

การปรับปรุงคุณภาพของดินโดยใช้  
ยางมะตอยน้ำชนิดพิเศษ



นายบัญชา เอกธรรมสุทธิ

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

แผนกวิชาวิศวกรรมโยธา

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

พ.ศ. ๒๕๑๘

001348

110052X

EVALUATION OF SPECIAL LIQUID ASPHALT (PENEMULSION)

AS A SOIL STABILIZING AGENT



Mr. Buncha Ekathumasut

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

*Kisid Prochnalom*.....

Dean of the Graduate School

Thesis Committee

..... *Niwat Daranonda*..... Chairman

..... *V. Lengamney*.....

..... *S. Buwag*.....

..... *S. Kumpananonda*.....

Advisor Assoc. Prof. Sukree Kumpananonda

หัวข้อวิทยานิพนธ์  
ชื่อ  
ปีการศึกษา

การปรับปรุงคุณภาพของดินโดยใช้ยางมะตอยน้ำชนิดพิเศษ  
นายบัญชา เอกธรรมสุทธิ แผนกวิชาวิศวกรรมโยธา  
๒๕๑๘

บทคัดย่อ



Penemulsion เป็นยางมะตอยน้ำชนิดหนึ่ง ผลิตขึ้นในประเทศสหรัฐอเมริกา เป็นยางมะตอยน้ำชนิด Cationic ที่มีค่า penetration ต่ำ เนื้อยางมะตอย ผลิตขึ้นจากกรรมวิธีพิเศษโดยสกัดพวก gas oil ออกทั้งหมดซึ่งเป็นผลให้ เป็นยางมะตอย ที่มีค่า penetration ต่ำมาก (มากที่สุด ๑๘) Penemulsion ผลิตขึ้นโดยเฉพาะอย่างยิ่งใช้ในงานปรับปรุงคุณภาพของ Soil เพื่อให้เป็นชั้น พื้นทางของถนนและใช้ในการก่อสร้างถนนที่มีปริมาณการจราจรไม่สูงนัก วัตถุประสงค์ ของการวิจัยนี้เพื่อที่จะเปรียบเทียบคุณสมบัติในการรับน้ำหนักของ silty sand และลูกรังว่าภายหลังที่ผสมด้วย Penemulsion แล้วจะมีคุณสมบัติในการรับน้ำหนัก แตกต่างกับเมื่อผสมกับยางมะตอยน้ำชนิดธรรมดาอย่างไร สามารถใช้เป็นชั้นรองพื้น ทางหรือชั้นพื้นทางของถนนได้หรือไม่ การเปรียบเทียบคุณสมบัติในการรับน้ำหนักนี้ ใช้การทดลองของ Hveem Stabilometer และ Hveem Cohesimeter test ปริมาณของ Penemulsion และยางมะตอยน้ำชนิดธรรมดาคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ที่ทำให้ silty sand และลูกรังเหมาะสมที่จะใช้เป็นพื้นทางเลือกมาจาก Hveem Stabilometer และ Hveem Cohesimeter test หลังจากนั้นเปรียบเทียบ Unconfined compressive strength ของวัสดุผสมที่เลือกนั้นโดยบ่มวัสดุผสมที่ เวลา ๓ วัน, ๗ วัน, ๑๕ วัน และ ๒๘ วัน ตามลำดับ หายที่สุดเปรียบเทียบ Strength envelope ของวัสดุผสมด้วย Penemulsion และยางมะตอยน้ำชนิดธรรมดาที่ เลือกนั้นโดยใช้วิธี Undrained triaxial test

ผลการศึกษาพบว่า silty sand และลูกรัง ผสมกับ Penemulsion หรือ ยางมะตอยน้ำชนิดธรรมดาสามารถใช้เป็นชั้นรองพื้นทางและชั้นพื้นทางของถนนได้โดยค่า Hveem stabilometer R และ Cohesimeter C - value ของวัสดุผสมด้วย

