ชื่อเรื่องวิทยานิพนธ์ การปรับปรุงคุณภาพดินด้วยเสาดินซีเมนต์สำหรับดินเหนียวและทรายปนดินเหนียว

ชื่อผู้เขียน นายวัฒนา มกรโรจน์ฤทธิ์

วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

รองศาสตราจารย์ ดร. ชิตชัย อนันตเศรษฐ์	ประธานกรรมการ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. บุญเทพ นาเนกรังสรรค์	กรรมการ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. อนิรุทธ์ ธงไชย	กรรมการ
รองศาสตราจารย์ เกษม เพชรเกตุ	กรรมการ

บทคัดย่อ

การปรับปรุงคุณภาพดินเพื่อเพิ่มกำลังรับแรงเฉือนและลดการทรุดตัวของดินโดยวิธีการเสาดินซีเมนต์เป็นวิธีการที่นิยมมากสำหรับดินประเภทดินเหนียวอ่อน อย่างไรก็ตามการปรับปรุงคุณภาพดินโดยเสาดินซีเมนต์มีการประยุกต์ใช้ไม่มากสำหรับดินเหนียวแข็งหรือทรายปนดินเหนียว งานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาผลการปรับปรุงคุณภาพดินสำหรับดินเหนียวอ่อน ดินเหนียวแข็ง ทรายปนดินเหนียว และทราย โดยการผสมกับปูนซีเมนต์ในห้องปฏิบัติการและในสนาม งานวิจัยนี้ได้แบ่งออกเป็นสองส่วนคือ ส่วนแรกเป็นการศึกษาผลการปรับปรุงคุณภาพสำหรับดินเหนียว CH และ CL ทรายปนดินเหนียว SC และทราย SM และ SM-SP จากโครงการก่อสร้างคลองประปาฝั่งตะวันตก ตอนบน (แม่กลอง-ท่าจีน) ซึ่งมีทั้งการปรับปรุงคุณภาพดินโดยการผสมในห้องปฏิบัติการและการผสมในสนามด้วยวิธีอัดฉีดแรงดันสูง (Jet Grouting) สำหรับส่วนที่สองเป็นการศึกษาผลการปรับปรุงคุณภาพของดินเหนียวแข็ง CL และทรายปนดินเหนียว SC ในบริเวณพื้นที่จังหวัดเชียงใหม่ด้วยการผสมกับปูนซีเมนต์ในห้องปฏิบัติการ

ผลการศึกษาในส่วนแรกพบว่าค่ากำลังรับแรงเฉือนในสภาวะไม่ระบายน้ำจากการทดสอบแรงอัดแกนเดียว (Unconfined Compression Test) ของดินเหนียว CH และ CL ทรายปนดินเหนียว SC และทราย SM และ SM-SP ภายหลังการปรับปรุงคุณภาพด้วยปูนซีเมนต์ในสนามมีความแปรปรวนมากโดยที่ค่าสูงสุดกับค่าต่ำสุดอาจมีความแตกต่างกันถึง 3 เท่า ค่ากำลังรับแรงเฉือนจากการปรับปรุงในห้องปฏิบัติการมีค่าสูงกว่าค่าต่ำสุดจากการปรับปรุงในสนามประมาณเป็น 2 ถึง 4 เท่า การปรับปรุงคุณภาพในทรายปนดินเหนียว SC และทราย SM และ SM-SP ให้ค่ากำลังรับแรง

เฉือนสูงกว่าการปรับปรุงในดินเหนียว CH และ CL ประมาณเป็น 2 เท่า สำหรับการศึกษาในส่วนที่สองพบว่าค่ากำลังรับแรงเฉือนในสภาวะไม่ระบายน้ำและโมดูลัสความยืดหยุ่น (E_{50}) ภายหลังการผสมในห้องปฏิบัติการจากการทดสอบแรงอัดแกนเดียวสำหรับดินเหนียวแข็ง CL และทรายปนดินเหนียว SC ในพื้นที่จังหวัดเชียงใหม่มีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อปริมาณของปูนซีเมนต์เพิ่มขึ้นหรือสัดส่วนของน้ำต่อปูนซีเมนต์โดยน้ำหนักลดลง สำหรับดินเหนียวแข็ง CL ซึ่งมีค่ากำลังรับแรงเฉือนในสภาวะไม่ระบายน้ำก่อนการปรับปรุงเท่ากับ 10 ตันต่อตารางเมตรเมื่อผสมปูนซีเมนต์เท่ากับ 100 ถึง 300 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตรของดินที่ถูกปรับปรุงและสัดส่วนของน้ำต่อปูนซีเมนต์เท่ากับ 1.0 ถึง 1.7 โดยน้ำหนัก พบว่าค่ากำลังรับแรงเฉือนในสภาวะไม่ระบายน้ำและโมดูลัสความยืดหยุ่น (E_{50}) ที่ 28 วันเท่ากับ 40 ถึง 125 และ 14,000 ถึง 41,000 ตันต่อตารางเมตรตามลำดับและจะมีค่าเพิ่มขึ้นอีกเมื่ออายุการบ่มเป็น 90 และ 180 วัน ค่า $E_{50}/c_{u,col}$ เท่ากับ 200 ถึง 500 สำหรับทรายปนดินเหนียว SC เมื่อใช้ปริมาณของปูนซีเมนต์และน้ำในสัดส่วนเดียวกันพบว่าค่ากำลังรับแรงเฉือนในสภาวะไม่ระบายน้ำและโมดูลัสความยืดหยุ่น (E_{50}) ที่ 28 วันเท่ากับ 60 ถึง 180 และ 26,000 ถึง 60,000 ตันต่อตารางเมตรตามลำดับและมีค่าเพิ่มขึ้นอีกเมื่ออายุการบ่มเป็น 90 และ 180 วัน ค่า $E_{50}/c_{u,col}$ เท่ากับ 200 ถึง 600

