สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

T148627

รายงานสหกิจศึกษาฉบับสมบูรณ์

การออกแบบลาดดินเพื่อการวางถังบำบัดน้ำเสียส่วนกลาง โครงการ ศุภาลัย ไพรด์ บางนา-วงแหวน

SLOPE DESIGN FOR CREATE A CENTRAL SEWAGE SYSTEM SUPALAI PRIDE BANGNA – OUTER RING ROAD

นายปิยะนันท์ จันทะเวช

b 12871850
เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 148627
วัน.เดือน.ปี 6 ก.ค. 2560

ภาควิชาวิศวกรรมโยธา

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2559

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

งานวิจัย	การออกแบบลาดดินเพื่อการวางถังบำบัดน้ำเสียส่วนกลาง โครงการ ศุภาลัย ไพรด์ บางนา-วงแหวนรอบนอก
นักศึกษา	นายปิยะนันท์ จันทะเวช
สาขา	วิศวกรรมโยธา
อาจารย์นิเทศ	ดร.อาทิตย์ เพชรศศิธร
ผู้นิเทศงาน	คุณเกรียงไกร ด่านสมพงษ์
สถานประกอบการ	บริษัท ศุภาลัย จำกัด (มหาชน) (SUPALAI PUBLIC COMPANY LIMITED)

บทคัดย่อ

ในงานก่อสร้างโครงการบ้านจัดสรรจำเป็นต้องมีระบบสาธารณูปโภคมากมาย ยกตัวอย่างเช่น งานถนน งานเดินท่อประปา งานเสาไฟฟ้า และงานระบบระบายน้ำส่วนกลาง ซึ่งงานสาธารณูปโภคที่สำคัญเป็นอันดับต้นๆของโครงการ ได้แก่ ระบบบำบัดน้ำเสียส่วนกลาง โดยระบบบำบัดน้ำเสียนี้มีหน้าที่ในการบำบัดน้ำเสียจากการอุปโภคและบริโภคให้มีคุณภาพน้ำเหมาะสมตามมาตรฐานที่กรมควบคุมมลพิษกำหนดไว้ เพื่อให้น้ำที่ปล่อยลงไปสู่แหล่งน้ำธรรมชาติมีความปลอดภัยต่อสิ่งแวดล้อม

โดยส่วนมากแล้วระบบบำบัดน้ำเสียจะถูกออกแบบให้อยู่ใต้ดินและใกล้กับแหล่งน้ำสาธารณะ ในการก่อสร้างจะต้องมีการขุดดินหรือถมดิน ซึ่งอาจทำให้เกิดความต่างระดับของผิวดินมากกว่าความสูงที่มวลดินจะสมดุลอยู่ได้ด้วยตัวเอง จึงจำเป็นต้องมีการออกแบบลาดดินเพื่อป้องกันการพังทลายหรือการเคลื่อนตัวที่มากเกินไป ซึ่งจะส่งผลให้เกิดอันตรายกับตัวโครงสร้างใต้ดิน หรืออาจเกิดอันตรายกับคนงานที่ต้องลงไปปฏิบัติงานด้านล่างส่งผลให้คนงานพิการหรือถึงขั้นเสียชีวิตได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Research	Design of slope for central wastewater treatment tank setting Supalai-Pride-Bangna-Wongwaenrobnok
Student	Mr.Piyanan Juntawech
Department	Civil Engineering
Advisor	Dr. Arthit Petchsasithon
Supervisor	Mr. Kreangkri Dansompong
Enterprise	SUPALAI PUBLIC COMPANY LIMITED

Abstract

Constructions of housing projects require a lot of utility systems such as road systems, plumbing systems, electricity pole systems, and central drainage systems. The central wastewater treatment system is extremely important for housing project. This system is responsible for wastewater treatment from the consumers to the appropriate water quality standards set by Pollution Control Department. So that the water released into water sources will safe for the environment.

Most of the wastewater treatment system will be designed for underground and close to the public water supply. The construction requires digging or filling soil which can cause the level of the soil is higher than the height of the soil mass that can balance itself. So that it needs to be designed slope to prevent soil erosion or slope movement too which may result in harm to the underground structures or workers who have to perform below. Finally, they may have disabilities or death.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

การทำงานวิจัยเพื่อออกแบบลาดดินในครั้งนี้สามารถสำเร็จลุล่วงไปด้วยดีโดยได้รับความอนุเคราะห์และช่วยเหลือจากบริษัท ศุภาลัย จำกัด (มหาชน) ที่ได้มอบคำแนะนำและให้คำปรึกษา ทั้งในด้านการทำโครงงานและด้านการใช้ชีวิตในการทำงาน ขอขอบคุณคณาจารย์ที่ให้คำปรึกษาและคำแนะนำเพื่อให้โครงงานนี้ลุล่วงไปด้วยดี จึงใคร่ขอขอบพระคุณ ดังรายนามต่อไปนี้

1.	ดร.อาทิตย์	เพชรศศิธร	อาจารย์ที่ปรึกษา
2.	คุณเกรียงไกร	ด่านสมพงษ์	ผู้จัดการโครงการฝ่ายก่อสร้าง
3.	คุณนิเวทย์	ยอดแก้ว	วิศวกรอาวุโส
4.	คุณทศพร	ถาวรชัยเทศ	วิศวกรสนาม
5.	คุณเอกพัฒน์	พูลเกษ	วิศวกรสนาม
6.	คุณบุญทิ้ง	ใหญ่ดี	ผู้ควบคุมงานอาวุโส

ท้ายที่สุดผู้จัดทำขอกราบขอบพระคุณ บิดา มารดา และครอบครัว ที่สนับสนุนและช่วยเหลือในทุกๆด้าน ให้คำปรึกษาและให้คำแนะนำตลอดมา

หากโครงการพิเศษเล่มนี้ก่อให้เกิดประโยชน์แก่ส่วนรวม ขอมอบคุณประโยชน์และความดีทั้งปวงให้แก่ บิดา มารดา คณาจารย์ และทุกท่านที่ได้กล่าวมา

ปิยะนันท์ จันทะเวช

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

รายการ	หน้า
บทคัดย่อ(ภาษาไทย)	I
บทคัดย่อ (ภาษาอังกฤษ)	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV
สารบัญภาพ	VIII
สารบัญตาราง	XI
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ที่มาและความสำคัญ	1
1.2 วัตถุประสงค์	2
1.3 ขอบเขตของงานวิจัย	2
1.4 วิธีดำเนินงานวิจัย	2
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	3
บทที่ 2 วรรณกรรมปริทัศน์	
2.1 ถังบำบัดน้ำเสีย	4
2.1.1 หลักการทำงานของถัง	4
2.1.2 ตำแหน่งที่จะทำการติดตั้งถัง	5
2.1.3 วิธีการติดตั้งถัง	5
2.1.4 ข้อควรระวังในการติดตั้ง	5
2.1.5 การดูแลรักษาหลังการติดตั้งแล้ว	6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 น้ำเสียชุมชน (Domestic Wastewater) 7
2.2.1 องค์ประกอบของน้ำเสียที่เกิดจากบ้านพักอาศัย 8
2.2.2 ผลกระทบของน้ำเสียชุมชนต่อสุขภาพอนามัย 10
2.2.3 สมมูลประชากร 11
2.3 มาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียจากที่ดินจัดสรร 12
2.4 แนวทางการเลือกใช้ถังบำบัดน้ำเสีย 13
2.4.1 หลักการบำบัดน้ำเสีย 13
2.4.2 การเลือกใช้ถังบำบัด ชนิดเกรอะ – กรองอากาศ ที่เหมาะสม 14
2.5 การทำงานขุดดิน (Soil Work) 14
2.5.1 การปรับบริเวณ 14
2.5.2 งานขุด 14
2.5.3 การดำเนินงานขุด 14
2.5.4 การแบ่งลักษณะชั้นดินและชั้นหินตามวิธีขุด 15
2.5.5 การขุดฐานราก 16
2.5.6 การตรวจวัดและการจ่ายเงิน 18
2.6 งานดินและงานปรับพื้นที่ 19
2.6.1 งานขุดดิน 19
2.6.2 งานป้องกันการพังทลายของดินในการทรุด 19
2.6.3 การสูบน้ำและการระบายน้ำ 20
2.6.4 การถมดิน 21
2.7 ผังการทำงานขุดดิน 22
2.7.1 work flow งานขุดดินและหิน 22
2.7.2 การปฏิบัติงานก่อสร้าง งานถมดิน 23
2.8 ขั้นตอนการวางถังบำบัดของผู้รับเหมา 24

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.9 เสถียรภาพของลาดดิน 25
2.9.1 แนะนำโครงสร้างดิน 25
2.9.2 ลักษณะการวิบัติของลาดคันดิน 26
2.9.3 สาเหตุการวิบัติของลาดดิน 27
2.9.4 การวิเคราะห์เสถียรภาพของลาดดินด้วยวิธี Limit equilibrium 34
2.9.5 การวิเคราะห์ด้วยการแบ่งดินเป็นแถบย่อย (วิธีของ Bishop) 36
2.9.6 การวิเคราะห์โดยใช้หน่วยแรงประสิทธิผล (Effective Stress Analysis - ESA) 38
2.9.7 การวิเคราะห์โดยใช้หน่วยแรงรวม (Total Stress Analysis - TSA) 40
2.9.8 รอยแยกเนื่องจากหน่วยแรงดึง (Tension Crack) 40
2.9.9 สัดส่วนความปลอดภัย 42
2.9.10 ตัวอย่างการวิเคราะห์เสถียรภาพของลาดดิน 42
2.9.11 การวิเคราะห์ด้วยวิธีไฟไนท์อิลิเมนต์ 49
2.9.12 แนวทางปฏิบัติในการขุดและถมดินสำหรับกักเก็บน้ำ 50
2.9.13 การก่อสร้างคันดินบนดินเหนียวอ่อน 52

บทที่ 3 ขั้นตอนการออกแบบ
3.1 ศึกษาแบบก่อสร้างถังบำบัดน้ำเสียส่วนกลางของโครงการ 54
3.2 ขั้นตอนการเก็บข้อมูล 54
3.2.1 การเก็บข้อมูลในสนาม 54
3.2.2 การเก็บข้อมูลในห้องปฏิบัติการ 57
3.2.3 เก็บข้อมูลค่าระดับทางการภาพ 66
3.2.4 เก็บข้อมูลจากการสอบถาม 67
3.3 พิจารณาแบ่งชั้นดินจากข้อมูลที่มีอยู่ 67
3.4 วาดโมเดลพื้นที่ก่อสร้างด้วยโปรแกรม Auto CAD 68
3.5 ออกแบบโมเดลคร่าวๆ ในโปรแกรม Auto CAD 68

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.6 ขั้นตอนการวิเคราะห์ค่า F.S. ของโมเดล 68
3.7 พิจารณาเลือกโมเดลที่ผ่านการวิเคราะห์แล้วมาใช้จริง 84
3.8 เขียนแบบ 84

บทที่ 4 ผลการดำเนินงาน
4.1 ศึกษาแบบก่อสร้าง 85
4.2 ขั้นตอนการเก็บข้อมูล 85
4.2.1 การเก็บข้อมูลภาคสนาม 85
4.2.2 การเก็บข้อมูลในห้องปฏิบัติการ 86
4.2.3 การเก็บค่าระดับทางกายภาพ 87
4.2.4 การเก็บข้อมูลจากการสอบถาม 89
4.3 พิจารณาแบ่งชั้นดินจากข้อมูลที่มีอยู่ 97
4.4 วาดโมเดลพื้นที่ก่อสร้างด้วยโปรแกรม Auto CAD 97
4.5 ออกแบบโมเดลการขุดคร่าวๆ ในโปรแกรม Auto CAD 99
4.6 ผลการวิเคราะห์ค่า Factor of Safety จากโมเดลข้างต้น 103

บทที่ 5 สรุปผลการวิจัย
5.1 เปรียบเทียบด้านความปลอดภัย 108
5.2 เปรียบเทียบวัสดุที่ใช้ในงานก่อสร้าง 109
5.3 เปรียบเทียบด้านงบประมาณงานดิน 109
5.4 สรุปผลจากการเปรียบเทียบ 110

เอกสารอ้างอิง 111
ภาคผนวก ก. คำนิยามปฏิบัติการ 112
ภาคผนวก ข. แบบก่อสร้าง 115

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
2.1 ตัวอย่างงานที่ใช้ลาดคันดิน	25
2.2 การวิบัติของลาดคันดินเมื่อมีชั้นดินที่มีกำลังต่ำแทรกอยู่	26
2.3 การวิบัติของลาดคันแบบเป็นส่วนโค้ง	27
2.4 การวิบัติแบบไหล	27
2.5 คันดินมีความชันเพิ่มขึ้นเนื่องจากลาดคันดินถูกกัดเซาะโดยน้ำที่ไหลผ่านลาดคันดิน	28
2.6 ลาดคันดินถูกกักเซาะโดยกระแสน้ำ	28
2.7 น้ำฝนไหลเข้าไปในรอยแยกบนคันดิน และไหลเข้าสู่ชั้นดินที่มีกำลังต่ำ	29
2.8 แรงกระทำต่อคันดินเนื่องจากแผ่นดินไหว	29
2.9 สภาพทางธรณีวิทยาที่พบดินเป็นชั้น โดยมีชั้นดินอ่อนหนาไม่มากแทรกตัวอยู่ในชั้นดินแข็ง	30
2.10 น้ำหนักกดทับบนคันดินจะทำให้เสถียรภาพของคันดินลดลง	30
2.11 เนื่องจากการขุดดินออกที่เชิงของลาดคันดินในกรณีนี้แรงด้านข้างที่ต้านการเคลื่อนตัวลดลง คันดินจึงมีโอกาสเคลื่อนตัวมากขึ้น (เสถียรภาพลดลง)	31
2.12 ความสัมพันธ์ของการเปลี่ยนแปลงแรงดันน้ำและสัดส่วนปลอดภัยหลังจากถมดิน	32
2.13 ความสัมพันธ์ของการเปลี่ยนแปลงแรงดันน้ำและสัดส่วนปลอดภัยหลังจากขุดดิน	33
2.14 ผลเนื่องจากการลดลงทันทีของระดับน้ำทำให้เสถียรภาพของคันดินลดลง	34
2.15 สมมุติแนวการวิบัติของฐานรากเป็นครึ่งวงกลม	35
2.16 แนวการวิบัติที่สมมุติให้จุดหมุนอยู่ที่จุดใดๆ	35
2.17 หลักการวิเคราะห์ด้วยหน่วยแรงรวม	36
2.18 หลักการวิเคราะห์ด้วยหน่วยแรงประสิทธิผล	36
2.19 แนวการวิบัติสมมุติ	37
2.20 free body diagram เนื่องจากแรงดันดิน	37
2.21 free body diagram เนื่องจากแรงดันน้ำ	38

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.22 รอยแยกที่เกิดขึ้นบนลาดคันดิน 41

2.23 วิธีสร้างกริดเพื่อใช้หาจุดศูนย์กลางของส่วนโค้งที่ทำให้สัดส่วนปลอดภัยต่ำสุด 43

2.24 แถวการวิบัติที่ได้จากการจำลองด้วยวิธีไฟไนท์อิลิเมนต์ พิจารณาจากการเคลื่อนตัวของคันดิน 50

2.25 แนวทางการแก้ไขปัญหาเนื่องจากเสถียรภาพและปัญหาเนื่องจากการทรุดตัวของ Embankment ที่สร้างบนดินเหนียวอ่อน (Lerpueil, Magnan et al. 1990) 53

3.1 แสดงขั้นตอนการเก็บตัวอย่างด้วยวิธีขุดบ่อสำรวจ 55

3.2 แสดงลักษณะของเครื่องมือ pocket vane shear 56

3.3 แสดงถึงแรงต่างๆที่กระทำในมวลดินชิ้นเล็กๆ 61

3.4 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่า σ และค่า τ ของดินแต่ละชนิด 62

3.5 แสดงถึงอุปกรณ์ต่างๆที่ใช้ในการทดสอบ SPT 63

3.6 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่า SPT-N กับค่า N_q , N_γ และ $\emptyset$ (Pack, Hanson and Thornburn, 1974) 64

4.1 แสดงถึงค่าระดับในจุดต่างๆ ในบริเวณที่จะขุดดิน 88

4.2 แผนที่โครงการ ศุภาลัย ไพรด์ บางนา วงแหวนรอบนอก 89

4.3 แผนผังตำแหน่งที่จะวางถังบำบัด 89

4.4 คุณสมบัติของดินในชั้นต่างๆ ในบริเวณที่สำรวจ 97

4.5 แสดงค่าระดับต่างๆ พร้อมกับแบ่งชั้นดิน ในบริเวณที่จะทำการขุด 98

4.6 โมเดลที่ 1 ที่ระดับน้ำปัจจุบัน 99

4.7 โมเดลที่ 1 ที่ระดับน้ำสูงสุด 99

4.8 โมเดลที่ 2 ที่ระดับน้ำปัจจุบัน 100

4.9 โมเดลที่ 2 ที่ระดับน้ำสูงสุด 100

4.10 โมเดลที่ 3 ที่ระดับน้ำปัจจุบัน 101

4.11 โมเดลที่ 3 ที่ระดับน้ำสูงสุด 101

4.12 โมเดลที่ 4 ที่ระดับน้ำปัจจุบัน 102

4.13 โมเดลที่ 4 ที่ระดับน้ำสูงสุด 102

4.14 ผลการวิเคราะห์ค่า S.F. โมเดลที่ 1 ที่ระดับน้ำปัจจุบัน 103

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.15 ผลการวิเคราะห์ S.F. โมเดลที่ 1 ที่ระดับน้ำสูงสุด 104
4.16 ผลการวิเคราะห์ S.F. โมเดลที่ 2 ที่ระดับน้ำปัจจุบัน 104
4.17 ผลการวิเคราะห์ S.F. โมเดลที่ 2 ที่ระดับน้ำสูงสุด 105
4.18 ผลการวิเคราะห์ S.F. โมเดลที่ 3 ที่ระดับน้ำปัจจุบัน 105
4.19 ผลการวิเคราะห์ S.F. โมเดลที่ 3 ที่ระดับน้ำสูงสุด 106
4.20 ผลการวิเคราะห์ S.F. โมเดลที่ 4 ที่ระดับน้ำปัจจุบัน 106
4.21 ผลการวิเคราะห์ S.F. โมเดลที่ 4 ที่ระดับน้ำสูงสุด 107

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 แสดงอัตราการเกิดน้ำเสียต่อคนต่อวัน	7
2.2 แสดงปริมาณน้ำเสียในอาคารประเภทต่างๆ	7
2.3 แสดงลักษณะน้ำเสียชุมชน	9
2.4 แสดงตัวอย่างลักษณะน้ำเสียจากบ้านพักอาศัย	10
2.5 แสดง ค่าสมมูลประชากรแบ่งตามภาค	11
2.6 มาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากระบบระบายน้ำเสียที่ดินจัดสรร	12
2.7 Recommended factors of safety for slope stability analysis in residual soil region (Fang 1990)	42
2.8 ผลการคำนวณด้วยวิธีการแบ่งดินออกเป็นแถบย่อย กรณีที่ 1 ไม่คำนึงถึง tension crack	46
2.9 คำนวณโดยคิด กรณีที่ 2 คำนึงถึง tension crack	46
2.10 คำนวณโดยคิด tension crack และใน tension crack มีน้ำบรรจุอยู่	47
2.11 ผลการคำนวณตัวอย่างที่ 2	48
4.1 แสดงข้อมูลรายละเอียดของภาชนะตัวอย่าง	85
4.2 ตารางผลการทดลอง pocket vane shear	86
4.3 ผลการทดลองหาค่า water content	86
4.4 ตารางผลการทดลองหาค่า Unit weight	87
4.5 ตารางแสดงรายละเอียดของรถเครนขนาด 50 ตัน รุ่น XCMG QY50K-II	94
4.6 ตารางสรุปผลการวิเคราะห์	107
5.1 ตารางเปรียบเทียบค่าอัตราส่วนความปลอดภัย (Factor of Safety)	108
5.2 ตารางเปรียบเทียบปริมาณ ดินตัด-ดินถม และ เข็มไม้	109
5.3 ตารางเปรียบเทียบงบประมาณ ในการขุดแบบต่างๆ	110

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อวิจัย การออกแบบลาดดินเพื่อการวางถังบำบัดน้ำเสียส่วนกลาง
โครงการ ศุภาลัย ไพรด์ บางนา-วงแหวนรอบนอก
Slope design for create a central sewage system.
Supalai Pride Na - Outer Ring Road.

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ

ระบบบำบัดน้ำเสียเป็นระบบสาธารณูปโภคที่สำคัญเป็นอันดับต้นๆของโครงการบ้านจัดสรร ในด้านการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อม ถังบำบัดน้ำเสียส่วนกลางมีหน้าที่ในการบำบัดน้ำเสียที่ถูกปล่อยออกมาจากครัวเรือนให้มีความสะอาดตามมาตรฐานที่กรมควบคุมมลพิษได้กำหนดไว้ก่อนที่จะปล่อยลงสู่แหล่งน้ำสาธารณะต่อไป โดยระบบบำบัดน้ำเสียภายในโครงการ ศุภาลัย ไพรด์ บางนา-วงแหวนรอบนอก นั้นประกอบไปด้วย บ่อแบ่งน้ำ 2 บ่อ บ่อตรวจสภาพน้ำ 2 บ่อ ถังบำบัดน้ำเสียขนาด 200 ลบ.ม./วัน 1 ถัง และถังบำบัดน้ำเสียขนาด 300 ลบ.ม./วัน 1 ถัง แบ่งเป็นถังย่อย 2 ถัง ซึ่งตัวถังมีลักษณะเป็นแคปซูลวางตัวยาวตามแนวคลองสาธารณะ

สืบเนื่องมาจากการศึกงานภาคฤดูร้อนในช่วงเดือนมิถุนายน ถึงเดือนกรกฎาคม ทางโครงการมีแผนที่จะติดตั้งถังบำบัดขนาด 200 ลบ.ม./วัน ต่อโดยว่าจ้างผู้รับเหมาในการวางถัง บนพื้นที่ที่เป็นดินถมถูกปรับระดับให้เท่าระดับดินถมแล้ว แต่การติดตั้งครั้งนี้ทางผู้รับเหมาไม่ได้มีการออกแบบลาดดินเพื่อป้องกันการพังทลายของหน้าดิน ด้วยสภาพที่เป็นดินอ่อนอีกทั้งยังอยู่ติดกับแหล่งน้ำธรรมชาติทำให้ดินในบริเวณนั้นไม่มีเสถียรภาพจึงอาจเกิดอันตรายต่อคนงานที่ลงไปปฏิบัติงาน หรือ สิ่งปลูกสร้างใกล้เคียงได้ โดยผู้ศึกษาได้ศึกษาค้นคว้าขั้นตอนการติดตั้ง ขั้นตอนการออกแบบโดยใช้โปรแกรมในการวิเคราะห์ลาดดินเพื่อออกแบบ และนำข้อมูลเหล่านั้นไปเขียนแบบ ถอดแบบประเมินราคาและเสนอทางโครงการต่อไป

โดยการศึกษาครั้งนี้จะนำเอาความรู้ที่ได้เรียนในห้องเรียนมาใช้ให้เกิดประโยชน์สูงสุด ในการออกแบบลาดดินนี้ รวมถึงสามารถเข้าใจวิธีก่อสร้างระบบบำบัดน้ำเสียของโครงการบ้านจัดสรร สามารถเขียนแบบลาดดินและถอดแบบประเมินราคาได้ สามารถบอกและเล่าว่า มีที่มาที่ไปยังไง เพื่อให้ได้แบบก่อสร้างลาดดินที่สามารถนำไปใช้งานได้จริง และเพื่อเป็นกรณีศึกษาให้แก่โครงการใหม่ ๆ ต่อไปในอนาคตข้างหน้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1.2.1 สามารถเก็บตัวอย่างดินด้วยวิธีการขุดหลุมเปิด

1.2.2 สามารถวิเคราะห์คุณสมบัติของดินในสนามได้โดยวิธีการ vane shear test

1.2.3 เพื่อศึกษาวิธีการใช้โปรแกรมในการวิเคราะห์ลาดดิน

1.2.4 เพื่อออกแบบลาดดินที่สามารถนำไปใช้ได้จริงในโครงการ

1.2.5 ศึกษาการเขียนแบบโดยคอมพิวเตอร์ เพื่อนำไปใช้ในการทำงานจริง

1.2.6 ศึกษาการก่อสร้างระบบบำบัดน้ำเสียภายในโครงการบ้านจัดสรร

1.2.7 เพื่อนำองค์ความรู้ที่ได้จากการออกแบบ ไปใช้ในโครงการต่อๆไป

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

ออกแบบลาดดินเพื่อวางถังบำบัดน้ำเสียส่วนกลางขนาด 200 ลบ.ม./วัน ในโครงการ ศุภาลัย ไพร์ด บางนา-วงแหวนรอบนอก ซึ่งเป็นโครงการบ้านจัดสรรที่มีเนื้อที่กว่า 67 ไร่ มีบ้านจำนวน 489 แปลง ประกอบไปด้วยบ้านเดี่ยว 2 ชั้น 168 แปลง บ้านแฝด 2 ชั้น 130 แปลง ทาวน์เฮ้าส์ 2 ชั้น 191 แปลง ก่อสร้างโครงการในจังหวัดสมุทรปราการ อำเภอบางพลี ตำบลราชาเทวะ ถนนกิ่งแก้ว ซอยกิ่งแก้ว 25/1 พื้นที่โครงการเคยเป็นป่ากก ฝั่งทิศเหนือและตะวันออกของโครงการเป็นหมู่บ้านจัดสรร ด้านหน้าโครงการหันไปทางทิศใต้เป็นถนนซอยกิ่งแก้ว 25/1 ด้านตะวันตกติดกับคลองสิงโตซึ่งเป็นจุดปล่อยน้ำเสียที่ถูกบำบัดของโครงการ

1.4 วิธีดำเนินการวิจัย

1.4.1 ศึกษาแบบระบบบำบัดน้ำเสียที่ได้รับจากทางโครงการ

1.4.2 เก็บข้อมูลดินบริเวณที่จะทำการวางถังเพื่อนำไปวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ

1.4.3 เก็บข้อมูลดินด้วยวิธีการ vane shear test ในสนาม

1.4.4 เก็บข้อมูลทางการภาพพื้นที่บริเวณที่จะทำการวางถัง

1.4.5 วิเคราะห์ข้อมูลดินจาก ตัวอย่างดินที่เก็บไป

1.4.6 ออกแบบกำแพงกันดินเข็มพืดจากข้อมูลที่วิเคราะห์มาได้ด้วยโปรแกรมวิเคราะห์ลาดดิน

1.4.7 เขียนแบบกำแพงกันดินด้วยโปรแกรม Auto CAD

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.5.1. นำความรู้ที่ได้จากการเรียนวิชา soil mechanics มาใช้ให้เกิดประโยชน์ในการทำโครงการ

1.5.2 สามารถนำความรู้จากการปฏิบัติการในห้องปฏิบัติการมาใช้ให้เกิดประโยชน์สูงสุด

1.5.2 สามารถออกแบบลาดดินที่สามารถนำไปใช้จริงได้

1.5.3 ทางผู้ประกอบการสามารถนำเอาผลของงานวิจัยไปประยุกต์ใช้กับโครงการอื่นๆ

1.5.4 เพื่อสามารถนำความรู้ที่ได้จากการทำงานวิจัย ไปต่อยอดกับการทำงานในอนาคต

1.5.5 เพื่อเป็นการฝึกให้รู้จักระบบการทำงานในสถานประกอบการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

วรรณกรรมปริทัศน์

ในโครงการบ้านจัดสรรระบบบำบัดน้ำเสียถือเป็นระบบสาธารณูปโภคที่สำคัญอันดับต้นๆของโครงการ ซึ่งระบบบำบัดน้ำเสียนี้มีหน้าที่ในการบำบัดน้ำเสียที่ปล่อยออกมาจากครัวเรือนให้มีความสะอาดตามมาตรฐานที่กรมควบคุมมลพิษได้กำหนดเอาไว้ ก่อนที่จะปล่อยลงสู่ลำน้ำสาธารณะ โดยที่ระบบบำบัดน้ำเสียภายในโครงการ ศุภาลัย ไพรด์ บางนา- วงแหวนรอบนอก จะประกอบไปด้วย บ่อแบ่งน้ำ 2 บ่อ บ่อตรวจสภาพน้ำ 2 บ่อ ถังบำบัดน้ำเสียขนาด 300 ลบ.ม./วัน 1 ถัง ถูกแบ่งเป็น 2 ถังย่อย และถังบำบัดขนาด 200 ลบ.ม./วัน 1 ถัง เป็นถังที่เกิดความเสียหาย ซึ่งถังบำบัดน้ำเสียมีรายละเอียดดังนี้

2.1 ถังบำบัดน้ำเสีย

ถังบำบัดน้ำเสีย เหมาะสมต่อการใช้งานสำหรับ สำนักงาน บ้านพัก โรงเรียน และสถานบริการต่าง ๆ เพื่อให้น้ำทิ้งนั้นได้มาตรฐานก่อนปล่อยลงสู่ท่อระบายน้ำสาธารณะหรือนำกลับมาใช้ใหม่

2.1.1 หลักการทำงานของ ถัง มีให้เลือก 2 แบบ คือ

1.1.1 แบบไม่เติมอากาศ (SEPTIC AND ANAEROBIC FILTER) แบ่งเป็น 2 ขั้นตอน คือ ขั้นตอนการแยกตะกอน (SEPTIC) และขั้นตอนการกรองแบบไร้อากาศ(ANAEROBIC FILTER) ซึ่งอาศัยกระบวนการย่อยสลายแบบธรรมชาติบำบัด คือ ใช้แบคทีเรียชนิดไร้อากาศ (ANAEROBIC BACTERIA) ทำให้ประหยัดค่าใช้จ่ายเพราะไม่ต้องใช้เครื่องเติมอากาศ และพลังงานไฟฟ้า

1.1.2 แบบเติมอากาศ(AERATION) ทำให้ถังมีประสิทธิภาพในการบำบัดได้สูงสุด โดยการใช้เครื่องเติมอากาศซึ่งออกซิเจนที่ได้จากเครื่องเติมอากาศ จะทำให้จุลินทรีย์ชนิดใช้อากาศ (AEROBIC BACTERIA) สามารถย่อยสลายสารอินทรีย์ในถังบำบัดได้ดียิ่งขึ้น จึงทำให้น้ำที่บำบัดออกมาได้ค่ามาตรฐานตามที่กรมควบคุมมลพิษกำหนด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.2 ตำแหน่งที่จะทำการติดตั้งถัง

โดยทั่วไปตำแหน่งของถังจะถูกออกแบบไว้ล่วงหน้าเรียบร้อยแล้วในการออกแบบอาคาร หาก
ยังไม่มีการออกแบบไว้ก่อน หรือต้องการติดตั้งถัง เพิ่มเติมจากเดิมที่มีอยู่ ให้พิจารณา ดังต่อไปนี้

1.2.1 ควรติดตั้งภายนอกตัวอาคาร เพราะสามารถทำการติดตั้ง และดูแลรักษาได้ง่าย

1.2.2 ควรติดตั้งใกล้ห้องส้วม และท่อระบายน้ำสาธารณะเพื่อลดปัญหาการอุดตันในท่อ

1.2.3 หากติดตั้งในอาคารให้แยกโครงสร้างฐานรากของถังบำบัดออกจากฐานรากของอาคาร

1.2.4 หากเป็นถังบำบัดน้ำส่วนกลางขนาดใหญ่ของโครงการควรติดตั้งใกล้แหล่งน้ำสาธารณะเพื่อง่ายต่อการระบายน้ำออก

2.1.3 วิธีการติดตั้งถัง

มีขั้นตอนตามลำดับต่อไปนี้

ขุดหลุมขนาด กว้างXยาวXสูง ให้เหมาะสมกับขนาดถังฐานรากและระดับท่อเข้า-ออก

1.3.1 อาจใช้เสาเข็มตามวิศวกรระบุ แล้วรองพื้นด้วยทรายและเทคอนกรีตเสริมเหล็ก หรืออาจใช้ เพียงคอนกรีตหยาบ 1:3:5 หากสภาพดินรับแรงดี

1.3.2 ยกถังวางลงในหลุม จัดระดับถังให้เหมาะสม ท่อเข้า-ออก จะต้องไม่กดลึกกว่าระดับพื้นดินเกินกว่า 0.50 ม. หากฝังถังลึกเกินไปถังจะเสียหายจากน้ำหนักดินที่กดทับได้ ใช้ลวดสลิงดึงรัดรอบถัง กันถังพลิกและถังลอยแล้วเติมน้ำให้เต็มถังแล้วจึงกลบด้วยทรายหยาบอัดแน่นรอบถังทุกชั้น ๆ ละ 50 ซม. จากฐานรากถึงผิวพื้นด้านบนจนประกอบท่อเข้า-ออก ด้วยข้อต่ออ่อนและท่ออากาศให้สูงเลยชั้นหลังคา,ดาดฟ้า

1.3.3 ทำแนวกั้นชั่วคราวเป็นแนวเขตป้องกัน และทำป้ายระวังถังบำบัด โดยรอบถังเพื่อป้องกันรถบด,หรือเครื่องจักรหนักเข้ามาเหยียบถังโดยรอบขอบถังอย่างน้อย 1.50 ม. ตลอดช่วงระยะเวลาก่อสร้าง

1.3.4 เทพื้น ค.ส.ล. ขนาดไม่เกิน 80X80X10 ซม.และฝังแหวนรองฝา ทิ้งไว้ให้ปูนแห้งแล้วจึงวางฝาปิดเติมหัวเชื้อ เป็นเสร็จขั้นตอน

2.1.4 ข้อควรระวังในการติดตั้ง

1. ถังบำบัดจะทำงานอย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด ถ้าได้รับการติดตั้งอย่างถูกวิธีและปฏิบัติตามคำแนะนำ

2. ระดับของท่อน้ำเสียที่เข้า และท่อน้ำเสียที่ออกจาก ถัง ควรอยู่สูงกว่าระดับท่อระบายน้ำสาธารณะ

3. การฝังท่อร้อย(Sleeve) ที่คานชั้นล่าง จะช่วยทำให้ระดับถังที่ติดตั้งไม่ลึกมากเกินไปและทำให้การระบายน้ำสะดวกขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. ความลาดเอียงของท่อที่เข้า และท่อที่ออกจากถัง ไม่น้อยกว่า 1:100 หรือมีความสูงต่างกัน 1 เซนติเมตร ต่อความยาว 1 เมตร หากท่อน้ำเสียยาวมาก (เกิน 4 เมตร) ให้เพิ่มช่องล้างท่อ(FCO) ที่ต้นท่อ หรือใช้บ่อพักทุกระยะ 8 เมตร

5. การยกถังบำบัด ให้ยกโดยใช้ลวดสลิงรองรับถัง โดยใช้รถยกที่ออกแบบไว้รับน้ำหนักโดยเฉพาะห้ามยกที่ท่อเข้า-ออกซึ่งอาจทำให้ท่อหักได้

6. ห้ามติดตั้งถังในระดับท่อเข้าถึงพื้นผิวดินความลึกเกินกว่า 50 ซม. ไม่ควร ก่ออิฐฉาบปูนเป็นคอถังเพราะมีน้ำหนักกดทับถังมาก กรณีมีความจำเป็นต้องติดตั้งลึกเกินกว่าที่กำหนด

7. ให้ใช้ทรายหยาบอัดแน่นด้วยคนและเครื่องตบอัดทรายรอบ ๆ ถังตั้งแต่ฐานรากจนถึงผิวดินชั้นบนสุด (เติมน้ำให้เต็มถังและบดอัดทรายพรมน้ำสลับกันทุกระยะความสูง 50 ซม.จนเต็มถังพื้นผิวดินชั้นบน)

8. บริเวณที่ติดตั้งถังต้องทำแนวรั้วชั่วคราวเพื่อป้องกันไม่ให้มีรถยนต์,รถบรรทุก หรือวัสดุหนักเข้าไปเหยียบหรือกดทับบริเวณใกล้เคียงโดยเด็ดขาด ยกเว้นทีการทำโครงสร้างช่วยรับน้ำหนักไว้แล้ว

9. การต่อท่อระบายอากาศ (V2) ให้สูงเหนือชั้นหลังคาแยกต่างหากออกจากท่อระบายอากาศ(V1) ของอากาศจะช่วยลดปัญหาเรื่องกลิ่นเหม็นได้อย่างมีประสิทธิภาพ

2.1.5 การดูแลรักษาหลังจากติดตั้งแล้วและเริ่มใช้งาน

1.กำจัดตะกอน โดยการจ้างรถบริการดูดส้วม อย่างน้อยปีละ 1-2 ครั้งทั้งช่องแยกตะกอนและช่องกรอง หรือ ช่องเติมอากาศ เพื่อให้ประสิทธิภาพการบำบัดดีขึ้น

2.ดูดตะกอนที่ก้นถังออกในปริมาณไม่เกิน 1/3 ของปริมาตรถัง (หากสูบมากเกินกำหนดถังอาจเสียหายได้กรณีถังเติมอากาศ ให้สลับกันดูดจากช่องแยกตะกอน และช่องกรองเพื่อรักษาระดับน้ำ ระหว่างช่องยุบลงให้เท่า ๆ กัน ทำให้ถังบำบัดมีอายุการใช้งานยาวนาน

3.ให้เติมน้ำเต็มถังทันที (สังเกตท่อน้ำล้นจะไหลออกลงบ่อพัก) แล้วจึงปิดฝาถังให้เรียบร้อย

4.กรณีถังเติมอากาศ ให้ตรวจสอบการทำงานของเครื่องเติมอากาศและเครื่องสูบตะกอนว่าทำงานตามกำหนดหรือไม่

5.ห้ามทิ้งเศษขยะ หรือ ของที่ไม่ย่อยสลายลงในถังบำบัดน้ำเสีย

6.การทำความสะอาดห้องน้ำทุกครั้งควรใช้น้ำยาล้างห้องน้ำที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม ไม่ควรล้างบ่อยและอย่าใช้น้ำยา ฆ่าเชื้อโรคชนิดรุนแรงไหลลง เพราะจะทำให้ถังทำงานได้อย่างไม่มีประสิทธิภาพ

9.ควรสูบตะกอนไปกำจัดปีละ 1-2 ครั้ง โดยสูบประมาณ ¼ ของถังแล้วเติมน้ำ หลังจากนั้นให้ใส่หัวเชื้อจุลินทรีย์ในถังบำบัดเพื่อเพิ่มจุลินทรีย์แทนของเก่าที่สูบออกไปให้การบำบัดมีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 น้ำเสียชุมชน (Domestic Wastewater)

น้ำเสีย หมายถึงน้ำที่มีสิ่งเจือปนต่าง ๆ มากมาย จนกระทั่งกลายเป็นน้ำที่ไม่เป็นที่ต้องการ และน่ารังเกียจของคนทั่วไป ไม่เหมาะสมสำหรับใช้ประโยชน์อีกต่อไป หรือถ้าปล่อยลงสู่ลำน้ำธรรมชาติก็จะทำให้คุณภาพน้ำของธรรมชาติเสียหายได้

น้ำเสียชุมชน (Domestic Wastewater) หมายถึง น้ำเสียที่เกิดจากกิจกรรมประจำวันของประชาชนที่อาศัยอยู่ในชุมชน และกิจกรรมที่เป็นอาชีพ ได้แก่ น้ำเสียที่เกิดจากการประกอบอาหารและชำระล้างสิ่งสกปรกทั้งหลายภายในครัวเรือน และอาคารประเภทต่าง ๆ เป็นต้น

ปริมาณน้ำเสีย ที่ปล่อยทิ้งจากบ้านเรือน อาคาร จะมีค่าประมาณร้อยละ 80 ของปริมาณน้ำใช้ หรืออาจประเมินได้จากจำนวนประชากรหรือพื้นที่อาคาร ดังแสดงในตาราง

อัตราการเกิดน้ำเสียต่อคนต่อวัน						
ภาค	อัตราการเกิดน้ำเสีย (ลิตร/คน-วัน)					
	2536	2540	2545	2550	2555	2560
กลาง	160-214	165-242	170-288	176-342	183-406	189-482
เหนือ	183	200	225	252	282	316
ตะวันออกเฉียงเหนือ	200-253	216-263	239-277	264-291	291-306	318-322
ใต้	171	195	204	226	249	275

ตารางที่ 2.1 แสดงอัตราการเกิดน้ำเสียต่อคนต่อวัน

ปริมาณน้ำเสียประเภทต่างๆ		
ประเภทอาคาร	หน่วย	ลิตร/วัน-หน่วย
อาคารชุด/บ้านพัก	ยูนิต	500
โรงแรม	ห้อง	1,000
หอพัก	ห้อง	80
สถานบริการ	ห้อง	400
หมู่บ้านจัดสรร	คน	180
โรงพยาบาล	เตียง	800
ภัตตาคาร	ตารางเมตร	25
ตลาด	ตารางเมตร	70
ห้างสรรพสินค้า	ตารางเมตร	5.0
สำนักงานขาย	ตารางเมตร	3.0

ตารางที่ 2.2 แสดงปริมาณน้ำเสียในอาคารประเภทต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.1 องค์ประกอบของน้ำเสียที่เกิดจากบ้านพักอาศัย

1. **สารอินทรีย์** ได้แก่ คาร์โบไฮเดรต โปรตีน ไขมัน เช่น เศษข้าว ก๋วยเตี๋ยว น้ำแกง เศษใบตอง พืชผัก ชิ้นเนื้อ เป็นต้น ซึ่งสามารถถูกย่อยสลายได้ โดยจุลินทรีย์ที่ใช้ออกซิเจน ทำให้ระดับออกซิเจนละลายน้ำ (Dissolved Oxygen) ลดลงเกิดสภาพเน่าเหม็นได้ ปริมาณของสารอินทรีย์ในน้ำนิยมวัดด้วยค่าบีโอดี (BOD) เมื่อค่าบีโอดีในน้ำสูง แสดงว่ามีสารอินทรีย์ปะปนอยู่มาก และสภาพเน่าเหม็นจะเกิดขึ้นได้ง่าย

2. **สารอนินทรีย์** ได้แก่ แร่ธาตุต่าง ๆ ที่อาจไม่ทำให้เกิดน้ำเน่าเหม็น แต่อาจเป็นอันตรายต่อสิ่งมีชีวิต ได้แก่ คลอไรด์, ซัลเฟอร์ เป็นต้น

3. **โลหะหนักและสารพิษ** อาจอยู่ในรูปของสารอินทรีย์หรืออนินทรีย์และสามารถสะสมอยู่ในวงจรอาหาร เกิดเป็นอันตรายต่อสิ่งมีชีวิต เช่น ปรอท โครเมียม ทองแดง ปกติจะอยู่ในน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรม และสารเคมีที่ใช้ในการกำจัดศัตรูพืชที่ปนมากับน้ำทิ้งจากการเกษตร สำหรับในเขตชุมชนอาจมีสารมลพิษนี้มาจากอุตสาหกรรมในครัวเรือนบางประเภท เช่น ร้านซุบโลหะ อู่ซ่อมรถ และน้ำเสียจากโรงพยาบาล เป็นต้น

4. น้ำมันและสารลอยน้ำต่าง ๆ เป็นอุปสรรคต่อการสังเคราะห์แสง และกีดขวางการกระจายของออกซิเจนจากอากาศลงสู่น้ำ นอกจากนั้นยังทำให้เกิดสภาพไม่น่าดู

5. **ของแข็ง** เมื่อจมตัวสู่ก้นลำน้ำ ทำให้เกิดสภาพไร้ออกซิเจนที่ท้องน้ำ ทำให้แหล่งน้ำตื้นเขิน มีความขุ่นสูง มีผลกระทบต่อการดำรงชีพของสัตว์น้ำ

6. **สารก่อให้เกิดฟอง/สารซักฟอก** ได้แก่ ผงซักฟอก สบู่ ฟองจะกีดกันการกระจายของออกซิเจนในอากาศสู่น้ำ และอาจเป็นอันตรายต่อสิ่งมีชีวิตในน้ำ

7. **จุลินทรีย์** น้ำเสียจากโรงฟอกหนัง โรงฆ่าสัตว์ หรือโรงงานอาหารกระป๋อง จะมีจุลินทรีย์เป็นจำนวนมาก จุลินทรีย์เหล่านี้ใช้ออกซิเจนในการดำรงชีวิตสามารถลดระดับของออกซิเจนละลายน้ำ ทำให้เกิดสภาพเน่าเหม็น นอกจากนี้จุลินทรีย์บางชนิดอาจเป็นเชื้อโรคที่เป็นอันตรายต่อประชาชน เช่น จุลินทรีย์ในน้ำเสียจากโรงพยาบาล

8. **ธาตุอาหาร** ได้แก่ ไนโตรเจน และฟอสฟอรัส เมื่อมีปริมาณสูงจะทำให้เกิดการเจริญเติบโตและเพิ่มปริมาณอย่างรวดเร็วของสาหร่าย (Algae Bloom) ซึ่งเป็นสาเหตุสำคัญทำให้ระดับออกซิเจนในน้ำลดลงต่ำมากในช่วงกลางคืน อีกทั้งยังทำให้เกิดวัชพืชน้ำ ซึ่งเป็นปัญหาแก่การสัญจรทางน้ำ

9. **กลิ่น** เกิดจากก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ ซึ่งเกิดจากการย่อยสลายของสารอินทรีย์แบบไร้ออกซิเจน หรือกลิ่นอื่น ๆ จากโรงงานอุตสาหกรรมต่าง ๆ เช่น โรงงานทำปลาป่น โรงฆ่าสัตว์ เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลักษณะน้ำเสียชุมชน				
พารามิเตอร์	หน่วย	ความเข้มข้น		
		น้อย	ปานกลาง	มาก
1.ของแข็งทั้งหมด (Total Solids)	มก./ล.	350	720	1200
ของแข็งละลายน้ำ (Dissolved Solids)	มก./ล.	250	500	850
ของแข็งแขวนลอย (Suspended Solids)	มก./ล.	100	220	350
2.ปริมาณตะกอนหนัก (Settleable Solids)	มก./ล.	5	10	20
3.ค่าบีโอดี (Biochemical Oxygen Demand;BOD)	มก./ล.	110	220	400
4.ค่าซีโอดี (chemical Oxygen Demand;COD)	มก./ล.	150	500	1000
5.ไนโตรเจนทั้งหมด (Total as N)	มก./ล.	20	40	85
อินทรีย์ไนโตรเจน (Organic)	มก./ล.	8	15	35
แอมโมเนีย (Free ammonia)	มก./ล.	12	02	50
ไนโตรท์ (Nitrites)	มก./ล.	0	0	0
ไนเตรท (Nitrate)	มก./ล.	0	0	0
6.ฟอสฟอรัสทั้งหมด (Total as P)	มก./ล.	4	8	15
สารอินทรีย์ (Organic)	มก./ล.	1	3	5
สารอนินทรีย์ (Inorganic)	มก./ล.	3	5	10
7. คลอไรด์ (Chloride)	มก./ล.	30	50	100
8.ซัลเฟต (Sulfate)	มก./ล.	20	30	50
9.สภาพด่าง (Alkalinity as CaCO3)	มก./ล.	50	100	200
10.ไขมัน (Grease)	มก./ล.	50	100	150
11.Total Coliform	MPN/100ml	10^6-10^7	10^7-10^8	10^7-10^9

ตารางที่ 2.3 แสดงลักษณะน้ำเสียชุมชน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวอย่างลักษณะน้ำเสียจากบ้านพักอาศัย							
พารามิเตอร์	น้ำเสียจากส้อม	จากห้องอาบน้ำ		จากการซักผ้า		จากครัว	
		ตักอาบ	ฝักบัว	ด้วยมือ	ด้วยเครื่อง	ผ่านตะแกรง	ไม่ผ่าน
pH	7.7	7.1	7.0	7.2	7.7	7.2	63
COD (mg/l)	1,500	230	400	200	560	960	2,900
BOD (mg/l)	700	120	260	70	150	540	1,800
TKN (mg/l)	300	8	38	14	12	18	120
PO4 (mg/l)	24	6	1	10	24	13	90
SS (mg/l)	560	45	80	60	55	210	1,200
FOG (mg/l)	540	400	480	500	520	500	2,700

ตาราที่ 2.4 แสดงตัวอย่างลักษณะน้ำเสียจากบ้านพักอาศัย

2.2.2 ผลกระทบของน้ำเสียชุมชนต่อสุขภาพอนามัย

โดยทั่วไปเชื้อโรคที่พบในน้ำเสียที่ก่อให้เกิดโรคต่อมนุษย์ได้ มี 4 ชนิด คือ แบคทีเรีย ไวรัส โปรโตซัว และพยาธิ โดยมีสาเหตุมาจากอุจจาระของมนุษย์ปนมากับน้ำเสีย โรคติดเชื้อจากสิ่งขับถ่ายสามารถติดต่อสู่คน มี 2 วิธี คือ เกิดจากเชื้อโรคที่อยู่ในสิ่งขับถ่ายของบุคคลหนึ่งแพร่กระจายออกสู่สิ่งแวดล้อมแล้วเข้าสู่บุคคลอื่น และเกิดจากเชื้อโรคจากสิ่งขับถ่ายเข้าทางปาก โดยที่สัตว์พาหนะ เช่น หนูหรือแมลงต่าง ๆ ที่อาศัยสิ่งขับถ่ายในการขยายพันธุ์ จะรับเชื้อโรคเข้าสู่ร่างกาย โดยเชื้ออาจอยู่ในตัว ลำไส้ หรือในเลือดของสัตว์พาหนะนั้น โดยที่คนจะได้รับเชื้อผ่านสัตว์เหล่านั้นอีกทีหนึ่ง ซึ่งองค์การอนามัยโลก (WHO) ได้จำแนกเชื้อโรคตามลักษณะการติดเชื้อออกเป็น 6 ประเภท

ประเภทที่ 1การติดเชื้อไวรัสและโปรโตซัว สามารถทำให้เกิดโรคได้แม้ว่าจะได้รับเชื้อเพียงเล็กน้อย และสามารถติดต่อได้ง่าย ซึ่งการปรับปรุงระบบสุขาภิบาลเพียงอย่างเดียวยังไม่พอ จะต้องให้ความรู้เกี่ยวกับสุขภาพควบคู่กันด้วย

ประเภทที่ 2 การติดเชื้อจากแบคทีเรีย จะต้องได้รับเชื้อในปริมาณที่มากพอจึงจะทำให้เกิดโรคได้ แต่ติดต่อจากบุคคลหนึ่งไปยังอีกบุคคลหนึ่งได้ยาก เชื้อนี้มีความทนทานต่อสภาพแวดล้อมและสามารถแพร่พันธุ์ได้ดีในที่ที่เหมาะสม ซึ่งการปรับปรุงระบบสุขาภิบาลเพียงอย่างเดียวยังไม่พอ จะต้องให้ความรู้เกี่ยวกับสุขภาพควบคู่กันด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประเภทที่ 3 เชื้อชนิดนี้ทำให้เกิดโรคได้ทั้งในระยะแฝงและระยะฝังตัว ได้แก่ ไข่พยาธิ ซึ่งไม่สามารถติดต่อจากบุคคลหนึ่งไปยังอีกบุคคลหนึ่งได้โดยตรง แต่ต้องการสถานที่และสภาวะที่เหมาะสมเพื่อเจริญเติบโตเป็นตัวพยาธิและเข้าสู่ร่างกายได้ ดังนั้นการจัดระบบสุขาภิบาลที่ดี เช่น การกำจัดสิ่งขับถ่ายที่ถูกต้องจึงเป็นสิ่งสำคัญ จึงเป็นการป้องกันมิให้มีสิ่งขับถ่ายปนเปื้อนสิ่งแวดล้อม

ประเภทที่ 4 พยาธิตัวตืดอาศัยอยู่ในลำไส้คน ไข่พยาธิจะปนออกมากับอุจจาระ ถ้าการกำจัดสิ่งขับถ่ายไม่เหมาะสม ก็จะทำให้สัตว์จำพวกโค กระบือ และสุกร ได้รับไข่พยาธิจากการกินหญ้าที่มีไข่พยาธิเข้าไป ซึ่งไข่พยาธินี้เมื่อเข้าไปในร่างกายสัตว์แล้วจะกลายเป็นซีสต์ (Cyst) และฝังตัวอยู่ตามกล้ามเนื้อ คนจะได้รับพยาธิโดยการรับประทานเนื้อสัตว์ดิบ ๆ ดังนั้นการจัดระบบสุขาภิบาลที่ดี เช่น การกำจัดสิ่งขับถ่ายที่ถูกต้องจึงเป็นสิ่งสำคัญ จึงเป็นการป้องกันมิให้มีสิ่งขับถ่ายปนเปื้อนสิ่งแวดล้อม

ประเภทที่ 5 พยาธิที่มีบางระยะของวงชีวิตอยู่ในน้ำ โดยพยาธิเหล่านี้จะมีระยะติดต่อตอนที่อาศัยอยู่ในน้ำ โดยจะเข้าสู่ร่างกายคนโดยการไชเข้าทางผิวหนังหรือรับประทานสัตว์น้ำที่ไม่ได้ทำให้สุก ดังนั้นการจัดระบบสุขาภิบาลที่ดี จึงเป็นการป้องกันมิให้พยาธิเหล่านี้ปนเปื้อนสิ่งแวดล้อม

ประเภทที่ 6 การติดเชื้อโดยมีแมลงเป็นพาหะ แมลงที่เป็นพาหะที่สำคัญ ได้แก่ ยุง แมลงวัน โดยยุงพวก Culex pipines จะสามารถสืบพันธุ์ได้น้ำเสีย โดยเชื้อจะติดไปกับตัวแมลง เมื่อสัมผัสอาหารเชื้อก็จะปนเปื้อนกับอาหาร ดังนั้นการจัดระบบสุขาภิบาลที่ดี จึงเป็นการป้องกันพาหนะเหล่านี้

ดังนั้น แนวทางหนึ่งในการควบคุมการแพร่กระจายของเชื้อโรค คือ จะต้องจัดระบบสุขาภิบาลตั้งแต่ระดับครัวเรือนไปจนถึงระดับชุมชนให้ถูกต้องเหมาะและควรมีระบบการจัดการและบำบัดน้ำเสียรวมของชุมชนที่สามารถกำจัดเชื้อโรคในน้ำทิ้งได้ก่อนที่จะระบายลงสู่แหล่งน้ำสาธารณะหรือออกสู่สิ่งแวดล้อม

2.2.3 สมมูลประชากร

คือ ค่าความสกปรกหรือมลสารในรูปสารอินทรีย์ที่วัดได้โดยหน่วยวัดบีโอดี อันเกิดจากการดำเนินชีวิตของคน ๆ หนึ่ง และสามารถหาได้จากสูตร

สมมูลประชากร (สป.) = บีโอดีในน้ำเสีย (กรัม/ลิตร) x ปริมาณน้ำเสียที่คน ๆ หนึ่งผลิตออกมาต่อวัน (ลิตร/คน/วัน) = บีโอดี เป็น กรัม/คน-วัน

ค่าสมมูลประชากรแบ่งตามภาคต่าง					
ภาค	ค่าสมมูลประชากร (กรัม บีโอดี/คน-วัน)				
	2540	2545	2550	2555	2560
กลาง	30	34	36	38	40
เหนือ	30	34	36	38	40
ตะวันออกเฉียงเหนือ	35	40	43	47	50
ใต้	35	38	42	46	50

ตารางที่ 2.5 แสดง ค่าสมมูลประชากรแบ่งตามภาค

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 มาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียจากที่ดินจัดสรร

มาตรฐานควบคมการระบายน้ำทิ้งจากระบบระบายน้ำเสียที่ดินจัดสรร				
ดัชนีคุณภาพน้ำ	หน่วย	เกณฑ์มาตรฐานสูงสุดตามมาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้ง		วิธีการตรวจสอบ
		ที่ดินจัดสรรเกิน 100 แปลง แต่ไม่เกิน 500 แปลง	ที่ดินจัดสรรเกินกว่า 500 แปลงขึ้นไป	
1.ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH)	-	5.5-9.0	5.5-9.0	-ใช่เครื่องวัดความเป็นกรด-ด่างของ (pH Meter)
2.บีโอดี (BOD)	มก./ล.	ไม่เกิน 30	ไม่เกิน 20	-Azide Modification ที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 วัน ติดต่อกันหรือวิธีการอื่นที่คณะกรรมการควบคุมมลพิษ ให้ความเห็นชอบ
3.ปริมาณของแข็ง (Solids)	มก./ล.			
-ปริมาณสารแขวนลอย (Suspended Solids)	มก./ล.	ไม่เกิน 40	ไม่เกิน 30	-กรองผ่าน Glass Fiber Filter Disc
-ปริมาณตะกอนหนัก (Settleable Solids)	มก./ล.	ไม่เกิน 0.5	ไม่เกิน 0.5	-วิธีการจมตัวของตะกอนสู่ก้นกรวย อิมฮอฟ (Imhoff Cone) ปริมาตร 1,000 ลบ.ซม. ในเวลา 1 ชั่วโมง
-สารที่ละลายได้ทั้งหมด* (Total Dissolved Solids)	มก./ล.	ไม่เกิน 500	ไม่เกิน 500	-ระเหยแห้งที่อุณหภูมิ 103-105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง
4.ซัลไฟด์ (Sulfide)	มก./ล.	ไม่เกิน1.0	ไม่เกิน 1.0	-การไตเตรต (Tittation)
5.ไนโตรเจนในรูป ที เค เอ็น (TKN)	มก./ล.	ไม่เกิน 35	ไม่เกิน 35	-วิธีการเจลดาห์ล (Kjeldahl)
6.น้ำมันและไขมัน (Fat , Oil and Grease)	มก./ล.	ไม่เกิน 20	ไม่เกิน 20	-การสกัดด้วยตัวทำละลาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.6 มาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากระบบระบายน้ำเสียที่ดินจัดสรร

2.4 แนวทางการเลือกใช้ถังบำบัดน้ำเสีย

ครัวเรือนปัจจุบันนี้ผู้บริโภค มีความตระหนักในสิ่งแวดล้อมมากขึ้นและมีความรู้เกี่ยวกับผลิตภัณฑ์ที่ใช้เพื่อรักษาสิ่งแวดล้อมดีมากขึ้น สามารถเลือกซื้อผลิตภัณฑ์เอง ตัวอย่างเช่น เลือกซื้อถังบำบัดน้ำเสียสำหรับครัวเรือนได้เอง จากร้านค้า วัสดุก่อสร้างต่างๆ ซึ่งมีให้เลือก หลายรุ่น หลายวัสดุ หลายยี่ห้อ แต่จะมีวิธีการเลือกใช้อย่างไร ให้เหมาะสมกับน้ำเสียที่เกิดขึ้นจากบ้านเรือนของตนเองจึงอยากมีข้อแนะนำและหลักการง่ายๆในการเลือกใช้ถังบำบัดน้ำเสียมาฝากดังนี้

2.4.1 หลักการบำบัดน้ำเสีย

หลักการบำบัดน้ำเสียของถังบำบัดน้ำเสียในครัวเรือน คือใช้แบบถังเกรอะและกรองไร้อากาศ โดยถังเกรอะจะทำหน้าที่แยกกากและย่อยกากให้เหลือความสกปรกลดลง ส่วนน้ำใสจะไหลเข้าสู่ส่วนกรองไร้อากาศ ภายในส่วนกรองไร้อากาศจะมีตัวกรองพลาสติก ทำหน้าที่เป็นตัวกลางให้จุลินทรีย์ที่เป็นตัวย่อยความสกปรกในน้ำยึดเกาะอยู่ที่ผิวเพื่อคอยย่อยสารสกปรกในน้ำเสียโดยไม่ต้องมีการเติมอากาศแต่อย่างใด ยิ่งมีจำนวนจุลินทรีย์มาก และมีเวลาให้จุลินทรีย์ได้ย่อยน้ำเสีย (มีเวลาให้กินสิ่งสกปรก) อยู่เป็นเวลานานก็จะทำให้ย่อยสิ่งสกปรกในน้ำได้มาก น้ำทิ้งที่ออกจากถังก็จะสกปรกน้อยลง ซึ่งความสกปรกของน้ำเสีย (ในรูปBOD) จากทุกกิจกรรมที่เราทำอยู่ เช่น น้ำอาบในห้องน้ำ น้ำซักล้าง รวมกัน เฉลี่ยๆแล้วอยู่ประมาณ 250 มก./ลิตร เวลาที่เหมาะสมในการให้จุลินทรีย์ได้ย่อยน้ำเสียคือเวลาที่น้ำเสียถูกขัง ไว้ในถังก่อนที่จะไหลออกไปจากถัง

- ในส่วนถังเกรอะ ถ้าให้เกิดการย่อยได้จริง ก็ไม่ควรน้อยกว่า 1 วัน ซึ่งจะย่อยได้ประมาณ 30-40% ของความสกปรก
- ในส่วนกรองไร้อากาศ เพื่อให้จุลินทรีย์บนผิวตัวกลางมีเวลาย่อยน้ำเสีย ก็ไม่ควรน้อยกว่า 0.5 วัน ซึ่งก็จะย่อยความสกปรกให้ลดลงไปได้อีกประมาณ 50-60% ความสามารถในการย่อยความสกปรกในน้ำที่บอกไปนั้นก็ไม่ใช่ว่าจะเป็นน้ำเสีย ทุกประเภท เพราะถ้าน้ำเสียมีไขมันสูงๆ
- ระยะเวลาที่ต้องใช้ในการย่อยก็ต้องมากกว่านี้ เพราะไขมันในน้ำเสียย่อยยากมาก และมีค่าความสกปรกสูงมาก สูงกว่าน้ำเสียจาก ห้องน้ำ-ห้องส้วม ซึ่งมีค่าความสกปรกในรูป (BOD) แค่ 250 มก./ลิตร ส่วนไขมัน ค่า BOD จะอยู่ที่ประมาณ 1000 มก./ลิตร ขึ้นไป

สำหรับการคิดปริมาณน้ำเสีย ว่าคิดอย่างไรถึงจะเหมาะสม หลักการทั่วไปที่ใช้กันก็คือ ในทุกกิจกรรมที่มีการใช้น้ำจะเกิดเป็นน้ำเสียประมาณ 80 % ของปริมาณน้ำใช้ ก็คือจะเป็นน้ำเสียประมาณ 200 ลิตร/คน/วัน

ดังนั้น น้ำเสียที่เกิดขึ้น = 200 ลิตร/คน/วัน x 5 คน = 100 ลิตร/วัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.2 การเลือกใช้ถังบำบัด ชนิดเกรอะ-กรองไร้อากาศ ที่เหมาะสมคือ

1. เช็ค ปริมาตรบำบัด ส่วนเกรอะ ควรมีปริมาตรในส่วนนี้ ไม่น้อยกว่า 1000 ลิตร
2. เช็คปริมาตรบำบัด ส่วนกรองไร้อากาศ ควรมีปริมาตรในส่วนนี้ ไม่น้อยกว่า 500 ลิตร
3. เช็คปริมาตร ตัวกลางพลาสติกในถัง ควรมีปริมาตรตัวกลาง ไม่น้อยกว่า 200 ลิตร
4. เช็ค พื้นที่ผิว ของตัวกลางพลาสติก ควรมีพื้นที่ผิวของตัวกลางไม่น้อยกว่า 110 ตารางเมตร/ลูกบาศก์เมตรหลักๆคือ เช็ค ที่ข้อ 1 และ 2 ก่อนก็ได้ คือ ปริมาตรบำบัด รวมของถังไม่ควรน้อยกว่า 1500 ลิตร แต่ถ้าปริมาตรบำบัดมากกว่านี้ก็ไม่เป็นปัญหา เพราะยิ่งมีปริมาตรมาก ก็ยิ่งทำให้น้ำเสียมีเวลาอยู่ในถังบำบัดนานขึ้น มีเวลาให้จุลินทรีย์ในถังย่อยสิ่งสกปรกได้นานขึ้น น้ำทิ้งก็จะยิ่งสะอาดมากขึ้น

สำหรับปริมาตรของตัวกลางพลาสติก และพื้นที่ผิวของตัวกลาง นั้นก็มีผลต่อประสิทธิภาพการบำบัดด้วยเช่นกันเพราะ หน้าที่ของตัวกลางก็คือ เป็นที่ให้จุลินทรีย์ในถังทำหน้าที่ย่อยสิ่งสกปรกในน้ำ ได้มีที่ยึดเกาะ ยิ่งมีที่ยึดเกาะมากๆ ก็มีจุลินทรีย์มาก ความสกปรกในน้ำเสียก็ถูกย่อยได้มาก น้ำก็จะเหลือความสกปรกน้อยลง

ข้อดี ดูแลง่าย แค่สูบกากบ้างประมาณ 2 ปี/ครั้ง และประหยัดไฟ เพราะไม่ต้องใช้เครื่องเติมอากาศ

ข้อเสีย ระบบนี้จะเกิดก๊าซที่มีกลิ่นเหม็นที่เราเรียกว่าก๊าซไข่เน่า เหมือนที่เราได้กลิ่นจากน้ำในบ่อพัก และการใช้งานช่วงแรกอาจจะได้กลิ่นจากการย่อยกากไม่ทันเพราะจุลินทรีย์ในถังยังมีน้อยอยู่ แต่ถ้าใช้ไปประมาณ 6 เดือน กลิ่นก็จะดีขึ้น แต่ถ้าทนไม่ได้ควรไปซื้อจุลินทรีย์ช่วยย่อยกากมาใช้ช่วยบ้างก็ไม่เสียหาย ราคาไม่สูงมาก

2.5 การทำงานขุดดิน (Soil work)

2.5.1 การปรับบริเวณ

บริเวณที่จะทำการก่อสร้าง บ่อยืมดิน บ่อหิน และที่จะกองวัสดุ ฯลฯ ผู้รับจ้างต้องทำการปรับบริเวณโดยการถางป่า ขุดตอ รากวัชพืช และ วัตถุอื่นๆที่ไม่พึงประสงค์ออกให้หมด

2.5.2 งานขุด

งานขุด หมายถึง งานขุดดิน ขุดหินหรือรวมถึงงานขุดดินและขุดหินเพื่อการก่อสร้างฐานรากของอาคารและสิ่งก่อสร้างต่างๆ

2.5.3 การดำเนินงานขุด

2.5.3.1 ผู้รับจ้างต้องขุดให้ได้แนวระดับและขนาดที่กำหนดในแบบ การขุดต้องทำด้วยความระมัดระวังเป็นพิเศษต้องป้องกันไม่ให้สภาพในธรรมชาติและสิ่งก่อสร้างเดิมที่อยู่นอกขอบเขตแนวการขุดเกิดความเสียหาย

2.5.3.2 ในกรณีที่แบบมิได้กำหนดแนวเส้นขอบเขตการขุดไว้ ถ้าเป็นการขุดหินให้ใช้ลาด (Slope) $1:1\frac{1}{2}$ ถ้าเป็นการขุดดินให้ใช้ลาด (Slope) $1:1\frac{1}{2}$ หรือตามที่คณะกรรมการตรวจการจ้างกำหนด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5.3.3 ในกรณีที่วัสดุซึ่งอยู่นอกขอบเขตแนวการขุดที่กำหนดในแบบเช่นหินหลวม (Loose Rock) หินที่มีรอยแยก หรือวัสดุอื่นที่หลวม ซึ่งอาจจะเกิดการเลื่อนไหล (Slide) หล่นลงมาในแนวที่ขุดได้ ผู้รับจ้างต้องทำการขุดออกด้วยทุนทรัพย์ของผู้รับจ้างเอง การขุดในกรณีนี้คณะกรรมการตรวจการแจ้งจะเป็นผู้กำหนด

2.5.3.4 ในกรณีที่ทำการขุดเพื่อก่อสร้างงานฐานรากของอาคารโครงสร้าง ผู้รับจ้างต้องขุดเผื่อออกไปจากแนวที่กำหนดข้างละประมาณ 50 เซนติเมตร หรือตามที่คณะกรรมการตรวจการจ้างกำหนดเพื่อความสะดวกในการตั้งไม้แบบ

2.5.3.5 ในกรณีที่เป็นหิน จะต้องระมัดระวังในการขุดโดยพยายามรักษาแนวให้ได้ตามที่กำหนดในแบบ ส่วนของหินที่ยื่นออกมาจากแนวที่กำหนดให้ในแบบอาจยอมให้มีได้ไม่เกิน 15 เซนติเมตร หรือนอกจากคณะกรรมการตรวจการจ้างจะพิจารณาเห็นชอบเป็นอย่างอื่นตามความเหมาะสมในสนาม

2.5.3.6 ในกรณีที่การขุดผิดพลาดไปจากแนวที่กำหนดในแบบหรือเกิดความเสียหายของลาด การพังทลายที่เกิดจากการระเบิด โพรงหินที่เกิดจากความไม่ระมัดระวังในขณะดำเนินการของผู้รับจ้าง และความผิดพลาดไม่ว่าจะเนื่องด้วยสาเหตุใดก็ตาม ผู้รับจ้างต้องรับผิดชอบทุกกรณีและต้องซ่อมแซมแก้ไขตามคำแนะนำของคณะกรรมการตรวจจ้างด้วยค่าใช้จ่ายของผู้รับจ้างเองทั้งสิ้น

2.5.3.7 กรณีที่ขุดถึงชั้นหินที่ได้ระดับแล้วพบว่ามีรอยแตกหรือรอยแยกของหินจะต้องทำการป้องกันด้วยวิธีการอุดด้วยปูนทราย หรือทำ Slush Grouting หรือ Shot – Crete หรือฝังท่อสำหรับอัดฉีดน้ำปูน วิธีใดวิธีหนึ่ง หรือหลายวิธีรวมกัน

2.5.4 การแบ่งลักษณะชั้นดินและชั้นหินตามวิธีการขุด

ลักษณะชั้นดิน และชั้นหิน แบ่งตามวิธีการขุด เป็นเกณฑ์ดังต่อไปนี้

2.5.4.1 ชั้นหิน หรือหินแข็ง (Sound Rock) หมายถึง ชั้นหินที่

- ต้องทำการขุดโดยใช้วัตถุระเบิด
- ไม่สามารถทำให้หลวมตัวหรือเคลื่อนย้ายโดยใช้ Power Shovel ขนาด $\frac{3}{4}$ ลูกบาศก์หลา
- ไม่สามารถทำให้หลวมตัวหรือเคลื่อนย้ายโดยใช้รถแทรกเตอร์ตีนตะขาบขนาด 230 แรงม้า ติด Ripper จำนวน 1 ฟัน

2.5.4.2 ชั้นดินขุดยาก หมายถึง

- หินก้อน (Boulder) ซึ่งมีขนาดโตตั้งแต่ 1 ลูกบาศก์เมตร ขึ้นไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- หินผุ หินแตก ซึ่งต้องใช้รถแทรกเตอร์ตีนตะขาบขนาด 230 แรงม้า ติด Ripper จำนวน 1 ถึง 3 ฟัน จึงจะทำให้หลวมตัวหรือเคลื่อนย้ายได้

- ชั้นดินซึ่งมีค่า N>30 ขึ้นไป ทั้งนี้จะต้องได้รับการอนุมัติจากคณะกรรมการตรวจการจ้างก่อน

2.5.4.3 ชั้นดินขุดธรรมดา หมายถึง ชั้นดิน นอกเหนือจากที่ระบุตามข้อ 1.4.1 และข้อ 1.4.2 และสามารถขุดออกไปด้วยเครื่องจักรเครื่องมือธรรมดา

2.5.5 การขุดฐานราก

2.5.5.1 งานขุดฐานรากของอาคารและสิ่งก่อสร้างต่างๆ ผู้รับจ้างต้องดำเนินการตามที่กำหนดในแบบและขอบเขตของงานดังนี้

- งานขุดลอกหน้าดิน (Striping) ตลอดบริเวณเขื่อน ภายหลังจากการถางป่าและขุดรากไม้ตลอดบริเวณพื้นที่ที่จะทำการก่อสร้างและ ผู้รับจ้างต้องขุดลอกหน้าดินเดิม ซึ่งหมายรวมถึง รากไม้ เศษขยะ เศษหิน ผิวหน้าดิน สิ่งซึ่งไม่พึงประสงค์อื่นๆ อินทรียวัตถุ และดินอ่อนออกให้หมด

- กรณีฐานรากเป็นดิน การขุดลอกจะต้องทำการขุดลึกจนถึงระดับตามที่กำหนดในแบบ แล้วทำการทดสอบหาค่าการรับน้ำหนักของดิน (Bearing Capacity Soil)

  - ถ้าดินรับน้ำหนักได้ตามแบบ ให้ทดสอบความแน่นของดินที่ระดับนั้นตาม สวพ.ทล.305 ถ้ามีความแน่นไม่น้อยกว่าร้อยละ 95 ของความแน่นมาตรฐาน ถือว่าระดับนี้ใช้งานเป็นฐานรากได้เลย แต่ถ้ามีความแน่นน้อยกว่าร้อยละ 95 ของความแน่นมาตรฐาน ให้รื้อดินขึ้นมาแล้วทำการบดอัดกลับโดยให้มีความหนาไม่น้อยกว่า 30 เซนติเมตร แต่ละชั้นที่บดอัดหนาได้ไม่เกิน 20 เซนติเมตร และมีความแน่นไม่น้อยกว่าร้อยละ 95 ของความแน่นมาตรฐาน
  - ถ้าดินรับน้ำหนักได้น้อยกว่าตามแบบ ให้ขุดดินออกแล้วใช้ดิน Select Material บดอัดให้มีความแน่นไม่น้อยกว่าร้อยละ 95 ของความแน่นมาตรฐานตลอดความหนาจนถึงระดับเดิม โดยแต่ละชั้นที่บดอัดหนาได้ไม่เกิน 20 เซนติเมตร ซึ่งความหนาของดินที่ต้องขุดออกแล้วเติมด้วย Select Material สามารถคำนวณได้ดังนี้

กำหนดให้ H = ความลึกของดินที่ต้องแทนที่ด้วย Select Material (เมตร)

B = ความกว้างของ Footing (เมตร)

S = Bearing Capacity ที่กำหนดในแบบ (ตัน/ม.^{2})

P = Bearing Capacity ที่ทดสอบได้ในสนาม (ตัน/ม.^{2})

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

เมื่อ Footing เป็นแบบ Circular Footing : $H = B \times \frac{6.3385}{(100\times\frac{P}{S})^{0.6102}}$

เมื่อ Footing เป็นแบบ Square Footing : $H = B \times \frac{6.344}{(100\times\frac{P}{S})^{0.6119}}$

เมื่อ Footing เป็นแบบ Long Strip Footing : $\mathrm{H} = \left\{B \times \frac{70.195}{\left(100\times\frac{P}{S}\right)}\right\} - 0.41 \times B$

ซึ่ง Select Material ให้ใช้ดินกลุ่ม GW,GP,SW,SP(ถ้าไม่คำนึงถึงการซึมผ่านของน้ำ) และใช้ดินกลุ่ม GM,GC,SM,SC,ML,CL (ถ้าคำนึงถึงการซึมผ่านของน้ำ)

ทั้งนี้ดินที่ได้จากการขุดลอกหน้าดิน ห้ามนำไปใช้ถมทำนบดินเป็นอันขาด ผู้รับจ้างต้องขนย้ายไปรวมกอง ณ ตำแหน่งที่คณะกรรมการตรวจการจ้างจะกำหนดให้ในสนาม

- กรณีฐานรากที่ขุดถึงชั้นหิน หน้าหินจะต้องล้างทำความสะอาดด้วยการฉีดน้ำที่มีแรงดันสูง หรือใช้กำลังลมพ่นจนสิ่งสกปรกทั้งหมดหลุดหายไป ในกรณีที่ทำความสะอาดหน้าหินแล้วพบว่ามีรอยแตกหรือรอยแยกของหินจะต้องทำการป้องกันด้วยวิธีการอุดด้วยปูนทรายหรือทำ Slush Grouting หรือ Short-Crete หรือฝังท่อสำหรับอัดฉีดน้ำปูน วิธีใดวิธีหนึ่งหรือหลายวิธีร่วมกัน ในกรณีที่ไม่มั่นใจว่าการอุดรอยแยกตามวิธีการดังกล่าวข้างต้นจะทั่วถึงทั้งหมดผู้ควบคุมงานอาจพิจารณาให้ผู้รับจ้างขุดลึกลงไปต่ำกว่าระดับไม่น้อยกว่า 30 เซนติเมตร แล้วทำการเทคอนกรีตที่มีกำลังอัดไม่น้อยกว่า 140 กก./ซม.^{2} ให้ได้ระดับตามแบบโดยได้รับความเห็นชอบจากคณะกรรมการตรวจการจ้าง

- กรณีฐานรากเป็นกรวดหรือทรายเมื่อขุดถึงระดับตามที่กำหนดในแบบและพบว่าเป็นกรวดหรือทรายก็ให้ทำการเปิดลึกลงไป 30 เซนติเมตร จากระดับดังกล่าว แล้วบดอัดกลับด้วยรถบดสั่นสะเทือนให้ได้ค่า Relative density ไม่น้อยกว่า 70%

2.5.5.2 งานขุดร่องแกน (Cut Off Trench) ผู้รับจ้างต้องขุดให้มีขนาดความกว้าง ลาดเอียงด้านข้าง (Slope) ตามที่กำหนดในแบบ สำหรับความลึกของร่องแกน ให้ขุดลึกลงไปจนถึงระดับชั้นดินหรือชั้นหินที่กำหนดในแบบ หรือ ถึงระดับตามที่คณะกรรมการตรวจการจ้างเห็นสมควร

ดินที่ได้จากการขุดร่องแกนนี้ ห้ามนำไปใช้ถมทำนบดินเป็นอันขาด ผู้รับจ้างต้องขนย้ายไปรวมกอง ณ ตำแหน่งที่คณะกรรมการตรวจการจ้างจะกำหนดให้ในสนาม

148627

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5.6 การตรวจวัดและการจ่ายเงิน

การตรวจวัด

ในกรณีที่สัญญาระบุการจ่ายเงินในรายการดินขุดลอกหน้า และดินขุดร่องแกนไว้ การตรวจวัดปริมาณดินขุด เพื่อพิจารณาสำหรับการจ่ายค่าจ้างเหมา จะดำเนินการดังวิธีการต่อไปนี้

- การวัดปริมาณงาน ให้ถือปฏิบัติตามข้อว่าด้วยการวัดปริมาณงานใน "เงื่อนไขเฉพาะของงานก่อสร้าง"

- กรณีที่กำหนดแนวขอบเขตการขุดในแบบ ผู้ว่าจ้างจะคำนวณปริมาณดินขุดตามแนวขอบเขตการขุดที่กำหนดในแบบ

- ปริมาณดินขุดจะคำนวณเป็นหน่วย ลูกบาศก์เมตร

การจ่ายเงิน

เงินค่าจ้างเหมาสำหรับงานขุดนี้ กำหนดเป็นอัตราการราคาเป็นบาทต่อลูกบาศก์เมตร อัตราราคาดังกล่าวหมายรวมถึงค่าใช้จ่ายในการขุดและการขนย้ายด้วย

- การระบายน้ำออกจากฐานราก ผู้รับจ้างต้องจัดหาและติดตั้งเครื่องสูบน้ำ และเครื่องมืออื่นๆ ที่จะเป็นเพื่อป้องกันไม่ให้บริเวณหัวงานหรือฐานรากของทำนบดินหรืออาคารประกอบอื่นๆมีน้ำขังหรือท่วม โดยการระบานน้ำออกในขณะทำการก่อสร้าง ผู้รับจ้างต้องเสนอแผนและวิธีการระบายน้ำให้คณะกรรมการตรวจการจ้างเห็นชอบก่อนดำเนินการ

ในกรณีที่ส่วนของฐานรากของทำนบดินอยู่ต่ำกว่าระดับน้ำใต้ดิน การขุดดินส่วนที่อยู่ใต้น้ำ ผู้รับจ้างต้องระบายน้ำออกให้หมดเสียก่อนที่จะดำเนินการขุด การระบายน้ำในช่วงนี้ต้องป้องกันมิให้ส่วนละเอียดหลุดจากฐานราก และต้องระมัดระวังให้เกิดความมั่นคงแก่ดินตามลาดด้านข้างหรือก้นหลุมฐานรากและต้องระบายน้ำให้แห้งเสมอตลอดระยะเวลาการก่อสร้าง

ถ้าปรากฏความเสียหายเกิดขึ้นอันเนื่องมาจากการระบายน้ำเช่นทำให้อาคารข้างเคียงเสียหาย บ่อก่อสร้างหรือฐานรากพังทลาย เป็นต้น ผู้รับจ้างต้องรับผิดชอบค่าใช้จ่ายในการนี้ทั้งสิ้น

ในกรณีที่สัญญาไม่ได้ระบุการจ่ายเงินในรายการการระบายน้ำออกจากฐานราก ค่าใช้จ่ายในงานนี้ทั้งหมดให้เป็นของผู้รับจ้าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6 งานดินและงานปรับพื้นที่

ผู้รับจ้างจะต้องศึกษา วางแผนการทำงาน จัดเตรียม คนงาน เครื่องมือ เครื่องจักรและอุปกรณ์ที่ดี เพื่อทำการขุดดิน ปรับระดับให้ได้ขนาด ความแน่น ตามความต้องการของแบบและรายการ โดยรวมถึงการติดตั้ง รื้อถอนสิ่งก่อสร้างชั่วคราว เพื่อช่วยในการขุดให้ปลอดภัยและไม่เกิดความเสียหายต่อทรัพย์สินของผู้ว่าจ้าง

2.6.1 งานขุดดิน

2.6.1.1. ก่อนทำการขุดดินผู้รับจ้างต้องแจ้งรายละเอียดข้อมูลและแผนการดำเนินการให้แก่ผู้ว่าจ้างทราบล่วงหน้า และการขุดดินนั้นห้ามมีการรบกวนดินบริเวณข้างเคียงของอาคารหรือสิ่งก่อสร้างเดิมให้เกิดความเสียหาย ยกเว้นได้รับอนุญาตจากทางผู้ว่าจ้างเรียบร้อยแล้ว

2.6.1.2. การขุดดิน ต้องขุดให้ถูกต้องตามตำแหน่ง ขนาดความกว้าง ความลึก ที่สามารถทำการก่อสร้างงานโครงสร้างอื่น เช่น การวางท่อ งานถนน ฐานราก รางระบายน้ำ เป็นต้น ผิวหน้าดินที่ขุดแล้วจะต้องคงสภาพแห้ง ดินชั้นล่างที่แปรสภาพเป็นดินอ่อนเหลว ไม่เหมาะที่จะ รับน้ำหนักงานชั้นต่อไปได้ ซึ่งอาจเกิดจากการขุดลึกน้อยไป สูบน้ำออกไม่แห้ง หรือเนื่องจากวิธีการก่อสร้างอื่น ๆ ผู้รับจ้างต้องนำดินส่วนนั้นออกให้หมด แล้วถมกลับใหม่ให้ได้ระดับ ตามวิธีที่จะกล่าวในหัวข้อ งานถมดิน

2.6.1.3. เครื่องมือ เครื่องจักรที่ใช้ในการขุด ต้องสามารถทำงานขุดได้ตามประสิทธิภาพและข้อกำหนดของเครื่องจักร การขุดดินเหนียวจะต้องมีบุ้งกี๋ที่มีใบมีดเรียบ ส่วนวัสดุที่ขุดขึ้นมาแล้วและไม่ได้นำออกไปทิ้งภายนอก ต้องทำการกองในที่ที่ไม่กีดขวางการทำงาน และต้องระวังไม่ให้เกิดการพังทลายได้

2.6.1.4. เมื่อขุดดินได้ขนาดและระดับแล้ว ผู้รับจ้างต้องแจ้งให้ผู้ว่าจ้างทราบ เพื่อทำการตรวจสอบและต้องได้รับความเห็นชอบจากผู้ว่าจ้างก่อน จึงทำการถมวัสดุรองพื้นหรือวางสิ่งก่อสร้างอื่นใดลงไปในพื้นผิวที่ขุด หากผู้รับจ้างขุดดินลึกเกินกว่าที่กำหนดไว้ ให้ถมด้วยทรายหรือวัสดุที่ผู้ว่าจ้างกำหนดและบดอัดแน่นให้ได้ระดับตามที่ต้องการ

2.6.2 งานป้องกันการพังทลายของดินในการขุด

ผู้รับจ้างต้องหาวิธีที่ดีที่สุดในการป้องกันการพังทลายของดินข้างเคียงบริเวณที่ขุด และต้องพิจารณาสภาพการคงตัวของดินเหนียวหรือดินอ่อนทั่วไปที่มีผลโดยตรง เช่น ความลึกของการขุด น้ำหนักข้างเคียงที่ทับอยู่ (รวมทั้งอาคารและการจราจรข้างเคียง) ฝนตก น้ำท่วม การตอกเสาเข็ม การก่อสร้างข้างเคียง การกองวัสดุและเครื่องจักรก่อสร้าง อัตราความเร็วการขุด เมื่อเริ่มทำการก่อสร้างหรือทำการขุด ผู้รับจ้างต้องวางแผนงานให้ดี และต้องพิจารณาในเรื่องต่อไปนี้

2.6.2.1. สำหรับการขุดหลุมเพื่อทำฐานรากและโครงสร้างอื่น ๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(1) การขุดธรรมดาโดยไม่มีเสาเข็มกันดินพังทลาย ให้ขุดได้ลึกไม่เกิน 3.50 เมตร โดยอาจใช้ความลาดเอียงสูงสุดในการขุด คือ 2 ส่วนในแนวนอน ต่อ 1 ส่วนในแนวตั้ง

(2) ที่การขุดเกินกว่า 3.50 เมตร ต้องป้องกันโดยเสาเข็มกันดินพังทลาย

(3) ห้ามกองวัสดุหรือดินที่ขุดขึ้นมาในระยะ 5.00 เมตร จากขอบหลุมที่ขุด

(4) การตอกเสาเข็มควรตอกบนระดับดินเดิม แต่หากจำเป็นต้องทำการขุดลงไปตอก ห้ามขุดลึกเกินกว่า 3.50 เมตร

2.6.2.1. สำหรับการขุดร่องดินเพื่อการวางท่อ

(1) ร่องดินที่ขุด ให้กว้างได้ตามที่แบบกำหนดไว้เท่านั้น

(2) ร่องดินที่ขุดลึกไม่เกิน 1.50 เมตร ผู้รับจ้างสามารถขุดได้โดยไม่ต้องใช้เสาเข็มกันดินพังทลาย แต่ต้องเสนอวิธีการให้ผู้ว่าจ้างพิจารณาอนุมัติก่อนจึงจะดำเนินการได้

(3) ร่องดินที่ขุดลึกเกิน 1.50 เมตร ต้องขุดโดยใช้เสาเข็มกันดินพังทลายและค้ำยันให้มั่นคงแข็งแรง

(4) ห้ามกองวัสดุหรือดินที่ขุดขึ้นมาในระยะ 5.00 เมตร จากขอบร่องดินที่ขุดโดยไม่มีเสาเข็มกันดินพังทลาย

2.6.3 การสูบน้ำและการระบายน้ำ

2.6.3.1. เมื่อระดับความลึกของการขุดดินต่ำกว่าระดับน้ำหรือมีน้ำท่วมขัง ผู้รับจ้างต้องส่งแบบแสดงวิธีและขั้นตอนในการระบายน้ำออกจากบริเวณดินขุด ให้ผู้ว่าจ้างเห็นชอบก่อนดำเนินการขุด โดยแบบดังกล่าวต้องแสดง วิธีการระบายน้ำหรือการสูบน้ำ การติดตั้งเครื่องสูบน้ำ ตำแหน่งเครื่องสูบน้ำ ตำแหน่งคันดินกั้นน้ำ เมื่อได้รับความเห็นชอบแล้ว ผู้รับจ้างต้องใช้เครื่องจักร เครื่องมือ วิธีการและขั้นตอนตามที่ได้รับอนุมัติเท่านั้น การอนุมัติแบบของผู้ว่าจ้างนี้ ย่อมไม่พ้นภาระที่ผู้รับจ้างต้องรับผิดชอบต่อความถูกต้องและความสามารถในการระบายน้ำนี้ได้

2.6.3.2. การวางท่อ การถม การเทคอนกรีต ต้องกระทำบนพื้นที่แห้งเท่านั้น ผู้รับจ้างต้องจัดหาเครื่องมือ อุปกรณ์ วิธีการต่าง ๆ ให้พร้อมอยู่ตลอดเวลา เพื่อกำจัดน้ำให้ออกไปทันทีจากบริเวณที่ขุด ทั้งนี้ให้รวมถึง น้ำใต้ดิน น้ำฝนและน้ำผิวดิน ซึ่งผู้รับจ้างต้องระวังรักษาพื้นผิวที่ขุดแล้ว ให้คงสภาพและแห้งจนกว่าการทำงานในขั้นต่อไป เช่น การถม การวางท่อ การเทคอนกรีต แล้วเสร็จและต้องมั่นใจว่าเมื่อปล่อยน้ำเข้าตามปกติแล้ว ต้องไม่ทำให้สิ่งก่อสร้างต่าง ๆ ลอยตัวหรือชำรุดเสียหาย

2.6.3.3. ห้ามสูบน้ำหรือระบายน้ำสกปรกไปสู่ถนนและท่อระบายน้ำสาธารณะ ซึ่งอาจก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งสาธารณะเหล่านั้น

2.6.3.4. หากจำเป็นต้องใช้ระบบระบายน้ำสาธารณะช่วย โดยอาจมีการทุบหรือทำลายสิ่งก่อสร้างเดิม ผู้รับจ้างต้องจัดหาระบบระบายน้ำชั่วคราวทดแทน และต้องซ่อมแซมระบบหรือสิ่งก่อสร้างเดิมให้คืนสภาพและสามารถใช้งานได้ตามเดิมหลังจากงานแล้วเสร็จ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6.4 การถมดิน

2.6.4.1. วัสดุที่ใช้ในการถม

(1) ดินหรือทรายที่ใช้ถมกลบไปบริเวณก่อสร้างเพื่องานโครงสร้าง ต้องเป็นดินที่ปราศจากเศษวัสดุ รากไม้ วัชพืชหรือสิ่งที่ไม่พึงประสงค์ทั้งหลาย

(2) ดินที่ใช้ถมผิวดินรอบ ๆ อาคาร ต้องเป็นดินที่มีคุณสมบัติเป็นดินเพาะปลูกได้

(3) ดินที่ไม่พึงประสงค์ให้นำไปถมบริเวณที่ผู้ว่าจ้างกำหนดให้

(4) ให้ใช้ทรายปรับระดับผิวเพื่อให้มีความแน่นก่อนการเทคอนกรีตบนผิวดินทุกแห่ง

2.6.4.2. วิธีการถมดิน

(1) กรณีที่ต้องถมดินเพื่อก่อสร้างอาคาร ให้แบ่งการถมดินเป็นชั้น ๆ ละไม่เกิน 50 เซนติเมตรแล้วทำการบดอัดแน่น

(2) หากมิได้ระบุเป็นอย่างอื่น ให้แต่งแนวดินถมเป็นแนวตรงและมีความลาดเอียงตามที่กำหนดไว้ ในกรณีที่ถมดินลงในบ่อลึกหรือในคูที่มีน้ำขัง ผู้รับจ้างจะต้องสูบน้ำออกให้หมดเสียก่อน พร้อมลอกดินโคลนจนถึงผิวดินเดิมก้นบ่อ

