกงตัว

อันดับที่ 3 การเคลื่อนตัวของผนังมาเทินอยู่บนแนวหัวเสาเข็มทำให้บ่อไม่ยอมจมลง

อันดับที่ 4 ในการขุดดินทิ้งรถบรรทุกที่ขุดดินนั้นตามเส้นทางที่ขุดไปทิ้งน้ำจะไหลไปตามทาง

อันดับที่ 5 ขนาดบ่อติดท่อร้อยสายไฟและฐานรากตู้ไฟ

อันดับที่ 6 Coupler ที่ผูกไว้เป็นเหล็กโผล่ออกมาจากผนังมากเกินไปทำให้บ่อ หัก งอ

อันดับที่ 7 แนวผนังมีการเคลื่อนตัว

อันดับที่ 8 ค้ำยันที่ออกแบบแบบไฮโดรไม่สามารถขุดได้

อันดับที่ 9 น้ำใต้ดินและฝนที่ตกหนักทำให้น้ำท่วมบ่อตลอดเวลา

จากการจัดอันดับของผู้วิจัยที่ได้จากการวิเคราะห์กราฟโดยอันดับที่ 1 และ อันดับที่ 2 เป็นอันดับที่มีความเสี่ยงที่จะส่งผลกระทบในด้านเวลาที่แตกต่างกัน รวมถึงในด้านความเสียหายและชีวิตมีความใกล้เคียงกันมากดังนั้นในกรณีที่เกิดปัญหาสองกรณีนี้ขึ้นควรให้ความสำคัญเป็นพิเศษและรีบทำการแก้ไขเพื่อความปลอดภัยต่อโครงการ ทรัพย์สิน และสาธารณชน

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

การศึกษานี้เป็นการศึกษาวิเคราะห์ปัญหาที่ส่งผลให้เกิดความล่าช้าในการก่อสร้างบ่อหนองน้ำโดยวิธีการจมของบ่อคอนกรีต โดยการการบันทึกข้อมูลจากหน้า ผลการศึกษาสรุปได้ดังนี้

1.เพื่อระบุปัญหาในการก่อสร้างบ่อหนองน้ำโดยวิธีการจมของบ่อคอนกรีตซึ่งจากการเก็บข้อมูลภาคสนามสามารถระบุได้ 9 ปัญหาดังนี้

1.1.ขนาดบ่อติดท่อร้อยสายไฟและฐานรากตู้ไฟ

1.2.Coupler ที่ฝากไว้เป็นเหล็กฝากพื้น โผล่ออกมาจากผนังมากเกินไปทำให้บิ่น หัก งอ เนื่องจากกระแทกกับวัสดุสิ่งกีดขวางและบั้งก็เบ็คโฮ

1.3.ค้ำยันที่ออกแบบเบ็คโฮไม่สามารถขุดได้เนื่องจากเบ็คโฮไม่สามารถเคลื่อนที่ได้รอบบ่อ

1.4.ค้ำยันมีการโก่งตัวเนื่องบ่อจมลึกมากขึ้นแรงดันดินมากขึ้นจึงทำให้ค้ำยันเสียรูปไป

1.5.แนวผนังมีการเคลื่อนตัวเนื่องจากในขั้นตอนการก่อสร้าง ไม่มีค้ำที่มุมเพื่อบังคับการจมจึงทำให้บ่อจมลงแล้วมีการเคลื่อนตัวเกิดขึ้น

1.6.ใต้ดินและฝนที่ตกหนักทำให้น้ำท่วมบ่อตลอดเวลา

1.7.ในการขุดดินทิ้งรถบรรทุกที่ขุดดินนั้นตามเส้นทางที่ขุดไปทิ้งน้ำจะไหลไปตามทาง

1.8.การเคลื่อนพังของถนนและบริเวณโดยรอบเนื่องมาจากการจมของบ่อที่รอบข้างบ่อไม่มีดิน

1.9.การเคลื่อนตัวของผนังมาเทินอยู่บนแนวหัวเสาเข็มทำให้บ่อไม่ยอมจมลง

2.เพื่อวิเคราะห์ปัญหาของการก่อสร้างบ่อหนองน้ำโดยวิธีการจมของบ่อคอนกรีตรวมทั้งเทคนิคในการแก้ไขปัญหามาจาก 9 ปัญหาที่ระบุมาสามารถสรุปเทคนิคการแก้ไขปัญหาดังนี้

2.1.ขนาดบ่อติดท่อร้อยสายไฟและฐานรากตู้ไฟ : Re-design บ่อใหม่

2.2.Coupler ที่ฝากไว้เป็นเหล็กฝากพื้น โผล่ออกมาจากผนังมากเกินไปทำให้บิ่น หัก งอ เนื่องจากกระแทกกับวัสดุสิ่งกีดขวางและบั้งก็เบ็คโฮ

: สอบถามผู้ออกแบบถึงรายละเอียดการเสริม เหล็กและแก้ไขด้วยวิธีการเจาะเสียบ

2.3.ค้ำยันที่ออกแบบเบ็คโฮไม่สามารถขุดได้เนื่องจากเบ็คโฮไม่สามารถเคลื่อนที่ได้รอบบ่อ

: ก่อนเชื่อมต่อควรลองแนวสวิงของบั้งก็เบ็คโฮก่อนเพื่อป้องกันไม่ให้เสียเวลารื้อถอน

2.4.ยันมีการโก่งตัวเนื่องบ่อจมลึกมากขึ้นแรงดันดินมากขึ้นจึงทำให้ค้ำยันเสียรูปไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่ส่งมอบไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

: ออกแบบค้ำยันรัศมีเพิ่มและเพิ่มตรงกลางเป็นแบบ Diagonal

2.5.แนวผนังมีการเคลื่อนตัวเนื่องจากในขั้นตอนการก่อสร้างไม่มีค้ำที่มุมเพื่อป้องกันการจมจึงทำให้บ่อจมลงแล้วมีการเคลื่อนตัว

: ทำ Guide beam ที่มุมบ่อเพื่อควบคุมแนวการเคลื่อนตัวของผนัง , การนำดินที่ขุดมาเติมข้างบ่อเพื่อดันแนวผนังให้หลุดจากแนวเสาเข็ม

2.6.นำไต้ดินและฝนที่ตกหนักทำให้น้ำท่วมบ่อตลอดเวลา

: สูบน้ำผู้ตลอดเวลาเพื่อให้ทำงานได้สะดวกด้วยเครื่องสูบน้ำ Daivo ทุกวันก่อนเริ่มการทำงานในแต่ละวัน

2.7.ในการขุดดินทิ้งรถบรรทุกที่ขุดดินนั้นตามเส้นทางที่ขุดไปทิ้งน้ำจะไหลไปตามทาง

: ทำการ Stock กักเก็บดินในไซค์ก่อนจนแห้งแล้วจึงค่อยขนไปทิ้ง

2.8.การเคลื่อนพังของถนนและบริเวณโดยรอบ

: ทำการซ่อมบริเวณที่พังก่อนเพื่อป้องกันอันตรายที่อาจเกิดขึ้นได้โดยการกรอกปูนบริเวณรอยแยกที่เกิดขึ้นและเทคอนกรีตหยาบสีก้อนพื้นหุ่ยครอยแตกแล้วที่อาจส่งผลกระทบต่อหม้อที่รองรับแรงรัดไฟฟ้าสถานีท่าพระ ถนนเจริญสนิทวงศ์และเสาไฟฟ้าที่เอียงรวมถึงค้ำยันเสาไฟฟ้าและรั้วโครงการเพื่อป้องกันไม่ให้เอียงล้มลงมาซึ่งอาจโดนผู้คนและรถที่สัญจรบริเวณนั้นได้

