ชยกฤต เพชรช่วย : การปรับปรุงดินด้วยกากแคลเซียมคาร์ไบด์และเถ้าลอยจีโอโพลิเมอร์ (SOIL STABILIZATION BY CALCIUM CARBIDE RESIDUE AND FLY ASH BASED GEOPOLYMER) อาจารย์ที่ปรึกษา : ศาสตราจารย์ ดร.สุขสันติ์ หอพิบูลสุข, หน้า 159

ปูนซีเมนต์เป็นวัสดุโดยทั่วไปที่ใช้ในการใช้ปรับปรุงดินทั้งสภานะไม่อิ่มตัวด้วยน้ำ และอิ่มตัวด้วยน้ำ เนื่องจากหาได้ง่าย และสมเหตุสมผลด้านราคาค่าใช้จ่าย จากการที่ราคาต่อหน่วยที่สูง และการใช้พลังงานสูงในกระบวนการผลิตปูนซีเมนต์ เป็นเหตุให้มีความต้องการหาวัสดุทางเลือกชนิดอื่นแทนที่ซีเมนต์ จีโอโพลิเมอร์เป็นวัสดุเชื่อมประสารที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม และมีประสิทธิภาพที่ดีกว่าปูนซีเมนต์ งานวิจัยนี้มีจุดมุ่งหมายที่จะศึกษาพัฒนาการใช้เถ้าลอยจีโอโพลิเมอร์เพื่อปรับปรุงปัญหาของ ดินเหนียวปนดินตะกอนไม่อิ่มตัวด้วยน้ำและดินเหนียวที่ตกตะกอนในน้ำทะเล โดยใช้กากแคลเซียมคาร์ไบด์ซึ่งเป็นวัสดุเหลือทิ้งจากโรงงานผลิตก๊าซอะเซทิลีนมีแคลเซียมเป็นองค์ประกอบหลักเป็นวัสดุผสมเพิ่มช่วยเร่งปฏิกิริยาจีโอโพลิเมอร์ไลซ์เซชั่น วิทยานิพนธ์นี้ประกอบด้วย 2 บทหลัก (บทที่ 3 และ 4)

บทที่ 3 ศึกษาการใช้กากแคลเซียมคาร์ไบด์เป็นสารอัลคาไลน์ ร่วมกับเถ้าลอยปรับปรุงคุณสมบัติทางวิศวกรรมของดินเหนียวปนดินตะกอนเพื่อใช้เป็นวัสดุคันทาง ตัวแปรที่ศึกษาได้แก่ อัตราส่วนโซเดียมซิลิเกตต่อน้ำ ปริมาณเถ้าลอย อายุบ่ม อุณหภูมิการบ่ม และสภาวะแช่น้ำ สำหรับปริมาณกากแคลเซียมคาร์ไบด์ร้อยละ 7 จากศึกษาการพัฒนากำลังอัดโดยการทดสอบกำลังอัดแกนเดียว พบว่ากากแคลเซียมคาร์ไบด์ชะล้าง ซิลิกอนและอลูมินัมในรูปอสัณฐานในเถ้าลอย และถูกทำปฏิกิริยาโดยสารละลายโซเดียมซิเกต กำลังสูงสุดที่สภาวะแช่น้ำของดินเหนียว-เถ้าลอยจีโอโพลิเมอร์ พบที่อัตราส่วนสารละลายโซเดียมซิเกตต่อน้ำที่ 0.6 และอัตราส่วนเถ้าลอยร้อยละ15 โดยอัตราส่วนเหมาะสมของสารละลายโซเดียมซิลิเกตสามารถประมาณได้จากค่าคุณสมบัติพื้นฐานกำลังอัดที่ 7 วันที่สภาวะแช่น้ำที่จุดเหมาะสมสามารถผ่านมาตรฐานของวัสดุคันทางของกรมทางหลวง

บทที่ 4 เป็นศึกษาการพัฒนากำลังอัดแกนเดียว และปริมาณคาร์บอนฟุตพรินต์ของกากแคลเซียมคาร์ไบด์ และเถ้าลอยปรับปรุงดินเหนียวที่ตกตะกอนในน้ำทะเล Coode Island Silt (CIS) สารละลายอัลคาไลน์ที่ใช้เป็นส่วนผสมของสารละลายโซเดียมซิลิเกต และโซเดียมไฮดรอกไซด์ ตัวแปรที่ศึกษาได้แก่ อัตราส่วนสารละลายโซเดียมซิลิเกตต่อสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ อัตราส่วนสารอัลคาไลน์ต่อเถ้าลอย ปริมาณความชื้นเริ่มต้น ปริมาณเถ้าลอย ปริมาณกากแคลเซียมคาร์ไบด์ อายุบ่ม และอุณหภูมิการบ่ม พบว่าดินเหนียว CIS ที่ปรับปรุงมีค่ากำลังอัดแกนเดียวขึ้นกับค่าปริมาณเถ้าลอย และความเข้มข้นของสารละลาย

โซเดียมไฮดรอกไซด์ บทบาทของกากแคลเซียมคาร์ไบด์ต่อกำลังอัดแกนเดียวของดินเหนียว CIS ปรับปรุงด้วยเถ้าลอยจีโอโพลิเมอร์ สามารถแบ่งได้ 3 ช่วง ได้แก่ inactive, active และ quasi-inert ที่บริเวณช่วง active พบที่ปริมาณกากแคลเซียมคาร์ไบด์ร้อยละ 7 ถึง 12 ซึ่งเป็นช่วงแนะนำให้ใช้งาน ปริมาณคาร์บอนฟุตพรินต์ของดินเหนียวปรับปรุงด้วยจีโอโพลิเมอร์ พบว่าต่ำกว่ากรณีปรับปรุงด้วยซีเมนต์ที่ค่ากำลังอัดเท่ากัน การลดปริมาณคาร์บอนฟุตพรินต์ที่กำลังสูงแสดงให้เห็นประโยชน์ของการใช้เถ้าลอยจีโอโพลิเมอร์ซึ่งเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมเป็นวัสดุทางเลือกในการปรับปรุงดินเหนียวแทนที่ซีเมนต์ ประโยชน์ที่ได้จากวิทยานิพนธ์นี้ได้แก่ สามารถสร้างประโยชน์จากการใช้กากแคลเซียมคาร์ไบด์ด้านอื่นนอกจากใช้เป็นวัสดุถมดิน และลดปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนของกระบวนการผลิตปูนซีเมนต์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สาขาวิชา <u>วิศวกรรมโยธา</u> ลายมือชื่อนักศึกษา ____________________________

ปีการศึกษา 2558 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา ______________________

CHAYAKRIT PHETCHUAY : SOIL STABILIZATION BY CALCIUM CARBIDE RESIDUE AND FLY ASH BASED GEOPOLYMER. THESIS ADVISOR : PROF. SUKSUN HORPIBULSUK, Ph.D., 159 PP.

STRENGTH/COODE ISLAND SILT/SILTY CLAY/CCR /GEOPOLYMER

Portland cement is commonly used for soil improvement in both unsaturated and saturated states because it is readily available at reasonable cost. The high unit cost and energy intensive process for the production of Portland cement are the driving forces for the constant need within the industry to seek alternative cementitious binders. Geopolymer is an environmentally friendly cementing agent and better engineering performance than ordinary Portland cement. The main objective of this research is to investigate the viability of using Fly Ash (FA) based geopolymer to stabilize unsaturated collapsible silty clay and saturated marine clay. Calcium Carbide Residue (CCR), by-products from acetylene gas, is used as a calcium-rich additive to stimulate the geopolymerization reaction. This thesis consists of two main chapters (Chapter III and IV).

Chapter III investigates the viability of using CCR as an alkaline activator and FA as a precursor to improve the engineering properties of an unsaturated silty clay to facilitate its usage as stabilized subgrade material. The influential factors studied are $Na_2SiO_3$/water ratio, FA replacement ratio, curing time, curing temperature and soaking condition. Strength development is investigated via the Unconfined Compression Strength (UCS) test. Results show that CCR dissolves the silicon and

aluminum in amorphous phase of FA and the $Na_2SiO_3$ acts as a binder. The maximum soaked UCS of the FA geopolymer stabilized silty clay is found at $Na_2SiO_3$/water ratio of 0.6 and FA replacement ratio of 15%. The optimal $Na_2SiO_3$/water ratio is approximated from index test, which is a very practical approach. The 7-day soaked UCS at the optimal ingredient meets the strength requirement for subgrade materials specified by the local national road authority.

Chapter IV investigates UCS development and the carbon footprint of Calcium Carbide Residue (CCR) and Fly Ash (FA based) geopolymer stabilized marine Coode Island Silt (CIS). The liquid alkaline activator used is a mixture of sodium silicate solution ($Na_2SiO_3$) and sodium hydroxide (NaOH). The influential factors studied are $Na_2SiO_3$/NaOH ratio, NaOH concentration, L/FA ratio, initial water content, FA content, CCR content, curing temperature and curing time. The UCS of stabilized CIS was found to be strongly dependent upon FA content and NaOH concentration. The optimal ingredient providing the highest UCS is found to be dependent on water content. The role of CCR on UCS of FA geopolymer stabilized CIS can be classified into three zones: inactive, active and quasi-inert. The active zone where CCR content is between 7% and 12% is recommended in practice. The carbon footprints of the geopolymer stabilized soils are lower than those of cement stabilized soil at the same strengths. The outcome of this thesis would divert significant quantity of CCR from landfills and considerably reduce carbon emissions due to Portland cement production.

School of Civil Engineering Student's Signature ______________________

Academic Year 2015 Advisor's Signature ______________________