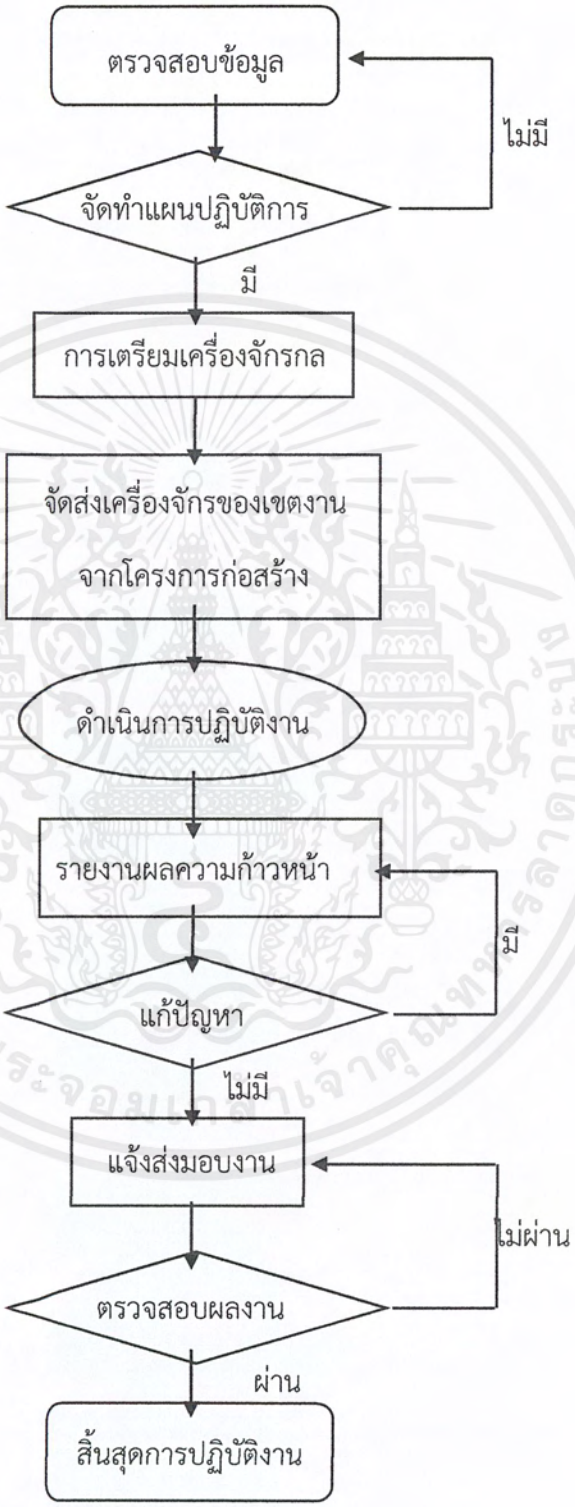
2.6.4.3 การปรับผิวด้วยดินเพื่อปลูกพืช

ในที่ซึ่งระบุไว้เป็นสนามหรือบริเวณปลูกพืช ต้องใส่ดินที่เหมาะสมสำหรับการปลูกพืชหนาไม่น้อยกว่า 30 เซนติเมตร หรือตามที่ระบุในแบบ ทับบริเวณนั้น ๆ โดยต้องกำจัดสิ่งที่ไม่ พึงประสงค์ซึ่งปะปนอยู่ในดินที่ใช้ออกให้หมด พร้อมเกลี่ยปรับระดับให้เรียบร้อยแล้วปลูกพืชตามที่กำหนดไว้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

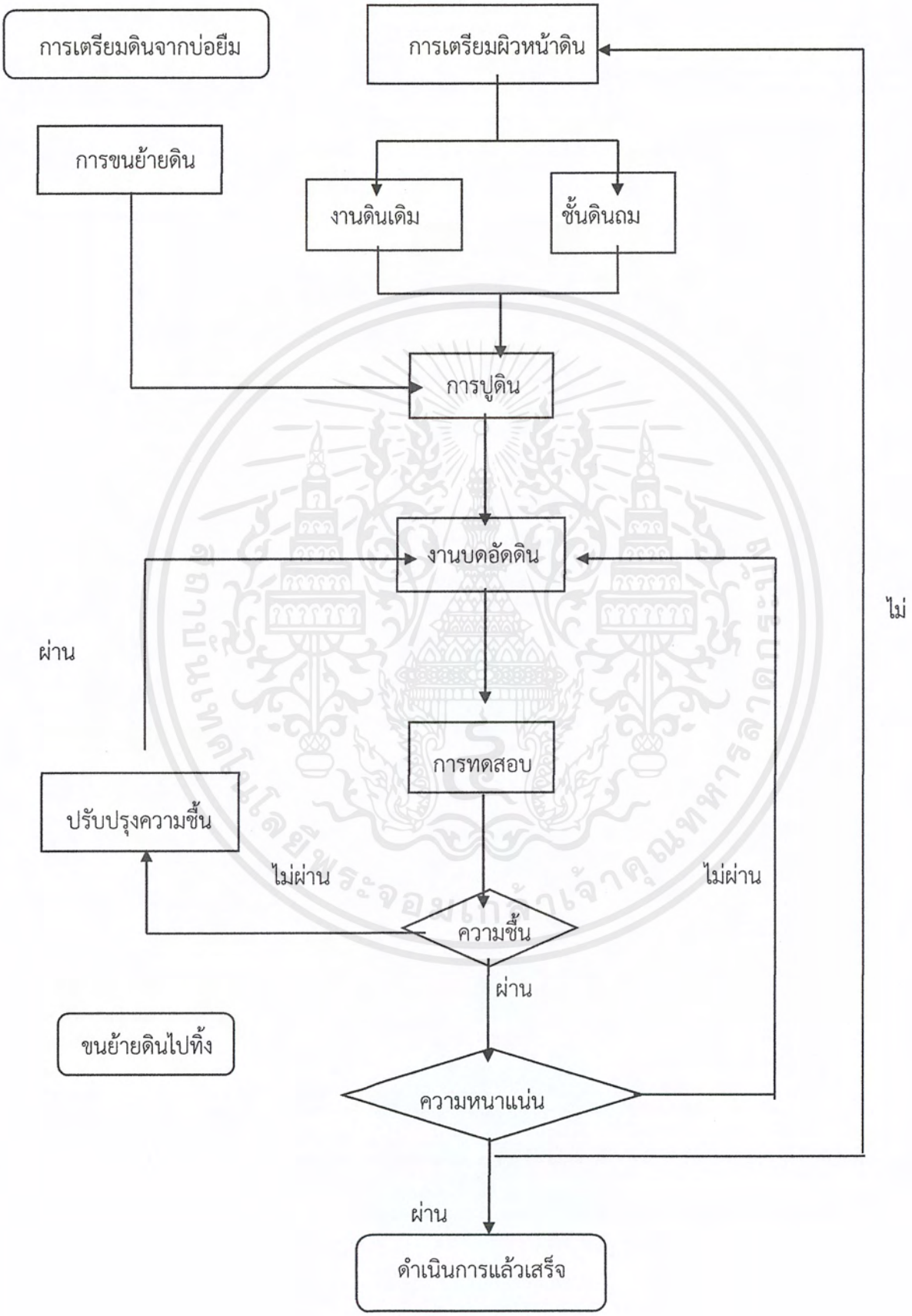
2.7 ผังการทำงานขุดดิน

2.7.1 Work flow งานขุดดินและหิน



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.7.2 การปฏิบัติงานก่อสร้าง งานดินถม



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.8 ขั้นตอนการวางถังบำบัดของผู้รับเหมา

1. ปรับระดับ + บดอัดดินให้ได้ระดับ
2. โครงการวางแนวเขตการขุดโดยใช้กล้อง total station
3. ทำการปักเข็มไม้สนยาว 6 เมตร รอบบริเวณที่จะขุดดิน
4. เริ่มทำการขุดดินในบริเวณที่ถัดจากแนวเข็ม 1 เมตร
5. ขุดลงไปจนได้ระดับในการวางถังบำบัด และมีพื้นที่พอในการทำงาน
6. ปรับระดับดินบริเวณก้นหลุม
7. คนของโครงการเข้ามาวางแนวเข็มที่จะทำการตอกเข็มโดยกล้อง total station
8. ผู้รับเหมาวางเข็มโดยการใช้เครนยกวางบนตำแหน่งตามผัง และใช้คนขย่มเข็มลง
9. ตัดหัวเข็มให้ได้ระดับตามแบบกำหนด
10. กั้นแบบเท lean concrete ตามแบบของโครงการ
11. รอจน lean concrete แข็งตัวแล้วจึงแกะไม้แบบ
12. วางถังบำบัดบนบริเวณที่ได้จัดเตรียมไว้
13. เติมน้ำให้เต็มตัวถังบำบัด
14. กลบดินบริเวณข้างตัวถังให้เรียบร้อย แล้วจึงทำการบดอัดดินให้แน่น
15. ปรับระดับบริเวณปากถังโดยการใช้ทรายหยาบ

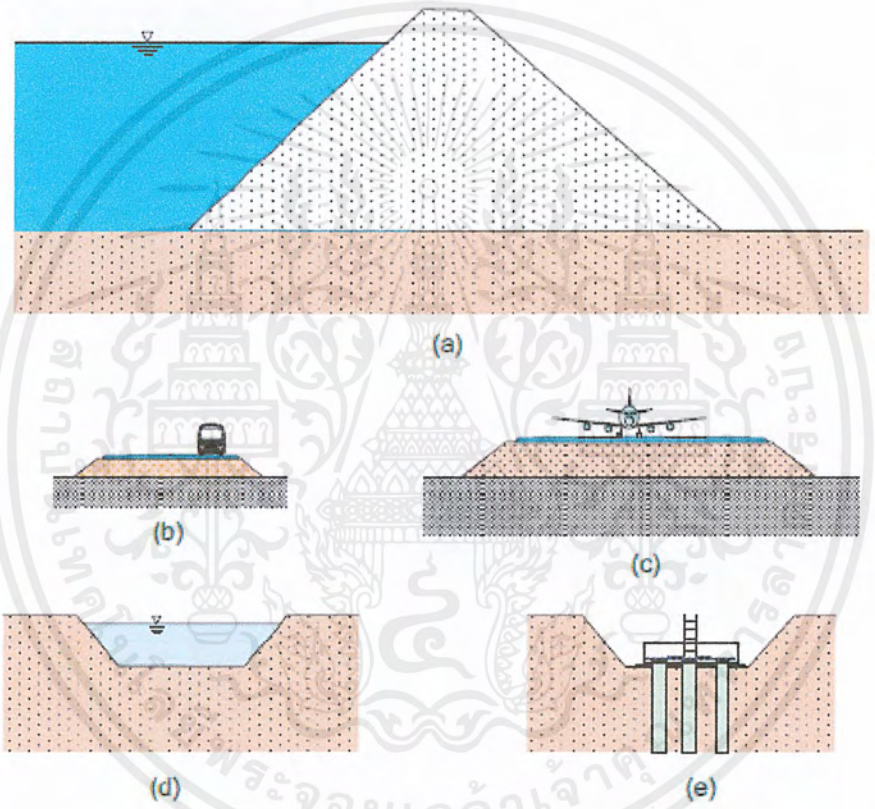
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.9 เสถียรภาพของลาดคันดิน

2.9.1 แนะนำโครงสร้างดิน

โครงสร้างที่เกี่ยวกับเสถียรภาพของลาดคันดินได้แก่ ถนน เขื่อน ตลิ่ง คลอง จะสร้างขึ้นมาโดยการก่อสร้างเป็นลาดคันดิน สาเหตุเนื่องจากลาดคันดินนั้นมีราคาถูกกว่าการก่อสร้างโครงสร้างกำแพง การออกแบบและก่อสร้างลาดคันดินนั้นจะต้องกระทำด้วยความรอบคอบโดยเฉพาะลาดคันดินขนาดใหญ่เนื่องจากการวิบัติมักจะก่อให้เกิดความสูญเสียต่อทรัพย์สินหรือแม้กระทั่งชีวิต

ตัวอย่างโครงสร้างที่ใช้ลาดคันดินได้แก่ เขื่อน คันทางถนน คันทางวิ่งของเครื่องบิน งานขุดอ่างเก็บน้ำ งานขุดเปิดหน้าดินเพื่อการก่อสร้างฐานราก เป็นต้น



รูปที่ 2.1 ตัวอย่างงานที่ใช้ลาดคันดิน (a) เขื่อน (b) คันถนน (C) คันทางวิ่งของเครื่องบิน (d) งานขุดอ่างเก็บน้ำ (e) งานขุดเปิดหน้าดินเพื่อการก่อสร้างฐานราก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.9.2 ลักษณะการวิบัติของลาดคันดิน

การวิบัติของลาดคันดินขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายประการ เช่นชนิดของดิน ลักษณะของชั้นดิน น้ำใต้ดิน แรงดันเนื่องจากการไหลของน้ำใต้ดิน และรูปร่างทางเรขาคณิตของคันดิน ตัวอย่างลักษณะของการวิบัติโดยทั่วไปมีดังนี้

2.9.2.1 การวิบัติแบบเลื่อนไถล

การวิบัติชนิดนี้เกิดจากการที่มีชั้นดินอ่อนแทรกอยู่ในคันดิน ซึ่งลักษณะของการวิบัติจะเป็นการเลื่อนไถล (Translational slide) ซึ่งปกติจะเกิดในดินเม็ดหยาบ

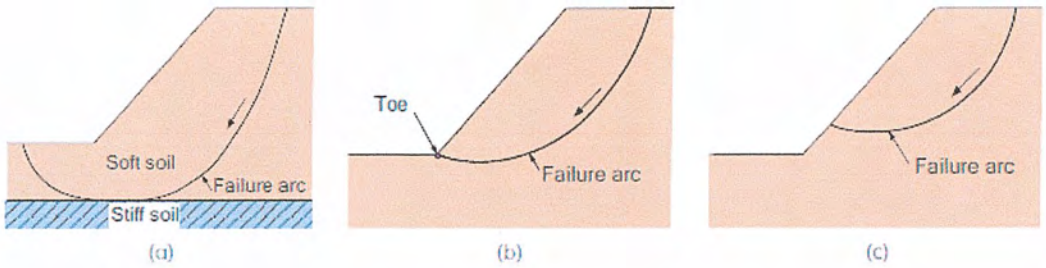
รูปที่ 2.2 การวิบัติของลาดคันดินเมื่อมีชั้นดินที่มีกำลังต่ำแทรกอยู่

2.9.2.2 การวิบัติแบบเป็นส่วนโค้ง (Rotational failure)

การวิบัติเป็นส่วนโค้งมักเกิดในคันดินที่เป็นดินเม็ดละเอียดที่มีเนื้อเดียวกัน โดยแกนของการหมุนจะขนานไปกับความยาวของคันดิน ซึ่งการวิบัติแบบเป็นส่วนโค้งมีอยู่ 3 แบบ ได้แก่

- Base slide – ลักษณะของการวิบัติเป็นส่วนโค้งที่ผ่านคันดินทั้งหมด การวิบัติชนิดนี้เกิดขึ้นในชั้นดินอ่อนที่วางอยู่บนชั้นดินแข็ง
- Toe slide – ลักษณะของการวิบัติเป็นส่วนโค้งที่ผ่าน Toe ของคันดิน
- Slope slide – ลักษณะของการวิบัติเป็นส่วนโค้งที่ผ่านคันดิน

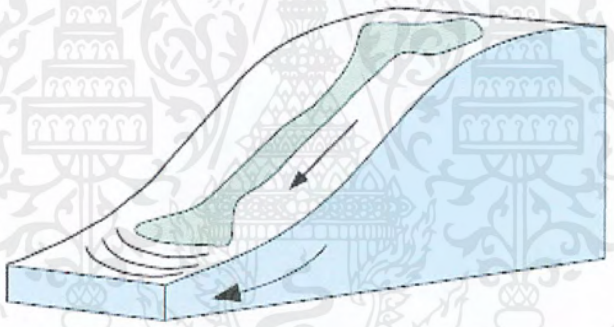
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.3 การวิบัติของลาดคันแบบเป็นส่วนโค้ง (a) Base slide , (b) Toe slide , (c) Slope slide

2.9.2.3 การวิบัติแบบไหล (Flow slide)

การวิบัติเป็นการไหลของมวลดินที่มีลักษณะคล้ายกับของไหลที่มีความหนืดดังรูป การวิบัติแบบนี้ไม่สามารถระบุระนาบวิบัติได้อย่างชัดเจน และเกิดขึ้นได้ทั้งในดินแห้งและดินเปียก



รูปที่ 2.4 การวิบัติแบบไหล

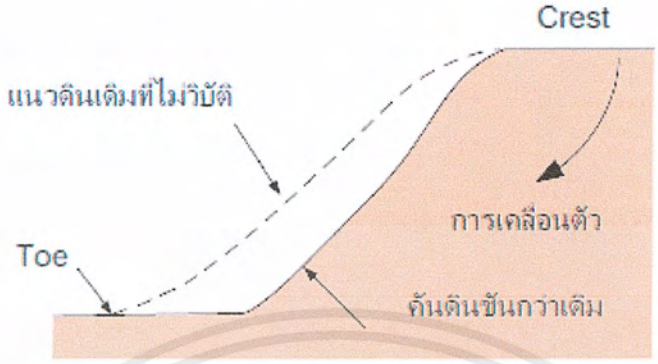
2.9.3 สาเหตุการวิบัติของลาดคันดิน

คันดินวิบัตินั้นส่วนใหญ่จะเกิดจาก แรงกระทำที่เกิดขึ้นตามกระบวนการตามธรรมชาติ หรืออาจเกิดจากกิจกรรมหรือการก่อสร้างของสิ่งมีชีวิต สาเหตุหลักที่เกิดการวิบัติของคันดินได้แก่

2.9.3.1 สาเหตุเนื่องจากการกัดเซาะ

น้ำและลมเป็นตัวการตามธรรมชาติที่สำคัญที่ก่อให้เกิดการกัดเซาะคันดินธรรมชาติ หรือคันดินที่มนุษย์สร้างขึ้น ซึ่งการกัดเซาะจะทำให้รูปร่างเรขาคณิตของคันดินเปลี่ยนแปลงจนอาจก่อให้เกิดการวิบัติของคันดิน ตัวอย่างได้แก่ตลิ่งของแม่น้ำถูกกระแสน้ำกัดเซาะจนความชันของคันดินเพิ่มขึ้นดังรูป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



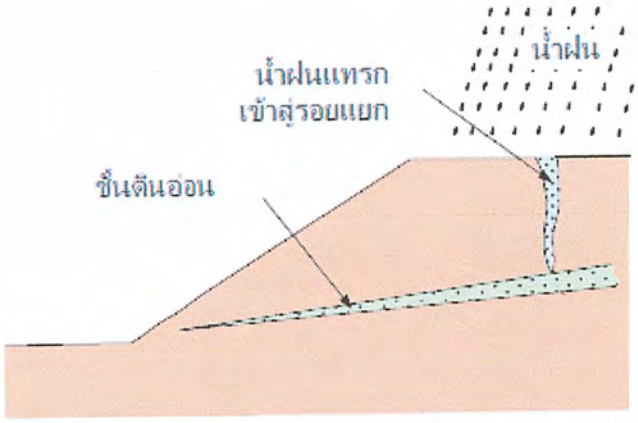
รูปที่ 2.5 คันดินมีความชันเพิ่มขึ้นเนื่องจากลาดคันดินถูกกัดเซาะโดยน้ำที่ไหลผ่านลาดคันดิน

รูปที่ 2.6 ลาดคันดินถูกกักเซาะโดยกระแสน้ำ

2.9.3.2 สาเหตุเนื่องจากน้ำฝน

การที่มีฝนตกต่อเนื่องเป็นระยะเวลานานทำให้คันดินอิ่มตัว ดินจึงมีกำลังรับแรงเฉือนลดลง ซึ่งอาจทำให้เสถียรภาพของคันดินลดลงได้ น้ำฝนที่ไหลผ่านคันดินอาจทำให้คันดินสึกกร่อนได้ น้ำฝนบางส่วนอาจไหลผ่านรอยแยกของดินลงไปทำให้ชั้นดินอ่อนใต้คันดินมีกำลังรับแรงเฉือนลดลง ซึ่งการลดลงของกำลังรับแรงเฉือนนี้อาจก่อให้เกิดการวิบัติของคันดินได้ ดังรูป

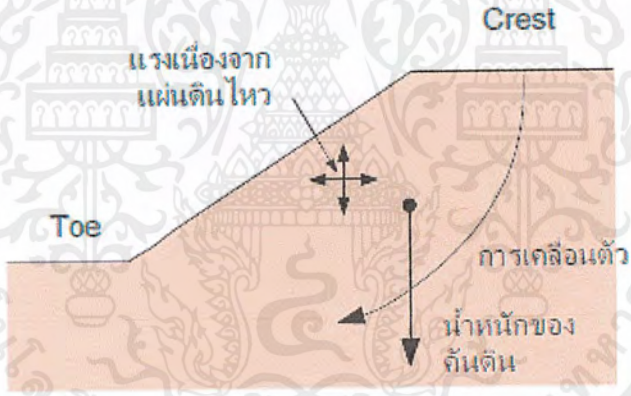
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.7 น้ำฝนไหลเข้าไปในรอยแยกบนคันดิน และไหลเข้าสู่ชั้นดินที่มีกำลังต่ำ

2.9.3.3 สาเหตุเนื่องจากแผ่นดินไหว

แผ่นดินไหวก่อให้เกิด แรง Dynamic ที่เป็นแรงเฉือนทำให้กำลังและสตีฟเนสของดินลดลง น้ำในดินที่อยู่ในช่องว่างของดินเม็ดหยาบอาจมีแรงดันสูงขึ้นจนทำให้หน่วยแรงประสิทธิผลของดินเป็นศูนย์ปรากฏการณ์นี้เรียกว่า Dynamic liquefaction ฐานรากที่วางอยู่บนดินชนิดนี้จะจมลงหรือฐานรากที่เป็นช่องว่างซึ่งฝังอยู่ในดินจะลอยขึ้นมาที่ผิว ดังรูป

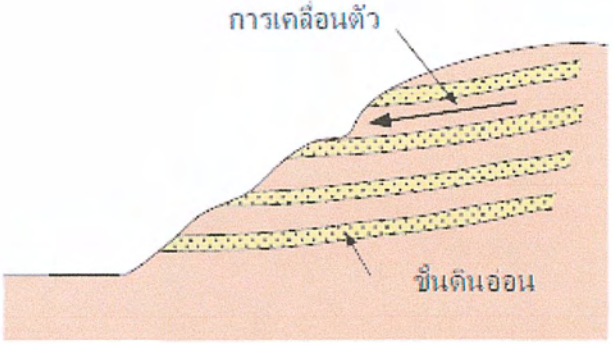


รูปที่ 2.8 แรงกระทำต่อคันดินเนื่องจากแผ่นดินไหว

2.9.3.4 สาเหตุเนื่องจากลักษณะทางธรณีวิทยา

การวิบัติของคันดินในกรณีนี้เกิดจากการเจาะสำรวจไม่เพียงพอจนไม่พบชั้นดินอ่อนที่เอียงตัวแทรกอยู่ในคันดินในบางกรณีชั้นดินซิลท์หนาเพียงไม่กี่มิลลิเมตรจะไม่พบในการเจาะสำรวจซึ่งชั้นดินอ่อนที่หนาไม่มากนี้เป็นตัวการสำคัญที่ทำให้คันดินเกิดการวิบัติ ตัวอย่างกรณีศึกษาได้แก่การวิบัติของลาดคันดินในจังหวัดนครราชศรีมา ซึ่งเกิดจากชั้นดินเหนียวที่เป็น Active clay แทรกตัวอยู่ในชั้นดินเหนียวโดยชั้นดินจะเอียงทำมุมกับแนวราบ เมื่อมีน้ำไหลซึมเข้าสู่ชั้นดินเหนียวนี้จะทำให้กำลังรับแรงเฉือนลดลงอย่างมากจนเป็นสาเหตุของการวิบัติของคันดิน

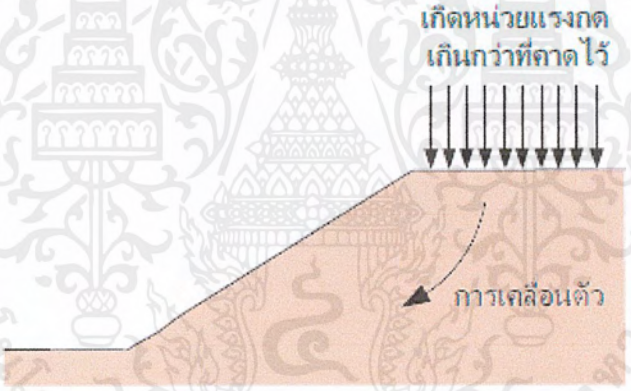
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.9 สภาพทางธรณีวิทยาที่พบดินเป็นชั้น โดยมีชั้นดินอ่อนหนาไม่มากแทรกตัวอยู่ในชั้นดินแข็ง

2.9.3.5 สาเหตุเนื่องจากแรงกระทำจากภายนอก

แรงภายนอกที่กระทำต่อคันดิน ตัวอย่างเช่นแรงเนื่องจากยานพาหนะ หรือวัสดุที่กองทับอยู่บนคันดินจะเป็นการเพิ่มน้ำหนักให้คันดินซึ่งอาจทำให้เสถียรภาพของคันดินลดลงจนเกิดการวิบัติได้ ดังรูป

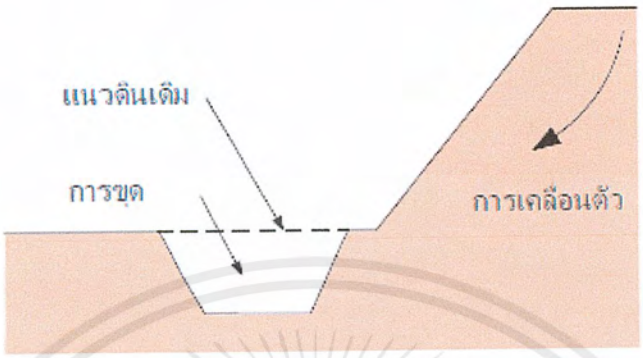


รูปที่ 2.10 น้ำหนักกดทับบนคันดินจะทำให้เสถียรภาพของคันดินลดลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.9.3.6 สาเหตุเนื่องจากการก่อสร้าง (คันดินถม หรือคันดินขุด)

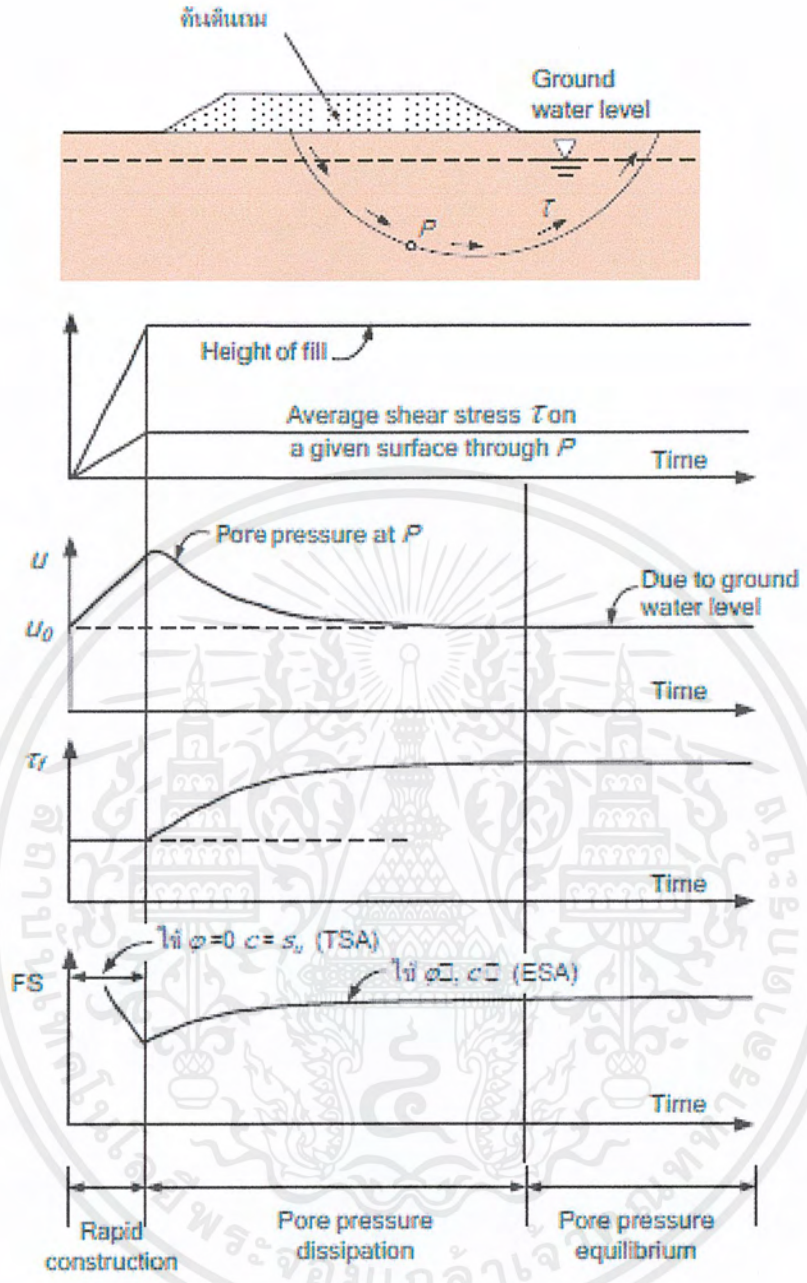
การขุดดินใกล้กับบริเวณ Toe ของคันดินอาจทำให้เสถียรภาพของคันดินลดลงจนเกิดการวิบัติได้ เนื่องจากแรงที่ต้านการเคลื่อนที่ทางด้านข้างของคันดินลดลง ดังรูป



รูปที่ 2.11 เนื่องจากการขุดดินออกที่เชิงของลาดคันดินในกรณีนี้แรงด้านข้างที่ต้านการเคลื่อนตัวลดลง คันดินจึงมีโอกาสเคลื่อนตัวมากขึ้น (เสถียรภาพลดลง)

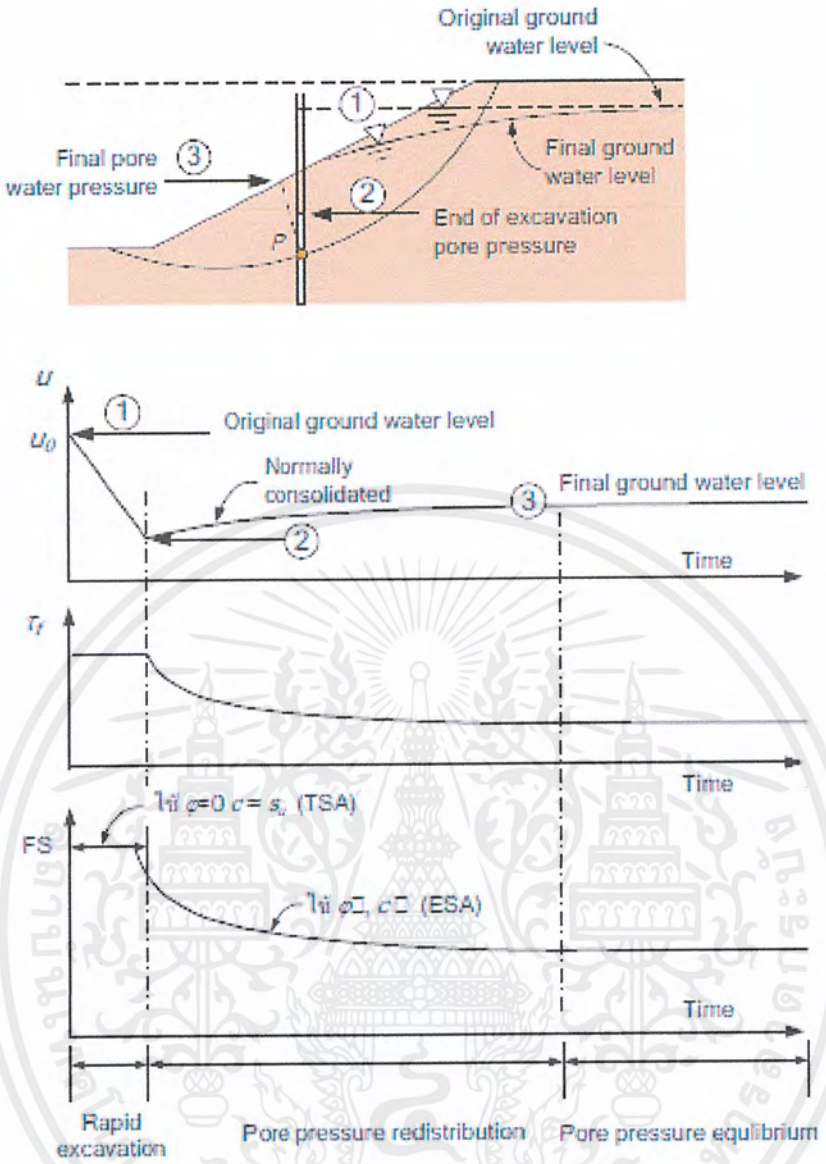
เราสามารถจำแนกคันดินที่เกิดจากมนุษย์สร้างขึ้นได้สองแบบคือ คันดินที่เกิดขึ้นจากการถมและคันดินที่เกิดจากการขุด เสถียรภาพของคันดินที่สร้างขึ้นบนชั้นดินเหนียวที่อิ่มตัวด้วยน้ำนั้นจะขึ้นกับระยะเวลา สาเหตุเกิดจากการที่ดินเหนียวระบายน้ำได้ช้านั่นเอง จากรูปเป็นแรงดันน้ำและสักส่วนปลอดภัย (ในที่นี้คือเสถียรภาพของคันดิน) ที่เปลี่ยนไปตามระยะเวลา ของคันดินซึ่งเกิดขึ้นเนื่องจากการถมดิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.12 ความสัมพันธ์ของการเปลี่ยนแปลงแรงดันน้ำและสัดส่วนปลอดภัยหลังจากถมดิน (Bishop and Bjerrum, 1960)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



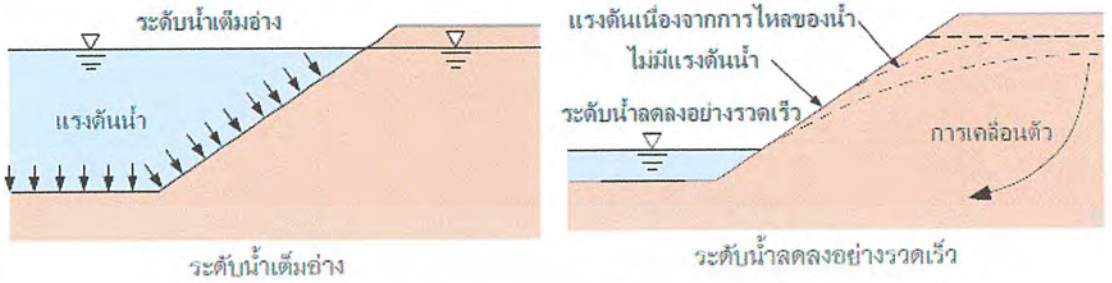
รูปที่ 2.13 ความสัมพันธ์ของการเปลี่ยนแปลงแรงดันน้ำและสัดส่วนปลอดภัยหลังจากขุดดิน (Bishop and Bjerrum, 1960)

2.9.3.7 การลดลงของระดับน้ำอย่างรวดเร็ว (Rapid drawdown)

ในกรณีของอ่างเก็บน้ำถ้าระดับน้ำในอ่างลดลงอย่างรวดเร็ว แรงดันด้านข้างซึ่งเกิดจากแรงดันของน้ำก็จะหายไป และในกรณีของดินเหนียวแรงดันน้ำส่วนเกินที่ออยู่ในดินระบายออกไม่ทัน ทำให้คันดินวิบัติในสภาพที่ดินไม่มีการระบายน้ำ (undrained condition) และถึงแม้ว่าคันดินจะไม่เกิดการวิบัติในขั้นตอนนี้แต่ถ้าน้ำที่อยู่ในดินไหลออกมาสู่อ่าง จะทำให้เกิดแรงจากการไหลของน้ำขึ้น แรงจากการไหลของน้ำนี้สามารถก่อให้เกิดการวิบัติของคันดินได้ ดังนั้นในการวิเคราะห์เสถียรภาพของคันดินของงานเขื่อนจะต้องแบ่งการวิเคราะห์เป็นหลายกรณีได้แก่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ในขณะก่อสร้าง และทันทีหลังก่อสร้างเสร็จ – วิเคราะห์ทั้งเหนือน้ำและท้ายน้ำ
- หลังจากที่ก่อสร้างเสร็จและกักเก็บน้ำแล้ว – วิเคราะห์ด้านท้ายน้ำ
- หลังจากที่ระดับน้ำในเขื่อนลดลงอย่างรวดเร็ว – วิเคราะห์ด้านต้นน้ำ



รูปที่ 2.14 ผลเนื่องจากการลดลงทันทีของระดับน้ำทำให้เสถียรภาพของคันดินลดลง

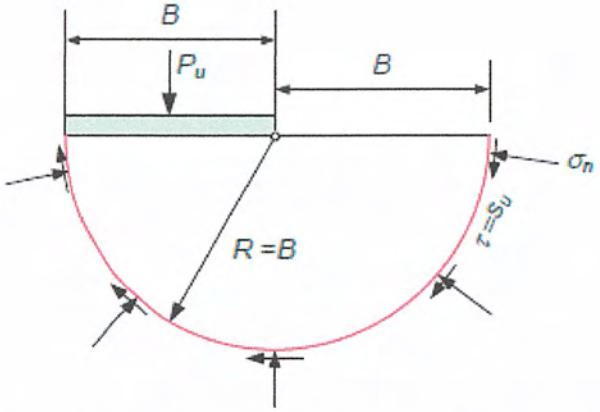
2.9.4 การวิเคราะห์เสถียรภาพของลาดคันดินด้วยวิธี Limit equilibrium

สำหรับวิธีนี้เราจะสมมุติรูปแบบของการวิบัติที่เป็นไปได้ และใช้สมการสมดุลของแรง (Equilibrium equations) ในการหาแรงที่แรงวิบัติ (collapse load) ดังที่ได้กล่าวแล้วว่าเราต้องสมมุติรูปแบบการวิบัติที่เป็นไปได้ขึ้นมา ดังนั้นเราจะต้องลองสมมุติการวิบัติรูปแบบอื่นๆอีกเพื่อหาแรงวิบัติน้อยที่สุด (minimum collapse load) ซึ่งจะมีขั้นตอนพื้นฐานคือ

1. ทดลองเลือกรูปแบบการวิบัติที่เป็นไปได้
2. หาแรงที่กระทำบนผิวของการวิบัติ
3. ใช้สมการสมดุล จากสถิตยศาสตร์ในการคำนวณแรงวิบัติ

สำหรับตัวอย่างแบบง่ายที่แสดงถึงหลักการพื้นฐานของวิธีนี้ได้แก่การวิเคราะห์เพื่อหาแรงกดวิบัติที่สามารถกดฐานรากดังรูปที่ได้จากรูป เราได้สมมุติแนวการวิบัติที่เป็นไปได้เป็นส่วนของวงกลมและเนื่องจากดินตรงรอยต่อเกิดการวิบัติดังนั้นหน่วยแรงเฉือนจึงเป็นหน่วยแรงเฉือนวิบัติ (Undrained shear strength) ซึ่งในกรณีตัวอย่างนี้จะสมมุติให้ดินอยู่ในสภาวะไม่ระบายน้ำ (Undrained)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



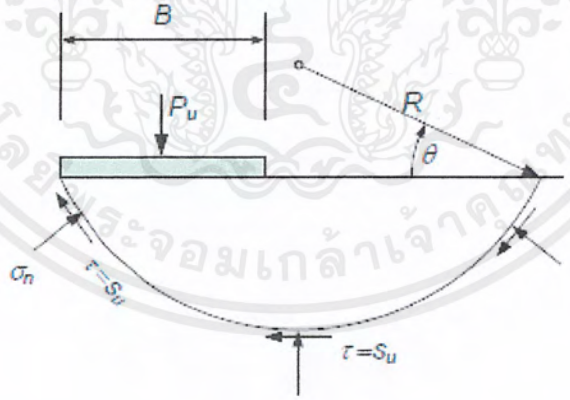
รูปที่ 2.15 สมมุติแนวการวิบัติของฐานรากเป็นครึ่งวงกลม

จากนั้นใช้สมการสมดุลของโมเมนต์รอบจุด O ซึ่งเป็นจุดขอบของฐานราก

$$P_u \times \frac{B}{2} - s_u \pi B \times B = 0$$

$$P_u = 6.28Bs_u \qquad \text{สมการที่ 1}$$

เนื่องจากแนวการวิบัติที่สมมุติในกรณีแรกอาจจะเป็นแนววิบัติที่ไม่ได้เกิดขึ้นจริง ซึ่งอาจจะมีกลไกการวิบัติแบบอื่นที่เป็นไปได้อีก ซึ่งจำเป็นจะต้องทดลองคำนวณแรงวิบัติโดยสมมุติแนวการวิบัติเป็นแบบอื่น ในการนี้จะทดลองเลื่อนจุดศูนย์กลางของแนวการวิบัติให้อยู่สูงขึ้นมาจากขอบของฐานราก ดังรูป



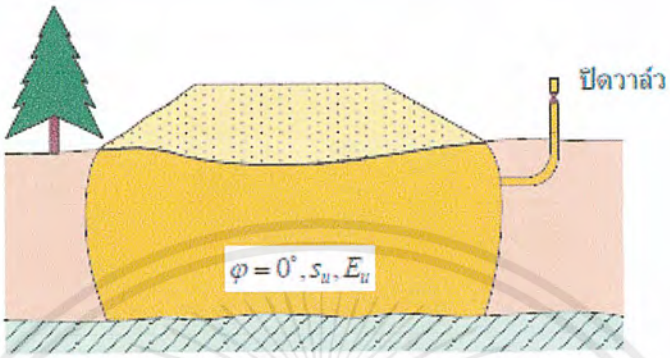
รูปที่ 2.16 แนวการวิบัติที่สมมุติให้จุดหมุนอยู่ที่จุดใดๆ

สมการข้างต้นขึ้นอยู่กับค่ารัศมี R และมุม θ ด้วยวิธีนี้จะได้ค่า $P_u = 5.32Bs_u$ คำตอบที่ถูกต้องของปัญหานี้คือ $P_u = 5.14Bs_u$ ซึ่งเป็นแรงน้อยที่สุดที่ก่อให้เกิดการวิบัติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.9.4.1 ลักษณะของการวิเคราะห์

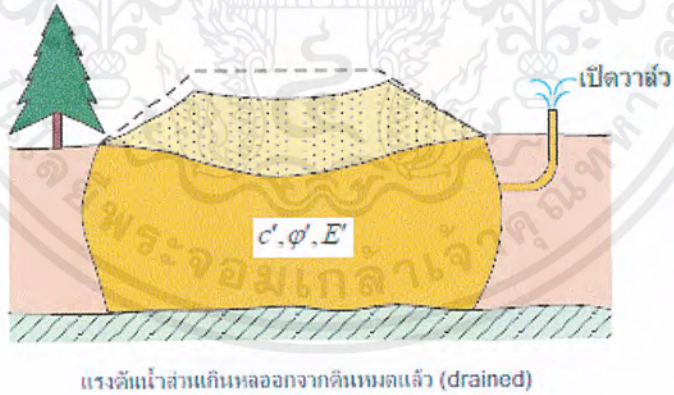
- ในกรณีนี้จะใช้การวิเคราะห์แบบหน่วยแรงประสิทธิผล (Effective stress analysis) – ESA ซึ่งพารามิเตอร์กำลังรับแรงเฉือนของดินที่ใช้ในการวิเคราะห์จะได้จาก unconsolidated drained triaxial test หรือ unconsolidated undraind triaxial test



รูปที่ 2.17 หลักการวิเคราะห์ด้วยหน่วยแรงรวม

- ในกรณี Short – term หรือกรณีที่ดินที่ระบายน้ำได้ช้า (ดินเม็ดละเอียด)

ในกรณีนี้จะใช้การวิเคราะห์แบบหน่วยแรงรวม (Total stress analysis) – TSA ซึ่งพารามิเตอร์กำลังรับแรงเฉือนของดินที่ใช้ในการวิเคราะห์จะได้จากการทดสอบ unconfined compression test, การทดสอบ unconsolidated undrained triaxial test, การทดสอบ filed vane shear test เป็นต้น