ค่ากำลังรับแรงเฉือนของการปรับปรุงในทรายและทรายปนดินเหนียวมีแนวโน้มลดลงเมื่อปริมาณมวลละเอียดของดินเดิมก่อนการปรับปรุงเพิ่มขึ้นและค่ากำลังรับแรงเฉือนของการปรับปรุงในดินเหนียวมีแนวโน้มลดลงเมื่อค่าดรรชนีพลาสติกของดินเดิมเพิ่มขึ้น จากการเปรียบเทียบค่ากำลังรับแรงเฉือนของดินซีเมนต์ที่ทำการผสมในห้องปฏิบัติการและในสนามสำหรับโครงการคลองประปาฝั่งตะวันตก ตอนบน (แม่กลอง-ท่าจีน) สามารถคาดคะเนได้ว่าค่ากำลังรับแรงเฉือนในสภาวะไม่ระบายน้ำที่ 28 วันจากการผสมในสนามสำหรับดินเหนียวแข็งปนทราย CL และทรายปนดินเหนียว SC ในพื้นที่จังหวัดเชียงใหม่อาจมีค่าอยู่ในช่วง 20 ถึง 60 และ 35 ถึง 100 ตันต่อตารางเมตรตามลำดับเมื่อปริมาณของปูนซีเมนต์เท่ากับ 100 ถึง 300 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตรของดินที่ถูกปรับปรุงและสัดส่วนของน้ำต่อปูนซีเมนต์เท่ากับ 1.0 ถึง 1.7 โดยน้ำหนัก

Thesis Title Soil Improvement by Soil Cement Column for Clays and Clayey Sand

Author Mr. Watthana Makararotrit

M. Eng. Civil Engineering

Examining Committee

Assoc. Prof. Dr. Chitchai Anantasech	Chairman
Asst. Prof. Dr. Boonthep Nanegrungsank	Member
Asst. Prof. Dr. Aniruth Thongchai	Member
Assoc. Prof. Kasem Petchgate	Member

ABSTRACT

Soil improvement by cement column method, which increase shear strength and reduce consolidation of soil, is very successful in soft clay. However, there are very limited informations of the application for stiff clay or clayey sand. This study presents the results of soil improvement by cement for soft clay, stiff clay, clayey sand, and sand from both field and laboratory works. In part I, the study presents the results of soil improvement by mixing with cement in laboratory and field for clay (CH, CL), clayey sand (SC), and sand (SW, SW-SP) from West Bank Raw Water Canal Project (Mae Klong – Tha Chin). Jet Grouting Method was selected for installation of cement column in the field. In part II, the study presents the results of soil improvement by cement in laboratory for stiff clay and clayey sand in Chiang Mai province.

In part I, it was found that the field undrained shear strength from unconfined compression test of the soil cement varied in a very wide range, the highest value is about 3 times of the lowest value. The strength from soil cement specimens prepared in laboratory is 2 to 4 times higher than the lowest strength in the field. The strength for clayey sand and sand is 2 times higher than clay. In part II, it was found that the laboratory undrained shear strength and modulus of elasticity (E_{50}) from unconfined compression test of stiff clay and clayey sand, which mixed with cement, increased when quantity of cement was increased or value of water by cement ratio was reduced. The strength at 28 days of improved stiff clay (shear strength before improving is 10

t/m^2) is 40 to 125 t/m^2 and modulus of elasticity is 14,000 to 41,000 t/m^2 when quantity of cement is 100 to 300 kilograms per cubic meter of soil and water by cement ratio is 1.0 to 1.7 by weight. The $E_{50}/c_{u.col}$ ratio of stiff clay is 200 to 500. For improved clayey sand, the strength at 28 days and modulus of elasticity is 60 to 180 t/m^2 and 26,000 to 60,000 t/m^2, respectively. The $E_{50}/c_{u.col}$ ratio of clayey sand is 200 to 600. The strength and modulus of elasticity for both soils are higher at 90 and 180 days than at 28 days.

The undrained shear strength of soil cement is reduced when plasticity index or percent finer in the unimproved soil is increased. From the informations about laboratory and field undrained shear strengths of the Canal Project, the field undrained shear strength of Chiang Mai stiff clay and Chiang Mai clayey sand might be estimated as 20 to 60 t/m^2 and 35 to 100 t/m^2 when quantity of cement is 100 to 300 kilograms per cubic meter of soil and water by cement ratio is 1.0 to 1.7 by weight.

มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ Chiang Mai University