

หัวข้อวิทยานิพนธ์

การประยุกต์ใช้เอฟจีซีอีปซัมเป็นสารผสมเพิ่ม  
เพื่อช่วยการขยายตัวของซีเมนต์เกร้าท์

ผู้เขียน

นายณัฐพล บัวบานแย้ม

ปริญญา

วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (วิศวกรรมโยธา)

อาจารย์ที่ปรึกษา

รองศาสตราจารย์ ดร.อนิรุทธิ์ ธงไชย

### บทคัดย่อ

งานวิจัยในวิทยานิพนธ์นี้เป็นการศึกษาความเป็นไปได้ในการนำเอาเอฟจีซีอีปซัม (FGD Gypsum) ไปใช้เป็นสารผสมเพิ่มช่วยการขยายตัวของซีเมนต์เกร้าท์สำหรับงานติดตั้งสมอยึดพื้น (Ground Anchor) ซึ่งเป็นการศึกษาโดยการทดสอบในห้องปฏิบัติการควบคู่กับการทดสอบในสนามจริง โดยในส่วนของการศึกษาในห้องปฏิบัติการเป็นการทดสอบลองส่วนผสม เพื่อตรวจสอบอิทธิพลของปริมาณการผสมเพิ่มด้วยยิปซัมต่อค่ากำลังอัดและการขยายตัวของซีเมนต์เกร้าท์เมื่อแข็งตัว ซึ่งจากการศึกษาพบว่า แม้การผสมเพิ่มด้วยยิปซัมจะส่งผลให้ซีเมนต์เกร้าท์เกิดการขยายตัวได้ดีแต่ก็จะส่งผลให้กำลังรับแรงอัดของซีเมนต์เกร้าท์ลดลงด้วย อย่างไรก็ตามเมื่อมีการนำเอา เถ้าลอยและปูนขาวมาใช้เป็นสารผสมเพิ่มร่วมกับยิปซัมพบว่า จะสามารถทำให้เกิดการขยายตัวของซีเมนต์เกร้าท์ได้โดยไม่ทำให้กำลังรับแรงลดลง หากปริมาณการผสมยิปซัมไม่มากเกินไปเกิน 6% สำหรับส่วนผสมที่ดีที่สุดในการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้คือ ซีเมนต์:เถ้าลอย:ปูนขาวเท่ากับ 90:7:3 เมื่อผสมเพิ่มด้วยยิปซัม 4% จะมีกำลังอัดที่อายุ 28 วันเพิ่มขึ้น 15% และอัตราการขยายตัวเท่ากับ 6%

การทดสอบกำลังรับแรงดึงในห้องปฏิบัติการได้แสดงให้เห็นถึงความสำคัญของสารเกร้าท์ในสถานะที่มีการจำกัดการขยายตัวต่อการเพิ่มขึ้นของกำลังรับแรงดึงออก สถานะการจำกัดการขยายตัวส่งผลให้ค่ากำลังรับแรงดึงออกเพิ่มขึ้นได้เกือบเท่าตัวโดยพบว่าสารเกร้าท์ที่เป็นส่วนผสมของซีเมนต์:เถ้าลอย:ปูนขาว ผสมเพิ่มด้วยยิปซัมจะมีอัตราการขยายตัวอยู่ที่ 3.4% มีค่ากำลังรับแรงดึงออกร้อยละ 26 ของกำลังรับแรงอัดในสถานะที่ถูกจำกัดการขยายตัว เทียบกับร้อยละ 14 ของสารเกร้าท์ชนิดเดียวกันเมื่อไม่อยู่ในสถานะจำกัดการขยายตัว และสารเกร้าท์ที่มีการขยายตัวมากกว่าจะมีการเพิ่มขึ้นของกำลังรับแรงดึงออกมากกว่า โดยพบว่าสารเกร้าท์ที่ผสมเพิ่มด้วยยิปซัม 2% กับ 4% (อัตรา

การขยายตัว 2.7% และ 3.4% ตามลำดับ) มีการเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นของค่ากำลังรับแรงดึงออกเมื่อเปลี่ยนสภาวะไม่จำกัดการขยายตัวไปเป็นจำกัดการขยายตัว จากร้อยละ 15 เป็น 25 และจากร้อยละ 14 เป็น 26 ตามลำดับ

ในส่วนของการศึกษาภาคสนามได้ทำการติดตั้งและทดสอบหาค่ากำลังรับแรงดึงออก (Pull Out Test) จำนวน 3 ชุดโดยมีวัสดุเกราท์ที่ยึดสมอเป็นแบบที่มีอียิปซัมเป็นสารผสมเพิ่มร่วมกับเถ้าลอยและปูนขาว 1 ชุด เปรียบเทียบกับการทดสอบที่ใช้วัสดุเกราท์ที่เป็นซีเมนต์อย่างเดียว 1 ชุด และการทดสอบที่ใช้ซีเมนต์ผสมสารผสมเพิ่มช่วยการขยายตัวที่มีใช้อยู่แล้วทั่วไปอีกหนึ่งชุด ซึ่งผลการทดสอบพบว่าส่วนผสมที่ใช้ ซีเมนต์:เถ้าลอย:ปูนขาว ผสมเพิ่มด้วยอียิปซัม 2% มีอัตราส่วนแรงเฉือนต่อค่ากำลังอัด ประมาณ 23% ในส่วนผสมที่ใช้สารผสมเพิ่มการขยายตัวที่ใช้อยู่ในปัจจุบันจะมีอัตราส่วนแรงเฉือนต่อค่ากำลังอัดประมาณ 20% และส่วนผสมที่ใช้ซีเมนต์ล้วนมีอัตราส่วนแรงเฉือนต่อค่ากำลังอัดอยู่ที่ 16% จากค่าอัตราส่วนแรงเฉือนต่อค่ากำลังอัดนี้พบว่าส่วนผสมที่รับแรงดึงออกได้สูงสุดจะเป็นส่วนผสมที่มีอัตราส่วนแรงเฉือนต่อค่ากำลังอัดสูงสุดด้วย

การวิบัติของสมอรั้งในสนามจะเป็นการวิบัติโดยการยึดหน่วงที่ผิวสัมผัสระหว่างเหล็กกับแรงดึงกับเนื้อปูนเกราท์ทั้งหมด และเมื่อนำค่าอัตราส่วนแรงเฉือนต่อค่ากำลังอัดในสนามมาเปรียบเทียบกับในห้องปฏิบัติการพบว่ามีค่าน้อยกว่าตัวอย่างที่จำกัดการขยายตัวอยู่ 2% และมีค่ามากกว่าตัวอย่างที่ไม่จำกัดการขยายตัวอยู่ 6% การจำกัดการขยายตัวโดยคิรอบข้างของสมอรั้งทำให้ค่าอัตราส่วนแรงเฉือนต่อค่ากำลังอัดสูงขึ้นได้ แต่การจำกัดการขยายตัวของคิรอบข้างในสนามไม่ดีเท่ากับสภาวะการจำกัดตัวในห้องปฏิบัติการจึงทำให้ค่าอัตราส่วนแรงเฉือนต่อค่ากำลังอัดต่ำกว่าในห้องปฏิบัติการเล็กน้อย

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่  
Copyright© by Chiang Mai University  
All rights reserved

**Thesis Title** Application of FGD Gypsum as Admixture for Aiding  
Cement Grout Expansion

**Author** Mr. Nattapon Buabanyam

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

**Advisor** Assoc. Prof. Dr. Aniruth Tongchai

## ABSTRACT

Possible applications of using flue-gas desulfurization gypsum (FGD Gypsum) as an admixture for cement grout expansion were studied in this research especially for ground anchor usage. Laboratory and field tests were operated. In laboratory test, several mixtures were done to determine the influence of amount of gypsum to compressive strength and grout expansion of hardening cement. The results showed that the increasing of FGD Gypsum can increase the expansion rate, but the compressive strength was dropped. If the gypsum mixture with less than 6% mixing with fly ash and lime, the expansion property could increase while the compressive strength was still unchanged. The best ratio is 90:7:3 for cement :fly ash :: lime respectively. For the admixture of 4% gypsum at the age of 28 days, the compressive strength increased at 15% and expansion rate increased at 6%.

Tensile strength was tested in laboratory showing the important of grout mixtures. The mixture of cement, fly ash, and lime adding with gypsum could increase expansion rate at 3.4% and tensile strength increased at 26% comparing to 14% of the same grout admixture with limited expansion. The grout mixture with 2% and 4% gypsum (with expansion rate of 2.7% and 3.4%) increased the tensile strength from 15% to 25% and 14% to 26% respectively.

In field test, pull out test was used for three sets: grout mixture for ground anchor with gypsum, fly ash, lime comparing to ground anchor with only cement, and general usage for cement and admixture for expansion. The results showed that mixture of cement : fly ash : lime with increasing of 2% gypsum increased the ratio of shear strength to compressive strength to 23%. For the current usage of expansion admixture caused the ratio of shear strength to compressive strength to 20% while the only cement admixture caused the ratio of shear strength to compressive strength to 16%. The result also showed that the mixture with the highest ratio of shear strength to pull out strength is the same as the mixture with the highest ratio of shear strength to compressive strength.

The failure of the ground anchor was the failure of bond at the surface between steel and cement grout. The comparison of laboratory and field tests showed that the less expansion rate 2% for limited expansion and 6% for unlimited expansion. It could be seen that the limited expansion of soil around ground anchor causing the ratio of shear strength to compressive strength increased; however, in laboratory test the ratio was slightly high comparing to the field test.