อภิชิต คำภาหล้า : คุณสมบัติทางกลของดินเหนียวปนดินตะกอนปรับปรุงด้วยกากแคลเซียมคาร์ไบด์และเถ้าลอย (MECHANICAL PROPERTIES OF CALCIUM CARBIDE RESIDUE - FLY ASH STABILIZED SILTY CLAY) อาจารย์ที่ปรึกษา : ศาสตราจารย์ ดร.สุขสันติ์ หอพิบูลสุข, 148 หน้า.

วิทยานิพนธ์นี้มีจุดประสงค์ที่จะทำการศึกษาถึงกลไกการควบคุมคุณสมบัติทางวิศวกรรมของดินเหนียวปนดินตะกอนที่มีปัญหา โดยใช้กากแคลเซียมคาร์ไบด์ (CCR) และเถ้าลอย (FA) เพื่อเป็นแนวทางในการกำหนดสัดส่วนการผสมที่ดีที่สุดสำหรับการปรับปรุงในดินเหนียวและศึกษาความเป็นไปได้ในการนำดินเหนียวปนดินตะกอนผสมกากแคลเซียมคาร์ไบด์มาใช้เป็นวัสดุหมุนเวียน (recycled materials) ในงานโครงสร้างชั้นทางกากแคลเซียมคาร์ไบด์เป็นวัสดุขยะที่เหลือจากปฏิกิริยาเคมีในการผลิตก๊าซอะเซทิลีน (C_2H_2)กระบวนการผลิตก๊าซอะเซทิลีน ใช้แคลเซียมคาร์ไบด์(CaC_2) ซึ่งมีสภาพเป็นของแข็งทำปฏิกิริยากับน้ำและเกิดก๊าซอะเซทิลีน(C_2H_2) และแคลเซียมไฮดรอกไซด์($Ca(OH)_2$) หลังจากกระบวนการผลิตกากแคลเซียมคาร์ไบด์จะถูกแช่ในน้ำ กากแคลเซียมคาร์ไบด์ประกอบไปด้วยแคลเซียมไฮดรอกไซด์เป็นหลัก องค์ประกอบทางเคมีของกากแคลเซียมคาร์ไบด์คล้ายกับปูนขาว เถ้าลอยเป็นหนึ่งในวัสดุปอซโซลานที่ได้จากการเผาถ่านหินเพื่อเป็นพลังงานในการผลิตกระแสไฟฟ้า ผลการศึกษาพบว่า การผสมเหนียวปนดินตะกอนด้วยกากแคลเซียมคาร์ไบด์จะช่วยลดความเป็นพลาสติกปริมาณน้ำที่เหมาะสมของการบดอัดมีค่าเพิ่มขึ้นตามการลดลงของหน่วยน้ำหนักแห้งสูงสุด CCR- fixation point ซึ่งประมาณได้จากการทดสอบดัชนีพลาสติกเป็นตัวแปรที่เหมาะสมต่อการกำหนดอัตราส่วนผสม ปริมาณน้ำที่เหมาะสมในการบดอัดให้กำลังอัดและความทนทานสูงสุดและให้การบวมตัวขยายตัวและการยุบตัวต่ำสุด การพัฒนากำลังของดินเหนียวปนดินตะกอนผสมกากแคลเซียมคาร์ไบด์แบ่งออกเป็น 3 โซน ได้แก่ active zone, inert zone และ deteriorationzone ใน inert zone และ deterioration zoneเมื่อผสมเถ้าลอยในปริมาณที่เหมาะสม แคลเซียมไฮดรอกไซด์ส่วนเกิน (free lime) ที่มีอยู่อย่างหนาแน่นในกากแคลเซียมคาร์ไบด์จะทำปฏิกิริยาปอซโซลานกับซิลากาและอลูมินาในเถ้าลอย มีผลทำให้เกิดการพัฒนากำลังและความคงทนอย่างมีนัยยะสำคัญด้วยเหตุนี้เองเถ้าลอยจึงจัดเป็นวัสดุที่ปรับปรุงกำลังและความทนทานของดินเหนียวผสมกากแคลเซียมคาร์ไบด์ ปริมาณที่เหมาะสมที่สุดของเถ้าลอยประมาณร้อยละ 20 ของน้ำหนักดินแห้ง ความคงทนมีความสัมพันธ์โดยตรงกับกำลังอัดแกนเดียวในสภาวะเริ่มต้น (ก่อนกระบวนการเปียกสลับแห้ง) ดังนั้น กำลังอัดแกนเดียวของดินภายใต้กระบวนการเปียกสลับแห้งจึงสามารถประมาณได้จากกำลังอัดแกนเดียวในสภาวะเริ่มต้น ประโยชน์ที่ได้จากการวิจัยนี้ทำให้สามารถประมาณกำลังอัดของดินตัวอย่างที่ต้องออกแบบ เพื่อให้

มีกำลังอัดเพียงพอในขณะใช้งานผลจากวิเคราะห์ด้วยภาพถ่ายขยายกำลังสูงและการวิเคราะห์ขนาดคละแสดงให้เห็นว่าอนุภาคของดินเหนียวปนดินตะกอนผสมกากแคลเซียมคาร์ไบด์ปั้นใหม่มีขนาดใหญ่กว่าอนุภาคของกากแคลเซียมคาร์ไบด์และดินเหนียวปนดินตะกอนเดิม เนื่องจากผลของปฏิกิริยาปอซโซลาน การหดตัวเชิงเส้นและอัตราส่วนการบวมตัวอิสระของวัสดุหมุนเวียนมีค่าลดลงจากเดิมอย่างเห็นได้ชัดเจน ที่พลังงานการบดอัดและอัตราส่วนของกากแคลเซียมคาร์ไบด์เดียวกัน ค่าหน่วยน้ำหนักดินแห้งของวัสดุหมุนเวียนมีค่าต่ำกว่าตัวอย่างดินที่ปรับปรุงด้วยกากแคลเซียมคาร์ไบด์ ผลของพฤติกรรมนี้เกิดจากความแข็งแรงที่ผิวของอนุภาคเม็ดดินต่อต้านอิทธิพลของการบดอัด ผลจากการพัฒนากำลังและการลดลงของอัตราส่วนช่องว่างกับเวลา เป็นสิ่งยืนยันว่าปฏิกิริยาปอซโซลานยังคงพัฒนาอย่างต่อเนื่องหลังจากการปั้นใหม่ ลักษณะนี้แสดงเป็นนัยยะว่าปฏิกิริยาปอซโซลานส่วนใหญ่เกิดขึ้นบนผิวของอนุภาคของดินเหนียวและกากแคลเซียมคาร์ไบด์ การปั้นใหม่ของดินเหนียวปนดินตะกอนผสมกากแคลเซียมคาร์ไบด์เป็นการทำให้แรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาคเม็ดดินจากพันธะเชื่อมประสานที่เกิดจากปฏิกิริยาปอซโซลานระหว่างอนุภาคของดินเหนียวและกากแคลเซียมคาร์ไบด์แตกและแยกออกจากกัน อนุภาคของดินเหนียวที่แตกออกและกากแคลเซียมคาร์ไบด์ที่เหลืออยู่สามารถทำปฏิกิริยาต่ออย่างเมื่อทำการผสมน้ำและบดอัดใหม่ ผลจากการวิจัยนี้สนับสนุนความเป็นไปได้ในการปรับปรุงโครงสร้างชั้นทางด้วยกากแคลเซียมคาร์ไบด์และเถ้าลอย รวมทั้งวัสดุหมุนเวียนจากดินเหนียวที่ปรับปรุงด้วยกากแคลเซียมคาร์ไบด์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา ลายมือชื่อนักศึกษา_____

ปีการศึกษา 2555 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา_____

APICHIT KUMPALA : MECHANICAL PROPERTIES OF CALCIUM CARBIDE RESIDUE - FLY ASH STABILIZED SILTY CLAY. THESIS ADVISOR : PROF. SUKSUN HORPIBULSUK, Ph.D., P.E., 148 PP.

ENGINEERING PROPERTIES/POZZOLANIC REACTION/SOIL STABILIZATION/ WETTING-DRYING CYCLES / RECYCLED MATERIALS

This thesis aims at investigating the mechanism controlling the engineering properties of a problematic soil by calcium carbide residue (CCR) and fly ash (FA), to determine the optimal mix proportion for the other clayey soils stabilized and to examine the possibility of using the recycled CCR-FA stabilized clay as fill and pavement materials. The CCR is a by-product of acetylene (C_2H_2) production process through the hydrolysis of calcium carbide (CaC_2). The CCR is generated as an aqueous slurry and is composed essentially of calcium hydroxide ($Ca(OH)_2$) with minor parts of calcium carbonate ($CaCO_3$), unreacted carbon and silicates. The chemical composition of the CCR is similar to those of the hydrated lime. Fly ash (FA) is one of the waste pozzolanic materials extracted from flue gases of a furnace fried with coal of an electric power plant. Its generation is far in excess of utilization. This thesis presents engineering properties of the CCR stabilized silty clay and the recycled CCR stabilized silty clay to ascertain its performance in pavement base and subbase applications. The input of CCR, which reduces the plasticity index of the clay, increases the optimum water content, *OWC* and decreases the maximum dry unit weight, $\gamma_{d,\,max}$ of the stabilized clay. The CCR fixation point simply obtained from the index test is proved as a practical indicator for determining the CCR content to obtain the required engineering properties at a particular molding water content. For a

particular CCR content, the optimum water content is the most appropriate in terms of strength, and durability. The strength improvement is classified into three zones: active, inert and deterioration. In the inert and deterioration zones, the input fly ash at optimal content reacts with the excess $Ca(OH)_2$ from the CCR and hence a significant improvement of the strength and durability. The optimal FA content is found at about 20%. The strength analysis shows that the durability is directly related to the unsoaked strength (prior to the w-d cycles). Consequently, the relationship between the w-d cycle strength and unsoaked strength is proposed. It is useful for quick determination of the unsoaked strength for mix design to attain the target strength at the design service life.Scanning electron microscopic images show that the recycled particles are larger than the CCR and clay particles due to the attached pozzolanic products. The large grains reduce linear shrinkage and free swell ratio of the recycled material. For the same compaction energy and CCR content, the unit weight of the recycled material is lower than that of the stabilized clay because the harder attached pozzolanic products resist the compaction. The strength development and the reduction in void ratio with time confirm that the pozzolanic reaction still prevails even after remolding. The remolding of stabilized clay breaks down the cementitious bonds between the CCR-clay clusters and the unreacted CCR and clay particles in the clusters are then free to interact with water. The research outcome reinforces the possibility of using the recycled CCR stabilized clay as fill and pavement materials.

School of Civil Engineering

Academic Year 2012

Student's Signature _____

Advisor's Signature _____