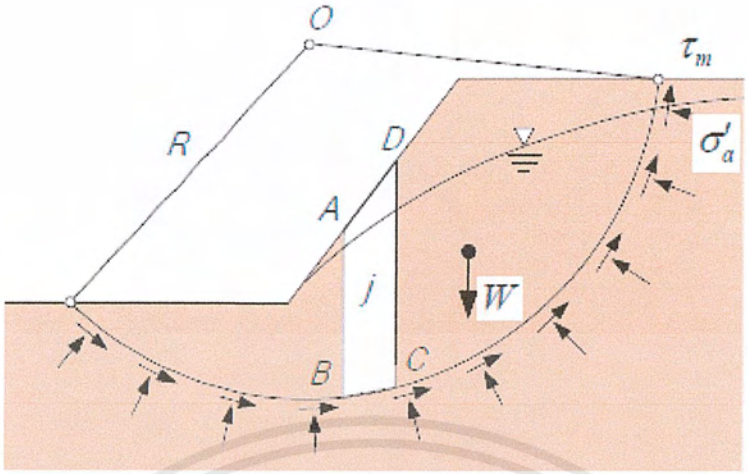


รูปที่ 2.18 หลักการวิเคราะห์ด้วยหน่วยแรงประสิทธิผล

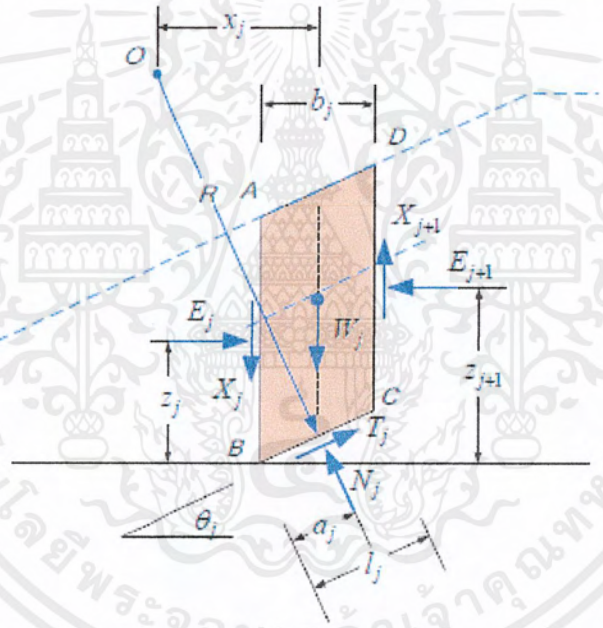
2.9.5. การวิเคราะห์ด้วยการแบ่งดินเป็นแถบย่อย (วิธีของ Bishop)

วิธีของ Bishop (1955) เป็นวิธีที่นิยมใช้ ซึ่งวิธีนี้สามารถคำนวณได้โดยใช้เพียงเครื่องคิดเลขหรือโปรแกรมตารางคำนวณ เช่น Excel วิธีการวิเคราะห์จะสมมุติว่าคันดินวิบัติโดยมีแนวการวิบัติเป็นส่วนของวงกลม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.19 แนวการวิบัติสมมุติ



รูปที่ 2.20 free body diagram เนื่องจากแรงดันดิน

โดยที่

W_j = น้ำหนักของแถบที่ j ซึ่งรวมแรงกระทำจากภายนอกด้วย

E_j = แรงประสิทธิผลในแนวราบระหว่างแถบ

X_j = แรงเฉือนที่กระทำบนแถบ

N'_j = แรงประสิทธิผลที่กระทำต่อระนาบวิบัติ

T_j = แรงเฉือนที่เกิดขึ้นบนระนาบวิบัติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

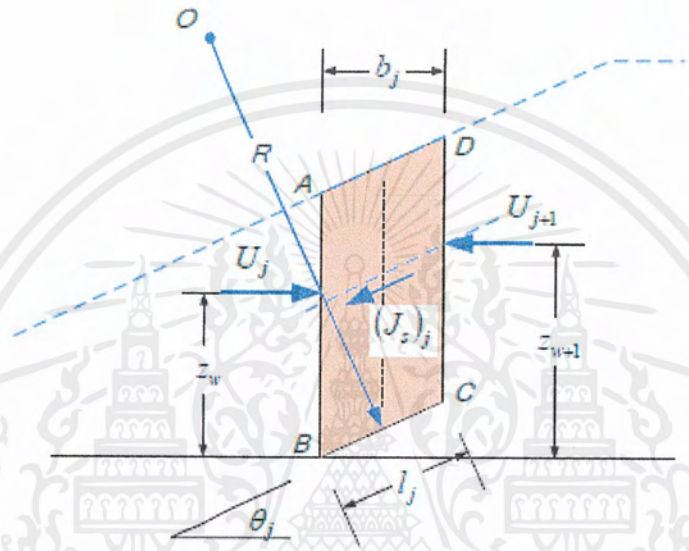
Z_j = ตำแหน่งที่แรง E_j กระทำ

a_j = ตำแหน่งที่แรง N'_j กระทำบนระนาบวิบัติ

b_j = ความกว้างของแถบ

l_j = ความยาวของแถบเมื่อวัดตามแนวเลื่อนไถล

θ_j = มุมของแนวเลื่อนไถลที่กระทำกับแนวราบ



รูปที่ 2.21 free body diagram เนื่องจากแรงดันน้ำ

$(J_s)_j$ = แรงเนื่องจากการไหลของน้ำ (seepage force)

U_j = แรงดันน้ำ

Z_w = ตำแหน่งที่แรงดันน้ำ U_j กระทำ

2.9.6 การวิเคราะห์โดยใช้หน่วยแรงประสิทธิผล (Effective stress analysis -ESA)

การวิเคราะห์ด้วยหน่วยแรงประสิทธิผลนั้นจะเขียนสมการได้โดยอ้างถึงรูป Free body diagram โดยคิดว่าแรงลัพธ์ในแนวดิ่งเท่ากับศูนย์

$$N_j \cos\theta_j + T_j \sin\theta_j - W_j - X_j + X_{j+1} = 0$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อคำนึงผลของแรงดันน้ำ

$$N'_j \cos\theta_j = W_j + X_j - X_{j+1} - T_j \sin\theta_j - u_j l_j \cos\theta_j$$

สัดส่วนปลอดภัยคือหน่วยแรงต้านทานด้วยหน่วยแรงที่เกิดขึ้นในเนื้อดิน หรือเท่ากับแรงต้านทานด้วยแรงที่เกิดขึ้นในเนื้อดิน

$$\mathrm{FS} = \frac{\tau_f}{\tau_m} = \frac{(T_f)_j}{T_j} \qquad \text{สมการที่ 2}$$

เมื่อแทนค่าและจัดรูปสมการใหม่จะได้สมการสำหรับคำนวณสัดส่วนปลอดภัย คือ

$$\mathrm{FS} = \frac{\Sigma\left(W_j(1-r_u) + (X_j - X_{j+1})\right) m_j \tan(\varphi')_j}{\Sigma W_j \sin\theta_j} \qquad \text{สมการที่ 3}$$

โดยที่

$$m_j = \frac{1}{\cos\theta_j + \frac{\tan(\varphi)_j \sin\theta_j}{\mathrm{FS}}}$$

สมการที่ ..สมการก่อน.. คือสมการของ Bishop สำหรับการวิเคราะห์แบบหน่วยแรงประสิทธิผล และ Bishop ได้แสดงให้เห็นว่าถ้าตัดเทอม $X_j - X_{j+1}$ ออก ผลที่ได้จะมีความคลาดเคลื่อนเพียง 1% เท่านั้น ดังนั้นหลังจากที่ตัดเทอม $X_j - X_{j+1}$ เขียนสมการใหม่ได้ดังนี้

$$\mathrm{FS} = \frac{\Sigma\left(W_j(1-r_u)\right) m_j \tan(\varphi')_j}{\Sigma W_j \sin\theta_j} \qquad \text{สมการที่ 4}$$

ซึ่งเป็นสมการสำหรับวิเคราะห์เสถียรภาพของคันดินแบบใช้หน่วยแรงประสิทธิผล ในกรณีที่ดินมี Cohesion สัดส่วนปลอดภัยคำนวณได้จาก

$$\mathrm{FS} = \frac{\Sigma\left(c'b_j + W_j \tan(\varphi')_j\right) m_j}{\Sigma W_j \sin\theta_j} \qquad \text{สมการที่ 5}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.9.7 การวิเคราะห์โดยใช้หน่วยแรงรวม (Total stress analysis – TSA)

สำหรับการวิเคราะห์ด้วยหน่วยแรงรวมจะใช้ในกรณีที่ดินอยู่ในสภาวะที่ไม่ระบายน้ำ และเนื่องจากความยุ่งยากในการคำนวณหาแรงดันน้ำที่เกิดขึ้นจริงในมวลดิน จึงได้รวมหน่วยแรงประสิทธิผลและแรงดันน้ำไว้ด้วยกัน หน่วยแรงเฉือนวิบัติของดินจะไม่ขึ้นกับมุมเสียดทาน ($\varphi = 0$) แต่จะขึ้นอยู่กับค่า undrained shear strength S_u เท่านั้น สัดส่วนปลอดภัยจะเท่ากับ

$$T_j = \frac{(s_u)_j l_j}{\mathrm{FS}}$$ สมการที่ 6

โดย $(S_u)_j$ คือกำลังรับแรงเฉือนแบบไม่ระบายน้ำ (Undrained shear strength) ของดินตรงระนาบวิบัติของแถบย่อยที่ j

$$\mathrm{FS} = \frac{\Sigma(s_u)_j l_j}{\Sigma W_j \sin\theta_j}$$

และจาก $l_j = \frac{b_j}{\cos\theta_j}$ จะได้

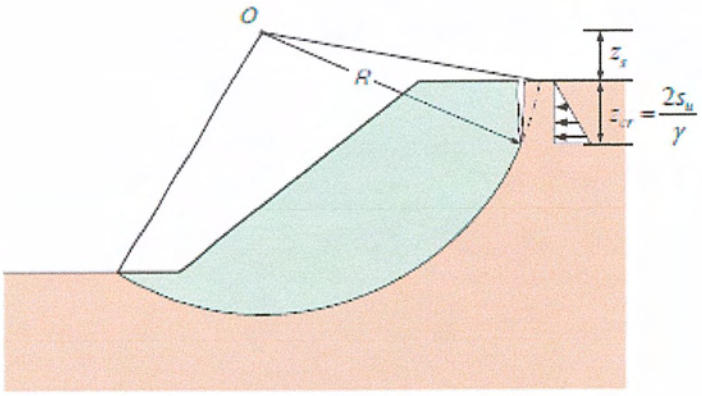
$$\mathrm{FS} = \frac{\Sigma(s_u)_j \frac{b_j}{\cos\theta_j}}{\Sigma W_j \sin\theta_j}$$ สมการที่ 7

ซึ่งเป็นสมการ Bishop's simplified สำหรับการวิเคราะห์เสถียรภาพของคันดินแบบ TSA

2.9.8 รอยแยกเนื่องจากหน่วยแรงดึง (Tension crack)

การเคลื่อนตัวเล็กน้อยทำให้เกิดหน่วยแรงดึงขึ้นในเนื้อดินจึงเกิดรอยแยกขึ้น ดังนั้นถ้าพบรอยแยกเกิดขึ้นบนผิวคันดินนั้นแสดงให้เห็นว่าคันดินเกิดการเคลื่อนตัวขึ้นจนเกิดหน่วยแรงดึงขึ้นในมวลดินแล้ว ลักษณะรอยแยกอีกแบบหนึ่งก็คือรอยแยกที่เกิดขึ้นเนื่องจากการหดตัวของดินเนื่องจากการสูญเสียน้ำในดิน (Desiccation crack) ซึ่งรอยแยกในดินจะทำให้ดินขาดความต่อเนื่องดังนั้นดินจึงเริ่มวิบัติจากปลายของรอยแยก และรอยแยกนี้จะเป็นช่องทางให้น้ำไหลผ่านเข้าไปในคันดินได้สะดวกขึ้นซึ่งถ้ามีน้ำขังอยู่ในรอยแยก จะทำให้เกิดแรงดันด้านข้างกระทำต่อมวลดินเพิ่มขึ้น ซึ่งทำให้เสถียรภาพของคันดินลดลง ความลึกของรอยแยกนี้ขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายประการได้แก่ ชนิดของดิน ปริมาณความชื้นในดิน และขนาดของการเคลื่อนตัวของดินที่จะก่อให้เกิด tension crack ซึ่ง อ.วรากร ได้รายงานว่า "ในทางปฏิบัติจะพบรอยแยกมีความลึกระหว่าง 0.5 ถึง 2 เมตร"

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.22 รอยแยกที่เกิดขึ้นบนลาดคันดิน

เมื่อคำนึงถึงรอยแยกที่เกิดขึ้นในดินสมการที่ใช้ในการคำนวณสัดส่วนปลอดภัยจะเป็น

$$FS = \frac{\Sigma W_j (1 - r_u)(\tan\theta'_j) m_j}{\Sigma W_j \sin\theta_j + \dfrac{\frac{1}{2}\gamma_w z_{cr}^2 \left(z_s + \frac{2}{3} z_{cr}\right)}{R}}$$

$$FS = \frac{\Sigma (s_u)_j \dfrac{b_j}{\cos\theta_j}}{\Sigma W_j \sin\theta_j + \dfrac{\frac{1}{2}\gamma_w z_{cr}^2 \left(z_s + \frac{2}{3} z_{cr}\right)}{R}}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.9.9 สัดส่วนความปลอดภัย

Class	Cutting type	(A) Comprehensive site investigation b	(B) Cursory site investigation c
1	Road cutting or cutting in remote area where probability of life at risk, owing to failure, is small	1.1	1.2
2	Road cutting on main arterial route where main line communications can be cut and risk to life is possible	1.2	1.3
3	Areas adjacent to buildings where failure would affect stability of building, e.g. car park. Risk to life significant	1.2	1.4
4	Cuts adjacent to buildings where failure could result in collapse of building. Risk to life very great	1.4	Not applicable

ตารางที่ 2.7 Recommended factors of safety for slope stability analysis in residual soil region (Fang 1990)

2.9.10 ตัวอย่างการวิเคราะห์เสถียรภาพของลาดคันดิน

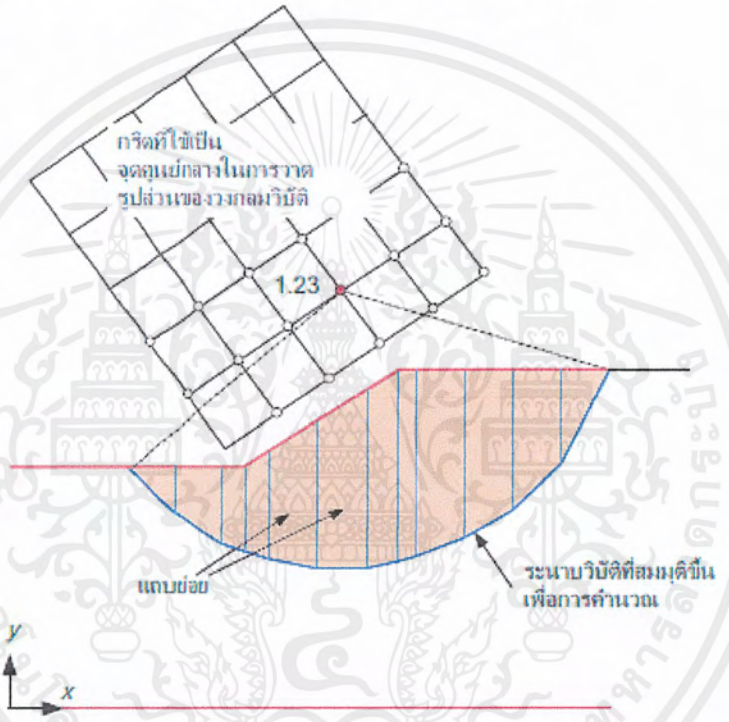
การวิเคราะห์เสถียรภาพของคันดินด้วยวิธีของ Bishop มีขั้นตอนดังนี้

1. วาดรูปคันดินโดยใช้เสกลที่เหมาะสม และระบุขนาดและตำแหน่งของแรงที่กระทำต่อคันดินไว้ด้วย
2. ทดลองเขียนแนววิบัติของคันดินที่เป็นส่วนโค้งของวงกลม และหาจุดศูนย์กลางของการหมุน
3. ถ้าคำนึงถึงผลเนื่องจากระดับน้ำใต้ดิน ให้เขียนเส้นแสดงระดับน้ำใต้ดินไว้ด้วย
4. ในกรณีที่เป็นดินเหนียวและคิดผลเนื่องจาก tension crack ให้คำนวณความลึกของ tension crack และเขียนตำแหน่งที่เป็นไปได้ของ tension crack ไว้ในรูปคันดิน
5. แบ่งดินที่อยู่เหนือแนววิบัติเป็นแถบย่อย อย่างน้อยที่สุด 5 แถบย่อย
6. ในแต่ละแถบย่อย
   a) วัดความยาว b_j
   b) คำนวณน้ำหนักของแถบย่อย W_j ซึ่งจะต้องรวมแรงภายนอกที่กระทำต่อคันดินด้วย
   c) วัดมุม θ_j ที่กระทำกับแนวราบโดยมุมที่อยู่ทางซ้ายของศูนย์กลางการหมุนจะเป็นลบ (ความชันที่เป็นลบจะให้มุม θ_j ที่เป็นลบ)
   d) วาดเส้น equipotential โดยเริ่มจากจุดตัดของเส้นกึ่งกลางของแถบย่อยกับแนวการวิบัติไปตั้งฉากกับเส้นผิวน้ำ ระยะในแนวดิ่งระหว่างจุดสองจุดนี้คือ pore water pressure head $(Z_w)_j$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

e) คำนวณอัตราส่วนแรงดันน้ำ $(r_u)_j = \gamma_w (z_w)_j / \gamma_j z_j$

7. คำนวณสัดส่วนปลอดภัย เนื่องจากในสมการติดค่า FS อยู่ทั้งสองข้าง การคำนวณจึงเป็นการทดลองเลือกค่า FS ขึ้นมาค่าหนึ่งจากนั้นแทนค่าลงในสมการข้างขวา จะได้คำตอบของสมการอยู่ทางด้านซ้าย ให้ทำเช่นนี้ไปจนกระทั่งค่า FS ใหม่กับ FS เดิมแตกต่างกันไม่เกิน 0.01
8. ทำข้อ 2 ถึงข้อ 7 ใหม่โดยทดลองเปลี่ยนตำแหน่งของจุดหมุนและรัศมีของการวิบัติจนกระทั่งได้จุดศูนย์กลางและรัศมีที่ให้ค่าสัดส่วนปลอดภัยต่ำสุด ซึ่งเทคนิคง่ายเทคนิคหนึ่งคือ เขียนกริดที่ใช้ทดลองเลือกจุดศูนย์กลางของแนวการวิบัติ โดยในการคำนวณจะให้จุดศูนย์กลางของการหมุนอยู่บนจุดตัดของกริด และหาค่าต่ำสุดที่เกิดขึ้นบนกริด ดังรูป

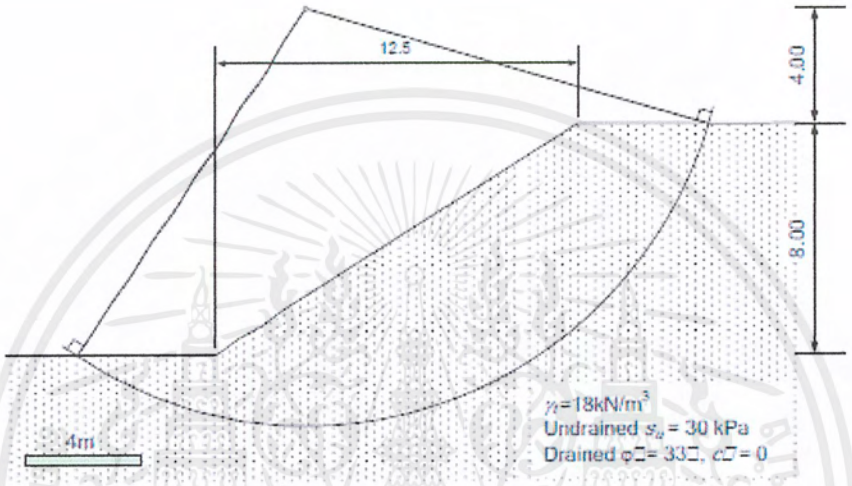


รูปที่ 2.23 วิธีสร้างกริดเพื่อใช้หาจุดศูนย์กลางของส่วนโค้งที่ทำให้สัดส่วนปลอดภัยต่ำสุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

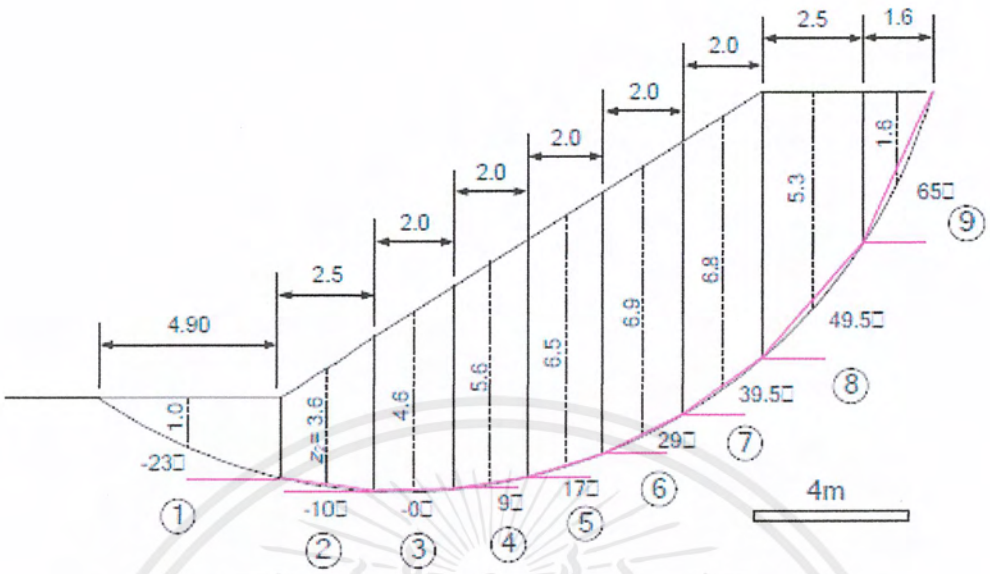
ตัวอย่างที่ 1 – จงวิเคราะห์สัดส่วนปลอดภัยของคันดินดังรูป โดยสมมุติว่าดินเหนียวระดับน้ำอิ่มตัวด้วยน้ำโดยทำการคำนวณ 3 กรณีคือ

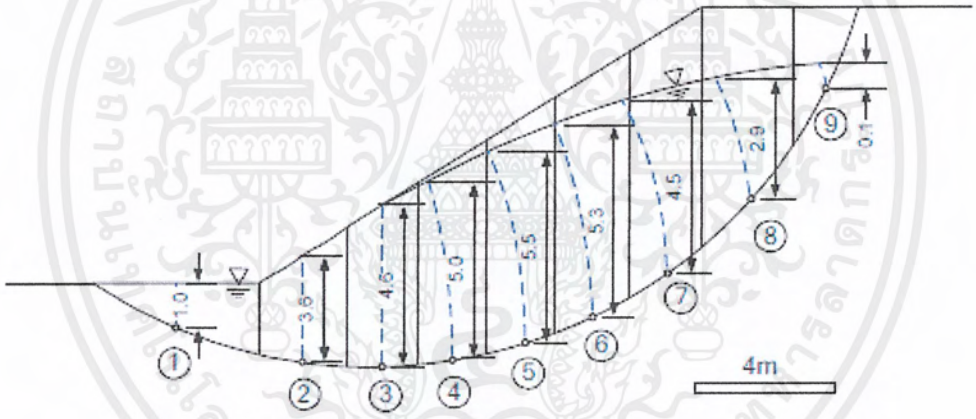
a) คำนวณโดยไม่คิด tension crack
b) คำนวณโดยคิด tension crack
c) คำนวณโดยคิด tension crack และใน tension crack มีน้ำบรรจุอยู่



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทำการแบ่งดินเป็นแถบย่อย





เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Simplified Bishop's method of slices _ single soil

ESA
friction angle= 33 deg
0.575959 rad

TSA
s_u = 30 kPa

$$m_j = \frac{1}{\cos\theta + \frac{\tan\varphi \sin\theta}{FS}}$$

FS_assume tan(phi)/FS
1.06 0.613

A) เมื่อไม่คิดว่าดินเกิดรอยแยกขึ้น

Slice no.	b (m)	z (m)	W=γbz	z_w (m)	$r_u=u_j b_j/W_j$	θ (deg)	m_j	W sin θ	ESA $W(1-r_u)\tan(\phi)m_j$	TSA $s_u b/\cos(\theta)$
1	4.90	1.00	88.2	1.0	0.55	-23	1.468	-34.46	38.3	159.7
2	2.50	3.60	162	3.6	0.55	-10	1.138	-28.13	54.5	76.2
3	2.00	4.60	165.6	4.6	0.55	0	1.000	0.00	48.9	60.0
4	2.00	5.60	201.6	5.0	0.49	9	0.923	31.54	62.0	60.7
5	2.00	6.50	234	5.5	0.46	17	0.881	68.41	72.1	62.7
6	2.00	6.90	248.4	5.3	0.42	29	0.854	120.43	80.0	68.6
7	2.00	6.80	244.8	4.5	0.36	39.5	0.861	155.71	87.5	77.8
8	2.50	5.30	238.5	2.9	0.30	49.5	0.897	181.36	97.5	115.5
9	1.60	1.60	46.08	0.1	0.03	65	1.023	41.76	29.6	113.6
								536.62	570.4	794.8
								FS =	1.06	1.48

ตารางที่ 2.8 ผลการคำนวณด้วยวิธีการแบ่งดินออกเป็นแถบย่อย กรณีที่ 1 ไม่คำนึงถึง tension crack

ESA
friction angle= 33 deg
0.575959 rad

TSA
s_u = 30 kPa

FS_assume tan(phi)/FS
1 0.649

B) เมื่อพิจารณารอยแยกในดินด้วย (with tension crack)

Slice no.	b (m)	z (m)	W=γbz	z_w (m)	$r_u=u_j b_j/W_j$	θ (deg)	m_j	W sin θ	ESA $W(1-r_u)\tan(\phi)m_j$	TSA $s_u b/\cos(\theta)$
1	4.90	1.00	88.2	1.0	0.55	-23	1.500	-34.46	39.1	159.7
2	2.50	3.60	162	3.6	0.55	-10	1.147	-28.13	54.9	76.2
3	2.00	4.60	165.6	4.6	0.55	0	1.000	0.00	48.9	60.0
4	2.00	5.60	201.6	5.0	0.49	9	0.918	31.54	61.7	60.7
5	2.00	6.50	234	5.5	0.46	17	0.872	68.41	71.4	62.7
6	2.00	6.90	248.4	5.3	0.42	29	0.841	120.43	78.8	68.6
7	2.00	6.80	244.8	4.5	0.36	39.5	0.844	155.71	85.8	77.8
8	2.50	5.30	238.5	2.9	0.30	49.5	0.875	181.36	95.1	115.5
9	1.60	1.60	46.08	0.1	0.03	65	0.989	41.76	0.0	0.0
								536.62	535.8	681.2
								FS =	1.00	1.27

ตารางที่ 2.9 คำนวณโดยคิด กรณีที่ 2 คำนึงถึง tension crack

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ESA

friction angle= 33 deg

0.575959 rad

TSA

s_u = 30 kPa

$z_{cr} = 2c_u/\gamma$ 3.33 m

z_s = 4.00 m

รัศมีระนาบวิบัติ 14.30 m

C) รอยแยกในดินมีน้ำบรรจุอยู่

FS_assume tan(phi)/FS

0.95 0.684

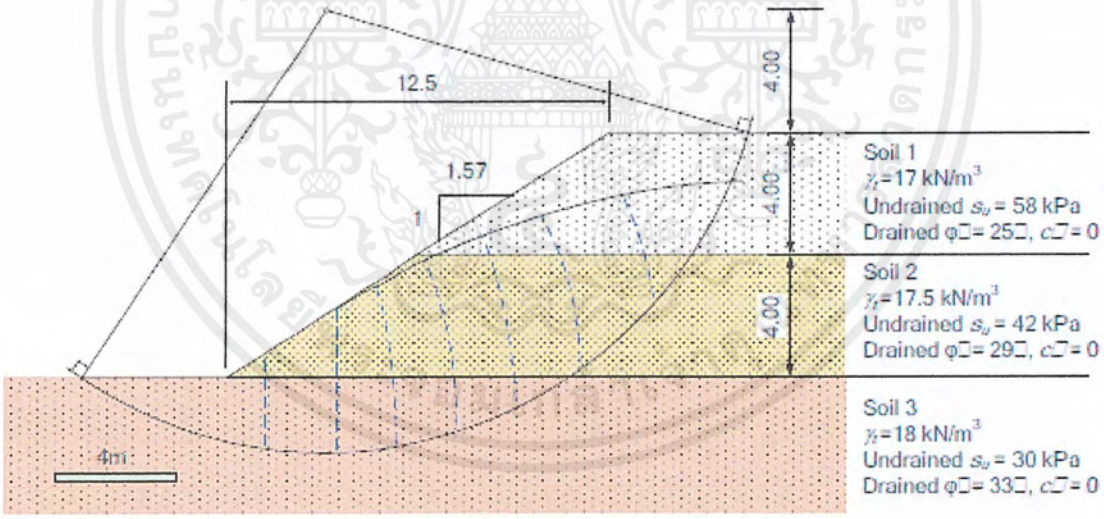
Slice no.	b (m)	z (m)	$W=\gamma bz$	z_w (m)	$r_u=u_j b_j/W_j$	θ (deg)	m_j	$W \sin\theta$	ESA $W(1-r_u)\tan(\phi)m_j$	TSA $c_u b/\cos(\theta)$
1	4.90	1.00	88.2	1.0	0.55	-23	1.530	-34.46	39.9	159.7
2	2.50	3.60	162	3.6	0.55	-10	1.155	-28.13	55.3	76.2
3	2.00	4.60	165.6	4.6	0.55	0	1.000	0.00	48.9	60.0
4	2.00	5.60	201.6	5.0	0.49	9	0.914	31.54	61.4	60.7
5	2.00	6.50	234	5.5	0.46	17	0.865	68.41	70.8	62.7
6	2.00	6.90	248.4	5.3	0.42	29	0.829	120.43	77.8	68.6
7	2.00	6.80	244.8	4.5	0.36	39.5	0.829	155.71	84.2	77.8
8	2.50	5.30	238.5	2.9	0.30	49.5	0.855	181.36	93.0	115.5
9	1.60	1.60	46.08	0.1	0.03	65	0.960	41.76	0.0	0.0
							$\Sigma(W \sin\theta)$	536.62	531.3	681.2
								560.79		
							FS =	0.95		1.21

$$\Sigma W_j \sin\theta_j + \frac{\frac{1}{2}\gamma_w z_{cr}^2\left(z_s + \frac{2}{3}z_{cr}\right)}{R}$$

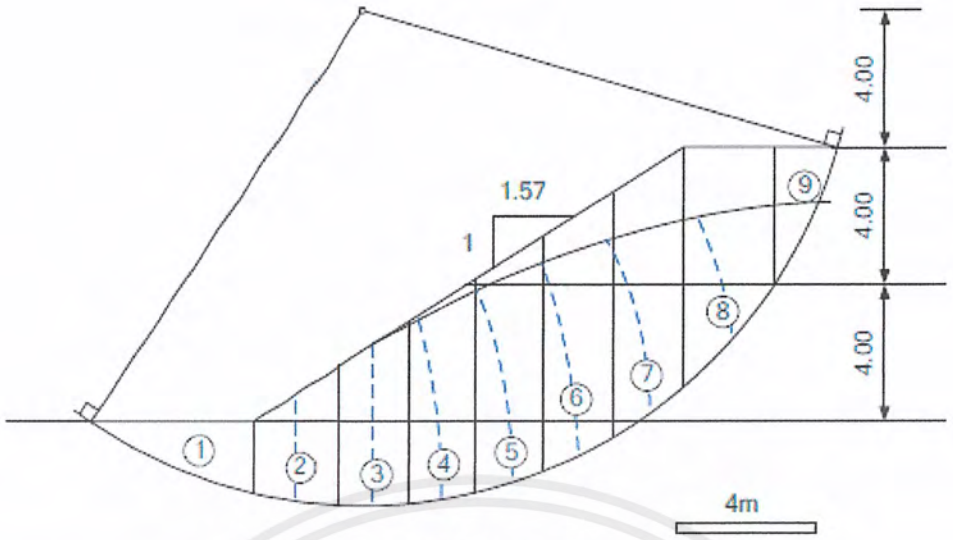
ตารางที่ 2.10 คำนวณโดยคิด tension crack และใน tension crack มีน้ำบรรจุอยู่

ตัวอย่างที่ 2 การวิเคราะห์เสถียรภาพของคันดินสำหรับชั้นดินหลายชั้น

จงวิเคราะห์เสถียรภาพของคันดินที่กำหนดให้ดังรูป



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



Simplified Bishop's method of slices
Multi layered soil

ESA	soil1	soil2	soil3	
gamma_w=	9.8			kN/m^3
gamma_sat=	18	17.5	17	kN/m^3
friction angle=	33	29	25	deg
	0.576	0.506	0.436	rad

TSA

c_u =	30	42	58	kPa

Iteration 1 — FS_assumed 1.01

Slice no.	b (m)	z_1 (m)	z_2 (m)	z_3 (m)	$W=\gamma bz$	z_w (m)	$r_u=u_i b_i/W_i$	θ (deg)	m_i	$W \sin\theta$	ESA $W(1-r_u)*\tan(\phi)*m_i$	TSA $c_u*b/\cos(\theta)$
1	4.90	1.00	0.00	0.00	88.20	1.0	0.55	-23	1.494	-34.46	38.9	159.7
2	2.50	2.30	1.30	0.00	160.38	3.6	0.55	-10	1.145	-27.85	53.6	76.2
3	2.00	2.40	2.20	0.00	163.40	4.6	0.55	0	1.000	0.00	47.5	60.0
4	2.00	2.00	3.60	0.00	198.00	5.0	0.50	9	0.919	30.97	59.6	60.7
5	2.00	0.90	4.10	1.50	226.90	5.5	0.48	17	0.874	66.34	67.5	62.7
6	2.00	0.80	4.10	2.00	240.30	5.3	0.43	29	0.843	116.50	74.6	68.6
7	2.00	0.00	3.70	3.10	234.90	4.5	0.38	39.5	0.892	149.41	72.5	108.9
8	2.50	0.00	1.50	3.80	227.13	2.9	0.31	49.5	0.937	172.71	81.1	161.7
9	1.60	0.00	0.00	1.60	43.52	0.1	0.04	65	1.189	39.44	23.3	219.6
										513.07	518.7	978.1
										FS =	1.01	1.91

ตารางที่ 2.11 ผลการคำนวณตัวอย่างที่ 2

จากผลการคำนวณพบว่าคันดินนี้มีค่าสัดส่วนปลอดภัยเท่ากับ 1.01 เมื่อวิเคราะห์ด้วยวิธี ESA และเท่ากับ 1.91 เมื่อวิเคราะห์ด้วยวิธี TSA

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.9.11. การวิเคราะห์ด้วยวิธีไฟไนท์อิลิเมนต์

การวิเคราะห์เสถียรภาพของคันดินด้วยวิธีนี้เป็นวิธีที่ค่อนข้างจะใหม่ ซึ่งในการประยุกต์ใช้ผู้ใช้จะต้องมีความรู้พื้นเกี่ยวกับแบบจำลอง ซึ่งในระดับนี้จะได้กล่าวถึงเฉพาะการนำไปประยุกต์ใช้เท่านั้นซึ่งผู้ที่สนใจอาจจะศึกษาเพิ่มเติมได้ในระดับที่สูงกว่านี้ ซึ่งผลที่ได้จากการวิเคราะห์จะไม่แตกต่างจากผลที่ได้จากการวิเคราะห์ด้วยวิธี Limit equilibrium

จากข้อมูลรูปร่างของคันดิน ข้อมูลดิน และสาเหตุของการวิบัติซึ่งเกิดจากการที่น้ำไหลผ่านโพรงในเนื้อดินทำให้ดินอิ่มตัวไปด้วยน้ำจึงได้นำมาวิเคราะห์ใช้วิธีไฟไนท์อิลิเมนต์ ซึ่งในบทความนี้จะใช้โปรแกรม PLAXIS ในการคำนวณสัดส่วนความปลอดภัยของคันดิน ซึ่งวิธีไฟไนท์อิลิเมนต์นี้จะแตกต่างจากวิธี Limit equilibrium ตรงที่ไม่จำเป็นต้องสมมุติแนวการวิบัติขึ้นมาก่อน สำหรับผลลัพธ์ที่ได้จะเท่ากับวิธี limit equilibrium ซึ่งได้จากสมมุติแนวการวิบัติเป็นส่วนของวงกลม (Brinkgreve and Vermeer 1998 ; Roscience 2004) หลักการโดยสังเขปของวิธีวิเคราะห์ด้วยไฟไนท์อิลิเมนต์คือการค่อยๆลดกำลังรับแรงเฉือนของดินด้วยตัวคูณรวมดังสมการ

$$\Sigma Msf = \frac{\tan\varphi_{\text{input}}}{\tan\varphi_{\text{reduced}}} = \frac{c_{\text{input}}}{c_{\text{reduced}}}$$ สมการที่ 8

เมื่อเริ่มการคำนวณ ถูกตั้งค่าไว้ที่ 1.0 หลังจากที่กำลังรับแรงเฉือนของดินค่อยๆลดลงจจนกระทั่งเกิดการวิบัติแล้วค่าสัดส่วนความปลอดภัยจะคำนวณได้โดยใช้สมการ

$$\text{FS} = \frac{\text{available strenth}}{\text{strength at failure}} = \Sigma Msf_{\text{at failure}}$$ สมการที่ 9

วิธีที่ได้กล่าวมาในข้างต้นได้ถูกนำมาใช้วิเคราะห์เสถียรภาพของคันดิน โดยจะแบ่งเนื้อดินซึ่งมีความต่อเนื่องออกเป็นอิลิเมนต์ย่อยๆที่มี 15 จุดต่อสำหรับคำนวณการเคลื่อนตัว (15-node elemnt) จากนั้นคำนวณหน่วยแรงกดทับเนื่องจากน้ำหนักของดิน สำหรับแบบจำลองของดินจะใช้แบบจำลอง Mohr-Coulomb โดยพารามิเตอร์ของดินจะใช้ข้อมูลที่ได้จากการทดสอบในห้องปฏิบัติการ การวิเคราะห์เพื่อหาสาเหตุของการวิบัติจะใช้การวิเคราะห์แบบหน่วยแรงรวมโดยสมมุติให้ดินอิ่มตัวไปด้วยน้ำการวิเคราะห์ได้จำลองขั้นตอนการก่อสร้างออกเป็น 3 ระยะคือ

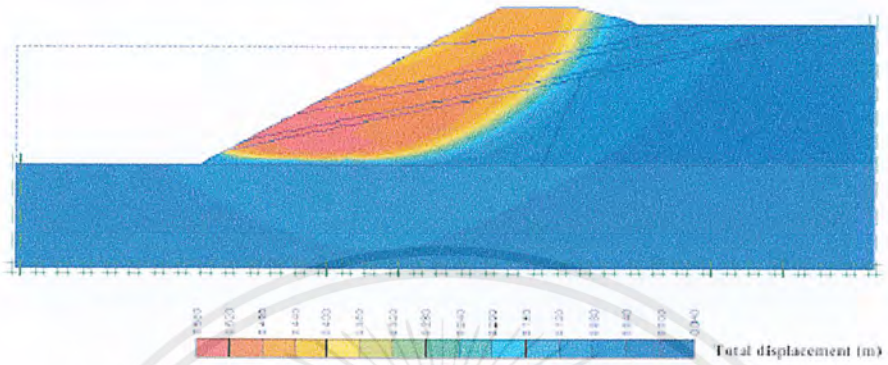
ระยะที่ 1 เป็นการคำนวณหน่วยแรงในมวลดินตามสภาพธรรมชาติ (In-situ stress) ก่อนที่จะมีการขุดดินขึ้นไปถมเป็นคันดิน

ระยะที่ 2 เป็นการจำลองการขุดดินและการถมเพื่อก่อสร้างคันดิน โดยการขุดจะจำลองโดยการลบอิลิเมนต์ออก และการถมจะเป็นการเพิ่มอิลิเมนต์เข้าไปในแบบจำลอง

ระยะที่ 3 เป็นการวิเคราะห์เสถียรภาพของคันดินโดยการค่อยๆลดกำลังรับแรงเฉือนนของดินลงจนเกิดการวิบัติขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการวิเคราะห์เสถียรภาพของคันดินแสดงในรูปของการเคลื่อนตัวของดิน ในรูปจะเห็นได้ว่าแนวการวิบัติของคันดินที่ได้จากการคำนวณเป็นส่วนโค้งของวงกลมโดยที่มีเส้นสัมผัสอยู่ที่ชั้นดินดาน ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบแนวการวิบัติที่ได้จากแบบจำลองไฟไนท์อิลิเมนต์ กับแนวการวิบัติที่ประมาณจากผลการตรวจวัด พบว่ามีรูปแบบที่ใกล้เคียงกัน



รูปที่ 2.24 แถวการวิบัติที่ได้จากการจำลองด้วยวิธีไฟไนท์อิลิเมนต์ พิจารณาจากการเคลื่อนตัวของคันดิน

2.9.12 แนวทางปฏิบัติในการขุดและถมคันดินสำหรับกักเก็บน้ำ

แนวทางปฏิบัติในการขุดดินและก่อสร้างคันดินสำหรับกักเก็บน้ำที่เสนอไว้โดย (CVRG 2000) แบ่งได้เป็นสามหมวดหมู่ได้แก่

2.9.12.1 การขุดดินและถมคันดิน

ขั้นตอนการปฏิบัติการขุดและก่อสร้างคันดินถมมีดังนี้

- วางแนวที่จะก่อสร้าง – โดยระบุตำแหน่งของจุดที่จะขุด และตำแหน่งของจุดที่จะถมทำเป็นคันดิน
- ขุดลอกพืชที่ปกคลุมดินออก – ลอกพืชและวัชพืชออกให้หมด รวมทั้งรากและตอของต้นไม้ด้วย การลอกจะต้องครอบคลุมบริเวณที่จะก่อสร้างทั้งหมดและเลยออกไปอีกด้านละ 0.5 เมตร
- ลอกหน้าดิน – ลอกเอาหน้าดินตรงจุดที่ต้องการขุดหรือถมออกไปเก็บไว้ที่แหล่งกองเก็บที่ห่างออกไปจากจุดที่ทำการก่อสร้าง เพื่อที่จะนำมาปกคลุมคันดินก่อนปลูกหญ้าคลุมดินในขั้นตอนสุดท้าย ความหนาของชั้นดินที่ต้องลอกออกขึ้นอยู่กับสภาพของชั้นดินหน้างาน
- เตรียมชั้นดินรองพื้น (subgrade) – ในการก่อสร้างคันดินจะต้องแบ่งชั้นดินเป็นชั้นย่อย แล้วทำการบดอัดดินให้แน่นทีละชั้น ก่อนที่จะเริ่มถมดินลงบนดินเดิมที่ลอกหน้าดินออกแล้วจะต้องขุดผิวหน้าดินอย่างน้อย 150 มิลลิเมตร และเมื่อจะทำการถมชั้นดินใหม่บนชั้นดินที่บดอัดแล้ว ถ้าพบว่าผิวของชั้นดินที่บดอัดแล้วแห้งหรือแตกระแหงให้ขุดผิดดินอย่างน้อย 50 มิลลิเมตร ใต้ผิวดินที่แตกระแหง จากนั้นจึงผสมน้ำและคลุกดินก่อนทำการบดอัก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- สร้างส่วนทึบน้ำด้วยดินเหนียว (Clay cut-off) – สร้างส่วนทึบน้ำโดยให้มีส่วนฝังลงในชั้นดินด้านล่างเพื่อลดปริมาณการไหลของน้ำ ส่วนทึบน้ำนี้จะมีค่าสัมประสิทธิ์การซึมผ่านต่ำกว่าดินที่ใช้ทำคันดินซึ่งมักจะมีรอยแยก (Fissures) และรูตาน้ำใหญ่ (Large pore)
- บดอัดเพื่อสร้างคันดิน – ผู้ออกแบบจะต้องควบคุมการก่อสร้าง หรือ ระบุว่ามีสิ่งใดบ้างที่จะต้องควบคุม ซึ่งจะทำให้มั่นใจได้ว่า ปริมาณน้ำในดินเหมาะสมของดินที่กำลังบดอัดนั้นถูกต้อง และได้มาตรฐาน
- ลดการถูกกัดเซาะ – คันดินด้านที่ใช้กักเก็บน้ำ คลื่นที่เกิดจากลมอาจกัดเซาะผิวของลาดคันดิน ถึงแม้ว่าจะใช้ความชันที่เหมาะสมแล้วก็ตาม สำหรับคันดินที่มีลาดชันมากให้ใช้ปูนขาว (Hydrated Lime) ผสมและบดอัดหนา 200 มิลลิเมตร โดยใช้ปูนขาว 2 ถึง 3 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก ถ้าเป็นคันดินได้ส่วนที่ไม่กักเก็บน้ำให้ใช้หน้าดินหนา 100 ถึง 150 มิลลิเมตรปกคลุม จะป้องกันการกัดเซาะหน้าดินและป้องกันการแตกระแหง สำหรับคันดินด้านบนควรจะปกคลุมด้วยหน้าดิน
- ปกคลุมคันดินด้วยหน้าดินและปลูกหญ้า – คันดินที่สร้างเสร็จแล้วจะต้องปลูกหญ้าที่โตและแพร่พันธุ์เร็ว โดยอาจผสมยิบซัมลงในดินเพื่อปรับปรุงดิน จะต้องไม่ปลูกต้นไม้บนคันดินหรือใกล้คันดิน

2.9.12.2. หลีกเลี่ยงความเสี่ยงต่อการวิบัติของคันดินในขั้นตอนการก่อสร้าง

- การไหลซึมผ่านของน้ำมักจะเกิดจากการบดอัดที่ไม่ดี ซึ่งดินที่นำมาใช้อาจเป็นดินที่เหมาะสมกับการทำคันดินกันน้ำ แต่การบดอัดที่ไม่ดีอาจทำให้เกิดชั้นดินที่มีคุณภาพไม่ดีซึ่งอาจก่อให้เกิดความเสี่ยงต่อการไหลซึมผ่านของน้ำที่มากจนเกินไปจนทำให้เขื่อนพังได้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในดินเหนียวกระจายตัว

กรณีศึกษา การวิบัติของเขื่อนลำมูลบน อ. ครบุรี จ. นครราชสีมา – (วราภร –)
เขื่อนลำมูลบนเป็นเขื่อนดินที่เป็นเนื้อเดียว (Homogeneous) สูง 32 เมตร วิบัติในเดือนตุลาคม 2533 โดยเกิดรูรั่วทำให้น้ำไหลออกทางด้านตีนเขื่อน 2 แห่ง พัดพาเอาดินตะกอนออกมา 2 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที การแก้ไขใช้เวลา 10 วันจึงควบคุมปริมาณน้ำที่รั่วออกมาได้ ซึ่งการซ่อมแซมแก้ไขใช้งบประมาณกว่า 300 ล้านบาท เมื่อเทียบกับราคาค่าก่อสร้างครั้งแรกราว

- จุดที่มีความเสี่ยงที่อาจเกิดการรั่วซึมได้แก่ – จุดที่มีน้ำไหลออก,พื้นที่ใต้อ่าง,ชั้นดินพรุนที่อยู่ใต้อ่าง เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.9.12.3. การควบคุมการบดอัด

- การบดอัดที่จะให้ผลดีนั้นจะต้องให้ดินมีความหนาแน่นแห้งอยู่ระหว่าง 92 ถึง 95 เปอร์เซ็นต์ของความหนาแน่นแห้งของดินบดอัดในห้องปฏิบัติการ โดยให้ปริมาณน้ำในดินอยู่ที่ระหว่างปริมาณน้ำในดินเหมาะสม (SOMC) บวก 2 เปอร์เซ็นต์

- ถ้าดินเหนียวมีปริมาณน้ำในดินอยู่ระหว่าง SOMC + 2% ถึง SOMC + 3% ความหนาแน่นแห้งอาจลดลงเหลือเพียง 92 เปอร์เซ็นต์ของความหนาแน่นแห้งของดินบดอัดในห้องปฏิบัติการ

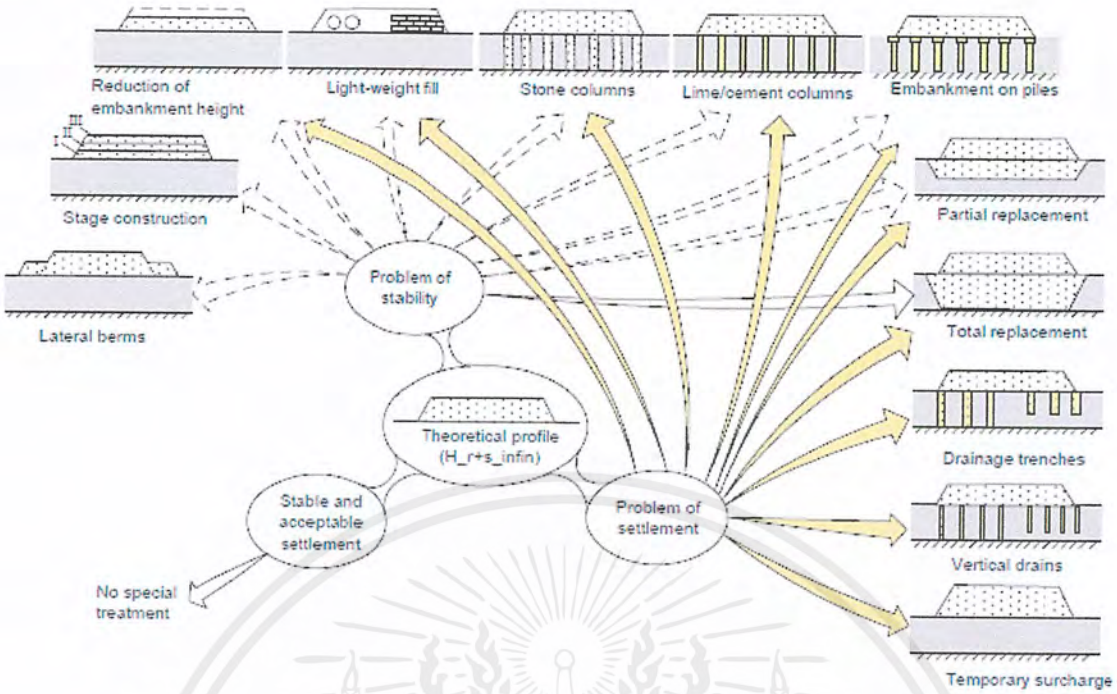
- ในการบดอัดจะต้องแบ่งดินเป็นชั้นย่อย โดยความหนาของชั้นดินย่อยจะต้องเหมาะสมกับอุปกรณ์ที่ใช้บดอัด

- ในการควบคุมคุณภาพการบดอัดในสนามนิยมใช้วิธีการทดสอบความหนาแน่นห้องของดินที่บดอัดแล้วด้วยวิธีกรวยทราย ถ้าความหนาแน่นแห้งของดินที่บดอัดไม่เป็นไปตามข้อกำหนดต้องทำการแก้ไขและทดสอบใหม่

2.9.13 การก่อสร้างคันดินบนดินเหนียวอ่อน

ถ้าในการก่อสร้างคันดินนั้นถ้าสามารถถมคันดินบนดินเหนียวได้โดยไม่เกิดการวิบัติ (ดินเหนียวสามารถต้านทานหน่วยแรงกดเนื่องจากน้ำหนักคันดินเดิมได้) และการทรุดตัวเกิดขึ้นทันที เราสามารถก่อสร้างคันดินได้โดยถมจนถึงความสูงที่ต้องการโดยไม่ต้องใช้มาตรการพิเศษใดๆ แต่ถ้า bearing capacity ของดินไม่เพียงพอหรือการทรุดตัวของคันดินนั้นเกิดช้ามาก อาจต้องใช้วิธีปรับปรุงการก่อสร้าง ซึ่งบางวิธีเป็นการปรับปรุงเสถียรภาพของคันดิน และบางวิธีเป็นการเร่งการทรุดตัวเนื่องจาก consolidation หรือลดการทรุดตัวที่เกิดขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.25 แนวทางการแก้ไขปัญหาเนื่องจากเสถียรภาพและปัญหาเนื่องจากการทรุดตัวของ Embankment ที่สร้างบนดินเหนียวอ่อน (Lerpueil, Magnan et al. 1990)

ในทางปฏิบัติ วิธีที่ระบุในรูปแบ่งได้ 3 กลุ่ม

- กลุ่มแรกใช้วิธีเปลี่ยนแปลงโครงการ – ได้แก่วิธีการลดความสูงของคันดินลง หรือย้ายตำแหน่งของคันดินให้อยู่บนชั้นดินเหนียวอ่อนที่ไม่หนามาก ซึ่งวิธีนี้เป็นวิธีที่ดีที่สุด (ถ้าเป็นไปได้)
- กลุ่มที่สอง เป็นวิธีไม่จำเป็นจะต้องใช้ ผู้รับเหมาที่มีความชำนาญ (specialist subcontractor) ซึ่งเป็นวิธีที่ต้องใช้เวลาเพิ่มขึ้น (การแบ่งการถมเป็นชั้นและปล่อยให้ทรุดตัว) หรือต้องใช้วัสดุเพิ่มขึ้น (ใช้ lateral berm, การรื้อดินเหนียวอ่อนออกและถมกลับด้วยวัสดุที่ดีกว่าทั้งหมดหรือบางส่วน) การใช้ drainage trench เป็นงานที่ต้องควบคุมการก่อสร้างอย่างดี แต่ผู้รับเหมาที่ไม่มีความชำนาญก็สามารถทำได้ การลดน้ำหนักของคันดินโดยการทำให้เกิดช่องว่างในคันดิน หรือใช้วัสดุมวลเบา (light-weight material) เป็นวัสดุสำหรับคันดิน ซึ่งวิธีเหล่านี้ทำให้ราคาค่าก่อสร้างสูงขึ้น
- กลุ่มที่สาม เป็นวิธีที่จะต้องใช้ผู้รับเหมาที่มีความชำนาญในงานลักษณะนั้นเป็นพิเศษ ได้แก่ การใช้วิธี Stone column, lime or cement column, เสาเข็ม หรือการใช้ vertical drains

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

ขั้นตอนการออกแบบ

ขั้นตอนการออกแบบ

3.1 ศึกษาแบบก่อสร้างถังบำบัดน้ำเสียส่วนกลางของโครงการ

3.2 ขั้นตอนการเก็บข้อมูล

3.2.1 การเก็บข้อมูลในสนาม

3.2.1.1 การขุดบ่อตรวจสอบ (Test pit)

การขุดบ่อสำรวจ (Test pit)

วัตถุประสงค์

- เพื่อศึกษาขั้นตอนการเก็บตัวอย่างดินโดยการขุดบ่อตรวจสอบ (test pit)

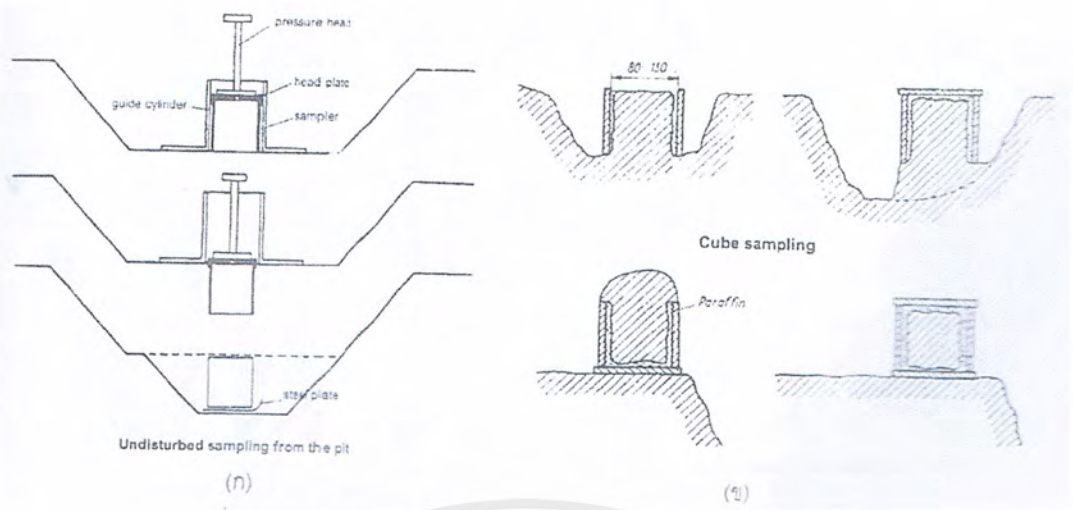
ทฤษฎี

เราทำการสำรวจดินเพื่อที่จะทราบถึงลักษณะข้อมูลของดินและชั้นดินบริเวณนั้น ข้อมูลดินเป็นสิ่งสำคัญในงานทางวิศวกรรมโยธาทั่วไป เช่นในกรณีเพื่อก่อสร้างใหม่ ข้อมูลดินเป็นประโยชน์ในการเลือกชนิดและความลึกฐานรากประเมินการทรุดตัวของฐานราก หาระดับน้ำใต้ดิน หาแรงดันต่อผนังกันดิน หาแนวทางแก้ปัญหาและอุปสรรคในการก่อสร้างหรือกรณีงานถนน สนามบิน ข้อมูลดินใช้ในการหาแนวถนน แนววิ่งของเครื่องบินที่เหมาะสม พิจารณาเลือกแหล่งวัสดุใช้ออกแบบเสาเข็มสะพาน ใช้ในการวิเคราะห์ slope stability เป็นต้น

การขุดบ่อตรวจสอบ (test pit)

เหมาะกับการตรวจสอบดินในระดับความลึกไม่มากนักประมาณ 2-4 เมตร โดยการใช้รถขุดตักหรือใช้แรงงานคนแล้วสำรวจดินได้โดยตรงด้วยการสัมผัสและดูด้วยตาเปล่า และเรายังสามารถเก็บตัวอย่างดินแบบคงสภาพ (undisturbed sample) ได้โดยง่ายดังตัวอย่างในรูป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.1 แสดงขั้นตอนการเก็บตัวอย่างด้วยวิธีขุดบ่อสำรวจ

อุปกรณ์

1. อุปกรณ์การขุดดิน เช่น จอบ หรือ เสียม
2. มีดปาดดิน (spatula)
3. ภาชนะใช้เก็บตัวอย่างดิน อาจใช้เป็นท่อ PVC
4. พลาสติกห่อหุ้มตัวอย่างดิน
5. ผ้าสะอาด

วิธีการเก็บตัวอย่างดิน

1. เลือกตำแหน่งหลุมเจาะ จากนั้นใช้แรงงานขุดเจาะเปิดหน้าดินและกำหนดระดับอ้างอิง ปกติอาจให้ที่ระดับผิวดินเท่ากับ 0.00 น.
2. ขุดลงไปยังระดับที่ได้กำหนดไว้แล้วแต่งผิวดินให้เรียบ สังเกตชั้นดินว่ามีคุณสมบัติทางกายภาพเป็นอย่างไร
3. ใช้ภาชนะเก็บตัวอย่างกดลงไปบนดินกดจนดินเข้ามาในภาชนะเก็บตัวอย่างจนเต็ม
4. ใช้มีดปาดดินดึงเอาภาชนะที่มีดินอยู่ด้านในออกมาจากชั้นดินปาดหัวท้ายภาชนะให้เรียบ
5. ใช้ผ้าสะอาดเช็ดรอบภาชนะให้สะอาด
6. นำภาชนะที่เต็มไปด้วยตัวอย่างดินมาห่อหุ้มด้วยพลาสติกเพื่อกันการระเหยออกของน้ำ
7. เก็บตัวอย่างชั้นละ 3 ตัวอย่างใส่ภาชนะ และเก็บอีกประมาณ 2 kg ห่อหุ้มให้เรียบร้อย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.1.2 การทดสอบกำลังต้านแรงเฉือนในสนาม (pocket vane shear)

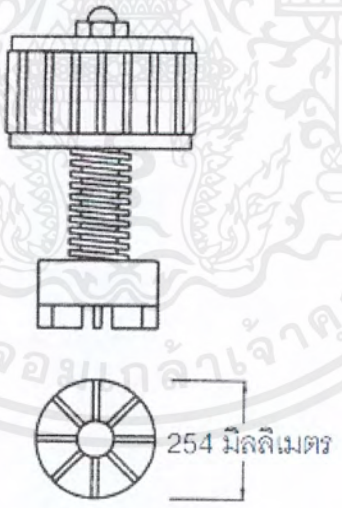
การทดสอบกำลังต้านแรงเฉือนในสนาม (pocket vane shear)

วัตถุประสงค์

- เพื่อทราบถึงการใช้ชุดอุปกรณ์ pocket vane shear
- เพื่อให้สามารถหาค่ากำลังรับแรงเฉือนจากในสนามได้ด้วยการใช้อุปกรณ์ pocket vane shear

ทฤษฎี

เครื่องมือชนิดนี้เป็นเครื่องมือที่ถูกปรับปรุงขึ้นมาจากเครื่องทดสอบ Vane Shear Test ให้มีขนาดเล็กลงสามารถใช้งานได้ทั้งในห้องปฏิบัติการทดสอบและในสนาม ใช้สำหรับทดสอบดิน Very soft to Stiff clay (ประมาณ 0.0-1.0 ksc.) โดยทำการกดใบ Vane ลงในดินที่เก็บขึ้นมาจากกระบอกบาง แล้วหมุนด้วยมือจนดินถูกตัด ขาด จากนั้นก็อ่านค่ากำลังของแรงเฉือนที่ด้านบนตรงที่ด้ามหมุน ค่าที่ได้จะเป็น Undrained Shear Strength ขนาด ของใบ Vane มีหลายขนาดขึ้นอยู่กับชนิดของดินที่ทำการทดสอบ โดยใบใหญ่สุดใช้ทดสอบ remold sample ใบขนาด ปานกลางใช้กับดินทั่วไป และใบขนาดเล็กสุดใช้กับดินที่ค่อนข้างแข็ง เป็นต้น



รูปที่ 3.2 แสดงลักษณะของเครื่องมือ pocket vane shear

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อุปกรณ์การทดสอบ

1. ชุดทดสอบ pocket vane shear ประกอบด้วย 2 ส่วนคือ
- ส่วนของด้ามจับ
- ส่วนของใบพัด ประกอบด้วยใบพัดขนาด ใหญ่ กลาง เล็ก
2. มีดปาดดิน (spatula)
3. จอบและเสียมไว้สำหรับขุดดิน

วิธีการทดสอบในสนาม

1. ทำการขุดดินในบริเวณที่จะทำการทดสอบให้ได้ระดับตามที่ได้กำหนดไว้
2. ใช้มีดปาดดินปาดหน้าดินออกให้เรียบ
3. ประกอบส่วนของใบพัดกับส่วนของด้ามจับเข้าด้วยกันโดยเลือกขนาดใบพัดให้เหมาะสม โดยใบใหญ่สุดใช้ทดสอบ remold sample ใบขนาด ปานกลางใช้กับดินทั่วไป และใบขนาดเล็กสุดใช้กับดินที่ค่อนข้างแข็ง
4. ปรับหน้าปัดตรงด้ามจับให้ขีดอ่านค่าไปอยู่ที่เลข 0 เป็นการ SAT 0
5. กดอุปกรณ์ pocket vane shear ให้ใบพัดจมลงไปในดินแล้วทำการปิดด้ามจับไปในทิศทางตามเข็มนาฬิกาจนดินในจุดนั้นขาดออกจากกัน
6. อ่านค่าจากหน้าปัดบริเวณด้ามจับ อ่านค่าได้เท่าไรให้เอาไปคูณกับค่าสัมประสิทธิ์ที่เขียนไว้บริเวณใบพัด หน่วยเป็น KSC.

3.2.2 การเก็บข้อมูลในห้องปฏิบัติการ

3.2.2.1 การทดลองหาปริมาณน้ำในดิน (water content)

การทดลองหาปริมาณน้ำในดิน (Water content)

วัตถุประสงค์

- บอกความหมายของปริมาณน้ำในดินได้
- สามารถคำนวณหาปริมาณน้ำในดินได้

ทฤษฎี

ดินตามธรรมชาตินั้น องค์ประกอบของมวลดิน มี 3 ส่วนใหญ่ๆ ส่วนแรกคือส่วนที่เป็นเม็ดดินหรือของแข็ง ส่วนที่สองคือส่วนที่เป็นน้ำ หรือของเหลวและส่วนที่สามคือส่วนที่เป็นอากาศหรือก๊าซ ทั้งนี้ดินไม่จำ เป็นต้องมีส่วนประกอบครบทั้ง 3 ส่วน อาจจะมีส่วนประกอบเพียง 2 ส่วนก็ ได้ขึ้นอยู่กับ สถานสภาพของมวลดินเป็นเกณฑ์ดังแสดงส่วนประกอบของมวลดินทั้งนี้การหาปริมาณน้ำในดิน หาได้จากการหาอัตราส่วนระหว่างน้ำหนักของน้ำใน ช่องว่างกับน้ำหนักของดินแห้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อุปกรณ์การทดลอง

1. กระป๋องใส่ตัวอย่างดิน (Can)
2. ตู้อบ (Drying Oven)
3. ตาชั่งอ่านได้ละเอียด 0.01 กรัม
4. อ่างแก้วดูดความชื้น (Desiccator) พร้อมฝาปิด และชั้นวางกระป๋องตัวอย่าง ใต้ชั้นวางกระป๋องตัวอย่างบรรจุสารดูดความชื้น (Silica Gel) ตอนแห้งจะมีสีน้ำเงิน เมื่อชื้นจะใสขึ้น

ขั้นตอนการทดลอง

1. นำภาชนะบรรจุตัวอย่างดินไปชั่งน้ำหนักพร้อมจดข้อมูลเก็บไว้
2. นำตัวอย่างดินที่เก็บมาได้จากหน้างานมาใส่ภาชนะที่ได้ทำการชั่งน้ำหนักไว้แล้วประมาณ 50 กรัม
3. ทำการชั่งภาชนะที่มีดินอยู่อีกครั้งพร้อมจดข้อมูลเก็บไว้
4. ให้นำภาชนะที่ชั่งน้ำหนักแล้วจากขั้นตอนที่ 3 ไปเข้าตู้อบทิ้งไว้เป็นระยะเวลาประมาณ 24 ชม.
5. เมื่อครบกำหนดเวลาให้นำดินพร้อมภาชนะไปชั่งน้ำหนัก พร้อมจดบันทึก
6. ทำการทดลองตั้งแต่ขั้นตอนที่ 1 ถึงขั้นตอนที่ 5 ในทุกๆชั้นดินตัวอย่างที่เก็บมาจากสนาม

การคำนวณผล

$$\boldsymbol{Water\ content = \frac{W_w}{W_s} \times 100}$$

เมื่อ water content คือ ปริมาณน้ำที่มีอยู่ในมวลดิน

W_w คือ น้ำหนักน้ำในมวลดิน

W_s คือ น้ำหนักของมวลดิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.2.2 การหาความหนาแน่นของดิน (Density Test)

วัตถุประสงค์

1. สามารถบอกความหมายของความหนาแน่นได้
2. สามารถหาค่าความหนาแน่นของดินจากตัวอย่างดินที่เก็บจากหน้างานได้

ทฤษฎี

ความหนาแน่น (density) เป็นการวัดมวลต่อหนึ่งหน่วยปริมาตร ยิ่งถ้ามวลดินมีความหนาแน่นมากขึ้น มวลต่อหน่วยปริมาตรก็ยิ่งมากขึ้น กล่าวอีกนัยหนึ่ง คือมวลดินที่มีความหนาแน่นสูง เช่น ดินแข็ง จะมีปริมาตรน้อยกว่ามวลดินความหนาแน่นต่ำ เช่น ดินอ่อน ที่มีมวลเท่ากัน หน่วยเอสไอของความหนาแน่นคือ กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร (kg/m^3)

อุปกรณ์การทดลอง

1. ภาชนะเก็บตัวอย่างดินที่ทราบปริมาตร (ควรเป็นท่อ PVC)
2. เครื่องชั่งอ่านค่าได้ละเอียด 0.1 กรัม
3. เวอร์เนีย

วิธีการปฏิบัติงาน

1. นำภาชนะเก็บตัวอย่างที่เตรียมไว้เก็บตัวอย่างดินในสนามมาหาปริมาตร และช่างน้ำหนักไว้ ก่อนการนำไปใช้เก็บตัวอย่างดิน พร้อมจดตัวเลขเพื่อแสดงตัวตนของภาชนะ
2. ใช้ภาชนะที่ทราบปริมาตรภายในเหล่านี้ในการเก็บตัวอย่างดินในสนามให้เต็มปริมาตรที่รับได้
3. นำภาชนะที่เก็บดินไว้จนเต็มเหล่านั้นกลับมาที่ห้องปฏิบัติการเพื่อทำการช่างน้ำหนัก ภาชนะ + ดิน
4. เมื่อทราบน้ำหนักของ ภาชนะ + ดิน เรียบร้อยแล้วให้นำไปลบออกด้วยค่าน้ำหนักของภาชนะเปล่า เพื่อให้ได้ค่าน้ำหนักของดินอย่างเดียว
5. ทำการคำนวณหาค่าความหนาแน่นของดิน
6. ทำตามขั้นตอนที่ 3-5 ในตัวอย่างดินทุกๆตัวอย่าง

การคำนวณผล

$$\rho = \frac{m}{v}$$

เมื่อ ρ คือ ความหนาแน่น (kg/m^3)

m คือ มวลของดิน (kg)

v คือ ปริมาตร (m^3)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.2.3 การประมาณค่ามุมเสียดทานภายในกับค่า SPT-N

วัตถุประสงค์

- สามารถบอกความหมายของมุมเสียดทานภายในได้
- สามารถประมาณค่ามุมเสียดทานภายในจากค่า SPT-N ได้

ทฤษฎี

ดินก็เหมือนกับวัสดุก่อสร้างทั่ว ๆ ไป เช่น ไม้เหล็ก และคอนกรีต คือ สามารถรับแรงกระทำได้ ถึงจุดวิบัติแต่แตกต่างตรงที่การวิบัติของดินส่วนใหญ่เนื่องมาจากแรงเฉือน โดยค่าความสามารถ ของดินในการต้านทานต่อแรงเฉือนขึ้นอยู่กับองค์ประกอบที่สำคัญ 2 ประการ คือ

1.แรงยึดเหนี่ยวหรือความเชื่อมแน่นระหว่างเม็ดดิน (cohesion, C)

2. แรงเสียดทานภายในระหว่างเม็ดดิน (internal friction angle, $\emptyset$)

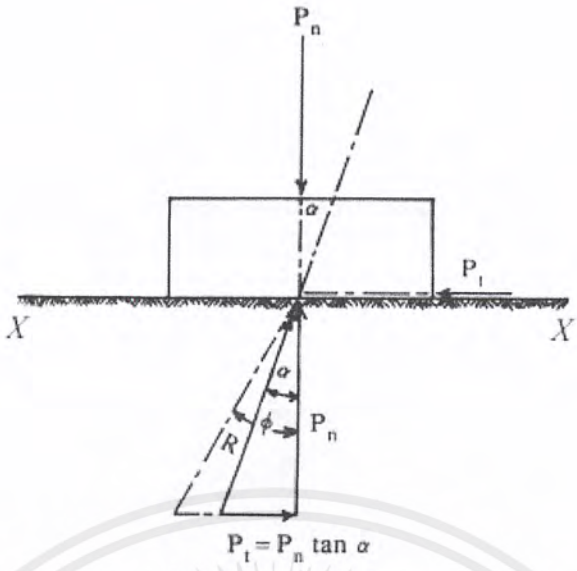
- สำหรับดินที่ไม่มีความเชื่อมแน่น เช่น กรวด ทราย ค่ากำลังต้านทานต่อแรงเฉือน ของดิน (shear strength) ขึ้นอยู่กับแรงเสียดทานภายในระหว่างเม็ดดินเป็นส่วนใหญ่

- สำหรับดินที่มีความเชื่อมแน่น เช่น ดินเหนียว ค่ากำลังต้านทานต่อแรงเฉือนของดิน จะขึ้นอยู่กับแรงยึดเหนี่ยวระหว่างเม็ดดินเป็นส่วนใหญ่

ดังนั้นจะเห็นได้ว่า กำลังหรือความแข็งแรงของมวลดิน (soil strength) เป็นข้อมูลที่จำเป็นใน การวิเคราะห์หรือออกแบบ ฐานราก ผนังกันดิน เขื่อนดิน และสิ่งก่อสร้างที่เกี่ยวกับดินและหิน อีกหลายอย่าง ทางด้านปฐพีกลศาสตร์เราถือว่า กำลังของดิน คือ ความสามารถของมวลดินใน การรับแรงเฉือน (shear strength) ซึ่งแตกต่างจากเหล็กหรือคอนกรีต ซึ่งพิจารณาแรงดึงหรือ แรงอัด

การหากำลังความต้านทานแรงเฉือนส่วนที่มาจากแรงเสียดทานนั้น อาศัยพื้นฐานหลักการของ ความเสียดทานระหว่างวัตถุกับผิวสัมผัส ซึ่งแรงเสียดทานที่เกิดขึ้นระหว่างวัตถุกับผิวสัมผัสจะมี ทิศทางตรงข้ามกับการเคลื่อนที่ของวัตถุที่สัมผัสเสมอ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.3 แสดงถึงแรงต่างๆที่กระทำในมวลดินชิ้นเล็กๆ

P_n เป็นแรงที่กระทำต่อวัตถุในทิศทางตั้งฉากกับพื้นระนาบ X – X ส่วน P_t เป็นแรงกระทำต่อ วัตถุที่จะทำให้วัตถุเคลื่อนที่ไปตามพื้นระนาบ X – X โดยแนวแรงสัมผัสพื้นระนาบ เมื่อแรง P_t = 0 แรงปฏิกิริยาตั้งฉากกับพื้นที่ระนาบ X – X จะเท่ากับแรง P_n และมุมเอียง (angle of obliquity) = 0 เมื่อมีการเพิ่มแรง P_t จากศูนย์จนกระทั่งวัตถุเริ่มมีการเคลื่อนที่ ค่ามุมเอียงที่เกิดขึ้นระหว่างแรงลัพธ์ R กับแรงปฏิกิริยาที่ตั้งฉากกับพื้นที่ระนาบ P_n นั้น ค่ามุมเอียงจะค่อย ๆ เพิ่มมากขึ้น และเมื่อวัตถุเคลื่อนที่ แรง P_t ที่เพิ่มขึ้นจะถึงค่า ๆ หนึ่งที่มุมเอียง α จะมีค่าสูงสุด ซึ่งจะมีค่าเท่ากับมุม $\emptyset$ โดยมุม $\emptyset$ นี้เรียกว่า มุมเสียดทาน (angle of friction) และค่า $\tan \emptyset$ เรียกว่า สัมประสิทธิ์ความเสียดทาน (coefficient of friction) จากการทดลองแสดงให้เห็นว่า ค่าวิกฤต (critical value) ของแรง P_t เป็นสัดส่วนกับแรง P_n ดังนี้

$$P_t = P_n \tan \emptyset$$

นำค่า A ซึ่งเป็นพื้นที่ผิวสัมผัส (contact area) หารทั้งสองข้างของสมการ

$$\frac{P_t}{A} = \frac{P_n}{A} \tan \emptyset$$

$$\therefore \quad \tau = \sigma \tan \emptyset$$

แต่อย่างไรก็ตามในมวลดิน การที่จะเฉือนมวลดิน 2 ส่วนออกจากกัน นอกจากแรงในสมการข้าง ต้นแล้ว ยังต้องมีแรงที่เกิดจากความเหนียวของมวลดิน (cohesive force, c) ที่เกิดขึ้นจากแรง ยึดเหนี่ยวระหว่างเม็ดดินขนาดเล็ก เช่น ดินเหนียว (clay) แต่จะไม่เกิดขึ้นในดินที่ไม่มีความ เชื่อมแน่น (cohesionless) เช่น ดินทราย เป็นต้น ซึ่งวิศวกรชาวฝรั่งเศส ชื่อ คูลอมบ์ได้ค้นพบ เกี่ยวกับการวิบัติของดินเนื่องจากแรงเฉือนในศตวรรษที่ 18

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยพิจารณาถึงความสัมพันธ์ระหว่างหน่วยแรงเฉือนกับหน่วยแรงตั้งฉากบนดิน ซึ่งได้ทำการสมมติให้เป็นสมการเส้นตรง ดัง รูป หรือสามารถเขียนเป็นสูตรได้คือ

$$S = \tau = \sigma \tan \emptyset + C$$

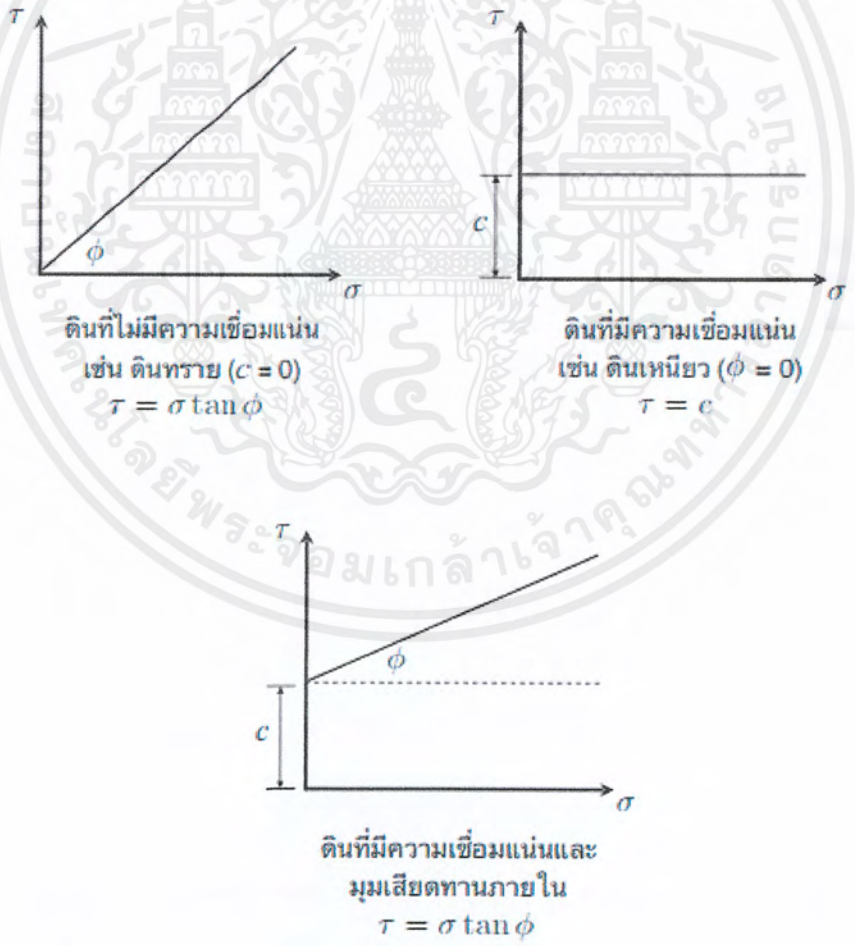
โดย $S = \tau$ หน่วยแรงเฉือน (shear stress)

C แรงยึดเหนี่ยวหรือแรงเชื่อมแน่น (cohesion)

σ หน่วยแรงตั้งฉากทั้งหมดบนระนาบแรงเฉือน (total compressive stress)

$\emptyset$ คือ มุมเสียดทานภายใน (angle of internal friction)

ค่าของ C และ $\emptyset$ ที่ได้จากการทดลองเป็นค่าคงที่สำหรับดินแต่ละชนิด ที่อยู่ภายใต้สภาวะหนึ่ง เท่านั้น ซึ่งจะนำไปใช้ได้กับดินนั้นที่อยู่ภายใต้สภาวะเดียวกัน



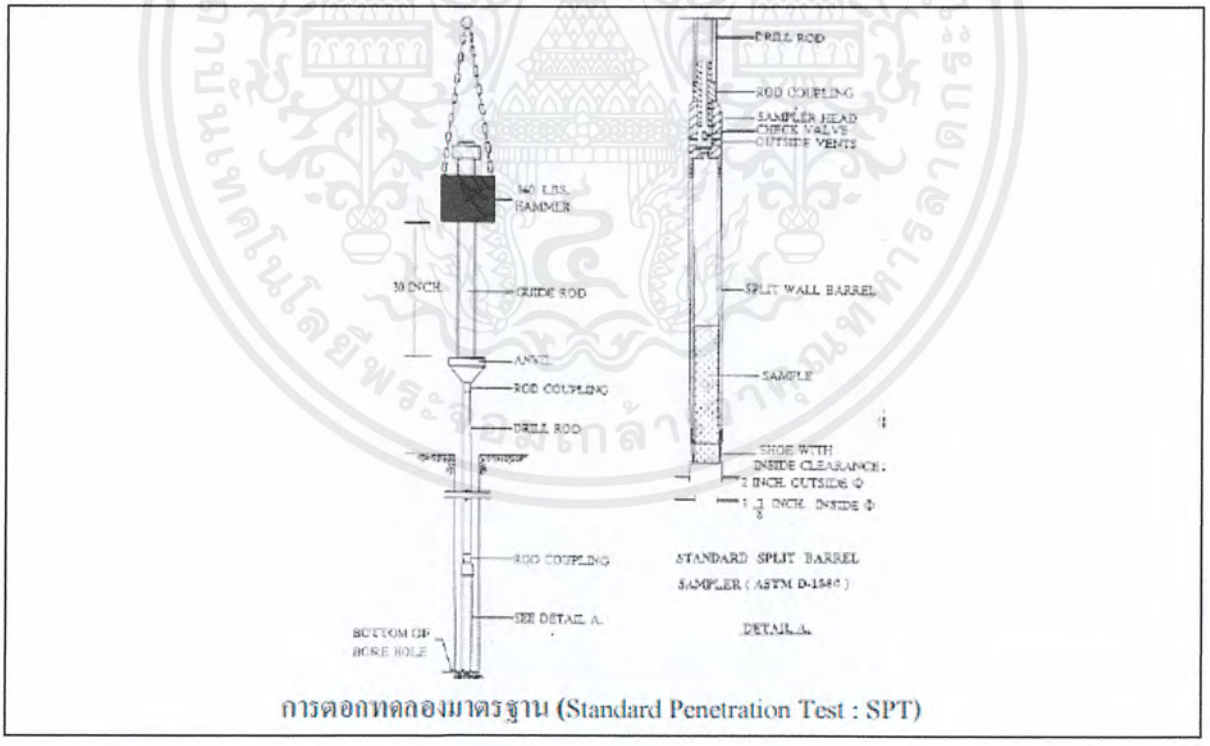
รูปที่ 3.4 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่า σ และค่า τ ของดินแต่ละชนิด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การตอกทดลองมาตรฐาน (Standard Penetration test : SPT) เป็นการตรวจสอบเพื่อหาค่ากำลังต้านแรงเฉือนของดิน การทดสอบดำเนินการร่วมไปกับการเก็บตัวอย่างโดยกระบอกผ่า หลักการทดสอบคือ เมื่อเจาะดินถึงระดับที่ต้องการทราบ ความแข็งแรง กระบอกผ่าจะถูกตอกลงไปในดินความลึก 18 นิ้ว (45 ซ.) โดยใช้ลูกตุ้มขนาดมาตรฐานหนัก 140 ปอนด์ (63.5 กก.) ยกสูง 30 นิ้ว (76 ซม.) ระยะจม 18 นิ้ว (45 ซม.) ถูกแบ่งเป็น 3 ช่วง ช่วงละ 6 นิ้ว (15 ซม.) แต่ละช่วงจะทำการบันทึกจำนวนครั้งที่ใช้ ในการตอกเพื่อให้กระบอกผ่าจมลงไป 6 นิ้ว ดังนั้นถ้าดินเป็นดินแข็งจะต้องให้พลังงานในการตอกมากหรือใช้จำนวนครั้งในการตอกมากนั่นเอง จำนวนการตอกใน 6 นิ้ว แรกจะไม่นำมาใช้ เนื่องจากสภาพดินก้นหลุมอาจถูกรบกวนจากการเจาะสำรวจมากทำให้ความแข็งแรงของดินเปลี่ยนไปจำนวนการตอกในช่วงที่เหลือจะนำมารวมกันให้ได้ค่าจำนวนครั้งการตอกมาตรฐานหรือค่า N-Value ดังกล่าวไปใช้ในการออกแบบต่อไป

หมายเหตุ โดยทั่วไปจะหยุดตอกทดลองเมื่อ

1. มีค่าการตอกทดลองเกิน 50 ครั้ง ต่อช่วงการตอก (15 ซม.)
2. มีค่าการตอกทดลอง 3 ช่วง รวมกันเกิน 100 ครั้ง
3. ทุกๆช่วงการตอก (15 ซม.) ตอกทดลอง 10 ครั้ง ไม่เกิดการเปลี่ยนแปลงหรือตอกไม่ลง

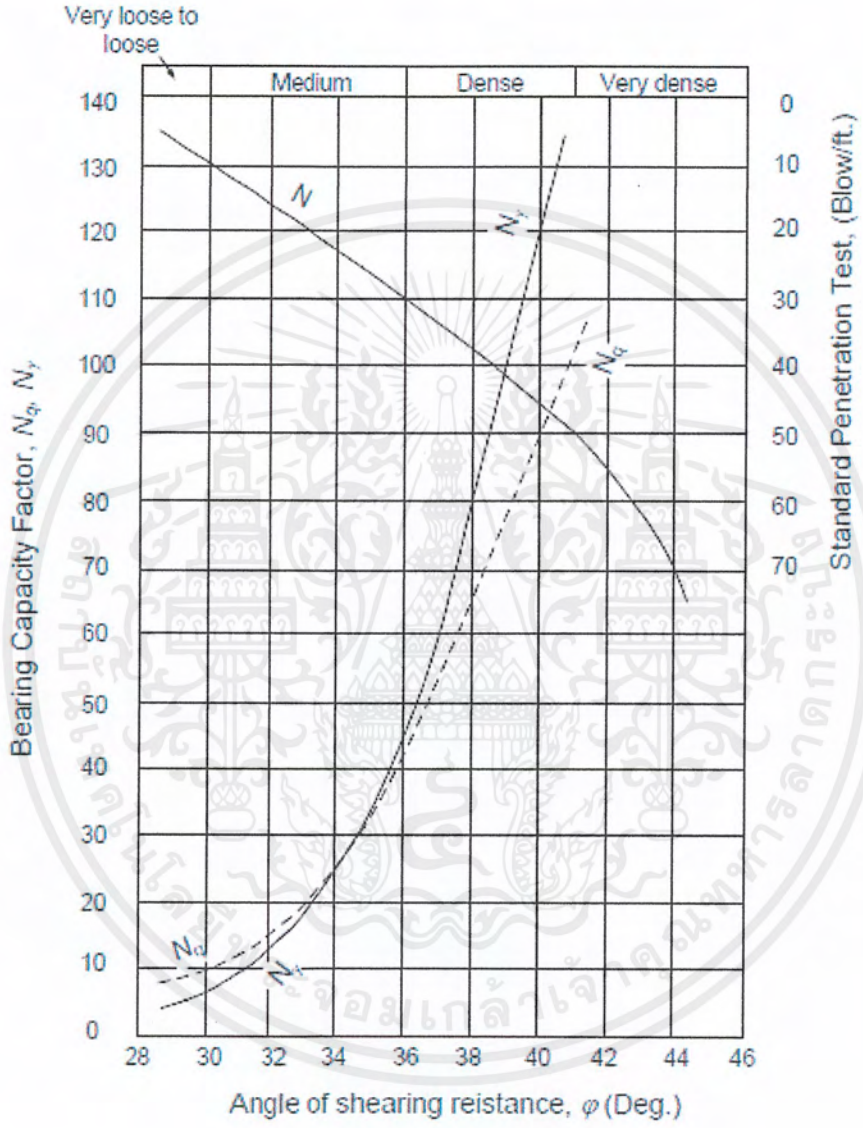


การตอกทดลองมาตรฐาน (Standard Penetration Test : SPT)

รูปที่ 3.5 แสดงถึงอุปกรณ์ต่างๆที่ใช้ในการทดสอบ SPT

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การประมาณค่ามุมเสียดทานภายในของดินทรายจากผลการทดลอง SPT ได้เสนอไว้โดย Peck (Peck, Hanson et al. 1953) ดังรูป ซึ่งได้รวมเอาความสัมพันธ์ระหว่าง bearing capacity factor , N_q และ N_γ กับค่ามุมเสียดทานภายในเอาไว้ด้วย



รูปที่ 3.6 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่า SPT-N กับค่า N_q , N_γ และ $\emptyset$ (Pack, Hanson and Thornburn, 1974)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อุปกรณ์ในการทดสอบ

1. เครื่องทดลองเจาะสำรวจดินแบบ Wash Boring
2. สามขาเหล็ก
3. เครื่องสำหรับทดเชือกป่านมะนิลา
4. เครื่องสูบน้ำ
5. ก้านเจาะ หัวเจาะชนิดต่างๆ
6. รอกและเชือกป่านมะนิลาขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1 นิ้ว
7. สายยาง
8. ลูกตุ้มเหล็กหนัก 63 กก.
9. กระบอกเก็บตัวอย่างดิน
10. ท่อปลอกเหล็กกันดินพัง
11. ท่อปลอกเหล็กสามทางสำหรับระบายน้ำ
12. กระป๋องเก็บตัวอย่างดิน
13. ถังแปลสำหรับการทำน้ำหมุนเวียนเจาะดิน
14. ประแจคอม้าขนาด 24 นิ้ว, 18 นิ้ว

วิธีการปฏิบัติงาน

1. เมื่อเจาะดินถึงระดับที่ต้องทราบความแข็งแรง กระบอกผ่าจะถูกตอกลงไปในดินเป็นความลึก 18 นิ้ว โดยใช้ลูกตุ้มขนาดมาตรฐานหนัก 140 ปอนด์ ยกสูง 30 นิ้ว ในระยะจม 18 นิ้ว จะถูกแบ่งเป็น 3 ช่วง ช่วงละ 6 นิ้ว

2. เริ่มทำการตอกนับจำนวนครั้งการตอกที่ทำให้กระบอกผ่าจมลง 6 นิ้ว ทำซ้ำเป็นจำนวน 3 ครั้งในหลุมเดียวกัน ในการตอก 6 นิ้ว แรกจะไม่นำมาคิดเนื่องจากดินในบริเวณช่วงแรกของการตอกเป็นดินที่ถูกรบกวนจากการเจาะดิน จึงให้คำ 12 นิ้ว หลังมารวมกันได้เป็นจำนวนครั้งการตอก

3. นำค่าจำนวนครั้งการตอกที่ได้มาเปิดตารางเปรียบเทียบค่ามุมเสียดทานภายใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.3 เก็บข้อมูลค่าระดับทางกายภาพ

3.2.3.1 เก็บข้อมูลค่าระดับหน้าตัดการขุด

การเก็บข้อมูลหน้าตัดการขุดจะทำให้เราสามารถคำนวณปริมาณดินตัดดินถมได้ อีกทั้งยังช่วยในเรื่องของการประเมินรูปแบบการขุด ซึ่งการเก็บข้อมูลค่าระดับของหน้าตัดการขุดมีขั้นตอนดังนี้

- วางแผนจุดที่จะเก็บค่าระดับจากแบบก่อสร้างและแผนผังโครงการ
- ร่างกริดที่จะทำการเก็บข้อมูลลงในผังโครงการคร่าวๆ โดยตีกริดเป็นช่องๆ ขนาด 1x1 เมตร
- ลงสนามเก็บข้อมูล โดยการตั้งกล้องระดับบนพื้นที่ที่ทราบค่าระดับที่แน่นอน
- เก็บข้อมูลโดยตั้งไม้ Staff บนจุดที่ได้วางแผนไว้เบื้องต้น แล้วใช้กล้องอ่านค่าระดับจากไม้ Staff
- นำข้อมูลที่ได้มาบันทึกลงในโปรแกรม Auto CAD

3.2.3.2 เก็บข้อมูลค่าระดับน้ำในลำคลอง

เนื่องจากถังบำบัดที่จะทำการติดตั้งนี้จำเป็นต้องวางถังไว้ใกล้กับลำคลองจึงต้องเก็บค่าระดับความลึกของก้นคลอง และค่าระดับน้ำในช่วงเวลาต่างๆ ทั้งระดับที่น้ำขึ้นสูงสุดและระดับน้ำปัจจุบัน เพราะค่าระดับน้ำมีผลต่อการวิเคราะห์ slope ของการขุด ซึ่งการเก็บค่าระดับน้ำในลำคลองมีขั้นตอนดังนี้

- เลือกสะพานที่ใกล้กับจุดวางถังมากที่สุด เพื่อง่ายต่อการทิ้งทุ่นน้ำหนัก
- ใช้เทปวัดระยะวัดความกว้างคลองทั้ง 2 ฝั่ง
- กำหนดตำแหน่งที่จะทำการวัดความลึกคลอง โดยเลือกมา 5 จุด ที่มีระยะห่างเท่าๆกันตามความกว้างของลำคลอง
- ใช้เชือกที่ส่วนปลายผูกติดกับทุ่นน้ำหนักหย่อนลงไปในลำคลอง และดึงขึ้นมาวัดระยะ ทำซ้ำในทุกๆจุดที่ได้กำหนดไว้ในข้อที่แล้ว
- นำข้อมูลที่ได้จากการวัดมาบันทึกลงในโปรแกรม Auto CAD

3.2.3.3 นำข้อมูลที่ได้จากหัวข้อ 3.2.3.1. มาประกอบกับหัวข้อ 3.2.3.2. ในโปรแกรม Auto CAD จะได้เป็นข้อมูลหน้าตัดการขุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.4 เก็บข้อมูลจากการสอบถาม

3.2.4.1 สอบถามทาง บริษัท ศุภาลัย จำกัด

- สอบถามถึงขั้นตอนการก่อสร้างระบบบำบัดน้ำเสียของโครงการตั้งแต่เริ่มจนถึงขั้นตอนการส่งมอบงาน
- สอบถามตำแหน่งในการวางถัง
- สอบถามค่าระดับในจุดต่างๆ
- สอบถามข้อมูล BOQ
- สอบถามข้อมูลการจัดจ้างผู้รับเหมา
- สอบถามเกี่ยวกับมาตรฐานการวางถังและวัสดุที่ใช้ในการก่อสร้าง
- สอบถามเรื่องข้อมูลสิ่งปลูกสร้างใกล้เคียง
- สอบถามข้อมูลคุณสมบัติต่างๆของถังบำบัด
- สอบถามถึงข้อมูลในแบบก่อสร้าง

3.2.4.2 สอบถามทางผู้รับเหมา

- สอบถามขั้นตอนการวางถังบำบัดโดยละเอียด
- สอบถามถึงน้ำหนักของเครื่องจักรที่จะนำมาทำงานบนปากหลุม
- สอบถามถึงแผนงานในการก่อสร้าง
- สอบถามถึงจำนวนคนงานที่จะเข้ามาร่วมงาน

3.3 พิจารณาแบ่งชั้นดินด้วยข้อมูลที่มีอยู่

พิจารณาแบ่งชั้นดินด้วยข้อมูลที่ได้จากหน้างานและการทกสอบในห้องปฏิบัติการ โดยใช้ข้อมูลดังนี้

- Water content ได้จากการทดสอบในห้องปฏิบัติการ
- Unit weight ได้จากการทดสอบในห้องปฏิบัติการ
- กำลังต้านแรงเฉือน ได้จากการทดสอบ pocket vane shear

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4 วาดโมเดลพื้นที่ก่อสร้างด้วยโปรแกรม Auto CAD

นำข้อมูลทั้งหมดที่รวบรวมได้มาสร้างโมเดล 2D ในโปรแกรม Auto CAD เพื่อให้ง่ายต่อการทำความเข้าใจ และง่ายต่อการนำไปใช้ต่อ ซึ่งประกอบด้วยข้อมูลต่างๆ ดังนี้

- ข้อมูลหน้าตัดการขุดดิน
- ข้อมูลระดับก้นคลอง
- ค่าระดับน้ำสูงสุด และค่าระดับน้ำปัจจุบัน
- ข้อมูลชั้นดินที่ได้แบ่งไว้
- ค่าระดับในจุดต่างๆที่สอบถามมา
- ข้อมูลสิ่งปลูกสร้างใกล้เคียง

3.5 ออกแบบโมเดลคร่าวๆ ในโปรแกรม Auto CAD

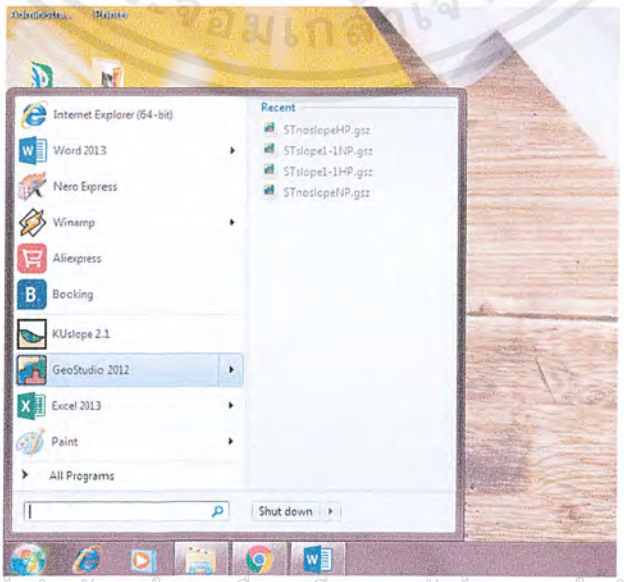
ในการออกแบบการขุดดินนั้นจำเป็นต้องพิจารณาองค์ประกอบหลายอย่าง ยกตัวอย่างเช่น ระดับน้ำในลำคลอง ระดับน้ำใต้ดิน slope ของการขุด น้ำหนักเครื่องจักรที่จะทำงานบนปากบ่อ พื้นที่ทำงานของคนงาน คุณสมบัติของดินในแต่ละชั้น เป็นต้น ผู้ออกแบบจึงจำเป็นต้องออกแบบโมเดลคร่าวๆ ที่เป็นไปได้และสอดคล้องกับองค์ประกอบที่ได้กล่าวมาข้างต้น จากนั้นให้กำหนดกริดบนโมเดล เพื่อให้ง่ายต่อการนำไปวิเคราะห์ในขั้นตอนต่อไป

3.6 ขั้นตอนการวิเคราะห์ค่า F.S. ของโมเดล

ในการวิเคราะห์ค่า F.S. ผู้ออกแบบจะใช้โปรแกรม GeoSlope เข้ามาช่วย ซึ่งขั้นตอนในการวิเคราะห์มีดังนี้

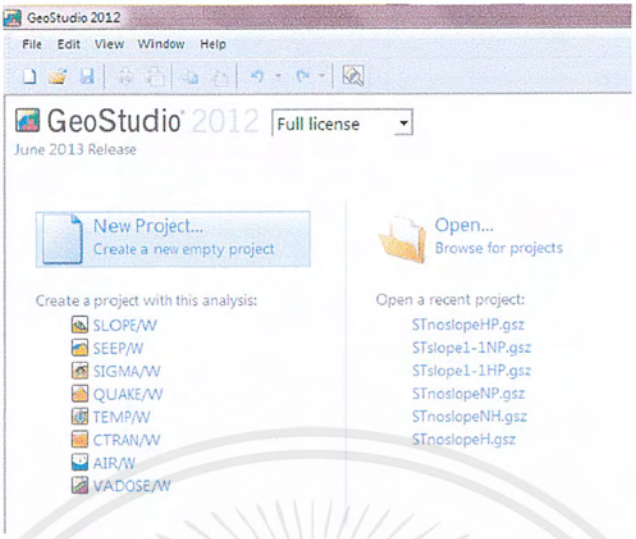
ขั้นการสร้าง file

- เปิดโปรแกรม โดยเข้าไปที่ไอคอน GeoStudio 2012

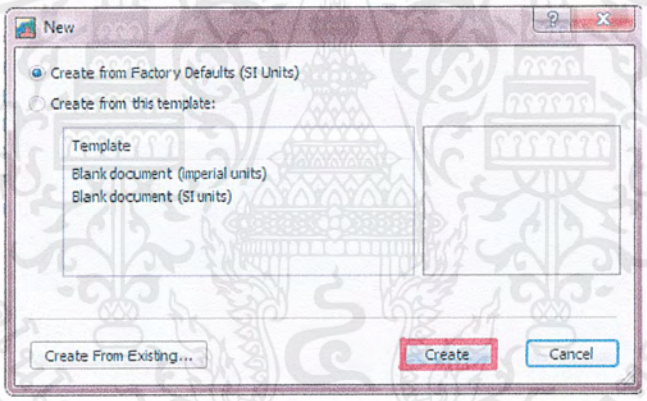


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- คลิ๊กที่ไอคอน (New project) เพื่อเริ่มโปรเจคใหม่

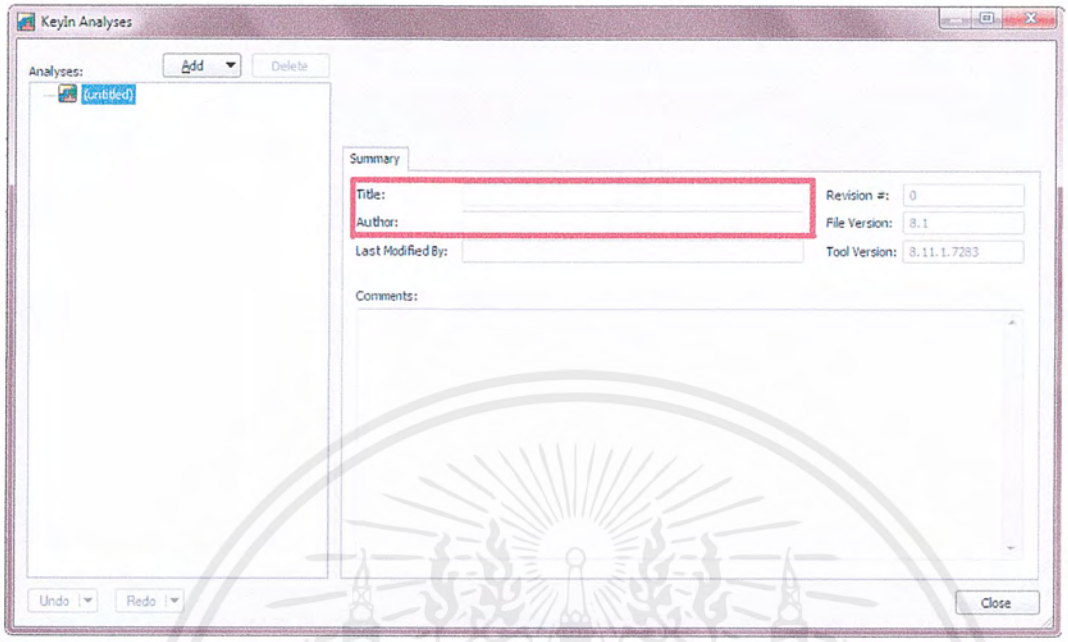


- เลือก Create from Factory Defaults (SI Units)
- จากนั้นคลิ๊กที่ Create ด้านล่างขวา

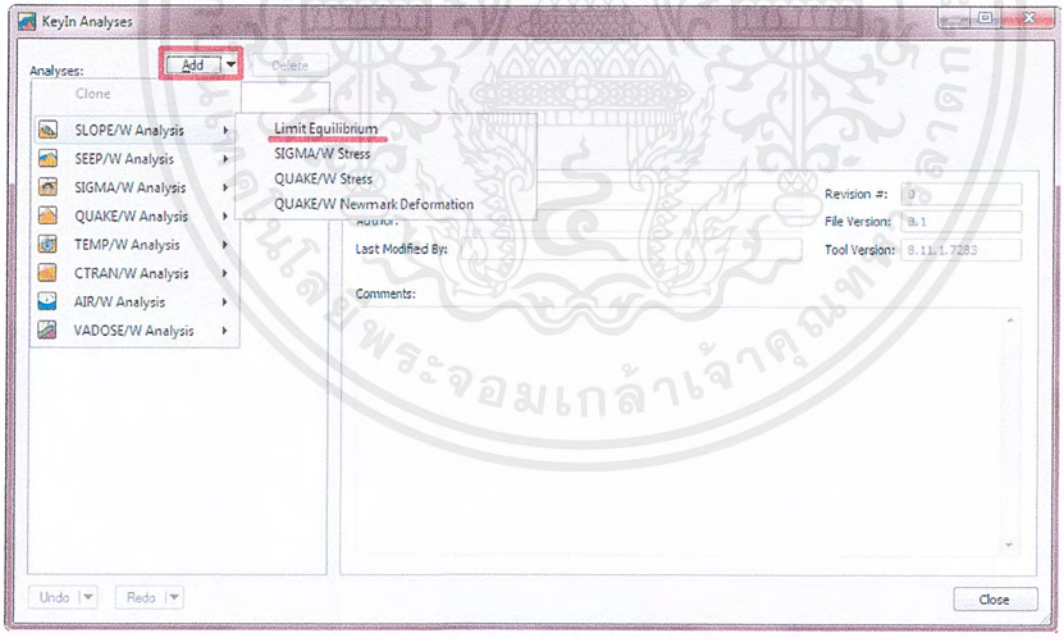


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- จากนั้นโปรแกรมจะขึ้นหน้าต่าง KeyIn Analyses
- ให้กรอกข้อมูล Title และ Author

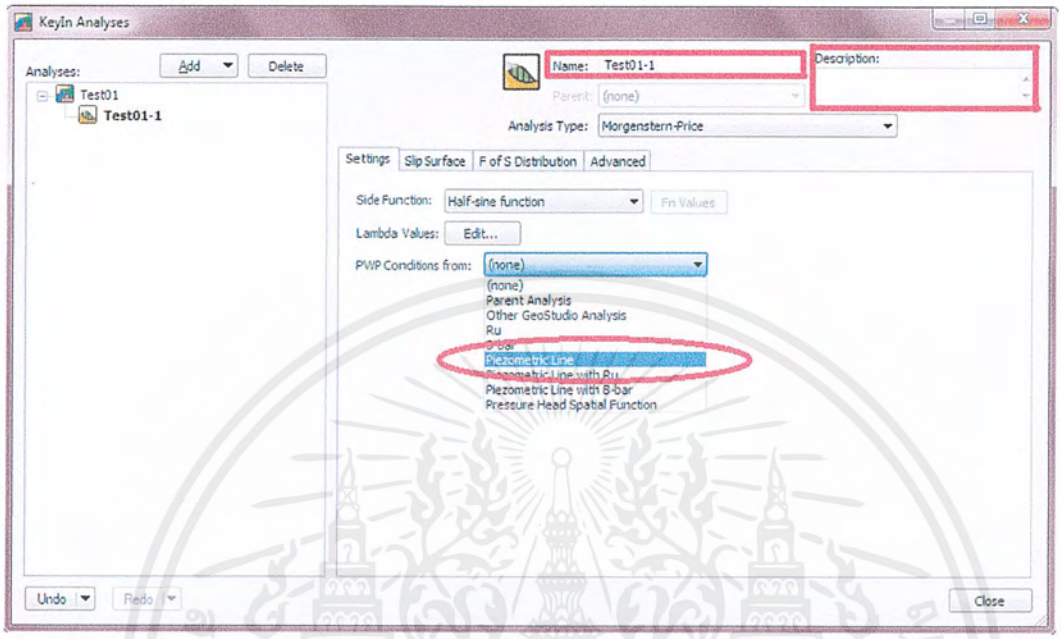


- จากนั้นกด Add ทางด้านบนซ้ายของเมนู
- ให้เลือกเมนู SLOPE/W Analysis > Limit Equilibrium



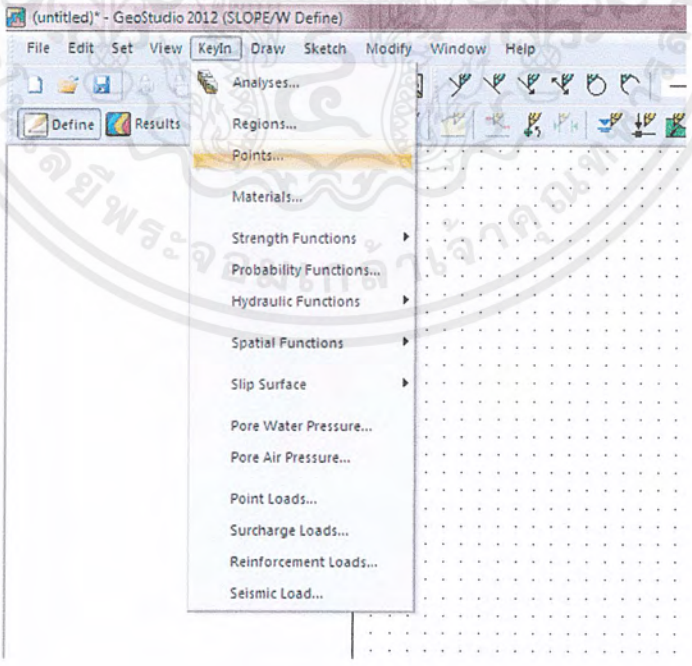
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- เมื่อเลือกเมนูแล้วจะปรากฏหน้าต่างใหม่ขึ้นมา
- กรอกข้อมูล Name และ Description
- ไปที่หัวข้อ settings เลือก PWP Conditions from ที่สอดคล้องกับโมเดล
- จากนั้นกด (Close) เพื่อปิดหน้าต่าง KeyIn Analyses



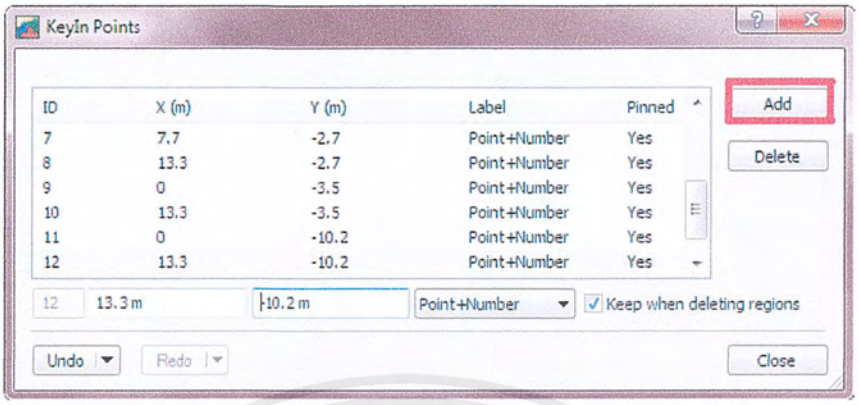
ขั้นตอนการสร้างจุด

- เลือกเมนู KeyIn > Points...

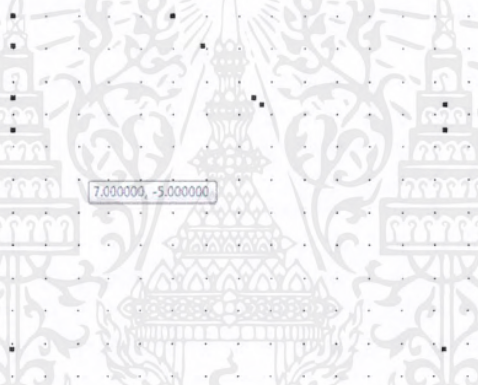


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- โปรแกรมจะมีหน้าต่าง KeyIn Points ขึ้นมา
- กด Add และกรอกข้อมูลกริดตามโมเดลที่ได้ออกแบบไว้

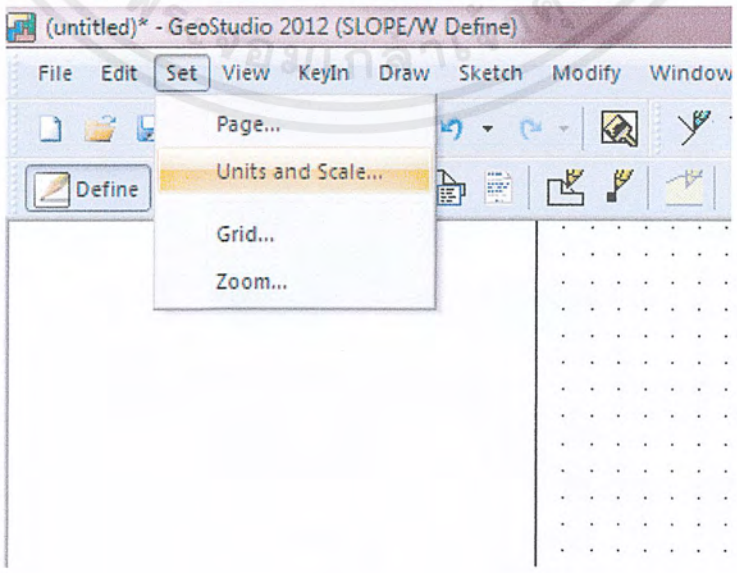


- เมื่อเสร็จแล้วให้ปิดหน้าต่าง KeyIn Points โดยกดปุ่ม (close)
- สังเกตที่หน้าหลักของโปรแกรม จะมีจุดที่ได้เพิ่มไว้ขึ้นมา



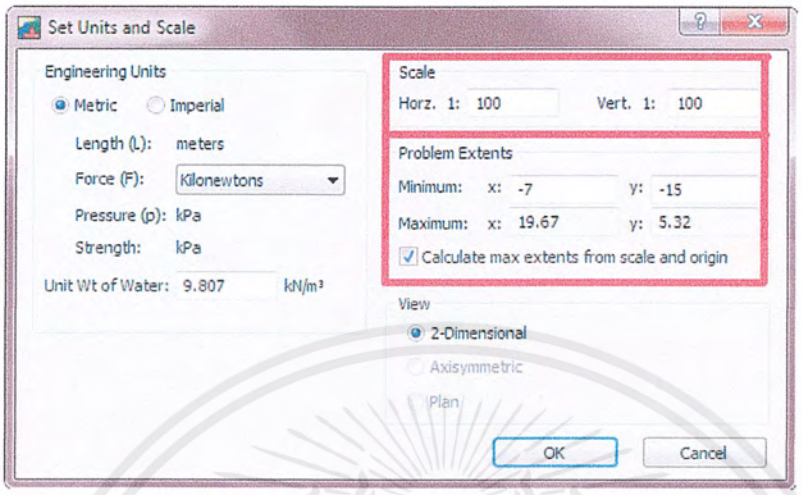
ขั้นตอนการปรับ scale

- ไปที่เมนู set > Unit and Scale



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- โปรแกรมจะปรากฏหน้าต่าง Set Unit and Scale ขึ้นมา
- ปรับค่า scale ให้เป็น 1:100 ทั้งแนวตั้งและแนวนอน
- ปรับค่า Problem Extents ให้ตัวโมเดลอยู่กึ่งกลางหน้ากระดาษพอดี

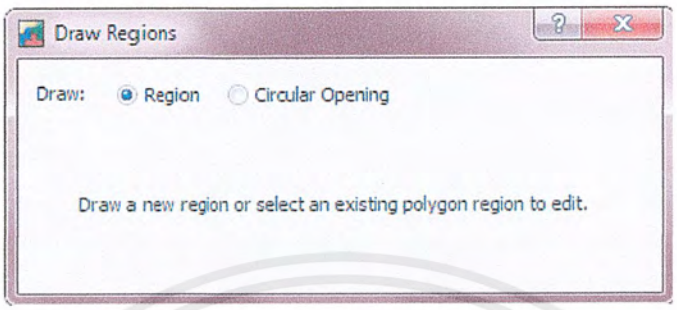


- เมื่อเสร็จสิ้นปิดหน้าต่าง Set Unit and Scale
- จะเห็นว่าจุดที่ได้เพิ่มไว้ขยับเข้ามาอยู่ตรงกลางหน้าต่างหลัก

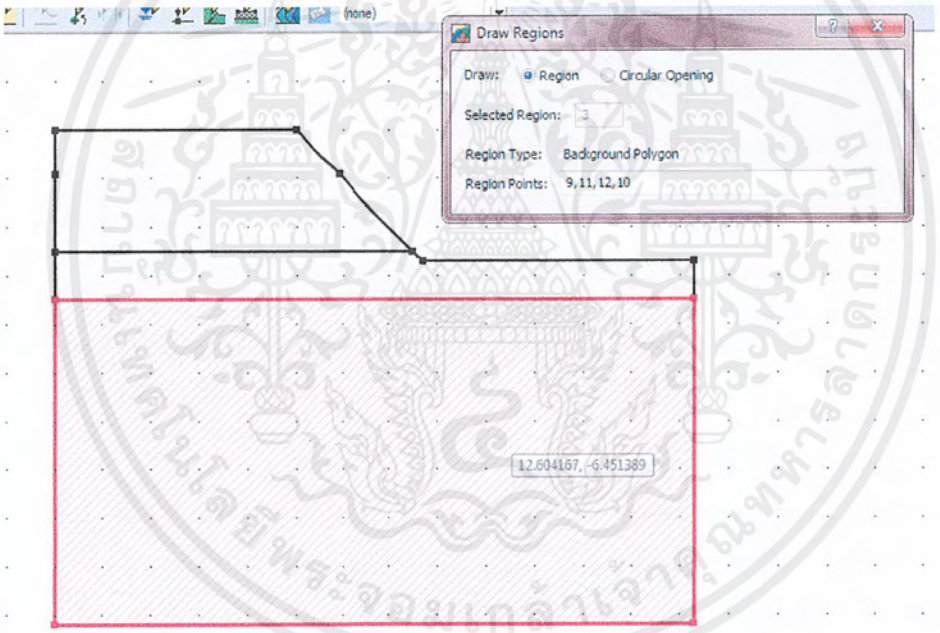
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้นตอนการแบ่งพื้นที่

- ไปที่เมนู Draw > Region...
- โปรแกรมจะปรากฏหน้าต่าง Draw Regions ขึ้นมา
- เลือก Draw : Region

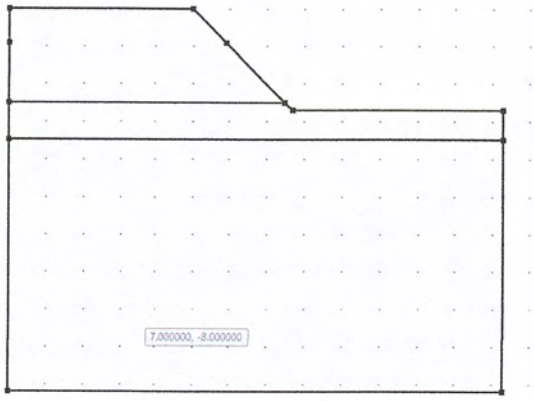


- จากนั้นลากเส้นเชื่อมระหว่างจุดที่ได้ป้อนข้อมูลไว้ข้างต้น เพื่อแบ่งชั้นดินให้แก่โมเดล



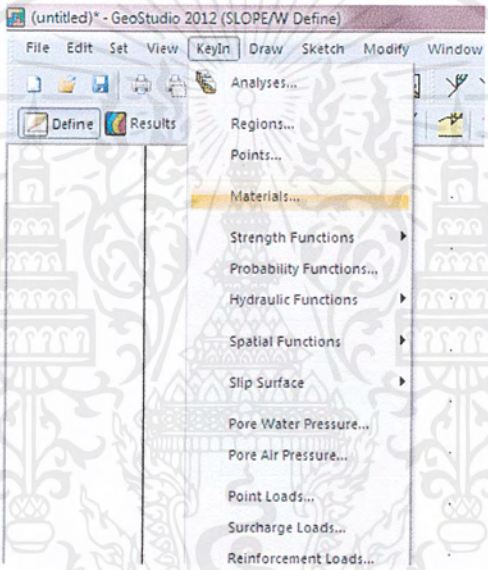
- เมื่อลากแบ่งพื้นที่เสร็จเรียบร้อยให้ปิดหน้าต่าง Draw Region โดยกดปุ่ม (Close)
- เมื่อปิดแล้วจะปรากฏเป็นโมเดลเปล่าขึ้นมา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

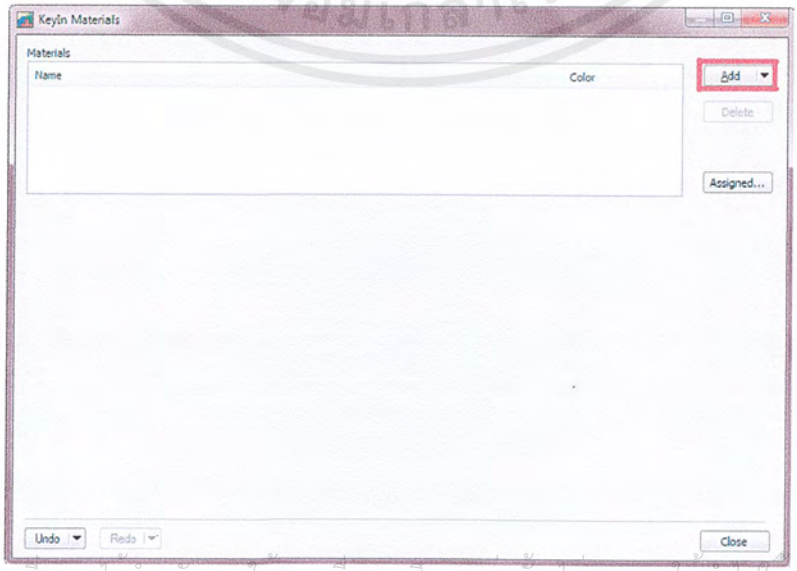


ขั้นตอนการใส่คุณสมบัติชั้นดิน

- ไปที่เมนู KeyIn > Material...

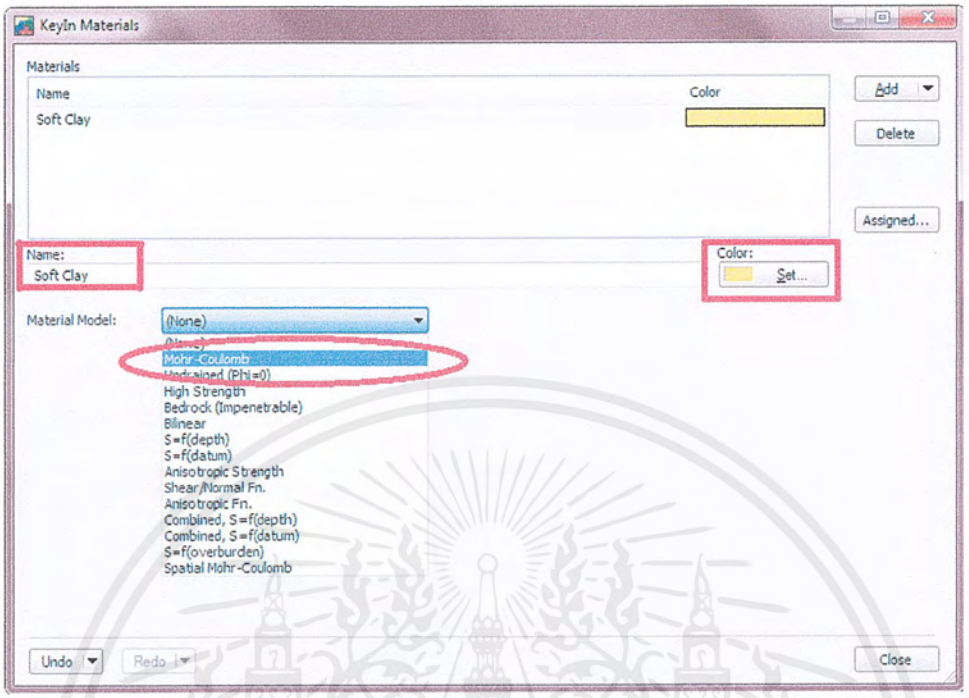


- โปรแกรมจะปรากฏหน้าต่าง KeyIn Materials ขึ้นมา
- กด Add เพื่อเพิ่มข้อมูลชั้นดิน

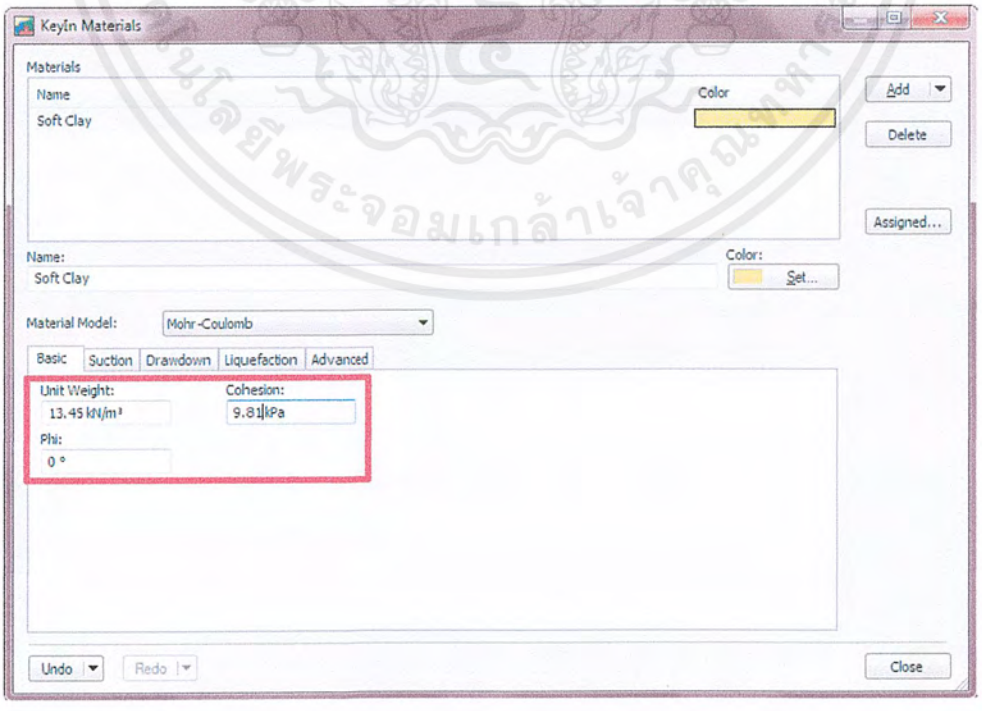


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- จากนั้นกรอกชื่อชั้นดินในช่อง (Name) เลือกสีของชั้นดินที่ช่อง (Color)
- ในช่อง Material Model ให้เลือก Mohr-Coulomb

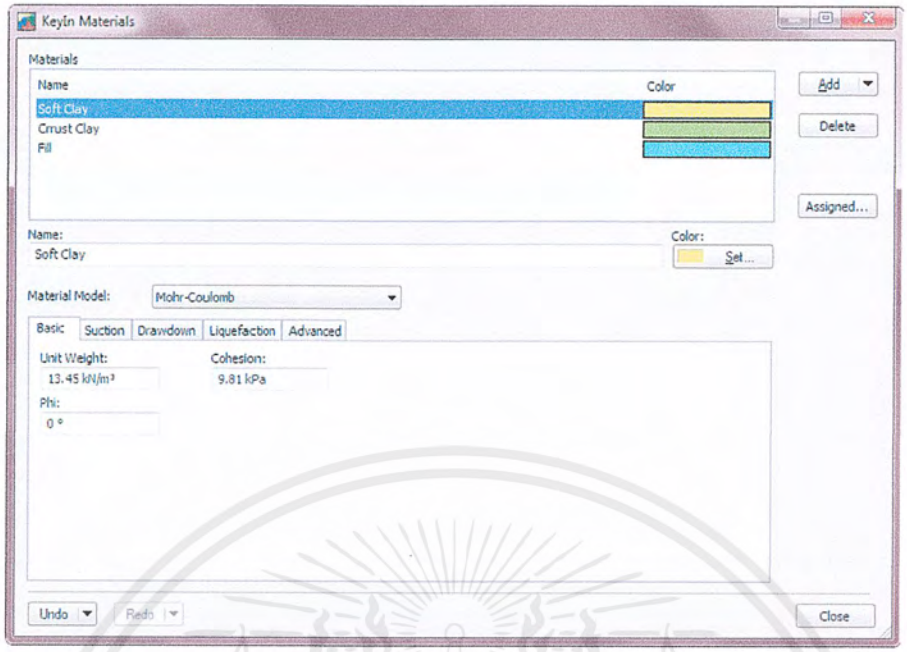


- กรอกข้อมูลคุณสมบัติของชั้นดินในหัวข้อ (Basic) ซึ่งประกอบด้วยค่า
  - Unit weight
  - Cohesion
  - Phi

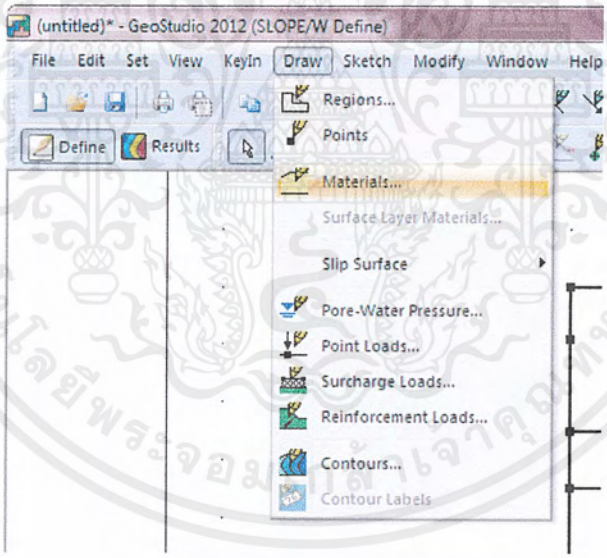


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- เพิ่มข้อมูลลงไปเลื่อยๆ จนครบทุกชั้น



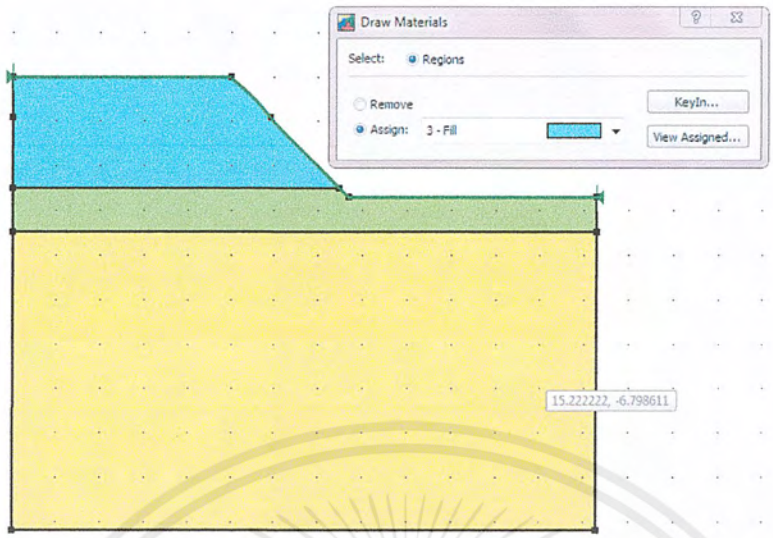
- กดปิดหน้าต่าง KeyIn Material
- จากนั้นไปที่เมนู Draw > Material...



- โปรแกรมจะปรากฏหน้าต่าง Draw Material ขึ้นมา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

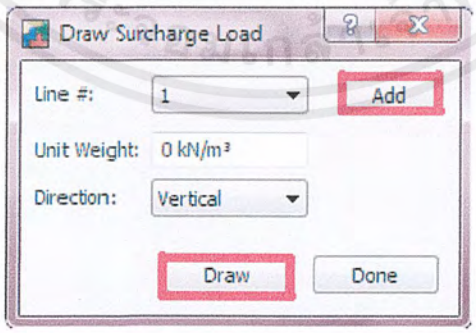
- ทำการ Assign ข้อมูลดินในแต่ละชั้นเข้าไปยังโมเดลปล่าวที่เราได้สร้างไว้



- เมื่อ Assign ข้อมูลดินครบทีกชั้นแล้ว ให้ปิดหน้าต่าง Draw Material

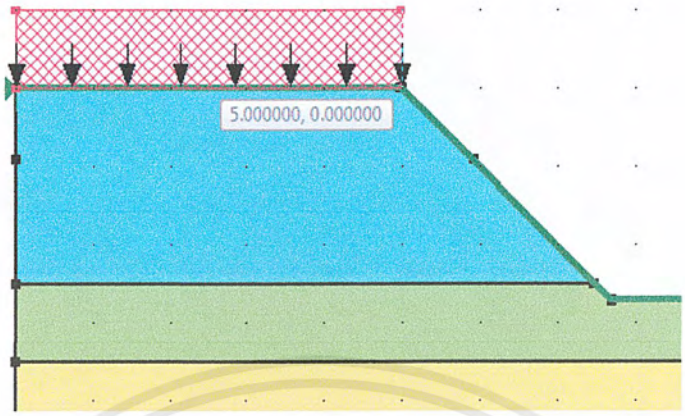
ขั้นตอนการเขียน Surcharge

- ไปที่เมนู Draw > Surcharge Load...
- โปรแกรมจะปรากฏหน้าต่าง Draw Surcharge Load ขึ้นมา
- เพิ่มข้อมูล Surcharge โดยกดที่ปุ่ม Add ใส่ข้อมูล
    - Line#.
    - Unit weight
    - Direction
- กดปุ่ม Draw ด้านล่างของหน้าต่าง



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

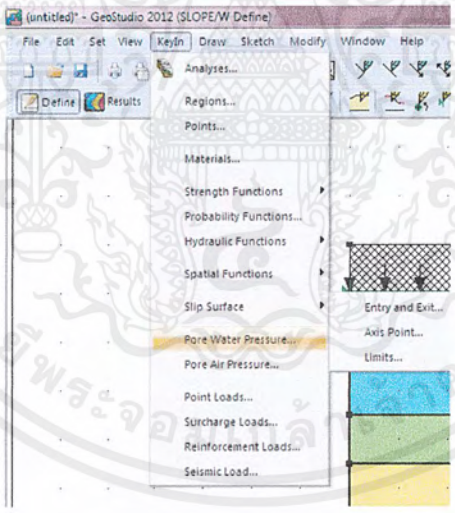
- เริ่มการลากเส้นแนวของแรง



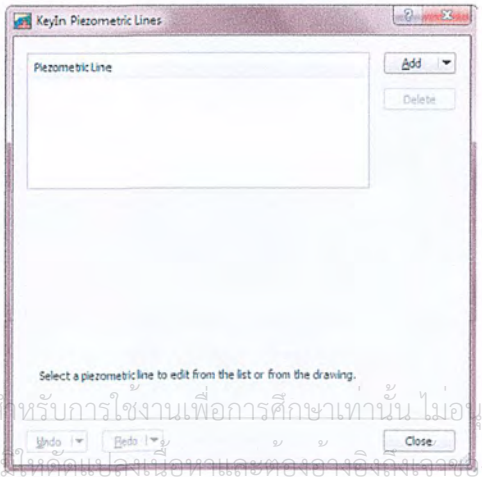
- เมื่อลากเสร็จแล้วกดปุ่ม Esc 1 ครั้ง เพื่อยกเลิกคำสั่ง

ขั้นการใส่ข้อมูลระดับน้ำ

- ไปที่เมนู KeyIn > Pore Water Pressure...

