คุณสมบัติการรับน้ำหนักของดินปนทรายเมื่อผสมด้วยยางมะตอยน้ำและวัสดุผสมอื่น ๆ

นายอรุณ เดี่ยวพานิช

006449

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

แผนกวิชาวิศวกรรมโยธา

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณมหาวิทยาลัย

พ.ศ. ๒๕๑๙

I 18263847

STRENGTH CHARACTERISTICS OF SANDY SOILS STABILIZED WITH ASPHALT EMULSION AND OTHER ADDITIVES

Mr. Aroon Deopanich

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of Master of Engineering

Department of Civil Engineering

Graduate School

Chulalongkorn University

1976

Accepted by the Graduate School, Chulalongkorn University in partial fulfillment of the requirements for the Degree of Master of Engineering.

Visid Prachuabmoh
.....
(Professor Dr. Visid Prachuabmoh)

Thesis Committee

.....Niwat Daranandana.....Chairman
(Professor Dr. Niwat Daranandana)

S. Kumpananonda
.....Advisor
(Associate Professor SukreeKumpananonda)

V. Tengamnuay
.....Member
(Associate Professor Vichien Tengamnuay)

S. Bunnag
.....Member
(Assistant Professor Dr. Supradit Bunnag)

Thesis Advisor: Associate Professor SukreeKumpananonda

Copyright 1976
by
The Graduate School
Chulalongkorn University

Thesis Title : Strength Characteristics of Sandy Soils Stabilized with Asphalt Emulsion and Other Additives.

By : Mr. Aroon Deopanich

Department : Civil Engineering

หัวข้อวิทยานิพนธ์ คุณสมบัติการรับน้ำหนักของดินปนทราย เมื่อผสมด้วย ยางมะตอยน้ำ และวัสดุผสมอื่น ๆ

ชื่อ นายอรุณ เดี่ยวพานิช แผนกวิศวกรรมโยธา

ปีการศึกษา ๒๕๑๘

บทคัดย่อ

เพื่อที่จะแก้ปัญหา การขาดแคลนวัสดุก่อสร้างที่มีคุณภาพสูงในท้องถิ่นต่าง ๆ ของประเทศไทย กองวิเคราะห์และวิจัย กรมทางหลวง จึงได้พยายามศึกษาค้นคว้าหาวิธีที่จะปรับปรุงคุณภาพของวัสดุที่มีอยู่ในท้องถิ่นนั้น ๆ เช่น ดินปนทราย ดินลูกรัง เป็นต้น เพื่อให้มีคุณภาพสูงขึ้นสามารถนำมาใช้ในงานก่อสร้างทางได้ Silty Sand ซึ่งพบอยู่ทั่วไปในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ กับ Beach Sand ซึ่งมีอยู่มากในแถบจังหวัด ภาคใต้ เป็นดินปนทราย สองชนิด ที่ถูกนำมาทดลองเพื่อปรับปรุงคุณภาพจากการทดลองที่ได้กระทำมาแล้วโดยใช้เครื่องมือ Hveem Stabilimeter และ Cohesiometer ผลการทดลอง แสดงว่า ทั้ง Silty Sand และ Beach Sand นี้ สามารถที่จะปรับปรุงคุณภาพในการรับน้ำหนักได้โดยการผสมด้วยวัสดุต่าง ๆ เช่น ยางมะตอยน้ำ (Emulsion) ยางมะตอยน้ำกับปูนขาว (Lime-Emulsion) และยางมะตอยน้ำกับปูนซีเมนต์ (Cement-Emulsion) จุดประสงค์ในการวิจัยนี้ จะเป็นการศึกษาต่อเนื่องจากที่ได้กระทำมาแล้วโดยกองวิเคราะห์และวิจัย ทั้งนี้จะได้ศึกษาถึงคุณสมบัติการรับน้ำหนัก ของ Silty Sand และ Beach Sand เมื่อได้รับการปรับปรุงคุณภาพด้วยวิธีต่าง ๆกัน จากการพิจารณาผลที่ได้หาไว้แล้วดังกล่าวข้างต้น ในการศึกษาครั้งนี้ จะใช้ ปูนขาว ๓% และปูนซีเมนต์ ๓% เป็นวัสดุผสมของ Soil-Emulsion สำหรับวิธีการทดลอง เพื่อหาค่า Strength นั้น ในที่นี้ ใช้วิธี Unconfined Compression Test และ Triaxial Compression Test

จุดมุ่งหมายของการวิจัยนี้ ก็เพื่อศึกษาถึงผลของ วัสดุต่าง ๆ ที่มีต่อคุณสมบัติในการรับน้ำหนัก ของ Silty Sand และ Beach Sand โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ต่อค่า Cu และ ϕ_u รวมทั้งจะได้ศึกษาถึง ผลอันเนื่องมาจากอายุ (Curing Time) และวิธีการบ่ม (Curing Type) ที่มีต่อค่า Strength

ผลการทดลองพบว่า ยางมะตอยน้ำ จะมีผลในการเพิ่ม Cohesive Strength ให้กับ Silty Sand ขณะเดียวกัน ก็จะทำให้ มุม ϕ_u (Angle of Shearing Resistance) ลดลง เมื่องผสม ปูนขาว ๓% หรือปูนซีเมนต์ ๓% ลงไปในส่วนผสมของดินกับยางมะตอยน้ำพบว่า ทำให้ค่า Cu และ ϕ_u ของ Soil-Emulsion เพิ่มขึ้น สำหรับ Beach Sand นั้น ปรากฏว่าวัสดุผสมต่าง ๆ จะมีผลต่อ ค่า Cu และ ϕ_u น้อยมากเมื่อเปรียบเทียบกับ Silty Sand.

เมื่อใช้วิธีการบ่มตัวอย่างในถุงพลาสติกเพื่อป้องกันการระเหยของน้ำในดินตัวอย่าง ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าอายุของการบ่ม จะมีผลต่อการเพิ่ม Strength ของ Soil-Emulsion น้อยมาก สำหรับกรณีของ Soil-Lime-Emulsion และ Soil-Cement-Emulsion นั้นปรากฏว่า ค่า Strength จะเพิ่มตามอายุของการบ่มอย่างเห็นได้ชัด อย่างไรก็ตาม ค่า Angle of Shearing Resistance ของดินที่ถูกผสมแล้ว (Stabilized Soils) ไม่ได้ขึ้นกับอายุของการบ่มเลย ทั้งนี้ไม่ว่า จะผสมด้วย วัสดุผสมชนิดใด

นอกจากนี้แล้ว ผลของการวิจัยนี้ ยังพบว่า เมื่อบ่มตัวอย่างด้วยวิธี ปล่อยทิ้งไว้ในอากาศให้มีการระเหยได้ (Air-Dried Curing) ค่า Strength ของ Soil-Emulsion และ Soil-Lime-Emulsion จะมีค่าสูงกว่าเมื่อบ่มในถุงพลาสติกมาก แต่สำหรับกรณี Soil-Cement-Emulsion นั้น พบว่าการบ่มในถุงพลาสติกจะให้ผลดีกว่า การบ่มโดยวิธี Air-Dried Curing ส่วนค่า Angle of Shearing Resistance นั้น แม้ว่า จะมีการบ่มโดยวิธีแตกต่างกัน แต่ปรากฏว่าไม่ทำให้ค่า Angle of Shearing Resistance ของดินส่วนผสมแต่ละชนิด มีการเปลี่ยนแปลงแต่ประการใด

Thesis Title Strength Characteristics of Sandy Soils Stabilized with Asphalt Emulsion and Other Additives

Name Mr. Aroon Deopanich; Department of Civil Engineering

Academic Year 1976

ABSTRACT

In order to solve the problem of lacking good quality construction materials in many rural areas of Thailand, the Materials and Research Division of the Highway Department has made an effort to improve the strength properties of the local avaible materials, such as sandy soils or lateritic soils. Silty sand and beach sand are the two types of sandy soils which are widely spread over the area of the North-East and the South of Thailand, respectively. By using Hveem stabilometer and cohesiometer, laboratory results revealed that there is a possibility of improving the strength properties of silty sand and beach sand by stabilizing with emulsion, lime-emulsion and cement-emulsion. The purpose of this study is to further evaluate the strength characteristics of silty sand and beach sand stabilized with different types of stabilizers. Encouraged by the results obtained by the Materials and Research Division, 3 % lime and 3 % cement were selected to be used as the additives of soil-emulsion. The methods of unconfined and triaxial compression tests were employed to measure the strength of stabilized soils. The study was made on the effect of stabilizers on the strength

properties, especially on the values of parameters Cu and ϕ_u of silty sand and beach sand. Evaluation on the effect of curing time and curing types were also included in the study.

Results showed that addition of emulsion to silty sand resulted in providing the cohesive strength and reducing the angle of shearing resistance. With the presence of 3 % lime as well as of 3 % cement, the values of Cu and ϕ_u of soil-emulsion were found to be increased. The effect of stabilizers on beach sand was much less than that on silty sand.

Being cured in sealed plastic bags, the curing time was found to have little effect on the strength development of soil-emulsion. Both soil-lime-emulsion and soil-cement-emulsion mixtures increased in strength significantly with increasing curing time. However, the angle of shearing resistance for every type of stabilized mixtures was not affected by the curing time.

With the same curing time, the air-dried strength of soil-emulsion and soil-lime-emulsion were much more than the strength of those cured in sealed plastic bags. For soil-cement-emulsion, being cured in sealed plastic bags showed the better results than to be cured by air-dried method. The values of parameters ϕ_u for all types of stabilized soils were found to be unaffected by the curing types.

ACKNOWLEDGEMENTS

The author wishes to express his deepest appreciation to Associate Professor Sukree Kumpananonda for his generous guidance, supervision, and especially for his encouragement in this research. Special acknowledgement is also expressed to Professor Dr. Niwat Daranandana, Associate Professor Vichien Tengamnuay and Assistant Professor Dr. Supradit Bunnag, who provided contributions in serving on the thesis committee.

Thank is also extended to the Thai Highway Department in allowing the author to use the research laboratory throughout this investigation. The author is also indebted to Dr. Teerachart Ruenkrairergsa, civil engineer of the Materials and Research Division, Highway Department, for his valuable suggestion.

Acknowledgements are also made to the Graduate School, Chulalongkorn University and the National Research Council for providing the financial support to this investigation.

TABLE OF CONTENTS

Chapter	Title	Page
	Title Page in Thai	i
	Title Page in English	ii
	Thesis Approval	iii
	Abstract in Thai	iv
	Abstract in English	vi
	Acknowledgement	viii
	Table of Contents	ix
	List of Tables	xiii
	List of Figures	xiv
I	INTRODUCTION	1
	1. General Statement of the Problem	1
	2. Purpose of the Study	2
	3. Scope of Study	3
II	LITERATURE REVIEW	4
	1. Asphalt Emulsion Stabilization	4
	1.1 The Advantages of Asphalt Emulsion	5
	1.2 Theory of Asphalt Emulsion	5
	1.3 Types of Asphalt Emulsion	6
	1.4 Electrochemical Property of Aggregates	7
	1.5 Mechanism of Emulsion-Aggregate System	7
	1.6 Effect of Emulsion on Shear Strength of Stabilized Sand	10

Chapter	Title	Page
	2. Lime-Emulsion Stabilization	11
	2.1 Lime Stabilization	11
	2.1.1 Mechanisms of Soil-Lime Stabilization	12
	2.1.2 Effects of Lime on Soil	13
	2.2 Mechanisms of Soil-Lime-Emulsion Stabilization	15
	2.3 Engineering Properties of Soil-lime-Emulsion	16
	3. Cement-Emulsion Stabilization	17
	3.1 Mechanisms of Soil-Cement-Emulsion Stabilization	17
	3.2 Effects of Cement on Soil Properties	18
III	EXPERIMENTAL INVESTIGATION	21
	1. Materials	21
	1.1 Soils	21
	1.2 Asphalt Emulsion	21
	1.3 Lime	21
	1.4 Cement	28
	1.5 Water	28
	2. Sample Preparation and Testing	28
	2.1 Preparation of Natural Soil Samples	28
	2.2 Grain Size Determination	28
	2.3 Determination of Mixing Water Required to Produce a Uniform Mix.	29

Chapter	Title	Page
	2.4 Compaction Curves	30
	2.5 Relationship between Strength and Molding Water Content	31
	2.6 Effects of Curing Time and Curing Type on Shear Strength of Stabilized Soils	31
IV	RESULTS AND DISCUSSION	35
	1. Mixing Water Required for producing Uniform Coating of Asphalt	35
	2. Compaction Characteristics	38
	3. Relationship between Unconfined Compressive Strength and Molding Moisture Content	46
	4. Emulsion Stabilization	52
	4.1 Effect of Emulsion on Strength Parameters Cu and ϕ_u	52
	4.2 Effect of Curing Time on Strength of Soil-Emulsion	56
	4.3 Effect of Curing Type on Strength of Soil-Emulsion	62
	5. Lime-Emulsion Stabilization	66
	5.1 Effect of Lime and Lime-Emulsion on Strength Parameters Cu and ϕ_u	67
	5.2 Effect of Curing Time on Strength of Soil-Lime-Emulsion	70

Chapter	Title	Page
	5.3 Effect of Curing Type on Strength of Soil-Lime-Emulsion	74
	6. Cement-Emulsion Stabilization	78
	6.1 Effect of Cement and Cement and Cement-Emulsion on Strength Parameters Cu and ϕ_u	79
	6.2 Effect of Curing Time on Strength of Soil-Cement-Emulsion	85
	6.3 Effect of Curing Type on Strength of Soil-Cement-Emulsion	91
V	CONCLUSIONS AND RECOMMENDATION	96
PEFERENCES		100
APPENDICES		
	Appendix A-Dry Density and Unconfined Compressive Strength VS. Molding Moisture Content	103
	Appendix B-Summary of Detailed Test Results for Unconfined and Triaxial Compression Test	109
	Appendix C-Summary of Final Results	127
VITA		132

