| | |
|---|---|
| **ชื่อเรื่องวิทยานิพนธ์** | โมดูลัสการคืนตัวของวัสดุมวลรวมในภาคเหนือของประเทศไทยที่ปรับปรุงคุณสมบัติด้วยปูนซีเมนต์ |
| **ชื่อผู้เขียน** | นางสาวจีริกุล บุญคำ |
| **วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต** | สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา |
| **คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์** | ผศ. ดร. อนิรุทธ์ ธงไชย ประธานกรรมการ<br>รศ. สุเทพ นิ่มนวล กรรมการ<br>ผศ. ดร. บุญเทพ นาเนกรังสรรค์ กรรมการ<br>ศ. ดร. ดิเรก ลาวัณย์ศิริ กรรมการ |

## บทคัดย่อ

วิทยานิพนธ์นี้มีวัตถุประสงค์ในการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างค่าโมดูลัสการคืนตัวกับคุณสมบัติจากการทดสอบกำลังรับแรงอัดทางเดียวของวัสดุมวลรวมในภาคเหนือของประเทศไทยที่ปรับปรุงคุณสมบัติด้วยปูนซีเมนต์ โดยในการศึกษาได้เก็บตัวอย่างดินจากแหล่งต่างๆ 3 ชนิด คือ ดินลูกรัง ดินกรวด และ ดินจากหินแกรนิตผุ ทำการผสมด้วยปูนซีเมนต์ในอัตราส่วนผสมร้อยละ 2 ถึง 10 และบดอัดตัวอย่างดินที่ระดับความแน่นเท่ากับความแน่นแห้งสูงสุด และบ่มที่สภาพความชื้นที่อุณหภูมิห้องจนอายุครบ 7 วัน ก่อนนำไปทำการทดสอบหาค่ากำลังรับแรงอัดทางเดียวควบคู่กับการทดสอบหาค่าโมดูลัสการคืนตัว โดยวิธีการให้แรงดึงทางอ้อมและวิธีให้แรงอัดสามแกน

ในการทดสอบกำลังรับแรงอัดทางเดียวพบว่า ค่ากำลังรับแรงอัดทางเดียวของตัวอย่างดินทั้งสามชนิดเพิ่มขึ้นเป็นสัดส่วนกับปริมาณปูนซีเมนต์ที่ใช้ผสม แต่อัตราการเพิ่มนี้จะแตกต่างกันไปตามชนิดของดิน โดยพบว่าดินกรวดและดินจากหินแกรนิตผุที่มีขนาดคละค่อนข้างดีและมีมวลละเอียดปนน้อย มีอัตราการเพิ่มของกำลังรับแรงอัดทางเดียวสูงกว่าดินลูกรังที่มีขนาดคละด้อยกว่า

และมีมวลละเอียดที่มีความเหนียวปนมากกว่า ในส่วนของความสัมพันธ์ระหว่างแรงเค้นและความเครียดนั้นพบว่า ค่าโมดูลัสยืดหยุ่น $E_{50}$ ก็เพิ่มขึ้นเป็นสัดส่วนกับปริมาณปูนซีเมนต์ที่ใช้ผสมเช่นเดียวกัน โดยพบว่าดินกรวดซึ่งมีขนาดคละดีและมีเม็ดหยาบที่แกร่งมีอัตราการเพิ่มมากที่สุด ส่วนดินจากหินแกรนิตผุซึ่งมีเม็ดหยาบเปราะแตกหักได้ง่ายกว่ามีค่าโมดูลัสยืดหยุ่น $E_{50}$ ต่ำกว่าของดินกรวดแม้ว่าดินทั้งสองชนิดจะมีลักษณะการกระจายขนาดคละและความเหนียวใกล้เคียงกัน สำหรับดินลูกรังที่มีขนาดคละด้อยกว่าและมีความเหนียวมากกว่ามีอัตราเพิ่มน้อยที่สุด นอกจากนี้ยังพบว่าค่าโมดูลัสความยืดหยุ่น $E_{50}$ มีแนวโน้มที่จะสัมพันธ์กับค่ากำลังรับแรงอัดทางเดียวในรูปสมการเส้นตรงสำหรับดินทั้งสามชนิด โดยจะเป็นสมการเดียวกันได้สำหรับดินลูกรังและดินจากหินแกรนิตผุ แต่สำหรับดินกรวดสมการเส้นตรงมีความชันมากกว่า