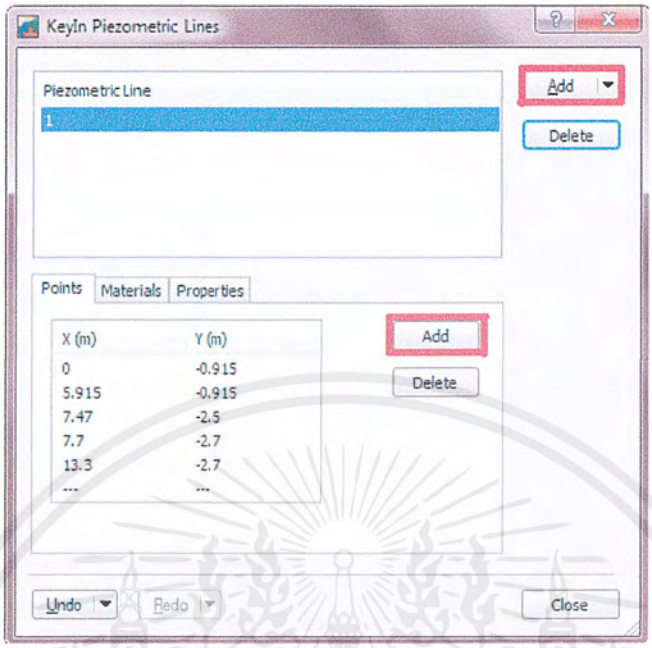


- โปรแกรมจะปรากฏหน้าต่าง KeyIn Pore Water Pressure ขึ้นมา

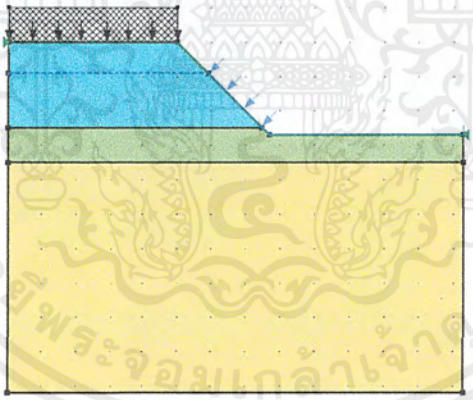


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- กด Add เพื่อเพิ่มข้อมูลระดับน้ำ
- ในหน้าต่าง Point ให้ Add ข้อมูลกริดในส่วนของระดับน้ำใต้ดิน

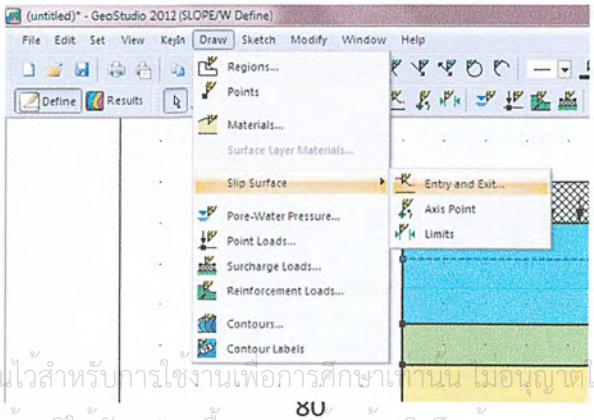


- เมื่อเสร็จสิ้นให้กดปิดหน้าต่าง KeyIn Piezometric Line โดยกดที่ปุ่ม (Close)
- หน้าต่างหลักจะแสดงระดับน้ำที่ได้เพิ่มไว้



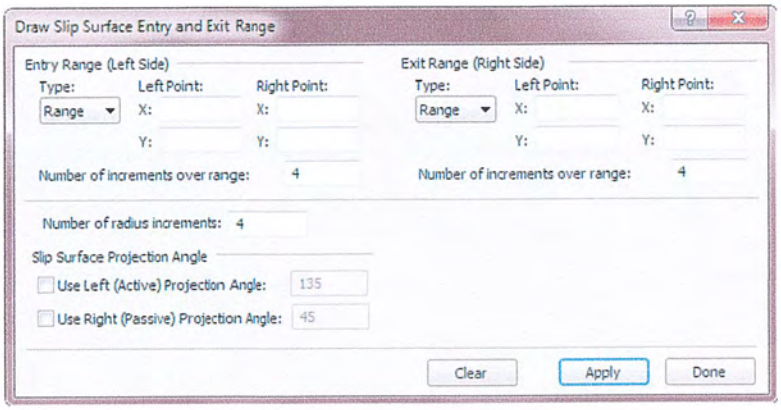
ขั้นตอนการเลือก Slip Surface

- ไปที่เมนู Draw > Slip Surface > Entry and Exit

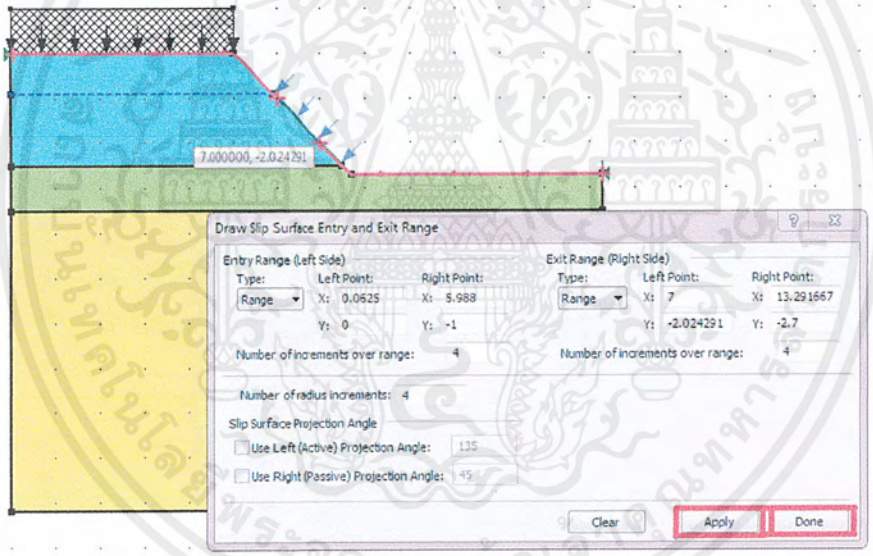


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- โปรแกรมจะปรากฏหน้าต่าง Draw Slip Surface Entry and Exit Rang



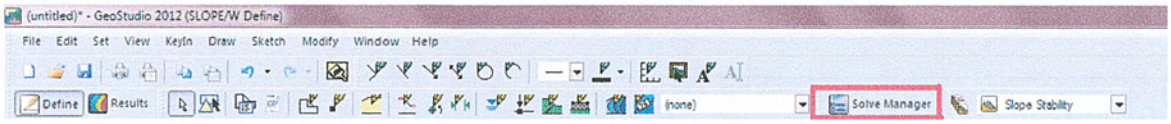
- ลาก Entry Range (จุดเริ่มต้นการพิบัติ) และ Exit Range (จุดสิ้นสุดการพิบัติ) ในโมเดลที่ได้สร้างไว้แล้ว
- กดปุ่ม Apply เพื่อนำข้อมูลชุดนี้ไปใช้
- กดปุ่ม Done เพื่อยืนยัน



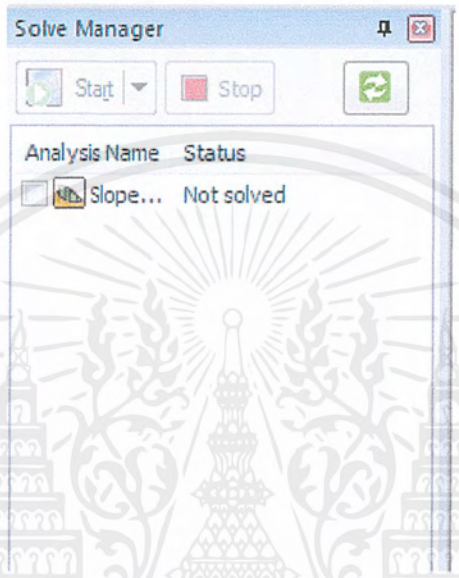
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้นตอนการวิเคราะห์

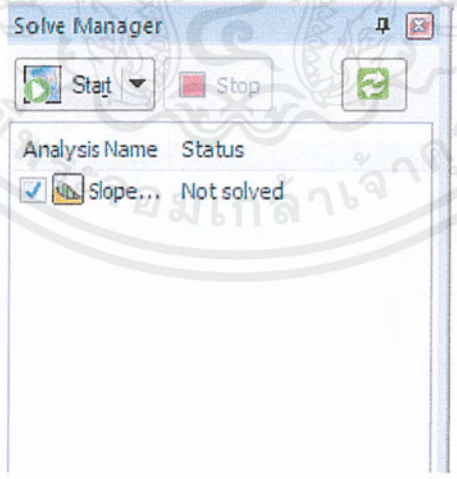
- คลิ๊กที่เมนู Solve Manager



- โปรแกรมจะปรากฏหน้าต่าง Solve Manager ขึ้นมา

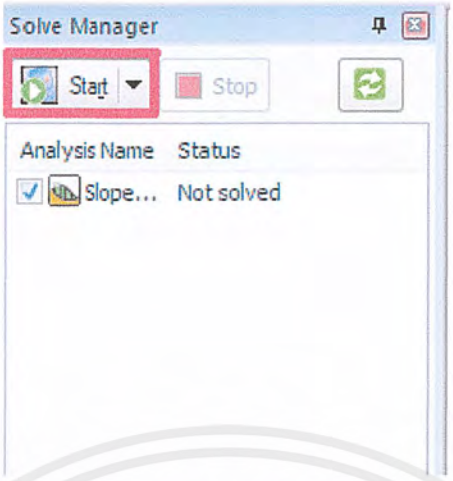


- กดเครื่องหมายถูกหน้าชื่อโมเดลที่เราจะทำการวิเคราะห์

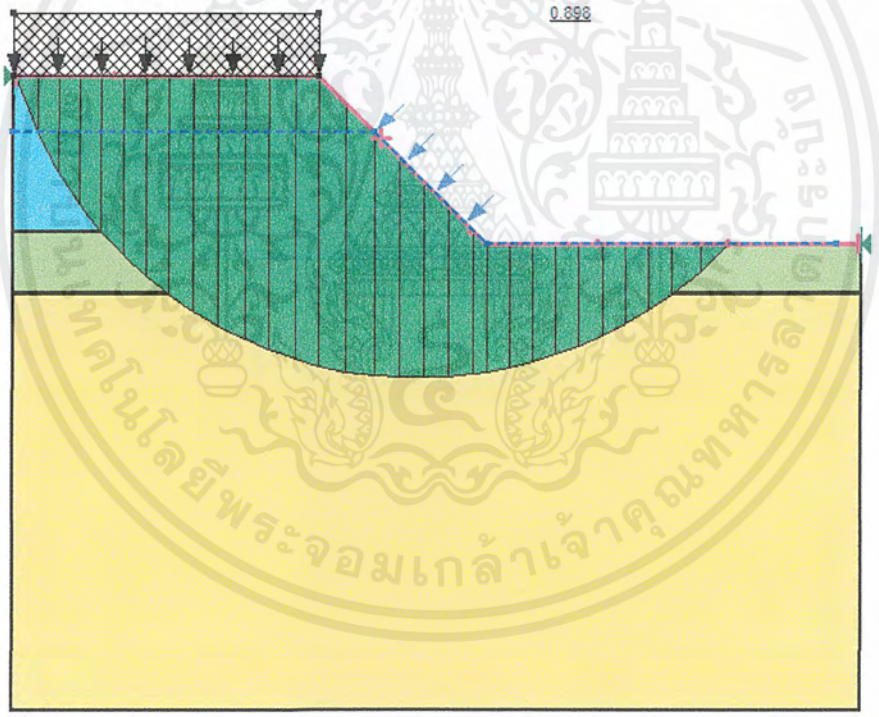


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- จากนั้นกดปุ่ม Start ที่มุมบนซ้ายของหน้าตาง Solve Manager



- โปรแกรมจะทำการ วิเคราะห์ Factor of Safety ที่น้อยที่สุดออกมา พร้อมกับแสดงแนวการพิบัติที่เกิดขึ้น



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.7 พิจารณาเลือกโมเดลที่ผ่านการวิเคราะห์แล้วมาใช้จริง

ในการที่เราจะเลือกโมเดลจำลองที่ได้ออกแบบไว้มาใช้นั้นสิ่งแรกที่ต้องพิจารณาคือ ค่าอัตราส่วนความปลอดภัย (Safety factor) ที่ได้จากการวิเคราะห์ในโปรแกรม KUslope ค่าอัตราส่วนความปลอดภัยจะต้องมีค่า 1.3 เป็นอย่างต่ำ เพราะถ้าค่าอัตราส่วนความปลอดภัยต่ำกว่านั้นอาจทำให้ดินบริเวณ slope พังลงมาระหว่างการทำงาน ส่งผลให้เกิดอันตรายต่อชีวิตและทรัพย์สิน นอกจากค่าอัตราส่วนความปลอดภัยแล้วยังต้องคำนึงถึงพื้นที่ในการทำงาน หากมีพื้นที่ในการทำงานมากก็จะส่งผลให้ผู้รับเหมาสามารถใช้คนงานและเครื่องจักรได้มากทำให้การดำเนินงานก่อสร้างรวดเร็วขึ้น และสุดท้ายสิ่งที่ผู้ออกแบบจะต้องพิจารณาคือระยะลาด เนื่องจากจุดที่จะทำการขุดนั้นอยู่ใกล้กับรั้วโครงการ ลำคลอง บ้านเดี่ยว และถนนโครงการ จึงจำเป็นที่จะต้องควบคุมระยะลาดดินด้วย ทั้งนี้ผู้ออกแบบต้องใช้ความรอบคอบในการเลือกโมเดลที่ดีที่สุดเพื่อนำไปเขียนแบบในขั้นตอนต่อไป

3.8 เขียนแบบ

โดยเมื่อเขียนแบบเสร็จแล้วผู้ออกแบบจะใส่แบบงานขุดนี้ ไว้ในส่วนของภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ผลการดำเนินงาน

ผลการดำเนินงาน

4.1 ศึกษาแบบก่อสร้าง

4.2 ขั้นตอนการเก็บข้อมูล

4.2.1 การเก็บข้อมูลภาคสนาม

- Open pit

ผลจากการเก็บตัวอย่างดินแบบ Open pit จะได้ตัวอย่างดินมา 2 ชนิด ดังนี้

1. ตัวอย่างดินในท่อ PVC จำนวน 3 ตัวอย่าง นำไปใช้ในการหาค่า Unit weight
2. ตัวอย่างดิน 2 kg จำนวน 1 ตัวอย่าง นำไปใช้ในการหาค่า water content

ลำดับ	น้ำหนัก (g)	Diameter (mm)		High (mm)			Avg. Diameter (mm)	Avg. High (mm)	Area (mm^2)
		1	2	1	2	3			
1.	14.8	30.22	30.22	48.50	48.64	48.60	30.22	48.58	717.27
2.	14.1	29.96	30.06	46.08	46.24	46.72	30.01	46.35	707.33
3.	14.8	30.08	30.06	47.90	47.82	47.82	30.07	47.85	710.16
4.	14.7	30.10	30.12	47.46	47.30	47.30	30.11	47.35	712.05
5.	16.3	29.96	29.94	52.26	52.36	52.40	29.95	52.34	704.51
6.	16.1	30.04	30.14	54.46	54.00	52.62	30.09	53.69	711.11
7.	14.3	30.04	30.06	47.32	47.42	47.40	30.05	47.38	709.22
8.	15.0	30.18	30.22	48.96	48.78	49.00	30.20	48.91	716.32
9.	14.3	30.14	30.06	42.42	42.30	42.36	30.10	42.36	711.58
10.	14.3	30.10	30.16	48.22	48.00	47.84	30.13	48.02	713.00
11.	14.1	30.04	30.04	46.70	46.90	46.88	30.01	46.83	708.75
12.	14.1	30.00	30.14	46.00	46.00	46.04	30.07	46.01	710.16
13.	14.2	30.08	30.12	48.04	48.04	47.82	30.10	48.00	711.58
14.	14.5	29.92	29.96	46.38	46.48	46.26	29.94	46.37	704.04
15.	14.4	30.10	30.00	46.80	46.88	46.82	30.05	46.83	709.22
16.	14.6	30.00	30.02	47.26	47.92	47.82	30.01	47.70	707.33
17.	14.6	30.06	30.00	46.80	46.78	46.82	30.03	46.80	708.27
18.	13.7	30.28	30.20	45.70	46.08	45.82	30.24	45.87	718.21

ตารางที่ 4.1 แสดงข้อมูลรายละเอียดของภาชนะตัวอย่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- Pocket vane shear

ครั้งที่	ระดับ (m)	อัตราส่วน	ผลที่ได้			กำลัง (ksc)			กำลังเฉลี่ย (ksc)
			1	2	3	1	2	3	
1.	-0.65	0.25	2.05	1.55	1.55	0.513	0.388	0.388	0.429
2.	-1.00	0.25	0.85	0.60	0.65	0.213	0.150	0.163	0.175
3.	-1.50	0.25	1.00	0.75	0.80	0.250	0.188	0.200	0.213
4.	-2.00	0.25	1.25	1.35	1.10	0.313	0.338	0.275	0.308
5.	-2.50	1.00	1.70	2.60	2.45	0.170	0.260	0.245	0.225
6.	-3.00	1.00	1.15	1.05	1.20	0.115	0.105	0.120	0.113

ตารางที่ 4.2 ตารางผลการทดลอง pocket vane shear

4.2.2. การเก็บข้อมูลในห้องปฏิบัติการ

- Water content

ลำดับ	น้ำหนักภาชนะ (g)	น้ำหนักภาชนะ + ดินเปียก (g)	น้ำหนักดินเปียก (g)	น้ำหนักภาชนะ + ดินแห้ง (g)	น้ำหนักดินแห้ง (g)	น้ำหนักน้ำในดิน (g)	Water content (%)
SVLB1	8.30	59.00	50.70	43.70	35.40	15.30	43.220
SVLB2	9.20	46.70	37.50	33.60	24.40	13.10	53.689
SVLB3	10.40	62.20	51.80	51.00	40.60	11.20	27.586
SVLB4	9.20	55.80	46.60	44.20	35.00	11.60	33.143
SVLB5	9.50	56.80	47.30	40.80	31.30	16.00	51.118
SVLB6	19.80	61.60	41.80	38.00	18.20	23.60	129.670

ตารางที่ 4.3 ผลการทดลองหาค่า water content

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- Unit weight

การทดลองหาค่า Unit weight จะต่อจากการเก็บตัวอย่างดินแบบ Open pit เพราะฉะนั้นภาชนะที่ใช้เก็บตัวอย่างจะใช้ข้อมูลเดียวกับตารางที่ 3.1

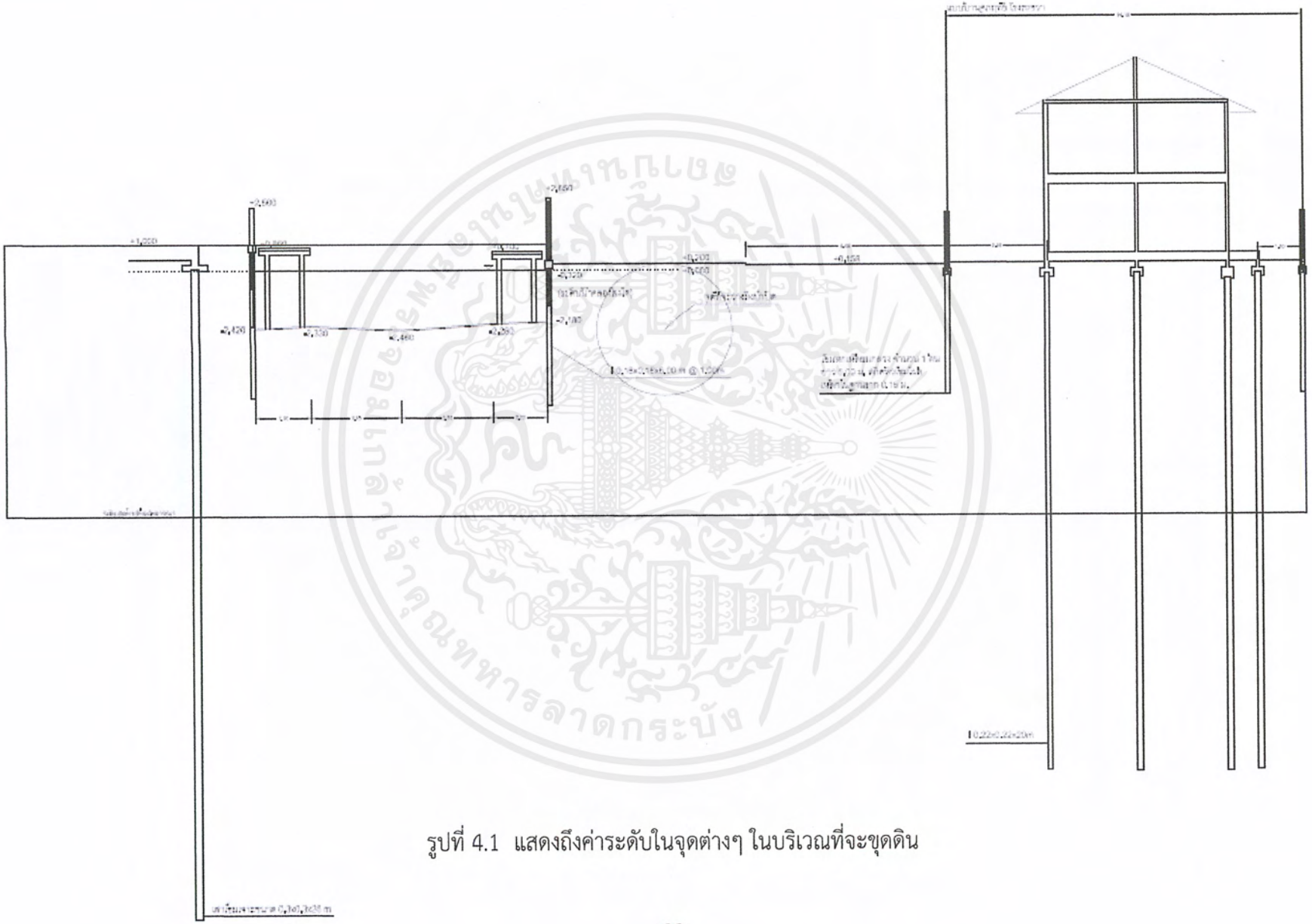
ลำดับ	Volume (mm^3)	Volume (cm^3)	น้ำหนักภาชนะ + ดิน (g)	น้ำหนักดิน (g)	Density (g/cm^3)	Avg. Density (t/m^3)
1	34844.75	34.84	73.40	58.60	1.682	1.734
2	32782.45	32.78	74.50	60.40	1.842	
3	33978.91	33.98	71.80	57.00	1.678	
4	33718.09	33.72	74.00	59.30	1.759	1.728
5	36873.83	36.87	77.60	61.30	1.662	
6	38181.73	38.18	83.40	67.30	1.763	
7	33602.76	33.60	76.10	61.80	1.839	1.936
8	35037.41	35.04	79.90	64.90	1.852	
9	30142.54	30.14	78.10	63.80	2.117	
10	34238.23	34.24	75.30	61.00	1.782	1.868
11	33188.22	33.19	73.90	59.80	1.802	
12	32676.95	32.68	80.10	66.00	2.020	
13	34155.85	34.16	72.60	58.40	1.710	1.769
14	32648.47	32.65	71.60	57.10	1.749	
15	33215.05	33.22	75.80	61.40	1.849	
16	33739.70	33.74	62.00	47.40	1.405	1.419
17	33147.24	33.15	62.50	47.90	1.445	
18	32942.13	32.94	60.10	46.40	1.409	

ตารางที่ 4.4 ตารางผลการทดลองหาค่า Unit weight

4.2.3 การเก็บค่าระดับทางกายภาพ

หลังจากที่ได้ทำการเก็บค่าระดับต่างๆ ทั้งค่าระดับดิน ค่าระดับน้ำ และค่าระดับสิ่งก่อสร้างใกล้เคียงที่ได้จากการสอบถาม จึงสามารถเอาข้อมูลเหล่านี้มาสร้างเป็นโมเดลได้ดังต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.1 แสดงถึงค่าระดับในจุดต่างๆ ในบริเวณที่จะขุดดิน

4.2.4 การเก็บข้อมูลจากการสอบถาม

4.2.4.1 สอบถามทาง บริษัท ศุภาลัย จำกัด

- ตำแหน่งของถังบำบัด

รูปที่ 4.2 แผนที่โครงการ ศุภาลัย ไพรด์ บางนา วงแหวนรอบนอก

รูปที่ 4.3 แผนผังตำแหน่งที่จะวางถังบำบัด

- มาตรฐานการก่อสร้าง

จากการสอบถามทางบริษัทถึงเรื่องมาตรฐานงานก่อสร้าง ทางบริษัทได้ให้ข้อมูลว่า มาตรฐานการก่อสร้างระบบบำบัดน้ำเสียของโครงการให้ดูจากแบบ ถ้าลองไปตรวจหน้างานแล้ว ตรงตามแบบนั้นถือว่าได้มาตรฐานของบริษัทแล้ว ส่วนในเรื่องของมาตรฐานวัสดุก่อสร้างทาง บริษัทได้แจกให้กับผู้รับเหมาไปเรียบร้อยแล้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- สิ่งปลูกสร้างใกล้เคียง

จากการสอบถามเรื่องสิ่งปลูกสร้างใกล้เคียงทางบริษัทได้ให้ข้อมูลว่าสถานที่ก่อสร้างทางทิศตะวันตกจะติดกับคลองสิงโต ตรงข้ามคลองสิงโตจะเป็นนิคมอัญมณีมีโรงงานอุตสาหกรรมมากมาย ทางตะวันออกจะเป็นถนนโครงการและฝั่งตรงข้ามถนนโครงการจะเป็นโซนบ้านเดี่ยว สามารถดูแผนผังได้โดยกลับไปดูรูปที่ 3.1.

- ข้อมูลคุณสมบัติของถัง

ถังบำบัดขนาด 200 ลบ.ม./วัน ตัวถังมีลักษณะเป็นรูปแคปซูล วางตัวยาวตามแนวคลองข้างโครงการมีขนาดความกว้าง 11.20 เมตร เส้นผ่าศูนย์กลาง 5.00 เมตร ทำจากวัสดุไฟเบอร์กลาส ส่วนประกอบภายในเป็นความข้อมูลลับของทางบริษัทผู้ผลิต

- ค่าระดับ ณ จุดต่างๆ

ระดับดินเดิม

+13.000 ม. ระดับป้ายโครงการบุราสิริ (ข้างเคียง)

+4.000 ม. ระดับรั้วโครงการบุราสิริ (ข้างเคียง)

+2.750 ม. ระดับสายไฟฟ้าหน้าโครงการ

+2.652 ม. ระดับสะพานคลองสิงโตสูงสุด

+1.250 ม. ระดับกึ่งกลางถนนกิ่งแก้วเลนส์ซ้าย

+1.224 ม. ระดับดินแปลงตรงป้อมโครงการบุราสิริ (ข้างเคียง)

+1.044 ม. ระดับผิวจราจรตรงป้อมยามโครงการบุราสิริ (ข้างเคียง)

+0.985 ม. ระดับดินแปลงในโครงการบุราสิริ (ข้างเคียง)

+0.950 ม. ระดับคานรั้วโครงการบุราสิริ (ข้างเคียง)

+0.860 ม. ระดับทางเท้าเลียบคลองสิงโตฝั่งตรงข้ามโครงการ

+7.000 ม. ระดับทางเท้าเลียบคลองสิงโตฝั่งโครงการ

+0.695 ม. ระดับท่อประปา เส้นผ่าศูนย์กลาง 0.100 m. เลียบทางเท้า

+0.600 ม. ระดับผิวจราจรถนนคอนกรีตทางเข้าโครงการบุราสิริ (ข้างเคียง)

+0.550 ม. ระดับผิวจราจรถนนคอนกรีตในโครงการบุราสิริ (ข้างเคียง)

+0.100 ม. ระดับพื้นโรงงานคอนกรีตแบบสำเร็จ

+0.034 ม. ระดับดินลึกเฉลี่ยเฟส 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

+0.005 ม. ระดับเขื่อนฝั่งตรงข้ามโครงการ

+0.000 ม. ระดับผิวจราจรหน้าโครงการ

-0.050 ม. ระดับฝาบ่อพักด้านหน้าโครงการ

-0.150 ม. ระดับน้ำคลองสิงโตสูงสุด

-0.158 ม. ระดับถนนคอนกรีตในโครงการศุภาลัย

-0.715 ม. ระดับน้ำปัจจุบันคลองสิงโต

-1.023 ม. ระดับดินลึกเฉลี่ยเฟส 2

-1.150 ม. ระดับดินลึกเฉลี่ยเฟส 3

-1.195 ม. ระดับดินลึกเฉลี่ยเฟส 4

-1.500 ม. ระดับก้นบ่อพักหน้าโครงการ

-2.300 ม. ระดับน้ำลึกคลองสิงโต

ระดับที่ขออนุมัติ

+1.500 ม. ระดับพื้นบ้านเดี่ยว , บ้านแฝด

+1.450 ม. ระดับพื้นผิวจราจรบริเวณป้อมโครงการ

+1.400 ม. ระดับพื้นทาวน์เฮ้าส์

+1.200 ม. ระดับดินแปลงบ้านเดี่ยว , บ้านแฝด

+1.150 ม. ระดับดินแปลงทาวเฮ้าส์

+1.050 ม. ระดับผิวจราจรในโครงการ

+0.550 ม. ระดับดินถมถนน

- ราคากลางงานดินของบริษัท ศุภาลัย จำกัด (มหาชน)

ค่าแรงงานดินขุด 132 บาท/ลูกบาศก์เมตร

ค่าแรงถมดิน 105 บาท/ลูกบาศก์เมตร

ราคาเสาเข็มไม้ขนาด dia. 6”x6 เมตร 124 บาท/ต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.4.2 สอบถามทางผู้รับเหมา

- สอบถามถึงแผนงานก่อสร้าง

1. ปรับระดับ + บดอัดดินให้ได้ระดับ
2. โครงการวางแนวเขตการขุดโดยใช้กล้อง total station
3. ทำการปักเข็มไม้สนยาว 6 เมตร รอบบริเวณที่จะขุดดิน
4. เริ่มทำการขุดดินในบริเวณที่ถัดจากแนวเข็ม 1 เมตร
5. ขุดลงไปจนได้ระดับในการวางถังบำบัด และมีพื้นที่พอในการทำงาน
6. ปรับระดับดินบริเวณก้นหลุม
7. คนของโครงการเข้ามาวางแนวเข็มที่จะทำการตอกเข็มโดยกล้อง total station
8. ผู้รับเหมาวางเข็มโดยการใช้เครนยกวางบนตำแหน่งตามผัง และใช้คนขย่มเข็มลง
9. ตัดหัวเข็มให้ได้ระดับตามแบบกำหนด
10. กั้นแบบเท lean concrete ตามแบบของโครงการ
11. รอจน lean concrete แข็งตัวแล้วจึงแกะไม้แบบ
12. วางถังบำบัดบนบริเวณที่ได้จัดเตรียมไว้
13. เติมน้ำให้เต็มตัวถังบำบัด
14. กลบดินบริเวณข้างตัวถังให้เรียบร้อย แล้วจึงทำการบดอัดดินให้แน่น
15. ปรับระดับบริเวณปากถังโดยการใช้ทรายหยาบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- น้ำหนักของเครื่องจักร

จากการสอบถามทางผู้รับเหมาทำให้ทราบว่าเครื่องจักรหนักที่จะนำมาใช้หลักๆมีด้วยกัน 2 ชนิด และมีรายละเอียดดังนี้

1. รถเครนขนาด 50 ตัน

รายละเอียด XCMG QY50K-II รถเครนขนาด 50 ตัน บูม 8 เหลี่ยม 5 ท่อน บูมยาวสุด 42.7 เมตร

XCMG QY50K-II รถเครนขนาด 50 ตัน บูม 8 เหลี่ยม 5 ท่อน บูมยาวสุด 42.7 เมตร

ลักษณะเด่นของรถเครน XCMG QY50K-II ขนาด 50 ตัน

- ออกแบบและผลิตตามมาตรฐานสากล 12 ล้อ ที่มีศักยภาพในการทำงานสูงสูด อีกทั้งยังมีเทคโนโลยีและคุณภาพเทียบเท่าเครนที่ผลิตในประเทศชั้นนำอื่นๆ ทั่วโลก
- เป็นเครน 50 ตัน ที่มีบูมหลักยาว 42.7 เมตร ความยาว jib 8.5 เมตร ทำให้สามารถยกได้สูงกว่าเครนที่มีขนาดเดียวกัน
- เฟืองสวิงผลิตจากเหล็กกล้าที่มีคุณสมบัติพิเศษแข็งและเหนียว ระบบการหมุนเป็นแบบ Free-sliding Fundtion ซึ่งจะปรับหมุนอัตโนมัติขณะยกวัตถุ

- ชุดขาหยั่งที่กว้างแบบ Double H-Type ทำให้ยกน้ำหนักได้มากและมีความเสถียรกว่าอีกทั้งยังมีขาหยั่งตัวที่ 5 เพิ่มความสมดุลในการยก
- บูมได้ถูกออกแบบให้มีโครงสร้าง 8 เหลี่ยม เพิ่มประสิทธิภาพความแข็งแรงไม่ว่าจะยืดบูมเพียงครึ่งเดียว หรือยืดบูมออกสูงสุด ทำให้มีความสามารถในการยกวัตถุได้เต็มประสิทธิภาพของตัวเครน
- เครื่องยนต์ใช้เทคโนโลยีล่าสุดที่มีประสิทธิภาพยอดเยี่ยม ซึ่งมีกำลังและแรงบิดสูงสุดทำให้การขับเคลื่อนรถเครนมีประสิทธิภาพสูงสุดประหยัดน้ำมันและยังเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม โดยผ่านทุกมาตรฐานล่าสุด
- มีการติดตั้งอุปกรณ์ safety ชั้นเลิศ เช่น load moment limiter (LML) สวิตช์ หยุดวินช์ (hoist limit swith) ตัวควบคุมเมื่อถึงปลายสลิงวาล์วควบคุมความปลอดภัย วาล์วป้องกันแรงดันไฮโดรลิก อุปกรณ์ป้องกันการกัดกร่อนและป้องกันอุปกรณ์ติดขัดขณะทำงาน และอื่นๆ ซึ่งทำให้การทำงานราบรื่นและปลอดภัย
- ห้องโดยสารกว้างสะดวก เก้าอี้ปรับระดับได้ ระบบความเย็นได้ถูกพัฒนาใหม่ เพื่อตอบสนองการใช้งาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

XCMG 50ton Mobile Truck Crane (QY50K-II)

Category	Item		Unit	Parameter
Outline Dimensions	Overall length		mm	13750
	Overall width		mm	2800
	Overall height		mm	3520
	Wheel base	1st and 2nd Axle	mm	1470
		2nd and 3rd Axle	mm	4105
		3rd and 4th Axle	mm	1350
	Track	Front wheel	mm	2304
		Rear wheel	mm	2075
Weight	Total vehicle mass in travel configuration		kg	41000
	Axle load	1st and 2nd Axle	kg	15000
		3rd and 4th Axle	kg	26000
Power	Engine rated power		kw/(r/min)	247/2200
	Engine rated torque		N.m/(r/min)	1350/1400
	Engine rated speed		r/min	2200
Travel Performance	Max. travel speed		km/h	75
	Min. travel speed		km/h	3
	Min. turning diameter		m	24
	Min. turning diameter at boom tip		m	26.8
	Min. ground clearance		mm	261
	Approach angle		°	17.5
	Departure angle		°	11.6
	Braking distance (at 30 km/h)		m	≤10
	Max. grade ability		%	40

ตารางที่ 4.5 ตารางแสดงรายละเอียดของรถเครนขนาด 50 ตัน รุ่น XCMG QY50K-II

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. รถแบคโฮ CP120

รถแบคโฮรุ่น PC120-6

ปีที่ผลิต: 1993

ช่วงเลขซีเรียล: 45001-60872

น้ำหนัก: 11,700 kg

ขนาดบุ้งกี๋: 0.45m3

มิติรถ ขณะพับอาร์มและกดบูมลงจนปลายอาร์มแตะพื้น(เหมือนตอนขนส่ง)

ความยาวโดยรวม(เมตร) : 7.595

ความกว้าง(วัดจากขอบนอกแผ่นแทรคทั้งสองด้าน)(เมตร) : 2.46

ความสูง(เมตร) : 2.715

ผู้ผลิตเครื่องยนต์ : KOMATSU

รหัสเครื่องยนต์ : S4D95L

กำลังเครื่องยนต์(แรงม้า)/รอบ : 85/2,200

แรงบิด(นิวตัน-เมตร/รอบ) : 283.4/1,600

จำนวนสูบ : 4

Bore x stroke (มิลลิเมตร) : 95x115

ความจุกระบอกสูบ (ลิตร) : 3.3

กำลังขุดที่บุ้งกี๋ (kN) :76.5

ขุดได้ลึกสุด(เมตร) : 5.52

ขุดได้ไกลสุด(เมตร) : 8.17

ขุดได้สูงสุด(เมตร) : 8.61

ความเร็วการเดิน(กิโลเมตรต่อชั่วโมง) : 3.0/3.8/5.5

ความเร็วสวิง(รอบ/นาที) : 12

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การคำนวณ Surcharge

จากข้อมูลเครื่องจักรหนักที่ผู้รับเหมานำเข้ามาใช้สามารถคำนวณหาค่าน้ำหนักแผ่กระจายบนปากบ่อ (Surcharge) ได้ดังนี้

น้ำหนักรวมของรถเครน	41,000 kg
น้ำหนักถังบำบัดเปล่า	2,000 kg
รวมเป็น	43,000 kg

ขนาดของรถเครน 50 ตัน

กว้างทั้งหมด	13.75 m
ยาวทั้งหมด	2.80 m
สูงทั้งหมด	3.52 m
คิดเป็นพื้นที่	135.52 m^3

ทำให้น้ำหนักที่กดลงปากบ่อเท่ากับ $\frac{43{,}000\ kg}{135.52\ m^2} = 317.30\ \frac{kg}{m^2}$

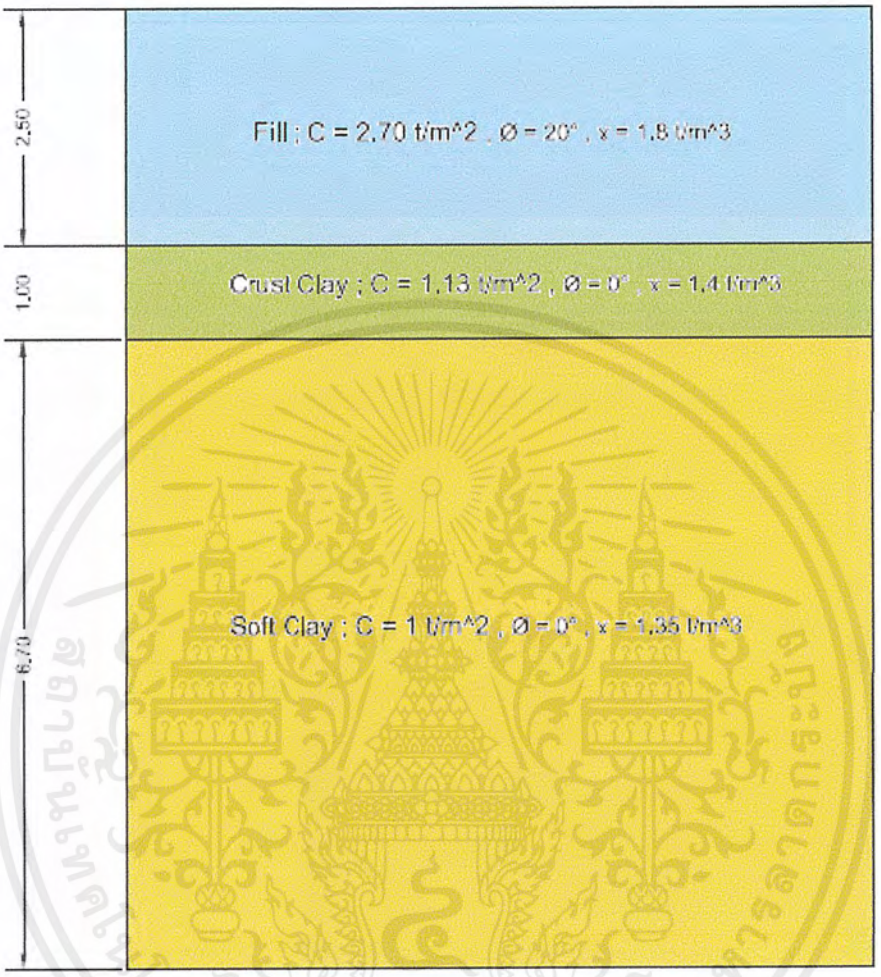
คิดเป็นค่าประมาณ 0.320 ตัน/เมตร^2

โดยผู้ออกแบบจะคิด Surcharge เป็น 3 ตัน เนื่องจากเวลาทำงานจริงจะใช้แรงงานคนด้วยจึงต้องเผื่อแรงแผ่กระจายไว้เพื่อความปลอดภัย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 พิจารณาแบ่งข้อมูลชั้นดินด้วยข้อมูลที่มีอยู่

จากข้อมูลที่มีอยู่สามารถแบ่งดินเป็นชั้นๆ ได้ดังนี้

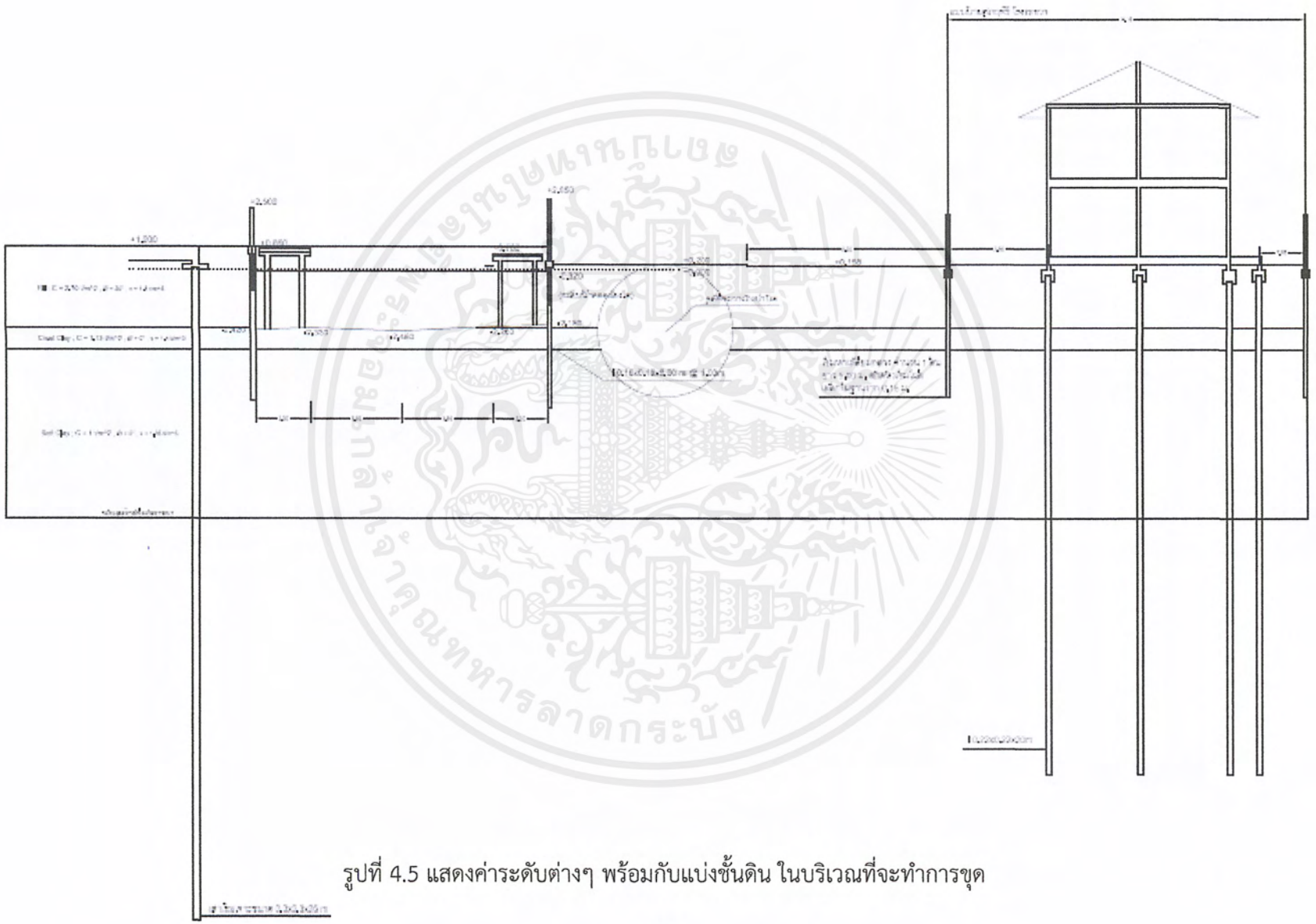


รูปที่ 4.4 คุณสมบัติของดินในชั้นต่างๆ ในบริเวณที่สำรวจ

4.4. วาดโมเดลพื้นที่ก่อสร้างด้วยโปรแกรม Auto CAD

จากรูปที่ 3.4 เมื่อนำข้อมูลค่าระดับดินมาใส่จะทำให้มีรูปร่างหน้าตาดังรูปที่ 3.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

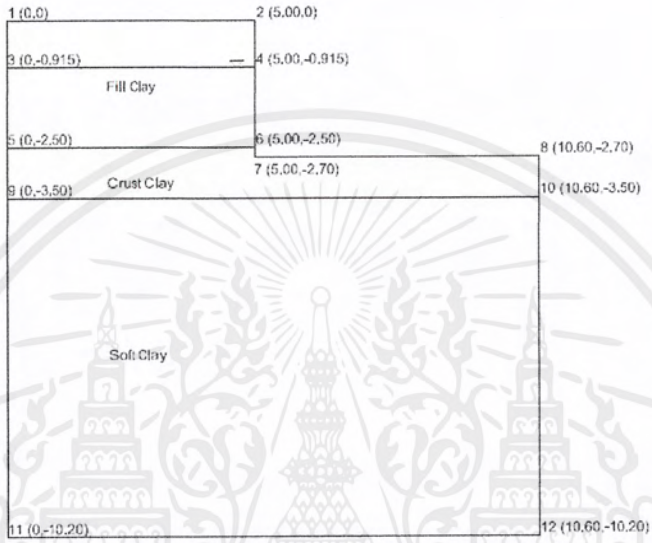


รูปที่ 4.5 แสดงค่าระดับต่างๆ พร้อมกับแบ่งชั้นดิน ในบริเวณที่จะทำการขุด

4.5. ออกแบบโมเดลการขุดคร่าวๆ ในโปรแกรม Auto CAD

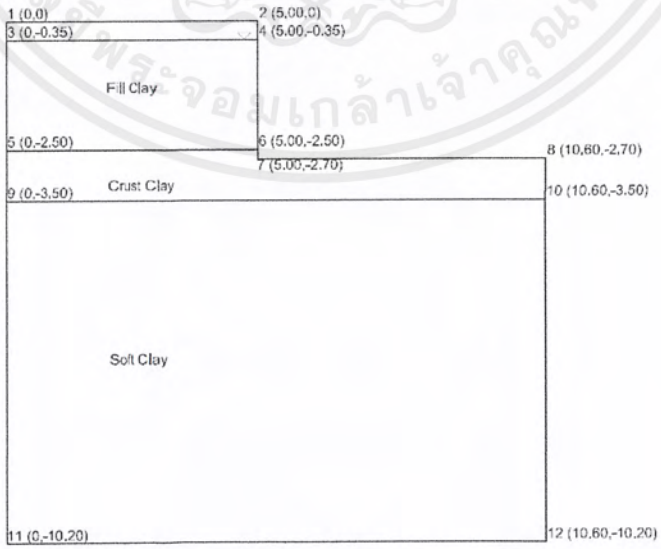
การสร้างโมเดลจำลองการขุดในโปรแกรม Auto CAD นี้ทำขึ้นเพื่อ สร้างสิ่งที่ผู้ออกแบบคิดให้ออกมาเป็นรูปธรรม ง่ายต่อการกำหนดกริดไลน์ และทำให้ผู้ออกแบบสามารถวิเคราะห์ขั้นพื้นฐานก่อนที่จะนำโมเดลพวกนี้เข้าไปวิเคราะห์ในโปรแกรม Geo Slope ส่งผลให้เกิดความผิดพลาดในการวิเคราะห์น้อยลง ซึ่งผู้ออกแบบได้ออกแบบโมเดลคร่าวๆไว้ ดังนี้

