คุณสมบัติทางวิศวกรรมของกากหินน้ำมันแม่สอดผสมซิเมนต์ปอร์ตแลนด์

นายรักษา กมลเวชช์

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

แผนกวิชาวิศวกรรมโยธา

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณมหาวิทยาลัย

พ.ศ.2521

002538

i 17086292

ENGINEERING PROPERTIES OF MAE-SOD SPENT SHALE WITH PORTLAND CEMENT

Mr. Raksa Kamolvage

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of Master of Engineering

Department of Civil Engineering

Graduate School

Chulalongkorn University

1978

หัวข้อวิทยานิพนธ์	คุณสมบัติทางวิศวกรรมของกากหินน้ำมันแม่สอดผสมซิเมนต์ปอร์ตแลนด์
โดย	นายรักษา กมลเวชช์
แผนกวิชา	วิศวกรรมโยธา
อาจารย์ที่ปรึกษา	รองศาสตราจารย์ ประจิต จิรัปปภา

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณมหาวิทยาลัย อนุมัติให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

.....คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
(รองศาสตราจารย์ ดร.สุประดิษฐ์ บุนนาค)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ วิเชียร เต็งอำนวย)

.....กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.สุประดิษฐ์ บุนนาค)

.....กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ประจิต จิรัปปภา)

.....กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุรณัฏร สัมพันธารักษ์)

.....กรรมการ
(ดร.สุรพล จิวาลักษณ์)

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณมหาวิทยาลัย

หัวข้อวิทยานิพนธ์	คุณสมบัติทางวิศวกรรมของกากหินน้ำมันแม่สอดผสมซิเมนต์ปอร์ตแลนด์
ชื่อนิสิต	นายรักษา กมลเวชช์
อาจารย์ที่ปรึกษา	รองศาสตราจารย์ ประจิต จิรัปปภา
แผนกวิชา	วิศวกรรมโยธา
ปีการศึกษา	2521

หอสมุดกลาง จุฬาลงกรณมหาวิทยาลัย

บทคัดย่อ

ทำการเผาหินน้ำมันแม่สอดขนาด 1 ถึง 6 นิ้ว คัดเอาเฉพาะกากขี้เถ้าที่ไม่เยิ้มหรือหลอมละลายและมีขนาดที่ผ่านตะแกรงเบอร์ 10 ของมาตรฐานอเมริกัน ศึกษาคุณสมบัติด้านการบดอัด และค่าความเค้นแรงอัดโดย Unconfined Compression Test, Unconsolidated Undrained Test เมื่อก้อนวัสดุอิ่มตัวด้วยน้ำ ทดสอบความคงทนโดยวิธีเปียก–แห้ง ทดสอบทั้งกากหินน้ำมันล้วน ๆ และกากหินน้ำมันผสมซิเมนต์ปอร์ตแลนด์ พบว่ากากมีลักษณะเป็นดินร่วนคล้ายทราย ไม่มีความเหนียว เม็ดคมแข็ง เมื่อบดอัดด้วยเครื่องมือ Havard Miniature Compactor ทั้งกากล้วนและกากผสมซิเมนต์มีความหนาแน่นสูงสุดอยู่ระหว่าง 1.1 ถึง 1.2 ตันต่อลูกบาศก์เมตร และสามารถคงรูปร่างเป็นก้อนได้ดีเช่นเดียวกับดิน ปริมาณน้ำที่ความหนาแน่นดินแห้งสูงสุดอยู่ระหว่าง 35 ถึง 45 เปอร์เซนต์ เมื่อทดสอบความแข็งแรงพบว่าค่าความเค้นแรงอัดที่ได้จากการทดลอง Unconsolidated Undrained Test เมื่อก้อนวัสดุอิ่มตัวมีค่ามากกว่าค่าที่ได้จาก Unconfined Compression Test ค่าความเค้นแรงอัดที่ได้จาก Unconfined Compression Test ของกากหินน้ำมันล้วน ๆ มีค่าประมาณไม่เกิน 2.4 กก./ซม.^{2} และกากหินน้ำมันล้วน ๆ ไม่มีความคงทนต่อการทดลองเปียก–แห้ง เมื่อผสมซิเมนต์ความแข็งแรงและความคงทนจะเพิ่มตามปริมาณซิเมนต์ อัตราผสมซิเมนต์น้อยสุดเพื่อใช้ในงานก่อสร้างทั่วไป 8 % ให้ค่าความเค้นแรงอัดสูงสุดจาก Unconfined Compression Test 300 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว ซึ่งเป็นค่าที่ระบุโดย Highway Research Board, 1961. ที่อัตราผสมซิเมนต์ 8 % นี้ก้อนวัสดุสามารถทนต่อการทดลองเปียกแห้งได้ดีมาก

Thesis Title Engineering Properties of Mae - Sod Spent Shale with Portland Cement

Name Mr.Raksa Kamolvage

Thesis Advisor Assoc.Professor Prachit Chiruppapa

Accademic Year 1978

ABSTRACT

Mae - Sod oil shale of 1 to 6 inches in size, was completely burned. Spent shale, being without sintering or smelting and having the grain size finer than number 10 U.S.Standard Sieve, was selected as specimens. The compaction characteristics, unconfined compressive and the saturated undrained strength characteristics, and the behavior from durability test shown by wet - dry method, were studied. The studies were for both pure spent shale and spent shale mixed with portland cement. The spent shale was silty or sand size, having sharped edges, hard grain, and without any plasticity. Compaction test by Havard Miniature Compactor gave the optimum dry density of pure spent shale or spent shale mixed with portland cement between 1.1 to 1.2 metric tons per cubic meter, and the specimens could maintain it's molded - shape like as clay. The optimum moisture contents were between 35 to 45 percent. The unconsolidated undrained strength of completely saturated sample, having the effective confining stress of 0.4 ksc.,was more than unconfined compressive strength. The maximum unconfined compressive strength of pure spent shale was not more than 2.4 kg./cm^2 and could not resist in wet - dry test. The strength and durability increased with cement content.

The least amount of cement content mixed with spent shale for construction uses, was 8 percents. The figure is selected based on the standard of the Highway Research Board, 1961., and the result of durability test.

หอสมุดกลาง จุฬาลงกรณมหาวิทยาลัย

กิตติกรรมประกาศ

ในการเขียนวิทยานิพนธ์นี้จะสำเร็จลุล่วงไปไม่ได้ ถ้าหากผู้เขียนไม่ได้รับคำแนะนำ ความช่วยเหลือ และแรงใจจากท่านเหล่านี้

ผู้เขียนขอขอบคุณรองศาสตราจารย์ประจิต จิรัปปภา ซึ่งเป็นอาจารย์ผู้ควบคุมการวิจัย ที่กรุณาให้คำปรึกษา แนะนำ ตรวจสอบและแก้ไขวิทยานิพนธ์นี้ตั้งแต่ต้นจนจบ

ผู้เขียนขอขอบคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุรณัตร สัมพันธารักษ์ และ ดร.สุรพล จิวาลักษณ์ ที่กรุณาให้คำปรึกษาแนะนำวิธีและขั้นตอนการทดลองอันเป็นที่ได้มาของข้อมูลในการวิจัยนี้ รวมทั้งแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นให้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี และขอขอบคุณกรรมการสอบวิทยานิพนธ์อีกสองท่านคือ รองศาสตราจารย์วิเชียร เต็งอำนวย ประธานกรรมการ และรองศาสตราจารย์ ดร.สุประดิษฐ์ บุนนาค กรรมการ

ขอขอบคุณแผนกวิศวกรรมโยธาที่อำนวยความสะดวกในการใช้เครื่องมือทดลองและห้องปฏิบัติการ

รักษา กมลเวชช์

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ฆ

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... ง

กิตติกรรมประกาศ ..... จ

รายการตารางประกอบ ..... ญ

รายการรูปประกอบ ..... ฏ

บทที่ 1 บทนำ 1

1.1 ความเป็นมาของปัญหา 1

1.2 แหล่งหินน้ำมันแม่สอด 1

1.3 การปรับปรุงคุณสมบัติของวัสดุโดยการผสมกับซิเมนต์ปอร์ตแลนด์ 2

1.4 วัตถุประสงค์และขอบเขตของการวิจัย 3

1.5 ประโยชน์ที่จะได้รับจากการวิจัยนี้ 4

บทที่ 2 บทบรรยาย 5

2.1 ธรรมชาติของหินน้ำมัน 5

2.2 ธรรมชาติของหินน้ำมันแม่สอด 6

2.3 ธรรมชาติของกากหินน้ำมันแม่สอด 11

2.4 ปรากฏการณ์เมื่อผสมกากหินน้ำมันกับซิเมนต์ปอร์ตแลนด์และน้ำ 11

2.5 องค์ประกอบที่มีผลต่อคุณสมบัติของวัสดุผสมซิเมนต์ ... 14

2.6 ผลของการผสมซิเมนต์ปอร์ตแลนด์เข้าไปในดิน 19

บทที่ 3 วิธีการวิจัย 20

3.1 การเก็บตัวอย่างหินน้ำมัน 21

3.2 การเผาหินน้ำมัน 21

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หน้า

3.3 การทดสอบคุณสมบัติทางฟิสิกส์ เคมีและวิศวกรรมทั่วไป 21
3.4 การทดสอบคุณสมบัติด้านการบดอัด (Compaction) ของกากหินน้ำมัน..... 22
3.5 การทดสอบความแข็งแรงโดย Unconfined Compression Test..... 22
3.6 การทดสอบความแข็งแรงโดย Unconsolidated Undrained Test เมื่อก้อนวัสดุอิ่มตัว..... 23
3.7 การทดสอบความคงทนโดยวิธีเปียก – แห้ง..... 23
3.8 รายละเอียดการทดลองต่าง ๆ ที่ถือเป็นมาตรฐานการวิจัยนี้..... 26
บทที่ 4 ผลการทดลอง..... 30
4.1 ลักษณะกากหินน้ำมันที่ได้จากการเผาในเตาหลอม..... 30
4.2 คุณสมบัติทางฟิสิกส์ เคมีและวิศวกรรมทั่วไป..... 30
4.3 คุณสมบัติด้านการบดอัด (Compaction)..... 31
4.4 ผลการทดสอบความแข็งแรงโดย Unconfined Compression Test..... 31
4.5 ผลการทดสอบความแข็งแรงโดย Unconsolidated Undrained Test เมื่อก้อนวัสดุอิ่มตัว..... 36
4.6 ผลการทดสอบความคงทนโดยวิธีเปียกแห้ง..... 56
บทที่ 5 การอภิปรายผลการทดลอง..... 58
5.1 คุณสมบัติของกากหินน้ำมันที่นำมาทดลอง..... 58
5.2 ผลของปริมาณซีเมนต์..... 58
5.3 ผลของปริมาณความชื้นในขณะบดอัด..... 59
5.4 ผลของความหนาแน่น..... 61

หน้า

5.5 ผลของการบ่ม..... 61

5.6 ผลของการทดลอง Unconsolidated Undrained Test ก้อนกากหินน้ำมันอิ่มตัวด้วยน้ำ..... 62

5.7 ผลการทดลองความคงทนเปียก – แห้ง..... 63

บทที่ 6 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ..... 64

บรรณานุกรม..... 66

ภาคผนวก..... 69

ประวัติการศึกษา..... 97

รายการตารางประกอบ

		หน้า
ตารางที่ 1	ผลการวิเคราะห์หาปริมาณน้ำมันในหินน้ำมันแม่สอด..	7
ตารางที่ 2	การเปรียบเทียบธาตุต่าง ๆ ที่มีอยู่ในหินน้ำมันเก็บจากสถานที่ต่าง ๆ ในอำเภอแม่สอด.....	10
ตารางที่ 3	ส่วนประกอบของซิเมนต์ปอร์ตแลนด์(Type I)...	14
ตารางที่ 4	คุณสมบัติทางเคมี ฟิสิกส์และวิศวกรรมของกากหินน้ำมันแม่สอด.....	32
ตารางที่ 5	อัตราการผสมซิเมนต์ต่ำสุดเมื่อบดอัดกากหินน้ำมันที่ค่าความชื้นให้ความหนาแน่นสูงสุด.....	34
ตารางที่ 6	ค่าความชื้นที่ให้ความหนาแน่นดินแห้งสูงสุดและความหนาแน่นดินแห้งสูงสุดของกากหินน้ำมันผสมซิเมนต์ปอร์ตแลนด์.....	34
ตารางที่ 7	ค่าความชื้นที่บดอัดให้ความหนาแน่นดินแห้งสูงสุดและให้ค่าความเค้นแรงอัดสูงสุด.....	35
ตารางที่ 8	ความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นและความเค้นแรงอัดกากหินน้ำมันผสมซิเมนต์ 6 เปอร์เซนต์ บ่ม 7 วัน ในอากาศห้องทดลอง.....	36
ตารางที่ 9	ผลการเปรียบเทียบค่า S_u ที่ได้จากการทดลอง Unconsolidated Undrained Test และ Unconfined Compression Test.....	37
ตารางที่ 10	ค่าความเค้นแรงอัดสูงสุดจาก Unconfined Compression Test ของก้อนกากหินน้ำมันผสมซิเมนต์ภายหลังการทดลองเปียกแห้ง.....	37

รายการรูปประกอบ

หน้า

รูปที่ 1 แหล่งหินน้ำมันภายในประเทศและแหล่งแร่เชื้อเพลิงอื่น..... 8

รูปที่ 2 แผนที่แหล่งหินน้ำมันอำเภอแม่สอด..... 9

รูปที่ 3 กากหินน้ำมันภายหลังเผาที่อุณหภูมิ 1,000 – 1,100 องศาเซ็นติเกรด..... 12

รูปที่ 4 องค์ประกอบที่มีผลต่อเสถียรภาพของวัสดุผสมซิเมนต์..... 15

รูปที่ 5 เครื่องมือ Havard Miniature Compactor..... 21

รูปที่ 6 เครื่องมือ Unconfined Compression Test..... 24

รูปที่ 7 เครื่องมือ Triaxial Test..... 25

รูปที่ 8 กระบอกความดันสำหรับ Back Pressure..... 25

รูปที่ 9 Grain Size Distribution Curve..... 33

รูปที่ 10 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณความชื้นและความหนาแน่นดินแห้งสูงสุดของกากหินน้ำมันแม่สอดผสมซิเมนต์ 0%, 3%, 6%, 9%..... 38

รูปที่ 11 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความเค้นแรงอัดสูงสุดและปริมาณซิเมนต์ที่ผสม..... 39

รูปที่ 12 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความเค้นแรงอัดสูงสุดและความชื้นขณะบดอัดกากหินน้ำมันผสมซิเมนต์ 0 %..... 40

รูปที่ 13 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความเค้นแรงอัดสูงสุดและความชื้นขณะบดอัดกากหินน้ำมันผสมซิเมนต์ 3 %..... 41

รูปที่ 14 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความเค้นแรงอัดสูงสุดและความชื้นขณะบดอัดกากหินน้ำมันผสมซิเมนต์ 6 %..... 42

หน้า

รูปที่ 15 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความเค้นแรงอัดสูงสุดและความชื้นขณะบดอัดกากหินน้ำมันผสมซิเมนต์ 9 %..... 43

รูปที่ 16 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างเวลาที่บ่มกับค่าความเค้นแรงอัดสูงสุด..... 44

รูปที่ 17 ผลการทดลอง Unconsolidated Undrained Test. บดอัดที่ค่าความชื้นให้ความหนาแน่นสูงสุด กากหินน้ำมันผสมซิเมนต์ 0 % อิ่มตัวด้วยน้ำ..... 45

รูปที่ 18 ผลการทดลอง Unconsolidated Undrained Test . บดอัดที่ค่าความชื้นให้ความหนาแน่นสูงสุด กากหินน้ำมันผสมซิเมนต์ 3 % อิ่มตัวด้วยน้ำ..... 46

รูปที่ 19 ผลการทดลอง Unconsolidated Undrained Test. บดอัดที่ค่าความชื้นให้ความหนาแน่นสูงสุด กากหินน้ำมันผสมซิเมนต์ 6 % อิ่มตัวด้วยน้ำ..... 47

รูปที่ 20 ผลการทดลอง Unconsolidated Undrained Test. บดอัดที่ค่าความชื้นให้ความหนาแน่นสูงสุด กากหินน้ำมันผสมซิเมนต์ 9 % อิ่มตัวด้วยน้ำ..... 48

รูปที่ 21 กราฟความสัมพันธ์ค่า Su เปอร์เซนต์ซิเมนต์ เวลาที่บ่มเมื่อทำ Unconsolidated Undrained Test กากหินน้ำมันผสมซิเมนต์ อิ่มตัวด้วยน้ำ..... 49

รูปที่ 22 ผลการทดลองความคงทนเปียก – แห้ง กากหินน้ำมันผสมซิเมนต์ 3 % บ่ม 7 วัน..... 50

รูปที่ 23 ผลการทดลองความคงทนเปียก – แห้ง กากหินน้ำมันผสมซิเมนต์ 6 % บ่ม 7 วัน..... 51

หน้า

รูปที่ 24 ผลการทดลองความคงทนเปียก – แห้ง กากหินน้ำมันผสมซิเมนต์ 9 % บ่ม 7 วัน..... 52

รูปที่ 25 ผลการทดลองความคงทนเปียก – แห้ง (ขูดก้อนวัสดุ) กากหินน้ำมันผสมซิเมนต์ 3 % บ่ม 7 วัน..... 53

รูปที่ 26 ผลการทดลองความคงทนเปียก – แห้ง (ขูดก้อนวัสดุ) กากหินน้ำมันผสมซิเมนต์ 6 % บ่ม 7 วัน..... 54

รูปที่ 27 ผลการทดลองความคงทนเปียก – แห้ง (ขูดก้อนวัสดุ) กากหินน้ำมันผสมซิเมนต์ 9 % บ่ม 7 วัน..... 55