



รายงานการวิจัย

การพัฒนาการออกแบบโครงสร้างดินที่มีประสิทธิภาพ
เพื่อป้องกันน้ำทะเลรุกล้ำบริเวณพื้นที่ชายฝั่งทะเล

Development of efficient earth structure design
for protection of seawater intrusion into coastal area

สยาม ยิ้มศิริ

ชาญยุทธ กาฬกาญจน์

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา

ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากสำนักงานการวิจัยแห่งชาติ

ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2563

พ.ศ. 2565

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากสำนักงานการวิจัยแห่งชาติ ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2563 ขอขอบพระคุณสำนักชลประทานที่ 16 กรมชลประทานที่ได้อำนวยความสะดวกในการดำเนินการศึกษาในสนาม นาย ปฏิพล วงษ์พระจันทร์ มีส่วนช่วยในการดำเนินการสำรวจภาคสนาม, การทดสอบในห้องปฏิบัติการ, และการวิเคราะห์เชิงตัวเลข นางสาว สุภัตรา หมวดมงคล และ นางสาว ญาโนทัย ผาสุก มีส่วนช่วยในการดำเนินการทดสอบในห้องปฏิบัติการเพื่อศึกษาการปรับปรุงคุณภาพดินเหนียวด้วยปูนซีเมนต์ภายใต้สภาพปริมาณน้ำสูง

บทสรุปผู้บริหาร

โครงการวิจัยนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาเพื่อแก้ไขปัญหาการรुक้าของน้ำทะเลในพื้นที่การเกษตรของ ต.ตำมะลัง อ.เมือง จ.สตูล แต่เดิมพื้นที่ดังกล่าวเป็นพื้นที่การเกษตรสามารถใช้ทำนาปลูกข้าวได้ อย่างไรก็ตาม ในปัจจุบันในช่วงเวลาน้ำขึ้นหรือน้ำทะเลหนุนพื้นที่ดังกล่าวได้ประสบปัญหาน้ำทะเลท่วมพื้นที่ชายฝั่ง จนสภาพพื้นที่ในปัจจุบันไม่สามารถใช้เพื่อทำการเกษตรได้อีกต่อไปทำให้ส่งผลกระทบต่อสภาพชีวิตความเป็นอยู่ โดยพื้นที่ที่เสียหายมีขนาด 3,000 ไร่และกระทบต่อราษฎรจำนวน 990 ครอบครัว โดยในเบื้องต้นได้มีการวางแผนในการสร้างโครงสร้างเพื่อป้องกันมิให้น้ำทะเลไหลเข้าท่วมพื้นที่ทำการเกษตร โครงการวิจัยนี้จึงศึกษาถึงการไ้ดินเหนียวในพื้นที่เพื่อใช้ในการก่อสร้างโครงสร้างดินเพื่อป้องกันการรुक้าของน้ำทะเล โดยดินเหนียวต้องได้รับการปรับปรุงโดยการผสมปูนซีเมนต์เพื่อให้มีคุณสมบัติด้านกำลังและความทึบน้ำเหมาะสมที่จะใช้ในการก่อสร้าง การใช้ดินเหนียวในพื้นที่จะทำให้ไม่ต้องนำดินที่มีคุณภาพเหมาะสมมาจากแหล่งดินที่ไกลออกไปซึ่งจะเป็นการประหยัดค่าใช้จ่ายและลดการใช้ทรัพยากรธรรมชาติเพื่อการก่อสร้าง

วัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้คือ (i) ศึกษาคุณสมบัติในด้านต่างๆของพื้นที่ที่สนใจ, (ii) ศึกษาผลกระทบของการผสมปูนซีเมนต์ในการปรับปรุงคุณสมบัติของดินเดิมเพื่อแนะนำวิธีการปรับปรุงดินเดิมเพื่อใช้เป็นวัสดุก่อสร้างผนังกันน้ำเหนือผิวดินและกำแพงทึบน้ำใต้ดิน, และ (iii) ออกแบบโครงสร้างดินกันน้ำทะเลที่ก่อสร้างด้วยดินเดิมที่ถูกปรับปรุงและศึกษาประสิทธิภาพในการกันน้ำทะเลของโครงสร้างดังกล่าว

การศึกษาค้นสมบัติในด้านต่างๆของพื้นที่ที่สนใจประกอบด้วย (i) การทดสอบดินในสนามและในห้องปฏิบัติการ, (ii) การรวบรวมข้อมูล, และ (ii) การสำรวจพื้นที่ การศึกษาผลกระทบของการผสมปูนซีเมนต์ในการปรับปรุงคุณสมบัติของดินเดิมเป็นการทดสอบในห้องปฏิบัติการโดยการจำลองวิธีการก่อสร้างที่จะดำเนินการ การออกแบบและศึกษาประสิทธิภาพของโครงสร้างดินกันน้ำทะเลเป็นการคำนวณเชิงตัวเลขโดยการพิจารณากรณีต่างๆที่จะดำเนินการก่อสร้าง

ผลการศึกษาเกี่ยวกับพื้นที่แสดงว่าโครงสร้างดินกันน้ำทะเลที่จะดำเนินการก่อสร้างมีความยาวประมาณ 3.3 กิโลเมตร และต้องสามารถต้านทานระดับน้ำทะเลสูงสุดที่คาบอุบัติประมาณ 20 ปีที่มีค่าประมาณ 2.1 ม.รทก. ผลการเจาะสำรวจดิน, การทดสอบดินในสนาม, การทดสอบดินในห้องปฏิบัติการ, และการทดสอบการซึมผ่านของดินในสนามพบว่าแนวโครงสร้างดินกันน้ำทะเลจะต้องดำเนินการก่อสร้างผ่านพื้นที่ที่มีสภาพทางวิศวกรรมปฐพี 2 ลักษณะคือ (i) ด้านทิศเหนือและ (ii) ด้านทิศใต้ ผลการสำรวจแหล่งวัสดุก่อสร้างพบว่าดินที่บริเวณด้านข้างของแนวคันดินกันน้ำเค็มที่ระดับต้นมีคุณสมบัติสม่ำเสมอตลอดแนว หากต้องการนำมาใช้งานต้องมีการปรับปรุงคุณภาพดินก่อนเพื่อให้มีคุณสมบัติทางวิศวกรรมที่เหมาะสม

การปรับปรุงคุณภาพดินเหนียวในพื้นที่ด้วยการบดอัดและผสมปูนซีเมนต์ (เพื่อใช้ก่อสร้างผนังกันน้ำเหนือผิวดิน) สามารถพัฒนาคุณสมบัติด้านกำลังได้ดีแต่ไม่สามารถพัฒนาคุณสมบัติด้านการซึมน้ำได้นอกจากนี้ยังพบว่าต้องใช้ cement content มากกว่า 5% และ curing time มากกว่า 7 วันจึงจะทำให้ดินในพื้นที่ที่มีความคงทนเมื่อสัมผัสกับน้ำ จากผลการทดลองสามารถเลือกสูตรการปรับปรุงดินเหนียวในพื้นที่ที่

เหมาะสมคือการทดสอบ CH-C5C7 โดยมี cement content เท่ากับ 5% และ curing time เท่ากับ 7 days (หรือเทียบเท่ากับต้องใช้ปูนซีเมนต์ 74 กก ต่อส่วนผสม 1 ลูกบาศก์เมตร)

การปรับปรุงคุณภาพดินเหนียวในพื้นที่ด้วยการผสมปูนซีเมนต์ภายใต้สภาพปริมาณน้ำสูง (เพื่อใช้ก่อสร้างกำแพงที่บ้น้ำใต้ผิวดิน) สามารถพัฒนาคุณสมบัติด้านกำลังและการซึมน้ำได้ ซึ่งพบว่าค่า w:c เป็นตัวแปรต้นที่สำคัญต่อคุณสมบัติต่างๆ และได้วิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างค่า w:c ต่อคุณสมบัติที่สำคัญของดินผสมซีเมนต์ภายใต้ปริมาณน้ำสูงในรูปแบบตามที่เสนอโดย Miura et al. (2001) จากผลการทดลองสามารถเลือกสูตรการปรับปรุงดินเหนียวในพื้นที่ที่เหมาะสมคือการทดสอบ CH-LI1.4WC8.0C7 โดยมี LI เท่ากับ 1.4, w:c เท่ากับ 8.0, และ curing time เท่ากับ 7 days (หรือเทียบเท่ากับต้องใช้ปูนซีเมนต์ 17 กก ต่อส่วนผสม 1 ลูกบาศก์เมตร)

การคำนวณเสถียรภาพของลาดดินแสดงว่ารูปร่างของผนังกันน้ำเหนือผิวดินที่ออกแบบคือมี crest width เท่ากับ 3 m และมี slope ของ water side และ landside เท่ากับ 1:2 และรูปร่างของกำแพงที่บ้น้ำใต้ผิวดินคือมีความกว้าง 0.6 m และลึกถึงระดับ 5 m BGL นอกจากนี้ยังมีการขุดดินเดิมออกลึก 0.5 m ใต้ผิวดิน เพื่อเป็นการเตรียมดินฐานรากโดยมี slope เท่ากับ 1:2 ในกรณีที่มิคุน้ำจะออกแบบให้มีระยะห่างระหว่างผนังกันน้ำเหนือผิวดินและคุน้ำเท่ากับ 3 m ผลการคำนวณการไหลซึมของน้ำผ่านโครงสร้างดินกันน้ำทะเลแสดงว่ามีปริมาณน้ำที่ไหลผ่านโครงสร้างระหว่าง 1.25×10^{-7} และ 2.91×10^{-7} m³/s/m โดยเป็นการไหลตลอดผนังกันน้ำเกือบทั้งหมด (ประมาณ 99%) ผลการคำนวณการแพร่ของเกลือแสดงว่าระยะทางการแพร่จาก right toe ของผนังกันน้ำที่เวลา 100 ปี มีค่าระหว่าง 2.7-17.0 m สำหรับความเข้มข้น 5 kg/m³ และ 1.2-11.0 m สำหรับความเข้มข้น 10 kg/m³ ผลการคำนวณแสดงว่ากำแพงที่บ้น้ำใต้ผิวดินมีประสิทธิภาพในการกันน้ำทะเลน้อยกว่าคุน้ำ ฉะนั้นงานวิจัยนี้แนะนำรูปแบบการก่อสร้างเป็นแบบผนังกันน้ำเหนือผิวดิน+คุน้ำ

บทคัดย่อ

โครงการวิจัยนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาเพื่อแก้ไขปัญหาการรुक้าของน้ำทะเลในพื้นที่การเกษตรของ ต.ตำมะลัง อ.เมือง จ.สตูล เพื่อให้พื้นที่ดังกล่าวสามารถใช้ทำนาปลูกข้าวได้ โครงการวิจัยนี้จึงศึกษาถึงการไ้ดินเหนียวในพื้นที่เพื่อใช้ในการก่อสร้างโครงสร้างดินเพื่อป้องกันการรुक้าของน้ำทะเล โดยดินเหนียวต้องได้รับการปรับปรุงโดยการผสมปูนซีเมนต์เพื่อให้มีคุณสมบัติด้านกำลังและความที่บ้นน้ำเหมาะสมที่จะใช้ในการก่อสร้าง การใช้ดินเหนียวในพื้นที่จะทำให้ไม่ต้องนำดินที่มีคุณภาพเหมาะสมมาจากแหล่งดินที่ไกลออกไปซึ่งจะเป็นการประหยัดค่าใช้จ่ายและลดการใช้ทรัพยากรธรรมชาติเพื่อการก่อสร้าง การปรับปรุงคุณภาพดินเหนียวในพื้นที่ด้วยการบดอัดและผสมปูนซีเมนต์ (เพื่อใช้เป็นวัสดุก่อสร้างผนังกันน้ำบนผิวดิน) สามารถพัฒนาคุณสมบัติด้านกำลังได้ดีแต่ไม่สามารถพัฒนาคุณสมบัติด้านการซึมน้ำได้ ผลการทดลองสามารถเลือกสูตรการปรับปรุงดินเหนียวในพื้นที่ที่เหมาะสมคือมี cement content เท่ากับ 5% และ curing time เท่ากับ 7 วัน การปรับปรุงคุณภาพดินเหนียวในพื้นที่ด้วยการผสมปูนซีเมนต์ภายใต้สภาพปริมาณน้ำสูง (เพื่อใช้เป็นวัสดุก่อสร้างกำแพงที่บ้นน้ำใต้ผิวดิน) สามารถพัฒนาคุณสมบัติด้านกำลังและการซึมน้ำได้ ผลการทดลองสามารถเลือกสูตรการปรับปรุงดินเหนียวในพื้นที่ที่เหมาะสมคือมี LI เท่ากับ 1.4, w:c เท่ากับ 8.0, และ curing time เท่ากับ 7 วัน การคำนวณเสถียรภาพของลาดดินแสดงว่ารูปร่างของผนังกันน้ำเหนือผิวดินที่ออกแบบมีคุณสมบัติคือมีความสูง 3.2 m MSL หรือ 2.3 m AGL, crest width เท่ากับ 3 m, และมี slope ของ water side และ landside เท่ากับ 1:2 และรูปร่างของกำแพงที่บ้นน้ำใต้ผิวดินคือมีความกว้าง 0.6 m และลึกถึงระดับ 5 m BGL นอกจากนี้ยังมีการขุดดินเดิมออกลึก 0.5 m ใต้ผิวดิน เพื่อเป็นการเตรียมดินฐานรากโดยมี slope เท่ากับ 1:2 ในกรณีที่มีน้ำจะออกแบบให้มีระยะห่างระหว่างผนังกันน้ำเหนือผิวดินและคูล้ำเท่ากับ 3 m ผลการคำนวณแสดงว่ากำแพงที่บ้นน้ำใต้ผิวดินมีประสิทธิภาพในการกันน้ำทะเลน้อยกว่าคูล้ำ ฉะนั้นงานวิจัยนี้แนะนำให้รูปแบบการก่อสร้างเป็นแบบผนังกันน้ำเหนือผิวดิน+คูล้ำ

คำสำคัญ: การรुक้าของน้ำทะเล, ผนังกันน้ำเหนือผิวดิน, กำแพงที่บ้นน้ำใต้ผิวดิน, การปรับปรุงคุณสมบัติของดิน, ปูนซีเมนต์, การทดสอบในห้องปฏิบัติการ, การวิเคราะห์เชิงตัวเลข

Abstract

This research is a part of a study to solve a seawater intrusion problem at Tamalung district, Satun province, which tries to make the area to be able to grow rice again. This research studies an alternative construction option by using local clay as a construction material for a seawater protection structure. The local clay has to be improved by cement admixture to obtain suitable strength and permeability properties for construction purpose. By using local clay as a construction material, it precludes conveying suitable soil from far distance which should reduce construction cost and usage of natural resource. Cement improvement by compaction (for sea dike construction) can improve only strength property, not improve permeability. The experiment suggests that a suitable mixing proportion is cement content of 5% and curing time of 7 days. Cement improvement by wet process (for cutoff wall construction) can improve both strength and permeability properties. The experiment suggests that a suitable mixing proportion is LI of 1.4, w:c of 8.0, and curing time of 7 days. Numerical analysis results suggest a configuration of a sea dike as height of 3.2 m MSL or 2.3 m AGL, crest width of 3 m, and slope of water side and landside of 1:2. A configuration of a cutoff wall is width of 0.6 m and depth of 5 m BGL. In addition, there is an in-situ excavation of 0.5 m BGL with slope of 1:2 for ground preparation. If a canal is being constructed, the distance should be 3 m behind a sea dike. The analysis shows that a cutoff wall is less effective than a canal in protecting seawater intrusion. Therefore, a suggested construction option is a sea dike with a canal.

Keywords: seawater intrusion, sea dike, cutoff wall, soil improvement, cement, laboratory testing, numerical analysis

สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	i
บทสรุปผู้บริหาร	ii
บทคัดย่อ	iv
Abstract	v
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ความสำคัญของปัญหาที่ทำการวิจัย	1-1
1.2 ที่มาของปัญหาที่ทำการวิจัย	1-2
1.3 วัตถุประสงค์ของการวิจัย	1-3
1.4 ขอบเขตของการวิจัย	1-3
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการวิจัย	1-4
บทที่ 2 การทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง	
2.1 การรुक้าของน้ำทะเล	2-1
2.1.1 น้ำทะเลท่วมชายฝั่ง	2-1
2.1.2 การแทรกซึมของน้ำทะเล	2-4
2.2 การป้องกันการรुक้าของน้ำทะเล	2-11
2.2.1 วิธีการป้องกันการรुक้าของน้ำทะเลบนผิวดิน	2-11
2.2.1.1 การวิบัติของคันดินกั้นน้ำทะเล	2-13
2.2.1.2 ความสูงของคันดินกั้นน้ำทะเล	2-14
2.2.1.3 ความกว้างของสันคันดิน	2-15
2.2.2 การป้องกันการรुक้าของน้ำทะเลใต้ผิวดิน	2-15
2.3 การปรับปรุงคุณภาพดินด้านวิศวกรรม	2-17
2.3.1 วิธีการปรับปรุงคุณภาพดิน	2-18
2.3.2 ปฏิกริยาเคมีที่เกิดขึ้นระหว่างปูนซีเมนต์, ดิน, และน้ำ	2-18
2.3.3 คุณสมบัติของดินที่ถูกปรับปรุงคุณสมบัติด้วยสารผสมเพิ่ม	2-20
2.3.4 ผลกระทบของน้ำทะเลต่อคุณสมบัติของดินที่ถูกปรับปรุงด้วยปูนซีเมนต์	2-22
2.4 แบบจำลองทางคณิตศาสตร์	2-23
2.4.1 แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของการวิเคราะห์เสถียรภาพของลาดดิน	2-23
2.4.2 แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของการไหลซึมของน้ำ	2-27
2.4.3 แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของการแพร่ของเกลือ	2-31
2.5 การปลูกพืชในพื้นที่ดินเค็ม	2-34

บทที่ 3 ระเบียบวิธีการดำเนินการวิจัย

3.1	วิธีการดำเนินการวิจัย	3-1
3.2	พื้นที่ศึกษา	3-3
3.3	การทดสอบทางวิศวกรรมปฐพีในสนาม	3-4
3.4	ข้อมูลกรมอุทกศาสตร์ กองทัพเรือ สถานีเกาะตะรุเตา จังหวัดสตูล	3-4
3.5	การทดสอบทางวิศวกรรมปฐพีในห้องปฏิบัติการ	3-6
3.5.1	การทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพและดัชนีของดิน	3-6
3.5.2	การทดสอบคุณสมบัติทางเคมีของดิน	3-13
3.5.3	การทดสอบคุณสมบัติทางวิศวกรรมของดิน	3-15
3.6	การคำนวณเชิงตัวเลข	3-18
3.6.1	แบบจำลองเสถียรภาพของลาดดิน	3-19
3.6.2	แบบจำลองการไหลซึมของน้ำ	3-20
3.6.3	แบบจำลองการแพร่ของเกลือ	3-22

บทที่ 4 ผลการศึกษาเกี่ยวกับพื้นที่ที่ศึกษา

4.1	ข้อมูลทั่วไปของพื้นที่	4-1
4.1.1	จังหวัดสตูล	4-1
4.1.2	ตำบลท่ามะลิ	4-4
4.2	ข้อมูลการสำรวจพื้นที่	4-6
4.3	ข้อมูลด้านอุทกศาสตร์	4-9
4.4	ข้อมูลด้านวิศวกรรมปฐพี	4-14
4.5	ข้อมูลของแหล่งวัสดุก่อสร้าง	4-27
4.5.1	ผลการทดสอบคุณสมบัติกายภาพและดัชนี	4-27
4.5.2	ผลการทดสอบคุณสมบัติทางเคมี	4-30
4.6	สรุปผลการทดลอง	4-31

บทที่ 5 การปรับปรุงคุณภาพดินเหนียวบดอัดด้วยปูนซีเมนต์

5.1	บทนำ	5-1
5.2	วิธีการดำเนินการ	5-1
5.3	ผลการทดสอบการบดอัด (Compaction test)	5-2
5.4	ผลการทดสอบแรงอัดแกนเดียว (Unconfined compression test)	5-4
5.4.1	คุณสมบัติ Unconfined compressive strength (q_u)	5-11
5.4.2	คุณสมบัติ Undrained Young's modulus (E_u)	5-12
5.4.3	คุณสมบัติ Axial strain at peak stress ($\epsilon_{a,peak}$)	5-13
5.4.4	คุณสมบัติอัตราส่วน stiffness ต่อ strength (E_u/q_u)	5-14

5.4.5	วิเคราะห์ผลการทดลอง	5-16
5.5	ผลการทดสอบการอัดตัวคายน้ำ (Consolidation test)	5-16
5.5.1	สัมประสิทธิ์การซึมผ่านได้ (Permeability, k)	5-21
5.5.2	Coefficient of volume compressibility (m_v)	5-21
5.5.3	ค่าดัชนีของการอัดตัว (Compression index, C_c)	5-22
5.5.4	ค่าดัชนีของการอัดตัวซ้ำ (Recompression index, C_r)	5-22
5.5.5	Maximum past pressure ($\sigma_{v,max}'$)	5-23
5.5.6	การบวมตัว (Swelling)	5-23
5.5.7	วิเคราะห์ผลการทดลอง	5-24
5.6	สรุปผลการทดลอง	5-25
บทที่ 6 การปรับปรุงคุณภาพดินเหนียวด้วยปูนซีเมนต์ภายใต้สภาพปริมาณน้ำสูง		
6.1	บทนำ	6-1
6.2	วิธีการดำเนินการ	6-1
6.3	ผลการทดสอบแรงอัดแกนเดียว (Unconfined compression test)	6-2
6.3.1	คุณสมบัติ Unconfined compressive strength (q_u)	6-9
6.3.2	คุณสมบัติ Undrained Young's modulus (E_u)	6-11
6.3.3	คุณสมบัติ Axial strain at peak stress ($\epsilon_{a,peak}$)	6-14
6.3.4	คุณสมบัติอัตราส่วน stiffness ต่อ strength (E_u/q_u)	6-17
6.3.5	วิเคราะห์ผลการทดลอง	6-20
6.4	ผลการทดสอบการอัดตัวคายน้ำ (Consolidation Test)	6-24
6.4.1	สัมประสิทธิ์การซึมผ่านได้ (Permeability, k)	6-28
6.4.2	Coefficient of volume compressibility (m_v)	6-29
6.4.3	ค่าดัชนีของการอัดตัว (Compression index, C_c)	6-30
6.4.4	ดัชนีของการอัดตัวซ้ำ (Recompression index, C_r)	6-31
6.4.5	Maximum past pressure ($\sigma_{v,max}'$)	6-32
6.4.6	วิเคราะห์ผลการทดลอง	6-33
6.5	สรุปผลการทดลอง	6-37
บทที่ 7 การคำนวณเชิงตัวเลข		
7.1	บทนำ	7-1
7.2	แบบจำลองการคำนวณ	7-2
7.2.1	แบบจำลองของชั้นดินเดิม	7-2
7.2.2	โครงสร้างดินกั้นน้ำทะเล	7-4

7.2.3	คุณสมบัติทางวิศวกรรมของวัสดุก่อสร้าง	7-6
7.2.4	กรณีการคำนวณ	7-8
7.3	วิธีการคำนวณ	7-9
7.3.1	แบบจำลองเสถียรภาพของลาดดิน	7-9
7.3.2	แบบจำลองการไหลซึมของน้ำ	7-10
7.3.3	แบบจำลองการแพร่ของเกลือ	7-12
7.4	การวิเคราะห์ผลการคำนวณเชิงตัวเลข	7-13
7.4.1	ผลการวิเคราะห์เสถียรภาพของลาดดิน	7-13
7.4.2	ผลการวิเคราะห์การไหลซึมของน้ำผ่านโครงสร้างดินกั้นน้ำทะเล	7-20
7.4.3	ผลการวิเคราะห์การแพร่ของเกลือผ่านโครงสร้างดินกั้นน้ำทะเล	7-26
7.5	สรุปผลการทดลอง	7-38
บทที่ 8 อภิปรายและวิจารณ์ผล		
8.1	ผลการศึกษาเกี่ยวกับพื้นที่ที่ศึกษา	8-1
8.2	ผลการปรับปรุงคุณภาพดินเหนียวบดด้วยปูนซีเมนต์	8-1
8.3	ผลการปรับปรุงคุณภาพดินเหนียวด้วยปูนซีเมนต์ภายใต้สภาพปริมาณน้ำสูง	8-2
8.4	ผลการคำนวณเชิงตัวเลข	8-4
บทที่ 9 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ		
9.1	สรุปผลการศึกษา	9-1
9.2	ข้อเสนอแนะในการดำเนินการวางแผนการก่อสร้าง	9-3
บรรณานุกรม		บ-1
ภาคผนวก ก ข้อมูลแสดงความต้องการโครงสร้างกั้นน้ำทะเลในพื้นที่		ก-1
ภาคผนวก ข เอกสารเพิ่มเติมเพื่อปิดโครงการ		
	แบบฟอร์มสรุปผลงานวิจัย/โครงการวิจัย 1 หน้ากระดาษ A4 (สำหรับประชาสัมพันธ์)	ข-2
	แบบฟอร์มสรุปผลงานวิจัย/โครงการวิจัย 5 บรรทัด	ข-4
	แบบฟอร์มสรุปงานวิจัยในรูปแบบ info graphic (ภาษาไทยหรือภาษาอังกฤษ)	ข-5
ประวัตินักวิจัย		