2.9.การเคลื่อนตัวของผนังมาเทินอยู่บนแนวหัวเสาเข็มทำให้บ่อไม่ยอมจมลง

: ตัดเข็มไปชุดไปแต่เพื่อป้องกันอันตรายที่อาจเกิดขึ้นได้โยอยู่ในเรือขนของและทำการสกัดหัวเสาเข็มเพื่อป้องกันบ่อทรุดตัวลงมาทับคนงาน

3.เพื่อจัดลำดับความสำคัญของปัญหาที่เกิดขึ้นจากการก่อสร้างบ่อหนองน้ำโดยวิธีการจมของบ่อคอนกรีตซึ่งเรียงลำดับตามปัญหาที่ส่งผลกระทบต่อความล่าช้ามากที่สุดดังนี้

อันดับที่ 1 การเคลื่อนพังของบริเวณโดยรอบ

อันดับที่ 2 ค้ำยันมีการโก่งตัว

อันดับที่ 3 การเคลื่อนตัวของผนังมาเทินอยู่บนแนวหัวเสาเข็มทำให้บ่อไม่ยอมจมลง

อันดับที่ 4 ในการขุดดินทิ้งนั้นตามเส้นทางที่ขุดไปทิ้งน้ำไหลไปตามทาง

อันดับที่ 5 ขนบ่อติดท่อร้อยสายไฟและฐานรากตู้ไฟ

อันดับที่ 6 Coupler ที่ฝักไว้เป็นเหล็กโผล่ออกมาจากผนังมากเกินไปทำให้บิ่น หัก งอ

อันดับที่ 7 แนวพรมมีการเคลื่อนตัว

อันดับที่ 8 ค้ำยันที่ออกแบบแบบแบคโฮไม่สามารถขุดได้

อันดับที่ 9 น้ำใต้ดินและฝนที่ตกหนักทำให้น้ำท่วมบ่อตลอดเวลา

5.2 ข้อเสนอแนะ

1. ถ้านำความรู้ทางกฎหมายและข้อมูลทางด้านงบประมาณมาประกอบเพิ่มคาดว่าจะงานวิจัยนี้จะสามารถใช้ในการประเมินผลกระทบได้ชัดเจนยิ่งขึ้น

2. เนื่องจากข้อมูลและปัญหาที่เกิดขึ้นเป็นปัญหาที่เกิดขึ้นใน ไซต้งาน The privacy thaphra interchange หากมีการเก็บข้อมูลปัญหาเรื่องการจมของบ่อคอนกรีตในไซต้งานหลายไซต้งานจะทำให้มีข้อมูลหลายๆข้อมูล ทำให้การประเมินผลกระทบจากปัญหาที่เกิดขึ้นมีความหลากหลาย