LIST OF TABLES

Table	Title	Page
1.	General Properties of Silty Sand	24
2.	General Properties of Beach Sand	25
3.	Properties of SS-K Emulsion Used	26
4.	Properties of Lime Used	27
5.	Properties of Type I Portland Cement Used	27
6.	The Peoportion of Stabilizers Used for Mixing with Soils	32
7.	Mixing Water Required to Produce Uniform Coating of Asphalt	36
8.	Comparison of 7-day Values of Strength Parameters Cu and ϕ_u for Various Types of Stabilization	84

LIST OF FIGURES

Figure	Title	Page
1a	Action of Anion Asphalt Emulsion upon Calcareous (Limestone) Aggregate	9
1b	Action of Cation Asphalt Emulsion upon Silica Aggregate	9
2.	Grain Size Distribution of Silty Sand	22
3,	Grain Size Distribution of Beach Sand	23
4.	Compaction Curves of Silty Sand Stabilized with Various Percent Emulsion	39
5.	Compaction Curves of Beach Sand Stabilized with Various Percent Emulsion	40
6.	Compaction Curves of Silty Sand Stabilized with 3 Percent Lime and Various Percent Emulsion	42
7.	Compaction Curves of Beach Sand Stabilized with 3 Percent Lime and Various Percent Emulsion	43
8.	Compaction Curves of Silty Sand Stabilized with 3 Percent Cement and Various Percent Emulsion	44
9.	Compaction Curves of Beach Sand Stabilized with 3 Percent and Various Percent Emulsion	45
10.	Relationship between Unconfined Compressive Strength and Molding Moisture Content of Silty Sand when Stabilized with Various Percent Emulsion	47

Figure	Title	Page
11.	Relationship between Unconfind Compressive Compressive Strength and Molding Moisture Content of Silty Sand when Stabilized with 3 Percent Lime and Various Percent Emulsion	48
12.	Relationship between Unconfined Compressive Strength and Molding Moisture Content of Silty Sand when Stabilized with 3 Percent Cement and Various Percent Emulsion	49
13.	Typical Mohr Cireles of Raw Soil and Soil-Emulsion	54
14.	Mohr Envelopes of Silty Sand and Beach Sand Stabilized with Various Percent Emulsion	55
15.	Unconfined Compressive Strength VS. Curing Time for Silty Sand with Various Percent Emulsion	57
16.	Cohesion and Angle of Shearing Resistance VS. Curing Time for Silty Sand with Various Percent Emulsion	58
17.	Cohesion and Angle of Shearing Resistance VS. Curing Time for Beach Sand with Various Percent Emulsion	59
18.	Effect of Curing Types on Shear Strength of Soil-Emulsion (Unconfined Compression Test)	63

Figure	Title	Page
19.	Effect of Curing Types on Shear Strength of Soil-Emulsion (Undrained Triaxial Test)	64
20.	Typical Mohr Envelopes of Raw Soil and Soil-Emulsion	68
21.	Mohr Envelopes of Silty Sand Stabilized with Lime, Emulsion and Lime-Emulsion	69
22.	Unconfined Compressive Strength VS. Curing Time for Silty Sand with Emulsion, Lime and Lime-Emulsion	71
23.	Cohesion and Angle of Shearing Resistance VS. Curing Time for Silty Sand Stabilized with Emulsion, Lime and Lime-Emulsion	72
24.	Effect of Curing Types on Unconfined Compressive Strength of Soil-Lime-Emulsion	76
25.	Effect of Curing Types on Uncrained Strength of Soil-Lime-Emulsion	77
26.	Typical Mohr Circles of Raw Soil and Soil-Cement	81
27.	Mohr Envelopes of Silty Sand Stabilized with Emulsion, Cement and Cement-Emulsion	82
28.	Mohr Envelopes of Beach Sand Stabilized with Emulsion and Cement-Emulsion	83
29.	Unconfined Compressive Strength VS. Curing Time for Silty Sand Stabilized with Emulsion, Cement and Cement-Emulsion	87

Figure	Title	Page
30.	Cohesion and Angle of Shearing Resistance VS. Curing Time for Silty Sand Stabilized with Emulsion, Cement and Cement-Emulsion	88
31.	Cohesion and Angle of Shearing Resistance VS. Curing Time for Beach Sand Stabilized with Emulsion and Cement-Emulsion	89
32.	Effect of Curing Types on Unconfined Compressive Strength of Soil-Cement-Emulsion	92
33.	Effect of Curing Types on Undrained Strength of Soil-Cement-Emulsion	93