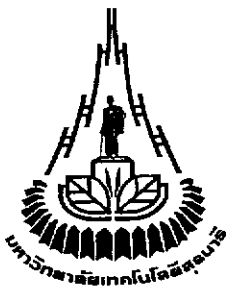
รหัสโครงการ SUT7-712-46-12-38



รายงานการวิจัย

การเพิ่มกำลังของดินเหนียวและดินตะกอนโดยการผสมซีเมนต์สำหรับงานฐานราก

(Strength Improvement of Clays and Silts Admixed with Cement for Foundation Works)

คณะผู้วิจัย

หัวหน้าโครงการ

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุขสันติ์ หอพิบูลสุข

สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา

สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ปีงบประมาณ 2546

ผลงานวิจัยเป็นความรับผิดชอบของหัวหน้าโครงการวิจัยแต่เพียงผู้เดียว

มิถุนายน 2547

บทคัดย่อ

ดินเป็นวัสดุธรรมชาติ ซึ่งมักจะมีคุณสมบัติที่ไม่เหมาะสมกับงานก่อสร้าง และจำเป็นต้องปรับปรุงคุณสมบัติทางวิศวกรรม การปรับปรุงด้วยซีเมนต์เป็นวิธีการหนึ่งที่ได้รับความนิยม เนื่องจากเป็นวิธีที่เพิ่มกำลังอัดของดินได้ในระยะเวลาอันสั้น วิธีการปรับปรุงและการเพิ่มขึ้นของกำลังหลังปรับปรุงแล้วจะขึ้นอยู่กับสถานะของดิน (สถานะเหลวหรือสถานะแห้ง) เริ่มต้น ความพยายามจะศึกษาถึงอิทธิพลของปัจจัยดังกล่าวได้ถูกจัดทำขึ้นในงานวิจัยนี้ โดยใช้ดินเหนียวกรุงเทพและดินลูกรัง สำหรับการปรับปรุงดินในสถานะเหลวและสถานะแห้ง ตามลำดับ

ในสถานะเหลว โดยระบบดินเหนียวและน้ำ (Clay-water system) ดินสามารถสร้างโครงสร้าง (Structure) ได้ ดังนั้น การปรับปรุงจึงเป็นเพียงการผสมดินเข้ากับซีเมนต์ เมื่อระยะบ่มเพิ่มขึ้น พันธะซีเมนต์จะแข็งแรงและทำให้กำลังอัดสูงขึ้น จากการศึกษาพบว่า อัตราส่วนดินเหนียว-น้ำ/ซีเมนต์ และระยะบ่ม เป็นตัวแปรหลักที่ควบคุมการเพิ่มขึ้นของกำลังอัด งานวิจัยนี้ได้นำเสนอความสัมพันธ์ระหว่างกำลังอัดและตัวแปรหลักเหล่านี้ ซึ่งมีประโยชน์อย่างมากในการทำนายกำลังอัดของดินเหนียวซีเมนต์ที่ปริมาณความชื้น ปริมาณซีเมนต์ และระยะบ่ม ใดๆ เมื่อมีผลทดสอบกำลังอัดอย่างน้อยหนึ่งผลทดสอบ สมการดังกล่าวคือ

$$\left\{\frac{q_{(w_c/C)_D}}{q_{(w_c/C)_{28}}}\right\} = 1.05^{\{(w_c/C)_{28}-(w_c/C)_D\}}(0.491+0.154\ln D)$$

ในสถานะแห้ง ดินอยู่ในระบบดิน น้ำ และอากาศ (soil-water-air system) ดังนั้นในการปรับปรุง จึงจำเป็นต้องใส่พลังงานบดอัดเพื่อทำให้ดินและซีเมนต์จับตัวกันเป็นเนื้อเดียวกัน ด้วยเหตุนี้เอง ตัวแปรที่อิทธิพลนอกเหนือจากอัตราส่วนดินเหนียว-น้ำ/ซีเมนต์ และระยะบ่ม คือพลังงานการบดอัด จากผลทดสอบพบว่า กำลังอัดของดินซีเมนต์บดอัดจะมีค่าสูงสุดที่ปริมาณความชื้นเหมาะสม ซึ่งแตกต่างจากผลทดสอบการบดอัดดินไม่ผสมซีเมนต์ ทั้งนี้เนื่องจากปริมาณความชื้นเหมาะสมเป็นตำแหน่งซึ่งมีปริมาณน้ำในดินเพียงพอที่จะทำให้เกิดปฏิกิริยาไฮเดรชั่น นอกจากนี้ กำลังอัดด้านเปียกของปริมาณความชื้นเหมาะสมแปรผันตามอัตราส่วนดิน-น้ำ/ซีเมนต์ เช่นเดียวกับดินที่ได้รับการปรับปรุงโดยการผสมซีเมนต์ในสถานะเหลว กำลังอัดของดินลูกรังซีเมนต์บดอัด ที่อายุบ่ม 7 วัน ที่ปริมาณความชื้น และปริมาณซีเมนต์ใดๆ สามารถประมาณได้จากสมการดังต่อไปนี้

$$q_u = \frac{3717.2}{1.41^{(m_f/C)}}$$ ด้านเปียกของปริมาณความชื้นเหมาะสม

$$\frac{q_u}{q_{max}} = 0.199 + 0.817\left(\frac{m_f}{OMC_{am}}\right)$$ ด้านแห้งของปริมาณความชื้นเหมาะสม

ABSTRACT

Soils are materials that are not "made to order" and thus do not always exhibit the properties desired for construction. The cement improvement is one of the most extensively used means since the strength of the improved soils increases within a short period. The techniques of improvement and the strength development are dependent upon the initial state of the soils either liquid or dry states. An attempt to investigate this effect has been done in this research. Bangkok clay and lateritic soil are used to study the improvement in liquid and plastic states, respectively.

In liquid state, due to the clay-water system, the clay would form its structure. As such the improvement of the clay is only to admix the cement. The cementation bond strength increases as the increase in curing time, resulting in higher compressive strength. It is found from this study that the clay-water/cement ratio and curing time are the prime parameters governing the strength development. The relationship among the compressive strength and these prime parameters are introduced, which is useful for assessing the strength of cement admixed clays at any water content, cement content and curing time. The relationship is shown as follows.

$$\left\{\frac{q_{(w_c/C)_D}}{q_{(w_c/C)_{28}}}\right\} = 1.05^{\{(w_c/C)_{28}-(w_c/C)_D\}}(0.491+0.154\ln D)$$

In dry state, soil is in the soil-water-air system. To improve this soil, the compactive energy is needed so that the soil and cement can be transferred to a homogenous mass. Thus, besides the clay-water/cement ratio, the compactive energy is one of the prime parameters. It is shown that maximum compressive strength is attained at the optimum moisture content which is different from that of compacted soils. This is because the optimum moisture is the state in which the water is suitable for hydration. In addition, the compressive strength at wet side of optimum moisture content depends upon the soil-water/cement ratio similar to that of cement admixed clay. The compressive strength of the cement stabilized lateritic soil at 7 days of curing and at any water content and cement content can be estimated from:

$$q_u = \frac{3717.2}{1.41^{(m_f/C)}} \qquad \text{Wet side of optimum water content}$$

$$\frac{q_u}{q_{max}} = 0.199+0.817\left(\frac{m_f}{OMC_{am}}\right) \qquad \text{Dry side of optimum water content}$$