Penemulsion จะมีค่าสูงกว่าวัสดุผสมด้วยยางมะตอยน้ำชนิดธรรมดาจำนวนหนึ่ง  
 ค่า Unconfined compressive strength ของ silty sand ผสมกับ  
 Penemulsion ให้ค่าสูงกว่าเมื่อผสมกับยางมะตอยน้ำชนิดธรรมดาเล็กน้อย แต่ค่า  
 Unconfined compressive strength ของลูกรังเมื่อผสมกับ Penemulsion  
 จะมีค่าสูงกว่าประมาณ ๓๐ เปอร์เซ็นต์ เปรียบเทียบกับลูกรังผสมกับยางมะตอยน้ำ  
 ชนิดธรรมดา จากผลที่ได้นี้คาดว่า ถ้าใช้ soils ที่มีคุณภาพดีขึ้น Penemulsion  
 จะให้คุณสมบัติในการรับน้ำหนักดีขึ้นด้วย จาก Triaxial test พบว่า วัสดุผสม  
 ด้วย Penemulsion จะให้ค่า cohesion สูงกว่าเมื่อผสมกับยางมะตอยน้ำชนิดธรรมดา  
 แต่ค่า angles of shearing resistance ดูเหมือนว่าจะไม่แตกต่างกัน

Thesis Title            Evaluation of Special Liquid Asphalt (Penemulsion)  
                                 as a soil Stabilizing Agent.

Name                      Mr. Buncha Ekathumasut, Department of Civil Engineering

Academic Year         1975



#### ABSTRACT

Penemulsion invented in the United States is a cationic, low penetration asphalt emulsion. The Penebase or base stock is produced by a special refining process, which removes all oily constituents (commonly known as gas oils) resulting in a very low (maximum 18) penetration asphalt. Penemulsion was especially developed for base stabilization and secondary road construction. The purpose of this study is to provide comparative strength data between silty sand and lateritic soil stabilized with Penemulsion and a similar asphalt emulsion product (SS-K) using as subbase and base courses for pavement. The Hveem stabilometer and cohesiometer tests were conducted to study the comparative strength of both emulsion mixtures. The percentage of Penemulsion or SS-K emulsion that made the soils suitable for base course was selected from the Hveem tests. The comparative unconfined compressive strength of the selected stabilized mixtures were determined after curing periods of 3 days, 7 days, 15 days and 28 days. Finally, undrained triaxial test was conducted to study the comparative strength envelope of the selected stabilized mixtures.

The test results indicate that the silty sand and lateritic soil stabilized with Penemulsion or SS-K emulsion are good enough for subbase and base courses. The Penemulsion mixtures tend to give higher stabilometer R and cohesiometer C values than the SS-K mixtures to a certain amount. The unconfined compressive strength of silty sand stabilized with Penemulsion was slightly higher than that stabilized with the SS-K emulsion. But the unconfined compressive strength of lateritic soil stabilized with Penemulsion was approximately 30 percent higher than that of the SS-K emulsion mixture. From this result, it is expected that higher strength could be obtained by using better gradation aggregates. From triaxial test, the results show that the Penemulsion mixtures gave a higher cohesive strength than the SS-K emulsion mixtures, but the angles of shearing resistance measured were apparently unaffected by the Penemulsion used.

## ACKNOWLEDGEMENTS

The author wishes to express his gratitude and sincere thanks to Assoc. Prof. Sukree Kumpanananda for his kind suggestions and encouragement. Special thanks are also extended to Prof. Dr. Niwat Daranandana, Assoc. Prof. Vichain Tengumhaug and Asst. Prof. Dr. Supradit Bunnang for serving as members of the Thesis Committee. Appreciation is also extended to the Graduate School, Chulalongkorn University for financial support provided for this investigation.

The author wishes to thank the Thai Highway Department for permission to using the research Laboratory for the period of this investigation. Many thanks also go to Dr. Teeracharti Ruenkairergsa, civil engineer in the Materials and Research Division for his valuable suggestion.

Finally, the author would like to express his appreciation to Mrs. Foifa Bhandkufalck for her reading and correcting his English.





## TABLE OF CONTENTS

CHAPTER	TITLE	PAGE
	Abstract (Thai Language)	iv
	Abstract	vi
	Acknowledgement	viii
	Table of Contents	ix
	List of Tables	xiii
	List of Figures	xv
I	INTRODUCTION	1
II	LITERATURE REVIEW	3
	1. Asphalt Emulsion Stabiliza- tion	3
	1.1 Theory of Emulsifica- tion	5
	1.2 Emulsion-Aggregate Systems	
	1.3 Mixing-Grade Classifica- tion	6
	2. Asphalt Emulsion Systems	7
	Used for Base Stabilization	
	2.1 Asphalt Emulsion-Aggregate Combinations	8
	2.2 Coating	8
	2.3 Development of Tensile Strength	9

TABLE OF CONTENTS (Continued)

CHAPTER	TITLE	PAGE
	2.4 Selection of the Design	9
	Asphalt Emulsions Content	
	2.5 Mix Design Crileria	9
	3. Penemulsion Stabilization	11
III	EXPERIMENTAL INVESTIGATION	12
	1. Materials	12
	1.1 Soils	12
	1.2 Asphaltic Materials	12
	1.3 Water	19
	2. Natural Soil Samples	19
	Preparation and Testing	
	2.1 Preparation of Natural	19
	Soil Samples	19
	2.2 Determination of Index	19
	Properties	
	3. Hveem Stabilometer and	20
	Cohesiometer Test	
	3.1 Mixing	20
	3.2 Compaction	21
	3.3 Stabilometer Tests	22
	3.4 Cohesiometer Tests	25
	4. Unconfined Compression Tests	26
	4.1 Mixing	26
	4.2 Compaction	26

## TABLE OF CONTENTS (Continued)

CHAPTER	TITLE	PAGE
	4.3 Curing of Specimens	27
	4.4 Testing of Specimens	27
	5. Triaxial Tests	27
	5.1 Mixing	27
	5.2 Compaction	27
	5.3 Testing of Specimens	28
IV	EXPERIMENTAL RESULTS AND DISCUSSION	29
	1. Mixing Water Required to Produce Uniform Coating of Asphalt	29
	2. Hveem Test Results on Silty Sand Mixtures	31
	2.1 Density-Liquid Content Curves	31
	2.2 Stabilometer R-value and C-Value V.S. Emulsion Contents	31
	3. Hveem Test Results on Lateritic Soil Mixtures	49
	3.1 Density - Liquid Content Curves	49
	3.2 Stabilometer R-Value and C-value V.S. Emulsion Contents	49

## TABLE OF CONTENTS (Continued)

CHAPTER	TITLE	PAGE
	4. Unconfined Compressive Strength Test Results	65
	5. Triaxial Test Results	68
V	CONCLUSIONS	73
	REFERENCES	75
	VITA	78

## LIST OF TABLES



TABLE	TITLE	PAGE
1	Design Criteria for Base Course Requirement from Chevron Asphalt Company	10
2	Properties of Silty Sand.	13
3	Properties of Lateritic Soil.	15
4	Properties of SS-K Emulsion.	17
5	Properties of Penemulsion.	18
6	Mixing Water Required to Produce Uniform Coating of Asphalt.	30
7	Hveem Test Results for Silty Sand Stabilized with Penemulsion by Standard Method.	32
8	Hveem Test Results for Silty Sand Stabilized with SS-K Emulsion by Standard Method.	33
9	Hveem Test Results for Silty Sand Stabilized with Penemulsion after Moisture Vapor Susceptibility.	34
10	Hveem Test Results for Silty Sand Stabilized with SS-K Emulsion after Moisture Vapor Susceptibility.	35
11	Hveem Test Results for Lateritic Soil Stabilized with Penemulsion by Standard Method.	50

## LIST OF TABLES (Continued)

TABLE	TITLE	PAGE
12	Hveem Test Results for Laleritic Soil Stabilized with SS-K Emulsion by Standard Method.	51
13	Hveem Test Result for Laleritic Soil Stabilized with Penemulsion after Moisture Vapor Susceptibility.	52
14	Hveem Test Results for Lateritic Soil Stabilized with SS-K Emulsion after Moisture Vapor Susceptibility.	53
15	Unconfined Compressive Strength Test Results for Silty Sand and Lateritic Soil Stabilized with Penemulsion and SS-K Emulsion after Curing Time.	66
16	Triaxial Test Results for Silty Sand and Lateritic Soil Stabilized with Penemulsion and SS-K Emulsion.	69

## LIST OF FIGURES

FIGURE	TITLE	PAGE
1	Grain Size Distribution of Silty Sand.	14
2	Grain Size Distribution of Lateritic Soil.	16
3	Moisture Vapor Susceptibility Test Assembly.	23
4	Hveem Stabilometer test.	24
5	Hveem Cohesimeter test.	24
6	Comparison of Liquid-Density Curves of Silty Sand Stabilized with Penemulsion and Emulsion (SS-K) by Standard Method.	36
7	Comparison of Stabilometer "R" Value of Silty Sand Stabilized with Penemulsion and Emulsion (SS-K) by Standard Method.	37
8	Comparison of Cohesimeter "C" value of Silty Sand Stabilized with Penemulsion and Emulsion (SS-K) by Standard Method.	38
9	Comparison of "Rt" Value of Silty Sand Stabilized with Penemulsion and Emulsion (SS-K) by Standard Method	39
10	Comparison of Liquid-Density Curves of Silty Sand Stabilized with Penemulsion and Emulsion (SS-K) after Moisture Vapor Susceptibility (M.V.S.).	40

## LIST OF FIGURES (Continued)

FIGURE	TITLE	PAGE
11	Comparision of Stabilometer "R" Value of Silty Sand Stabilized with Penemulsion and Emulsion (SS-K) after Moisture Vapor Susceptibility (M.V.S.)	41
12	Comparison of Cohesimeter "C" Value of Silty Sand Stabilized with Penemulsion and Emulsion (SS-K) after Moisture Vapor Susceptibility (M.V.S).	42
13	Comparison of "Rt" Value of Silty Sand Stabilized with Penemulsion and Emulsion (SS-K) after Moisture Vapor Susceptibility (M.V.S.)	43
14	Water Absorbed of Silty Sand Stabilized with Fenemulsion or Emulsion (SS-K) after Moisture Vapor Susceptibility (M.V.S.)	44
15	Comparision of Strength Characteristics of Silty Sand with Various Percentages of Penemulsion and SS-K Emulsion at Standard Condition and after Moisture Vapor Susceptibility.	45



## LIST OF FIGURES (Continued)

FIGURE	TITLE	PAGE
16	Comparison of Dry Density Curves of Lateritic Soil Stabilized with Penemulsion and SS-K Emulsion by Standard Method.	54
17	Comparison of Stabilometer "R" Value of Lateritic Soil Stabilized with Penemulsion and Emulsion (SS-K) by Standard Method	55
18	Comparison of Cohesimeter "C" Value of Lateritic Soil Stabilized with Penemulsion and SS-K Emulsion by Standard Method.	56
19	Comparison of "R" Value of Lateritic Soil Stabilized with Penemulsion and SS-K Emulsion by Standard Method.	57
20	Comparison of Stabilometer "R" Value of Lateritic Soil Stabilized with Penemulsion and SS-K Emulsion after Moisture Vapor Susceptibility (M.V.S.)	58
21	Comparison of Cohesimeter "C" Value of Lateritic Soil Stabilized with Penemulsion and SS-K Emulsion after Moisture Vapor Susceptibility (M.V.S.)	59

## LIST OF FIGURES (Continued)

FIGURE	TITLE	PAGE
22	Comparison of "Rt" Value of Lateritic Soil Stabilized with Penemulsion and SS-K Emulsion after Moisture Vapor Susceptibility (M.V.S.)	60
23	Water Absorbed of Lateritic Soil Stabilized with Penemulsion or SS-K Emulsion after Moisture Vapor Susceptibility (M.V.S.)	61
24	Comparison of Strength Characteristics of Lateritic soil with Various Percentages of Penemulsion and SS-K Emulsion at Standard Condition and after Moisture Vapor Susceptibility.	62
25	Comparison of Unconfined Compressive Strength of Silty Sand and Lateritic Soil Stabilized with Penemulsion and SS-K Emulsion after Curing Time.	67
26	Comparison of Typical Mohr Circles for Silty Sand Stabilized with Penemulsion and SS-K Emulsion	70
27	Comparison of Typical Mohr Circles for Lateritic Soil Stabilized with Penemulsion and SS-K Emulsion.	71