เอกสารอ้างอิง

1. อนาคต คงสมบูรณ์. *การไหลซึมของน้ำผ่านดิน*. สืบค้นเมื่อ 19 ตุลาคม 2561
จาก เอกสารประกอบการสอนวิศวกรรมฐานราก ภาควิชา วิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.
2. พรพจน์ ดันเส็ง. 2554. *ชนิดของกำแพงกันดิน*. สืบค้นเมื่อ 25 ตุลาคม 2561
จาก หนังสือวิศวกรรมฐานราก มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
3. พรพจน์ ดันเส็ง. 2554. *ทฤษฎีแรงดันดินด้านข้างของ Rankine*. สืบค้นเมื่อ 27 ตุลาคม 2561
จาก หนังสือวิศวกรรมฐานราก มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
4. พรพจน์ ดันเส็ง. 2554. *ระบบป้องกันดินงานชุดดินลึกในงานก่อสร้างโครงสร้างใต้ดิน*.
สืบค้นเมื่อ 30 ตุลาคม 2561 จาก หนังสือวิศวกรรมฐานราก มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
5. พรพจน์ ดันเส็ง. 2554. *การบวมขึ้นของดินเหนียวใต้บ่อขุด*. สืบค้นเมื่อ 30 ตุลาคม 2561
จาก หนังสือวิศวกรรมฐานราก มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
6. Anugool Sriramai. 2559. *เทคนิคการจมน้ำคอนกรีต*. สืบค้นเมื่อ 5 พฤศจิกายน 2561
จากเว็บไซต์ : <https://prezi.com/qco3rfdefa-x/copy-of/>
7. เจริญเกียรติ วงศ์นิชทวิ. 2559. *เทคนิคการจมน้ำใต้ดินขนาดใหญ่สำหรับติดตั้งเครื่องจักร*.
สืบค้นเมื่อ 5 พฤศจิกายน 2561 จากเว็บไซต์ : http://ejsu.siam.edu/journals/PDF_15/13..pdf
8. เกียรติศักดิ์ ลีอ่อน. 2561. *Method statement งานขังค้ำ Retention tank*. สืบค้นเมื่อ 1 พฤศจิกายน
2561 จาก ไซต์งาน The privacy thaphra interchange บริษัท เจ ดับบลิว เอส คอนสตรัคชั่น จำกัด

8.เกียรติศักดิ์ สีอ่อน. 2561. *แบบก่อสร้างก่อนการอนุมัติงานบ่อน้ำ. สืบค้นเมื่อ 2 พฤศจิกายน 2561*
จาก ไซต์งาน The privacy thaphra interchange บริษัท เจ ดับบลิว เอส คอนสตรัคชั่น จำกัด

9.เกียรติศักดิ์ สีอ่อน. 2561. *แบบก่อสร้างก่อนหลังอนุมัติงานบ่อน้ำ. สืบค้นเมื่อ 15 พฤศจิกายน 2561*
จาก ไซต์งาน The privacy thaphra interchange บริษัท เจ ดับบลิว เอส คอนสตรัคชั่น จำกัด

10.อำนาจ เจริญธรรม. 2561. *แผนงาน 3 Week. สืบค้นเมื่อ 23 พฤศจิกายน 2561* จาก ไซต์งาน The privacy thaphra interchange บริษัท เจ ดับบลิว เอส คอนสตรัคชั่น จำกัด

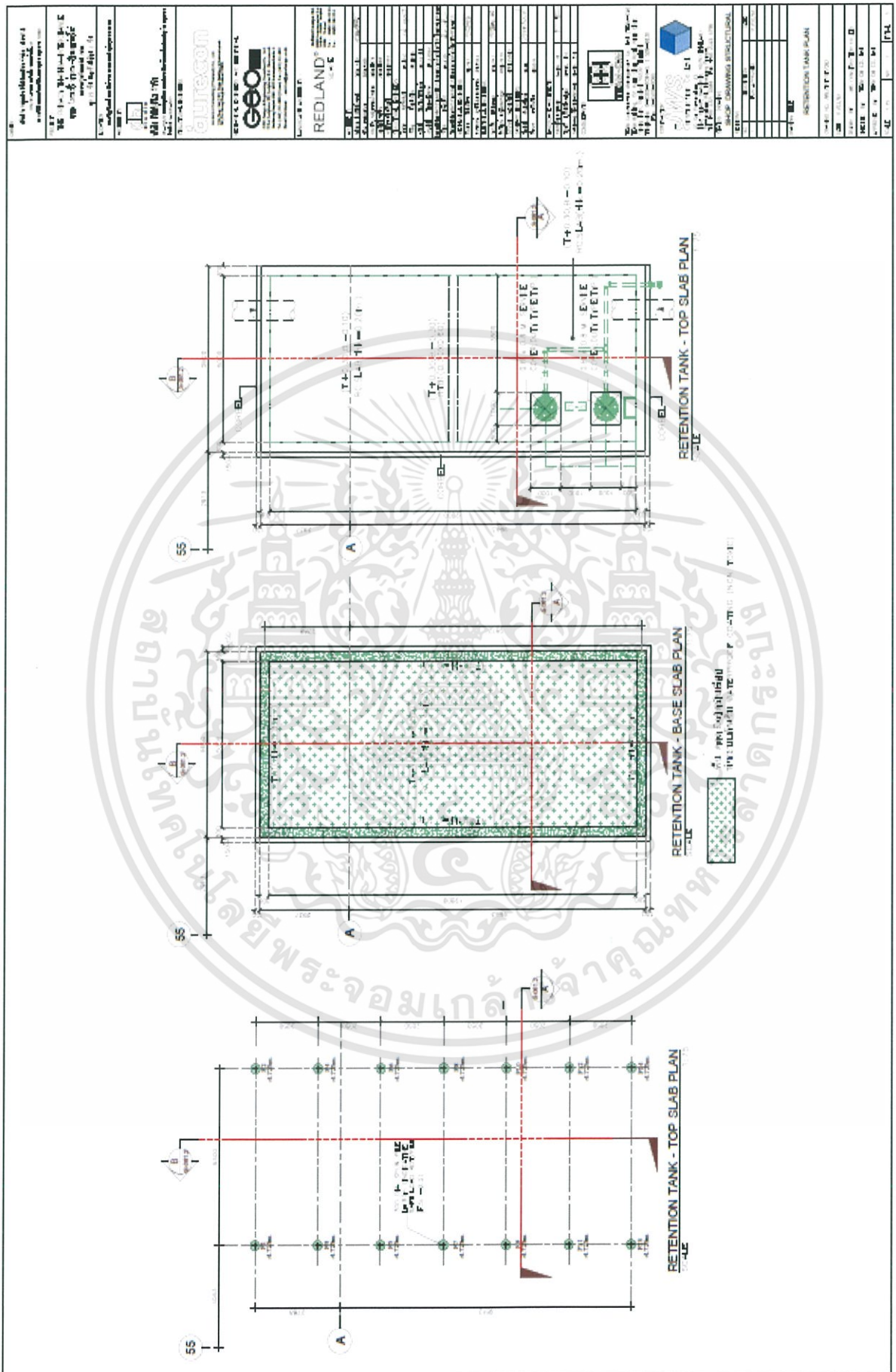


ภาคผนวก
แบบก่อสร้างก่อนการอนุมัติและหลังการอนุมัติที่เกี่ยวข้องกับงานก่อสร้างบ่อน้ำ
โดยวิธีการจมของบ่อนกริตโครงการ The privacy thaphra interchange

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

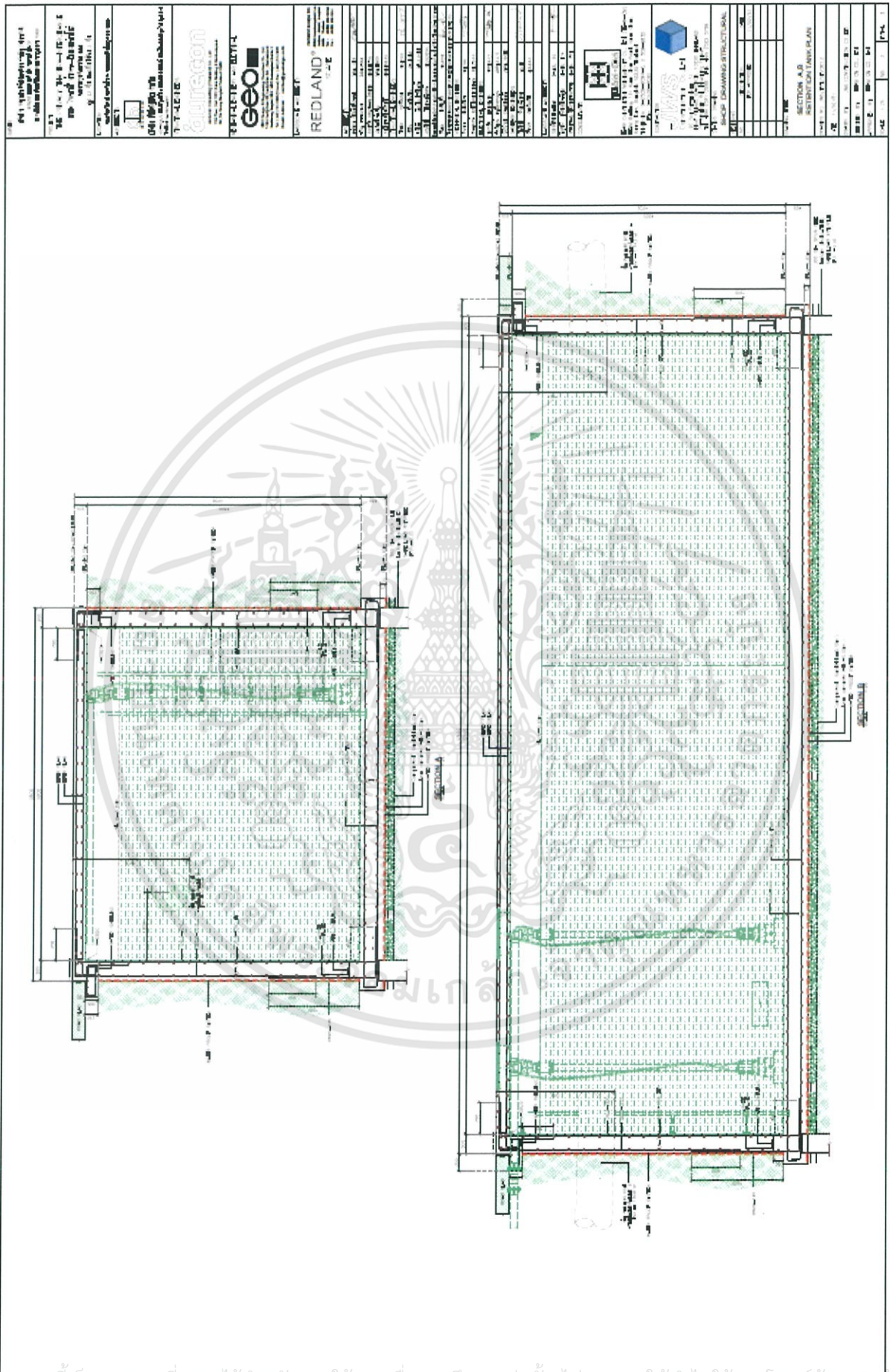


แบบก่อสร้างก่อนการอนุมัติงานป้อนหนังสือ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้





เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้สำหรับโรงเรียนเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้แก้ไขหรือใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



แบบก่อสร้างหลังการอนุมัติงานบ่อน้ำ







ประวัติผู้เขียน

ชื่อ – นามสกุล นายวรเทพ ชวนสำราญ

วัน เดือน ปีเกิด 9 ธันวาคม 2538

ที่อยู่ 202/94 หมู่บ้านริมน้ำ ซอย 6 ถนนนางประชาพัฒนา
ตำบลหลักหก อำเภอเมืองปทุมธานี จังหวัดปทุมธานี 12000

โทรศัพท์ 065-870-9705 , 095-182-5181

อีเมล inazuma_peter@hotmail.com

ประวัติการศึกษา พ.ศ. 2552 – 2554 มัธยมศึกษาตอนต้น โรงเรียนวัดบวรนิเวศ
พ.ศ. 2555 – 2557 มัธยมศึกษาตอนปลาย โรงเรียนวัดบวรนิเวศ
พ.ศ. 2558 – 2561 วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต (วิศวกรรมโยธา)
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง