บทที่ 5
สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

5.1 ลักษณะของดินบริเวณที่ทำการวิจัย

จากการเจาะสำรวจ พบว่าดินบริเวณปากแม่น้ำตากใบมีชั้นบนเป็น ดินเหนียวอ่อน มีความหนาของชั้นดินประมาณ 4.00 - 5.00 ม. ส่วนที่ระดับลึกลงไปจะมีลักษณะของดินเหนียวปนทราย ซึ่งมีกำลังรับแรงเฉือนสูงขึ้น

5.1.1 กำลังรับแรงเฉือนของดินเหนียวอ่อนชั้นบน

จากผลการวิจัยพบว่ากำลังรับแรงเฉือนของดินเหนียวอ่อนชั้นบนนี้สามารถแบ่งชั้นดินออกได้เป็น 2 ชั้นคือ

ดินเหนียวอ่อนชั้นที่ 1 มีความหนา 1.50 ม. มีกำลังรับแรงเฉือนแบบอันเดรนประมาณ 1.40 ตัน/ม^2

ดินเหนียวอ่อนชั้นที่ 2 มีความหนาประมาณ 2.50 ม. มีกำลังรับแรงเฉือนแบบอันเดรนประมาณ 1.88 ตัน/ม^2

ดินเหนียวอ่อนชั้นบนนี้มีความไวสูงมากประมาณ 5-13 ฉนั้นการหากำลังรับแรงเฉือนของดินในสนามโดยการทดสอบ Vane Shear จะให้ค่าที่น่าเชื่อถือพอสมควร

5.1.2 กำลังรับแรงเฉือนจากการทดสอบ UU

จะให้ค่าต่ำกว่าค่าแรงเฉือนแบบอันเดรนจากการทดสอบ Vane shear ประมาณ 30% นอกจากนี้พบว่ากำลังรับแรงเฉือนจากการทดสอบ CKoU-TC จะให้ค่าใกล้เคียงกับค่าจากการทดสอบ Vane Shear ด้วย

5.2 เสถียรภาพของกำแพงกันคลื่นแบบหินทิ้ง (Stability of Rubble Mounded

Breakwater Structure)

จากการตรวจสอบเสถียรภาพของ Breakwater Structure จะทำการก่อสร้างบริเวณปากแม่น้ำตากใบ ด้วยวิธีการวิเคราะห์ทั้ง 3 วิธี ดังกล่าวแล้วใน บทที่ 4 พบว่ากรณีที่มีความลาดเอียงด้านข้าง 1:1.5 จะให้ค่าอัตราส่วนความปลอดภัยที่ต่ำกว่ากรณีที่มีความลาดเอียงด้านข้าง 1:2 และสามารถ สรุปรายละเอียดได้ดังนี้

5.2.1 การวิเคราะห์เสถียรภาพของ Breakwater Structure ที่สร้างอยู่บนชั้นดินอ่อนบาง ๆ ตามปกติมักพบว่าการวิเคราะห์ด้วยวิธี Wedge จะได้ค่าอัตราส่วนความปลอดภัยต่ำกว่าการวิเคราะห์ด้วยวิธี Fellenius และ Bishop ทั้งนี้เนื่องจากเป็นผลจากการที่ ดินพื้นฐานมีลักษณะแบ่งกันเป็นชั้น ๆ (Layer) โดยการพิบัติของโครงสร้างจะมีแนวโน้มที่จะเกิดการพิบัติโดยมีระนาบของการพิบัติผ่านในดินที่มีกำลังรับแรงเฉือนที่ต่ำ ฉนั้นในการวิเคราะห์เสถียรภาพที่กำหนดระนาบของการพิบัติเป็นส่วนโค้งของวงกลมจากวิธี Fellenius และ Bishop ซึ่งระนาบของการพิบัตินี้จะต้องผ่านลงไปในชั้นดินข้างล่างที่กำลังรับแรงเฉือนสูงกว่าจึงให้ค่าอัตราส่วนความปลอดภัยที่สูงกว่า แต่ในกรณีที่ทำการวิจัยนี้พบว่าค่ากำลังของดินเหนียวอ่อนชั้นที่ 1 และ 2 ไม่ต่างกันมากนัก จึงทำให้ค่าอัตราส่วนความปลอดภัยจากวิธี WEDGE มีค่าสูงกว่าวิธี FELLENIUS และ BISHOP

5,2,2 จากผลการวิเคราะห์คาดว่าหากจะทำการก่อสร้างกำแพงกันคลื่นแบบหินทิ้งในบริเวณนี้ตามแบบที่ทำการวิเคราะห์แล้วนั้นอาจจะเกิดการพิบัติของโครงสร้าง ซึ่งการพิบัตินั้นมีแนวโน้มที่จะเกิดการพิบัติแบบระนาบที่ไม่เป็นส่วนโค้งของวงกลมดังผลที่ได้กล่าวไว้ในหัวข้อ 5,2,1 เนื่องจากผลการวิเคราะห์ที่ได้พบว่าให้ค่าอัตราส่วนความปลอดภัยที่ต่ำมากถึงแม้ในกรณีที่มีระดับน้ำด้านหน้าสูงขึ้นก็ตาม ก็ยังพบว่าค่าอัตราส่วนความปลอดภัยยังมีค่าที่ต่ำมาก เช่นกัน อย่างไรก็ดีในสภาพของการพิบัติอาจจะเกิดขึ้นรวมกันก็เป็นได้

5.2.3 ค่ามุมเสียดทานของหินทิ้งที่ใช้ในการวิเคราะห์ที่เหมาะสมนั้นสามารถจะหาได้จากการทดสอบและวัดค่าจริงได้ในสนาม ทั้งนี้ก็ขึ้นอยู่กับขนาดและรูปร่างของหินที่จะใช้ด้วย ซึ่งจะสามารถหาค่ามุมเสียดทานภายในได้ไม่ยากมากนัก

5.2.4 ระดับน้ำมีผลต่อเสถียรภาพของ Breakwater Structure อย่างมาก สำหรับการวิเคราะห์ที่กำหนดให้ระนาบของการพิบัติเป็นแบบส่วนโค้งของวงกลมเท่านั้น เนื่องจากน้ำหนักของน้ำที่ช่วยต้านการพิบัติไว้มีมาก เพราะระนาบพิบัติเกิดลึกลงไปในนั้นดินที่ลึก แต่ในขณะเดียวกันสำหรับการวิเคราะห์แบบการพิบัติที่ไม่เป็นส่วนโค้งของวงกลมนั้น ระนาบการพิบัติจะไม่เกิดลงไปในชั้นดินที่ลึกมากนักจึงทำให้น้ำหนักของน้ำที่ช่วยต้านการพิบัติไว้มีน้อย ทำให้ผลของอัตราส่วนความปลอดภัยไม่เปลี่ยนแปลงมากนัก

5,2,5 การเพิ่มเสถียรภาพของกำแพงกันคลื่นโดยใช้ Geotextiles Sheet ปูไว้ในชั้นพื้นฐานจะสามารถเพิ่มเสถียรภาพของโครงสร้างขึ้นได้น้อยมาก แต่ทั้งนี้ก็ขึ้นกับความแข็งแรงของ Geotextiles Sheet และลักษณะของการพิบัติของโครงสร้างด้วยโดยเมื่อใช้กำลังของ Geotextiles Sheet เท่ากับ 1150 กก/ม จะสามารถเพิ่มเสถียรภาพของโครงสร้างได้ประมาณ 1-2 % เท่านั้น ซึ่งในการสร้าง Breakwater Structure บนชั้นดินอ่อนนี้การที่จะใช้ประโยชน์ของ Geotextiles ทางด้านเสถียรภาพนั้นจะไม่มีผลแต่อย่างใดเลย แต่อาจจะมีผลทางด้านการแบ่งแยกระหว่างชั้นของดินพื้นฐานกับวัสดุถมไม่ให้วัสดุที่ใช้ถมจมหายไปเท่านั้นเอง

5.3 การทรุดตัวของกำแพงกันคลื่นแบบหินทิ้ง (Settlement of Breakwater Structure)

จากการวิเคราะห์การทรุดตัวของกำแพงกันคลื่นแบบหินทิ้งนี้ พบว่าคุณสมบัติของชั้นดินแต่ละชั้นรวมทั้งการหาขนาดของการกระจายของหน่วยแรงในชั้นดินพื้นฐาน ใต้โครงสร้างหินทิ้งนั้นมีผลต่อการวิเคราะห์หาขนาดการทรุดตัวของโครงสร้างเป็นอย่างมาก โดยถ้าชั้นดินพื้นฐานมีสัมประสิทธิ์การยุบอัดตัวสูง และเกิดความเค้นในชั้นดินพื้นฐานสูงก็จะเกิดการทรุดตัวมาก ซึ่งสรุปได้ดังนี้

5.3.1 ในกรณีที่ชั้นดินพื้นฐานมีลักษณะที่มีเนื้อดินที่สม่ำเสมอกันแล้วการวิเคราะห์หาขนาดของความเค้นและการกระจายของหน่วยแรงใต้โครงสร้างจะให้ผลที่น่าเชื่อถือได้พอสมควร ทั้งนี้เนื่องจากวิธีการในการวิเคราะห์ต่าง ๆ ได้ตั้งสมมติฐานให้ดินเป็น Homogeneous และ Isotropic แต่สำหรับดินที่มีลักษณะแบ่งเป็นชั้น ๆ ดังในบริเวณที่ทำการวิจัยนี้ การคำนวณหาการกระจายของหน่วยแรงจากวิธีของ Grey (1936) และ Poulos (1967 b) นั้น อาจให้ค่าที่ผิดพลาดบ้างเล็กน้อย เนื่องจากทั้งสองวิธีการนี้ได้สมมติให้ดินมีลักษณะเป็น Homogeneous และ Isotropic

ซึ่งในการวิเคราะห์นี้พบว่าการวิเคราะห์ทั้ง 2 วิธีนี้ให้ค่าใกล้เคียงกัน

5.3.2 การวิเคราะห์การทรุดตัวแบบทันทีทันใด พบว่าสำหรับการทรุดตัวในชั้นดินเหนียวอ่อนชั้นบนจะเกิดขึ้นมากเนื่องจากผลของอันเดรนครีพ และ Yield ซึ่งในการวิเคราะห์นี้คิดว่าการปรับแก้ค่าการทรุดตัวเนื่องจากการเกิด Local Yielding จะเหมาะสมมาก

5.3.3 การทรุดตัวแบบอัดตัวคายน้ำ (Consolidation Settlement, ρ_c) จากการวิเคราะห์หาขนาดการ ทรุดตัวแบบอัดตัวคายน้ำทั้งสามวิธี พบว่าค่าทรุดตัวจากวิธีทฤษฎีอิลาสติคจะให้ค่าที่ต่ำมากเกินไป และวิธีของ Skempton และ Bjerrum (1957) จะให้ค่าสูงขึ้น ส่วนวิธีขั้นพื้นฐาน 1 มิติ จะให้ค่าที่สูงที่สุด ซึ่งผู้เขียนคิดว่าการทรุดตัวแบบอัดตัวคายน้ำ จากวิธีของ TERZAGHI ขั้นพื้นฐาน 1 มิติ นี้ควรจะเป็น ค่าที่เหมาะสมที่สุด เมื่อคำนึงถึงความสะดวกรวดเร็วและค่าใช้จ่าย ทั้งนี้เนื่องจากวิธีนี้นำค่าพารามิเตอร์ของดินจากการทดสอบในการปฏิบัติการมาทำการวิเคราะห์หาค่าการทรุดตัวได้เลย ซึ่งผลที่ได้ก็พอจะเป็นแนวทางในการศึกษาได้พอสมควร

5.3.4 การยุบตัวครั้งที่สอง (Secondary Consolidation, ρ_s) จากการวิเคราะห์พบว่าการยุบตัวครั้งที่สอง จากการวิเคราะห์ด้วยวิธีขั้นพื้นฐาน 1 มิติ จะให้ค่าที่มากพอสมควรทั้งนี้เนื่องจากดินเหนียวอ่อนชั้นบนมี Organic matter อยู่มากอันจะเป็นผลที่ทำให้เกิดการยุบตัวครั้งที่สองนี้มากด้วย

5.4 การวิเคราะห์หาอัตราการทรุดตัว

เนื่องจากในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นเพียงการศึกษาขั้นเริ่มต้น ฉนั้นการวิเคราะห์หาอัตราการทรุดตัวจึงมิได้มีการสำรวจวัดค่าแรงดันน้ำในโพรงดิน โดยการสร้างทดลองและทำการติดตั้ง Piezometer เพื่อวัดค่าแรงดันน้ำในโพรงดินที่เปลี่ยนแปลงไปในแต่ละเวลา ซึ่งจะทำให้สามารถหาค่าสัมประสิทธิ์ของการอัดตัวคายน้ำที่เหมาะสมในสนามจริง ๆ ได้ ในการวิเคราะห์นี้จึงได้ใช้ค่าที่ได้จากการทดสอบดินในห้องปฏิบัติการแทน โดยค่า Cv ที่จะใช้นี้เป็นค่าที่ได้จากการ นำค่าที่ได้จากการทดสอบดินแต่ละชั้นมาหาค่าเฉลี่ย Cv ในแต่ละชั้นซึ่งได้ค่าประมาณ 56.16 ซม^2/วัน

5.5 ข้อเสนอแนะ

5.5.1 ในการคาดคะเนการการทรุดตัว ควรมีการวัดหาขนาดการกระจายของหน่วยแรงในชั้นดินพื้นฐานที่เกิดขึ้นจริงในสนาม เพื่อที่จะได้ค่าการกระจายของหน่วยแรงที่ใกล้เคียงกับความเป็นจริงและติดตั้ง Piezometer เพื่อวัดค่าความดันน้ำในโพรงดินที่เกิดขึ้นด้วย

5.5.2 การสร้าง Breakwater Structure ในบริเวณที่วิจัยนั้นในกรณีนี้ควรมีการสร้าง Berm ทั้งทางด้านหน้าและด้านหลังของโครงสร้าง เพื่อเพิ่มค่าอัตราส่วนความปลอดภัย ทั้งนี้ก็ควรจะใช้ Geotextiles Sheet ปูไว้ในชั้นพื้นฐานด้วย เพื่อแบ่งแยกชั้นของหินและดินพื้นฐานออกจากกัน

5.5.3 จากการตรวจสอบแล้วพบว่าถ้าทำการก่อสร้าง Breakwater Structure ให้มีลาดเอียง 1:1.5 หรือ 1:2 โครงสร้างก็อาจเกิดการพอบัติขึ้นได้จึงควรที่จะต้องสร้าง Berm เพื่อเพิ่มเสถียรภาพของโครงสร้าง

5.5.4 ในการก่อสร้างกำแพงกันคลื่นบริเวณปากแม่น้ำตากใบนี้อาจสามารถกระทำได้อีกทางหนึ่งคือการขุดดินฐานราก ซึ่งเป็นดินอ่อนออกแล้วถมด้วยทรายแทนก็จะช่วยทางด้านเพิ่มเสถียรภาพได้เช่นกัน

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย