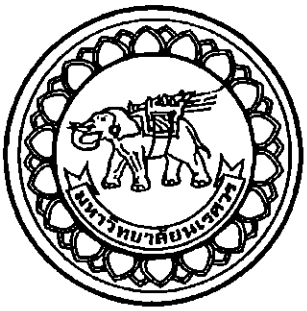


# ทบทวนระบบป้องกันน้ำท่วมที่แนะนำโดยวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย (วสท.)

# Review flood protection system recommended by the Engineering Institute of Thailand.(EIT.)

นายก่อพงศ์ คงปรีดา รหัสนิสิต 52363677

นางสาวชัชวดี ใจวงศ์ รหัสนิสิต 52363790

นายรัชเวทย์ รัตนสงคราม รหัสนิสิต 52364117

คณะวิศวกรรมศาสตร์
วันที่รับ 7 ส.ค. 2556
เลขทะเบียน 166376169
เลขเรียกหนังสือ ฝร.
มหาวิทยาลัย... ก 365 ท 2555

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา ภาควิชาวิศวกรรมโยธา

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

ปีการศึกษา 2555

# ใบรับรองปริญญานิพนธ์

**ชื่อหัวข้อโครงงาน** ทบทวนระบบป้องกันน้ำท่วมที่แนะนำโดยวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย (วสท.)

| | | |
|---|---|---|
| **ผู้ดำเนินโครงงาน** | นายก่อพงศ์ คงปรีดา | รหัสนิสิต 52363677 |
| | นางสาวชัชวดี ใจวงศ์ | รหัสนิสิต 52363790 |
| | นายรัชเวทย์ รัตนสงคราม | รหัสนิสิต 52364117 |
| **ที่ปรึกษาโครงงาน** | นายกรกฎ นุสิทธิ์ | |
| **สาขาวิชา** | วิศวกรรมโยธา | |
| **ภาควิชา** | วิศวกรรมโยธา | |
| **ปีการศึกษา** | 2555 | |

.....

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร อนุมัติให้ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต วิศวกรรมโยธา

.....ที่ปรึกษาโครงงาน
(นายกรกฎ นุสิทธิ์)

.....กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ทิพย์วิมล แตะกระโทก)

.....กรรมการ
(นายบุญพล มีไชโย)

| | | |
|---|---|---|
| **ชื่อหัวข้อโครงงาน** | ทบทวนระบบป้องกันน้ำท่วมที่แนะนำโดยวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย (วสท.) | |
| **ผู้ดำเนินโครงงาน** | นายก่อพงศ์ คงปรีดา | รหัสนิสิต 52363677 |
| | นางสาวชัชวดี ใจวงศ์ | รหัสนิสิต 52363790 |
| | นายรัชเวทย์ รัตนสงคราม | รหัสนิสิต 52364117 |
| **ที่ปรึกษาโครงงาน** | นายกรกฎ นุสิทธิ์ | |
| **สาขาวิชา** | วิศวกรรมโยธา | |
| **ภาควิชา** | วิศวกรรมโยธา | |
| **ปีการศึกษา** | 2555 | |

## บทคัดย่อ

โครงงานนี้มีจุดประสงค์เพื่อศึกษาระบบป้องกันน้ำท่วมตามที่มีการแนะนำจากวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย (วสท.) ซึ่งในการศึกษาได้มีการเก็บรวบรวมข้อมูลการป้องกันน้ำท่วมที่ได้รับการยอมรับมาวิเคราะห์เปรียบเทียบกับการออกแบบด้วยโปรแกรม Microsoft excel โดยผู้ศึกษาได้จัดทำ Excel calculation sheet ขึ้นมา โดยอาศัยข้อมูลและเนื้อหาที่เหมาะสมทางด้านวิศวกรรมปฐพีกลศาสตร์ของดินมาใช้ในการคำนวณเสถียรภาพของระบบป้องกันน้ำท่วมตามหลักการทางวิศวกรรมปฐพีกลศาสตร์ และการออกแบบฐานรากประกอบกับการไหลซึมผ่านของน้ำใต้ดิน โดยเสถียรภาพนั้นประกอบไปด้วย การป้องกันการเลื่อนไถล การป้องกันการพลิกคว่ำ และการรับน้ำหนักแบกทานของดินใต้คันดิน ผลจากการศึกษาได้มีการจัดทำคู่มือการออกแบบระบบป้องกันน้ำท่วมฉบับประชาชน ซึ่งข้อมูลจากข้อแนะนำจากวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย (วสท.) ยังไม่เพียงพอสำหรับจัดทำเป็นคู่มือฉบับประชาชน เนื่องจากข้อมูลของค่าเสถียรภาพมีไม่เพียงพอสำหรับดินทุกชนิด ดังนั้นผู้จัดทำจึงนำ Excel calculation sheet ที่จัดได้ทำขึ้นมาประกอบกับการไหลซึมผ่านของน้ำใต้ดินมาจัดทำเป็นคู่มือการออกแบบระบบป้องกันน้ำท่วมฉบับประชาชน ทั้งนี้โครงงานนี้เป็นเพียงการออกแบบระบบป้องกันน้ำท่วมฉบับชั่วคราวและเป็นการออกแบบข้างต้นเท่านั้น หากต้องการนำข้อมูลไปใช้ก่อสร้างจริง ผู้จัดทำแนะนำให้มีศึกษาหรือสอบถามเพิ่มเติมในเรื่องการเลือกใช้วัสดุที่เหมาะสมกับการใช้งานและมีความปลอดภัย

| | | | |
|---|---|---|---|
| **Project title** | Review flood protection system recommended by the Engineering Institute of Thailand. (EIT.) | | |
| **Name** | Mr. Korpong | Kongpreeda | ID. 52363677 |
| | Miss.Chatchawadee | Jaiwong | ID. 52363790 |
| | Mr. Ratchawet | Rattanasongkram | ID. 52364117 |
| **Project advisor** | Mr. Korakod Nusit | | |
| **Major** | Civil Engineering | | |
| **Department** | Civil Engineering , Naresuan University. | | |
| Academic year | 2012 | | |



## Abstract

The purpose of this project is reviewing the flood protection system recommended by the Engineering Institute of Thailand (EIT). The study has been conducted by checking the stability of embankment recommended by EIT using EXCEL spreadsheet created by the students. These embankment stabilities include Sliding, Overturning and Bearing Capacity. The results of this project show that the suggestion by EIT still not enough for constructing the design guideline for public. This is because of the EIT's recommendation is apply to all kind of soil and this may lead to unstable condition of embankment. Therefore, the design guideline was create based on the EXEL spreadsheet together with the check of water flow underneath the embankment. However, the flood protection design in this study is suitable for preliminary design only.

# กิตติกรรมประกาศ

ผู้จัดทำโครงงานนี้ขอขอบพระคุณบุคคลทุกท่านที่ช่วยให้โครงงานนี้สำเร็จลงด้วยดี ขอขอบพระคุณอาจารย์กรกฎ นุสิทธิ์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ทิพย์วิมล แตะกระโทก และอาจารย์บุญพล มีไชโย สำหรับการเป็นที่ปรึกษาโครงงานนี้เป็นอย่างยิ่ง ที่คอยให้คำแนะนำและข้อคิดต่างๆ ในการดำเนินงานจัดทำโครงงาน รวมถึงการอบรมสั่งสอนในเรื่องที่เกี่ยวกับการทำงาน

สุดท้ายนี้ขอขอบคุณพระคุณของบิดา มารดา ผู้ซึ่งให้กำเนิดและเลี้ยงดู อบรมสั่งสอนในทุก ๆ ด้าน และขอขอบคุณญาติ พี่ น้อง และเพื่อน ๆ ที่ค่อยสนับสนุนและให้ความช่วยเหลือต่าง ๆ จนกระทั่งโครงงานนี้สำเร็จและสมบูรณ์ทุกประการ

ผู้จัดทำโครงงาน

นายก่อพงศ์ คงปรีดา

นางสาวชัชวดี ใจวงศ์

นายรัชเวทย์ รัตนสงคราม

# สารบัญ


| | หน้า |
|---|---|
| ใบรับรองปริญญานิพนธ์ | ก |
| บทคัดย่อภาษาไทย | ข |
| บทคัดย่อภาษาอังกฤษ | ค |
| กิตติกรรมประกาศ | ง |
| สารบัญ | จ |
| สารบัญตาราง | ช |
| สารบัญรูป | ซ |
| บทที่ 1 บทนำ | 1 |
| 1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของโครงงาน | 1 |
| 1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน | 1 |
| 1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ | 1 |
| 1.4 ขอบเขตการทำโครงงาน | 1 |
| 1.5 ขั้นตอนการดำเนินงาน | 2 |
| 1.6 แผนการดำเนินงาน | 2 |
| 1.7 รายละเอียดงบประมาณตลอดโครงงาน | 2 |
| บทที่ 2 หลักการและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง | 3 |
| 2.1 การขุดเจาะสำรวจดิน | 3 |
| 2.2 การออกแบบโครงสร้างดันดิน | 5 |
| 2.3 การตรวจสอบอัตราส่วนความปลอดภัย | 13 |
| 2.4 การออกแบบกำแพงป้องกันตลิ่งของกรมโยธา | 16 |
| 2.5 ข้อมูลที่ใช้ในการวิเคราะห์การออกแบบกำแพงกันดินเพื่อป้องกันน้ำท่วม | 18 |
| 2.6 การไหลซึมของน้ำในดิน | 19 |
| 2.7 การบดอัดดิน | 24 |
| บทที่ 3 ขั้นตอนการดำเนินงาน | 27 |
| 3.1 ขั้นตอนการออกแบบโดยใช้ Microsoft Excel work sheet | 27 |
| 3.2 การเขียนตาข่ายการไหลของน้ำ | 35 |

# สารบัญ (ต่อ)


| | หน้า |
|---|---|
| บทที่ 4 กรณีศึกษา (Case Study) | 38 |
| 4.1 อำเภอวัดโบสถ์ | 39 |
| 4.2 อำเภอบางระกำ | 41 |
| 4.3 อำเภอพรหมพิราม | 43 |
| 4.4 อำเภอเมือง | 45 |
| 4.5 สรุปข้อมูลของพื้นที่ที่ศึกษา | 55 |
| 4.6 การเปรียบเทียบคู่มือของทางวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทยกับการออกแบบด้วยตัวโครงงาน | 58 |
| บทที่ 5 บทสรุปและข้อเสนอแนะ | 60 |
| 5.1 สรุปผลการดำเนินการ | 60 |
| 5.2 ข้อจำกัดของโครงงานและข้อเสนอแนะ | 63 |
| เอกสารอ้างอิง | 64 |
| ภาคผนวก | 65 |
| ภาคผนวก ก ตาข่ายการไหลของน้ำ ( Flow net ) | 66 |
| ภาคผนวก ข ข้อมูลกราฟเปรียบเทียบเสถียรภาพกับคู่มือ วสท. | 68 |
| ภาคผนวก ค ข้อมูลเจาะสำรวจดิน Boring log | 75 |
| ประวัติผู้ดำเนินโครงการ | 79 |

# สารบัญตาราง


| ตารางที่ | หน้า |
|---|---|
| 2.1 ตารางแสดงระดับความสูงน้ำท่วมสูงสุด | 18 |
| 2.2 ตารางค่าสัมประสิทธิ์ของการซึม | 20 |
| 3.1 ตารางแสดงจำนวนช่องของการสูญเสียเฮดระหว่าง Equipotentail Line และจำนวนช่องของการไหลของน้ำ (Flow path) | 35 |
| 4.1 ตารางสรุปชนิดของดินในพื้นที่ทำการศึกษา | 55 |
| 4.2 ตารางผลการเปรียบเทียบระหว่างคู่มือของทางวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทยกับการออกแบบด้วยตัวโครงงานของดินทราย | 58 |
| 4.3 ตารางผลการเปรียบเทียบระหว่างคู่มือของทางวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทยกับการออกแบบด้วยตัวโครงงานของดินเหนียว | 58 |
| 5.1 ตารางค่า $N_f$ และ $N_d$ ของฐานคันดิน | 61 |

# สารบัญรูป


| รูปที่ | หน้า |
|---|---|
| 2.1 รูปแสดงวิธีการเจาะสำรวจดินแบบฉีดล้าง (Wash Boring) | 4 |
| 2.2 รูปแสดงอัตราส่วนความกว้างของฐานโครงสร้างดันกั้นน้ำ | 7 |
| 2.3 รูปแสดงอัตราส่วนการวางของถุงทราย | 8 |
| 2.4 รูปแสดงวิธีการกองถุงทราย | 8 |
| 2.5 รูปแสดงการใส่ทรายในถุงทราย | 9 |
| 2.6 รูปแสดงวิธีการวางแนวของถุงทราย | 9 |
| 2.7 รูปแสดงการออกแบบคันดินป้องกันน้ำท่วม | 11 |
| 2.8 รูปแสดงการเลื่อนไถลในแนวราบ (Sliding) | 13 |
| 2.9 รูปแสดงการล้มคว่ำของกำแพงกันดิน (Overturning) | 14 |
| 2.10 รูปแสดงการรับน้ำหนักของฐานราก (Bearing Capacity) | 15 |
| 2.11 รูปแสดงแรงและน้ำหนักบรรทุกที่กระทำกับตัวเขื่อน | 16 |
| 2.12 รูปแสดงการการวิบัติของเขื่อนป้องกันตลิ่ง | 17 |
| 2.13 รูปแสดงวิธีการวาดตาข่ายการไหล | 22 |
| 2.14 รูปแสดงตาข่ายการไหล (บางส่วน) | 23 |
| 2.15 รูปแสดงการเปลี่ยนแปลงของค่าความแน่นแห้งต่อปริมาณความชื้น | 25 |
| 2.16 รูปแสดงผลพลังงานที่ใช้ในการบดอัดที่มีต่อความหนาแน่นแห้งสูงสุดและปริมาณความชื้น | 25 |
| 3.1 รูปแสดงการนำเข้าข้อมูลลงโปรแกรม | 27 |
| 3.2 รูปแสดง Solve หาความกว้างของฐานราก | 28 |
| 3.3 รูปแสดงขนาดของความกว้างที่ใช้ในการคำนวณ | 28 |
| 3.4 รูปแสดงขนาดความกว้างของฐานรากที่ระดับความสูงต่างๆ | 29 |
| 3.5 รูปแสดงการนำเข้าข้อมูลลงโปรแกรม | 29 |
| 3.6 รูปแสดง Solve หาความกว้างของฐานราก | 30 |
| 3.7 รูปแสดงขนาดของความกว้างที่ใช้ในการคำนวณ | 30 |
| 3.8 รูปแสดงขนาดความกว้างของฐานรากที่ระดับความสูงต่างๆ | 31 |
| 3.9 รูปแสดงข้อมูลของความกว้างฐานรากจาก $F.S._{Bearing}$ | 31 |
| 3.10 รูปแสดงข้อมูลของความสูงระดับน้ำสูงสุดจาก $F.S._{Overturning}$ , $F.S._{Sliding}$ | 32 |
| 3.11 รูปแสดงกราฟเปรียบเทียบความกว้างฐานรากกับระดับน้ำท่วมของดินเหนียว | 33 |
| 3.12 รูปแสดงกราฟเปรียบเทียบความกว้างฐานรากกับระดับน้ำท่วมของดินทราย | 34 |
| 3.13 แผนผังเปรียบเทียบขนาดฐานรากของทราย | 36 |
| 3.14 แผนผังเปรียบเทียบขนาดฐานรากของดินเหนียว | 37 |

# สารบัญรูป (ต่อ)


| รูปที่ | หน้า |
|---|---|
| 4.1 กราฟเปรียบเทียบเสถียรภาพกับวสท. ของดินเหนียวชนิด Hard Clay | 39 |
| 4.2 กราฟเปรียบเทียบเสถียรภาพกับวสท. ของดินเหนียวชนิด Hard Clay | 40 |
| 4.3 กราฟเปรียบเทียบเสถียรภาพกับวสท. ของดินเหนียวชนิด Very Stiff Clay | 41 |
| 4.4 กราฟเปรียบเทียบเสถียรภาพกับวสท. ของดินเหนียวชนิด Very Stiff Clay | 42 |
| 4.5 กราฟเปรียบเทียบเสถียรภาพกับวสท. ของดินเหนียวชนิด Medium Dense Sand | 43 |
| 4.6 กราฟเปรียบเทียบเสถียรภาพกับวสท. ของดินเหนียวชนิด Medium Dense Sand | 44 |
| 4.7 กราฟเปรียบเทียบเสถียรภาพกับวสท. ของดินเหนียวชนิด Very Stiff Clay | 45 |
| 4.8 กราฟเปรียบเทียบเสถียรภาพกับวสท. ของดินเหนียวชนิด Very Stiff Clay | 46 |
| 4.9 กราฟเปรียบเทียบเสถียรภาพกับวสท. ของดินเหนียวชนิด Very Stiff Clay | 47 |
| 4.10 กราฟเปรียบเทียบเสถียรภาพกับวสท. ของดินเหนียวชนิด Very Stiff Clay | 48 |
| 4.11 กราฟเปรียบเทียบเสถียรภาพกับวสท. ของดินเหนียวชนิด Very Stiff Clay | 49 |
| 4.12 กราฟเปรียบเทียบเสถียรภาพกับวสท. ของดินเหนียวชนิด Very Stiff Clay | 50 |
| 4.13 กราฟเปรียบเทียบเสถียรภาพกับวสท. ของดินเหนียวชนิด Medium Clay | 51 |
| 4.14 กราฟเปรียบเทียบเสถียรภาพกับวสท. ของดินเหนียวชนิด Stiff Clay | 52 |
| 4.15 กราฟเปรียบเทียบเสถียรภาพกับวสท. ของดินเหนียวชนิด Very Stiff Clay | 53 |
| 4.16 กราฟเปรียบเทียบเสถียรภาพกับวสท. ของดินเหนียวชนิด Hard Clay | 54 |
| 4.17 รูปแสดงอัตราการไหลซึมผ่านของน้ำใต้ดินของพื้นที่ศึกษา | 57 |
| 5.1 รูปแสดงอัตราการไหลซึมผ่านของน้ำใต้ดินของพื้นที่ศึกษา | 61 |
| 5.2 รูปแสดงคู่มือการออกแบบฉบับประชาชน | 62 |
| 5.3 รูปแสดงคู่มือการออกแบบฉบับประชาชน | 62 |
| ภาคผนวก ข | |
| รูปที่ 1 กราฟเปรียบเทียบเสถียรภาพกับวสท.ของดินทรายชนิด Very Dense Sand | 69 |
| รูปที่ 2 กราฟเปรียบเทียบเสถียรภาพกับวสท.ของดินทรายชนิด Dense Sand | 69 |
| รูปที่ 3 กราฟเปรียบเทียบเสถียรภาพกับวสท.ของดินทรายชนิด Medium Dense Sand | 70 |
| รูปที่ 4 กราฟเปรียบเทียบเสถียรภาพกับวสท.ของดินทรายชนิด Loose Sand | 70 |
| รูปที่ 5 กราฟเปรียบเทียบเสถียรภาพกับวสท.ของดินทรายชนิด Very Loose Sand | 71 |
| รูปที่ 6 กราฟเปรียบเทียบเสถียรภาพกับวสท.ของดินเหนียวชนิด Hard Clay | 71 |
| รูปที่ 7 กราฟเปรียบเทียบเสถียรภาพกับวสท.ของดินเหนียวชนิด Very Stiff Clay | 72 |

# สารบัญรูป (ต่อ)


| รูปที่ | หน้า |
|---|---|
| ภาคผนวก ข (ต่อ) | |
| รูปที่ 8 กราฟเปรียบเทียบเสถียรภาพกับบวสท.ของดินเหนียวชนิด Stiff Clay | 72 |
| รูปที่ 9 กราฟเปรียบเทียบเสถียรภาพกับบวสท. ของดินเหนียวชนิด Medium Clay | 73 |
| รูปที่ 10 กราฟเปรียบเทียบเสถียรภาพกับบวสท.ของดินเหนียวชนิด Soft Clay | 73 |
| รูปที่ 11 กราฟเปรียบเทียบเสถียรภาพกับบวสท.ของดินเหนียวชนิด Very Soft Clay | 74 |

# บทที่ 1
# บทนำ

## 1.1 ความสำคัญและที่มาของโครงการ

ปัจจุบันในประเทศไทยกำลังพัฒนาการออกแบบกำแพงกันดินในรูปแบบต่างๆ และรวมถึงการออกแบบพนังกั้นน้ำในรูปแบบต่างๆ เพื่อป้องกันปัญหาที่เกิดจากการทรุดตัวของดิน ปัญหาน้ำท่วม เนื่องจากปัจจุบันพื้นที่บางส่วนในประเทศไทยได้รับความเสียหายจากเหตุการณ์น้ำท่วม ซึ่งผลที่ตามมาพื้นที่ดังกล่าวทำให้เกิดความเสียหายแก่ทรัพย์สินและเป็นอันตรายแก่บุคคลในพื้นที่ดังกล่าว จึงมีการแก้ไขปัญหาป้องกันน้ำท่วมอย่างจริงจังเพื่อลดและแก้ไขปัญหาน้ำท่วม จึงจำเป็นที่จะต้องอาศัยข้อมูลทางด้านวิศวกรรมปฐพีกลศาสตร์ของดินที่ประสบปัญหา เพื่อนำมาประกอบการพิจารณาในการออกแบบกำแพงกันดินและพนังกั้นน้ำ และจัดทำคู่มือฉบับประชาชน เพื่อเผยแพร่เป็นประโยชน์กับประชาชนที่ต้องการระบบป้องกันน้ำท่วมเฉพาะหน้าในอนาคต

ดังนั้นเนื่องจากทางวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย (วสท.) ได้ออกเอกสารให้ใช้คันดินและกระสอบทรายป้องกันน้ำท่วม ผู้ศึกษาจึงเห็นสมควรและมุ่งเน้นที่จะทบทวนและออกแบบในรายละเอียด เพื่อให้สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้จริง โดยอ้างอิงจากเอกสารที่แนะนำจากทางวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย (วสท.)

## 1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ

1. เพื่อให้เข้าใจและสามารถนำความรู้ที่ได้จากการเรียนมาใช้ประโยชน์ได้จริง
2. เพื่อจัดทำคู่มืออย่างง่ายประกอบการตัดสินใจในการป้องกันน้ำท่วม

## 1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ความรู้ที่ได้จากการเรียนนำมาใช้ประโยชน์ได้จริงและช่วยตัดสินใจในการเปรียบเทียบข้อมูล
2. จัดทำคู่มืออย่างง่ายประกอบการตัดสินใจในการป้องกันน้ำท่วม สามารถนำคู่มือไปใช้ในการออกแบบได้จริง

## 1.4 ขอบเขตของโครงการ

1. ทบทวนทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับงานที่ศึกษาภายในประเทศ
2. ศึกษาการออกแบบถุงทรายและคันดินจากค่า SPT ที่จะนำมาใช้ป้องกันน้ำท่วมในพื้นที่ที่ศึกษาหรือพื้นที่ใกล้เคียง
3. ใช้โปรแกรม Microsoft Excel ในการวิเคราะห์การออกแบบ

## 1.5 ขั้นตอนการดำเนินงาน

1. ศึกษาข้อมูลในการทำโครงงานกำหนดขอบเขตและวางแผนการทำโครงงานและกำหนดระยะเวลาในการทำงาน

2. เตรียมงานออกแบบโปรแกรม นำข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการทำโครงงาน มาวิเคราะห์ เลือกข้อมูลที่เกี่ยวข้องและเหมาะสมกับการทำโครงงาน

3. เริ่มออกแบบโปรแกรมด้วย Microsoft excel รวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องมาอ้างอิงในการออกแบบ วิเคราะห์ข้อมูลจากการออกแบบว่าข้อมูลไหนเหมาสมกับการนำมาออกแบบ

4. ทำรายงานโครงร่าง แก้ไขรูปแบบโครงงาน เตรียมส่งรายงานฉบับสมบูรณ์

## 1.6 แผนการดำเนินงาน

| กิจกรรม | ก.ค. | ส.ค. | ก.ย. | ต.ค. | พ.ย. | ธ.ค. | ม.ค. | ก.พ. | มี.ค. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1. ศึกษาข้อมูล กำหนดขอบเขตและวางแผนการทำงาน และกำหนดระยะเวลาในการทำงาน | ← | — | — | → | | | | | |
| 2. เตรียมงานออกแบบโปรแกรม นำข้อมูลมาวิเคราะห์ เลือกที่เกี่ยวข้องและเหมาะสมกับการทำโครงงาน | | | ← | — | — | → | | | |
| 3.เริ่มออกแบบโปรแกรมด้วย Microsoft excel รวบรวมข้อมูลมาอ้างอิง วิเคราะห์ข้อมูลจากการออกแบบว่าข้อมูลไหนเหมาะสม | | | | ← | — | — | — | → | |
| 4.ทำรายงานโครงร่าง แก้ไขรูปแบบโครงงาน เตรียมส่งรายงานฉบับสมบูรณ์ | | | | | | | ← | — | → |

## 1.7 รายละเอียดงบประมาณตลอดโครงงาน ( 1,000 บาท ต่อ นิสิต 1 คน)

- ค่าถ่ายเอกสาร 3,000 บาท

รวมค่าใช้จ่าย 3,000 บาท (สามพันบาทถ้วน)

หมายเหตุ ถัวเฉลี่ยทุกรายการ

# บทที่ 2
# ทฤษฎีและหลักการที่เกี่ยวข้อง

## 2.1 การขุดเจาะสำรวจดิน

การสำรวจชั้นดิน คือ กรรมวิธีการเจาะลงไปในชั้นดิน , เก็บตัวอย่างดิน , ทดสอบคุณสมบัติดินในสนาม , หยั่งชั้นดินจากผิวดิน หรือใช้เทคนิคอื่น ๆ เพื่อให้ได้มาซึ่งลักษณะชั้นดินทั้งทางแนวดิ่งและการเปลี่ยนแปลงทางแนวราบ เพียงพอในการที่จะใช้ออกแบบ หรือศึกษาทางด้านปฐพีกลศาสตร์ ลักษณะการสำรวจชั้นดินจะต้องคำนึงถึงประโยชน์ใช้งานด้วย แต่ในสำหรับโครงงานพูดถึงการสำรวจดินโดยการเจาะฉีดล้าง (Wash Boring) และการเก็บตัวอย่างดินโดยใช้กระบอกเปลือกบาง (Thin-Walled Tube)

งานสำรวจดินฐานรากของโครงสร้างดันดินทำขึ้นเพื่อรวบรวมข้อมูลนำมาออกแบบฐานราก โครงสร้างบริเวณตำแหน่งที่จะออกแบบโครงสร้างดันดินเพื่อป้องกันปัญหาน้ำท่วม ได้มีการดำเนินการเจาะสำรวจตามจุดต่างๆ ในพื้นที่ที่ศึกษา

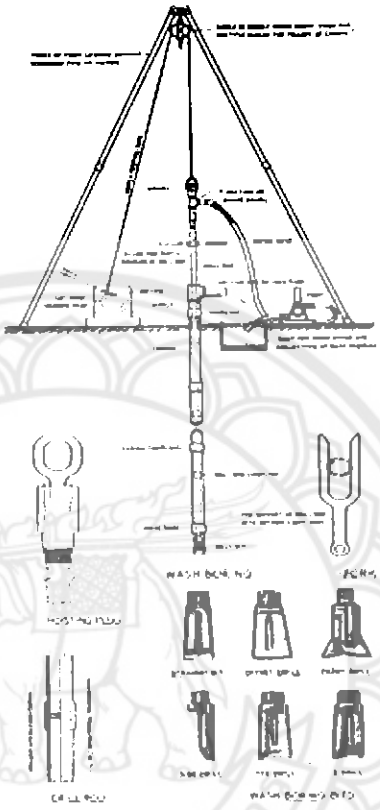
### 2.1.1 การสำรวจดินกระทำโดยการเจาะแบบฉีดล้าง (Wash Boring)

การเจาะแบบฉีดล้าง (Wash Boring) คือ การใช้แรงดันน้ำฉีดเจาะทำลายโครงสร้างดินเพื่อให้เกิดหลุม และเกิดการรบกวนดินด้านล่างน้อยที่สุด วิธีการเจาะเริ่มโดยการเจาะชั้นดินโดยการสูบน้ำผ่านก้านเจาะลงไปที่หัวฉีดที่ก้นหลุมพร้อมๆ กับกระแทกหรือหมุนของหัวเจาะ ทำให้ดินก้นหลุมหลุดไหลตามน้ำขึ้นมาบนผิวดินลงในอ่างตกตะกอนแล้วสูบน้ำที่ใสนำไปใช้ได้อีก ดังรูปที่ 2.1 วิธีนี้ต้องอาศัยสามขา (Tripod) เครื่องกว้าน (Motor และCatch head) และปั๊มน้ำ ในกรณีที่เจาะในชั้นของดินอ่อน จะต้องใช้ปลอกกันดินพัง (Casing) ด้วย โดยต่อเป็นท่อน ๆ และเมื่อเจาะถึงชั้นทรายจะไหลเข้ามาในหลุมจึงจำเป็นต้องผสมสารเบนโทไนต์ (Bentonite) ลงไปกับน้ำ เนื่องจากเบนโทไนต์คือแร่ชนิด(Montmollionite) มีความสามารถในการดูดน้ำดีและพองตัวได้มาก ทำให้ความหนาแน่นของน้ำภายในหลุมมากกว่าน้ำในชั้นทราย น้ำจึงไม่ไหลเข้าในหลุม การเจาะประเภทนี้สามารถหยุดเพื่อเก็บตัวอย่างดินได้เป็นระยะ ๆ ตามกำหนด

การเก็บตัวอย่างดินเป็นการเก็บตัวอย่างดินเปลี่ยนสภาพ (Disturbed Sample) จะเก็บโดยการใช้กระบอกผ่า ซึ่งวิธีการเก็บตัวอย่าง มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

การเก็บด้วยกระบอกผ่า (Split Spoon Sample) ลักษณะกระบอกผ่าเป็นกระบอกเหล็กซึ่งผ่าออกเป็น 2 ซีก นำมาประกบกันไว้โดยมีเกลียวครอบหัวและท้ายกระบอก เมื่อเก็บตัวอย่างดินแล้วสามารถจะเปิดแยกเพื่อดูตัวอย่างดินได้ กระบอกผ่ามีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางภายนอกและภายในเท่ากับ 5.0 ซม. และ 3.5 ซม. ตามลำดับ และยาว 69 ซม. การเก็บตัวอย่างดินแข็งหรือทรายจะทำหลังจากทำความสะอาดก้นหลุมเจาะเรียบร้อยแล้ว โดยตอกลงไปในดินด้วยลูกตุ้มเหล็กลูกตุ้มเหล็กกระแทกบนแป้นก้านนำส่งจดบันทึกค่าการตอกทุกระยะจมลง 15 ซม. เป็นจำนวน 3

ระยะ ค่าการตอก 2 ระยะหลังรวมกันเรียกว่า ค่า Standard Penetration Number การทดสอบวิธีนี้เรียกว่า การตอกทดลอง (Standard Penetration Test: SPT) ซึ่งสามารถนำไปวิเคราะห์หาความต้านทานของดิน โดยการทดสอบนี้เป็นไปตามมาตรฐาน ASTM D 1586



รูปที่ 2.1 : รูปแสดงวิธีการเจาะสำรวจดินแบบฉีดล้าง (Wash Boring)

ที่มา: วรากร ไม้เรียงและคณะ (2525)

## 2.2 การออกแบบโครงสร้างดันดิน

### 2.2.1 การออกแบบโครงสร้างดันดินโดยวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย (วสท.)

#### 2.2.1.1 การออกแบบโครงสร้างดันดินโดยใช้ถุงทราย

คันกั้นน้ำ (Floodwalls) จึงเป็นอีกเครื่องมือหนึ่งที่ใช้สำหรับการป้องกัน แก้ไข และบริหารจัดการทรัพยากรน้ำ ทั้งในประเด็นของปริมาณ ความรุนแรง และทิศทางการไหลของมวลน้ำ อย่างไรก็ตามการก่อสร้างดังกล่าวอาจทำให้เกิดปัญหาในด้านความปลอดภัยในกรณีที่เกิดน้ำท่วมขนาดใหญ่กว่าที่ออกแบบโครงสร้างไว้จะทำให้เกิดน้ำไหลทะลักอย่างฉับพลันซึ่งสามารถสร้างความเสียหายต่อชีวิตและทรัพย์สิน

คันกั้นน้ำสามารถพังทลายได้เมื่อเกิดน้ำล้น เกิดการวิบัติใต้ฐานราก เกิดการทรุดตัวและมีการรั่วซึมที่มากเกินไปในการออกแบบต้องป้องกันและพยายามลดความเป็นไปได้ในการเกิดเหตุการณ์ดังกล่าว เช่น ออกแบบโดยเพิ่มค่าระยะพ้นน้ำเพื่อรองรับการกระทำของคลื่น ลดการพังทลายของลำน้ำโดยก่อสร้างให้อยู่ห่างจากบริเวณที่น้ำไหลเร็วและมีการกัดเซาะรุนแรง ก่อสร้างในขนาดและมีความลาดเอียงที่เหมาะสมจะช่วยลดโอกาสเกิดการยุบตัวของคันดิน แก้ไขปัญหาการรั่วซึมที่มากเกินไปด้วยการลดการรั่วซึม ซึ่งมีวิธีหลายวิธีป้องกันการเจาะทำลายตัวพนังกั้นน้ำที่เกิดจากสัตว์ เป็นต้น นอกจากนั้นการตกตะกอนของน้ำก็ยังเป็นปัญหาที่สำคัญเพราะทำให้คาดการณ์ระดับได้ไม่แม่นยำ ซึ่งส่งผลต่อการเกิดน้ำล้นสันเขื่อนหรือคันกั้นน้ำ โดยทั่วไปการควบคุมดูแลและการรักษาตัวโครงสร้างจะช่วยลดการเกิดปัญหาเหล่านี้ได้โดยเฉพาะในระยะแรกภายหลังจากการก่อสร้าง

การออกแบบระดับความสูงของคันกั้นน้ำควรออกแบบให้มีระดับสันสูงกว่าระดับน้ำท่วมสูงสุด เพื่อเป็นการเผื่อระดับที่จะเกิดการกระแทกของคลื่นและค่าที่ยอมให้ต้องมีค่าเพียงพอต่อการป้องกันการเกิดน้ำล้นสันเขื่อนหรือคันกั้นน้ำ ไม่เช่นนั้นก็ควรมีมาตรการความปลอดภัยในการป้องกันหรืออพยพผู้คนหากเกิดน้ำล้นพนังกั้นน้ำ พนังกั้นน้ำอาจทำให้เกิดผลกระทบต่อระบบการระบายน้ำ โดยต้องมีการก่อสร้างทางระบายน้ำเพิ่มเติมเว้นเสียแต่ว่าความสามารถในการเก็บกักน้ำของชุมชนมีมากเพียงพอแล้ว การระบายน้ำออกมาผ่านพนังกั้นน้ำ ส่วนใหญ่เป็นไปตามแรงโน้มถ่วงของโลกไปตามท่อหรือลำคลองแต่จะมีการติดตั้งประตูน้ำเพื่อควบคุมการไหล เมื่อระดับน้ำมีค่าเพิ่มขึ้นและเสี่ยงต่อการเกิดน้ำท่วมจะต้องมีการกักน้ำชั่วคราวหรือระบายออกโดยใช้เครื่องสูบน้ำ การใช้คันกั้นน้ำได้ผลที่ดียิ่งขึ้นควรมีการจัดการที่ดี มีการตรวจสอบควบคุมดูแลและบำรุงรักษาตามกำหนดเวลา รวมทั้งภายหลังการเกิดภัยพิบัติรุนแรง นอกจากนั้นยังต้องควบคุมการใช้งานพื้นที่บริเวณโดยรอบที่มาจากวัสดุธรรมชาติหรือคันดิน เช่น การเพาะปลูก การทำปศุสัตว์ การใช้เป็นเส้นทางจราจร การดูแลที่เหมาะสมและการตรวจสอบจุดที่เกิดการบกพร่องอย่างสม่ำเสมอจะช่วยลดความเสี่ยงที่จะเกิดการวิบัติที่ตัวโครงสร้าง

นอกจากนั้นวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์ ( วสท. ) ได้ออกแถลงการณ์ฉบับที่ 3 ซึ่งเป็นวิธีการในการเพิ่มประสิทธิภาพของพนังกั้นน้ำตามหลักวิศวกรรมเทคนิคธรณี (Geotechnical Engineering) มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

สำหรับคันกั้นน้ำเก่าที่ทำจากดิน ให้เสริมฐานด้านหลังพนังกั้นน้ำให้กว้างขึ้นด้วยดิน และหากต้องการให้สูงขึ้น ให้เสริมด้านบนด้วยกระสอบทราย โดยให้มีความกว้างของฐานคันกั้นน้ำต่อความสูงคันกั้นน้ำไม่เกิน 1 ต่อ 2.5 ทำการลดความดันหน้าคันกั้นน้ำทุกพนังที่มีอยู่ โดยวิธีต่อไปนี้

- สร้างคันกั้นน้ำอันใหม่ในแนวหลังคันกั้นน้ำเดิม โดยสร้างด้วยวัสดุที่หาง่ายหรือมีอยู่ในพื้นที่คันกั้นน้ำอันใหม่มีขนาดเล็กลงประมาณครึ่งหนึ่ง และระยะห่างจากฐานคันกั้นน้ำเดิมประมาณ 4 เมตร จากนั้นให้เติมน้ำในที่ว่างระหว่างคันกั้นน้ำทั้งสองจนเต็มถึงระดับสูงสุดของคันกั้นน้ำอันใหม่ วิธีนี้จะทำให้ความดันหน้าพนังกั้นน้ำเดิมลดลง ประมาณครึ่งหนึ่งทันที

- ในกรณีที่สามารถใช้ดินในพื้นที่ให้ขุดมาใช้ทำคันกั้นน้ำและนำแผ่นพลาสติกมาบุด้านหน้าคันอันใหม่ และเติมน้ำได้ทันที ข้อควรระวัง ห้ามขุดดินจากบริเวณใกล้ตัวคันกั้นน้ำที่จะก่อสร้างใหม่ ควรนำดินจากบริเวณที่ห่างออกไปอย่างน้อยระยะ 2 เท่าของความสูงของคันกั้นน้ำอันใหม่มาใช้ หากสามารถใช้กระสอบทรายทำคันกั้นน้ำอันใหม่ได้จะยิ่งให้มีความแข็งแรงมากขึ้น

- ในกรณีที่ไม่มีพื้นที่เพียงพอ หรือไม่สะดวก ให้ใช้วิธีการดังต่อไปนี้ ใช้เข็มก่อสร้างไม้ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 6 นิ้ว ยาว 5-6 เมตร ตอกหรือกดด้วย รถแบ็คโฮปักลงในดินลึกอย่างน้อย 2 เมตร ให้เข็มเรียงเป็นแถวตามแนวพนังกั้นน้ำระยะห่างระหว่างเข็มไม่เกิน 30 ซม. และระยะห่างจากฐานพนังกั้นน้ำเดิมไม่น้อยกว่าความสูงของพนังกั้นน้ำเดิม

- ใช้แผ่นแข็งก่อสร้าง เช่น เซลโลกรีต หรือ สมาร์ทบอร์ด ที่ทนน้ำได้หรือหากจำเป็นแม้กระทั่งแผ่นไม้อัดอย่างหนามาทำเป็นผนังของพนังกั้นน้ำ โดยพิงและตรึงไว้กับเข็มที่ตอกไว้แล้ว กรณีหาวัสดุดังกล่าวไม่ได้ ให้ตอกเข็มชิดกันที่สุด จากนั้นทำการอุดรอยรั่วด้วยวัสดุต่างๆ เช่น ปูด้วยแผ่นพลาสติกขนาดใหญ่ หรือใช้ปูนซีเมนต์หรือแม้กระทั่งดินเหนียวหากเป็นรอยรั่วซึมขนาดเล็ก หรือใช้ทุกวิธีผสมกัน

- ข้อสำคัญต้องทำการเสริมความแข็งแรงของพนังกั้นน้ำที่ 2 ด้วยการถมดินอัดเข้าทางด้านหลังพนังกั้นน้ำอันใหม่เท่าที่ทำได้หรือใช้กระสอบทรายเรียงอัดด้านหลัง ข้อควรระวัง คือ ระหว่างที่ถมดินด้านหลัง ควรค่อยๆ เติมน้ำให้ประมาณเท่ากับความสูงของดินหรือกระสอบทรายดังกล่าว

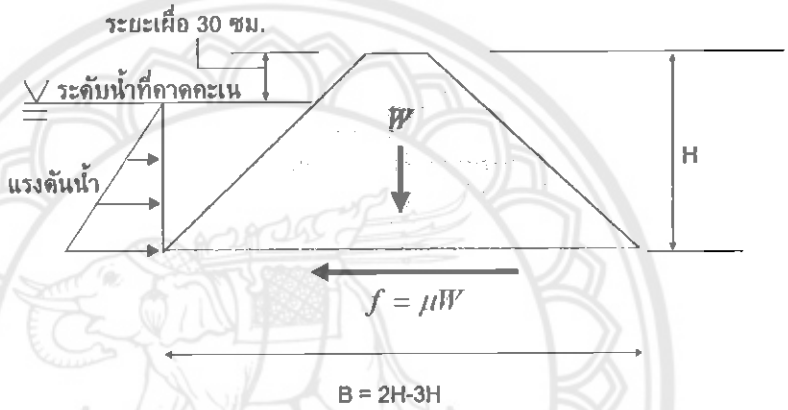
- การเติมน้ำในช่องว่างระหว่างพนังกั้นน้ำทั้ง 2 ข้าง ตามข้างต้นควรค่อย ๆ ทำทีละไม่เกิน50 ซม.

- ตรวจดูความแข็งแรงของพนังกั้นน้ำทั้ง 2 และคอยควบคุมระดับน้ำด้วยระบบเครื่องสูงน้ำปกติ หากมีการรั่วไหลบ้าง

ในปัจจุบันมีการนำถุงทรายมาทำเป็นพนังกั้นน้ำกันมาก บางครั้งก็ทำถูกทำผิด เกิดการรั่วซึมของน้ำ จนกระทั่งอาจทำให้คันถุงทรายเกิดการพังทลายหากทำไม่ถูกต้อง จึงมีการแนะนำการใช้ถุงทรายเพื่อป้องกันน้ำท่วมเพื่อไปใช้เป็นแนวทางในป้องกันน้ำท่วมดังนี้

1. รูปร่างของคันกั้นน้ำที่ทำจากถุงทราย

จะต้องอาศัยหลักการของแรงเสียดทานเพื่อต้านแรงดันน้ำโดยจะต้องมีความเสถียรภาพต่อการต้านแรงดันน้ำด้านข้าง ฐานจะต้องมีความกว้าง 2-3 เท่าของความสูงเสมอจะได้ต้านทานการเลื่อนไถล และการไม่พลิกคว่ำ



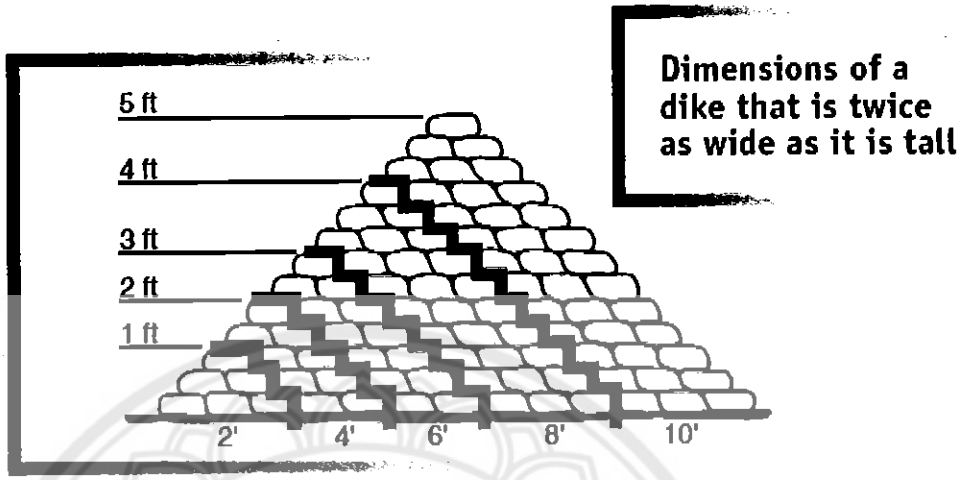

รูปที่ 2.2 : รูปแสดงอัตราส่วนความกว้างของฐานโครงสร้างดันกั้นน้ำ

ที่มา: รศ. ดร. อมร พิมานมาศ (2554)

2. ไม่ควรกองถุงทรายพิงผนังกำแพงอาคาร เพราะแรงดันน้ำอาจถ่ายเข้าสู่กำแพงและทำให้กำแพงเสียหายได้ เนื่องจากที่แรงและมาเร็วอาจจะมาปะทะกองถุงทรายแบบตรงๆ ด้วยแรงดันที่สูงมากกว่า

3. หากพื้นที่มีมากควรทำพื้นที่กันชนระหว่างแนวกำแพงถุงทราบกับตัวอาคารอย่างน้อยประมาณ 5 เมตรขึ้นไป แล้วเตรียมปั๊มน้ำไว้ในพื้นที่ เผื่อไว้กรณีที่เกิดการรั่วซึม จะช่วยลดความเสี่ยงจากน้ำท่วม

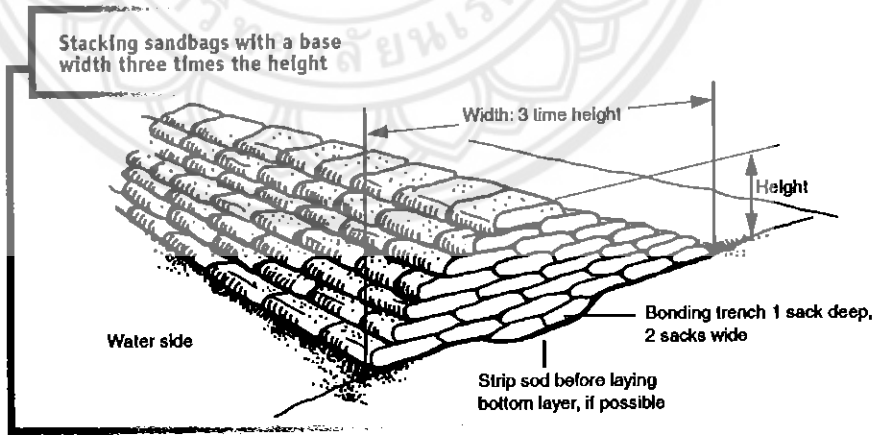
4. จำนวนถุงทรายจะต้องขึ้นอยู่กับขนาดของถุงทราย ความสูง และความกว้างฐาน




รูปที่ 2.3 : รูปแสดงอัตราส่วนการวางของถุงทราย

ที่มา: รศ. ดร. อมร พิมานมาศ (2554)

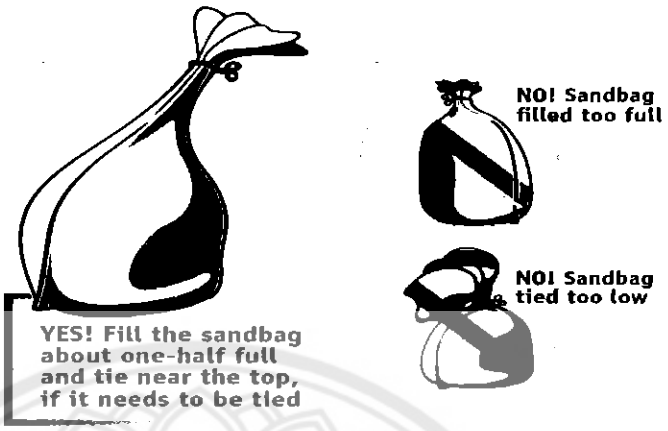
5. หากต้องการให้กองถุงทรายสูงเกิน 5 ฟุตขึ้นไป ควรขุดร่องขนาดกว้าง 2 ถุงทราย สูง 1 ถุงทรายเพื่อเพิ่มการยึดเกาะกับพื้นดินดังรูป อันนี้เสมือนทำเป็นเดือยยึดกำแพงเข้ากับพื้นได้ดียิ่งขึ้น




รูปที่ 2.4 : รูปแสดงวิธีการกองถุงทราย

ที่มา: รศ. ดร. อมร พิมานมาศ (2554)

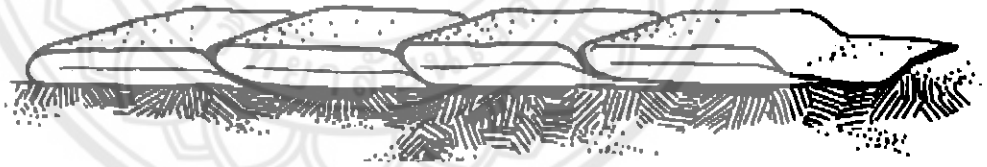
6. การใส่ทรายจะต้องใส่เลยครึ่งถุงและผูกถุงใกล้ปลายบนเพื่อให้ทรายเคลื่อนตัวอยู่ภายในถุงได้ง่าย




รูปที่ 2.5 : รูปแสดงการใส่ทรายในถุงทราย

ที่มา: รศ. ดร. อมร พิมานมาศ (2554)

7. การกองถุงทรายในแถวเดียวกันให้วางส่วนที่มีทรายของถุงหนึ่งบนส่วนที่ไม่มีทรายของอีกถุงหนึ่ง วางไปเรื่อยๆ คล้ายการก่ออิฐ และควรวางให้ขนานกับทิศทางการไหลของกระแสน้ำเพื่อลดแรงกระแทกของน้ำ



รูปที่ 2.6 : รูปแสดงวิธีการวางแนวของถุงทราย

ที่มา: รศ. ดร. อมร พิมานมาศ (2554)

8. ใช้ผ้าใบหรือพลาสติกทำการกันซึมให้แกถุงทราย โดยคลุมอย่างน้อย 30 เซนติเมตร ทั้งสองข้าง ไม่ควรวางใต้ฐานเพราะจะทำให้ความฝืดลดลง

**2.2.1.2 การออกแบบคันดินเพื่อป้องกันน้ำท่วม**

ในเหตุการณ์น้ำท่วมพนังกั้นน้ำพังในหลายๆพื้นที่จนทำให้น้ำไหลทะลักเข้ามาและทำให้เกิดน้ำท่วมในพื้นที่ต่างๆเกิดความเสียหาย จึงมีมาตรฐานการออกแบบและก่อสร้างคันดินอย่างไรให้ถูกต้องตามหลักทางวิศวกรรม ซึ่งมีความจำเป็นที่ต้องก่อสร้างคันดิน ดังนั้นการก่อสร้างคันดินให้ถูกต้องตามมาตรฐานทางวิศวกรรม เพื่อให้ได้คันดินที่มีความแข็งแรงจึงเป็นเรื่องทุกคนควรรู้และสร้างให้ถูกต้องตามหลักทางวิศวกรรม

คันดิน เป็นโครงสร้างทางวิศวกรรมอย่างหนึ่ง ซึ่งก่อสร้างด้วยการบดอัดดินจนแน่นเป็นรูปคันดินการก่อสร้างคันดินจะต้องทำให้ได้ตามมาตรฐานเพื่อจะให้ได้คันดินที่มีความแข็งแรงตามมาตรฐานซึ่งเป็นการก่อสร้างคันดินที่มีความสูงไม่เกิน 2 เมตร เพื่อกันน้ำ ที่สูงไม่เกิน 1.70 เมตร (เผื่อไว้ 30 ซม. สำหรับกันน้ำกระฉอก) สำหรับคันดินที่มีความสูงกว่านี้ก็ยังคงต้องทำตามมาตรฐานที่แนะนำดังกล่าว แต่จำเป็นจะต้องมีการวิเคราะห์ทางวิศวกรรมอย่างละเอียดโดยวิศวกรผู้เชี่ยวชาญและมีรายการคำนวณ

หลัก 10 ประการในการก่อสร้างคันดินให้ได้มาตรฐานทางวิศวกรรมมีดังนี้

1. วัสดุที่ใช้ทำคันดินจะเป็นดินเหนียวหรือดินทรายก็ได้ แต่ใช้ดินเหนียวจะดีกว่าเนื่องจากดินเหนียวมีขนาดอนุภาคที่เล็กทำให้น้ำ ซึมผ่านได้ยาก ถ้าใช้ดินทรายต้องมีตะกอนดินเหนียวปนด้วยเป็นปริมาณไม่น้อยกว่า 15% โดยน้ำหนัก

2. การก่อสร้างคันดินจะต้องทำให้เป็นรูปปิรามิดฐานกว้างและสอบลงเมื่อความสูงเพิ่มขึ้นการก่อสร้างคันดินจะก่อดินขึ้นไปเป็นกำแพงในแนวดิ่ง คงทำไม่ได้เพราะจะล้มได้ง่ายเมื่อโดนแรงดันจากน้ำ นอกจากนี้วัสดุที่นำมาก่อสร้างเช่นดินเหนียวหรือดินทรายก็ไม่อาจจะก่อสร้างขึ้นไปเป็นแท่งตรงๆได้ด้วย เพราะจะเลื่อนสไลด์ลงมา

3. หากใช้ดินเหนียวเป็นวัสดุทำคันดิน ความลาดของคันดินทั้ง สองด้าน (ด้านน้ำและด้านแห้ง) เท่ากับ ระยะดิ่ง 1 ส่วน ต่อ ระยะราบ 2.5 ส่วน

4. หากใช้ดินทรายเป็นวัสดุทำคันดิน ความลาดชันของดินทรายด้านน้ำเท่ากับระยะดิ่ง 1 ส่วนต่อระยะราบ 3 ส่วนและ ความลาดชันของคันดินด้านแห้งเท่ากับระยะดิ่ง 1 ส่วนต่อระยะราบ 5 ส่วน

5. ความกว้างของส่วนบนของคันดินแปรผันตามความสูงของคัน แต่สำหรับคันดินทั่วไปที่สูงไม่เกิน 4.0 เมตร ความกว้างส่วนบนของคันดินควรกำหนดค่าอยู่ระหว่าง 2.5 เมตรถึง 3.0 เมตร

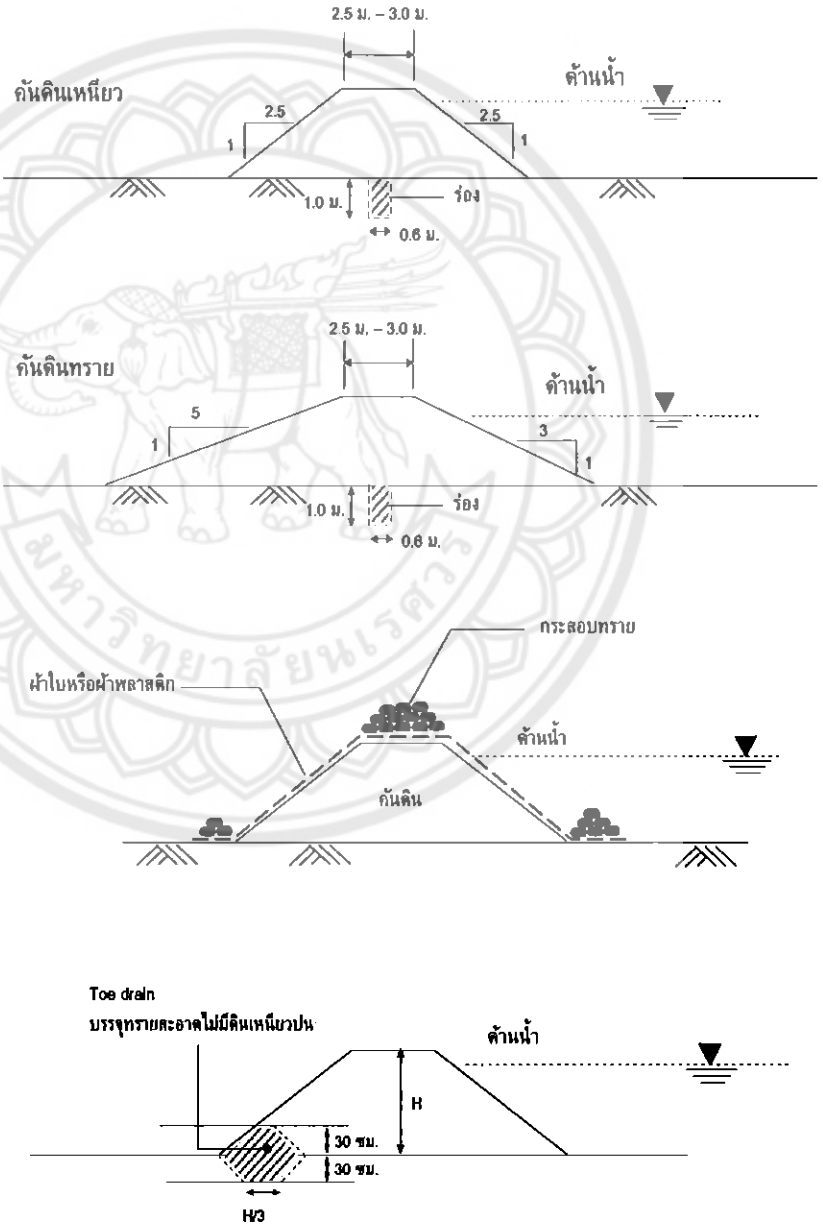
6. การก่อสร้างคันดินต้องทำเป็นชั้นๆชั้น ละ 30 ซม. แต่ละชั้น ต้องบดอัดให้แน่นโดยรถบดเพื่อเพิ่มกำลังต้านทานแรงเฉือน มิฉะนั้น แล้วกำแพงอาจจะถูกแรงดันน้ำเฉือนจนขาด

7. เนื่องจากตัวคันดินเองก็อาจเป็นอุปสรรคต่อการระบายน้ำ ที่อยู่ด้านในคันดินออกสู่ภายนอก ดังนั้นจะต้องเตรียมท่อระบายน้ำ หรือระบบระบายน้ำ เพื่อนำนำ ที่อยู่ด้านในออกสู่ภายนอกด้วย

8. ก่อนสร้างคันดิน ให้ขุดร่องใต้ฐานคันดินที่บริเวณกลางคันดินโดยมีขนาดกว้างไม่น้อยกว่า 0.6 เมตร ลึกไม่น้อยกว่า 1.0 เมตร ตลอดความยาวคันดินแล้วอุดร่องดังกล่าวด้วยดินเหนียว หรือ คอนกรีต เพื่อกันการรั่วซึมของน้ำใต้ฐานคันดิน

9.ปูผ้าใบหรือผ้าพลาสติกไปตามแนวลาดของคันดินเพื่อป้องกันการซึมผ่านของน้ำอีกชั้นหนึ่ง แล้ววางถุงทรายบนผ้าใบหรือผ้าพลาสติกนี้ทั้ง ด้านบนและด้านล่างของคัน

10. ที่ตีนคันดินฝั่งแห้งให้เตรียมพื้นที่รับน้ำ หรือ Toe drain ดังรูปเพื่อรองรับน้ำที่ซึมเข้ามาผ่านทางตัวคันดิน บริเวณที่ทำ toe drain นี้ให้เติมด้วยทรายที่ระบายน้ำ ได้ดีไม่มีดินเหนียวปน และ เตรียมปั๊มน้ำ และท่อส่ง เพื่อนำน้ำออกนอกพื้นที่




รูปที่ 2.7 : รูปแสดงการออกแบบคันดินป้องกันน้ำท่วม

ที่มา: รศ. ดร. อมร พิมานมาศ (2554)

**2.2.2 การก่อสร้างคันกั้นน้ำให้แข็งแรง**

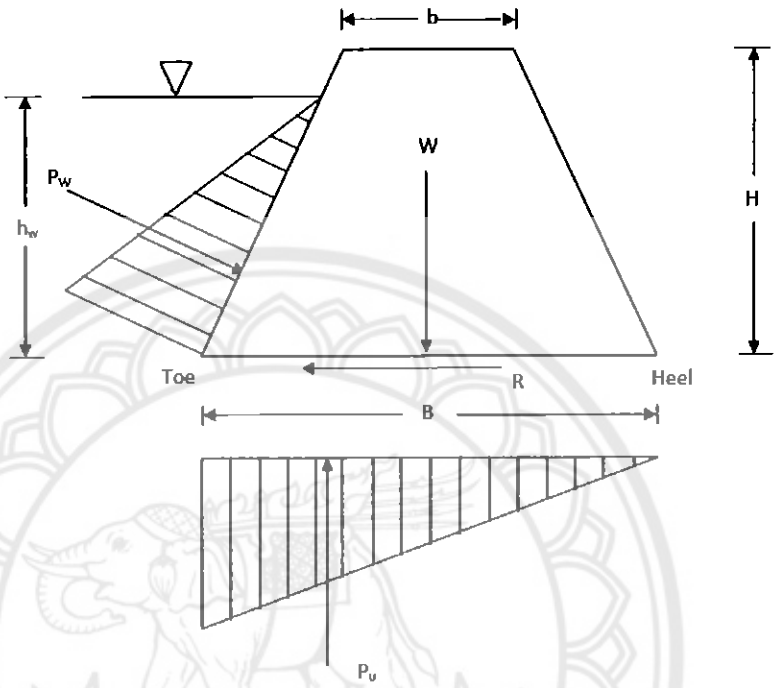
คันกั้นน้ำที่แข็งแรงจะต้องมีลักษณะเป็นกำแพงคอนกรีตก่อสร้างไปในแนวดิ่งตัวกำแพงตั้งอยู่บนฐานรากคอนกรีตที่ฝังอยู่ใต้ดิน ข้อดีของคันกั้นน้ำคอนกรีตมีดังนี้

1. คันกั้นน้ำคอนกรีตกินเนื้อที่น้อยกว่าคันดินบดอัด หรือคันถุงทรายมาก โดยคันกันน้ำคอนกรีตต้องการพื้นที่น้อยกว่าพนังกั้น น้ำที่ทำจากคันดินหรือถุงทรายอย่างน้อยเป็น 10 เท่า
2. วัสดุที่ใช้ในการทำคันกั้นน้ำคือคอนกรีตซึ่งแข็งแรงมากกว่าดินมากกว่า 10 เท่าขึ้นไป
3. คอนกรีตกันน้ำได้ดีกว่าคันดินและไม่เปื่อยยุ่ยเมื่อชุ่มน้ำเหมือนคันดินหรือถุงทราย จึงมีความแข็งแรงมากกว่า
4. คันกั้นน้ำคอนกรีตมีการเสริมเหล็กเส้นอยู่ด้านในช่วยเพิ่มความแข็งแรงให้กับพนัง
5. พนังกันน้ำคอนกรีตสามารถเสริมครีบคอนกรีตด้านหน้าหรือด้านหลังจะช่วยเพิ่มความแข็งแรงให้มากขึ้นโดยเฉพาะสำหรับกำแพงที่สูงมากๆ
6. ฐานรากของคันกันน้ำคอนกรีตจะฝังอยู่ในดิน และบางครั้งรองรับด้วยเสาเข็มจะมีความแข็งแรงมั่นคงมากกว่าคันดินที่ตั้ง อยู่บนดินเฉยๆมาก
7. ในกรณีที่ระดับน้ำสูงกว่าที่คาดคะเนไว้สามารถเสริมความสูงโดยการก่อกำแพงอิฐและมีเหล็กเสริมอยู่ด้านในแต่จะต้องตรวจสอบฐานรากว่ารองรับน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นได้หรือไม่
8. แบบซ่อมคันกั้นน้ำ
   - ติดตั้ง concrete armour unit ทั้งด้านหน้าและด้านหลัง
   - GO-BAG
   - ติดตั้ง concrete armour unit ตามความเหมาะสม
   - เทหินบนการติดตั้ง concrete armour unit
   - เทดินบนขั้นตอน GO-BAG

