

การศึกษาคุณสมบัติทางวิศวกรรมของหินทรายชนิกเมื่อผสมกับน้ำปูนใส



นายจิรัชย์ เหล่ามานิต

004102

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

ภาควิชาวิศวกรรมโยธา

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

พ.ศ. ๒๕๒๘

A STUDY OF THE ENGINEERING PROPERTIES OF SOME SELECTED

WEATHERED ROCK MIXED BY LIME WATER

Mr. Jirachai Laomanit

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of Master of Engineering

Department of Civil Engineering

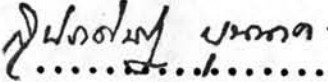
Graduate School

Chulalongkorn University

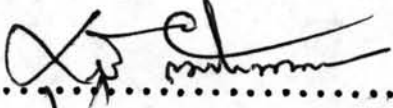
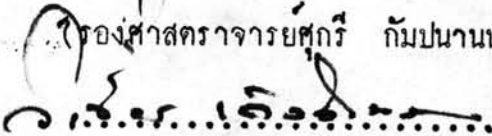
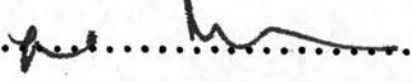
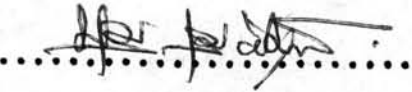
1981

หัวข้อวิทยานิพนธ์ การศึกษาคุณสมบัติทางวิศวกรรมของหินผุบางชนิดเมื่อผสมกับน้ำปูนใส
โดย นายจิรัชย์ เหล่ามานิต
ภาควิชา วิศวกรรมโยธา
อาจารย์ที่ปรึกษา รองศาสตราจารย์วิเชียร เต็งอำนวยการ

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้บัณฑิตวิทยาลัยนี้เป็นส่วน
หนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต


..... คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
(รองศาสตราจารย์ ดร.สุประสิทธิ์ บุญนาค)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์


..... ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ศุภกร กัมปนาท)

..... กรรมการ
(รองศาสตราจารย์วิเชียร เต็งอำนวยการ)

..... กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุรพล จิวาลักษณ์)

..... กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.บุญสม เลิศศิริวงษ์)

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หัวข้อวิทยานิพนธ์
ชื่อนิติศ

อาจารย์ที่ปรึกษา

ภาควิชา

ปีการศึกษา

การศึกษาคูสมบัติทางวิศวกรรมของหินอุบบางชนิดเมื่อผสมกับน้ำปูนใส
นายจิรัชย์ เหลลามาณิต

รองศาสตราจารย์วิเชียร เต็งอำนวยการ

วิศวกรรมโยธา

๒๕๒๓



บทคัดย่อ

จุดประสงค์ของการวิจัยนี้ เพื่อศึกษาการแก้ปัญหา side slope และ back slope ของถนนที่ตัดผ่านบริเวณหินอุ ซึ่งมิเสถียรภาพไม่เพียงพอและทำให้เกิดความเสียหายของถนนขึ้นมากในฤดูฝน สาเหตุที่ทำให้เกิดการผุพังทำลายของหินอุ คือ น้ำ, ลม, อุณหภูมิ เป็นต้น ถ้าหากไม่มีการปรับปรุงคุณภาพของหินอุเลย สภาพการผุจะเกิดขึ้นเรื่อย ๆ จนกระทั่งถนนสายนั้น ๆ พังเสียหายไปในที่สุด

ฉะนั้น วิทยานิพนธ์ฉบับนี้จึงได้เสนอการศึกษาคูสมบัติทางวิศวกรรมของหินอุบางชนิดเมื่อผสมกับน้ำปูนใส โดยใช้ตัวอย่างหินแกรนิตอุ ๓ ตัวอย่าง คือ หินแกรนิตอุชนิดเม็ดหยาบ, ชนิดเม็ดละเอียด และชนิดเม็ดละเอียดที่มีแร่ไมก้าผสมอยู่มาก นำตัวอย่างหินอุแต่ละชนิดมาผสมกับน้ำปูนใสที่ความเข้มข้นแตกต่างกันและผสมกับน้ำควย ทำการบดขยี้ที่ความแน่นมาตรฐานและบดตามกำหนดเวลาแล้วจึงนำไปทดสอบ unconfined compression test, California bearing ratio test, และ Undrained triaxial compression test without measurement of pore pressure นำผลการทดลองมาเปรียบเทียบและหาข้อแตกต่างทางด้านกำลังที่เกิดขึ้นระหว่างส่วนผสมของหินอุกับน้ำปูนใสและหินอุกับน้ำ

ผลการทดลองปรากฏว่า กำลังของส่วนผสมตัวอย่างหินแกรนิตกับน้ำปูนใสเปรียบเทียบกับส่วนผสมของตัวอย่างหินแกรนิตกับน้ำแล้ว ไม่มีความแตกต่างกันเลย เพราะว่ากำลังส่วนผสมเหล่านี้ขึ้นอยู่กับขนาดผลึกของเม็ดหินแกรนิต และส่วนประกอบของแร่ธาตุต่าง ๆ ในหินแกรนิต ซึ่งประกอบด้วย non - clay minerals (แร่ควอทซ์, เฟลสปาร์ และไมก้า) ที่มีปริมาณมากกว่าแคลไซต์เปอร์เซ็นต์ และมีปริมาณแร่ดินเหนียวไม่เกินหกเปอร์เซ็นต์

น้ำปูนใสจะไม่ทำปฏิกิริยากับพวก non - clay minerals แต่จะทำปฏิกิริยากับแร่ดินเหนียว ทำให้เกิดปฏิกิริยา pozzolanic ซึ่งต้องใช้เวลานานมาก และให้ผลของปฏิกิริยาเป็นวัสดุประสานในปริมาณที่น้อยมาก ซึ่งไม่มีผลทางคานกำลังของส่วนผสมดินแกรนิตกับน้ำปูนใสเลย

Thesis title A study of the engineering properties of some
 selected weathered rocks mixed by lime water.
 Name Mr. Jirachai Laomanit
 Thesis advisor Associate Professor Vichian Tengumnuay, M.S.
 Department Civil Engineer
 Academic Year 1980

ABSTRACT

The stability problem of the side slope and back slope of
 the highway when constructed through the weathered rock region is
 a challenging matter. There is always caused a sliding failure
 due to this unstable weathered rock in the rainy season. The
 weathered rock is decayed by the decomposing agents such as rain,
 wind, temperature, etc. This decomposition will be continued **and**
caused the progressive failure of the road.

The purpose of this thesis is to study the engineering
 properties of some selected weathered rock when mixed with lime
 water. Three samples used in the tests were coarse grained
 granitic soil, fine grained granitic and micaceous granitic soil.
 Each of the samples was mixed with lime - water at different
 concentration and mixed with water for comparing the result.
 The mixtures were prepared by the standard compaction method and
 cured for different times before the tests. The parameter of the
 resisted strength was determined by the unconfined compression
 test, California bearing ratio test and undrained triaxial
 compression test without measurement of pore pressure.

The testing results showed that the strength of the soil-lime-water mixtures does not make any difference from the soil-water mixtures. The strength of these mixtures depends on grain-size distribution and mineral composition. Each soil sample is composed of more than eighty percent non clay minerals (such as quartz feldspar, and mica, etc.) and less than six percent clay minerals. The lime water does not make any reaction with the non-clay minerals but reacts only with the clay minerals after cured for a long time. A small quantity of the cementing material is produced from this reaction and does not influence the strength of these mixtures.

กิติกรรมประกาศ



ผู้จัดทำวิทยานิพนธ์ขอขอบคุณทุกท่านที่ให้ความช่วยเหลือจนวิทยานิพนธ์สำเร็จ
เรียบร้อย ดังรายชื่อดังต่อไปนี้

รศ. วิเชียร เต็งอำนวยการ ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาและ ผศ.ดร. บุญสม
เลิศหิรัญวงศ์ ที่ให้คำแนะนำข้อบกพร่องและให้คำปรึกษาตั้งแต่ต้นจนเสร็จเรียบร้อย

รศ.ศุภกร กัมปนาท และ ผศ.ดร.สุรพล จิวาลักษณ์ ที่ร่วมเป็นกรรมการ
พิจารณาวิทยานิพนธ์ฉบับนี้

ดร.ธีรชาติ รื่นไกรฤกษ์ ที่กรุณาจัดหาวัสดุตัวอย่างและอนุญาตให้ใช้ห้อง
ปฏิบัติการของหน่วยวิจัย กองวิเคราะห์และวิจัย กรมทางหลวง กระทรวงคมนาคม

ดร.กรรณิการ์ อยู่ทอง ที่กรุณาให้ใช้ห้องปฏิบัติการ วิเคราะห์วิจัยแร่ของดิน
กองวิเคราะห์ดิน กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์

คุณธีระพันธ์ ทองประวัติ และคุณประสพ กระแสสินธุ์ งานสำรวจและวิจัย
กองก่อสร้าง กรมโยธาธิการ ที่กรุณาให้คำแนะนำที่เป็นประโยชน์ต่อการจัดทำ
วิทยานิพนธ์

สุดท้ายนี้ผู้จัดทำวิทยานิพนธ์ขอขอบคุณ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย และบิดา
มารดาเป็นอย่างสูง

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย

v

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ

vii

กิตติกรรมประกาศ

ix

รายการตารางประกอบ

xv

รายนามรูปประกอบ

xvii

สัญลักษณ์

xviii

บทที่ ๑ บทนำ

๑

บทที่ ๒ วรรณคดีวิจารณ์

๔

๒.๑ การดูฟังของหิน

๔

๒.๑.๑ การดูฟังของหินทางพิธีกรรม

๔

๒.๑.๒ การดูฟังของหินทางเคมี

๕

๒.๒ การแบ่งชั้นต่าง ๆ ของหินผุ

๕

๒.๓ คุณสมบัติของหินผุ

๑๔

๒.๔ การปรับปรุงคุณภาพหินผุด้วยปูนขาว

๒๔

๒.๕ การปรับปรุงคุณภาพหินผุด้วยน้ำปูนใส

๒๕

บทที่ ๓ การทดลอง

๓๒

๓.๑ วัสดุที่ใช้ในการทดลอง

๓๒

๓.๑.๑ หินผุ

๓๒

๓.๑.๒ ปูนขาว

๓๒

๓.๑.๓ น้ำกลั่น

๓๒

๓.๑.๔ น้ำปูนใส

๓๒

๓.๒ การเตรียมตัวอย่างกึ่งแกรนิต

๓๓



๓.๓ การทดสอบหาคุณสมบัติทั่วไป	๓๓
๓.๓.๑ คุณสมบัติทางพลาสติก	๓๓
๓.๓.๒ คุณสมบัติทางเคมี	๓๔
๓.๓.๓ ส่วนประกอบแร่ต่าง ๆ ในตัวอย่าง	๓๔
๓.๔ การทดสอบหาคุณสมบัติทางวิศวกรรม	๓๔
๓.๔.๑ การบดอัด	๓๔
๓.๔.๒ การทดสอบหาแรงกด	๓๕
๓.๔.๓ การทดสอบ ; C B R .	๓๖
๓.๔.๔ การทดสอบ undrained triaxial compression	๓๘
บทที่ ๔ ผลการทดลองและวิจารณ์	๔๑
๔.๑ ผลการทดสอบคุณสมบัติทั่วไป	๔๑
๔.๑.๑ คุณสมบัติทางพลาสติก	๔๑
๔.๑.๒ คุณสมบัติทางเคมี	๔๒
๔.๑.๓ ส่วนประกอบแร่ต่าง ๆ ในตัวอย่างดินแกรนิต	๔๒
๔.๒ คุณสมบัติทางวิศวกรรมของตัวอย่างดินแกรนิตเมื่อผสมน้ำปูนใส	๕๑
๔.๒.๑ ผลทดสอบการบดอัด	๕๑
๔.๒.๒ ผลทดสอบแรงกดสูงสุดในแนวแกน	๕๕
๔.๒.๓ ผลทดสอบ C B R .	๖๕
๔.๒.๔ ผลทดสอบ undrained triaxial compression	๗๖
บทที่ ๕ สรุปผลการทดลองและขอเสนอแนะ	๘๔
๕.๑ สรุปผลการทดลองและการวิจารณ์	๘๔
๕.๒ ข้อเสนอแนะเกี่ยวกับการศึกษาคุณสมบัติดินแกรนิต	๘๖

เอกสารอ้างอิง	๘๘
ภาคผนวก ก. การวิเคราะห์แร่โดยวิธี x-ray diffraction	๘๖
ภาคผนวก ข. ตารางผลทดสอบคุณสมบัติทางวิศวกรรม	๑๑๓
ประวัติการศึกษา	๑๒๒

สารบัญชั ตารางประกอบ

		หน้า
ตารางที่ ๒.๑	Goldich mineral stability series	๖
" ๒.๒	เปรียบเทียบวิธีจำแนกชั้นหินอุกของหินอัคนีและหินแปร	๓๑
" ๓.๑	แผนผังแสดงการทดสอบคุณสมบัติของตัวอย่างดินแกรนิต	๕๐
" ๔.๑	คุณสมบัติโดยทั่วไปของตัวอย่างดินแกรนิต	๕๐
" ๔.๒	ชนิดและปริมาณแร่ดินเหนียวในตัวอย่างที่มีขนาดเม็ดดินเล็กกว่า ๒ ไมครอน	๕๖
" ๔.๓	ส่วนประกอบของแร่ต่าง ๆ ที่มีขนาดเม็ดดินอยู่ระหว่าง ๒ ถึง ๕๓ ไมครอน	๕๔
" ๔.๔	ปริมาณแร่ดินเหนียวชนิดต่าง ๆ ในตัวอย่างดินแกรนิต	๕๐
" ก.๑	x-ray diffraction basal spacing ที่ได้จากระนาบ (๐๐๑) ของ layer silicate mineral	๕๘
" ก.๒	การวินิจฉัยค่า x-ray diffraction basal spacing สำหรับแร่ต่าง ๆ ที่พบในดิน	๑๐๐
" ข.๑	ผลทดสอบการบดอัดของส่วนผสมของตัวอย่างดินแกรนิตและน้ำปูนใสที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน	๑๑๓
" ข.๒	กำลังแรงกดสูงสุดในแนวแกน (กก./ซม. ^๒) ของส่วนผสมของตัวอย่าง S ₁ และน้ำปูนใสที่ความเข้มข้น, ปริมาณความชื้นและระยะเวลาบดแตกต่างกัน	๑๑๔
" ข.๓	ผลทดสอบ CBR ของส่วนผสมของตัวอย่างดินแกรนิตและน้ำปูนใสที่ความเข้มข้นและปริมาณความชื้นแตกต่างกันโดยชีพลังงานในการบดอัดแตกต่างกัน	๑๑๖
" ข.๔	ผลทดสอบ undrained triaxial compression ของส่วนผสมของตัวอย่างดินแกรนิตและน้ำปูนใสที่ความเข้มข้นและระยะเวลาบดแตกต่างกัน	๑๑๘

สารบัญรูปประกอบ

		หน้า
รูปที่ ๒.๑	ค่าความเป็นกรดและด่างของสารแขวนลอยในสารละลาย	๑๖
รูปที่ ๒.๒	Mohr circle diagram	๒๑
รูปที่ ๔.๑-๔.๓	การวิเคราะห์ขนาดคละของตัวอย่างดินแกรนิต	๔๓
รูปที่ ๔.๔-๔.๗	ความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นแห้งและปริมาณความชื้น	๕๓
รูปที่ ๔.๘	ความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นแห้งสูงสุดและความ เข้มข้นของน้ำปูนใส	๕๗
รูปที่ ๔.๙	ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณความชื้น optimum และ ความเข้มข้นของน้ำปูนใส	๕๘
รูปที่ ๔.๑๐ - ๔.๑๒	ความสัมพันธ์ระหว่างแรงกดสูงสุดในแนวแกนและความเข้มข้น ของน้ำปูนใสที่ปริมาณความชื้นและระยะเวลาบ่มแตกต่างกัน	๖๒
รูปที่ ๔.๑๓-๔.๑๕	ความสัมพันธ์ระหว่างค่า C B R และความเข้มข้นของน้ำปูน ใสที่ปริมาณความชื้นและพลังงานในการบดอัดแตกต่างกัน	๖๗
รูปที่ ๔.๑๖-๔.๑๘	ความสัมพันธ์ระหว่างการพองตัวและความเข้มข้นของน้ำปูน ใสที่ปริมาณความชื้นและพลังงานในการบดอัดแตกต่างกัน	๗๐
รูปที่ ๔.๑๙-๔.๒๑	ความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นแห้งและความเข้มข้น ของน้ำปูนใสที่ปริมาณความชื้นและพลังงานในการบดอัด แตกต่างกัน	๗๓
รูปที่ ๔.๒๒-๔.๒๔	แสดง strength envelope ของส่วนผสมของตัวอย่างดิน แกรนิตและน้ำปูนใสที่ความเข้มข้นและระยะเวลาบ่มแตกต่างกัน	๗๕
รูปที่ ๔.๒๕	ความสัมพันธ์ระหว่างแรงบีบเหนียวของดินที่ปรากฏ และความเข้มข้นของน้ำปูนใสที่ระยะเวลาบ่มแตกต่างกัน	๘๒
รูปที่ ๔.๒๖	ความสัมพันธ์ ความมึนเคียวภายในของดินที่ปรากฏและความ เข้มข้นของน้ำปูนใสที่ระยะเวลาบ่มแตกต่างกัน	๘๓

รูปที่ ๔.๖๖

ความสัมพันธ์ระหว่างความมึนเสียคทานภายในของดินที่ปรากฏ
และความเขมขนของน้ำปฐนไฟที่ระยะ เวลาบ่มแตกต่างกัน

ท
หน้า

๘๓

รูปที่ ก.๑ - ก.๖

ผลวิเคราะห์แร่ต่าง ๆ ในตัวอย่างดินแกรนิต โดยวิธี

x - ray diffraction

๑๐๓

สัญลักษณ์

- c = แรงยึดเหนี่ยวของดินที่ปรากฏ (apparent cohesion)
 c', c_d = แรงยึดเหนี่ยวของดินที่แท้จริง (true cohesion)
 C B R. = California Bearing Ratio
 C_c = ดัชนีของการกดอัด (Compression index)
 C_v = สัมประสิทธิ์ของการยุบตัว (Coefficient of consolidation)
 E = โมดูลัสยืดหยุ่นของดิน
 e = อัตราส่วนของว่าง
 G_s = ความถ่วงจำเพาะของดิน
 LL = Liquid Limit
 O. M. C. = Optimum Moisture Content
 P.I. = Plasticity Index
 q_u = unconfined compressive strength ของดิน
 u = ความดันน้ำในช่องว่าง (pore water pressure)
 σ = ความเค้นรวม, หน่วยแรงกด
 σ' = ความเค้นประสิทธิผล
 σ_1, σ_3 = major และ minor principle stress
 $\sigma_1 - \sigma_3$ = หน่วยแรงเฉือนในแนวตั้ง (deviator stress)
 σ_c = confining pressure หรือ cell pressure
 τ = หน่วยแรงเฉือน, ความต้านทานแรงเฉือนของดิน
 γ_d = ความหนาแน่นแห้งหรือหน่วยน้ำหนักของมวลดินแห้ง
 ϕ = มุมเสียดทานภายในของดินที่ปรากฏ
 ϕ', ϕ_d = มุมเสียดทานภายในของดินที่แท้จริง