- โมเดลที่ 1 slope 90° ไม่มีเข็มไม้ ที่ระดับน้ำปัจจุบัน



รูปที่ 4.6 โมเดลที่ 1 ที่ระดับน้ำปัจจุบัน

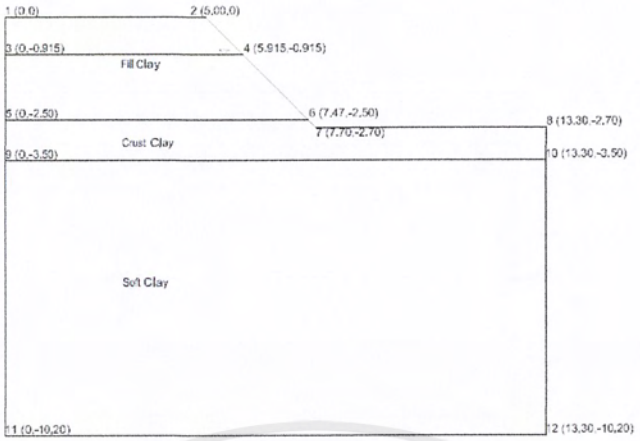
- โมเดลที่ 1 slope 90° ไม่มีเข็มไม้ ที่ระดับน้ำสูงสุด



รูปที่ 4.7 โมเดลที่ 1 ที่ระดับน้ำสูงสุด

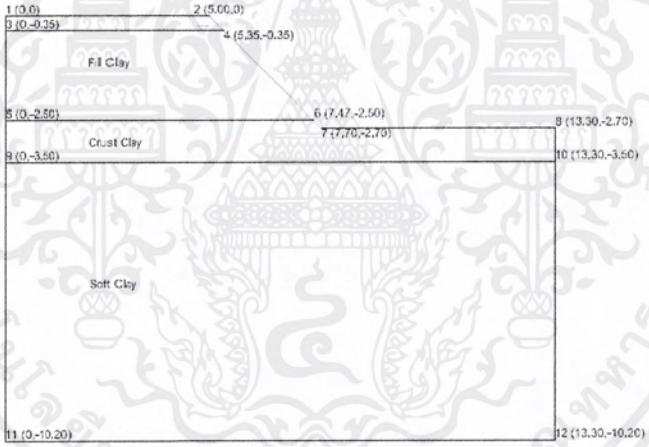
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- โมเดลที่ 2 slope 45° ไม่มีเข็มไม้ ที่ระดับน้ำปัจจุบัน



รูปที่ 4.8 โมเดลที่ 2 ที่ระดับน้ำปัจจุบัน

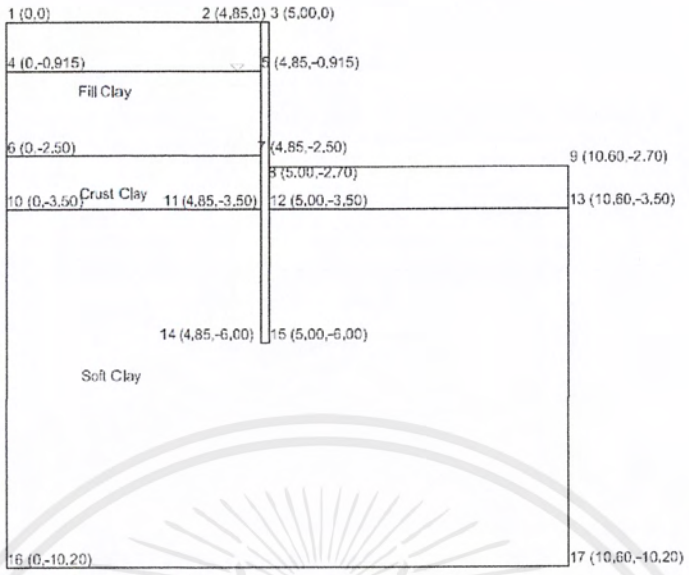
- โมเดลที่ 2 slope 45° ไม่มีเข็มไม้ ที่ระดับน้ำสูงสุด



รูปที่ 4.9 โมเดลที่ 2 ที่ระดับน้ำสูงสุด

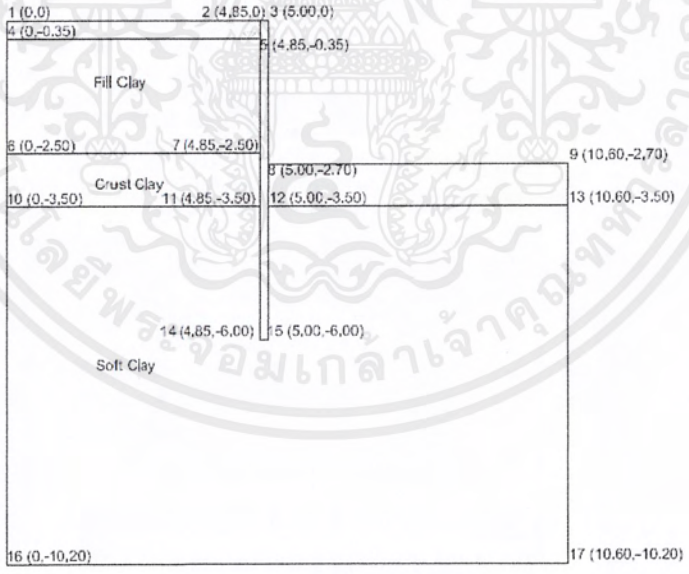
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- โมเดลที่ 3 slope 90° มีเข็มไม้ ที่ระดับน้ำปัจจุบัน



รูปที่ 4.10 โมเดลที่ 3 ที่ระดับน้ำปัจจุบัน

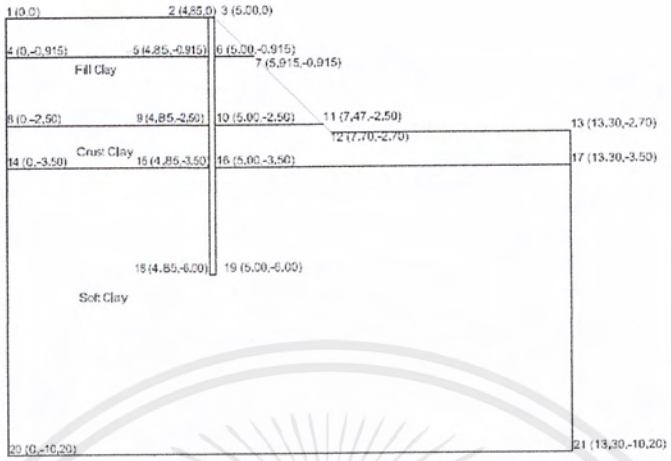
- โมเดลที่ 3 slope 90° มีเข็มไม้ ที่ระดับน้ำสูงสุด



รูปที่ 4.11 โมเดลที่ 3 ที่ระดับน้ำสูงสุด

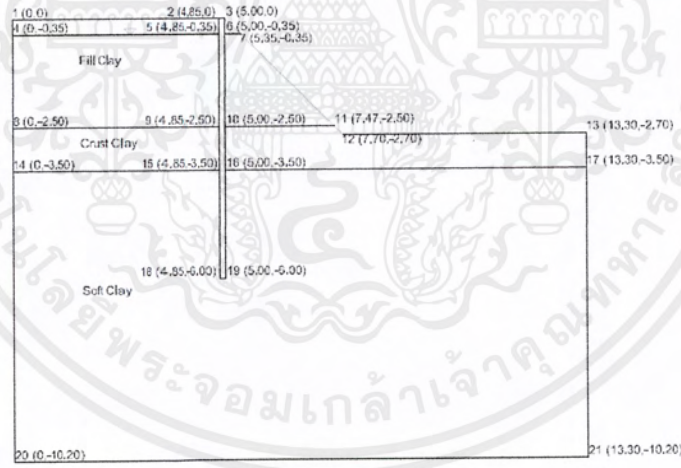
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- โมเดลที่ 4 slope 45° มีเข็มไม้ ที่ระดับน้ำปัจจุบัน



รูปที่ 4.12 โมเดลที่ 4 ที่ระดับน้ำปัจจุบัน

- โมเดลที่ 4 slope 45° มีเข็มไม้ ที่ระดับน้ำสูงสุด



รูปที่ 4.13 โมเดลที่ 4 ที่ระดับน้ำสูงสุด

ทั้งนี้ผู้ออกแบบได้ออกแบบให้มีการเสริมแรงด้วยเสาเข็มไม้สนขนาด 6”x 6 เมตร ที่มีคุณสมบัติทางกายภาพดังนี้

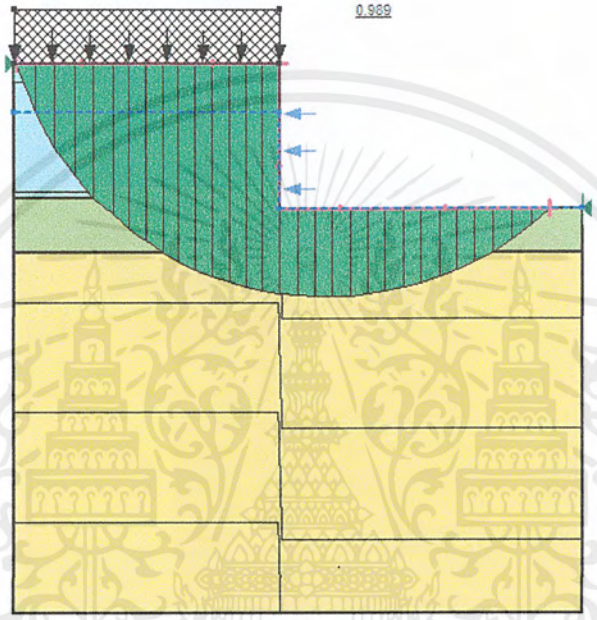
- Unit Weight 0.42 kg/m^3
- Cohoesion 1019.72 t/m^2
- Phi 45°

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.6. ผลการวิเคราะห์ค่า Factor of Safety จากโมเดลข้างต้น

ผลการวิเคราะห์ค่า Factor of Safety ได้จากการเอาโมเดลในหัวข้อ 4.5. เข้าไปวิเคราะห์ในโปรแกรม GeoSlope โดยมีขั้นตอนตามหัวข้อ 3.6. ซึ่งผลที่ได้จากโปรแกรม มีดังนี้

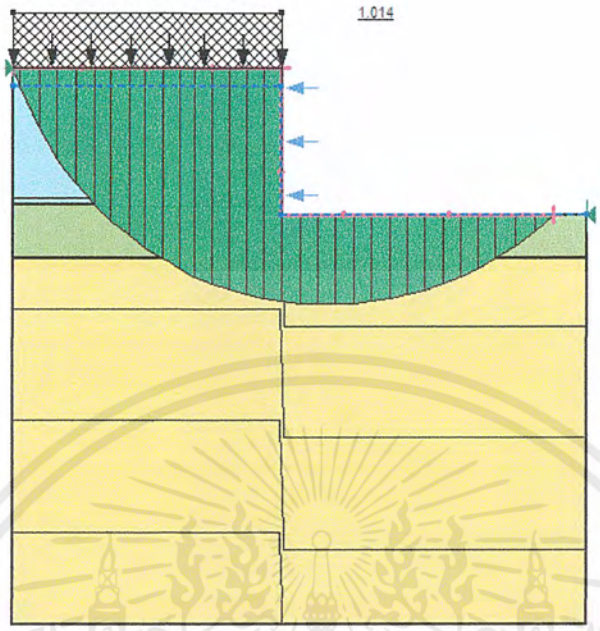
- โมเดลที่ 1 ที่ระดับน้ำปัจจุบันได้ค่า Factor of Safety เท่ากับ 0.989 และมีแนวการพิบัติดังนี้



รูปที่ 4.14 ผลการวิเคราะห์ค่า S.F. โมเดลที่ 1 ที่ระดับน้ำปัจจุบัน

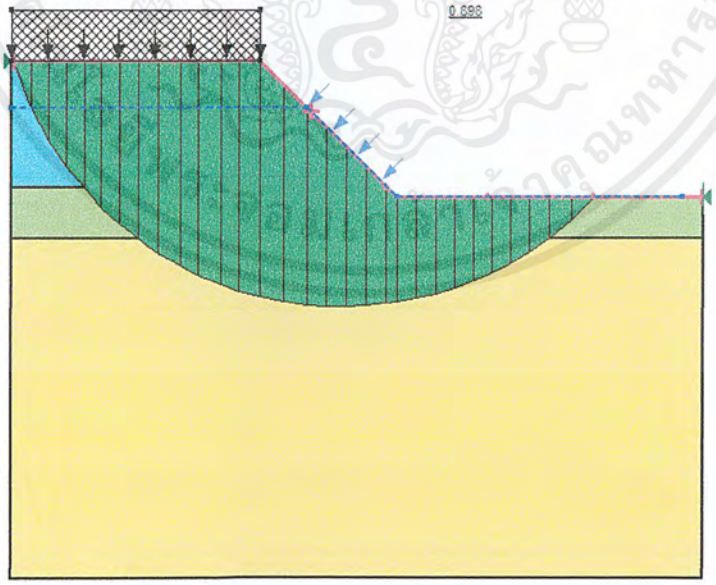
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- โมเดลที่ 1 ที่ระดับน้ำสูงสุด ได้ค่า Factor of Safety เท่ากับ 1.014 และมีแนวการพิบัติดังนี้



รูปที่ 4.15 ผลการวิเคราะห์ S.F. โมเดลที่ 1 ที่ระดับน้ำสูงสุด

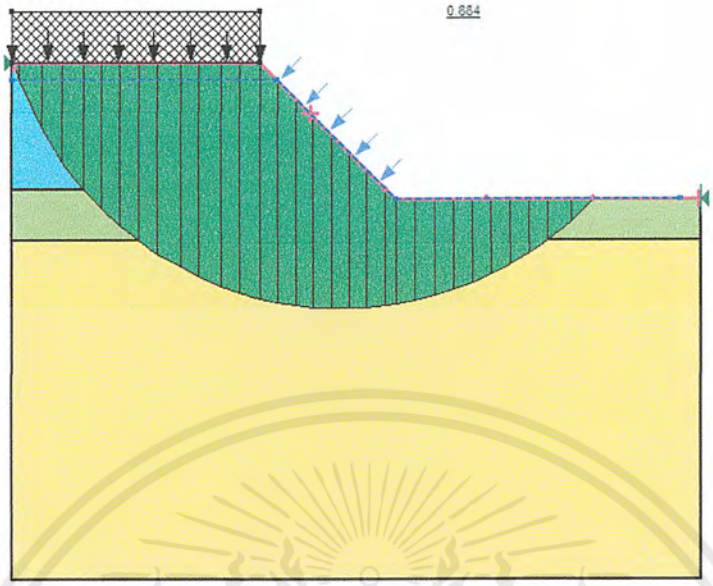
- โมเดลที่ 2 ที่ระดับน้ำปัจจุบัน ได้ค่า Factor of Safety เท่ากับ 0.898 และมีแนวการพิบัติดังนี้



รูปที่ 4.16 ผลการวิเคราะห์ S.F. โมเดลที่ 2 ที่ระดับน้ำปัจจุบัน

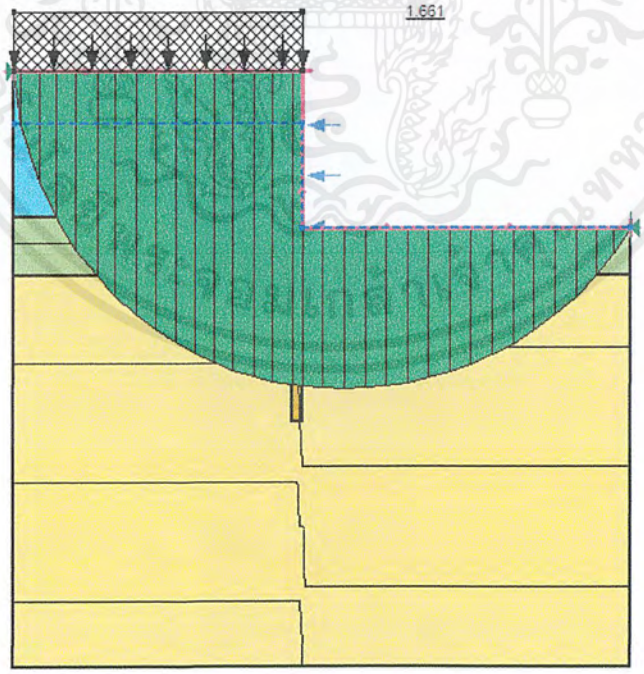
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- โมเดลที่ 2 ที่ระดับน้ำสูงสุด ได้ค่า Factor of Safety เท่ากับ 0.884 และมีแนวการพิบัติดังนี้



รูปที่ 4.17 ผลการวิเคราะห์ S.F. โมเดลที่ 2 ที่ระดับน้ำสูงสุด

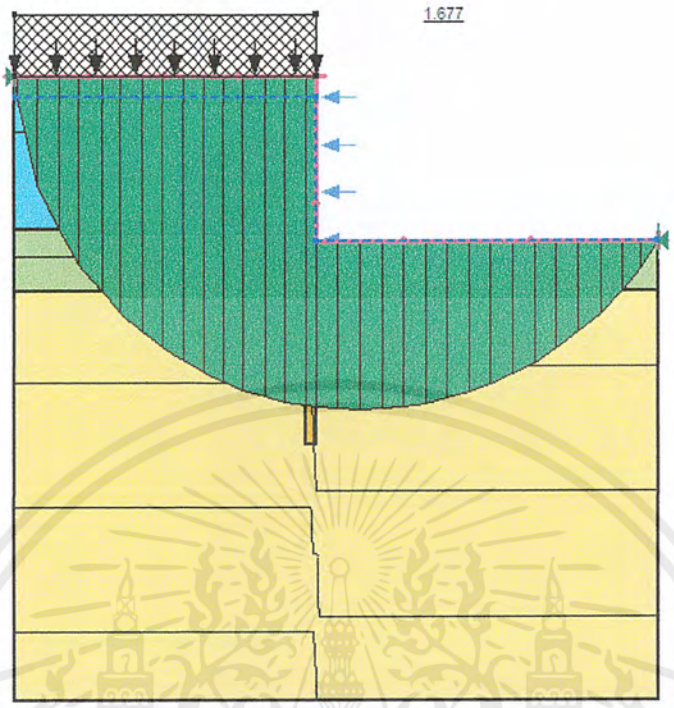
- โมเดลที่ 3 ที่ระดับน้ำปัจจุบัน ได้ค่า Factor of Safety เท่ากับ 1.661 และมีแนวการพิบัติดังนี้



รูปที่ 4.18 ผลการวิเคราะห์ S.F. โมเดลที่ 3 ที่ระดับน้ำปัจจุบัน

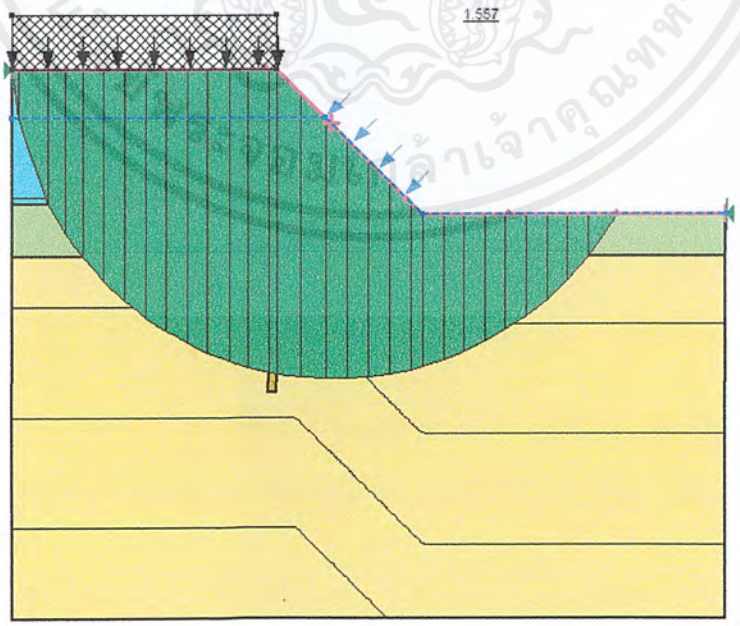
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- โมเดลที่ 3 ที่ระดับน้ำสูงสุด ได้ค่า Factor of Safety เท่ากับ 1.677 และมีแนวการพิบัติดังนี้



รูปที่ 4.19 ผลการวิเคราะห์ S.F. โมเดลที่ 3 ที่ระดับน้ำสูงสุด

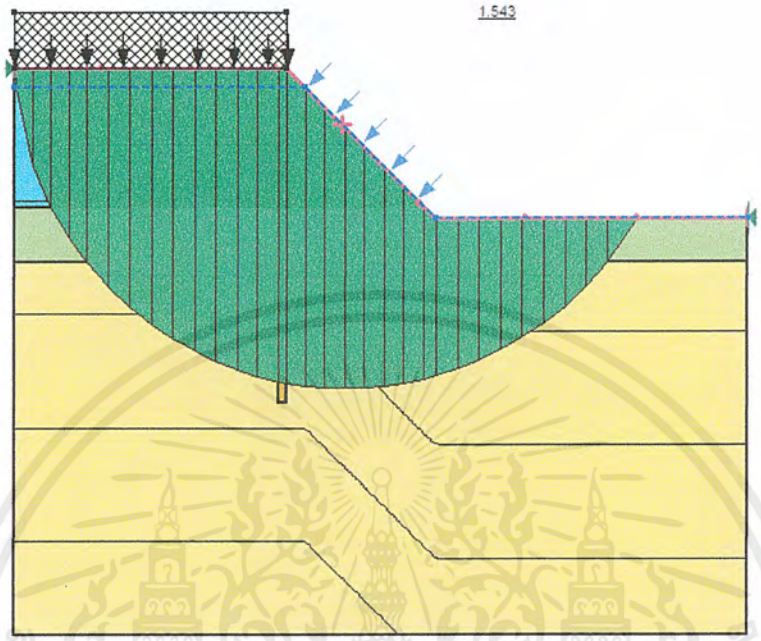
- โมเดลที่ 4 ที่ระดับน้ำปัจจุบัน ได้ค่า Factor of Safety เท่ากับ 1.557 และมีแนวการพิบัติดังนี้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.20 ผลการวิเคราะห์ S.F. โมเดลที่ 4 ที่ระดับน้ำปัจจุบัน

- โมเดลที่ 4 ที่ระดับน้ำสูงสุด ได้ค่า Factor of Safety เท่ากับ 1.543 และมีแนวการพิบัติดังนี้



รูปที่ 4.21 ผลการวิเคราะห์ S.F. โมเดลที่ 4 ที่ระดับน้ำสูงสุด

สรุปผลการวิเคราะห์

โมเดลที่	Slope (องศา)	ระดับน้ำ	จำนวนเข็มไม้ (ท่อน)	ปริมาณดินขุด (m^3)	S.F.
1.	90	ปัจจุบัน	0	81.65	0.989
1.	90	สูงสุด	0	81.65	1.014
2.	45	ปัจจุบัน	0	107.24	0.898
2.	45	สูงสุด	0	107.24	0.884
3.	90	ปัจจุบัน	186	81.65	1.661
3.	90	สูงสุด	186	81.65	1.677
4.	45	ปัจจุบัน	330	107.24	1.557
4.	45	สูงสุด	330	107.24	1.543

ตารางที่ 4.6 ตารางสรุปผลการวิเคราะห์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัย

จากการออกแบบลาดดินจะเห็นว่า การก่อสร้างลาดดินแต่ละแบบมีความแตกต่างกัน ทั้งในด้านการก่อสร้าง อัตราส่วนความปลอดภัย (Facto of Safety) งบประมาณ เวลาในการก่อสร้าง และวัสดุที่ใช้ในการก่อสร้าง โดย ณ ที่นี้จะเปรียบเทียบความแตกต่างของลาดดินแต่ละชนิดในแง่วิศวกรรม ได้แก่ ค่าอัตราส่วนความปลอดภัย (Factor of Safety) วัสดุที่ใช้ในการก่อสร้าง และ งบประมาณงานดิน

5.1 เปรียบเทียบด้านความปลอดภัยของลาดดิน

ในวงการก่อสร้างให้ความสำคัญในเรื่องความปลอดภัยเป็นอันดับ 1 หากเกิดความเสียหายขึ้นมาจะส่งผลให้เกิดความสูญเสีย ทั้งชีวิตและทรัพย์สิน ในเรื่องความปลอดภัยนั้นผู้ออกแบบสามารถใช้ค่าอัตราส่วนความปลอดภัย (Factor of Safety) เข้ามาเป็นตัวเปรียบเทียบเพื่อเลือกลาดดินที่จะนำมาใช้จริง ซึ่งค่า อัตราส่วนความปลอดภัยในงานขุดแบบชั่วคราว จะต้องมีค่ามากกว่า 1.3

โมเดลที่	Slope (องศา)	ระดับน้ำ	S.F.
1.	90	ปัจจุบัน	0.989
1.	90	สูงสุด	1.014
2.	45	ปัจจุบัน	0.898
2.	45	สูงสุด	0.884
3.	90	ปัจจุบัน	1.661
3.	90	สูงสุด	1.677
4.	45	ปัจจุบัน	1.557
4.	45	สูงสุด	1.543

รูปที่ 5.1 ตารางเปรียบเทียบค่าอัตราส่วนความปลอดภัย (Factor of Safety)

จากตารางจะเห็นว่ามีเพียงโมเดลที่ 3 และ 4 เท่านั้นที่ ผ่านเกณฑ์ (ค่าอัตราส่วนความปลอดภัยมากกว่า 1.3)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2 เปรียบเทียบวัสดุที่ใช้ในงานก่อสร้าง

แม้ว่าวัสดุที่ใช้ในงานขุดดินจะมีไม่กี่ชนิด แต่ถ้าคิดในเรื่องของกำไร ขาดทุน แล้วก็เป็นสิ่งที่ควรจะนำมาเปรียบเทียบเพื่อคัดกรองวัสดุในส่วนที่ไม่จำเป็นออก หากว่าเราใช้วัสดุที่ไม่จำเป็นมาก ก็จะเป็นการสูญเสียงบประมาณโดยใช่เหตุ

โมเดลที่	Slope (องศา)	ระดับน้ำ	จำนวนเข็มไม้ (ต้น)	ปริมาณดินตัด (m^3)	ปริมาณดินถม (m^3)
1.	90	ปัจจุบัน	0	81.65	17.52
1.	90	สูงสุด	0	81.65	17.52
2.	45	ปัจจุบัน	0	10.24	43.11
2.	45	สูงสุด	0	10.24	43.11
3.	90	ปัจจุบัน	186	81.65	17.52
3.	90	สูงสุด	186	81.65	17.52
4.	45	ปัจจุบัน	330	10.24	43.11
4.	45	สูงสุด	330	10.24	43.11

ตารางที่ 5.2 ตารางเปรียบเทียบปริมาณ ดินตัด-ดินถม และ เข็มไม้

จากตารางจะเห็นว่าในการขุดดินแบบ Slope 90° ประหยัดเข็มไม้ ลดปริมาณดินตัด-ดินถม ได้มากกว่า การขุดแบบ Slope 45° อยู่มากพอสมควร

5.3 เปรียบเทียบด้านงบประมาณงานดิน

งบประมาณเป็นสิ่งที่สำคัญอีกเรื่องหนึ่งของงานก่อสร้าง เพราะในการก่อสร้างอะไรแต่ละอย่างนั้น เราควรจะใช้งบประมาณน้อย เพื่อแรกกับผลกำไรที่มาก ยิ่งเราสิ้นเปลืองไปกับค่าวัสดุมากเท่าไร ผลกำไรก็จะน้อยลงมากขึ้นเท่านั้น ดังนั้นงบประมาณจึงเป็นอีกตัวเปรียบเทียบหนึ่งในการเลือกรูปแบบการขุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โมเดลที่	Slope (องศา)	ระดับน้ำ	ราคาเข็มไม้ (บาท)	ราคาขุด (บาท)	ราคาถม (บาท)	ราคารวม (บาท)
1.	90	ปัจจุบัน	0	10,777.80	1,839.60	12,617.40
1.	90	สูงสุด	0	10,777.80	1,839.60	12,617.40
2.	45	ปัจจุบัน	0	14,155.68	4,526.55	18,682.23
2.	45	สูงสุด	0	14,155.68	4,526.55	18,682.23
3.	90	ปัจจุบัน	23,064	10,777.80	1,839.60	35,681.40
3.	90	สูงสุด	23,064	10,777.80	1,839.60	35,681.40
4.	45	ปัจจุบัน	40,920	14,155.68	4,526.55	59,602.23
4.	45	สูงสุด	40,920	14,155.68	4,526.55	59,602.23

ตารางที่ 5.3 ตารางเปรียบเทียบงบประมาณ ในการขุดแบบต่างๆ

จากตารางจะเห็นว่าการขุดแบบ Slope 90° ต้องใช้งบประมาณ 35,681.40 บาท และการขุดแบบ Slope 45° มีราคาถึง 59,602.23 บาท ซึ่งแพงกว่ากัน ถึง 23,920.83 บาท ดังนั้นการขุดแบบ Slope 90° จึงใช้งบประมาณถูกกว่าอย่างเห็นได้ชัด

5.4 สรุปผลจากการเปรียบเทียบ

เนื่องจากสภาพแวดล้อมรอบบริเวณที่จะทำงานขุดประกอบไปด้วย รั้วทึบกับกำแพงกันดินทางฝั่งคลองสิงโตและถนนโครงการที่บดอัดไว้แล้วเตรียมเทคอนกรีต ทำให้พื้นที่ทำงานมีจำกัด ดังนั้นการขุดแบบลาด 45° จึงไม่เหมาะสม เพราะจะให้ส่งผลกระทบต่อพื้นที่ก่อสร้างข้างเคียง ทั้งนี้ในการขุดแบบลาด 45° ยังใช้งบประมาณมากกว่าการขุดแบบ 90° และเนื่องด้วยสภาพดินกรุงเทพที่เป็นดินเหนียว ประกอบกับพื้นที่ก่อสร้างใกล้แหล่งน้ำ จึงจำเป็นต้องใช้ลาดดินที่มีความแข็งแรงสูง โดยสามารถพิจารณาจากค่าอัตราส่วนความปลอดภัย ยิ่งมากแสดงว่าลาดดินมีความแข็งแรงมาก ซึ่งโมเดลแบบที่ 3 มีค่าถึง 1.661 ที่ระดับน้ำปัจจุบัน และ 1.677 ที่ระดับน้ำสูงสุด

ดังนั้นจึงสามารถสรุปได้ว่า การขุดในแบบที่ 3 เป็นการขุดที่เหมาะสมกับการวางถังบำบัดส่วนกลางของโครงการนี้ มากกว่าการขุดแบบที่ 1,2 และ 4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

กรมชลประทาน. “องค์ความรู้ การทำงานดิน.” 2552. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: http://kmcenter.rid.go.th/kcresearch/KM_dinvitsawa_01.pdf สืบค้น วันที่ 13 สิงหาคม 2559.

คณะวิศวกรรมศาสตร์. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. “การสำรวจชั้นดิน.” [ม.ป.ป.]. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: www.gerd.eng.ku.ac.th สืบค้น วันที่ 1 กันยายน 2559.

ณธศร ชเวงเกียรติ. “การออกแบบและเปรียบเทียบกำแพงกันดินระหว่างกำแพงเข็มพืดและกำแพงกันดินเข็มเจาะ.” กรุงเทพมหานคร: [ม.ป.ท.], 2558.

ไทยแทรคเตอร์. “ข้อมูลรถเครนขนาด 50 ตัน รุ่น XCMG QY50K-II.” 2559. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: www.thaitractor.com สืบค้น วันที่ 3 กันยายน 2559.

เปรมด์ปรีชา. “คู่มือการติดตั้งและการใช้ถังบำบัดน้ำเสีย.” 2556. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: http://www.ถังบำบัดน้ำ.com สืบค้น วันที่ 15 สิงหาคม 2559.

พรพจน์ ตันเส็ง. “วิศวกรรมฐานราก.” 2554. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: http://www.tumcivil.com/engfanatic/article_gen.php?article_id=989&hit=1 สืบค้น วันที่ 13 สิงหาคม 2559.

ยนตรการ. “ข้อมูลรถขุด komatsu.” 2558. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: www.ytkmachinery.com สืบค้น วันที่ 10 กันยายน 2559.

วิทยาลัยเทคนิคเชียงใหม่. “หน่วยที่ 10 การเจาะสำรวจดิน.” [ม.ป.ป.]. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: www.krumanit.cmt.ac.th สืบค้น วันที่ 1 กันยายน 2559.

ศูนย์ความรู้กลาง. กรมชลประทาน. “งานดินและงานปรับพื้นที่.” 2556. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: http:// kmcenter.rid.go.th/center สืบค้น วันที่ 20 สิงหาคม 2559.

แหลมทอง เหล่าคงถาวร. คู่มือปฏิบัติการทดลองปฐพีกลศาสตร์. พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพมหานคร: มีนเซอร์วิส ซัพพลาย, 2555.

อาควานอชิฮาร่า. “แนวทางการเลือกใช้ถังบำบัดน้ำเสีย.” [ม.ป.ป.]. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: http://www.aqua.co.th/en/knowledge/46-2010- 06-10- 15-11- 48.html สืบค้น วันที่ 20 สิงหาคม 2559.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก.

คำนิยามปฏิบัติการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คำนิยามปฏิบัติการ

1. ค่าอัตราส่วนความปลอดภัย (Factor of Safety)

- ในการผลิต การออกแบบชิ้นงาน เครื่องจักร เครื่องก่อสร้าง หรือแม้แต่การขนถ่ายวัสดุอุปกรณ์ต่างๆ ภายในโรงงาน หรือที่หน้างานก่อสร้าง เมื่อจะดำเนินการใดๆก็ตาม จะต้องมีค่าเผื่อไว้สำหรับการออกแบบ เพื่อป้องกันไม่ให้แรงหรือกำลังต่างๆที่มากระทำกับเครื่องจักรหรือเครื่องมือการก่อสร้างต่างๆ มีมากเกินไปกว่ากำลังที่เครื่องจักร หรือเครื่องมือก่อสร้างนั้นๆจะรับได้ ค่าเผื่อดังกล่าวเรียกว่า ค่าความปลอดภัย

2. ถังบำบัดน้ำเสีย

- ถังที่ใช้ในการกำจัดหรือทำลายสิ่งปนเปื้อนในน้ำเสียให้หมดไป หรือเหลือน้อยที่สุดให้ได้มาตรฐานที่กำหนดและไม่ทำให้เกิดมลพิษต่อสิ่งแวดล้อม

3. ระบบสาธารณูปโภค

- บริการขั้นพื้นฐานที่ประชาชนควรจะได้รับจากชุมชน

4. งานขุด

- งานขุดดิน ขุดหินหรือรวมถึงงานขุดดินและขุดหินเพื่อการก่อสร้างฐานรากของอาคารและสิ่งก่อสร้างต่างๆ

5. หน่วยน้ำหนัก (Unit Weight)

- น้ำหนักของวัตถุต่อ 1 หน่วย ปริมาตร ของวัตถุนั้น

6. แรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุล (Cohesion)

- การดึงดูดของโมเลกุลระหว่างอนุภาคในสารใดๆ ซึ่งจะทำให้อนุภาคนั้น เกาะอยู่ด้วยกัน

7. กริด (Grid)

- อนุกรมของจุดที่จะช่วยให้เราวางภาพหรือข้อความในตำแหน่งที่เป็นแนวเดียวกันได้ มักใช้ในโปรแกรมประเภทการจัดหน้า

8. โมเดล (Model)

- แบบจำลอง รูปจำลอง , สิ่งจำลอง , หุ่นจำลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

9. BOQ (Bill of Quantities)

- บัญชีแสดงปริมาณวัสดุและแรงงานที่ใช้ในการก่อสร้างโดยแยกวัสดุออกเป็นหน่วยของแต่ละประเภทพร้อมด้วยราคาวัสดุและค่าแรงงาน

10. วิศวกรรมการก่อสร้าง

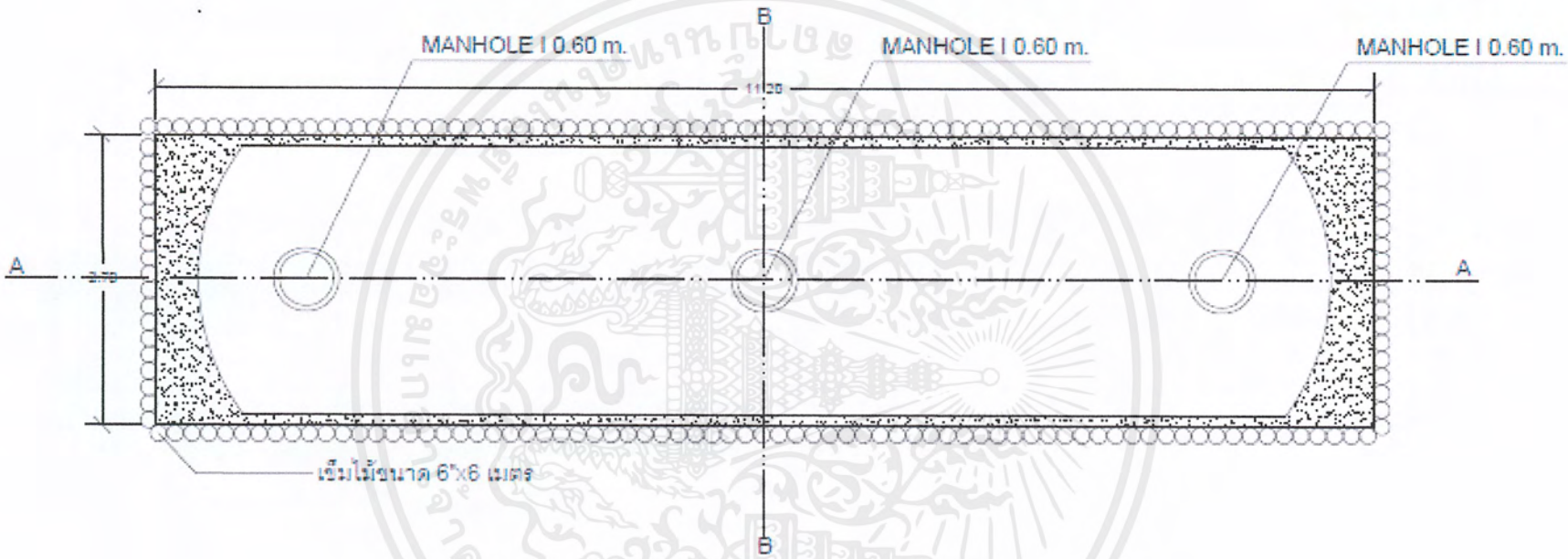
- สาขาวิชาชีพที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบ, การวางแผน, การก่อสร้าง, และการจัดการสำหรับโครงสร้างพื้นฐานต่างๆ เช่นทางหลวง, สะพาน, สนามบิน, ทางรถไฟ, อาคาร, เขื่อน, และระบบสาธารณูปโภค

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

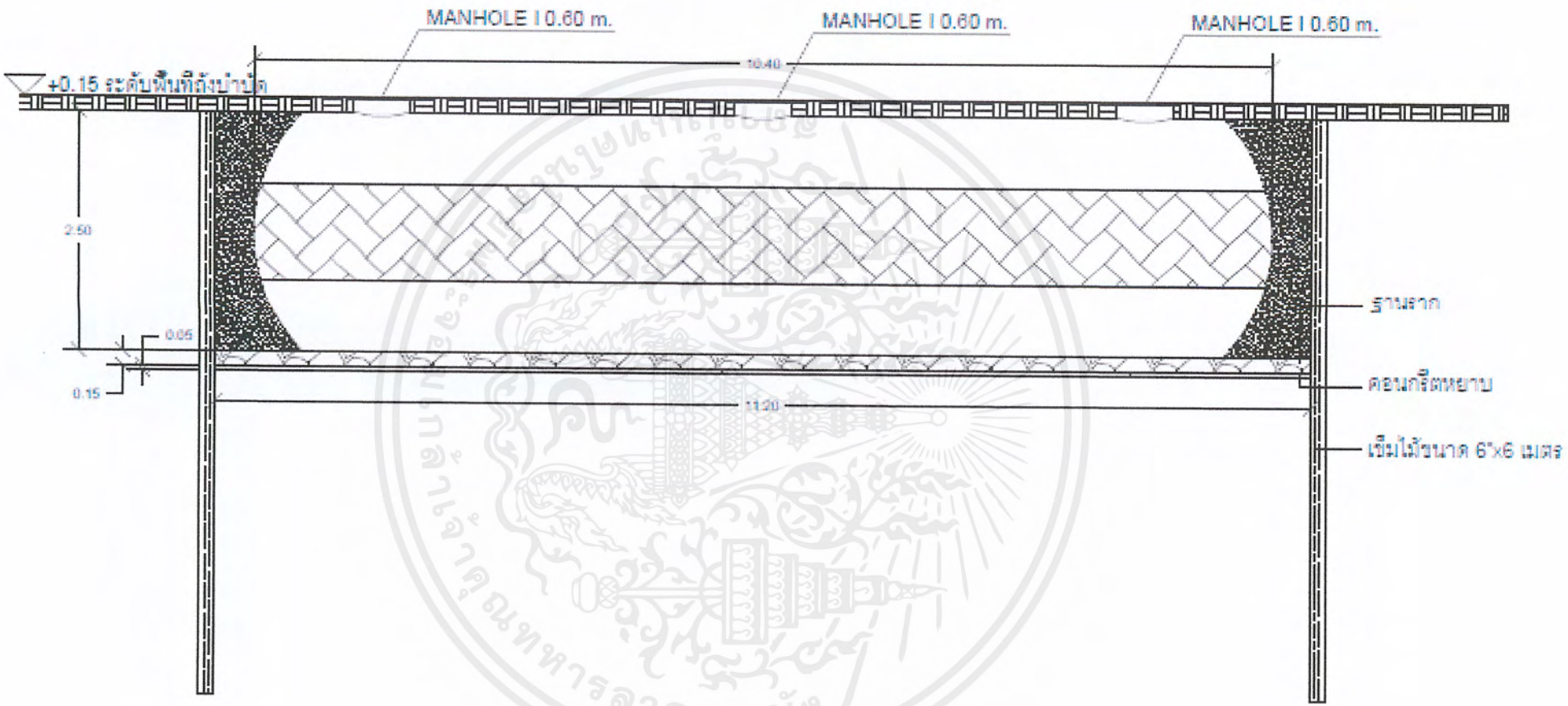
ภาคผนวก ข.

แบบก่อสร้าง

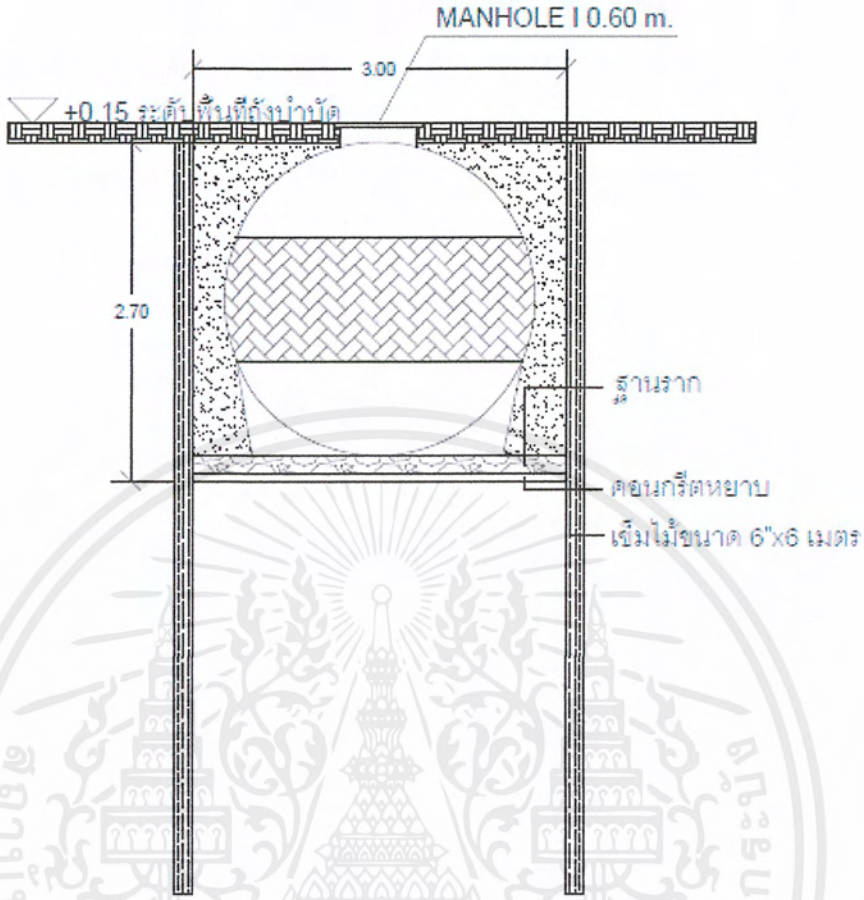
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



แปลนงานขุดดิน


MANHOLE I 0.60 m.
MANHOLE I 0.60 m.
MANHOLE I 0.60 m.
+0.15 ระดับพื้นที่ถังบำบัด
10.40
2.50
0.05
0.15
11.20
ฐานราก
คอนกรีตหยาบ
เข็มไม้ขนาด 6"x6 เมตร

รูปตัด A-A



รูปตัด B-B

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้