## 2.3 การตรวจสอบอัตราส่วนความปลอดภัย

### 2.3.1 การตรวจสอบการเลื่อนไถลในแนวราบ (Sliding)

การตรวจสอบการเลื่อนไถลของฐานรากทำโดยการเทียบค่าแรงต้านทานการไถลกับแรงที่ทำให้เกิดการเลื่อนไถล




รูปที่ 2.8 : รูปแสดงการเลื่อนไถลในแนวราบ ( Sliding )

$$R = c.B + \sum V.tan\emptyset$$ .....สมการที่ 2 2-1

$$P_u = \frac{1}{2}\gamma_w h_w B$$ .....สมการที่ 2 2-2

$$\sum V = W + P_{wv} - P_u$$

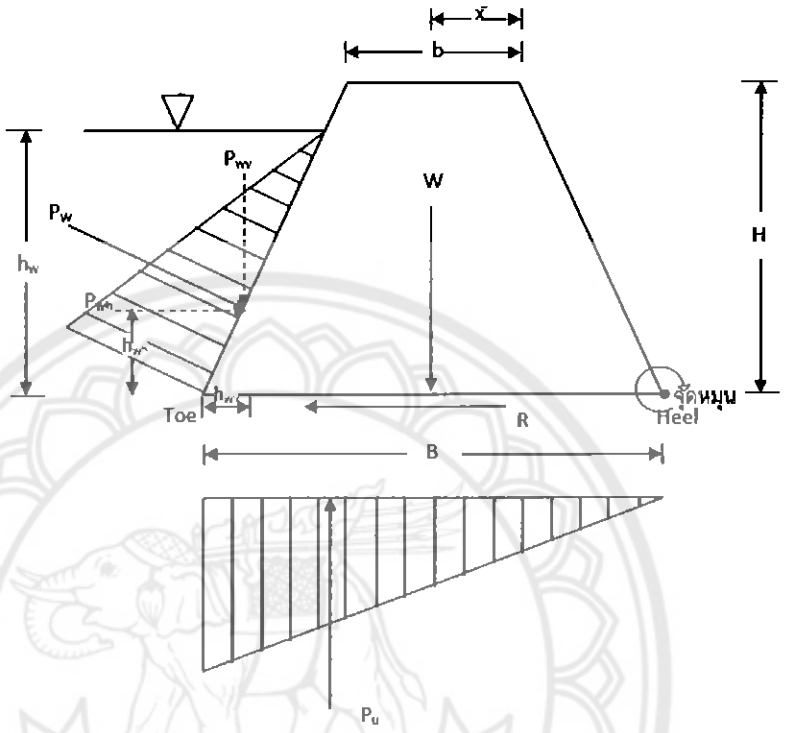
$$= \frac{1}{2}H(B+b)\gamma + \frac{1}{2}\frac{\gamma_w h_w W^2}{1.8} - P_u$$ .....สมการที่ 2 2-3

$$F.S._{(sliding)} = \frac{R}{P_{wh}}$$ .....สมการที่ 2 2-4

โดย ค่า *Factor of safety* มีค่าเท่ากับ *1.5*

### 2.3.2 การตรวจสอบการล้มคว่ำของกำแพงกันดิน (Overturning)

การตรวจสอบการล้มคว่ำของกำแพงดันดินทำได้โดยการเทียบค่าโมเมนต์ต้านกับโมเมนต์ที่กระทำให้เกิดการล้มคว่ำรอบจุด C ดังรูป และดังสมการ



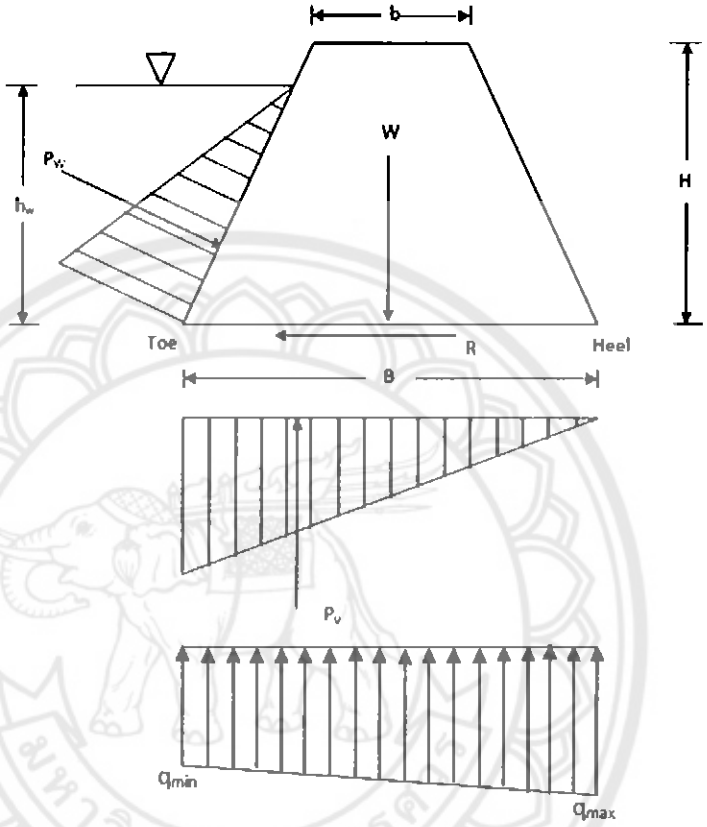

รูปที่ 2.9 : รูปแสดงการล้มคว่ำของกำแพงกันดิน (Overturning)

$$F.S._{(overturning)} = \frac{\sum M_R}{\sum M_o} = \frac{W\bar{x} + P_{wv}h_{wv}}{(P_{wh}h_{wh} + P_u h_u)} \quad \text{.....สมการที่ 2 2-5}$$

โดย ค่า *Factor of safety* มีค่าเท่ากับ *2*

### 2.3.3 การตรวจสอบการรับน้ำหนักของฐานราก (Bearing Capacity)

การตรวจสอบการรับน้ำหนักของฐานรากของกำแพงกันดินทำได้โดยการเทียบค่าหน่วยแรงแบกทานสูงสุดที่ดินสามารถรับได้กับหน่วยแรงแบกทานสูงสุดที่กระทำกับดินเนื่องจากกำแพงกันดิน ดังรูป และดังสมการ




รูปที่ 2.10 : รูปแสดงการรับน้ำหนักของฐานราก (Bearing Capacity)

$$F.S._{(bearing)} = \frac{q_u}{q_{max}}$$ .....สมการที่ 2 2-6

$$q_u = cN_cF_{ci}F_{cd} + qN_qF_{qi}F_{qd} + \frac{1}{2}\gamma BN_\gamma F_{\gamma i}F_{\gamma d}$$ .....สมการที่ 2 2-7

$$q_{max} = \frac{P}{A} + \frac{6M}{BL^2} = \frac{\sum V}{B \times 1} + \frac{6M}{1 \times B^2}$$ .....สมการที่ 2 2-8

$$q_{min} = \frac{P}{A} - \frac{6M}{BL^2} = \frac{\sum V}{B \times 1} - \frac{6M}{1 \times B^2}$$ .....สมการที่ 2 2-9

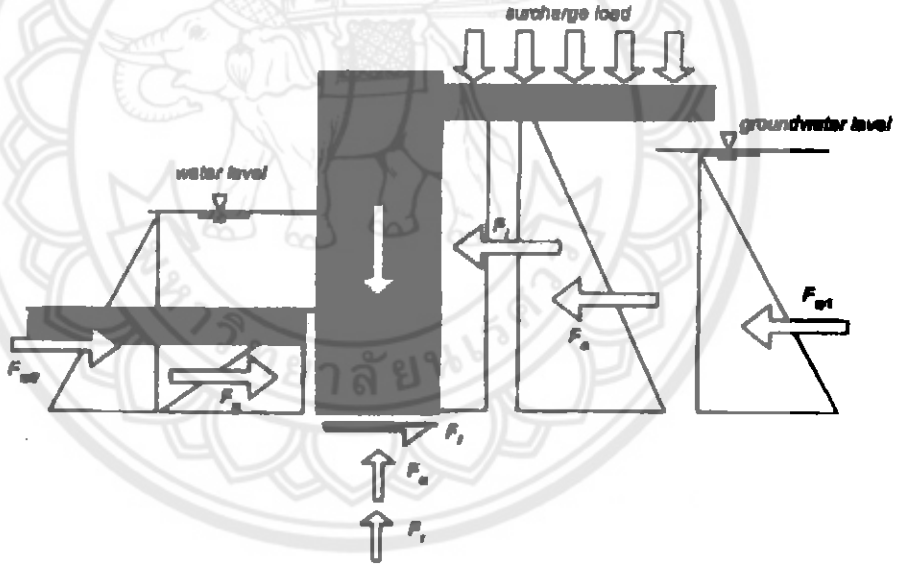
โดย ค่า *Factor of safety* มีค่าเท่ากับ *3*

## 2.4 การออกแบบกำแพงป้องกันตลิ่งของกรมโยธา

การออกแบบเขื่อนป้องกันตลิ่งชนิดแนวตั้งรูปแบบที่นิยมใช้สองรูปแบบ คือ เขื่อนป้องกันตลิ่งแบบ Gravity wall และ sheet-piling wall แต่ในตัวโครงการกล่าวถึงการออกแบบเขื่อนป้องกันตลิ่งแบบ Gravity wall เพื่อตรวจสอบรูปแบบของการวิบัติของการออกแบบกำแพงป้องกันตลิ่ง

### 2.4.1 การวิเคราะห์และออกแบบเขื่อนป้องกันตลิ่งแบบ Gravity wall

เขื่อนป้องกันตลิ่งแบบ Gravity wall เป็นเขื่อนที่อาศัยน้ำหนักตัวเองต้านแรงดันดินด้านหลังเขื่อน วัสดุที่ใช้ควรเป็นวัสดุที่มีหน่วยความหนาแน่นสูง รวมทั้งมีความทนทานต่อสภาพแวดล้อม ซึ่งจะใช้คอนกรีตเป็นวัสดุในการก่อสร้างเขื่อนประเภทนี้ แต่ในบางสภาวะการหล่อคอนกรีตอาจทำได้ลำบาก การแก้ปัญหาดังกล่าวอาจทำได้โดยใช้คอนกรีตสำเร็จรูปหรือเลือกใช้วัสดุอย่างอื่น สำหรับการใช้ หิน อิฐก่อ หรือก่ออิฐยาแนว ซึ่งเป็นวัสดุที่รับแรงดึงได้ต่ำ ผู้ออกแบบจำเป็นต้องออกแบบรูปแบบและขนาดของเขื่อนที่ไม่ทำให้เกิดหน่วยแรงดึงขึ้นในตัวเขื่อน แรงและน้ำหนักบรรทุกที่กระทำกับตัวเขื่อนประเภทนี้แสดงไว้ในรูป




รูปที่ 2.11 : รูปแสดงแรงและน้ำหนักบรรทุกที่กระทำกับตัวเขื่อน

ที่มา: กรมโยธาธิการและผังเมือง (2549)

**2.4.2 รูปแบบการวิบัติของเขื่อนป้องกันตลิ่งแบบ gravity wall**

**2.4.2.1 การตรวจสอบการเลื่อนไถลในแนวราบ (Sliding)**

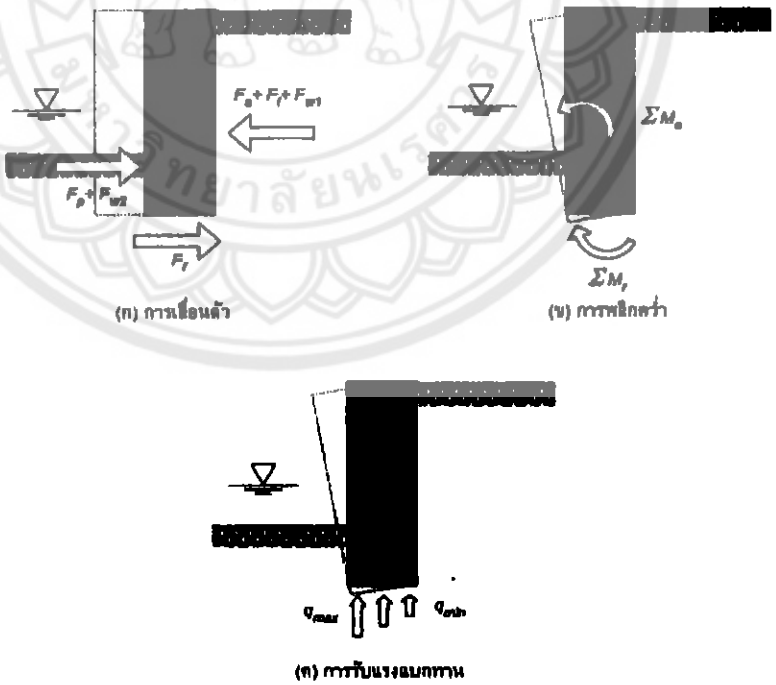
การวิบัติในลักษณะนี้เกิดขึ้นเมื่อผลรวมของแรงในแนวราบที่กระทำด้านหลังเขื่อนสูงกว่าแรงต้านทานของตัวเขื่อนความปลอดภัยต่อการวิบัติลักษณะนี้สามารถตรวจสอบได้จากอัตราส่วนแรงต้านทานต่อแรงผลักในแนวราบ อัตราส่วนนี้ควรมีค่ามากกว่า 1.5

**2.4.2.2 การตรวจสอบการล้มคว่ำของกำแพงกันดิน (Overturning)**

การวิบัติในลักษณะนี้เกิดขึ้นเมื่อโมเมนต์พลิกคว่ำมีค่าสูงกว่าโมเมนต์ต้านทาน ซึ่งอาจเกิดขึ้นหลังจากที่น้ำในแม่น้ำมีการลดระดับลงอย่างกะทันหัน ความปลอดภัยต่อการพลิกคว่ำสามารถตรวจสอบได้จากอัตราส่วนผลรวมขอโมเมนต์ต้านทานต่อผลรวมของโมเมนต์พลิก อัตราส่วนนี้ควรมีค่ามากกว่า 1.5 ถึง 2

2.4.2.3 การตรวจสอบการรับน้ำหนักของฐานราก (Bearing Capacity)

การวิบัติในลักษณะนี้เกิดขึ้นเมื่อความสามารถในการรับแรงแบกทานของดินมีน้อยกว่าแรงดันที่กระทำกับดินฐานรากความปลอดภัยต่อการวิบัติลักษณะนี้สามารถตรวจสอบได้จากอัตราส่วนความสามารถในการรับน้ำหนักของดินฐานรากต่อแรงดันดินที่เกิดขึ้นสูงสุด ในการออกแบบจะให้อัตราส่วนนี้มากกว่า 3 สำหรับการแก้ไขสามารถกระทำได้โดยการขยายขนาดของฐาน




รูปที่ 2.12 : รูปแสดงการการวิบัติของเขื่อนป้องกันตลิ่ง

ที่มา: กรมโยธาธิการและผังเมือง (2549)

## 2.5 ข้อมูลที่ใช้ในการวิเคราะห์การออกแบบกำแพงกันดินเพื่อป้องกันน้ำท่วม

- ข้อมูลระดับน้ำท่วมสูงสุดของพื้นที่บางส่วนในประเทศไทย

  ตัวอย่างในตารางที่ 2.1 เป็นระดับความสูงของระดับน้ำท่วมในกรุงเทพมหานคร

**ตารางที่ 2.1** ตารางแสดงระดับความสูงน้ำท่วมสูงสุด

| **ด้านตะวันออกของแม่น้ำเจ้าพระยา** | |
|---|---|
| **ระดับน้ำ** | **เขตพื้นที่** |
| ระดับต่ำกว่า 0 เมตร | คลองสามวา |
| ระดับ 0 - 0.5 เมตร | บางกะปิ สวนหลวง พระโขนง บางนา ประเวศ ลาดกระบัง |
| ระดับ 0.5 - 1.0 เมตร | จตุจักร บึงกุ่ม มีนบุรี หนองจอก |
| ระดับ 1 - 1.5 เมตร | ดินแดง |
| ระดับ 1.5 - 2.5 เมตร | สายไหม หลักสี่ วังทองหลาง ลาดพร้าว บางเขน คันนายาว |
| ระดับ 2.5 - 3.5 เมตร | บางซื่อ วัฒนา คลองเตย บางคอแหลม ยานนาวา |
| **ด้านตะวันตกของแม่น้ำเจ้าพระยา** | |
| **ระดับน้ำ** | **เขตพื้นที่** |
| ระดับ 0 - 0.5 เมตร | หนองแขม |
| ระดับ 0.5 - 1.0 เมตร | บางแค ภาษีเจริญ บางกอกใหญ่ บางกอกน้อย ตลิ่งชัน ธนบุรี |
| ระดับ 1 - 2 เมตร | ทวีวัฒนา บางบอน บางขุนเทียน ราษฎร์บูรณะ |
| ระดับ 1.5 - 2.5 เมตร | ทุ่งครุ |

ที่มา : http://news.mthai.com/thaiflood/floodbkk-level

## 2.6 การไหลซึมของน้ำในดิน

การไหลซึมผ่านของน้ำมีความสำคัญต่องานด้านวิศวกรรมโยธาในส่วนที่เกี่ยวข้องกับเขื่อนหรืออ่างเก็บน้ำ การระบายน้ำในดิน ความสามารถรองรับน้ำหนักบรรทุกและการทรุดตัวของดินเป็นเหตุทำให้ความดันในมวลของดินเปลี่ยนไป จึงทำให้มีการเปลี่ยนแปลงปริมาตรและกำลังของดิน

### 2.6.1 การไหลซึมของน้ำในดิน

ความซึมได้ (permeability) เป็นคุณสมบัติหนึ่งของมวลดินที่จะยอมให้น้ำไหลผ่านไปได้ระหว่างช่องว่างเม็ดดิน ค่าที่ใช้บอกถึงความซึมได้ของมวลดินคือ ค่าสัมประสิทธิ์ของการซึม (coefficient of permeability หรือ hydraulic conductivity ) โดยที่ดินเหนียว หรือดินจำพวกดินทราย มีอัตราส่วนช่องว่างน้อยจะมีค่าสัมประสิทธิ์ของการซึมต่ำ น้ำจึงไหลผ่านได้ยากจะมีค่าสัมประสิทธิ์ของการซึมต่ำ ส่วนกรวดหรือทรายจะมีอัตราส่วนช่องว่างมาก น้ำจึงไหนผ่านได้ดีจะมีค่าสัมประสิทธิ์ของการซึมสูง

#### 2.6.1.1 กฎของดาร์ซี (Darcy's Law)

เนื่องจากการไหลซึมของน้ำผ่านมวลดินอิ่มตัวเป็นการไหลเอื่อย (laminar flow) และมีความเร็วของการไหลค่อนข้างคงที่ไม่เปลี่ยนแปลงตามเวลา (steady flow) จึงนำกฎของดาร์ซีมาใช้ในการคำนวณหาค่าสัมประสิทธิ์ของการซึม (coefficient of permeability ) สำหรับมวลดินแต่ละชนิดได้ พบว่าใช้ได้ดีกับดินเม็ดหยาบ แต่ในดินเม็ดละเอียดจะให้ค่าผิดเนื่องจากประจุไฟฟ้าที่มีในแร่ดินเหนียว

กฎของดาร์ซี (Darcy) กล่าวว่า ความเร็วเฉลี่ยของการไหลซึมของน้ำหรืออัตราการไหลซึมของน้ำต่อพื้นที่ภาคตัดขวางเป็นสัดส่วนโดยตรงกับความชันทางชลศาสตร์ (hydraulic gradient : i) โดยให้ v เป็นความเร็ว (เฉลี่ย) ของการไหลซึมน้ำ

q เป็นอัตราการไหลซึมของน้ำต่อพื้นที่ภาคตัดขวาง (flow rate)

A เป็นพื้นที่หน้าตัดขวางที่น้ำไหลซึมผ่านจากจุดหนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่ง

I เป็นความชันทางชลศาสตร์ (hydraulic gradient)

จากกฎของดาร์ซี :

$$V = \frac{q}{A} \propto i \qquad \text{.....สมการที่ 2 2-10}$$

หรือ

$$V = \frac{q}{A} = ki \qquad \text{.....สมการที่ 2 2-11}$$

โดยที่ $k$ เป็นสัมประสิทธิ์ของการซึม (coefficient of permeability ) มีหน่วยเป็นความเร็ว เช่น ซม./วินาที หรือ เมตร/วัน หรือ ฟุต/วัน

โดยสมมติให้ $Q$ เป็นปริมาณของน้ำที่ไหลซึม (quanlity of flow) ในเวลาที่เท่ากับ $t$ ดังนั้นอัตราการไหลซึม

$$q = \frac{Q}{t}$$ .....สมการที่ 2 2-12

นำไปแทนในสมการของดาร์ซีจะได้ปริมาณของน้ำที่ไหลซึมตามกฎของดาร์ซี

$$Q = kiAt$$ .....สมการที่ 2 2-13

2.6.1.2 ค่าสัมประสิทธิ์ของการซึม (Coefficient of Permeability : k)

มวลดินแต่ละชนิดมีค่าสัมประสิทธิ์ของการซึม (Coefficient of Permeability : k ) แตกต่างกันออกไป ขึ้นอยู่กับขนาดและรูปร่างของเม็ดดิน คุณสมบัติของน้ำ ( ความหนาแน่น ความหนืด) ที่จะไหลผ่านมวลดิน อัตราส่วนช่องว่างระหว่างเม็ดดิน โครงสร้างของดิน หรือความอิ่มตัวจนถึงการดูดซึมน้ำของมวลดิน โดยปกติแล้วสามารถหาค่าสัมประสิทธิ์ของการซึมจากการทดลองในห้องปฏิบัติการหรือในภาคสนาม

ตารางที่ 2.2 ตารางค่าสัมประสิทธิ์ของการซึม

| ชนิดของดิน | สัมประสิทธิ์ของการซึม (ซม./วินาที) | ดีกรีหรือระดับของการซึม |
|---|---|---|
| กรวด | มากกว่า 1 | สูง |
| ทราย | $1 - 1x10^{-3}$ | ปานกลาง |
| ทรายเม็ดละเอียด | $1x10^{-3} - 1x10^{-5}$ | ต่ำ |
| ตะกอนทราย ทรายเม็ดป่น | $1x10^{-5} - 1x10^{-7}$ | ต่ำมาก |
| ดินเหนียว | น้อยกว่า $1x10^{-7}$ | ซึมผ่านได้ยาก |

หมายเหตุ : โดยค่า $k$ ที่ใช้ในการคำนวณในงานที่ศึกษาจะใช้ค่า $k$ ของดินที่เป็นดินเหนียวและทรายเม็ดละเอียด

ที่มา : ศ. ดร. วินิต ช่อวิเชียร (2552)

**2.6.2 ตาข่ายการไหลของน้ำ (Flow Net)**

การเขียนตาข่ายการไหลของน้ำ จะนำมาใช้แก้สมการของการไหลต่อเนื่อง หรือสมการของลาพลาส ของน้ำที่ไหลผ่านมวลดินโดยสมมติว่าค่าสัมประสิทธิ์ของการซึมเท่ากันทุกทาง ต่อมามีการปรับปรุงการเขียนตาข่ายการไหลซึมของน้ำให้ง่ายขึ้น

จากสมการของลาพลาสพบว่าคำตอบประกอบด้วยกลุ่มของเส้นที่มีการสูญเสียเฮดเท่ากัน จะเรียกว่า เส้นสมะศักย์ หรือ เส้น Equipotential Line กับกลุ่มของเส้นแสดงแนวการไหลของน้ำ (Floe Line) โดยเส้นทั้งสองเส้นนั้นจะต้องตั้งฉากกัน หากเขียนตาข่ายการไหลของน้ำ (Flow Net) และการเขียนเส้นสมะศักย์ (Equipotential Line) ที่แสดงตำแหน่งบนเส้นเฮดรวม จะสามารถหาปริมาณของน้ำที่ไหลซึมหรือรั่วซึมได้

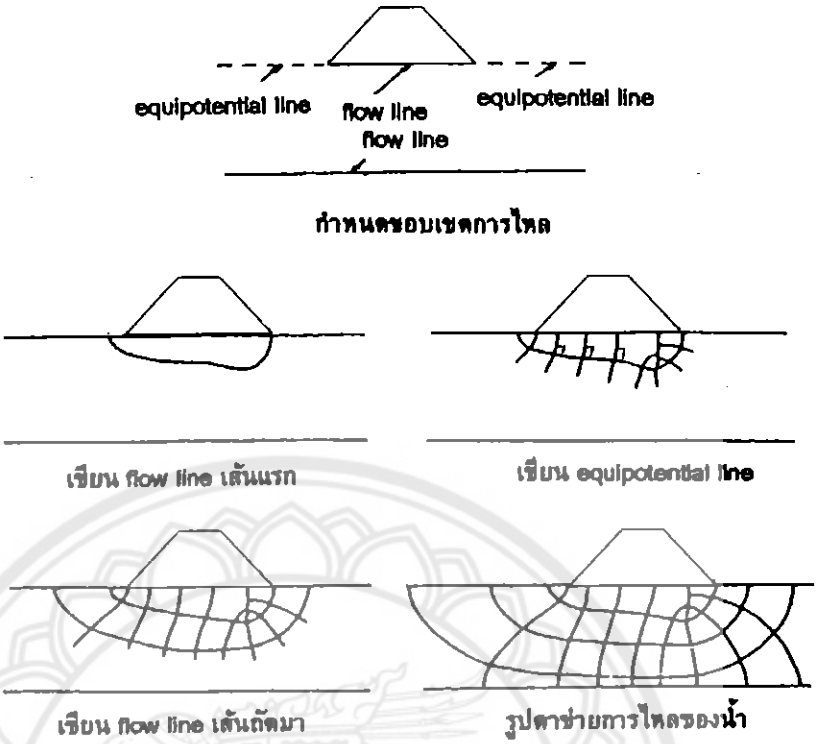
Flow Net เป็นเส้นแสดงแนวการไหลซึมผ่านมวลดิน มีจำนวนเส้นมากมาย แต่เส้นการไหลซึมของน้ำเหล่านี้จะตัดกันไม่ได้ จะต้องมีแนวขนานกันโดยประมาณ แนวที่น้ำไหลซึมผ่านไม่ได้ถือว่าเป็นแนวหนึ่งของ Flow Line

Equipotential Line เป็นเส้นที่แสดงว่าทุกๆ จุดที่อยู่บนเส้นมีเฮดรวม (potential head) ที่เท่ากัน ซึ่งเส้น Equipotential Line จะตัดกันไม่ได้

การเขียนตาข่ายการไหลของน้ำ (Flow Net) ต้องพยายามให้ Flow Line และ Equipotential Line ตัดกันเป็นมุมฉากเสมอ หรือให้แบ่งครึ่งแต่ละด้านตัดกันเป็นมุมฉาก ซึ่งจะได้เป็นรูปสี่เหลี่ยมเล็กๆ ที่เรียกว่าตาข่าย (field) รูปสี่เหลี่ยมนั้นไม่จำเป็นต้องเท่ากันตลอด เพื่อความสะดวกที่จะนำไปคำนวณ โดยจะต้องให้ Flow Net เป็นรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัสมากที่สุด โดยด้านสั้นและด้านยาวมีความยาวใกล้เคียงกัน

**วิธีการเขียนตาข่ายการไหลของน้ำ (Flow Net)**

1. ต้องเขียนรูปตัดของมวลดินและโครงสร้างกั้นน้ำโดยใช้มาตราส่วนที่เหมาะสม
2. กำหนดขอบเขตการไหลเพื่อเขียนเส้น Flow Line แนวที่น้ำซึมผ่านไม่ได้ ก็ถือว่าเป็นเส้นFlow Line
3. เขียน Equipotential Line จากระดับต้นน้ำ (upstream) ถึงปลายน้ำ (downstream) ให้ตัดตั้งฉากกับเส้น Flow Net
4. การเขียนตาข่ายการไหลของนำดังกล่าวจะต้องลองผิดลองถูก เพื่อให้ภาพตาข่ายออกมาเป็นที่น่าพอใจ




รูปที่ 2.13 รูปแสดงวิธีการวาดตาข่ายการไหล

ที่มา : ศ. ดร. วินิต ช่อวิเชียร (2552)

จากรูปตาข่ายการไหลของน้ำ (Flow Net) ที่เขียนได้ สามารถคำนวณหาอัตราการไหลหรือปริมาณน้ำที่ไหลลอดผ่านได้ดังนี้

สมมติตาข่าย (field) มีขนาดความกว้าง b และความยาว a และลึกเข้าไปในกระดาษเท่ากับหนึ่งหน่วย ดังรูป ถ้าความต่างของเฮดจากต้นน้ำถึงปลายน้ำเท่ากับ h ดังนั้น การสูญเสียเฮดระหว่าง Equipotential Line แต่ละเส้น equipotential drop จะเท่ากับ $\Delta h$ โดยจะเป็นค่าคงที่

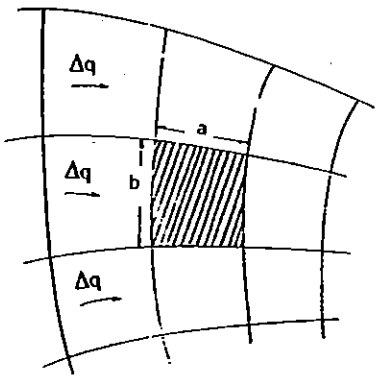
$$\Delta h = \frac{h}{N_d} \quad \text{.....สมการที่ 2 2-14}$$

โดย $N_d$ เป็นจำนวนช่องของการสูญเสียเฮดระหว่าง Equipotential Line

จากกฎของดาร์ซี : อัตราการไหลของน้ำต่อหนึ่งช่อง

$$\Delta q = \frac{Q}{t} = kiA \quad \text{.....สมการที่ 2 2-15}$$

โดยที่ $i$ = ความชันทางชลศาสตร์= $\frac{\Delta h}{a}$ และ $A$ = พื้นที่หน้าตัด = $(b)(1)$




รูปที่ 2.14 รูปแสดงตาข่ายการไหล(บางส่วน)

ที่มา : ศ. ดร. วินิต ช่อวิเชียร (2552)

ดังนั้น อัตราการไหลของน้ำต่อหนึ่งช่อง จะได้

$$\Delta q = k\left(\frac{\Delta h}{a}\right)(b)(1)$$ .....สมการที่ 2 2-16

ถ้าตาข่ายเป็นรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัส (a=b) จะได้

$$\Delta q = k\left(\frac{h}{N_d}\right)$$ .....สมการที่ 2 2-17

หากให้ $N_f$ เป็นช่องของการไหลของน้ำ (flow path) จะได้อัตราการ**ไหลของน้ำทั้งหมด** ;

$$q = kh\left(\frac{N_f}{N_d}\right)$$ .....สมการที่ 2 2-18

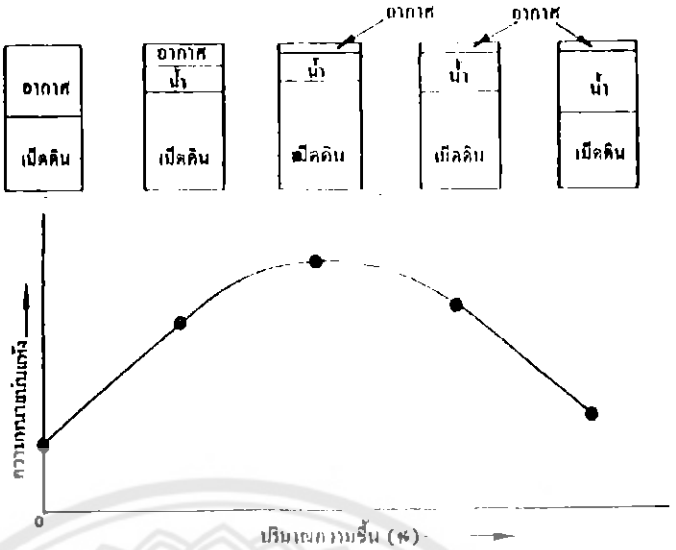
## 2.7 การบดอัดคันดิน

การนำดินมาใช้ในการก่อสร้างนั้นจำเป็นที่จะต้องทราบถึงวิธีการในทางปฏิบัติและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องที่จะทำให้ดินที่มีอยู่ในบริเวณที่ทำการก่อสร้างหรือดินที่นำมาจากที่อื่น เพื่อใช้ในการก่อสร้างมีความมั่นคงและความสามารถในการรับน้ำหนักเหมาะสมกับจุดประสงค์ก่อสร้างนั้นๆ ตัวอย่างที่เห็นได้ชัด คือ การสร้างถนน และทางหลวง ซึ่งมีดินเป็นวัสดุที่ใช้ในการก่อสร้างที่สำคัญ Design Load ที่วิศวกรคำนวณไว้ส่วนใหญ่จะอยู่ในรูปของ Live Load อันเนื่องมาจากการใช้งานบนถนน ดินที่นำมาใช้ในการก่อสร้างหรือดินที่มีอยู่ในบริเวณก่อสร้างตามธรรมชาติจะต้องได้รับการปรับปรุงคุณสมบัติเพื่อให้มีความสามารถทนทานต่อ Design Load ที่ได้คำนวณไว้โดยไม่ทำให้เกิดความเสียหาย

การปรับปรุงความมั่นคงหรือเพิ่มความสามารถในการรับน้ำหนักของดินดังกล่าว เรียกโดยทั่วไปว่า Soil Stabilization ซึ่งรวมถึงการบดอัดดินให้แน่น (Soil Compaction) ข้อกำหนดของการบดอัดจะวัดเป็นความแน่นแห้งของดิน ค่าคาดหมายของความแน่นแห้งของดินจะแปรไปตามชนิดของดินที่จะทำการบดอัดตัวอย่าง เช่น อาจจะบดอัดดินเหนียวตั้งหลายครั้งแต่ก็ยังได้ความหนาแน่นแห้งไม่ถึง 2000 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ในขณะที่ดินเม็ดหยาบอาจจะมีค่าของความแน่นแห้งสูงกว่าค่านี้โดยไม่ต้องบดอัดมากนักดังนั้น จะต้องมีการกำหนดค่าความแน่นแห้งสุดของดินแต่ละชนิด

การบดอัด เป็นกระบวนการที่ใช้แรง หรือน้ำหนัก หรือพลังงานจากเครื่องมือกล กระทำให้เม็ดดินเบียดตัวชิดกันเพื่อเพิ่มความแน่นและความสามารถในการรับน้ำหนักลดการทรุดตัว ลดการซึมผ่านของน้ำ (Permeability) เครื่องมือกลที่ใช้ในการบดอัด เช่น รถบดอัดเหล็ก รถบดล้อยาง รถบดชนิดสั่นสะเทือน เป็นต้น การจะเลือกใช้เครื่องมือชนิดใดขึ้นอยู่กับประเภทของดินหรือวัสดุที่จะทำการบดอัด

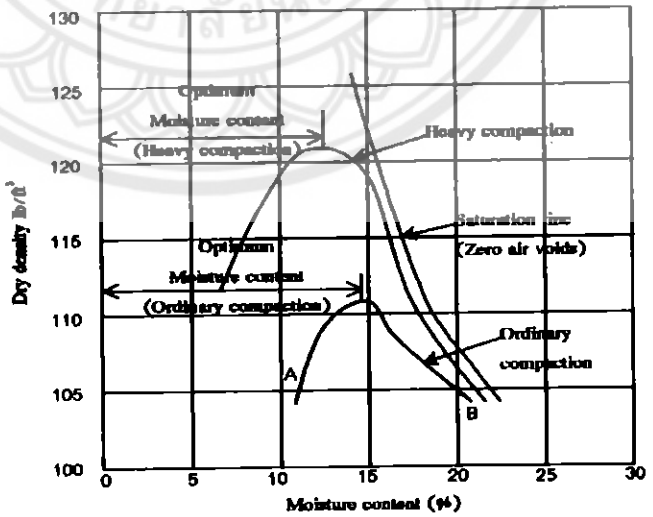
การบดอัดให้ได้ความแน่น (Density) ตามความต้องการของการใช้งานจะต้องอาศัยน้ำ เนื่องจากน้ำที่อยู่โดยรอบเม็ดดินจะทำให้เม็ดดินมีการเลื่อนตัวเข้ามาชิดกันได้ มีโครงสร้างที่มีความแน่นขึ้น อากาศจะถูกขับออกจากดินทำให้ช่องว่างในดินลดลง ดังนั้นดินที่มีปริมาณความชื้นมากขึ้นก็จะได้ค่าความแน่นแห้งสูงขึ้นจนถึงค่า ๆ หนึ่ง ซึ่งอากาศในดินส่วนมากได้ถูกขับออกมาแล้ว และทำให้ได้ความแน่นแห้งสูงสุด (Maximum Dry Density) โดยปริมาณความชื้นที่ทำให้ได้ความแน่นแห้งสูงสุดนี้ เรียกว่า Optimum Moisture Content หากเติมน้ำเข้าไปในดินอีกก็จะทำให้ค่าความแน่นแห้งต่ำลงได้ ทั้งนี้เพราะน้ำส่วนที่เติมเข้าไปจะไปแทนที่บางส่วนของอนุภาคดิน ทำให้เม็ดดินเลื่อนห่างจากกัน ดังแสดงในรูปที่ 2.15 รูปแสดงการเปลี่ยนแปลงของค่าความแน่นแห้งต่อปริมาณความชื้น




รูปที่ 2.15 รูปแสดงการเปลี่ยนแปลงของค่าความแน่นแห้งต่อปริมาณความชื้น

ที่มา : กรมทางหลวงชนบท (2554)

นอกจากความชื้นซึ่งมีผลโดยตรงในกระบวนการบดอัดดังกล่าวแล้ว ในการก่อสร้างนั้น พลังงานที่ใช้ในการบดอัดก็เป็นตัวแปรที่สำคัญที่จะทำให้การบดอัดได้ความแน่นเพิ่มขึ้น โดยพลังงานที่ใช้ในการบดอัดที่สูงกว่า สามารถบดอัดให้ได้ความแน่นแห้งสูงสุดที่ความชื้นในการบดอัดที่ต่ำกว่า ดังแสดงในรูปที่ 2.16 รูปแสดงผลของพลังงานที่ใช้ในการบดอัดที่มีต่อความหนาแน่นแห้งสูงสุดและปริมาณความชื้น




รูปที่ 2.16 รูปแสดงผลของพลังงานที่ใช้ในการบดอัดที่มีต่อความหนาแน่นแห้งสูงสุดและปริมาณความชื้น

ที่มา : กรมทางหลวงชนบท (2554)

ด้วยเหตุผลและข้อเท็จจริงดังกล่าว จึงได้มีการกำหนดวิธีทดสอบหาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณความชื้นกับความแน่นของดินที่ได้จากการบดอัดในห้องปฏิบัติการ เป็นวิธีการทดสอบการบดอัดแบบมาตรฐาน (Standard Compaction Test) โดยเฉพาะการทดสอบเพื่อควบคุมการก่อสร้างถนน ในปัจจุบันยานพาหนะที่ใช้ในการขนส่งได้มีวิวัฒนาการให้มีขนาดใหญ่ขึ้น บรรทุกน้ำหนักได้มากขึ้นหลายเท่าตัว จึงได้มีการกำหนดวิธีการทดสอบการบดอัดโดยการเพิ่มพลังงานให้สูงขึ้น เพื่อจะได้ฐานดินที่มีความแน่นสูงรับน้ำหนักได้มากขึ้น เรียกว่า วิธีการทดสอบการบดอัดแบบสูงกว่ามาตรฐาน (Modified Compaction Test) ในการทำการบดอัดในห้องปฏิบัติการ ซึ่งจะใช้เป็นมาตรฐาน ในการควบคุมการบดอัดในสนามต่อไป

# บทที่ 3
# ขั้นตอนการดำเนินงาน

ในการออกแบบนั้นทางผู้ศึกษาได้นำโปรแกรม Microsoft Excel มาวิเคราะห์ออกแบบหาขนาดความกว้างของฐานรากที่เหมาะสมโดยพิจารณาจากค่าอัตราส่วนความปลอดภัย ซึ่งประกอบไปด้วย F.S. $_{Bearing}$ , F.S. $_{Overturning}$ และ F.S. $_{Sliding}$ โดยจะนำข้อมูลที่เกี่ยวข้องมาใช้วิเคราะห์ โดยข้อมูลที่ใช้การวิเคราะห์นั้นจะนำข้อมูลระดับน้ำท่วมสูงสุดและข้อมูลดินในพื้นที่ที่ประสบภัยน้ำท่วมรอบจังหวัดพิษณุโลก นำมาวิเคราะห์ให้เหมาะสมกับการออกแบบเพื่อที่ผลออกมานั้นเป็นไปตามข้อกำหนดและใช้งานได้จริง ซึ่งมีการเปรียบเทียบข้อมูลระหว่างวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย ( วสท.) กับการออกแบบในตัวโครงงานว่ามีความเหมาะสมมากน้อยเพียงไร และเขียนออกมาเป็นโปรแกรมที่สามารถนำไปใช้ตรวจสอบได้จริง อีกทั้งมีการเขียนตาข่ายการไหลของน้ำเพื่อวิเคราะห์หาปริมาณการไหลซึมของน้ำต่อวัน นำไปใช้ในการเลือกขนาดปั๊มน้ำที่เหมาะสม

## 3.1 ขั้นตอนการออกแบบโดยใช้ Microsoft Excel work sheet

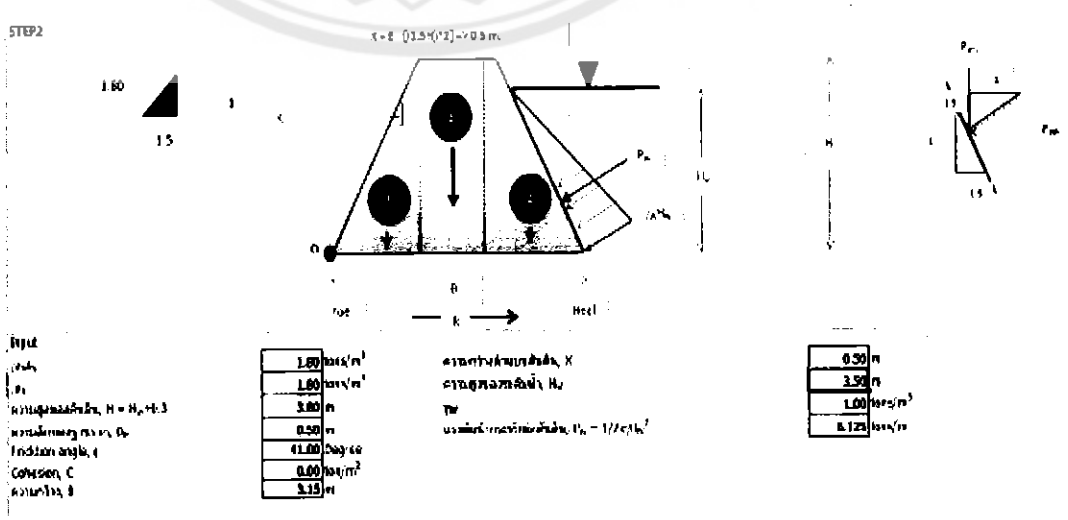
3.1.1 ขั้นตอนการนำเข้า (Input) ข้อมูลพื้นฐาน การนำเข้าแบ่งแยกออกเป็น

3.1.1.1) การคำนวณโดยไม่คำนึงถึง Uplift (คำนวณหาค่าความกว้างฐานรากจากอัตราส่วนความปลอดภัยของกำลังรับน้ำหนักแบกทานใต้คันดิน (F.S. $_{Bearing}$)

3.1.1.2) การคำนวณโดยคำนึง Uplift Force (คำนวณหาค่าความกว้างฐานรากจากอัตราส่วนความปลอดภัยของการเลื่อนไถลและการพลิกคว่ำ(F.S. $_{Overturning}$, F.S. $_{Sliding}$)

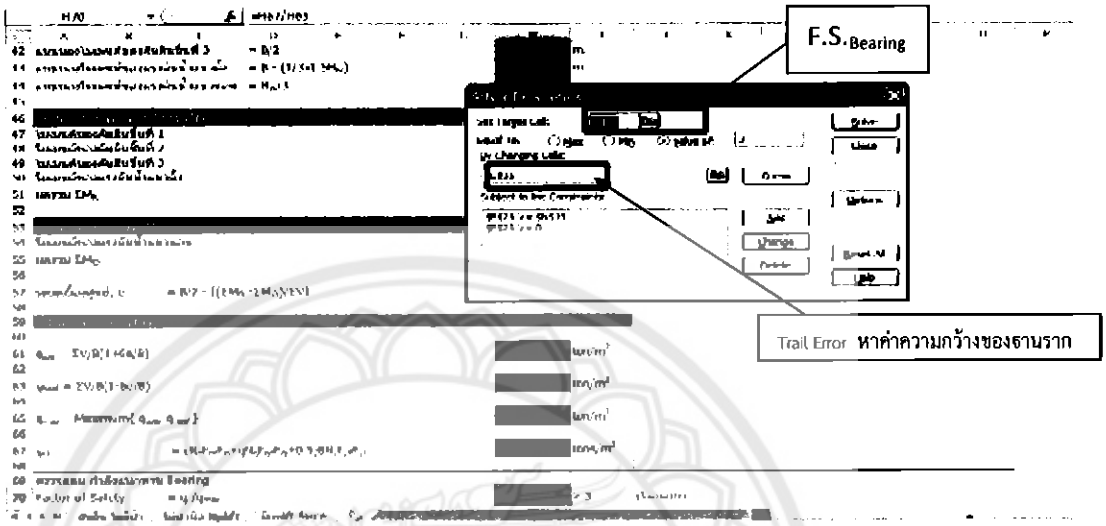
<u>กรณีไม่คำนึงถึง Uplift</u> (คำนวณหาค่าความกว้างฐานรากจาก F.S. $_{Bearing}$)

- Input ข้อมูลลงโปรแกรม




รูปที่ 3.1 รูปแสดงการนำเข้าข้อมูลลงโปรแกรม

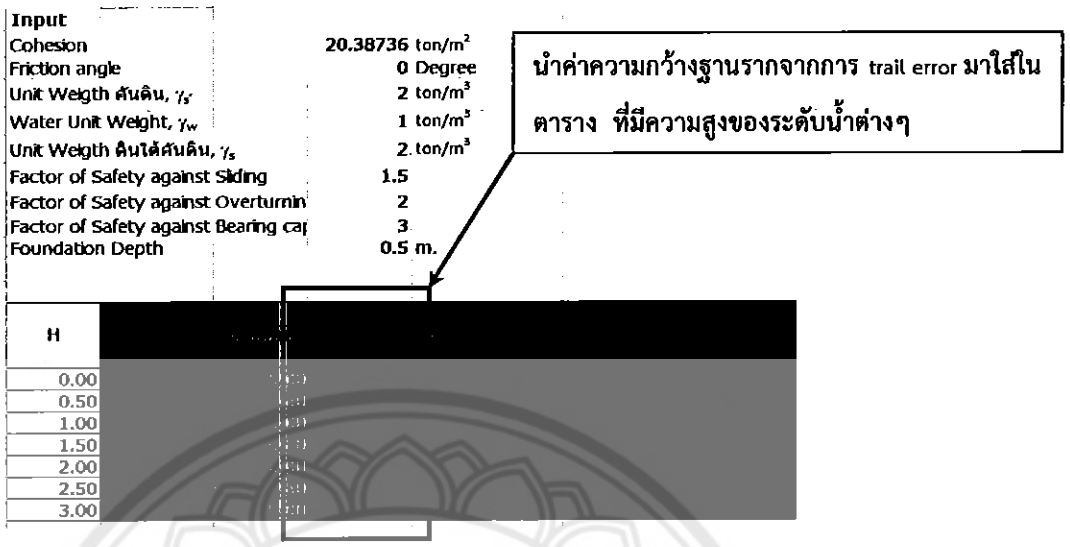
- Solve หาค่าความกว้างของฐานรากโดยการ Trail Error จากอัตราส่วนความปลอดภัยของการรับน้ำหนักแบกทานใต้คันดิน( $F.S._{Bearing}$ )




รูปที่ 3.2 รูปแสดง Solve หาความกว้างของฐานราก

- จากการ Solve หาค่าความกว้างของฐานรากแล้วจะนำค่าไปใส่ตารางเพื่อเปรียบเทียบค่าความกว้างของฐานรากที่แนะนำโดยทางวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย (วสท.)

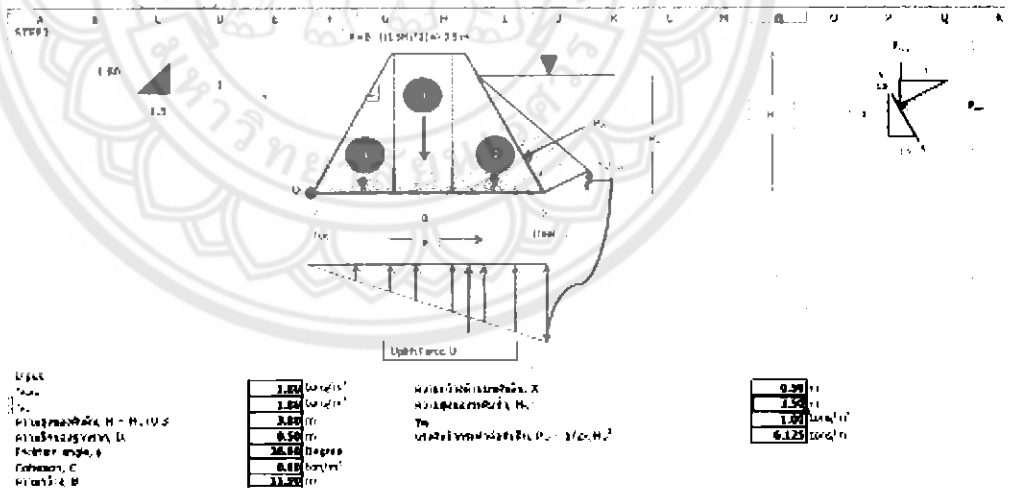
รูปที่ 3.3 รูปแสดงขนาดของความกว้างที่ใช้ในการคำนวณ




รูปที่ 3.4 รูปแสดงขนาดความกว้างของฐานรากที่ระดับความสูงต่างๆ

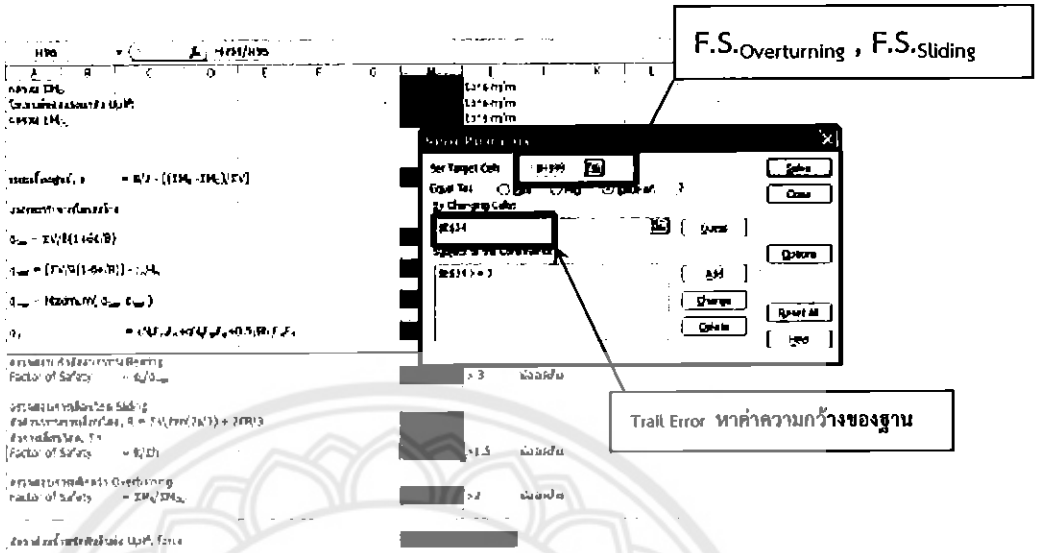
<u>กรณีคำนึงถึง Uplift</u> (คำนวณหาค่าความกว้างฐานรากจาก (F.S. Overturning, F.S. Sliding)

- Input ข้อมูลลงโปรแกรม



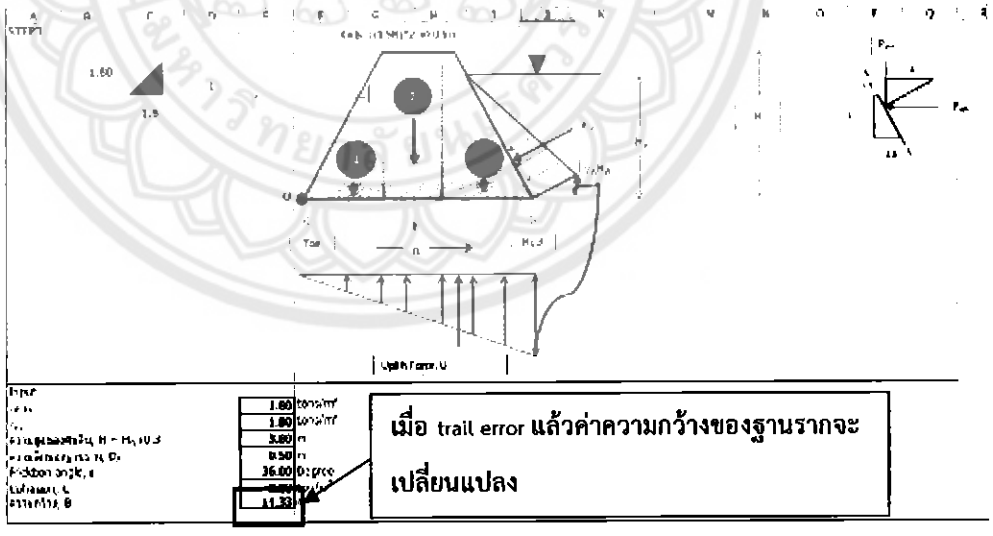
รูปที่ 3.5 รูปแสดงการนำเข้าข้อมูลลงโปรแกรม

- Solve หาค่าความกว้างของฐานรากโดยการ Trail Error จาก $F.S._{Overturning}$ , $F.S._{Sliding}$

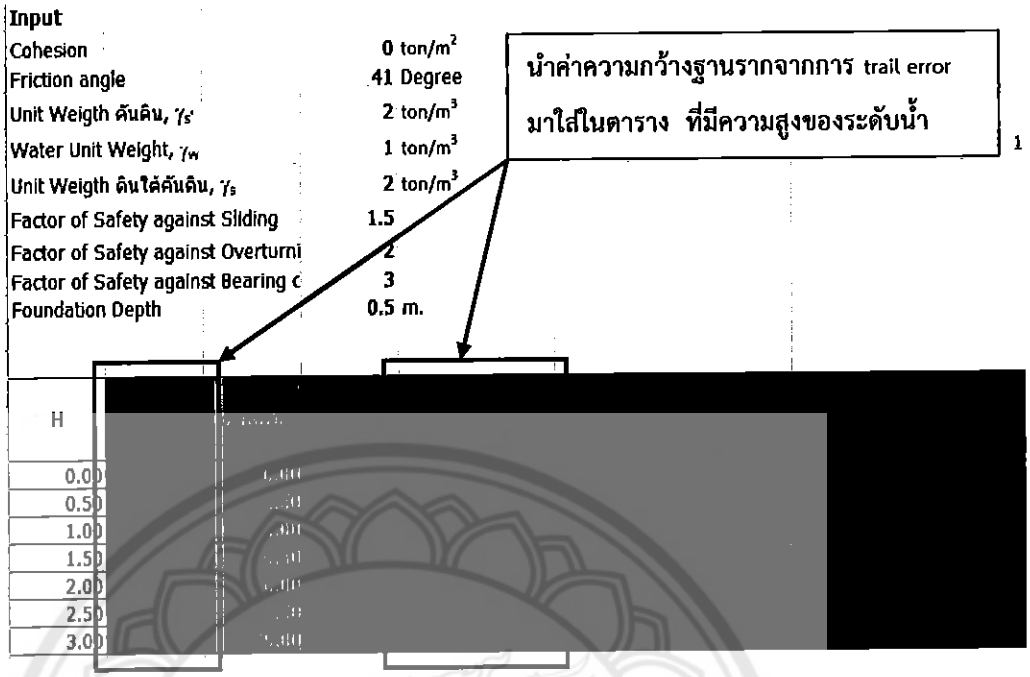



รูปที่ 3.6 รูปแสดง Solve หาความกว้างของฐาน

- จากการ Solve หาค่าความกว้างของฐานรากแล้วจะ**นำค่าไปใส่ตารางเพื่อ**เปรียบเทียบค่าจากทางวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย (วสท.)




รูปที่ 3.7 รูปแสดงขนาดของความกว้างที่ใช้ในการคำนวณ

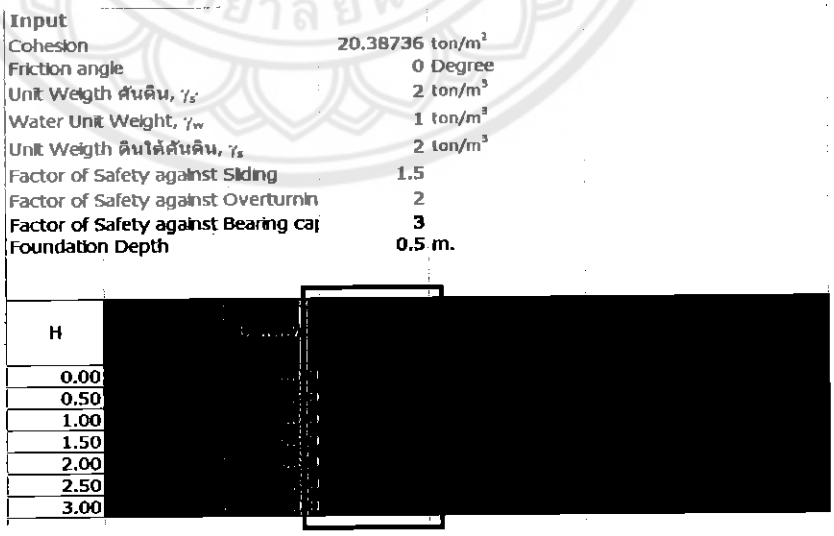



รูปที่ 3.8 รูปแสดงขนาดความกว้างของฐานรากที่ระดับความสูงต่างๆ

3.1.2 ค่าความสูงและความกว้างของฐานรากที่มีการเปรียบเทียบค่าของ Sliding , Overturning และ Bearing Capacity

ผลการคำนวณเป็นดังนี้

3.1.2.1) ไม่คำนึงถึง Uplift คำนวณหาค่าความกว้างฐานรากจาก $F.S._{Bearing}$ มีการเปรียบเทียบค่าอัตราส่วนความปลอดภัยของมาตรฐานและค่าอัตราส่วนจากการคำนวณ




รูปที่ 3.9 รูปแสดงข้อมูลของความกว้างฐานรากจาก $F.S._{Bearing}$

3.1.2.2) Uplift Force **คำนวณหาค่าความกว้างฐานรากจาก** $F.S._{Overturning}$, $F.S._{Sliding}$ มีการเปรียบเทียบค่าอัตราส่วนความปลอดภัยของมาตรฐานและค่าอัตราส่วนจากการคำนวณ

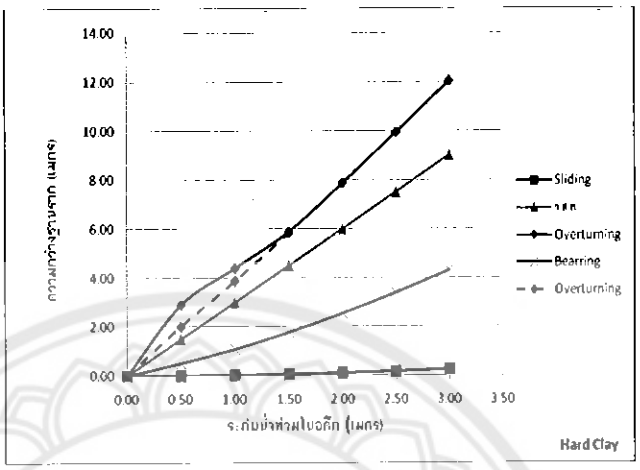
| **Input** | | |
|---|---|---|
| Cohesion | **0** | ton/m$^2$ |
| Friction angle | **41** | Degree |
| Unit Weigth ดินดัน, $\gamma_s$, | **2** | ton/m$^3$ |
| Water Unit Weight, $\gamma_w$ | **1** | ton/m$^3$ |
| Unit Weigth ดินใต้ดันดิน, $\gamma_s$ | **2** | ton/m$^3$ |
| Factor of Safety against Sliding | **1.5** | |
| Factor of Safety against Overturni | **2** | |
| Factor of Safety against Bearing c | **3** | |
| Foundation Depth | **0.5** | m. |

**1**

รูปที่ 3.10 รูปแสดงข้อมูลของความสูงระดับน้ำสูงสุดจาก $F.S._{Overturning}$ , $F.S._{Sliding}$

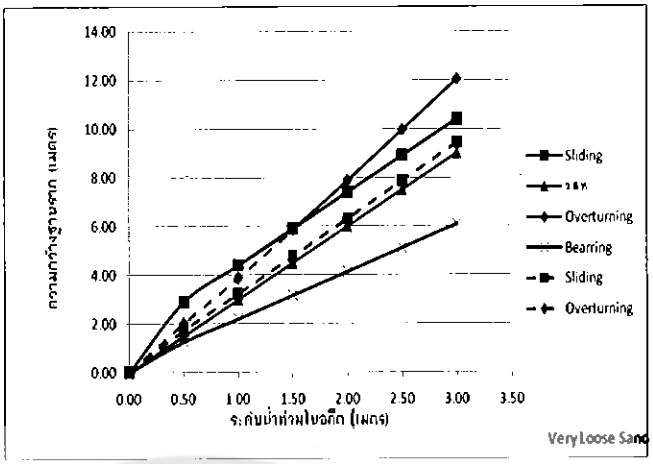
### 3.1.3 กราฟเปรียบเทียบความกว้างฐานรากกับระดับน้ำท่วม

ผลจากการคำนวณจะได้นำข้อมูลมาเขียนเป็นกราฟเปรียบเทียบได้ดังนี้




รูปที่ 3.11 รูปแสดงกราฟเปรียบเทียบความกว้างฐานรากกับระดับน้ำท่วมของดินเหนียวชนิด Hard Clay

จากกราฟ รูปที่ 3.11 เป็นตัวอย่างของดินเหนียวชนิด Hard Clay พบว่าการออกแบบคันดินป้องกันน้ำท่วมที่แนะนำโดยวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย มีเสถียรภาพไม่เพียงพอต่อการป้องกันการพลิกคว่ำ ( Overturning ) ดูได้จาก ที่ระดับน้ำท่วมในอดีต ที่ 3 เมตร ความกว้างของฐานคันดินที่แนะนำโดยวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย เท่ากับ 9 เมตร ซึ่งไม่เพียงพอสำหรับความกว้างของฐานคันดินของเสถียรภาพการป้องกันการพลิกคว่ำ ( Overturning ) ที่ต้องการ เท่ากับ 12 เมตร




รูปที่ 3.12 รูปแสดงกราฟเปรียบเทียบความกว้างฐานรากกับระดับน้ำท่วมของทรายชนิด Very Loose Sand

จากกราฟ รูปที่ 3.12 เป็นตัวอย่างของดินเหนียวชนิด Very Loose Sand พบว่าการออกแบบคันดินป้องกันน้ำท่วมที่แนะนำโดยวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย มีเสถียรภาพไม่เพียงพอต่อการป้องกันการพลิกคว่ำ ( Overturning ) และการป้องกันการเลื่อนไถล ( Sliding ) ดูได้จาก ที่ระดับน้ำท่วมในอดีต ที่ 3 เมตร ความกว้างของฐานคันดินที่แนะนำโดยวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย เท่ากับ 9 เมตร ซึ่งไม่เพียงพอสำหรับความกว้างของฐานคันดินของเสถียรภาพการป้องกันการพลิกคว่ำ ( Overturning ) และ เสถียรภาพการป้องกันการเลื่อนไถล ( Sliding ) ที่ต้องการ เท่ากับ 12 เมตร และ 10.5 เมตร

## 3.2 การเขียนตาข่ายการไหลของน้ำ เพื่อหาอัตราการไหลซึมของน้ำ

### 3.2.1 กำหนดขนาดฐานราก

โดยจะกำหนดของขนาดฐานรากที่มีขนาด 5 เมตรและขนาด 10 เมตร และเขียนตาข่ายการไหลจะได้จำนวนช่องของการสูญเสียเฮดระหว่าง Equipotentail Line และจำนวนช่องของการไหลของน้ำ (Flow path) และจะนำไปคำนวณอัตราการไหลของน้ำ ดังภาพที่แนบในภาคผนวก ก และตารางที่ 3.1 ดังนี้

**ตารางที่ 3.1 :** ตารางแสดงจำนวนช่องของการสูญเสียเฮดระหว่าง Equipotentail Line จำนวนช่องของการไหลของน้ำ (Flow path) ขนาดฐานคันดิน และความลึกของคันดิน

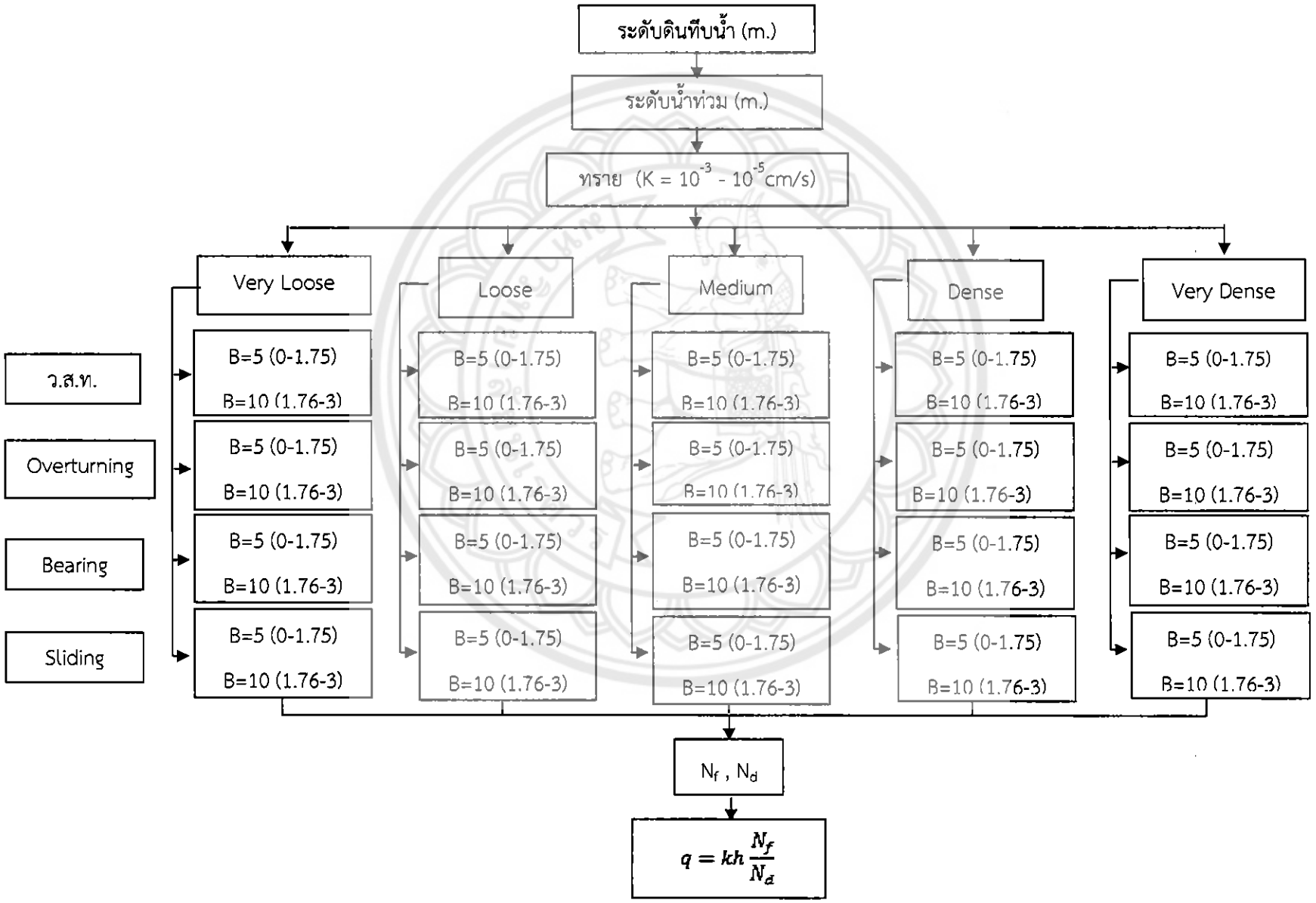
| ขนาดฐานคันดิน / ความลึก | B = 5 m. | | B = 10 m. | |
|---|---|---|---|---|
| 5 m. | $N_f$= 5 | $N_d$= 9 | $N_f$= 4 | $N_d$= 10 |
| 10 m. | $N_f$= 7 | $N_d$= 11 | $N_f$= 6 | $N_d$= 12 |
| 15 m. | $N_f$= 9 | $N_d$= 12 | $N_f$= 8 | $N_d$= 13 |
| 20 m. | $N_f$= 10 | $N_d$= 13 | $N_f$= 9 | $N_d$= 14 |

### 3.2.2 แผนผังเปรียบเทียบขนาดฐานราก

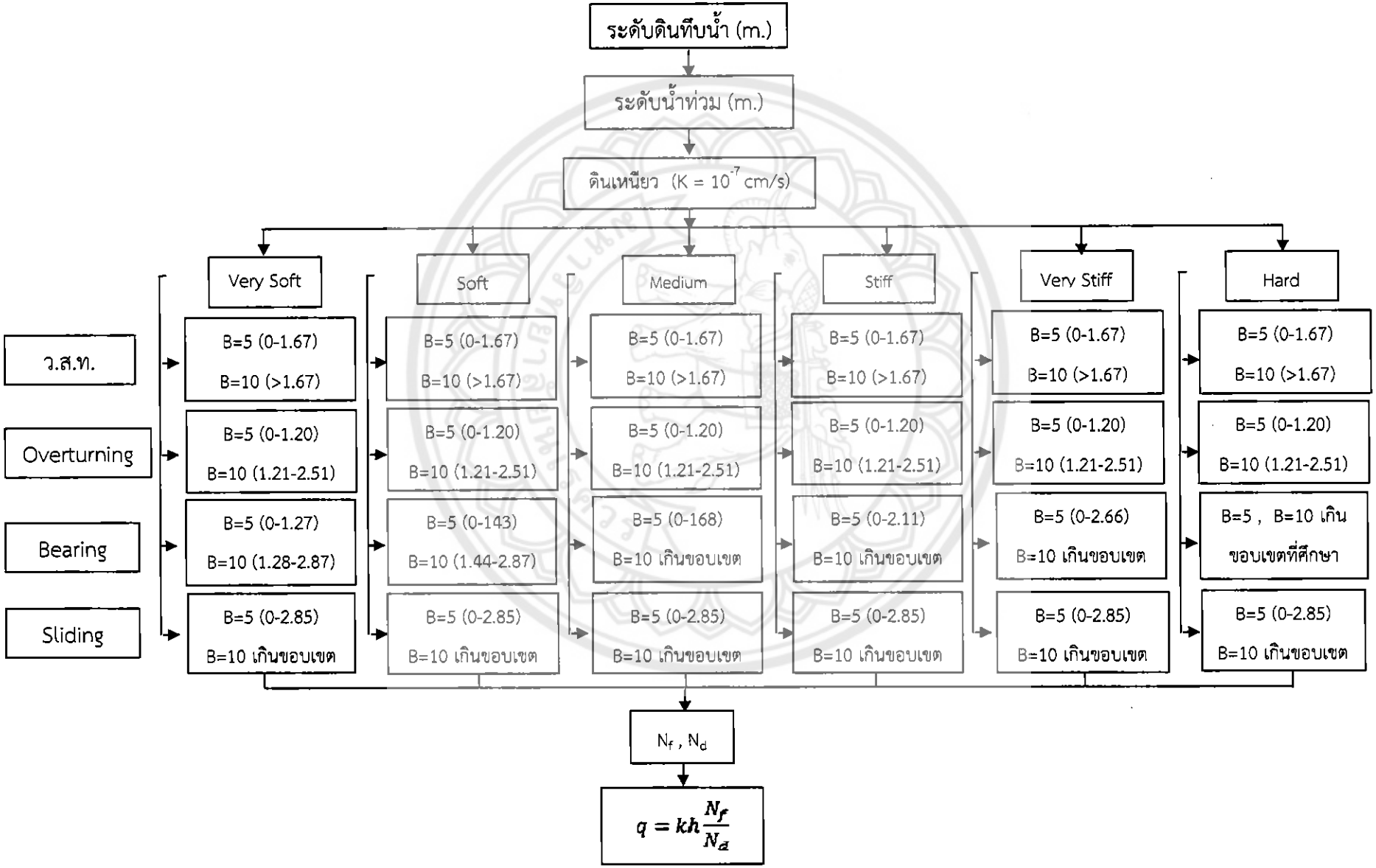
เขียนแผนผังเปรียบเทียบขนาดฐานรากจากการเขียนตาข่ายการไหลเพื่อนำมาทำการคำนวณว่าฐานรากแต่ละขนาดมีค่าค่างกันอย่างไร และแต่ละขนาดฐานรากป้องกันระดับน้ำท่วมที่ความสูงเท่าไหร่ แบ่งตามชนิดของดินดังนี้

- จากรูปที่ 3.13 เป็นแผนผังการเปรียบเทียบฐานรากของทรายซึ่งจะทำให้ทราบว่าเมื่อขนาดฐานรากมีค่าเท่ากับ 5 เมตรและ 10 เมตรนั้น มีการป้องกันน้ำท่วมได้เท่าไหร่ และมีอัตราการซึมน้ำเท่าไหร่ โดยจะเปรียบเทียบจากเสถียรภาพกับข้อแนะนำของทางวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย(วสท.)

- จากรูปที่ 3.14 เป็นแผนผังการเปรียบเทียบฐานรากของดินเหนียวซึ่งจะทำให้ทราบว่าเมื่อขนาดฐานรากมีค่าเท่ากับ 5 เมตรและ 10 เมตรนั้น มีการป้องกันน้ำท่วมได้เท่าไหร่ และมีอัตราการซึมน้ำเท่าไหร่ โดยจะเปรียบเทียบจากเสถียรภาพกับข้อแนะนำของทางวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย(วสท.)




รูปที่ 3.13 แผนผังเปรียบเทียบขนาดฐานรากของทราย




รูปที่ 3.14 แผนผังเปรียบเทียบขนาดฐานรากของดินเหนียว

# บทที่ 4
# กรณีศึกษา (Case Study)

ได้ทำการศึกษาบริเวณพื้นที่ที่ประสบปัญหาน้ำท่วมของจังหวัดพิษณุโลกทั้งหมด 4 อำเภอ จำนวน 8 โครงการ มีดังนี้

4.1 อำเภอวัดโบสถ์

4.2 อำเภอบางระกำ

4.3 อำเภอพรหมพิราม

4.4 อำเภอเมือง

- ตำบลท่าทอง
- หมู่ที่ 4 ตำบลในเมือง อำเภอเมือง
- หน้าวัดพันปี อำเภอเมือง
- บริเวณหน้าที่ทำการไฟฟ้า อำเภอเมือง
- ตำบลในเมือง อำเภอเมือง

## 4.1 อำเภอวัดโบสถ์

**4.1.1 โครงการก่อสร้างเขื่อนป้องกันตลิ่งริมแม่น้ำแควน้อย หมู่1 ตำบลท้อแท้ อำเภอวัด-โบสถ์ จังหวัดพิษณุโลก**

**ระดับชั้นดินทึบน้ำ** 7 m.

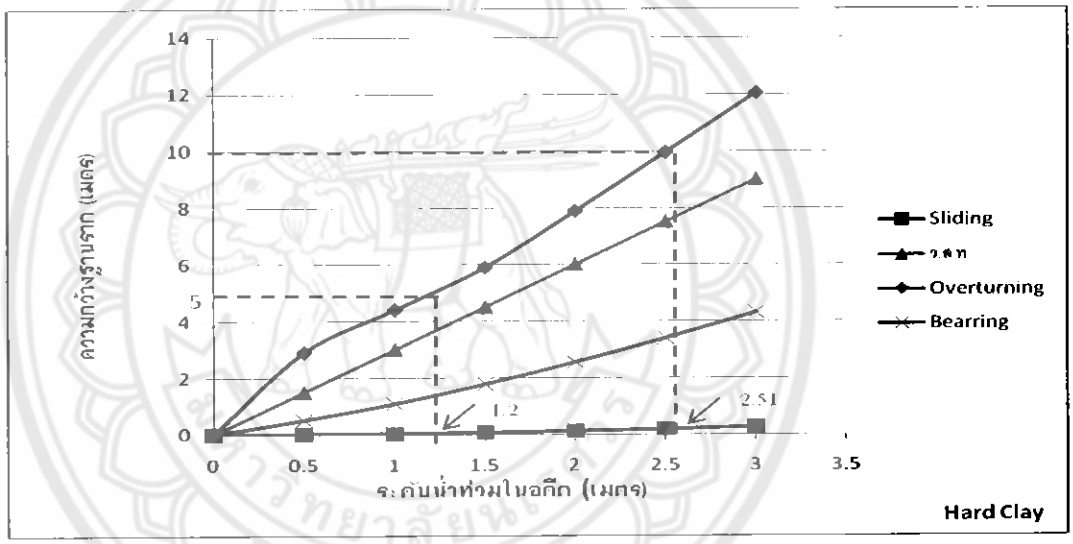
**กำหนดขนาดฐานคันดิน** 5 m

กำหนดความลึกของชั้นดินที่ใช้ในการคำนวณ 2 เท่าของขนาดฐานราก

ค่า SPTเฉลี่ยที่ 10 m. = [51(2) +61(1.5)+ 60(1.5)+ 58(1.5)+ 33(1.5)+ 39(1.5)+ 38(1.5)] / 10

= 57 Blows/ft.

**ชนิดดิน** ดินเหนียว (K =$10^{-7}$ cm/s) ชนิด (Hard Clay)




รูปที่ 4.1 กราฟเปรียบเทียบเสถียรภาพกับวสท. ของดินเหนียวชนิด Hard Clay

ถ้าใช้ขนาดความกว้างคันดิน 5 m.

จะสามารถป้องกันระดับน้ำท่วมได้ 1.2 m. (Overturning)

ระดับชั้นทึบน้ำ 7 m. ขนาดฐานราก 5 m. ($N_f$ = 7,$N_d$ =11 )

**อัตราการไหลซึมผ่าน**

อัตราการไหลซึมผ่าน

$q = kh(\frac{Nf}{Nd})$ = ($10^{-7}$/100) x 1.2 x (7/11) = 7.64x$10^{-10}$ $m^3$/s

= 0.000066 $m^3$/day = 0.066 Lites/day

**ระดับชั้นดินทึบน้ำ** 7 m.

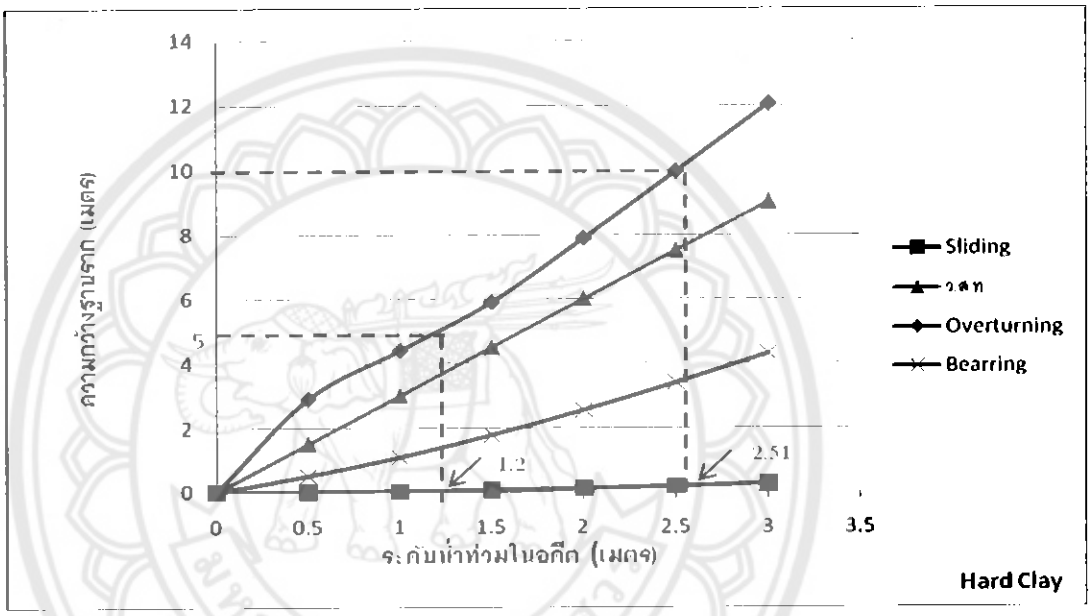
**กำหนดขนาดฐานคันดิน** 10 m

กำหนดความลึกของชั้นดินที่ใช้ในการคำนวณ 2 เท่าของขนาดฐานราก

ค่าSPTเฉลี่ยที่ 20 m. = [51(2)+61(1.5)+60(1.5)+58(1.5)+33(1.5)+39(1.5)+38(1.5)
+44(1.5)+37(1.5)+40(1.5)]/15.5

= 46 Blows/ft.

**ชนิดดิน** ดินเหนียว (K =$10^{-7}$ cm/s) ชนิด (Hard Clay)




รูปที่ 4.2 กราฟเปรียบเทียบเสถียรภาพกับวสท. ของดินเหนียวชนิด Hard Clay

**ถ้าใช้ขนาดความกว้างคันดิน 10 m.**

จะสามารถป้องกันระดับน้ำท่วมได้ 2.51 m. (Overturning)

ระดับชั้นทึบน้ำ 7 m. ขนาดฐานราก 10 m. ($N_f$ = 6,$N_d$ =12 )

**อัตราการไหลซึมผ่าน**

อัตราการไหลซึมผ่าน

$q = kh(\frac{Nf}{Nd})$ = ($10^{-7}$/100) x 2.51 x (6/12) = 12.55x$10^{-10}$ $m^3$/s

= 0.000108 $m^3$/day = 0.108 Lites/day

## 4.2 อำเภอบางระกำ

**4.2.1 โครงการเพื่อการออกแบบเขื่อนป้องกันตลิ่งริมแม่น้ำยม บริเวณวัดสุนทรประดิษฐ์ - ศาลเจ้า ต.บางระกำ อ.บางระกำ จ.พิษณุโลก**

**ระดับชั้นดินทึบน้ำ** 11.3 m.

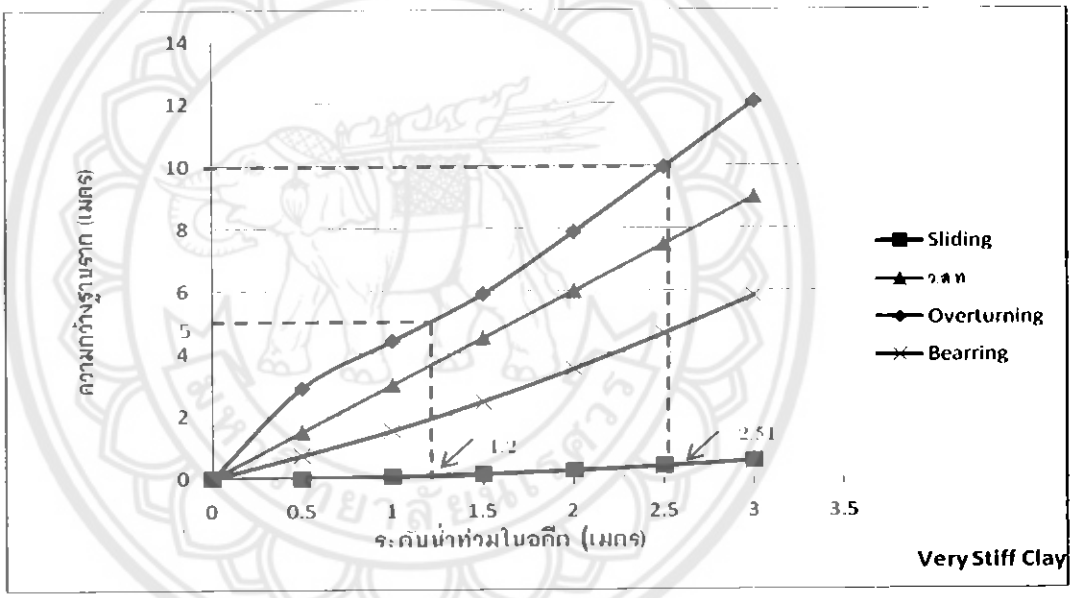
**กำหนดขนาดฐานคันดิน** 5 m

กำหนดความลึกของชั้นดินที่ใช้ในการคำนวณ 2 เท่าของขนาดฐานราก

ค่า SPT เฉลี่ยที่ 10 m. = [17(1.5)+21(0.5)+22(0.5)+25(1)+31(1.5)
+26(1.5)+23(1.5)+23(1.5)]/9.5

= 24 Blows/ft.

**ชนิดดิน** ดินเหนียว (K =$10^{-7}$ cm/s) ชนิด (Very Stiff Clay)




รูปที่ 4.3 กราฟเปรียบเทียบเสถียรภาพกับวสท. ของดินเหนียวชนิด Very Stiff Clay

**ถ้าใช้ขนาดความกว้างคันดิน 5 m.**

จะสามารถป้องกันระดับน้ำท่วมได้ 1.2 m. (Overturning)

ระดับชั้นทึบน้ำ 11.3 m. ขนาดฐานราก 5 m. ($N_f$ = 9,$N_d$ =12 )

**อัตราการไหลซึมผ่าน**

$$q = kh\left(\frac{Nf}{Nd}\right)$$ = ($10^{-7}$/100) x 1.2 x (9/12) = 9.0x$10^{-10}$ $m^3$/s

= 0.000078 $m^3$/day = 0.078 Lites/day

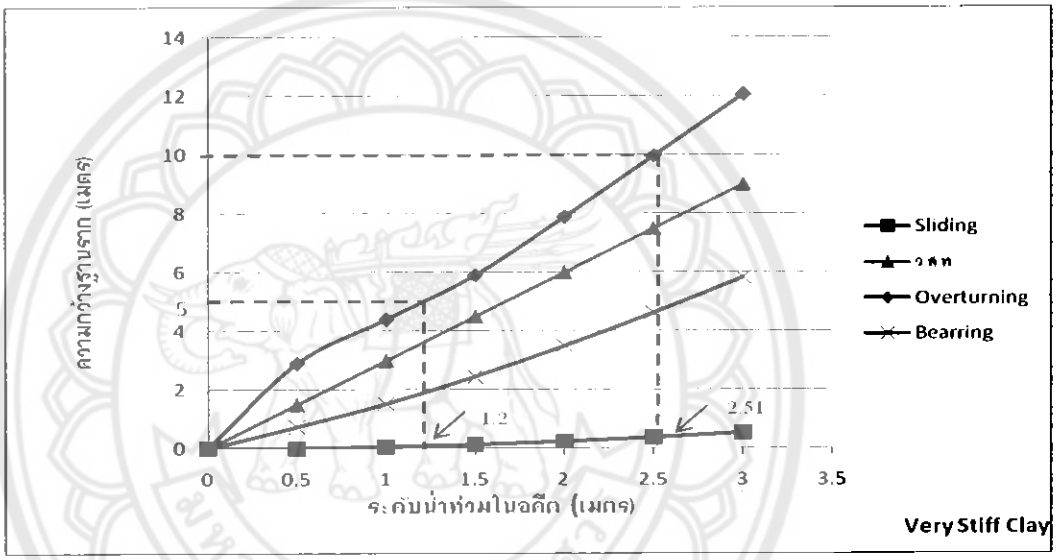
**ระดับชั้นดินทึบน้ำ** 11.3 m.

**กำหนดขนาดฐานคันดิน** 10 m

กำหนดความลึกของชั้นดินที่ใช้ในการคำนวณ 2 เท่าของขนาดฐานราก

ค่า SPT เฉลี่ยที่ 20 m. = [17(1.5)+21(0.5)+22(0.5)+25(1)+31(1.5)+26(1.5)
+23(1.5)+23(1.5)+22(1.5)+22(1.5)+19(0.5)+20(0.5)
+17(0.5)+ 22(1.5)+20(1.5)+23(1.5)+18(1.5)+31(1.5)]/20
= 24 Blows/ft.

**ชนิดดิน** ดินเหนียว (K =$10^{-7}$ cm/s) ชนิด (Very Stiff Clay)




รูปที่ 4.4 กราฟเปรียบเทียบเสถียรภาพกับวสท. ของดินเหนียวชนิด Very Stiff Clay

**ถ้าใช้ขนาดความกว้างคันดิน 10 m.**

จะสามารถป้องกันระดับน้ำท่วมได้ 2.51 m. (Overturning)

ระดับชั้นทึบน้ำ 11.3 m. ขนาดฐานราก 10 m. ($N_f$ = 8,$N_d$ =13 )

**อัตราการไหลซึมผ่าน**

$q = kh(\frac{Nf}{Nd})$ = ($10^{-7}$/100) x 2.51 x (8/13) = 15.4x$10^{-10}$ $m^3$/s

= 0.000133 $m^3$/day = 0.133 Lites/day

## 4.3 อำเภอพรหมพิราม

**4.3.1 โครงการก่อสร้างสะพานข้ามแม่น้ำน่าน ในเขตเทศบาล ต.พรหมพิราม อ.พรหมพิราม จ.พิษณุโลก**

**ระดับชั้นดินทึบน้ำ** 12 m.

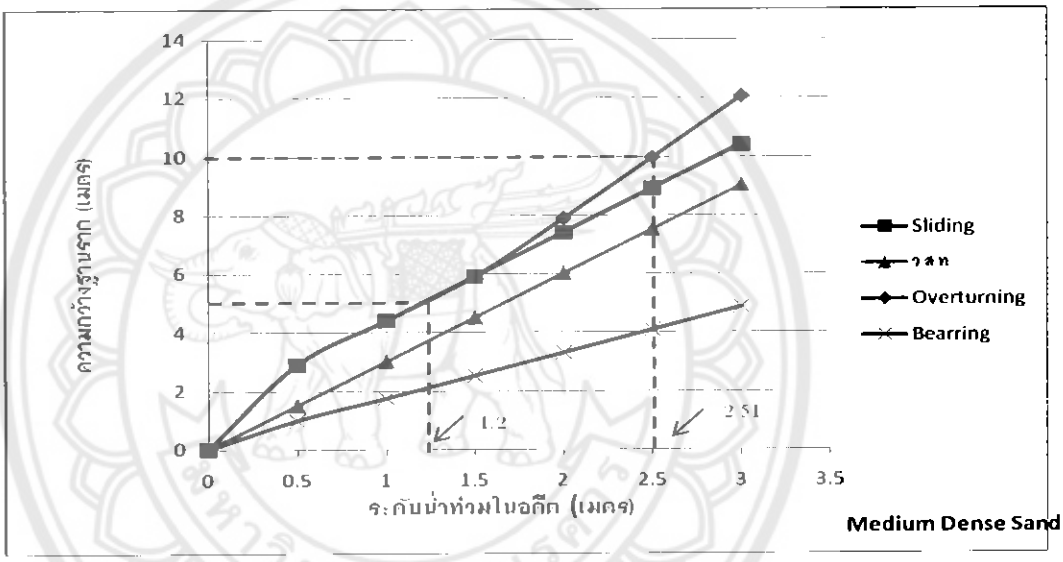
**กำหนดขนาดฐานคันดิน** 5 m.

กำหนดความลึกของชั้นดินที่ใช้ในการคำนวณ 2 เท่าของขนาดฐานราก

ค่า SPT เฉลี่ยที่ 10 m. = [8(2)+15(1.5)+16(1.5)+22(1.5)+12(1.5)+21(1.5)]/9.5

= 16 Blows/ft.

**ชนิดดิน** ดินทราย (K =$10^{-5}$ cm/s) ชนิด (Medium Dense Sand)




รูปที่ 4.5 กราฟเปรียบเทียบเสถียรภาพกับวสท. ของดินทรายชนิด Medium Dense Sand

ถ้าใช้ขนาดความกว้างคันดิน 5 m.

จะสามารถป้องกันระดับน้ำท่วมได้ 1.2 m. (Overturning,Sliding)

ระดับชั้นทึบน้ำ 12 m. ขนาดฐานราก 5 m. ($N_f$ = 9,$N_d$ =12)

**อัตราการไหลซึมผ่าน**

$$q = kh\left(\frac{Nf}{Nd}\right)$$ = ($10^{-5}$/100) x 1.2 x (9/12) = 9.0x$10^{-8}$ $m^3$/s

= 0.00778 $m^3$/day = 7.78 Lites/day

**ระดับชั้นดินทึบน้ำ** 12 m.

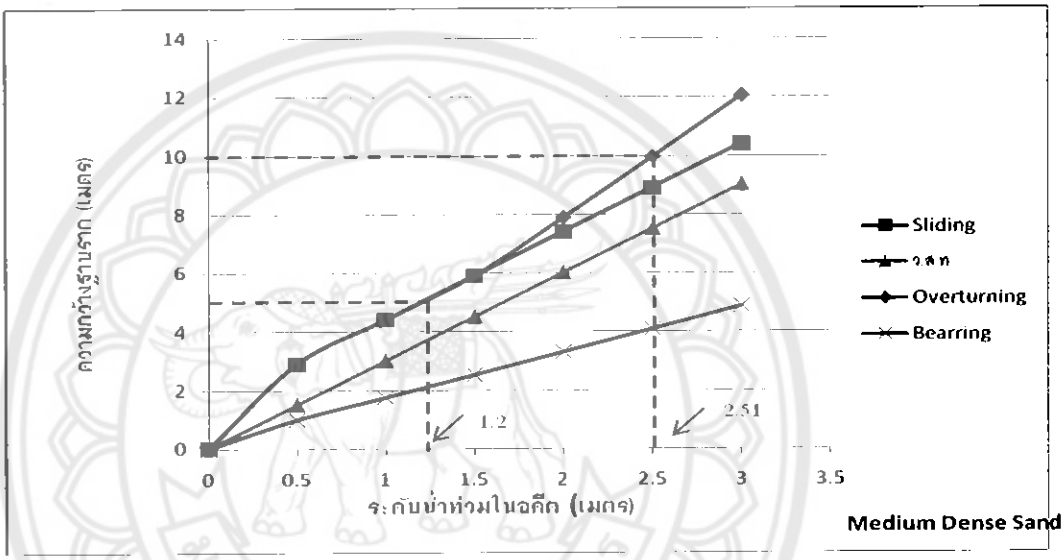
**กำหนดขนาดฐานคันดิน** 10 m.

กำหนดความลึกของชั้นดินที่ใช้ในการคำนวณ 2 เท่าของขนาดฐานราก

ค่า SPT เฉลี่ยที่ 20 m. = [8(2)+15(1.5)+16(1.5)+22(1.5)+12(1.5)+21(1.5)+26(1.5)
+23(1.5)+15(1.5)+27(1.5)+32(1.5)+32(1.5)+29(1.5)]/20

= 22 Blows/ft.

**ชนิดดิน** ดินทราย (K =$10^{-5}$ cm/s) ชนิด (Medium Dense Sand)




รูปที่ 4.6 กราฟเปรียบเทียบเสถียรภาพกับวสท. ของดินทรายชนิด Medium Dense Sand

**ถ้าใช้ขนาดความกว้างคันดิน 10 m.**

จะสามารถป้องกันระดับน้ำท่วมได้ 2.52 m. (Overturning,Sliding)

ระดับชั้นทึบน้ำ 12 m. ขนาดฐานราก 10 m. ($N_f$ = 8,$N_d$ =13)

**อัตราการไหลซึมผ่าน**

$$q = kh\left(\frac{Nf}{Nd}\right)$$ = ($10^{-5}$/100) x 2.52 x (8/13) = 15.5x$10^{-8}$ $m^3$/s

= 0.013392 $m^3$/day = 13.39 Lites/day

## 4.4 อำเภอเมือง

**4.4.1 โครงการก่อสร้างเขื่อนป้องกันตลิ่งริมแม่น้ำน่าน บ้านวังกระบาก ม.8 ต.ท่าทอง อ.เมือง จ.พิษณุโลก**

**ระดับชั้นดินทึบน้ำ** 6 m.

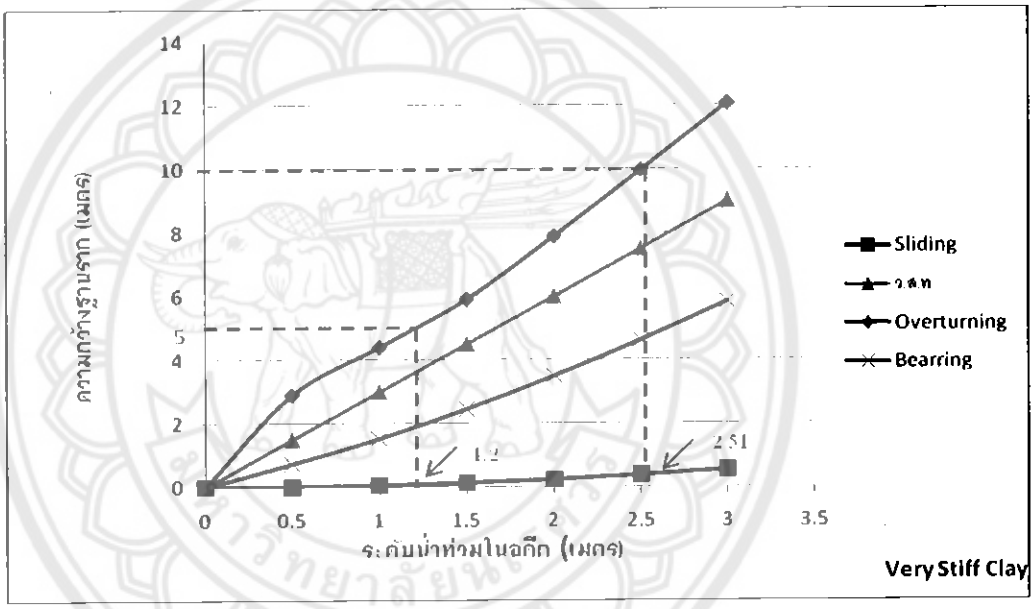
**กำหนดขนาดฐานคันดิน** 5 m.

กำหนดความลึกของชั้นดินที่ใช้ในการคำนวณ 2 เท่าของขนาดฐานราก

ค่า SPT เฉลี่ยที่ 10 m. = [6(2)+12(1.5)+5(1.5)+28(1.5)+15(1.5)+31(1.5)]/9.5

= 16 Blows/ft.

ชนิดดิน ดินเหนียว (K =$10^{-7}$ cm/s) ชนิด (Very Stiff Clay)




รูปที่ 4.7 กราฟเปรียบเทียบเสถียรภาพกับวสท. ของดินเหนียวชนิด Very Stiff Clay

ถ้าใช้ขนาดความกว้างคันดิน 5 m.

จะสามารถป้องกันระดับน้ำท่วมได้ 1.2 m. (Overturning,Sliding)

ระดับชั้นทึบน้ำ 6 m. ขนาดฐานราก 5 m. ($N_f$ = 7,$N_d$ =11)

**อัตราการไหลซึมผ่าน**

$$q = kh\left(\frac{Nf}{Nd}\right)$$ = ($10^{-7}$/100) x 1.2 x (7/11) = 7.64x$10^{-10}$ $m^3$/s

= 0.000066 $m^3$/day = 0.066 Lites/day

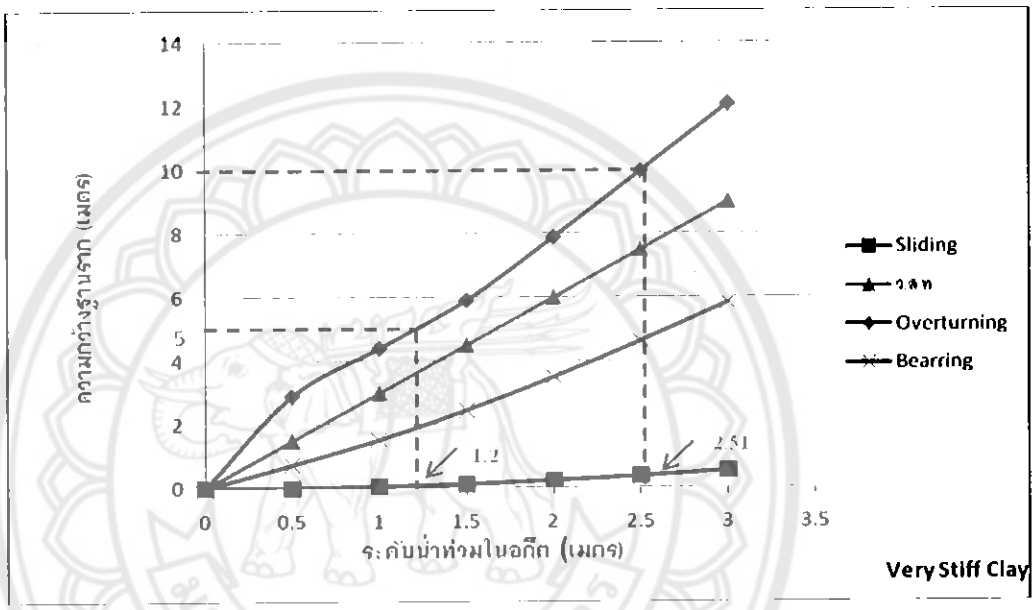
**ระดับชั้นดินทึบน้ำ** 6 m.

**กำหนดขนาดฐานคันดิน** 10 m.

กำหนดความลึกของชั้นดินที่ใช้ในการคำนวณ 2 เท่าของขนาดฐานราก

ค่า SPT เฉลี่ยที่ 20 m. =[6(2)+12(1.5)+5(1.5)+28(1.5)+15(1.5)+31(1.5)+27(1.5)
+19(1.5)+34(1.5)+27(1.5)+33(1.5)+28(1.5)+7(1.5)]/ 20
= 19 Blows/ft.

**ชนิดดิน** ดินเหนียว (K =$10^{-7}$ cm/s) ชนิด (Very Stiff Clay)




รูปที่ 4.8 กราฟเปรียบเทียบเสถียรภาพกับวสท. ของดินเหนียวชนิด Very Stiff Clay

**ถ้าใช้ขนาดความกว้างคันดิน 10 m.**

จะสามารถป้องกันระดับน้ำท่วมได้ 2.52 m. (Overturning,Sliding)

ระดับชั้นทึบน้ำ 6 m. ขนาดฐานราก 10 m. ($N_f$ = 6,$N_d$ =12)

**อัตราการไหลซึมผ่าน**

$$q = kh(\frac{Nf}{Nd})$$ = ($10^{-7}$/100) x 2.52 x (6/12) = 15.5x$10^{-8}$ $m^3$/s

= 0.000109 $m^3$/day = 0.109 Lites/day

**4.4.2 โครงการก่อสร้างเขื่อนกันตลิ่งริมแม่น้ำน่าน หมู่ 4 ต.ในเมือง อ.เมือง จ.พิษณุโลก**

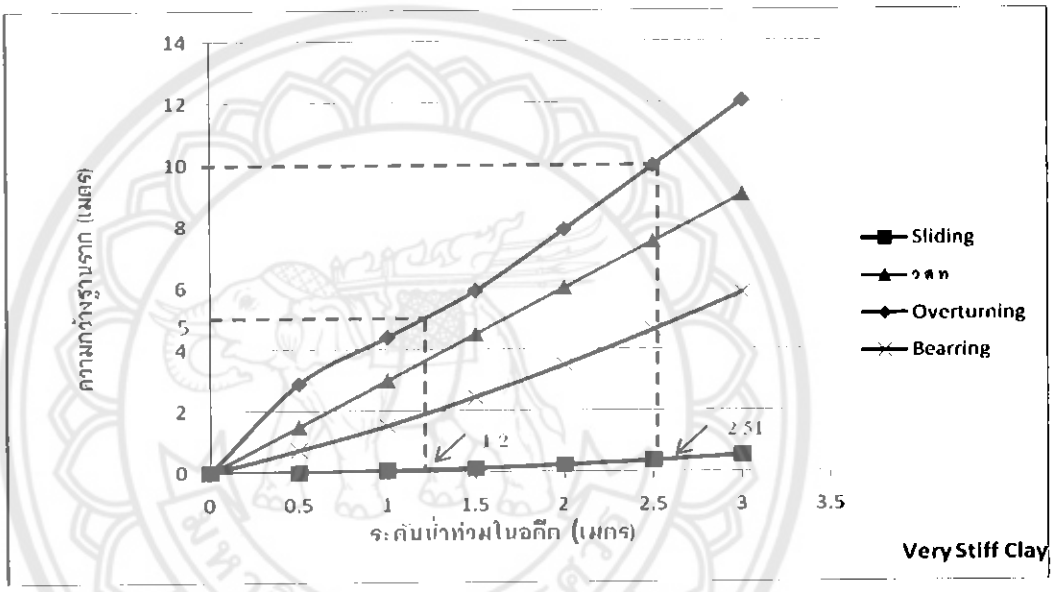
**ระดับชั้นดินทึบน้ำ** 14.5 m.

**กำหนดขนาดฐานคันดิน** 5 m.

กำหนดความลึกของชั้นดินที่ใช้ในการคำนวณ 2 เท่าของขนาดฐานราก

ค่าSPTเฉลี่ยที่ 10 m. = [9.5(1.5)+14.5(1)+6.5(1)+7(1.5)+11(1.5)
+13(1.5)+18(1.5)]/9.5
= 12 Blows/ft.

**ชนิดดิน** ดินเหนียว (K =$10^{-7}$ cm/s) ชนิด (Very Stiff Clay)




รูปที่ 4.9 กราฟเปรียบเทียบเสถียรภาพกับบวสท. ของดินเหนียวชนิด Very Stiff Clay

ถ้าใช้ขนาดความกว้างคันดิน 5 m.

จะสามารถป้องกันระดับน้ำท่วมได้ 1.2 m. (Overturning)

**ระดับชั้นทึบน้ำ** 4 m. ขนาดฐานราก 5 m. ($N_f$ = 9,$N_d$ =12 )

**อัตราการไหลซึมผ่าน**

$$q = kh(\frac{Nf}{Nd})$$ = ($10^{-7}$/100) x 1.2 x (9/12) = 9.0x$10^{-10}$ $m^3$/s

= 0.000078 $m^3$/day = 0.078 Lite/day

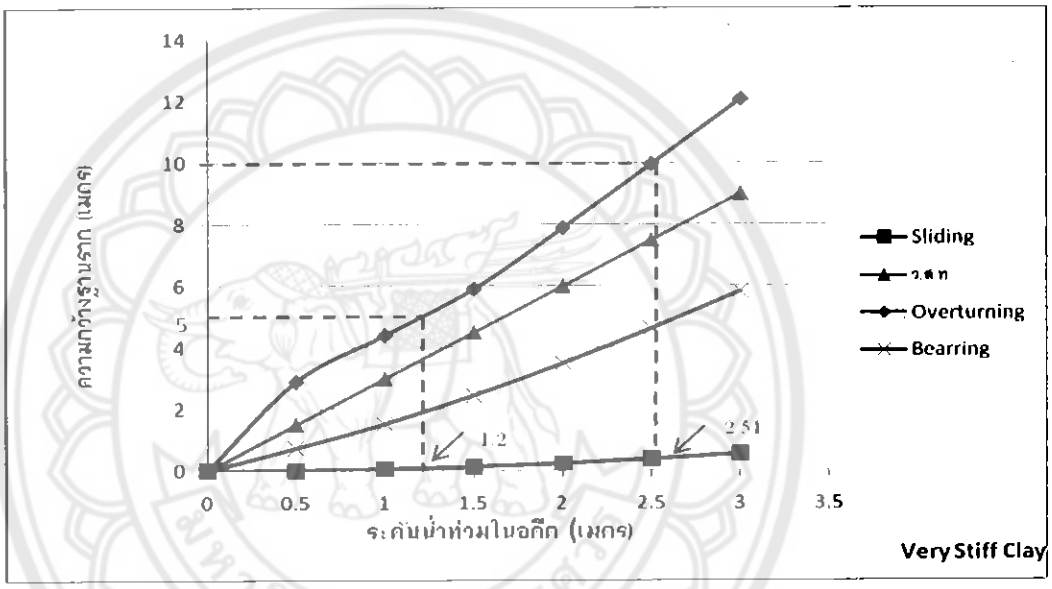
**ระดับชั้นดินทึบน้ำ** 14.5 m.

**กำหนดขนาดฐานคันดิน** 10 m.

กำหนดความลึกของชั้นดินที่ใช้ในการคำนวณ 2 เท่าของขนาดฐานราก

ค่า SPT เฉลี่ยที่ 20 m. = [.5(1.5)+14.5(1)+6.5(1)+7(1.5)+11(1.5)+13(1.5)
+18(1.5)+24(1.5)+41(1.5)+25(1.5)+15(1.5)+18(1.5)
+37(1.5)+52(1.5)]/20
= 22 Blows/ft.

**ชนิดดิน** ดินเหนียว (K =$10^{-7}$ cm/s) ชนิด (Very Stiff Clay)




รูปที่ 4.10 กราฟเปรียบเทียบเสถียรภาพกับวสท. ของดินเหนียวชนิด Very Stiff Clay

**ถ้าใช้ขนาดความกว้างคันดิน 10 m.**

จะสามารถป้องกันระดับน้ำท่วมได้ 2.51 m. (Overturning)

**ระดับชั้นทึบน้ำ** 14.5 m. ขนาดฐานราก 10 m. ($N_f$ = 8,$N_d$ =13 )

**อัตราการไหลซึมผ่าน**

$$q = kh\left(\frac{Nf}{Nd}\right)$$ = ($10^{-7}$/100) x 2.51 x (8/13) = 15.45x$10^{-10}$ $m^3$/s

= 0.000133 $m^3$/day = 0.133 Lites/day

**4.4.3 โครงการเพื่อการออกแบบเขื่อนป้องกันตลิ่งริมแม่น้ำน่าน บริเวณหน้าวัดใหม่พันปี โรงเรียนเทศบาล 5 ถนนพุทธบูชา ต.ในเมือง อ.เมือง จ.พิษณุโลก**

**ระดับชั้นดินทึบน้ำ** 9.45 m.

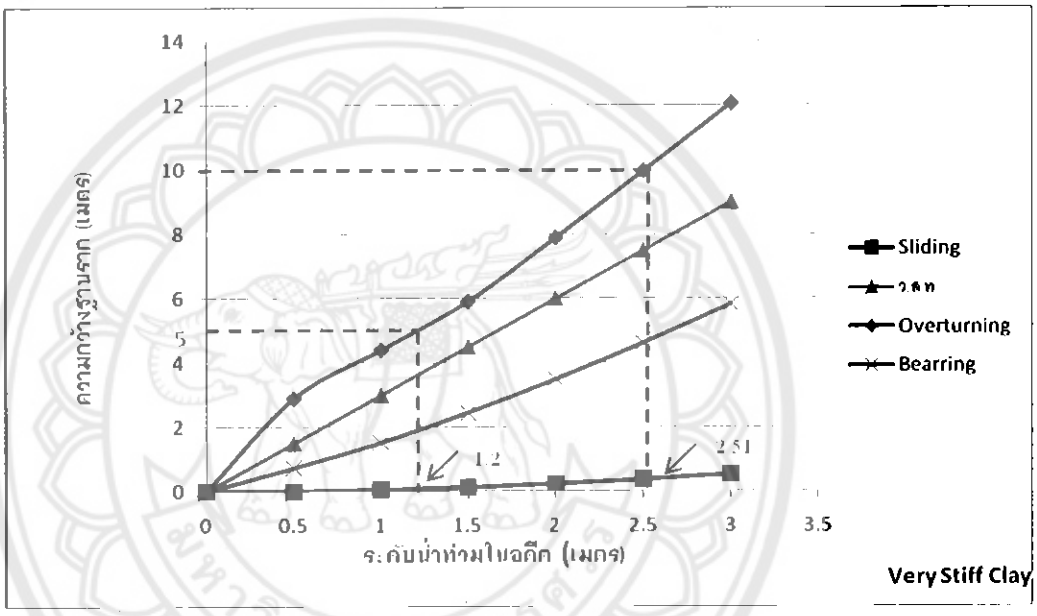
**กำหนดขนาดฐานคันดิน** 5 m.

กำหนดความลึกของชั้นดินที่ใช้ในการคำนวณ 2 เท่าของขนาดฐานราก

ค่าSPTเฉลี่ยที่ 10m. =[11(1.5)+20(1.5)+12(1)+29(1.5)+42(1)+41(1.5)+48(1.5)]/9.5

= 25 Blows/ft.

**ชนิดดิน** ดินเหนียว (K =$10^{-7}$ cm/s) ชนิด (Very Stiff Clay)




รูปที่ 4.11 กราฟเปรียบเทียบเสถียรภาพกับบวสท. ของดินเหนียวชนิด Very Stiff Clay

ถ้าใช้ขนาดความกว้างคันดิน 5 m.

จะสามารถป้องกันระดับน้ำท่วมได้ 1.2 m. (Overturning)

ระดับชั้นทึบน้ำ 9.45 m. ขนาดฐานราก 5 m. ($N_f$ = 7,$N_d$ =11 )

**อัตราการไหลซึมผ่าน**

$$q = kh\left(\frac{Nf}{Nd}\right) = (10^{-7}/100) \times 1.2 \times (7/11) = 7.64\times10^{-10}\ m^3/s$$

$$= 0.000066\ m^3/day = 0.066\ Lite/day$$

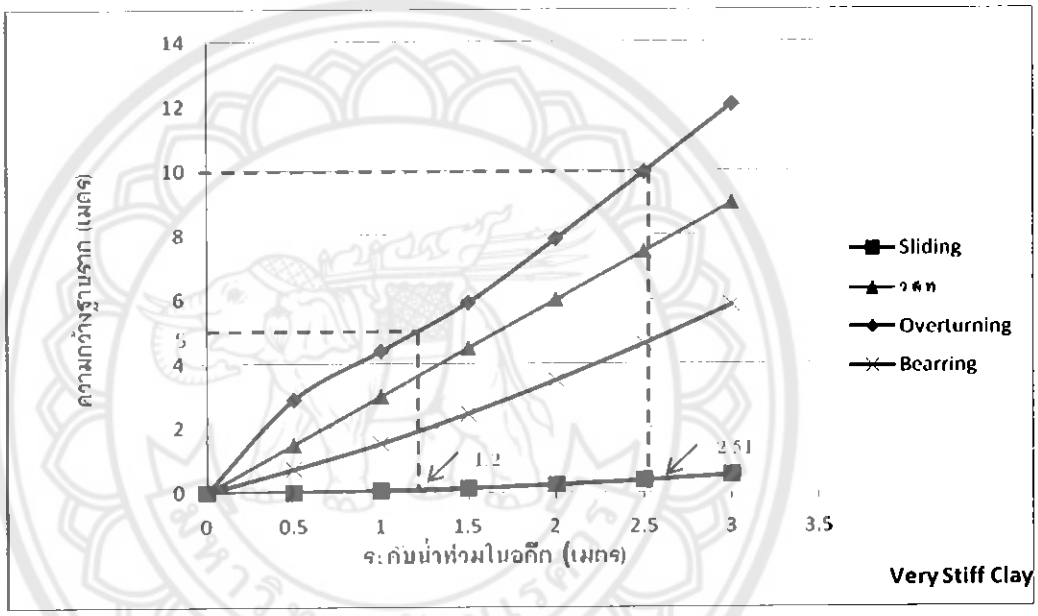
**ระดับชั้นดินทึบน้ำ** 9.45 m.

**กำหนดขนาดฐานคันดิน** 10 m.

กำหนดความลึกของชั้นดินที่ใช้ในการคำนวณ 2 เท่าของขนาดฐานราก

ค่า SPT เฉลี่ยที่ 20m. = [11(1.5)+20(1.5)+12(1)+29(1.5)+42(1)+41(1.5)+48(1.5)
+30(1.5)+26(1.5)+30(1.5)+21(1.5)+28(1.5)+31(1.5)
+34(1.5)]/20
= 27 Blows/ft.

**ชนิดดิน** ดินเหนียว (K =$10^{-7}$ cm/s) ชนิด (Very Stiff Clay)




รูปที่ 4.12 กราฟเปรียบเทียบเสถียรภาพกับวสท. ของดินเหนียวชนิด Very Stiff Clay

ถ้าใช้ขนาดความกว้างคันดิน 10 m.

จะสามารถป้องกันระดับน้ำท่วมได้ 2.51 m. (Overturning)

ระดับชั้นทึบน้ำ 9.45 m. ขนาดฐานราก 10 m. ($N_f$ = 6,$N_d$ =12 )

**อัตราการไหลซึมผ่าน**

$$q = kh\left(\frac{Nf}{Nd}\right)$$ = ($10^{-7}$/100) x 2.51 x (6/12) = 12.55x$10^{-10}$ $m^3$/s

= 0.000108 $m^3$/day = 0.108 Lites/day

**4.4.4 โครงการออกแบบเขื่อนป้องกันตลิ่งริมแม่น้ำน่านบริเวณหน้าที่ทำการไฟฟ้า ต.ในเมือง อ.เมือง จ. พิษณุโลก**

**ระดับชั้นดินทึบน้ำ** 4 m.

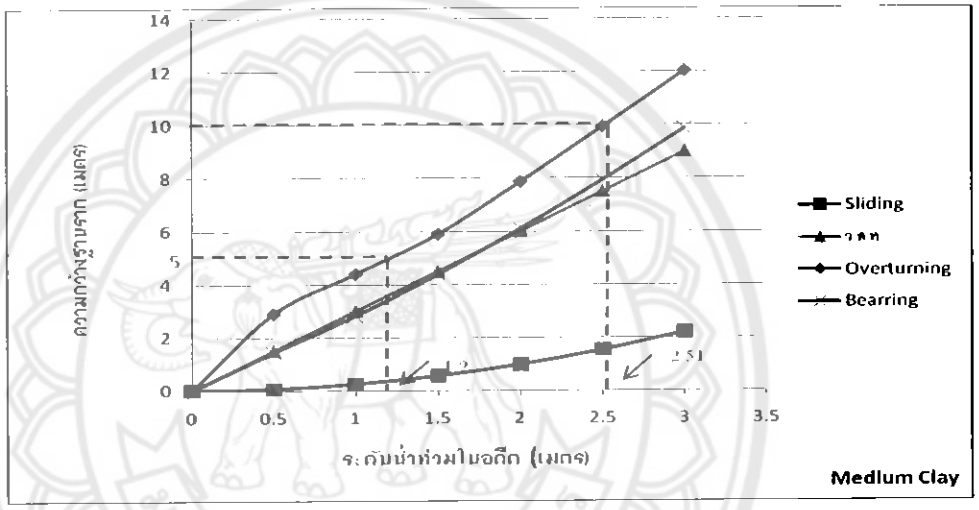
**กำหนดขนาดฐานคันดิน** 5 m.

กำหนดความลึกของชั้นดินที่ใช้ในการคำนวณ 2 เท่าของขนาดฐานราก

ค่า SPT เฉลี่ยที่ 10 m. = [4(1.5)+4(0.5)+5(0.5)+13(1)+7(2)+4(1)]/9.5

= 5 Blows/ft.

**ชนิดดิน** ดินเหนียว (K =$10^{-7}$ cm/s) ชนิด (Medium Clay)




รูปที่ 4.13 กราฟเปรียบเทียบเสถียรภาพกับบวสท. ของดินเหนียวชนิด Medium Clay

ถ้าใช้ขนาดความกว้างคันดิน 5 m.

จะสามารถป้องกันระดับน้ำท่วมได้ 1.2 m. (Overturning)

ระดับชั้นทึบน้ำ 4 m. ขนาดฐานราก 5 m. ($N_f$ = 5,$N_d$ =9 )

**อัตราการไหลซึมผ่าน**

$$q = kh\left(\frac{Nf}{Nd}\right) = (10^{-7}/100) \times 1.2 \times (5/9) = 6.67\times10^{-10}\ m^3/s$$

$$= 0.000058\ m^3/day = 0.058\ Lite/day$$

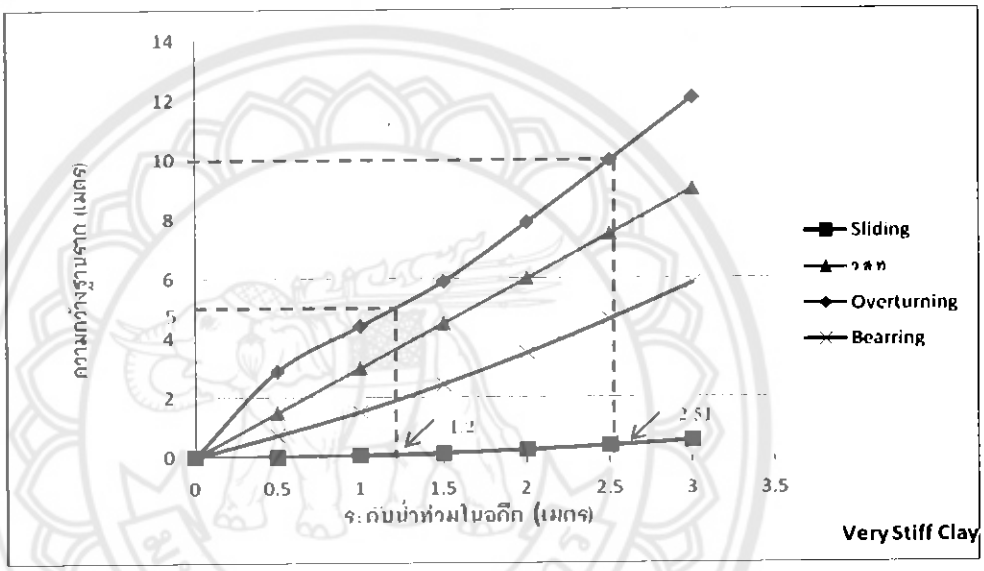
**ระดับชั้นดินทึบน้ำ** 4 m.

**กำหนดขนาดฐานคันดิน** 10 m.

กำหนดความลึกของชั้นดินที่ใช้ในการคำนวณ 2 เท่าของขนาดฐานราก

ค่า SPT เฉลี่ยที่ 20 m. = [4(1.5)+4(0.5)+5(0.5)+13(1)+7(2)+4(1)+9(1.5)+4(1.5)
+7(1.5)+9(1.5)+52(1.5)+35(1.5)+12(1.5)+14(1.5)
+31(1.5)]/20
= 14 Blows/ft.

**ชนิดดิน** ดินเหนียว (K =$10^{-7}$ cm/s) ชนิด (Stiff Clay)




รูปที่ 4.14 กราฟเปรียบเทียบเสถียรภาพกับบวสท. ของดินเหนียวชนิด Very Stiff Clay

**ถ้าใช้ขนาดความกว้างคันดิน 10 m.**

จะสามารถป้องกันระดับน้ำท่วมได้ 2.51 m. (Overturning)

ระดับชั้นทึบน้ำ 4 m. ขนาดฐานราก 10 m. ($N_f$ = 4,$N_d$ =10 )

**อัตราการไหลซึมผ่าน**

$$q = kh\left(\frac{Nf}{Nd}\right)$$ = ($10^{-7}$/100) x 2.51 x (4/10) = 10.04x$10^{-10}$ $m^3$/s

= 0.000087 $m^3$/day = 0.087 Lites/day

**4.4.5 โครงการก่อสร้างเขื่อนป้องกันตลิ่งริมแม่น้ำน่าน ต.ในเมือง อ.เมือง จ.พิษณุโลก**

**ระดับชั้นดินทึบน้ำ** 12 m.

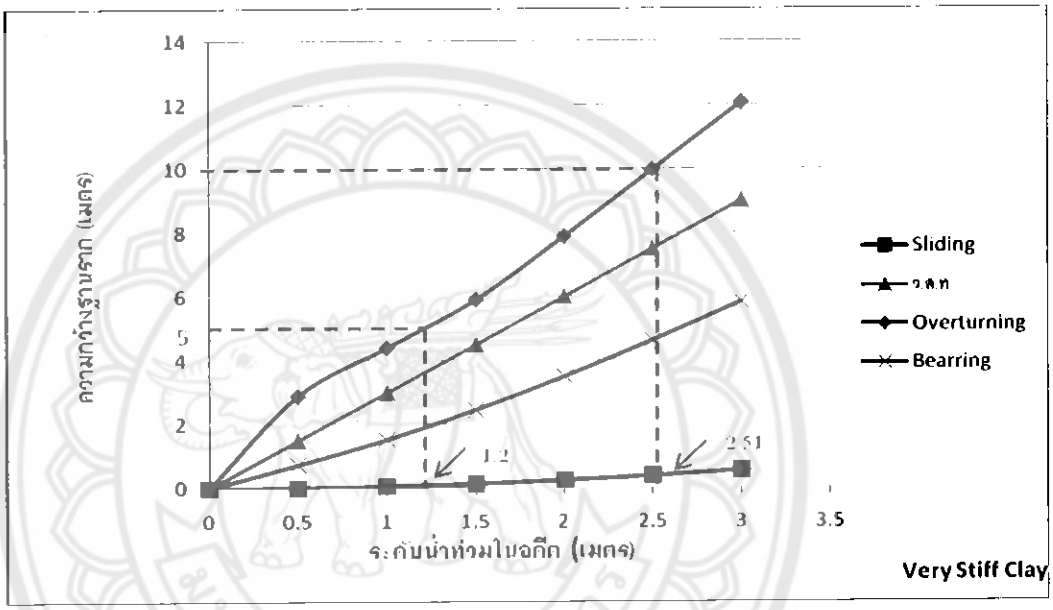
**กำหนดขนาดฐานคันดิน** 5 m.

กำหนดความลึกของชั้นดินที่ใช้ในการคำนวณ 2 เท่าของขนาดฐานราก

ค่า SPTเฉลี่ยที่10m. =[6(1)+8.5(1)+16.5(1)+13(1.5)+21(1.5)+31(1.5)+36(1.5)]/9.5

= 20 Blows/ft.

**ชนิดดิน** ดินเหนียว (K =$10^{-7}$ cm/s) ชนิด (Very Stiff Clay)




รูปที่ 4.15 กราฟเปรียบเทียบเสถียรภาพกับวสท. ของดินเหนียวชนิด Very Stiff Clay

ถ้าใช้ขนาดความกว้างคันดิน 5 m.

จะสามารถป้องกันระดับน้ำท่วมได้ 1.2 m. (Overturning)

ระดับชั้นทึบน้ำ 12 m. ขนาดฐานราก 5 m. ($N_f$ = 9,$N_d$ =12 )

**อัตราการไหลซึมผ่าน**

$$q = kh\left(\frac{Nf}{Nd}\right) = (10^{-7}/100) \times 1.2 \times (9/12) = 9.0\times10^{-10}\ m^3/s$$

$$= 0.000078\ m^3/day = 0.078\ Lite/day$$

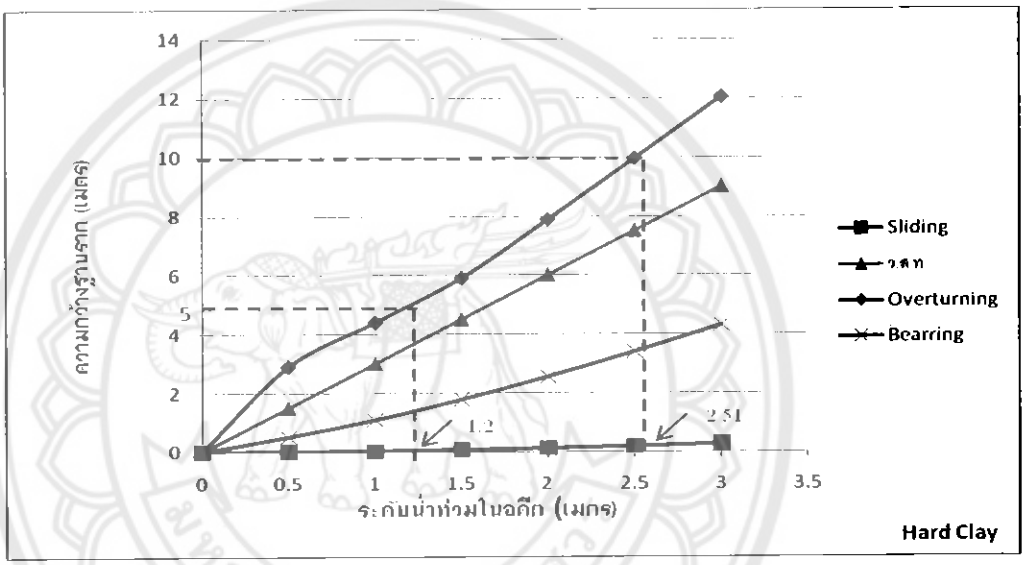
**ระดับชั้นดินทึบน้ำ** 12 m.

**กำหนดขนาดฐานคันดิน** 10 m.

กำหนดความลึกของชั้นดินที่ใช้ในการคำนวณ 2 เท่าของขนาดฐานราก

ค่า SPT เฉลี่ยที่ 20 m. = [46(1)+8.5(1)+16.5(1)+13(1.5)+21(1.5)+31(1.5)+36(1.5)
+38(1.5)+29(1.5)+34(1.5)+48(1.5)+63(1.5)+67(1.5)
+64(1.5)]/20
= 35 Blows/ft.

**ชนิดดิน** ดินเหนียว (K =$10^{-7}$ cm/s) ชนิด (Hard Clay)




รูปที่ 4.16 กราฟเปรียบเทียบเสถียรภาพกับบวสท. ของดินเหนียวชนิด Hard Clay

ถ้าใช้ขนาดความกว้างคันดิน 10 m.

จะสามารถป้องกันระดับน้ำท่วมได้ 2.51 m. (Overturning)

ระดับชั้นทึบน้ำ 12 m. ขนาดฐานราก 10 m. ($N_f$ = 8,$N_d$ =13 )

**อัตราการไหลซึมผ่าน**

$$q = kh(\frac{Nf}{Nd})$$ = ($10^{-7}$/100) x 2.51 x (8/13) = 15.45x$10^{-10}$ $m^3$/s

= 0.000133 $m^3$/day = 0.1333 Lites/day

**ตารางที่ 4.1** ตารางสรุปชนิดของดินในพื้นที่ทำการศึกษา

| โครงการ | ชนิดดิน |
|---|---|
| ต.ท่าทอง อ.เมือง | ดินเหนียว CL (Low Plastic Clay) , SM (Silty Sand) |
| ต.ในเมือง อ.เมือง | ดินเหนียว CL (Low Plastic Clay) , ML (Low Plastic Clayey Silt) |
| ม. 4 ต.ในเมือง อ.เมือง | ดินเหนียว CL (Low Plastic Clay) |
| ที่ทำการไฟฟ้า อ.เมือง | ดินเหนียว CL (Low Plastic Clay) |
| หน้าวัดพันปี อ.เมือง | ดินเหนียว CL (Low Plastic Clay) |
| อ.บางระกำ | ดินเหนียว CH (High Plastic Clay) |
| อ.พรหมพิราม | ดินทราย SM (Silty Sand) , CL(Low Plastic Clay) |
| อ.วัดโบสถ์ | ดินเหนียว CL(Low Plastic Clay) , ML (Low Plastic Clayey Silt) |

## 4.5 สรุปข้อมูลของพื้นที่ที่ศึกษา

จากการศึกษาบริเวณพื้นที่ที่ประสบปัญหาน้ำท่วมของจังหวัดพิษณุโลกทั้งหมด 4 อำเภอ จำนวน 8 โครงการพบว่าดินส่วนใหญ่เป็นดินเหนียว ดังตารางที่ 4.1 และพื้นที่ที่ทำการศึกษามีอัตราการซึมน้ำและระดับน้ำสูงสุดที่ป้องกันดังแสดงในรูปที่ 4.17

### 4.5.1 ดินเหนียว

#### 4.5.1.1 โครงการ ต.ท่าทอง อ.เมือง

ที่ขนาดฐานคันดิน 5 เมตร ระดับน้ำสูงสุดที่กั้นน้ำได้ 1.2 เมตร อัตราการซึมน้ำมากที่สุดอยู่ที่ 0.066 ลิตรต่อวัน ที่ขนาดฐานคันดิน 10 เมตร ระดับน้ำสูงสุดที่กั้นน้ำได้ 2.51 เมตร อัตราการซึมน้ำมากที่สุดอยู่ที่ 0.109 ลิตรต่อวัน

#### 4.5.1.2 โครงการ ต.ในเมือง อ.เมือง

ที่ขนาดฐานคันดิน 5 เมตร ระดับน้ำสูงสุดที่กั้นน้ำได้ 1.2 เมตร อัตราการซึมน้ำมากที่สุดอยู่ที่ 0.078 ลิตรต่อวัน ที่ขนาดฐานคันดิน 10 เมตร ระดับน้ำสูงสุดที่กั้นน้ำได้ 2.51 เมตร อัตราการซึมน้ำมากที่สุดอยู่ที่ 0.133 ลิตรต่อวัน

#### 4.5.1.3 โครงการ ม. 4 ต.ในเมือง อ.เมือง

ที่ขนาดฐานคันดิน 5 เมตร ระดับน้ำสูงสุดที่กั้นน้ำได้ 1.2 เมตร อัตราการซึมน้ำมากที่สุดอยู่ที่ 0.078 ลิตรต่อวัน ที่ขนาดฐานคันดิน 10 เมตร ระดับน้ำสูงสุดที่กั้นน้ำได้ 2.51 เมตร อัตราการซึมน้ำมากที่สุดอยู่ที่ 0.133 ลิตรต่อวัน

**4.5.1.4 โครงการ ที่ทำการไฟฟ้า อ.เมือง**

ที่ขนาดฐานคันดิน 5 เมตร ระดับน้ำสูงสุดที่กั้นน้ำได้ 1.2 เมตร อัตราการซึมน้ำมากที่สุดอยู่ที่ 0.058 ลิตรต่อวัน ที่ขนาดฐานคันดิน 10 เมตร ระดับน้ำสูงสุดที่กั้นน้ำได้ 2.51 เมตร อัตราการซึมน้ำมากที่สุดอยู่ที่ 0.087 ลิตรต่อวัน

**4.5.1.5 โครงการ หน้าวัดพันปี อ.เมือง**

ที่ขนาดฐานคันดิน 5 เมตร ระดับน้ำสูงสุดที่กั้นน้ำได้ 1.2 เมตร อัตราการซึมน้ำมากที่สุดอยู่ที่ 0.066 ลิตรต่อวัน ที่ขนาดฐานคันดิน 10 เมตร ระดับน้ำสูงสุดที่กั้นน้ำได้ 2.51 เมตร อัตราการซึมน้ำมากที่สุดอยู่ที่ 0.108 ลิตรต่อวัน

**4.5.1.6 โครงการ อ.บางระกำ**

ที่ขนาดฐานคันดิน 5 เมตร ระดับน้ำสูงสุดที่กั้นน้ำได้ 1.2 เมตร อัตราการซึมน้ำมากที่สุดอยู่ที่ 0.078 ลิตรต่อวัน ที่ขนาดฐานคันดิน 10 เมตร ระดับน้ำสูงสุดที่กั้นน้ำได้ 2.51 เมตร อัตราการซึมน้ำมากที่สุดอยู่ที่ 0.133 ลิตรต่อวัน

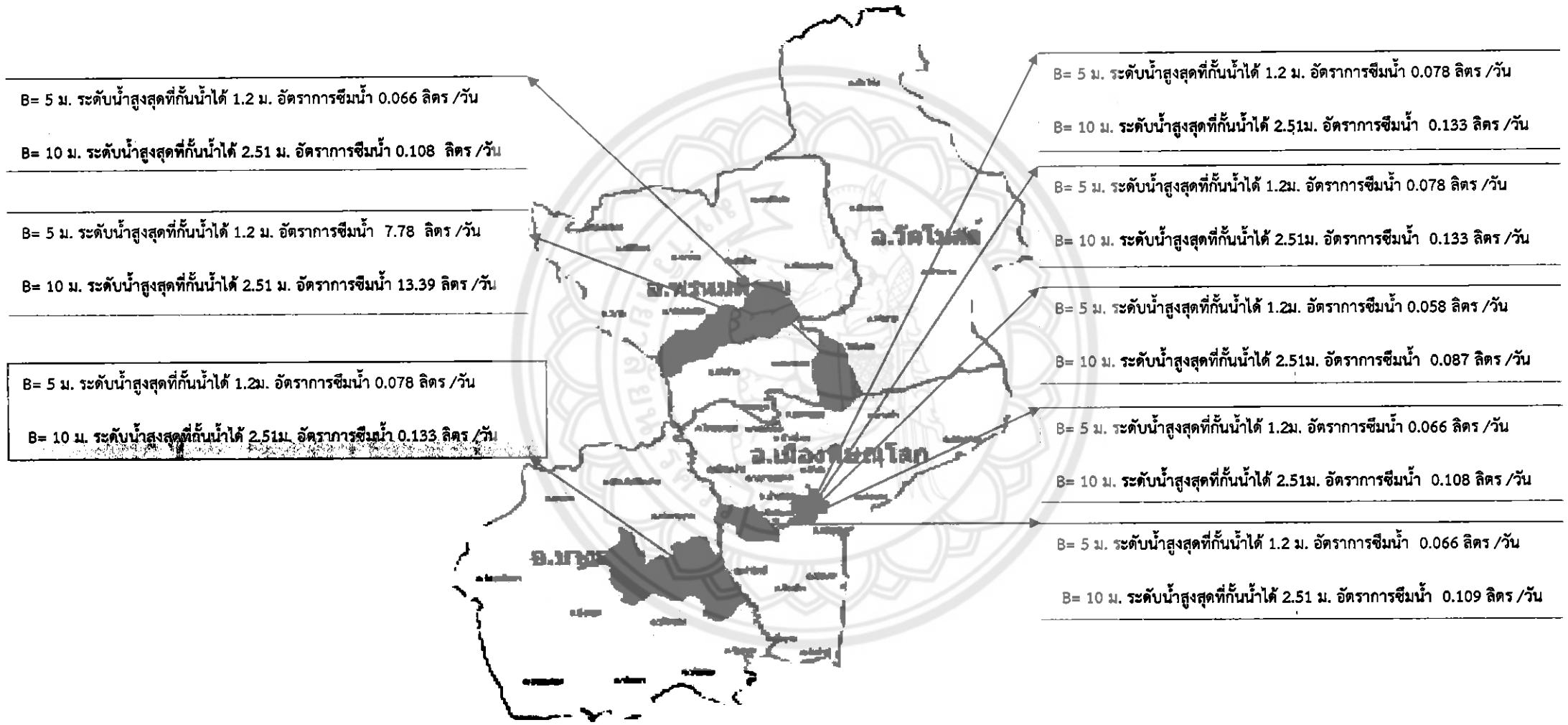
**4.5.1.7 โครงการ อ.วัดโบสถ์**

ที่ขนาดฐานคันดิน 5 เมตร ระดับน้ำสูงสุดที่กั้นน้ำได้ 1.2 เมตร อัตราการซึมน้ำมากที่สุดอยู่ที่ 0.066 ลิตรต่อวัน ที่ขนาดฐานคันดิน 10 เมตร ระดับน้ำสูงสุดที่กั้นน้ำได้ 2.51 เมตร อัตราการซึมน้ำมากที่สุดอยู่ที่ 0.108 ลิตรต่อวัน

**4.5.2 ดินทราย**

**4.5.2.1 โครงการ อ.พรหมพิราม**

ที่ขนาดฐานคันดิน 5 เมตร ระดับน้ำสูงสุดที่กั้นน้ำได้ 1.2 เมตร อัตราการซึมน้ำมากที่สุดอยู่ที่ 7.78 ลิตรต่อวัน ที่ขนาดฐานคันดิน 10 เมตร ระดับน้ำสูงสุดที่กั้นน้ำได้ 2.51 เมตร อัตราการซึมน้ำมากที่สุดอยู่ที่ 13.39 ลิตรต่อวัน




รูปที่ 4.17 รูปแสดงอัตราการไหลซึมผ่านของน้ำใต้ดินของพื้นที่ศึกษา

## 4.6 การเปรียบเทียบคู่มือของทางวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทยกับการออกแบบด้วยตัวโครงงาน

**ตารางที่ 4.2** ตารางผลการเปรียบเทียบระหว่างคู่มือของทางวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทยกับการออกแบบด้วยตัวโครงงานของดินทราย

| ชนิดของดินทราย | คู่มือ วสท. | โครงงานที่ทำ |
|---|---|---|
| Very Loose Sand | | ✓ |
| Loose Sand | | ✓ |
| Medium Sand | | ✓ |
| Dense Sand | | ✓ |
| Very Dense Sand | | ✓ |

**4.6.1 ดินทราย** ผลการเปรียบเทียบจาก ภาคผนวก ข รูปที่ 1 ถึงรูปที่ 5 พบว่า

ดินทรายชนิด Very Loose Sand , Loose Sand , Medium Dense Sand , Dense Sand และ Very Dense Sand การออกแบบที่แนะนำโดยวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย ระบบป้องกันน้ำท่วมมีเสถียรภาพไม่เพียงพอต่อการป้องกันการพลิกคว่ำ ( Overturning ) และการป้องกันการเลื่อนไถล ( Sliding )

**ตารางที่** 4.3 ตารางผลการเปรียบเทียบระหว่างคู่มือของทางวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทยกับการออกแบบด้วยตัวโครงงานของดินเหนียว

| ชนิดของดินเหนียว | คู่มือ วสท. | โครงงานที่ทำ |
|---|---|---|
| Very Soft Clay | | ✓ |
| Soft Clay | | ✓ |
| Medium Clay | | ✓ |
| Stiff Clay | | ✓ |
| Very Stiff Clay | | ✓ |
| Hard Clay | | ✓ |

**4.6.2 ดินเหนียว** ผลการเปรียบเทียบจาก ภาคผนวก ข รูปที่ 6 ถึงรูปที่ 11 พบว่า

ดินเหนียวชนิด Very Soft Clay , Soft Clay , Medium Clay การออกแบบที่แนะนำโดยวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย ระบบป้องกันน้ำท่วมมีเสถียรภาพไม่เพียงพอต่อการป้องกันการพลิกคว่ำ ( Overturning ) และการรับน้ำหนักแบกทานของดินใต้คันดิน ( Bearing Capacity )

ดินเหนียวชนิด Stiff Clay , Very Stiff Clay , Hard Clay การออกแบบที่แนะนำโดยวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย ระบบป้องกันน้ำท่วมมีเสถียรภาพไม่เพียงพอต่อการป้องกันการพลิกคว่ำ ( Overturning )

จากการออกแบบระบบป้องกันน้ำท่วมที่แนะนำโดยวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย (วสท.)มีเสถียรภาพดังที่กล่าวมาไม่เพียงพอ ดังนั้นผู้ศึกษาได้นำการออกแบบในตัวโครงงานที่ผู้ศึกษาได้ออกแบบไว้ประกอบกับการศึกษาเรื่องการไหลซึมผ่านของน้ำใต้ดิน (Seepage) มาจัดทำคู่มือออกแบบอย่างง่ายสำหรับประชาชน และมีการเปรียบเทียบระหว่างคู่มือของทางวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทยกับการออกแบบด้วยตัวโครงงานดังผลการเปรียบเทียบที่แสดงไว้ในตารางที่ 4.2 และ 4.3

# บทที่ 5
# บทสรุปและข้อเสนอแนะ

## 5.1 สรุปผลการดำเนินการ

จากการดำเนินงานคณะผู้จัดทำได้ทำการเปรียบเทียบระบบป้องกันน้ำท่วมที่แนะนำโดยวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย(วสท.) กับเสถียรภาพทางด้านวิศวกรรมปฐพีกลศาสตร์ และได้จัดทำคู่มือการออกแบบอย่างง่ายสำหรบประชาชน โดยสามารถสรุปผลการดำเนินงานได้ดังนี้

5.1.1 จากการเปรียบเทียบระบบป้องกันน้ำท่วม ผู้ทำการศึกษาได้แบ่งชนิดของดินที่เป็นส่วนรองรับฐานรากของคันดินป้องกันน้ำท่วมออกเป็น 2 ประเภท ได้แก่

5.1.1.1 ดินเหนียว ผลการเปรียบเทียบ พบว่า

ดินเหนียวชนิด Very Soft Clay , Soft Clay , Medium Clay พบว่าการออกแบบคันดินป้องกันน้ำท่วมที่แนะนำโดยวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย (วสท.) มีเสถียรภาพไม่เพียงพอต่อการป้องกันการพลิกคว่ำ ( Overturning ) และการรับน้ำหนักแบกทานของดินใต้คันดิน ( Bearing Capacity )

ดินเหนียวชนิด Stiff Clay , Very Stiff Clay , Hard Clay พบว่าการออกแบบคันดินป้องกันน้ำท่วมที่แนะนำโดยวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย (วสท.) มีเสถียรภาพไม่เพียงพอต่อการป้องกันการพลิกคว่ำ ( Overturning )

5.1.1.2 ดินทราย ผลการเปรียบเทียบ พบว่า

ดินทรายชนิด Very Loose Sand , Loose Sand , Medium Dense Sand , Dense Sand และ Very Dense Sand พบว่าการออกแบบคันดินป้องกันน้ำท่วมที่แนะนำโดยวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย (วสท.) มีเสถียรภาพไม่เพียงพอต่อการป้องกันการพลิกคว่ำ (Overturning ) และการป้องกันการเลื่อนไถล ( Sliding )

จากการเปรียบเทียบผู้จัดทำได้นำการออกแบบในตัวโครงงานที่ผู้ทำการศึกษาได้ออกแบบไว้มาจัดทำคู่มือออกแบบอย่างง่ายสำหรับประชาชน โดยผู้ทำการศึกษาได้นำเรื่องการไหลซึมผ่านของน้ำใต้ดิน ( Seepage ) และวิธีการก่อสร้างบดทับคันดินตามมาตรฐานกรมทางเพิ่มเติมเข้ามาด้วย

### 5.1.2 การไหลซึมผ่านของน้ำใต้ดิน ( Seepage )

ผู้ศึกษาได้ทำการวาดตาข่ายการไหล ( Flow Net ) ได้ผลดังตาราง

**ตารางที่ 5.1 ตารางค่า $N_f$ และ $N_d$ ของฐานรากคันดิน**

| ขนาดฐานคันดิน / ชั้นทึบน้ำ | B = 5 m. | | B = 10 m. | |
|---|---|---|---|---|
| 5 m. | $N_f$= 5 | $N_d$= 9 | $N_f$= 4 | $N_d$= 10 |
| 10 m. | $N_f$= 7 | $N_d$= 11 | $N_f$= 6 | $N_d$= 12 |
| 15 m. | $N_f$= 9 | $N_d$= 12 | $N_f$= 8 | $N_d$= 13 |
| 20 m. | $N_f$= 10 | $N_d$= 13 | $N_f$= 9 | $N_d$= 14 |

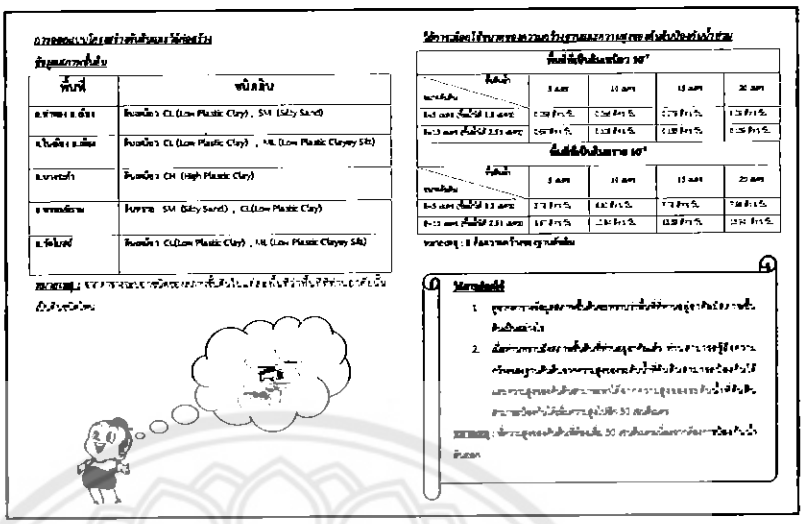
หมายเหตุ : B คือ ความกว้างฐานรากคันดิน

5.1.2.1 จากข้อมูลกรณีศึกษาผู้ศึกษาได้ศึกษาพื้นที่ภายในจังหวัดพิษณุโลก ได้แก่ อำเภอเมือง อำเภอพรหมพิราม อำเภอวัดโบสถ์ และอำเภอบางระกำ โดยสามารถสรุปผลอัตราการไหลซึมผ่านของน้ำใต้ดินได้ดังนี้

หมายเหตุ : B คือ ขนาดความกว้างของฐานราก มีหน่วยเป็นเมตร

รูปที่ 5.1 รูปแสดงอัตราการไหลซึมผ่านของน้ำใต้ดินของพื้นที่ศึกษา

### 5.1.3 คู่มือการออกแบบฉบับประชาชน



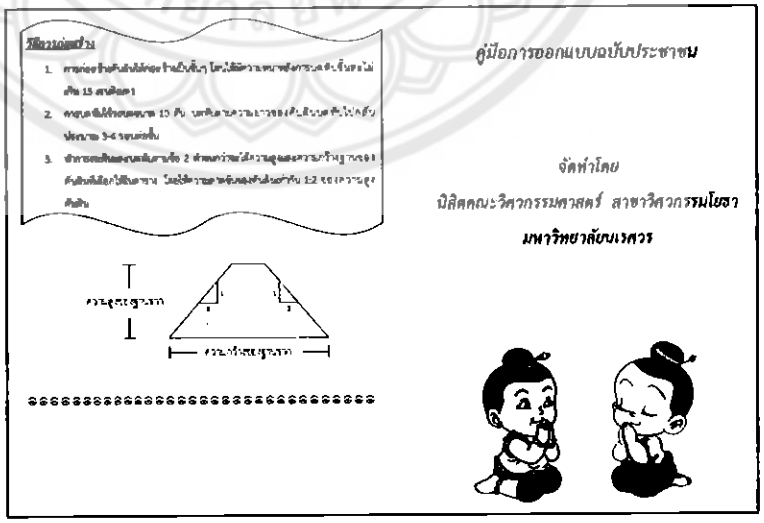
รูปที่ 5.2 รูปแสดงคู่มือการออกแบบฉบับประชาชน

**หน้าแรก**

จะเป็นส่วนทีอธิบายถึงข้อมูลสภาพชันดินที่ประชาชนอยู่อาศัย ยก**ตัวอย่างเช่น อาศัยอยู่**อำเภอวัดโบสถ์ สภาพชั้นดินจะเป็นดินเหนียว

**หน้าสอง**

จะเป็นส่วนที่อธิบายการเลือกใช้ขนาดความกว้างฐานและความสูง**ของคันดินป้องกันน้ำ**ท่วม ยกตัวอย่างเช่น รู้ว่าชั้นดินที่อยู่อาศัยเป็นดินเหนียว เลือกใช้ตารางส่วนพื้น**ที่ที่เป็นดินเหนียว ถ้า**ต้องการให้คันดินกั้นน้ำได้ 2.5 เมตร ควรใช้ความกว้างของฐานและความสูงของ**คันดินป้องกันน้ำท่วม**เท่ากับ 10 เมตร และ 2.8 เมตร เป็นต้น




รูปที่ 5.3 รูปแสดงคู่มือการออกแบบฉบับประชาชน

**หน้าสาม**

จะเป็นส่วนที่อธิบายวิธีการก่อสร้างให้ถูกหลักวิศวกรรม

ผลสรุปจากการจัดทำคู่มือการออกแบบอย่างง่ายจะช่วยให้ประชาชนในพื้นที่ศึกษาสามารถทำการก่อสร้างคันดินที่ป้องกันน้ำท่วมถูกต้องตามหลักวิศวกรรมและประหยัดงบประมาณในส่วนของวัสดุและการออกแบบ เนื่องจากวัสดุนั้นเป็นดินที่สามารถหาได้ในพื้นที่และค่าสิ้นเปลืองค่าใช้จ่าย ทั้งนี้โครงสร้างระบบป้องกันน้ำท่วมเป็นเพียงโครงสร้างชั่วคราวสำหรับป้องกันปัญหาน้ำท่วมระยะสั้น เพราะฉะนั้นไม่ควรใช้การออกแบบนี้เพื่อเป็นโครงสร้างถาวร ถ้าต้องการสร้างเป็นโครงสร้างถาวรควรพิจารณาออกแบบให้รอบคอบและมีการศึกษาเพิ่มเติมมากกว่านี้

## 5.2 ข้อจำกัดของโครงงานและข้อเสนอแนะ

### 5.2.1 ข้อจำกัดของโครงงาน

5.2.1.1 ข้อมูลเจาะสำรวจดิน เนื่องจากข้อมูลเจาะสำรวจดินบางส่วนรายละเอียดไม่ครบตามที่ต้องการจะนำมาออกแบบ ทำให้ต้องเปลี่ยนข้อมูลอาจไม่ตรงตามเขตที่ผู้ศึกษาต้องการ โดยในการออกแบบคันดินป้องกันน้ำท่วมให้มีความปลอดภัยเพียงพอและประหยัด การใช้ข้อมูลเจาะสำรวจในพื้นที่จริงเป็นสิ่งสำคัญ

5.2.1.2 การหาชั้นทึบน้ำ เนื่องจากการหาชั้นทึบน้ำต้องอาศัยข้อมูลทางวิชาการมาเพื่อใช้ประมาณชั้นทึบน้ำ จึงทำให้ข้อมูลอาจจะไม่ตรงตามความเป็นจริง

5.2.1.3 คุณสมบัติดินที่นำไปใช้ในการวิเคราะห์ศึกษาโครงงานนี้เป็นเพียงข้อมูลที่ได้จากการรวบรวมข้อมูลจากเอกสารอ้างอิงต่างๆ เท่านั้น ผู้ที่นำผลของการศึกษานี้ไปใช้ควรใช้ด้วยความระมัดระวัง

### 5.2.2 ข้อเสนอแนะสำหรับงานในอนาคต

5.2.2.1 จัดทำแผนที่ระบบป้องกันน้ำท่วม โดยใช้ดินจากข้อมูลการเจาะสำรวจของกรมโยธาธิการประกอบกับข้อมูลการเปรียบเทียบของโครงงาน

5.2.2.2 คุณสมบัติต่างๆที่นำมาใช้ออกแบบควรมีการออกแบบการเจาะสำรวจหรือศึกษาเพื่อให้ได้ข้อมูลคุณสมบัติของดินจริงมาใช้ในการออกแบบ

# เอกสารอ้างอิง


ผศ. ร.ต.หญิง วรรณี ศุขสาตร. (2553). **วิศวกรรมฐานราก พิมพ์ครั้งที่ 9.** กรุงเทพมหานคร : มหาวิทยาลัย รังสิต.

วรากร ไม้เรียง. (2525). **ปฐพีกลศาสตร์ ทฤษฎีและปฏิบัติการ.** กรุงเทพมหานคร : มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ศาสตราจารย์ ดร. วินิต ช่อวิเชียร.(2552). **วิศวกรรมปฐพี ปฐพีกลศาสตร์ พิมพ์ครั้งที่ 8.** กรุงเทพมหานคร : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

Braja M. Das (2007). **Principles of Geotechnical Engineering. (6$^{th}$ED).** California : California State University.

Braja M. Das (2007). **Principles of Foundation Engineering. (6$^{th}$ED).** California : California State University.

รองศาสตราจารย์ ดร. อมร พิมานมาศ. (2554). **10 ข้อแนะนำการก่อสร้างคันดินกั้นน้ำให้ถูกต้องตามมาตรฐาน.**Retrieved 2555, from http://www.eit.or.th/q_download/14102111Sandbagging/standard%20dyke.pdf

รองศาสตราจารย์ ดร. อมร พิมานมาศ. (2554). **การใช้ถุงทรายเพื่อป้องกันน้ำท่วม.** Retrieved 2555, from http://eit.or.th/q_download/14102111Sandbagging/Sandbagging.pdf

นายวิจิตร แป้นโสม นายสุกรรณ สายสมบูรณ์. (กันยายน 2549 ). **คู่มือการออกแบบเขื่อนป้องกันตลิ่ง.** คณะทำงานจัดการความรู้ฯ กรมโยธาธิการและผังเมือง.

กรมโยธาธิการและผังเมือง. (2555). **ข้อมูลหลุมเจาะสำรวจชั้นดิน.** Retrieved 2555, from http://services.dpt.go.th/service_4/other/soil2551/

กรมทางหลวงชนบท กระทรวงคมนาคม. (2545). **การบดอัดดิน Compaction.** Retrieved 2555, from http://www.drrayong.com/itd3/Data/07-47-54.pdf

# ประวัติผู้ดำเนินโครงงาน

ชื่อ นายก่อพงศ์ คงปรีดา
ภูมิลำเนา 767/2 ต.อรัญญิก อ.เมืองพิษณุโลก จ.พิษณุโลก 65000
ประวัติการศึกษา

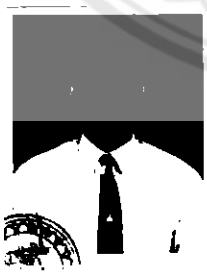
- จบระดับมัธยมศึกษาจากโรงเรียนจ่านกร้อง
- ปัจจุบันกำลังศึกษาในระดับปริญญาตรีชั้นปีที่ 4

สาขาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยนเรศวร
E-mail: seven_artist_clash@hotmail.com

ชื่อ นางสาวชัชวดี ใจวงศ์
ภูมิลำเนา 14 ม.5 ต.งิ้วงาม อ.เมือง จ.อุตรดิตถ์ 53000
ประวัติการศึกษา

- จบระดับมัธยมศึกษาจากโรงเรียนอุตรดิตถ์ดรุณี
- ปัจจุบันกำลังศึกษาในระดับปริญญาตรีชั้นปีที่ 4

สาขาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยนเรศวร
E-mail: fight_eng@hotmail.com



ชื่อ นายรัชเวทย์ รัตนสงคราม
ภูมิลำเนา 82/7 ม.2 ต.คลองคะเชนทร์ อ.เมือง จ.พิจิตร 66000
ประวัติการศึกษา

- จบระดับมัธยมศึกษาจากโรงเรียนจุฬาภรณราชวิทยาลัย พิษณุโลก
- ปัจจุบันกำลังศึกษาในระดับปริญญาตรีชั้นปีที่ 4

สาขาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยนเรศวร
E-mail: ryu_doak_5@hotmail.com

# ภาคผนวก

# ภาคผนวก ก

ตาข่ายการไหลของน้ำ ( Flow net )

( ข้อมูลเป็นไฟล์ PDF อยู่ในแผ่น CD )

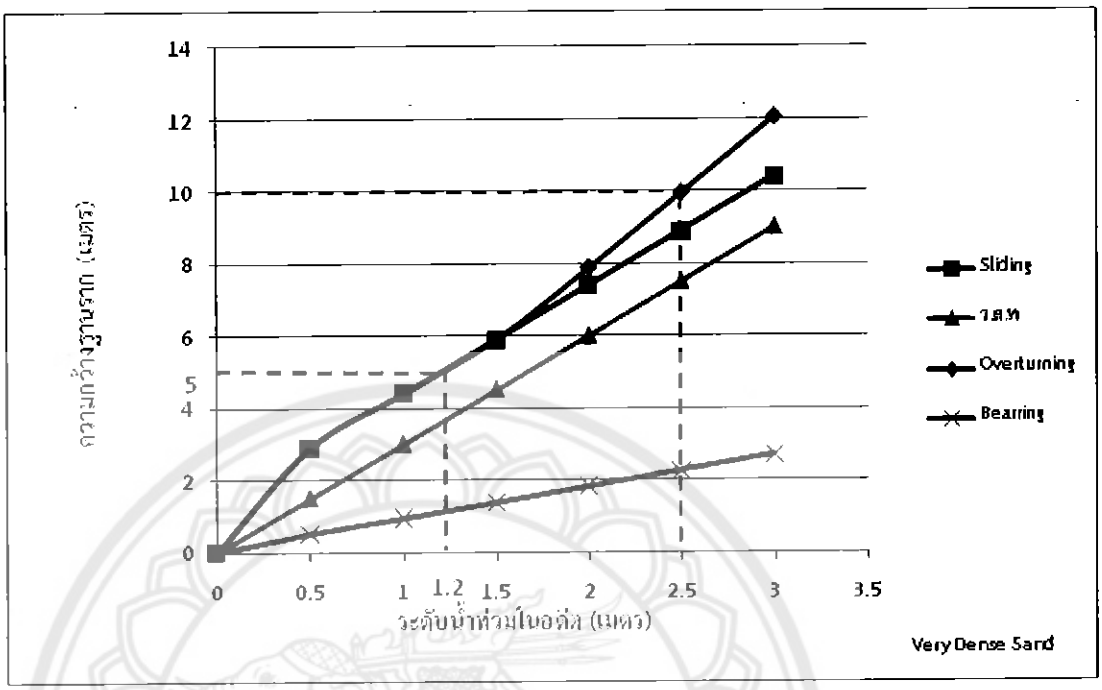
## ภาคผนวก ก (ต่อ )

การเขียนตาข่ายการไหลของน้ำ ( Flow net )

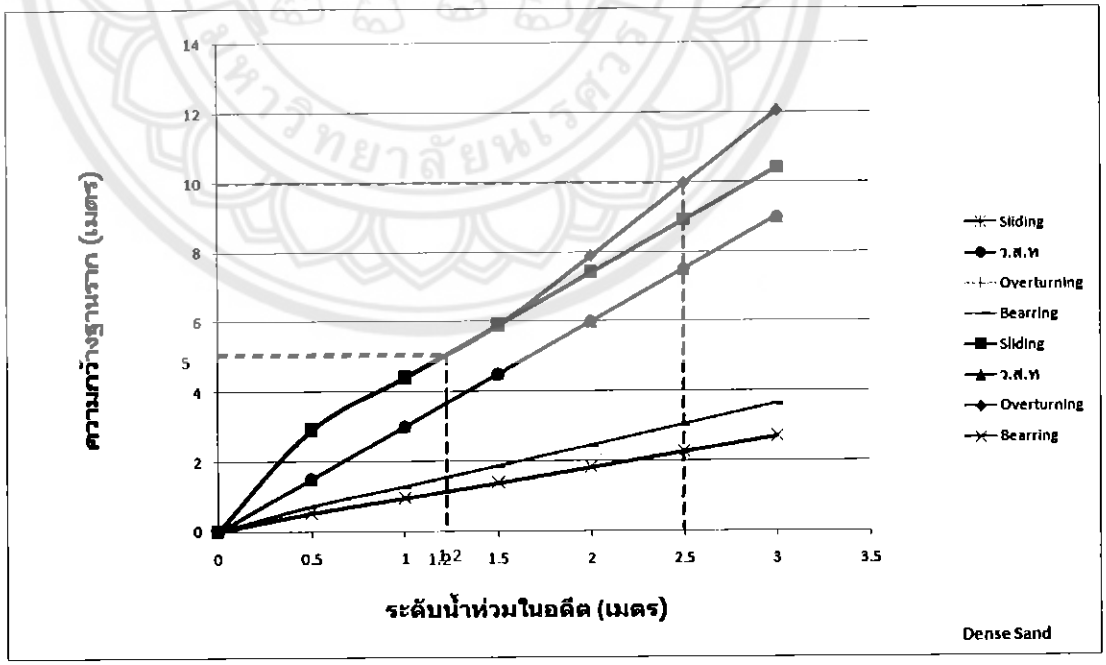
( ข้อมูลเป็นไฟล์ PDF อยู่ในแผ่น CD )

# ภาคผนวก ข

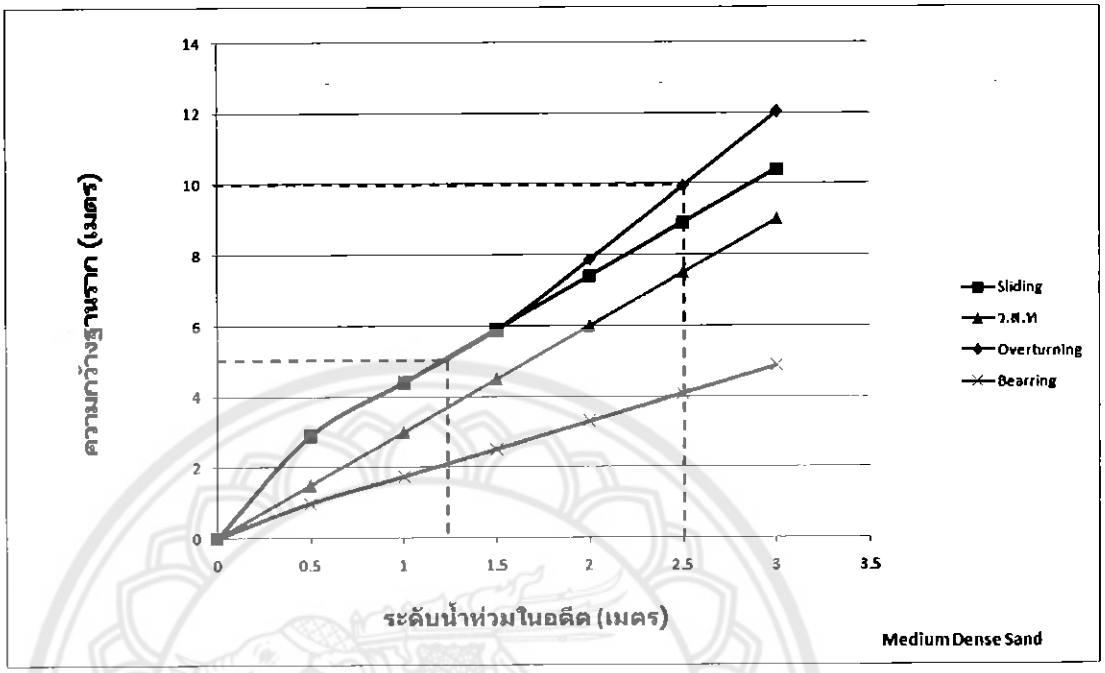
ข้อมูลกราฟเปรียบเทียบเสถียรภาพกับคู่มือ วสท.



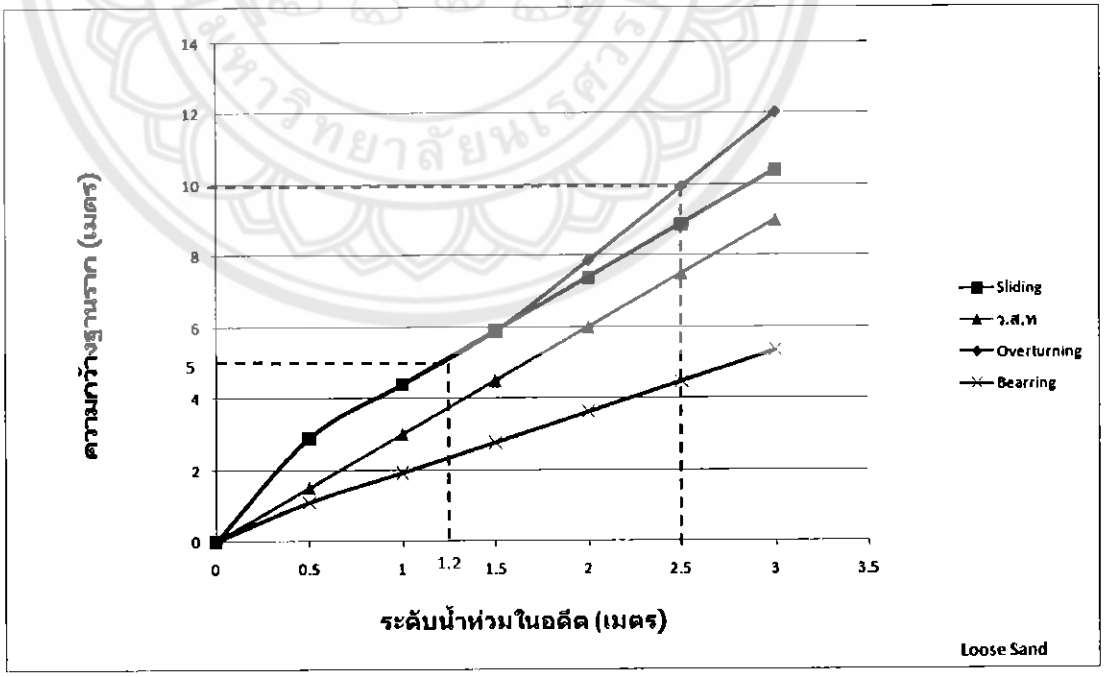

ภาคผนวก ข รูปที่ 1 กราฟเปรียบเทียบเสถียรภาพกับวสท. ของดินทรายชนิด Very Dense Sand



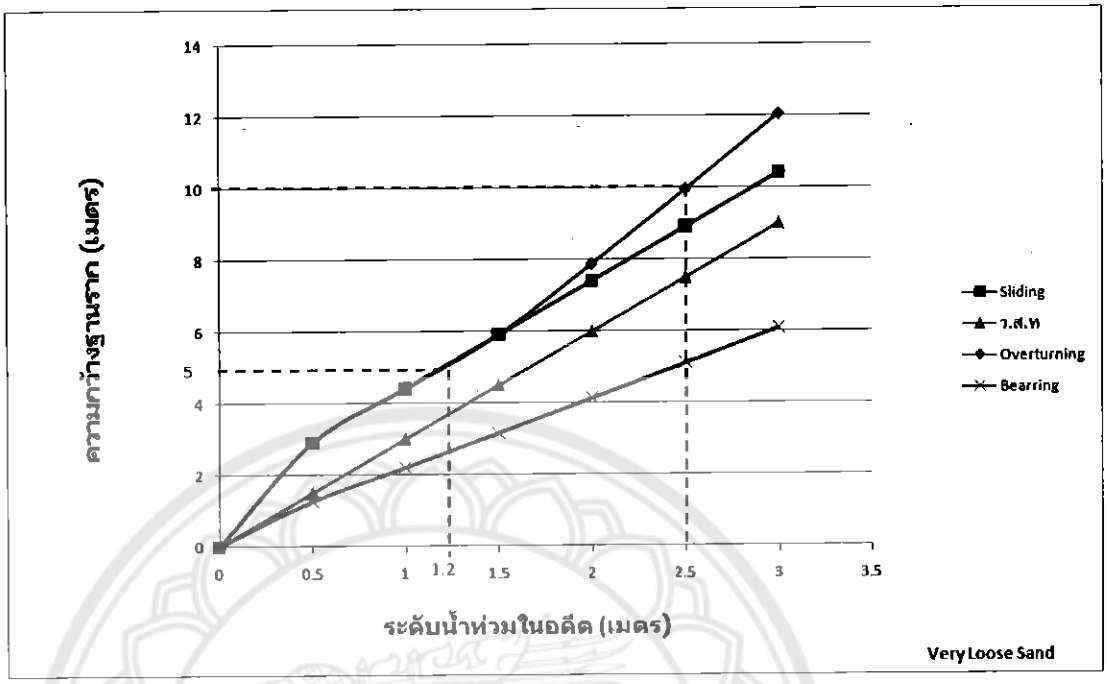

ภาคผนวก ข รูปที่ 2 กราฟเปรียบเทียบเสถียรภาพกับวสท. ของดินทรายชนิด Dense Sand



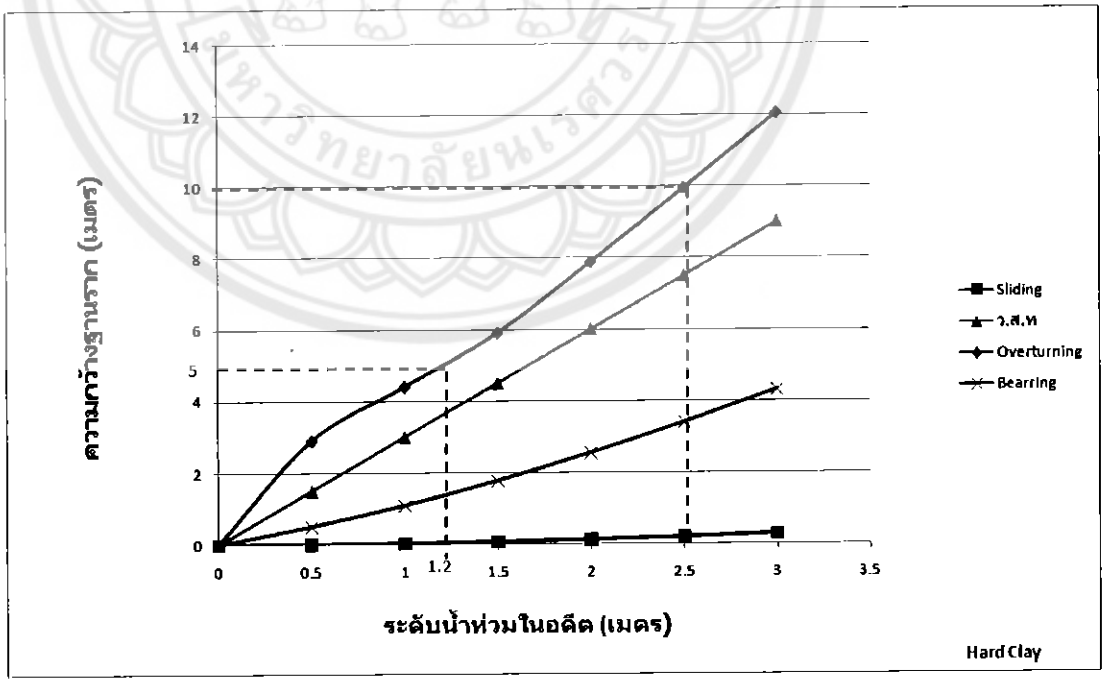

ภาคผนวก ข รูปที่ 3 กราฟเปรียบเทียบเสถียรภาพกับบวสท. ของดินทรายชนิด Medium Dense Sand



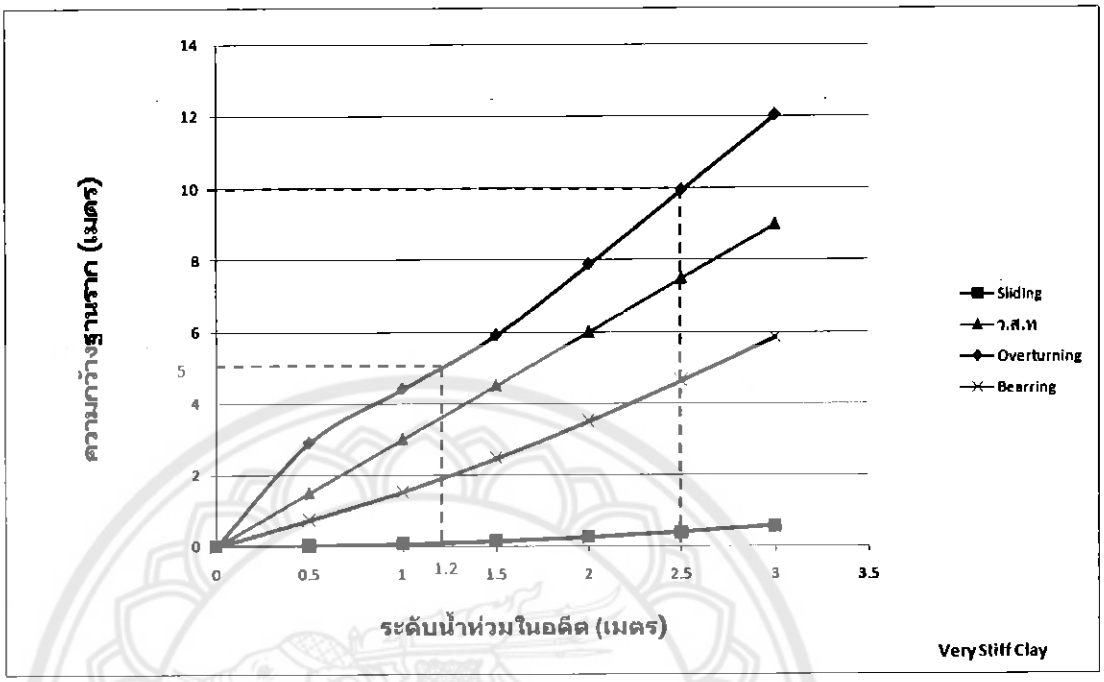

ภาคผนวก ข รูปที่ 4 กราฟเปรียบเทียบเสถียรภาพกับบวสท. ของดินทรายชนิด Loose Sand



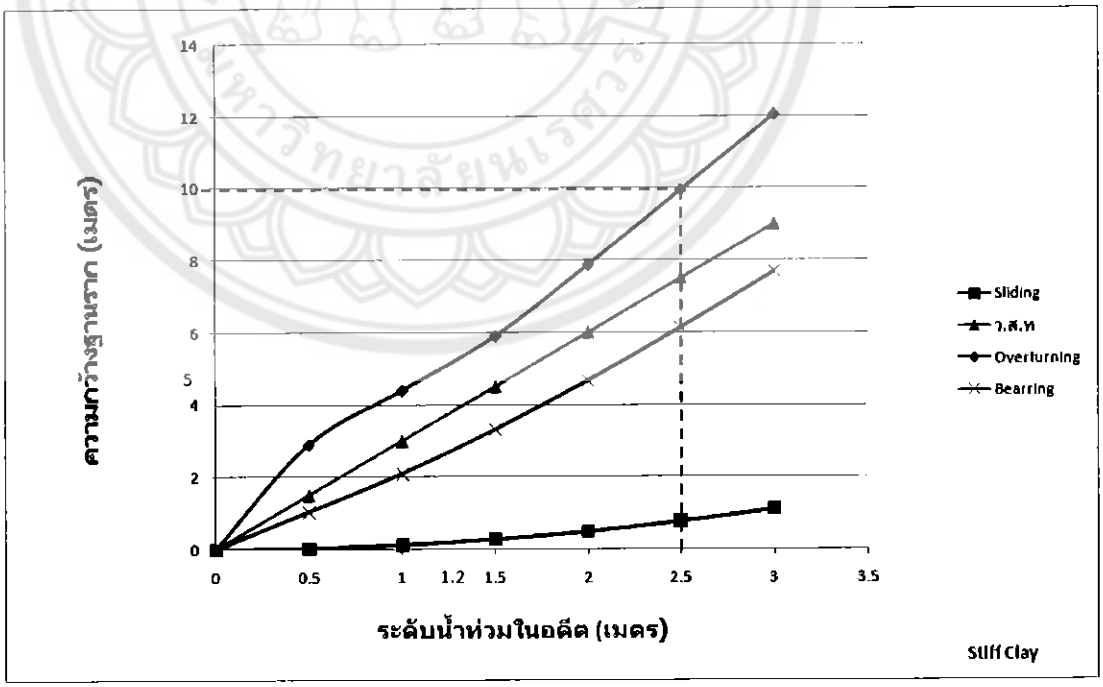

ภาคผนวก ข รูปที่ 5 กราฟเปรียบเทียบเสถียรภาพกับวสท. ของดินทรายชนิด Very Loose Sand



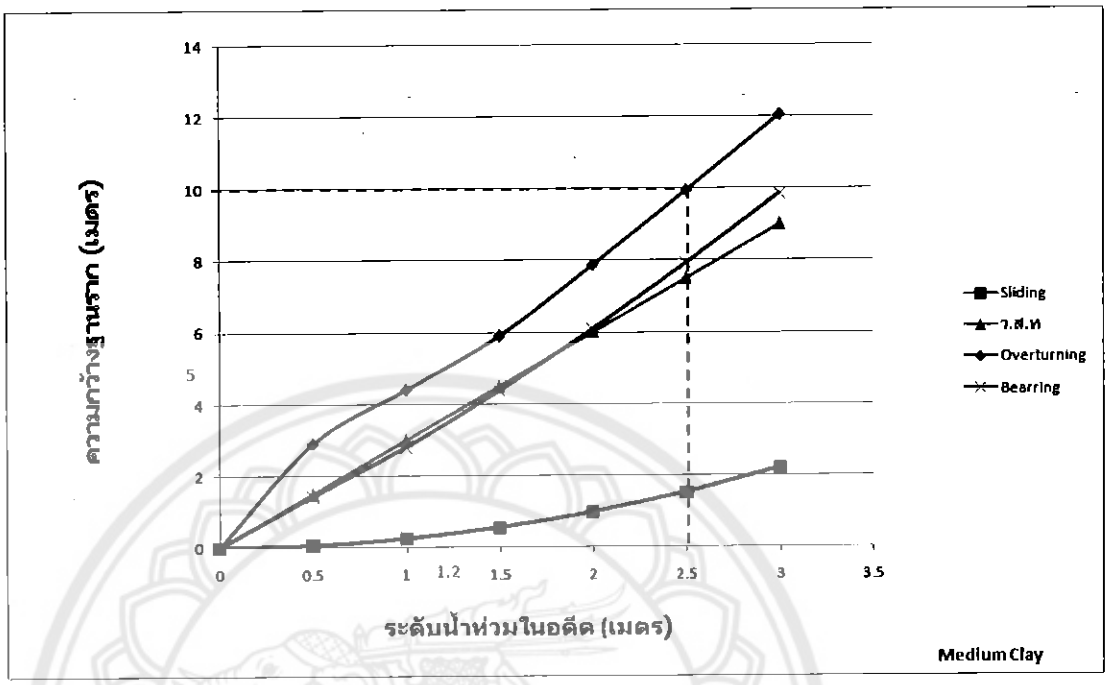

ภาคผนวก ข รูปที่ 6 กราฟเปรียบเทียบเสถียรภาพกับวสท. ของดินเหนียวชนิด Hard Clay



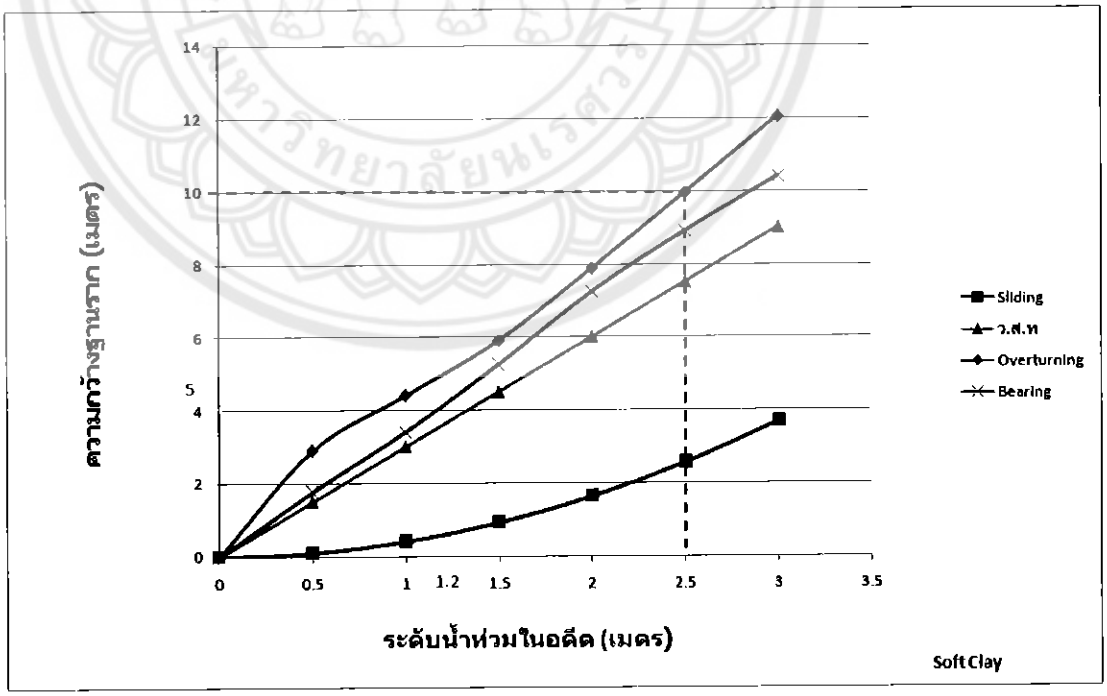

ภาคผนวก ข รูปที่ 7 กราฟเปรียบเทียบเสถียรภาพกับวสท. ของดินเหนียวชนิด Very Stiff Clay



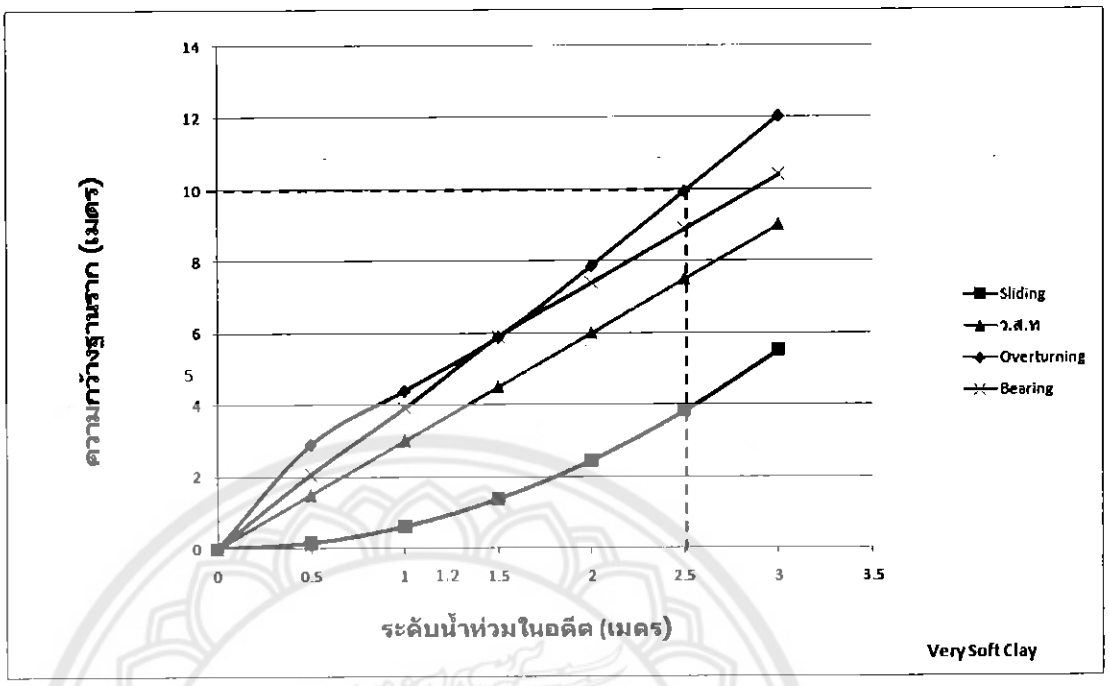

ภาคผนวก ข รูปที่ 8 กราฟเปรียบเทียบเสถียรภาพกับวสท. ของดินเหนียวชนิด Stiff Clay




ภาคผนวก ข รูปที่ 9 กราฟเปรียบเทียบเสถียรภาพกับวสท. ของดินเหนียวชนิด Medium Clay




ภาคผนวก ข รูปที่ 10 กราฟเปรียบเทียบเสถียรภาพกับวสท. ของดินเหนียวชนิด Soft Clay




ภาคผนวก ข รูปที่ 11 กราฟเปรียบเทียบเสถียรภาพกับบวสท. ของดินเหนียวชนิด Very Soft Clay

# ภาคผนวก ค

ข้อมูลเจาะสำรวจดิน Boring log

( ข้อมูลเป็นไฟล์รูปภาพและไฟล์ PDF อยู่ในแผ่น CD )

# ภาคผนวก ค (ต่อ )

ข้อมูลเจาะสำรวจดิน Boring log

( ข้อมูลเป็นไฟล์รูปภาพและไฟล์ PDF อยู่ในแผ่น CD )

# ภาคผนวก ค (ต่อ )

ข้อมูลเจาะสำรวจดิน Boring log

( ข้อมูลเป็นไฟล์รูปภาพและไฟล์ PDF อยู่ในแผ่น CD )