จากการทดสอบหาค่าโมดูลัสการคืนตัวพบว่าค่าโมดูลัสการคืนตัวจากการทดสอบโดยวิธีให้แรงดึงทางอ้อมมีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงตามคุณสมบัติของดินและปริมาณปูนซีเมนต์ที่ผสมเหมือนกับค่าโมดูลัสยืดหยุ่น $E_{50}$ แต่ค่าที่ได้จะสูงกว่าและยังพบว่า ค่าโมดูลัสการคืนตัวที่ทดสอบได้ในการศึกษาครั้งนี้มีค่าสูงกว่าค่าที่รายงานโดยผู้วิจัยอื่น ทั้งนี้คาดว่าเป็นเพราะระดับแรงกระทำที่ใช้ในการทดสอบค่อนข้างต่ำคือประมาณร้อยละ 3.0 ของค่ากำลังรับแรงอัดทางเดียว ส่วนค่าโมดูลัสการคืนตัวจากการทดสอบแบบให้แรงอัดสามแกนไม่แสดงแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงตามชนิดของดินและปริมาณปูนซีเมนต์ที่ใช้ผสมอย่างชัดเจน

จากการวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ระหว่างโมดูลัสการคืนตัวจากวิธีทดสอบแบบให้แรงดึงทางอ้อมกับกำลังรับแรงอัดทางเดียวพบว่าความสัมพันธ์จะแตกต่างกันไปตามชนิดของดิน อย่างไรก็ตามเมื่อนำเอาค่าโมดูลัสการคืนตัวมาเทียบหาความสัมพันธ์กับค่าโมดูลัสยืดหยุ่นจากการทดสอบกำลังรับแรงอัดทางเดียวพบว่า สามารถใช้สมการความสัมพันธ์ $M_R = 21 (E_{50})$ ได้กับดินทั้งสามชนิด ซึ่งสมการนี้มีค่าสัมประสิทธิ์ตัวกำหนดเท่ากับ 0.893 และมีความเชื่อถือได้ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

| | |
|---|---|
| **Thesis Title** | Resilient Modulus of Cement Stabilized Soil Aggregates of Northern Thailand |
| **Author** | Ms. Jeerikun Boonkhum |
| **M. Eng** | Civil Engineering |

| **Examining Committee** | | |
|---|---|---|
| | Asst. Prof. Dr. Aniruth Thongchai | Chairman |
| | Assoc. Prof. Suthep Nimnual | Member |
| | Asst. Prof. Dr. Boonthep Nanegrungsun | Member |
| | Prof. Dr. Direk Lavansiri | Member |

# ABSTRACT

The purpose of the study in this thesis is to investigate relationships between values of resilient modulus and engineering properties determined from unconfined compression test for cement stabilized soil aggregates of Northern Thailand. Three types of soil aggregates were used in this study: Laterite, Terrace Gravel and Decomposed Granite. The soil aggregates were mixed with cement in the range of 2 to 10 percent by weight and compacted to their maximum dry density at optimum moisture content values. The compacted cement stabilized soil samples were cured for 7 days under room temperature and moisture conditions before subjected to unconfined compression or repeated load tests. Repeated load indirect tensile and triaxial compression tests were used to determine the values of resilient modulus.

Results from unconfined compression test indicate that values of unconfined compressive strength of the different soils increase with the increases in cement contents at varying constant rates. For the Terrace Gravel and Decomposed Granite which are well graded and containing only

small amount of fines, the rate of increase in unconfined compressive strength with cement contents are equal with each other but higher than in case of the Laterite which is poorly graded and containing more fines. Values of elastic modulus $E_{50}$ determined from stress – strain relationship of unconfined compression test were also found to be increasing linearly with cement contents. For the Terrace Gravel which is well graded and has low percentage of wear, the rate of increase in modulus values with cement contents was found to be highest. For the Decomposed Granite which has higher percentage of wear, the rate of increase was found to be lower than Terrace Gravel even though both soils are of almost of the same grain size distribution and plasticity. For the Laterite, the rate of increase in elastic modulus with cement contents was found to be lowest. Furthermore, it was found that elastic modulus $E_{50}$ values show good linear correlation with unconfined compressive strength values for all type of soils. Correlations for the Laterite and the Decomposed Granite are almost unique while the linear correlation of the Terrace Gravel seems to have steeper slope.

Values of resilient modulus from indirect tensile test show similar trends of changes with soil properties and cement contents as those of the elastic modulus $E_{50}$ values. Values of resilient modulus are however found to be higher than elastic modulus $E_{50}$ values and also higher than resilient modulus values as reported by other researchers. This was thought to be due to the low stress level used in the repeated load test of this study (about 3.0 percent of unconfined compressive strength). Results of the repeated load triaxial test indicate that values of resilient modulus do not vary significantly with soil types and cement contents.

Correlations between resilient modulus from indirect tensile test and unconfined compressive strength values were found to vary for the different soil types. But a unique empirical correlation between resilient modulus and elastic modulus $E_{50}$ values was found for all the soils used in this study. This empirical correlation, $M_R = 21\ (E_{50})$, has coefficient of determination of 0.893 and 95 percent confidence level.