**ชื่อเรื่องวิทยานิพนธ์** การวิเคราะห์กำแพงดินเสริมกำลังที่ใช้ดินที่มีแรงเชื่อมแน่นเป็นวัสดุถมโดยวิธีไฟไนท์อิลลิเมนต์

**ผู้เขียน** นายเกรียงไกร เมืองโคตร

**ปริญญา** วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (วิศวกรรมโยธา)

**อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์** ผศ. ดร. อนิรุทธ์ ธงไชย

## บทคัดย่อ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ศึกษาคุณสมบัติการรับแรงของดินที่มีแรงเชื่อมแน่นจากแหล่งดินธรรมชาติที่มีการนำไปใช้ในการก่อสร้างกำแพงดินเสริมกำลังในพื้นที่ภูเขาในเขตจังหวัดเชียงใหม่ 3 แหล่ง เพื่อทำการประเมินค่าคุณสมบัติของดินสำหรับใช้ในการวิเคราะห์พฤติกรรมการรับแรงของกำแพงดินเสริมกำลังโดยวิธีไฟไนท์อิลลิเมนต์ โดยในการศึกษาคุณสมบัติดินนั้นได้ทำการเตรียมแท่งตัวอย่างดินบดอัดแน่น นำไปทดสอบแรงอัดสามแกนแบบอัดตัวไม่ระบายน้ำและทดสอบการเฉือนโดยตรง นอกจากนี้ยังได้ทดสอบการเฉือนโดยตรงเพื่อหาค่าความต้านทานแรงเฉือนที่ผิวสัมผัสระหว่างดินกับวัสดุเสริมกำลังเป็นชนิดคอมโพสิตจีโอเท็กซ์ไทล์ ค่าคุณสมบัติที่ได้จากการทดสอบต่างๆ ได้ถูกนำไปใช้เป็นแนวทางในการกำหนดแผนในการวิเคราะห์พฤติกรรมการรับแรงของกำแพงดินเสริมกำลังโดยวิธีไฟไนท์อิลลิเมนต์ ภายใต้เงื่อนไขการเปลี่ยนแปลงของค่าตัวแปรต่างๆ และผลจากการวิเคราะห์ถูกนำไปสร้างเป็นแผนภูมิการออกแบบกำแพงดินเสริมกำลังที่ใช้ดินที่มีแรงเชื่อมแน่นเป็นวัสดุถม

จากการตรวจสอบลักษณะชั้นดินที่แหล่งเก็บตัวอย่างพบว่า ตัวอย่างดินจากทั้งสามแหล่ง เป็นดินเกิดในที่จากการสลายตัวของหินแกรนิตหรือหินทราย ซึ่งผลจากการทดสอบจำแนกประเภทดินในห้องปฏิบัติการบ่งชี้ว่า ตัวอย่างดินต่างๆ มีองค์ประกอบแปรปรวนอยู่ระหว่างทรายปนซิลท์ถึงทรายปนดินเหนียว และผลจากการทดสอบแรงอัดสามแกนให้ค่าสัมประสิทธิ์มุมเสียด

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ทานอยู่ระหว่าง 33 – 39 องศา กับค่าสัมประสิทธิ์แรงยึดเหนี่ยวระหว่าง 0 - 15 กิโลนิวตันต่อตารางเมตร โดยคุณสมบัติความสัมพันธ์ระหว่างแรงเค้นกับความเครียดสามารถจำลองด้วยสมการไฮเปอร์โบลาได้ค่อนข้างดี สำหรับกำลังรับแรงเฉือนที่ผิวสัมผัสระหว่างดินกับวัสดุเสริมกำลังนั้นพบว่า มีค่าอยู่ระหว่าง 0.7 – 0.9 เท่าของค่ากำลังรับแรงเฉือนของดินถม

ในการวิเคราะห์หาค่าความปลอดภัยของกำแพงดินเสริมกำลังนั้นพบว่า การใช้วิธีไฟไนท์อิลลิเมนต์วิเคราะห์โดยการเพิ่มแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลาง จะให้ค่าความปลอดภัยสูงกว่าการวิเคราะห์โดยวิธีพื้นฐานเล็กน้อย และระนาบการวิบัติที่ประเมินจากตำแหน่งที่เกิดแรงดึงในวัสดุเสริมกำลังสูงสุด มีลักษณะเป็นเส้นโค้งและอยู่ในแนวที่ใกล้เคียงกับสมมุติฐานระนาบวิบัติแบบไบลิเนียร์ ในส่วนของการเลือกใช้ค่าตัวแปรคุณสมบัติดินในการวิเคราะห์โดยวิธีไฟไนท์อิลลิเมนต์นั้นพบว่า การเปลี่ยนแปลงค่าโมดูลัสความยืดหยุ่นอยู่ในช่วงไม่เกิน 10 เท่าจะไม่มีผลให้ค่าความปลอดภัยเปลี่ยนแปลงมากนัก นอกจากนี้ยังพบว่าการจำลองคุณสมบัติดินแบบอีลาสติก – พลาสติกด้วยสมการ มอร์ – คูลอมบ์ กับการจำลองคุณสมบัติดินด้วยสมการไฮเปอร์โบลาก็ไม่ส่งผลให้ค่าความปลอดภัยเปลี่ยนแปลงมากเช่นกัน

ในการวิเคราะห์เพื่อศึกษาอิทธิพลของการเพิ่มขึ้นของค่าสัมประสิทธิ์แรงยึดเหนี่ยวต่อค่าความปลอดภัยของกำแพงดินเสริมกำลังพบว่า การเพิ่มขึ้นของค่าสัมประสิทธิ์แรงยึดเหนี่ยวจาก 0 เป็น 20 กิโลนิวตันต่อตารางเมตร จะทำให้ค่าความปลอดภัยของกำแพงเพิ่มขึ้นได้เกือบเท่าตัว ซึ่งเป็นการบ่งชี้ว่า ดินที่มีแรงเชื่อมแน่นสามารถใช้เป็นวัสดุถมหลังกำแพงดินเสริมกำลังได้เป็นอย่างดี หากมีการจัดการเรื่องการระบายน้ำในดินถมให้ดี

ในการวิเคราะห์หาค่าความปลอดภัยของกำแพงในสภาพเงื่อนไขการเปลี่ยนแปลงค่าตัวแปรต่างๆ เพื่อสร้างแผนภูมิการออกแบบนั้นพบว่า ความยาวพอเหมาะในการเสริมวัสดุเสริมกำลังมีค่าอยู่ระหว่าง 0.72 – 0.85 เท่าของความสูงกำแพง ซึ่งความยาวของวัสดุเสริมกำลังที่เกินจากความยาวพอเหมาะนี้จะมีผลต่อการเพิ่มขึ้นของค่าความปลอดภัยของกำแพงได้ค่อนข้างน้อย โดยค่าความยาวพอเหมาะนี้จะมีค่าลดลงเมื่อค่าสัมประสิทธิ์มุมเสียดทานของดินถมมีค่ามากขึ้น

ในกรณีที่กำหนดให้วัสดุเสริมกำลังมีความยาวน้อยสุดที่ 0.5 เท่าของความสูงกำแพงนั้นพบว่า กำแพงจะมีเสถียรภาพอยู่ได้เมื่อดินถมหลังกำแพงมีกำลังรับแรงเฉือนในรูปของค่าสัมประสิทธิ์แรงยึดเหนี่ยวและสัมประสิทธิ์มุมเสียดทานอยู่ในระดับที่สูงพอ ซึ่งขึ้นอยู่กับความสูงกำแพง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

**Thesis Title** Analysis of Reinforced Earth Walls with Cohesive Backfill by Finite Element Method

**Author** Mr. Grianggrai Muangkot

**Degree** Master of Engineering (Civil Engineering)

**Thesis Advisor** Asst. Prof. Dr. Anirut Tongchai

## ABSTRACT

The objective of this thesis is to investigate strength and deformation properties of three cohesive soils that have been utilized as backfills for reinforced earth wall construction in mountainous areas of Chiang Mai province in order to establish the various soil parameters required for analyzing load deformation behaviors of reinforced earth wall by finite element method (FEM). The soils were prepared as compacted samples and their properties were investigated by series of undrained triaxial compression tests and direct shear tests. Shear strength of the interfaces between soils and a particular type of composite geotextiles to be used as soil reinforcement were also investigated by a series of direct shear tests. Soil parameters established from the investigation were employed in a series of parametric studies by FEM analysis, the results of which were used to establish design tables for reinforced earth wall with cohesive backfills.

From field observations, the three soils used in this study were found to be residual soils from either granite rocks or sandstones. Results of laboratory classification tests indicate the soil compositions varying between silty sand and sandy clay. Undrained triaxial compression tests yielded values of friction angle, $\phi' = 33 - 39$ degree and cohesion, $c' = 0 - 15$ kPa. Stress – strain

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

characteristics from triaxial compression tests were also found to fit well with hyperbolic stress – strain law. Shear strengths at the interfaces between soils and composite geotextiles were found to be approximately 0.7 – 0.9 time shear strength of the soils themselves.

Increasing in gravity loading was used in the FEM analyses to establish safety factor of walls of various heights and reinforcing configurations. Safety factors obtained from these analyses are slightly higher than those obtained from conventional method of analysis in the case of cohesionless backfill. Failure surfaces established by drawing lines joining positions of maximum tension in reinforcements were found to have curving shape resembling by the bilinear failure surface approximation. Changing in elastic modulus values of the backfill in the order of 10 times was found to have insignificant effect on safety factor of the walls. Choices between elastic – plastic and hyperbolic stress – strain model also do not have significant effect on the wall safety factor.

Values of the cohesion parameter, c', of the backfills were found to have major effect on the wall safety factor. Analyses results have shown that increasing in cohesion values from 0 to 20 kPa would almost double the wall safety factor. This finding lead to an obvious conclusion that cohesive soils could by advantageously used as backfills for reinforced earth wall provided that careful considerations were given in providing adequate drainage to keep the backfills in drained conditions.

Optimum reinforcement length for wall of various heights were found to be ranging between 0.72 – 0.85 time the wall height. Increasing in reinforcement length beyond these optimum values would have little effect in increasing in wall safety factors. The values of optimum reinforcement length decrease as the values of friction angle parameters, $\phi$', of the backfill increase.

At a minimum reinforcement length of 0.5 time wall height, a wall would be satisfactorily stable provided that its backfill possess adequately high level of shear strength in term of parameters, c' and $\phi$' depending on the wall height.

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved