ปฏิมาพร สุขมาก : กำลังอัดและความทนทานของดินเถ้าลอยจีโอโพลิเมอร์ (STRENGTH AND DURABILITY OF CLAY-FLY ASH GEOPOLYMER) อาจารย์ที่ปรึกษา : ศาสตราจารย์ ดร.สุขสันติ์ หอพิบูลสุข, 168 หน้า

วิทยานิพนธ์นี้ประกอบด้วยสามส่วนหลักดังนี้ ส่วนแรกศึกษาความเป็นไปได้ของการผลิตจีโอโพลิเมอร์ ซึ่งใช้ดินเหนียว (silty clay) เป็นวัตถุดิบหลัก และเถ้าลอย (fly ash, FA) เป็นวัสดุปอซโซลาน ของเหลวอัลคาไลน์ (liquid alkaline activator, L) เป็นส่วนประกอบของสารละลายโซเดียมซิลิเกรต (Na_2SiO_3) และสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) ดินเถ้าลอยจีโอโพลิเมอร์ต้องการอัตราส่วน Na_2SiO_3/NaOH ในปริมาณที่ต่ำกว่าเถ้าลอยจีโอโพลิเมอร์ สำหรับอัตราส่วน Na_2SiO_3/NaOH คงที่ค่าหนึ่ง การเพิ่มขึ้นของอัตราส่วน L/FA ส่งผลให้กำลังอัดในดินเถ้าลอยจีโอโพลิเมอร์เพิ่มขึ้น แต่เมื่ออัตราส่วน L/FA สูงเกินความต้องการต่อการทำปฏิกิริยาจีโอโพลิเมอไรเซชั่น ของเหลวอัลคาไลน์ส่วนเกินมีผลให้จีโอโพลิเมอร์เจลตกตะกอนก่อนการเกิดปฏิกิริยาการควบแน่น อุณหภูมิและระยะเวลาให้ความร้อนที่นานเกินความต้องการทำให้เกิดรอยแตกระดับไมโครเมตรภายในตัวอย่าง

งานวิจัยในส่วนที่สอง นำเสนอปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการพัฒนากำลังอัดในดินเถ้าลอยจีโอโพลิเมอร์ ได้แก่ อัตราส่วน FA/clay, อัตราส่วน Na_2SiO_3/NaOH, อัตราส่วน L/FA, ปริมาณความชื้นในตัวอย่าง, ขนาดของตัวอย่าง, อุณหภูมิความร้อน และระยะเวลาในการบ่ม อัตราส่วนผสมที่เหมาะสมในดินเถ้าลอยจีโอโพลิเมอร์ คืออัตราส่วน Na_2SiO_3/NaOH เท่ากับ 0.7 สำหรับทุกอัตราส่วน FA/Clay และ L/FA อัตราส่วน L/FA ที่เหมาะสม และปริมาณความชื้นเหมาะสม (OMC) แปรผกผันกับอัตราส่วน FA/Clay ขนาดของตัวอย่างไม่มีผลกระทบต่ออัตราส่วนผสมที่เหมาะสม แต่มีผลต่ออุณหภูมิความร้อนและระยะเวลาในการบ่ม ตัวอย่างขนาดใหญ่ต้องการอุณหภูมิความร้อนที่สูงและระยะเวลาบ่มที่นานในการเร่งปฏิกิริยาจีโอโพลิเมอร์ไรเซชั่น พลังงานความร้อนต่อน้ำหนัก (E/W) ถูกนำเสนอขึ้นเพื่อรวมอิทธิพลของอุณหภูมิความร้อน ระยะเวลาและน้ำหนักของตัวอย่าง ตัวอย่างที่มีอัตราส่วน FA/clay สูงต้องการ E/W ต่ำ ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังอัดและ E/W มีประโยชน์ต่อภาคอุตสาหกรรมในการกำหนดพลังงานความร้อนเพื่อให้ได้ตัวอย่างที่มีกำลังอัดและน้ำหนักตามความต้องการ

งานวิจัยในส่วนสุดท้าย ศึกษาความต้านทานต้านสารละลายโซเดียมซัลเฟตความเข้นข้น 5% และสารละลายแมกนีเซียมซัลเฟตความเข้นข้น 5% ของดินเถ้าลอยจีโอโพลิเมอร์ และดินปูนซีเมนต์ อัตราส่วนผสมของดินเถ้าลอยจีโอโพลิเมอร์คือ อัตราส่วน Na_2SiO_3/NaOH ที่ 0.7, L/FA ที่ 0.6, FA/Clay ที่ 0.3 และปริมาณความชื้นของตัวอย่างที่ปริมาณความชื้นที่เหมาะสม (OMC)

อัตราส่วนผสมของดินซีเมนต์คือ ปริมาณความชื้นของตัวอย่างที่ 1.2OMC และอัตราส่วน cement/Clay ที่ 0.3 ผลทดสอบแสดงให้เห็นว่าดินเถ้าลอยจีโอโพลิเมอร์มีความต้านทานสารละลายซัลเฟตสูงกว่าดินซีเมนต์ ผลการศึกษาด้านโครงสร้างทางจุลภาคแสดงให้เห็นว่าตัวอย่างทั้งสองชนิดเกิดยิปซัมและเอสทริงไกต์ ซึ่งเห็นได้ชัดกับตัวอย่างดินซีเมนต์ สารละลายแมกนีเซียมซัลเฟตทำลายโครงสร้างของดินเถ้าลอยจีโอโพลิเมอร์และดินซีเมนต์สูงกว่าสารละลายโซเดียมซัลเฟต ดินเถ้าลอยจีโอโพลิเมอร์มีความต้านทานสารละลายซัลเฟตสูงกว่าดินซีเมนต์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สาขาวิชา วิศวกรรมโยธา ลายมือชื่อนักศึกษา _____

ปีการศึกษา 2556 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา _____

PATIMAPON SUKMAK : STRENGTH AND DURABILITY OF CLAY-FLY ASH GEOPOLYMER. THESIS ADVISOR : PROF. SUKSUN HORPIBULSUK, Ph.D., 168 PP.

STRENGTH/MICROSTRUCTURE/ HEAT ENERGY PER WEIGHT/SULPHATE

This thesis consists of three main parts. First part presents the possibility of using a silty clay as fine aggregates to develop geopolymer and fly ash, FA as a pozzolanic material. A liquid alkaline activator, L is a mixture of sodium silicate solution (Na_2SiO_3) and sodium hydroxide solution (NaOH). The Na_2SiO_3/NaOH ratio required for the clay–FA geopolymer is less than that of the FA geopolymer. For a given Na_2SiO_3/NaOH content, the strength increases with increasing the liquid alkaline activator. The excess input alkaline activator causes the precipitation at very early stage before the condensation process in geopolymerization. The very high temperature and excess heat duration cause the micro-cracks on the specimens.

Second part presents the strength development with different influential factors for the manufacturing of clay–FA geopolymer. The studied factors are ingredients (FA/clay ratio, Na_2SiO_3/NaOH ratio, L/FA ratio and molding moisture content), specimen sizes, heat temperature and duration. The optimum Na_2SiO_3/NaOH ratio is 0.7 for all FA/clay ratios, L/FA ratios and specimen sizes tested. The optimum L/FA ratio and molding moisture content decrease as the FA/clay ratio increases. The optimum ingredient is irrespective of specimen size. The larger specimens require higher heat temperature and longer duration for the geopolymerization development. The heat energy per weight (E/W) concept integrates the role of heat temperature, duration and specimen weight on the geopolymerization.

The specimens with high FA/clay ratio require low heat energy per weight (E/W). The relationship between strength and E/W is very useful for production industry to estimate the heat temperature and duration to attain the target strength for the required weight in making clay–FA geopolymer brick.

Last part examines the resistance ability of two different cementitious systems prepared using silty clay as a major component against 5% sodium sulfate and 5% magnesium sulfate solutions. The two cementitious systems are clay-Portland cement and clay-FA geopolymer. The clay–FA geopolymer is a mixture of FA/clay ratio at 0.3 by soil mass, Na_2SiO_3/NaOH ratio at 0.7, L/FA ratio at 0.6 and at optimum moisture content (OMC). For the clay-cement, a cement/clay ratio of 0.3 by soil mass and the molding moisture content providing the highest strength at 1.2OMC are used. The physical performance of clay-FA geopolymer when exposed to sulphate solution is better than that of clay-cement. Gypsum and ettringite phases are present in both specimens, especially in the clay-cement. The exposure to magnesium sulphate solution causes more degradation in both clay-FA geopolymer and clay-cement system than the exposure to sodium sulphate. Overall, clay-FA geopolymers show better resistance to sulphate attack than clay-cement mixtures.

School of Civil Engineering Student's Signature _____

Academic Year 2013 Advisor's Signature _____